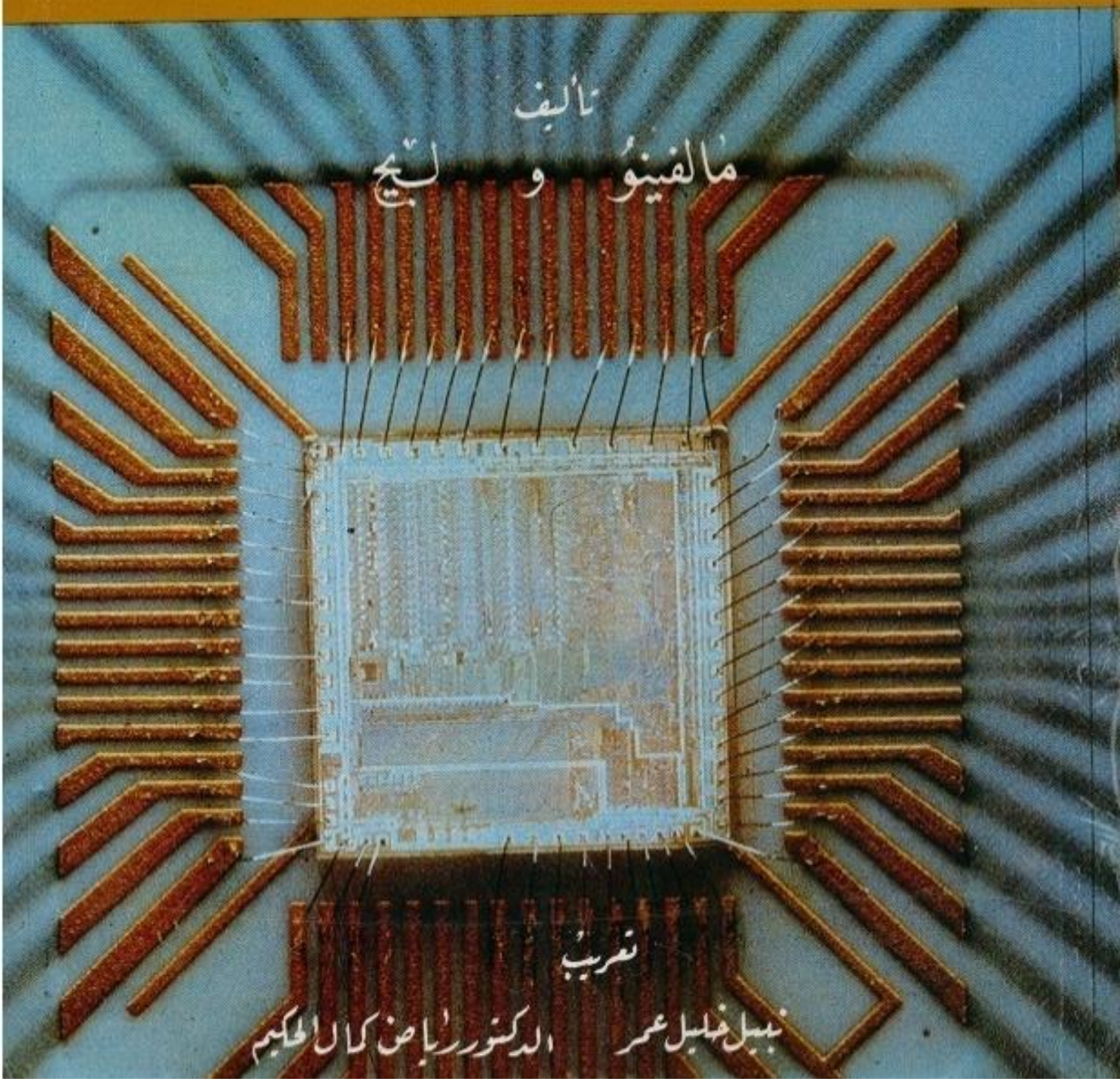
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

الالكترونيك الرقمي

مبادئ وتطبيقات



تأليف
مالفينو و ليبج

تعريب
نبيل خليل عمر الدكتور رياض كمال الحكيم

الألكترونيك الرقمي

مبادئ وتطبيقات

تأليف

البرت بول مالفينو دونالد بي ليج

تعريب

نبيل خليل عمر
مدرس مساعد - قسم الهندسة الكهربائية
جامعة الموصل

د. رياض كمال الحكيم
مدرس - قسم الهندسة الكهربائية
جامعة الموصل

ساعدت جامعة الموصل على نشره

digital principles and applications second edition

Albert Paul Malvino, Ph.D.

Donald P. Leach, Ph.D.
Chairman, Engineering and Technology Division
Foothill College
Los Altos Hills, California

McGraw-Hill Book Company

Digital Principles and Applications

Copyright © 1975, 1969 by McGraw-Hill, Inc. All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

2 3 4 5 6 7 8 9 0 KPKP 7 8 3 2 1 0 9 8 7 6 5

الطبعة المعربة الاولى : 1981

بسم الله الرحمن الرحيم

المحتويات

الصفحة

تمهيد 7
كلمة المؤلفين 9
الفصل الاول : مقدمة 11

1.1 جاكوارد ، باباج ، وبوول 11
1.2 الحاسبات الالكترونية 12
1.3 المنطق المشبع والمنطق غير المشبع 14
1.4 الدوائر الثنائية الاقطاب المتكاملة 16
1.5 الدوائر المتكاملة ذات الاوكسيد المعدني 19

الفصل الثاني : الاعـــداد

2.1 الاعداد الثنائية 22
2.2 الاضافة الثنائية 26
2.3 التحويل من الثنائي الى العشري 29
2.4 التحويل من العشري الى الثنائي 32
2.5 الطرح الثنائي 36
2.6 المتمم لـ 9 والمتمم لـ 10 40
2.7 الضرب الثنائي والقسمة 41
2.8 الاعداد الثُمانية 43
2.9 التحويل الثماني ـ الثنائي 45
2.10 الاعداد السداسية عشر 47

الفصل الثالث : الرموز الثنائية

3.1 الرمز 8421 54
3.2 الرمز زائد ـ 3 58
3.3 رموز BCD اخرى ذات اربعة ارقام ثنائية 64
3.4 الرقم الثنائي التكافؤي 66
3.5 رموز الارقام الثنائية الخمسة 70
3.6 رموز تزيد على خمسة ارقام ثنائية 72
3.7 رمز كراي 73
3.8 شاشات العرض الابجدي ـ الرقمي 75
3.9 حلّالات الرمز العشري 78
3.10 حلّالات القطع السبع 81
3.11 حلّال المصفوفة النقطية 82

الفصل الرابع : الجبـــر البوولي

4.1 بوابة (أو) 90
4.2 بوابة (و) 93
4.3 أنظمة المنطق الموجب والسالب 96
4.4 دائرة (لا) 97
4.5 اضافة (أو) 97
4.6 الضرب بـ (و) 99
4.7 عملية (لا) 101
4.8 نظريتا دي موركان 105
4.9 البناء الشامل للدوائر المنطقية 110
4.10 قوانين ونظريات الجبر البوولي 112
4.11 بوابات (لاو) المصنوعة من TTL 119
4.12 مواصفات TTL 121
4.13 المناعة من الضوضاء 123
4.14 دوائر TTL ذات المجمّع المفتوح وبوابة (و) السلكية 124
4.15 بوابة (أو) السلكية 127

الفصل الخامس : دوائر الحساب

5.1 بوابة (أو) الحصرية 135
5.2 دائرة الاضافة النصفية 140
5.3 دائرة الاضافة الكاملة 143
5.4 دائرة الاضافة الثنائية المتوازية 144
5.5 دائرة اضافة 8421 146
5.6 دائرة اضافة للرمز زائد ـ 3 149
5.7 دوائر الطرح النصفية والكاملة 151
5.8 التكامل المتوسط المدى 152

الفصل السادس : تبسيط دوائر المنطق

6.1 النتاجات الاساسية 160
6.2 مجموع النتاجات 163
6.3 شبكات (و ـ أو) 165
6.4 التبسيط الجبري 167
6.5 من جدول الواقع الى خارطة كارنو 171
6.6 خرائط كارنو ذات المتغيرات الاربعة 174
6.7 الازواج ، الرباعيات ، والثمانيات 176
6.8 تبسيط كارنو 179
6.9 حالات الاهمال 185
6.10 شبكات (لاو ـ لاو) 189
6.11 طرائق اخرى 194

الفصل السابع : المهـــزازات

7.1 المرجاح RS 198
7.2 مرجاح T ومرجاح RST 202
7.3 المعداد الثنائي ذو المراتب الاربع 204
7.4 المعداد العشري 207
7.5 ترشيد المعداد 210
7.6 المرجاح D 212
7.7 المرجاح JK 215
7.8 مقداح شمت 217
7.9 المهزاز المستقر 222
7.10 المهزاز الاحادي الاستقرار 225

الفصل الثامن : تقنيات المعداد

8.1 المعداد التموجي الثنائي 233
8.2 المعداد المحور باستعمال التغذية الخلفية 235
8.3 معداد التوازي 238
8.4 مشكلة السباق 242
8.5 معدادات التوالي ـ التوازي المتحدة 248
8.6 المعداد العشري مع بوابات حل الرموز 253
8.7 معدادات ذات معاملات أعلى 257
8.8 معداد BCD 260

الفصل التاسع : سجلات ومعدادات خاصة

9.1 سجل ازاحة التوالي 267
9.2 المعداد الحلقي 271
9.3 معداد الازاحة 274
9.4 حل رموز معداد الازاحة العشرية 282
9.5 الساعة الرقمية 284
9.6 المعداد التصاعدي ـ التنازلي 292
9.7 عمليات سجل الازاحة 299
9.8 الدوائر المتكاملة SSI و MSI 302

الفصل العاشر : اجهزة الادخال والاخراج

10.1 البطاقات المثقبة 311
10.2 الشريط الورقي 316
10.3 الشريط المغناطيسي 318
10.4 طرائق التسجيل الرقمية 323
10.5 اجهزة طرفية اخرى 326
10.6 اجهزة الطابعة الطرفية 328
10.7 مصفوفات الترميز والحل 331

الفصل الحادي عشر : التحويل من الرقمي الى النظيري وبالعكس

11.1 الشبكة ذات المقاومة المتغيرة 341
11.2 السلّم الثنائي 348
11.3 محول D/A 355
11.4 دقة واحكام المحول D/A 360
11.5 محول A/D ـ التحويل الآني 362
11.6 محول A/D ـ طريقة المعداد 365
11.7 طرائق متقدمة في محولات A/D 371
11.8 دقة واحكام محولات A/D 376
11.9 التحويل A/D الكهروميكانيكى 378
11.10 السيطرة على محول D/A 382
11.11 التحويل D/A المتقابل 383
11.12 السيطرة على محول A/D 385

الفصل الثاني عشر : الاجهزة المغناطيسية والذاكرات

12.1 الالباب المغناطيسية 391
12.2 منطق اللب المغناطيسي 396
12.3 سجلات الازاحة ذات اللب المغناطيسي 401
12.4 ذاكرة التيار المتطابق 405
12.5 عنونة الذاكرة 415
12.6 ذاكرات اشباه الموصلات ـ ثنائية الاقطاب 417
12.7 ذاكرات اشباه الموصلات ـ MOS 422
12.8 الخزن بالاسطوانة المغناطيسية 426

الفصل الثالث عشر : الحساب الرقمي

13.1 تمثيل الاعداد 435
13.2 معالجات اساسية 442
13.3 دائرة اضافة ثنائية متتالية 445
13.4 دائرة اضافة ثنائية متوازية 453
13.5 الاضافة بالرمز BCD 457
13.6 دائرة اضافة BCD متوازية 461
13.7 الضرب الثنائي 462
13.8 القسمة الثنائية 466

الفصل الرابع عشر : مقدمة الى الحاسبات الالكترونية الرقمية

14.1 الساعات الاساسية 477
14.2 نظم الساعة 482
14.3 حاسبات الميل لكل غالون 485
14.4 الحاسبات ذات الاغراض العامة 489
14.5 السيطرة والتنظيم في الحاسبة 493
14.6 ايعازات الحاسبة 497
ملحق أ : حالات وتحليل الاعداد الثنائية 503
ملحق ب : جدول تحويل الاعداد العشرية ـ الثمانية ـ الثنائية 504
أجوبة لاسئلة مختارة 505
قاموس (انكليزي ـ عربي) بالمصطلحات الواردة في الكتاب 513
ثبت بأهم المختصرات الواردة في الكتاب 523

تمهيـــــد

هذا الكتاب ، نضعه أمام الطالب العزيز مترجماً الى اللغة العربية ، بعد أن دُرّست معظم محتوياته لطلبة الصف الثاني في قسم الهندسة الكهربائية بجامعة الموصل في السنوات الثلاث الاخيرة .

يمتاز هذا الكتاب بحسن تبويبه وتسلسل مواده وسلامة اسلوبه بحيث يعتبر بحق من الكتب الجيدة في تدريس مادة المنطق والحاسبات الالكترونية .

وقد حاولنا جهدنا أن يأتي التعريب منسجماً مع النسخة الأصلية من جانب ، وسلساً مفهوماً بالنسبة للقارىء من جانب آخر لذلك ركزنا على حرفية المعنى دون الوقوع في حرفية النص .

وثمة ملاحظات تهم القارىء نود أن ندرجها هنا لكي يتوضح الطريق :

– أبقينا ترقيم الأقسام والأشكال والجداول والمعلومات كما هو عليه . أي أن 2.5 تعني القسم الخامس من الفصل الثاني .
والشكل (3.6a) يعني الجزء الأول من الشكل السادس التابع للفصل الثالث .
والمعادلة (8.1) هي المعادلة الأولى في الفصل الثامن .

– عند ورود معادلة ما أوكميات متساوية أثناء الشرح وضعنا ذلك داخل قوسين لكي تُقرأ من اليسار الى اليمين مثل :

$$(A = B = C = 0)$$

و

$$(2 \times 3 = 6)$$

كما أبقينا الأُس والنسبة المئوية والنسب المقدارية كما يأتي :

2^5

و

10 /

و B_a / B_r أي $\frac{B_r}{B_a}$

- وحيثما وردت حاشية باسم (المعربان) فتلك اضافة اقتضاها التعريب هي ليست موجودة في الأصل .

وقد الحقنا في نهاية الكتاب قاموساً (انكليزي – عربي) بأهم المصطلحات والكلمات التي وردت في هذا الكتاب لكي تعين الدارس على الوصول للمعنى بأسرع وقت ممكن دون الحاجة للبحث عن الكلمة أو الاصطلاح في الكتاب .

ثم وجدنا اضافة ثبت يضم كل المختصرات الواردة في الكتاب مرتبة حسب التسلسل الأبجدي ضرورياً ومفيداً يعين القارىء الى حد كبير .

آملين أن يكون هذا الكتاب بعد تعريبه قد سد شاغراً في المكتبة العربية فيما يخص علم الالكترونيك الرقمي .

« والحمد لله الذي علّم بالقلم ، علّم الإنسان مالم يعلم »»

نبيل خليل عمر
الدكتور رياض كمال الحكيم
جامعة الموصل

كلمة المؤلفيـــن

بات استعمال الأجهزة والأنظمة الرقمية في نمو واسع لايستغنى عن أساسياتها الفنيون والمهندسون . وفي هذه الطبعة – الثانية – حافظنا على اسلوبنا الأول ، فلم نركز على الحاسبات الالكترونية أو معمارية الحاسبات ، أو البرمجة وانما وجهنا جل اهتمامنا تجاه المبادىء الأساسية التي تدخل شتى المجالات كالسيارات ، وأجهزة الاتصالات ، ومعالجة البيانات ، والعملية الصناعية ، والطب ، والسيطرة الذاتية ، والمواصلات ، وغيرها .

ولتحديث الكتاب وتموينه بمعلومات جديدة ، أضفنا الى هذه الطبعة :

1 فصولاً جديدة عن خارطة كارنو وتنظيم الحاسبة .
2 توضيحات عن TTL ، ECL ومنطق CMOS .
3 مواداً عن شاشات العرض : المنفصلة ، والمصفوفة الشريطية ، والمصفوفة النقطية .
4 الدوائر المتكاملة بكافة أحجامها : الصغير والمتوسط والكبير ، وبمختلف محتوياتها من ، بوابات وحلالات رموز ، ودوائر حسابية ومحولات رقمية /تناظرية وذاكرات القراءة.
5 الرموز المستخدمة في الصناعة بمختلف أشكالها .

والقصد من وراء تأليف هذا الكتاب هولتبيان كيف تعمل أشباه الموصلات والترانزستورات. وبالتالي فانه الكتاب المناسب للمبتدئين بدراسة الالكترونيك الرقمي ، حيث قدمنا لكل فصل بمقدمة مختصرة تبين طريقه وأهدافه ، أتبعناه بمختصرات ، ومفردات ، وأسئلة للمراجعة ومسائل تعين القارىء وتسعفه .

آي . بي . مالفينو
دي . بي . ليـج

TTL : منطقق الترانزستور – الترانزستور . ECL : منطق الباعث – المرتبط . CMOS : اشباه الموصلات المتممة ذات الأوكسيد المعدني

الفصل الأول

مقدمـة

الالكترونيك الرقمي digital electronics .. كيف بدأ ؟ وما هي الحاسبة الالكترونية computer ؟ وماهي دوائر المنطق Logic circuits ؟

هذه بضع اسئلة سنجيب عليها من خلال هذا الفصل ، وستكون قادراً – بعد دراسته – على :

1 – تسمية ووصف الاجزاء الرئيسية للحاسبة الالكترونية .

2 – التمييز بين المنطق المشبع saturated logic والمنطق غير المشبع nonsaturated logic

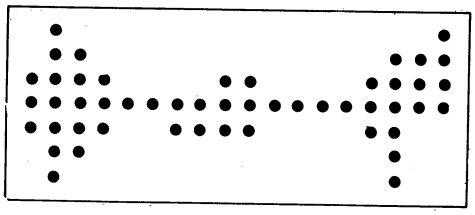
3 – تسمية خمسة انواع من الدوائر الثنائية الاقطاب المتكاملة – bipolar Integrated Circuits وتختصر بـ IC ونوع واحد من الدوائر المتكاملة ذات الاوكسيد المعدني IC Metal Oxide Semiconductor وتعرف بـ MOS .

1.1 جاكوارد ، باباج وبوول :

ابتدأ الالكترونيك الرقمي في الكهوف ، قبل تدوين التاريخ بآلاف السنين ، عندما حاول الانسان القديم ان يتعلم كيف يعد ، وكيف يربط الأرقام بالأشياء . وقد جاءت تسمية الأرقام (واحد ، اثنين ، ثلاثة .....) بـ (digits) من استعمال الأنسان القديم لأصابع يديه في العد .

ولقد قاد اختراع الأعداد الى علم الحساب والى كافة أنواع الأجهزة الحسابية كالمعداد Abacus وعظام نابير Napier's bones – أول مسطرة حاسبة – ، وحاسبة باسكال Pascal – اول آلة اضافة – ، غير أن بداية تاريخ التطور الحقيقي للالكترونيك الرقمي يرجع الى القرن التاسع عشر .

استطاع جاكوارد Jacquard عام 1801 اختراع آلة حياكة ذاتية automatic loom تمتاز باستخدامها للبطاقات المثقبة punched cards (لاحظ الشكل 1 . 1) . وفي آلة الحياكة هذه تتم خياطة النقوش على القماش من خلال مرور الابر في الثقوب المختلفة للبطاقة ، وبهذه الطريقة انتج جاكوارد كل الاشكال بسهولة وجدارة .



شكل (1.1) بطاقة مثقبة

وفي عام 1833 ، استطاع باباج Babbage ان يتصوّر تركيب اول حاسبة تستخدم البطاقات المثقبة لأجراء العمليات الحسابية بصورة ذاتية وذلك بتمثيل الأعداد numbers والتعليمات instructions على شكل رموزوادْخالها الى الحاسبة قبل اجراء أية عملية حسابية. ثم ، وبايعاز معيّن ، تقوم الحاسبة الالكترونية بتنفيذ خطوات الحساب دون تدخل خارجي (وهذا هوالفرق الكبيربين الحاسبة الالكترونية Computer وحاسبة الجيب calculator ، حيث أن الأخيرة تعتمد على الأنسان في ادخال المعلومات اثناء التنفيذ خطوة فخطوة) .

في عام 1854 ، اوجد بُول Boole طريقة جديدة في التفكيروالتعليل ، استخدم فيها الرموز symbols بدلا من الكلمات words في الاستنتاجات المنطقية ، وقد سميت طريقته هذه بالجبر البُوولي Boolean algebra لمشابهتها للاساليب الجبرية المعروفـــــة .

واذا كان القصد الرئيس من وراء الجبرالبوولي هو حل المسائل المنطقية ، فانه بات الآن من أعظم الوسائل في تصميم الحاسبات الالكترونية ، والسبب هو : تطابق المنطق البُوولي مع عمل الدوائر الالكترونية في الحاسبات والنظم الرقمية الأخرى .

1.2 الحاسبات الالكترونية :

وضع العمل الذي قام به باباج عام 1833 الأسس للحاسبات الالكترونية الحديثة (تلك التي تعتمد الأرقام 2,1,0 .... الخ في عملها) . وبنظرة متفحصة على ما قدّمه باباج نجد انه حدّد وظيفة كلّ وحدة من وحدات الحاسبة الالكترونية بما يأتي (لاحظ الشكل 1.2) :

وحدة الادخال Input

وظيفتها تحويل التعليمات المكوّنة للبرنامج program ومجموعة البيانات data الى الحاسبة الالكترونية .

وحدة الذ كرة Memory

وفيها يُخزن البرنامج والبيانات قبل البدء بالحساب ، بالأضافة الى أنها تختزن الاجوبة بشكلها غير النهائي ، مثلما نكتب مسودة لحلولنا قبل اعادة كتابتها بشكل نهائي .

وحدة السيطرة Control

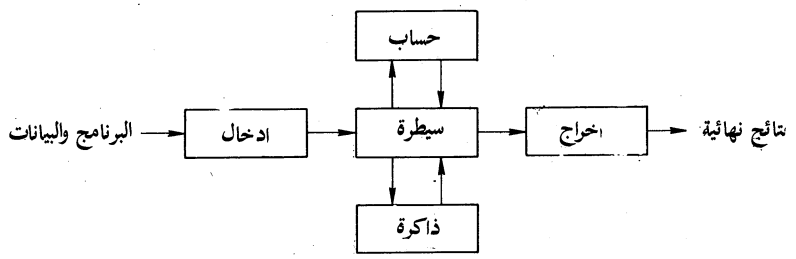
تقوم بتوجيه باقي وحدات الحاسبة الالكترونية وذلك لمعالجة البيانات حسب خطوات البرنامج ؛ وبتلك تُنهي دور الأنسان في توجيه عملية التنفيذ .

وحدة الحساب Arithmetic

تقوم باجراء العمليات الحسابية كالجمع والطرح والضرب والقسمة . وبأمكانها استقبال أصعب المسائل الرياضية بعد تحويلها الى خوارزمية حسابية تتكون من مجموعة من العمليات الحسابية ترتبط بعضها ببعض ارتباطاً تتابعياً .

وحدة الاخراج Output

تقوم بتحويل النتائج النهائية من الحاسبة الالكترونية الى العالم الخارجي .



شكل (1.2) : الوحدات الرئيسية للحاسبة الالكترونية

ولم يتسنّ لباباج أن يبني نموذج حاسبته الالكترونية ، ولكن ملاحظاته (الصائبة) فتحت الطريق فعلاً لبناء الحاسبة الالكترونية الحديثة .

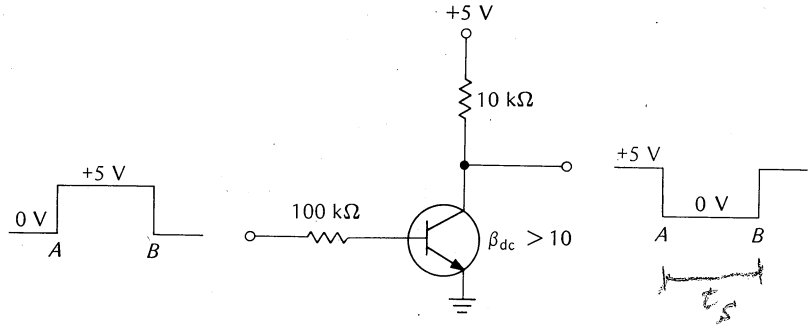
في أوائل الخمسينات ظهر الجيل الأول من الحاسبات الالكترونية الذي اعتمد على ما طرحه باباج ، وقد تم بناؤها من الصمامات الالكترونية vacuum tubes . وفي أواخر الخمسينات انتج الجيل الثاني الذي استخدم الترانزستور transistor ، أما الجيل الثالث والذي ظهر في أوائل الستينات فقد طوّر صناعة الحاسبات الالكترونية باضافة الدوائر المتكاملة ، ونحن الآن في الجيل الرابع الذي يستعمل الدوائر المتكاملة بغزارة .

ولقد باتت الحاسبات الالكترونية ذات تأثير واضح في جميع التطبيقات الالكترونية ، حيث تستعمل الدوائر الرقمية في وسائط النقل ، والمواصلات ، ومعالجة البيانات ، والمصانع والسيطرة على المشاريع ، والنقل ، والطب ، وغيرها .

1.3 المنطق المشبع والمنطق غير المشبع :

نظراً للتشابه الموجود بين عمل دوائر الحاسبات الرقمية والعمليات المنطقية للدماغ فانه بالامكان استعمال الجبر البوولي في تحليل وتصميم هذه الحاسبات ، وبالتالي فقد سمّيت الدوائر التي يمكن تحليلها بواسطة الجبر البوولي بدوائر المنطق .

تكون فولتية الاخراج output voltage على نوعين : فولتية واطئة أو فولتية عالية . ويرينا الشكل (1.3) دائرة منطقية بسيطة بترانزستور ذي B_{dc} أكبر من 10 (*)



شكل (1.3) : دائرة منطق مشبعة

(*) β_{dc} التضخيم الثابت للتيار الذي يساوي حاصل قسمة تيار المجمّع على تيار القاعدة . (المعرّبان) .

ولكون فولتية الادخال input voltage قبل النقطة الزمنية A مساوية للصفر . لذا فان فولتية الاخراج تكون (+5) فولت لأن الترانزستور يكون في حالة قطع Cut off . وفي النقطة الزمنية A تنقلب فولتية الادخال الى (+5) فولت حيث تكفي لاشباع الترانزستور وتغيير فولتية اخراجه (نظرياً) من (+5) فولت الى الصفر . بعدئذ ، وفي النقطة الزمنية B تعود فولتية الادخال الى الصفر . بينما تنقلب فولتية الاخراج الى (+5) فولت . المهم فيما ذكر سابقاً هو :

ان فولتية الاخراج للدائرة المنطقية أما ان تكون واطئة او عالية .

تُصنَّف الدوائر التي تستعمل الترانزستور المُشبَّع ضمن دوائر المنطق المشبعة saturated logic circuits أو باختصار بالمنطق المشبع saturated logic . وغالبية الدوائر المنطقية تقع في هذا الصنف . غير أنه يوجد بعض الدوائر المنطقية التي تتحاشى الاشباع لقصد معيّن ويطلق عليها دوائر المنطق غير المشبعة nonsaturated logic circuits .

ان ضرر الاشباع يكمن في التأخير delay الناتج من اخراج الترانزستور الى حالة غير الاشباع حيث تفيض قاعدة الترانزستور المشبع بحاملات الشحنات carriers مما يؤخر في غلق الترانزستور عن وقت الغلق المطلوب . ويعرف هذا الزمن المصروف بزمن تأخير الأشباع saturation delay time ويرمز له بـ t_s .

فمثلاً . اذا كان t_s يساوي 40 نانوثانية . فان ذلك يعني أن فولتية الاخراج تتأخر 40 نانو ثانية للوصول الى النقطة الزمنية B في الشكل (1.3) .

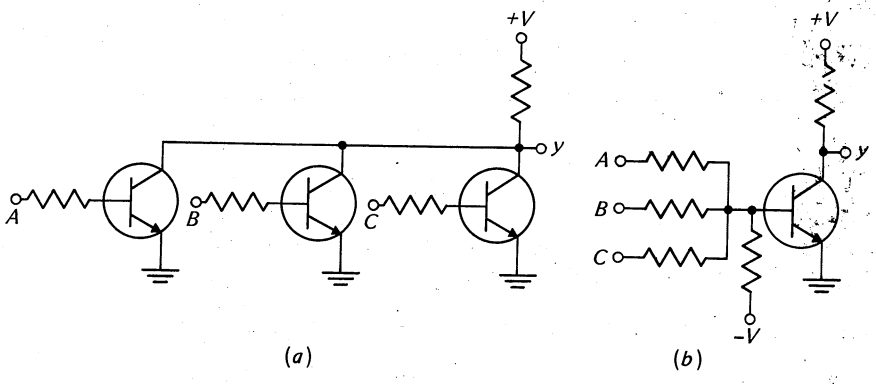
ولصغر قيمة الزمن t_s فان معظم التطبيقات لاتعيره اهتماماً ، الا أن هناك بعض التطبيقات التي تشكل فيها سرعة الاقلاب switching speed عاملاً مهماً وعندها يُستفاد من استعمال الدوائر غير المشبعة .

1.4 الدوائر الثنائية الاقطاب المتكاملة :

كما ذكرنا سابقاً فاننا نعايش الآن الجيل الرابع للحاسبات الالكترونية حيث باتت الدوائر المتكاملة لا يُستغنى عنها في صناعة الحاسبات . وتتكون الدوائر المتكاملة من نوعين رئيسيين : ثنائية الاقطاب bipolar واشباه الموصلات ذات الاوكسيد المعدني MOS . وسنشرح في هذا القسم النوع الاول ، بينما سنأتي على شرح الثاني في القسم الذي يليه .

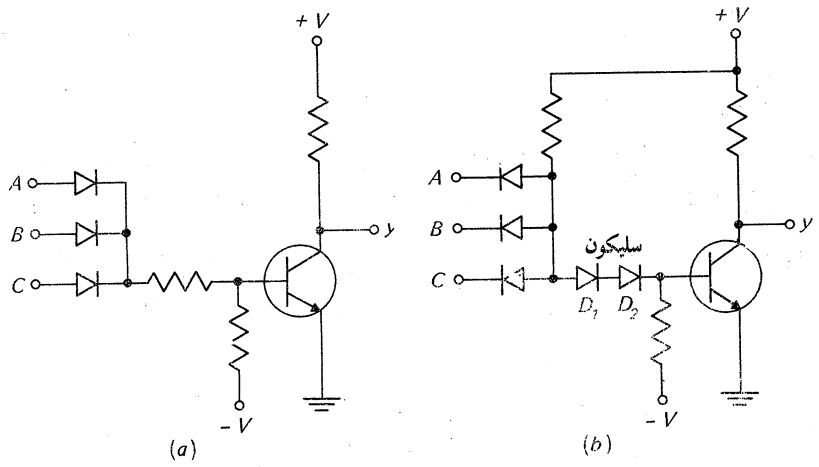
أوائل الدوائر الثنائية الاقطاب المتكاملة تكونت من المقاومات والترانزستور فقط ، لذا وصفت بدوائر منطق المقاوم – الترانزستور (RTL) Resistor – Transistor logic .

ويوضح الشكل (1.4) نوعين من الدوائر المتقدمة الذكر ، حيث أن الترانزستور ينغلق ينفتح عادة بين حالتي القطع والاشباع ، وتقع هذه الدوائر ضمن دوائر المنطق المشبعة . ومما يجدر ذكره أنه أُستغنى عن استعمال دوائر RTL لكثرة مساوئها .



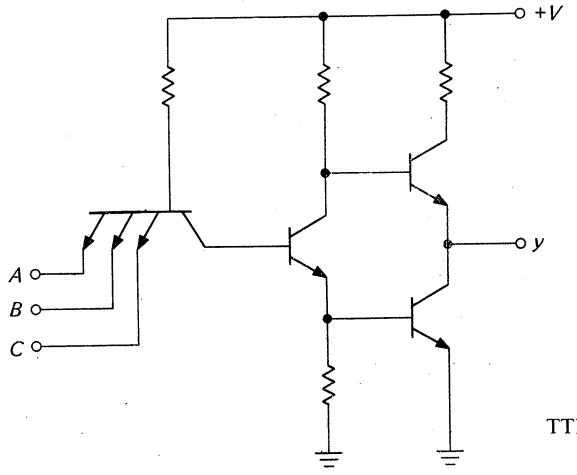
شكل (1.4) مثالان من RTL

وخَلَفَ من بعد دوائر RTL دوائر استعملت اشباه الموصّلات الثنائية مع الترانزستور ، اطلق عليها : Diode – Transistor logic , (DTL) ، ويوضح الشكل (1.5) نوعين من دوائر DTL ، وتقع هذه الدوائر أيضاً ضمن دوائر المنطق المشبعة وذلك لتكرار حالة القطع والاشباع بالنسبة لعمل الترانزستور . وقد قلّ استعمالها بظهور أنواع جديدة من الدوائر المنطقية .



شكل (1.5) : مثالان من DTL

وفي عام 1964 ظهر في الاسواق نوع جديد من الدوائر المنطقية تعرف بـ (TTL)، Transistor – Transistor logic ، ومنذ ذلك الحين بات استعمال هذا النوع شائعاً بشكل كبير . ويعطينا الشكل (1.6) مثالاً لدائرة TTL ، ويُلاحظ أن ترانزستور الادخال input transistor متعدّد الباعث multiple – emitter بينما رُبط ترانزستورا الاخراج out – transistors أحدهما فوق الآخر كالعمود الطوطمي (*) totem– pole وتجدر الاشارة الى أن استعمال TTL يغطي (65%) من عائلة الدوائر الثنائية الاقطاب المتكاملة وسنأتي على شرحها فيما بعد .

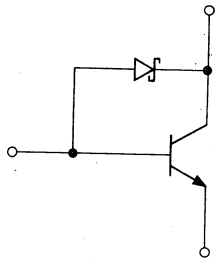


شكل (1.6) : مثال من TTL

(*) Totem -pole : عمود وثني يضعه الهنود الحمر امام منازلهم . (المعربان)

وتتكرر حالة القطع والاشباع بالنسبة لجميع الترانزستورات في دائرة الشكل (1.6) ومن ثم فان دوائر TTL تُعتبر من دوائر المنطق المشبعة . وكما سبق شرحه ، فان زمن تأخير الاشباع (t_s) يبطيء في غلق الترانزستور مما يحول دون استعمالها في بعض التطبيقات .

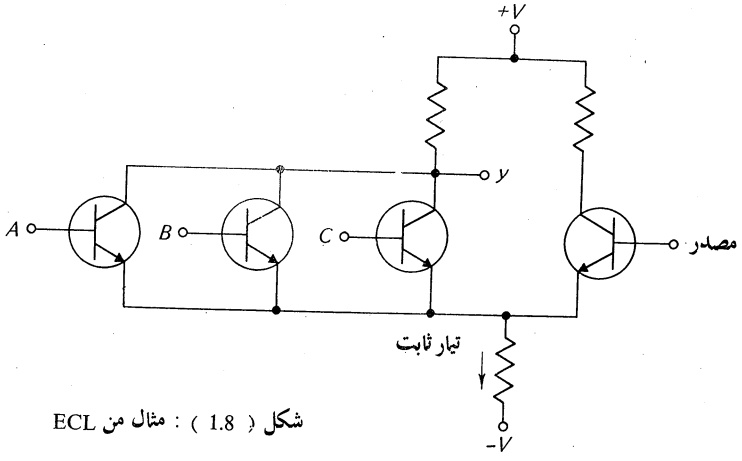
وتختلف دائرة شوتكي Schottky TTL عن النوع المعروف باضافة ثنائي diode الى الترانزستور كما هو مبين في الشكل (1.7) .



شكل (1.7) : ترانزستور شوتكي

وتقيد دوائر شوتكي ضمن المنطق غير المشبع بسبب فرق الجهد الأمامي للثنائي forward Voltage ويساوي 0.4 فولت الذي يمنع الترانزستور من الوصول الى درجة الاشباع التام .

أما دوائر الباعث – المرتبط Emitter – Coupled logic , (ECL) فتمتاز بسرعتها لاستعمالها نوعاً من المضخمات التفاضلية differential amplifiers ذات ترانزستورات تبتعد عن درجة الاشباع . وتشكل دوائر ECL حوالي (20 – 25 %) من عائلة الدوائر الثنائية الاقطاب ذات المنطق غير المشبع . ويبين الشكل (1.8) نموذجاً واحداً لهذا النوع من الدوائر .



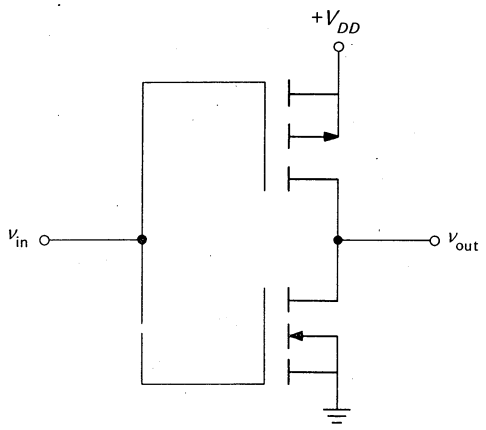
شكل (1.8) : مثال من ECL

1.5 الدوائر المتكاملة ذات الاوكسيد المعدني :

ان المكوّن الرئيس لدوائر MOS هو نوع آخر من الترانزستورات تعمل بالتأثير المجالي المكثف enhancement Field Effect Transistor , (FET) ، ويكون هذا الترانزستور في حالته الطبيعية مغلقاً(*) ولا ينفتح الاّ بعد تسليط فولتية كافية عليه (**)

من أهم أنواع دوائر MOS المنطقية المتكامله نوع يستعمل صنفين من ترانزستورات MOS ترانزستور القناة الموجبة p-channel MOSFET وترانزستور القناة السالبة n-channel MOSFET اللذين يتمم احدهما الآخر ، ويُطلق على هذا النوع اسم دوائر MOS المتممة Complementary MOS , (CMOS).

ويوضح الشكل(1.9) مثالاً لدائرة CMOS حيث يرتبط ترانزستور القناة الموجبة (العلوي) على التوالي بترانزستور القناة السالبة (السفلي) . وينفتح الترانستور الأول عندما تكون V_{in} واطئة low بينما يبقى الترانزستور الثاني السفلي مغلقاً . وتتكرر العملية بصورة معكوسة عندما تكون Vin عالية high ، فينغلق ترانزستور القناة الموجبة (العلوي) لينفتح ترانزستور القناة السالبة (السفلي) .



شكل (1.9) : مثال من CMOS

(*) نقصد بالغلق عندما يكون الترانزستور في حالة عدم توصيل OFF ، ونقصد بالفتح حالة الترانزستور عند التوصيل ON. (المعرّبان) .

(**) لمزيد من التفصيل يراجع كتاب : (مبادىء الالكترونيك) لمالفينو ، ص 355 الى 358 ، شركة مكروهل ، نيويورك 1973

وفي أي من الحالتين المذكورتين آنفاً يكون التيار المار بالترانزستورين قليلاً جداً (مساوياً لتيار التسرب leakage current في حالة الغلق). ونتيجة لذلك يقل صرف القدرة بصورة كبيرة (القدرة المصروفة = فولتية المصدر × تيار التسرب) ، وهذا هو السبب الرئيس في انتشار استعمال CMOS في صناعة الساعات الرقمية ، والمركبات الفضائية ، وحاسبات الجيب .

اسعافات دراسية

خلاصة :

يُعتبر باباج من أوائل الذين استطاعوا رسم ملامح الحاسبة الالكترونية . وسعى لاستخدام البطاقات المثقبة كوسيلة لادخال البرنامج (مجموعة التعليمات) والبيانات (مجموعة الاعداد) الى حاسبته .

أما بوول فقد ساهم في تبسيط المسائل المنطقية باختراعه جبراً جديداً أصبح – فيما بعد – وسيلة فذّة في تحليل وتصميم الحاسبات الالكترونية .

بدأ ظهور الحاسبات الالكترونية في أواسط هذا القرن مستعملة الصمامات الالكترونية ، فالترانزستور ، ومن ثم الدوائر المتكاملة التي غطّت صناعة الحاسبات الالكترونية هذه الأيام .

وتعتبر دوائر TTL الاعتيادية من أشهر أنواع الدوائر الثنائية الاقطاب المتكاملة بينما تستعمل دوائر شوتكي و ECL في التطبيقات التي يُهتم بعامل السرعة فيها ، في حين يتم اختيار دوائر CMOS في التطبيقات ذات الاستهلاك القليل .

مفردات :

الخوارزمية Algorithm : سلسلة من العمليات التي تتبع الخطوة فيها الخطوةَ التي سبقتها.

الجبر البُولي Boolean algebra : يعرف أيضاً بالمنطق الرمزي Symbolic logic اخترعه بُوول Boole ويُستعمل في تحليل وتصميم الدوائر الرقمية .

حاسبة الجيب Calculator : جهاز لأجراء العمليات الحسابية تعتمد على الأنسان في ادخال المعلومات خطوة فخطوة .

البيانات Data : طاقم الاعداد التي تُموّن به الحاسبة قبل تنفيذ البرنامج .

رقم Digit : أحد الرموز الأساسية المستخدمة في نظم الاعداد . وفي النظام العشري الشائع تُستخدم عشرة ارقام هي : 9,8,7,6,5 4,3,2,1,0 .

دائرة منطق Logic circuit : أي دائرة رقمية يمكن تحليلها بالجبر البُوولي.
برنامج Program : طاقم التعليمات التي تدخل الى الحاسبة قبل البدء بالحساب .

اسئلة للمراجعة :

1. ماهو الفرق بين حاسبة الجيب والحاسبة الالكترونية ؟
2. عيّن الاجزاء الخمسة الرئيسية في الحاسبة الالكترونية .
3. أين تُخزن التعليمات والبيانات في الحاسبة الالكترونية ؟ أي قسم من اقسام الحاسبة الالكترونية يقوم مقام الأنسان لدى استعماله حاسبة الجيب ؟
4. ما هو الفرق بين المنطق المشبع والمنطق غير المشبع ؟ ايهما يُستعمل للحصول على اقلاب أسرع ؟
5. أي نوع من انواع ثنائية الاقطاب اكثر شيوعاً ؟ وأي الأنواع تستعمل في التطبيقات السريعة ؟ وللحصول على استهلاك اقل للقدرة. أي الأنواع يفضل استعماله ؟

مسائل :

1.1 مثّل الترانزستور في الشكل (1.3) بعد اهمال فرق الجهد V_{BE} . أوجد تياري القاعدة والمجّمع للترانزستور عند الفتح .

1.2 في الشكل (1.3) ، افرض ان V_{BE} تساوي 0.7 فولت . أوجد تيار القاعدة عندما يكون الترانزستور مفتوحاً . ثم اوجد تيار المجمع عند وصول الترانزستور درجة الاشباع . وما هي أقل قيمة لـ B_{dc} لتحقيق الاشباع ؟

1.3 احسب القدرة المستهلكة في دائرة الشكل (1.9) اذا كان تيار القطع للترانزستور العلوي يساوي 2 نانوأمبير و V_{DD} تساوي 10 فولت .

الفصل الثاني

الأعداد

للوهلة الاولى يخيل الينا لدى سماعنا كلمة (عدد) ما مجموعة الارقام العشرية الشائعة :

9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0

وقد يبدو غريباً ولاجدوى منه ان نناقش نظم الاعداد ذات الرقمين ، او الثمانية ، او الستة عشر . ومع ذلك ، فسوف نُكرس هذا الفصل باجمعه لشرح هذه النظم من الاعداد لاهميتها في الحاسبات الالكترونية والنظم الرقمية الاخرى .

ومع نهاية هذا الفصل ، سيكون بامكانك ان :

1. تجمع ، وتطرح ، وتضرب ، وتقسم مستعملاً الاعداد الثنائية .
2. تُحوّل من النظام الثماني الى الثنائي . وبالعكس .
3. تُحوّل من النظام السداسي عشر الى الثنائي . وبالعكس .

2.1 الاعداد الثنائية :

أي نظام عددي ليس الاّ رمز . لكل كمية محددة فيه رمز محدد . نستطيع بعد تذكره أن نعَّد ، وهذا بدوره يقودنا الى الحساب والى كل الاشكال الرياضية المتقدمة .

يعتبر النظام العشري من اشهر النظم المعروفة ، ويمثل الجدول (2.1) رموز ارقامه حيث تقوم الدوائر السوداء مقام الارقام . ويحتوي الجدول على عشرة رموز او ارقام : من 0 الى 9 ، وكل رمز من هذه الرموز يقابل مجموعة من هذه الدوائر السوداء ، ولطول عهدنا بمعرفة هذه الرموز فقد بتنا ندرك بسهولة ان 4 تعني ●●●● 7 تدل على ●●●●●●● وهكذا . وادراكنا لهذه الارقام بهذه الصيغة يأتي من انطباعها العميق في ذاكرتنا . وكان بالامكان تمثيل الارقام 1,0 , 2, ●●● , 9 برموز اخرى مثل J, ●●●, C, B, A ففي مثل هذه الحالة تكون C مساوية لـ ●● و D لـ ●●● وهكذا . ومن ثم فبالامكان استخدام اي رموز تقوم مقام 0 الى 9

يتألف النظام الثنائي من رمزين اساسيين متميزين كـ A و B او ـ ● ، اوكما هو مألوف 1,0

ويبين الجدول (2.2) رمزي النظام الثنائي الاساسيين .

الرمز	تمثيلة
0	لايوجد
1	•
2	••
3	•••
4	••••
5	•••••
6	••••••
7	•••••••
8	••••••••
9	•••••••••

جدول (2.1) : الارقام العشرية

الرمز	عدد الدوائر السوداء
0	لايوجد
1	•

جدول (2.2) : الارقام الثنائية

والسؤال هنا هو : كيف نستطيع أن نمثل كمية تزيد عن • ؟ وبماذا نرمز لـ •• ••• وهكذا ؟

في النظام العشري ، وبعد الرقم 9 ، نستعمل مرتبتين لتمثيل الاعداد 12,11,10 ...الخ وبكلمة اخرى ، نحصل على العدد (10) الذي يلي 9 باستعمال رقم اضافي يتبع الرقم الاول . وكذلك الحال بالنسبة للعدد 11 وهكذا .

في النظام الثنائي نستخدم اسلوب النظام العشري نفسه ، فبوصولنا للرقم 1 نستنفد كل ارقام النظام الثنائي (حيث لايوجد 2 ، 3 ، ... الخ في النظام الثنائي) . ولتمثيل •• نستخدم مرتبة اضافية لنحصل على 10 ، و11 تمثل •••• لذا يكون حسابنا بالنظام الثنائي كالتالي : 0 ، 1 ، 10 ، 11. وتجنباً للالتباس تُقرأ هذه الاعداد هكذا : صفر ، واحد ، ، واحد – صفر ، واحد – واحد(*) .

(*) تستعمل قبيلة مضايق تورس النظام الثنائي في العدد كما ياتي : اورابون . اوكاسا . اوكاسا – اورابون اوكاسا اوكاسا

ماهو العدد الثاني الذي يلي 11 ؟ انه ليس 12 لأن 2 ليس ضمن الارقام الثنائية . وفي النظام العشري ، نكون قد استنفدنا كل الارقام العشرية عند وصولنا 99 ، مما يضطرنا لاضافة مرتبة ثالثة للحصول على 100 , 101 , 102 , 103 , ... الخ ، وكذا الامر في النظام الثنائي حيث يكون العد كالاتي : 0 , 1 , 10 , 11 , 100 , 101 , 110 , 111 . لاحظ الجدول (2.3) .

عشري	ثنائي	كمية
0	0	لايوجد
1	1	.
2	10	..
3	11	...
4	100	....
5	101	.....
6	110	.....
7	111	.....

جدول (2.3) : ثلاث طرائق للعد الى سبعة

وهذه طريقة اخرى للعد تنفع في النظام الثنائي :

1 . فكر في الاعداد العشرية .
2 . اشطب أي عدد عشري يحتوي على رقم اكبر من 1
3 . ما تبقى من اعداد هي الاعداد الثنائية

خذ مثلاً الأعداد العشرية الاتية :

0 , 1 , 2 , 3 , ... , 9 , 10 , 11 , 12 , 13 , ... , 99 , 100 , 101 , 102 , 103 , ... , 110 , 111 , ...

وبعد الشطب ، نحصل على الاعداد الثنائية الاتية :

0 , 1 , 10 , 11 , 100 , 101 , 110 , 111 , ...

وكالنظام العشري المالوف لدينا ، سيكون النظام الثنائي مالوفاً لدينا ايضاً بمجرد المران عليه . وبالأمكان – طبعا – اختيار الكثير من انظمة الاعداد بمجرد تحديد الارقام الاساسية ، لذا فان اساس النظام base or radix يتحدد بعدد الارقام الاساسية المستخدمة . ومن هنا يتبين ان عشرة هو اساس النظام العشري لاحتواء هذا النظام على 10 ارقام ، من 0 الى 9 ،

واثنين اساس للنظـام الثنائي لاحتوائه على رقميـن اثنين هما 0 و 1 ، وثمانية اساس النظام الثماني ، الذي سنأتي على شرحه فيما بعد .

مثال 2.1

كيف تكتب الاعداد في النظام الثلاثي ternary system مستعملاً الارقام 0 , 1 , 2 ؟

الحل :

تشكل 0, 1, 2 الاعداد الثلاثة الاولى للنظام الثلاثي ، ولنفاد ارقام هذا النظام عند هذا الحد ، فاننا نحتاج الى مرتبة ثانية لاستقبال اعداد اكبر مثل 10 بعد 2 (الرقم الثاني في النظام يتبعه الاول) ، و11 بعد 10 (الرقم الثاني في النظام يتبعه الثاني) و 12 بعد 11 (الرقم الثاني في النظام يتبعه الثالث) والى هنا يكون العد 0 ، 1 ، 2 ، 10 ، 11 ، 12 ولأحتواء هذا النظام على 2 فان العدد التالي لـ 12 هو 20 ثم 21 فـ 22

وبامكاننا الآن تكوين ثلاث مراتب او اكثر لهذا النظام كالآتي :

0, 1, 2, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 100, 101, 102, 110, 111, 112, 120, 121, 122,

200, 201, 202, 210, 211, 212, 220, 221, 222, 1000, ...

مثال 2.2 :

بدلاً من استعمال 0 و 1 في النظام الثنائي ، استعمل A و B على التوالي للعد الى 7 .

الحل :

A, B, BA, BB, BAA, BAB, BBA, BBB

مثال 2.3 :

في الشكل (2.1) يقوم المصباح المضيء مقام 1 في النظام الثنائي ، بينما يشير المصباح المُطفأ الى 0 . اقرأ العدد الثنائي من اليسار الى اليمين كما تمثله المصابيح . وما هو العدد العشري الذي يقابله ؟

شكل (2.1) : مصابيح تمثل عدداً ثنائيا .

الحل :

ان المصابيح مرتبة كما يأتي : مضاء . مطفأ ، مضاء أي 101 ، وهذا يساوي 5 في النظام العشري (راجع الجدول 2.3) .

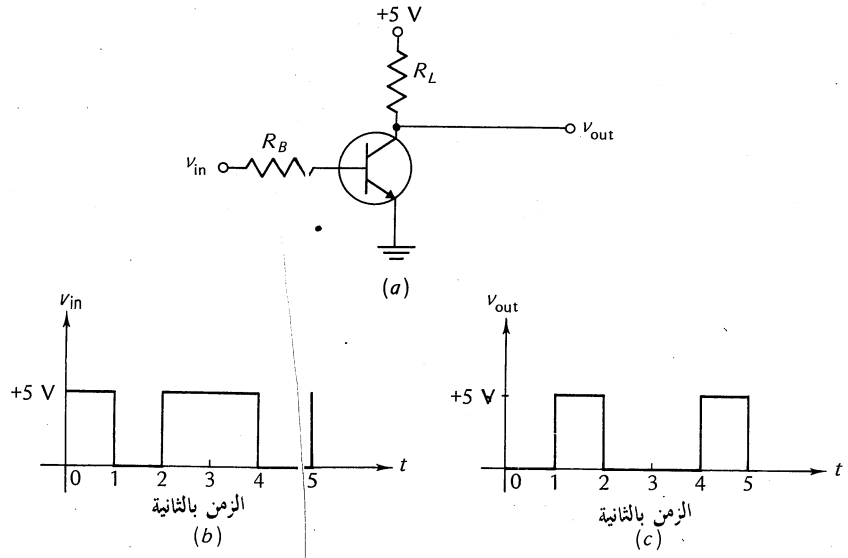
مثال 2.4 :

يحتوي الشكل (2.2a) على دائرة ترانزستور . فاذا كان 5 فولت يعادل الرقم الثنائي 1 و 0 فولت يعادل الرقم الثنائي 0 . اوجد العدد الثنائي الذي تمثله موجتا الادخال والاخراج في الشكلين (2.2 b) و (2.2 c) . تكون قراءة الموجة الزمنية من اليسار الى اليمين .

الحل :

مادام 5 فولت يعادل 1 و 0 فولت يعادل 0 ، فموجة الادخال تُمثل بـ 10110 بينما تُمثل موجة الاخراج بـ 01001 .

وتجدر الاشارة هنا الى ان الترانزستور ياخذ احد حالتي الاشباع (جهد الاخراج يساوي 0 فولت) او القطع (جهد الاخراج يساوي 5 فولت) .



شكل (2.2) : تمثيل اعداد ثنائية بجهدي الادخال والاخراج

2.2 الاضافة الثنائية :

الاضافة هي تحوير الاعداد لتمثل اتحاد كميات فيزيائية بكمية واحدة ، ففي النظام العشري (5 = 3 + 2) يرمز الى توحيد الكميتين •• و ••• للحصول على الكمية ••••• ولكي نكتشف قواعد الاضافة في النظام الثنائي نحتاج الى مناقشة الحالات الاربع الاتية :

الحالة الاولى : عند اضافة لاشيء الى لاشيء نحصل على لاشيء ، وتمثل في النظام الثنائي بـ :

$$0 + 0 = 0$$

الحالة الثانية : عند اضافة لا شيء الى • نحصل على • وتمثل بـ :

$$0 + 1 = 1$$

الحالة الثالثة : باضافة • الى لا شيء نحصل على • وتمثل بـ :

$$1 + 0 = 10$$

الحالة الرابعة : باضافة • الى •فالنتيجة •• وتمثل بـ :

$$1 + 1 = 10$$

وقد يثير العدد 10 بعض الالتباس وذلك لاعتيادنا استعمال النظام العشري غير ان هذا العدد صحيح في النظام الثنائي ، اذ أن 10 تقوم مقام •• وليس •••••••••• (عشرة) . وينبغي مقدماً ان نعرف اساس النظام المستعمل ، أما من خلال النص او بوضع الاساس مُميّزاً الى جانب العدد ، كأن نكتب 11_2 ونقصد الثنائي 11 ، او 45_{10} لنعني العدد العشري 45. ومن ثم يبدو سهلاً التمييز بين المثالين الاتيين :

$$1_{10} + 1_{10} = 2_{10}$$

$$1_2 + 1_2 = 10_2$$

واختصاراً لما شرحنا ، فان قواعد الاضافة في النظام الثنائي هي :

$0 + 0 = 0$
$0 + 1 = 1$
$1 + 0 = 1$
$1 + 1 = 10$ (صفر وباليد واحد)

ولاضافة اعداد ثنائية اكبر ، فان الـ 1 يُحمَّل الى المرتبة المجاورة كما هو الحال في الاعداد العشرية حيث نرى :

$$\begin{array}{r} 10 \\ +\ 10 \\ \hline 100 \end{array}$$

في المرتبة الاولى ، $0 + 0$ تساوي 0 . وفي المرتبة الثانية ، $1 + 1$ يساوي 0 وباليد 1 حيث يشكل المرتبة الثالثة للناتج . (الاضافة المذكورة آنفاً تكافيء $2 + 2$ يساوي 4 في النظام العشري) .

وكمثال آخر $1 + 1 + 1$. ان مجموع اثنين منهم يعطينا 10 وباضافة الواحد الثالث الى 10 نحصل على 11 كالاتي :

$$1 + 1 + 1 = 10 + 1$$
$$= 11$$

وتتكرر العملية عند جمع الواحد اربع مرات كالاتي :

$$1 + 1 + 1 + 1 = 10 + 1 + 1$$
$$= 11 + 1$$
$$= 100$$

مثال 2.5 :

أ) اضف 101 الى 110

ب) اضف 111 الى 110

الحل :

أ)

$$1 + 0 = 1 \rightarrow \text{المرتبة الاولى} \quad 101$$
$$0 + 1 = 1 \rightarrow \text{المرتبة الثانية} \quad + 110$$
$$1 + 1 = 10 \rightarrow \text{المرتبة الثالثة} \quad 1011$$

(صفر وباليد واحد)

ب)

$$1 + 0 = 1 \rightarrow \text{المرتبة الاولى} \quad 111$$
$$1 + 1 = 10 \rightarrow \text{المرتبة الثانية} \quad + 110$$
(صفر وباليد واحد)
$$1 + 1 + 1 = 10 + 1 = 11 \rightarrow \text{المرتبة الثالثة} \quad 1101$$

مثال 2.6 :

أوجد ناتج مايأتي :

أ) 1010 + 1101

ب) 1010 + 1011

الحل :

أ)

$$\begin{array}{r} 1010 \\ +\ 1101 \\ \hline 10111 \end{array}$$

ب)

$$\begin{array}{r} 1011 \\ +\ 1010 \\ \hline 11101 \end{array}$$

2.3 التحويل من الثنائي الى العشري :

كيف تستطيع تحويل عدد ثنائي الى نظيره العشرى ، بمعنى آخر ماهو العدد العشري الذي يقابل 1010011 الثنائي ؟ هنا ، سنرى كيف يتم التحويل بسرعة وبسهولة .

يمكننا تجزئة أي عدد عشرى صحيح integer الى مراتبه الاحادية ، العشرية المئوية ..... الخ ، فالرقم 2945 يتجزأ الى :

$$2945 = 2000 + 900 + 40 + 5$$

وبكتابته كاساس لـ 10 :

$$2945 = 2(10)^3 + 9(10^2) + 4(10)^1 + 5(10)^\circ$$

وبالطريقة نفسها يمكننا تجزئة اي عدد ثنائي كـ 111 الى مكوناته الاساسية :

$$111 = 100 + 10 + 1 \qquad (2.1)$$

وثمة مايثير الانتباه عند تحويل المعادلة (2.1) الى المقابل العشري وبعد الاستفادة من الجدول (2.3) :

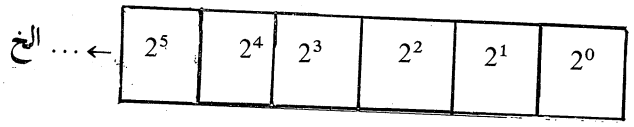
ثنائي $\qquad 111 = 100 + 10 + 1$

عشري $\qquad 7 = 4 + 2 + 1$

اذ ان تقطيع العدد الثنائي الى اوزانه يكافيء تجزئة نظيره العشري الى احاد ، وازواج ، ورباعيات ، وثمانيات .. وهكذا . بكلام آخر فان موقع أي رقم في النظام الثنائي له قيمة أووزن . فالرقم ذو المرتبة الادنى Least Significant Digit (أي الرقم الواقع اقصى يمين العدد) قيمته 1 ، والرقم الذي يليه الى اليسار قيمته 2 ، والثالث 4 ، ثم 8 ، 16 ، 32 ... الخ وهكذا . والشكل الآتي يوضح ارقام العدد الثنائي بقيمته العشرية .

... الخ ←	32	16	8	4	2	1

, والواقع ، تترتب هذه الاعداد بشكل تصاعدي للاساس كالآتي :



المهم ، عند ايجاد المكافيء العشري لاي عدد ثنائي يجب اتباع ماياتي :

1. عندما يكون الرقم 1 اضف وزن مرتبة ذلك الرقم .
2. عندما يكون الرقم 0 أهمل وزن تلك المرتبة .

فالمكافيء العشري للثنائي 101 هو :

$$4 + 0 + 1 = 5$$

كذلك 1011 :

$$8 + 0 + 2 + 1 = 11$$

وايضا بالنسبة لـ 11001 :

$$16 + 8 + 0 + 0 + 1 = 25$$

ويمكننا تبسيط طريقة التحويل من الثنائي الى العشري binary – to – decimal بما ياتي :

1. أكتب العدد الثنائي .
2. أكتب اوزان المراتب 16, 8, 4, 2, 1 ... تحت ارقام الثنائي مباشرة من اليمين الى اليسار .
3. عندما يكون الرقم الثنائي صفرا اشطب على وزن مرتبته .
4. اجمع اوزان المراتب المتبقية لتحصل على المكافيء العشري .

خذ مثالا على ذلك : حول الثنائي 101 الى مكافئه العشري :

الخطوة الاولى 101

الخطوة الثانية 421

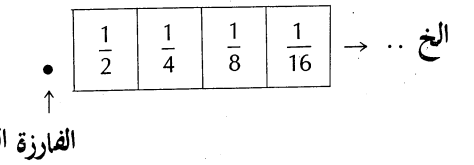
الخطوة الثالثة 421

الخطوة الرابعة $4 + 1 = 5$

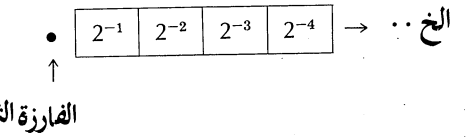
ويتم تحويل 10101 بسرعة كما ياتي :

1 0 1 0 1
16 ~~8~~ 4 ~~2~~ 1 = 21

شرحنا فيما سبق الاعداد الثنائية الصحيحة . والان ينبغي ان نعرف ايضا كيف يتم تحويل الكسور الثنائية binary fractions الى نظيرها العشري . خذ مثلا : الثنائي 0·101 في مثل هذه الحالة تنتظم المراتب على يمين الفارزة الثنائية binary point بالشكل الاتي :



وباعادة كتابتها للاساس 2 :



نخلص الى ان الثنائي 0.101 يكافيء العشري 0.625 كالاتي :

0.1 0 1

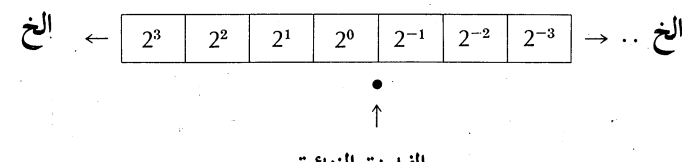
$\frac{1}{2}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{8} \rightarrow 0.5 + 0.125 = 0.625$

ونتبع الطريقة نفسها لايجاد المكافيء للعدد الثنائي 0 . 1101 :

0.1 1 0 1

$\frac{1}{2}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{8}\ \frac{1}{16} \rightarrow 0.5 + 0.25 + 0.0625 = 0.8125$

وباتباع ما سبق . تحول الاعداد المختلفة (الصحيحة والكسرية) كل على حدة لايجاد المكافيء العشري . كما ياتي :



وبالمران على حل مثل هذه المسائل ، تصبح عملية التحويل من الثنائي الى العشري سريعة وسهلة .

مثال 2.7 :

حول الثنائي 110.001 الى مكافئه العشري :

الحل :

$$1\,1\,0.0\,0\,1$$

$$4\;2\;1.\;\frac{1}{2}\quad\frac{1}{4}\quad\frac{1}{8}\rightarrow 6.125$$

مثال : 2.8

اوجد قيمة X من المعادلة الاتية :

$$1011.11_2 = X_{10}$$

الحل :

هذه طريقة اخرى للسؤال عن المكافيء العشري . (تذكر ان 10,2 المكتوبين اسفل العددين الثنائي والعشري على التوالي يدلان على اساس النظام) .

$$1\,0\,1\,1.1\,1$$

$$8\;4\;2\;1.\;\frac{1}{2}\quad\frac{1}{4}\rightarrow 11.75_{10}$$

اي ان :

$$1011.11_2 = 11.75_{10}$$

2.4 التحويل من العشري الى الثنائي :

احدى طرائق تحويل العدد العشري الى مكافئه الثنائي هي بعكس العمليات التي مر شرحها آنفاً . كل ماهو مطلوب لتحويل العدد العشري 9 – مثلاً – الى مكافئه الثنائي هو اعادة تنظيم مراتبه ثنائياً بحيث يكون مجموعها مساوٍ ل 9 .

$$9 = 8 + 1 = 8 + 0 + 0 + 1$$
$$= 1001$$

مثال آخر :

$$25 = 16 + 8 + 1 = 16 + 8 + 0 + 0 + 1$$
$$= 11001$$

وهناك طريقة اخرى اكثر استعمالاً من السابقة لتحويل الاعداد العشرية الى الاعداد الثنائية ويطلق عليها (dabble – double) . بها تتكرر قسمة العدد العشري على الرقم 2 مع كتابة الباقي (remainder) بعد كل عملية قسمة . ثم يقلب ترتيب الباقي للحصول على المكافىء الثنائي . لاحظ مثالنا السابق لتحويل العشري 9 الى مكافئه الثنائي باستعمال هذه الطريقة :

	الباقي
$9 \div 2 = 4$	1
$4 \div 2 = 2$	0
$2 \div 2 = 1$	0
$1 \div 2 = 0$	1

في الخطوة الاولى تقسم 9 على 2 لتحصل على 4 والباقي 1 . ثم تقسم 4 على 2 لتحصل على 2 والباقي صفر ، وتستمر على هذا المنوال ، أي بتقسيم الناتج على 2 والاحتفاظ بالباقي . في الخطوة الاخيرة تجد ان ($1 \div 2 = 0$) والباقي 1 ، وحيث ان الـ 1 لايستوعب الـ 2 لكي يعطي ناتجاً ، لذا يكتب الناتج 0 والباقي 1 . وحينئذ تعيد كتابة ارقام الباقي بتسلسل معكوس (اي من الاسفل الى الاعلى) .

وبالطريقة نفسها يكون المكافيء الثنائي للعدد العشري 25 هو :

	الباقي
$25 \div 2 = 12$	1
$12 \div 2 = 6$	0
$6 \div 2 = 3$	0
$3 \div 2 = 1$	1
$1 \div 2 = 0$	1

اي ان العشري 25 يساوي الثنائي 11001 .

ولتبسيط شكل هذه العملية . يمكن ترتيبها كالاتي :

2	25	
	12	1
	6	0
	3	0
	1	1
	0	1

وبكلمات اخرى ، مبتدئاً من الاعلى ، قسم 25 على 2 واكتب 12 مع الباقي 1 . ثم قسم 12 على 2 واكتب الباقي 0 وهكذا . وبقليل من التمرين تصبح عملية تحويل الاعداد العشرية الصحيحة الى النظام الثنائي سريعةً وسهلة .

اما بالنسبة لتحويل الكسور ، فيضرب العدد بـ 2 ويسجل المحمّل Carry ؛ تؤخذ المحملات باتجاهها الاعتيادي ، كما هو موضح في تحويلنا للكسر العشري 0.625

	المحمّل
$0.625 \times 2 = 1.25 = 0.25$	1
$0.25 \times 2 = 0.5$	0
$0.5 \times 2 = 1.0 = 0$	1

اي ان الكسر العشري 0.625 يساوي الكسر الثنائي 0.101(*) .

(*) لاحظ في هذا المثال ان الناتج الاخير هو 1.0 . وحيثما كان الناتج هو 1.0 يمكننا ايقاف عملية التحويل لان كل المحملات المقبلة يجب ان تكون صفراً

كما يتم تحويل 0.85 الى كسره الثنائي كالاتي :

	محمّل
$0.85 \times 2 = 1.7 = 0.7$	1
$0.7 \times 2 = 1.4 = 0.4$	1
$0.4 \times 2 = 0.8$	0
$0.8 \times 2 = 1.6 = 0.6$	1
$0.6 \times 2 = 1.6 = 0.2$	1
$0.2 \times 2 = 0.4$	0

ونجد ان المكافيء الثنائي 0.85 هو 0.110110 مقرباً الى ستة ارقام ثنائية . وهنا تجدر الاشارة الى الاصطلاح (bit) الذي هو اختصار لـ binary digit ، اذ نستطيع القول بأن الثنائي 1101 يتكون من اربعة ارقام ثنائية bits ، وان 111010 يتكون من ستة .... وهكذا .

مثال 2.9 :

حول العشري 21.6 الى مكافئه الثنائي .

الحل :

جزيء 21.6 الى العدد الصحيح 21 والكسر 0.6 ، ثم طبق الطريقتين السابقتين لكل جزء منهما :

	الباقي
2 | 21	1
2 | 10	0
2 | 5	1
2 | 2	0
2 | 1	1
0	

ثم :

	المحمل
$0.6 \times 2 = 1.2 = 0.2$	1
$0.2 \times 2 = 0.4$	0
$0.4 \times 2 = 0.8$	0
$0.8 \times 2 = 1.6 = 0.6$	1
$0.6 \times 2 = 1.2 = 0.2$	1

والناتج هو 10101.10011 مقرب الى خمسة ارقام ثنائية bits .

2.5 الطرح الثنائي :

عند طرح الاعداد الثنائية ، نحتاج لمناقشة الحالات البسيطة الاتية :

الحالة الاولى : $0 - 0 = 0$

الحالة الثانية : $1 - 0 = 1$

الحالة الثالثة : $1 - 1 = 0$

الحالة الرابعة : $10 - 1 = 1$

ولتوضيح الحالة الاخيرة ، يمكننا تمثيلها بـ :

•• − • = •

وعند طرح أعداد ثنائية أكبر ، أي ذات عدة مراتب ، نجرى العملية عموديا مرتبة مستعيرين عند الحاجة من المرتبة المجاورة . فلطرح 101 من 111 ، نبدأ كمايأتي :

العمود الاول : $1 - 1 = 0$

العمود الثاني : $1 - 0 = 1$

العمود الثالث : $1 - 1 = 0$

7	111
− 5	− 101
2	010

مثال آخر : اطرح 1010 من 1101

العمود الاول : $1 - 0 = 1$

العمود الثاني : $10 - 1 = 1$ (بعد الاستعارة)

العمود الثالث : $0 - 0 = 0$ (بعد الاستعارة)

العمود الرابع : $1 - 1 = 0$

13	1101
− 10	− 1010
3	0011

ولطرح الاعداد السالبة ، اطرح − مثلاً − 111 من 100 :

العمود الاول : $1 - 0 = 1$

العمود الثاني : $1 - 0 = 1$

العمود الثالث : $0 - 1 = 1$

4	100
− 7	− 111
− 3	− 011

لاحظ بأننا طرحنا العدد الاصغر من الاكبر ، وثبتنا مسبقا اشارة العدد الاكبر كما هو الحال في النظام العشري .

مثال آخر : اطرح 11011 من 10111

23	10111
− 27	− 11011
− 4	− 00100

لاحظ ثانية ان القيمة الاصغر قد طرحت من القيمة الاكبر .

اوضحنا في الامثلة السابقة طريقة من الطرائق المستخدمة في عدة حاسبات الكترونية ، وهناك طرائق اخرى في طرح الاعداد الثنائية تقلل من عدد الدوائر الالكترونية عند التصميم وقبل أن نشرح هذه الطرائق ينبغي أن نعرف ماهو المتمم لـ1 1'S Complement والمتمم لـ 2 2'S Complement(*) . ينتج المتمم لـ 1 لأي عدد ثنائي من عكس الـ 0 الى 1 والـ 1 الى 0 ، أي أن المتمم لـ 1 للثنائي 100 هو 011 (كل 1 يغير الى 0 وكل 0 الى 1) ، وللثنائي 1001 هو 0110 ، وهذه امثلة اخرى :

العدد الثنائي	المتمم لـ 1
1010	0101
1110	0001
0011	1100

وينتج المتمم لـ 2 لأي عدد ثنائي من اضافة 1 الى المتمم لـ 1 لذلك العدد . أي

المتمم لـ 1 + 1 = المتمم لـ 2

فلايجاد المتمم لـ 2 للثنائي 1011 ، اوجد المتمم لـ 1 لذلك العدد أولاً (يساوي 0100) ثم اضف 1 اليه للحصول على المتمم لـ 2 الذي يساوي 0101 .

خذ مثالاً آخر ، اوجد المتمم لـ 2 للعدد 11001 . يمكننا الحصول على المتمم لـ 2 باضافة 1 للمتمم لـ 1 وهو 00110 ليساوي 00111 .

وفيما يلي بعض الامثلة المحلولة عن المتمم لـ 2 .

العدد	المتمم لـ 2.
1110	0001 + 1 = 0010
0001	1110 + 1 = 1111
10110	01001 + 1 = 01010

والآن ، كيف يمكننا الاستفادة من المتممات في عملية الطرح ؟

بدلاً من طرح الاعداد مباشرة ، نوجد المتمم لـ 2 للمطروح ونضيفه الى المطروح منه مهملين المحمل الاخير . ويوضح هذه العملية المثالان الاتيان :

(*) ويمكن تعريبها بقولنا : المتمم لواحد والمتمم لاثنين . (المعربان)

1. اطرح 101 من 111 :

العشري	الطريقة المعروفة	بواسطة المتمم لـ 2
7	111	111
− 5	− 101	+ 011 → المتمم لـ 2
2	010	~~1~~ 010

2. اطرح 1010 من 1101 :

13	1101	1101
− 10	− 1010	+ 0110
3	0011	~~1~~ 0011

مرة أخرى ، بإيجاد المتمم لـ 2 للمطروح واضافته الى المطروح منه ، تحصل على الجواب نفسه وباستعمال الطريقة المعروفة شريطة إهمال المحمل الأخير (*)

وتستعمل بعض الحاسبات الالكترونية هذه الطريقة في اجراء عملية الطرح ، حيث أنها تفيد في تقليص عدد الدوائر المنطقية اللازمة باقتصارها على دوائر الأضافة فقط .

ولا تزال هناك طريقة أخرى باستعمال المتمم لـ 1 ، وتتم بإضافة المتمم لـ 1 الى المطروح منه ومن ثم اضافة المحمل الأخير الى الناتج الفرعي للحصول على الناتج النهائي كما هو موضح في المثال الآتي :

اطرح 101 من 111 :

111
+ 010 → (المتمم لـ 1 لـ 101)

1001
+1
010

ونلاحظ في هذا المثال مايأتي :

1. اوجدنا المتمم لـ 1 للثنائي 101 ويساوي 010 .
2. اضفنا 010 الى المطروح منه 111 لنحصل على 1001 .
3. ولكون المحمل الأخير يساوي 1 ، لذا أضفناه الى ماتبقى من العدد (أي الى 001) .

وهذه الطريقة تدعى بتدوير المحمل الأخير end-around carry.

مثال : اطرح 1010 من 1101 :

---

* لدى دراسة المتمم لـ2 بصورة شاملة يتبين ان حالة المحمل الاخير تدل على اشارة العدد الناتج ، فعندما يكون المحمل الاخير مساوياً للواحد فالعدد الناتج يكون موجباً ، ويكون سالباً عند عدم وجود المحمل الاخير .

13	1101	1101
− 10	− 1010	+ 0101 → المتمم لـ 1
3	0011	1 0010
		↳ +1
		0011

وحيثما ساوى المحمل الأخير لـ 1 فإن الناتج يكون موجباً وبشكله الثنائي ، وبعكسه (أي عندما يكون المحمل الأخير صفراً) فإن الناتج يكون سالباً وبصيغة الاتمام لـ 1 .

مثال : اطرح 1101 من 1010 :

10	1010	1010
− 13	− 1101	+ 0010 → المتمم لـ 1
− 3	− 0011	↑ 1100 → − 0011

وحينما يغيب المحمل الاخير ، ففي مثل هذه الحالة يكون الجواب سالباً وبصيغة الاتمام لـ 1 . لذا نأخذ المتمم لواحد للثنائي 1100 للحصول على 0011 ثم نسبقه باشارة سالبة ليكون − 0011 .

ويجد الطالب البرهان على صحة المتممات المذكورة في كتب الرياضيات العالية . واستعمال المتمم لـ 1 في عمليات الطرح له شهرته في الحاسبات الالكترونية ، اذ تقتصر الحاجة على دوائر اضافة فقط ، كما أنه من السهل الحصول على المتمم لواحد لعددٍ ما من دوائر رقمية (كما سنرى في فصل قادم) .

مثال 2.10 :

اطرح 01101 من 11011 باستعمال طريقة المتمم لـ 1 .

الحـل :

11011	
+ 10010	01101 المتمم لـ 1 لـ
1 01101	
↳ +1	
01110	

مثال 2.11 :

اطرح 11011 من 01101 باستعمال المتمم لـ 1 ، مع تبيان الطريقة العشرية والثنائية ايضاً .

الحـــل :

13	01101	01101
− 27	− 11011	+ 00100 → (المتمم لـ 1)
− 14	− 01110	↑ 10001 → ~ 01110
		لايوجد محمل

ونلاحظ ان غياب المحمل يقودنا الى اتمام الناتج مع وضع اشارة (−) مسبقـــاً .

2.6 المتمم لـ 9 والمتمم لـ 10 :

للنظام العشري متمماته ايضاً . فالمتمم لـ 9 (مناظر للمتمم لـ 1) يستحصل من طرح كل رقم عشري من 9 ، فالمتمم لـ 9 للعدد العشري 25 هو 74 كمـــا يأتـــي :

```
  99
− 25
----
  74
```

والمتمم لـ 9 للعدد 6291 هو 3708 كما يأتي :

```
 9999
− 6291
------
 3708
```

أما المتمم لـ 10 (المناظر للمتمم لـ 2) لاي عدد عشري صحيح فيساوي متمم ذلك العدد لـ 9 مضافاً اليه 1 ، اي :

المتمم لـ 10 = المتمم لـ 9 + 1

فالمتمم لـ 10 للعدد 25 هو 75 كما يأتي :

```
  99
− 25
----
 74 + 1 = 75
```

وتحصل على المتمم لـ 9 بطرح 25 من 99 ، بعدئذ أضف 1 للناتج للحصول على المتمم لـ 10 . وكمثال على ذلك ، المتمم لعشرة للعدد 6291 :

$$\begin{array}{r} 9999 \\ -\ 6291 \\ \hline 3708 \end{array} \quad 3708 + 1 = 3709 \rightarrow (\text{المتمم لـ } 10 \text{ للعدد } 6291)$$

ويمكننا استعمال هذين المتممين في اجراء عمليات الطرح . فلطرح 25 من 83 بطريقة المتمم لـ 9 نتبع مايأتي :

$$\begin{array}{r} 83 \\ -\ 25 \\ \hline 58 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 83 \\ +\ 74 \\ \hline 1\ 57 \\ \hookrightarrow +\ 1 \\ \hline 58 \end{array} \quad (\text{المتمم لـ } 9 \text{ للعدد } 25) \rightarrow 74$$

ونستطيع الحصول على الجواب نفسه بطريقة المتمم لـ 10 :

$$\begin{array}{r} 83 \\ +\ 75 \\ \hline \not{1}\ 58 \end{array} \quad (\text{المتمم لـ } 10 \text{ للعدد } 25) \rightarrow 75$$

(ان استعمال المتممين لـ 9 و لـ 10 مشابه لاستعمال المتتممين لـ 1 و لـ 2 على التوالي) .

2.7 الضرب الثنائي والقسمة :

يعتبر الضرب الثنائي binary multiplication ابسط بكثير من الضرب العشري لاحتوائه على اربع حالات فقط ، هي :

$$0 \times 0 = 0$$
$$0 \times 1 = 0$$
$$1 \times 0 = 0$$
$$1 \times 1 = 1$$

وعند ضرب الاعداد الكبيرة نسلك طريقة النظام العشري نفسها بايجاد النواتج الجزئية اولا ثم اضافتها ، كما هو موضح في المثال الاتي :

$$\begin{array}{r} 7 \\ \times\ 5 \\ \hline 35 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 111 \\ \times\ 101 \\ \hline 111 \\ 000 \\ +\ 111 \\ \hline 100011 \end{array}$$

مثال اخر : اضرب 10110 في 110 :

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times\ 6 \\ \hline 132 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 10110 \\ \times\ 110 \\ \hline 00000 \\ 10110 \\ +\ 10110 \\ \hline 10000100 \end{array}$$

كذلك تجري عملية القسمة الثنائية binary division بصورة مشابهة لعملية القسمة بالنظام العشري . فلقسمة 1100 على 10 نمضي كما ياتي :

$$\begin{array}{r} 6 \\ 2\overline{)12} \end{array} \qquad \begin{array}{r} 110 \\ 10\overline{)1100} \\ 10 \\ \hline 10 \\ 10 \\ \hline \end{array}$$

مرة اخرى .. فان ممارسة الضرب والقسمة بالنظام الثنائي هي اسهل بالتأكيد مما هي عليه في النظام العشري ، كما يسهل ايضا تصميم الدوائر المنطقية لها ، وسيتوضح ذلك في فصل قادم .

مثال 2.12 :

اضرب 101.1 في 11.01 .

الحل :

101. 1	5.5
× 11. 01	× 3. 25
1011	275
0000	110
1011	165
1011	
10001111	17875
10001. 111	17. 875

2.8 الاعداد الثُمانية :

للاعداد الثُمانية octal أهميتها في التطبيقات الرقمية . ابتداء ، اساس النظام الثماني هو 8 ، اي ان النظام يتكون من ثمانية رموز . وبرغم حريتنا في اختيار اي رموز متميزة ، الا اننا اعتدنا استعمال الارقام الثمانية الاولى من النظام العشري :

0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 (لايوجد 8 او 9) ،

هذه الارقام من 0 الى 7 لها المعنى الفيزيائي المعروف نفسه في النظام العشري ، اي ان 2 تقوم مقام •• ، 5 تعني ••••• وهكذا .

كيف نمثل الاعداد التي تزيد قيمتها عن 7 ؟ يتم التمثيل باستخدام مرتبة اخرى – كما هو الحال في النظامين الثنائي والعشري – بعد استنفاد الارقام الاساسية للنظام . اذن ، فالعدد الذي يلي 7 هو **10** (الرقم الثاني في النظام الثماني متبوعا بالرقم الاول) ، ثم 11 (الرقم الثاني في النظام الثماني متبوعا بنفسه) ، وهكذا ، حيث يكون في المقدور العد كالاتي :

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,

10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,

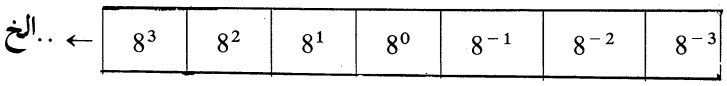
20, 21, 22, 23, **24**, 25, 26, 27, ...

ولتذكر الاعداد الثُمانية ، فكر في الاعداد العشرية ثم اشطب على أي عدد يحتوي على رقم أكبر من 7 (مثل 8 او 9) ، عند ذلك تبقى الاعداد الثمانية فقط . أي أن الاعداد المتبقية هنا بعد الشطب هي اعداد ثمانية بلا منازع !

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,

16, 17, 18, 19, 20, 21, ... , 75, 76, 77, 78, 79, 80, ..., 100, 101, ...

كيف نحول الاعداد الثمانية الى عشرية ؟ كل مرتبة في العدد الثماني تمثل الاساس 8 مرفوعة لوزن المرتبة كما يأتي :



اذن ، لتحويل الثماني الى عشري نضرب كل رقم ثماني بوزن مرتبته ثم نضيف نواتج الضرب فالثماني 23 يصبح :

$$2(8^1) + 3(8^0) = 16 + 3 = 19_{10}$$

ماهو المكافىء العشري للثماني 257 ؟

$$2(8^2) + 5(8^1) + 7(8^0) = 128 + 40 + 7 = 175_{10}$$

اما التحويل من العشري الى الثماني فيتم باستعمال طريقة double dabble مع تغيير المقسوم عليه الى 8 بدلا من 2 وايجاد الباقي في كل خطوة وكتابة ارقام الباقي من الاسفل الى الاعلى كما في المثال التالي لتحويل العشري 19 الى الثماني المكافىء :

	الباقي
$19 \div 8 = 2$	3 ↑
$2 \div 8 = 0$	2

اي ان العشري 19 يساوي الثماني 23 .

مثال : حول العشري 175 الى مكافئه الثماني :

	الباقي
$175 \div 8 = 21$	7 ↑
$21 \div 8 = 2$	5
$2 \div 8 = 0$	2

ويختزل الى الشكل الاتي :

$$\begin{array}{r|l} 8 & 175 \\ \hline & 21 \quad 7 \\ \hline & 2 \quad 5 \\ \hline & 0 \quad 2 \end{array}$$

وبدلا من القسمة في تحويل الاعداد الصحيحة نستعمل الضرب في تحويل الكسور العشرية مع تسجيل المحمل ثم كتابتها من الاعلى الى الاسفل ، ويوضح تحويل الكسر العشري 0.23 ذلك كما يأتي :

	المحمل
$0.23 \times 8 = 1.84 = 0.84$	1
$0.84 \times 8 = 6.72 = 0.72$	6
$0.72 \times 8 = 5.76 = 0.76$	5 ↓

اي ان الكسر العشري 0.23 يساوي الكسر الثماني 0.165 مقربا الى ثلاث مراتب ثمانية .

2.9 التحويل الثماني – الثنائي :

تقع اهمية استعمال الاعداد الثمانية في الصلة المباشرة مع الاعداد الثنائية ، هذه الصلة القائمة على اساس العد الى 7 في كل نظام .

000	001	010	011	100	101	110	111
0	1	2	3	4	5	6	7

ومن هذا الجدول يمكننا تحويل اي رقم ثماني الى مكافئه الثنائي .

كيف تحول الاعداد الثمانية الكبيرة ؟ مادام الاساس 8 – الذي هو اساس النظام الثماني – يعادل القوة الثالثة للاساس 2 ، فمن السهولة اذن تحويل اي رقم ثماني في ذلك العدد الى ثلاث مراتب ثنائية . اي ان 23_8 يعني 010011_2 كما هو موضح هنا .

2	3
↓	↓
010	011

حولنا كل رقم ثماني الى مكافئه الثنائي (2 تصبح 010 ، و 3 تصبح 011) . والمكافىء

الثنائي للثماني 23 هو 011 010 ، او 010011 . غالباً مايترك فراغ بين كل مجموعة من ثلاثة ارقام ثنائية واخرى لتسهيل القراءة .

مثال آخر : حول الثماني 3574 الى مكافئه الثنائي :

```
3   5   7   4
↓   ↓   ↓   ↓
011 101 111100
```

اي ان 011 101 111 100 هو المكافىء الثنائي للثماني 3574 . وترك الفراغ بين المجاميع الثنائية يسهل القراءة . وتنتفي كل مشكلة في تحويل الاعداد الثمانية المختلطة (الصحيحة والكسرية) بمجرد تحويل كل جزء على حدة مع وضع الفارزة الثنائية في موقعها المناسب ، اي ان الثماني 34.562 يكافىء 011 100.101 110 010 وينعكس الامر في التحويل من الثنائي الى الثماني بتجميع كل ثلاث مراتب ثنائية على حدة يمين الفارزة وشمالها ، ومن ثم نعرف ان المكافىء الثماني للثنائي 1011.01101 هو 13.32 :

```
1011.01101 → 001  011 . 011  010
             ↓    ↓     ↓    ↓
             1    3  .  3    2
```

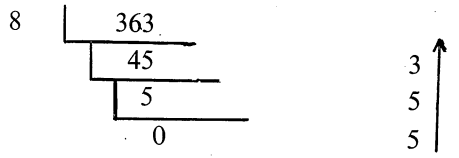
مع ملاحظة اضافة الاصفار اللازمة لاكمال النصاب في النهايتين .

هذه السهولة في التحويل تنعكس في التطبيقات الرقمية ، منها : ان النظام الثماني يقلص عدد الدوائر المنطقية المستعملة في القراءة والتسجيل والطبع . ومنها ان التحويل من الاعداد العشرية الكبيرة الى الثنائية يتم بصورة اسرع بايجاد مكافئها الثماني اولا ثم ايجاد الثنائي من الاخير ، لكون التحويل المباشر من العشري الى الثنائي يحتاج الى عدد اكبر من عمليات القسمة .

مثال 2.13 :

ماهو المكافىء الثنائي للعشري 363 ؟ حول الى الثماني اولا ثم الى الثنائي .

الحل :



بعد ذلك حول الثماني 553 الى مكافئه الثنائي كالاتي :

$$553 \rightarrow 101\ 101\ 011$$

وكان باستطاعتنا طبعا تحويل العشري مباشرة للثنائي بتكرار عملية القسمة المملة تسع مرات على 2 ، لذا يفضل استعمال طريقة العشري – الثماني – الثنائي لتسريع عملية التحويل .

10 . 2 الاعداد السداسية عشر :

النظام السداسي عشر hexadecimal للاعداد نظام ذو اساس 16 . ومع امكانية استعمال اي 16 رمزاً متميزاً ، الا انه اعتدنا استعمال الارقام من 0 الى 9 والحروف من A الى F كما هو مبين في الجدول (2.4) . حيث نستمر بالعد بعد وصولنا الرقم 9 مستعملين الحروف :

F , E , D , C , B , A

واما العدد بعد F ، اي بعد نفاد الارقام الاساسية للنظام ، فهو 10 تتبعه الاعداد الآتية ، وهكذا :

11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 20, 21,

جدول (2.4)

ارقام النظام السداسي عشر

سداسي عشر	ثنائي	عشري
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
A	1010	10
B	1011	11
C	1100	12
D	1101	13
E	1110	14
F	1111	15

ان امتزاج الارقام بالحروف في النظام السداسي عشر قد يبدو غريبا للوهلة الاولى لا انه - وكأي نظام آخر - وبعد مران كاف . يصبح التعامل مع هذا النظام اعتياديا وسهلاً كما يصبح التعامل مع اعداد ك: B27A3 , F3DA , A1C ميسوراً .

تأتي اهمية النظام في سهولة التحويل بينه وبين النظام الثنائي ، لكون الاساس 16 يمثل القوة الرابعة لـ 2 وباستخدام الجدول (2.4) نستطيع تحويل أي عدد سداسي عشر A1C الى مكافئه الثنائي بسهولة .

A	1	C
↓	↓	↓
1010	0001	1100

B	2	7	A	3
↓	↓	↓	↓	↓
1011	0010	0111	1010	0011

وكثير من الحاسبات الالكترونية وبخاصة الحاسبات المصغرة minicomputers (تلك التي تقل كلفتها عن خمسين ألف دولاراً)(*) تستعمل النظام الثنائي بمجاميع ذات اربعة ارقام ثنائية لكل مجموعة ، ومن ثم يفضل استعمال النظام السداسي عشر فالثنائي 10011101 مثلاً يمكن خزنه في وحدة الذاكرة بالحاسبة الالكترونية كالاتي

1001 1101
↓ ↓
9 D

ويسهل ان نقول بأن الذاكرة تخزن العدد D 9 من أن نقول 10011101

اسعافات دراسية :

خلاصة :

– يرتبط اي نظام عددي بكمياته ورموزه . ويشير اساسه radix الى عدد الارقام الاساسية التي يحتويها . فالنظام العشري اساسه 10 ، والثنائي 2 ، والثماني 8 .

في الاعداد الثنائية 1 + 1 يساوي 10 لاد • + • يساوي •• ، وعند الضرورة يكتب الاساس الى اسفل يمين العدد كما يأتي :

$$1_2 + 1_2 = 10_2$$

– للتحويل من الثنائي الى العشري ، اجمع وزن كل مرتبة (... , 8 , 4 , 2 , 1) حيثما يوجد 1 في تلك المرتبة . وللتحويل من العشري الثنائي نتبع طريقة double dabble

– تكمن اهمية النظام الثماني والنظام السداسي عشر في سهولة التحويل بينهما وبين النظام الثنائي .

مفردات :

اساس	Base, Radix	عدد الارقام او الرموز المستعملة في النظام العددي .
ثنائي	Binary	تعود الى النظام ذي الاساس 2 ، رمزاه الاساسيان هما 0 و 1 .
رقم ثنائي	Bit	مختصر للتعبير الانكليزي Binary digit
رقم	Digit	الرمز الاساس لأي نظام ، فالنظام العشري يستعمل عشرة ارقام من 0 الى 9 .

(*) حوالي خمسة عشر الف دينار عراقي

تدوير المحمل الاخير End-around Carry : يستعمل مع المتمم لـ 1 في عمليات الطرح باضافة المحمل الاخير الى رقم المرتبة الصغرى

سداسي عشر Hexa decimal تعود الى النظام ذي الاساس 16 . ويضم الارقام من 0 الى 9 وتتبعها الحروف من A الى F .

الحاسبة المصغرة Minicomputer الحاسبة الالكترونية التي تقل كلفتها عن 50000 دولاراً .

ثماني Octal : تعود الى النظام ذي الاساس 8 . رموزه الاساسية هي : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

وزن Weight : القيمة العشرية لكل مرتبة في العدد . في النظام العشري تكون اوزان المراتب 1, 10, 100, 1000 , ... الى يسار الفارزة العشرية بينما تكون اوزان المراتب في الثنائي هي 1, 2, 4, 8, ... الى يسار الفارزة الثنائية ، وتكون في النظام الثماني 1, 8, 64 , ... الى يسار الفارزة الثمانية .

اسئلة للمراجعة :

1. كم عدد الارقام التي يحتويها النظام العشري ؟ وما هي ؟
2. اكتب الاعداد لغاية 7 باستعمال النظام الثنائي .
3. عرف الاساس بالنظام العددي .
4. ماذا يعني العدد 110_2 ؟ والعدد 110_{10} ؟
5. ماهي اوزان المراتب الثنائية الى يسار الفارزة ويمينها ؟
6. اشرح طريقة double dabble لتحويل العشري الصحيح الى مكافئه الثنائي .
7. ماهو مختصر الاصطلاح : رقم ثنائي binary digit ؟
8. عرف المتمم لـ 1 والمتمم لـ 2 لعدد ثنائي .
9. عند استعمال طريقة المتمم لـ 2 في الطرح ، ماهو الاجراء الذي تتخذه بخصوص محمل المرتبة الاخيرة ؟ وأي أجراء يتخذ لو استعملت طريقة المتمم لـ 1 ؟

10. ماذا يعني تدوير المحمل الاخير ؟
11. ماهواساس النظام الثماني ؟ وما هي ارقامه ؟ وما هوالثماني الذي يلي 17 ؟
12. لماذا تبرز اهمية النظام الثماني في التطبيقات الرقمية ؟
13. عد لغاية 16 مستخدماً اعداد النظام السداسي عشر . وما هي قيمة العدد BD3 ؟
14. ماهي الحاسبة المصغرة ؟

مسـائل :

2.1 اكتب الاعداد من 1 الى 27 بالنظام الثنائي .

2.2 لو افترضنا ان النظام الثلاثي يستخدم الرموز Z , Y , X بدلاً من 2, 1, 0 . اكتب من 1 لغاية 20 في النظام المذكور .

2.3 اضف الاعداد الثنائية الآتية :

أ) 1011 و 1001

ب) 1110001 و 1010101

ح) 1111010 و 1001101

2.4 اضف ما يأتي

أ) 1111 و 1011

ب) 111 و 111 و 111

جـ/ 1110010111 و 1100110011

2.5 حول الاعداد العشرية الاتية الى مكافئها الثنائي : 24 ، 65 ، 106 .

2.6 اوجد المكافيء الثنائي للعشري 268 .

2.7 حول العشري 23.45 الى مكافئه الثنائي .

2.8 اوجد المكافيء العشري للثنائي 110101 .

2.9 اوجد المكافيء العشري للثنائي 11001.011

2.10 اطرح الثنائي 1101 من 11110 .

2.11 اطرح الاعداد الثنائية الآتية :

أ) 1010 من 111

ب) 100011 من 110011

جـ) 111010 من 100011

2.12 اوجد المتمم لـ 1 و لـ 2 للثنائيات الآتية : 101010 , 111101 , 1000 1000 , 00000010

2.13 ماهو العدد الثنائي ذو الارقام الاربعة الذي يساوي متممه لـ 2 ؟ وهل ينطبق الحال مع المتمم لـ 1 ؟

2.14 تمثل موجة الادخال في الشكل (2.2b) عدداً ثنائياً ، حيث أن (+ 5) فولت تقوم مقام 1 و 0 فولت مقام 0 . اوجد المتمم لـ 1 للموجة المذكورة . وما هي علاقة ذلك بموجة الاخراج ؟

2.15 اطرح مايأتي باستعمال المتمم لـ 1 ، لـ 2 :

أ) 1011 من 1111

ب) 100101 من 110011

ج) 111010 من 100011

2.16 اوجد حاصل الضرب الثنائي لـ 1100 × 1010

اضرب الاعداد الثنائية الآتية :

أ) 111 × 101

ب) 11.110 × 100.1

ج) 100.1 × -11101

2.18 اوجد حاصل الضرب الثنائي لـ 101.111 × 1000.101

2.19 قسّم الثنائي 11011 على الثنائي 100 .

2.20 قسّم الاعداد الثنائية الآتية :

أ) 11001 على 110

ب) 110.10 على 100.1

2.21 حول الثنائي 65 الى مكافئه العشري .

2.22 ماهو المكافىء الثماني للعشري 583 ؟

2.23 حول مايأتي :

أ) العشري 654 الى مكافئه الثماني .

ب) الثماني 327 الى مكافئه العشري .

2.24 حول الاعداد الثمانية الاتية الى مكافئاتها الثنائية 34 ، 567 ، 4673

2.25 حول الاعداد الثنائية الاتية الى مكافئاتها الثمانية :

أ) 10101111

ب) 1101.0110111

ج) 1010011.101101

2.26 حول الاعداد العشرية الآتية الى الثنائية وذلك بتحويلها الى الثمانية اولاً ثم الى الثنائية :

7563 , 850 , 352

2.27 حول الاعداد السداسية عشر الآتية الى مكافئاتها الثنائية .

أ) E5

ب) B4D

ج) 7AF4

2.28 حول الاعداد الثنائية الآتية الى مكافئاتها السداسية عشر :

أ) 10001100

ب) 00110111

ج) 111101010110

الفصل الثالث

الرموز الثنائية

بالرغم من استخدامنا العريق للنظام العشري بشكل لايسمح لنا بالتفريط به ، الا ان النظم الرقمية تجبرنا على استخدام النظام الثنائي ، ومن هنا ، ينبغي علينا اللجوء الى حل وسط ، وذلك باستعمال الاعداد العشرية الثنائية الترميز Binary Coded Decimal ، وتعرف برموز BCD اختصاراً .

هذه الرموز Codes تجمع بين ملامح النظامين العشري والثنائي ، كما تتعدد ايضا ، فهناك اكثر من نوع من رموز الـ BCD . وفي هذا الفصل سنتعامل مع الرموز الاكثر شيوعا والغاية المتوخاة في هذا الفصل هي :

1- ترميز الاعداد العشرية بشكل 8421 واعادتها decode الى النظام العشري ثانيةً .

2- الترميز والاعادة حسب الرمز (زائد – 3) excess-3 .

3- التمييز بين التكافؤ الزوجي even parity والتكافؤ الفردي odd parity .

4- تحويل الاعداد الثنائية الى شكل كراي Gray وبالعكس .

3.1 الرمز 8421 :

يمثل الرمز 8421 كل رقم عشري بأربعة ارقام ثنائيّة ، فمثلا العدد العشري 429 يمكن تمثيله بواسطة هذا الرمز كالاتي :

4	2	9
↓	↓	↓
0100	0010	1001

لذا فان 010000101001 هي صورة العدد العشري 429 بهذا الرمز .

مثال آخر :

8	9	6	3
↓	↓	↓	↓
1000	1001	0110	0011

نلاحظ اننا حولنا كل رقم عشري الى مكافئه الثنائي موزعا على اربع مراتب ثنائية . ويرينا الجدول (3.1) امثلة اخرى لهذا الرمز . لاحظ ان 1001 يمثل اعلى رقم في المجموعة ، اي اننا نستعمل 10 حالات من مجموع 16 حالة ممكنة ، ولذلك لا يحق لنا استعمال الحالات الست الاتية : 1010 , 1011 , 1100 , 1101 , 1110 , 1111.
(عند ظهور احدى هذه الحالات لدى استعمالنا لحاسبة تعمل وفق هذا الرمز ، فان ذلك يشير الى حدوث خطأ ما) .
يشابه الرمز 8421 النظام الثنائي تماما فيما يخص الارقام العشرية من 0 الى 9 حيث تمثل 8421 اوزان المراتب كما في النظام الثنائي .

الا انه وبعد 9 ، فان الرمز 8421 يختلف عن الرمز الثنائي ، فالعدد العشري 12 يقابله في النظام الثنائي 1100 ، بينما يقابله في الرمز 8421 , 0001 0010 . كذلك العشري 24 يقابله في الثنائي 11000 بينما هو 0100 0010 في الرمز 8421 .

تتحدد الفائدة الرئيسية لهذا الرمز في سهولة التحويل بينه وبين النظام العشري . حيث لا نحتاج الى اكثر من معرفتنا بالمكافئات الثنائية للارقام العشرية من 0 الى 9 . الا ان المشكلة التي تواجهنا في هذا الرمز هي في عجزه عن القيام بعمليات الاضافة الثنائية بصورتها التي تعودنا عليها . فعند اضافة 12 و 9 في النظام الثنائي نحصل على :

$$\begin{array}{r} 12 \\ +\ 9 \\ \hline 21 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1100 \\ +\ 1001 \\ \hline 10101 \end{array} \rightarrow 21$$

بينما تكون النتيجة في الرمز 8421 خاطئة كالآتي :

$$\begin{array}{r} 12 \\ +\ 9 \\ \hline 21 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0001\ 0010 \\ +\ \ \ 1001 \\ \hline 0001\ 1011 \end{array}$$

عشري	8421	ثنائي
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0010
3	0011	0011
4	0100	0100
5	0101	0101
6	0110	0110
7	0111	0111
8	1000	1000
9	1001	1001
10	0001 0000	1010
11	0001 0001	1011
12	0001 0010	1100
13	0001 0011	1101
...	... ...	
98	1001 1000	1100010
99	1001 1001	1100011
100	0001 0000 0000	1100100
101	0001 0000 0001	1100101
102	0001 0000 0010	1100110
...	... ...	... ...
578	0101 0111 1000	1001000010
...	... ...	... ...

جدول (3.1)

والسبب هو أن عملية الاضافة الثنائية المباشرة قادتنا للوقوع في حالة ممنوعة هي 1011 . ومن ثم نجد أن عملية الاضافة في هذا الرمز لاتتم بالسهولة التي تتم فيها بالنظام الثنائي (وسنأتي على شرح ذلك في الفصل الخامس) .

يعتبر الرمز 8421 واحداً من عدة رموز تجتمع تحت اسم الأعداد العشرية الثنائية الترميز BCD(*). وعموماً يمكن القول بأن الرمز BCD هو واحد من الرموز التي يتم فيها ترميز كل رقم عشري في الوقت الواحد الى مجموعة من الأرقام الثنائية قد تكون أربعة أرقام أو خمسة ، أو ستة ..... الخ . والرمز 8421 رمز هجيني ، فبقدر ماهو ثنائي ضمن المجموعة الواحدة ذات الأرقام الثنائية الأربعة ، فهو عشري في علاقته بالمجموعات الأخرى .

ولانتشار استعمال هذا النوع من نظم الرموز (BCD 8421)، فقد أصبح معتاداً إقتصار تسميته على BCD دون الحاجة الى ذكر 8421 .

مثال 3.1 :

رمِّز الاعداد العشرية الآتية برمز 8421 :

أ) 45

ب) 732

جـ) 94,685

الحل :

أ)

4	5
↓	↓
0100	0101

ب)

7	3	2
↓	↓	↓
0111	0011	0010

جـ)

9	4	6	8	5
↓	↓	↓	↓	↓
1001	0100	0110	1000	0101

مثال 3.2 :

حل رموز 8421 الآتية :

أ)	0011	0110	0101	1000
ب)	0111	1001	0001	0101	0011

(*) تستعمل رموز BCD ذات الأربعة أرقام ثنائية 10 حالات من مجموع 16 . وهناك $\frac{16!}{6!}$ رمزاً ممكناً ، أي مايقارب 30 بليون رمز .

الحل :

أ)

1000	0101	0110	0011
↓	↓	↓	↓
8	5	6	3

ب)

0011	0101	0001	1001	0111
↓	↓	↓	↓	↓
3	5	1	9	7

3.2 الرمز زائد -3:

يُعتبر هذا الرمز من الرموز المهمة في سلسلة BCD . فترميز أي عدد عشري يتم باضافة 3 الى كل رقم من أرقامه قبل تحويله الى BCD ذي المراتب الأربع . وكمثال على ذلك : حول 12 الى مكافئه بالرمز زائد – 3 :

1	2
+ 3	+ 3
4	5
↓	↓
0100	0101

وهكذا نجد أن 0100 0101 هو الرمز زائد -3 للعدد العشري 12 .

مثال آخر : حول 29 الى مكافئه بالرمز زائد -3 :

2	9
+ 3	+ 3
5	12
↓	↓
0101	1100

ونلاحظ باننا لم نُحمِّل الـ 1 الناتج من حاصل اضافة 9 و 3 الى المرتبة المجاورة ، وانما احتفظنا بالناتج كما هو وحوّلناه الى مكافئه بالرمز زائد -3.

والجدول (3.2) يبين مكافئات بعض الاعداد العشرية بالرمز زائد -3.

جدول (3.2)

عشري	رمز زائد 3–
0	0011
1	0100
2	0101
3	0110
4	0111
5	1000
6	1001
7	1010
8	1011
9	1100
10	0100 0011
11	0100 0100
12	0100 0101
13	0100 0110
...	... ...
98	1100 1011
99	1100 1100
100	0100 0011 0011
101	0100 0011 0100
102	0100 0011 0101
...	... ...
578	1000 1010 1011
...	... ...

والرمز زائد –3 يستعمل 10 حالات من مجموع 16 حالة ممكنة في اربع مراتب ثنائية . والحالات الممنوعة هنا هي : 0000 , 0001 , 0010 , 1101, 1110 , 1111.

فاذا صادف ظهور أي من هذه الحالات الممنوعة فان ذلك يشير الى خطأ ما داخل الحاسبة .

ويمتاز الرمز زائد –3 بانه الرمز الذي يتمم نفسه بنفسه self complementing ، ونعني بذلك ان المتمم لـ 1 للرمز زائد –3 يمثل المتمم لـ 9 لمكافئه العشري . فمثلاً ، 0101 في الرمز زائد –3 يكافيء 2 العشري ، والمتمم لواحد لـ 0101 هو 1010 أي 7 بالعشري وهذا بدوره يمثل المتمم لـ 9 للعدد العشري نفسه .

وتنطبق هذه الحالة على جميع الاعداد المرمّزة بـ زائد –3 (وتجدر الاشارة بانه ليست كل انظمة رموز BCD تمتلك هذه الخاصية ، كالرمز 8421 مثلاً) .

والرمز زائد –3 لاوزن لمراتبه كما هو عليه الحال في الرمز 8421 ، ففي الاخير تضاف اوزان المراتب مع بعضها حيثما ظهر 1 :

0 1 0 1
8 + 4 + 2 + 1 = 5

وكذلك :

1 0 0 1
8 + 4 + 2 + 1 = 9

بينما لايتمتع الرمز زائد -3 بهذه الخاصية ، وليس هنالك من وسيلة لتعيين اوزان او قيم لمواقع ارقامه الثنائية .

وواضح ان الرمز زائد -3 يعني : ان كل مجموعة ذات اربعة ارقام ثنائية تمثل المكافيء الثنائي للرقم العشري مضافاً اليه 3 قبل الترميز . وكذلك الحال بالنسبة للرمز زائد-6 حيث يعني اضافة 6 الى الرقم العشري قبل ترميزه . فالرقم العشري 2 يكون 0101 (أي 5) بالرمز زائد -3 ويكون 1000 (أي 8) بالرمز زائد -6 .

والمشكلة التي اشرنا اليها سابقاً ، والتي واجهتنا عند اجراء عمليات الاضافة بالرمز 8421 والتي كانت تنحصر في خطورة الوقوع باحدى الحالات الست الممنوعة ، هذه المشكلة امكن التغلب عليها بالرمز زائد -3 . ولتفهم ذلك ، نناقش هاتين الحالتين :

الحالة الاولى :

اذ كان حاصل اضافة عددين بالرمز زائد -3 يساوي 9 او اقل ، فان الناتج سيكون عدداً بالرمز زائد-6 ولكي نحصل على الناتج بالرمز زائد -3 ، نطرح 3 من هذا الناتج .

مثال : اضف 2 الى 5 :

المكافيء زائد -3 للعشري	2	→	0101
المكافيء زائد -3 للعشري	5	→	+ 1000
المكافيء زائد - 6 للعشري	7		1101
اطرح 3			- 0011
المكافيء زائد -3 للعشري	7		1010

2
+ 5
7

مثال آخر : اضف 43 الى 36 :

زائد -3 للعشري	43	0111 0110
زائد -3 للعشري	36	+ 0110 1001
زائد - 6 للعشري	79	1101 1111
اطرح 3 من كل مجموعة		- 0011 0011
زائد - 3 للعشري	79	1010 1100

43
+ 36
79

وعدم وجود مُحمّل من مرتبة عشرية الى اخرى يعني ان الناتج لم يزد عن 9 .ومن ثم يكون بالرمز زائد – 6 مما يستوجب طرح 3 منه للحصول عليه بالرمز زائد – 3.

الحالة الثانية :

حينما يزيد ناتج الاضافة عن 9 فذلك يعني انتقال مُحَمّل الى مرتبة مجاورة ، وبالتالي فان المجموعة (ذات الارقام الثنائية الاربعة) التي اصدرت ذلك المحمل ستنقلب الى الرمز 8421 والسبب يعود الى ان اصدار المحمل يعني عبور الحالات الست الممنوعة . ولكي نحصل على الناتج علينا اضافة 3 الى المجموعة المذكورة حتى يكون بالرمز زائد – 3

مثال : اضف 29 الى 39

		A	B
زائد – 3 للعشري	29	0101	1100
زائد – 3 للعشري	+ 39	+ 0110	1100
النتيجة الاولى	68	1100	1000
اطرح واضف 3		– 0011	+ 0011
زائد – 3 للعشري	68	1001	1011

في المجموعة B اضفنا 1100 الى 1100 لنحصل على 1000 وبمحمل قيمته 1 . اما في المجموعة A فقد اضفنا 0101 الى 0110 مع محمل المجموعة B لنحصل على 1100 بدون محمل . لذا فان ناتج المجموعة B سيكون برمز 8421 وذلك لاصداره محملاً بينما سيكون ناتج المجموعة A برمز زائد – 6 لعدم ظهور المحمل . ومن ثم نطرح 3 من المجموعة A ونضيف 3 الى المجموعة B لنحصل على 1011 1001 الذي يكافيء العشري 68 ويكون بالرمز زائد – 3.

وخلاصة الاضافة بالرمز زائد – 3 هي :

اجمع الاعداد مستعملاً قوانين الاضافة الثنائية .

اذا اصدرت المجموعة محملاً عشرياً ، اضف 0011 لتلك المجموعة .

اذا لم تصدر المجموعة محملاً عشرياً ، اطرح 0011 من تلك المجموعة .

وهكذا نجد ان الرمز زائد – 3 يستعمل القوانين الثنائية المعروفة عند الاضافة ، بينما يحتاج الرمز 8421 الى معاملة خاصة .

وبسبب ان الرمز زائد – 3 ذو قابلية على اتمام نفسه ، لذا فانه بالامكان استعمال المتمم لـ 1 والمتمم لـ 2 في اجراء عمليات الطرح ، ولايتمتع الرمز 8421 بمثل هذه الخاصية .

مثال 3 . 3 :

أوجد مكافئات الاعداد العشرية الاتية بالرمز زائد -3 :

أ) 35

ب) 569

حـ) 2468

الحل :

أ)

5	3
+ 3	+ 3
8	6
↓	↓
1000	0110

لذا فان 1000 0110 هو المكافىء زائد -3 للعشري 35 :

ب)

9	6	5
+ 3	+ 3	+ 3
12	9	8
↓	↓	↓
1100	1001	1000

اذن ، 1100 1001 1000 هو المكافىء زائد -3 للعشري 5.569

حـ)

8	6	4	2
+ 3	+ 3	+ 3	+ 3
11	9	7	5
↓	↓	↓	↓
1011	1001	0111	0101

فالمكافىء زائد -3 للعشري 2468 هو 1011 1001 0111 0101

مثال 3 . 4 :

حل decode اعداد الرمز زائد -3 الآتية :

أ) 1100 0110

ب) 1010 1011 0011 1001

الحل :

أ)

1100	0110
↓	↓
12	6
−3	−3
9	3

لذا فان العشري 93 يكافيء عدد الرمز زائد – 3 1100 0110

ب)

1010	1011	0011	1001
↓	↓	↓	↓
10	11	3	9
−3	−3	−3	−3
3	8	3	6

وهنا ، 7806 **هو المكافيء العشري للرمز زائد – 3 المذكور .**

مثال 3.5 :

اضف 567 **الى** 295 **بالرمز زائد – 3**

الحل :

567	1000	1001	1010
+ 295	+ 0101	1100	1000
862	1110	0110	0010
	− 0011	+ 0011	+ 0011
	1011	1001	0101

لاحظ صدور محمّلين من المجموعتين الأولى والثانية . لذا أضفنا 3 **لكل منهما ، في حين لم تُصدِّرْ المجموعة الثالثة (الأكبر وزناً) أي محمّل ، فطرحنا** 3 **منها ، ليكون الناتج** 1011 1001 0101 **هو** 862 **بالرمز زائد – 3 .**

3.3 رموز BCD أُخرى ذات أربعة أَرقام ثنائية :

يحتوي الرمزBCDعلى انواع أخرى ، ويرينا الجدولان (3.3) و(3.4) بعضاً من الأنواع الشائعة . كالمعتاد ، فان العدد العشري الذي يزيد على 9 ، أي يستعمل أكثر من رقم واحد ، يُرمَّز فيه كل رقم على حدة ، كالعشري 16 الذي يصبح بالرمز 2421 كما يأتي :

	1	6
عشري		
	↓	↓
الرمز 2421	0001	1100

عشري	7421	6311	5421	5311	5211
0	0000	0000	0000	0000	0000
1	0001	0001	0001	0001	0001
2	0010	0011	0010	0011	0011
3	0011	0100	0011	0100	0101
4	0100	0101	0100	0101	0111
5	0101	0111	1000	1000	1000
6	0110	1000	1001	1001	1001
7	1000	1001	1010	1011	1011
8	1001	1011	1011	1100	1101
9	1010	1100	1100	1101	1111

جدول (3.3)

رموزBCD ذات اربعة أرقام ثنائية

أو العشري 75 بالرمز 5421 يصبح :

	7	5
عشري		
	↓	↓
الرمز 5421	1010	1000

أو ، العشري 693 يصبح بالرمز 6311 كما يأتي :

	6	9	3
عشري			
	↓	↓	↓
الرمز 6311	1000	1100	0100

وكل الرموز المذكورة في الجدولين هي رموز ذات اوزان (*) . وكلها تستخدم اوزاناً موجبة ماعدا الرمزين الاخيرين في الجدول (3.4) اللذين يستخدمان اوزاناً سالبة وموجبة . ويعطينا الرمز $84\bar{2}\bar{1}$ مثالاً على ذلك حيث تمتلك المرتبة الأولى (الأدْنى) وزنا قيمته 1− و2− للمرتبة الثانية . لذلك فان 1011 بالرمز $84\bar{2}\bar{1}$ يعني :

$$\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 8 & +4 & -2 & -1 = 5 \end{array}$$

(*) أحياناً . قد تتولد مجموعة مختلفة من الرموز لطاقم واحد من الاوزان . والجدولان (3.3) و(3.4) يعرضان أكثر هذه الرموز انتشارا .

ونستطيع اشتقاق الرمز $8\bar{4}\bar{2}1$ من الرمز زائد – 3 . باتمام مرتبته الأولى والثانية في النظام زائد– 3 نحصل على الرمز $8\bar{4}\bar{2}1$. فـ 5 بالرمز زائد – 3 هو 1000 ، وباتمام مرتبتيه الأولى والثانية نحصل على 1011 والذي يكافيء 5 بالرمز $8\bar{4}\bar{2}1$. كذلك الأمر بالنسبة لـ 1100

	4221	3321	2421	$8\bar{4}\bar{2}1$	$7\bar{4}\bar{2}1$
0	0000	0000	0000	0000	0000
1	0001	0001	0001	0111	0111
2	0010	0010	0010	0110	0110
3	0011	0011	0011	0101	0101
4	1000	0101	0100	0100	0100
5	0111	1010	1011	1011	1010
6	1100	1100	1100	1010	1001
7	1101	1101	1101	1001	1000
8	1110	1110	1110	1000	1111
9	1111	1111	1111	1111	1110

جدول (3 . 4) رموز ذات أربعة أرقام ثنائية

بالرمز زائد – 3 حيث يكافيء 9 بالعشري و 1111 بالرمز $8\bar{4}\bar{2}1$.

يستغّل الرمز 2421 الاعداد الخمسة الأولى والخمسة الاخيرة من الأعداد الثنائية ذات المراتب الأربع وهي (0000 , 0001, 0010, 0011, 0100 و1011, 1100, 1101, 1110, 1111) ويستخدم هذا الرمز أحياناً في المعدادات الالكترونية counters .

ونُذكّر بميزة الرمز زائد – 3 بكونه متمماً لنفسه ، أي أن المتمم لـ 1 لأي عدد فيه يعادل المتمم لـ 9 لمكافئه العشري ، لنجد في الجدولين (3.3) و (3.4) أن الرموز الآتية تمتلك هذه الميزة نفسها :

الرمز 4221 , 3321 , 2421 , $8\bar{4}\bar{2}1$ وسنستخدم هذين الجدولين فيما بعد .

مثال 3.6 :

رمّز ما يـأتي :

أ) العشري 842 الى الرمز 4221 .

ب) العشري 951 الى الرمز 6311 .

الحل :

أ) لاحظ الجدول (3.4) فيما يخص الرمز 4221 لنجد :

	عشري	2	4	8
		↓	↓	↓
رمز	4221	0010	1000	1110

ب) بالرجوع الى الجدول (3.3) نجد :

	عشري	1	5	9
		↓	↓	↓
رمز	6311	0001	0111	1100

مثال 3.7 :

حل رموز BCD الآتية :

أ) 0100 1011 1101 بالرمز 5311 .

ب) 1100 0101 1111 0001 بالرمز 3321 .

الحل :

أ) باستعمال الجدول (3.3) نجد :

رمز	5311	1101	1011	0100
		↓	↓	↓
عشري:		9	7	3

ب) باستعمال الجدول (3.4) نجد :

رمز	3321	0001	1111	0101	1100
		↓	↓	↓	↓
عشري		1	9	4	6

3.4 الرقم الثنائي التكافؤي :

تُعرّف الكلمة word في النظام الرقمي بأنها مجموعة من الأرقام الثنائية bits ، تجري معالجتها وخزنها كوحدة واحدة . فلو استخدمنا – مثلاً – حاسبة الكترونية تعمل على الرمز 8421 للقيام باضافة 0011 1000 0101 الى 0110 0100 0010 (أي 583 الى 246) فان كلاً من هذين العددين يمثل (كلمة) . وتنقل الحاسبة هاتين الكلمتين من وحدة الذاكرة الى وحدة الحساب ، وناتج الاضافة يكوّن بدوره (كلمة) جديدة يعاد خزنها في وحدة الذاكرة من جديد .

وقد تحدث بعض الاخطاء أثناء حركة الكلمات وخزنها ، كأن ينقلب الـ 0 الى 1 نتيجة لانقطاع المصدر الكهربائي المفاجيء ، أو نتيجة الضوضاء noise ، أو التأثير الزائل transient ... الخ .

ومثل هذه الأخطاء لا تحدث في ظروف اعتيادية ، الاّ أن حدوثها قد يؤدي الى كارثة حسابية !

ومن ثم تنشأ الحاجة للّجوء الى طريقة ما لمعالجة مثل هذه الأخطاء واكتشافها .

كما مرّ بنا سابقاً ، فان رموزBCD تستخدم 10 حالات من 16 حالة ممكنة ، ويسهل اكتشاف الخطأ عند الوقوع في الحالات الممنوعة ، الاّ أن ذلك لايدرأ الخطر نهائياً ، لهذا نلجأ الى أسلوب شائع يستخدم لاكتشاف الاخطاء ويطلق عليه (الرقم الثنائي التكافؤي parity bit) الذي يتم بربط رقم ثنائي اضافي بالكلمة .

التكافؤ الزوجي even parity : يعني ربط رقم ثنائي اضافي بالكلمة لتنظيم مجموع الـ 1 في الكلمة زوجياً . فالكلمة 0111 تحتوي على عدد فردي من الـ 1 (ثلاثة) ، ومن ثم يكون الرقم الثنائي الاضافي المرتبط بالكلمة 1 لجعل مجموع الآحاد زوجيا (أربعة) . فيكون شكل الكلمة مع الرقم الثنائي الاضافي هو : 1 0111 ، وتخزن هذه الكلمة الجديدة وتفحص في عدة نقاط للتأكد من زوجية المجموع . ويحتوي الجدول (3.5) على أمثلة عن التكافؤ الزوجي للرمز 8421 .

رمز 8421	الرقم الاضافي
0000	0
0001	1
0010	1
0011	0
0100	1
0101	0
0110	0
0111	1
1000	1
1001	0

جدول (3.5)
التكافؤ الزوجي

رمز 8421	الرقم الاضافي
0000	1
0001	0
0010	0
0011	1
0100	0
0101	1
0110	1
0111	0
1000	0
1001	1

جدول (3.6)
التكافؤ الفردي

يوجد أيضاً تكافؤفردي odd parity الذي لايختلف عن سابقه الا بأن يجعل مجموع الـ 1 في الكلمة فردياً بالاستعانة ، طبعاً ، بالرقم الثنائي الاضافي المرتبط بتلك الكلمة . وفي الجدول (3.6) أمثلة عن التكافؤ الفردي على رموز 8421 ، مع ملاحظة أن الرقم الثنائي التكافؤي في حالة التكافؤ الفردي هم متمم الثنائي التكافؤي في حالة التكافؤ الزوجي. ولايوجد أي تمايز ملحوظ في أفضلية أحد هذين النوعين على الآخر.

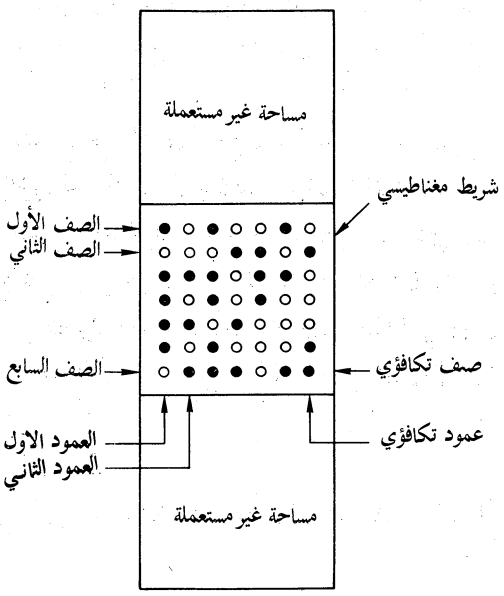
ويشتهر استعمال الثنائي التكافؤي في كشف الاخطاء لافتراضين اثنين :

اولهما : ان احتمالية الخطأ صغيرة جداً .

وثانيهما : انه لوحدث خطأ ما ، فانه لا يتجاوز في الغالب اصابة رقم ثنائي واحد . الا أن اصابة أكثر من رقم ثنائي واحد وارد بالرغم من احتماله البعيد وهنا سيتم الكشف عنه بوسائل أخرى (*) .

ويشيع استخدام الفحص التكافؤي parity check في اوساط خزن المعلومات كالاشرطة المغناطيسية magnetic tapes ، الاسطوانات المغناطيسيةdrums. الالباب المغناطيسية cores والاشرطة الورقية paper tapes . ويمتاز الشريط المغناطيسي برخص ثمنه نسبة الى مايستوعبه من معلومات الاّ أنه أكثر تعرضاً للخطأ من الأساليب الأخرى . ولكون احتمال الوقوع في خطأ مزدوج بعيد نسبياً ، فان استخدام الفحص التكافؤي المفرد يكفي في مثل هذه الحالات ولمحاصرة الخطأ واكتشافه بصورة أدق . فان فحصاً تكافؤياً مزدوجاً double parity check يستخدم بجدارة ، ونلحظ ذلك في الشكل (3.1) الذي يستعمل التكافؤ الفردي.

(*) لتوضيح ذلك ، نفترض وجود خمس حفر في الأرض . أن لسقوط نيزك مافي أحدى هذه الحفر احتمال بعيد ، أما سقوط نيزكين في حفرتين فإنه احتمال بعيد جداً .



شكل (3.1) : فحص تكافؤي مزدوج لشريط مغناطيسي

تخزن المعلومات على الشريط المغناطيسي في حقول fields أو مقاطع blocks ، ويُرينا الشكل المذكور مقطعاً ذا سبعة صفوف rows وسبعة أعمدة columns ، حيث تمثل الدوائر السوداء نقاط المعلومات الممغنطة بينما تعني الدوائر الأخرى الأجزاء غير الممغنطة (أي أن الدوائر السوداء تمثل قطباً يعاكس قطب الدوائر الأخرى) . ولنفرض أن الاعداد الثنائية قد تم خزنها في المواقع الستة الأولى (من اليسار) لكل صف بينما يمثل الموقع السابع (الاخير على اليمين) في كل صف الفحص التكافؤي لذلك الصف . في الصف الأول نقرأ 101001 وبرقم تكافؤي 0 ، وفي الصف الثاني 000110 وبرقم تكافؤي 1 . وكل صف كما اسلفنا يحتوي على رقم تكافؤي فردي . وعندما تتم قراءة الشريط الكترونياً ، فإن الفحص التكافؤي الفردي يتم مباشرة .

اما الصف السابع برمته فانه يمثل كلمة تكافؤية فردية odd parity word حيث يشكل كل موقع فيها فحصاً تكافؤياً على اعمدة الصفوف السابقة .

نقرأ ، مثلاً ، في العمود الاول (من الاعلى الى الاسفل) 101111 ورقماً ثنائياً تكافؤياً 0.

والعمود الثاني 001010 وتكافؤاً 1. وبهذه الطريقة فان لكل عمود رقماً تكافؤياً فردياً ، والفائدة المتوخاة من هذا الفحص العمودي على الكلمات هو في الفحص المزدوج (افقياً وعمودياً) .

فلو حدث خطأ ما في الصف الاول (101001 0) وتغير الى (011001 0) ، فان الرقم الثنائي التكافؤي لهذا الصف لا يكتشف الخطأ اطلاقاً لبقاء فردية الـ1على ما هي عليه ، الا ان الذي سيكتشف الخطأ المزدوج هذا هوالفحص العمودي لاعمدة الصف ، اذ ان حالة العمودين الاول والثاني (من اليسار) قد تغيّرت من الفردية الى الزوجية .

وسنشرح ، في فصول قادمة ، دوائر الفحص التكافؤي الفردي والزوجي ، وكما قلنا آنفاً ، فان الفحص التكافؤي بات طريقة كفوءة في اكتشاف الاخطاء .

مثال 3.8 :

رَمّز العددين الآتيين بالرمز 8421 ، وألْحِقْ الرقم الثنائي التكافؤي الفردي بكل منهما :

أ) 592

ب) 8307

الحل :

أ) عشري

5	9	2	
↓	↓	↓	
0101	1001	0010	رمز 8421
↓	↓	↓	↓
0101	1001	0010	مع التكافؤ الفردي 0

ب) عشري

8	3	0	7	
↓	↓	↓	↓	
1000	0011	0000	0111	رمز 8421
↓	↓	↓	↓	↓
1000	0011	0000	0111	مع التكافؤ الفردي 1

3.5 رموز الارقام الثنائية الخمسة :

بالرغم من ان اربعة ارقام ثنائية كافية لترميز الاعداد العشرية ، الا ان هناك رموزاً تُوظِّف خمسة ارقام ثنائية . والرقم الفائض (الخامس) يساعدنا في تبسيط الترميز وتسهيل عملية كشف الاخطاء والجدول (3.7) يضم امثلة من هذه الرموز الخماسية .

وكما تعّودنا ، فكل عدد عشري يتكون من اكثر من مرتبة واحدة يُرمَّز رقماً رقماً ، فلترميز 847 برمز معداد الازاحة shift-counter code نتبع ما يأتي :

عشري ↓ رمز معداد الازاحة

8 ↓ 11000 4 ↓ 01111 7 ↓ 11100

عشري	2من5	63210	معداد	86421	51111
0	00011	00110	00000	00000	00000
1	00101	00011	00001	00001	00001
2	00110	00101	00011	00010	00011
3	01001	01001	00111	00011	00111
4	01010	01010	01111	00100	01111
5	01100	01100	11111	00101	10000
6	10001	10001	11110	01000	11000
7	10010	10010	11100	01001	11100
8	10100	10100	11000	10000	11110
9	11000	11000	10000	10001	11111

جدول 7 . 3 رموز BCD ذات الارقام الثنائية الخمسة

يُعتبر الرمز (2من 5) من الرموز التي لا اوزان لمراتبها وتستعمل في الاتصالات السلكية واللاسلكية ، واضافة الى امتلاكه تكافؤاً زوجياً فانه ايضاً يحتوي على اثنين من الـ1فقط في كل رمز من رموزه مما يساعده كثيراً في كشف الخطأ .

اما رمز معداد الازاحة (ويطلق عليه احياناً رمز جونسون Johnson code) فيعتبر من الرموز التي لاوزن لمراتبها ، ويمتاز بفائدته في ترميز الدوائر الالكترونية (انظر الفصل التاسع) .

والرمز 51111 رمز موزون ومتمم ذاتياً وشبيه برمز معداد الازاحة وله الفوائد نفسها .

واخيراً ، فان رمز 63210 رمز موزون ، ما عدا القيمة العشرية 0 ، اما باقي القيم فلها الاوزان التالية (من اليسار الى اليمين) 63210 . وتحتوي كل قيمة على زوج من الـ1 فقط لتسهيل عملية كشف الاخطاء ، ويكثر استخدام هذا الرمز في خزن المعلومات على الاسطوانة المغناطيسية .

مثال 3.9 :

رمز العشري 529 برمز 2 – من – 5 .

الحل :

عشري	9	2	5
↓	↓	↓	↓
رمز 2 من 5	11000	00110	01100

3.6 رموز تزيد على خمسة ارقام ثنائية :

كلما زاد عدد الارقام الثنائية للرمز كلما سهل اكتشاف الخطأ ، ولعل في الجدول (3.8) الذي يضم مجموعة من رموز BCD تزيد على خمسة ارقام ثنائية موزونة امثلةً على ما نقول .

عشري	50 43210	543210	9876543210
0	01 00001	000001	0000000001
1	01 00010	000010	0000000010
2	01 00100	000100	0000000100
3	01 01000	001000	0000001000
4	01 10000	010000	0000010000
5	10 00001	100001	0000100000
6	10 00010	100010	0001000000
7	10 00100	100100	0010000000
8	10 01000	101000	0100000000
9	10 10000	110000	1000000000

جدول 3 . 8

رموز تزيد على خمسة ارقام ثنائية

ففي الرمز 9876543210، والذي يطلق عليه احياناً اسم المعداد الحلقي ring counter رقماً مفرداً من الـ 1 في كل مجموعة ، مما يسهّل بالتالي عملية الترميز واكتشاف الاخطاء ، لكننا ندفع بالمقابل ثمن ذلك زيادة طارئة في الدوائر الالكترونية بالمقارنة مع الرموز الرباعية أو الخماسية .

اما الرمز 50 43210 المُسمّى بالخماسي المزدوج biquinary code فيستعمل

احياناً في المعدادات الالكترونية(*). ويتألف هذا الرمز من مقطعين ، يحوي المقطع الاول (من اليسار) رقمين ثنائيين ، بينما يحوي المقطع الثاني خمسة ارقام ثنائية . ويشير المقطع الاول الى حجم العدد فيما لو زاد او قلّ عن خمسة .

ويأتي اخيراً الرمز 543210 الشبيه بالرمز السابق ما عدا اختلافه بعدد الارقام الثنائية . وتدل المرتبة ذات الوزن 5 على قيمة العدد فيما اذا زاد أو نقص عن 5 . ويُستعمل هذا الرمز احياناً في المعدادات الالكترونية .

3.7 رمز كراي :

يُستفاد من هذا الرمز (غير الموزون) في اجهزة الادخال والاخراج وفي التحويل الرقمي – التناظري Analog - to - Digital conversion ، وفي الاجهزة الطرفية الاخرى peripheral equipments ولا يصلح هذا الرمز في الاستعمالات الحسابية .

وفي الجدول (3.9) بعض الاعداد المرمزة بطريقة كراى Gray من 0 الى 15.

عشري	رمز كراي	ثنائي
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0011	0010
3	0010	0011
4	0110	0100
5	0111	0101
6	0101	0110
7	0100	0111
8	1100	1000
9	1101	1001
10	1111	1010
11	1110	1011
12	1010	1100
13	1011	1101
14	1001	1110
15	1000	1111
...	.....	...

جدول (3.9)

رمز كراي لغاية $_{10}$15

(*) يستعمل المعداد الخرزي abacus هذا النوع من الرموز حيث تنتظم خرزاته ثنائياً وخماسياً .

والملاحظ هو أن كل عدد برمز كراي يختلف عن سابقه بتغيّر رقم ثنائي واحد . فبالانتقال من 7 الى 8 يتغير رقم واحد (من 0100 الى 1100) كذلك من 13 الى 14 (من 1011 الى 1001)

وللتحويل من الثنائي الى كراي ، نتبع ما يأتي :

اول رقم من رمز كراي (من اليسار) هو الرقم الأول من الثنائي نفسه .

اجمع كل زوج من ارقام الثنائي مهملاً المُحمّل (*) للحصول على رقم آخر من كراي .

والمثال الآتي افضل وسيلة لتوضيح ما نقول :

اولاً : أول رقم كراي (من اليسار) هو رقم الثنائي نفسه

ثنائي 1 1 0 0
↓
كراي 1

ثانياً : والآن ، اضف الرقمين الثنائيين مهملاً المحمل للحصول على رقم كراي الآخر

ثنائي 1 1 0 0
↓
كراي 1 0

ثالثاً : اضف الرقمين الثنائيين الآخرين كما هو الحال في الخطوة السابقة :

ثنائي 1 1 0 0
↓
كراي 1 0 1

رابعاً : اضف الرقمين الثنائيين الآخرين كالآتي :

ثنائي 1 1 0 0
↓
كراي 1 0 1 0

وهكذا ، فان 1010 هو مكافىء كراي للعدد الثنائي 1100 .

وكمثال آخر : حول الثنائي 110100110 الى مكافئه برمز كراي :

اولاً : استنسخ الرقم الأول

ثنائي 1 1 0 1 0 0 1 1 0
↓
كراي 1

ثانياً : اضف الرقمين الأوليين مهملاً المحمل

ثنائي 1 1 0 1 0 0 1 1 0
↓
كراي 1 0

ثالثاً : كرّر الخطوة السابقة الى النهاية

ثنائي 1 1 0 1 0 0 1 1 0
كراي 1 0 1 1 1 0 1 0 1

أما عن التحويل من كراي الى الثنائي ، فاننا نستعمل طريقة مماثلة للسابقة الاّ أنها لا تشابهها

(*) يسمى هذا النوع من الاضافة بالصيغة mod-2 أو الاضافة بـ (أو) الحصرية والقواعد الأربع لهذه الاضافة هي : $0+0=0$ $0+1=1$, $1+0=1$, $1+1=0$.

كلية ، ويبقى المثال خير وسيلة لتوضيح القصد .

حول عدد كراي 101110101 الى مكافئه الثنائي

اولاً : إستنتج الرقم الأول

كراي 1 0 1 1 1 0 1 0 1

↓

ثنائي 1

ثانياً : اضف قطرياً :

كراي 1 0 1 1 1 0 1 0 1

↗↓

ثنائي 1 1

ثالثاً : نستمر بالاضافة قطرياً مع بقية الارقام :

كراي 1 0 1 1 1 0 1 0 1

↗↓

ثنائي 1 1 0 1 0 0 1 1 0

مثال 3.10 :

أ) حول الثنائي 1000110111 الى مكافئه كراي .

ب) حول عدد كراي 11100100011 الى مكافئه الثنائي .

الحل :

أ) ثنائي 1 0 0 0 1 1 0 1 1 1

↓

كراي 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0

ب) كراي 1 1 1 0 0 1 0 0 0 11

↗↓

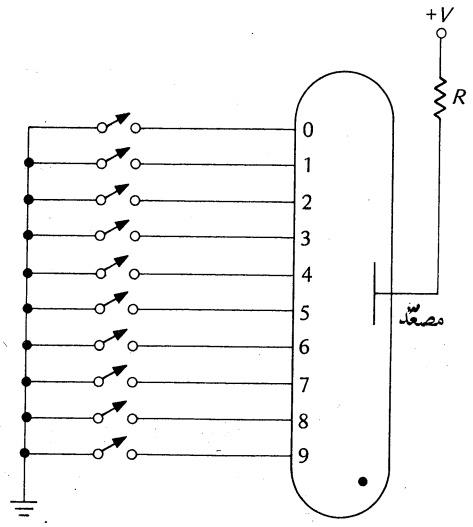
ثنائي 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0

3 8 شاشات العرض الابجدي – الرقمي :

يصعب على غالبية الناس فك رموز الاعداد الثنائية والـ BCD ، لذا يبدو ضرورياً حل هذه الرموز الكترونياً واظهار مكافئها العشري . بل اننا لنحتاج في كثير من التطبيقات الى اظهار أوعرض الحروف الابجدية . وهنا سنتكلم عن كيفية عرض الأرقام والحروف والرموز الاخرى الكترونيا .

أهم الطرائق الشائعة للعرض الالكتروني ثلاث : اولها ، الطريقة المنفصلة discrete

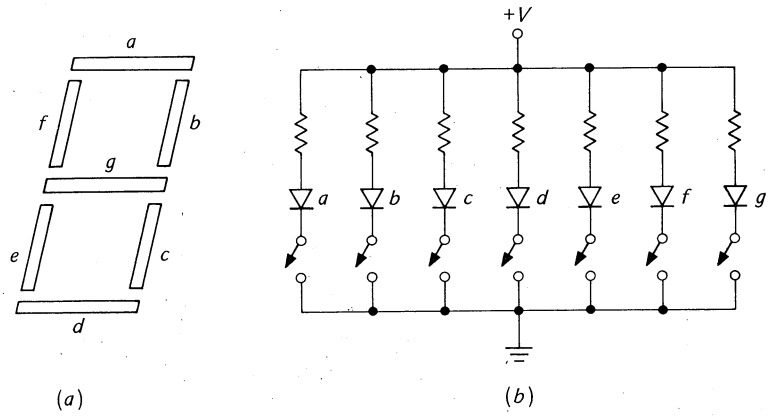
method وثانيها طريقة المصفوفة الشريطية bar - matrix method ، وثالثها ، طريقة المصفوفة النقطية dot - matrix method . في الطريقة المنفصلة ، يتمثل كل رمز بمصدر ضوئي واحد ، كما هوالحال في صمامات نكسي Nixie المعروفة ، حيث تحوي على مُصعد anode وعدة مهابط cathods . والشكل (3.2) يرينا نموذجاً لمثل هذه الصمامات .



شكل (3 . 2) : دائرة نكسي

عند تأريض grounding أي مهبط من المهابط المبينة نحصل على الرمز المطلوب نتيجة لتوهج الغاز حول ذاك المهبط . وهناك نوع آخر يستعمل المصابيح المتوهجة لعرض الرمز المطلوب . ويلاحظ مما سبق اننا نحفز مفتاحاً واحداً للحصول على رمز واحد .

وتختلف طريقة المصفوفة الشريطية من حيث انها تحتاج لأكثر من مصدر واحد لعرض الرمز المطلوب ، ويرينا الشكل (3.3a) اشهر أنواع هذه الطريقة المسماة بـ : ذات القطع السبع seven - segment display . فلعرض الرمز 0 ، نحتاج لاضاءة القطع من a الى f جميعاً ، ولعرض الرمز 1 نضيء القطعتين b و c ، وهكذا ، وبالطريقة نفسها يتم عرض جميع الأرقام من 0 الى 9 .



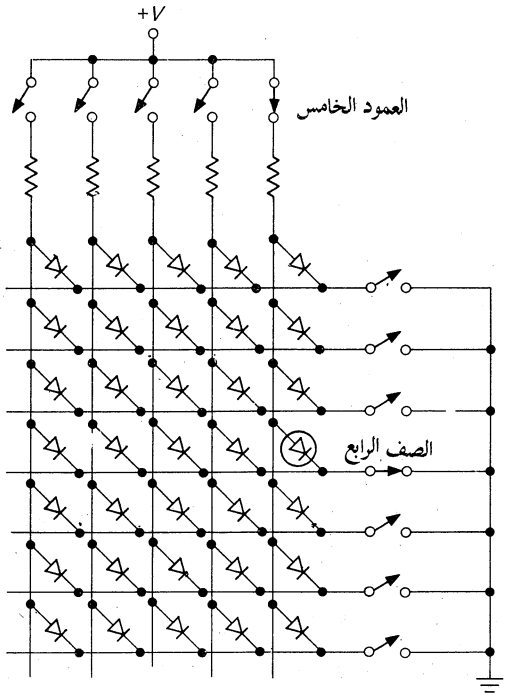
شكل (3.3) : (a) هيئة القطع السبع . (b) دائرة القراءة

وتعتبر الثنائيات الباعثة للضوء (LED) Light Emitted Diodes ، من اكثرها انتشاراً في اضاءة القطع السبع . وفي الشكل (3.3b) تتم الاضاءة بتغذية الثنائي المناسب بانحياز امامي forward biased حيث تقوم المقاومات بتحديد كمية التيار الساري في كل ثنائي (قطعة) ، مع ملاحظة أن القطعة الواحدة في مصابيح العرض الكبيرة قد تحوي على أكثر من ثنائي واحد .

والى جانب الـLEDهناك أنواع اخرى كتلك التي تستعمل البلورات السائلةliquid crystals (والتي تبقى شفافة لحين تسليط فولتية عليها) ، وكالمصابيح الفلورية التي تتوهج نتيجة لاصطدام الالكترونات بها .

أما طريقة المصفوفة النقطية ، فانها تتميز بكثرة نقاطها المضيئة . والنوع الشائع من هذه الطريقة يستعمل المصفوفة (7 × 5) من الـ LED كما مبين في الشكل (3.4) . ولاضاءة أية نقطة ينبغي أن نسلط فولتية بين مصعّد ومهبط تلك النقطة . وفي الشكل (3.4) نلاحظ ان الـLEDالمحاط بدائرة سوف يضيء وذلك لاكتمال دائرته الكهربائية .

وبامكاننا تشكيل أي رقم أوحرف أورمز باضاءة النقاط المناسبة طولاً وعرضاً ، وسنشرح ذلك بالتفصيل في القسم (3.11) .

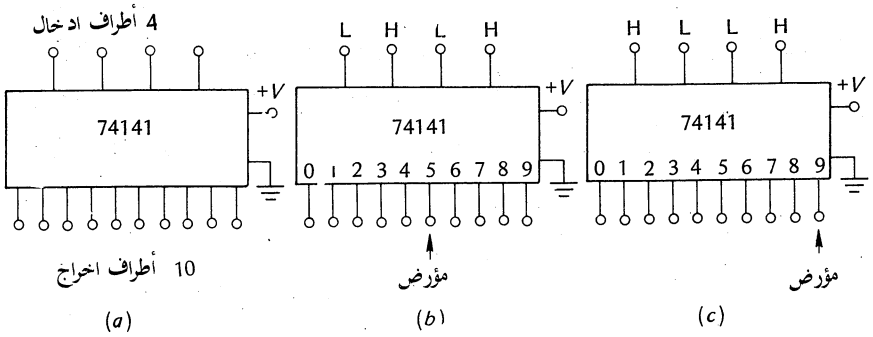


شكل (3.4) : مصفوفة LED ذات (5x7)

3.9 حلاّلات الرمز العشري :

باتت سلسلة 7400 التي تستخدم TTL والتي ظهرت عام 1964 من أكثر الدوائر المتكاملة انتشاراً في هذا المجال . لذا سنعتمد في شرحنا على هذا النموذج من دوائر TTL.

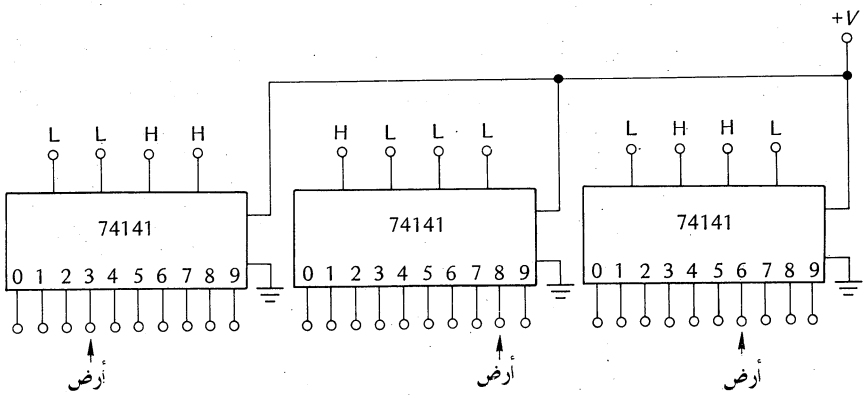
وقبل البدء بعرض display الأرقام أو الحروف يتوجب علينا تحوير المعلومات الثنائية المرمزة الى فولتيات مناسبة للعرض . وكمثال على ذلك حلاّل BCD – الى – عشري المرقم 74141 الذي يُستعمل في تشغيل مصباح نكسي . ويوضح الشكل (3.5 a) العلاقة بين اطراف الادخال واطراف الاخراج حيث يقوم الرمز BCD بتشغيل الاطراف المناسبة في الادخال لتحفيز الطرف المكافىء من اطراف الاخراج .



شكل (3.5) : حلاّل / سائق 74141

فاذا ما رمزنا للفولتية الواطئة بـ L ويمثلها 0 وللفولتية العالية بـ H ويمثلها 1 ، فان LHLH تعني 0101 وكذلك HLLH تعني 1001 . وعند تسليط 0101 على اطراف الادخال (كما في الشكل 3.5b) فان طرف الاخراج الخامس هو الذي سيُحفز للدلالة على 5 . وكذلك الحال في الشكل (3.5c) حيث يتحفز الطرف التاسع للدلالة على 9 . (وتجدر الاشارة الى ان النوع 74141 هو من الجيل الثاني وقد نَسخ سلفه من الجيل الاول 7441) .

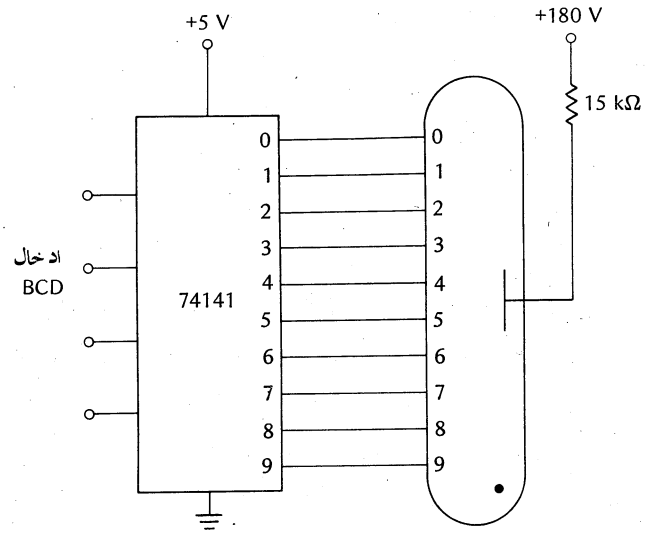
والشكل (3.6) يوضح عدداً يتكون من ثلاثة أرقام ، كل رقم دائرة حل من نوع 74141 ، والعدد هو (LLHH HLLL LHHL) ويكافيء (0011 1000 0110)



شكل 3.6 حل رموز ثلاثة ارقام BCD

ومادامت كل وحدة من 74141 تعمل كحلاّل BCD الى عشري ، لذا فان حلال المئات يؤرض في خط الاخراج الثالث ، وحلال العشرات يؤرض في خط الاخراج الثامن وحلال الآحاد في خط الاخراج السادس .

وفي الشكل (3.7) نلاحظ كيفية ربط 74141 بمصباح نكسي ، حيث يتم حل كل BCD داخل الى 74141 بتأريض احد خطوط الاخراج العشرة ، فيؤدي الى تأيّن الغاز حول المهبط المقصود. ولكل رقم عشري نحتاج الى دائرة شبيهة بدائرة الشكل (3.7)



شكل (3.7) : حلاّل مربوط بمصباح نكسي

وعند الوقوع باحدى الحالات الست الممنوعة في BCD 8421 (من 1010 الى 1111) فانه لن يتحفز أي من اطراف الاخراج ومن ثم لايتوهج المصباح . وفي هذا النوع 74141 ميزة مفيدة هي في حجب الاصفار الخاصة التي تقع الى يسار العدد ، أي ان العدد 003726 يظهر كـ 3726 بدون أصفار .

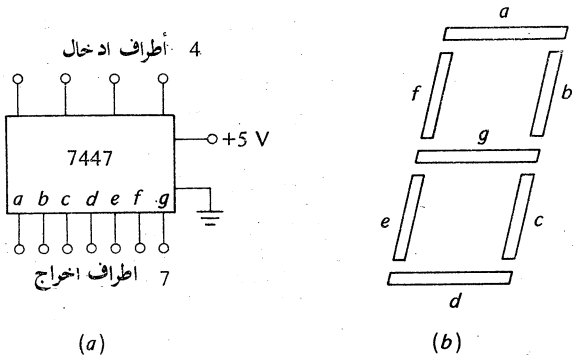
وتحتوي فهارس شركات التصنيع (*) على انواع اخرى من هذه الحلالات كـ 7443 ويستخدم لحل رموز زائد -3 الى العشري ، و 7444 (من زائد-3 كراي الى العشري) ، و 74145 (من BCD الى عشري لتشغيل المصابيح الوهاجة) .....الخ .

(*) للحصول على معلومات اوسع حول دوائر TTL المتكاملة يراجع :

The TTL data book for design Engineers, Texas Instruments Inc. , 1973.

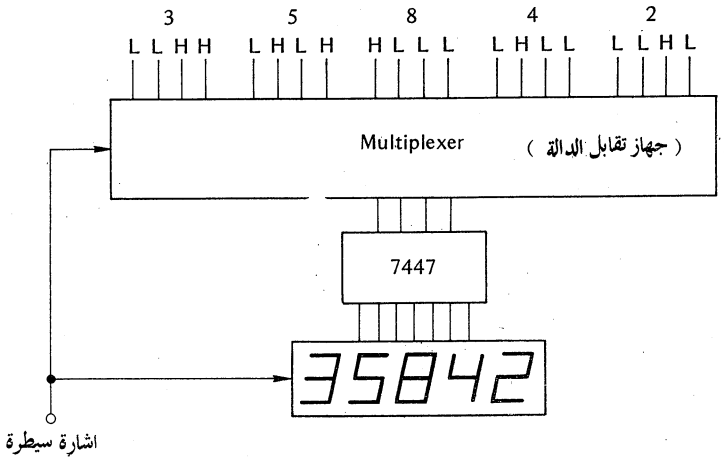
3.10 حلاّلات القطع السبع :

احد انواع حلالات القطع السبع هو 7447 الذي يحفز القطعة المناسبة حسب الرمز الـ BCD الداخل . فلعرض الرقم 7 ، تحفز القطع c , b, a كنتيجة للرمز الداخل LHHH (لاحظ الشكل 3.8).



شكل (3.8) : حلاّل / سائق 7447

ولعرض العدد 35842 ببساطة ، فاننا نحتاج الى خمس من 7447 وخمس من ذات القطع السبع تعمل كلها في آن واحد . بالمقابل ، يمكننا اختزال عدد الحلاّلات من خمسة الى واحد يقوم وحده بحل كل مرتبة لوحدها على التوالي بـدلاً من ظهورها جميعـاً دفعة واحدة (الشكل 3.9) علماً بان ذلك يتم بزمن سريع جداً يبدو وكأن العدد يعرض في آن واحد بمعنى آخر فان الرقم 3 يظهر اولاً يتبعه 5 فـ 8 فـ 4 فـ 2 . ويجري ذلك عادة بذبذبة تزيد على 50 هرتز منعاً للارتعاش الضوئي flickering . وتسمى هذه العملية بتقابل الدالة multiplexing ولها من الفوائد : تقليل اسلاك التوصيل القدرة المصروفة . وليس هذا في موضوعنا الآن .

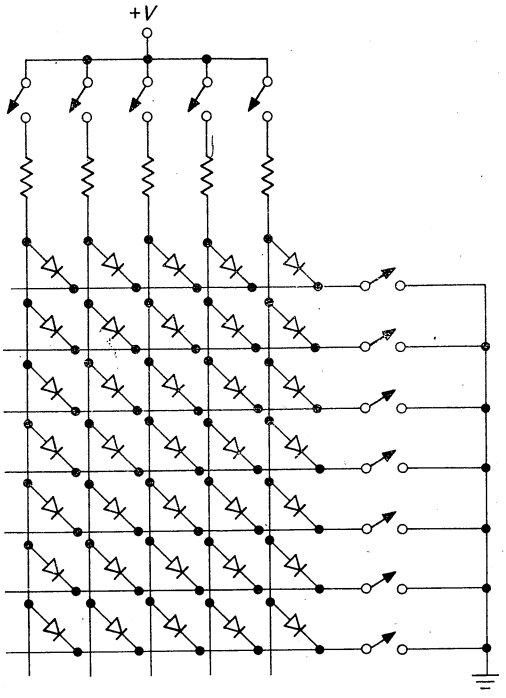


شكل (3.9) : تعدد الدالة

وتتوفر أنواع اخرى من حلاّلات القطع السبع . فـ CD 4055 هو حلال BCD –الى– القطع السبع . وهو من نوع CMOS ، ويستعمل عادة في سياقة مؤشرات البلور السائل ، وهذه المؤشرات التي تمتاز عن قرينتها الـ LED بقلة استهلاكها للقدرة بشكل مثالي باتت تُستعمل في بناء ساعات الرسغ الالكترونية .

3.11 حلاّل المصفوفة النقطية :

في هذا الحلال ، لاتضاء الـ LEDs المناسبة في آن واحد ، وانما يتحفز كل ثنائي افقياً وعمودياً وبترتيب سريع جداً بحيث يبدو الرمز المطلوب والمشكل من عدد معين من الثنائيات وكأنه وحدة واحدة مضيئة (الشكل 3.10) . ويجري ذلك بتسليط جهد على الاعمدة المقصودة ، وتأريض الصفوف المقصودة بشكل متتال ومستمر ، لكي يظهر الرمز المطلوب خالياً من كل ارتعاش .



شكل (3.10) : خلاّل المصفوفة النقطية

ونظراً لتعقد الدائرة الالكترونية التي تسوق هذا الخلاّل ، فانها تحتاج الى نوع معين من عناصر الذاكرة يخزن الرمز ويحفز الاعمدة ، ويطلق عليه اسم (ذاكرة قراءة فقط) Read Only Memory (الفصل الثاني عشر) . بينما يقوم معداد حلقي (الفصل التاسع) بمسح scan الصفوف افقيا .

إسعافات دراسية :

خلاصـــة :

تعتبر رموز الـ BCD حلا وسطاً بين الثنائي والعشري .
أشهر هذه الرموز رمز 8421 ، حيث تحمل مرتباته الاوزان الآتية (من اليسار الى اليمين) 1, 2, 4, 8 كما هو الحال في النظام الثنائي . ويبدأ اختلاف هذا الرمز كلياً عن النظام الثنائي بعبوره الرقم 9 . وللترميز بـ 8421 ، فان كل مرتبة عشرية تُرمّز بصورة مستقلة . ومن اهم مزاياه سهولة التحويل من النظام العشري وبالعكس .

- لترميز عدد عشري بالرمز زائد – 3 ، نضيف 3 لكل رقم عشري قبل تحويله الى الثنائي . والرمز زائد–3 يتمم نفسه ، اي ان المتمم لـ 1 يساوي المتمم لـ 9 لمكافئه العشري .
- وهناك حوالي 30 بليوناً من انواع الترميز الرباعي . والجدولان (3.3)و(3.4) يحتويان على بعض الانواع الشائعة .
- لكشف الاخطاء عند نقل المعلومات او خزنها ، يستعمل الفحص التكافؤي الذي يتم بربط رقم ثنائي اضافي بالكلمة المراد نقلها او خزنها . وهناك نوعان من الفحص التكافؤي ، تكافؤ فردي وتكافؤ زوجي .
- هناك من الرموز مايستخدم خمسة ارقام ثنائية بدلاً من اربعة ، وتتجلى فائدتها في سهولة كشف الاخطاء .
- وهناك رموز BCD اخرى تستخدم اكثر من خمسة ارقام ثنائية ، مثل الرمز 50 43210 والذي يسمى بالخماسي المزدوج ، وتأتي أهميته من كونه يستعمل في بعض المعدادات الالكترونية .
- ينفرد رمز كراي بميزة تغير حالة رقم ثنائي واحد بين كل عدد والعدد الذي يليه .
- هناك ثلاث طرائق شائعة في عرض الرموز ضوئياً هي : المنفصلة والمصفوصة ذات القطع والمصفوصة النقطية . والنوع 74141 من عائلة TTL يقوم بحل رموز BCD وسوق مصابيح العرض المنفصلة كمصباح نكسي . بينما يستخدم النوع 7447 لسوق المصفوفة ذات القطع السبع .

مفردات :

الابجدي – الرقمي Alphanumeric : الحروف والارقام والرموز .

المصفوفة ذات القطع Bar - matrix : مصباح عرض يستخدم قطعاً مضيئة ، كما هو الحال في مصباح القطع السبع

الخماسي المزدوج Biquinary : هو الرمز 50 43210 .

الرمز 8421 : أشهر رموز BCD حيث يتحول كل رقم عشري الى اربع مراتب ثنائية .

(زائد – 3) Excess–3 : احد رموز BCD ، وفيه يتم اضافة 3 لكل رقم عشري قبل تحويله

رمز كراي Gray code : ويطلق عليه احيانا بالرمز الثنائي الانعكاسي . وينفرد بميزة تغير حالة رقم ثنائي واحد بين عدد والعدد الذي يليه .

الثنائي التكافؤي Parity bit : هو رقم ثنائي اضافي يربط بالكلمة لجعل مجموع الـ 1 فردياً او زوجياً .

الاتمام الذاتي Self - complementing : يعني بالنسبة لبعض رموز BCD ، ان المتمم لـ 1 فيها يقابل المتمم لـ 9 لمكافئها العشري .

الرمز الموزون Weighted code : الرمز الذي تحمل كل مرتبة فيه وزناً معيناً ويذكر الوزن عادة ضمن اسم الرمز . مثل الرمز 8421 الذي يحمل الاوزان 1, 2, 4, 8 كل حسب موقعه . وهناك رموز غير موزونة مثل الرمز زائد – 3 .

الكلمة Word : وتعني في المنظومة الرقمية مجموعة من الارقام الثنائية تعامل كوحدة واحدة .

أسئلة للمراجعة

1. ماهو الرمز 8421 ؟ وما هو مكافىء العدد العشري 395 بهذا الرمز ؟
2. ماهو رمز BCD ؟
3. كيف يتم تحويل الاعداد العشرية الى الرمز زائد – 3 ؟
4. ماذا يعني الاتمام الذاتي بالنسبة لـ BCD ؟
5. ماهو الرمز الموزون ؟ الرمز غير الموزون ؟
6. اكتب بعض الرموز ذات الارقام الثنائية الاربعة ، واذكر الموزون منها وغير الموزون ؟
7. ماهو الثنائي التكافؤي ؟ وعرف نوعيه ؟
8. ماذا تعني (كلمة) في المفهوم الرقمي ؟
9. اذكر بعضاً من الرموز ذات الارقام الثنائية الخمسة . وهل هي موزونة أم غير موزونة ؟
10. ماهي اوزان الرمز الخماسي المزدوج ؟ وماذا يعني الخماسي المزدوج ؟
11. ماهي أهم اوصاف رمز كراي ؟
12. عرف الابجدي الرقمي ؟ واذكر الطرائق الثلاث لعرض الرموز الابجدية– الرقمية .
13. ماهي 74141 ؟ و 7447 ؟
14. بالاشارة الى العرض الابجدي – الرقمي ، ماذا يعني تعدد الدالة ؟

مسائل

3.1 رمّز العددين العشريين الآتيين برمز BCD 8421 :

أ) 59

ب) 39,584

3.2 أوجد مكافئي BCD 8421 للعددين العشريين الآتيين ؟

أ) 649

ب) 5 71

3.3 حل رمزي BCD 8421 الآتيين :

أ) 0111 1000 0011

ب) 0011 0111 1000 0111 0110 1001

3.4 حل رمزي BCD 8421 الاتيين :

أ) 1000 0111 1001

ب) 0100 0000 0001 0111 0110 0101

3.5 أوجد مكافئي الرمز زائد – 3 للعددين العشريين الآتيين :

أ) 467

ب) 5839

3.6 حوّل العددين العشريين الآتيين الى الرمز زائد – 3 :

أ) 5932

ب) 386,258

3.7 حل رمزي زائد – 3 الآتيين :

أ) 1001 0111

ب) 0011 0101 0110 1000 1010

3.8 ماهو المكافيء زائد – 3 للثماني 743 ؟

3.9 استعمل أعداد زائد – 3 لاضافة العددين العشريين الآتيين : 457 و 293 .
ماهو الناتج النهائي برمز زائد – 3 ؟

3.10 ماهو مجموع العددين العشريين 45 و 34 بالرمز زائد–3 ؟

3.11 ماهو المكافيء برمز BCD 5421 لـ :

أ) العشري 435 .

ب) الثُماني 435

3.12 حل رمزي BCD الاتيين :

أ) رمز 5421: 0001 0011 1001 1011

ب) رمز 7421 : 0111 0101 1001 1110

3.13 معداد الكتروني يستعمل الرمز 4221 . أفرض أن أطراف أخراجه أعطت الشكل الآتي : HHHH LHHH LLHL . ماهو العدد العشري الذي يمثل هذا الأخراج اذا كانت H تقوم مقام 1 ؟ واذا كانت H تقوم مقام 0 ؟

3.14 معداد الكتروني يستعمل الرمز 2421 . ماذا يعني الشكلين الآتيين :

أ) 0010 1011 1110 1011 0001

ب) 0000 0100 1101 1011 0011

3.15 أضف الثنائي التكافؤي الزوجي للكلمات الآتية :

أ) 1011001

ب) 110001100011

ج) 10101110011100

3.16 هل الثنائي التكافؤي للكلمات الآتية زوجي أم فردي :

أ) 1 1001100101

ب) 1 1000110011

ج) 0 1000011101

3.17 افرض أننا نرغب باضافة ثنائي تكافؤي زوجي للرمز 3321 . ماهي الأرقام الثنائية التي ينبغي علينا اضافتها ؟

3.18 لاضافة ثنائي تكافؤي فردي للرمز 5211 . ماهي الأرقام الثنائية المطلوب اضافتها ؟

3.19 رمّز الأعداد العشرية الآتية برمز معداد الازاحة (BCD) :

84 ، 932 ، 5482

3.20 حل عددي الرمز 2 – من –5 (BCD) الآتيين :

أ) 11000 10010 01010

ب) 10100 00101 10100 01100 00011

3.21 اكتب العددين العشريين الآتيين برمز الخماسي المزدوج BCD :25و452

3.22 حل رمزي الخماسي المزدوج الآتيين :

أ) 00010 10

ب) 01000 01

3.23 حوّل الأعداد الثنائية الآتية الى رمز كراي :

أ) 10110

ب) 100111011001

جـ) 10101101110011

3.24 حوّل أعداد كراي الآتية الى أعداد ثنائية :

أ) 10101

ب) 100110011

جـ) 00111000010110

2.25 اذا كانت فولتية المصدر في الشكل (3.3b) تساوي 10 فولت ، وسُلط 1.5 فولت على الـ LED . فما هو حجم مقاوم التوالي اللازم لامرار 10 ميللي أمبير الى الـ LED ؟

الفصل الرابع

الجبر البُوولي

كثير من مسائلنا الفكرية والمنطقية لاتجد الحل الا في جواب واحد من اثنيـــن : خطأ أم صواباً ... زائفاً ام حقيقياً . هذه الطبيعة الثنائية في التفكير قادت ارسطو طاليس Aristotle للبحث عن الحقيقة وسط مجموعة من الافتراضات ، تبعه علماء آخرون تأثروا بطريقته في التفكير . وبنوا أفكارهم الرياضية على هذا الاساس .

ولقد اقترب دي موركان De Morgan من اكتشاف الصلة بين المنطق والرياضة . الا ان بوول Boole (عام 1854) حقق العلاقة بينهما واخترع جبراً جديداً نسخ الطريقة التي جاء بها ارسطو طاليس ، مبرهناً على سهولتها ودقتها ، مستعملاً الحروف والرموز بديلاً عن الكلمات .

وما قدر الناس هذا الجبر حق قدره حتى عام 1938 (أي بعد حوالي قرن من الزمان) عندما استطاع شانون Shannon استثمار هذا الجبر الجديد في بناء مفاتيح الهاتف telephone ، فللمفتاح عمل ثنائي (مفتوح او مغلق) .

في هذا الفصل تعريف واسع بهذا الجبر وبالدوائر المنطقية والكترونيك المنطق وعند نهايته ستستطيع :

1 – كتابة المعادلة البوولية لدائرة ما باستعمال دوال هـذا الجبـر ،كـ (أو) OR ، (و) AND (لا) NOT

2– تطبيق نظريتي دي موركان

3– فهم معادلات بوول .

4– التمييز بين TTL الطوطمي Totem pole والـ TTL ذي المجمع المفتوح open collector .

4.1 بوابة (أو) :

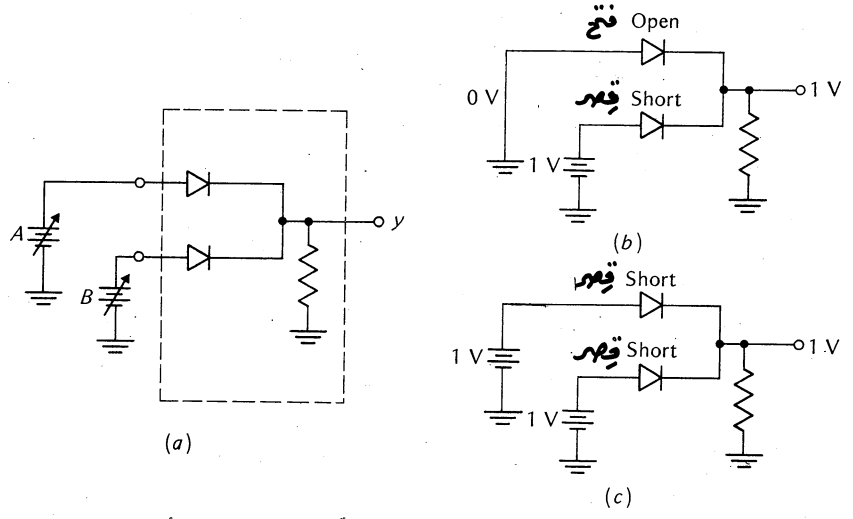
تعرف البوابة بأنها دائرة منطقية ذات طرفين او ا . رب واحد للاخراج .
وتنتج الاشارة الخارجة من تشكيلة معينة من اشارات الادخال .
اولى البوابات المعروفة هي بوابة (أو) ، ويرينا الشكل (4.1a) بوابة (أو) ذات طرفي ادخال A و B اما Y فيمثل طرف الاخراج .ولتحليل بوابة (أو) ، نحدد فولتية الادخال بصفر او فولت واحد وسنحصل على اربع حالات ممكنة :

الحالة الاولى : A تساوي صفراً و B تساوي صفراً ، عندذلك تساوي Y صفرا لعدم وجود اية فولتية .

الحالة الثانية : A تساوي صفراً و B تساوي فولتاً واحداً ، هنا يكون الثنائي الاسفل منحازاً انحيازاً أمامياً بتأثير البطارية B .فتتلاشى مقاومة الثنائي (بقصر دائرته) short circuted مما يؤدي الى انحياز الثنائي الأعلى باتجاه عكسي open cireuited .ومن ثم تكون فولتية الاخراج مساوية لفولت واحد ، (لاحظ الشكل 4.1b) .

الحالة الثالثة : A تساوي 1 و B تساوي صفراً . وهي عكس الحالة السابقة تماماً بالنسبة للثنائيين فتبقى النتيجة مساوية لفولت واحد .

الحالة الرابعة : A تساوي 1 و B تساوي1. هنا ينحاز كلا الثنائيين انحيازاً امامياً تبدو على ضوئه البطاريتان وكأنهما يعملان على التوازي ، بينما تبقى فولتية الاخراج فولتاً واحداً (لاحظ الشكل 4.1 c) .



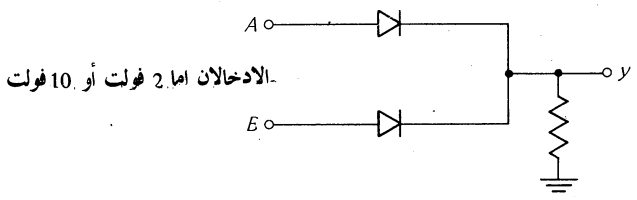
شكل (4.1) : بوابة (أو)

يضم الجدول (4.1) كل احتمالات اطراف الادخال مع نتيجة طرف الاخراج ، ونستنتج من هذا الجد ول بأن بوابة (أو) تنتج 1 عندما يكون A (او) B (أو) كلاهما 1 . بمعنى آخر، فإن بوابة (أو) هي بوابة (أي من – أو – كل) ، اذ يظهر ال 1 في طرف الاخراج عند حضور أي من اوكل اطراف الادخال .

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

جدول (4.1) جدول الواقع لبوابة (أو)

وهذا الجدول الذي يجمع احتمالات الادخال وما يقابلها من الاخراج يسمى بجدول الواقع truth table **وغالبا مانستعمل الثنائيات والترانزستورات كمفاتيح في الدوائر المنطقة** لاحتمالها لحالتين فقط ، لذا عند تحليل دائرة منطقية نهتم بمستوى الفولتية (عالٍ ام واطىء) **بغض النظر عن قيمتها الفعلية** . وجرت العادة على تمثيل الفولتية العالية بـ 1 والفولتية الواطئة بـ 0 . وفي الشكل (4.2) المشابه للشكل (4.1) تم تمثيل 2 فولت بـ 0 و 10 فولت بـ 1 . اما الجدولان (4.2) و (4.3) فيوضحان عمل الدائرة ، اذ تظهر كل احتمالات A و B وهي 00 ، 01 ، 10 ، 11 ، كما تظهر في الجدول نفسه احتمالات الاخراج .



شكل (4.2) : بوابة (أو) ذات ادخالين

A	B	Y
2V	2V	2V
2V	10V	10V
10V	2V	10V
10V	10V	10V

جدول (4.2)

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

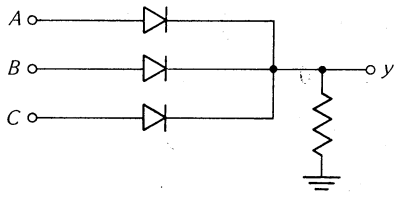
جدول (4.3)

ولا تهمنا كثيراً درجة الدقة في قيمة كل من الجهدين بقدر مايهمنا تمايز هاتين القيمتين بشكل واضح ارتفاعاً وانخفاضاً .

وقد يكون لبوابة (أو) اكثر من طرفين للادخال ، وفي الشكل (4.3) بوابة (أو) ذات ثلاثة اطراف A و B و C ، بينما يوضح جدول الواقع (4.4) عمل هذه البوابة .

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

جدول (4.4) : جدول الواقع لبوابة (او) ثلاثية الادخال

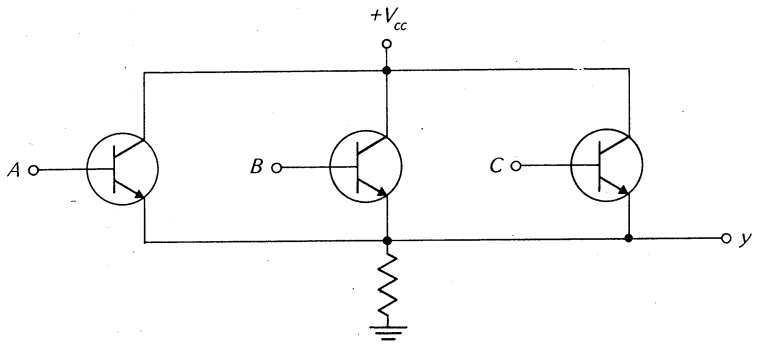


شكل (4.3) : بوابة (أو) بثلاثة ادخالات

ومن الجدير بالذكر ان عدد الاحتمالات التي تشكل جدول الواقع يساوي 2 مرفوعة لعدد اطراف الادخال . ففي الجدول (4.4) نلاحظ ان عدد الاحتمالات يساوي 8 ، اي (2^3) ، ولوكان عدد اطراف الادخال اربعة لبات عدد الاحتمالات مساوياً لـ 16 ، اي (2^4) . ويفضل ان يتم ملء جدول الواقع بالتسلسل تحاشيا للنسيان والتكرار .

ويمكننا الاستعاضة عن الثنائيات بالترانزستور لبناء بوابة (او) فالشكل (4.4) يحتوي على ثلاثة ترانزستورات من نوع npn مربوطة على طريقة تابع الباعث emitter follower وعلى التوازي . وحينما تكون فولتية الادخال واطئة لكل الاطراف فان y ستكون ذات فولتية واطئة ايضا لانها تتبع الادخال . وتتغير y الى فولتية عالية عند تغير فولتية الادخال لاي من الاطراف او جميعها ، ويمثل الجدول (4.4) واقع

هذه الدائرة ، اخذين بنظر الاعتبار بأن 0 يمثل الفولتية الواطئة و 1 يمثل الفولتية العالية .



شكل (4.4) : بوابة (أو) بالترانزستور

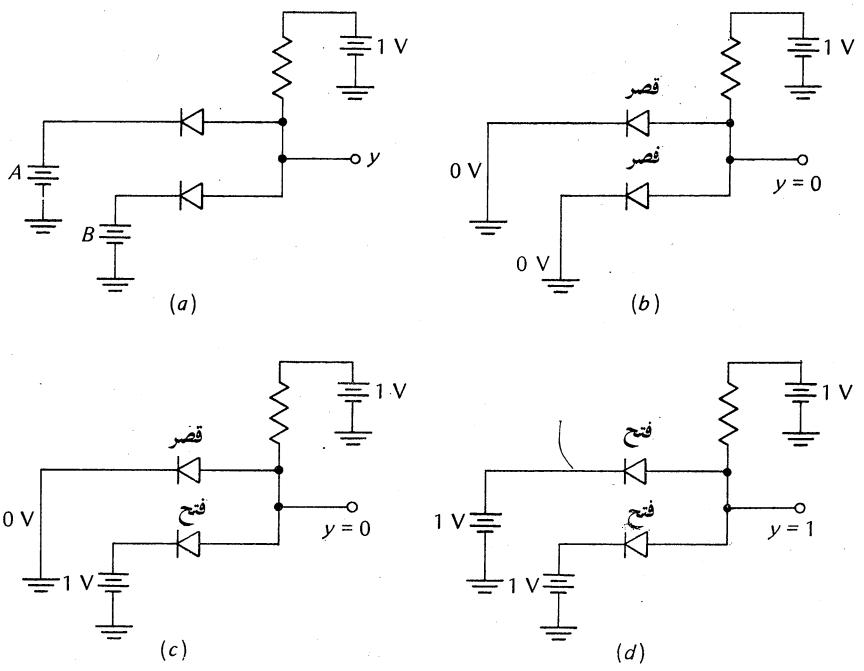
وهناك طرائق اخرى لبناء بوابة (او) باستعمال تشكيلة من المقاومات ، والثنائيات والترانزستورات وما ينبغي ان لا يغيب عن اذهاننا هو ان هذه البوابة تنتج 1 عندما يكون اي من اطراف الادخال او جميعها مساوية لـ 1 .

4.2 بوابة (و) :

تعتبر بوابة (و) من البوابات الرئيسية في الدوائر المنطقية ، وتحتوي على طرف اخراج واحد يكون 1 عندما تكون جميع اطراف الادخال 1 . في الشكل (4.5a) تبدو لنا بوابة (و) بطرفي ادخال اثنين فقط ، ويمكننا تحليل الحالات الاربع ، بعد افتراضنا بان فولتية الادخال تتحدد بـ 0 او 1 فولت ، كما يأتي :
الحالة الاولى : A تساوي 0 و B تساوي 0 ، نلاحظ الشكل (4.5b) لنجد ان كلا الثنائيين ينحازان أمامياً (أي ان فولتية الثنائي تساوي صفراً) فيجعلان فولتية الاخراج y مساوية للصفر (نظرياً)

الحالة الثانية : A تساوي 0 و B تساوي 1 في هذه الحالة ينحاز الثنائي الأعلى امامياً في الشكل (4.5c) مما يؤدي الى بقاء فولتية الاخراج صفراً .
الحالة الثالثة : A تساوي 1 و B تساوي 0 . هذه الحالة مشابهة للحالة الثانية ماعدا ان الثنائي الاسفل سيكون منحازاً امامياً .

,الحالة الرابعة : A تساوي 1 و B تساوي 1 . هنا ينحاز الثنائيان عكسياً ، فلا يمر التيار في المقاومة مما يقود بفولتية y الى ان تكون مساوية لفولتية المصدر (1 فولت) .
وجدول الواقع (4.5) يبين الحالات بال0وال1. وما ينبغي ان تتذكره هو ان بوابة (و) تنتج 1 في حالة واحدة فقط هي عندما تكون جميع اطراف الادخال تساوي 1 . والجدول (4.6) يناظر الجدول (4.5) بان اصبحت 2 فولت تناظر 0 ، و 10 فولت تناظر 1 وبمصدر فولتية ثابت = 10 فولت .



شكل (4.5): بوابة (و)

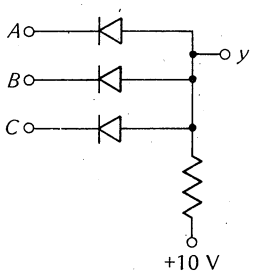
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

جدول (4.5) جدول الواقع لبوابة (و)

A	B	Y
2V	2V	2V
2V	10V	2V
10V	2V	2V
10V	10V	10V

جدول (4.6)

وكما اسلفنا ، فان بوابة (و) قد تحتوي على اكثر من طرفي ادخال ، وفي الشكل (4.6) بوابة (و) ذات ثلاثة اطراف ادخال هي A و B و C حيث يُمثّل الصفر بـ0 فولت والـ1 بـ 10 فولت ، وجدول الواقع (4.7) يرسم حالات هذه البوابة . ان تأريض اي طرف في الادخال (اي بعدم تسليط اي فولتية عليه) سيؤدي بالثنائي المربوط به الى ان ينحاز أمامياً فتقصر دائرته ، وبالتالي تتراجع فولتية الاخراج y الى الصفر . والطريقة الوحيدة للارتفاع بفولتية y الى 10 فولت هي بتسليط 10 فولت على جميع أطراف الادخال ، مما يؤدي الى سريان التيار خلال المقاوم فترتفع فولتية الاخراج y الى 10 فولت .

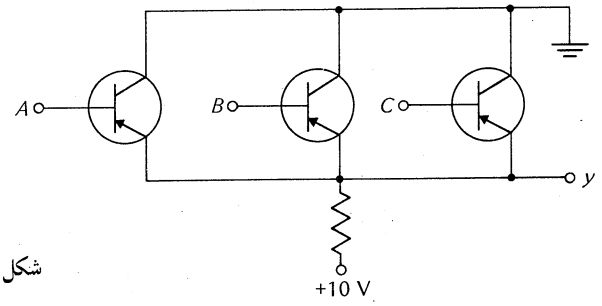


شكل (4.6) : بوابة (و) ثلاثية الادخال

A	B	C	y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

جدول (4.7) جدول الواقع لبوابة (و) الثلاثية الادخال

أما الشكل (4.7) فيستخدم الترانزستور بديلاً عن الثنائيات للقيام بعمل بوابة (و) ، ويكون عمل هذه الدائرة كما يأتي : اذا كان اي من A و B و C مساوياً لـ0 (أي 0 فولت) فانها ستؤدي الى اشباع الترانزستور المعني ، ومن ثم تكون فولتية الاخراج y مساوية للصفر. اما اذا كان كل من A و B و C يساوي 1 (ولنفرض ان 1 يقابل 10 فولت) فان ذلك يعني ان جميع الترانزستورات تكون في حالة قطع (التيار المار = صفر) وبالتالي تكون فولتية الاخراج y مساوية لفولتية المصدر 10 فولت التي يقابلها 1 منطقياً

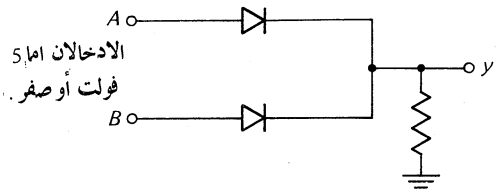


شكل (4.7) : بوابة (و) بالترانزستور

4.3 أنظمة المنطق الموجب والسالب :

يمكن تمثيل الـ 1والـ0 بمستويين مختلفين من الجهد . ففي أنظمة المنطق الموجب يقابل الـ1 **أعلى مستوى جهدي من المستويين هما** (+5) فولت و (0) **فولت** ، **فاننا نمتلك** حرية اختيار المنطق موجباً كان أم سالباً ، تماماً كاتخاذنا اتجاه سريان التيار دليلاً على السلب او **الايجاب فاذا كان الـ1يقابل** (+5) **فولت** ، و0 **يقابل** (0) **فولت** ، **عند ذلك يصبح** هذا النظام ذا منطق موجب ، وبالعكس يكون النظام ذا منطق سالب (ولحد الآن كنا نستعمل المنطق الموجب) .

تبدو اهمية التمييز بين هذين النظامين من خلال معرفتنا ان بوابة (أو) في المنطق الموجب تنقلب الى بوابة (و) في نظام المنطق السالب . كيف؟ هذا ما يوضحه لنا الشكل (4.8) وجدول واقعه (4.8) .



شكل (4.8) : بوابة (أو) بالمنطق الموجب
التي تقابل بوابة (و) بالمنطق السالب

A	B	Y
0V	0V	0V
0V	5V	5V
5V	0V	5V
5V	5V	5V

جدول
(4.8)

الجدول (4.8) ، لايمكن القول بأنه يمثل احدى البوابتين مالم تتحدد نوعية النظام سلباً او ايجابياً . في جدول الواقع (4.9) اعتبرنا النظام موجباً فأعطانا خواص بوابة (أو) بينما غيرنا النظام في جدول الواقع (4.10) الى السالب ليعطينا خواص بوابة (و) . وسنلتزم التعامل – خلال فصول هذا الكتاب – مع نظام المنطق الموجب .

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

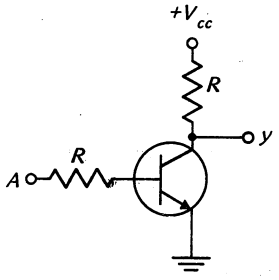
جدول
(4.9)

A	B	Y
1	1	1
1	0	0
1	0	0
0	0	0

جدول
(4.10)

4.4 دائرة(لا) :

هناك دائرة اساسية اخرى في دوائر المنطق ، هي دائرة (لا) والتي يطلق عليها ايضاً بالدائرة المتممة complementing circuit او الدائرة العاكسة invertor . وتمتلك هذه الدائرة طرفين اثنين ، اولهما للادخال والثاني للاخراج ، وتكون اشارة الاخراج عكس اشارة الادخال . والشكل (4.9) يرينا نوعاً من دوائر (لا) .



شكل (4.9) : دائرة (لا) .

يتشبع الترانزستور عندما تكون فولتية الادخال عالية مما يؤدي الى انحدار فولتية الاخراج الى الصفر تقريباً . وبالعكس سيكون الترانزستور في حالة قطع عند انحدار فولتية الادخال الى الصفر مما يؤدي الى ارتفاع فولتية الاخراج .

وجدول الواقع الاتي يبين خواص هذه الدائرة .

الادخال	الاخراج
0	1
1	0

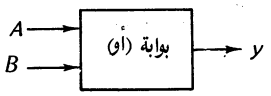
ونطلق اسم دائرة (لا) على هذا النوع من الدوائر لأن الاخراج (لا) يشابه الادخال .

4.5 اضافة (أو) :

عند حل المعادلات في الجبر المألوف ، نحصل على جذور تكون حقيقية موجبة او سالبة اوكسرية ..... الخ . بمعنى آخر تتنوع الجذور تنوعاً غير محدود حسب المعادلات . بينما لانحصل في الجبر البوولي الا على جوابين : صفر أو واحد لاغير .

ثمة فرق اساس بين الجبر المألوف والجبر البوولي في تفسير معنى الاشارة (+) فهي تعني في الجبر المألوف عملية الاضافة ، بينما تعني في الجبر البوولي (أو) – لاحظ الجدول (4.1) – . في الشكل (4.10) نقول أن y تساوي A (او) B وتكتب كالاتي :

$$Y = A + B$$



شكل(4.10): الاضافة ب (أو)

ولكي نعتاد على هذا المعنى الجديد ، يمكننا عرض الحالات الأربع لـ y :

الحالة الأولى :

$$A = 0 \ , \ B = 0$$
$$y = A + B = 0 + 0 = 0$$

لأن بوابة (أو) تجمع الصفر الى الصفر لأنتاج صفر .

الحالة الثانية :

$$A = 0 \quad , \quad B = 1$$
$$y = A + B = 0 + 1 = 1$$

لأن بوابة (أو) تجمع الصفر الى الواحد لأنتاج واحد .

الحالة الثالثة :

$$A = 1 \quad , \quad B = 0$$
$$= A + B = 1 + 0 = 1$$

الحالة الرابعة :

$$A = 1 \quad , \quad B = 1$$
$$= A + B = 1 + 1 = 1$$

لأن بوابة (أو) تجمع الواحد الى الواحد لأنتاج واحد .

وقد يتعسر علينا ادراك الحالة الرابعة ، وذلك لتعودنا على الجبر المألوف .

من هنا يظهر لنا أن الاشارة (+) تحمل عدة معانٍ كلٌ حسب موقعها . في الأعداد العشرية تعني (+) الاضافة المعروفة ، وفي الاعداد الثنائية تعني الاضافة الثنائية ، بينمافي الجبر البُوولي تعني الاضافة (أو). وتوضح الأمثلة الآتية هذه المعاني .

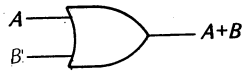
الاضافة العشرية : $1 + 1 = 2$

الاضافة الثنائية : $1 + 1 = 10$

اضافة (أو) : $1 + 1 = 1$

وهكذا نجد أن الاشارة (+) لها عدة معان . فعند حل مسائل الحساب – العشري ، نستخدم الاشارة (+) بمعناها المعروف ، أما عند استعمالها في المعادلات البوولية ، فاننا سنستعمل معنى الاضافة بـ (أو) ، وعند حدوث أي شك ، فينبغي الاشارة الى نوع الأضافة المقصودة .

ويرينا الشكل (11 ـ 4) الرمز الشائع لبوابة (أو) .



شكل (4.11) : الرمز المنطقي لبوابة (او)

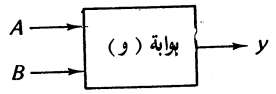
4.6 الضرب بـ (و) :

تعني اشارة الضرب (× أو .) في الجبر البوولي اتحاد متغيرين لأنتاج متغير آخر . ففي الشكل (4.12) الذي يمثل بوابة (و) نستطيع كتابة الناتج كالآتي :

$$y = A.B$$

أو

$$y = AB$$



شكل (4.12) : الضرب بـ (و)

ولهذا الشكل حالات اربع كالآتي :

الحالة الأولى :

$$A = 0 \quad , \quad B = 0$$
$$y = AB = 0.0 = 0$$

لأن بوابة (و) تجمع الصفر الى الصفر لأنتاج صفر .

الحالة الثانية :

$$A = 0 \quad , \quad B = 1$$
$$y = AB = 0.1 = 0$$

لأن بوابة (و) تجمع الصفر الى الواحد لأنتاج صفر

الحالة الثالثة :

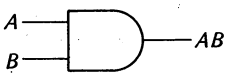
$$A = 1 \quad , \quad B = 0$$
$$y = AB = 1.0 = 0$$

لأن بوابة (و) تجمع الواحد الى الصفر لأنتاج صفر .

الحالة الرابعة :

$$A = 1 \quad , \quad B = 1$$
$$Y = AB = 1.1 = 1$$

ويسهل علينا تذكر هذه الحالات لتناظرها تماماً مع الجبر المألوف ، والشكل (4.13) يرينا الرمز الشائع لبوابة (و) .



شكل (4.13) : الرمز المنطقي لبوابة (و)

مثال 4.1 :

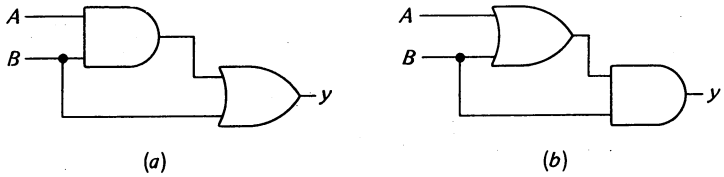
ماهو التعبير البوولي Boolean expression لطرف الاخراج في الشكل (4.14a)

الحـل :

ان طرف اخراج بوابة (و) هو AB الذي يكون طرف الادخال مع B في بوابة (أو) ليكون الناتج النهائي :

$$y = AB + B$$

شكل (4.14) : دوائر منطق



(a) (b)

مثـال 4.2 :

قيِّم ناتج التعبير البوولي للمثال السابق عندما :

(أ) $A = 0 \quad , \quad B = 1$

(ب) $A = 1 \quad , \quad B = 0$

الحـل :

(أ) بتعويض قيمتي A و B في التعبير المذكور : $y = AB + B$

$$y = 0.1 + 1 = 0 + 1 = 1$$

(تجرى عملية الضرب قبل الأضافة كما هو الحال في الجبر المألوف) .

(ب) عندما : $A = 1 \quad , \quad B = 0$

$$y = AB + B = 1.0 + 0 = 0$$

مثـال 4.3 :

اوجد التعبير البوولي لطرف الاخراج في الشكل (4.14b) ، وقيِّم ناتجه عندما A تساوي 0 و B تساوي 1

الحـل :

ان ناتج بوابة (أو) هو (A + B) وهذا يشكل بدوره طرف ادخال مع B في بوابة (و) . ليكون الناتج النهائي كما يأتي :

$$y = (A + B)\, B$$

(لاحظ أن الأقواس هنا تعني ضرب (و)) .

وبتعويض قيمتي A و B نحصل على :

$$y = (0 + 1)\, 1 = (1)\, 1 = 1$$

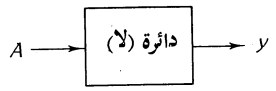
4.7 عملية (لا) :

في الشكل (4.15) تدخل A الى دائرة (لا) فتخرج معكوسة . فان دخلت صفراً خرجت 1 والعكس بالعكس . وبالتعبير البوولي نقول :

$$y = \bar{A}$$

ويُقرأ هذا التعبير هكذا : Y تساوي لا A .

والخط bar الذي يظهر فوق الـ A يعني ابدال أو اتمام A الى قيمتها المقابلة (كما هو الحال في المتمم لـ 1 – الفصل الثاني) .



شكل (4.15) دائرة (لا)

عندما تساوي A صفراً فان :

$$y = \bar{A} = \bar{0} = 1$$

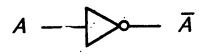
حيث أن لا 0 تساوي 1 .

وعندما تساوي A واحداً فان :

$$y = \bar{A} = \bar{1} = 0$$

حيث أن لا 1 تساوي 0

ويُطلق على عملية (لا) أيضا « النفي negation » او « العكس inversion » وتُكتب $\bar{A}$ أو A' احياناً . والشكل (4.16) يرينا الرمز الشائع لدائرة (لا) .



شكل (4.16) : الرمز المنطقي لدائرة (لا)

نستنتج مما سبق ان عمليات الجبر البوولي الثلاث ساعدت كثيراً في تبسيط تصميم النظم الرقمية المعقدة ، كما سيظهر ذلك من خلال فصول هذا الكتاب .

واختصاراً لما سبق ، نجدول العمليات الثلاث كالآتي

(لا)	(و)	(أو)
$\bar{0} = 1$	$0 \cdot 0 = 0$	$0 + 0 = 0$
$\bar{1} = 0$	$0 \cdot 1 = 0$	$0 + 1 = 1$
	$1 . 0 = 0$	$1 + 0 = 1$
	$1 \cdot 1 = 1$	$1 + 1 = 1$

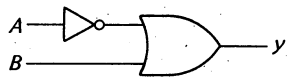
مثـال 4.4 :

اكتب التعبير البوولي لطرف اخراج دائرة الشكل (4.17) .

الحل :

تحوي بوابة (أو) طرفي ادخال يحملان $\bar{A}$ و B لذا فان طرف الاخراج يكون :

$$Y = \bar{A} + B$$



شكل (4.17) : دائرة منطق

مثال 4.5 :

حل معادلة المثال السابق مستعملاً جميع الاحتمالات الممكنة في الادخال .

الحل :

1. $A = 0 , B = 0$:

$$y = \bar{A} + B = \bar{0} + 0 = 1 + 0 = 1$$

2. $A = 0, B = 1$:

$$y = \overline{A} + B = \overline{0} + 1 = 1 + 1 = 1$$

3. $A = 1, B = 0$:

$$y = \overline{A} + B = \overline{1} + 0 = 0 + 0 = 0$$

4. $A = 1, B = 1$:

$$y = \overline{A} + B = \overline{1} + 1 = 0 + 1 = 1$$

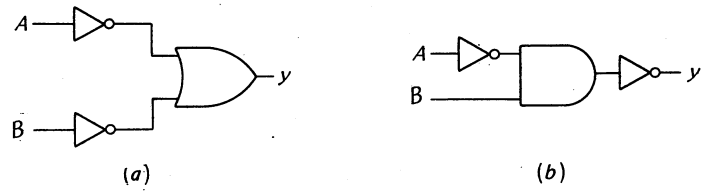
مثال 4.6 :

اكتب التعبير البوولي الخارج للشكل (4.18 a) :

الحل :

طرفا الادخال لبوابة (أو) **يحملان** $\overline{A}$ **و** $\overline{B}$. **لذا :**

$$y = \overline{A} + \overline{B}$$



(a) (b)

شكل (4.18) : **دائرتان منطقيتان**

مثال 4.7 :

قيم التعبير البوولي للمثال السابق باستعمال جميع الاحتمالات الممكنة في الادخال .

الحل :

$A = 0, \quad B = 0$:

$$y = \overline{A} + \overline{B} = \overline{0} + \overline{0} = 1 + 1 = 1$$

$A = 0 \quad , \quad B = 1$:

$$y = \overline{A} + \overline{B} = \overline{0} + \overline{1} = 1 + 0 = 1$$

$A = 1 \quad , \quad B = 0$:

$$Y = \overline{A} + \overline{B} = \overline{1} + \overline{0} = 0 + 1 = 1$$

$A = 1 \quad , \quad B = 1$:

$$Y = \overline{A} + \overline{B} = \overline{1} + \overline{1} = 0 + 0 = 0$$

مثال 4.8 :

أ – اوجد التعبير البوولي لطرف اخراج دائرة الشكل (4.18 b) .

ب – قيّم ناتج هذا التعبير مستعملاً جميع الاحتمالات الممكنة .

الحل :

أ – يحمل طرفا ادخال بوابة (و) $\overline{A}$ و B ، لذا ينتج عنهما $\overline{A}B$ الذي ينعكس داخل دائرة (لا) ليكون الناتج :

$$Y = \overline{\overline{A}B}$$

ب –

$A = 0 \quad , \quad B = 0$:

$$Y = \overline{\overline{A}B} = \overline{\overline{0}.0} = \overline{1.0} = \overline{0} = 1$$

$A = 0 \quad , \quad B = 1$:

$$Y = \overline{\overline{A}B} = \overline{\overline{0}.1} = \overline{1.1} = \overline{1} = 0$$

$A = 1 \quad , \quad B = 0$:

$$Y = \overline{\overline{A}B} = \overline{\overline{1}.0} = \overline{0.0} = \overline{0} = 1$$

$A = 1 \quad , \quad B = 1 =$

$$Y = \overline{\overline{A}B} = \overline{\overline{1}.1} = \overline{0.1} = \overline{0} = 1$$

بصورة عامة ، لتقييم أي تعبير بوولي ، نتبع ما يأتي :

1. عين نواتج دوائر (لا) لكل متغير اولاً .

2. اذا سُلطت دائرة (لا) على اكثر من متغير مثل $(\overline{0.1})$ ، لذا تحسب نواتج بوابة (و) اولاً ، ثم يُنفى الناتج .

4.8 نظريتا دي موركان :

يعتبر دي موركان من مشاهير علماء المنطق والرياضيات وكان صديقاً لبوول . وقد ساهم دي موركان في علم المنطق بنظريتيه المهمتين :

$$\overline{A + B} = \overline{A}.\overline{B} \qquad (4.1)$$

$$\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B} \qquad (4.2)$$

تقول النظرية الاولى : متمم المجموع يساوي حاصل ضرب متممات المتغيرات
وتقول النظرية الثانية : متمم حاصل الضرب يساوي مجموع متممات المتغيرات .
وبالامكان البرهنة على صحة هاتين النظريتين بسهولة كالاتي :

$$\overline{A + B} = \overline{A}.\overline{B}$$

نحتاج الى ان يكون الطرف الايمن مساوياً للطرف الايسر لكل احتمالات A و B .
الحالة الاولى :

$A = 0 \ , \ B = 0 :$

الايسر $\overline{A + B} = \overline{0 + 0} = \overline{0} = 1$

الايمن $\overline{A}.\overline{B} = \overline{0}.\overline{0} = 1.1 = 1$

الحالة الثانية :

$A = 0 \ , \ B = 1 :$

$\overline{A + B} = \overline{0 + 1} = \overline{1} = 0$

$\overline{A}.\overline{B} = \overline{0}.\overline{1} = 1.0 = 0$

الحالة الثالثة :

$A = 1 \quad , \quad B = 0 :$

$$\overline{A + B} = \overline{1 + 0} = \overline{1} = 0$$

$$\overline{A}.\overline{B} = \overline{1}.\overline{0} = 0.1 = 0$$

الحالة الرابعة :

$A = 1 \quad , \quad B = 1 :$

$$\overline{A + B} = \overline{1 + 1} = \overline{1} = 0$$

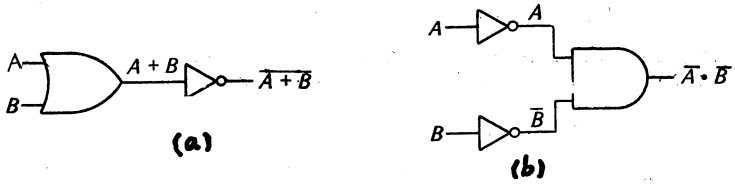
$$\overline{A}.\overline{B} = \overline{1}.\overline{1} = 0.0 = 0$$

A	B	$\overline{A + B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

جدول(4.11)جدول

A	B	$\overline{A}.\overline{B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

جدول (4.12)



جدول شكل (4.19) : نظرية دي موركان الاولى

ويحتوي جدولا الواقع (4.11) و (4.12) على خلاصة البرهان .
وللنظرية الاولى هذه اهمية في تصميم الدوائر المنطقية . فدائرة الشكل (4.19a) يمكن الاستعاضة عنها بدائرة الشكل (4.19b) حسب هذه النظرية . وبالمناسبة فان دائرة (لا)

في الشكل (4.19a) التي تأتي بعد بوابة (أو) تشكل بوابة جديدة هي في الحقيقة بوابة (لا – أو NOT-OR) وتعرف باختصار بـ (NOR).

وباتباع الاسلوب نفسه يمكننا البرهنة على صحة النظرية الثانية لدى موركان :

$$\overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$$

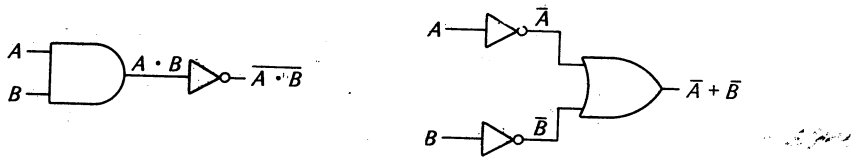
وجدولا الواقع (4.13) و (4.14) يوضحان ذلك .

A	B	$\overline{A.B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

A	B	$\overline{A} + \overline{B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ونصل الى ان كلا التعبيرين يؤديان الى نتيجة واحدة ، لاحظ الشكل (4.20) .

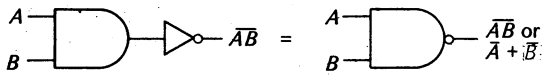
في الشكل (4.20a) ، دائرة (لا) تأتي بعد بوابة (و) ، هذا اللقاء بين هاتين الدائرتين المنطقتين يطلق عليه اسم بوابة (لا – و ، NOT-AND) ويختصر ببوابة (لا و NAND)



(a)

شكل (4.20) : نظرية دي موركان الثانية

ذات الرمز المبين في الشكل (4.21) ، وسنستعمل مثل هذه البوابة بكثرة عند التصميم .



شكل (4.21) : الرمز المنطقي لبوابة (لا و)

ونظراً لأهمية نظريتي دي موركان ، نعيد تعريفهما ثانية :

متمم المجموع يساوي حاصل ضرب متممات المتغيرات .

متمم حاصل الضرب يساوي مجموع متممات المتغيرات .

وللتحويل بين نظريتي دي موركان نتبع مايأتي على المثال $\overline{A + B}$

1. بدل اشارة (+) الى اشارة (.) لتحصل على A.B
2. تمم كل متغير على حدة. $\overline{A}.\overline{B}$

وقد تمثل كلٌ من A و B تعبيراً مركباً كما يبدو في المثال لآتي :

$$y= \overline{(C + DE)(CE + DF)}$$

والذي هو عبارة عن المتمم لحاصل ضرب المقدارين (C + DE) و (CE + DF) .
وباستعمال نظرية دي موركان الثانية نحصل على :

$$y= \overline{(C + DE)} + \overline{(CE + DF}$$

(هندسياً ، يمكننا تشبيه المثال السابق بقطع التعبير الاصلي الى نصفين مع استبدال الاشارة بينهما) .

مثال 4.9 :

برهن على صحة نظرية دي موركان الثانية :

$$\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$$

الحل

حينما :

$$A = 0 \quad , \quad B = 0 :$$

$$\overline{A.B} = \overline{0.0} = \overline{0} = 1$$

$$\overline{A} + \overline{B} = \overline{0} + \overline{0} = 1 + 1 = 1$$

حينما :

$$A = 0 \quad , \quad B = 1 :$$

$$\overline{A.B} = \overline{0.1} = \overline{0} = 1$$

$$\overline{A} + \overline{B} = \overline{0} + \overline{1} = 1 + 0 = 1$$

حينما :

$$A = 1 \quad , \quad B = 0 :$$

$$\overline{A.B} = \overline{1.0} = \overline{0} = 1$$

$$\overline{A} + \overline{B} = \overline{1} + \overline{0} = 0 + 1 = 1$$

حينما : $A = 1 \quad , \quad B = 1$:

$$\overline{A.B} = \overline{1.1} = \overline{1} = 0$$

$$\overline{A} + \overline{B} = \overline{1} + \overline{1} = 0 + 0 = 0$$

راجع جدولي الواقع (4.13) و (4.14) لهذين التعبيرين بهما برهنا على صحة نظرية دي موركان الثانية بعد ان اخذنا بعين الاعتبار كل الاحتمالات :

مثال 4.10

برهن على صحة المتطابقة الآتية :

$$\overline{A}.B = A + \overline{B}$$

الحل :

بتطبيق نظرية دي موركان الثانية :

$$\overline{A}.B = \overline{\overline{A}} + \overline{B}$$

$$= A + \overline{B}$$

لاحظ ان الاتمام المزدوج ينفي بعضه بعضاً ، لذا فان :

$$\overline{\overline{A}} = A$$

$$\overline{\overline{0}} = \overline{\overline{1}} = 0$$

$$\overline{\overline{1}} = \overline{0} = 1$$

مثال 4.11

برهن على ان دائرة (لاو) في الشكل (4.22 a) تكافىء دائرة الشكل (4.22 b)

الحل :

ان ناتج طرف اخراج بوابة (لاو) هو $\overline{ABC}$ وناتج طرف اخراج الشكل (4.22b) هو : $\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$

وللبرهنة على تكافؤ عمل الدائرتين المنطقيتين ، ينبغي ان يتكافأ ناتجهما . أي أن :

$$\overline{ABC} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$$

وبتطبيق نظرية دي موركان الثانية نجد ان :

$$\overline{ABC} = \overline{AB.C} = \overline{AB} + \overline{C}$$

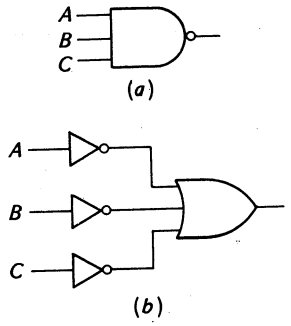
ولكن :

$$\overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$$

اذن :

$$\overline{ABC} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$$

وبالامكان استعمال جدول الواقع ايضاً للبرهنة على ذلك (لاحظ السؤال 4.18) ، اذ يتكافأ جدول الواقع للمقدار $\overline{ABC}$ مع جدول واقع التعبير $(\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})$



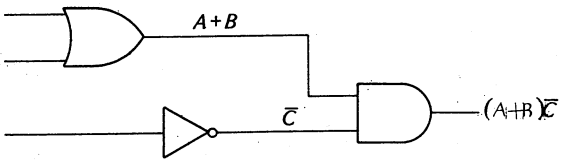
شكل (4.22) : المثال (4.11)

4.9 البناء الشامل للدوائر المنطقية :

من التعبير البُوولي يمكننا بناء الدوائر المنطقية ، وبالعكس . فالتعبير البوولي :

$$(A + B)\overline{C}$$

يُمكن بناؤه ببوابة (أو) لـ A و B ثم بوابة (و) لـ $\overline{C}$ كما هو مبين في الشكل (4.23)



شكل (4.23) : دائرة منطقية من تعبير بوولي

وباختصار فان كل اشارة (+) تعني بوابة (أو) ، وكل اشارة (.) تعني بوابة (و) ، وكل خط فوق الحرف يعني دائرة (لا) . وبمعنى آخر ، فان دوائر (او) ، (و) و(لا) هي قطع البناء الاساسية لكل دوائر المنطق .

وتمتاز بوابة (لا و) بميزة تؤهلها للاستعمال المنطقي المتعدد ، فهي تقوم مقام بوابة (او) تارة وبوابة (و) تارة اخرى ، او دائرة (لا) تارة ثالثة ، بكلمة اخرى ، بامكاننا بناء أية دائرة منطقية باستعمال بوابة (لا و) ، ومن هنا جاءت صفة الشمول لهذه البوابة . (والامر نفسه ينطبق على بوابة (لا – أو)).

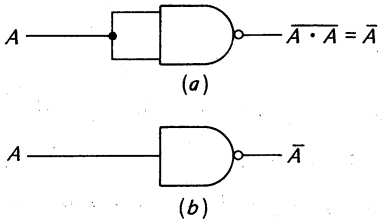
في الشكل (4.24a) استعملت بوابة (لا و) لتقوم مقام دائرة (لا) ، وذلك بتوحيد طرفي الادخال . فاذا كانت A تساوي 0 فان الاخراج سيكون :

$$\overline{A.A} = \overline{0.0} = \overline{0} = 1 = \overline{A}$$

واذا كانت A تساوي 1 فان الاخراج سيكون :

$$\overline{A.A} = \overline{1.1} = \overline{1} = 0 = \overline{A}$$

ومن الآن فصاعداً سترسم بوابة (لاو) كما في الشكل (4.24b) وذلك عند استعمالها كدائرة (لا) ، حيث ترتبط جميع الادخالات مع بعضها البعض .



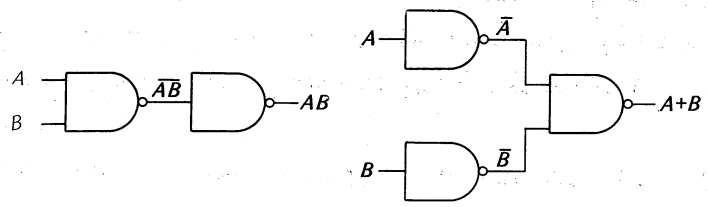
شكل (4.24) : استعمال بوابة (لا و) كدائرة (لا)

في الشكل (4.25a) استعملت بوابات (لا و) لتمثيل عمل بوابة (و) ، حيث يكون طرف الاخراج :

$$\overline{\overline{AB}} = AB$$

اما الشكل (4.25b) فقد أُستعملت فيه بوابات (لا و) لتحل محل بوابة (أو) مستفيدين من النظرية الثانية لدي موركان . اذ يدخل A و B بوابتي (لا و) للحصول على $\overline{A}$ و $\overline{B}$ اللذين يدخلان بدورهما بوابة (لاو) ثالثة للحصول على اخراج $\overline{A}.\overline{B}$ المكافيء لـ A + B لأن :

$$\overline{\overline{A}.\overline{B}} = \overline{\overline{A}} + \overline{\overline{B}} = A + B$$



شكل (4.25)

a) انتاج بوابة (و) من (لا و) .

b) انتاج بوابة (او) من (لا و) .

وهكذا لاحظنا بناء بوابة (أو) من مجموعة من بوابات (لاو) . ونكرر القول بان بالامكان بناء أية بوابة مثل (و) ، (أو) ، (لا) من طاقم من بوابات (لا و) . والحالة نفسها تنطبق على بوابة (لا – أو) .

4.10 قوانين ونظريات الجبر البوولي :

عند تبسيطنا لتعبير بُوولي معقّد ، فاننا بذلك نبسط تركيب الدائرة المنطقية لذلك التعبير . لنناقش هذا المثال :

$$Y = ABC + A\overline{B}C + AB\overline{C}$$

لبناء الدائرة المنطقية لهذا التعبير نحتاج الى :

بوابة (أو) ذات ثلاثة اطراف ادخال لاستقبال $AB\overline{C}$, $A\overline{B}C$, ABC .

ثلاث بوابات (و) ذات ثلاثة اطراف ادخال لانتاج $AB\overline{C}$, $A\overline{B}C$, ABC

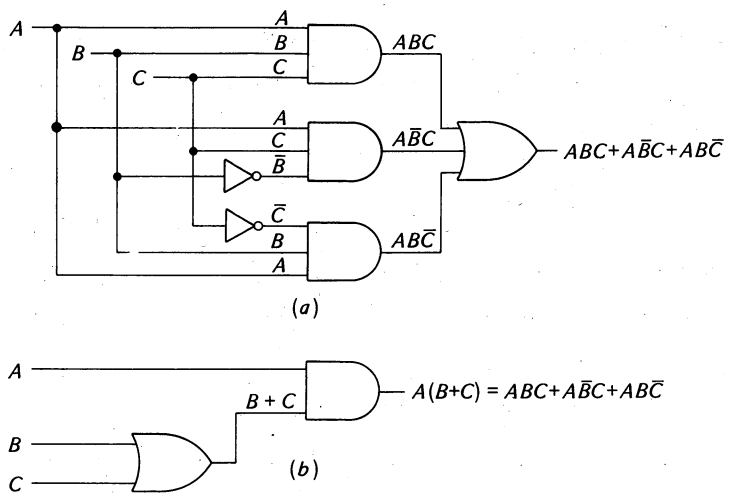
دائرتي (لا) لانتاج $\overline{C}, \overline{B}$.

والشكل (4.26a) يوضح ربط الدائرة الآنفة الذكر على علاّتها .

الا اننا لو استعملنا قوانين ونظريات بوول . فسنحصل على الصورة المبسطة الآتية لاصل التعبير :

$$Y = A (B + C)$$

المرسومة في الشكل (4.26b) . ومن هنا يُفضّل استعمال الدائرة المبسطة على سابقتها لقلة المواد المستعملة فيها ولسهولة بنائها .



شكل (4.26) : دائرتان منطقيتان متكافئتان

وللتعرف على قوانين ونظريات بوول . ندرج هنا القوانين الرئيسية الثلاثة . والتي تتشابه مع قوانين الجبر الاعتيادي . وهي :

قانونا التبادل commutative laws

$$A + B = B + A \qquad (4.3)$$

$$A.B = B.A \qquad (4.4)$$

قانونا الترابط Associative laws :

$$A + (B + C) = (A + B) + C \qquad (4.5)$$
$$A(BC) = (AB)C \qquad (4.6)$$

قانون التوزيع Distribution law :

$$A(B + C) = AB + AC \qquad (4.7)$$

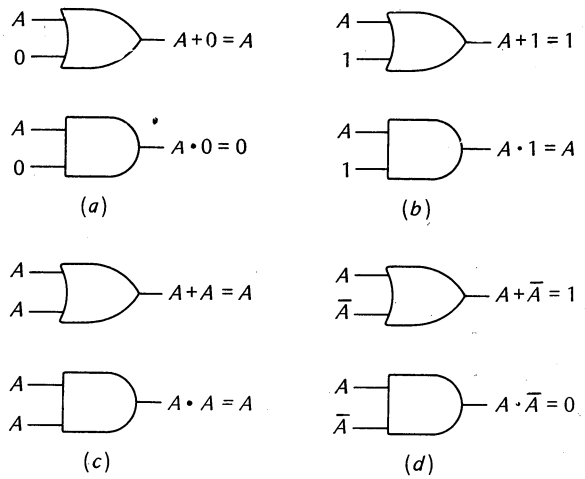
يشير قانونا التبادل الى أن ترتيب الاضافة والضرب غير مهم أي أننا نحصل على الجواب نفسه باضافة A الى B أو بالعكس ، وكذلك الحال نفسه بضرب A في B أو بالعكس أما قانونا الترابط فان بامكانك أمام التعبير (A + B + C) أن تستعملهما لاضافة B الى C اولاً ثم اضافة النتيجة الى A ، أو اضافة A الى B أولاً ثم اضافة النتيجة الى C ، وهكذا . والأمر نفسه ينطبق على حالات الضرب ايضاً .

بينما يشير قانون التوزيع (المعادلة 4.7) الى امكانية فتح أقواس التعبير البوولي بالطريقة التي نستعملها في الجبر المألوف نفسها . كما يتضمن هذا القانون ايضاً امكانية اخراج العوامل المشتركة في اي تعبير، كأن نكتب (AB+ AC)بالصيغة الآتية : A (B + C).

لاتواجهنا القوانين الخمسة الآنفة الذكر باية صعوبة لتشابهها بالجبر المألوف ، غير أن القوانين الآتية تعتبر بمثابة العمود الفقري للجبر البوولي :

$$A + 0 = A \qquad (4.8)$$
$$A.0 = 0 \qquad (4.9)$$

وينبغي ان نفهم القانونين السابقين على ضوء بوابتي (أو) و (و) . والشكل (4.27a) يوضح بالضبط معنى المعادلتين (4.8) و (4.9) .



شكل (4.27) : علاقات بوولية اساسية

ان ما تبقى من متطابقات هوكالآتي مع ملاحظة ان اشارة (*) تعني ان هذه المتطابقة تختلف عما تعودناه في الجبر المألوف ، كما ان بقية الاشكال في (4.27) توضح المفهوم المنطقي لهذه المتطابقات .

$$A + 1 = 1 \quad (*) \qquad (4-10)$$
$$A \cdot 1 = A \quad (*) \qquad (4-11)$$
$$A + A = A \quad (*) \qquad (4-12)$$
$$A \cdot A = A \quad (*) \qquad (4-13)$$
$$A + \overline{A} = 1 \quad (*) \qquad (4-14)$$
$$A \cdot \overline{A} = 0 \quad (*) \qquad (4-15)$$

أما القوانين الثلاثة الآتية فمعروفة ، وهي : نظرية الاتمام المزدوج ، ونظريتا دي موركان :

$$\overline{\overline{A}} = A \quad (*) \qquad (4-16)$$
$$\overline{A + B} = \overline{A}\ \overline{B} \quad (*) \qquad (4-17)$$
$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B} \quad (*) \qquad (4-18)$$

واخيراً نستطيع اشتقاق المجموعة الآتية من القوانين مستندين الى القوانين المذكورة آنفاً :

$$A + AB = A \qquad (4-19)$$
$$A(A + B) = A \qquad (4-20)$$
$$(A + B)(A + C) = A + BC \qquad (4-21)$$
$$A + \overline{A}B = A + B \qquad (4-22)$$
$$A(\overline{A} + B) = AB \qquad (4-23)$$
$$(A + B)(\overline{A} + C) = AC + \overline{A}B \qquad (4-24)$$
$$AB + \overline{A}C = (A + C)(\overline{A} + B) \qquad (4-25)$$

ويهمنا في هذا الكتاب أن نشير الى ضرورة فهم المعادلات من (4.3) الى (4.18) ومكافئاتها الشكلية في الشكل (4.27) . اذ بها تسهل عملية تبسيط الدوائر المنطقية ، ويتوضح ذلك في المثال الآتي :

لنفرض أن الدائرة الآتية ذات طرف اخراج Y :

$$Y = AC + ABC$$

تقول هذه المعادلة :

أ . وَحّد A و C في بوابة (و)

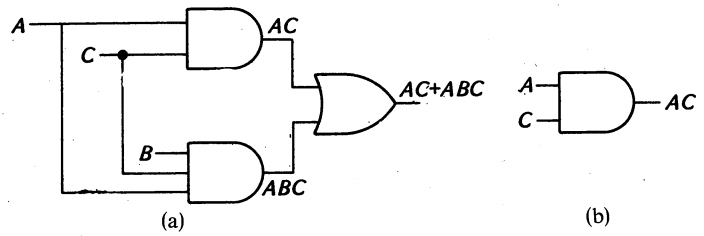
ب . وحّد A ، B و C في بوابة (و) أيضاً .

ج . أدخل نواتج أ و ب ببوابة (أو) ، لاحظ الشكل (4.28a)

ولو أننا بسطنا المعادلة السابقة قبل بنائها لحصلنا على :

$$Y = AC + ABC$$
$$= AC\,(1 + B)$$
$$= AC$$

ولاستطعنا بسهولة بناء الدائرة ببوابة (و) واحدة كما في الشكل (4.286) مقتصدين في الوقت نفسه بالعدّة اللازمة للبناء .



شكل (4.28) : تبسيط دائرة منطقية .

ومما يجدر ذكره . أن المنطق الموجب والمنطق السالب يقوداننا الى مبدأ الثنائية duality في التطابق . اذ بتغييرنا لنظام المنطق من موجب الى سالب أو بالعكس . فان الصفر ينقلب واحداً والواحد ينقلب صفراً . أكثر من ذلك فان بوابة (و) تعمل عمل بوابة (أو) والعكس بالعكس . من هنا نستطيع استخدام مبدأ الثنائية في أية متطابقة بالشكل الآتي :

غيِّر اشارة (+) الى اشارة (.) أو بالعكس .

تمم جميع الأصفار والآحاد .

مثـال :

أُعطينا المعادلة (4.8) : $A + 0 = A$

غيِّر الاشارة . وتمِّم الصفر لنحصل على المعادلة (4.11) :

$$A.1 = A$$

مثـال آخر : المعادلة (4.14) :

$$A + \overline{A} = 1$$

بتطبيق مبدأ الثنائية نحصل على :

$$A.\overline{A} = 0$$

مثـال 4.12 :

برهن على صحة ما يأتي :

(أ) $A + A = A$

(ب) $A . A = A$

الحـل :

(أ) يتم البرهان بتعويض الطرفين بالصفر والواحد . عندما A تساوي صفراً .

$$A + A = A$$
$$0 + 0 = 0$$
$$0 = 0$$

عندما تساوي A واحدا :

$$A + A = A$$
$$1 + 1 = 1$$
$$1 = 1$$

(ب) بالطريقة نفسها نستطيع البرهنة على أن :

$$A . A = A$$

عندما تساوي A صفراً

$$A . A = A$$
$$0 . 0 = 0$$
$$0 = 0$$

وعندما تساوي A واحدا

$$A . A = A$$
$$1 . 1 = 1$$
$$1 = 1$$

مثـال 4.13 :

برهن على صحة المعادلة (4.19) القائلة :

$$A + AB = A$$

الحـل :

الحالة الأولى :

$A = 0, B = 0$:

$$A + AB = A$$
$$0 + 0.0 = 0$$
$$0 + 0 = 0$$
$$0 = 0$$

الحالة الثانية :

$A = 0, B = 1$:

$$A + AB = A$$
$$0 + 0.1 = 0$$
$$0 + 0 = 0$$
$$0 = 0$$

الحالة الثالثة :

$A = 1, \quad B = 0$:

$$A + AB = A$$
$$1 + 1.0 = 1$$
$$1 + 0 = 1$$
$$1 = 1$$

الحالة الرابعة :

$A = 1, \quad B = 1$:

$$A + AB = A$$
$$1 + 1.1 = 1$$
$$1 + 1 = 1$$
$$1 = 1$$

والطريقة الثانية للبرهان كما يأتي :

$$A + AB = A(1 + B) = A(1) = A$$

وذلك باستخدام المعادلتين (4.7) و (4.10) .

مثال 4.14 :

اثبت أن بالأمكان تبسيط المعادلة الآتية :

$$Y = ABC + A\overline{B}C + AB\overline{C}$$

الى الشكل الآتي :

$$Y = A(B + C)$$

الحـــل :

$$Y = ABC + ABC + ABC$$

بالمعادلة (4.7) $= AC(B + B) + ABC$

بالمعادلة (4.14) $= AC + ABC$

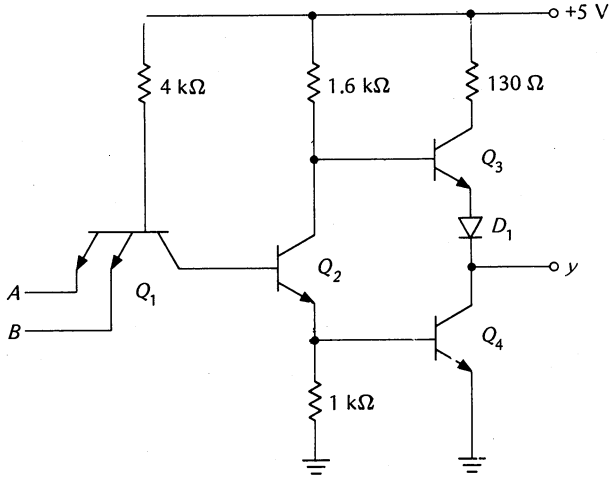
بالمعادلة (4.7) $= A(C + BC)$

بالمعادلة (4.22) $= A(C + B)$

بالمعادلة (4.3) $= A(B + C)$

4.11 بوابات (لا و) المصنوعة من TTL :

تعتبر بوابات (لا و) من ارخص الدوائر في مجموعة 7400 ، لذلك باتت من اكثر البوابات انتشاراً واستعمالاً . والشكل (4.29) يرينا مخططاً لبوابة (لا و) ذات طرفي ادخال ، كما نلاحظ أيضاً استعمال الترانزستور Q_1 متعدد الباعث ، بينما ربط Q_3 و Q_4 بشكل طوطمي . يتشبع الترانزستور Q_1 عندما تكون الفولتية المسلطة على A أو B واطئة ، وفي



شكل (4.29) بوابة (لا و) ذات ادخالين نوع TTL

الوقت نفسه يكون كل من Q_2 و Q_4 في حالة قطع ، ومن تم يعمل Q_3 عمل دائرة التابع الباعث emitter follower مما يجعل فولتية الاخراج عالية ، ويظهر هذا جلياً في الجدول (4.15) في حالاته الثلاث الأولى .

عند ارتفاع الفولتية في A و B ، سيمر تيار خلال قاعدة – مجمع الترانزستور Q_1 الذي يُجبر Q_2 و Q_4 على التشبع فيؤدي بدوره الى انخفاض فولتية الاخراج كما هو مبين في الحالة الرابعة من الجدول المذكور .

ومن المهم أن نعرف أن الثنائي D_1 يمنع الترانزستور Q_3 من الوقوع في حالة الاشباع اثناء تشبع Q_4 والسبب هو أن الجهد V_{BE} لـ Q_4 يساوي 0·7 فولت تقريباً . بينما يكون V_{CE} لـ Q_2 حوالي 0.1 فولت ، وهذا يعني أن الجهد المسلط على قاعدة Q_3 يساوي 0·8 فولت وهو كاف لأشباع Q_3 لولا وجود D_1 الذي ينحدر بـ V_{BE} لـ Q_3 دون 0·7 فولت ، فيُبقي Q_3 في حالة قطع عند تشبع Q_4

A	B	y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

جدول (4.15)

ما الغاية اذن من ربط Q_3 و Q_4 بهذا الشكل الطوطمي ؟

السبب الرئيس هو للحصول على مقاومة اخراج واطئة فعندما يكون Q_3 مفتوحاً فانه يعمل عمل التابع الباعث الذي يمتلك مقاومة اخراج واطئة (70 أوم تقريبا حسب نظرية Thevenin). من زاوية اخرى . عندما يكون Q_4 مفتوحا (مشبعا) فان المقاومة المذكورة تنخفض الى 12 أوم تقريباً . وفي كلتا الحالتين . تبقى مقاومة الاخراج قليلة مما تزيد من عدد البوابات التي تسوقها .

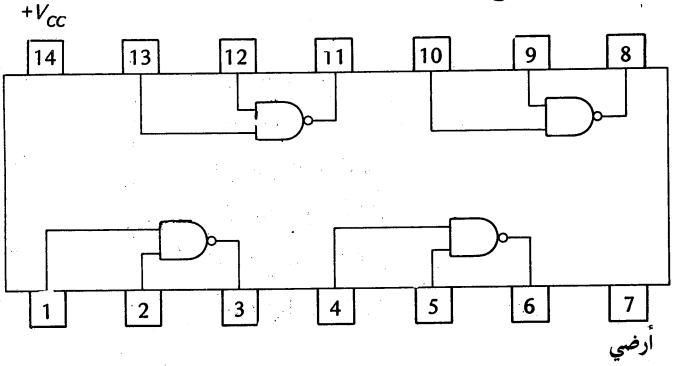
يُساعد تقليل مقاومة الاخراج في تسريع عملية القَلْب بين 0 و 1 وبالعكس . حيث لا يتم أي تغيير في فولتية الاخراج مالم يمر عن طريق المتسعات الكامنة في الدائرة والتي لاتقبل الشحن او التفريغ الا في زمن يحدده ثابت الزمن RC time constant .

ويمكننا الحصول على بوابات (لا و) باطراف ادخال ثلاثة او اربعة او ثمانية بزيادة عدد البواعث في الترانزستور Q_1 . والجدول (4.16) يدرج بعض الانواع الشائعة بهذا الخصوص .

الرقـــم	الـــوصف
7400	بوابة (لا و) رباعية ذات طرفي ادخال
7410	بوابة (لا و) ثلاثية ذات اطراف ادخال
7420	بوابة (لا و) ثنائية ذات اربعة اطراف ادخال
7430	بوابة (لا و) ذات ثمانية اطراف ادخال

جدول (4.16) بوابة(لاو)نوع TTL

فالدائرة المتكاملة 7400 من الجدول (4.16) تتكون من اربع بوابات (لا و) منفصلة . لكل بوابة طرفين للأدخال (لاحظ الشكل 4.30) . بينما تتركب 7410 من ثلاث بوابات منفصلة في كل منها ثلاثة أطراف ادخال . اما 7420 فتتكون من بوابتين فقط ذواتي أطراف ادخال اربعة واخيرا فان 7430 تتركب من بوابة (لا و) واحدة بثمانية اطراف ادخال وفي الفصل السادس سنشرح كيفية ربط بوابات (لا و) لأي تعبير بُوولي .



شكل (4.30) : بوابة (لا و) رباعية ذات ادخالين .

4.12 مواصفـــات TTL :

تعمل مجموعة 7400 تحت ظروف حرارية تتراوح بين 0 درجة مئوية الى 70 درجة مئوية . مع أعتبار أن 0 فولت و (5+) فولت يمثلان فولتية واطئة وعالية على التوالي ونظرياً الا أن هاتين الفولتيتين تنزحزحان عن القيميتين المذكورتين قليلاً . ففولتية الادخال بين 0 و 0.8 فولت يمكن اعتبارها واطئة ويطلق عليها V_{IL} حيث ان IL تعني INPUT LOW وتعطينا قائمة المواصفات القيم تحت اسوأ الظروف worst - case values وهذا هو السبب الذي حدا بالمنتجين الى كتابة :

$$V_{IL} = 0{\cdot}8\ V$$

كذلك الحال بالنسبة للفولتية العالية . حيث تتراوح بين 2 لى 5 فولت كما يكتب في قائمة المواصفات اسوأ قيمة منهما :

$$V_{IH} = 2V$$

ونعني بـ INPUT HIGH : IH

اما بالنسبة لطرف الاخراج فان 0·4 فولت هي اسوأ قيمة للفولتية الواطئة (نظرياً 0 فولت)

$$V_{OL} = 0{\cdot}4v$$

حيث OL تعني OUTPUT LOW .

واخيراً فان فولتية الاخراج تعتبر عالية اذا ما تراوحت بين 2.4 و5 فولت

$$V_{OH} = 2.4_V$$

حيث OH تعني OUTPUT HIGH وهذه الفولتية كافية لسياقة دوائر اخرى من TTL

والجدول (4.17) يلخص كل ما ذكرنا

الكمية	المواصفـــــات
V_{IL}	اقل من 0·8 فولت
V_{IH}	اكثر من 2 فولت
V_{OL}	اقل من 0·4 فولت
V_{OH}	اكثر من 2.4 فولت

جدول (4.17)

يُعَرَّف مُعامل التحميل Fan-out لأي دائرة بعدد دوائر TTL التي يمكن ربطها بطرف الاخراج . في المجموعة 7400 يصل هذا المعامل الى 10 ، أي يمكن ربط 10 أطراف ادخال من دوائر TTL بطرف اخراج واحد . وفي حالة زيادة العدد عن 10 فانه يصعب ضمان الحصول حتى على الحالات السيئة التي ذكرناها سابقاً

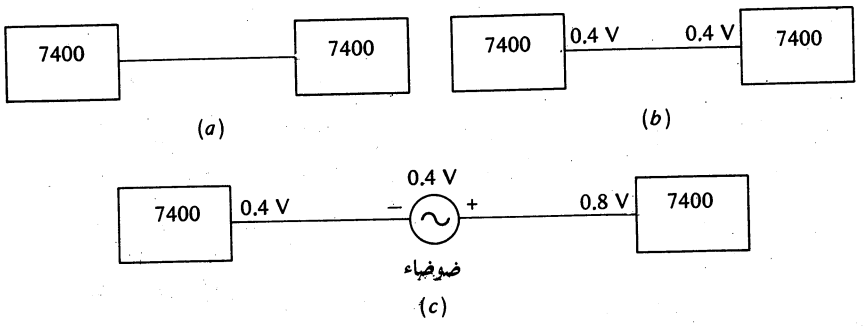
ومن المواصفات الأخرى والمهمة التي يجب ذكرها هنا هو زمن تأخير الانتشار propogation delaytime t_p وهو الزمن المستغرق لقلب حالة طرف الاخراج بعد انقلاب حالة طرف الادخال . فلوكان t_p يساوي 10 نانوثانية فمعنى ذلك ان طرف الاخراج يتاخر 10 نانو ثانية في تغيير حالته بعد تغير حالة الادخال ، واذا ماسلسلنا عدة دوائر لـ TTL فان

زمن تأخير الانتشار الكلي t_p سيساوي حاصل جمع ازمنة تأخير الانتشار لكل الدوائر . وكمثال على ذلك ، اذا ربطنا ثلاث بوابات TTL ،وكان زمن تأخير الانتشار t_p لكل منها يساوي 15 نانو ثانية ، فان زمن تاخير الانتشار الكلي يساوي 45 نانو ثانية .

4.13 المناعة من الضوضاء

تُعرف المناعة من الضوضاء بانها اعلى جهد ضوضائي تتحمله دوائر TTL دون احداث أي تغيير خاطيء في طرف الاخراج . في الشكل (4.31a) نشاهد دائرة TTL تسوق دائرة TTL اخرى ، فاذا كانت الدائرة الاولى في الشكل (4.31 b) في حالة V_{OL} (0·4 فولت) وكانت الظروف خالية من أية ضوضاء فان الدائرة الثانيـة ستستلم حالة الدائرة الاولى دون أي تغيير .

غير ان ظروف ضوضائية آتية من مجالات كهربائية او مغناطيسية او كليهما تستطيع التأثيرعلى الجهد المنتقل الى الدائرة الثانية ستنعكس – كما نلاحظ في الشكل (4.31 c) الذي يفترض وجود جهد ضوضائي قيمته 0·4 فولت وبالأقطاب المبينة – على جهد الادخال للدائرة الثانية ليصبح 0·8 فولت بدلاً من 0·4 فولت . ولوعدنا للجدول (4.17) الذي يحتوي على V_{IL} تساوي 0·8 فولت لوجدنا أن الضوضاء قد هزت حالة الدائرة الثانية ووضعتها على حافة التغيير الخاطيء . أي أن الزيادة في جهد الضوضاء عن 0·4 فولت سيقود الى تغيير خاطيء فيما لو بقيت حالة الدائرة الأولى على ما كانت عليه .

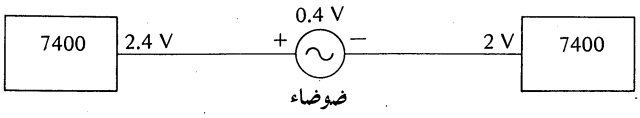


شكل (4.31) : تولد نبضة كاذبة من جراء الضوضاء في الحالة العليا .

وهناك احتمال آخر . ان تكون الدائرة الأولى في حالة V_{OH} (2،4 فولت) ، بينما V_{IH} للدائرة الثانية هي (2 فولت) . هنا تكون الدائرة الثانية على حافة التغيير الخاطيء

فيما لو زاد الجهد الضوضائي المبين في الشكل (4.32) عن 0.4 فولت .

وما دام الأمر كذلك في الحالتين ، فاننا نستطيع القول بأن المناعة من الضوضاء هي 0.4 فولت لأي جهاز من نوع 7400 ، وهذا يعني أن المصنّعين لمثل هذه الدوائر يضمنون لدوائر متسلسلة من 7400 صمودها ضد اي جهد ضوضائي لا يتجاوز 0.4 فولت وبدون احداث أي تغيير خاطيء في حالة الأخراج .

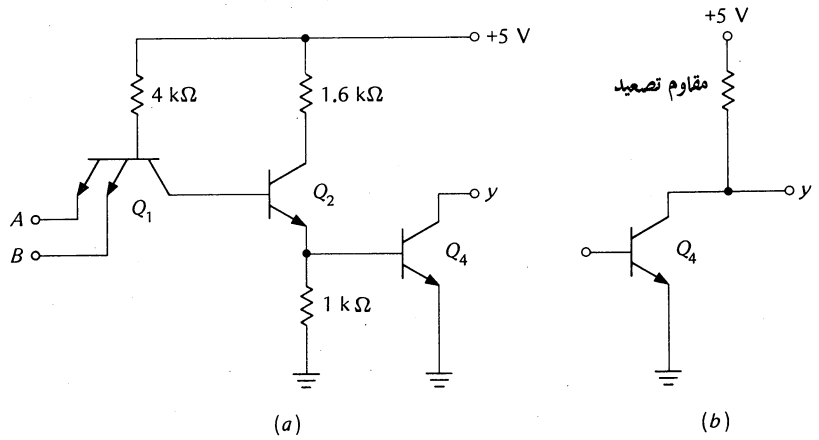


شكل (4.32) : نبضة كاذبة متولدة من ضوضاء في الحالة الواطئة .

4.14 دوائر TTL ذات المجمّع المفتوح وبوابة (و) السلكية :

أثبتنا كيف أن الشكل الطوطمي لترانزستور الاخراج في دائرة TTL يؤدي الى اسراع ملحوظ في الانقلاب من حالة الى اخرى . فالترانزستور السفلي يسحب فولتية الاخراج الى الصفر عندما يتشبع ، بينما يُصعد الترانزستور العلوي فولتية الاخراج الى الواحد عندما ينفتح ويعمل عمل التابع الباعث . وفي كلتا الحالتين يتم شحن وتفريغ المتسعات الكامنة في الدائرة من خلال طرف الاخراج مما يساعد في اسراع انقلاب الحالة .

ولا تقتصر دوائر TTL على نوع الشكل الطوطمي فحسب . فهناك دوائر TTL ذات المجمع المفتوح ، ونعني بها استعمال الترانزستور السفلي فقط عوضاً عن الزوج الطوطمي كما هو موضح في الشكل (4.33 a) ، حيث يمثل بوابة (لا و) ذات طرفي ادخال اثنين . وما دام مجمع الترانزستور Q_4 مفتوحاً فان هذه البوابة عاجزة عن العمل ما لم يربط مقاوم تصعيد خارجي pull up resistor (الشكل 4.33 b) .



شكل (4.33) : (a) بوابة TTL ذات المجمّع المفتوح . (b)مقاوم تصعيد

عندما يتشبع Q_4 فانه يسحب فولتية الاخراج الى الصفر ، وعندما يكون في حالة قطع ولعدم وجود ترانزستور علوي لتصعيد فولتية الاخراج الى الواحد ، فان المتسعات الكامنة تُجبر على أن تشحن نفسها من خلال مقاوم التصعيد . واذ يُعتبر مقاوم التصعيد جزءاً خاملاً (بعكس الترانزستور الذي يعتبر جزءً فعالاً) فاننا نطلق على عملية الأنقلاب من 0 الى 1 بالتصعيد الخامل passive pull up .

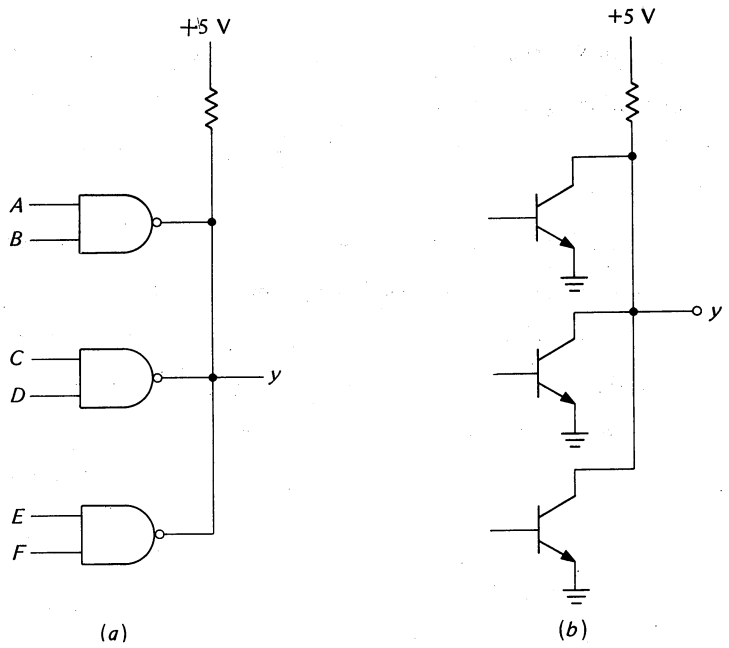
ويبلغ مقدار المقاوم هذا في مجموعة 7400 بضع مئات الى آلاف من الاومات . من أجل هذا تكون هذه الدوائر ابطأ من الدوائر الطوطمية ، وهذا هو عيبها الوحيد .

لماذا اذن نزعج انفسنا بصناعة مثل هذه الدوائر ؟ والجواب يعود الى الفائدة الكبيرة التي تقدمها لنا مثل هذه الدوائر في امكانية الربط المباشر لأطراف الاخراج بالأشتراك مع مقاوم تصعيد واعطائنا فعل بوابة (و) دون الحاجة الى استخدام بوابة (و) كما هو مبين في الشكل (4.34 a) .

فعند تشبع أي ترانزستور من ترانزستورات الشكل (4.31 b) – الذي يوضح توصيل ترانزستورات الاخراج – فان الجهد الخارج يهبط الى الصفر ، بينما نحصل على جهد عال عندما تكون جميع الترانزستورات في حالة قطع فقط . وهذا هو بالضبط عمل بوابة (و) دون الحاجة الى استعمالها فيزيائياً .
أي أن :

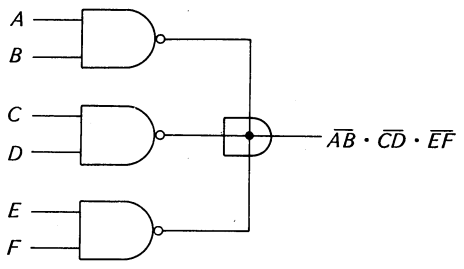
$$y = \overline{AB} \cdot \overline{CD} \cdot \overline{\overline{EF}}$$

ويسمى مثل هذا الربط ببوابة (و) السلكية wire – AND .



شكل (4.34) : طريقة للحصول على ناتج (و) من مخارج بوابات (لا و) .

أما الشكل (4.35) فيبين الرمز المستعمل لبوابة (و) السلكية (دون الحاجة الى تبيان المقاوم والمصعد) .



شكل(4.35) : طريقة ثانية

تتجلى أهمية بوابة (و) السلكية من المثال الآتي : لو أردنا ربط اطراف الاخراج لخمس وعشرين دائرة TTL ببوابة (و) لاحتجنا الىٰ بوابة (و) ذات خمسة وعشرين طرف ادخال ، بينما يستغنى تماماً عن هذه البوابة الأخيرة باستعمال بوابة (و) السلكية مع دوائر TTL ذات المجمع المفتوح .

وهناك ملاحظة تستحق التسجيل . هي أنه لا يمكن ربط دوائر TTL الطوطمية بطريقة بوابة (و) السلكية نفسها ، اذ أن الترانزستور يتعرض للتلف لعدم تجانس بعض اطراف الاخراج. وقد قادت هذه المشكلة الى صنع نوع جديد من دوائر TTL الطوطمية في أوائل السبعينات أُطلق عليه (دوائر TTL ذات الحالات الثلاث tri - state TTL)حيث يتم بواسطتها ربط الدوائر الطوطمية على طريقة بوابة (و) السلكية . وبسرعة اقلاب تزيد عما هي عليه في دوائر TTL ذات المجمع المفتوح (*) .

4.15 بوابة (أو) السلكية :

كما تبين سابقاً ، فقد اعطتنا بوابة (و) السلكية العلاقة الآتية :

$$Y = \overline{AB} \cdot \overline{CD} \cdot \overline{EF} \qquad (4.26)$$

وبتطبيق نظرية دي مورگان الأولى :

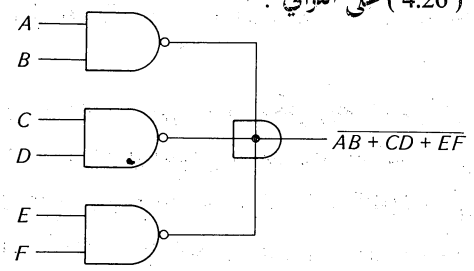
$$Y = \overline{AB + CD + EF} \qquad (4.27)$$

(*) لمزيد من التفاصيل . راجع :

Vohn sheets. "Three state switching Brings wire-OR to TTL", ELECTRONICS, p. 78, Sept. 14, 1970.

ولظهور عمل (أو) بعد تطبيقنا لنظرية دي موركان فان اصطلاح (أو) السلكية مرادف تماماً لاصطلاح (و) السلكية . وكلاهما يعطي الاصطلاح الفيزيائي نفسه .

والشكل (4.36) يرينا الشكل (4.35) بعد تطبيق نظرية دي موركان وحسب المعادلتين (4.27) و (4.26) على التوالي .



شكل (4.36) : الرمز المنطقي لـ (و) السلكية .

اسعافات دراسية :

خلاصة

- تنتج بوابة (أو) واحداً عندما يكون أي من اطراف الادخال أوكلها مساوية للواحد . بينما لا تنتج بوابة (و) واحداً ما لم تكن جميع اطراف الادخال مساوية للواحد . أما دائرة النفي فتنتج المتمم لطرف الادخال دائماً .
- الجبر البوولي هوجبر الدوائر المنطقية . وتقابل الاشارة (+) الاضافة بـ (أو) . والاشارة (.) الضرب بـ (و) ، أما الاشارة (−) فللنفي .
- لنظريتي دي موركان أهميتهما في تبسيط التعابير المنطقية . وقد قادت الى صناعة بوابات(لا −أو) و (لا و) . وتنتج بوابة (لا و) صفراً عندما تكون جميع اطراف الادخال واحداً فقط . وتعتبر هذه البوابة من اكثر البوابات استعمالاً في بناء الدوائر المنطقية . هنا جدول بقوانين ونظريات الجبر البوولي بشكلها الثنائي :

1.	$A + B = B + A$	$AB = BA$
2.	$A + (B + C) = (A + B) + C$	$A(BC) = (AB)C$
3.	$A(B + C) = AB + AC$	$A + BC = (A + B)(A + C)$
4.	$A + 0 = A$	$A.1 = A$
5.	$A + 1 = 1$	$A.0 = 0$
6.	$A + A = A$	$A.A = A$

7.	$A + \overline{A} = 1$	$A \cdot \overline{A} = 0$
8.	$\overline{\overline{A}} = A$	$\overline{\overline{A}} = A$
9.	$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$	$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$
10.	$A + AB = A$	$A(A + B) = A$
11.	$A + \overline{A}B = A + B$	$A(\overline{A} + B) = AB$

- نُعرّف المناعة من الضوضاء بمقدار الجهد الذي يمكن ان تتحمله الدائرة دون اي تغيير خاطىء لحالتها الخارجة . ويعرف معامل التحميل بعدد البوابات التي يمكن سوقها . اما زمن تأخير الانتشار فهو الزمن المستغرق بين تغير طرف الاخراج بعد تغيير حالة طرف الادخال .
- تتوفر بوابات TTL بشكلين : الاول طوطمي والآخر ذو مجمع مفتوح . ويمتاز الاول على الثاني بصغر مقاومة طرف الاخراج في كلتا الحالتين 1 و 0 . بينما يعطينا الثاني القابلية على ربطه كبوابة (و) السلكية .

مفردات :

بوابة (و) AND gate :

البوابة التي يعطي طرف اخراجها واحداً عندما تكون جميع اطراف الادخال واحداً وبعكسه فان طرف الاخراج يكون صفراً .

المتمم Complement :

يعود هذا الاصطلاح الى عملية النفي . فالمتمم لصفر هو واحد والمتمم لواحد هو صفر .

بوابة Gate :

دائرة ذات طرف اخراج واحد وطرفين او اكثر للادخال مصممة بحيث تنتج احدى الحالتين عند توفر ربط معين للادخال .

دائرة التعاكس Invertor :

وهي دائرة النفي . وتدعى ايضاً بدائرة الاتمام او دائرة السلب .

بوابة (لاو) NAND gate :

وتتكون من بوابة (و) متبوعة بدائرة نفي .

منطق سالب Negative logic يعني ان الواحد يقوم مقام الجهد الاكثر سلبا بين مستويين .
المناعة من الضوضاء Noise immunity : مقدار الجهد الذي يمكن ان تتحمله الدائرة دون اي تغيير خاطىء في حالتها الخارجة .
بوابة (لا – او) NOR gate : وتتكون من دائرة (او) متبوعة بدائرة نفي .
دائرة (لا) NOT circuit : الدائرة التي تقوم بعكس او اتمام الاشارة الداخلة .
بوابة (او) OR gate : تنتج هذه البوابة واحداً عندما يكون اي من اطراف الادخال او كلها مساوية للواحد .
منطق موجب Positive logic : يعني ان الواحد يقوم مقام الجهد الاكثر ايجاباً بين مستويين.
اخراج طوطمي Totem- pole output : زوج من الترانزستورات في الاخراج منتشرة في مجموعة 7400 وتتميز بصغر مقاومة اخراجها .
جدول الواقع Truth table : الجدول الذي يحتوي على جميع احتمالات الادخال والاخراج الممكنة في الدائرة المنطقية .
(و) السلكية wire - AND : عملية ربط الاخراج لدوائر TTL ذات المجمع المفتوح في نقطة مشتركة مع مقاوم تصعيد (هذا التعبير يستعمل ايضا مع دوائر TTL ثلاثية الحالات) .
(او) السلكية Wire - OR : عملية ربط اطراف الاخراج لبوابات (لا و) ذات المجمع المفتوح في نقطة مشتركة مع مقاوم تصعيد .

اسئلة للمراجعة :

1. متى تنتج بوابة (او) واحداً ؟
2. اشرح جدول الواقع لبوابة (او) ذات طرفي ادخال ، وجدول الواقع لثلاثة اطراف ادخال .
3. كم عدد السطور الافقية لجدول الواقع لـ n من اطراف الادخال ؟
4. متى تنتج بوابة (و) واحداً ؟ وما هو جدول الواقع لهذه البوابة ؟
5. عرف نظام المنطق الموجب ونظام المنطق السالب .
6. في الجبر البوولي

$$1 + 1 = 1$$

لماذا ؟

7. ماذا تعني الاشارات الاتية في الدوائر المنطقية + ، . ، – ؟
8. عرف بالكلمات نظريتي دي موركان .
9. ماهي بوابة (لا – او) ؟ (لاو) ؟ وما هي الشروط اللازمة للحصول على واحد في بوابة (لا – او) ؟ والشروط اللازمة للحصول على صفر في بوابة (لاو) ؟
10. لماذا تعتبر بوابة (لاو) وحدة بناء منطقية شاملة ؟
11. كيف تجد الشكل الثنائي لاية متطابقة ؟
12. ماهي الفائدة الرئيسية لطرف اخراج طوطمي ؟
13. عرف زمن تأخير الانتشار .
14. ما هو معامل التحميل لبوابة ما ؟

مسائل :

4.1 أرسم جدول الواقع لبوابة (أو) في الشكل (4.1 a) اذا كانت قيمة البطاريتين 3 و 12 فولت . أستعمل الفولتيات المذكورة في جدول الواقع والثنائيات المثالية .

4.2 في الشكل (4.3) أفرض أن قيمة A، B و C اما 2 أو 10 فولت ، وان الثنائيات المستعملة مثالية . أرسم جدول الواقع باستعمال الفولتيات نفسها .

4.3 استعمل الفولتيات الحقيقية ، وأرسم جدول الواقع للشكل (4.6) مفترضاً مثالية الثنائيات . مع العلم أن مستويي الفولتية هما 1و10 فولت .

4.4 أرسم جدول الواقع بنظام المنطق السالب للشكل (4.7) مفترضاً أن مستوى الجهدين 2 و 10 فولت .

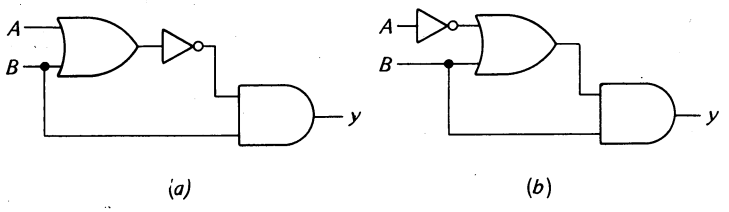
4.5 دائرة ذات ثلاثة أطراف ادخال A ، B و C . أرسم جدول الواقع لطرف الاخراج اذا كانت معادلة الدائرة هي : $y = (A + B)(A + C)$

4.6 حل السؤال (4.5) اذا كانت المعادلة :

$$y = A + BC$$

. وأرسم الدائرةالمنطقية ذات طرف الاخراج y .

4.7 اكتب التعبير البوولي لطرف الاخراج y في الشكل (4.37 a) . أوجد قيم y لكل احتمالات الادخال وأرسم جدول الواقع .



(a) (b)

شكل (4.37)

4.8 أكتب التعبير البُوولي لـy في الشكل (4.37 b). وأرسم جدول الواقع .

4.9 أوجد قيمة y للاحتمالات الأربعة للادخال :

$$y = A\bar{B} + \bar{A}B$$

4.10 ارسم الدائرة المنطقية للمعادلة :

$$Y = A\overline{B} + \overline{A}B$$

4.11 برهن على أن :

$$AB + B = B$$

مساوياً بين الطرفين باستعمال الاحتمالات الاربعة الممكنة .

4.12 اذا كانت :

$$y = A + \overline{B}C\,(A + \overline{C}) + B$$

اوجد قيمة y اذا :

(أ) A تساوي صفراً ، B تساوي واحداً ، C تساوي صفراً

(ب) A تساوي واحداً ، B تساوي صفراً C تساوي واحداً.

4.13 اثبت أن :

$$\overline{ABCD} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}$$

4.14 برهن على ان :

$$\overline{A + B + C + D} = \overline{A}.\overline{B}.\overline{C}.\overline{D}$$

4.15 اعد كتابة المقدار باستعمال نظرية دى موركان الاولى :

$$\overline{\overline{A} + B}$$

4.16 استعمل نظرية دى موركان الثانية لاعادة كتابة المعادلة الاتية :

$$y = \overline{(AB + CD)(ABC + D)}$$

4.17 كم نحتاج من بوابات (لاو) لبناء دائرة منطقية للمعادلة :

$$y = A + B\overline{C}$$

4.18 كم نحتاج من بوابات (لاو) لبناء دائرة منطقية للمعادلة :

$$y = AB + CD$$

4.19 استعمل جدول الواقع للبرهنة على أن :

$$\overline{ABC} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$$

4.20 برهن على صحة المعادلة (4.22) ببناء جدول الواقع لكل طرف من طرفيها

4.21 برهن على صحة المعادلة (4.25) بعرض التشابه بين طرفي المعادلة من خلال جدول الواقع .

4.22 برهن على صحة المعادلتين (4.7) و (4.10) مستخدماً اسلوب جدول الواقع .

4.23 بسط المعادلة الاتية باستعمال قوانين ونظريات الجبر البوولي :

$$y = (A + B)(A + \overline{B})(\overline{A} + B)$$

4.24 بسّط :

$$y = AB + ABC + \overline{A}B + A\overline{B}C$$

4.25 ثلاث بوابات من نوع TTL ربطت بالتسلسل . اذا كان زمن تأخير الانتشار لكل من الاوليين يساوي 15 نانوثانية ، ورمن التأخير للثالثة 10 نانوثانية . فما هورمن التأخير الكلي للانتشار ؟

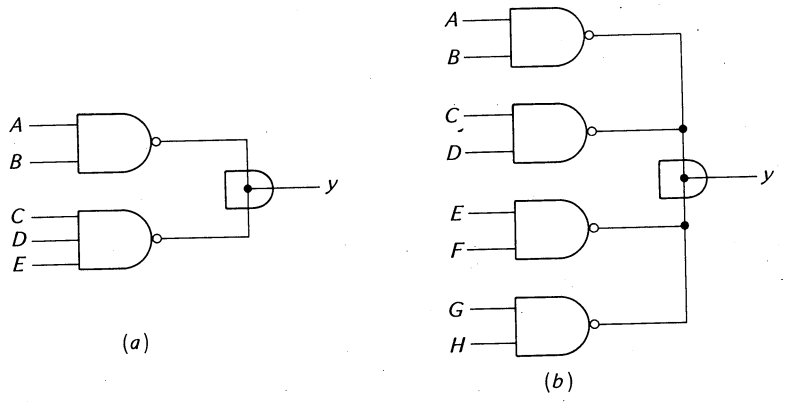
4.26 اكتب المعادلة البوولية لطرف الاخراج في الشكل (4.38 a) .

4.27 في الشكل (4.38 b)

$A = 1 \quad , \quad B = 0, C = 1, D = 1, E = 0$

$F = 0, G = 1, H = 0$

احسب قيمة y ؟



شكل(4.38)

الفصل الخامس

دوائر الحساب

الالكترونيك الرقمي متير حقاً ... به نستطيع أن نحقق مايجول في خواطرنا ، ولعل في الحاسبة الالكترونية خير دليل على ذلك . فبالدمج الصحيح بين دوائر (و) ، (أو) ، (لا) المنطقية نستطيع بناء دوائر تقوم بعمليات الاضافة والطرح . ومادام الأمر يجري في مجال الكتروني ، فإن سرعة انجاز هذه العمليات ستكون خيالية ، قد لاتتجاوز جزءً من المليون من الثانية .

في هذا الفصل سنناقش أصول الدوائر الحسابية مثل بوابة (أو) الحصرية exclusive OR gate ، دوائر الاضافة النصفية والكاملة half & full adders دوائر الطرح النصفية والكاملة half & full subtractors ، دوائر اضافة 8421 ، دوائر اضافة (زائد- 3) ، وسيعطينا ذلك كله فكرة أولية عن الحاسبة ، اضافة الى أن هذه الدوائر ستكون أساساً لنا لدى مناقشتنا لموضوع النظم الرقمية في الفصول القادمة .

بعد دراسة هذا الفصل ، ينبغي أن تفهم :

1 - كيفية انشاء جداول الواقع لبوابة (أو) الحصرية ، ودوائر الاضافة النصفية والكاملة .

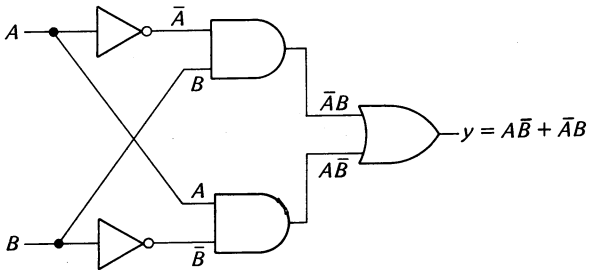
2 - جمع الأعداد الثنائية في دوائر الاضافة المتوازية (شكل 5.11) .

3 - تعريف التكامل ذي الحجم الصغير والمتوسط Small scale & medium scale Integration.

5.1 بوابة (أو) الحصرية :

يرينا الشكل (5.1) بوابة (أو) الحصرية التي تحتوي على طرفي ادخال وطرف واحد للاخراج . ويمر طرفا الأدخال بدائرتي نفي لتنتجا $\bar{A}$ و $\bar{B}$ ، ثم يدخل $\bar{A}$ و B الى بوابة (و) العلوية لتنتج $\bar{A}B$ ، وبالتناظر فإن بوابة (و) السفلية ستنتج $A\bar{B}$.وهذان الناتجان يلتقيان بدائرة (أو) ليكون الناتج الأخير هو :

$$y = A\bar{B} + \bar{A}B$$



شكل (5.1) : بوابة (أو) الحصرية

وللاجابة على سبب تسمية هذه البوابة بـ (أو) الحصرية ، يمكننا مناقشة الحالات الأربع الآتية :

1. A = 0 , B = 0 :

   $y = 0.\bar{0} + \bar{0}.0 = 0.1 + 1.0 = 0 + 0 = 0$

2. A = 0 , B = 1 :

   $y = 0.\bar{1} + \bar{0}.1 = 0.0 + 1.1 = 0 + 1 = 1$

3. A = 1 , B = 0 :

   $y = 1.\bar{0} + \bar{1}.0 = 1.1 + 0.0 = 1 + 0 = 1$

4. A = 1 , B = 1 :

   $y = 1.\bar{1} + \bar{1}.1 = 1.0 + 0.1 = 0 + 0 = 0$

ونختصر هذه الحالات جميعها بجدول الواقع الآتي :

A	B	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

جدول (5.1) : جدول الواقع لبوابة (أو) الحصرية

اذن ، فالسبب هو أن الناتج يكون 1 عندما تكون A أو B مساوية لـ 1 وليس كلاهما. بتعبير آخر ، فإن هذه البوابة تنتج واحداً عندما يختلف طرفا الأدخال ، وتنتج صفراً عند تشابههما. وسيرمز لعمل (أو) الحصرية بالرمز ⊕ ، أي أن :

$$y = A \oplus B \qquad (5.2)$$

وعمل (أو) الحصرية يعرف أحياناً بالاضافة بالطريقة 2– (mod – 2 addition) وندرك هنا قوانين هذه الاضافة :

$0 \oplus 0 = 0$
$0 \oplus 1 = 1$
$1 \oplus 0 = 1$
$1 \oplus 1 = 0$

والاضافة بطريقة 2– تشابه الاضافة الثنائية مع حذف المحملات . وتبنى بوابة (أو) الحصرية بعدة أشكال أحدها كان الشكل (5.1) ، والشكل (5.2) يوضح طريقة أخرى لبناء هذه البوابة مشتقة من :

$$y = (A + B)\,\overline{AB}$$

وقد تبدو هذه المعادلة للوهلة الأولى – مختلفة عن المعادلة (5.1) ، الا أنه بتطبيق نظرية دي موركان الثانية فإن :

$$y = (A + B)\,AB = (A + B)(\overline{A} + \overline{B})$$

وبفتح الأقواس نحصل على :

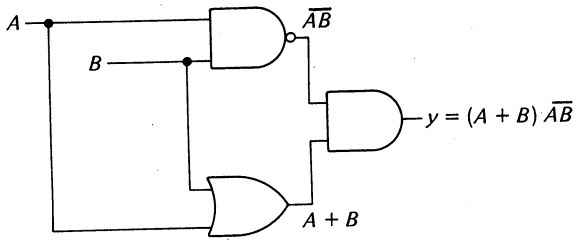
$$y = A\overline{A} + A\overline{B} + \overline{A}B + B\overline{B}$$

وبما أن :

$$A\overline{A} = 0$$
$$B\overline{B} = 0$$

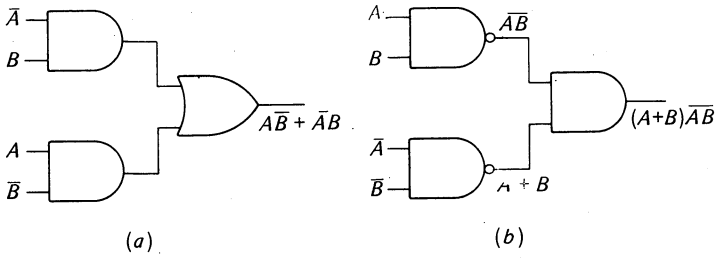
أذن :

$$y = A\overline{B} + \overline{A}B$$



شكل (5.2) : طريقة أخرى لبناء بوابة (أو) الحصرية

ولكون المتغير يُخزن مع متممه في النظم الرقمية ويتوفران في الوقت نفسه غالباً ، لذا فإن الشكلين (5.3a,b) يمثلان أبسط الأشكال لبوابة (أو) الحصرية .



شكل (5.3) : بوابات (أو) الحصرية

أما الرمز المستعمل لهذه البوابة فيظهر في الشكل (5.4) ، وحيثما ترى هذا الرمز ، تذكر أن طرف الأخراج y يساوي 1 اذا اختلف طرفا الأدخال ، ولم يتفقا .

شكل (5.4) : الرمز القياسي لبوابة (أو) الحصرية

مثال 5.1 :

بين طريقة واحدة لكيفية بناء الفاحص التكافؤي parity checker لكلمة ذات أربعة أرقام ثنائية .

الحل :

يرينا الشكل (5.5 a) طريقة لفحص تكافؤ الكلمة ABCD . والدائرة المذكورة تقوم باضافة الأرقام الثنائية bits التي تتكون منها الكلمة لتنتج صفراً في حالة التكافؤ الزوجي وواحداً في حالة التكافؤ الفردي . ولنفرض أن :

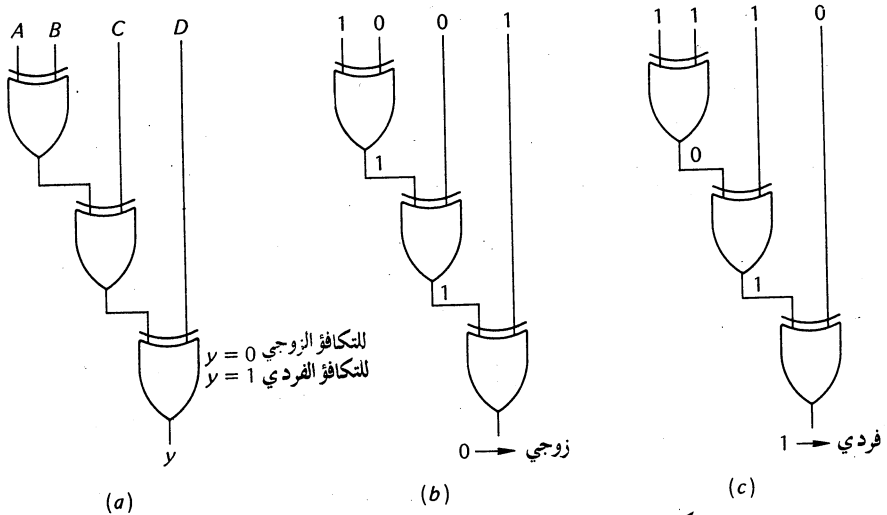
$$ABCD = 1001$$

في الشكل (5.5 b) ناتج هذا المثال وقيمته 0 ويعني أن التكافؤ زوجي .

فإذا كانت :

$$ABCD = 1110$$

فالشكل (5.5 c) يعطينا ناتجاً قيمته 1 للدلالة على فردية التكافؤ .



شكل (5.5) : فحص التكافؤ باستعمال بوابات (أو) الحصرية

مثال 5.2 :

بين طريقة لبناء دائرة تحويل من الثنائي ذي ستة أرقام الى رمزكراي .

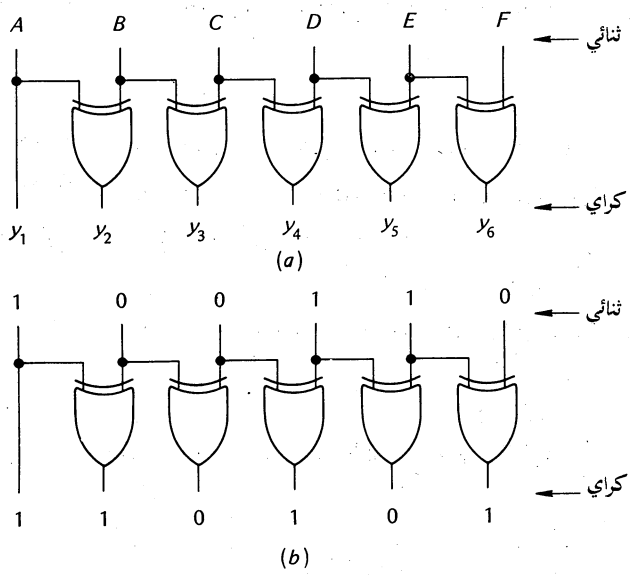
الحل :

دائرة الشكل (5.6a) تمثل العدد الثنائي ABCDEF ، حيث تقوم باضافة كل رقمين متجاورين فيه بطريقة - 2 لانتاج المُناظر في رمزكراي

فإذا كانت :

$$ABCDEF = 100110$$

فإن الشكل (5.6 b) يعطينا الناتج بالرمزكراي وهو 110101



شكل (5.6) : التحويل من الثنائي الى رمزكراي

5.2 دائرة الاضافة النصفية :

تقوم دائرة الاضافة النصفية (شكل 5.7) باضافة رقمين ثنائيين في المرة الواحدة ، اذ ينتج حاصل الاضافة من بوابة (أو) الحصرية ، بينما ينتج المحمل بواسطة بوابة (و) . وكأي دائرة ذات طرفين للادخال ، فإن هناك أربع حالات هي :

1. $A = 0, B = 0$:

المجموع $= A \oplus B = 0 \oplus 0 = 0$

المحمل $= AB = 0.0 = 0$

2. $A = 0, B = 1$:

المجموع $= 0 \oplus 1 = 1$

المحمل $= 0.1 = 0$

3. $A = 1, B = 0$

المجموع $= 1 \oplus 0 = 1$

المحمل $= 1.0 = 0$

4. $A = 1, B = 1$:

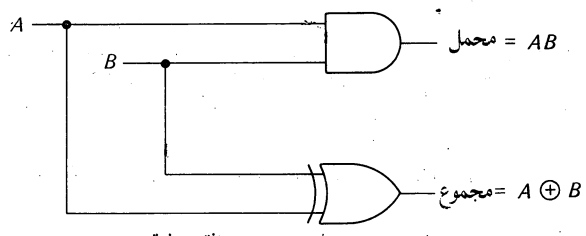
المجموع $= 1 \oplus 1 = 0$

المحمل $= 1.1 = 1$

أما الجدول (5.2) فيلخص هذه النتائج كالآتي :

A	B	المحمل	المجموع
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

جدول (5.2) : جدول الواقع لاضافة نصفية



شكل (5.7) : دائرة اضافة نصفية

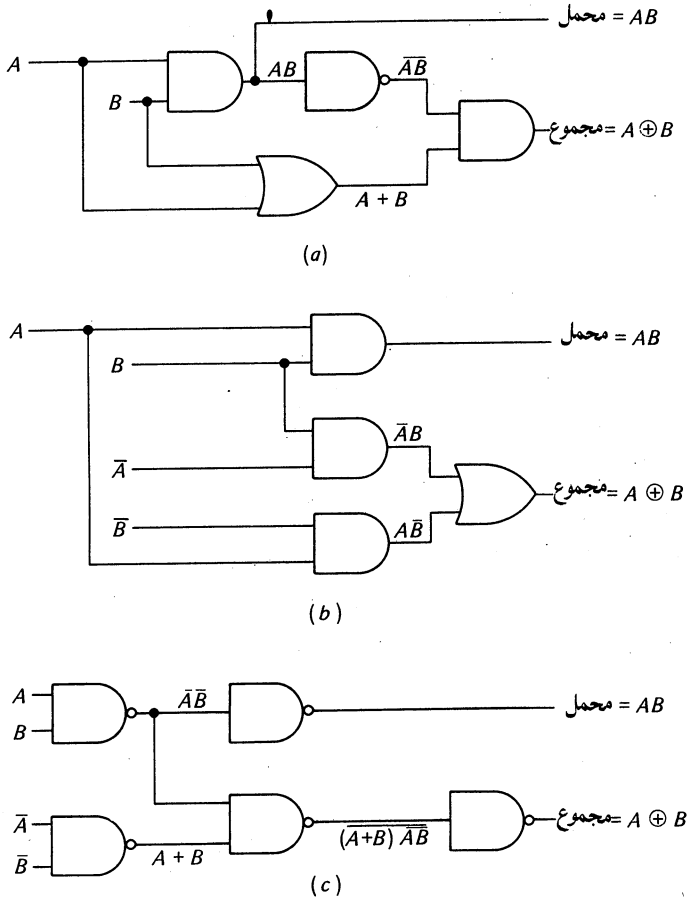
في الشكل (5.8a) دائرة أخرى تقوم بالعمل نفسه ، حيث تقوم بوابة (و) العلوية بإنتاج المحمل AB بينما تنتج بوابة (لاو) $\overline{AB}$ ، وبذلك يكون حاصل الاضافة كالآتي :

$$\text{المجموع} = (A + B)\ \overline{AB} = A\overline{B} + \overline{A}B$$

$$\text{المحمل} = AB$$

أما الشكل (5.8b) فيعرض نموذجاً آخر لهذه الدائرة يشترط توفر المتمم لكل متغير. ويتميز الشكل (5.8c) باستعماله بوابات (لاو) فقط .

وبالرغم من بساطة تكوين هذه الدائرة الا أنها الخطوة الأولى لتنفيذ عمليات حسابية أكثر تعقيداً .



شكل (5.8) : تصاميم أخرى لدائرة الاضافة النصفية

5.3 دائرة الاضافة الكاملة :

عند اضافة عددين ثنائيين قد ينتج محمل لينتقل من مرتبة الى مرتبة أخرى ، فمثلاً :

$$\begin{array}{r} 111 \\ +\ 101 \\ \hline 1100 \end{array}$$

في المرتبة الأولى :

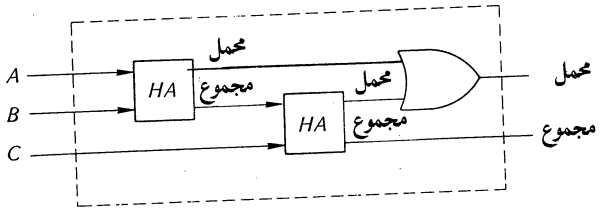
	المحمل
$1 + 1 = 0$	1

وبذلك نحتاج لاضافة ثلاثة أرقام ثنائية في المرتبة التي تليها كالاتي :

	المحمل
$1 + 1 + 0 = 0$	1
$1 + 1 + 1 = 1$	1

ثم :

ولتنفيذ مثل هذه الاضافة عملياً (الكترونياً) نحتاج الى دائرة تستطيع التعامل مع ثلاثة أرقام في آن واحد . لذا نقوم بربط دائرتي اضافة نصفية مع بوابة (أو) للحصول على اضافة كاملة كما في الشكل (5.9) ، حيث رمزنا لدائرة الاضافة النصفية بـ HA .



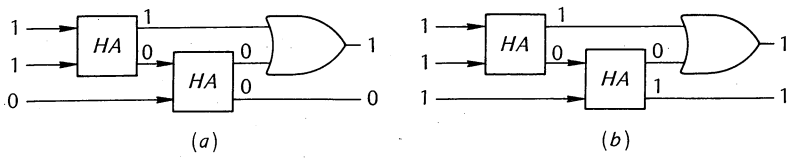
شكل (5.9) : دائرة اضافة كاملة

لو فرضنا أن :

$$A = 1, B = 1, C = 0$$

فان الشكل (5.10a) يوضح الخطوات التي تجري فيها عملية الاضافة . بينما يعطينا الشكل (5.10b) مثالاً آخر عندما :

$$A = B = C = 1$$



شكل (5.10) : امثلة على عمل دائرة الاضافة الكاملة

ويضم جدول الواقع (5.3) كل الاحتمالات الممكنة :

A	B	C	مجموع	محمل
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

جدول (5.3) : جدول الواقع لدائرة اضافة كاملة

(ينبغي على الطالب لكي يتعود على عمل هذه الدائرة أن يقوم بحل كافة الاحتمالات المذكورة في الجدول 5.3) .

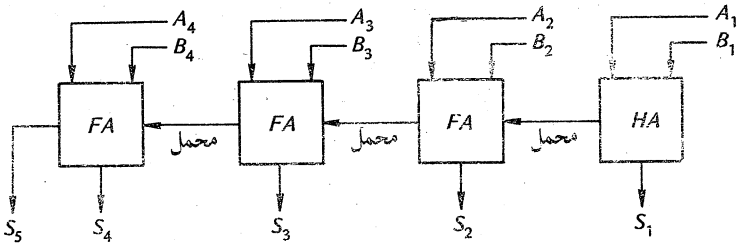
5.4 دائرة الاضافة الثنائية المتوازية :

يمكننا الربط بين عدد من دوائر الاضافة كما في الشكل (5.11) لاضافة عددين ثنائيين (رمزنا لدائرة اضافة كاملة بـ FA) . والعددان الثنائيان المنوي اضافتها هما $A_4\,A_3\,A_2\,A_1$ و $B_4\,B_3\,B_2\,B_1$ وكما يأتي :

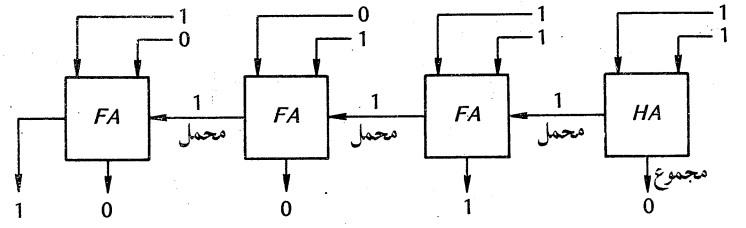
$$\begin{array}{r} A_4\,A_3\,A_2\,A_1 \\ +\ B_4\,B_3\,B_2\,B_1 \\ \hline S_5S_4\,S_3\,S_2\,S_1 \end{array}$$

في المرتبة الاولى (الادنى) نحتاج الى دائرة اضافة نصفية فقط ، بينما نحتاج الى دوائر اضافة كاملة لكل المراتب التي تلي المرتبة الاولى وذلك لاحتمال انتقال محمل من المرتبة السابقة .

ولتحليل عمل الشكل (5.11) ، أضف العشري 11 الى العشري 7 . فالمكافىء الثنائي لـ 11 هو 1011 ولـ 7 هو 0111 ، والشكل (5.12) يوضح ذلك .



شكل (5.11) : دائرة اضافة متوازية ذات أربعة أرقام ثنائية



شكل (5.12) : مثال

ابدأ بالمرتبة الاولى ، فان ناتج اضافة 1 + 1 هو 0 والمحمل 1 الذي ينتقل بدوره الى المرتبة الثانية حيث 1 + 1 + 1 يساوي 1 والمحمل 1 وهكذا الى المرتبة الاخيرة (القصوى) حيث أن ظهور محمل يعني احداث مرتبة جديدة للناتج النهائي كما يأتي :

10010

وهذا الناتج يكافىء 18 بالنظام العشري .

(لمزيد من التمرين حاول ان تجمع بنفسك أية اعداد اخرى) .

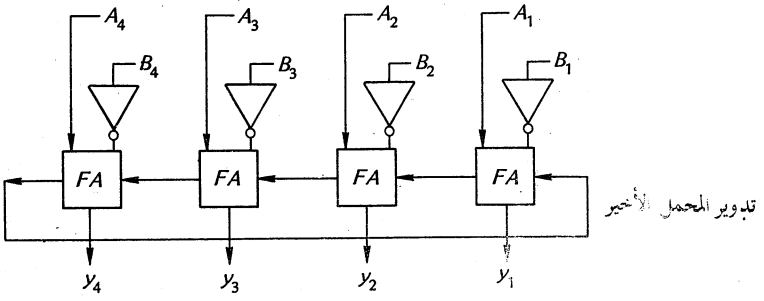
اما دائرة الاضافة في الشكل (5.11) فلا تتعدى قابليتها اربعة ارقام ثنائية لكل عدد ، لذا فان اقصى ماتتقبله هو :

$$\begin{array}{r} 1111 \\ +\ 1111 \\ \hline 11110 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 15 \\ +\ 15 \\ \hline 30 \end{array}$$

ولزيادة قابلية اية دائرة اضافة ، فان ذلك يتم بربط دوائر اضافة كاملة اخرى الى يسار المنظومة كأن تربط دائرتان اضافيتان لزيادة السعة الى ستة ارقام ثنائية .

والسؤال الان : كيف يمكننا الاستفادة من دائرة الاضافة ذاتها لاجراء عملية الطرح ؟

والجواب : في الشكل (5.13) حيث يتم طرح $B_4\ B_3\ B_2\ B_1$ من $A_4\ A_3\ A_2\ A_1$ وذلك بايجاد المتمم 1 للمطروح أي $\overline{B}_4\ \overline{B}_3\ \overline{B}_2\ \overline{B}_1$ واضافته بعدئذ الى $A_4\ A_3\ A_2\ A_1$ باستعمال دائرة الاضافة ذاتها ، مع مراعاة تغيير طفيف بان ندور المحمل الاخير باضافته الى المرتبة الاولى التي ستنقلب بالضرورة الى دائرة اضافة كاملة بدلاً من نصفية (قد لا نحتاج الى دوائر النفي لتوفر المتممات الى جوار الاعداد الاصلية في كثير من الدوائر الالكترونية) .



شكل (5.13) : دائرة طرح متوازية ذات أربعة أرقام ثنائية

اخيراً ، يبدو اننا في بداية الطريق لفهم اسرار الحاسبة الالكترونية ولإزالة الغموض الذي كان يكتنفها حيث عرفنا كيف نضيف ونطرح بواسطة الدوائر المنطقية ، وبقي ان نعرف كيف تخزن الحاسبة الالكترونية اعدادها ، وكيف يتم التواصل بين الذاكرة ووحدة الحساب ...الخ مما سنأتي على شرحه في فصول قادمة .

5.5 دائرة اضافة 8421 :

تستخدم بعض النظم الرقمية النظام الثنائي في عملها ، الا ان الكثير من الحاسبات تستعمل رموز BCD ولعل اشهرها الرمز 8421 .

في هذا الرمز يتحول كل رقم الى مجموعة تتكون من اربعة ارقام ثنائية bits فالعشري 539 مثلا يصبح :

عشري	9	3	5
↓			
8421	1001	0011	0101

وينبغي ان لاننسى الحالات الست الممنوعة وهي : 1010 ، 1011 , 1100 , 1101 , 1110 , 1111 . وان لهذه الحالات مشاكلها الخاصة عند اضافة رقمين مجموعهما يزيد على 9 فاضافة 8 الى 5 في الثنائي يكون :

1000	8
+ 0101	+ 5
1101	13

والجواب 1101 معقول في النظام الثنائي الا انه مرفوض في 8421 ، لان الجواب ينبغي ان يكون 0001 0011 . وتحاشياً للوقوع في مثل هذه الحالات الممنوعة نضيف 6 (0110) للمجموع لتخطي هذه الحالات الست .

ولنرجع الى المثال السابق :

	1000
	+ 0101
المكافيء الثنائي للعشري 13	1101
اضف 6 للناتج	+ 0110
المكافيء 8421 للعشري 13	0001 0011

مثال آخر :

	1001	9
	+ 0011	+ 3
الجواب الثنائي	1100	12
اضف 6	+ 0110	
الجواب بـ 8421	0001 0010	

ويمكننا تلخيص قواعد الاضافة بنظام 8421 كما يأتي :

اضف اعداد 8421 مستخدما قوانين الاضافة الثنائية .

اذا كان المجموع لكل مجموعة اكبر من 9 ، اضف 0110 كي تحصل على المكافيء

ب 8421 .

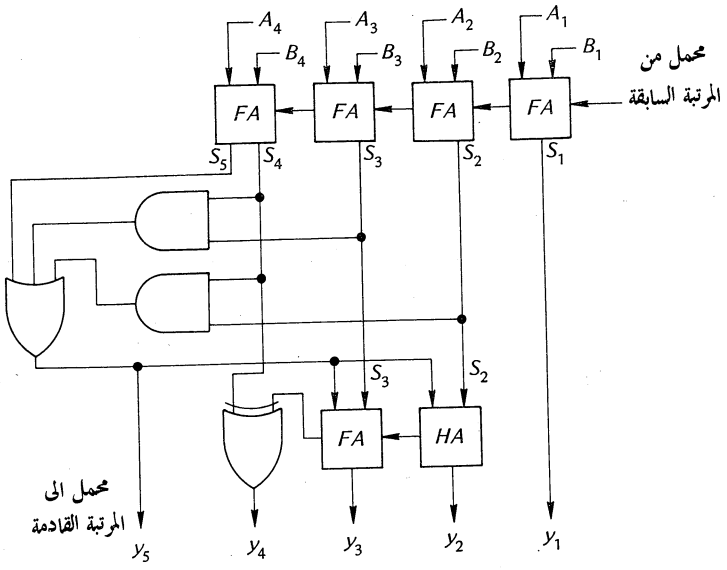
اذا كان المجموع مساوياً لـ 9 او اقل ، اترك الناتج على حالة فهو في حالة 8421 . والشكل (5.14) يبين دائرة اضافة لرمز 8421 ، التي تضيف 6 الى الناتج عند الحاجة ، كما تضيف صفراً عندما يساوي المجموع 9 او يقل عنها ، اي يبقى الناتج على ما هو عليه . ولكي نفهم عمل هذه الدائرة ، دعنا نطبق المثال السابق عملياً على هذه الدائرة . فلو ادخلنا العدد الاول (1000) من خلال $A_4\ A_3\ A_2\ A_1$ والعدد (0101) من خلال $B_4\ B_3\ B_2\ B_1$:

$$\begin{array}{r} A_4\ A_3\ A_2\ A_1 \\ +\ B_4\ B_3\ B_2\ B_1 \\ \hline S_5\ S_4\ S_3\ S_2\ S_1 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1000 \\ +\ 0101 \\ \hline 01101 \end{array}$$

لاكتشفنا زيادة الناتج عن 9 ببوابة (و) العلوية المثبتة على S_4 و S_3 بحصولنا على 1 من طرف اخراج هذه البوابة الذي يدخل بدوره في بوابة (او) ليجعل اخراجه 1 الذي يضاف الى كل من S_2 و S_3 لتشكيل العدد 0110 . اي :

$$\begin{array}{r} S_4\ S_3\ S_2\ S_1 \\ +\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ \hline Y_5\ Y_4\ Y_3\ Y_2\ Y_1 \end{array}$$

وما دامت S_1 تضاف الى 0 دائما فان Y_1 تساوي S_1 بينما قد تختلف Y_4, Y_3, Y_2 عن S_4, S_3, S_2 . تذكران هذه الدائرة تقوم بعملية الاضافة لمرتبة عشرية واحدة اي لمجموعة من اربعة ارقام ثنائية لا غير ، وفي حالة وجود اكثر من مرتبة فان دوائر اضافية اخرى ترتبط مع بعضها لتحقق المطلوب ، اي ان اضافة 531 الى 326 مثلا في رمز 8421 يحتاج الى ثلاث دوائر من تلك التي في الشكل (5.14) .



شكل (5.14) : دائرة اضافة 8421 ذات أربعة أرقام ثنائية

5.6 دائرة اضافة للرمز زائد – 3 :

كنا قد شرحنا الرمز زائد – 3 في الفصل الثالث ، وعرفنا أنه لتحويل أي رقم عشري الى هذا الرمز نضيف له 3 ثم نحوله بعد ذلك الى مجموعة من اربعة ارقام ثنائية . وعرفنا ايضاً قوانين الاضافة في هذا الرمز . فعندما لاتنتج المجموعة الواحدة محملاً تكون النتيجة بالرمز زائد – 6 لذلك نضطر الى طرح 3 من هذه النتيجة للحصول على المكافيء زائد – 3 أما في حالة المحمل ، عندئذ تكون النتيجة بالرمز 8421 ونحتاج حينذاك لاضافة 3 للحصول على المكافيء زائد – 3 .

في الشكل (5.15) دائرة اضافة بالرمز زائد – 3 ، فالنتيجة الاولية لاضافة عددين بهذا الرمز نحصل عليها من خلال $S_5\,S_4\,S_3\,S_2\,S_1$. ثم يضاف 0011 أو يطرح حسب الحاجة . فعندما تساوي S_5 واحداً فان ذلك يعني وجود محمل ، أي ينبغي اضافة 0011 ، الى $S_5\,S_4\,S_3\,S_2\,S_1$ لنحصل على $y_4\,y_3\,y_2\,y_1$. اما اذا ساوى S_5 صفراً فان ذلك يعني أن $S_4\,S_3\,S_2\,S_1$ هو النتيجة بالرمز زائد – 6 وهنا ينبغي طرح 0011 منها ، ويتم ذلك بتحويل الطرح الى اضافة من خلال المتمم بـ 1 ، اذ أننا نضيف 1100 الذي يتمم 0011 بدلاً من طرح 0011 ثم ندور المحمل الأخير .

وكمثال عددي ، نتتبع اضافة 5 الى 2 :

المكافيء زائد – 3 للعشري 5	1000	$A_4\ A_3\ A_2\ A_1$
المكافيء زائد – 3 للعشري 2	+ 0101	$+\ B_4\ B_3\ B_2\ B_1$
المكافيء زائد – 6 للعشري 7	1101	$S_5\ S_4\ S_3\ S_2\ S_1$

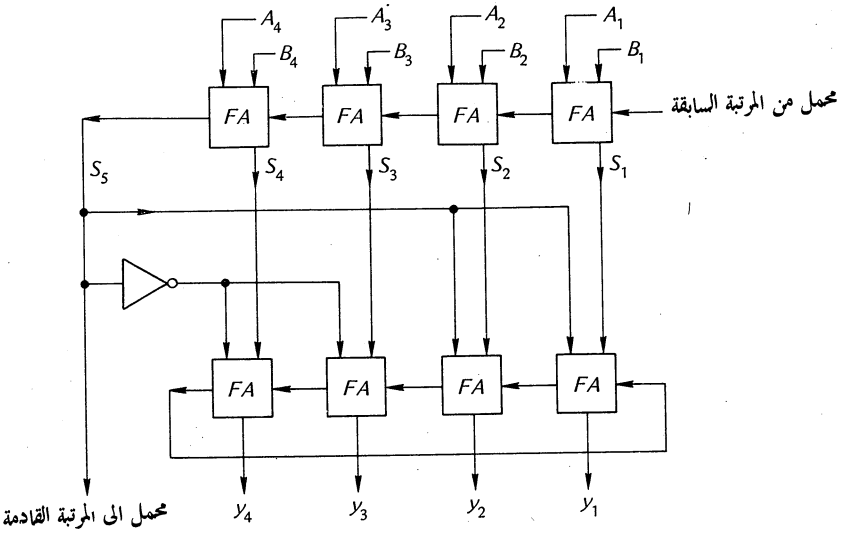
ومادام المجموع العشري لهذه المجموعة يقل عن عشرة ، فمعنى ذلك ان S_5 تساوي 0 ، اي لايوجد محمل . لذا نطرح 0011 من النتيجة الاولية خلال الصف الثاني من دوائر الاضافة التي في الشكل (٥.١٥) .

المجموع غير النهائي
المتمم لـ 1 لـ 0011

```
  1101
+ 1100
-------
1 1001
  |
  +---> 1
  1010
```

تدوير المحمل
المكافيء زائد – 3 للعشري 7

ولتلبية متطلبات اعداد تزيد على مرتبة واحدة نحتاج الى ربط دوائر اضافة لهذا الرمز و بعدد المراتب المطلوبة . أي اننا نحتاج الى اربعة دوائر من هذا النوع لاضافة 3946 الى 2679 مثلاً .



شكل (5.15) : دائرة اضافة (+3) ذات اربعة ارقام ثنائية

5.7 دوائر الطرح النصفية والكاملة :

هنا تجرى عملية الطرح دون الحاجة الى استعمال المتممات ، ونلخص كالآتي قواعد الطرح :

$0 - 0 = 0$
$0 - 1 = 1$ باستعارة 1 من المرتبة الاعلى
$1 - 0 = 1$
$1 - 1 = 0$

والجدول (5.4) يدرج هذه القوانين مطبقة على B مطروحة من A :

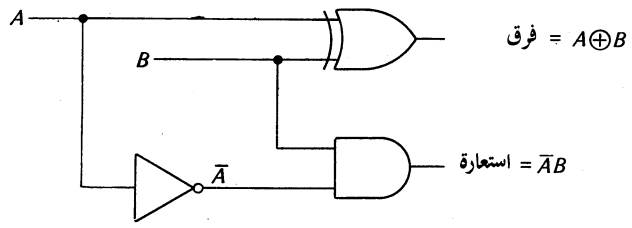
A	B	استعارة	فرق
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	1	0	0

جدول (5.4)

والآن كيف نستطيع تحقيق الجدول (5.4) عملياً ؟

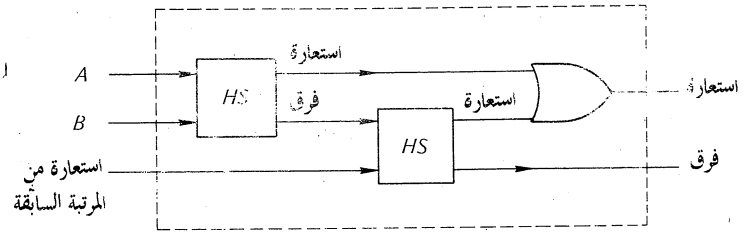
اولاً : ، يكون الفرق صفراً طالما ان A تساوي B ، ويكون واحداً اذا اختلفتا ، وهنا توفر لنا بوابة (أو) الحصرية هذا العمل . ثانياً : ، نحتاج الى الاستعارة في حالة واحدة عندما تكون A أصغر من B (A تساوي 0 و B تساوي 1) ، ونحصل على هذه النتيجة بادخال A و B الى بوابة (و) .

ويرينا الشكل (5.16) طريقة لبناء دائرة طرح نصفية ، الدائرة التي لها القابلية على طرح رقمين ثنائيين فقط والتي تُستعمل عادة لطرح ارقام المرتبة الاولى (لاحظ الجدول 5.4) .



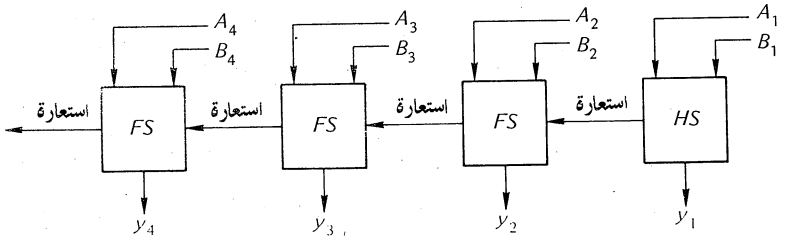
شكل (5.16) : دائرة طرح نصفية

أما في حالة طرح اعداد ذات عدة مراتب ، فنحتاج عندئذ الى دائرة طرح كاملة ، والشكل (5.17) يبين دائرة طرح كاملة باستعمال اثنتين من دوائر الطرح النصفية مع بوابة (او) (رَمّزنا لدائرة الطرح النصفية بـ HS) .



شكل (5.17) : دائرة طرح كاملة

ويتناظر عمل دوائر الطرح النصفية والكاملة مع دوائر الاضافة النصفية والكاملة ، ويوضح الشكل (5.18) دائرة طرح لعددين ذوي اربع مراتب .



شكل (5.18) : دائرة طرح متوازية ذات أربعة أرقام ثنائية

ان دوائر الاضافة والطرح هي اساس العمليات الحسابية كالضرب والقسمة . فالضرب تكرار لعملية الاضافة ، والقسمة تكرار لعملية الطرح ، وسنناقش ذلك في فصول قادمة .

5.8 التكامل المتوسط المدى :

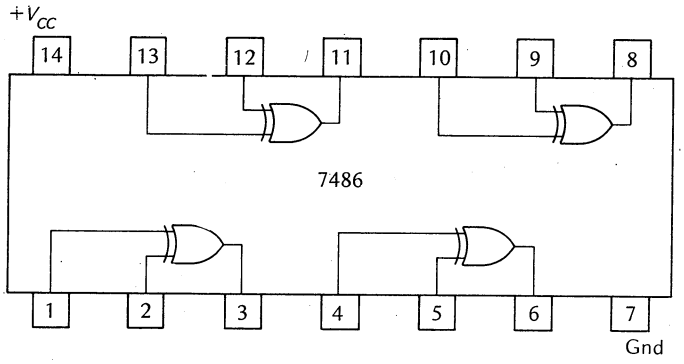
قبل الحديث عن التكامل المتوسط ، ينبغي ان نعرف ماهو التكامل الصغير المدى – Small Scale Integration (SSI) ، اذ يعني ان عدد البوابات في الدائرة المتكاملة

يقل عن 12 ، وكأمثلة على SSI :

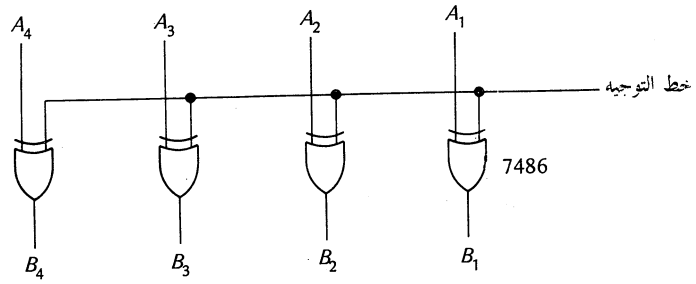
بوابات (لا و) :	7400, 7410, 7420, 7430
وبوابات (و) :	7408, 7411, 7421
وبوابات (أو) :	7432
ودوائر (لا) السداسية :	7404, 7405, 7406, 7407

ويتحدد حجم التكامل بعاملين : اولهما ، التقنية المستعملة في صناعة الدائرة المتكاملة . وثانيهما :
حجم الرقاقة chip التي تُبنى فيها الدائرة المتكاملة . في التكامل المتوسط المدى MSI حيث تتعقد التقنية، يكون عدد البوابات بين 12 الى 100 بوابة ، وكأمثلة على MSI ، المجاميع 74141 و 7447 التي مر ذكرها سابقاً . بوابات (أو) الحصرية وفاحص التكافؤ ، ودوائر الاضافة الكاملة ، ودوائر التحويل من كراي الى الثنائي .

لنأخذ مثلاً 7486 من دوائر MSI والتي نشاهدها في الشكل (5.19) حيث تتكون من اربع بوابات (أو) الحصرية ذات الاخراج الطوطمي . ومن هذه الدائرة المتكاملة نبني دائرة منطقية موجهة لقلب اربعة ارقام ثنائية كما في الشكل (5.20) حيث ان خط التوجيه (السيطرة) هو الذي يتحكم في حالة الاخراج . فعندما يكون خط التوجيه صفراً فان طرف الاخراج يبقى مشابهاً لطرف الادخال الثاني ، بينما نحصل على مقلوب (متمم) الادخال عندما يكون خط التوجيه واحداً .

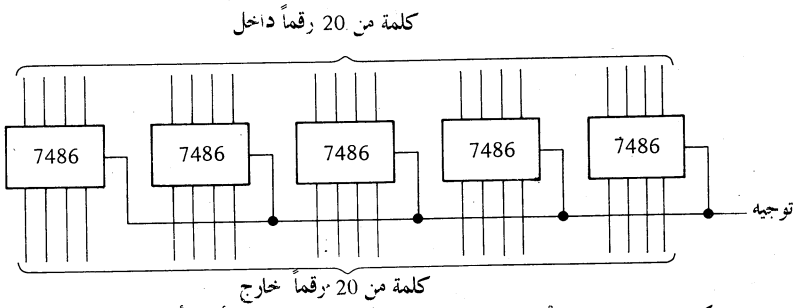


شكل (5.19) (أو) الحصرية ذات دائرة ادخال ... متممة



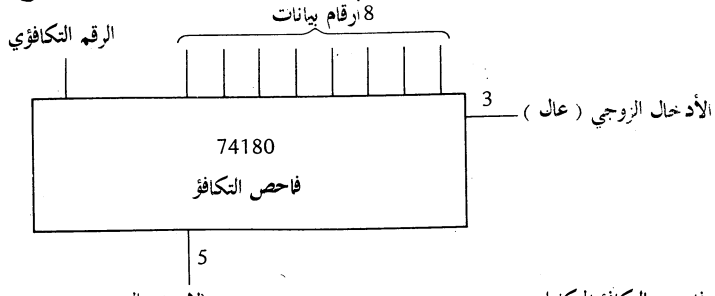
شكل (5.20) : دائرة (لا) موجّهة ذات أربعة أرقام ثنائية

ولتطبيق المثال السابق على عشرين رقماً ثنائياً فاننا نحتاج الى خمس من هذه الدوائر 7486 (لاحظ الشكل 5.21) .



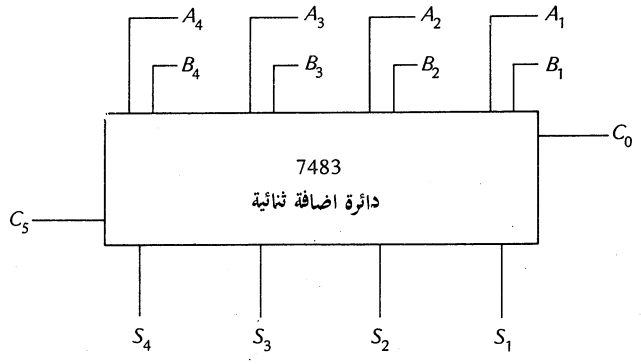
شكل (5.21) : قلْب كلمة ذات 20 رقماً في كليمات ذات أربعة أرقام ثنائية

وكمثال على فاحص التكافؤ parity checker نأخذ الدائرة 74180 وهي من نوع MSI (الشكل 5.22) التي تستطيع فحص تكافؤ ثمانية ارقام ثنائية زوجياً وفردياً بواسطة رقم ثنائي اضافي . فعندما يكون عدد الـ 1 زوجياً فان طرف اخراج هذه الدائرة سيكون عالياً ، على ان يكون الطرف رقم 3 عالياً ايضاً . وعندما يكون عدد الـ 1 فردياً فان الاخراج سيكون واطئاً .



شكل (5.22) : فاحص التكافؤ المتكامل

وفي المجموعة 7400 نجد دوائر اضافة ذات مرتبة واحدة ، أومرتبتين أواربع مراتب ثنائية اما 7483 فهي من دوائر MSI التي تقوم باضافة عددين ذوي أربعة أرقام ثنائية (الشكل 5.23)



شكل (5.23) : دائرة اضافة ذات أربعة أرقام ثنائية

وتقوم هذه الدائرة باضافة $A_4\,A_3\,A_2\,A_1$ الى $B_4\,B_3\,B_2\,B_1$ لانتاج $S_4\,S_3\,S_2\,S_1$ اضافة الى المحمل C_5 . وللقيام باضافة اعداد ذات مراتب اكثركعشرين مرتبة مثلاً ، فاننا نحتاج الى خمس من 7483 مربوطة على التوازي كل منها تكون مسؤولة عن اربع مراتب و C_5 من كل دائرة هومحمل ادخال للدائرة التي تليها من خلال C_0 .

ويدرج الجدول (5.5) بعض الانواع الشائعة لدوائر MSI من المجموعة 7400 وقد ناقشنا محتويات هذه المجموعة جميعها باستثناء 7490 و 7493 والتي سنتطرق للحديث عنها في الفصل القادم .

أجهزة MSI نوع TTL

الرقم	المواصفات
7447	BCD الى الحلّال ذي القطع السبع مع سائق
7483	دائرة اضافة ثنائية (زوج من اربعة ارقام ثنائية للادخال)
7486	بوابة (أو) الحصرية – رباعية .
7490	معداد عشري
7493	معداد ثنائي اربعة ارقام
74141	BCD الى حلال عشري مع سائق

جدول (5.5)

اسعافات دراسية :

خلاصة :

- تمتلك بوابة (او) الحصرية طرفين للادخال وطرفاً واحداً للاخراج الذي يكون 1 عند اختلاف طرفي الادخال .
- يشابه ناتج بوابة (او) الحصرية الاضافة بالطريقة – 2 ، وهذا النوع من الاضافة مشابه للاضافة الثنائية شريطة ابعاد المحمل ، ونرمز للاضافة بالطريقة – 2 بالعلاقة ⊕.
- لدائرة الاضافة النصفية طرفا ادخال وطرفا اخراج ، فهي تقوم باضافة رقمين ثنائيين في الان الواحد .

أما دائرة الاضافة الكاملة فلها ثلاثة اطراف ادخال وطرفا اخراج ، وهي تقوم باضافة ثلاثة ارقام ثنائية في الآن الواحد .

- بربط النوعين الانفي الذكر من دوائر الاضافة ، نستطيع بناء دائرة اضافة ثنائية لها القدرة على اضافة اعداد كبيرة ، وبقليل من التحوير يمكن قلب هذه الدائرة الى دائرة طرح باستعمال المتممات .
- لعمل دائرة اضافة للرمز 8421 ، ينبغي اضافة 6 (0110) كلما زاد ناتج المجموعة الواحدة (ذات الارقام الاربعة الثنائية) على 9 . وبربط مجموعة من هذه الدوائر يمكن القيام باضافة اي حجم من الاعداد .
- دائرة اضافة بالرمز زائد – 3 ليست بالصعبة . اولا : بالاضافة الثنائية المباشرة للحصول على ناتج موقت ، ثم باضافة او طرح 3 (0011) من هذا الناتج حسب الحالة (اكبر او اقل من 9) . وبربط مجموعة من هذه الدوائر نستطيع تداول اي حجم من الاعداد .
- يمكن القيام بالطرح مباشرة دون الحاجة الى استعمال المتممات ، وذلك ببناء دائرة طرح متوازية من دوائر طرح نصفية وكاملة .
- نعني بالتكامل الصغير المدى SSI ان الدائرة المتكاملة تحتوي على بوابات يقل عددها عن 12 والتكامل المتوسط المدى MSI بين 12 و 100 بوابة .

مفردات :

كليمة Byte : جزء من الكلمة word .

دائرة اضافة كاملة Full adder :

دائرة منطقية ذات اطراف ادخال ثلاثة . وطرفي اخراج . تقوم باضافة ثلاثة ارقام ثنائية دفعة واحدة لاصدار المجموع والمحمل .

دائرة طرح كاملة Full subtractor :

دائرة منطقية ذات اطراف ادخال ثلاثة وطرفي اخراج ، تقوم بطرح ثلاثة ارقام ثنائية بعضها من بعض لانتاج الفرق والاستعارة .

دائرة اضافة نصفية Half adder :

دائرة منطقية ذات طرفي ادخال وطرفي اخراج تقوم باضافة رقمين ثنائيين دفعة واحدة لانتاج المجموع والمحمل .

دائرة طرح نصفية Half subtractor :

دائرة منطقية ذات طرفي ادخال وطرفي اخراج ، تقوم بطرح رقم ثنائي واحد من رقم ثنائي آخر .

الاضافة بالطريقة – 2 (Mod-2 addition):

شبيهة بالاضافة الثنائية بعد ابعاد المحمل . ويطلق عليها ايضاً الاضافة بـ (أو) الحصرية .

التكامل المتوسط المدى MSI : الدائرة المتكاملة ذات البوابات التي ينحصر عددها بين 12 الى 100 بوابة .

التكامل الصغير المدى SSI :

الدائرة المتكاملة التي يقل عدد بواباتها عن 12 .

اسئلة للمراجعة :

1. ماهي حالات طرف الاخراج لبوابة (أو) الحصرية ؟
2. ماهي قوانين الاضافة بالطريقة – 2 ؟ وماهو الرمز المستعمل هنا ؟
3. اشرح جدول الواقع لدائرة اضافة نصفية ، وما هو نوع الدائرة المنطقية المستعملة لانتاج المحمل ؟ والمجموع ؟

4 . ماهو عمل دائرة الاضافة الكاملة ؟ وما هو عدد اطراف الادخال والاخراج فيها ؟

5 . كم نحتاج من دوائر الاضافة النصفية والكاملة لبناء دائرة اضافة تستقبل عشرة ارقام ثنائيـة ؟

6. في دائرة الاضافة بالرمز 8421 ، كم نضيف للناتج الاولي اذا قل عن 10 ، وكم نضيف اذا زاد على 9 ؟

7 . في دائرة الاضافة بالرمز زائد — 3 . ماهو العدد المستعمل لاعادة الناتج الى الرمز زائد — 3 ؟

8 . ماهو جدول الواقع لدائرة الطرح النصفية ؟ وكيف ينتج رقم الاستعارة ؟

9 . ماهي دائرة الطرح الكاملة ؟ وكم نحتاج من دوائر الطرح النصفية وبوابات (أو) لعمل هذه الدائرة .

10 . عرف التكامل الصغير المدى والتكامل المتوسط المدى .

11 . عرف الكليمة Byte .

مسائل :

5.1 اذا فرضنا ان 1 تعني اشارة السلب و0 تعني اشارة الايجاب ، فان اعداداً كـ 110 — و 101 + ستكتب هكذا 1 110 و 0 101 . وعند ضربنا للاعداد الثنائية قد نحصل على اجابة سالبة اوموجبة . بين ان بوابة (أو) الحصرية تستطيع انتاج الاشارة الصحيحة في عملية الضرب .

5.2 لفحص تكافؤكلمة تتكون من عشرة ارقام ثنائية ، كم نحتاج من بوابات (أو) الحصرية لهذا الغرض ؟

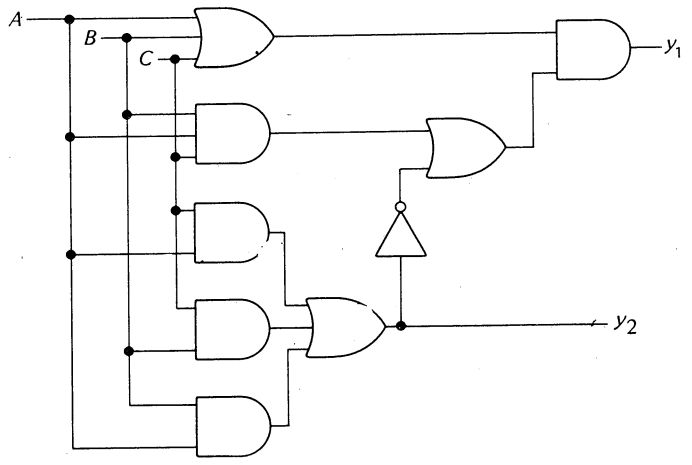
5.3 ارسم دائرة منطقية لتحويل اعداد ذات عشرة أرقام ثنائية الى رمز كراي باستعمال بوابات (أو) الحصرية .

5.4 وضح نظاماً منطقياً لتحويل اعداد كراي من عشرة ارقام الى اعداد ثنائية باستعمال (أو) الحصرية .

5.5 برهن باستخدام طريقة جدول الواقع على ان :

$$A\bar{B} + \bar{A}B = (A + B)\,AB$$

5.6 ابنِ جدول الواقع لدائرة الشكل (5.24) . ماهو نوع هذه الدائرة ؟



شكل (5.24)

5.7 اعد رسم دائرة الاضافة بالرمز 8421 الموجودة في الشكل (5.14) مبيناً اطراف الادخال والاخراج لهذه الدائرة اذا كانت :

$$A_4\, A_3\, A_2\, A_1 = 0110$$

$$B_4\, B_3\, B_2\, B_1 = 1001$$

5.8 اعد رسم دائرة الاضافة بالرمز زائد – 3 الموجودة في الشكل (5.15) مبيناً اطراف الادخال والاخراج ، اذا كانت اطراف الادخال تمرر العددين العشريين 4 و 7

5.9 وضح نظاماً منطقياً لتحويل عدد ذي اربعة ارقام ثنائية برمز 8421 الى مايكافئه برمز زائد – 3 .

5.10 ارسم دائرة منطقية لتحويل عدد ذي اربعةارقام ثنائية برمز زائد الى مايكافئه بالرمز 8421 .

5.11 كم عدد دوائر الطرح النصفية ودوائرالطرح الكاملة التي نحتاجها لطرح اعداد ذات 35 رقماً ثنائياً ؟

5.12 دائرة (لا) موجّهة مشابهة للشكل (5.21) تُستعمل لمعالجة كلمة ذات 48 رقماً ثنائياً . كم عدد الرقائق التي نحتاجها من 7486 ؟ ولانتاج المتمم لـ 1 لهذه الكلمة هل نسلط فولتية عالية أم واطئة على خط التوجيه ؟

الفصل السادس

تبسيط دوائر المنطق

كيف تستخلص معادلة بوولية من جدول واقع ؟ وكيف تستطيع الحصول على ابسط دائرة تحقق هذه المعادلة ؟ هذان السؤالان ضمن اسئلة مهمة ستأتي الاجابة عليها في هذا الفصل الذي بمجرد الانتهاء منه ستكون لك القدرة على :

1 – رسم شبكة (و – أو) اعتماداً على جدول الواقع .

2 – تحويل جدول الواقع الى خارطة كارنو Karnaugh Map .

3 – استعمال خارطة كارنو لتبسيط دائرة منطق .

6.1 النتاجات الاساسية :

تتوفر المتغيرات في الحاسبات الالكترونية وفي معظم الانظمة الرقمية جنباً الى جنب مع متمماتها فكلما يتوفر A و B مثلاً ، فان $\overline{A}$ و $\overline{B}$ يتوفران ايضاً .

يتضمن الشكل (6.1) كل احتمالات بوابة (و) ذات المتغيرين . في الشكل (6.1 a) طرفا الادخال هما $\overline{A}$ و $\overline{B}$. أما طرف الاخراج Y فهو :

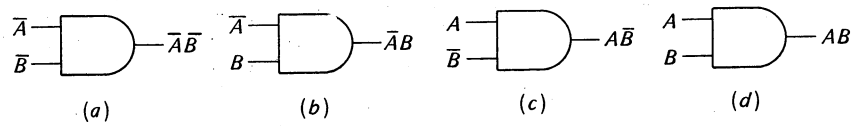
$$Y = \overline{A}\,\overline{B}$$

وواضح أن Y تساوى 1 عندما $\overline{A}$ تساوى 1 و $\overline{B}$ تساوى 1 ايضاً . أي عندما تساوى كل من A و B الصفر .

ومن الآن فصاعداً ، سنختصر هذا الشرط بقولنا :

$$A\,B = 0\,0$$

(لاحظ الفراغ بين A و B للتفريق عن حاصل الضرب – النتاج AB - product) .



شكل (6.1) : متغيرات ومتمماتها في بوابة (و)

في الشكل (6.1b) احتمال آخر ، عندما يكون طرفا الادخال $\overline{A}$ و B فالناتج Y

والناتج Y يكون 1 فقط عندما :

$$Y = \overline{A}B$$

$$A\,B = 0\,1$$

وأي شرط آخر يختلف عن هذا الشرط سيحيل النتيجة الى صفر .

وفي الشكل (6.1c) ، الادخال هو A و $\overline{B}$ ،والاخراج :

$$Y = A\overline{B}$$

الذي يساوي 1 عندما :

$$A\,B = 1\,0$$

وأخيراً الشكل (6.1d) ،حيث الادخال A و B ،والاخراج :

$$Y = AB$$

والشرط هو :

$$AB = 11$$

ويلخص الجدول (6.1) الاحتمالات الاربعة لربط متغيرين ببوابة (و) ، والنتاجات المنطقية $AB, A\overline{B}, \overline{A}B, \overline{A}\overline{B}$ تُسمى بالنتاجات الاساسية fundamental products حيث انها تمثل الطرائق الاساسية لربط متغيرين ببوابة (و) .

A	B	$\overline{A}\overline{B}$	$\overline{A}B$	$A\overline{B}$	AB
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

جدول (6.1) : النتاجات الاساسية

وبالطريقة نفسها نحصل على جدول بالنتاجات الاساسية لثلاثة متغيرات ، كما هو الحال في الجدول (6.2).

A	B	C	نتاجات أساسية
0	0	0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$
0	0	1	$\bar{A}\bar{B}C$
0	1	0	$\bar{A}B\bar{C}$
0	1	1	$\bar{A}BC$
1	0	0	$A\bar{B}\bar{C}$
1	0	1	$A\bar{B}C$
1	1	0	$AB\bar{C}$
1	1	1	ABC

جدول (6.2) : نتاجات أساسية لثلاثة متغيرات

والجدول (6.2) يسجل كل النتاجات الرئيسية لمتغيرات الادخال الثلاثة . وحالات النتاج الاساسي في الجدول المذكور تساوي 1 عند ادخال المتغيرات الثلاثة حسب حالتها المذكورة في يسار الجدول .

وتعطينا المتغيرات الاربعة (ABCD) ستة عشر احتمالاً في الادخال من 0000 الى 1111 بنتاجات اساسية مناظرة لـ $\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$ الى ABCD . والطريقة الاسرع لايجاد النتاج الاساسي لأي حالة في الادخال هي بان نتمم المتغير ذا القيمة 0 بينما يكتب المتغير ذا القيمة 1 كما هو . فاذا كانت حالة الادخال كما يأتي :

ABCD = 0110

فالنتاج الاساسي سيكون : $\bar{A}BC\bar{D}$

كذلك فان النتاج الاساسي لهذه الحالة: ABCD = 0100

سيكون : $\bar{A}\,B\,\bar{C}\,\bar{D}$.

مثال 6.1 '

ماهو النتاج الاساسي لكل حالة من حالات المتغيرات الخمسة A الى E :

(أ) ABCD = 00110

(ب) ABCD = 01101

(حـ) ABCD = 10001

الحل :

كما اسلفنا سابقاً ، اذا كان طرف الادخال صفراً نتمم المتغير ، وبعكسه يبقى كما هو .

(أ) $\bar{A}\bar{B}CD\bar{E}$

(ب) $\bar{A}BC\bar{D}E$

(حـ) $A\bar{B}\bar{C}\bar{D}E$

6.2 مجموع النتاجات :

بالامكان تشكيل معادلة بُوولية لأي جدول واقع بربط جميع النتاجات الاساسية الحقيقية (أي ذات القيمة 1) ببوابة (أو) .

لناخذ مثالاً الجدول (6.3) ، ونبحث عن النتاجات الاساسية ذات القيمة 1 لنجد :

$AB = 10$

ونتاجه $A\bar{B}$ و : $AB = 11$

ونتاجه AB . وبربط هذين النتاجين ببوابة (أو) نحصل على :

$$y = A\bar{B} + AB \qquad (6.1)$$

وهذه هي المعادلة التي تعطينا ناتجاً حقيقياً للجدول (6.3) . وأي اختلاف عن النتاجين المذكورين ($A\bar{B}$ و AB) سوف ينتج صفراً .

في الجدول (6.4) مثال آخر . هنا نجد ان النتاجات الاساسية الحقيقية هي $\bar{A}B$ و AB ، لذا تتركب المعادلة البوولية من :

$$y = \bar{A}B + A\bar{B} \qquad (6.2)$$

ولتحقيق الحل ، يمكنك التعويض في حالات الادخال الاربع في الجدول (6.4) لنجد ان y تساوي 1 في الحالتين الآتيتين فقط :

AB – 01
AB – 10

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	1 → AB̄
1	1	1 → AB

جدول (6.3)

A	B	Y
0	0	0
0	1	1 → AB
1	0	1 → AB
1	1	0

جدول (6.4)

ويقع عليك عند اشتراك ثلاثة متغيرات ، ان تُدخل النتاجات الاساسية المناسبة بوابة (أو) . وفي جدول الواقع (6.5) مثلاً سطرنا النتاجات الاساسية التي تنتج 1 . وبعد ادخالهم بوابة (أو) نحصل على المعادلة البوولية الآتية :

$$y=\bar{A}BC + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC \qquad (6.3)$$

ومن هذه المعادلة نحصل على اخراج قيمته 1 في حالات الادخال الآتية لاغير :

A B C – 011
A B C – 101
A B C – 110
A B C – 111

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1 → ABC
1	0	0	0
1	0	1	1 → ABC
1	1	0	1 → ABC
1	1	1	1 → ABC

جدول (6.5)

وفي كل الامثلة السابقة ، نتبع الطريقة الآتية :

أ– اوجد النتاجات الاساسية الحقيقية من جدول الواقع .

ب- اربط جميع هذه النتاجات ببوابة (أو) .

هاتان الخطوتان تقودان الى بناء المعادلة البوولية الحقيقية التي هي عبارة عن المجموع المنطقي للنتاجات الاساسية الحقيقية ، ولذلك سميت هذه الطريقة بمجموع النتاجات sum of products

مثال 6.2 :

جدول واقع يضم اربعة متغيرات ، والحالات الحقيقية كانت كالآتي :

$A\,B\,C\,D = 0\,0\,1\,0$
$A\,B\,C\,D = 1\,0\,0\,1$
$A\,B\,C\,D = 1\,1\,0\,1$

اوجد المعادلة البوولية الحقيقية للناتج .

الحل :

النتاجات الاساسية الحقيقية للمتغيرات المعطاة هي : $\bar{A}BC\bar{D}$ ، $A\bar{B}C\bar{D}$ ، $AB\bar{C}D$ وبربطها بـ (أو) ينتج :

$$v = \bar{A}BC\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D} + AB\bar{C}D$$

6.3 شبكات (و - أو) :

ان طريقة (مجموع النتاجات) تعطي معادلة بوولية تمتاز بما يأتي :

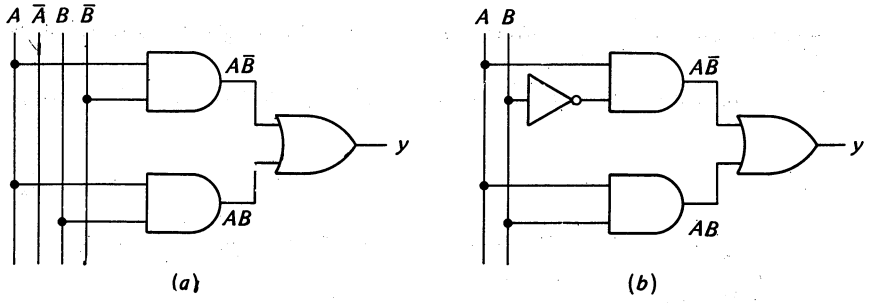
تُربط المتغيرات أولاً ببوابة (و) لانتاج النتاج الاساسي الحقيقي .

ثم تجمع هذه النتاجات الاساسية من خلال بوابة (أو) .

لنرجع الى الجدول (6.3) الذي اعطانا المعادلة الآتية :

$$v = A\bar{B} + AB$$

سنلاحظ أن A ربطت مع B ببوابة (و) ، كذلك الأمر بين A و B والناتجان AB و $A\bar{B}$ ربطا ببوابة (أو) .فالشكل (6.2 a) يعطينا دائرة هذه المعادلة عند توفر المتممات جنباً الى جنب مع المتغيرات ، بينما يعطينا الشكل (6.2 b) الدائرة نفسها في حالة عدم وجود المتممات حيث اضطررنا الى استعمال دائرة (لا) لاتمام B . لذا سنفترض من الآن فصاعداً وجود المتممات مع متغيراتها .

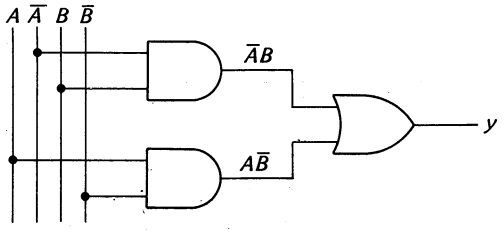


شكل (6.2)

هنا ايضاً مثال آخر لبناء الدائرة المنطقية لمعادلة الجدول (6.4) وهي :

$$y = \bar{A}B + A\bar{B}$$

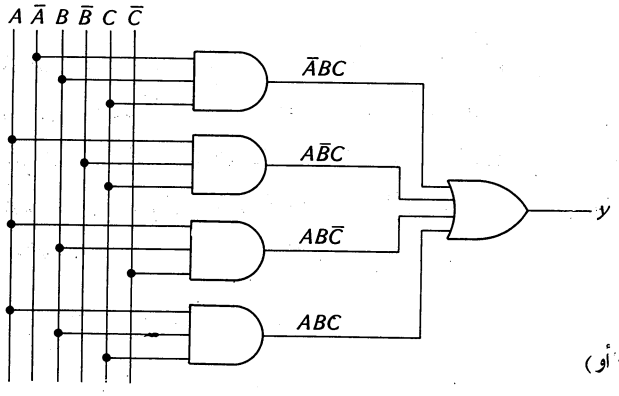
حيث يرينا الشكل (6.3) الدائرة المطلوبة .



شكل (6.3)

اما دائرة الشكل (6.4) فتعود للجدول (6.5) ومعادلته القائلة :

$$y = \bar{A}BC + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC$$



شكل (6.4) شبكة (و – أو)

وهكذا نلاحظ ان الدائرة المذكورة تتكون من اربع بوابات (و) ذات اطراف ادخال ثلاثة لكل منها تسوق بوابة (أو) ذات الاطراف الاربعة .

اختصاراً لما سبق : اذا اعطينا جدول واقع ، نستطيع استنباط المعادلة البوولية من ادخال النتاجات الاساسية ذات القيمة 1 بوابة (أو) ، وما دامت هذه المعادلة تمثل مجموع النتاجات دائماً ، فان الدائرة المنطقية ستتكون من مجموعة من بوابات (و) تسوق بوابة (أو) واحدة ، ويطلق اسم شبكات (و – أو) على مثل هذا النوع من الدوائر كما في الشكل (6.4) .

مثال 6.3 :

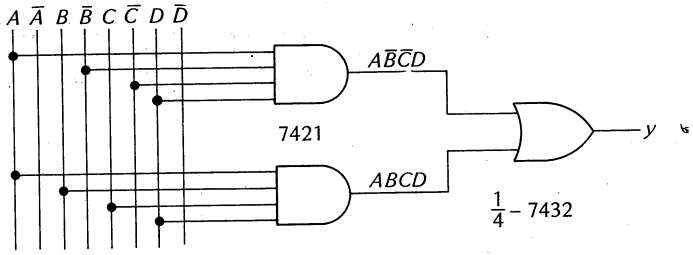
افرض ان جدول الواقع اعطانا المعادلة الآتية :

$$y = A\bar{B}\bar{C}D + ABCD$$

ماذا نحتاج من بوابات TTL لبناء شبكة (و – أو) هذه ؟

الحل :

في الشكل (6.5) صورة الشبكة المطلوبة . حيث تستعمل 7421 (التي تتكون من بوابتي – و – ذات الاطراف الاربعة وطرف اخراج طوطمي) . وكذلك 7432 (التي تتكون من اربع بوابات – أو – ذات الطرفين) حيث احتجنا الى بوابة (أو) واحدة فقط .



شكل (6.5) : مثال (6.3)

6.4 التبسيط الجبري :

تبين لنا مما سبق كيفية بناء شبكة من بوابات (و – أو) اعتماداً على معادلة بوولية مشتقة من النتاجات الاساسية الحقيقية لجدول واقع . وعند بناء دائرة واحدة كما في الشكل (6.4) قد لا نهتم كثيراً بعدد البوابات المستعملة وصيغة الدائرة المنشودة ، الا أن اهتمامنا يتزايد ازدياداً اطرادياً عند التفكير بعمل العديد من هذه الدائرة كلفة وحجماً ، وعندها نبحث عن افضل الوسائل للتبسيط وبالتالي لاختصار الكلفة والحجم .

في المقارنة الاولية بين دائرتين ، نحسب مجموع اطراف الادخال لكل البوابات والدائرة الافضل (عادة) هي الدائرة ذات العدد الاقل . في الشكل (6.5) ، مثلاً ، بلغ عدد اطراف الادخال 10 (اربعة لكل بوابة–و– واثنان لبوابة–أو–) بينما زاد عدد اطراف الادخال في دائرة الشكل (6.4) الى 16 ، وبالمقارنة نجد أن دائرة الشكل (6.5) اقل كلفة من دائرة الشكل (6.4) .

ومن الطرائق المفيدة في الاختصار ، طريقة اخراج العامل المشترك في حدود المعادلة البوولية ان امكن . فمعادلة الجدول (6.3) كانت :

$$y = A\bar{B} + AB \qquad (6.4)$$

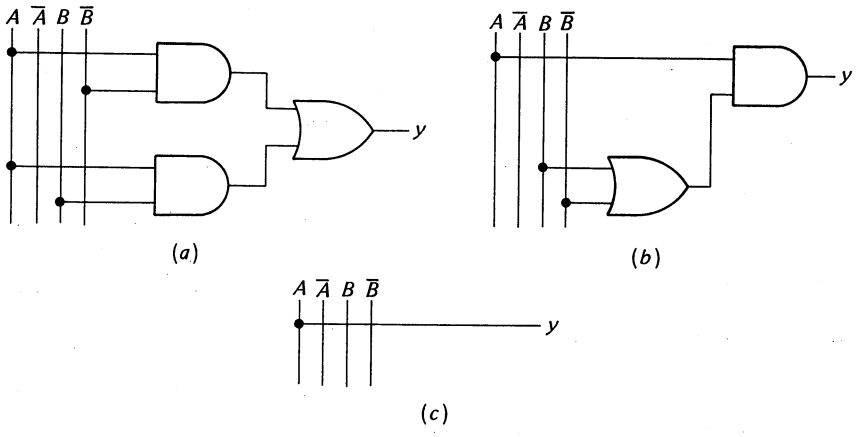
والشكل (6.6 a) يرينا شبكة المعادلة (6.4) بستة اطراف ادخال . وباخراج العامل المشترك A تصبح المعادلة كما يأتي :

$$y = A(\bar{B} + B)$$

والتي يحققها الشكل (6.6 b) حيث قلَّ عدد اطراف الادخال الى اربعة وقلت الكلفة . ولو استرجعنا قانون بوول القائل : اذا اجتمع متغير مع متممه ببوابة (أو) فالناتج هو 1 . لعرفنا كيف نختصر ثانية ، اذ :

$$y = A(\bar{B} + B) = A.1 = A$$

وهذه المعادلة الاخيرة تقول أن الناتج يساوي A كما في الشكل (6.6 c) ، وهنا لا نحتاج اساساً الى استعمال اية بوابة لتنفيذ المعادلة (6.4) .



شكل (6.6) : دوائر منطقية متكافئة

مثال آخر في استعمال الجبر البوولي لتبسيط الدوائر :

افرض ان اخراج جدول الواقع يكون 1 في الحالات الآتية :

$$A\ B\ C = 0\ 1\ 0$$

$$A\ B\ C = 1\ 1\ 0$$

$$A\ B\ C = 1\ 1\ 1$$

لذا تكون المعادلة كالآتي :

$$y = \bar{A}B\bar{C} + AB\bar{C} + ABC \tag{6.5}$$

وهذه المعادلة بوضعها الحالي مرسومة في الشكل (6.7 a) باثنى عشر طرف ادخال . ولكن هل بالامكان بناء دائرة اخرى اكثر اقتصاداً في التكاليف ؟

يقول قانون بوول أن :

$$A + A = A$$

أي أن :

$$AB\bar{C} + AB\bar{C} = AB\bar{C}$$

وبالوقت نفسه :

$$AB\bar{C} = AB\bar{C} + AB\bar{C}$$

وبالتعويض في المعادلة (6.5) نحصل على :

$$y = \bar{A}B\bar{C} + AB\bar{C} + AB\bar{C} + ABC$$

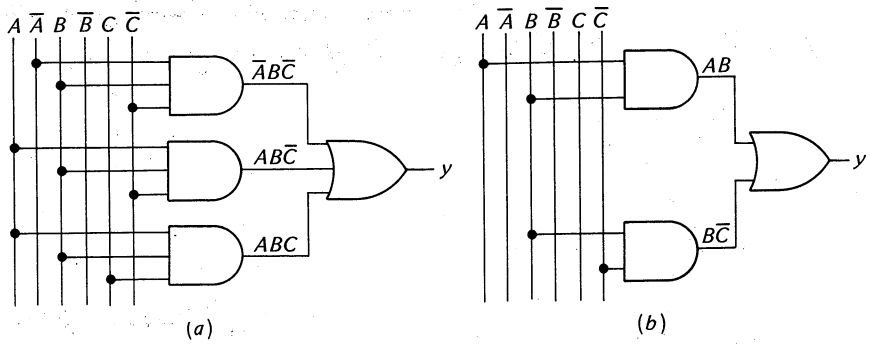
وباخراج العامل المشترك ، نحصل على :

$$y = (\bar{A} + A)\,B\bar{C} + AB\,(\bar{C} + C)$$

أي أن :

$$y = B\bar{C} + AB \tag{6.6}$$

والشكل (6.7 b) يرينا الدائرة التي قل عدد اطراف الادخال فيها الى ستة ، فاختصرنا بذلك الكلفة والحجم .



شكل (6.7) : تبسيط لشبكة (و– أو) .

من المثال السابق نستطيع اذن استنباط هاتين الملاحظتين المهمتين :

أ. ان اخراج العامل المشترك قد يقود الى تبسيط الدائرة وتقليل كلفتها .

ب. يمكننا استغلال بعض القوانين الجبرية البوولية للتحاليل في تبسيط المعادلة ، كما فعلنا عند اضافة $AB\bar{C}$ بقصد الاختصار .

وبالممارسة ، ستمتلك الخبرة في معالجة هذه المعادلات باستعمال القوانين المذكورة في الفصل الرابع ، الا ان معظم المهندسين والفنيين لا يميلون الى التبسيط الجبري ، وانما يلجأون الى طريقة هندسية ابسط بكثير من التبسيط الجبري يطلق عليها خارطة كارنو Karnaugh Map والتي سيأتي شرحها عما قليل .

مثال 6.4 :

ما هي شبكة (و– أو) للمعادلة الآتية :

$$y = AB + AC + BD$$

واذا تم اخراج العامل المشترك ، فكيف ستكون الدائرة المنطقية ؟

الحل :

الشكل (6.8 a) يرسم لنا الشبكة بوضعها الخام وبتسعة اطراف ادخال . أما عند اخراج العامل المشترك فسوف نحصل على :

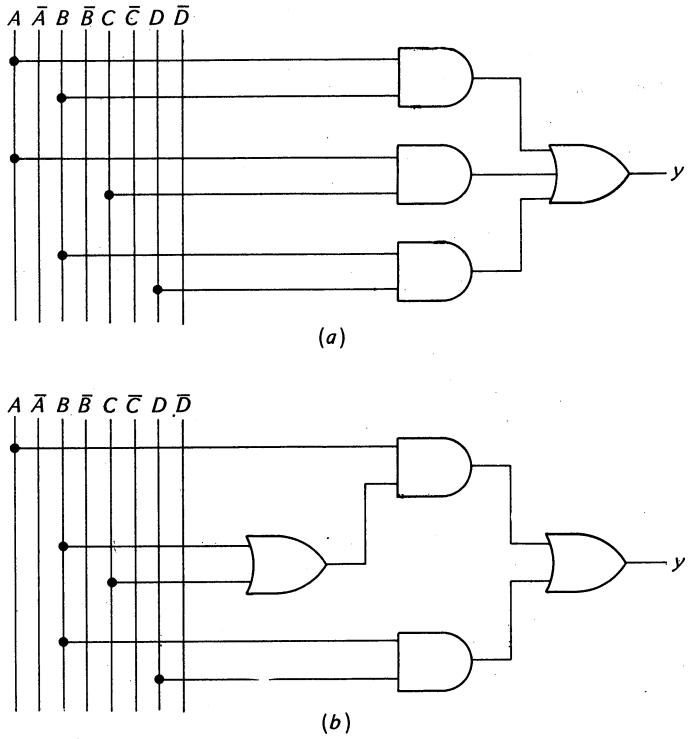
$$y = A(B + C) + BD$$

والشكل (6.8 b) يرسم الدائرة بثمانية اطراف ادخال فقط .

ولكن ، وبالرغم من ان الدائرة (6.8 b) اقل طرفاً واحداً من دائرة الشكل (6.8 a) الا ان الاخيرة افضل من (6.8 b) ، والسبب يعود الى ان زمن التأخير t_p اقل في (6.8 a) عما هو عليه في (6.8 b) . وبما ان t_p للبوابة الواحدة يساوي 10 نانو ثانية ، لذا فان t_p في (a)

يساوي 20 نانوثانية ، بينما هو 30 نانوثانية في (b) . فاذا كان عامل السرعة مهما في التصميم فان الشكل (6.8 a) افضل بالتأكيد من الثاني . (*)

(سنشرح في القسم 6.10 سبب تفضيلنا شبكات (و – أو) على غيرها)



شكل (6.8) : اخراج العامل المشترك لتقليل التسليك

6.5 من جدول الواقع الى خارطة كارنو :

لنحاول رسم خارطة كارنو لجدول الواقع (6.6) :

— نبدأ اولاً برسم الشكل (6.9 a) مع ملاحظة ترتيب المتغيرات ومتمماتها . نبدأ عمودياً بـ A متبوعة بـ $\bar{A}$ ،وافقياً بـ B متبوعة بـ $\bar{B}$.

— ثم نبحث عن النتاجات الحقيقية في الجدول (6.6) وأول نتاج حقيقي هو :

$$AB = 10$$

(*) لايغيب عن اذهاننا بأن بوابة (أو) هي اغلى ثمناً من بوابة (و) في دوائر TTL (المعربان).

ونتاجه الاساسي $A\bar{B}$. ضع 1 في الموقع الذي يتقاطع فيه A و $\bar{B}$ (شكل 6.9 b) . كما ينطبق الامر على النتاج الحقيقي :

$AB = 11$

ونتاجه الاساسي AB ، حيث يظهر الـ 1 في الموقع المناسب (شكل 6.9c) .

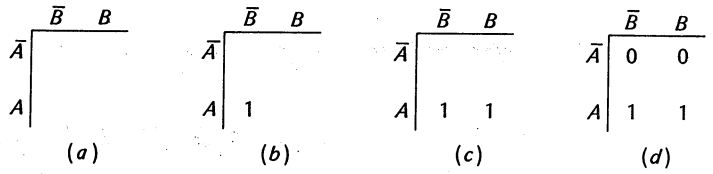
— والخطوة الأخيرة تتم بملء المواقع الشاغرة في الخارطة بالاصفار . وهنا تعود للموقعين $\bar{A}\bar{B}$ و $\bar{A}B$ (الشكل 6.9 d) ، أي :

$AB = 00$

$AB = 01$

A	B	v
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

جدول (6.6)



شكل (6.9) : انشاء خارطة كارنو

بماذا تختلف خارطة كارنو عن جدول الواقع اذن ؟
نجد في جدول الواقع ناتج طرف الاخراج لكل حالة ، بينما تقتصر خارطة كارنو على النتاجات الاساسية الحقيقية (أي ذات الـ 1) اعتماداً على المتغيرات المكونة لها . وسنتعرف في الاقسام القادمة على اهمية خارطة كارنو في تبسيط الدوائر المنطقية ؟

مثال آخر :

لانشاء خارطة كارنو ذات متغيرين two variable k- map من جدول الواقع (6.7) نجد ان النتاجات الاساسية الحقيقية هي $A\bar{B}$ و $\bar{A}B$، للادخالين :

$$AB = 01$$

$$AB = 10$$

وقد اسقط الـ1الاول في مربع تقاطع $\bar{A}$ و B واسقط الـ1الثاني في مربع تقاطع A و $\bar{B}$ وملئت بقية الشواغر بالاصفار كما في الشكل (6.10) .

A	B	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

جدول (6.7)

	$\bar{B}$	B
$\bar{A}$	0	1
A	1	0

شكل (6.10) مثال اخر لخارطة كارنو ذات متغيرين .

مثال آخر :

لانشاء خارطة كارنو من ثلاثة متغيرات A و B و C ذات جدول الواقع (6.8) نتبع الخطوات الآتية :

- أرسم خارطة كارنو صماء مرتباً عليها المتغيرات ومتمماتها كما هو مبين في الشكل (6.11 a) .
- عمودياً $A\bar{B}$ ، $\bar{A}\bar{B}$ ، $\bar{A}B$ ، AB . لاحظ أن الترتيب ليس متسلسلاً حسب النظام الثنائي وانما هو الى حد كبير رمز كراي 00 ، 01 ، 11 و 10 ، أي تغيير حالة متغير واحد في كل مرة . وليس بالضرورة الالتزام حرفياً بهذا الترتيب . انما المهم هو أن تتغير حالة متغير واحد فقط بين كل خطوتين متجاورتين أفقياً وعمودياً .

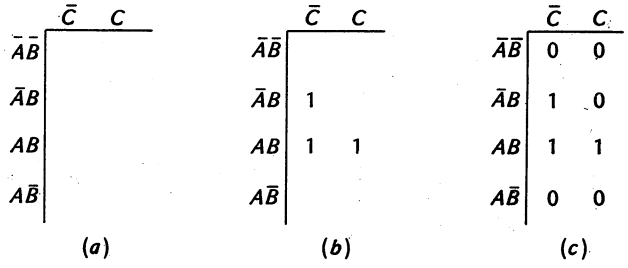
- أفقياً أسقط المتغير الثالث $\bar{C}$ و C.
- لاحظ أيضاً أن عدد المواقع على خارطة كارنو يساوي عدد حالات جدول الواقع .
- ضع 1 في المواقع التي تعود الى نتاجات أساسية حقيقية ، وفي مثالنا هذا : $A\bar{B}\bar{C}$ ، $AB\bar{C}$ و ABC . كما في الشكل (6.11 b) ، وهي للادخالات .

$$A\ B\ C = 0\ 1\ 0$$
$$A\ B\ C = 1\ 1\ 0$$
$$A\ B\ C = 1\ 1\ 1$$

أملأ الشواغر بالأصفار لتحصل على الشكل النهائي لخارطة كارنو شكل (6.11c)

A	B	C	y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

جدول (6.8)



شكل (6.11) : خارطة كارنو ذات ثلاثة متغيرات

6.6 خرائط كارنو ذات المتغيرات الاربعة :

كما سبق وان ذكرنا ، فالكثير من الحاسبات والنظم الرقمية تعالج الكلمات words بكليمات bytes التي هي مجموعة من اربعة ارقام ثنائية . لهذا السبب تُصمم معظم الدوائر

المنطقية للتعامل مع اربعة متغيرات ادخال (او متمماتها) ، وعليه تُعتبر خارطة كارنو ذات المتغيرات الاربعة من اهمها على الاطلاق . ومن الآن وصاعداً سنركز على جداول الواقع وخرائط كارنو ذات المتغيرات الأربعة .

مثال :

لرسم خارطة كارنو ذات المتغيرات الاربعة ، ناخذ جدول الواقع (6.9) ، والخطوة الاولى في رسم هذه الخارطة الصماء هي بترتيب المتغيرات افقياً وعمودياً (الشكل 6.12 a) يتضمن الترتيب العمودي $\bar{A}\bar{B}$ ، $\bar{A}B$ ، AB و $A\bar{B}$. اما الترتيب الافقي فهو $C\bar{D}$ ، CD ، $C\bar{D}$ و $\bar{C}\bar{D}$ المشابهين لترتيب كراي .

في الجدول (6.9) تظهر y مساوية للواحد للادخالات الآتية :

$$A\,B\,C\,D = 0\,0\,0\,1$$
$$A\,B\,C\,D = 0\,1\,1\,0$$
$$A\,B\,C\,D = 0\,1\,1\,1$$
$$A\,B\,C\,D = 1\,1\,1\,0$$

اما النتاجات الاساسية الحقيقية المقابلة لهذه الادخالات فهي : $\bar{A}\bar{B}\bar{C}D$ و $\bar{A}BC\bar{D}$ و $\bar{A}BCD$ و $ABC\bar{D}$. وبعد تسقيط الآحاد في المواقع المعينة نحصل على الشكل (6.12 b) ، بينما يأخذ الشكل (6.12 c) وضع الخارطة النهائي بعد ملء الشواغر بالاصفار .

A	B	C	D	y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

جدول (6.9)

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$				
$\bar{A}B$				
AB				
$A\bar{B}$				

(a)

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	1			
$\bar{A}B$			1	1
AB				1
$A\bar{B}$				

(b)

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	0	1	0	0
$\bar{A}B$	0	0	1	1
AB	0	0	0	1
$A\bar{B}$	0	0	0	0

(c)

شكل (6.12) : انشاء خارطة كارنو بأربعة متغيرات

6.7 الازواج ، الرباعيات ، والثمانيات :

تمَعّن النظر في الشكل (6.13 a) تجد زوجاً Pair من الـ 1 يجاور احدهما الآخر افقياً . الاول يمثل $ABCD$ والثاني يمثل $ABC\bar{D}$. وعند الانتقال من الاول الى الثاني او بالعكس ، نجد ان احد المتغيرات الاربعة يتمم نفسه (D الى $\bar{D}$) بينما تحافظ بقية المتغيرات الثلاثة على حالاتها (C, B, A) . تقوم بحذف كل متغير يتمم نفسه ، ونبرهن على ذلك بما يأتي : ان معادلة الشكل (6.13 a) هي :

$$Y = ABCD + ABC\bar{D}$$

وباخراج العوامل المشتركة خارج القوسين نحصل على :

$$Y = ABC(D + \bar{D})$$

ثم نلغي المتغير الذي يتمم نفسه لنحصل على :

$$Y = ABC(1) = ABC$$

ونستخلص مايأتي : كل زوج من الـ 1 يتجاور افقياً كذلك الموجود في الشكل (6.13 a) يقود الى اسقاط المتغير الذي تتغير حالته مع الاحتفاظ بالباقي .

ولتسهيل عملية تشخيص الحالات المتجاورة اعتدنا تسييجها بخط متميز كما نلاحظ ذلك في الشكل (6.13 b) وبالتالي فان ماسيحتويه السياج سيكون حداً واحداً ABC بدلاً من حدين ($ABCD + ABC\bar{D}$)

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	0	0	0	0
$\bar{A}B$	0	0	0	0
AB	0	0	1	1
$A\bar{B}$	0	0	0	0

(a)

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	0	0	0	0
$\bar{A}B$	0	0	0	0
AB	0	0	1	1
$A\bar{B}$	0	0	0	0

(b)

شكل (6.13) : آحاد متجاورة أفقياً

مثال آخر :

يحوي الشكل (6.14 a)زوجاً من الـ 1 يتجاوران عمودياً ويمثلان كلاً من $ABC\overline{D}$ و $A\overline{B}C\overline{D}$ والمتغير الوحيد الذي تغيرت حالته هو (B الى $\overline{B}$)، لذا يسقط من الحساب ونحصل على الحد الآتي : $AC\overline{D}$

البرهان : معادلة مجموع النتاجات هي :

$$Y = ABC\overline{D} + A\overline{B}C\overline{D}$$

وباخراج العوامل المشتركة :

$$Y = AC\overline{D}\,(B + \overline{B})$$

وبالغاء المتغير الذي يتمم نفسه نحصل على :

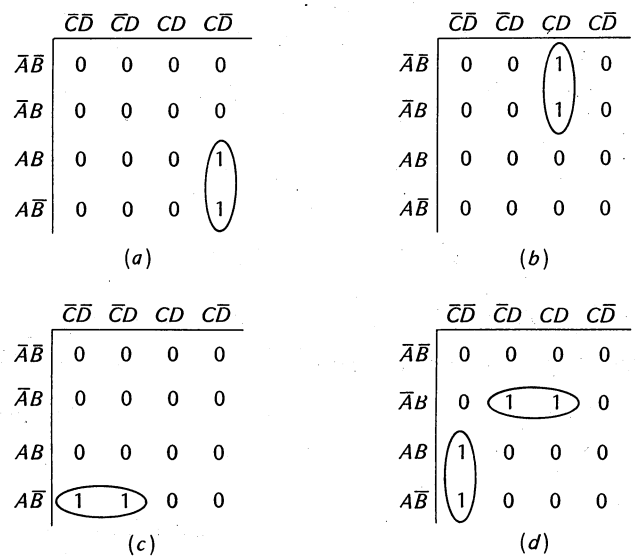
$$Y = AC\overline{D}$$

وهكذا ، كلما وجدنا زوجاً متجاوراً من الـ 1 فاننا نحذف المتغير دون اللجوء للبرهان الجبري . وبنظرة خاطفة على الشكل (6.14 b) نجد ان B يتغير فيسقط من المقدار ليبقى $AC\overline{D}$ وفي الشكل (6.14 c) يبقى $A\overline{B}\overline{C}$ بعد حذف D . اما الشكل (6.14 d) فله حدّان ، الحد الاول (العمودي) هو $A\overline{C}\overline{D}$ والحد الثاني (الافقي) هو $\overline{A}BD$

ومن ثم نحصل على :

$$Y = A\overline{C}\overline{D} + \overline{A}BD$$

وتجدر الاشارة الى ان الاختصار لايتم الا بتجاور افقي او عمودي ولا ينطبق ذلك على التجاور القطري .



شكل (6.14) : امثلة على الآحاد الزوجية

يتألف الرُباع quad من تجاور اربعة من الـ 1 افقياً او عمودياً ، وقد يكون التجاور على استقامة واحدة كما في الشكل (6.15 a) او على صفين كما في الشكل (6.15 b) وايا كانت نوعية التجاور فانه يفيدنا في اسقاطه لمتغيرين اثنين . ونستطيع اعتبار الشكل (6.15 a) مكوناً من زوجين اثنين كما يوضحه الشكل (6.15 c) فالزوج الايسر يمثل $AB\overline{C}$ بينما يمثل الزوج الايمن ABC فتكون المعادلة كالآتي :

$$Y = AB\overline{C} + ABC$$

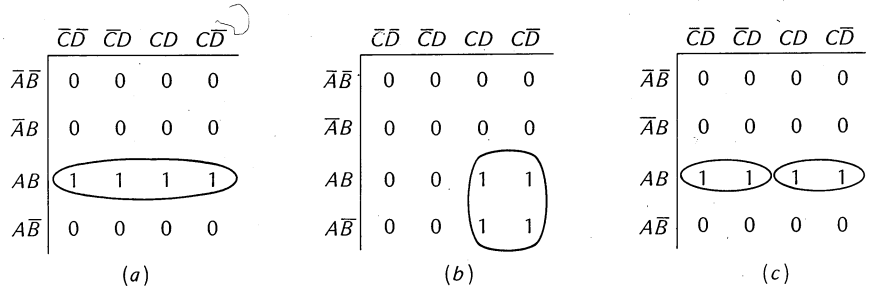
وبعد اخراج العوامل المشتركة نحصل على : $Y = AB(\overline{C} + C)$

وبالغاء المتغير الذي يتمم نفسه نحصل على : $Y = AB$

وبذلك اسقطنا المتغيرين D و C لنحصل على AB فقط . ولاحاجة في المستقبل الى تكرار البرهان الجبري ، وانما يكفينا الاختصار المباشر من خارطة كارنو كما شرحنا سابقاً .

انظر للشكل (6.15 b) وابدأ باي 1 وسر افقياً لتسقط المتغير D وعمودياً لتسقط B ، ليبقى A و C ولتكون المعادلة :

$$Y = AC$$



شكل (6.15) : أمثلة على الرباعيات

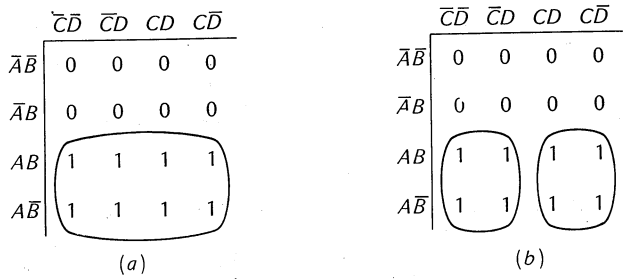
وعند اتحاد زوج من الرباعيات يتشكل الثُمان octet كما نلاحظ في الشكل (6.16 a) . والثمان يُسقط ثلاثة متغيرات مع متمماتها وبذلك يبقى متغير واحد في الساحة .

فلو جزّءنا الثمان في الشكل (6.16 a) الى رباعين كما في الشكل (6.16 b) فان المعادلة ستكون : $Y = A\overline{C} + AC$

وبعد اخراج العامل المشترك نحصل على : $Y = A(\overline{C} + C)$

ثم الغاء C الذي يتمم نفسه : $Y = A$

وهكذا نلاحظ ان الثّمان يختصر الناتج الى متغير واحد من اصل اربعة متغيرات .



شكل (6.16) : مثال على الثُمان

والبرهان على ذلك مشابه للبراهين السابقة . والطريقة التي يتم بواسطتها الحذف والأختصار هي بالبدء بأول 1 في الثمان ثم اسقاط كل متغير يتمم نفسه .

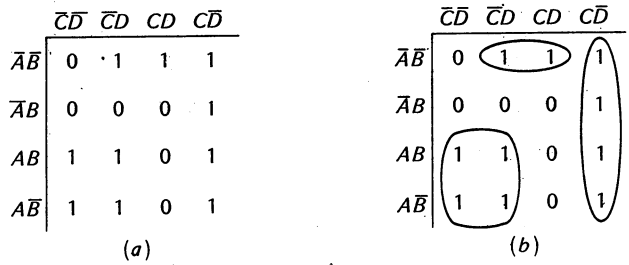
6.8 تبسيط كارنو :

علمنا ان الزوج من الـ 1 في خارطة كارنو يسقط متغيراً واحداً ، وان الرباع يسقط متغيرين ، وان الثمان يسقط ثلاثة متغيرات . وعليه وعند رسم خارطة كارنو نبدأ بحصر الثمان . فالرباع فالزوج كي نحصل على أبسط النتائج .

لنأخذ خارطة كارنو في الشكل (6.17 a) والتي تم تثبيت الـ 1 فيها اعتماداً على جدول واقع . نبحث اولاً عن امكانية الحصول على ثمان ، ولعدم وجوده ، نبحث بعدئذ عن الرباع لنجد اثنين منه ، ولنجد ايضاً زوجاً متجاوراً من الـ 1 كما هو موضح في الشكل (6.17 b).

من الزوج نحصل على الحد المبسط $\bar{A}\,\bar{B}\,D$ ، ومن الرباع (المربع الشكل) نحصل على $A\bar{C}$ ، اما الرباع العمودي فيعطينا $C\,\bar{D}$. وبادخالهم بوابة (أو) نحصل على المعادلة الآتيـــة :

$$Y = \bar{A}\,\bar{B}\,D + A\,\bar{C} + C\bar{D} \qquad (6.10)$$



شكل (6.17) : تسييج الثُمان ، الرباع والأزواج

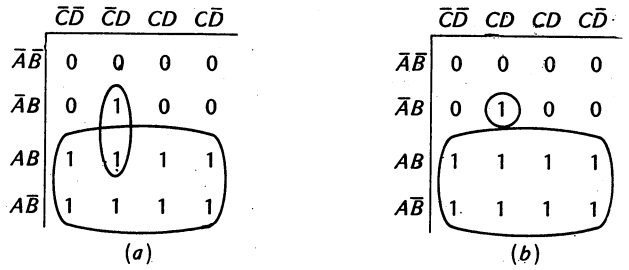
وبالامكان اشراك الـ 1 اكثر من مرة جرياً وراء التبسيط ، والشكل (6.18) يوضح ذلك تارة بالاستفادة من الـ 1 اكثر من مرة كما في (6.18 a) حيث نحصل على :

$$Y = A + B\bar{C}D \qquad (6.11)$$

وتارةً اخرى . بعدم اشراك الـ 1 في التبسيط كما في (6.18 b) حيث نحصل على :

$$Y = A + \bar{A}B\bar{C}D$$

لاحظ كيف أن اشراك الـ 1 اعطانا معادلة ابسط . لذلك أسعَ دائماً نحو افضل تبسيط ممكن من خلال الاستفادة من امكانية التبسيط بالتشابك overlapping



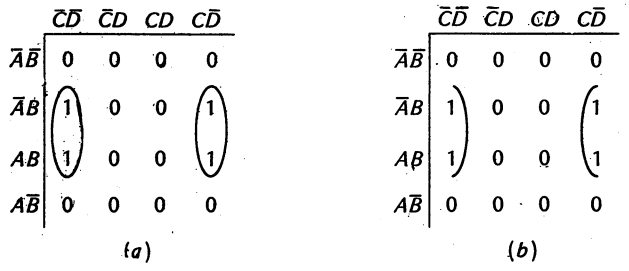
شكل (6.18) : مجموعتين متشابكتين

ومن الاشياء الاخرى التي ينبغي معرفتها هي خاصية اللف rolling في خارطة كارنو . فالزوجان (الشكل 6.19 a) ينتجان المعادلة الآتية :

$$Y = B\bar{C}\bar{D} + BC\bar{D} \qquad (6.12)$$

فاذا تخيلنا ان حافتي الخارطة تلتقيان فان $C\bar{D}$ تجاور $\bar{C}\bar{D}$ كما في الشكل (6.19 b) ومن ثم يمكن اعتبار هذين الزوجين رباعاً واحداً للحصول على المعادلة الآتية :

$$Y = B\bar{D} \qquad (6.13)$$



شكل (6.19) : خاصية اللف في خارطة كارنو

لماذا يُعتبر اللف مقبولاً ؟ الجواب من خلال البرهان الجبري الآتي . فالمعادلة (6.12) يمكن تبسيطها جبرياً الى المعادلة (6.13) كما يأتي :

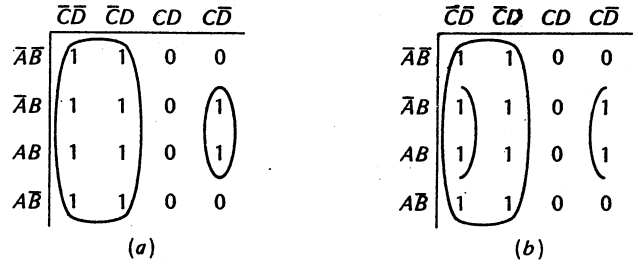
$$\begin{aligned} Y &= B\bar{C}\,\bar{D} + BC\bar{D} \\ &= B\,\bar{D}\,(\bar{C} + C) \\ &= B\bar{D} \end{aligned}$$

لذلك نعتبر ان الحافة اليمنى في خارطة كارنو تجاور الحافة اليسرى ، والحافة العليا تجاور الحافة السفلى . ومن هذه الظاهرة مع خاصية التشابك نستطيع استخلاص ابسط الاشكال .

في الشكل (6.20) مثال على ما نقول . ففي الشكل (6.20 a) نحصل على معادلة غيركفوءة هي :

$$Y = \bar{C} + BC\bar{D}$$

وبعد الاستفادة من خاصيتي اللف والتشابك معاً كما في (6.20 b) نحصل على المعادلة الكفوءة الآتية :



شكل (6.20) اللف والتشابك

مثال آخر : يرينا الشكل (6.21) بخارطاته الثلاث ثلاثة حلول . في (6.21 a) نحصل على :

$$Y = \bar{C} + \bar{A}CD + A\bar{B}C\bar{D}$$

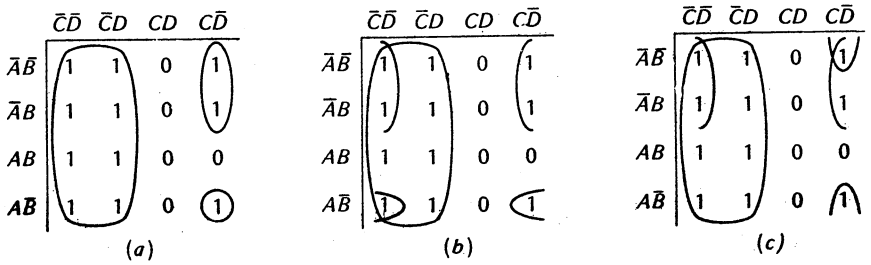
ومن (6.21 b) نحصل على معادلة ابسط هي :

$$Y = \bar{C} + \bar{A}\,\bar{D} + A\,\bar{B}\,\bar{D} \qquad (6.14)$$

اما الشكل (6.21 c) فنحصل منه على المعادلة نفسها وبحل آخر :

$$Y = \bar{C} + \bar{A}\,\bar{D} + \bar{B}C\bar{D} \qquad (6.15)$$

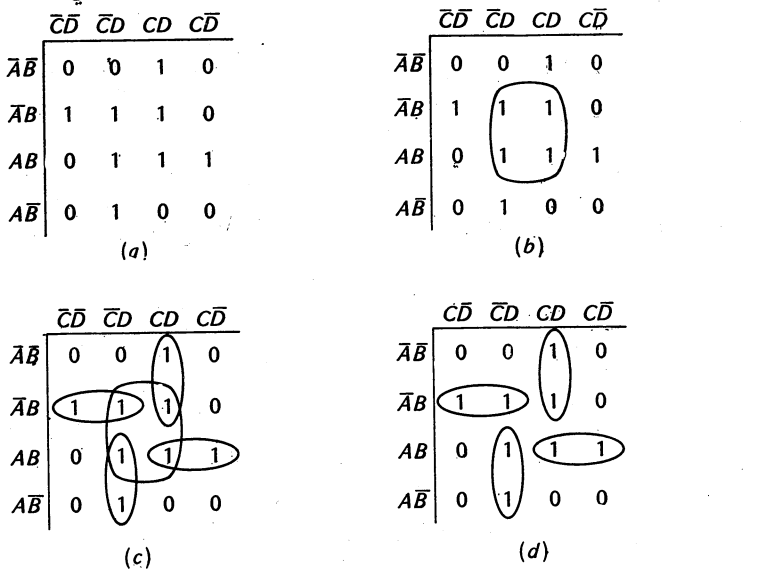
ولا فرق بين المعادلتين (6.14) و (6.15) من حيث عدد اطراف الادخال ، لذا يترك للمصمم حرية الاختيار . (*)



شكل (6.21) طرائق مختلفة في تسييج المجموعات

بعد الانتهاء من تحديد المجموعات احذف المجموعة التي تداخلت جميع الـ 1 فيها مع مجموعات اخرى ، وذلك قبل البدء بكتابة المعادلة المبسطة ، والشكل (6.22) يوضح ذلك .

في الشكل (6.22 a) ثبتنا الـ 1 على الخارطة . وفي الشكل (6.22 b) حصلنا على رباع ، وفي الشكل (6.22 c) أشركنا الـ 1 المتبقية ، وما دام جميع الـ 1 في الرباع قد اشتركت مع المجاميع الاخرى فلا حاجة اذن لتحديد الرباع والافضل حذفه كما في الشكل (6.22 d) اذ تقل معادلته حداً واحداً عما هو عليه في الشكل (6.22 c) .



شكل (6.22) : شطب مجموعة غير مهمة .

( ) هناك حل رابع ابسط . نتركه للطالب . (المعربان)

ونلخص فيما يأتي طريقة تبسيط المعادلة البوولية باستعمال خارطة كارنو :

1. ثبت الـ 1 على الخارطة لكل نتاج اساسي حقيقي . واملأ الشواغر بالاصفار
2. حدد الثمانيات ، فالرباعيات ، فالازواج ، وتذكر خاصيتي اللف والتشابك ان تطلب الامر ذلك .
3. حدد ايضاً كل 1 منعزل على نفسه .
4. استعرض المجاميع ، واحذف كل مجموعة اشتركت جميع عناصرها مع مجموعات اخرى .
5. اكتب المعادلة البوولية جامعاً الحدود في بوابة (أو) .

مثال 5 . 6 :

ماهي المعادلة البوولية المبسطة لخارطة كارنو في الشكل (6.23 a) ؟

الحل :

لاثمان هناك بل رباع كما في الشكل (6.23 b) ، وبالتشابك نحصل على رباعين اخرين كما في الشكل (6.23 c) .

وثمة زوج يتكون من اشراك الـ 1 المتبقي مع جارة كما في الشكل (6.23 d) . وباستعراض الخارطة نلاحظ ان جميع المجاميع ضرورية ولا يمكن حذف أية مجموعة منها لانعزال بعض عناصر كل مجموعة عن الاشتراك بمجموعة اخرى .

يشكل الرباع الافقي في (6.23 d) الحد AB ، اما الرباعان الاخران فيشكلان من اليمين الى اليسار : AC و AD ، وأما الزوج فيشكل الحد BCD ، لنحصل بعدئذ على المعادلة :

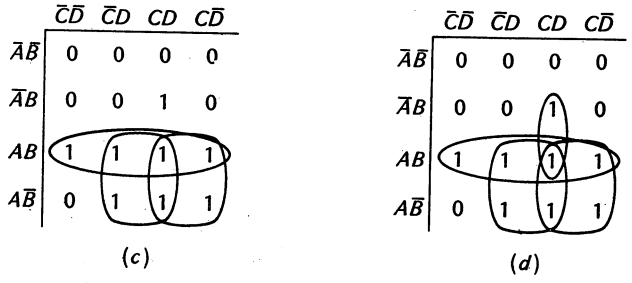
$$Y = AB + AC + AD + BCD \qquad (6.16)$$

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	0	0	0	0
$\bar{A}B$	0	0	1	0
AB	1	1	1	1
$A\bar{B}$	0	1	1	1

(a)

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	0	0	0	0
$\bar{A}B$	0	0	1	0
AB	1	1	1	1
$A\bar{B}$	0	1	1	1

(b)



شكل (6.23) : مثال (6.5)

مثال 6 ، 6 :

ارسم شبكة (و– أو) لمعادلة المثال (6.5) . كيف ستكون الشبكة بعد اخراج العامل المشترك ؟

الحل :

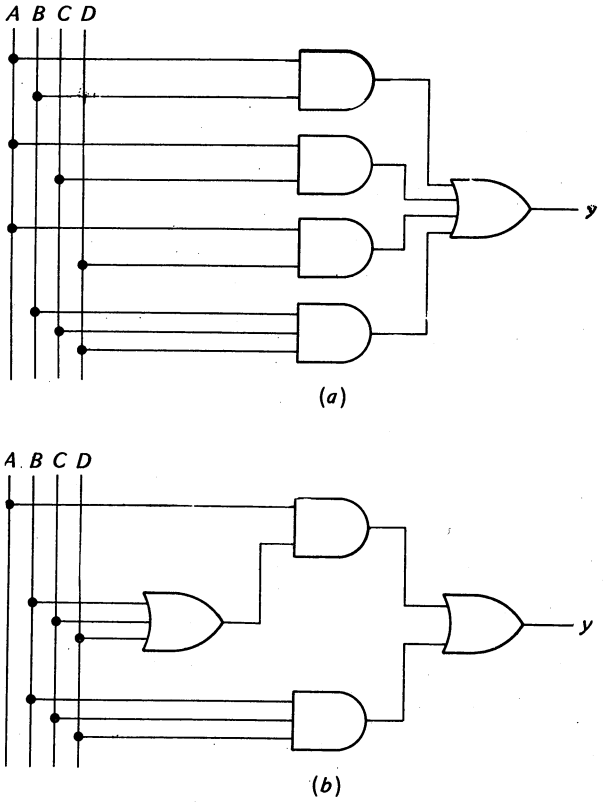
الشكل (6.24 a) يعطينا شبكة (و– أو) التي تحقق المعادلة (6.16) وتمتلك 13 طرف ادخال . وعند اخراج العامل المشترك للمعادلة (6.16) تصبح .

$$Y = A(B + C + D) + BCD$$

والشكل (6.24 b) يرينا دائرتها المنطقية ذات اطراف الادخال العشرة . والشكل (6.24 b) ابسط من الشكل (6.24 a) ، الا ان البعض يفضل (6.24 a) عندما يكون عامل السرعة مهماً . اضافة الى ذلك فان شبكة (و– أو) يمكن تحويلها بسهولة الى شبكة (لاو– لاو) فقط ، اذ ان بوابة (لاو) هي ارخص بوابات TTL وسنأتي على شرح ذلك في القسم (6.10) .

ان النقطة التي يثيرها هذا المثال هي : انه بالرغم من أن اخراج العامل المشترك في معادلة

مجموع النتاجات المبسطة كالمعادلة (6.16) يقلل من عدد الادخالات ، الا انه بالمقابل يزيد في زمن تأخير الانتشار الكلي ومن ثم يميل الرأي الى استخدام الدوائر المنطقية التي تبنى من بوابات (لا و) .



شكل (6.24) : مثال (6.6)

6.9 حالات الاهمال :

في الشكل (6.25 a) نجد ارقام BCD تسوق حلالاً decoder ينتج 1.عندما يكون الادخال 1001 فقط (المكافىء للعشري 9) . وكما علمت ، فان ارقام BCD تنحصر بين 0000 و 1001 ، ولا وجود للاعداد من 1010 الى 1111 في الحالات الطبيعية . وهذا هو سبب خلو جدول الواقع (6.10) من الاعداد الاخيرة .

أي أن هذا الجدول يعطي واحداً في حالة الادخال الاتية :

$ABCD = 1001$

ذات النتاج الاساس : $A\bar{B}\bar{C}D$

A	B	C	D	y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1

جدول (6.10)

ماهي الدائرة المنطقية للحلّال في الشكل (6.25 a) ؟

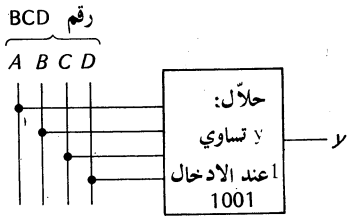
لنستعمل خارطة كارنو للحصول على الجواب ، ولنملأ هذه الخارطة بعناصر جدول الواقع (الشكل 6.25 b) . في هذا الشكل بقيت ستة اماكن فارغة لاصفر هي ولا واحد ، اذ تعود للحالات الست الممنوعة في رمز BCD والتي كان جدول الواقع قد اهملها . وما دام الامر كذلك ، ومثل هذه الحالات لا يهتم بها في التشغيل الطبيعي ، فاننا نستطيع احتواء هذه الحالات ومعاملتها بالشكل الذي نريد . اي ملئها بالصفر او الواحد حسب حاجتنا في التبسيط .

وفي مثل هذه الحالات نستعمل الحرف x للدلالة على حالات الاهمـــــال don't care conditions هذه كما في الشكل (6.25 c) .

بعد تثبيت x على الخارطة ، نسعى الى تكوين المجاميع التي تعطينا ابسط حل وقد عاملنا حالات الاهمال x في الشكل (6.25 d) باعتبارها 1 لتكوين الرباع المبين وللحصول على :

$Y = AD$

اذن ، فدائرة الحلال هي عبارة عن بوابة (و) ليس الا ، كما في الشكل (6.26) .



(a)

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	0	0	0	0
$\bar{A}B$	0	0	0	0
AB				
$A\bar{B}$	0	1		

(b)

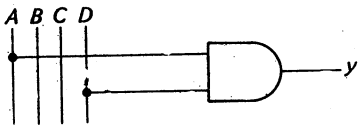
	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	0	0	0	0
$\bar{A}B$	0	0	0	0
AB	x	x	x	x
$A\bar{B}$	0	1	x	x

(c)

	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$	0	0	0	0
$\bar{A}B$	0	0	0	0
AB	x	x	x	x
$A\bar{B}$	0	1	x	x

(d)

شكل (6.25) : حالات الاهمال



شكل (6.26) : دائرة منطق لحل 1001

وباختصار ، فان خطوات التبسيط مع وجود حالات الاهمال تكون كما يأتي :

1. ثبت جدول الواقع على خارطة كارنو ، واملأ الفراغات التي لم يتطرق اليها جدول الواقع بـ x .
2. حدد المجاميع باكبر حجومها الممكنة مستعينا بحالات الاهمال عند الحاجة .
3. اهمل حالات الاهمال غير المستعملة مفترضاً اياها صفراً .

مثال 6 . 7 :

ماهي ابسط دائرة منطقية لحلاّل ينتج 1 عندما يكون رمز BCD الداخل يساوي 0000 ؟

الحل :

ان نتاج جدول الواقع يكون 1 في حالة واحدة فقط هي :

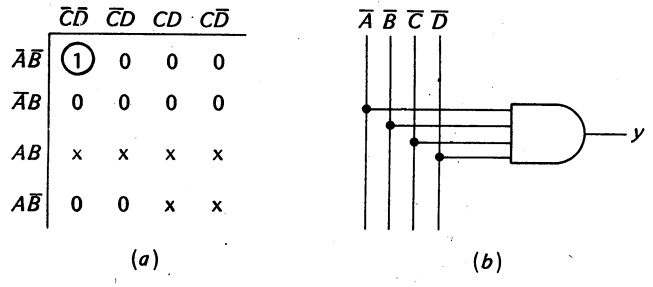
$$ABCD = 0000$$

والتي يمثلها النتاج الاساس $\bar{A}\,\bar{B}\,\bar{C}\,\bar{D}$ والشكل (6.27 a) يوضح لنا خارطة كارنو حيث اخذ الـ 1 موقعه ، كما اخذت الحالات الممنوعة (حالات الاهمال) مواقعها ايضاً ، بينما ملئت الشواغر بالاصفار .

هنا لا فائدة ترجى من حالات الاهمال ، لذا تتم معاملتها كالصفر ، لنحصل على :

$$y = \bar{A}\,\bar{B}\,\bar{C}\,\bar{D}$$

والشكل (6.27 b) يرسم الدائرة .



شكل (6.27) : حل الادخال 0000

مثال 6 . 8 :

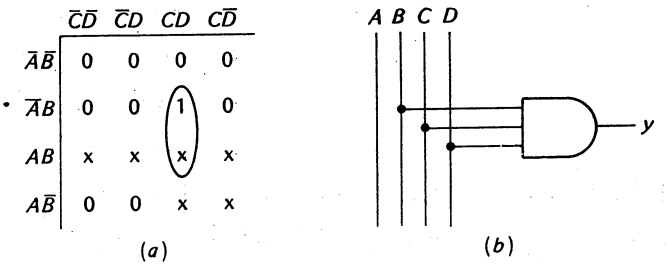
ماهي ابسط دائرة لحل رمز BCD الداخل 0111 لانتاج 1 ؟

الحل :

من خارطة كارنو في الشكل (6.28 a) يمكن الاستفادة من احدى حالات الاهمال لاشراكها مع الـ 1 والحصول على :

$$y = BCD$$

التي يرسم دائرتها الشكل (6.28 b) .



شكل (6.28) : حل الادخال 0111

مثال 6.9

بين طريقة لبناء حلّال BCD – الى – عشري . بحيث ينتج 1 لكل حالة من حالات الأدخال العشر .

الحل :

بالامكان استعمال حلاّل لكل اخراج ذي قيمة 1 . بكلمات أخرى ، يمكننا استعمال بوابة (و) كتلك التي في الشكل (6.27 b) لحل ادخال BCD مثل 0000 ، وبوابة (و) ثانية كتلك التي في الشكل (6.28 b) للادخال 0111 وبوابة (و) ثالثة كتلك التي في الشكل (6.26) للادخال 1001 وهكذا . وللحصول على بوابات (و) أخرى لادخالات أخرى ، ينبغي بناء خارطة كارنو لكل من الادخالات المتبقية مشابهة للمثالين (6.7) و(6.8) ، وبعد الأنتهاء من ذلك ، سيظهر لنا أن كل ادخال يحتاج الى بوابة (و) واحدة لحله .

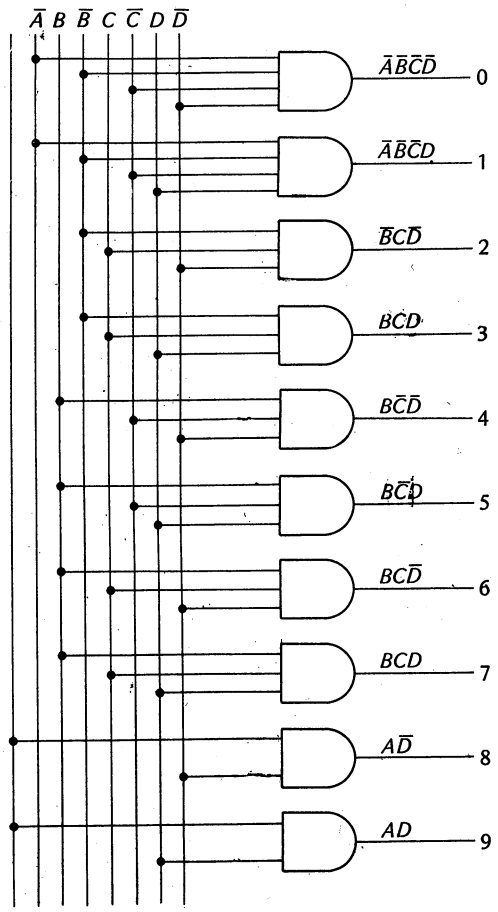
يرينا الشكل (6.29) النتيجة النهائية . فعند ادخال أي BCD من 0000 لغاية 1001 ، فإن (و) واحدة فقط من عشر بوابات ستقوم بالعمل لاعطاء اخراج قيمته 1 .

والمثال هذا مثال توضيحي لاغير ففي وقت مضى ، كانت حالات BCD – الى – عشري تبنى من ربط عدة بوابات SSI كتلك التي في الشكل (6.29) . أما الآن ، فان مثل هذه الحالات تتوفر على شكل دوائر MSI التي سبق شرحها في القسمين (3.9) و(3.10) .

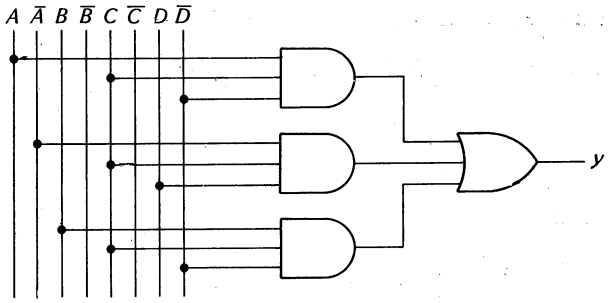
6.10 شبكات (لاو – لاو) :

لأن بوابة (لاو) هي أرخص البوابات ، ومنها تُبنى كل الدوائر المنطقية . لذا باتت هذه البوابة تشكل العمود الفقري لسلسلة 7400 TTL وتتوفر هذه البوابة في هذه

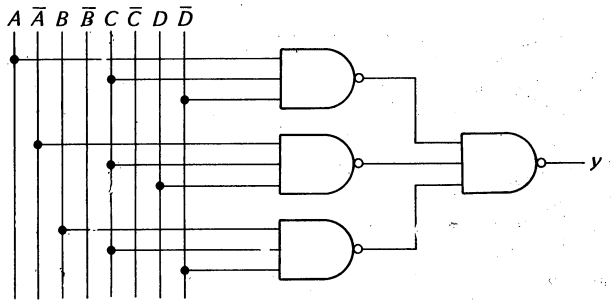
السلسلة ، كما ذكرنا سابقاً ، من هذه الأنواع :
أربع بوابات ذات طرفي ادخال ، و
ثلاث بوابات بثلاث أطراف ادخال ، و
بوابتين بأربعة أطراف ادخال ، و
بوابة واحدة بثمانية أطراف ادخال .
وبالامكان تحويل أي شبكة من نوع (و–أو) الى شبكة (لا و– لا و) وذلك بتبديل كل بوابة (و) ببوابة (لا و) ، مع تبديل بوابة (أو) النهائية بـ (لا و) . فشبكة (و–أو) في الشكل (6.30 a) مثلاً تصبح شبكة (لا و– لا و) في الشكل (6.30 b) وكلتاهما تمتلكان جدول واقع واحد



شكل (6.29) : حلال BCD – الى – عشري



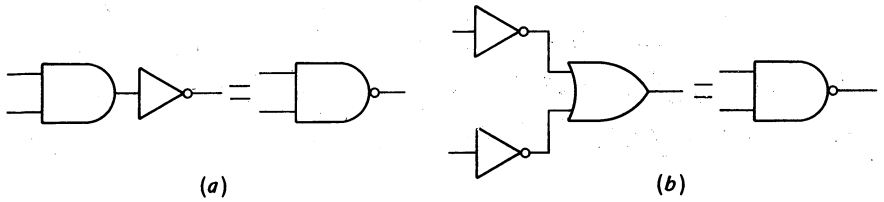
(a)



(b)

شكل (6.30) : تحويل (و– أو) الى (لاو– لاو)

وللبرهان على ذلك ، ينبغي مراجعة معلوماتنا السابقة من أن بوابة (لا و) مكافئة لبوابة (و) تتبعها دائرة (لا) كما في الشكل (6.31 a) ، وان بوابة (أو) مسبوقة بدائرة (لا) تكافىء بوابة (لا و) كما في الشكل (6.31 b) .

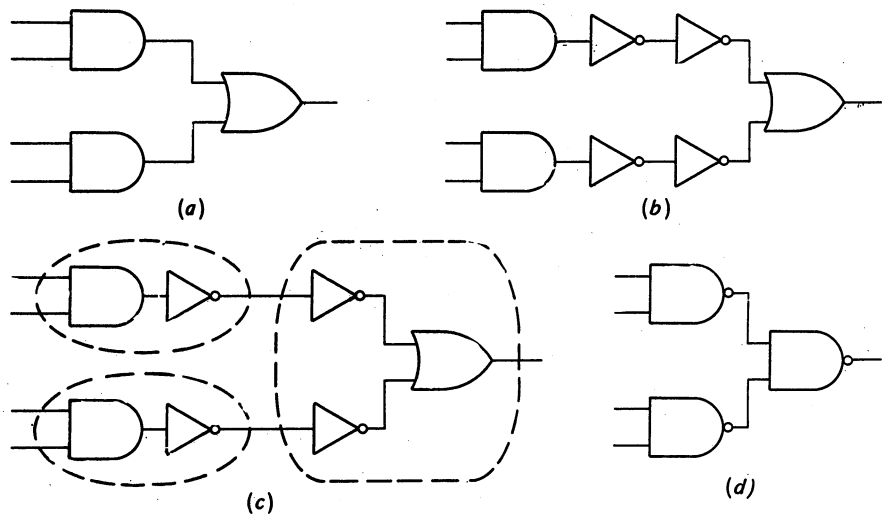


(a) (b)

شكل (6.31) : دوائر منطق متكافئة

وهكذا نجد ان دائرة (و– أو) يمكن تحويلها الى شبكة (لاو– لاو) . والشكل (6.32) يبرهن على صحة مانقول . ففي الشكل (6.32 b) انقلب طرف اخراج بوابتي (و) مرتين لان

الشكل (6.32 b) لايختلف عن الشكل (6.32 a) . وبالحصر المبين في الشكل (6.32 c) مع المقارنة بالشكل (6.31) نستطيع الحصول على شكل (6.32 d) دون اختلاف في النتائج .



شكل (6.32) . البرهنة على تكافؤ (لاو – لاو) لـ (و – او)

ويمكننا تلخيص ماذكرنا سابقاً بالخطوات الاتية :

1. ترجم جدول الواقع الى خارطة كارنو .
2. حدد المجاميع باكفأ طريقة ممكنة .
3. اكتب المعادلة البوولية المبسطة .
4. ارسم شبكة (و – أو) التي تحقق المعادلة
5. استبدل كل (و) بـ (لاو) مع تغيير (أو) النهائية بـ (لاو) ايضاً .

ومازالت بوابة (لاو) تكافيء بوابة (و) متبوعة بدائرة (لا) كما في الشكل (6.31 a) ، فان ربط (و) السلكية متبوعة بدائرة (لا) تقوم مقام بوابة (لاو) النهائية في شبكة (لاو – لاو) وخذ مثالاً على ذلك :

$$Y = AB + CD + EF \qquad (6.17)$$

وراجع الشكل (6.33 a) الذي يبين شبكة (و – أو) ، والشكل (6.33 b) الذي يرينا مكافئها من شبكة (لاو – لاو) . ثم الشكل (6.33 c) المكافيء للشكل (6.33 b) لكي يكون بامكانك بناء الدوائر (6.33) من المعادلة (6.17) .

مثال 6.10 .

استعمل نظرية دى موركان الاولى للبرهنة على ان المعادلة (6.17) يحققها الشكل (6.33 c)

الحـــل :

افرض أن y_1 تمثل طرف ادخال (لا) ، اذن :

$$y_1 = \overline{AB} \cdot \overline{CD} \cdot \overline{EF}$$

وبتطبيق نظرية دى موركان الاولى ، تصبح المعادلة :

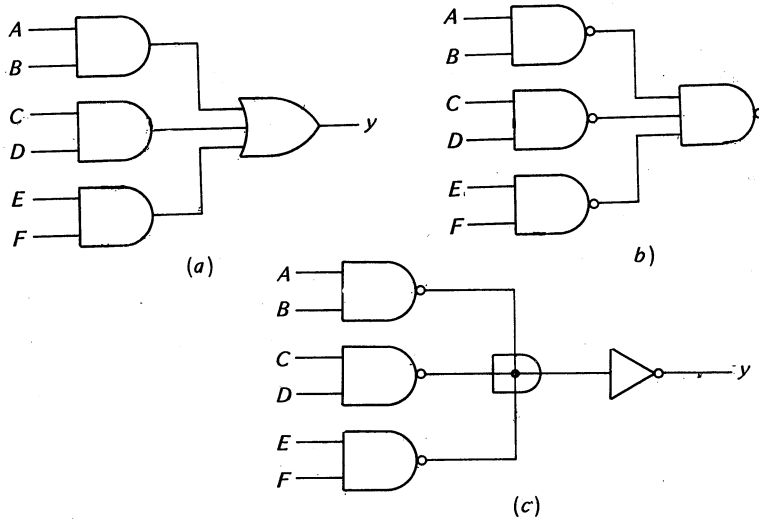
$$y_1 = \overline{A}\,\overline{B} + \overline{C}\,\overline{D} + \overline{E}\,\overline{F}$$

وبادخال y_1 في دائرة (لا) نحصل على :

$$y = \overline{y}_1 = \overline{\overline{A}\,\overline{B} + \overline{C}\,\overline{D} + \overline{E}\,\overline{F}}$$

$$y = AB + CD + EF$$ أو

من ذلك نستنتج ان اضافة دائرة (لا) لبوابة (و) السلكية تعطينا عمل (أو) . ولاجله غالباً مانطلق اسم بوابة (أو) السلكية على بوابة (و) السلكية .



شكل (6.33) : الاستعاضة عن بوابة (لاو) الأخيرة ببوابة (و) السلكية مع دائرة (لا)

6.11 طرائق أخرى :

بجانب طرائق التبسيط التي ذكرناها بواسطة مجموع النتاجات sum of products فان هناك طريقة اخرى تعتمد على نتاج المجاميع product of sums . وتستعمل هذه الطريقة للحصول على دائرة منطقية من شبكة (لا أو – لا أو) NOR-NOR NETWORK

وفي الحالات التي تنتج اكثر من طرف واحد للاخراج (مثال 6.9) ، فان بالامكان احياناً الحصول على تبسيط أفضل بطريقة الاخراج المتعدد multi-output وهناك كتب متقدمة عن التصميم الرقمي تغطي طريقتي نتاج المجاميع والاخراج المتعدد .(*)

اسعافات دراسية :

خلاصـــة :

- النتاج الاساس هو حاصل الضرب المنطقي الذي ينتج 1 لادخال معين . وتتم ترجمة جدول الواقع الى معادلة بوولية بادخال النتاجات الاساسية الحقيقية في بوابة (أو) .
- خارطة كارنو تقوم بعرض النتاجات الاساسية . فالزوج فيها يعرف بموقعين متجاورين يحملان 1 . والرباع باربعة مواقع متجاورة ، والثمان بثمانية والمجاميع الكفوءة من الـ 1 تعود الى معادلة بوولية مبسطة . وبادخال النتاجات التي تصدرها هذه المجاميع بوابة (أو) نحصل على المعادلة المبسطة .
- تكافيء شبكة (لا و – لا و) تماما شبكة (و – أو) في العمل .

مفردات :

المتجاور Adjacent : تعني في خارطة كارنو تجاور الآحاد افقياً أو عمودياً .

شبكة (و – أو) AND-OR network : مجموعة من بوابات (و) تسوق اطراف اخراجها بوابة (أو) واحدة .

حالات الاهمال Don't care conditions : هي الحالات التي لا يمكن وقوعها في التشغيل الاعتيادي ومن ثم تجري معاملتها كصفر أو واحد حسب اقتضاء الحـال .

النتاج الاساس Fundamental product : حاصل الضرب المنطقي لادخالات معينة لأنتاج 1 .

( ) يراجع : E.J. McCluskey: " Introduction to the theory of switching circuits" PP.127-139, 157-174, McGraw Hill Book Company, New York, 1965

ويراجع أيضاً : R.K. Richards, " Digital Design" PP.53-68, John Wiley & sons, Inc., New York, 1971

خارطة كارنو Karnaugh map : طريقة مبسطة لعرض النتاجات الأساسية لجدول واقع

شبكة (لاو–لاو) NAND-NAND network : مجموعات بوابات (لاو) تسوق بوابة (لاو) نهائية .

ثُمان Octet : ثمانية من الآحاد متجاورة في خارطة كارنو .

التشابك Overlap : استخدام الـ 1 في أكثر من مجموعة على خارطة كارنو .

زوج Pair : موقعان متجاوران من الـ 1 على خارطة كارنو .

رُباع Quad : اربَعة مواقع متجاورة من الـ 1 على خارطة كارنو .

اللف Rolling : تجاور الحافات المتقابلة في خارطة كارنو .

اسئلة للمراجعة :

1. ماهو النتاج الاساس ؟ اذا كان هناك أربعة ادخالات ، كم سيكون عدد العوامل في النتاج الاساس ؟
2. كيف تستطيع الحصول على معادلة بوولية من نتاجات اساسية ؟
3. الى أي نوع من الشبكات تقود طريقة مجموع النتاجات ؟
4. ماذا يساوي حاصل جمع المتغير ومتممه ؟
5. كيف تنظم خارطة كارنو ذات اربعة متغيرات ؟
6. ماهو وجه الاختلاف بين خارطة كارنو وجدول الواقع ؟
7. عرّف : الازواج ، الرباعيات ، والثمانيات .
8. ماذا تستطيع عمله مع زوج من الآحاد متجاور قطرياً ؟
9. ماذا تعني خاصية التشابك ؟ خاصية اللف ؟
10. كيف تعامل حالات الاهمال ؟
11. ماهي شبكة (لاو – لاو) ؟ ومقام أي دائرة منطق تقوم ؟

مسائل :

6.1 ماهي النتاجات الأساسية للادخالات الآتية :

(أ) $ABC = 010$

(ب) $ABCD = 1001$

6.2 ماهي النتاجات الاساسية المقابلة لطرف اخراج جدول الواقع الذي ينتج 1 في الحالات الآتية :

(أ) $ABCD = 0011$

(ب) $ABCD = 0111$

(ج) $ABCD = 1000$

(د) $ABCD = 1101$

6.3 ماهي المعادلة البوولية المقابلة لجدول واقع الحالات الآتية :

$ABC = 011$

$ABC = 101$

6.4 ماهي المعادلة البوولية المقابلة لجدول واقع حالات الادخال الآتية :

$ABCD = 0001$
$ABCD = 0100$
$ABCD = 1011$

6.5 ارسم شبكة (و – أو) للسؤال (6.3)

6.6 ارسم شبكة (و – أو) للسؤال (6.4)

6.7 ماهي شبكة (و – أو) للمعادلة الآتية :

$$Y = \bar{A}\,\bar{B}\,C + A\,\bar{B}\,C + AB\bar{C} + ABC$$

6.8 ماهي شبكة (و – أو) للمعادلة الآتية :

$$Y = \bar{A}\,B\,\bar{C}\,\bar{D} + \bar{A}\,B\,\bar{C}\,D + A\,\bar{B}\,\bar{C}\,D$$

6.9 استخدم الجبر لتبسيط هذه المعادلة :

$$Y = A\,\bar{B}\,C + ABC$$

ماهو عدد أطراف الادخال لهذه الدائرة المنطقية المبسطة ؟

6.10 ارسم خارطة كارنو لجدول واقع ينتج 1 في حالات الادخال الآتية :

$ABCD = 0011$
$ABCD = 0110$
$ABCD = 1000$
$ABCD = 1100$

6.11 ارسم خارطة كارنو لجدول واقع ذي اربعة متغيرات في الادخال . علماً أن الاخراجات الثمانية الأولى هي 1 والباقية اصفاراً .

6.12 جدول واقع ذو 4 متغيرات ، يتناوب طرف الاخراج فيه بين الصفر والواحد ، بحيث يبدو 1, 0, 1, 0 وهكذا . ارسم خارطة كارنو .

6.13 باستعمال خارطة كارنو ، اوجد ابسط معادلة لجدول الواقع في السؤال (6.10).

6.14 استعمل خارطة كارنو لايجاد ابسط معادلة من جدول الواقع في السؤال (6.11).

6.15 بالاستعانة بخارطة كارنو ، اوجد ابسط معادلة لجدول الواقع في السؤال (6.12).

6.16 اذا كان جدول الواقع ينتج 1 في حالة الادخال الآتية :

$ABCD = 1000$

وكانت الحالات المحصورة بين 1010 و 1111 ممنوعة ، والباقي اصفاراً . ماهي ابسط دائرة منطقية تحقق جدول الواقع هذا ؟

6.17 ماهي ابسط دائرة منطقية لازمة لبناء حلاّل لحالة الادخال الآتية :

$ABCD = 0110$

علماً بأن الحالات المحصورة بين 1010 الى 1111 هي حالات ممنوعة .

6.18 ماهي شبكة (لاو – لاو) للمعادلة الآتية :

$$Y = A\overline{B} + AC + BD$$

6.19 ارسم شبكة (لاو – لاو) للمعادلة الآتية :

$$Y = AB\overline{C} + A\overline{C}D + AB\overline{D}$$

6.20 بالرجوع الى الجدول (5.3) الذي يمثل جدول الواقع لدائرة اضافة كاملة . اكتب معادلة مجموع النتاجات لاخراج المحمل . وبسّط هذه المعادلة باستخدام خارطة كارنو . وأخيراً ارسم شبكة (لاو – لاو) للمعادلة المبسطة .

6.21 بالرجوع الى الجدول (5.3) . اكتب المعادلة البوولية لاخراج المجموع . ثم بسط هذه المعادلة بواسطة خارطة كارنو وارسم شبكة (لاو – لاو) لها .

الفصل السابع

المهزازات

المهزاز عبارة عن دائرة تذبذب تعمل بعنصرين فعالين active components ، صمما بحيث يعمل احدهما عندما يتوقف الثاني عن العمل وبالعكس . وللمهزازات قابلية خزن الاعداد الثنائية وعد النبضات pulses ، وتزمين العمليات الحسابية واعمال اخرى في النظم الرقمية . وهذا الفصل يوضح النقاط الآتية :

1. كيفية ربط اربع من دوائر المرجاح flip flop المتسلسلة للعد من 0 الى 15 .
2. خواص المرجاح D والمرجاح JK
3. عمل مقداح شمت Schmitt trigger ، وعمل المهزاز غير المستقر Astable multivibrator والمهزاز الاحادي الاستقرار mono stable multivibrator

7.1 المرجاح RS

المرجاح اسم آخر للمهزاز الثنائي الاستقرار bistable multivibrator ، الذي يكون طرف اخراجه ذا فولتية عالية او واطئة ، صفراً أو واحداً . وتبقى حالة الاخراج كما كانت عليه (صفراً او واحداً) حتى يغير حالتها تأثير مقداح ما من جهة الادخال

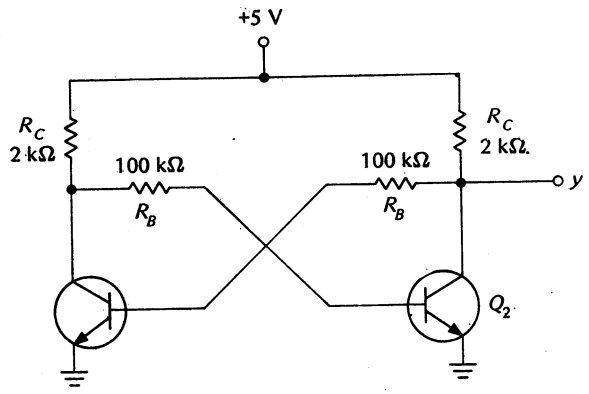
واول نوع من المهزازات الثنائية الاستقرار هو مرجاح RS (الشكل 7.1) حيث يتصل المجمع في كل ترانزستور بقاعدة الترانزستور الآخر ، فينتج بذلك اعادة تغذية موجبة positive feedback . فعند تشبع Q_1 ، فان جهد مجمعه الواطىء يجبر Q_2 على القطع (*) . وبالتناظر ، ينقطع Q_1 عند تشبع Q_2 لنحصل على حالتين مستقرتين هما : Q_1 مشبع عندما يكون Q_2 في حالة قطع ، او Q_1 في حالة قطع عندما Q_2 في حالة تشبع .

(*) يكون جهد الاشباع في المجمع V_{CE}(sat.) يساوي 0.1 فولت تقريباً ، حيث لا يكفي القاعدة التي تحتاج الى 0.7 فولت تقريباً .

ولضمان الحصول على حالتي الاشباع والقطع ، فان β_{de} يجب ان تكون اكبر من $\frac{R_B}{R_C}$ (أي نسبة مقاومة القاعدة على مقاومة المجمع) ، وتساوي هذه النسبة 50 (الشكل 7.1) ، لذا ينبغي استخدام ترانزستورات ذات β_{dc} اكبر من 50 .

وللسيطرة على حالة المرجاح ، علينا اضافة دائرة قدح في الادخال كما في الشكل (7.2) فاذا ماسلطنا جهداً عالياً على الطرف S[1] فان ذلك يؤدي الى تشبع Q_1 الذي يجبر Q_2 على القطع . وبعد تشبع Q_1 وقطع Q_2 يمكننا ازالة دائرة القدح من S . وتنقلب الحالة في الترانزستور عند تسليط جهد عال على R[2]

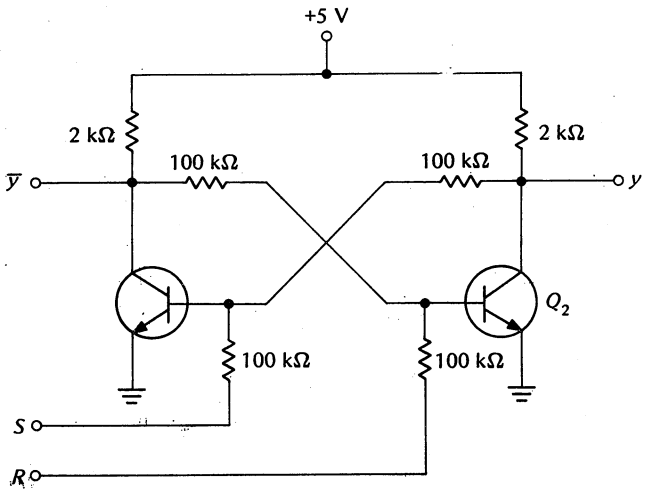
ونخلص الى أن تسليط جهد عال على الطرف S يضع y مساوية لـ 1 ، وتسليط جهد عال على R سيهبط بـ y الى الصفر .



شكل (7.1) : مرجاح أولي

Set ل S(1)

Reset ل R(2)



شكل (7.2) مرجاح RS

وتجدر الاشارة الى ان للمرجاح طرف اخراج ثان يعطي متمم الطرف y أي $\bar{y}$ ، لذا فان المرجاح يولد بفطرته المتغير ومتممه .

وفي الجدول(7.1)تلخيص لحالات المرجاح RS

R	S	y
0	0	القيمة السابقة
0	1	1
1	0	0

جدول (7.1) : المرجاح RS

في الحالة الاولى :

R S = 0 0

لم يسلَّط المقداح بعد ، لذا يحتفظ المرجاح بحالته التي كان عليها .
في الحالة الثانية :

R S = 0 1

سلطنا اشارة قدح على S لتضع y في حالة 1
وفي الحالة الثالثة

R S = 1 0

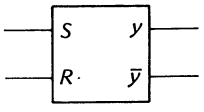
سلطنا اشارة القدح على R لتهبط بـ y الى 0 .

اما الحالة غير المذكورة في الجدول ،

R S = 1 1

فلا مفر من تفاديها خلاصاً من حالة التناقض اذ ان كلاً من S و R يسعى لفرض تأثيره على y ، وبالتالي يصعب التنبؤ بما ستكون عليه حالة y . وهذه هي نقطة الضعف التي يعاني منها مرجاح RS .

والشكل (7.2) يعطي تصميماً بدائياً لمرجاح RS ليس الا . وهناك تصاميم متطورة من حيث سرعة الاقلاب ، وممانعة الاخراج ... الخ ولا يهمنا في هذا الكتاب سوى معرفة ان رمز المرجاح هوكما في الشكل (7.3) ، وان Q تستعمل غالباً للاستعاضة عن y



شكل (7.3) : الرمز المنطقي للمرجاح RS

مثال 7.1

نستطيع تحويل مرجاح RS الى مرجاح مؤقت clocked RS flip flop كما في الشكل (7.4) ، اشرح عمل هذه الدائرة .

الحل :

عندما يكون طرف الادخال clock واطئاً ، فان ذلك يعني عجز disabled بوابتي (و) عن القيام بأي نشاط ، وبذلك تتأكد الحالة :

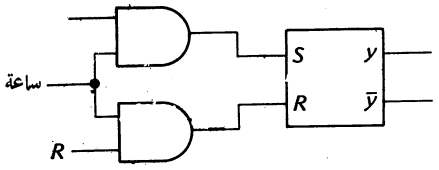
R S = 0 0

والتي تعني احتفاظ y بالحالة السابقة .

وتبدأ بوابتا (و) عملهما enabled عندما يكون الطرف clock عالياً ، وهنا ينتقل الدور الى كل من S و R للتأثير على المرجاح . وبذلك نستطيع القول بان هذا المرجاح مؤقت

مع طرف الـ Clock ، وبالتالي فان حالته لاتتغير الا بتغير اشارة الساعة clock .

وتوقيت المراجيح له اهميته في النظم الرقمية ، حيث يمكن بواسطة الموقت السيطرة على مئات المراجيح في آن واحد . وهذا التزامن ضروري جداً في مثل هذه النظم .

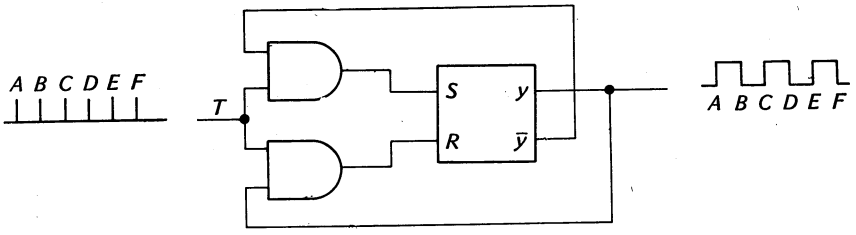


شكل (7.4) : مرجاح RS موقت

7.2 مرجاح T ومرجاح RST :

في الشكل (7.5) طريقة لبناء مرجاح قَدْحي Toggle (T) flip flop[1] .

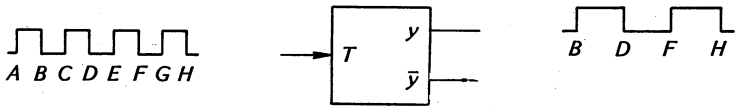
وعند تسليط قطار من النبضات النحيفة الى طرف الادخال T ، فان حالة المرجاح تتغير (تُتَمِّم) مع كل نبضة . فلوكانت y تساوي صفراً قبل وصول النبضة A فان بوابة (و) العلوية تكون مهيأة لاداء عملها بينما تعجز بوابة (و) السفلية عن ذلك . وعند وصول النبضة A ، فان S سيكون عالياً آنئذ مما يؤدي الى قلب y الى 1. (هنا افترضنا أن عرض النبضة أقل من زمن التأخير ممايضمن لنا تغيراً واحداً في طرف الاخراج) . وبمجرد تغير y الى 1 ستكون بوابة (و) السفلية مهيأة بينما تفقد العلوية ميزتها السابقة ، وعند النبضة B سيؤثر الطرف R على حالة المرجاح ليعيد y الى الصفر ثانية . وهكذا فان هذا الربط للبوابتين يقود قطار النبضات للتأثير على y ، لنحصل بالتالي وعند $\bar{y}$ على موجة زمنية يهبط تردد ها عن موجة الادخال الى النصف بسبب أن الدورة لا تتم الا بنبضتين .



شكل (7.5) : طريقة لبناء مرجاح T

(1) تأتي كلمة Toggle مشابهة في المعنى لكلمة Triggered . (المعربان) .

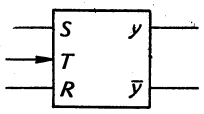
ولمرجاح T تصاميم عدة ، اذ بالامكان بناء مثل هذا المرجاح ليستجيب لنبضات سالبة فقط او ليستجيب لحافة النزول في الموجة المربعة – negative going edge of the square wave . والشكل (7.6) يعطينا رمزاً للمرجاح T .



شكل (7.6) : الرمز المنطقي لمرجاح T

وينبغي ان نتذكر بأن هذا الرمز يدل على المرجاح T الذي يستجيب لحافة النزول . ولهذا نجد أن التغييرات في موجة الاخراج تحدث عند النقاط B و D و F و H .... الـــــــخ

وهناك مراجيح تجمع بين عمل مرجاح RS ومرجاح T يطلق عليها اسم مراجيح RST وبها يمكن التحكم بـ R و S و T . ومن المهم معرفة ان مرجاح RST يعمل على فكرة السيد/ المسود master-slave الذي يستجيب لحافة الصعود للموجات الداخلة في R و S ولحافة النزول للموجة الداخلة في T ، وسيأتي شرحه في القسم (8.4) . ورمز مرجاح RST نجده في الشكل (7.7) .



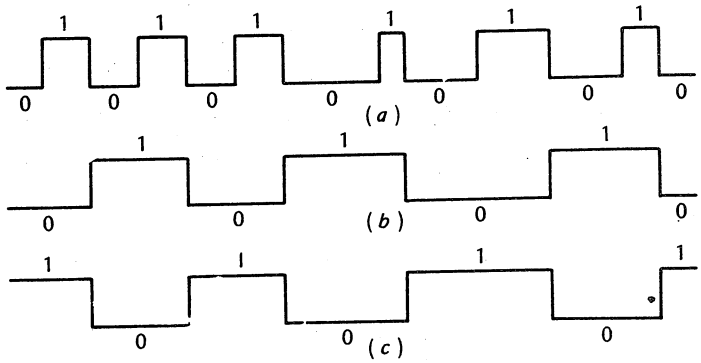
شكل (7.7) : الرمز المنطقي لمرجاح RST

مثال 7.2 :

اذا كانت موجة الشكل (7.8 a) تسوق طرف الادخال T لمرجاح الشكل (7.7) ارسم موجة الاخراج لـ y و $\bar{y}$ ، علماً بأن الحالة الاولية لـ y تساوي صفراً .

الحل :

تتغير حالة المرجاح عندما تهبط موجة الادخال من 1 الى الصفر . وبذلك تكون موجة الاخراج لـ y هي كما في الشكل (7.8 b) ولـ $\bar{y}$ كما في الشكل (7.8 c) .



شكل (7.8) : المثال (7.2)

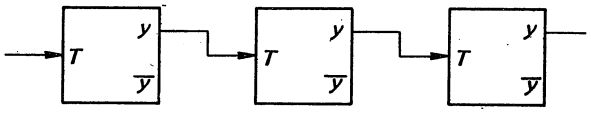
مثال 7.3 :

ربطت ثلاثة مراجيح من نوع T كما في الشكل (7.9) . فاذا كان التردد الداخل للمرجاح الاول يساوي 1000 هرتز ، فما هو التردد الخارج من المرجاح الاخير ؟

الحل :

في كل مرة تهبط فيها موجة الادخال من 1 الى 0 تتغير تبعاً لذلك حالة المرجاح الاول لينتج موجة بتردد 500 هرتز وهذه تدخل الى المرجاح الثاني لينتج موجة بتردد 250 هرتز التي تدخل بدورها المرجاح الاخير لينتج موجة بتردد قدره 125 هرتز .

والشكل (7.9) مثال على دائرة مقياس scaler التي تعرف بانها الدائرة التي تنتج دورة كاملة لعدد معين من دورات الادخال . وهنا نلاحظ ان هذا المقياس بنسبة 8 الى 1



شكل (7.9) : مقياس 8 الى 1

7.3 المعداد الثنائي ذو المراتب الاربع :

يمكننا ربط عدد من المراجيح لتشكيل معداد الكتروني الجهاز الذي يعد النبضات الداخلة . ويرينا الشكل (7.10) اربعة مراجيح متسلسلة من نوع RST حيث تسوق

(*) تحمل كلمة scaler معنىً مشابهاً للكلمة counter . (المعربان)

موجة مربعة المرجاح A ، الذي يسوق بدوره المرجاح B فالمرجاح C ، فالمرجاح D . وسنطلق على هذه الموجة المربعة اسم اشارة « التوقيت clock » signal ، لنر مايحدث لكل مرجاح مع كل اشارة توقيت ، ولنفرض ابتداء ان المراجيح الاربعة كانت في حالة صفر أي :

$$DCBA = 0000$$

(ويمكننا الحصول على مثل هذه الحالة بتغذية جميع اطراف R في المراجيح بحافة الصعود للنبضة وفي آن واحد) .

عند وصول اول اشارة توقيت ، تتغير حالة المرجاح A من 0 الى 1 عند حافة النزول فنحصل على :

$$DCBA = 0001$$

أي ان طرف الاخراج A سيتغير من 0 الى 1 وهذا يمثل بدوره حافة صعود للموجة الداخلة للمرجاح B والتي لاتكفي لتغيير حالة المرجاح B . وعند وصول اشارة التوقيت الثانية ، تتغير حالة المرجاح A مرة اخرى من 1 الى 0 وهذا يشكل حافة نزول للموجة الداخلة في المرجاح B وبذلك تكون كافية لتغيير حالة هذا المرجاح من 0 الى 1 والتي تمثل بدورها حافة صعود للموجة الداخلة في المرجاح C دون التأثير على حالته .

$$DCBA = 0010$$

وعند اشارة التوقيت الثالثة ، ينقلب المرجاح A من 0 الى 1 وهذا التغير الموجب لايؤثر في المرجاح B وبذلك نحصل على :

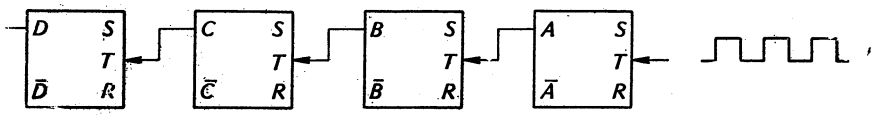
$$D\,C\,B\,A = 0011$$

وعند اشارة التوقيت الرابعة ، ينقلب المرجاح A من 1 الى 0 ، فتنقلب B من 1 الى 0 ايضاً مما يؤثر على المرجاح C فتتغير حالته من 0 الى 1 لنحصل على :

$$DCBA = 0100$$

لاحظ ان حالة هذا المعداد تتغير وفق عدد النبضات الداخلة بشكلها الثنائي ، أي : 0000 فـ 0001 فـ 0010 فـ 0011 فـ 0100 (وهو التسلسل المعروف للاعداد الثنائية).

ولو استمرينا في تحليل عمل دائرة الشكل (7.10) لوجدناها تتفق تماماً مع الجدول (7.2) . (وننصح الطالب بأن يتتبع جميع الحالات المذكورة في الجدول ، كما فعلنا في الخطوات الاربع الاولى).



شكل (7.10) : معداد ثنائي ذو أربعة ارقام

نبضات توقيت	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

جدول(7.2) معداد ثنائي ذو أربعة أرقام

لاحظ ايضاً ان هذا المعداد يعد لغاية 15 ،فماذا يحدث عند الاشارة 16 ؟

يتغير المرجاح A تغيراً سالبا (من 1 الى 0) ، وبذلك يؤثرعلى المرجاح B فيغيره الى الصفر أيضاً الذي يؤثرعلى المرجاح C فيغيره الى الصفروكذلك الحال مع المرجاح D لنجد في النهاية أن :

DCBA = 0000

حيث يعيد الجدول (7.2) نفسه من جديد .

وجدنا قبل قليل كيف ان اربعة مراجيح متسلسلة اعطتنا 16 (2^4) حالة ، فاذا ما تم ربط n من المراجيح فاننا سنحصل على 2^n من الحالات . فخمسة مراجيح تعطينا 32 (2^5) حالة من 00000 الى 11111 ، وستة مراجيح تعطينا 64 (2^6) حالة من 000000 الى 111111 ، وهكذا ، لنصل الى ان اعلى عدد لـ n من المراجيح هو :

$2^n - 1$

اذ ان اربعة مراجيح تعطينا 15 كأعلى عدد ، وخمسة مراجيح 31 ، وستة مراجيح 63 وهكذا ، هذا المعداد الذي فيه يساق المرجاح اللاحق بالمرجاح السابق ، يسمى بالمعداد المتموج Ripple counter . فلا يمكن للمرجاح D ان يتغير مالم يتغير C وهذا لايتغير مالم يتغير B ، الذي بدوره لايتغير مالم يتغير A في دورة كاملة . ولهذا السبب يكون زمن التأخير الكلي مساوياً لمجموع ازمان التاخيرات الجزئية لكل المراجيح . فلوكان المعداد يتكون من اربعة مراجيح 10 نانو ثانية لكل مرجاح ، فان زمن التأخير الكلي سيساوي 40 نانو ثانية .

وبالمناسبة ، فان المعداد ذا المراتب الاربع يتوفر تجارياً في دوائر MSI ، وخير مثال على ذلك النوع 7493 في سلسلة 7400 TTL والذي يتطابق جدول واقعه مع الجدول (7.2) . وللمعداد 7493 الصفات الآتية : طوطمي الاخراج ، أسوأ زمن تأخير = 70 نانو ثانية ، الاستهلاك 130 ميللي واط . كما يمتلك هذا المعداد طرف تصفير ومزايا اخرى تذكر عادة في ورقة البيانات الخاصة به .

7.4 المعداد العشري :

نتيجة لتعودنا على النظام العشري ، فاننا نفضله على المعداد الثنائي اذ له عشر حالات متميزة . والطريقة المعروفة للحصول على هذه الحالات العشر هي باستخدام المعداد ذي المراجيح الاربعة مع تجاوز الحالات الست التي لا يمثلها النظام العشري .

ونقتصر في هذا الفصل على طريقة واحدة – من عدة طرائق ستشرح في الفصل القادم – للحصول على المعداد العشري . وهذه الطريقة شبيهة بمعداد 8421 BCD ، وموضحة في الشكل (7.11) حيث نبدأ بـ :

DCBA = 0000

وبمرور اشارة التوقيت الاولى تتغير A من 0 الى 1 تغيراً موجباً ، ينتقل الى B خلال بوابة (و) دون ان يؤثر فيه ، لنحصل على :

DCBA = 0001

وتبقى بوابة (و) مهيأة لنقل الاشارة الى B مادامت $\overline{D}$ تساوي 1 ، ولهذا السبب ، فان المعداد يعمل بصورة طبيعية حتى الاشارة السابعة ، أي عندما :

DCBA = 0111

وعند حافة نزول اشارة التوقيت الثامنة ، تتغير A من 1 الى 0 ، ولما تزل بوابة (و) مهيأة للعمل مما يؤدي الى نقل الاشارة الى B فتغيرها من 1 الى 0 التي تؤثر بدورها على C لتغيرها من 1 الى 0 وبذلك تتغير D من 0 الى 1 حينئذ يبطل نشاط بوابة (و) لأن $\overline{D}$ تساوي 0 ، فنحصل على :

DCBA = 1000

عند حافة نزول اشارة التوقيت التاسعة تتغير A من 0 الى 1 ، و $\overline{A}$ من 1 الى 0 . وليس هناك من تأثير على المرجاح D ، لذا تكون :

DCBA = 1001

وما ان تجيء الاشارة العاشرة ، حتى يتصفر المعداد بسرعة ، لسببين :

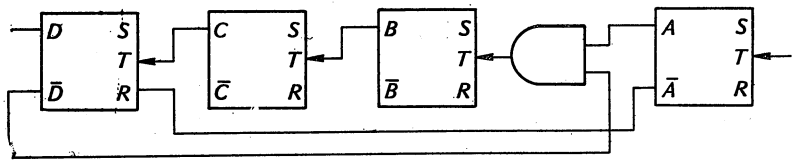
1 - المرجاح A يذهب الى الصفر لنحصل موقتاً على :

DCBA = 1000

2 - ذهاب A الى الصفر يؤدي بـ $\overline{A}$ الى 1 ، وهذا التغير الموجب يؤثر على الطرف R للمرجاح D فيصفره . وبذلك تكون :

DCBA = 0000

والجدول (7.3) يختصر حالات هذا المعداد .

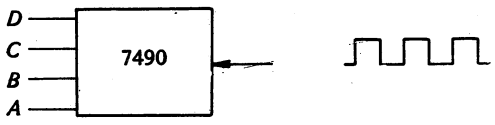


شكل (7.11) : معداد عُشري

العد	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

جدول (7.3) : معداد 8421

وبالامكان بناء معدادات عشرية لرموز اخرى من BCD . الا أن معداد 8421 هو اكثرها اشتهاراً ، لذلك يتوفر كـ MSI ضمن السلسلة TTL 7400 بالرقم 7490 (الشكل 7.12). وتتلخص مزاياه في : استهلاك قدرة قدرها 145 ميللي واط ، واسوأ زمن تأخير يقدر بـ 50 نانو ثانية ، وباخراج طوطمي ..... الخ .



شكل (7.12) : الرمز المنطقي لـ 7490

وللعد بعد 10 ، نربط عدة معدادات عشرية ، وفي الشكل (7.13) ثلاثة من 7490 تبدأ بـ :

DCBA = 0000

(ويحدث ذلك بتسليط نبضة تصفير reset pulse آنياً على جميع 7490). وبعد تسع اشارات توقيت يحصل معداد الآحاد على :

DCBA = 1001

بينما تبقى معدادات المراتب الأخرى مصفّرة .
عند اشارة التوقيت العاشرة ، تتغير D في معداد الآحاد من 1 الى 0 فتغيّر A في معداد

العشرات الى 1 لنحصل على :

0000 0001 0000

ومع مرور كل اشارة توقيت يتقدم معداد الآحاد بـ 1 ، وبعد كل عشر اشارات يتقدم معداد العشرات بـ 1 ، وبعد 99 اشارة نحصل على الشكل الآتي :

0000 1001 1001

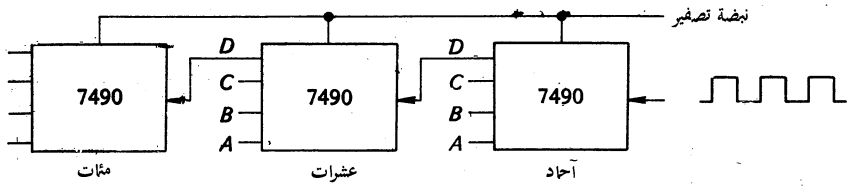
والذي يكافيء العشري 99 .

بعد مرور الاشارة المائة ، تتصفر مرتبتا الآحاد والعشرات ، وتتأثر مرتبة المئات فتتقدم بـ1.

0001 0000 0000

ويكافيء العشري 100 .

وهكذا نجد أن بامكاننا العد الى 999 باستخدام ثلاثة معدادات من نوع 7490 . وبزيادة عدد المعدادات يزداد حجم العد ، ولكي نعد لغاية 999 999 99 نحتاج الى ثمانية من 7490 . ولقد شاع استعمال مثل هذه المعدادات في معداد التردد ومقياس الفولتية الرقمية ..... الخ .

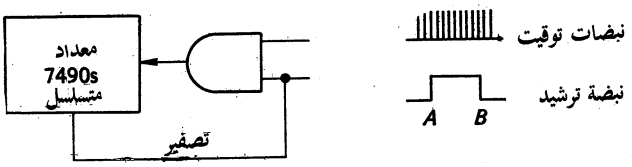


شكل (7.13) : معداد 7490 لغاية 999

7.5 ترشيد المعداد :

يقصد بترشيد المعداد ، تهيئته لعد النبضات الداخلة لفترة محددة من الزمن وكما هو موضح في الشكل (7.14) حيث تسوق بوابة (و) سلسلة من 7490 (كالتي في الشكل 7.13) ولتنفيذ العملية ، يسلط على احد طرفي الادخال لبوابة (و) قطار من نبضات التوقيت ، كما يسلط على الطرف الثاني للبوابة نبضة ترشيد gating pulse .

عند النقطة A **يصفر المعداد** ، كما يتم في الوقت نفسه اعداد بوابة (و) لأمرار نبضات التوقيت ولغاية النقطة B . بعد هذه النقطة تقفل هذه البوابة حاجزاً أمام نبضات التوقيت فلا تسمح لها بالعبور . ويبقى المعداد محافظاً على آخر عد وصله ولحين مجيء نبضة ترشيد اخرى .



شكل (7.14) : معداد مرشد

وتعتمد دقة العد على عرض نبضة الترشيد ، لذلك يتوجب ضبط هذه النبضة الى اقصى حد ممكن . والشكل (7.15) يوضح طريقة للحصول على نبضات ترشيد مضبوطة باستعمال تردد قياسي قدره 5 ميكا هرتز تقسم على 10 بالتتابع . وبعد التقسيم السابع تصبح فترة النبضة ثانيتين ، وبذلك تكون فترة النصف الموجب للتردد الواحد ثانية واحدة بالضبط وهذه تستعمل بدورها كنبضة ترشيد .

شكل (7.15) : سوق نبضة ترشيد دقيقة

مثـال 7.4 :

افرض ان عرض نبضة الترشيد في الشكل (7.14) يساوي 10 ثوان . فاذا كان تردد نبضات التوقيت يساوي 579 هرتز فما هي قراءة المعداد بعد انتهاء نبضة الترشيد ؟ وما هو المكافىء BCD لاطراف اخراج 7490 ؟

الحـل :

في خلال ثانية واحدة ستمر 579 نبضة توقيت ، لذا فان مجموع نبضات التوقيت المارة خلال 10 ثوان سيكون 5790 والتي تمثل قراءة المعداد نفسه .

أما مكافئها الـ BCD فهو :

0101 0111 1001 0000

مثـال 7.5 :

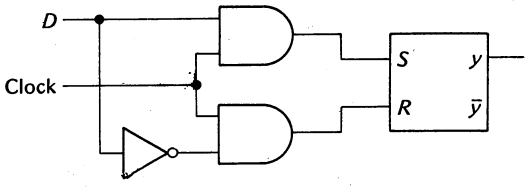
افرض ان العرض المطلوب للنصف الموجب من نبضة الترشيد في الشكل (7.15) هو ميللي ثانية بدلاً من ثانية واحدة . كم تحتاج من 7490 ؟

الحـل :

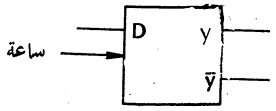
مادام عرض النصف الموجب يساوي 10 ميللي ثانية ، فان العرض الكلي لدورة تردد كاملة سيكون 20 ميللي ثانية ، أي ان التردد يساوي $\frac{1}{20 \text{ ميللي ثانية}}$ = 50 هرتز . ونتيجة لحاصل قسمة 5 ميكاهرتز سنحتاج الى خمسة من 7490

7.6 المرجاح D :

يبين الشكل (7.16) طريقة مبسطة لبناء مرجاح التأخير delayD flip flop وهذا النوع من المراجيح يمنع وصول الاشارة المسلطة على D الى y لحين حدوث نبضة توقيت . ويعمل مرجاح D كالآتي : عند عدم وجود نبضة توقيت تكون كلتا البوابتين في حالة عجز وبذلك لاتأثير لـ D على المرجاح ، الا أن البوابتين تنشطان عند حدوث نبضة توقيت وهنا تنتقل الاشارة المسلطة على D الى y . ويبقى المرجاح محافظاً على قيمة D الاخيرة حتى بعد غياب نبضة التوقيت ، وفي الشكل (7.17) الرمز المستعمل لمرجاح D .



شكل (7.16) : طريقة لبناء مرجاح D



شكل (7.17) : الرمز المنطقي لمرجاح D

ولهذا المرجاح اسم آخر ، اذ يعرف ايضاً بمزلاج D D-type latch ، ويستخدم بكثرة في الخزن الموقت كما في معدادات التردد وأجهزة القياس الرقمية .... الخ .

ويُعرّف الشكل (7.18) فكرة الخزن الموقت ، حيث تسوق نبضة التوقيت اربعة من مراجيح D . فعندما تعلو نبضة التوقيت تنتقل البيانات الداخلة عبر المراجيح الى الخارج .

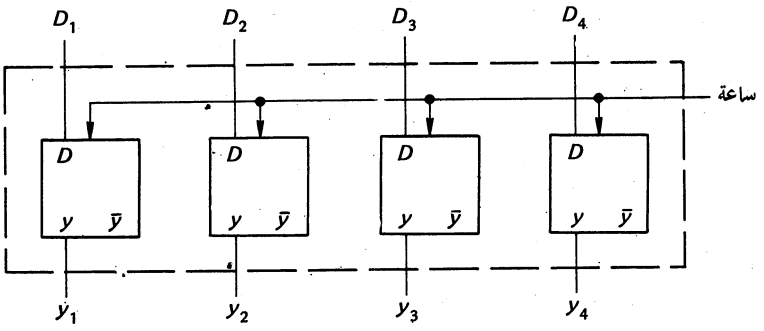
وعند هبوطها الى الصفر تبقى هذه البيانات مخزونة في المراجيح . لنفرض البيانات الداخلة هي :

$$D_1\ D_2\ D_3\ D_4 = 0111$$

عند صعود نبضة التوقيت ، تنتقل هذه البيانات الى الخارج :

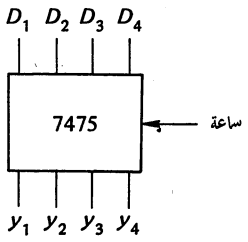
$$y_1\ y_2\ y_3\ y_4 = 0111$$

وعند هبوطها ، تبقى هذه البيانات محفوظة لا تتغير حتى ولو تغيرت البيانات في D طالما غابت نبضة التوقيت عن المرجاح .



شكل (7.18) : مخزن وقتي لأربعة أرقام ثنائية

يحتوي 7475 من TTL MSI على اربعةمزاليج D ، والذي يُطلق عليه احياناً اسم المزلاج الثنائي الاستقرار الرباعي quad bistable latch ، وهذا النوع نموذجي في تعامله مع الكليمات ذات الارقام الاربعة . ومن الآن فصاعداً سنرمز لـ 7475 بالرمز المبين في الشكل (7.19)



الشكل (19 - 7) : الرمز المنطقي لـ 7475

يعطي الشكل (7.20) استعمالات شائعة لـ 7475 . وفي الاساس فإن 7475 تهيىء مخزناً وقتياً للناتج النهائي في 7490 . والغاية من ذلك هي لتجنب الارتعاش الضوئي خلال قيام 7490 بالعد . وهنا شرح مختصر للعمل : فبين النقطتين الزمنيتين A و B تقوم 7490

بالعد واخراجاتها الـ BCD تتغير باستمرار وتمثل في الوقت نفسه ادخالات الى 7475 وبوجود دائرة التعاكس ستعجز الـ 7475 حينما يأخذ العد مجراه .

وفي نهاية العد يكون الاخراج الـ BCD لـ 7490 هو :

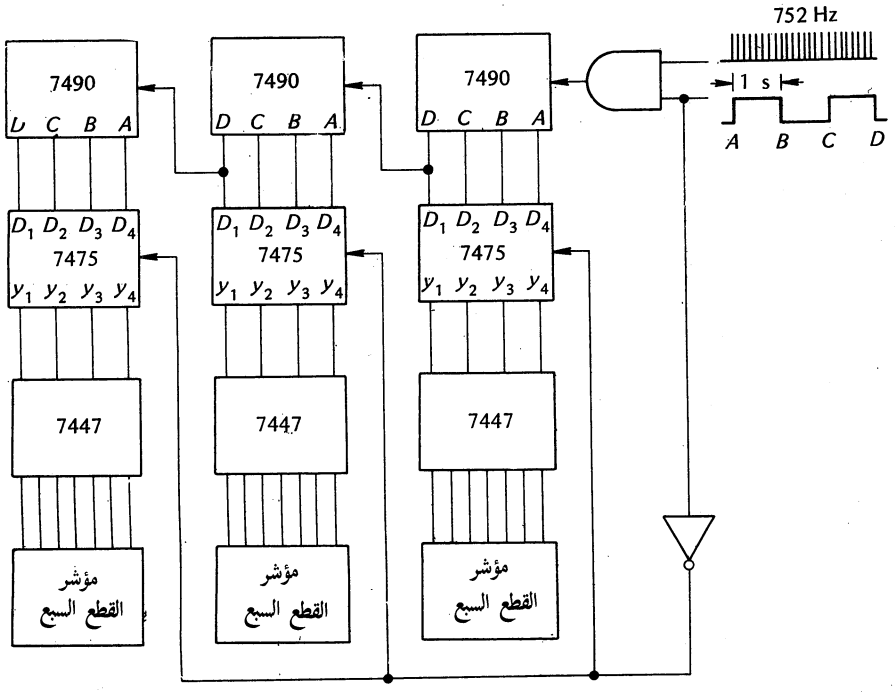
0111 0101 0010

والسبب هو ان ذبذبة نبضات التوقيت المتقاربة هي 752 هرتز . في النقطة B تنشط 7475 وعندئذ ينتقل الاخراج BCD لـ 7490 من 7475 الى 7447 . وكما تعرف فان 7447 هي دائرة حلال سائق نوع BCD ومناسبة لسياقة مؤشرات القطع السبع ومن ثم ، وبدءاً بالنقطة B يظهر العدد 752 على الشاشة .

عند النقطة C ، تتصفر 7490 ليبدأ عدد جديد . وفي اللحظة ذاتها ، تعجز 7475 فيبقى الاخراج BCD السابق مخزوناً فيها :

0111 0101 0010

ويخزن هذا العدد بصورة مؤقتة عند انشغال 7490 بالعد الجديد . وبهذه الطريقة يبقى العشري 752 ظاهراً على الشاشة بينما يستمر العد الجديد . لذا وعند النقطة D ، يجري تحديث المعلومات الظاهرة في الشاشة فتتحول الى قيمة العد الجديد .

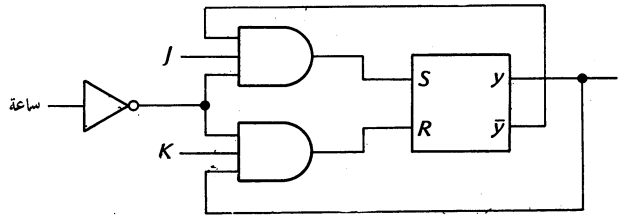


شكل (7.20) : معداد عشري مع مخزن وقتي ، حلاّل ومؤشر .

قبل توفر 7475 ، كانت اخراجات الـBCD في 7490 تنتقل مباشرة الى 7447 مما يؤدي الى ظهور الارتعاش الضوئي في القيمة المعروضة عند تقدم العد ، بينما تخلصت الآن معدادات الذبذبة ، واجهزة قياس الفولتية الرقمية وغيرها من هذا الارتعاش باستعمال 7475 .

7.7 المرجاح JK

في الشكل (7.21) طريقة لبناء مرجاح JK . ولاسباب ذكرت في الفصل الثامن (تحت فكرة السيد / المسود) نميل الى تغيير الحالة عند حافة النزول لنبضة التوقيت ، ولاجل ذلك وضعت دائرة (لا) في طريق نبضة التوقيت لتحقيق ذلك .



شكل (7.21) : طريقة لبناء مرجاح JK

ولتحليل عمل المرجاح هذا ، هناك اربع حالات .

الحالة الاولى : $J = 0 \quad , \quad K = 0$

في هذه الحالة تعجز بوابتا (و) عن العمل فلا تتأثر حالة المرجاح اذ تبقى y على الحالة التي كانت عليها .

الحالة الثانية : $J = 0 \quad , \quad K = 1$

تبقى بوابة (و) العلوية عاجزة ، بينما تنشط البوابة السفلى فيما اذا كانت y تساوي 1. لذا فان حافة النزول لنبضة التوقيت القادمة ستصفر المرجاح ان لم يكن مصفراً .

الحالة الثالثة : $J = 1 \quad K = 0$

تنشط البوابة العليا اذا كانت y تساوي 1 بينما تعجز السفلى عن العمل ، نتيجة لذلك فان حافة نزول التوقيت القادمة ستقود بالمرجاح الى الـ 1 ان لم يكن كذلك .

الحالة الرابعة : $J = 1 \quad , \quad K = 0$

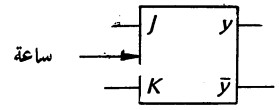
هنا ، تنشط البوابة العليا اذا كانت y تساوي 0 وتعجز السفلى . عندها تضع نبضة التوقيت المرجاح في حالة 1 . اما اذا كانت y تساوي 1 فان البوابة السفلى هي التي ستنشط وبذلك تؤدي نبضة التوقيت بالمرجاح الى الصفر . بكلمة اخرى فان مثل هذه الحالة (أي عندما تكون J و K تساويان 1) ستقلب حالة المرجاح دائماً .

ويختصر الجدول (7.4) هذه الحالات الاربع ، بينما يرينا الشكل (7.22) الرمز المستعمل للمرجاح JK .

ونلفت انتباه الطالب الى اننا سنرسم الحالة الرابعة (J تساوي 1 و K تساوي 1) للمرجاح مبسطة بترك اطراف الادخال J وK دون اتصال (وسنشرح ذلك بالقسم 8.3).

J	k	الاخراج بعد الحافة y السالبة من نبضة التوقيت
0	0	كما كانت عليه سابقاً
0	1	صفر 0
1	0	ضع 1
1	1	قلب (عكس) الحالة السابقة

جدول (7.4) المرجاح JK



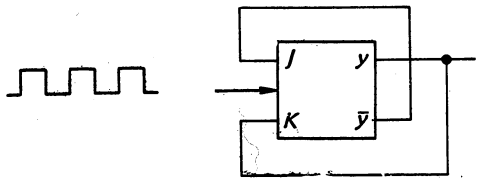
شكل (7.22) : الرمز المنطقي للمرجاح

مثال 7.6 :

في الشكل (7.23) ربطت y بـ K و $\bar{y}$ بـ J . اشرح عمل هذا المرجاح .

الحل :

عندما تكون y مساوية للصفر ، فان J تساوي 1 و K تساوي 0 وبذلك ستنقلب y الى 1 بعد مرور نبضة التوقيت . بعدئذ تصبح J صفراً و K واحداً فتعود y لتتصفر ثانية . أي ان عمل الدائرة في الشكل (7.23) يشابه عمل مرجاح T تماماً .

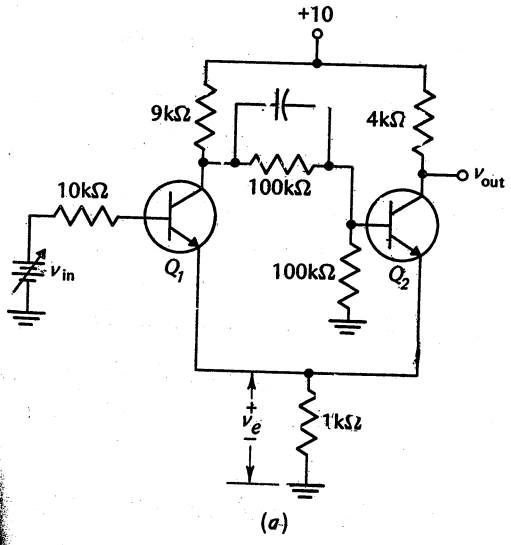


شكل (7.23) : مرجاح JK يعمل مثل مرجاح T

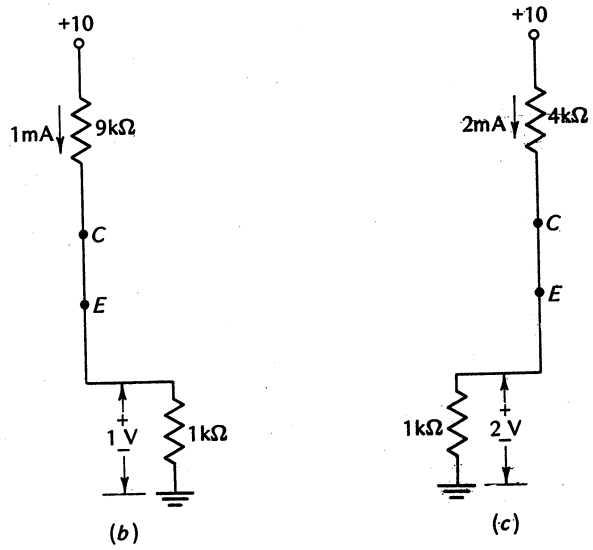
وبالمناسبة ، ورجوعاً الى الجبر البُوولي والمنطق ، فان كثيراً من الناس تستعمل كلمة حقيقي وكاذب بدلاً من 1و 0 . وبالامكان شرح عمل هذه الدائرة بموجب هذين الاصطلاحين . فعندما يكون الاخراج y كاذباً ، فان الادخال J حقيقي والادخال K كاذب . وتقود الحافة السالبة القادمة لنبضة التوقيت الى تغيير حالة y الكاذبة الى حقيقية . وفي اللحظة التي يحدث فيها ذلك ، يصبح J كاذباً و K حقيقياً ، وتؤدي حافة سالبة لنبضة توقيت اخرى بتحويل y الى الحالة الكاذبة ثانية .

7.8 مقداح شمت :

يستقر مقداح شمت على احدى حالتين ، لذا فهو يقع ضمن المهزازات الثنائية الاستقرار ويختلف هذا المقداح عن نظيره (المرجاح) بارتباط كلا الترانزستورين بمقاوم انبعاثي مشترك بدلاً من ربط مجمع احد الترانزستورين بقاعدة الآخر . والشكل (7.24 a) يرينا طريقة لبناء مقداح شمت .



(a)



شكل (7.24) : مقداح شمت

عندما يكون Q_1 في حالة توصيل يكون Q_2 في حالة قطع والعكس بالعكس . ولفهم عمل الدائرة ، افرض ان فولتية الادخال V_{in} تساوي صفراً . تحت هذه الظروف لا يسري اي تيار قاعدي في Q_1 وبالتالي لا يمر اي تيار في مجمعه . أما قاعدة Q_2 فتستلم فولتيتها مجزأة من المقاومتين ذواتي الـ 100 كيلواوم ، اذ تكون كافية لاشباع Q_2 (الشكل 7.24 c) حيث تظهر فولتية الباعث بالنسبة للارض مساوية لـ 2 فولت ، وبذلك تكون فولتية الاخراج مساوية لـ2فولت تقريباً . وطالما بقيت فولتية الباعث مساوية لـ2فولت ، فان أية قيمة لـ V_{in} أقل من 2 فولت ستبقي Q_1 في حالة قطع (يبقى الثنائي المشكل من القاعدة والباعث ذا انحياز عكسي) ، وتبقى فولتية الاخراج مساوية لـ 2 فولت .

وعندما تزداد فولتية الادخال عن 2فولت يشرع تيار قاعدة Q_1 بالسريان ، واذ يحدث ذلك ، ينفسح المجال أمام تيار مجمع Q_1 بالسريان لتقل بذلك فولتيته . وينتقل هذا الهبوط في الفولتية عبر متسعة الاسراع speed up capacitor الى قاعدة Q_2 فيخرجه من حالة الاشباع . هذا الهبوط الحاصل في تيار Q_2 نتيجة خروجه من حالة الاشباع يقلل من فولتية

الباعث Ve مما يؤدي الى زيادة توصيل Q_1 لتقل فولتيته أكثر فأكثر . وتتكرر هذه الحالة بين Q_1 و Q_2 الى أن يتشبع Q_1 لينقطع Q_2 عندها ترتفع فولتية اخراج Q_2 الى 10 فولت لعدم مرور تيار خلال المقاوم 4 كيلوأوم . أن عملية الاقلاب بين القطع والاشباع تتم بسرعة ، وبذلك يمكننا القول بأن V_{out} تتغير فجأة بين 2 و 10 فولت .

ان اية زيادة اخرى في فولتية ادخال Q_1 ستزيد من تيار قاعدته ، فتبقي فولتية الاخراج 10 فولت طالما بقيت Q_2 في حالة قطع .

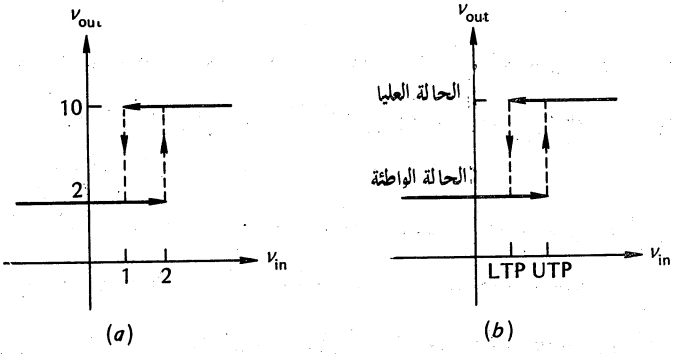
لاحظ انه ببقاء Q_1 مشبعاً ، فان فولتية الباعث – الارض ستساوي 1 فولت كما في الشكل (7.24 b) . ان الطريقة الوحيدة لارجاع فولتية الاخراج من 10 فولت الى 2 فولت تتم بتقليل فولتية الادخال لـ Q_1 . وبما ان فولتية الباعث عند تشبع Q_1 تساوي 1 فولت فانه يجب تقليل الادخال الى حوالي 1 فولت ليتسنى لـ Q_1 الخروج من حالة الاشباع الذي يقود بدوره الى زيادة فولتية مجمعه ليجبر Q_2 على التوصيل . وعند توصيل Q_2 تزداد فولتية الباعث ليقل التيار في Q_1 اكثر فاكثر . وهكذا حتى ينقطع Q_1 ليتشبع Q_2 فتعود الدائرة كما كانت عليه .

يختصر الشكل (7.25 a) عمل مقداح شمت ، حيث تكون فولتية اخراجه 2 فولت او 10 فولت.وعندما تكون V_{out} واطئة ، فانه من الضروري زيادة V_{in} عن 2 فولت كي ترفع V_{out} الى الحالة العليا . وتبقى V_{out} على هذه الحالة مالم تقّل V_{in} عن 1 فولت فان قلت فستهبط V_{out} الى 2 فولت . والخط المنقط في الشكل المذكور يشير الى سرعة الاقلاب . ويبين الشكل (7.25 b) هذه العلاقة بصورة عامة لكل مقداح من هذا النوع . وتدعى V_{in} التي تتسبب في رفع حالة الاخراج الى الاعلى بنقطة الاقفال العليا Upper Trip Point (UTP) وقيمة V_{in} التي تهبط بحالة الاخراج الى الاسفل تسمى نقطة الاقفال السفلى Lower Trip Point (LTP).

يتحسس مقداح شمت أي تغير سعوي ، ففي اللحظة التي تعبر فيها فولتية الادخال نقطة الاقفال العليا تنقلب فولتية الاخراج من الحالة الواطئة الى الحالة العليا ، أي من 0 الى 1 منطقياً . وعندما تقل فولتية الادخال عن نقطة الاقفال السفلى ، تنقلب حالة الاخراج من 1 الى 0 .

ولهذا السبب يستعمل مقداح شمت لكشف أي تجاوز في مستويات معينة من الفولتية . ان الفرق بين UTP و LTP (الشكل 7.25 b) ينتج تخلفاً hystersis في فعل الاقلاب ، وبالامكان ازالة هذا التخلف بجعل LTP مساوية لـ UTP الا ان وجود قليل من هذا التخلف يضمن السرعة في الاقلاب .

ان مقداح شمت هو احد الامثلة لصنف من الدوائر تعرف بـ (مقارنات الفولتية – Voltage comparator) التي تستعمل للكشف عن مستويات معينة ، ولهذه الدوائر فائدتها في تصميم دوائر التحويل من النظرية analog الى الرقمية digital .



شكل (7.25) : خواص مقداح شمت

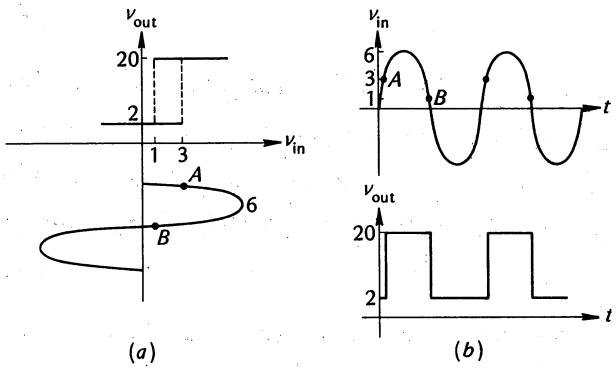
مثال 7.7 :

اذا امتلك مقداح شمت للمزايا الآتية : UTP تساوي 3 فولت LTP تساوي 1 فولت ، الفولتية العليا 20 فولت ، والفولتية السفلى 2 فولت ارسم فولتية الاخراج اذا كانت فولتية الادخال جيبية وذات سعة 6 فولت .

الحل :

نرسم العلاقة بين فولتية الاخراج والادخال للمقداح كما في الشكل (7.26 a) وعند ازدياد الفولتية الجيبية عن 3 فولت ، ينقلب المقداح من الحالة الواطئة الى العالية ، ويحدث ذلك في النقطة الزمنية A . ويبقى المقداح على حالته العالية تلك لحين هبوط

فولتية الادخال دون 1 فولت ، بعدها تنقلب حالة الاخراج الى الحالة الواطئة عند النقطة الزمنية B . وهكذا نستطيع رسم موجتي الادخال والاخراج كما في الشكل (7.26 b) نجد هنا ان الاستعمال الرئيس لمقداح شمت هو لتحويل الموجة الجيبية الى موجة مستطيلة rectangular wave .



شكل (7.26) المثال (7.7)

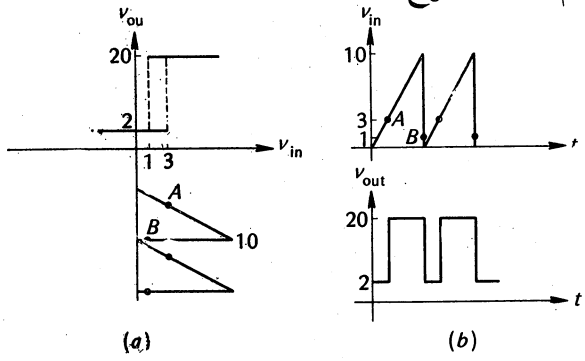
مثال 7.8 :

ارسم موجة الاخراج للمثال السابق اذا كانت موجة الادخال موجة منشارية sawtooth وبسعة 10 فولت .

الحل :

يعطي الشكل (7.27 a) خواص المقداح والموجة المنشارية التي تؤدي الى قدحة عند صعودها الى 3 فولت . وعند ارتدادها flyback الى الصفر ينقلب المقداح الى حالته الواطئة 1 فولت .

اما الشكل (7.27 b) فيرسم موجة الاخراج .



شكل (7.27) : المثال ((7.8)

وكلما سيق مقداح شمت بموجة دورية ذات سعة تزيد عن UTP يخرج لنا المقداح موجة مستطيلة . وبالامكان التحكم بنقاط اقفال المقداح اذ يرينا الشكل (7.28 a) كيف يتم ذلك باستخدام مقاوم متغير في الباعث بينما يبين الشكل (7.28 b) طريقة اخرى في التحكم بنقاط الاقفال وذلك بربط مقاوم الباعث بمصدر سالب مما يتيح لنا الحصول على نقاط أقفال سالبة .

7.9 المهزاز المستقر :

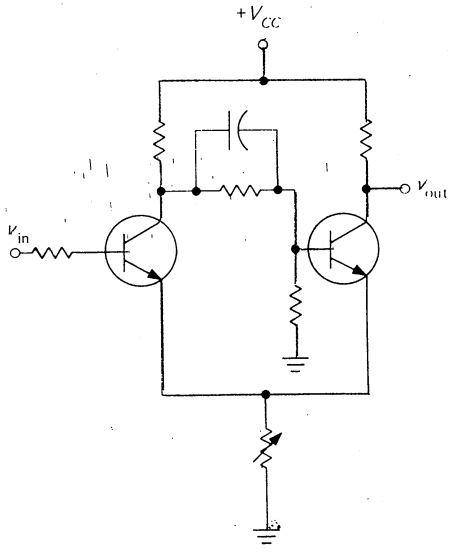
بالرغم من امتلاك هذا المهزاز لحالتين فقط ، الا انه لا يستقر على أي منهما ، فهو دائم التذبذب بينهما ، مخرجاً موجة مربعة ، لذا يمكن اعتبار هذا المهزاز كمذبذب موجة مربعة oscillator كما يطلق عليه ايضاً أسم المهزاز الحر الحركة free running multivibrator ويعتبر هذا المهزاز قلب النظم الرقمية ، ولذا يطلق عليه اسم الساعة Clock ، اذ تتزامن وحدات النظام الرقمي بواسطته .

يرينا الشكل (7.29) دائرة مهزاز مبسطة باستعمال ترانزستورين يتناوبان في القطع والاشباع وبعد تحليل هذه الدائرة نجد ان زمن الدورة الواحدة المربعة (T) هو :

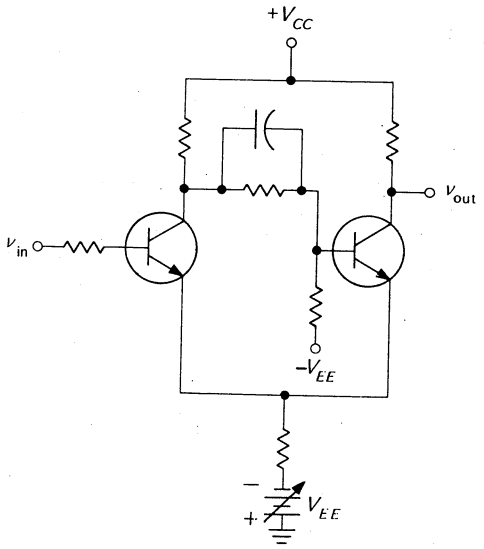
$$T \triangleq 1.4\ RC \qquad (7.1)$$

حيث ان R تساوي قيمة مقاوم القاعدة ، و C قيمة المتسعة الرابطة . وبذلك يكون تردد الموجة المربعة هو :

$$f \triangleq \frac{0{\cdot}7}{RC} \qquad (7.2)$$

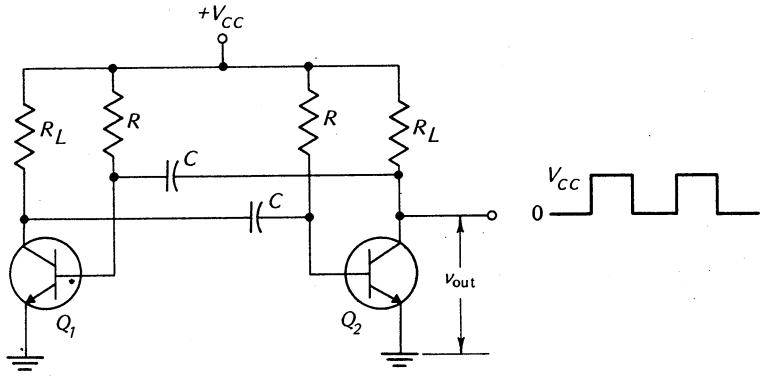


(a)



(b)

شكل (7.28) : مقاديح شمت بنقاط تحكم للاقفال



شكل (7.29) : مهزاز غير مستقر

ولضمان تشبع الترانزستور ، ينبغي ان تكون قيمة β لكل ترانزستور اكبر من النسبة بين مقاوم القاعدة الى مقاوم الحمل .

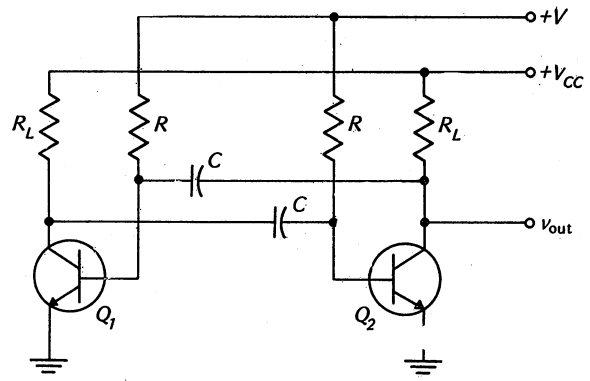
$$\beta > \frac{R}{R_L} \qquad (7.3)$$

فاذا كانت R تساوي 400 كيلواوم ، و R_L تساوي 20 كيلواوم فان β يجب ان تزيد عن $\frac{400}{20}$ ، أي اكبر من 20 .

ودائرة الشكل (7.29) دائرة متماثلة تتساوى فيها قيمتا مقاومي القاعدة والحمل والسعة ، لذا يمكث كل ترانزستور على حالة ما بمدة مشابهة للمدة التي يمكث فيها الترانزستور الثاني على الحالة الاخرى . ولاجل ذلك تكون موجة الاخراج مربعة الشكل . وللحصول على موجة غير متماثلة (مستطيلة) نغير رقم مقاومي القاعدة و / أو قيم المتسعتين . ولكي نغير تردد نبضة التوقيت ، نستعمل متسعتين تتغيران سوية .

في الشكل (7.30) طريقة اخرى للتحكم في قيمة التردد ، بربط مصدر يسوق مقاومي القاعدة لكي يتغير التردد بتغير قيمة هذا المصدر . والمعادلة الآتية تحسب زمن التردد بهذه الطريقة :

$$T = 2RC \ln\left(1 + \frac{V_{cc}}{V_{\beta}^{\beta}}\right) \qquad (7.4)$$



شكل (7.30) : ساعة توقيت موجهة بفولتية

مثال 7.9 :

اذا كانت قيمتا مقاومي القاعدة في الشكل (7.29) تساوي 100 كيلو اوم ، وقيمتا

المتسعتين تساوي 1000 بيكو فاراد . اوجد القيمة التقريبية للتردد .

الحل :

بتطبيق المعادلة (7.2) نحصل على :

$$f = \frac{0.7}{RC} = \frac{0.7}{100(10^3)1000(10^{-12})} = 7 \text{ KHZ}$$

أي أن المهزاز غير المستقر أعطى موجة مربعة بذبذبة قدرها 7 كيلو هرتز .

مثال 7.10 :

اذا افترضت ان قيمة β في المثال السابق تتراوح بين 50 الى 150 . اوجد اصغر قيمة ممكنة لـ R_L التي تضمن التشبع .

الحل :

ان اسوأ قيمة لـ β هي 50 . ومن المعادلة (7.3) :

$$50 = \frac{100(10^3)}{R_L}$$

أو :

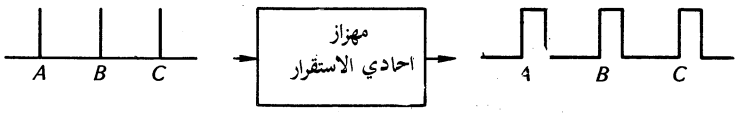
$$R_L = 2(10^3) = 2 \text{ k}\Omega$$

7.10 المهزاز الاحادي الاستقرار :

يشرح هذا القسم النوع الاخير من دوائر المهزاز الرئيسة والذي يسمى بالمهزاز الاحادي الاستقرار monostable multivibrator

عند تسليط اشارة قدح على هذا المهزاز فانها تحوله من حالة الاستقرار الى الحالة غير المستقرة حيث يمكث المهزاز في هذه الحالة الاخيرة بصورة مؤقتة ثم يعود الى حالته الطبيعية (المستقرة).

ويوضح الشكل (7.31) الفكرة العامة للمهزاز احادي الاستقرار . ففي النقطة الزمنية A تؤدي اشارة او نبضة القدح الى قلب فولتية الاخراج من الحالة الواطئة (المستقرة) الى الحالة العالية (غير المستقرة) والتي يبقى فيها المهزاز فترة من الزمن يعود بعدها الى حالته المستقرة ويبقى فيها لحين وصول اشارة قدح اخرى (في النقطة الزمنية B) لتتكرر حالة عدم الاستقرار يرجع بعدها المهزاز الى الحالة المستقرة وحتى النقطة الزمنية C وهكذا ....



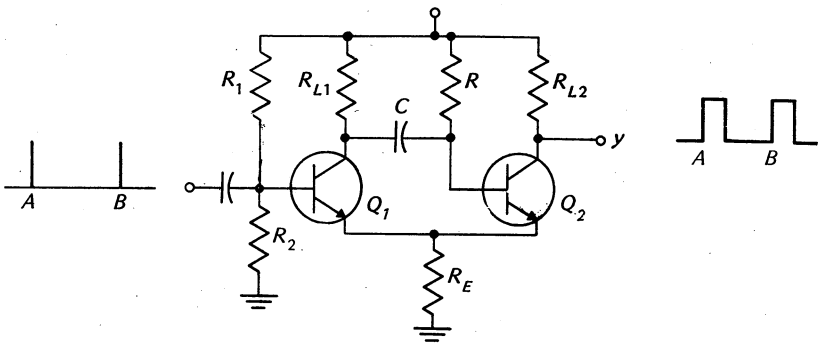
شكل (7.31) : موجتا الادخال والاخراج للمهزاز الاحادي الاستقرار

ولقد توضحت الآن الفكرة الاساسية لهذا المهزاز ، ففي كل لحظة تصل فيها اشارة القدح تتغير حالة الاخراج الى الحالة العالية لفترة معينة ينتقل المهزاز بعدها الى حالته المستقرة (الواطئة) . ولكل اشارة قدح في الادخال تصدر نبضة في الاخراج ولذلك غالبا ما يطلق على المهزاز الاحادي الاستقرار اسم المهزاز ذي الاطلاقة الواحدة one - shot multivibrator او باختصار الاطلاقة الواحدة .

هنالك طرائق عدة لبناء دوائر الاطلاقة الواحدة ويبين الشكل (7.32) احداها . في حالة الاستقرار يكون Q_1 في حالة قطع و Q_2 في حالة توصيل فعند تسليط اشارة قدح موجبة فان Q_1 يتحول الى حالة التوصيل ، فتنخفض فولتية مجمعه وينتقل هذا الهبوط بالفولتية عبر المتسعة C الى قاعدة الترانزستور Q_2 فيحوله الى حالة القطع وبذلك ترتفع فولتية الاخراج الى الحالة العالية . ان الحالة التي يكون فيها Q_1 في حالة توصيل و Q_2 في حالة قطع هي الحالة غير المستقرة ولا يمكن للمهزاز ان يبقى في مثل هذه الحالة ، فالشحنة الموجودة في المتسعة (بالاتجاه التي جعلت قاعدة Q_2 تنحاز عكسياً) تتغير مع الزمن وبسرعة تعتمد على ثابت الزمن (RC) فتتغير الفولتية على قاعدة Q_2 بالمعدل نفسه وحتى وصول هذه الفولتية الى القيمة التي تعيد Q_2 الى حالة التوصيل و Q_1 الى حالة القطع . وتستقر الدائرة على هذه الحالة مالم تصل اشارة قدح موجبة اخرى لتعيد الكرة .

ويمكن للموجة المربعة ان تقوم بسوق المهزاز ذي الاطلاقة الواحدة وذلك بعد ان تحول الى اشارات قدح بواسطة متسعة صغيرة . وتسمى الدائرة التي تقوم بعملية تحويل الموجة المربعة الى نبضات قدح بالدائرة التفاضلية differential circuit .

يفيد مهزاز الاطلاقة الواحدة في اعادة تشكيل النبضات المشوهة كما يستعمل في توليد اشارات الترشيد gating signals وفي تأخير النبضات أو تغيير أمدها .



لكل (7.32) : طريقة لبناء مهزاز أحادي الاستقرار

أسعافات دراسية :

خلاصـــــة :

– المهزاز عبارة عن دائرة توليد ذات عنصرين فعالين تُصمم بحيث يكون احد العنصرين في حالة توصيل بينما يكون الآخر في حالة قطع . وانواع المهزاز الثلاثة الاساسية هي : ثنائي الاستقرار وغير المستقر واحادي الاستقرار .

– عند قدح الطرف S في مرجاح RS يتحول طرف اخراجه y الى 1 ان لم يكن كذلك . وعند قدح الطرف R فان y يصبح صفراً ان لم يكن كذلك .

– يمكن تحوير مرجاح RS الى مرجاح T أو RST . والادخال T يقلب حالة الاخراج y في كل قدح . وفي هذا الكتاب تكون اشارة T قادحة عند هبوطها ، بينما تؤدي اشارتا R و S عملها اثناء صعودهما الى الواحد .

– يَعدّ المعداد ذو الارقام الثنائية الاربعة من 0000 الى 1111 . ويعد المعداد العشري من 0000 الى 1001 . وبالربط المتسلسل لهذه المعدادات يمكن العد لاكثر من العشري 9 . ويعتبر 7490 من اشهر المعدادات العشرية في مجموعة TTL .

– ينتشر استعمال المزلاج D في الخزن الوقتي للمعطيات الرقمية كما في معدادات التردد واجهزة القياس الرقمية ... الخ . وتحوي الدائرة المتكاملة (7475 TTL) أربعة من مزاليج D . (يسمى المزلاج D أيضاً بالمزلاج الثنائي الاستقرار) .

– تعين قيمتا J و K حالة المرجاح JK عند استلامه نبضة القدح الآتية . فيحتفظ المرجاح بحالته السابقة عندما (J K = 0 0) ، ويتصفر المرجاح عندما

(J K = 0 1) ، ويكون واحداً عندما (J K = 1 0) ، ويعكس حالته عندما (J K = 1 1)

- مقداح شمت هومهزاز ثنائي الاستقرار تتغير حالته عندما تعبر فولتية الادخال مستويات معينة تدعى بنقاط الاقفال .
- المهزاز غير المستقر يولد بذاته موجة اخراج مستطيلة ولانه يُستعمل في تزمين دوائر النظم الرقمية فان هذا المهزاز يسمى احياناً بالساعة .
- ينتج مهزاز الاطلاقة الواحدة (او احادي الاستقرار) نبضة اخراج واحدة عند كل قدح في ادخاله .

مفردات :

غير المستقر Astable : عديم الحالة المستقرة ويعني في المهزاز ذلك الذي يتذبذب بين حالتين غير مستقرتين

ثنائي الاستقرار Bistable : الذي يملك حالتين مستقرتين . ويمكث هذا المهزاز في احدى هاتين الحالتين لفترة غير محدودة .

ساعة Clock : المذبذب الذي يُزامن جميع الدوائر في نظام رقمي .

احادي الاستقرار Monostable : ذو الحالة المستقرة الواحدة . وعند قدح ادخال المهزاز الاحادي الاستقرار يتحول اخراجه الى الحالة غير المستقرة لفترة مؤقتة يرجع بعدها الى حالة الاستقرار .

المعداد التموجي Ripple Counter : المعداد الذي يقوم كل مرجاح فيه بقدح المرجاح الذي يأتي بعده

المقياس Scaler : الدائرة التي تنتج نبضة اخراج واحدة لكل عدد معين من نبضات الادخال .

يقدح Toggle : القدح الى الحالة المعاكسة

اسئلة للمراجعة :

1. اشرح عمل الادخال والاخراج في مرجاح RS .
2. ماهي العلاقة بين تردد الاخراج وتردد الادخال في مرجاح T ؟
3. ماهو المقياس scaler ؟
4. كم هو عدد المراجيح في المعداد ذي الارقام الثنائية الاربعة ؟

وما هو عدد المراجيح اللازمة للعد لغاية 11111

5. ماهو عدد المعدادات العشرية اللازمة للعد لغاية 99,999 ؟
6. مامعنى ترشيد المعداد ؟
7. ماهو عمل المرجاح D ؟ ماهو المزلاج D ؟
8. كيف يتم منع الارتعاش الضوئي في العارضات الرقمية أثناء قياس التردد ؟
9. اشرح عمل الادخال والاخراج في مرجاح JK .
10. ماهو عمل مقداح شمت ؟ ماذا تعني النقطتان UTP و LTP ؟
11. ماهي انواع القدح المستعملة مع مقداح شمت ؟
12. اشرح عمل المهزاز الاحادي الاستقرار .

مسائل

7.1 موجة مربعة ذات تردد 500 كيلو هرتز تسوق مرجاح T . ما هو تردد الاخراج ؟

7.2 موجة مربعة ذات فترة تردد (10 ما يكرو ثانية) تسوق مرجاح T . ما هي فترة تردد الاخراج ؟

7.3 افرض ان سبعة مراجيح من نوع T مربوطة بالتسلسل . اوجد تردد الاخراج (الاخير) عندما يكون تردد الادخال (512 كيلو هرتز) .

7.4 كم مرجاحاً من نوع T يجب استعماله لبناء دائرة مقياس بحيث تنتج نبضة اخراج واحدة لكل 1024 نبضة ادخال ؟

7.5 ما هي حالات الاخراج في معداد ثنائي تموجي ذي خمسة مراجيح T مربوطة بالتسلسل؟

7.6 ما هي الحالات المتميزة التي يمتلكها معداد نموذجي ذو تسعة مراجيح ؟

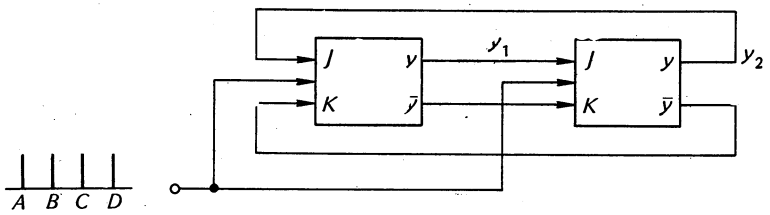
7.7 ربطت بالتسلسل ستة معدادات من نوع 7490 . ماهو اقصى عد عشري يمكن عدّه ؟ اذا علمت انه بعد تصفير المعدادات ، سلطت على الادخال 4793 نبضة اوجد اخراج هذه المعدادات بالرمز BCD .

7.8 رشّد معداداً لمدة 0·2 ثانية فاذا كان تردد الاشارة المعدودة يساوي 250 كيلو هرتز اوجد اخراج (BCD) للمعداد عند نهاية نبضة الترشيد .

7.9 ساعة رسغ الكترونية ذات تردد توقيت يساوي (32 كيلوهرتز) . كم يجب ان يكون معامل القياس scaling factor كي يقسم تردد التوقيت حتى يصل (1 هرتز)؟ واذا اعطيت معدادات ذات الارقام الثنائية الاربعة ومعدادات عشرية ومراجيح T ، اقترح طريقة للحصول على عامل القياس ذلك .

7.10 تسوق نبضات التوقيت الضيقة الدائرة المبينة في الشكل (7.33) ارسم موجتي الاخراج y_1 و y_2 لكل من الحالات البدائية الآتية :

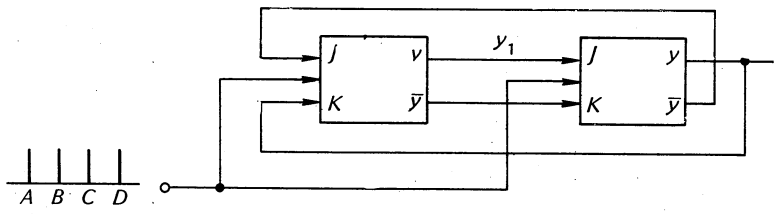
$y_2 = 1$ $\quad$ $y_1 = 0$
$y_2 = 0$ $\quad$ $y_1 = 1$
$y_2 = 0$ $\quad$ $y_1 = 0$
$y_2 = 1$ $\quad$ $y_1 = 1$



شكل (7.33)

7.11 اوجد قيمتي y_1 و y_2 في الشكل (7.34) في كل من الحالتين البدائيتين الآتيتين :

$y_1 = 0$ $\quad$ $y_2 = 0$
$y_1 = 1$ $\quad$ $y_2 = 1$



شكل (7.34)

7.12 مقداح شمت ذو الخواص الآتية :

UTP = 5V LTP = 4V

الحالة الواطئة = (3 فولت) والحالة العالية = (12 فولت)

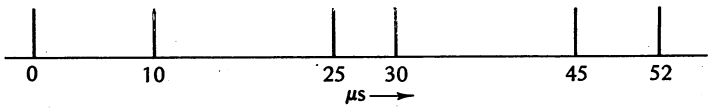
ارسم موجة الاخراج عندما تسلط موجة جيبية باتساع (10 فولت) على ادخاله.

7.13 اوجد التردد التقريبي لموجة الاخراج في الشكل (7.29) حيث R تساوي 50 كيلو اوم و C تساوي 0.005 مايكرو فاراد .

7.14 اذا كانت R في الشكل (7.29) تساوي 20 كيلو اوم والمتسعة يمكن تغييرها بين القيمتين 50 بيكو فاراد و500 بيكوفاراد اوجد التردد الادنى والاقصى في هذه الدائرة .

7.15 تسوق اشارات القدح المبينة في الشكل (7.35) مهزازاً ذا اطلاقة واحدة بحيث ينتج نبضة امدها (3 مايكرو ثانية) عند كل اشارة .

ارسم الشكل الموجي للاخراج .



شكل (7.35)

الفصل الثامن

تقنيات المعداد

ربما يعتبر المعداد من اكثر أجزاء المنظومة الرقمية فائدة وأوسعها استعمالاً . وكما يدل عليه اسمه ، فان المعداد هو تلك الوحدة التي لها قابلية العد . وقد لاحظنا في الفصل السابق أنه يمكن أستعمال المعداد في عد دنبضات التوقيت التي تسرقه ، وبما أن هذه النبضات تحدث ضمن فترات معلومة لذا فان بالأمكان استعمال المعداد في قياس الزمن (وضمناً قياس فترة التردد أو التردد) .

ويعتبر المعداد التموجي الذي مر ذكره في الفصل السابق أبسط الأنواع وأسهلها فهماً . ولبساطة عمله وتركيبه فان المعداد لا يحتاج لبنائه سوى القليل من الأدوات ، الاّ أن فيه بعض التقييدات من حيث سرعته حيث أن كل مرجاح فيه يقدم المرجاح الذي يأتي بعده وبذلك تتجمع الأوقات اللازمة لقدح المراجيح المتسلسلة . وللتغلب على هذه المشكلة يستعمل معداد التوازي ولكن على حساب زيادة في الأدوات اللازمة وكحل وسط بين سرعة العد وكلفة الأدوات هنالك بعض المعدادات المتكونة من كلا نوعي معدادات التسلسل والتوازي

في هذا الفصل سنناقش المعداد وبالأنواع التي ذكرناها . كما سنبحث في كمية استخدام المعداد للعد الى أي عدد مطلوب وكذلك سنشرح نوعاً من معدادات BCD.

وبعد دراسة هذا الفصل ، تكون قادراً على :

1 – تعيين معامل modulus معداد التسلسل أو التوازي .

2 – شرح كيفية استعمال مراجيح السيد / المسود في تركيب المعداد .

3 – توضيح كيفية استعمال البوابات المنطقية في حل رمز حالة المعداد الثنائية .

8.1 المعداد التموجي الثنائي :

يمكن تركيب المعداد التموجي الثنائي ، وكما تبين سابقاً ، باستعمال مراجيح RST . أما مجموع العدد الذي يمكن عده أو مجموع الحالات المتميزة التي يمر بها المعداد فتساوي 2^n حيث تمثل n عدد المراجيح المستعملة . فالمعداد المتكون من ثلاثة مراجيح ، مثلاً ، يمكنه المرور بثمان حالات مختلفة وعده الاعتيادي هو ثمانية . والمعداد المتكون من أربعة مراجيح يعد لغاية 16. وهكذا . وبذلك يمكننا انشاء المعدادات التي تعد لغاية 2 ، 4 ، 8 ، 16 ، 32 الخ باستعمال العد المناسب من المراجيح .

ويسمى المعداد الذي يتألف من ثلاث مراجيح بمعداد المعامل-8 modulus- 8 counter (أو اختصاراً mod- 8counter) حيث أن لمثل هذا المعداد ثمان حالات . وكذلك يسمى المعداد الذي يتكون من اربع مراجيح بمعداد المعامل – 16 . والمعامل هو مجموع الحالات التي يمكن أن يمر بها المعداد .

وغالباً ما تقتضي الضرورة بأن لا يكون معامل المعداد 2 ، 4 ، 8 ، ...الخ . فقد يريد البعض بناء معدادات ذات معامل 3 أو 5 أو 6 أو 7 . ان المعداد ذا المعامل الأقل يمكن دائماً تركيبه من معداد ذي معامل أكثر مع تخطي بعض الحالات . وفي مثل هذه المعدادات المحورة يجب قبل كل شيء تعيين عدد المراجيح اللازمة والتي تتم باختيار أقل عد اعتيادي (قبل التحوير) يزيد عن العد المطلوب . فمثلاً بالنسبة للمعامل 7 نحتاج الى 3 مراجيح حيث أن 8 (وهو المعامل الاعتيادي للمراجيح الثلاثة) هو اقل معامل اعتيادي يزيد على 7 .

مثـال 8.1 :

ماهو عدد المراجيح اللازم استعمالها في تركيب المعدادات الآتية :

أ) معامل – 3

ب) معامل – 6

ج) معامل – 9

الحـل :

أ) أقل عد اعتيادي يزيد عن 3 هو 4 . ويستطيع مرجاحان العد لغاية 4 وبذلك يكون عدد المراجيح للعد لغاية 3 هو مرجاحان في الأقل .

ب) بالنسبة لمعداد المعامل – 6 يستوجب استعمال 3 مراجيح (في الأقل) حيث أن 8 هو أقل عد اعتيادي يزيد على 9 .

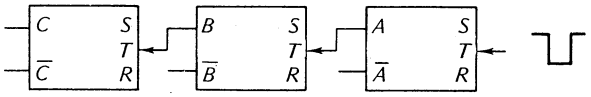
ج) معداد المعامل – 9 يحتاج الى 4 مراجيح (في الأقل) وذلك لكون 16 أقل عد اعتيادي يزيد على 9.

يبين الشكل (8.1 a) معداداً تموجياً ذا مراجيح ثلاثة والذي يستطيع عد 8 حالات وكما هي مبينة في الشكل (8.1b) . ولكي يكون معامل العد 7 فان احدى هذه الحالات يجب أن تحذف أو تتخطى . وهنالك مجال في اختيار الحالة التي ستترك من بين هذه الحالات الثمانية .

فاذا حذفت الحالة 0 فان تسلسل العد يكون 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7

بينما لو حذفت الحالة 7 فإن التسلسل الناتج هو 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6

واذا أردنا أن نركّب معداداً ذا معامل ـ6 فانه يجب حذف حالتين حينذاك . فمثلاً بحذف الحالتين 0 و 1 يكون تسلسل الحالات الست الآتية 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7



(a)

C	B	A	عد
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	0	0	0

(b)

شكل (8.1) : معداد متموج ذو ثلاث مراحل . (a) الرسم المنطقي (b) جدول المواقع مع العد الطبيعي .

مثـال 8.2 :

استعملت 3 مراجيح في بناء معداد ذي معامل – 7 . أوجد جميع احتمالات تسلسل الحالات الممكنة .

الحـل :

عند استعمال 3 مراجيح بالنسبة للمعامل – 7 فانه يجب تخطي احدى حالات المعداد الثمان . وبما أنه يمكن تخطي أياً من هذه الحالات فان هنالك 8 احتمالات لتسلسل الحالات وهي :

عند تخطي الحالة 0 يكون تسلسل الحالات 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7

عند تخطي الحالة 1 يكون تسلسل الحالات 0 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7

عند تخطي الحالة 2 يكون تسلسل الحالات 0 - 1 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7

عند تخطي الحالة 3 يكون تسلسل الحالات 7 - 6 - 5 - 4 - 2 - 1 - 0

عند تخطي الحالة 4 يكون تسلسل الحالات 7 - 6 - 5 - 3 - 2 - 1 - 0

عند تخطي الحالة 5 يكون تسلسل الحالات 7 - 6 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0

عند تخطي الحالة 6 يكون تسلسل الحالات 7 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0

عند تخطي الحالة 7 يكون تسلسل الحالات 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0

مثال 8.3 :

استعملت 3 مراجيح في بناء معداد ذي معامل – 6 . أوجد جميع احتمالات تسلسل الحالات الممكنة .

الحل :

في مثل هذه الحالة يجب تخطي حالتين من الحالات الثمان . ويمكن ايجاد تسلسل الحالات باستعمال حل المثال (8.2) . فاذا حذفت الحالة 0 تبقى 7 حالات يمكن تخطي أي منها للحصول على المعامل – 6 وهذا ينتج 7 احتمالات . واذا حذفت الحالة 1 تبقى 6 حالات (2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7) يمكن تخطي أي منها وهذا ينتج 6 احتمالات وتجدر الاشارة هنا الى ان الحالة 0 لم تذكر حيث انها اخذت بنظر الاعتبار في الاحتمالات السبع الاولى . وعند حذف الحالة 2 تبقى 5 احتمالات (3 - 4 - 5 - 6 - 7) . وبحذف 3 تبقى 4 احتمالات (4 - 5 - 6 - 7) . وبحذف 4 تبقى 3 احتمالات (5 - 6 - 7) . وبحذف 5 يبقى أحتمالان (6 - 7)

واخيراً حذف الحالتين 6 و 7 هو الاحتمال الاخير . وبذلك يكون مجموع الاحتمالات :

$$7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 28$$

أي ان هنالك 28 احتمالا لتسلسل الحالات في معداد معاملة 6 متكون من 3 مراجيح . ويعتمد اختيار الحالات في أي معداد على الطرائق المنطقية المستعملة آخذين بنظر الاعتبار تقليل عدد الادوات اللازمة .

8.2 المعداد المحور باستعمال التغذية الخلفية :

احدى الطرائق التي تُستعمل في تخطي بعض حالات العد هي بالتغذية الخلفية للاشارة من بعض المراجيح الى بعض المراجيح التي تتقدمها . لاحظ المعداد في الشكل (8.1) وافرض اننا نريده معداداً ذا معامل – 7 . وحيث ينبغي تخطي حالة واحدة في هذا المعداد فانه من الافضل البحث عن حالة ما بحيث تحدث مرة واحدة خلال العد الاعتيادي .

وبمراجعة جدول الواقع في الشكل (8.1) ، يلاحظ ان المرجاح C يتغير من 0 الى 1 مرة واحدة اثناء العد الاعتيادي له . واذا اعيدت فولتية الاخراج للمرجاح C وغَذّت المرجاح A في ادخاله S فان المعداد الناتج سيكون ذا المعامل –7 وكما هو مبين في الشكل (8.2) . واذ حذفت الحالة 4 في هذا المعداد فان المرجاح A سيعود الى 1 في لحظة تحول المرجاح C من 0 الى 1 .

وبذلك لايبقى المعداد في الحالة 4 الا لفترة قصيرة جداً فيعتبر بذلك معداداً ذا معامل –7 (الشكل 8.2).

ويسمى هذا النوع من المعداد احياناً بالمعداد المتبدل permuting counter وذلك لتبدّل عدّه الاعتيادي . ومما تجدر الاشارة له هنا انه بالامكان استخدام $\overline{C}$ للتغذية الخلفية وذلك لكون المرجاحين A و B قد اكملا تحولهما قبل توليد اشارة التغذية الخلفية . الا انه تجب الملاحظة بان تغذية الاشارة بالصورة التي تصفر reset المرجاح A لاتكون مرغوبة حيث انها ستؤدي الى تسليط نبضة هابطة (من 1 الى 0) على ادخال المرجاح B فتغير حالته وهذا بدوره يؤدي الى تغيير حالة المرجاح C ... الخ .

مثال 8.4 :

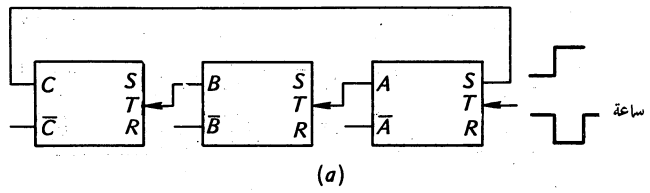
صمم معداداً ذا معامل – 5 وذا معامل – 10 باستعمال طريقة التغذية الخلفية .

الحل :

يتطلب المعداد ذو المعامل – 5 استعمال 3 مراجيح . وبعد تعيين الحالات التي ستُستعمل ، تطبق طريقة التغذية الخلفية كالتي استعملت في المعداد ذي المعامل – 7 وها هنا يستوجب تخطي ثلاث حالات . واذا وجهت اشارة التغذية الخلفية الى طرف الادخال S في المرجاحين A و B وكما هو مبين في الشكل (8.3) فان حالات ثلاث ستُحذف اثناء العد (لاحظ جدول الواقع في الشكل) .

فعند وصول الحالة الرابعة ستؤدي اشارة التغذية الخلفية الى وضع A Set و B في حالة الواحد وبذلك يكون العد في الحالة (7) . وهكذا تكون الحالات 4 و 5 و 6 قد حذفت لتكوين المعداد ذي المعامل – 5

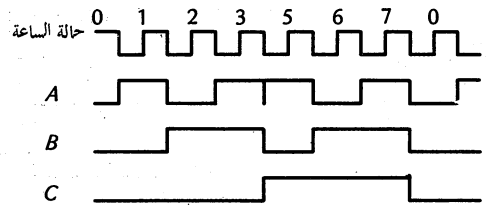
اما المعداد ذو المعامل – 10 فانه يحتاج الى مرجاح (D) آخر يُساق من قبل المرجاح (C) كما في الشكل (8.4). ويلاحظ ان اخراج المرجاح D متناسق في تغيره وهذا التناسق يكون ذا فائدة احياناً ، عند استعمال المعداد لتقسيم التردد على 10 مثلاً



(a)

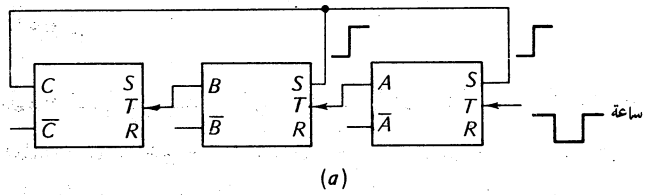
C	B	A	عد
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	0	0	

(b)



(c)

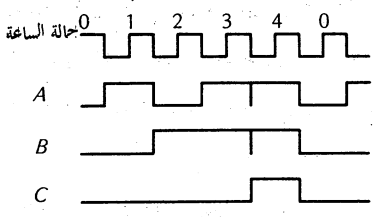
شكل (8.2) : معداد ذو معامل – 7
(a) الرسم المنطقي (b) جدول المواقع
(c) الموجات



(a)

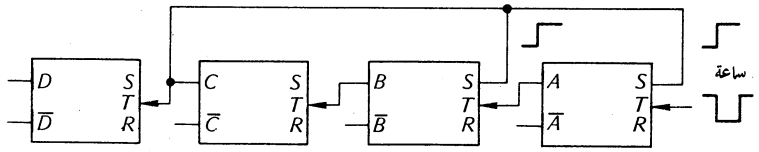
C	B	A	الثنائي المكافيء للعدد	عد
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	2	2
0	1	1	3	3
1	1	1	7	4
0	0	0	0	0

(b)



(c)

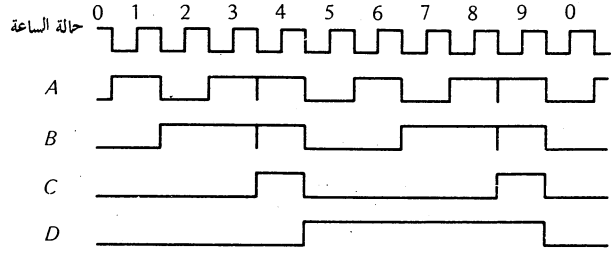
شكل (8.3) : معداد ذو معامل – 5
(a) الرسم المنطقي (b) جدول المواقع
(c) الموجات



(a)

D	C	B	A	عد
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	1	1	4
1	0	0	0	5
1	0	0	1	6
1	0	1	0	7
1	0	1	1	8
1	1	1	1	9
0	0	0	0	0

(b)



(c)

شكل (8.4) : معداد ذو معامل – 10 (a) الرسم المنطقي (b) جدول الواقع (c) الموجات

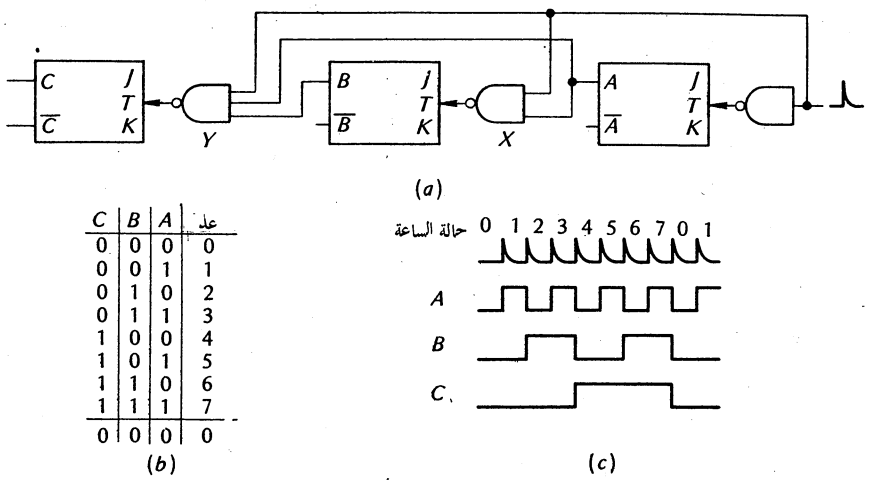
8.3 معداد التوازي :

يعتبر المعداد التموجي ابسط الانواع بناءً ، الا ان هنالك حداً للتردد الذي يمكن ان يعمل به هذا المعداد سببه التأخير الزمني الموجود في كل مرجاح . وكما مر ذكر ذلك سابقاً فان تأثير التأخير في المعداد التموجي يساوي مجموع التأخير كله الذي تتسببه جميع المراجيح المستعملة في المعداد . وللتغلب على ظاهرة تحديد السرعة يستعمل معداد التوازي او يسمى المعداد المتزامن synchronous counter . وهنا يتم قدح كافة المراجيح بواسطة نبضات التوقيت في آن واحد ، ولذلك فان التحول في الحالات لجميع المراجيح يتم معاً وبصورة متزامنة مع نبضات التوقيت .

ويبين الشكل (8.5) معدادتوازٍ (ذا معامل – 8) مع جدول واقعة والشكل الموجي لنبضات التوقيت واخراج المراجيح الثلاثة .

وقد استعملت في هذا المعداد مراجيح JK التي تقدح من الادخال T اثناء هبوط الموجة المسلطة (من 1 الى 0) وذلك عندما يكون كلا J و K في الحالة الحقيقية true (أي 1) . وعدم

ربط اطراف الادخال في دوائر TTL (هنا J و K) يكافيء ربط تلك الاطراف بالمصدر ذات المنطق 1 . وهكذا يغير كل مرجاح (في الشكل 8.5) حالته عند هبوط الموجة المسلطة على طرفه T . فبوابة X تنتج نبضة هابطة مع كل نبضة توقيت عندما تكون حالة A واحداً وبذلك تتغير حالة B مع نبضة التوقيت . والبوابة Y تنتج نبضة هابطة مع كل نبضة توقيت عندما تكون B واحداً فتتغير معها حالة المرجاح C . وكما هو مبين في الشكل (8.5) فان معامل العد في هذا المعداد هو 8 .



شكل (8.5) : معداد متواز ذو معامل – 8 (a) الرسم المنطقي (b) جدول الواقع (c) الموجات

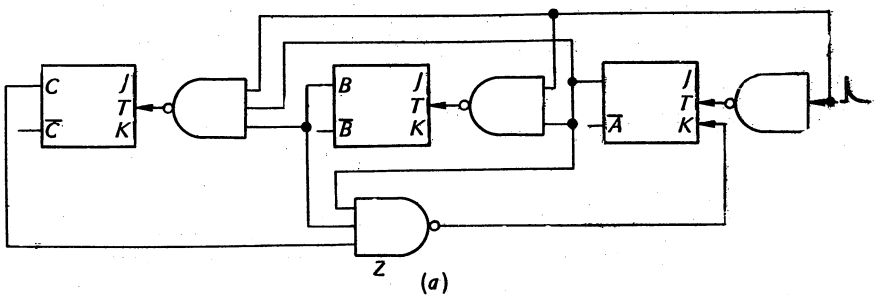
وبالامكان استعمال معداد التوازي للعد لأي معامل آخر . ولو اردنا بناء معداد توازٍ ذي معامل – 7 علينا ان نجد وسيلة لحذف احدى حالات المعداد الثمان الاعتيادية المبينة في الشكل (8.5 b) . ويلاحظ في جدول الواقع هذا أن جميع المراجيح الثلاثة تكون في حالة 1 اثناء العد 7 وعند انتقال العد الى 0 تتغير حالات المراجيح الثلاثة الى الصفر . فاذا ما وجدت طريقة تمنع المرجاح A من التصفر دون المرجاحين B و C لكان معامل العد – 7 اذ تكون انذاك الحالة 0 قد حذفت فينتقل المعداد من الحالة 7 الى الحالة 1 دون المرور بالحالة 0

فاذا كانت A مساوية لـ 1 فان نبضة التوقيت القادمة تصفره وذلك يحدث عندما يكون الطرفان J و K سائبين (اي J تساوي K وتساوي 1) . ولكن لوكان الطرف K صفراً فأن

النبضة القادمة ستضع المرجاح في حالة الواحد (أو يبقى واحداً ان كان في تلك الحالة) وبذلك لا تتغير حالة المرجاح .

ويبين الشكل (8.6) كيفية توفير هذا الشرط وذلك من تحوير دائرة المعداد المبينة بالشكل (8.5) . فالبوابة Z تغذي الطرف K المرجاح A بفولتية الصفر وذلك عندما تصل مرحلة العد الى الحالة 7 (أي عندما يساوي كل من A و B و C الواحد فقط) .

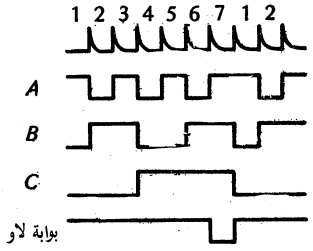
ويمكن تحوير دائرة الشكل (8.6) بسهولة الى المعامل – 6 وذلك بربط اخراج البوابة Z الى طرف k للمرجاح B بدلاً من المرجاح A وكما هو مبين في الشكل (8.7) . وهنا يزاول المرجاحان A و C عملهما السابق ، وعند الوصول الى الحالة 7 لا يتصفر بعدها المرجاح B



(a)

C	B	A	عد
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	0	1	1

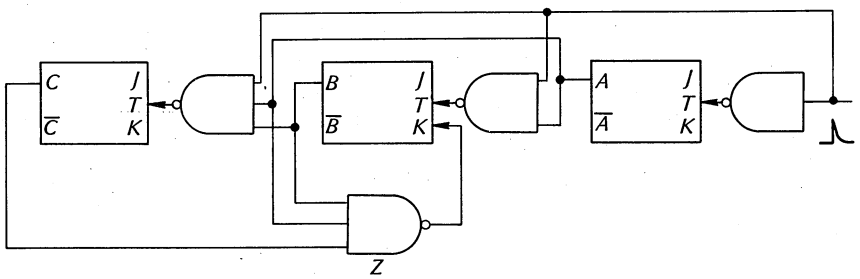
(b)



(c)

شكل (8.6) : معداد متوازٍ ذو معامل – 7 (a) الرسم المنطقي (b) جدول الواقع (c) الموجات

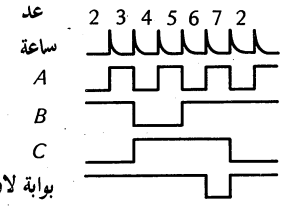
هذه المرة وبذلك تكون الحالتان 0 و 1 قد حُذفتا من العد فيكون معامل العد هو 6 . وثمة طريقة اخرى للحصول على المعامل 6 من دائرة الشكل 8.6 هي بحذف طرف ادخال البوابة Z والذي يغذي من B . وفي مثل هذا الربط يكون اخراج البوابة Z صفراً في الحالتين 5 و 7 وبذلك سيتخطى المعداد اثناء العد الحالتين 6 و 0 (الشكل 8.7) .



(a)

C	B	A	عد
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	1	0	2

(b)



(c)

شكل (8.7) : معداد متواز ذو معامل 7 (a) الرسم المنطقي (b) جدول الواقع (c) الموجات

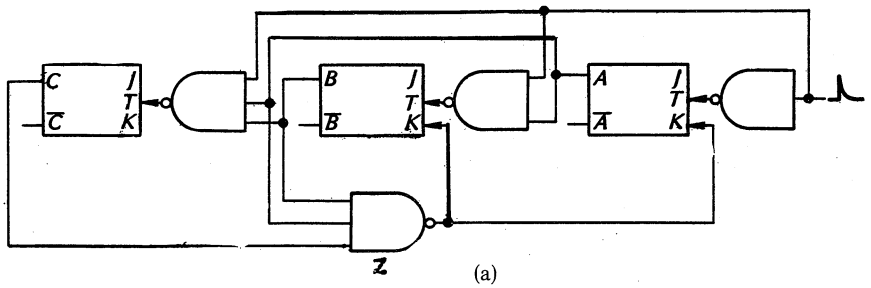
مثال 8.5

صمم معداد توازٍ ذا معامل – 5 ، باستعمال الطرائق المشروحة سابقاً

الحل :

يمكن الحصول على معداد ذي معامل – 5 من جمع الطريقتين المتبعتين في الحصول على المعامل 7 و 6 . فاذا ربط اخراج البوابة Z بالطرف K في كلا المرجاحين A و B فان المعامل 5 ينتج حينئذ . وفي هذا الربط تمنع البوابة Z المرجاحين A و B من ان يتصفرا بعد الحالة 7 وبذلك تنتقل حالة المعداد من 7 الى 3 وتكون الحالات 0 و1 و 2 قد حذفت ويكون مجموع حالات العد هي 5 ويبين الشكل (8.8) دائرة ، وجدول الواقع والاشكال الموجية للمعداد ذي المعامل – 5.

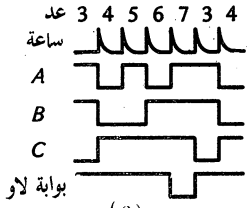
هنالك مشكلة تحدث في كافة انواع معدادات التوازي التي مر ذكرها لحد الآن وتسمى بمشكلة السباق race problem. وستكون هذه المشكلة وحلها موضوع القسم القادم .



(a)

C	B	A	عد
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	1	1	3

(b)



(c)

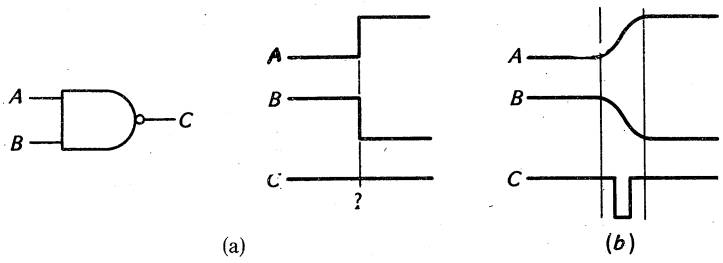
شكل (8.9) عداد متوازٍ ذو معامل – 5 (a) الرسم المنطقي (b) جدول الواقع (c) الموجات

8.4 مشكلة السباق :

تحدث مشكلة السباق بصورة عامة عند تغير حالتين بوقت واحد في طرفي ادخال بوابة . وكمثال على ذلك خذ بوابة (لا و) ذات الادخالين والمبينة في الشكل (8.9 a). فعندما يكون الادخال A واطئاً (صفراً) والادخال B عالياً (واحداً) فان الاخراج C يكون عالياً بالطبع . كذلك يكون الاخراج C عالياً عندما يكون عالياً و B واطئاً

ولكن ماذا يحدث اثناء تغير او تحول كلا الطرفين A و B ؟ والجواب ، انه اثناء التحول لايمكن تحديد ماسيحدث في الاخراج C . فالتحول في A و B له زمن صعود وزمن هبوط على التوالي وكما هومبين في الشكل (8.9 b) . فاذا مابدأت الاشارتان بالتحول وانتهيتا منه في وقت واحد ولهما وقت متساوٍ في الصعود والهبوط فقد تظهر نبضة طفيلية في الاخراج C .

وان تأخرت الاشارة B عن A فانه بالتأكيد ستظهر نبضة ذات اتساع تام في الاخراج C



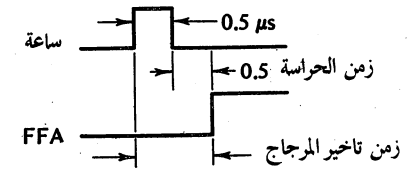
شكل (8.9) : (a) مشكلة السباق في ادخال بوابة (لاو) (b) موجة موضحة .

سببها التداخل الحاصل في مستوى 1 في كلتا الاشارتين A و B . بينما لو تأخرت الاشارة A عن B لما حدث مثل هذا التداخل ولما نتجت نبضة طفيلية في الاخراج . ومن البديهي ان هناك الكثير من الاحتمالات من حيث التاخير بين الحالتين المذكورتين . وكل احتمال ينتج نبضة ذات امد يختلف عن نبضة الاحتمال الآخر. وفي مثل هذه الحالات يصعب التنبؤ بالذي سيحدث ولذلك يجب تجنبها . فمثلاً لو كان اخراج البوابة مربوطاً في ادخال المرجاح T فانه سوف يصعب التنبؤ بسلوك القدح الذي سيحصل للمرجاح

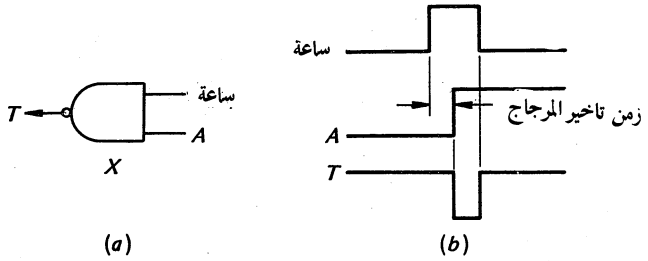
وكمثال على حدوث مشكلة السباق . تصور معداد التوازي المبين في الشكل (8.5). يلاحظ ان اشارة التوقيت هي عبارة عن نبضات موجبة وليست موجات مربعة والسبب في ذلك هو انه لابد من وجود تاخير محدود بين ظهور نبضة التوقيت الموجبة في ادخال المرجاح وبين الزمن الذي يستغرقه المرجاح في تغيير حالة اخراجه . ويوضح الشكل (8.10) هذه الحالة في مرجاح ذي تأخير قدره 1 مايكروثانية ونبضة توقيت ذات امد طوله 0.5 مايكرو ثانية . والسر هو ان النبضة تظهر وتنتهي ولما يغير المرجاح حالته الا بعد مضي (0.5 مايكرو ثانية) على انتهاء النبضة ويسمى مثل هذا الزمن بزمن الحراسة guard time

والآن افرض ان امد نبضة التوقيت قد زيد الى 1 مايكرو ثانية وان زمن الحراسة هو صفر واننا نقترب من حالة سباق كالمبينة في الشكل (8.9) . فاذا زاد امد نبضة التوقيت عن 1 مايكرو ثانية فان تداخلاً يحدث في مستويات النبض الموجبة في بوابة X في الشكل (8.5) (وكذلك في بوابة Y) . وفي مثل هذه الحالة لا يؤدي المعداد وظيفته كما ينبغي . ويقال عن مثل هذا الموقف بان مشكلة السباق قد حدثت ويوضح الشكل (8.11) ذلك . فعندما يريد المعداد تخطي حالة العد 0 الى الحالة 1 تكون الاشكال الموجية لادخال

واخراج البوابة X كما هي مبينة في الشكل (8.11 b) . فبعد مضي بعض الوقت على نبضة التوقيت بالمستوى الموجب ، تتحول A ايضاً الى الموجب وهذا التداخل هو الذي يؤدي الى ظهور النبضة على اخراج X ، ولان هذا الطرف يسوق المرجاح B فان هـــذه النبـضـــة ستؤدي الى قدح المرجاح B وبذلك يتقدم العد نحو الحالة 3 بدلاً من الحالة 1 التي صمم لها المعداد وهذا امر مرغوب فيه . ان مشكلة السباق هذه يمكن ان تحدث ايضاً مع البوابة Y ولتلافي مشكلة السباق يجب تقليل امد نبضة التوقيت عما ينتجه المرجاح من تاخير . او بتعبير آخر يجب تجهيز بعضٍ من زمن الحراسة .



شكل (8.10)

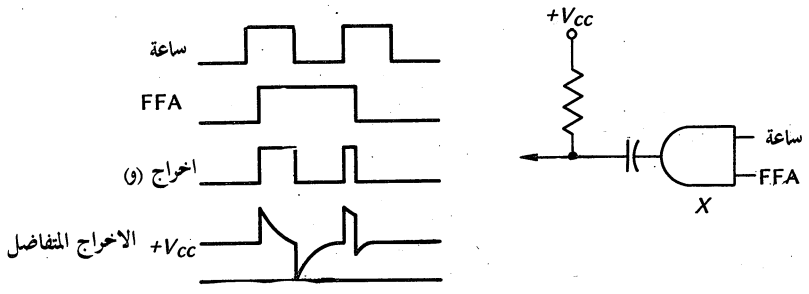


شكل (8.11) : (a) بوابة (لاو) في الشكل (8.5) (b) الموجات من 0 الى 1

ومن الحلول الاخرى لمشكلة السباق اضافة بعض الدوائر الاخرى لدائرة المعداد . وتعرف هذه الطريقة بمنطق الحافة الخلفية trailing-edge logic ويوضح عملها الشكل (8.12). وبملاحظة موجة اخراج بوابة (و) في الشكل تجدها ذات نبضات موجبة تحدث كلما تتحول نبضة التوقيت من 0 الى 1 (أي ان فيها مشكلة السباق) . ومع موجة الاخراج هذه فان مرجاح T سوف لن يقدح كما ينبغي (أي بكل نبضة توقيت اخرى) ، لذا يجب التخلص من احدى هاتين النبضتين .

والدائرة المضافة لحل هذه المشكلة هي الدائرة التفاضلية المبينة بالشكل (8.12) ويتم اختيار قيم مناسبة للمتسعة والمقاومة بحيث تنتج موجة متفاضلة كالتي في الشكل . وهذه الموجة هي التي تسوق مرجاح T المجاور . وبما ان مرجاح T (هنا) يقدح اثناء هبوط النبضة المسلطة عليه فانه لاضير من النبضات اثناء صعودها . ومن النبضتين الهابطتين في اخراج الدائرة التفاضلية تقوم الاولى بقدح المرجاح اما الثانية فلا تستطيع ذلك لأنها لاتمتلك

الاتساع الكافي وبذلك لاتستطيع الوصول الى فولتية الحد التي عندها يقدح المرجاح T وهكذا يتم التخلص من النبضة الثانية . ولأن تغير حالات العد تتم اثناء هبوط نبضة التوقيت سميت هذه الطريقة بمنطق الحافة الخلفية وفكرتها كالآتي : اثناء صعود نبضة التوقيت الى الفولتية الموجبة ، تشحن المتسعة C . ولكن اذا كان امد النبضة قصيراً جداً كما هو الحال بنبضات السباق ، او النبضات التي تسببها الضوضاء noise ، فان المتسعة لايمكنها ان تشحن بهذا الزمن القصير. وعندما تهبط نبضة التوقيت تفرغ المتسعة شحنتها فتصدر نبضة قدح على الادخال T في المرجاح المجاور . وقد اعيد رسم معداد الشكل (8.5) في الشكل (8.13) بعد اضافة الدوائر التفاضلية . وهذه الدوائر الاضافية التي نجدها بمنطق الحافة الخلفية تعتبر الخسارة الوحيدة في هذا المعداد .

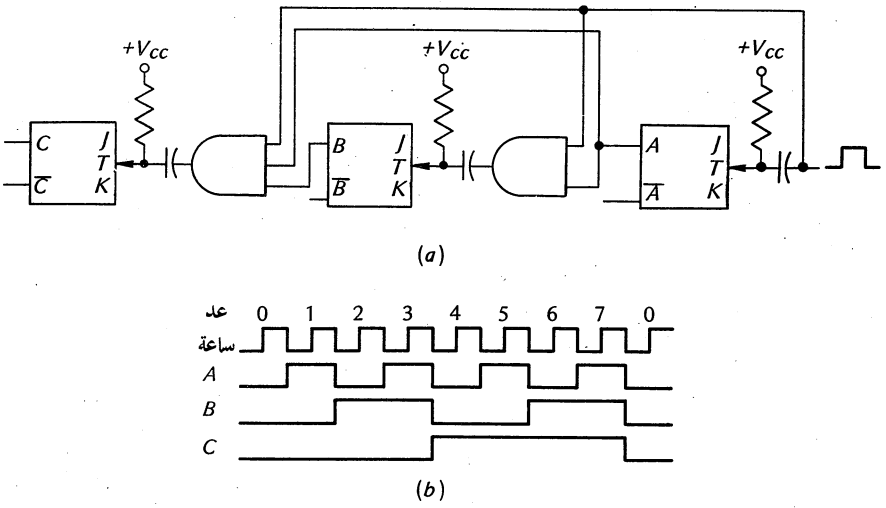


شكل (8.12) : منطق الحافة الهابطة

وطريقة ثالثة للتغلب على مشكلة السباق تتم باستعمال مرجاح السيد / المسود المبين في الشكل (8.14) الذي تربط فيه نبضات التوقيت بالطرفين R و S العائدين للمرجاح (السيد) . وهكذا يعجز هذا المرجاح عن اداء وظيفته عندما تكون نبضات التوقيت في الحالة الواطئة (أي صفراً) . ونبضة التوقيت هذه تسلط بعد قلبها على R و S للمرجاح

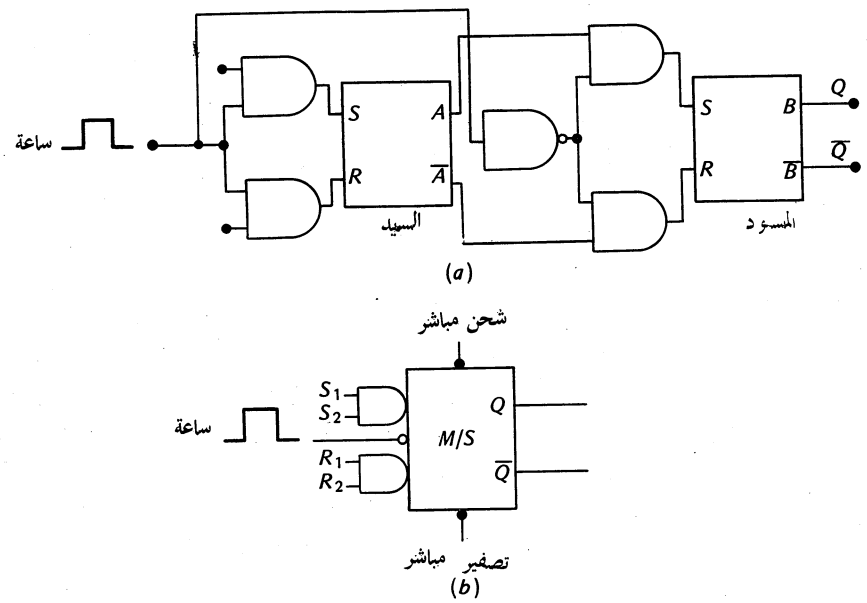
(المسود) خلال بوابتي (و) (لاحظ الشكل 8.14) . ولذلك يكون المرجاح (المسود) مهيئاً للعمل عندما يعجز (السيد) وبالعكس . فاذا كان الاخراج A واحداً فان الادخال S العائد للمسود هو الذي ينفتح امام نبضة التوقيت فيجعل المرجاح (المسود) في حالة 1 . اما اذا كان $\overline{A}$ واحداً فان الطرف R هو الذي سيعمل على تصفير (المسود) . وخلال الفترة التي تكون فيها نبضة التوقيت (واحداً) . يعجز (المسود) عن اداء عمله ويستعد (السيد) ويتحول الى الحالة التي تقتضيها ظروف R و S . بعد ذلك تنتقل هذه الحالة الى (المسود) عندما تكون نبضة التوقيت صفراً .

ولربَّ سائل يسأل الآن : كيف اذن تم حل مشكلة السباق ؟ وللجواب على هذا السؤال . علينا أن نتذكر بأن مشكلة السباق حدثت عندما كان اخراج المرجاح عالياً (واحداً) واثناء كون نبضة التوقيت عالية ايضاً . اما في مرجاح السيد / المسود فان المرجاح لا يغير حالته ما لم تكن نبضة التوقيت صفراً وهكذا نتجنب حدوث تداخل في النبضات الموجبة وبذلك نتلافى مشكلة السباق هذه في المعداد .



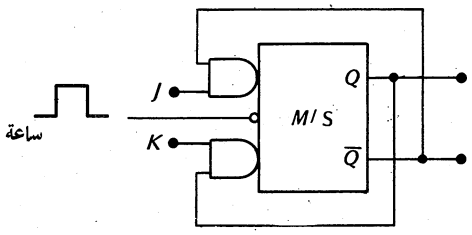
شكل (8.13) : معداد متوازٍ ذو معامل – 8 (a) الرسم المنطقي باستعمال منطق الحافة الهابطة (b) الموجات

يبين الشكل (8.14 b) رمز مرجاح السيد / المسود الذي فيه بوابتا (و) لوضع المرجاح في حالة الواحد ، وبوابتان تصفير . وهذه الهيئة تعطي مرونة اكثر في التصميم . كذلك يحوي المرجاح على طرفين للوضع 1 المباشر direct set والتصفير المباشر direct reset واللذين يربطان مباشرة بمرجاح المسود . ويؤدي هذان الطرفان عملهما بغض النظر عن حالة نبضة التوقيت . ويمكن تكوين مرجاح JK من هذا المرجاح وذلك بربط الاخراج Q بأي من الطرفين R_1 أو R_2 وبربط $\overline{Q}$ بـ S_1 أو S_2 وكما هو موضح في الشكل (8.15) . ويمكن استعمال هذا المرجاح مباشرة في جميع المعدادات التي مر ذكرها فمثلاً ، المعداد في الشكل (8.5) يكون كما هو بعد استعمال مراجيح ذي نوعية السيد / المسود . وعلى ان تستبدل بوابات (لا و) ببوابات (و) .



شكل (8.14) : مرجاح (السيد / المسود) الموقت (a) المنطق (b) الرمز

لقد انتشر هذا النوع من المراجيح بصورة كبيرة في حقل الصناعة اذ به يقل عدد العناصر المستعملة وكلفتها ، ولذلك ستكون بقية دوائر هذا الكتاب من هذا النوع (تقريباً) وللتبسيط ستستعمل الرموز المبينة في الشكل (8.16) .



شكل (8.15) : تحويرمرجاح (السيد / المسود) للقيام بعمل مرجاح JK

وأخيراً ، يجدر تحذيرك بأن مشكلة السباق لا تقتصرعلى معداد التوازي وحده وانما يمكن أن تظهر في كل المنظومة الرقمية . وقد يسبب هذه المشكلة ، ولسوء الحظ ، جزء بسيط من الدائرة لم يكن في الحسبان ، فتنجم عنه مضايقة غيرهينة . لذلك يجب أن تحتاط دائماً من مشكلة السباق !

8.5 معدادات التوالي – التوازي المتحدة :

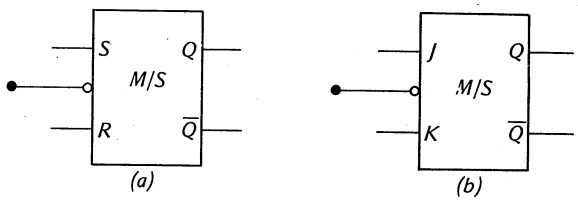
في أغلب الاحيان يمكن الاقتصاد في عناصر المعداد وذلك بانشائه كمجموعة توالٍ وتوازٍ . تأمل المعداد ذا المعامل – 5 المبين في الشكل (8.17) حيث يقوم بالعد بالصورة الاعتيادية ، كما يلاحظ ذلك من التسلسل الثنائي في جدول الواقع (شكل 8.17 a) . ويبين الشكل (8.17 b) التشكيلة الموجية لهذا المعداد التي تعتبر نقطة الأساس في تعيين الربط الملائم للمعداد .

يبين الشكل الموجي بأن المرجاح A يغير حالته مع كل هبوط في نبضة التوقيت باستثناء حالة العد 4 والتي يتحول منها الى الحالة 0 لذا يجب توفير الاشارة التي تقوم بمنع المرجاح A من التحول بين حالة العد 4 والعد 0 . وبملاحظة الشكل (8.17) تجد أن $\overline{C}$ تكون واحداً أثناء العد كله باستثناء العد الرابع ، لذلك فان ربط $\overline{C}$ بالطرف J في المرجاح A ستعمل على منع المرجاح A من التحول أثناء العد الرابع فقط حيث أن الطرف k في هذا المرجاح ترك سائباً (أي ذو منطق 1) .

ومن موجات الشكل (8.17 b) يلاحظ بأن حالة المرجاح B يجب أن تتغير عند كل تحول في حالة المرجاح A من 1 الى 0 . ويمكن توفير هذا الشرط بتسليط اخراج المرجاح A

ليقوم بسوق المرجاح B (الشكل 8.17 c) . أما المرجاح C فنريده صفراً باستثناء حالة العد 4 فقط . أي يجب تحويل حالة المرجاح C بعد حالة العد 3 التي يكون فيها كلاً من A وB مساوياً لـ 1 ويتم ذلك بربط البوابة (و) التي تسوق الطرف J للمرجاح C وكما هو مبين بالشكل . ولا يكون اخراج هذه البوابة واحداً الا في العد الثالث الذي عنده يكون المرجاح C مهيئاً للتحول عند هبوط نبضة التَوقيت الأخرى فيتحول فيها المعداد الى حالة العد 4 . أما في بقية حالات العد فيكون اخراج هذه البوابة صفراً ولذلك يبقى المرجاح C صفراً في جميع تلك الحالات .

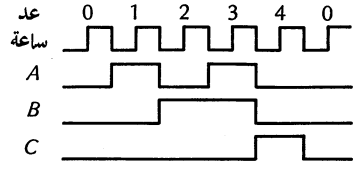
ويبين الشكل (8.17 c) الدائرة الكاملة للمعداد ذي المعامل – 5 .



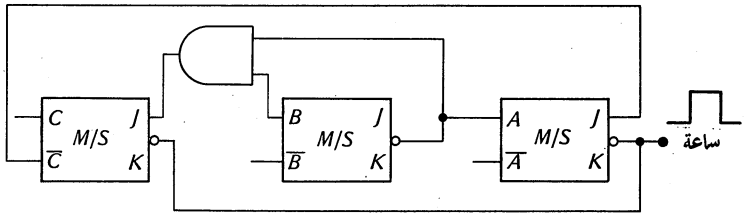
شكل (8.16) : (a) رمز مرجاح السيد / المسود الموقت المستعمل في RC
(b) رمز مرجاح السيد / المسود الذي يعمل كمرجاح JK

C	B	A	عد
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
0	0	0	0

(a)



(b)



(c)

شكل (8.17) معداد ذو معامل – 5 (a) جدول الواقع (b) الموجات (c) الرسم المنطقي

عند تصميم معداد من هذا النوع ، يستحسن دائماً فحص الحالات المحذوفة للتأكد من عدم تقصيره أثناء العد . ففي معداد الشكل (8.17) حذفت الحالات 5 و 6 و7 من العد الأعتيادي . ومن الجدير بالأشارة أنه قد تتسلسل احدى هذه الحالات الممنوعة في هذا المعداد لذلك يجب تدقيق عملية العد فيما لو ابتدأنا بالعد من احدى هذه الحالات الثلاث الممنوعة وذلك للتأكد من أن العد سيستأنف بالصورة التي صمم عليها .

لنفرض أولاً أن المعداد بدأ بالحالة 5 (A = 1, B = 0, C = 1) ، فعند هبوط نبضة التوقيت المجاورة ، يحدث ما يأتي :

أ- لأن (C يساوي 0) فان المرجاح A يتصفر . وهكذا يتحول A من 1 الى 0 .

ب- عندما يتحول A من 1 الى 0 فانه يقوم بقدح المرجاح B فيتحول B من 0 الى 1 .

جـ- بما أن الادخال J للمرجاح C يساوي صفراً فان المرجاح C يتصفر ، أي أن C يتحول من 1 الى 0 .

وهكذا ينقلب المعداد عند نبضة التوقيت القادمة من الحالة 5 الى الحالة :

$$A = 0 \quad , \quad B = 1 , C = 0$$

وهي أحدى الحالات المطلوبة .

والآن لنفرض أن المعداد بالحالة 6 (A يساوي 0 و B يساوي 1 و C يساوي 1) ، فعند هبوط نبضة التوقيت المجاورة يحدث مايأتي :

1 - لأن C يساوي 0 ، يتصفر المرجاح A ، أي يبقى على حالته (A = 0).

2 - لعدم تغير A لايتغير المرجاح B (اي : B = 1)

3 - بما أن الأدخال J للمرجاح C يساوي صفراً فإن المرجاح C يتصفر أي يتحول من 1 الى 0

وهكذا تتحول حالة المعداد من 6 الى 2 بعد نبضة توقيت واحدة .

وأخيراً ، عندما يبدأ المعداد من الحالة 7 (A = 1 , B=1 ، C=1) يحدث مايأتي عند هبوط نبضة التوقيت المجاورة :

1 - لأن C يساوي 0 يتصفر المرجاح A

2 - لتحول A من 1 الى 0 ، يتغير B من 1 الى 0

3 - لأن الأدخال J للمرجاح C يكون واحداً ، يُقدح المرجاح C فيتحول من 1 الى 0

وهكذا يكون المعداد قد تحول الى الحالة 0 (A = 0 ، B = 0 ، C=0) بعد نبضة التوقيت الأولى . لذلك فأن هذا المعداد يستأنف حالات العد المصممة له بصورة ذاتية بعد نبضة التوقيت الأولى حتى ولو بدأ المعداد من احدى الحالات المحذوفة .

وبإستعمال الطرائق السابقة ، يصمم معداد ذو معامل 7- بسهولة بحيث يقوم بالعد بالتسلسل الثنائي الأعتيادي . ويبين الشكل (8.18) جدول الواقع والشكل الموجي ودائرة المعداد . ويمكن تعيين الربط الملائم للمراجيح اعتماداً على الشكل الموجي ، فيلاحظ أن المرجاح C يجب أن تتغير حالته كلما تغيرت حالة المرجاح B من 1 الى 0 . لذلك يمكن استعمال المرجاح B ليقوم بقدح المرجاح C .

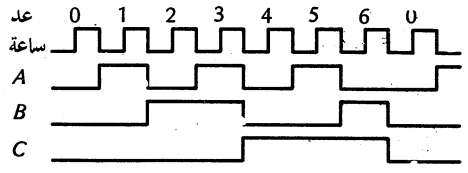
أما المرجاح B فيلاحظ بأنه يجب أن تتغير حالته مع كل هبوط في نبضة التوقيت وعندما يكون A واحداً . كذلك يجب أن يغير حالته أثناء تحول العد من الحالة 6 الى الحالة 0 . ويمكن تمييز الحالة 6 بالزمن الذي يكون فيه B وC مساويين لـ 1 . والآن ، لوكان المرجاح B يقدح بنبضة التوقيت وكان الطرفان J و K متصلين ببعضهما فإن عمل المرجاح يتعين بالمستوى الذي يكون فيه الطرفان J و K وعند هبوط نبضة التوقيت (فعندما يكون الطرف المتصل بالطرفين J و K واحداً فأن المرجاح B يغير حالته ، وعندما يكون هذا الطرف صفراً فإن المرجاح يبقى على حالته) .

ويمكن الحصول على هذا العمل للمرجاح B وذلك باستعمال الدائرة المنطقية المبينة في الشكل (8.19) . حيث أن المرجاح B يغير حالته في أي وقت يكون فيه A واحداً أوفي أي وقت يكون فيه (B و C) واحداً ، والمعادلة المنطقية تكون :

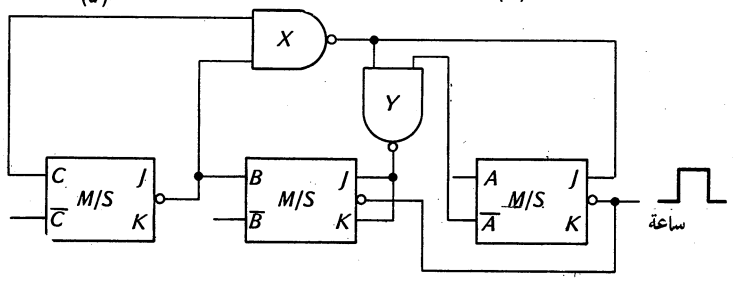
$$K = A + BC$$

C	B	A	عد
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
0	0	0	0

(a)



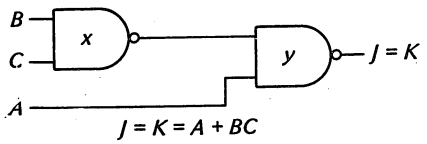
(b)



(c)

شكل (8.18) : معداد ذو معامل - 7 (a) جدول الواقع (b) الموجات (c) الرسم المنطقي

والدائرة المبينة في الشكل (8.19) تحقق هذه المعادلة .



شكل (8.19) : المنطق لمعداد ذي معامل – 7 في الشكل (8-18)

وأخيراً ، يلاحظ بأن حالة المرجاح A يجب أن تتغير مع كل هبوط في نبضة التوقيت باستثناء تلك التي تحدث أثناء حالة العد 6 والتي يتحول منها الى حالة العد 0 . ويمكن توفير هذا الشرط بالبوابة X التي تجعل الطرف J للمرجاح A صفراً أثناء حالة العد 6 .

هنالك حالة واحدة ممنوعة في هذا المعداد وهي حالة العد 7 (حيث A يساوي B ويساوي C ويساوي 1) . فاذا ما بدأ المعداد من هذه الحالة ، يحدث ما يأتي أثناء هبوط أول نبضة توقيت :

- لأن (B يساوي C ويساوي 1) فان اخراج البوابة X يكون صفراً وبذلك يتصفر المرجاح A .
- بما أن البوابة X صفر يكون اخراج البوابة y واحداً لذلك تتغير حالة المرجاح B من 1 الى 0 .

لهبوط B من 1 الى 0 تتغير حالة المرجاح C من 1 الى 0 .

وهكذا يتحول العد بصورة ذاتية عند هبوط اول نبضة توقيت من الحالة 7 الى الحالة 0 (A يساوي B ويساوي C ويساوي 0) .

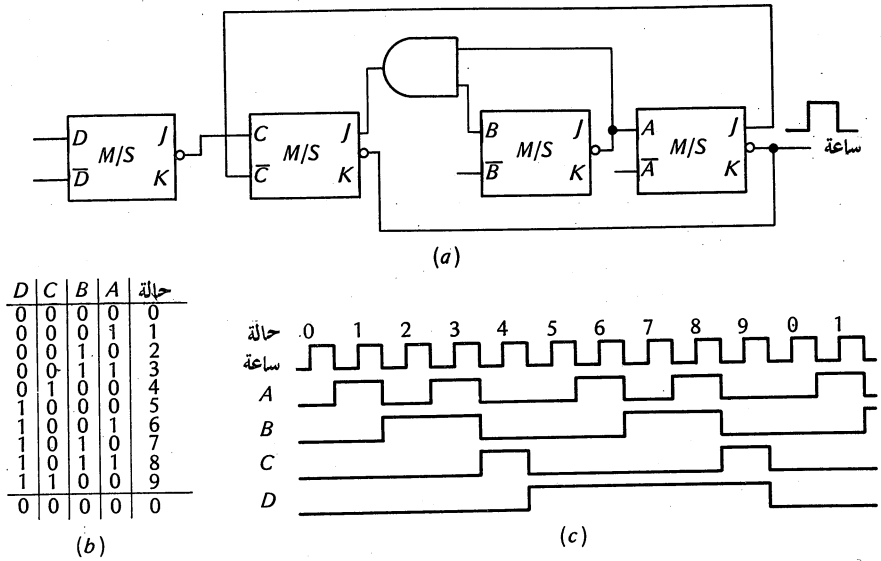
مثال 8.5 :

صمم معداداً ذا معامل – 10 باستعمال مراجيح السيد / المسود .

الحل :

يمكن تصميم المعداد ذي المعامل – 10 باستعمال معداد ذي معامل – 5 المبين في الشكل (8.17) . ثم نضيف مرجاحاً رابعاً D يُقدح من قبل المرجاح C ليقوم باكمال عد

الحالات العشر (من 0 الى 9) . ويبين الشكل (8.20) دائرة وجدول الواقع والاشكال الموجية لهذا المعداد .



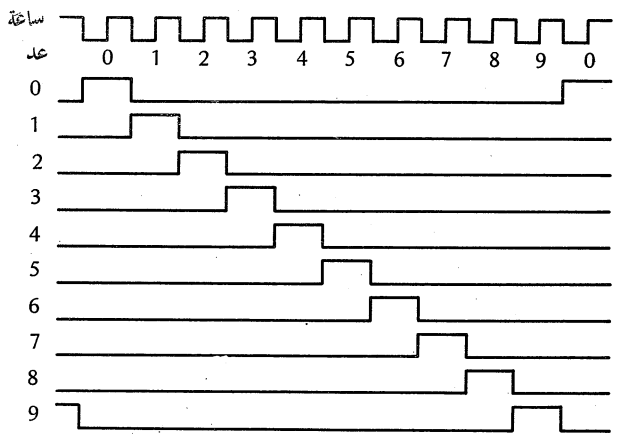
D	C	B	A	حالة
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
1	0	0	0	5
1	0	0	1	6
1	0	1	0	7
1	0	1	1	8
1	1	0	0	9
0	0	0	0	0

شكل (8.20) : معداد عشري
(a) الرسم المنطقي (b) جدول الواقع (c) الموجات

8.6 المعداد العشري مع بوابات حل الرموز :

يعتبر المعداد العشري من المعدادات المهمة جداً اذ به يتغير العد بصورة مألوفة اكثر من صيغة العد الثنائي . ويبين الشكل (8.21) الاشكال الموجية للحالات العشر المتميزة وذلك بعد حلها ببوابات حل الرموز . وبالامكان استعمال هذه الموجات في اغراض شتى .

فمن الاستعمالات المهمة لاشارات الاخراج العشر هذه التحكم بعشرة مصابيح تمثل الاعداد العشرية . كذلك تستعمل للسيطرة على فولتية الشبكة في صمامات العد (نكسي nixie) . (يكون صمام نكسي مليئاً بغاز النيون وله عشر شبكات مرتبة على شكل الاعداد العشرية وعند تسليط الفولتية المناسبة على احدى هذه الشبكات ، يتوهج الغاز فيضيء الرقم المطلوب بتلك الشبكة . وبالامكان اضاءة أي من الارقام العشرة من 0 الى 9 ببساطة وذلك عن طريق الشبكة) .



شكل (8.21) : اخراج المعداد العشري

للحصول على الموجات العشر المبينة في الشكل (8.21) ، يستوجب حل رموز المراجيح الاربعة في المعداد. وبما ان لكل حالة من هذه الحالات العشر اربعة رموز متميزة (الشكل 8.20) فانه يمكن كشف هذه الحالات باستعمال عشر بوابات (و) تمتلك كل بوابة اربعة اطراف للادخال . فالعد 0 يمكن تمييزه عندما :

$$A = B = C = D = 0$$

أو بتعبير آخر عندما :

$$\overline{A} = \overline{B} = \overline{C} = \overline{D} = 1$$

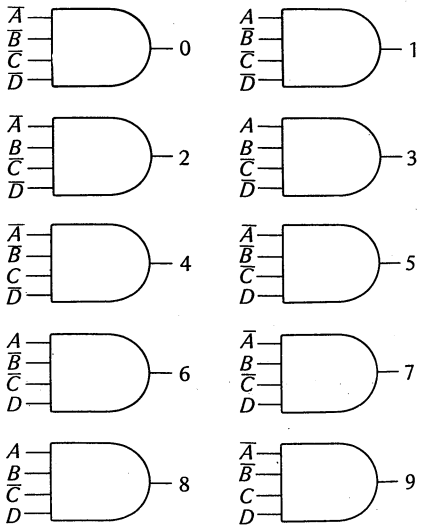
ويبين الشكل (8.22) كيفية استعمال بوابة (و) لحل الرمز 0 وحل رمز العد واحد يتم عندما :

$$A = \overline{B} = \overline{C} = \overline{D} = 1$$

وهكذا بالنسبة لبقية الارقام الثمانية . فكل بوابة تنتج واحداً عندما يصل العد الى الرمز الذي تكشفه تلك البوابة .

يمكن تكوين المعداد العشري بسهولة وذلك بربط مرجاح بمعداد ذي معامل – 5 (المبين في الشكل 8.17) وبالطريقة المبينة في الشكل (8.23) .

ويبين الشكل ايضاً جدول الواقع وامواج هذه المعداد . ولان لهذا المعداد عشر حالات متميزة

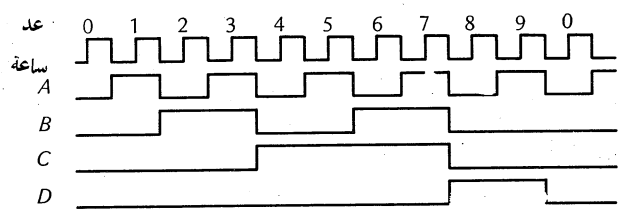


شكل (8.22) : بوابات حل الرموز للشكل (8.20)

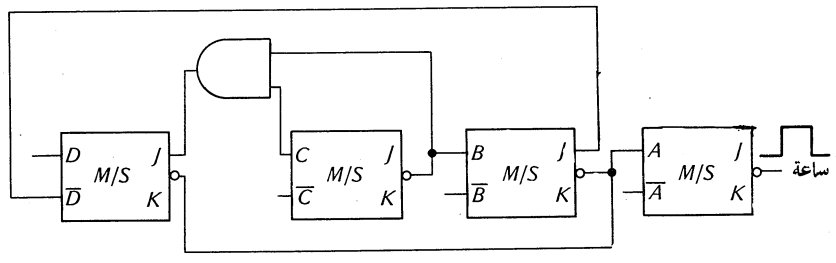
فإنه يُعتبر معداداً ذا معامل 10 برغم ان رموز بعض حالاته تختلف عن رموز المعداد العشري السابق . ويمكن كشف الحالات العشر هنا لانتاج الموجات المبينة في الشكل (8.21) وذلك بربط بوابات حل الرموز كما هو مبين في الشكل (8.24) .

D	C	B	A	عد
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
0	0	0	0	0

(a)

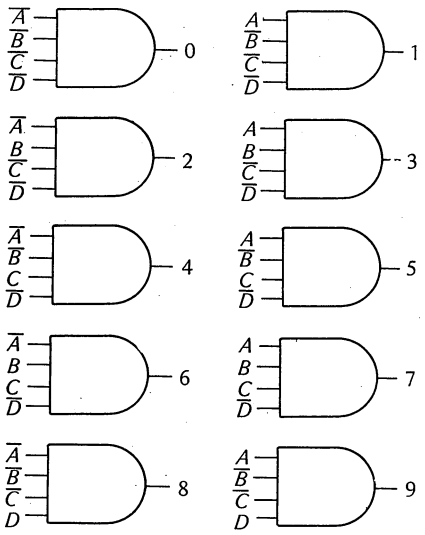


(b)



(c)

شكل (8.23) معداد عشري (a) جدول الواقع (b) الموجات (c) الرسم المنطقي



شكل (8.24) : بوابات حل الرموز للشكل (8.23)

يلاحظ في معداد الشكل (8 . 23) بأن العد يتم حسب التسلسل الثنائي المألوف بينما لا يكون التسلسل كذلك في معداد الشكل (8 . 20) .

مثال 8 . 6 :

عيِّن البوابات الضرورية لحل رموز المعداد ذي المعامل 5 (شكل 8 . 17) وارسم موجات اخراجها .

الحـل :

بما ان للمعداد خمس حالات متميزة تعينها ثلاثة مراجيح ، فان دائرة حل هذه الرموز تتطلب استعمال خمس بوابات (و) ذات أطراف ادخال ثلاثة . وتربط هذه البوابات حسب المعادلات المنطقية الآتية :

$$X_0 = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$$

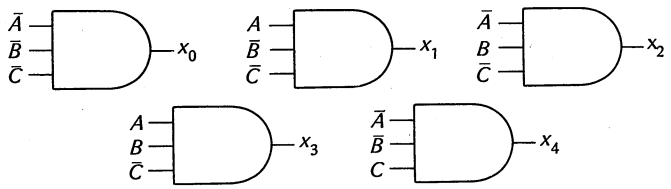
$$X_1 = A\,\overline{B}\,\overline{C}$$

$$X_2 = \overline{A}\,B\,\overline{C}$$

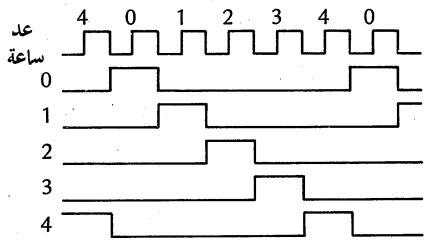
$$X_3 = A\,B\,\overline{C}$$

$$X_4 = \overline{A}\,\overline{B}\,C$$

ويبين الشكل (8 . 25) ربط هذه البوابات والموجات الخارجة منها



(a)



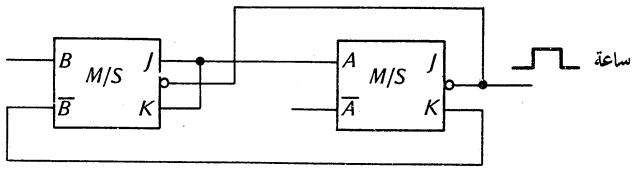
(b)

شكل (8.25) : حل معداد المعامل – 5 في الشكل (8.17) (a) البوابات (b) الموجات

8.7 معدادات ذات معاملات اعلى :

صممّ المعداد ذو المعامل – 10 في الفصل السابق من تجميع معدادين ذوي المعامل 5 و 2 . ولقد تبين كذلك ان كل مايتغير في مثل هذا الربط هو الاشكال الموجية للمراجيح الفردية . وتوحي هذه الفكرة الى امكانية ربط العديد من المعدادات ذات المعاملات المختلفة وذلك بتجميع المعدادات التي مر ذكرها سابقاً .

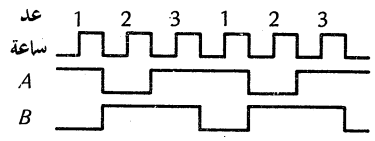
وكمثال على ذلك . يمكن تحصيل معداد ذي معامل – 6 من معداد ذي معامل – 3 ومعداد آخر ذي معامل – 2 (أي مرجاح واحد).
ويبين الشكل (8.26) دائرة وجدول واقع وموجات المعداد ذي المعامل – 3 الذي يعمل كالآتي :



(a)

B	A	عد
0	1	1
1	0	2
1	1	3
0	1	1

(b)



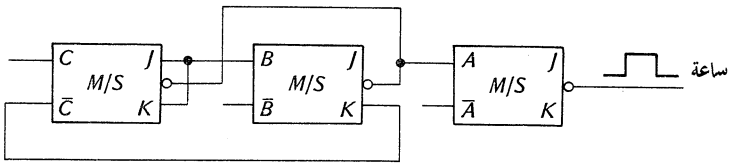
(c)

شكل [illegible] معداد ذو معامل – 3 (b) جدول الواقع (c) الموجات

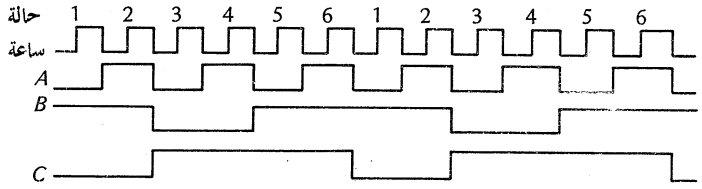
أ– يتغير A مع كل هبوط في نبضة التوقيت باستثناء الفترة التي يتحول فيها العد من (3) الى (1) حيث يجب منع المرجاح A من ان يتصفر خلال تلك الفترة . فالطرف $\overline{B}$ يكون صفراً خلال العد 2 و 3 ، وبربط هذا الطرف بالطرف K للمرجاح A فانه سيحول دون تصفير هذا المرجاح .

ب– يتغير B عندما يكون A واحداً واثناء هبوط نبضة التوقيت .

فاذا ما ربط مرجاح آخر على التوالي مع هذا المعداد لنتج معداد المعامل – 6 (2 × 3 يساوي 6) ويبين الشكل (8.27) هذا المعداد مع موجاته وجدول واقعه . واذا قام المعداد ذو المعامل – 3 بسوق المرجاح المضاف لنتج معداد المعامل – 6 ايضا (2 × 3 يساوي 6) – لاحظ الشكل (8.28) .



(a)

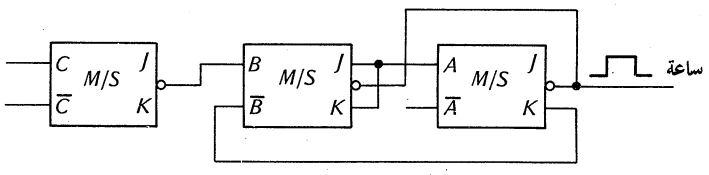


(b)

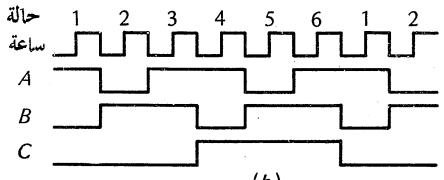
C	B	A	حالة
0	1	0	1
0	1	1	2
1	0	0	3
1	0	1	4
1	1	0	5
1	1	1	6
0	1	0	1

(c)

شكل (8.27) : (a) معداد2 × 3ذو معامل – 6 (b) الموجات (c) جدول الواقع



(a)



(b)

C	B	A	حالة
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	1	4
1	1	0	5
1	1	1	6
0	0	1	1

(c)

شكل (8.28) : (a) معداد 3 × 2 ذو معامل – 6 (b) الموجات (c) جدول الواقع

وتتجلى الآن بساطة تركيب المعداد مهما كبر معامله وذلك بالربط المتسلسل للمعدادات ذوات المعامل الاقل ، وخاصة ان المرجاح الواحد يعتبر معداداً معامله اثنين . فربط مرجاحين على التوالي ينتج المعامل 4 (2 × 2) وبالطريقة نفسها يتكون المعداد ذو المعامل ـ 8 من (2 × 2 × 2) وهكذا .

مثال 8.7 :

كيف يتم تكوين معداد معامله 12 باستعمال الطريقة المشروحة سابقاً ؟

الحل :

ان المعامل ـ 12 عبارة عن حاصل ضرب (3 × 2 × 2) . لذلك يمكن الحصول على معداد ذي معامل ـ 12 من احدى التراكيب الثلاثة الآتية :

$2 \times 2 \times 3$

أو

4×3

أو

2×6

8.8 معداد BCD :

تستوجب الحاجة احياناً تصميم معداد يعد باسلوب يختلف عن التسلسل الثنائي المألوف . ومن الاشكال المفيدة جداً في المعداد العشري ذلك الذي يعد حسب رمز 2421 (لاحظ القسم 3.3 من الفصل الثالث) . ولقد سبق شرح المعداد الاساسي في الفصل السابع ، ولاهمية هذا المعدادسنقدم طرائق اخرى لانشائه باستعمال مراجيح JK . ويبين الشكل (8.29) هذا المعداد وجدول واقعه وموجاته . ويمكن شرح عمل هذا المعداد بما ياتي :

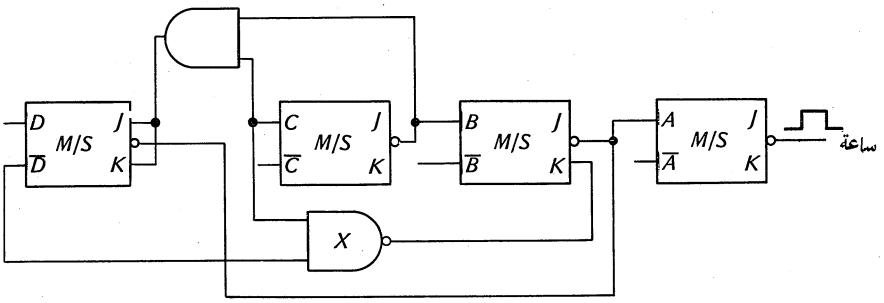
أ . المرجاح A يجب ان يتغير مع كل هبوط في نبضة التوقيت ، لذلك تسلط نبضة التوقيت مباشرة على ادخاله .

ب . المرجاح B يجب ان يتغير في كل مرة يكون فيها A صفراً الا اثناء التحول من حالة العد 7 الى 8 . وتتوالى البوابة X هذا الشرط وذلك لان اخراجها المربوط بالطرف K للمرجاح B يكون صفراً عندما ($C = \overline{D} = 1$) وبهذا لا يتصفر المرجاح B عند التحول من العد 7 الى 8 .

جـ . يقوم المرجاح B بسوق المرجاح C وذلك لأن C يجب ان يتغير كلما تغير B من 1 الى 0

د . المرجاح D يجب ان يتغير مع كل هبوط في A وعندما (B = C = 1).وهذا يتوفر بربط كلٍ من J و K للمرجاح D باخراج بوابة (و) التي تنتج واحداً عندما (B = C = 1)؛ وقيام A بسوق ادخال D . وبمثل هذا الربط تتغير حالة D عند التحول من العد 7 الى 8 ومن 9 الى 0 .

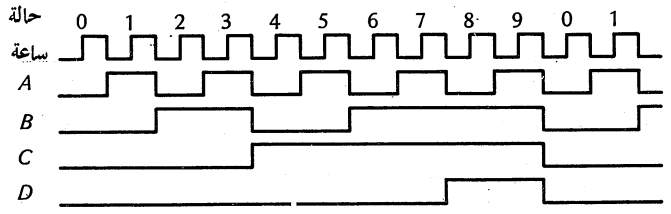
ان هذا المعداد هو من المعدادات العشرية وبذلك فان له عشر حالات . وبما انه يتطلب استعمال 4 مراجيح فان هناك ست حالات محذوفة وهي 1000 و 1001 و 1010 و 1011 و 1100 و 1101 مما تستوجب فحص عمل المعداد فيما لو بدأ باحدى هذه الحالات الممنوعة .



(a)

D	C	B	A	حالة
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	1	1	0	8
1	1	1	1	9
0	0	0	0	0

(b)



(c)

شكل (8.29) : معداد 2421 BCD

لنرَ ماذا يحدث فيما لو بدأ المعداد (بعد تشغيله) بالحالة 1000 .

ان نبضة التوقيت الأولى ستعمل على تغيير حالة A أما حالات B و C و D فتبقى كما هي . وهكذا تتقدم حالة العد الى 1001 والتي هي بدورها حالة ممنوعة أخرى .

ان نبضة التوقيت الثانية تغير حالة A ، وبما أن A سيهبط هذه المرة الى الصفر فان حالة المرجاح B تتغير . أما C و D فلا تتغيران وبهذا يتقدم العد حالة أخرى (الى 1010) وهي حالة ممنوعة أيضاً .

ان نبضة التوقيت الثالثة تغير حالة A بينما تبقى المراجيح B وC وD على حالاتها . وبذلك يكون العد قد تقدم الى الحالة الممنوعة الرابعة 1011 .

ونبضة التوقيت الرابعة ستغير A الى الصفر فيتغير B الى الصفر وبذلك يتغير C أيضاً أما D فيبقى كما هو ، وهكذا يتقدم العد الى 1100 وهي الحالة الممنوعة الخامسة .

وعند نبضة التوقيت الخامسة يتغير A وتبقى المراجيح B وC وD على حالتها ، وبذلك يكون العد قد تقدم الى الحالة الممنوعة السادسة (الأخيرة) وهي 1101 .

أما في نبضة التوقيت السادسة ، فان حالة المرجاح A تتغير الى الصفر وبذلك يتغير B بينما يبقى C و D على حالتيهما . وهكذا يكون العد قد الى 1110 وهو العد 8 للمعداد (لاحظ الشكل 8.29) .

لذلك فان هذا المعداد سوف لا ينقفل باحدى هذه الحالات الممنوعة الا أنه وبأسوأ الاحتمالات ، يحتاج الى ست من نبضات التوقيت كي يخرج نفسه من الحالة الممنوعة.

ان الشكل (8.29) يبين احدى طرائق تكوين معداد BCD . وينبغي العلم بأن هنالك العديد من الطرائق الأخرى .

اسعافات دراسية :

خلاصة :

– يستطيع المعداد الذي فيه n من المراجيح أن يعد (اعتيادياً) لغاية 2^n من الحالات . أما للعد الى معامل آخر فانه يجب تخطي أو حذف بعض الحالات وذلك بواسطة دوائر منطقية خاصة . في معداد التوالي تتم عملية التخطي بتغذية خلفية من بعض المراجيح الى مراجيح متقدمة أخرى كي تصفّرها . وهذه الطريقة تستغل التأخير الحاصل في كل مرجاح . أما في معداد التوازي فانه يجب توفير دوائر الادخال المنطقية مسبقاً والتي تعمل على تخطي الحالات المطلوب حذفها . ويسمى مثل هذا المنطق احياناً بالمنطق المستطلع look-ahead logic

ومن المشاكل التي يواجهها معداد التوازي هي مشكلة السباق والتي يمكن حلهـــا :

أ) بتأخير اخراج كل مرجاح .

ب) بمنطق الحافة الهابطة (الخلفية) .

جـ) بمرجاح السيد / المسود

– يمكن بسهولة تركيب معدادات ذات معاملات عالية باستعمال معدادات ذات معامل أقل . ومعداد التوالي – التوازي أحد الأمثلة وهو يقدم أيضاً حلاً وسطاً بين سرعة العد والأدوات المستعملة hardware .

كذلك يمكن استخدام التغذية الخلفية في المعداد الثنائي الاساسي في تركيب معدادات BCD المختلفة .

ومما يجدر بالذكر أن المعداد يمكن تركيبه باستعمال أية اداة للرقم الثنائي وهذا يشمل أنواع المراجيح ، وكذلك أدوات أخرى كالألباب المغناطيسية magnetic cores . أضف الى ذلك أنه بالأمكان جعل حالات العد بالتسلسل المطلوب . ومثل هذا الموضوع تجده في المصادر التي تبحث في التصاميم المنطقية .

مفردات :

مرجاح السيد / المسود Master/slave flip-flop : يتكون مرجاح RS الموقت (او JK) من مرجاحين منفردين متصلين بشكل لاينتج مشكلة السباق .

المعامل Modulus : يعرف عدد حالات عد المعداد .

العد الطبيعي (الاعتيادي) Natural count : **أقصى عدد يمكن ان يعده المعداد ويساوي** 2^n حيث n يمثل عدد مراجيح المعداد .

معداد التوازي Parallel counter : المعداد الذي تتغير فيه حالة جميع المراجيح بوقت واحد وذلك لأن ادخال المراجيح تُساق بنبضة التوقيت نفسها :

مشكلة السباق Race problem : صعوبة تعيين اخراج بوابة عندما تتغير ادخالها معاً .

المعداد التموجي Ripple Counter : المعداد الذي يقدح فيه كل مرجاح من قبل المرجاح الذي يسبقه .

اسئلة للمراجعة :

1. كم هو عدد الحالات الممكنة في معداد يمتلك العدد الآتي من المراجيح ؟
   (أ) 3 (ب) 5 (ج) 6 (د) 7 (هـ) 10
2. مامعنى تسلسل العد ؟
3. اشرح سبب كون العد في معداد التوازي اسرع من معداد التوالي .
4. عرّف مشكلة السباق .
5. اشرح كيف يقوم التأخير في اخراج المرجاح بعلاج مشكلة السباق .
6. ماهو استعمال منطق الحافة الهابطة .؟
7. اشرح كيف تعالج مشكلة السبق باستعمال مرجاح السيد / المسود .
8. بكم طريقة يمكن ربط معداد ذي معامل – 9 وباستخدام معدادات ذات معامل اقل ؟
9. ماهي الطرائق التي يمكن بواسطتها ربط معداد ذي معامل – 24 باستخدام معدادات ذات معامل اقل ؟

مسائل

8.1 ماهو عدد المراجيح الضرورية لبناء المعدادات الآتية ؟
(أ) المعامل – 6 (ب) المعامل –11 (جـ) المعامل –15 (د) المعامل –19
(هـ) المعامل –31

8.2 ارسم المخطط المنطقي وجدول الواقع والاشكال الموجية لمعداد المعامل – 7 المبين في الشكل (8.2) وذلك فيما لو اخذت اشارة التغذية الخلفية من $\overline{C}$ بدلاً من C .

8.3 في الشكل (8.6) ماذا سيكون معامل المعداد اذا ازيل توصيل الطرف A من ادخال البوابة Z ؟

8.4 في الشكل (8.6) ، ارسم الاشكال الموجية وجدول الواقع للمعداد ذي المعامل –5 المتكون من ازالة B من ادخال البوابة

8.5 صمم معداداً ذا معامل –3 مبتدئاً بالمعدادين A و Bفي الشكل (8.5) .

8.6 افرض ان المعداد في الشكل (8.5) صُمم باستعمال مراجيح تتاخر اخراجاتها بـ (0.5 مايكرو ثانية) وان تردد نبضة التوقيت هو (1 ميكا هيرتز) وذا موجة مربعة ، أهناك مشكلة سباق ؟

8.7 في السؤال السابق ، اذا اصبحت نبضة التوقيت ذات نبضات موجبة امدها (0.2 مايكرو ثانية) وبتردد (1 ميكا هيرتز) ، فهل عولجت فيه مشكلة السباق ؟ ارسم الاشكال الموجية .

8.8 اعد رسم المعداد ذي المعامل –5 المبين في الشكل (8.8) مستعملاً منطق الحافة الهابطة وارسم الاشكال الموجية الناتجة .

8.9 ارسم البوابات الضرورية لحل رموز حالات المعداد ذي المعامل —7 المبين في الشكل 8.18

8.10 ارسم البوابات الضرورية لحل رموز حالات المعداد التموجي المبين في الشكل (8.1)

8.11 افرض ان تردد نبضة التوقيت في معداد الشكل (8.1) هو (1 ميكا هيرتز) وذي موجة مربعة وان تاخيركل مرجاح هو (0.25 مايكرو ثانية) . ارسم بدقة موجات نبضة التوقيت ، واخراج المراجيح . واخراج دائرة حل الرموز . هل تتوقع أي مصدر للمشاكل ؟

8.12 ارسم المخطط المنطقي ، وجدول الواقع والاشكال الموجية في معداد ذي معامل – 9 متكون من معدادين متسلسلين معامل كل منهما 3.

8.13 بكم طريقة مختلفة يمكن تصميم معداد معامله 18 وذلك باستخدام معدادات ذات معامل أقل ؟ ارسم المخطط المنطقي ، وجدول الواقع والاشكال الموجية لاحدى هذه الطرائق .

الفصل التاسع

سجلات ومعدادات خاصة

يعتبر السجل register من الوحدات المهمة جداً في كثير من النظم الرقمية ويستعمل غالباً لخزن المعلومات الثنائية التي تظهر في اخراج مصفوفة الترميز encoding matrix كما يستعمل لخزن المعطيات الثنائية بعد حل رموزها . وهكذا فان السجل يشكل حلقة وصل مهمة بين المنظومة الرقمية الرئيسية وبين قنوات الادخال والاخراج .

واستعمالات السجل المهمة تكون في اساس العمليات الرياضية . فغالباً ما تتم عمليات الاتمام والضرب والقسمة عن طريق السجلات .

وهناك سجلات الازاحة shift registers التي يمكن تحويرها بسهولة لتكوّن انواعاً مختلفة من المعدادات ذات الفوائد المتميزة والتي سنبحثها في هذا الفصل .

وبعد دراسة هذا الفصل ، تكون قادراً على :

1 – شرح العمل الصحيح لسجل الازاحة .

2 – تعيين معامل المعداد الحلقي ring counter او معداد الازاحة shift counter .

3 – رسم موجات وحل رموز اخراج كافة مراجيح المعداد .

4 – توضيح كيفية استعمال المعدادات كوحدة فرعية في النظم الرقمية المعقدة .

9.1 سجل ازاحة التوالي :

السجل هو عبارة عن مجموعة مراجيح ليس الا . تستعمل في خزن الاعداد الثنائية .(*) ويقوم كل سجل بخزن رقم ثنائي واحد . وتربط المراجيح بحيث يمكن ادخال (ازاحة) العدد الثنائي الى داخل السجل كما يمكن ازاحته خارج السجل . ويطلق على مجموعة المراجيح المربوطة والتي تقوم باحدى هاتين الوظيفتين او بكلتيهما اسم سجل الازاحة .

وهناك طريقتان لازاحة المعلومات الثنائية داخل السجل . تتم بالاولى ازاحة المعلومات داخل السجل على شكل رقم ثنائي واحد في الوقت الواحد وبصورة متسلسلة ولذلك يسمى

(*) يمكن تركيب السجل من عناصر ثنائية اخرى كاللب المغناطيسي (او الفقاعات المغناطيسية magnetic bubbles) كما سنرى في الفصل الثاني عشر .

هذا النوع من السجل بسجل ازاحة التـــوالي serial shift register وفي الطريقة الثنائية تتم ازاحة كافة الارقام بالوقت نفسه ويسمى مثل هذا السجل بسجل ازاحة التوازي parallel shift register وسيقتصر هذا القسم على شرح سجل ازاحة التوالي وسيُناقش سجل ازاحة التوازي في قسم آخر .

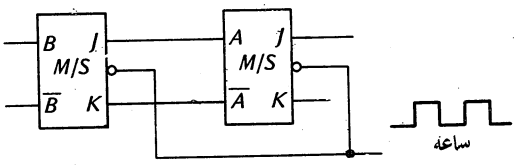
لنر الآن كيف يستخدم سجل الازاحة : لاحظ المرجاحين في الشكل (9.1) وافرض ان (A = B = 0) . فاذا كان طرفا الادخال J وK في المرجاح A مربوطين بالصفر فان نبضة التوقيت لاتغير حالة هذا المرجاح . ولأن J في المرجاح B متصل بـ A (أي صفر) و K متصل بـ $\overline{A}$ (أي واحد) فان نبضة التوقيت لاتؤثر في حالة المرجاح B أيضاً . لذلك يبقى المرجاحان على حالتيهما .

والآن ، لو ربطنا الطرف J في المرجاح A بالواحد وابقينا الطرف K بالصفر فان نبضة التوقيت الاولى ستضع المرجاح A في حالة الواحد . اما المرجاح B فيبقى صفراً (لأن طرف ادخاله J كان صفراً).

ولو جعلنا طرف J في المرجاح A صفراً والطرف K واحداً وسلطنا نبضة توقيت اخرى فان المرجاح A يتصفر اما B فيصبح واحداً (لأن طرفه J كان واحداً) . وهكذا تكون حالة المرجاح A قد ازيحت الى المرجاح B خلال هذه النبضة .

ولو سلّطت نبضة توقيت اخرى فان المرجاح A يبقى صفراً اما المرجاح B فيتغير الى الصفر (لان الطرف A الموصل بالطرف J للمرجاح B كان صفراً).

وهكذا تكون حالة المرجاح A قد انتقلت (أو ازيحت) الى B فيرجع بذلك المرجاحان خلال هذه النبضة الى حالتيهما السابقتين (الصفر).



شكل (9.1)

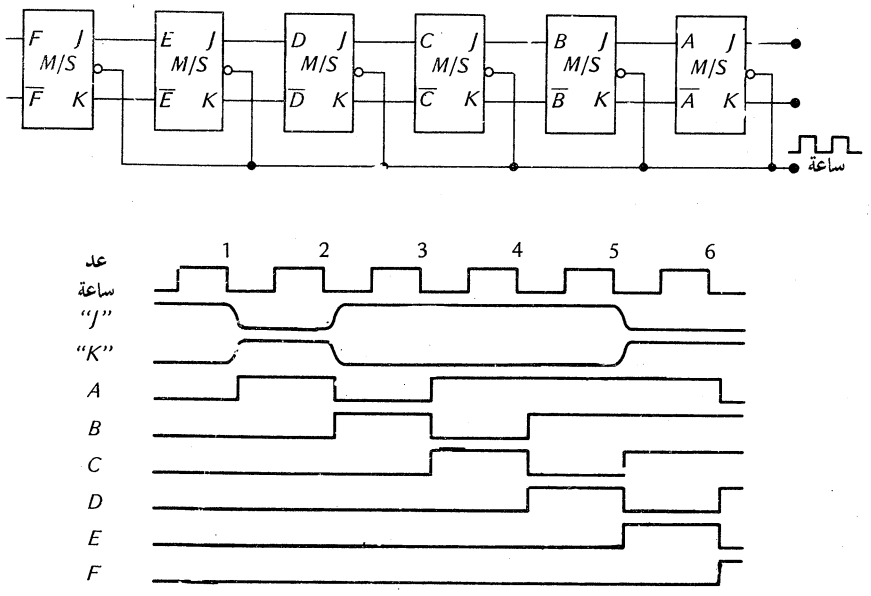
النقاط المهمة التي يجدر ملاحظتها هي :

1. لكي تضع المرجاح A في حالة الواحد ، اجعل طرفه J واحداً و K صفراً واسمح لسريان نبضة واحدة من نبضات التوقيت .
2. لتصفير المرجاح A ، اجعل طرفه J صفراً و K واحداً واسمح لسريان نبضة واحدة من نبضات التوقيت .
3. في أي وقت يكون فيه A واحداً ، فان ذلك الواحد سيزاح الى المرجاح B خلال نبضة التوقيت الآتية (أي ان B يصبح واحداً).
4. في أي وقت يكون فيه A صفراً ، فان B يتصفر خلال نبضة التوقيت الآتية .

وبتطبيق هذه النقاط الاساسية يمكن تكوين سجل الازاحة ، ويبين الشكل (9.2) سجل الازاحة بسعة 9 ارقام ثنائية حيث ان كل مرجاح يستطيع خزن رقم واحد . افرض بانك تريد ازاحة العدد الثنائي 101110 داخل هذا السجل بصورة متوالية (متسلسلة) . قبل كل شيء ، لاحظ بان ازاحة الرقم الاول في المرجاح تستغرق زمن نبضة واحدة . وتحتاج الى نبضة توقيت ثانية لازاحة الرقم الثنائي الى A ، وفي الوقت نفسه سيزاح الرقم الاول من A الى B .

اما نبضة التوقيت الثالثة . فانها تزيح الرقم الثالث الى A وفي الوقت نفسه يزاح الرقم الاول من B الى C والرقم الثاني من A الى B . ان هذه العملية يجب ان تتكرر لثلاث مرات اخرى ، واثناء النبضة السادسة يكون الرقم السادس قد ازيح الى A ، والخامس الى B والرابع الى C ، والثالث الى D ، والثاني الى E والاول الى F . وهكذا تكون الارقام الستة قد ازيحت على التوالي داخل المراجيح الستة وذلك بعد ست نبضات . حينذاك يجب ايقاف نبضات التوقيت والا فان بعض الارقام ستغيب .

ومن الضروري ان تتم السيطرة على طرفي الادخال J و K في المرجاح A وذلك لضمان ازاحة الارقام الصحيحة في السجل . كذلك يجب تحديد المرتبة التي يجب ان يزاح بها العدد الى السجل ، او بتعبير آخر ، هل سيدخل الرقم ذو المرتبة الادنى LSB أولاً ام اخيراً وفي هذه الحالة افرض ان الرقم ذا المرتبة القصوى MSB هو الذي سيدخل اولاً ، عند ذلك يكون المرجاح F (بعد اتمام عملية الازاحة) حاوياً على الرقم ذي المرتبة القصوى اما الرقم ذو المرتبة الادنى فيكون في المرجاح A .



شكل 9.2 : سجل ازاحة متوال ذو ستة ارقام ثنائية
(a) المخطط المنطقي
(b) الدورات الست اللازمة لازاحة 101110 الى السجل ابتداءً بالرقم الاقصى .

ويبين الشكل (9.2 b) نبضات التوقيت وموجتي الادخال الملائمتين للطرفين J و K في المرجاح A (وحسب العدد المطلوب) وموجات الاخراج في المراجيح . وكما هو موضح بالشكل فان نبضات التوقيت تبدأ بالنبض قبيل العد (1) وتتوقف في نهاية العد (6) اثناء العد (1) يكون J (المرجاح A) واحداً و K صفراً وبذلك يتغير المرجاح A من صفر الى واحد . وخلال العد (2) ينزاح الواحد من المرجاح A الى المرجاح B بينما يتصفر المرجاح A (لأن طرفه J يساوي صفراً و K واحداً) . وفي الوقت ذاته تنزاح بقية الارقام الاربعة داخل السجل ، ويمكن فهم عملية الازاحة بالتفصيل وذلك بمتابعة الاشكال الموجية المبينة في الشكل . ويلاحظ في الشكل ان العدد المطلوب يكون موجوداً في السجل وذلك بعد العد (6) بحيث ان الرقم ذا المرتبة القصوى يكون مخزوناً في المرجاح F .

واخيراً ، يجدر التأكيد على شيئين : اولاً ، ان سعة السجل تحدد ها قيمة العدد المراد

خزنه ، أي انه يجب ان يكون عدد المراجيح مساوياً لعدد الارقام الثنائية . ثانياً ، في ازاحة التوالي يحتاج السجل الى n من النبضات لازاحة n من الارقام داخل السجل .

9.2 المعداد الحلقي :

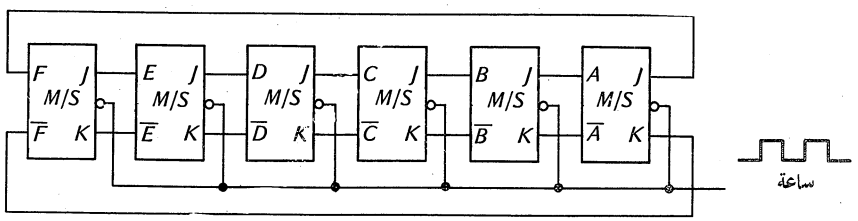
يحتاج سجل الازاحة الذي سبق ذكره الى دائرة اضافية للتحكم في طرفي الادخال J و K وذلك لضمان الازاحة الصحيحة . ان الدائرة المنطقية التي توفر موجات التحكم تُشتق عادة من جزء السيطرة في المنظومة وتتكون من مصدر نبضات التوقيت واشارات التحكم الضرورية الاخرى ، وسيأتي ذكر هذا الموضوع في الفصل الرابع عشر . اما الآن ، فلنشاهد ماذا يحدث فيما لو طبقنا اياً من طرائق التغذية الخلفية والتي سبق ذكرها في الفصل السابق .

لربما كان توصيل F بالطرف J من المرجاح A والطرف $\overline{F}$ بالطرف K من اكثر طرائق التغذية الخلفية تطبيقاً ، ويبين الشكل (9.3 a) ذلك . والان ، افرض ان كافة المراجيح في حالة الصفر وانظر ماذا يحدث بعد تسليط نبضات التوقيت . والجواب ، لاشيء يحدث ما دامت جميع اطراف J صفراً واطراف K واحداً ، فعند هبوط نبضة التوقيت يتصفر كل مرجاح وبذلك لاتتغير حالة المراجيح .

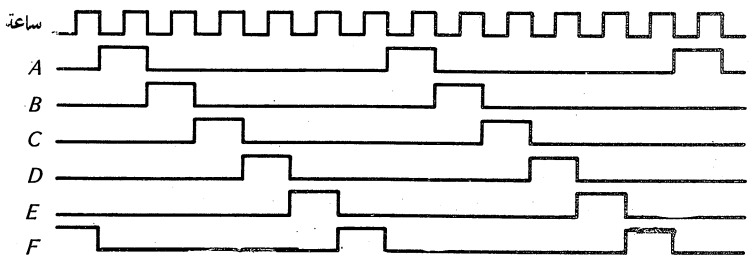
ولكي نحصل على عمل ما ، افرض ان المرجاح A كان واحداً بينما كانت بقية المراجيح صفراً : فعند اول هبوط في نبضة التوقيت ينزاح الواحد من A الى B اما المرجاح A فيتصفر لان (F = 0) و ($\overline{F}$ = 1) ، وكذلك تبقى بقية المراجيح مصفرة ونبضة التوقيت الثانية تزيح الواحد من B الى C بينما يتصفر المرجاح B والمراجيح الاخرى . اما نبضة التوقيت الثالثة فتزيح الواحد الى المرجاح D ، وهكذا . اذن ، ينتقل الواحد من مرجاح الى آخر عند كل هبوط في نبضة التوقيت .

ان النقطة الحاسمة في هذا السجل تحدث عندما يصل الواحد الى المرجاح F ، حيث ان النبضة القادمة ستؤدي الى ازاحة هذا الواحد الى المرجاح A بسبب توصيلة التغذية الخلفية . ومن تلك النقطة تتكرر عملية الازاحة فيدور الواحد حول المراجيح طالما كانت نبضات التوقيت موجودة . ومن اجل ذلك سمي هذا السجل بسجل التدوير او السجل الحلقي ring counter ويبين الشكل (9.3 b) موجات هذا السجل .

وتجدر هنا ملاحظة التشابه بين هذه الموجات وموجات الاخراج في دوائر الرموز في معدادات الفصل السابق . لذلك بات الحصول على مثل هذه الموجات من السجل الحلقي



(a)



(b)

شكل 9.3 :. معداد حلقي ذوست مراحل .
(a) المخطط المنطقي
(b) الموجات وبوجود 1 واحد في المعداد .

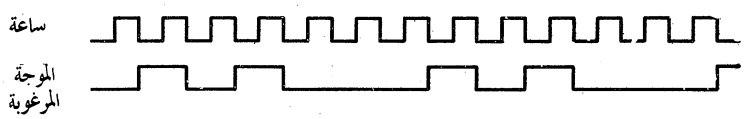
(في بعض التطبيقات) اكثر منطقياً من الحصول عليها من المعداد وباتت المعدادات الحلقية (كالتي في الشكل 9.3) منتشرة في كثير من دوائر السيطرة .

الا ان المشكلة في هذا المعداد هي ان الواحد يجب ان يكون موجوداً في مرجاح واحد فقط ، وطبعاً يندر وجود مثل هذه الحالة عند تسليط مصدر القدرة على المعداد . فاذا ابتدأت جميع المراجيح بحالة الصفر فان هذا المعداد سوف لن يشتغل كما لاحظنا ذلك سابقاً . اما لو ابتدأت بعض المراجيح بحالة الواحد وابتدأت بقية المراجيح بحالة الصفر فان سلسلة من الموجات المعقدة سوف تنتج حينذاك . لذلك من الضروري توفير الحالة المطلوبة وذلك قبل استعمال المعداد .

واحدى طرائق وضع المعداد المسبق في الحالة المرغوبة تتم بربط اطراف التصفير R للمراجيح B و C و D و E و F بالطرف S للمرجاح A ثم تسليط نبضة سالبة على هذه الاطراف الموحدة قبيل تشغيل نبضات التوقيت . وهذه العملية تؤدي الى وضع 1 في المرجاح A وتصفير بقية المراجيح .

وبما ان المعداد الحلقي المبين في الشكل (9.3) يستطيع العمل عندما يكون اكثر من 1 واحد موجوداً فيه ، فان الضرورة تتطلب احياناً مثل هذا التشغيل .

وتبين موجات الشكل (9.4) مثالاً على ذلك حيث يمكن الحصول على الموجة المرغوبة باستعمال معداد ثنائي ودوائر لحل الرموز وكما ورد ذكر ذلك في الفصل . كذلك يمكن الحصول على هذه الموجة وبسهولة من دائرة الشكل (9.3) وذلك بعد وضع المرجاحين A و C في حالة الواحد وتصفير بقية المراجيح . وستلاحظ هنا انه ليس من المهم وضع الواحد حيثما ذكر وانما تستوجب الضرورة وضع الواحد في أي مرجاحين يفصلهما مرجاح مصفر .



شكل 9.4

مثـال 9.1 :

ماهي الحالات المسبقة التي يجب وضعها في المعداد الحلقي المبين في الشكل (9.3) كي نحصل منه على اخراج ذي موجة مربعة ترددها يساوي نصف تردد نبضات التوقيت ؟

الحـل :

هنا يجب وضع 1 في كل مرجاح وتصفير بقية المراجيح المحيطة به . (أي يجب أن يتوسط كل مرجاحين في حالة 1 مرجاح في حالة الصفر)

مثـال 9.2 :

بيِّن كيف يمكن استخدام معداد حلقي ذي خمس مراحل مع مرجاح منفرد آخر كي نحصل على معداد عشري .

الحـل :

يبين الشكل (9.5 a) الدائرة التي تعمل عمل معداد عشري على أن يوضع (مسبقاً) المرجاح A في حالة الواحد مع تصفير بقية المراجيح . ويبين الشكلان b و c موجات وبوابات حل رموز هذا المعداد . ويلاحظ هنا ان عشر بوابات (و) ذات ادخالين تفي بالغرض .

9.3 معداد الازاحة :

لوحظ في القسم السابق بأن تسليط طريقة التغذية الخلفية على سجل الازاحة كان مثمراً تماماً ، وربما يثمر أيضاً اكتشاف طريقة أخرى من طرائق التغذية الخلفية . افرض ان اخراج آخر مرجاح من مراجيح السجل ربط في الادخال K للمرجاح الأول وان الطرف المتمم لأخراج آخر مرجاح ربط في الطرف J للمرجاح الأول ، ويبين الشكل (9.6) مثل هذا الربط في سجل ازاحة ذي ثلاث مراحل (أي ثلاثة مراجيح) . ويطلق على مثل هذا الربط أحياناً بالتغذية الخلفية المعكوسة inverse feedback .

والآن افرض ان حالة المراجيح كانت صفراً قبل بدء نبضات التوقيت بالنبض ، بما أن ($\overline{C} = 1$) و ($C = 0$) فان المرجاح A يتغير الى الواحد عند أول نبضة توقيت بينما يبقى المرجاحان B و C مصفّرين وذلك لكون طرفيهما J صفراً و K واحداً .

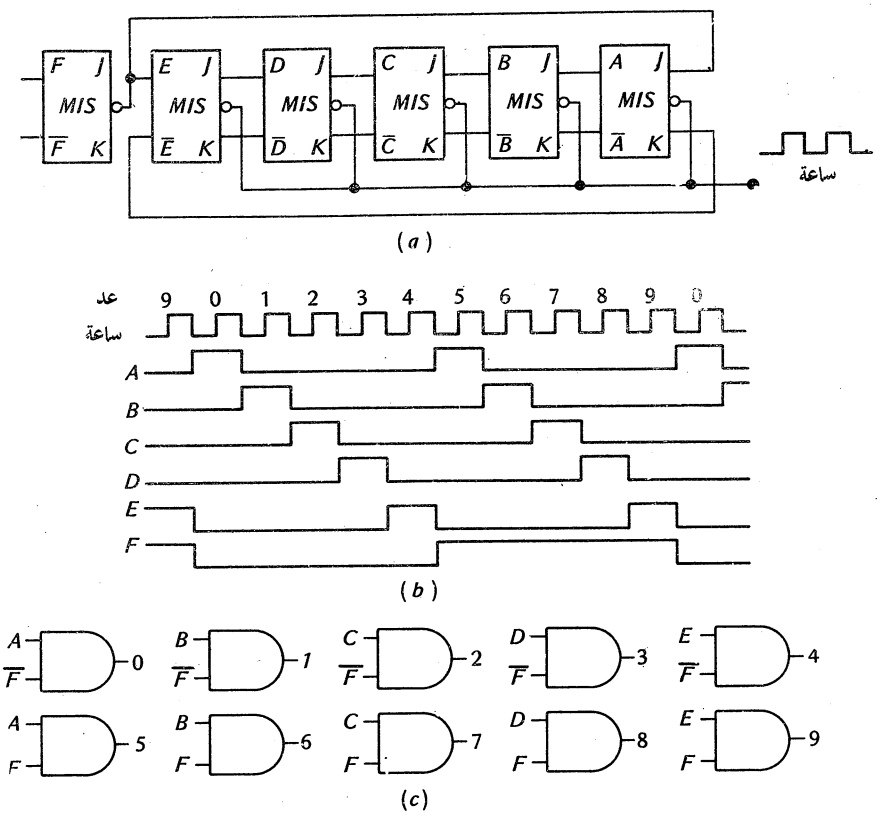
وأثناء فترة النبضة الثانية يبقى A على حالة الواحد ما بقيت الحالة ($\overline{C} = 1$) و ($C = 0$) . في الوقت نفسه يكون B واحداً حيث A كانت واحداً و $\overline{A}$ صفراً . أما C فيبقى مصفراً لأن B كان صفراً خلال هذه الفترة .

اثناء فترة النبضه الثالثة يبقى A و B في حالة الواحد أما C فيتغير الى الواحد لأن B يكون واحداً حينذاك وهكذا تكون حالة المراجيح الثلاثة قد تغيرت من الصفر الى الواحد بعد مضي ثلاث نبضات .

اثناء فترة الرابعة $\overline{C}$ يساوي صفراً و C يساوي واحداً لذلك يتصفر المرجاح A ويبقى B و C في حالة الواحد .

اثناء فترة النبضة الخامسة يبقى A صفراً ، أما B فيتصفر (لان A كان صفراً و $\overline{A}$ واحداً) . أما المرجاح C فيبقى واحداً .

ويرجع المعداد الى حالته الأولى عند النبضة السادسة حيث يتصفر المرجاح C ويبقى A و B مصفرين . وهكذا يكون المعداد قد أتم دورة كاملة من العد في فترة ست نبضات توقيت .

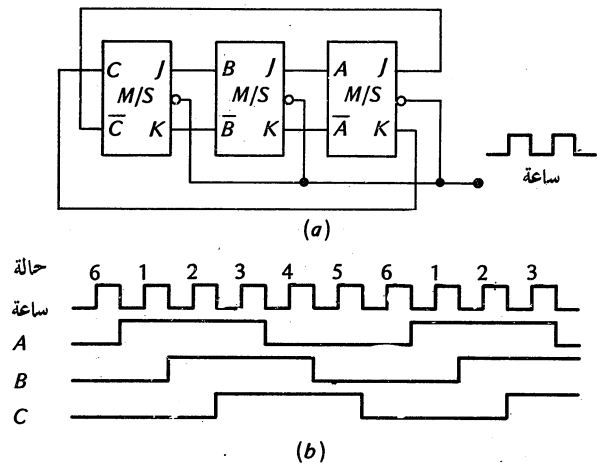


شكل 9.5 : معداد عشري . (a) المخطط المنطقي (b) الموجات (c) بوابات حل الرموز .

ويلاحظ في الشكل (9.6 b) بأن موجات المرجاح ظهرت مربعة وذات تردد يساوي سُدس تردد نبضات التوقيت . كذلك يلاحظ بأن الموجات متماثلة ماعدا أن كل واحدة منها مزاحة عن الأخرى بفترة أمدها تردد نبضة توقيت واحدة . ولأن عملية العد هذه عملية دورية وأن الموجات تتراوح خلال المراجيح سمي هذا النوع من المعدادات بمعداد الازاحة (كذلك يسمى معداد جونسون Johnson counter) .

من أجل توضيح أكثر . نبين جدول الواقع الذي يصف حالات هذا المعداد وذلك في الشكل (9.7) . ولتسهيل المقارنة . يبين الشكل (9.7 b) جدول الواقع لمعداد اعتيادي ذي

ثلاثة مراجيح بعد بصورة متسلسلة . يلاحظ من الجدول الأول أن لمعداد الازاحة ذي المراجيح الثلاثة ست حالات متميزة تمثل حالات العد الثنائية 1 – 3 – 7 – 6 – 4 – 0 ، أي أن المعداد يتخطى حالتي العد 2 (010) و 5 (101) ، لذلك يجدر فحص هذا المعداد فيما لو حدث وان ابتدأ بأحدى هاتين الحالتين عند تسليط مصدر القدرة على المعداد . وبالحقيقة ، يمكن لاحدى هاتين الحالتين الممنوعتين أن تحدث من تأثير ضوضاء او من تقصير آخر .



شكل 9.6 : سجل ازاحة ذو ثلاث مراحل باستعمال التغذية الخلفية المعكوسة لتشكيل معداد ازاحة (a) المخطط المنطقي (b) الموجات .

لنفرض اولاً أن المعداد ابتدأ بالحالة 2 (أي 010) ، فعند هبوط نبضة التوقيت الأخرى يكون A واحداً و B صفراً و C واحداً . أي أن العد سيكون 5 (101) وهي الحالة الممنوعة الثانية .

خلال النبضة الثانية ، A يصبح صفراً وBواحداً و C صفراً وهكذا فان النبضة الثانية ترجع المعداد الى الحالة 2 (أي ، 010) . لذلك فان المعداد سيتذبذب بين هاتين الحالتين الممنوعتين ، أو بتعبير آخر ، لن يؤدي هذا المعداد وظيفته بصورة صحيحة .

ولتجنب مثل هذه الحالة ، يجب ايجاد طريقة ما تضمن عدم وقوع المعداد بأي من هاتين الحالتين الممنوعتين . واحدى هذه الطرائق تتم باستعمال بوابة (لاو) المبينة في الشكل

(9.8). فعندما يكون $\overline{A}$ و B و $\overline{C}$ جميعاً في حالة الواحد (وهي الحالة الممنوعة 010) يكون اخراج البوابة صفراً . فاذا سلط طرف الاخراج هذا مباشرة على الطرف S للمرجاح A فان A يكون واحداً كلما ظهرت تلك الحالة ، فيتقدم العد من الحالة الممنوعة 2(010) الى حالة مسموحة هي 3 (011) وهي حالة العد الثانية ، وبذلك يستأنف المعداد عده بصورة صحيحة (لاحظ المسألة 9.7) .

C	B	A	العد
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	0	0	0

(b)

C	B	A	حالة	العد الثنائي المكافيء
0	0	1	1	1
0	1	1	2	3
1	1	1	3	7
1	1	0	4	6
1	0	0	5	4
0	0	0	6	0
0	0	1	1	1

(a)

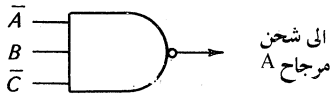
شكل 9.7 : (a) جدول الواقع لمعداد وازاحة ذي ثلاثة مراجيح (b) جدول الواقع للعد بثلاثة مراجيح بالطريقة الثنائية المعروفة

مثـال 9.3 :

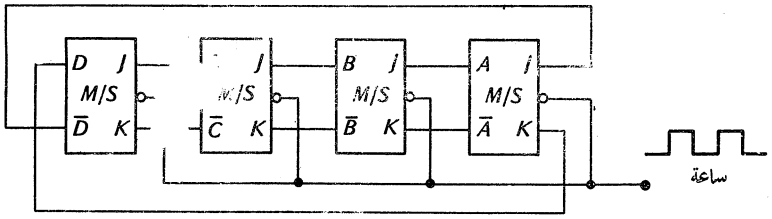
ارسم المخطط وموجات الاخراج لمعداد ازاحة ذي أربعة مراجيح . ومن مخطط الموجات اوجد جدول الواقع مبيناً تسلسل العد المطلوب كذلك جدول الحالات الممنوعة ودقق فيما اذا كان المعداد سيقع في احدى هذه الحالات أم لا .
مع اقتراح طريقة لعلاج هذه المشكلة ان حدثت .

الحـل :

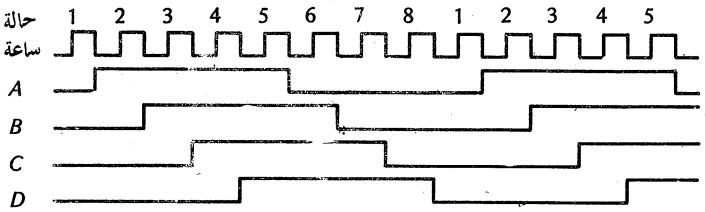
يبين الشكل (9.9 a,b) المعداد المطلوب وموجاته . أما الشكل (9.9 c) فيبين جدول الواقع الذي اشتق من شكل الموجات . وبما أن المعدل يحوي على اربعة مراجيح فهناك 16 حالة ممكنة ، بينما حالات العد المستعملة هي ثمانية لذلك توجد 8 حالات ممنوعة وهي 2 و4 و5 و6 و9 و10 و11 و13 (لاحظ الشكل 8.10) .



شكل (9.8) بوابة متقدمة لمعداد ازاحة الشكل (9.6)



(a)



(b)

D	C	B	A	حالة	الثنائي المكافيء
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	2	1
0	0	1	1	3	3
0	1	1	1	4	7
1	1	1	1	5	15
1	1	1	0	6	14
1	1	0	0	7	12
1	0	0	0	8	8
0	0	0	0	1	0

(c)

شكل (9.9) : معداد ازاحي ذي اربع مراحل (a) المخطط المنطقي (b) الموجات (c) جدول الواقع .

يبين النصف الأيمن للجدول (شكل 9.10) الحالات الجديدة التي ينتقل اليها المعداد من الحالات الممنوعة . فمثلاً ، بعد نبضة توقيت واحدة ينتقل المعداد من الحالة 2(0010)

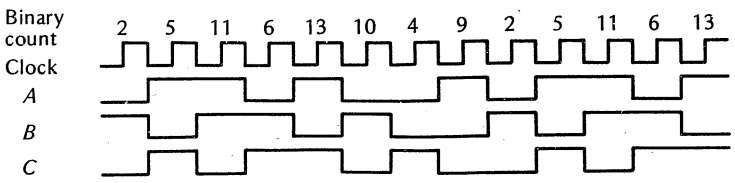
الى الحالة 5 (0101) . ويبين الجدول أنه لو دخل المعداد في احدى الحالات الممنوعة فان حالات العد ستبقى على هذه الحالات وبالتسلسل الآتي :

2 – 5 – 11 – 16 – 13 – 10 – 4 – 9 – 2 .

يلاحظ أيضاً أن المعداد لايزال يحتفظ بجزء من الغاية التي صمم لاجلها المعداد وهوكون

عد ثنائي	حالة	الحالة الجديدة	العدد الثنائي الجديد
2	0010	0101	5
4	0100	1001	9
5	0101	1011	11
6	0110	1101	13
9	1001	0010	2
10	1010	0100	4
11	1011	0110	6
13	1101	1010	10

(a)



شكل (9.10) : (a) الحالات الثمان غير المقبولة لمعداد الشكل(9.9)والحالات التي يتقدم اليها المعداد بعد نبضة التوقيت .
(b) موجات التسلسل غير المقبول .

معامل العد ثمانية . الا أن حل رموز المعداد يتطلب اللجوء الى وسيلة لأرجاع المعداد الى حالات العد المرغوبة وذلك للاختلاف الكبير بين موجات العد المرغوب وموجات العد غير المرغوب . ومن الشكل(b 10 ، 9) الذي يبين موجات حالات العد الممنوعة ، يلاحظ بأن الحالة $\bar{A}\,B\,\bar{C}$ تكون واحداً مرتين وذلك خلال العدّين الممنوعين 2 و 10 أما مثل هذه الحالة فلا تحدث مطلقاً أثناء العد المرغوب ، لذا فان استعمال بوابة (و) المبينة في الشكل (8 . 9) تستطيع حل المشكلة وذلك بربط اخراج البوابة بالطرف S للمرجاحين C و D . ان مثل هذا الربط سيجبر المعداد على الأنتقال الى حالة العد 6 عندما يكون اخراج البوابة صفراً (أي عندما يكون $\bar{A}\,B\,\bar{C}$ واحداً) واذا ما دخل المعداد الى الحالة 6 فانه يستأنف العد حسب الطريقة المرغوبة .

يبين الشكل (9.11) معداد ازاحة ذا خمسة مراجيح . ويعتبر من المعدادات المهمة اذ يستعمل كمعداد عشري وبحالات يسهل حل رموزها . ويبين الشكل موجات وجدول واقع هذه الحالات . ولوجود خمسة مراجيح فان هناك 32 حالة ممكنة ، يستعمل المعداد منها 10 وتبقى 22 حالة ممنوعة .

ويمكن اثبات ذلك بما يأتي : لوحدث وان وقع المعداد في احدى الحالات الممنوعة (لاحظ المسألة 9.10) فانه سيحدث احد الشيئين الآتيين : اولاً ، سيستمر العد على حالات عشر وبأحد التسلسلين الممنوعين 2 – 5 – 11 – 23 – 14 – 29 – 26 – 20 – 8 – 17 – 2

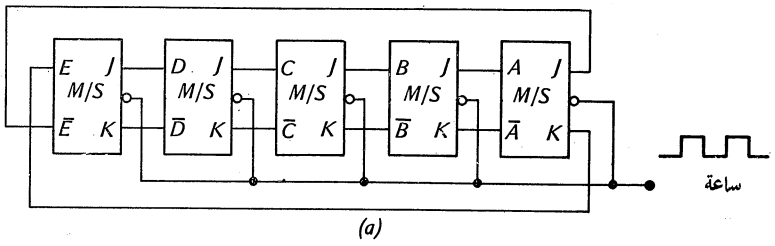
أو 4 – 9 – 19 – 6 – 13 – 27 – 22 – 12 – 25 – 18 – 4 .

ثانياً ، لوحدث وان وقع المعداد بحالة العد 10 أو 21 فانه سيتذبذب بين هاتين الحالتين

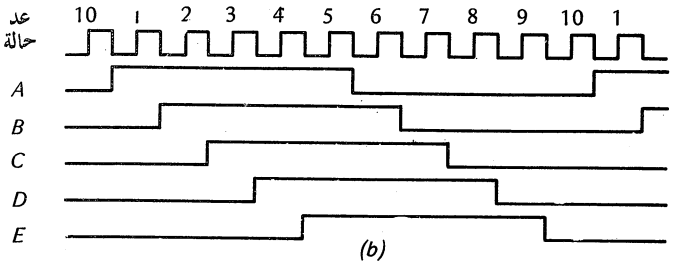
ولضمان حصول التسلسل الصحيح في العد تربط أيضاً البوابة (لاو) المبينة في الشكل (9.8) حيث يربط اخراج هذه البوابة بالطرف S للمراجيح C وD و E (لاحظ المسألة 9.11) .

يلاحظ هنا أنه يمكن الحصول على معداد معامله 2n وذلك من ربط n من المراجيح . أي أن مرجاحين اثنين يستطيعان التقسيم على 4 ، وثلاثة مراجيح على 6 . وهلم جراً . وهكذا يمكن الحصول على معداد ذي معامل زوجي وذلك بربط العدد المناسب من المراجيح بطريقة معداد الأزاحة .

أما تكوين معداد ذي معامل فردي بطريقة الازاحة فانه في غاية البساطة ففي الشكل (9.8) نجد أن كل ما نحتاجه لجعل المعداد يقسم على 5 بدلاً من 6 هو تصفير المراجيح الثلاثة قبل موعدها بزمن يساوي فترة واحدة من تردد نبضة التوقيت . وهذا سيجعل A وB وC في حالة الواحد لزمن طوله فترتان فقط ، وتكون هذه المراجيح في حالة الصفر لزمن طوله ثلاث فترات ، وبذلك تكون حالات العد المتميزة 5 بدلاً من 6 .



(a)



(b)

E	D	C	B	A	حالة	الثنائي المكافيء
0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	2	3
0	0	1	1	1	3	7
0	1	1	1	1	4	15
1	1	1	1	1	5	31
1	1	1	1	0	6	30
1	1	1	0	0	7	28
1	1	0	0	0	8	24
1	0	0	0	0	9	16
0	0	0	0	0	10	0
0	0	0	0	1	1	

(c)

شكل (9.11): معداد ازاحة ذو خمسة مراجيح ، معداد عشري .
(a) المخطط المنطقي . (b) موجات المعداد العشري . (c) جدول الواقع .

ولتطبيق هذه الطريقة على معداد الشكل (9.12) فانه من الضروري تصفير المرجاح قبل موعده بفترة واحدة وهذا يستوجب جعل الطرف K للمرجاح A صفراً قبل موعده بفترة واحدة ، وللحصول على ذلك يجب ربط طرف الادخال K للمرجاح A بالطرف B بدلاً من C وهكذا يمكن الحصول على معداد ذي معامل فردي (n) باستعمال عدد زوجي (n+1) من المراجيح وذلك بربط الطرف K للمرجاح الاول باخراج المرجاح قبل الاخير .. ان الحالات الممنوعة في هذا المعداد هي 2(010) و 5 (101)و7 (111) اما الحالة 7

فانها لن تسبب اية مشكلة حيث سينتقل اعتيادياً من هذه الحالة الى الحالة 6 . وبذلك يمكن القول بأن الحالات الممنوعة لاتزال اثنتان . ويمكن اثبات ان حالة العد 2 ستنتقل الى الحالة الممنوعة الاخرى 5 ومن هذه الحالة تنتقل الى الحالة 3 التي هي الحالة الثانية من حالات العد المرغوب وهكذا فأن المعداد لن يبقى في اي من الحالات الممنوعة (لاحظ المسألة 9.14) .

9.4 حل رموز معداد الازاحة العشرية :

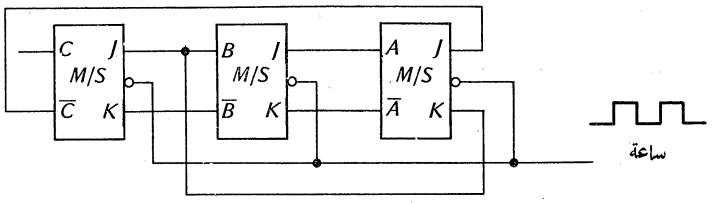
يمتلك المعداد العشري المبين في الشكل (9.11) عشر حالات متميزة يمكن حل رموزها لانتاج عشر موجات اخراج كما تم ذلك في الفصل الثامن (لاحظ الشكل 8.21) . وقد احتجنا حينذاك الى عشر بوابات (و) ذات اربعة اطراف للادخال وذلك لوجود اربعة مراجيح في ذلك المعداد .

نستنتج اذن بأننا نحتاج الى عشر بوابات (و) ذات خمسة اطراف للادخال لحل رموز معداد الشكل (9.11) وذلك لوجود خمسة مراجيح في هذا المعداد . الا انه لو دققنا النظر في موجات هذا المعداد لرأينا ان دائرة حل رموز هذا المعداد ستكون ابسط من السابق . كما بالامكان تعيين حالة العد 1 من صفتها الفريدة حيث في هذه الحالة فقط يكون A واحداً و B صفراً . لذلك فان بوابة (و) ذات الادخالين الاثنين تكفي لحل رمز الحالة 1 وذلك بربط ادخاليهما الى A و $\overline{B}$ اما المعادلة المنطقية لاخراج هذه البوابة فتكون :

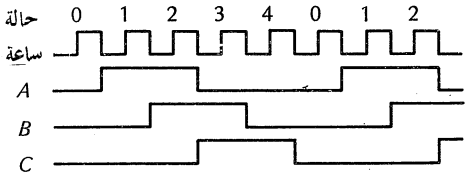
$$x_1 = A\overline{B}$$

وبالطريقة نفسها . فان الحالة 2 تتميز بكون B واحداً و C صفراً . لذلك فان الادخالين لحل رمز يكونان B و $\overline{C}$ اما المعادلة المنطقية فهي : ($x_2 = B\overline{C}$) ويتم ايجاد بقية المعادلات بالطريقة ذاتها . ويبين الشكل (9.13) جميع هذه المعادلات جنباً الى جنب مع البوابات المستعملة .

وهكذا نجد بأن الفائدة الاخرى التي نحصل عليها من معداد الازاحة هي امكانية حل رموز اية حالة من حالات العد باستعمال بوابة ذات طرفين للادخال .



(a)



(b)

C	B	A	حالة
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	1	2
1	1	0	3
1	0	0	4
0	0	0	0

(c)

شكل(9.12): معداد ازاحة للقسمة على 5 (a) المخطط المنطقي (b) الموجات (c) جدول الواقع .

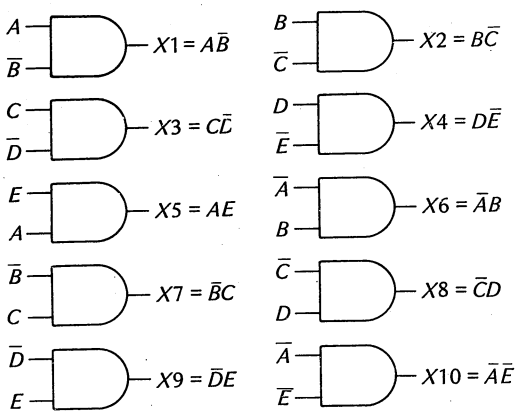
مثال 9.4 :

صمم الدائرة المنطقية اللازمة لانتاج الشكل الموجي المبين في الشكل(9.14a) وذلك من موجات المعداد العشري المبين في الشكل(9.11) .

الحـل :

يلاحظ من شكل الموجة المراد انتاجها بانها في حالة 1 أثناء حالات العد 5 , 3 , 1 وتكون في حالة 0 عند بقية حالات العد . ومن الواضح انه يمكن حل هذه المسألة باستعمال ثلاث بوابات (و) لكشف حالات العد الثلاث ثم جمع اطراف الاخراج للبوابات هذه ببوابة (أو) وكما هومبين في الشكل (9.14 b) . فيكون اخراج بوابة (أو) هو الموجة المنشودة .

يبين الشكل (9.14 c) تصميم الدائرة التي في الشكل (9.14 b) وذلك باستعمال بوابات (لا و) فقط .



شكل (9.13) : بوابات الحل لمعداد الشكل (9.11) .

9.5 الساعة الرقمية :

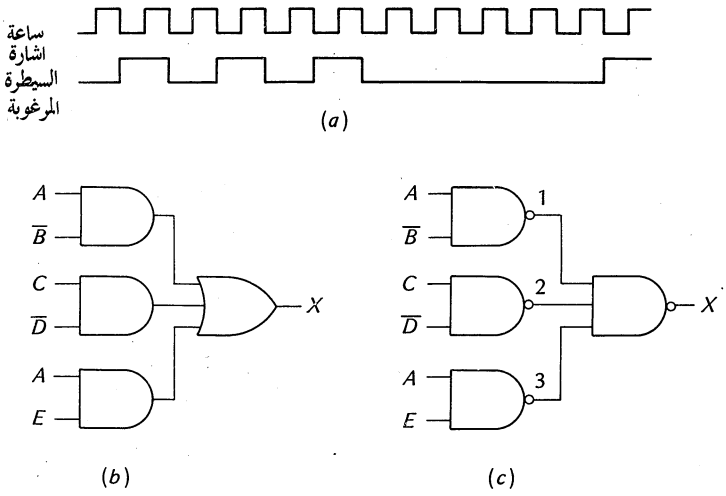
من التطبيقات المهمة للمعدادات ودوائر حل الرموز استعمالاتها في تصميم الساعات الرقمية digital clocks . لنفرض أننا نروم تصميم ساعة تظهر الساعات والدقائق والثواني معتمدين على خط القدرة الرئيس ذى الفولتية 120 فولت والتردد 60 هيرتز(*) . ان محطة توليد القدرة تقوم بضبط التردد الى درجة عالية من الدقة لذلك يمكن استعمال هذا التردد لتوليد نبضات التوقيت الأساسية للساعة .

ولكي نحصل على نبضات تحدث بمعدل نبضة في كل ثانية (أي بتردد واحد هيرتز) يجب تقسيم التردد 60 هيرتز على 60 . ولو قسمنا التردد الناتج 1 هيرتز على 60 مرة أخرى لنتجت نبضة توقيت واحدة في كل دقيقة . ولو قسمنا هذا التردد على 60 لنتجت نبضة توقيت واحدة في كل ساعة وهكذا تكون فكرة توليد نبضات التوقيت في الساعة الرقمية

ويوضح الشكل (9.15) المعدادات التي يجب استعمالها لتنفيذ الوظائف التي ورد ذكرها . حيث يقوم المعداد الأول (60 ÷) بتقسيم الاشارة (60 هيرتز) المستنبطة من خط القدرة لينتج تردداً قدره (1 هيرتز) . أما المعداد الثاني فإنه يغير حالته في كل

(*) ينتشر هذا النظام في امريكا اما في العراق فان الفولتية هي (220 فولت) والتردد هو (50 هيرتز) .
(المعربان)

ثانية وله 60 حالة متميزة يمكن حل رموزها لانتاج الاشارات المستعملة لاظهار أرقام الثواني ، ولذلك يسمى هذا المعداد بمعداد الثواني . وبطريقة مشابهة يستعمل المعداد الثالث الذي يسمى بمعداد الدقائق في اظهار أرقام الدقائق . أما المعداد الأخير فإنه يغير حالته كل 60 دقيقة (أي كل ساعة) وبما أن هذا المعداد يقسم على 12 فإن له 12 حالة متميزة يمكن حل رموزها لانتاج الاشارات المستعملة لاظهار أرقام الساعات ، ويسمى هذا المعداد بمعداد الساعات .

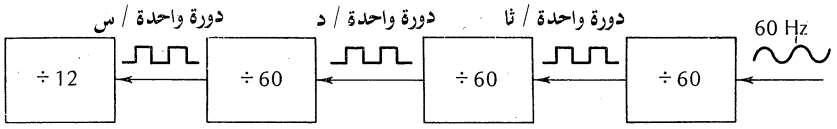


شكل(9.14): (a) الساعة واشارة السيطرة المطلوبة .
(b) طريقة للحصول على اشارة سيطرة من بوابات (و) وبوابة (أو) .
(c) طريقة للحصول على اشارة سيطرة من بوابات لا و ، لا – أو .

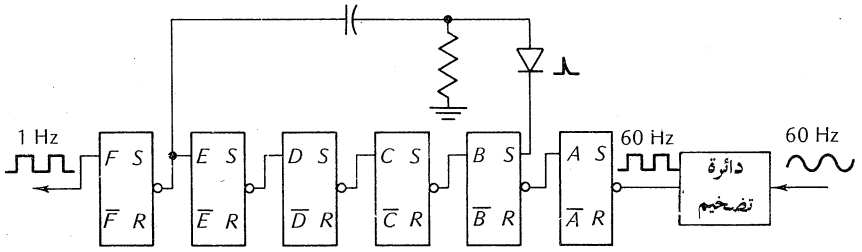
وهناك كما تعلم ، العديد من الطرائق في كيفية تصميم المعداد . وما نرغبه هنا هو عمل المعداد بأقل مايمكن من عناصر . فالمعداد الأول وظيفته أن يقسم على 60 فقط ولا نحتاج الى حل رموز حالاته لذلك يستوجب تصميمه بابسط الوسائل وبأقل مايمكن من مراجيح .

وللحصول على ستين حالة نحتاج في الأقل الى ستة مراجيح (حيث: $2^6 = 64$) . وأبسط هيئة للربط هو المعداد التموجي . وبما أننا نريد 60 حالة من مجموع 64 حالة

علينا أن نوفر اشارة (أو اشارات) التغذية الخلفية التي تعمل على تخطي 4 حالات . ويبين الشكل (9.16) المعداد الذي يستطيع اداء هذه المهمة .



شكل (9.15): مخطط لساعة رقمية



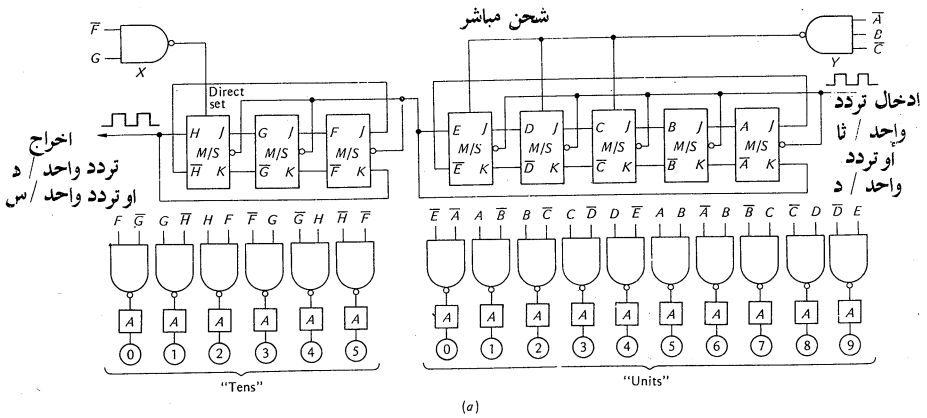
شكل (9.16) : معداد 60 ÷ تموجي لانتاج موجة مربعة ذات تردد هيرتز واحد .

ان دائرة التضخيم في ادخال هذا المعداد تقوم بتوفير التردد 60 هيرتز على شكل موجات مربعة وباتساع مناسب لسوق المرجاح الأول . أما اشارة التغذية الخلفية فقد أخذت من المرجاح E الى المرجاح B ، حيث أنه أثناء العد وقبل تسليط اشارة التغذية الخلفية يقوم المعداد بعد 64 حالة ينقلب خلالها E الى واحد مرتين ، لذلك وعند تسليط E على الطرف S للمرجاح B فإن المعداد يتخطى حالتين من حالات العد كلما أصبحت E واحداً ولأن E تصبح واحداً مرتين فإن عدد الحالات المتخطاة تكون أربعة ، وهكذا يكون عدد الحالات الكلية 60 .

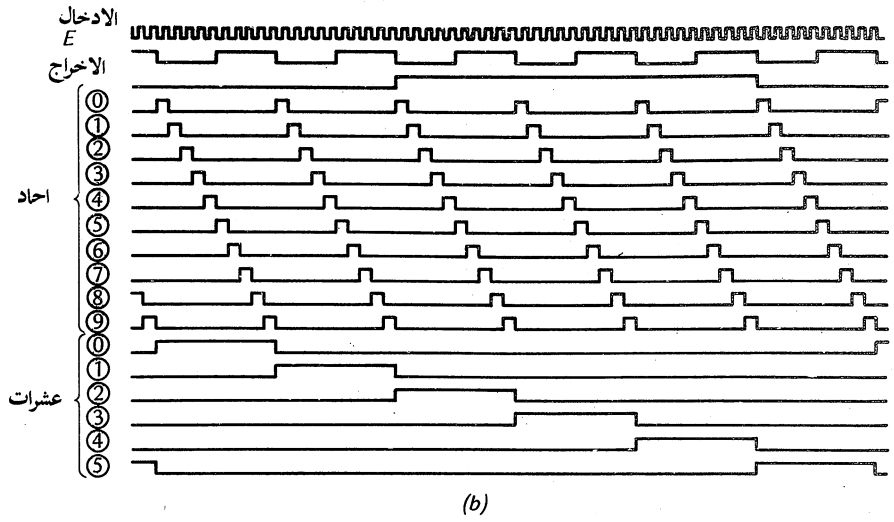
وظيفة المعداد الثاني في المنظومة هذه هو التقسيم على 60 أيضاً لذلك يمكن استعمال المعداد المار الذكر لهذه الغاية . الا أننا نحتاج من هذا المعداد أيضاً حل رموزه أيضاً ومثل هذا المعداد سيحتاج الى 60 بوابة ذات 6 أطراف للادخال (أو الى 360 ثنائي !) لابدّ ، اذن ، من البحث عن وسيلة أفضل .

بما أن العدد 60 ينتج من حاصل ضرب $5 \times 3 \times 2 \times 2$ فإن بالامكان استعمال معدادات تمتلك مثل هذه العوامل أو حاصل ضربها لتكوين المعداد (60 ÷) ولأننا نريد أن نكشف من هذا المعداد كل ثانية من الثواني الستين التي تحويها الدقيقة الواحدة فإنه من الأسهل استعمال معداد ذى معامل 10 على التسلسل مع معداد آخر معاملة 6 لنحصل على المعداد ذى المعامل 60 .حيث يحل رموز المعداد ذى المعامل 10 تنتج مرتبة الاحاد من عدد الثواني ، ويحل رموز المعداد ذى المعامل 6 تنتج مرتبة العشرات من عدد الثواني . ويمكن تركيب هذين المعدادين باستعمال المعدادات مع توفير عملية التغذية الخلفية للحصول على العد الصحيح ، ومثل هذا الربط سيحتاج الى 48 ثنائياً لحل رموزه .الا أنه ، وكما توضح ذلك في القسم السابق ، وبإستعمال معداد الازاحة يمكـــــن

تقليص عدد العناصر اللازمة في دوائر حل رموز هذا النوع من المعداد . ويبين الشكل (9.17) المعداد الكامل (60 ÷) والذي يتكون من ربط معداد ازاحة ذى معامل 10 بصورة متسلسلة مع معداد معامله 6 .



(a)



(b)

شكل (9.17): معداد (60 ÷ 6 × 10) ذو آحاد وعشرات . (a) المخطط المنطقي (b) الموجات .

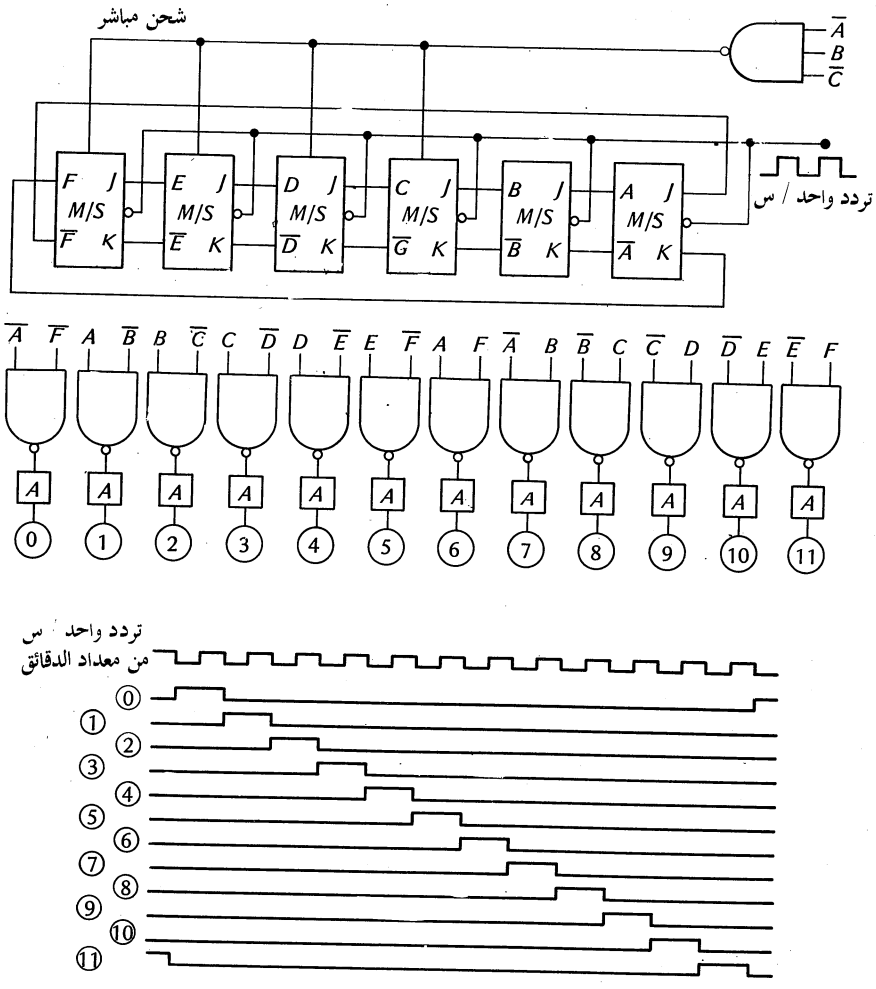
يتم حل رموز هذين المعدادين بالطريقة المشروحة في القسم السابق والبوابات المبينة تحت المعدادين توضح ذلك . ولو استعملنا الثنائيات لحل الرموز لاحتجنا الى 32 ثنائياً . وهكذا نرى أن الربط بطريقة معداد الازاحة على الرغم من كونه يتطلب مرجاحاً اضافياً الا أنه يقتصد ثلث عدد الثنائيات المستعملة في حل الرموز . ان دائرة التضخيم في اخراج كل بوابة توفر القدرة اللازمة لسوق مصابيح العرض الممثلة بالشكل بالدوائر المرقمة . ويبين الشكل (9.17) أيضاً موجات الاخراج ، وبتدقيق هذه الموجات يمكننا التأكد من صحة عمل المعداد .

مثلاً ، عندما يكون G و $\overline{H}$ واحداً و F صفراً فإن المصباح 1 في مرتبة العشرات هوالذي يضيء ، ولوكان B و $\overline{C}$ واحداً في الوقت نفسه فإن المصباح 2 في مرتبة الآحاد

يضيء أيضاً . وفي مثل هذه الحالة يكون عرض معداد الثواني 12 ثانية . ان بوابتي (لا و) X و Y تعملان على ضمان عمل المعداد بالصورة المطلوبة (لاحظ المسألة 9.16) .

أما تصميم معداد الدقائق فيتم على طريقة معداد الثواني تماماً سوى أن الاختلاف هنا هوكون تردد الأدخال نبضة في كل دقيقة والتي نحصل عليها من أخراج معداد الثواني ، ويكون اخراج معداد الدقائق نبضة في كل ساعة . أما مصابيح معداد الدقائق فتعرض الدقائق (احاداً وعشرات) .

وبالنسبة للمعداد(12 ÷)فنحتاج الى حل رموز 12 حالة التي تمثل عدد الساعات . ولتبسيط ذلك يمكن استعمال معداد ازاحة ذى 6 مراجيح ويبين الشكل (9.18) هذا المعداد مع دوائر حل رموزه وموجاته .

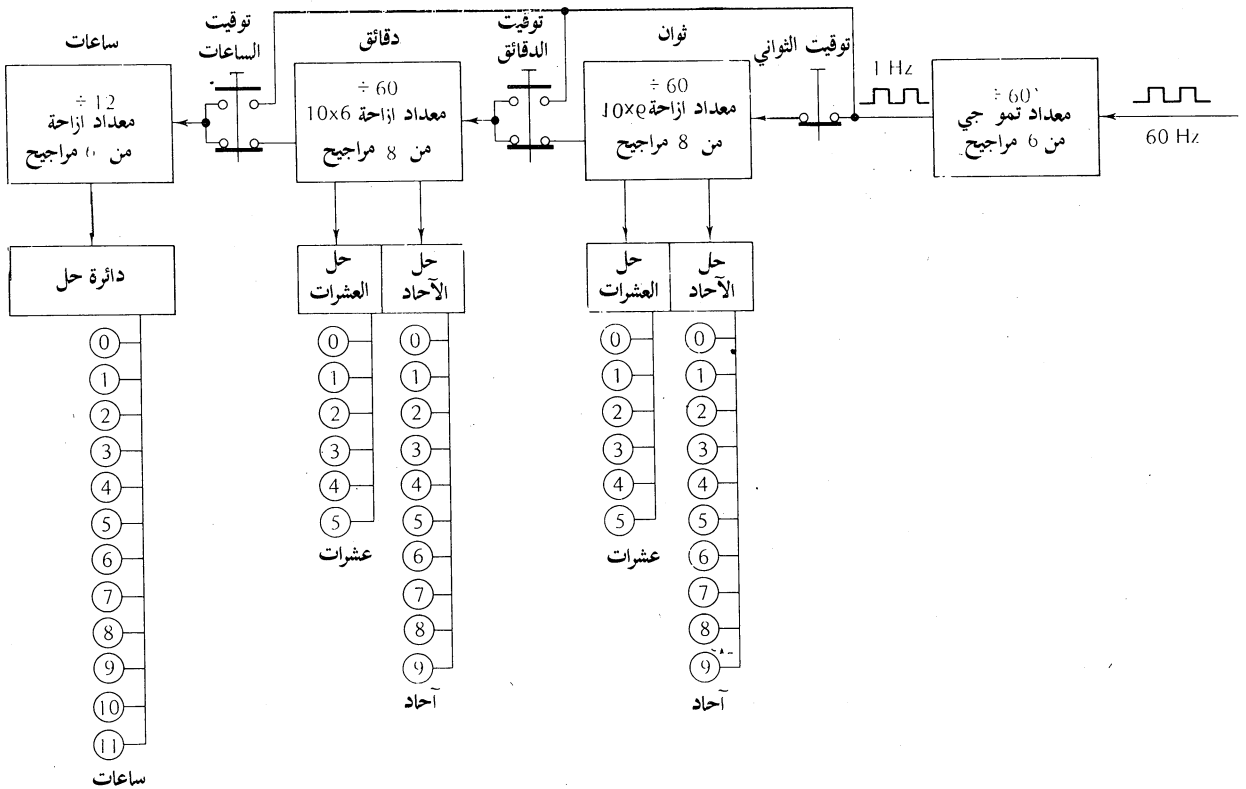


شكل (9.18): المخطط المنطقي وموجات معداد ساعات 12 ÷

في الشكل (9.19) مخطط كامل للساعة الرقمية . ومن الجدير بالذكر أن بالامكان تصميم هذه الساعة باستعمال 22 مرجاحاً مربوطاً على شكل معدادات تموجية بسيطة ، الا أن مثل هذا الربط سيحتاج الى أكثر من 700 ثنائياً لحل رموز الحالات المطلوبة . لذلك فإنه من الأجدر اضافة 6 مراجيح أخرى لربط معدادات الأزاحة اذ أن ربط الازاحة يحتاج الى 88 ثنائياً لحل الرموز وبذلك يسهل كثيراً تركيب الساعة .

وأخيراً ، يجب تزويد الساعة بوسيلة لتوقيتها حيث لايمكن توقع الحالات التي ستكون فيها المعدادات عند تسليط مصدر القدرة . ويبين الشكل (9.19) كيفية توفير ذلك بالازرار الثلاثة . فعند الضغط على زر (توقيت الساعة) فإن معداد الساعة سيتقدم بالعد بمعدل رقم واحد في كل ثانية . كذلك الحال بالنسبة لتوقيت الدقائق اذ يتم بالضغط على زر (توقيت الدقيقة) . أما الضغط على زر (توقيت الثانية) فإنه سيزيل اشارة التوقيت من المعداد وفي لحظة ارجاعه تبدأ الساعة بالعمل وحسب الوقت المطلوب .

لقد أمكن هذه الأيام تصنيع دائرة الساعة على شريحة شبه موصلة صغيرة وذلك بطريقة التكامل الكبير المدى (LSI)

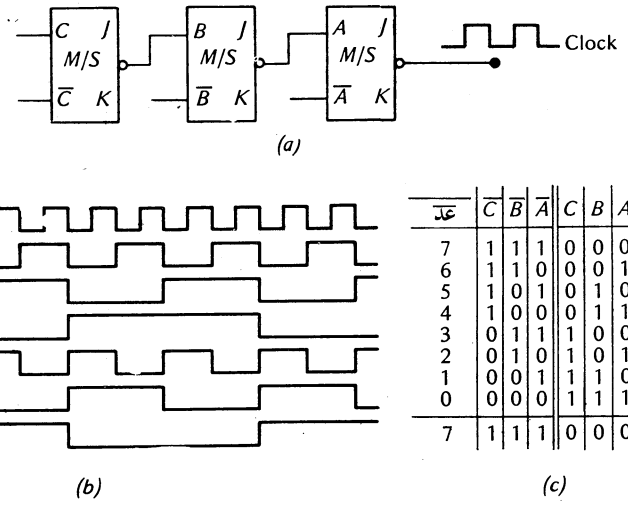


شكل (9.19) : المخطط المنطقي لساعة رقمية .

9.6 المعداد التصاعدي – التنازلي :

كل ماتقدم ذكره لحد الآن عن المعدادات كان عن النوع الذي يقوم بعملية العد بصورة تصاعدية (أي 0 – 1 – 2 – 3 – 4 ..... n – 0 .) وقد تستوجب الضرورة احياناً استعمال معدادات تستطيع العد بصورة تنازلية . ومثل هذه المعدادات التنازلية يمكن تصميمها بالوسائل التي يتم تصميم المعدادات (التصاعدية) السابقة نفسها .

يبين الشكل (9.20) اعادةً لرسم معداد تموجي ذي ثلاثة مراجيح والذي سبق شرحه في الفصل السابق . ولقد اضيف هنا الى الاشكال الموجية وجدول الواقع تغير متممات الاخراج $\overline{A}$ و $\overline{B}$ و $\overline{C}$. ويظهر تسلسل العد الاعتيادي 0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 في جدول الواقع تحت كلمه (عد) ، اما مايكافئه من تسلسل بالنسبة لمتممات الاخراج فهو تحت كلمة ($\overline{\text{عد}}$) .

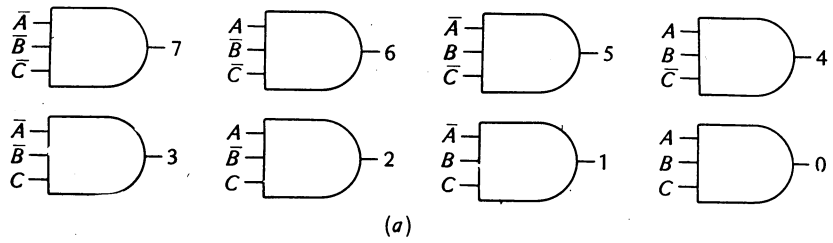


عد	$\overline{C}$	$\overline{B}$	$\overline{A}$	C	B	A	ساعة
7	1	1	1	0	0	0	0
6	1	1	0	0	0	1	1
5	1	0	1	0	1	0	2
4	1	0	0	0	1	1	3
3	0	1	1	1	0	0	4
2	0	1	0	1	0	1	5
1	0	0	1	1	1	0	6
0	0	0	0	1	1	1	7
7	1	1	1	0	0	0	0

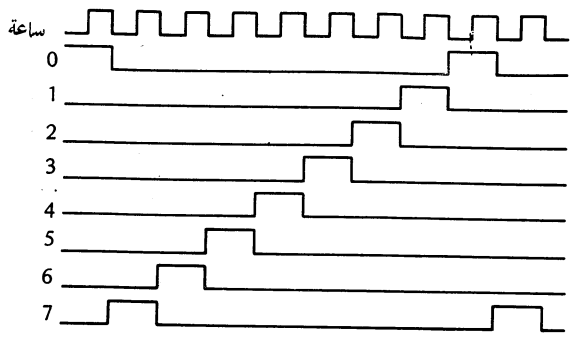
شكل (9.20): معداد تموجي ذو 3 مراجيح (a) المخطط المنطقي (b) الموجات (c) جدول الواقع .

يلاحظ ان تسلسل العد تحت (عد) هو بالترتيب التنازلي 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 – 0 لذلك فانه بالامكان حل رموز هذا المعداد بحيث ينتج الاشكال الموجية وحسب الترتيب التنازلي ، ويبين الشكل (9.21) كيفية ربط بوابات دائرة حل الرموز وكذلك الاشكال الموجية .

لاحظ هنا ان مجموعة البوابات تناظر بالضبط مجموعة البوابات اللازمة لانتاج موجات العد التصاعدي . والاختلاف الضروري هنا هو فقط في تغيير ارقام البوابات (حيث يكون 7 بدلاً من 0 و 6 بدلاً من 1 و 5 بدلاً من 2 و 4 بدلاً من 3 و 3 بدلاً من 4 و 2 بدلاً من 5 و 1 بدلاً من 6 و 0 بدلاً من 7) . ومن الجدير بالذكر اننا لحد الان لم نكون المعداد التنازلي الحقيقي وكل ماعملناه مجرد توليد الموجات كي تقوم مقام العد التنازلي وذلك بتغيير ترتيب بوابات حل رموز المعداد .



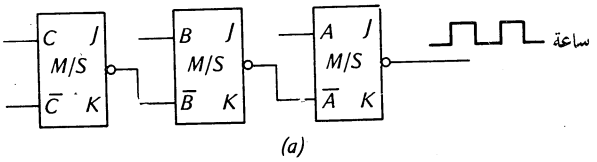
(a)



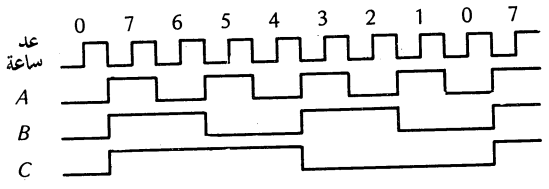
(b)

شكل (9.21) : (a) بوابات حل الرموز لانتاج موجات عد تنازلية (b) موجات العد التنازلية .

ويمكن الحصول على معداد تنازلي حقيقي بأن يقوم الطرف المتمم لاخراج المرجاج بقدح المرجاج الذي يليه وكما هو موضح في الشكل (9.22) . لاحظ بأن A تتغير عند كل هبوط في نبضة التوقيت وكما هو الحال في المعداد التصاعدي . اما B فانها تتغير الان مع كل صعود في موجة A (أي مع كل هبوط في $\bar{A}$) . كذلك C تتغير مع كل صعود في B (أي هبوط في $\bar{B}$) .



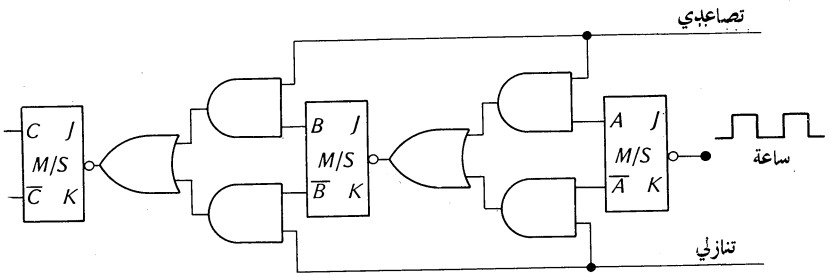
(a)



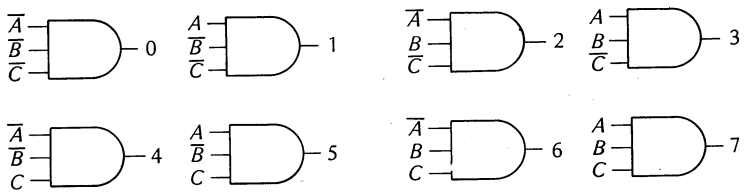
(b)

شكل (9.22) : معداد تنازلي (a) المخطط المنطقي (b,) الموجات

ولتوحيد فكرة العد التنازلي والتصاعدي ، يبين الشكل (9.23) معداداً (تصاعدياً– تنازلياً) ذا ثلاثة مراجيح . فاذا ما اردنا أن نشغل المعداد بالترتيب التصاعدي فانه يجب قدح المراجيح من أطراف الاخراج الحقيقية (وليس المتممة) . ويجرى ذلك بجعل طرف العد التصاعدي count up واحداً و طرف العد التنازلي count down صفراً ،وفي هذه الحالة تكون موجات الاخراج كما هي مبينة في الشكل (9.23 c) .



(a)

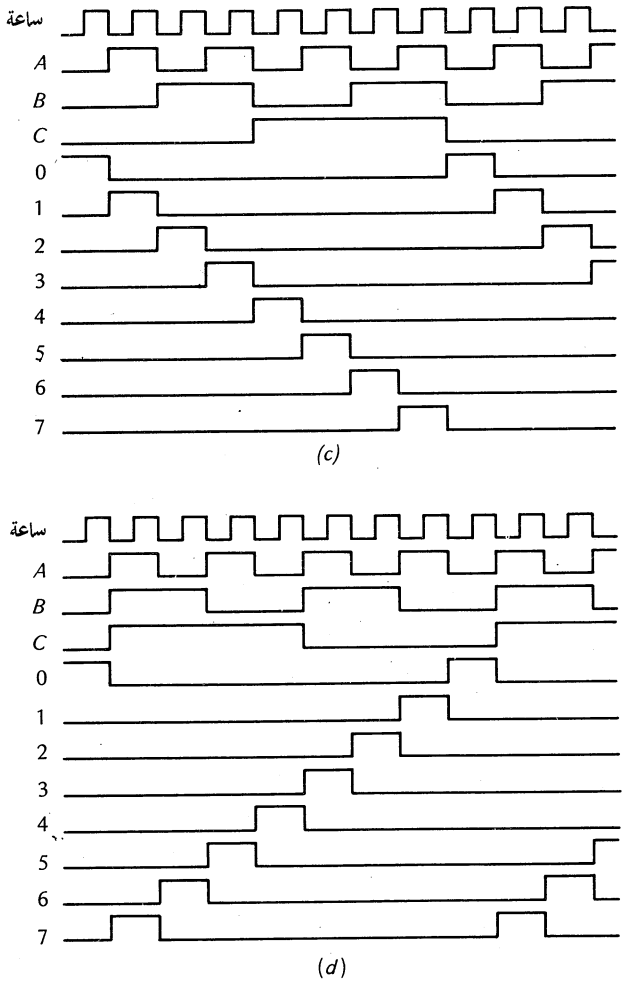


(b)

شكل(9.23): معداد تصاعدي – تنازلي (a) المخطط المنطقي (b) بوابات حل الرموز .

اما للحصول على عد تنازلي فانه يجب جعل طرف العد التصاعدى صفراً وطرف العد التنازلي واحداً وبذلك تتصل الاطراف المتممة للاخراج بادخال المراجيح التي تليها ، وفي هذه الحالة تكون موجات الاخراج كما هي مبينة في الشكل (9.23 d) .

ويمكن تكبير معامل العد باضافة مراجيح وبوابات وبالنسق المبين في الشكل (9.23 a) ومما تجدر الاشارة له هنا ان البوابات ستضيف تأخيراً الى ازمنة القدح ، ويجب أخذ هذا بنظر الاعتبار لتحديد اقصى تردد يمكن أن يعمل به المعداد .



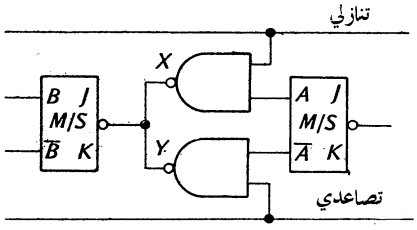
شكل(9.23) : – تابع : (c) موجات العد التصاعدي (d) موجات العد التنازلي

مثال 9.5 :

بيّن كيف يمكن استعمال بوابات (لاو) و (لا–او) بدلاً من بوابات (و) و (أو) في معداد الشكل (9.23) .

الحل :

يوضح الشكل (9.24) طريقة مبسطة لكيفية ربط البوابات الضرورية . فعندما يكون طرف العد التنازلي صفراً وطرف العد التصاعدي واحداً يبطل عمل بوابة X بينما تكون البوابة Y مهيأة للعمل . ولهذا لايمر A خلال X بينما يمر $\overline{A}$ خلال Y . ولدى مروره خلال البوابة Y . يظهر $\overline{A}$ بصورة مقلوبة في ادخال المرجاح الذي يأتي بعده (أي يظهر كـ A) . وعندما يكون طرف العدد التنازلي واحداً وطرف العد التصاعدي صفراً يبطل عمل البوابة Y بينما تكون البوابة X مهيأة للعمل . لذلك يظهر A مقلوباً بعد مروره خلال البوابة X (أي يظهر كـ $\overline{A}$) .



شكل(9.24): معداد تصاعدي – تنازلي باستعمال بوابات سيطرة (لاو ، لا – او) .

وتجدر الاشارة هنا الى انه يجب اخذ الحذر عند ربط اخراج البوابات مع بعضها البعض وذلك عندما نريد ان نحصل على عمل بوابات (لاو/لا–أو) ، اذ ان بعض البوابات (ذات الربط الطوطمي) لاتصلح لهذا الغرض ، فعندما تكون احدى البوابات في حالة الصفر والاخرى في حالة الواحد فستتولد دائرة قِصر بين مصدر الفولتية والأرض .

يبين الشكل (9.25) كيفية تكوين معداد تصاعدي – تنازلي من نوع التوازن . ويلاحظ هنا بأن المراجيح مربوطة بحيث اما تغير حالتها وذلك عندما يكون (J = K = 1) او تبقى على حالتها وذلك عندما يكون (J = K = 0).

وبمثل هذا الربط يمكن تعيين الدائرة المنطقية اللازمة وذلك بالاعتماد على جدول الواقع المبين في الشكل (9.25 b) .

فالمرجاح A يغير حالته مع كل هبوط في نبضة التوقيت ، لذا فان المرجاح لايحتاج الى دائرة منطقية اضافية وانما يتم توفير هذا الشرط بربط كلا J و K بمصدر الواحد .

في صيغة العد التصاعدي ، تتغير حالة B مع كل هبوط في موجة A . وفي الوقت الذي يكون فيه طرفا العد التصاعدي و A في حالة الواحد ، يكون اخراج البوابة X صفراً وبذلك يكون اخراج البوابة Z_1 واحداً فيكون المرجاح B مهيئاً لتغيير حالته أثناء هبوط نبضة التوقيت وذلك لدى كل هبوط في موجة A .

اما في صيغة العد التنازلي ، فان حالة B يجب ان تتغير مع كل صعود في موجة A . واخراج البوابة Y_1 يكون صفراً عندما يكون طرفا العد التنازلي و $\overline{A}$ في حالة الواحد وبذلك يكون اخراج البوابة Z_1 واحداً وهكذا يتغير B في العد التنازلي لدى كل تغير في A من 0 الى 1 .

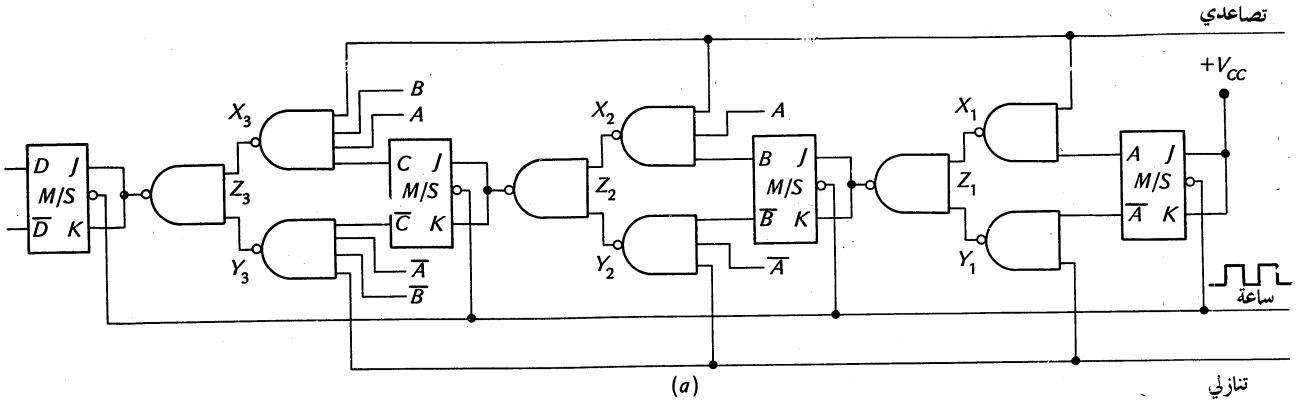
في العد التصاعدي . يغير C حالته لدى كل تغير في كلا A و B من 1 الى 0 (أي عند الانتقال من 3 الى 4 ومن 7 الى 8 ومن 11 الى 12 ومن 15 الى 0) . ويكون اخراج البوابة صفراً كلما كان A و B في حالة الواحد وكان طرف العد التصاعدي واحداً . لذلك يكون طرفا الادخال J و K للمرجاح C حينذاك في حالة الواحد وبذلك يغير المرجاح C حالته خلال الانتقال المنشود .

أما في العد التنازلي ، فان المرجاح C يجب ان تتغير حالته كلما يتغير كلا A و B من 0 الى 1 . واخراج البوابة Y_2 يكون صفراً في كل وقت يكون فيه كلاً من $\overline{A}$ و $\overline{B}$ وطرف العد التنازلي في حالة الواحد . وهكذا يكون طرفا الادخال J و K للمرجاح C في حالة الواحد فيغير المرجاح C حالته .

في العد التصاعدي ، يجب ان يغير المرجاح D حالته في كل مرة يتغير A و B و C من 1 الى 0 . واخراج البوابة Y_3 يكون صفراً عندما يكون A و B و C وطرف العد التصاعدي في حالة الواحد وبذلك يكون طرفا الادخال J و K للمرجاح D واحداً وهكذا يتغير المرجاح D خلال الانتقال المنشود .

أما في العد التنازلي ، فان المرجاح D يجب ان يغير حالته في كل مرة يتغير A و B و C من 0 الى 1 . وكلما كان $\overline{A}$ و $\overline{B}$ و $\overline{C}$ وطرف العد التنازلي في حالة الواحد كان اخراج

البوابة Y_3 صفراً وبذلك تتغير حالة D خلال الانتقال المنشود اذ يكون طرفا ادخاله J و K في حالة الواحد .



(a)

D	C	B	A	عد
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15
0	0	0	0	0

(b)

شكل (9.25) : معداد تصاعدي – تنازلي متواز (a) المخطط المنطقي (b) جدول الواقع

وللحصول على معداد ذي معامل اكبر فانه يمكن تكرار هذه الطريقة وذلك باضافة المراجيح والبوابات الضرورية . ولكن يلاحظ انه كلما ازداد عدد المراحل ازدادت معه اطراف ادخال البوابات التي يجب اضافتها . وبصورة عامة ، فانه بالنسبة لـ n من المراجيح فان المرجاح n يجب ان تسبقه بوابتان X و Y ذواتا n من اطراف الادخال في كل بوابة .

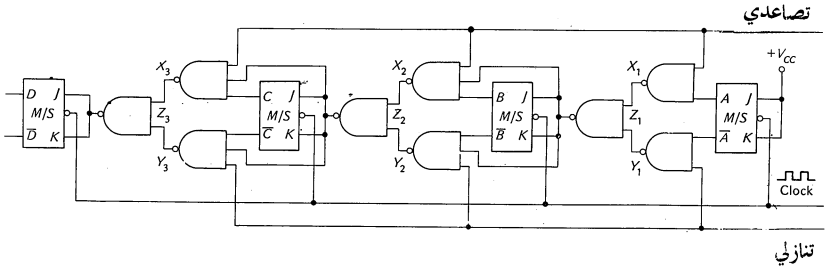
ان هذه المشكلة يمكن تقليلها وذلك بملاحظة كون ان جزءً من المعلومات التي نحتاجها في اي بوابة يوجد في البوابة التي تسبقها . فمثلاً في الشكل (9.25 a) تحتاج البوابة X_3 الى A وB و C وطرف العد التصاعدي ، بينما نجد ان الجزء A وB وطرف العد التصاعدي موجود في البوابة X_2 ولكن بالصورة المتممة ، اما هذا الجزء الكبير فانه يظهر بالصورة الصحيحة في اخراج البوابة Z_2 التي تأتي بعد البوابة X_2 ، لذلك يمكن استعمال اخراج البوابة Z_2 في ادخال البوابة X_3 بدلاً من A و B . وبالطريقة نفسها يمكن استعمال اخراج البوابة Z_2 في ادخال البوابة Y_3 بدلاً من $\overline{A}$ و $\overline{B}$. وعلى هذا النمط يمكن ربط بقية البوابات وبذلك يمكن تحديد اطراف ادخالها الى ثلاثة اطراف .

ويبين الشكل (9.26) الربط (الاكفأ) لهذه الطريقة . ويلاحظ هنا ان طرف العد يجب ان يستعمل في ادخال كل بوابة تحمل الحرف X وذلك لان اخراج البوابات Z ستكون واحداً في بعض الاوقات وخلال كلا العدين التصاعدي والتنازلي . ولهذا السبب يجب ان يستعمل طرف العد التنازلي في ادخال كل بوابة من بوابات Y .

9.7 عمليات سجل الازاحة :

شرحنا في بداية هذا الفصل فكرة سجل الازاحة وطريقة ازاحة الارقام الثنائية بصورة متسلسلة داخل السجل . وتحتاج هذه الطريقة الى فترة واحدةمن نبضات التوقيت لكل رقم ثنائي ولذلك تعتبرهذه الطريقة بطيئة نسبياً . ان عملية نقل المعلومات الى داخل السجل يمكن ان تتم ايضاً بزمن اقصروذلك لونفذت العملية بصورة متوازية ويبين الشكل (9.27) الدائرة المنطقية اللازمة ، حيث ينقل كل رقم ثنائي الى المرجاح المناسب عن طريق بوابات (و) . فرقم 2^0 يزاح الى A ورقم 2^1 الى المرجاح B . وهكذا ، حتى 2^n فانه يزاح الى المرجاح $(n-1)$.

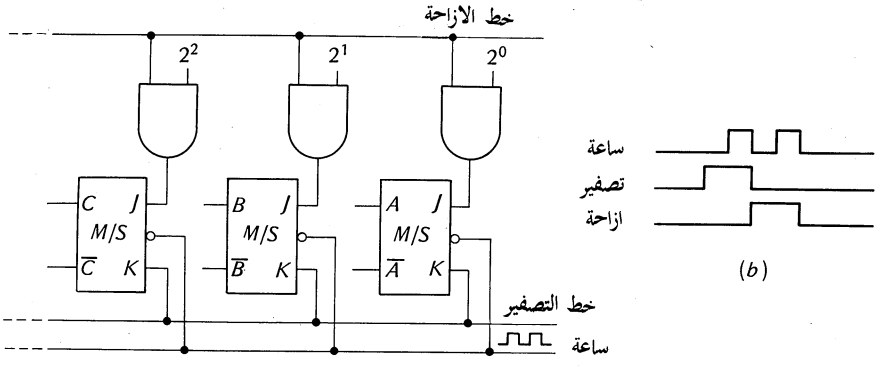
ان ادخال هذه المعلومات الى سجل تحتاج الى فترتين من نبضات التوقيت وذلك لضرورة تصفير السجل قبل ادخال المعلومات . وبعد التصفير مباشرة ، تسلط نبضة الازاحة وذلك لفتح الطريق امام الارقام الثنائية ($2^0, 2^1, 2^2 \ldots$ الخ) كي تنتقل الى المراجيح ، ويوضح الشكل 9.27 b) الموجات الضرورية لهذه العملية .



شكل (9.26) : معداد تصاعدي – تنازلي ذو دائرة كفوءة

في الشكل (9.28) طريقة مشابهة لادخال المعلومات الى السجل . ولعدم احتياج هذه الطريقة الى نبضة تصفير ، تكون سرعة هذه الطريقة ضعف سرعة الطريقة الاولى ، الا انها تحتاج الى ضعف عدد البوابات . وتنزاح المعلومات الى داخل المراجيح بواسطة بوابات (و) بطريقة مشابهة لما سبق . فلوكان 2^0 واحداً فان $\overline{2^0}$ يكون صفراً لذلك يكون الطرف J للمرجاح A واحداً والطرف K صفراً وبذلك يصبح المرجاح A في حالة الواحد . وبالمقابل ، لوكان 2^0 صفراً فان 2^0 يكون واحداً ، ومن ثم يتصفر المرجاح ، وتنزاح المعلومات داخل كل مرجاح بغض النظر عن حالة المراجيح السابقة . لذا تقتضي الحاجة الى نبضة التصفير ، وتبقى المعلومات بانتظار نبضة توقيت واحدة للدخول الى السجل . وتستمر الساعة بارسال نبضاتها غير أن محتويات المراجيح لاتتغير مادام خطا الازاحة والتصفير في حالة واطئة .

وكما تتذكر من الفصل الثاني ، تتم بعض العمليات الحسابية بطريقة المتمم لـ 1 . ان تكوين هذا المتمم تتم بسهولة في السجل المبين في الشكل (9.28) حيث كل ما نحتاجه لذلك هو جعل J و K في حالة 1 لفترة واحدة . وبما ان مرجاح السيد / المسود يقلب حالته عندما يكون طرفا ادخاله في حالة 1 مع كل نبضة توقيت فان ما سيحويه السجل حينئذ سيكون بالصيغة المتممة للعدد السابق .



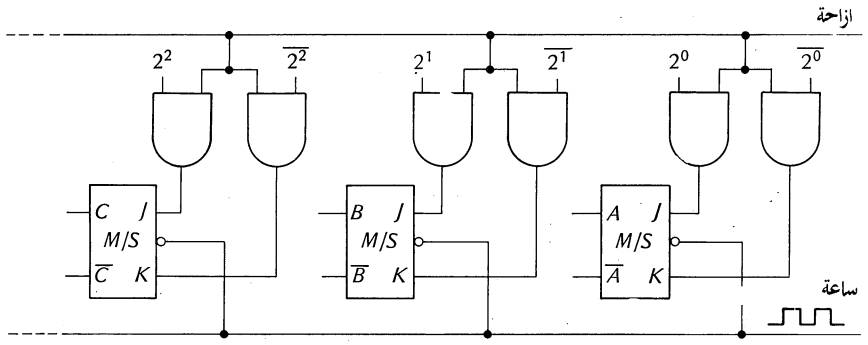
شكل (9.27) : (a) ازاحة المعلومات في سجل ازاحة متواز (b) موجات السيطرة المطلوبة .

هناك أيضاً عمليتان مهمتان يمكن أن يقوم بهما سجل الازاحة وهما الازاحة لليمين shift right والازاحة لليسار shift left وتنجز عملية الازاحة لليسار بالسجل المبين في الشكل (9.29) حيث يجعل طرف الازاحة لليسار واحداً لفترة واحدة .

وفي هذا السجل . تكافئ عملية ازاحة رقم واحد الى اليسار عملية الضرب في 2 . كمثال على ذلك ، افرض أن السجل يحوى العدد الثنائي 011 (أي 3) فاذا ازيح هذا العدد مرتبة الى اليسار لأصبح 110 (أي 6) الذي هو حاصل ضرب (3 × 2) .

كمثال آخر ، افرض أن العدد المخزون في السجل هو 101 (أي 5) وبعد عملية الازاحة يصبح العدد 010 (أي 2) . لابد اذن من وجود خطأ ماقد حدث حيث أن حاصل ضرب 2 في 5 لايساوي 10 .

ان السبب في حصول هذا الخطأ هو ان سعة السجل ثلاثة ارقام ثنائية لذلك فانه يستطيع خزن أي عدد من الصفر ولغاية سبعة ولهذا لم يستطع خزن عشرة (ضعف خمسة) . ولو اضيف مرجاح رابع الى دائرة السجل لاصبح العدد الثنائي 0101 (5) بعد ازاحته مرتبة واحدة الى اليسار 1010 (أي عشرة) . وهكذا يجب أخذ الحذر من سعة السجل عند اجراء عملية الازاحة .



شكل (9.28): طريقة لازاحة البيانات في سجل على التوازي في نبضة توقيت واحدة .

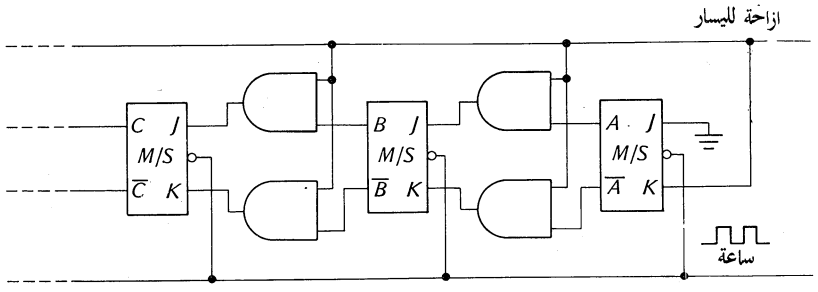
ان ازاحة الارقام لليسار يمكن أن تتم بدائرة الشكل (9.29) وبدون الحاجة لايقاف نبضات التوقيت . ففي كل نبضة توقيت واحدة تزاح محتويات السجل مرتبة واحدة لليسار وذلك عندما يكون طرف الازاحة لليسار واحداً ، وبذلك يمكن ازاحة محتويات السجل

مرتبتين وذلك بابقاء طرف الازاحة لليسار واحداً لمدة نبضتين من نبضات التوقيت ، وهكذا...

ومن الجدير بالملاحظة ان عملية ازاحة العدد مرتبتين تكافئ عملية ضربه في 4 وازاحته لثلاث مراتب تكافئ عملية ضربه في 8 ... الخ يلاحظ ايضاً انه يجب تصفير المرجاح A لأي ازاحة لليسار حيث أن الاصفار فقط هي التي يمكن ازاحتها نحو المراتب القليلة . اما بازاحة الآحاد فان العدد الناتج سيزيد على ضعف العدد السابق . وفي الشكل يظهر طرف الادخال J للمرجاح A مؤرضاً ، الا انه في الحقيقة يكون صفراً بواسطة البوابات المستعملة في السجل (مثلاً ، البوابة المستعملة لادخال المعلومات في السجل بصورة متسلسلة) .

ان عملية الازاحة لليمين هي مجرد عملية معاكسة لعملية الازاحة لليسار ولذلك تكافئ عملية تقسيم العدد المخزون في السجل على 2 . وتعني ازاحة العدد مرتبتين لليمين تقسيمه على 4 ، وهكذا . ويبين الشكل (9.30) الدائرة المنطقية لذلك .

ويلاحظ هنا ان المرجاح ذا المرتبة القصوى N يجب أن يتصفر حيث أن ازاحة الاصفار فيه هي التي تنتج القسمة الصحيحة.



شكل (9.29) : منطق الازاحة اليسرى

9.8 الدوائر المتكاملة MSI , SSI

ان المعدادات وسجلات الازاحة التي مر شرحها يمكن تركيبها من دوائر متكاملة منفردة . تماماً كالمراجيح وبوابات (و) وبوابات (او) وبوابات (لاو) ... الخ الى أنه يتوفر الآن كثير من المعدادات والسجلات داخل غلاف واحد من دوائر MSI المتكاملة . ولاتزال سلسلة 7400 / 54 لدوائر TTL المتكاملة اكثرها انتشاراً في الصناعة اذ تقوم كثير من الشركات

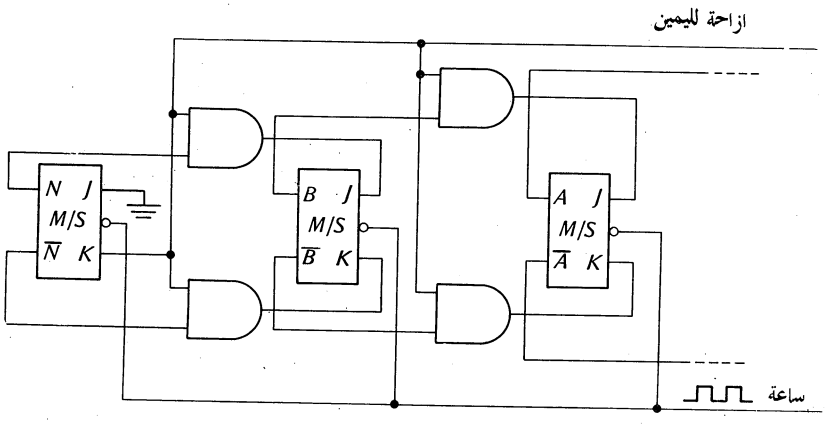
بتصنيع هذا النوع . ويبين الجدول (9.1) بعض انواع السجلات والمعدادات من هذا النوع مع شرح موجز لوظيفتها . ويجد الطالب الشرح الوافي من هذه الانواع في الكتب التي تنشرها شركات التصنيع .

جـــدول (9.1)

النوع	الوظيفة	
7490	معداد عشري	
7491	سجل ازاحة ذو 8 ارقام	
7492	معداد (12 ÷)	
7493	معداد ثنائي	
7494	سجل ازاحة ذو 4 ارقام	
7495	سجل ازاحة ذو 5 ارقام (يمين / يسار)	
7496	سجل ازاحة ذو 5 ارقام	
74160	معداد عشري	يمكن برمجة هذه المعدادات
74161	معداد ثنائي	
74190	معداد عشري (تصاعدي / تنازلي)	
74191	معداد ثنائي (تصاعدي / تنازلي)	
74195	سجل ازاحة ذو 4 ارقام (نوع شامل)	

يمتاز المعداد 74161 بقابليته للبرمجة وتعدد استعمالاته . وهو معداد ثنائي ذو اربعة ارقام وبذلك يملك 16 حالة ممكنة :

0 و1و2و3 .... و14 و 15 . ويبين الشكل (9.31) رمزه المنطقي حيث تمثل Q_0 و Q_1 و Q_2 و Q_3 اطراف الاخراج ، والطرف TC يمثل طرف انتهاء العد terminal count ويكون واحداً عند حالة العد 15 . اما نبضات التوقيت فانها تسلط على الطرف CP . وتستعمل اطراف الادخال P_0 وP_1 وP_2 و P_3 لبرمجة المعداد ووضعه مسبقاً في اية حالة مرغوبة . ويكون المعداد مستعداً لقبول الارقام من اطراف الادخال وذلك عندما يكون الطرف P E صفراً . وهنالك ايضاً ثلاثة اطراف خاصة تستعمل للسيطرة على الادخال وهي CEP وCET و MR ولا مجال لشرحها هنا وكل ما نحتاجه لهذا الشرح هو تسليط المنطق 1 على هذه الاطراف وذلك لانجاز عملية المعداد المبرمج .

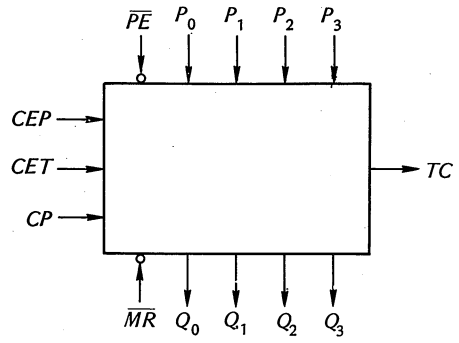


شكل (9.30) : منطق الازاحة اليمنى

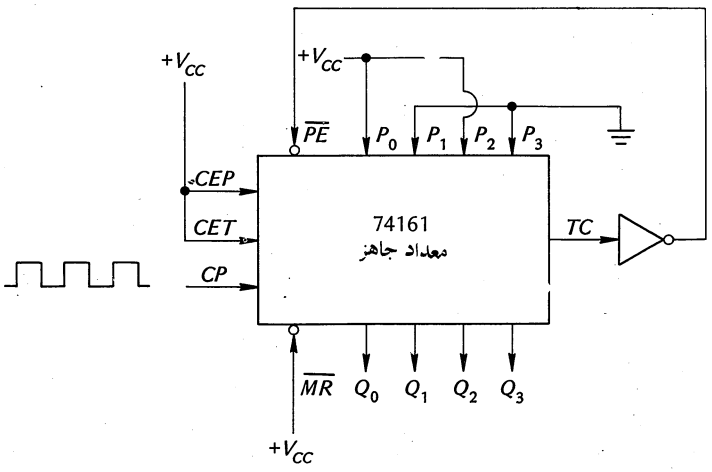
وفيما يأتي شرح لكيفية عمل هذا المعداد : عندما يكون الطرف $\overline{PE}$ واحداً يقوم المعداد بالعد الاعتيادي وحسب نظام 8421 حيث يتقدم العد حالة واحدة في اطراف الاخراج مع كل صعود في نبضة التوقيت .

وعندما يصل العد الى الحالة15 ($Q_0 = 1$,$Q_1=1$, $Q_2=1$, $Q_3= 1$) يكون الطرف TC واحداً ويمكن استعمال هذا الطرف لتشغيل الطرف $\overline{PE}$ وذلك بوضع المعداد المسبق في حالة المنطق المسلط على اطراف الادخال .

ويبين الشكل (9.32) كيفية الربط لوضع المعداد المسبق في الحالة 5 ($P_0 = 1$, $P_1 = 0$, $P_2 = 1$, $P_3 = 0$) ويلاحظ أن الطرف TC يوصل بعد عكسه بالطرف $\overline{PE}$ حيث يكون هذا الطرف الأخير مستعداً للتشغيل عندما يكون صفراً . ويمثل هذا الربط عندما يصل العد الى 15 يوضع المعداد في النبضة القادمة في الحالة 5 ثم يستأنف العد الى 6 و 7 ..... و14 و15 ثم الى 5 ايضاً وهكذا . ويلاحظ ان الحالات 0 و1 و2 و 3 و4 قد حذفت وان معامل العد هو11 . وبمثل هذه الطريقة يمكن استخدام هذا المعداد للعد لأي معامل يقل عن 16 .



شكل (9.31) معداد ثنائي ذو اربعة ارقام .



شكل (9.32)

مثال 9.6 :

بين كيف يستعمل المعداد 74161 كمعداد ذى معامل 7 . اذكر الحالات المحذوفة .

الحل :

ابدأ بالعد من الحالة 9 (أي $P_3 = 1 , P_2 = 0 , P_1 = 0 , P_0 = 1$) فيكون العد كالآتي : 9 و10 و 11 و 12 و 13 و 14 و 15 . أما الحالات المحذوفة فهي : 0 و1 و 2 و 3 و 4 و 5 و6 و 7 و 8 .

استعافات دراسية :

خلاصـــة :

- يتكون السجل الثنائي من مجموعة مراجيح (أو بعض الادوات الثنائية الأخرى) ويستعمل لخزن المعلومات الثنائية . ويمكن ازاحة هذه المعلومات داخل السجل أما بطريقة التسلسل أو بالتوازي . وطريقة التوازي أسرع من التوالي الا أنها تتطلب ادوات أكثر .

- يمكن ازاحة المعلومات المخزونة في السجل نحو اليسار أو اليمين وتشبه هاتان العمليتان عملية الضرب في 2 أو القسمة على 2 . وهنا يجب أخذ سعة السجل بنظر الأعتبار . كذلك يسهل ايجاد متمم العدد المخزون في السجل .
- ان تسليط التغذية الخلفية المباشرة حول سجل الازاحة الاعتيادي ستحوله الى معداد حلقي . ولهذا المعداد استعمالاته المهمة في توليد اشارات السيطرة (لاحظ الفصل 14) . ويمكن تكوين معداد الازاحة وذلك بتغذية متمم الأخراج (للمرجاح المناسب وحسب معامل العد) الى الادخال . وتتجلى فائدة هذا المعداد في بساطة كشف رموزه ، الا أن له حالات ممنوعة يجب أخذها بنظر الأعتبار أثناء التصميم .
- قدمت طريقتان لتكوين المعدادات ذات الاتجاهين (تنازلي وتصاعدي) . ولهذه المعدادات استعمالات عديدة منها في جهاز قياس الجهد الرقمي والمحولات التناظرية (لاحظ الفصل 11) .
- تمثل الساعة الرقمية تطبيقاً بديعاً لبعض استعمالات المعدادات ودوائر حل الرموز

مفردات :

سعة السجل Register capacity : ويعينها عدد المراجيح المستعملة في السجل . ويجب أن يوجد مرجاح لكل رقم ثنائي وبذلك تكون سعة السجل "2 حيث يمثل n عدد المراجيح .

المعداد الحلقي Ring counter : وهو سجل ازاحة ذو تغذية مباشرة بحيث تدور محتويات هذا السجل حول المراجيح وذلك عند تشغيل نبضات التوقيت .

معداد الازاحة Shift counter : وهو سجل ازاحة ذو تغذية خلفية معكوسة بحيث ينتج معداداً ذا عد دوري .

سجل الأزاحة Shift register : مجموعة مراجيح مربوطة مع بعضها بحيث يمكن ازاحة العد الثنائي داخل أو خارج هذه المراجيح .

معداد تصاعدي / تنازلي Up-down counter : معداد توال أو توازٍ يستطيع العد في أي من الاتجاهين التصاعدي أو التنازلي .

أسئلة للمراجعة :

1. كم هو عدد المراجيح الضرورية لخزن عدد ثنائي ذي 10 أرقام ثنائية في سجل ؟
2. ماهو عدد نبضات التوقيت اللازمة لازاحة عدد ذي 16 رقماً في سجل توالٍ ذي 16 مرجاحاً ؟ .

3. كم هو عدد المراجيح اللازمة لتكوين سجل يستطيع خزن العدد العشري 2561 بالشكل الثنائي ؟ .
4. اذا اردنا ازاحة معلومات داخل السجل المبين في الشكل (9.2) فهل نحتاج الى تصفير السجل قبل البدء بالازاحة ؟ .
5. اشرح الفرق بين طريقتي التوالي والتوازي لادخال المعلومات في السجل .
6. كيف تنجز عملية الاتمام في السجل وماهي النتيجة ؟ .
7. ماهو عدد المراجيح اللازمة لتكوين معدادات الازاحة ذات المعاملات الآتيـة ؟
   (أ) 5 (ب) 8 (جـ) 9 (د) 10 (هـ) 21 .
8. ماهو عدد الثنائيات اللازمة لحل رموز معداد ازاحة ذي 7 مراجيح ؟ .

مسائـــل :

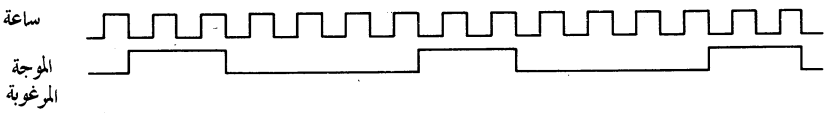
9.1 وضح برسم المخطط المنطقي والموجات الناتجة امكانية تكوين سجل ازاحة ذي 6 ارقام كالذي في الشكل (9.2) وذلك باستعمال مراجيح السيد / المسود من نوع RS .

9.2 كيف يمكنك السيطرة على ادخالي المرجاح الاول J و K في الشكل (9.2) وذلك باستعمال مرجاح واحد ؟ .

9.3 بين طريقة لربط المعداد في الشكل (9.3) بحيث يبدأ من الحالة التي يكون فيها المرجاح F واحداً وبقية المراجيح صفراً .

9.4 ماذا سيحدث فيما لو ابتدأ المعداد في الشكل (9.3) بالحالة التي تكون فيها جميع المراجيح واحداً ؟ .

9.5 كيف تضع حالات المعداد (شكل 9.3) الابتدائية بحيث ينتج الشكل الموجي المبين في الشكل (9.33) ؟ .



شكل (9.33) : موجات الشوال (9.5)

9.6 ارسم معداد ازاحة ذا مرجاحين مع موجاته الناتجة وكون جدول الواقع مدققاً لجميع الحالات الممنوعة .

9.7 هل سيجبر معداد الشكل (9.6) على العد المناسب فيما لو حذف الطرف $\overline{A}$ من بوابة (لا و) في الشكل (9.8) ؟

9.8 في اسوأ الاحتمالات ، ماهو عدد نبضات التوقيت اللازمة لارجاع معداد الشكل (9.9) الى التسلسل الصحيح في العد ؟ .

9.9 هل سيجبر معداد الشكل (9.9) على العد الصحيح فيما لو حذف الطرف $\overline{C}$ من بوابة (لا و) في الشكل (9.8) ؟ في أسوأ الاحتمالات ، كم عداً نحتاج لارجاع المعداد الى التسلسل الصحيح ؟ .

9.10 جَدْول الحالات الاثنين والعشرين الممنوعة في معداد الشكل (9.11) العشري وأثبت وجود تسلسلين ممنوعين في العد . كذلك حقق في ما سيحدث عندما يكون المعداد في احدى الحالتين 10 او 21 .

9.11 اثبت أن بوابة (لاو) في الشكل (9.8) ستجبر معداد الشكل (9.11) العشري على العد الصحيح . ماهي الحالات الممنوعة التي تصلح ؟ ماهو عدد نبضات التوقيت اللازمة ، في اسوأ الاحتمالات ، لارجاع المعداد الى العد الصحيح ؟ هل الطرف $\overline{C}$ في ادخال بوابة (لاو) ضروري ؟

9.12 ارسم المخطط المنطقي والموجات وجدول الواقع لتكوين معداد معامله 9 من المعداد العشري المبين في الشكل (9.11) .

9.13 صمم بصورة كاملة معداد ازاحة معامله 7 . ارسم الاشكال الموجية وجدول الواقع وجدول جميع الحالات الممنوعة . دقق عمل المعداد فيما لودخل في احدى الحالات الممنوعة . صمم الدائرة التي تعالج هذه المشكلة وترجع الى العد الصحيح .

9.14 وضح كيف ان معداد الشكل (9.12) ذا المعامل 5 يعمل دوماً في حالات العد الصحيحة . كرر العملية لمعداد معادلة 3 .

9.15 ماهي الحالات المتخطاة في المعداد (60 ÷) المبين في الشكل (9.16) ؟ هل ان الشكل الموجي في الطرف E متماثل ؟ ان لم يكن متماثلاً فهل سيؤثر على عمل الساعة الرقمية ؟

9.16 عيّن الطريقة التي بها تضمن بوابات X و Y العمل الصحيح في معداد الشكل (9.17)

9.17 ارسم الاشكال الموجية الكاملة مبيناً النتائج من جعل المعداد التصاعدي / التنازلي في الشكل (9.23) يعد على النحو الاتي :
مبتدأ من الحالة 0 ، يعد تصاعدياً خمس حالات ، ثم تنازلياً ثلاث حالات ، ثم تصاعديا اربع حالات ثم تنازلياً ست حالات .

9.18 ارسم سجل ازاحة ذا ثلاثة مراجيح يستطيع القيام بالاعمال الآتية :
(أ) ادخال الارقام على التوالي .
(ب) عملية الاتمام .
(حـ) العد تصاعدياً .
(د) العد تنازلياً .

9.19 صمم (باستعمال المعداد 74161) معداداً معامله 8 مع جدول الحالات الممنوعة وتسلسل العدد الصحيح . وارسم الدائرة المنطقية الكاملة . كذلك ارسم مجموعة الاشكال الموجية المتوقعة في اطراف الاخراج Q_3, Q_2, Q_1, Q_0 مع نبضات التوقيت في (CP) . تذكر أن تغير حالات العد تحدث لدى صعود نبضة التوقيت .

الفصل العاشر

اجهزة الادخال والاخراج

من الضروري في اي نظام رقمي – وجود صلة بين الانسان والالة . وغالباً مايطلق على هذه الصلة اسم (علاقة الانسان – الالة) ، العلاقة التي تنشيء مشاكل عدة . فالنظم الرقمية قادرة على تمثيل المعلومات في سرعة هائلة تفوق سرعة الانسان وتلك هي ميزتها الاولى ، فالحاسبة الالكترونية – مثلاً – قادرة على تنفيذ نصف مليون عملية اضافة في ثانية واحدة .

والمشكلة هنا تكمن في ضرورة توفيرحشد هائل من البيانات للنظام الرقمي ، وفي الوقت نفسه استقبال حشد هائل من المعطيات يقدمها النظام . واذ تتعقد المشكلة بعجز النظم الرقمية عن الحديث بالانكليزية او اية لغة مفهومة ، لذا ينبغي البحث عن طاقم من الرموز المناسبة تتولى بناء الصلة اللازمة والمفهومة بين الطرفين (وتجدر الاشارة الى ان هناك عدداً من البحوث العلمية لتطوير الصلة بجعل النظم الرقمية تستقبل اوامر شفوية وترد عليها بجواب شفوي ايضاً وضمن قواعد محدودة) .

ومنذ ان قامت النظم الرقمية على اساس ثنائي ، فقد نشأت وتطورت مجموعة من الرموز الثنائية تهدف الى ايجاد لغة للحوار بين الانسان والالة . وفي هذا الفصل سنناقش بعضاً من هذه الرموز ، اخذين بنظر الاعتبار في الوقت نفسه اجهزة الادخال والاخراج . والهدف الاساس من هذا الفصل هو :

1 – توضيح استعمال رمز هوليريث Hollerith والرمز القياسي الامريكي للمعلومات ASCII في وسط الادخال والاخراج .

2 – مناقشة التقنيات الخاصة بالتسجيل المغناطيسي للمعلومات الرقمية كRZ وRZI وNRZI

3 – شرح التقييدات الموجودة في بعض وحدات الادخال الرقمية .

4 – رسم المخططات المنطقية للحلاّل الشجرى البسيط simple tree decoder وحلاّل التضارب المتوازن balanced multiplicative decoder

10.1 البطاقات المثقبة :

تعتبر البطاقات المثقبة من اكثر الاوساط استعمالاً في ادخال المعلومات الى الالة ، اوفي استلام المعلومات الخارجة منها . ومن الامثلة الشائعة لهذا الوسط بطاقات التسجيل في الكلية ، استمارات حكومية ، قوائم شركات الزيت الشهرية وقوائم المصرف . ومن السهل

جداً استعمال هذا الوسط في نقل المعلومات لتغطية الحالتين المطلوبتين . فالثقب في البطاقة هذه يمثل 1 وغيابه يمثل 0 لذا يمكن اعتبار البطاقة وسيلة لتمثيل المعلومات في شكل ثنائي.

وتبلغ ابعاد البطاقة النموذجية المستعملة في اجهزة معالجة البيانات الكبيرة كما يأتي . 18.8 سم طولاً و 8.3 سم عرضاً و 0.018 سم سمكاً تقريباً . وتحتوي كل بطاقة 80 عموداً و 12 صفاً افقياً كما في الشكل (10.1) . وقد رقمت الاعمدة من 1 الى 80 . بينما رقمت الصفوف من أعلى البطاقة كالاتي : 12 و 11 و 0 و 1 و 2 و 3 و 4 و 5 و 6 و 7 و 8 و 9 . الصف العلوى كما لاحظنا يسمى بالحافة 12 والصف السفلي (الاخير) يسمى بالحافة 9 . اما الثقوب التي تظهر في الصفوف 12 و 11 و 0 فيطلق عليها اسم الثقوب المجالية Zone punches بينما يطلق اسم الثقوب الرقمية digital punches على الصفوف المرقمة من 0 الى 9 . وقد لاحظنا اشتراك الصف المرقم 0 بين الاثنين في الثقوب المجالية والثقوب الرقمية على السواء . وهكذا نجد أن أي رقم أوحرف ابجدي اورمز خاص يمكن تمثيله بواسطة البطاقات في ثقب أو يزيد في العمود الواحد ، ومن ثم فان سعة البطاقة الواحدة تصل الى ثمانين رقماً او حرفاً او أي مجموعة من الارقام والحروف .

ومن اشهر النظم في هذا المجال رمز هوليريث . في هذا الرمز تتمثل الارقام من 0 الى 9 بثقب وحيد على العمود . فمثلا ، الثقب الموجود على الصف الخامس من العمود الثاني الثاني عشر يمثل الرقم 5 . بينما تتمثل الحروف بوجود ثقبين على العمود الواحد . فالحروف من A الى I تتمثل بثقب مجالي على الصف 12 وثقب آخر على واحد من الصفوف من 1 الى 9 . والحروف من J الى R بثقب مجالي على الصف 11 وثقب آخر من الصفوف من 1 الى 9 . اما الحروف من S الى Z بثقب على الصف 0 وآخر على أحد الصفوف من 2 الى 9 . لذا يبدو من السهل تمثيل أي رقم من الارقام العشرة واي حرف من الحروف الستة والعشرين على هذه البطاقة المثقبة . بالاضافة الى ذلك فان مجموعة من الرموز الخاصة يمكن تمثيلها بثقوب تختلف في مواقعها على العمود عن مواقع الارقام والحروف ، ويظهر ذلك بوضوح في الشكل (10.1) .

ولتسهيل عملية تذكر مواقع الثقوب للحروف ، تذكر أن (JR هي 11) ، ولاحظ ان الحروف من J الى R لها الثقب 11 ، والحروف السابقة لها 12 واللاحقة 0 . ومن الضروري ايضاً ان تتذكر بأن الحرف S يبدأ بالثقب 2 وليس 1 .

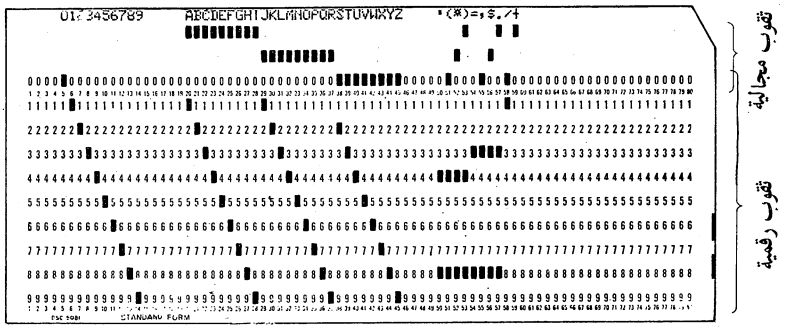
مثال 1- 10 :

حل رموز المعلومات المثقبة في بطاقة الشكل (10.2) .

الحل :

العمود الأول يضم ثقباً مجالياً في الصف 0 والصف 3 وهو رمز الحرف T . العمود الثاني يضم ثقباً مجالياً في الصف 12 والصف 8 وهو رمز الحرف H . وبهذه الطريقة نحصل على العبارة الآتية :

THE QUICK BROWN FOX JUMPED OVER THE LAZY DOGS BACK



شكل (10.1) : البطاقة المثقبة التي تستعمل رمز هوليريث

وباستعمال هذه الرموز الحرْفية والرقمية يمكننا التعامل مع أي نظام رقمي . من جهة أخرى ، فإن هذا النظام قادر على تقديم نتائج حرفية ورقمية الى المستفيد . ففي المجال العلمي ، فإن هذه المعلومات المعطاة قد تكون رقم اطلاقة قذيفة ، أو موقع ، أو توجيهات . وفي المجال التجاري ، قد تكون هذه المعلومات أرقام حساب ، أسماء ، عناوين ، قوائم شهرية ... الخ . وفي كل الأحوال فإن هذه المعلومات ينبغي أن تثقب على بطاقة ادخال المعلومات كل رمز أو حرف أو رقم على عمود واحد ، ولغاية ثمانين في البطاقة الواحدة .

وتعتبر البطاقة قطعة أو وحدة معلومات . واذ تقرأ بطاقة واحدة في المرة الواحدة ، فإنه يطلق على هذه البطاقة اسم (وحدة تسجيل) . وعلى الاجهزة التي تقرأ أو تثقب هذه البطاقات اسم جهاز وحدة تسجيل unit – record equipment .

وبالمناسبة ، فإن المعلومات المستعملة في النظم الرقمية لاتستخدم الا الأرقام ، وبهذه الحالة يمكننا ادخال المعلومات بشكلها الثنائي مباشرة معتبرين أن الثقب يعني 1 وغيابه

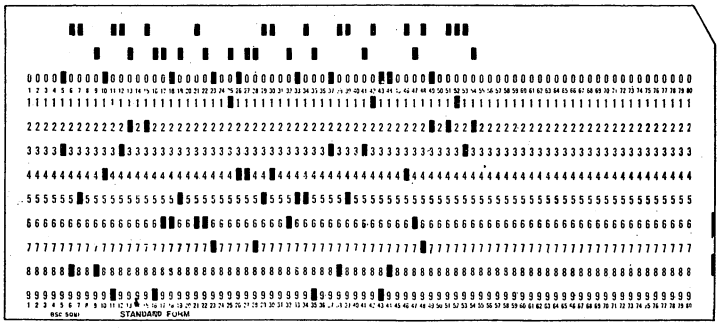
يعني 0 . وبذلك يصبح بالامكان تثقيب (12 × 80) ويساوي 960 رقماً ثنائياً في البطاقة الواحدة .

وتستعمل كثير من الحاسبات الالكترونية الضخمة معلومات ثنائية من 36 رقماً ثنائياً يطلق عليها أسم (كلمة) word . ومن الفصول السابقة ظهر لنا أننا نحتاج الى 36 مرجاحاً لاحتواء هذه الكلمة ، وهناك حاسبات أخرى تستعمل حجماً آخر لكلماتها . والآن لنحاول أن نعرف كيف تنتظم الكلمات ذات الـ 36 رقماً ثنائياً على البطاقات المثقبة . هنالك طريقتان ، الطريقة الأولى بالخزن الأفقي للمعلومات على البطاقة من اليسار الى اليمين . فالكلمة الأولى تثقب على الصف التاسع من 1 الى 36 ، والكلمة الثانية على الصف نفسه من 37 الى 72 والكلمة الثالثة على الصف الثامن من 1 الى 36 ، وهكذا ، لنحصل على أربع وعشرين كلمة ذات 36 رقماً ثنائياً ، أي يمكننا خزن 864 رقماً ثنائياً في البطاقة الواحدة .

والطريقة الثانية تتم بخزن المعلومات عمودياً ، فالكلمة الأولى ستثقب على العمود الأول في الصفوف 12, 11, 0 ... 9 والعمودين الثاني والثالث لكي تغطي 36 رقماً ثنائياً ، أي أن كل كلمة ستحتل ثلاثة أعمدة من البطاقة ، وبالتالي سيمكننا الحصول على ست وعشرين كلمة ذات 36 رقماً ثنائياً في البطاقة الواحدة .

والطريقة الشائعة لتثقيب المعلومات على البطاقات تتم بواسطة مكائن التثقيب punch machines من خلال مفاتيح خاصة ، ثم تدخل البطاقات الى النظام الرقمي من خلال جهاز قارىء البطاقات card reader الذي تتراوح سرعة قراءته من 100 الى 1000 بطاقة في الدقيقة حسب نوع الجهاز المستعمل .

والطريقة الأساسية لتحويل المعلومات المثقبة الى معلومات الكترونية مبينة في الشكل (10.3) .



شكل (10.2) : المثال (10.1)

وتتم قراءة البطاقات بوضعها في مستودع الادخال في الجهاز ، حيث تنسحب البطاقة الواحدة في المرة الواحدة مارة على رأس القراءة read head الذي قد يكون مجساً أو خلية ضوئية . ولكل عمود في البطاقة (رأس قراءة) وعند ظهور ثقب ماعلى البطاقة تحت رأس القراءة فان اشارة كهربائية تتولد مباشرة . وهكذا فان كل اشارة كهربائية تمثل الثنائي 1 والاشارة تستعمل بدورها لشحن المرجاح الخاص الموجود في سجل مستودع الادخال input storage register . وبعد انتهاء القراءة ، فان البطاقة تنزلق عبر بكرات الى مستودع الاخراج . وينبغي معرفة ان هناك قراءة ثانية للبطاقة قبل انزلاقها الى مستودع الاخراج تتم لغرض المقارنة والتدقيق .

مثـال 10.2 :

لوفرضنا ان بيانات ثنائية binary data قد ثقبت على مجموعة من البطاقات . كل بطاقة تحتوي على اربع وعشرين كلمة ذات 36رقماً ثنائياً . فاذا كانت سرعة قراءة البطاقات هي 600 بطاقة بالدقيقة ، فما هي سرعة دخول البيانات الى النظام ؟

الحـل :

مادامت البطاقة الواحدة تحتوي على 24 كلمة . لذا فان سرعة البيانات هي 24 × 600 وتساوي 14400 كلمة بالدقيقة ، وتكافىء (518400 = 14400 × 36) رقماً ثنائياً بالدقيقة . أو (8640 = 518400 / 60) رقماً ثنائياً بالثانية .

ويمكن استعمال البطاقات كوسط للاخراج . اذ يمكن الحصول على النتائج مثقبة على البطاقات ، ويتم ذلك بوضع البطاقات الفارغة (غير المثقبة) في مستودع الادخال ، بعد ذلك يتم سحب كل بطاقة على حدة وتثقيبها . ثم تمرعلى رؤوس القراءة للتدقيق والمقارنة لتنزلق بعد ذلك الى مستودع الاخراج . وتتراوح سرعة التثقيب بين 100 الى 250 بطاقة بالدقيقة حسب نوع الجهاز .

وللبطاقات المثقبة فوائد عدة . اولها : انها تعتبروسطاً لحفظ المعلومات بصورة دائمية اذ انها تحتفظ بالمعلومات التي يفهمها الجهاز مثقبة من جهة ومطبوعة على الشريط العلوي للبطاقة لكي يسهل على الأنسان قراءتها بيسر . وثانيها : ان هناك العديد من الأجهزة الطرفية التي تستخدم البطاقات المثقبة لاغراض الترتيب sorting والمقارنة collating وحساب الثقوب واعادة التثقيب ومكائن الحساب ، وثالثها ان من السهل تصحيح اوتبديل المعلومات الموجودة على البطاقة الى بطاقة جديدة . واخيراً فان البطاقات هي ارخص الاوساط ثمناً .

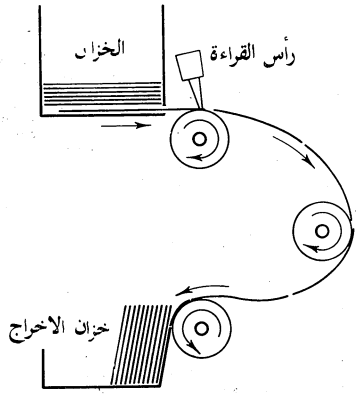
10 . 2 الشريط الورقي :

ينتشر استعمال الشريط الورقي المثقب كوسط للادخال اوالاخراج . وهو يشابه الى حد كبير البطاقات المثقبة . وقداستعمل اساساً لارسال البرقيات عبر الاسلاك ، ويكثر استعماله الان لخزن المعلومات وارسالها بين ماكنة واخرى . والاختلاف الجوهري بين الشريط الورقي والبطاقة المثقبة ، هوفي كون الشريط مستمرعلى بكرة وليس متقطعاً ، ومن ثم تثقب اية كمية من المعلومات عليه ، كما انه بالامكان تثقيب اي رقم اوحرف اورمزفي المكان المناسب من الشريط .

هناك عدة رموز لتثقيب البيانات على الشريط الورقي ، ولعل اشهرها استعمالاً الرمز ذو الثقوب الثمانية eight - hole Code المبين في الشكل (10 . 4 a) ، حيث تنتظم الثقوب على ثمان قنوات تمتد على طول الشريط (رقمت هذه القنوات كالآتي :
1 ، 2، 814 ،فحص تكافؤي ، 0 ، X ،نهاية خط) . ويحتل الحرف او الرقم اوالرمز عموداً واحداً من المواقع الثمانية على عرض الشريط .

وتتمثل الاعداد بثقب او اكثر على القنوات المرقمة 0 ، 1، 2، 4، 8 ، وكل عدد يمثل مجموع اوزان القنوات المثقبةف 0مثلاً يمثل بثقب وحيد على القناة 0 ، و 1 على القناة1و 2 على القناة 2 ، اما 3 فتتمثل بثقبين على القناة 1والقناة 2 ..... الخ .
اما الحروف فتتمثل بمجموعة من الثقوب على القنوات المرقمة X ، 0 ، 1، 2، 4، 8 . وتستعمل القناتان X و 0 على اعتبارها تمثلان الثقوب المجالية في البطاقات المثقبة . مثلاً ، الحرف A يثقب القنوات X و 0و 1.

اما الرموز فتثقب على جميع القنوات التي لم يسبق ان استعملها حرف اورقم . كما أن وجود ثقب على قناة (نهاية خط) فيعني نهاية قطعة من المعلومات او نهاية قيد Record وكوسيلة لتدقيق التثقيب والتأكدمن سلامته فان قناة (الفحص التكافؤي) تجعل مجموع الثقوب في العمود الواحد فردياً دائماً ، فالحرف C مثلاً له اربعة ثقوب في القنوات X ، 0 1 ، 2 ، وما دام عدد الثقوب زوجياً فان ثقباً اخرسيضاف على قناة (الفحص التكافؤي) ليكون المجموع فردياً .



شكل (10.3) : عملية قراءة البطاقة

مثال 10.3 :

ما هي المعلومات المعبأة في الشريط المثقب المرسوم في الشكل (10.4 b) ؟

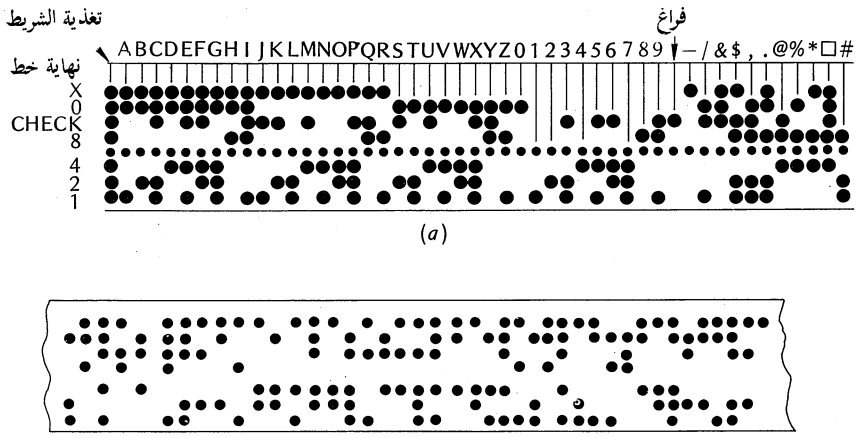
الحل :

للحرف الاول ثقوب في القنوات 0 و 1 و 2 وهي للحرف T ، والحرف الثاني هو H لثقوبه الموجودة على القنوات X و 0 و 8 ، وهكذا لنقيس على عبارة المثال (10.1) نفسها .

ويلاحظ وجود ثقوب صغيرة بين القناتين 4 و8 وهي ثقوب للتوجيه ، تستعمل لتوجيه وسياقة الشريط تحت مواقع القراءة . وتتحسس المعلومات من الشريط بالمجسات او الخلايا الضوئية كما هومبين في الشكل (10.5) ، كما ان طريقة القراءة مشابهة تماماً لطريقة قراءة البطاقات المثقبة ، وبسرعة تتراوح بين 150 الى 1000 حرف في الثانية والشريط اسرع في القراءة قليلاً من البطاقة .

بالامكان ايضاً استخدام الشريط الورقي لتثقيب النتائج الخارجة وبسرعة 15 حرفاً في الثانية ، وتشغل 10 حروف مساحة انج من الشريط . ويطلق على عدد الحروف في الانج الواحد بكثافة البيانات data density وفي هذه الحالة تبلغ الكثافة 10 حروف بالانج . وكثافة التسجيل خاصية مهمة في الاشرطة المغناطيسية التي سيأتي الحديث عنها في القسم القادم .

ويمكن تثقيب (تخريم) الشريط الورقي يدوياً بواسطة مثقبة شريط يدوية ، وهذه المثقبة اليدوية شبيهة بالطابعة الكهربائية وغالباً ما يلحق جهاز طابعة معها . وتقع المسؤولية على المستفيد من هذه المثقبة بضرورة ان يكون دقيقاً وسريعاً في تثقيب الشريط الورقي . والفائدة الرئيسية لجهاز الطابعة الملحق مع هذه المثقبة هي في طبع المعلومات المثقبة لاغراض التدقيق والمقارنة .

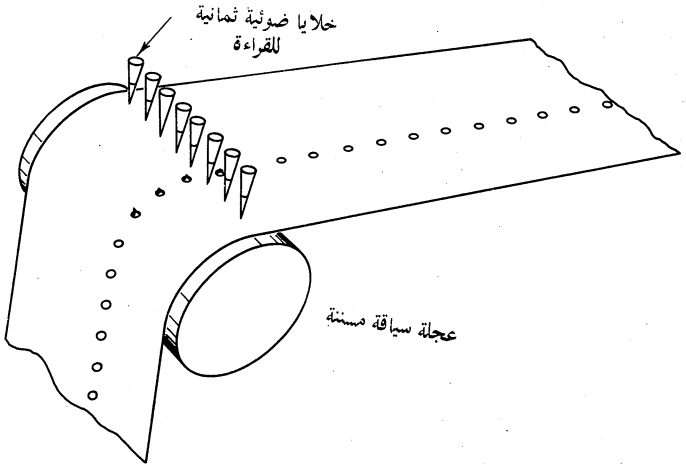


شكل (10.4) : الشريط الورقي المثقب (a) رمز الثقوب الثمانية (b) المثال (10.3)

10.3 الشريط المغناطيسي :

بات الشريط المغناطيسي من أهم الطرائق المستعملة لخزن كميات كبيرة من المعلومات. فالشريط المغناطيسي يقدم فوائد تفوق ما تقدمه البطاقات المثقبة والشريط الورقي . فله (أي الشريط المغناطيسي) القدرة على مسح المعلومات السابقة وكتابة معلومات جديدة ، وهو أسرع في القراءة والتسجيل ، ومن زاوية أخرى تنعكس هذه الفوائد على ثمن الأجهزة التي تسوق الشريط المغناطيسي اذ تزداد ثمناً . والشريط المغناطيسي المعروف بطول 2400 قدم (720 متراً) القابلية على خزن 20 مليون حرف . ويبلغ عرض الشريط حوالي 1.27 سم (0.5 انجاً) ويغطى باوكسيد مغناطيسي من وجه واحد .

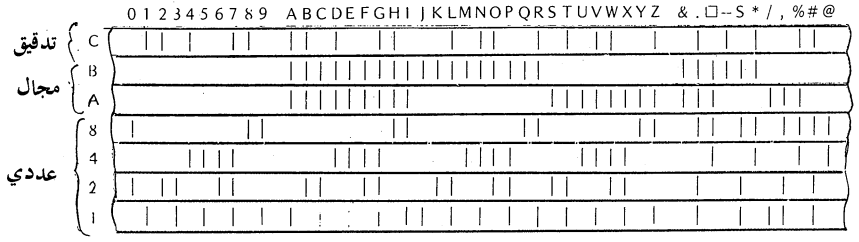
وتسجيل البيانات على الشريط المغناطيسي في سبع قنوات متوازية على طول الشريط ومرقمة : C,B,A,8,4,2,1 كما في الشكل (10.6) . واذ تسجل المعلومات بشكلها الرقمي ، لذا ينبغي أن يكون هناك حالتان فقط ، ويتم ذلك بمغنطة الموقع يميناً أوشمالاً .



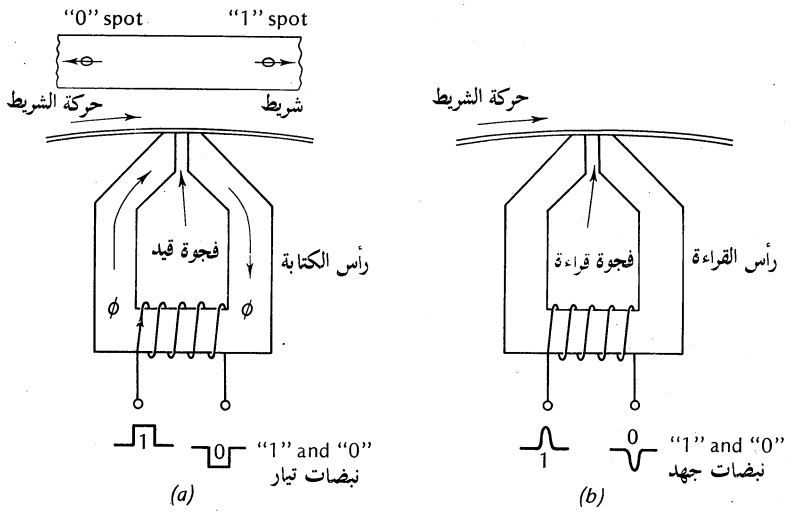
شكل (10.5) : نظام قراءة الشريط الورقي

ولتوضيح عمليتي القراءة والكتابة على الشريط المغناطيسي لاحظ الشكل (10.7) . اذ تتم عملية الكتابة (الشكل a) بمرور الشريط على رأس الكتابة write head . فاذا مرت نبضة موجبة ، فان تياراً سيمر في ملف رأس الكتابة حيث سيوّلد فيضاً مغناطيسياً باتجاه عقارب الساعة حول رأس القراءة الذي يخترق فجوة التسجيل record gap وينتشر ، فيُحدث بانتشاره على طبقة الأوكسيد تأثيراً معيناً ذا اتجاه معين . ويتغير هذا الاتجاه عند تغير اتجاه النبضة الداخلة الى ملف رأس الكتابة .

أما عملية القراءة فيوضحها الشكل (10.7b) ، اذ أن الممغنط يولد فيضاً مغناطيسياً في رأس القراءة عند مرور الشريط . هذا الفيض ينتج جهداً صغيراً على ملف رأس القراءة يكبر فيما بعد لشحن أو تفريغ المرجاح المناسب . وينطبق الحال على المواقع الممغنطة باتجاه معاكس ، اذ تنتج جهداً بالاتجاه الآخر على ملف رأس القراءة ، وبذلك يمكن تحسس الـ 1 و 0 . وللقنوات السبع سبعة رؤوس للقراءة والكتابة . وفي الواقع ، تصمم رؤوس القراءة والكتابة على شكل أزواج (الشكل 10.8) فتكون بذلك عملية الكتابة بمثابة عملية تدقيق ذاتي .



شكل (10.6) : رمز الشريط المغناطيسي



شكل (10.7) : الكتابة والقراءة في الشريط المغناطيسي (a) عملية الكتابة (b) عملية القراءة

ولتسجيل المعلومات على الشريط المغناطيسي ، هناك نظام رمزي معين شبيه بالنظام الرمزي المستخدم في البطاقات المثقبة ، يستعمل القنوات السبع على عرض الشريط ، والشكل (10.6) يرينا هذا النظام الرمزي علماً أن هناك طريقتين لتدقيق صلاحية المعلومات على الشريط المغناطيسي . الطريقة الأولى باستخدام الرقم التكافؤي العمودي المكتوب على القناة C من الشريط . هذا الرقم يطلق عليه اسم رقم فحص الحرف Character - check bit ويكتب بشكل يضمن زوجية عدد الأرقام الثنائية . فالحرف A مثلاً يمثل بالمواقع 1 و A و B ولكون المواقع ثلاثة فقط ، فان موقعاً اضافياً آخر سيضاف في القناة C ليضمن زوجية العدد.

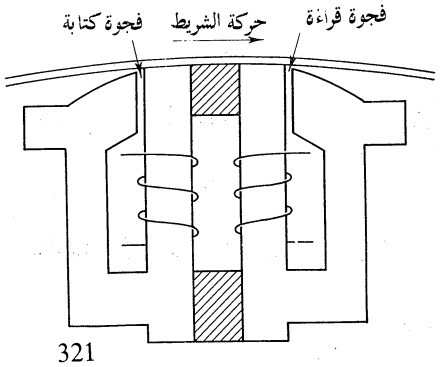
أما الطريقة الثانية فيطلق عليها اسم رقم الفحص التكافؤي الأفقي horizontal parity - check bit كما يدعى احيانا برقم التكافؤ الطولي ، ويكتب عند الحاجة في نهاية مقطع المعلومات للمحافظة على زوجية العدد في كل قناة . وهاتان الطريقتان تمثلان نظاماً للفحص التكافؤي الزوجي . وبالمقابل فمن السهل استعمال نظام الفحص التكافؤي الفردي . كما يمكن تسجيل المعلومات بشكلها الثنائي مباشرة . وفي هذه الحالة فان الكلمة ذات الـ 36 رقماً ثنائياً ستحتل ستة اعمدة من الشريط . في كل عمود ستة مواقع يثبت طول المسافات التي تفصل بين المواقع على عرض الشريط لأن مواقع رؤوس القراءة والكتابة ثابتة .

أما المسافات الأفقية على طول الشريط فتعتمد على سرعة الشريط وسرعة التسجيل . حيث تتراوح سرع الاشرطة بين 50 الى 200 انجاً بالثانية (127.5 الى 510 سم / ثا) . أما الشائع منها فهو 75 الى 112.5 انجاً بالثانية (191.25 الى 286.87 سم / ثـا) .

تُعرّف كثافة التسجيل recording density بأعلى عدد من الحروف في الأنج الواحد . وكثافات التسجيل المعروفة هي 200 ، 556 ، 800 رقماً ثنائياً لكل انج . ونستطيع ان نحسب عدد الحروف الكلي الذي يمكن خزنها على شريط ذي طول 2400 قدماً كالآتي : (800 × 2400 × 12) ويساوي (23.02×10^6) من الحروف وبدون أية فراغات بينها .

وجرت العادة على خزن المعلومات على شكل مجموعات . لكل مجموعة يطلق عليها اسم قيد record يفصل بين قيد وآخر فجوة داخلية interrecord gap يبلغ طولها 0.75 من الأنج ولا تحتوي على أية معلومات . ووظيفتها تهيئة الشريط للوصول الى السرعة اللازمة قبيل القراءة أو الكتابة .

في الشكل (10.9) صورة للبيانات المخزونة . اذ تحتوي القيود على المعلومات الحقيقية تفصل بين قيد وآخر فجوة داخلية . ويمكن حساب العدد الكلي للحروف على الشريط بضرب طول الشريط بكثافة التسجيل . واذا افترضنا أن طول القيد يساوي طول الفجوة الداخلية . فان الطول المستغل لخزن القيود سيحتل نصف طول الشريط . ولذلك يجبذ أن تكون القيود طويلة لتقليل الفجوات الداخلية وبالتالي اختصار الحجم الضائع من الشريط واستغلاله بكفاءة .



شكل (10.8) : رؤوس القراءة / الكتابة في الشريط المغناطيسي

من السهل حساب سعة الخزن الحقيقية على الشريط من كثافة التسجيل . فاذا اعتبرنا ان طول الشريط يتكون من قيد واحد تتبعه فجوة داخلية واحدة كما في الشكل (10.9)

هذه الصورة ستتكرر على طول الشريط ، وبالتالي سيكون العدد الكلي للحروف المخزونة مساوٍ لعدد حروف القيد R وعدد الحروف التي يمكن خزنها في الفجوة الداخلية والذي يساوي حاصل ضرب كثافة التسجيل D بطول الفجوة الداخلية G . أي أن العدد الكلي للحروف سيساوي (R + GD) . ونسبة R على (R + GD) تسمى بمعامل الاستعمال tape utilization factor ويرمز له بـ F .

$$F = R/(R + GD) \qquad (10\cdot1)$$

فاذا كان عدد الحروف المخزونة في R مساوٍ لعدد الحروف التي يمكن خزنها في الفجوة الداخلية G فان معامل الاستعمال F سيساوي 0.5 . اذن فالعدد الكلي للحروف المخزونة على الشريط CHAR هي :

$$CHAR = L\,D\,F \qquad (10.2)$$

حيث أن L طول الشريط ، و D كثافة التسجيل بالحرف / انج .

وبتطبيق المعادلة (10.2) على الشريط المعروف 2400 قدمٍ وبفجوة داخلية قدرها 0.75 انجاً فان

$$CHAR = (2400 \times 12 \times DR) / (R + 0\cdot75\,D) \qquad (10.3)$$

مثـال 10.4 :

احسب سعة الخزن الكلية لشريط مغناطيسي بطول 2400 قدمٍ ، وكثافة تسجيل قدرها 556 حرفاً / انج وطول القيد 100 حرفٍ .

الحـل :

من المعادلة (10.3) نحصل على العدد الكلي للحروف :

$$CHAR = \frac{2400 \times 12 \times 556 \times 100}{100 + (0.75 \times 556)} = 3.10 \times 10^6$$

وتدقق هذه النتيجة بحساب معامل استعمال الشريط :

$$F = \frac{100}{100 + (0.75 \times 556)} = \frac{1}{5.17} = 0\cdot19$$

فالعدد الكلي للحروف للشريط كله هو :

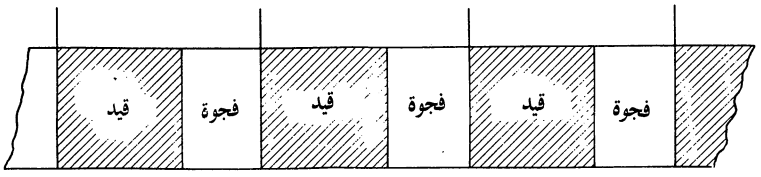
$$2400 \times 12 \times 556 = 16.0128 \times 10^6$$

وبضرب هذه النتيجة بمعامل الاستعمال نحصل على :

$$CHAR = 160128 \times 10^6 \times \frac{1}{5.17} = 3.10 \times 10^6$$

10.4 طرائق التسجيل الرقمية :

هناك طرائق عدة في تسجيل البيانات على الشريط المغناطيسي تقع جميعها في احد النوعين الآتيين . الاول طريقة الرجوع الى الصفر return - to - Zero والثانية طريقة عدم الرجوع الى الصفر nonreturn - to - zero . وتطبق هاتان الطريقتان على الاقراص والاسطوانات المغناطيسية اضافة الى الاشرطة المغناطيسية (وسنأتي على شرح الاقراص المغناطيسية magnetie disks والاسطوانات المغناطيسية magnetic drums في الفصل القادم) .



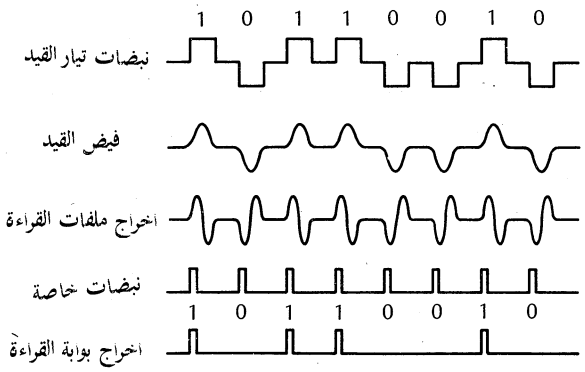
شكل (10.9) : تسجيل البيانات على الشريط المغناطيسي

في القسم الماضي عرفنا ان تسجيل المعلومات الرقمية على الشريط يتم بحث الموقع مغناطيسياً بأحد الاتجاهين ، هذه الطريقة هي طريقة الرجوع الى الصفر ، وتختصر بـ RZ . وتجري عملية التسجيل بتسليط سلسلة من نبضات التيار الى ملف رأس الكتابة كما في الشكل (10.10) . هذه النبضات تؤدي الى توليد فيض مغناطيسي على رأس الكتابة مما يؤدي الى تمغنط الموقع باتجاه الفيض . ويمكننا الحصول على تمغنط باتجاه معاكس بمجرد عكس نبضات التيار الداخلة ، وبذلك يتشكل الـ1و 0 وسميت هذه الطريقة بطريقة الرجوع الى الصفر لأن الموجة الفيضية تعود الى الصفر بين كل رقم ثنائي وآخر .

عند الرغبة في قراءة المعلومات المخزونة سابقاً ، فان مرور الشريط فوق رؤوس القراءة يؤدي الى تسليط فولتية على ملف رأس القراءة كما في الشكل ، الا ان المشكلة هنا هي في نبضات موجبة وأخرى سالبة ، ولتلافي ذلك نلجأ الى تخليص الموجة الخارجة من وجود النبضة السالبة بربط موجة الاخراج هذه بعد تكبيرها بطرف ادخال بوابة (و) وربط نبضة

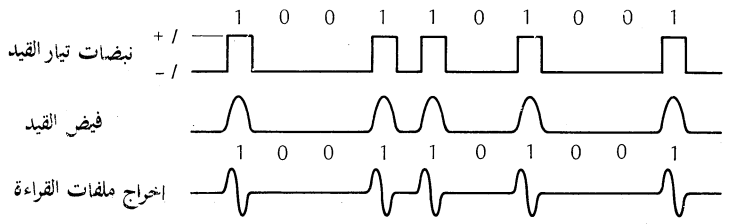
توقيت مضبوطة بالطرف الثاني للبوابة . ويحبذ استعمال هذه الطريقة (الا في الاسطوانات المغناطيسية) حيث تسجل نبضة التوقيت على احد اجزاء الاسطوانة للحصول على افضل موجة ممكنة .

والمشكلة الثانية التي تواجهنابخصوص هذا التسجيل هي عدم وجود تيار بين رقم ثنائي وآخر وكذا بالنسبة لما بين المواقع على الشريط المغناطيسي . هذا يعني انه اذا اردنا تسجيل بيانات جديدة فوق اخرى قديمة ، فينبغي اذن ان يكون التسجيل دقيقاً في تغطيته للبيانات القديمة . واذا لم يتحقق ذلك ، فان قسماً من البيانات القديمة ستبقى ، وبالتالي سيحتوي الشريط على خليط غير متجانس من المعلومات . وهناك طريقة لمسح المعلومات من الشريط بتأسيس رؤوس مسح erase heads ولكنها طريقة باهظة التكاليف ويمكن تجاوزها .



شكل (10.10) : الرجوع الى الصفر – تسجيل وقراءة RZ

وثمة طريقة لعلاج هذه المشاكل تتم بانحياز رأس القيد بواسطة تيار يساعد على تشبع الشريط بأحد الاتجاهين . في مثل هذا النظام ، تسلط نبضة تيار موجبة عند كتابة 1 على الشريط فقط (الشكل 10.11) . وفي أي وقت آخر فان الفيض المغناطيسي الموجود في رؤوس الكتابة سيكون كافياً لمغنطة المسار track باتجاه الـ 0 . وهكذا اصبح بالامكان تسجيل البيانات الجديدة فوق القديمة دون أية مشكلة ودون الحاجة الى توقيت دقيق وبذلك فان نبضة اخراج ستظهر على ملف القراءة عند وجود 1 فقط على الشريط وهذا يسهل كثيراً عملية قراءة المعلومات .

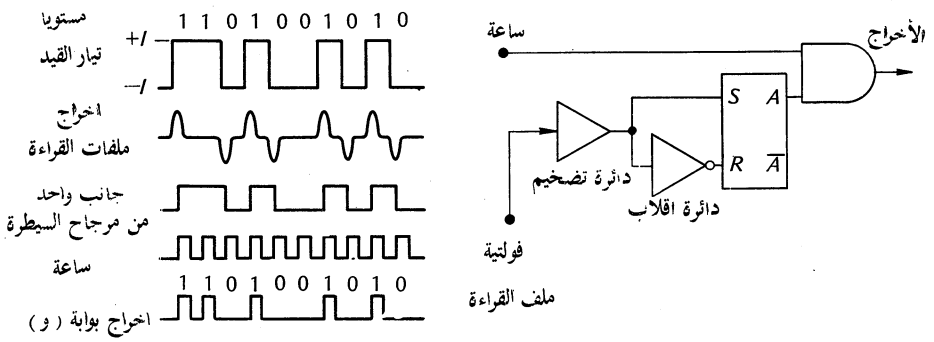


شكل (10.11) : التسجيل والقراءة بطريقة الرجوع الى الصفر المنحاز

في طريقة عدم الرجوع الى الصفر NRZ اختلاف في تسجيل المعلومات عن طريقة الرجوع الى الصفر RZ . وهذا الاختلاف يأتي من كون نبضات تيار الكتابة لاتعود الى مستوى معين بين الارقام الثنائية . ويمكن توضيح تقنية تسجيل القيد NRZ من خلال موجات تيارالقيد المرئية في الشكل (10.12) . لاحظ ان التياريكون بالمستوى (I+) عند تسجيل الآحاد . بينما يكون التيار في المستوى (I –) عند تسجيل الاصفار. واذ تتراوح مستويات التيار بين (I +) و (I –) ، فان مشاكل التسجيل بطريقة RZ لايعود لها وجود في طريقة NRZ .

لاحظ ان الجهد المسلط على ملف القراءة له نبضة عند انتقال البيانات المسجلة من الـ 1 الى 0 وبالعكس . لذا نحتاج الى وسيلة ما لتحسس عملية القراءة . فاذا كُبِّر جهد ملف القراءة واستعمل لشحن او تفريغ مرجاح الشكل المذكور ، فان الطرف A سيكون عالياً في كل مرة يقرأ فيها الواحد ، وواطئاً في كل مرة يقرأ فيها الصفر . فاذا ما استعمل الطرف A كأشارة توجيه وادخل بوابة (و) مع اشارة توقيت ، فان ناتج اخراج بوابة (و) سيكون نسخة طبق الأصل من البيانات المقروءة . وينبغي أيضاً ملاحظة التزامن بين اشارة التوقيت وقطار البيانات القادم من ملف رأس القراءة . وكذلك التغيرات العليا في الفيض الحادثة عند تسجيل أو قراءة الـ 1 و الـ 0 .

عند مقارنة طريقتي RZ و NRZ . نلاحظ تمايز NRZ على RZ ، اذ تبلغ أعلى نسبة للفيض في NRZ نصف النسبة في RZ وهذا يؤدي الى تقليل الدوائر الالكترونية . أو بمعنى آخر زيادة سرعة تنفيذ العمليات الى الضعف .



شكل (10.12) : التسجيل والقراءة بطريقة عدم الرجوع الى الصفر NRZ

وثمة طريقة ثالثة تعتمد على طريقة NRZ في التسجيل موضحة في الشكل (10.13) يطلق عليها اسم عدم الرجوع الى الصفر المعكوسة (NRZI) non - return - to - zero - inverted هنا ، تسجل كل الآحاد والأصفار بمستويات عالية وواطئة من الاشباع . والمفتاح الى هذه الطريقة في التسجيل هو أن 1 يكتشف حيثما وجد تغيّر في الفيض سلباً أو ايجاباً . فاذا ما كُبِّر جهد ملف القراءة وأدخل بوابة (أو) كما في الشكل ، فان اخراج هذه البوابة سيمثل البيانات المنشودة . فمقداح شمت العلوي سيكون حساساً للنبضات الموجبة فقط ، ومقداح شمت السفلي للنبضات السالبة فقط . وكلا الاخراجين سيكون واطئاً لحين وصول النبضة . في هذا الوقت سيكون الاخراج موجباً لفترة محدودة فتتولد عندئذ نبضة الاخراج المطلوبة .

10.5 أجهزة طرفية أخرى :

تتنوع الأجهزة الطرفية التي تربط بالنظم الرقمية تنوعاً كبيراً ، لذا سنلجأ في هذا القسم الى شرح سريع لبعض هذه الأنواع ، وعلى القارىء أن يراجع الأدلة الخاصة والكتب للاطلاع على تفاصيل دقيقة حول هذا الجهاز أو ذاك .

من ابسط الوسائل في ادخال المعلومات الى النظام الرقمي استخدام المفاتيح ، ايّ نوع من المفاتيح ، اذ بامكانها تمثيل المعلومات الثنائية . فصف من عشرة مفاتيح يستطيع على سبيل المثال تمثيل عشرة ارقام ثنائية في كلمة ذات عشرة أرقام .

بالمقابل ، فهنالك طريقة بسيطة ايضاً في تمثيل اخراج هذا النظام الرقمي بواسطة المصابيح المربوطة على مراجيح سجل الخزن . الا ان هذه الطريقة تعتبر من ابطأ الطرائق في

التواصل بين الانسان والالة ، فعلى المشغّل الجالس امام الشاشة ذات المصابيح أن يقوم بتحويل المعلومات بصورة دائمية لكي تصبح مفهومة للقارىء . ومع ذلك فتعتبر هذه الطريقة من ارخص الطرائق العملية للحوار بين الانسان والالة .

ومن الطرائق المعقدة في قراءة البيانات الخارجة من النظام الرقمي استعمال انبوبة اشعة المهبط cathode - ray tube الشبيهة بتلك الانبوبة المستعملة في مرسمة اشعة المهبط oscilloscope . هذه الوحدة تستعمل عادة لرسم المنحنيات التي ينتجها النظام الرقمي ، ويمكن ربط آلة تصوير على هذه الوحدة لالتقاط صور هذه المنحنيات والاحتفاظ بهـــــا .

اما النوع الثاني من هذه الانابيب فيطلق عليها الانبوبة الحَرْفية charactron التي لها القابلية على عرض الحروف والارقام والرموز . تعمل هذه الانبوبة باطلاق حزمة الكترونية على حاجز يحتوي على كل الحروف والارقام والرموز . وعند مرور هذه الحزمة ، فانها لا تستطيع اختراق الحاجز الا من خلال الفراغ الذي يمثل الحرف او الرقم او الرمز المطلوب فيظهر على الشاشة . وتتميز هذه الانابيب بالسرعة لذا يسهل على المشغل ان يدخل المعلومات ثم يقرأها على الشاشة في وقت قصير جداً .

وهناك نوع خاص من الانابيب يستعمل في الرادار يستطيع رسم احداثيات خارطة لتعيين مواقع الطيارات الصديقة او المعادية . وهناك قلم ضوئي Light pen يعطي للمشغل القدرة على ادخال معلومات الى النظام الرقمي بأن يلامس سطح الشاشة في النقطة المعينة ليستلم بعدئذ المعلومات اللازمة عن ذلك الموقع المشار اليه .

اما جهاز الطبع printer فهو جهاز شائع استعماله في الحاسبات والنظم الرقمية . ويتوفر هذا الجهاز على عدة انواع : الثنائي او الثماني او الحرفي والرقمي والرمزي . وجهاز الطبع المعروف يستطيع طبع المعلومات على ورق ذي سطور بحجم 120 حرفاً وبسرعة عدة مئات من السطور تصل الى 1200 سطراً بالدقيقة . وثمة نوع آخر يتسم ببطئه اذ يطبع حرفاً بدلاً من السطر في كل مرة يسمى بـ (جهاز طبع حَرْفي) character at a time printer وتصل سرعته من 10 الى 30حرفاً بالثانية .

اما النوع الآخر فيطبع سطراً كاملاً في المرة الواحدة ويسمى بجهاز الطبع السَطْري line at a time printer . وسرعته تصل الى 250 سطراً بالدقيقة على ورق بعرض 120 حرفاً .

اما جهاز الطبع السطري الآخر فهو اكثر سرعة في الطبع من سابقه ، اذ يتكون من اطارات طبع print wheels كل اطار يحتوي على كافة الأرقام والحروف والرموز ، وكل سطر يحتوي على 120 اطاراً اويزيد حسب عرض الصفحة ، وتدور هذه الاطارات بصورة مستمرة ، حتى اذا ماتعين موقع الحرف المنشود ، انطلقت مطرقة فدفعت الاطار الى شريط طبع يفصل

بينه وبين الورق . لينطبع الحرف على الورقة . وتصل سرعة هذا الجهاز الى 1250 سطراً بالثانية على ورق بعرض 160 حرفاً .

ومن الاجهزة الطرفية الشائعة . جهاز الرسم الرقمي digital plotter ، اذ يستعمل في عدد كبير من المجالات كالرسم الذاتي ، والسيطرة العددية ، والتصميم (كتصميم الدوائر المتكاملة) ، ورسم المنحنيات والجداول في اعمال الادارة ، وفي الخرائط والمعلومات الطبية ، وتحليل المرور وغيرها من التطبيقات . وهناك انواع هجينية hybrid من اجهزة الرسم الرقمي تستعمل عندما يكون الاخراج رقمياً وينبغي تحويله الى الشكل التناظري (التحويل من الرقمي الى التناظري هوموضوع الفصل القادم) لكي يسوق محتويات السيطرة لتثبيت موقع القلم الذي يتحرك على نقطة من الورق حسب الأرقام التي تصله من النظام الرقمي .

ولاجهزة الرسم الرقمية نوع آخر ، يستعمل في تصميمه محركات ثنائية الاتجاه لتثبيت موقع القلم ولرسم المعلومات على الورق الخاص ويطلق عليه اسم جهاز رسم رقمي متدرج digital incremental plotter.

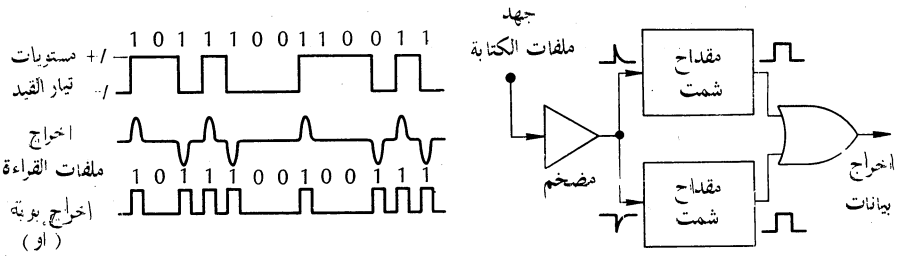
في هذا الجهاز تنمحي اهمية التحويل من الرقمي الى التناظري . وهو اقل سعراً واصغر حجماً . واصغر طفرة يقدمها هذا الجهاز تبلغ 0·0025 انجاً وهو ادق في نتائجه من الجهاز الهجيني . وتبلغ سرعة الرسم في هذا النوع من اجهزة حوالي 4.5 انجاً / ثا .

10.6 اجهزة الطابعة الطرفية :

تشتهر اجهزة الطابعة الطرفية teletypewriter (وتختصر بـ TTY) في الوقت الحاضر باعتبارها جهازاً للادخال والاخراج ووسيلة للحوار بين الانسان والحاسبة الالكترونية ، ايا كان حجم الحاسبة ، صغيراً وعاماً ، أم كبيراً خاصاً بالمشاركة الزمنية time - sharing . ومن المعروف ايضاً ان جهاز TTY يستخدم كجهاز بعيد remote يتصل بالحاسبة الالكترونية بخط هاتفي . وما دام المستويان المستعملان في هذه الاجهزة لارسال المعلومات هما (1 و 0) ، فمن السهل تمثيلهما بمستويين مختلفين من التردد ليرسلا بعدئذ عبر اسلاك الهاتف من اجل ذلك يستعمل منظم مزدوج للنغمات الصوتية acoustic tone coupler لارسال البيانات بعد تحويلها من ترددات مسموعة الى مستوى منطقي وبالعكس . هذا وتنصب الحاسبة الالكترونية المركزية في موقع ملائم لترتبط بها هذه الاجهزة الطرفية TTY terminals عبر خطوط الهاتف ومن اماكن تختلف في مسافاتها.

ويتكون جهاز TTY من لوحة مفاتيح keyboard لادخال المعلومات ومنظومة طبع لطبع المعلومات الخارجة من الحاسبة . وقد يلتحق بهذا الجهاز جهاز تثقيب شريط ورقي ، ليكون بالامكان حينئذ الحصول على المعلومات الخارجة مطبوعة او مثقبة .

ومعظم اجهزة TTY الحديثة تستعمل شريطاً ورقياً ذا ثمانية ثقوب . وهناك محاولات لتقييس رموز الحروف والارقام ، ولعل الرمز القياسي الامريكي لتبادل المعلومات ASCII اكثرها استعمالاً ، اذ يتكون من ثمانية ثقوب ، اي 2^8 ويساوي 256 حالة . تكون كافية لاحتواء الحروف العلوية والحروف السفلية ، والارقام العشرية ، ومجموعة من الرموز الخاصة واشارات السيطرة ، كما يرينا اياها هذا الرمز في الجدول (10.1) .



شكل (10.13) : عدم الرجوع الى الصفر المعكوسة – تسجيل وقراءة

	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NULL	① DC_0	b	0	@	P		
0001	SOM	DC_1	!	1	A	Q		
0010	EOA	DC_2	"	2	B	R		
0011	EOM	DC_3	#	3	C	S		
0100	EOT	DC_4 (Stop)	$	4	D	T		
0101	WRU	ERR	%	5	E	U		
0110	RU	SYNC	&	6	F	V		
0111	BELL	LEM	'	7	G	W		
1000	FE_0	S_0	(	8	H	X	Unassigned غير معينة	
1001	HT / SK	S_1	)	9	I	Y		
1010	LF	S_2	*	:	J	Z		
1011	V_{TAB}	S_3	+	;	K	[		
1100	FF	S_4	,	<	L	\		ACK
1101	CR	S_5	-	=	M	]		②
1110	SO	S_6	.	>	N	↑		ESC
1111	SI	S_7	/	?	O	←		DEL

Example | 100 | 0001 | = A

b_1--------- b_1

The abbreviations used in the figure mean:

NULL	Null idle لاشيء	CR	Carriage return عودة عربة الطبع
SOM	Start of message بداية عبارة	SO	Shift out ازاحة للخارج
EOA	End of address نهاية عنوان	SI	Shift in أزاحة للداخل
EOM	End of message نهاية عبارة	DC_0	Device control ① سيطرة جهاز Reserved for data محفوظة للبيانات Link escape
EOT	End of transmission نهاية ارسال	$DC_1 - DC_2$	Device control
WRU	"Who are you?" من انت؟	ERR	Error خطأ
RU	"Are you . . .?" هل انت . . .؟	SYNC	Synchronous idle خمول متزامن
BELL	Audible signal اشارة سمعية	LEM	Logical end of media نهاية وسط منطقية
FE	Format effector صيغة تأثيرية	$SO_0 - SO_7$	Separator (information فاصلة
HT	Horizontal tabulation جدولة أفقية		Word separator (blank, normally non-printing) كلمة فاصلة
SK	Skip (punched card) تخطي	ACK	Acknowledge
LF	Line feed تغذية خط	②	Unassigned control
V/TAB	Vertical tabulation جدولة عمودية	ESC	Escape
FF	Form feed تغذية شكل	DEL	Delete idle حذف

جدول (10.1) : النظام الأمريكي لرموز المعلومات (*)

( ) مأخوذة عن :

Digital Camputer Fundamentals by Thomas C. Bartee. Mc Graw - Hill.Inc.

10.7 مصفوفات الترميز والحل :

باتت هذه المصفوفات ضرورية الاستعمال لادخال أو اخراج المعلومات للنظام . فمصفوفة الحل تستعمل عادة لحل رموز المعلومات الثنائية في النظام الرقمي وتحويلها الى نظام عددي آخر . كمثال على ذلك ، لاحظنا في الفصل السابق كيف أن الاخراج الثنائي للسجل قد حلت رموزه الى شكلها العشري بواسطة بوابات (و) التي بدورها تسوق بوابات نكسي . أما ترميز المعلومات فهو عملية معكوسة ، اذ نحتاج مثلاً الى تحويل الاشارات العشرية الى ما يكافئها من اشارات ثنائية لغرض ادخالها للنظام الرقمي .

والطريقة المباشرة الأكثر شيوعاً لحل المعلومات تتم ببساطة بانشاء بوابات (و) اللازمة كما هو الحال في انابيب نكسي . ويجري الأمر باستعمال جدول الواقع أو الموجات . على سبيل المثال ، فان حل رموز معداد ذي أربعة مراجيح يحتاج الى 16 بوابة (و) ذات أربعة اطراف ادخال وذلك لوجود 16 حالة محتملة صادرة من هذه المراجيح . هذا النوع من الحل يحتاج الى ($n \times 2^n$) من الثنائيات ، حيث تمثل n عدد المراجيح اللازمة للحصول على دائرة حل كاملة .

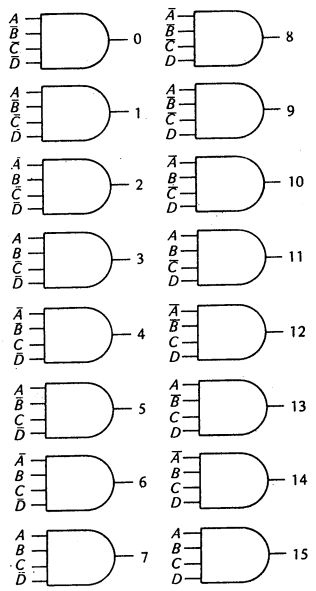
مثـال 10.5 :

ارسم 16 بوابة (و) اللازمة لحل رموز معداد ذي اربعة مراجيح .

الحـل

ربط البوابات اللازمة يمكن الحصول عليه من جدول الواقع . لاحظ الشكل (10.14).

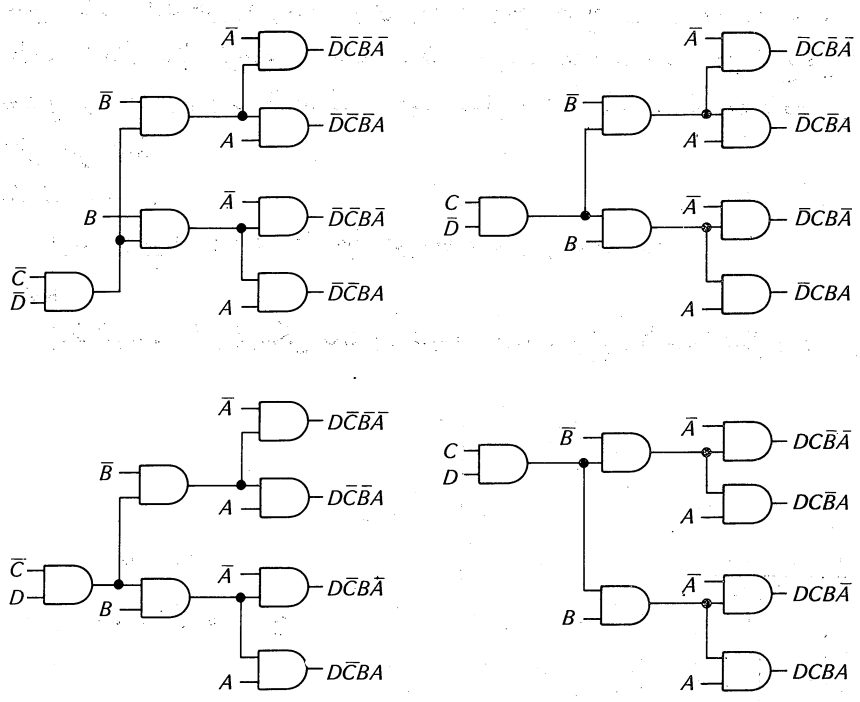
D	C	B	A	عد
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15
0	0	0	0	0



الشكل (10.14)

حل رموز معداد ذي اربعة مراجيح

أما الطريقة الثانية المستعملة في حل الرموز فهي طريقة الحل الشجري tree encoding التي تقتصد في استعمال الثنائيات . ويجري العمل بهذه الطريقة بتقسيم حالات المعداد الـ 16 في المثال السابق الى أربع مجموعات هي 0 ، 1 ، 2 ، 3 و 4 ، 5 ، 6 ، 7 و 8 ، 9 ، 10 ، 11 و 12 ، 13 ، 14 ، 15 . لاحظ بانه يمكن تمييز المجموعة الأولى بوابة (و) ذات اخراج $\overline{DC}$ ، والمجموعة الثانية بـ DC ، والثالثة بـ $\overline{DC}$ ، والأخيرة بـ DC وكل مجموعة من هذه المجموعات تنقسم الى مجموعتين ثانويتين باستعمال B و $\overline{B}$. ثم تقسم المجموعات الثانوية الثمان الى 16 مجموعة باستعمال A و $\overline{A}$ ، لنحصل بالتالي على شبكة حل كاملة كما في الشكل 10.15) .

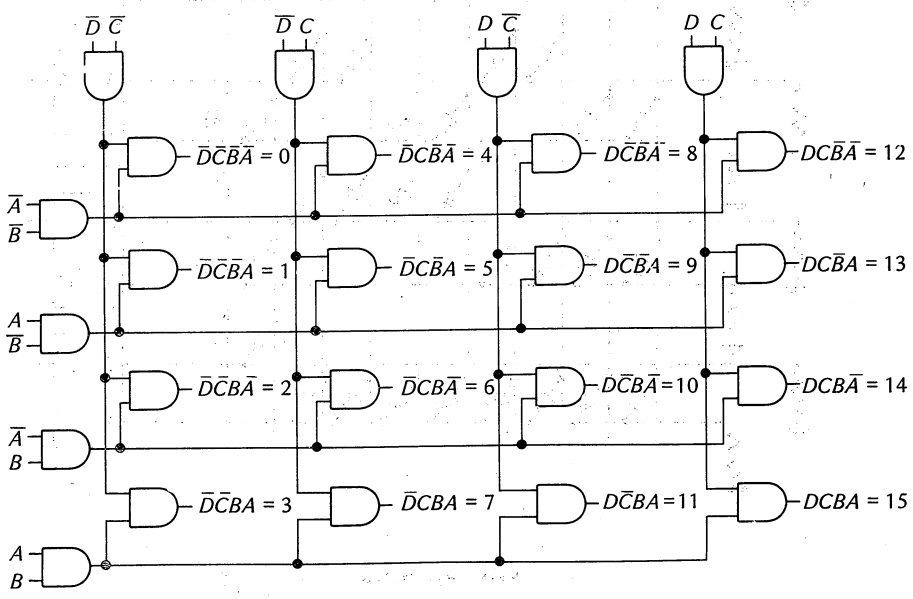


شكل (10,15) : مصفوفة حل الرموز الشجرية

وبهذه الطريقة تختصر عدد الثنائيات من 64 الى 56 أي بتوفير ثمانية ثنائيات . وقد يبدو أن هذا التوفير ليس كبيراً ، ولكن يجب ملاحظة أنه كلما ازداد عدد المراجيح كلما كان التوفير في عدد الثنائيات أكبر . فلو استعملنا خمسة مراجيح مثلاً لانشاء شبكة حل ، فان 40 ثنائياً سيتم توفيرها باستعمال هذه الطريقة .

أما مساوىء هذه الطريقة فتتلخص في أن اشارة الادخال تمر في أكثر من مستوى من البوابات (بينما تمر الاشارة ببوابة واحدة في الطريقة الأولى) . هذا الأمر يقود الى أن تعاني الاشارة من تدهور ملحوظ في حجمها . اضافة الى تأخير في الوصول عمّا هو عليه في الطريقة الأولى .

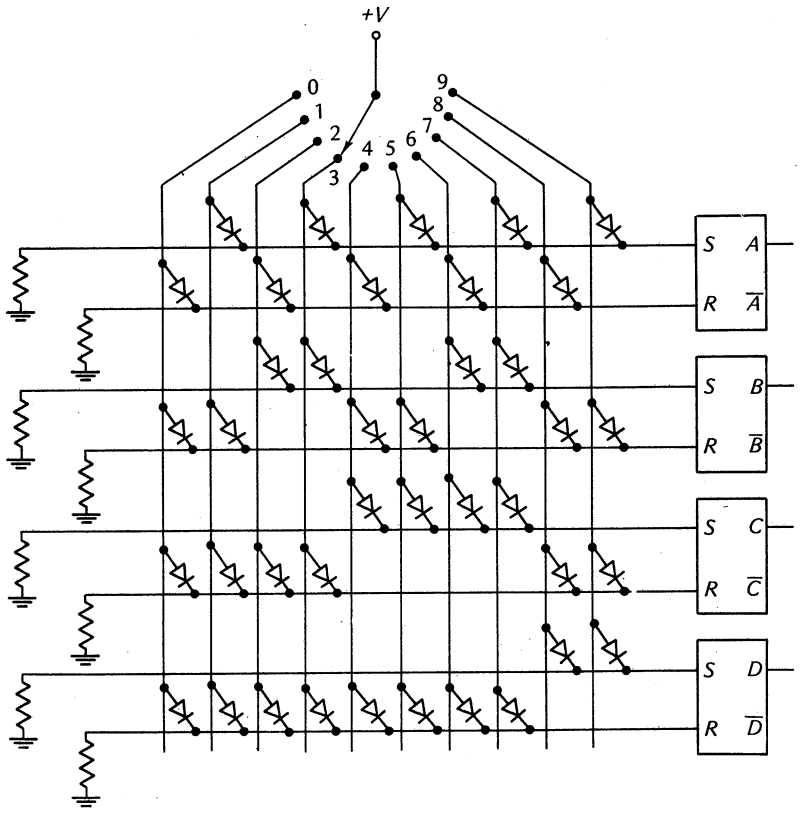
أما النوع الثالث من شبكات الحل فتعرف بحلاّل التضارب المتوازن – balanced multiplicative decoder الذي يمتاز أيضاً بتقليص عدد الثنائيات المستعملة . وفكرة هذا الحلاّل مشابهة الى حد كبير لفكرة الحلاّل الشجري من حيث التقسيم الى مجموعات ، اذ تنقسم المراجيح – في هذا النوع الى مجموعات من اثنين ، ثم تتحد النتائج فيما بعد للحصول على الاشارة المنشودة . وباتحاد الاخراجات الثمانية في 16 بوابة (و) يتشكل لدينا 16 اشارة اخراج (الشكل 10.16) . ونلحظ أن مجموع ماتحتاجه من ثنائيات هو 48 فقط أي بتوفير 16 ثنائياً عن الطريقة الأولى و8 ثنائيات عن الطريقة الثانية . ولهذه الطريقة مساوؤها من حيث ازياد عدد المستويات المنطقية والتأخير كما هو الحال في الحلاّل الشجري .



شكل (10.16) : حل رموز التضارب المتوازن

عملية الترميز هي عكس عملية الحل ، ومن أبسط الأمثلة على عملية الترميز المفتاح ذو المواقع العشرة ، اذ باستطاعة المشغِّل ان يثبت المفتاح على أحد هذه المواقع لتمثيل رقم عشري ، ليحصل على ما يكافيء هذا الرقم بالنظام الثنائي من خلال مصفوفة تقوم بالتبديل .

في الشكل (10.17) مصفوفة ترميز تقوم بتبديل العدد العشري الى ما يكافئه من الثنائي وتخزنه في سجل . وتتم العملية بتسليط جهد موجب على أحد الخطوط عند وضع المفتاح على أحد هذه المواقع ، لاحظ أن طرفي الادخال R و S لكل مرجاح قادمان من اخراج بوابة (أو) .



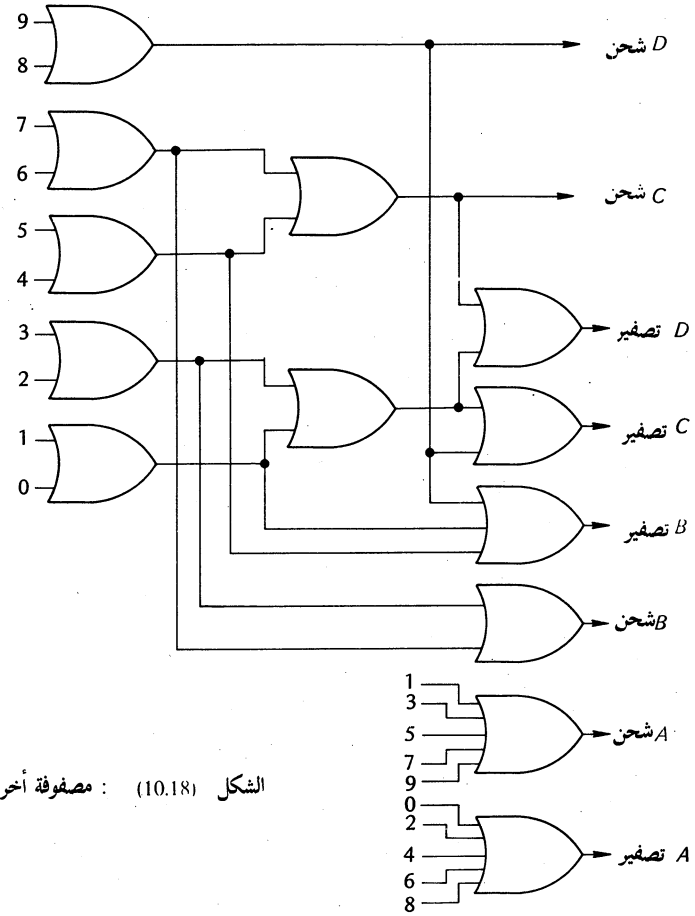
شكل (10.17) : مصفوفة الترميز العشرية

خذ مثالاً على ذلك . لو وضع المفتاح على الموقع 1 ، فان جميع اقطاب الثنائيات المرتبطة بذلك الموقع (أي الخط) ستكون ذات جهد موجب (وبانحياز أمامي) ، مما يؤدي

بالطرف S من المرجاح A الى ان يكون عالياً (أي 1) وبالاطراف R للمراجيح B ، C ، D عالية ايضاً . وما دام A يمثل المرتبة الادنى ، لذا فان المكافىء الثنائي سيتشكل كالاتي 0001 .وتضم مصفوفة الترميز هذه 40 ثنائياً ، ويمكن توفير 7 ثنائيات واختصار العدد الى 33 ثنائياً بالطريقة الموضحة في الشكل (10.18) .

وهكذا رأينا في هذا القسم كيف يتم بناء أي مرمز او حلاّل من البوابات الاساسية . وقد رأينا في الفصل الثالث انواعاً من دوائر الحل متوفرة على شكل دوائر متكاملة نوع MSI مثل سائق الحلاّل من BCD الى العشري 7441 (أو 74141) . والحلال زائد-3 الى العشري 7443 ، وسائق الحلال من BCD الى القطع السبع 7446 ، وسائق الحلال 1 من 10 المرقم 74145 ، وانواع اخرى متعددة تستشار لمعرفتها قوائم المنتجين والمصنعين .

كما تتوفر دوائر ترميز متكاملة نوع MSI مثل المرمز ذي الادخالات الثمانية نوع Fair child 9318 وهذا النوع يستقبل ثمانية ادخالات لينتج رمزاً ثنائياً موزوناً . وننصح ثانية بالرجوع الى قوائم المصنعين لمعرفة المزيد عن هذه الدوائر وتفصيلاتها .



الشكل (10.18) : مصفوفة أخرى للترميز العشري

اسعافات دراسية

خلاصة

– تعتبر البطاقات المثقبة وسطا « جيدا » وشائع الاستعمال لحفظ المعلومات الثنائية . اذ تعتبر كل بطاقة مقطعا او وحدة من المعلومات يطلق عليها وحدة تسجيل unit record . اضافة الى ذلك فان الاجهزة التي تستعمل البطاقات المثقبة (كالمثقب ـ والمرتب ، والقارىء وغيرها) يطلق عليها (اجهزة وحدة التسجيل) .

— المعلومات الحرفية والرقمية والرمزية يمكن جميعاً تثقيبها على البطاقة من خلال رمز معين . ومن اشهر هذه الرموز المستعملة رمز هوليريث .

— الوسط الثاني المشابه للبطاقات المثقبة هو الشريط الورقي المثقب . ويتم خزن المعلومات فيه بتخريم الشريط وفقاً لرمز معين . وهناك عدد من طرائق الترميز ـ اشهرها رمز الثقوب الثمانية . ويختلف الشريط الورقي عن البطاقات المثقبة باستمراريته وحسب حجم البكرة .

— لخزن معلومات كثيرة ـ من الافضل استعمال الشريط المغناطيسي . فمن فوائده انه اسرع في العمل واقدر على خزن معلومات كثيرة في حيز صغير ـ اضافة الى ان بالامكان مسح المعلومات واعادة تسجيل معلومات جديدة مرات ومرات .

— الطرائق الثلاث المشهورة في تسجيل المعلومات على الشريط المغناطيسي هي طريقة الرجوع الى الصفر RZ وطريقة عدم الرجوع الى الصفر NRZ ـ وأخيراً طريقة عدم الرجوع الى الصفر المعكوسة NRZI . طريقتا NRZ و NRZI تمسحان او تنظفان بكفاءة وذاتياً الشريط اثناء عملية التسجيل ـ لذا تتغلبان على احدى المشاكل التي تواجهها طريقة RZ كما تمتازان بالسرعة .

— مصفوفات الحل والترميز تمثل جزءً مهماً في اجهزة الادخال والاخراج . وظيفتها بصورة عامة تبديل المعلومات من شكل لآخر . كالتحويل من الثنائي الى الثماني ـ ومن الثنائي الى العشري او بالعكس .

— هناك تشكيلة كبيرة من الاجهزة الطرفية الرقمية تحتوي على الة التسجيل ـ اجهزة الطبع ـ شاشات انبوبة اشعة المهبط ـ واجهزة الرسم . واختيار مثل هذه الاجهزة هو اختيار هندسي على الاغلب يعتمد على المتطلبات اللازمة ـ والاجهزة المتوفرة والمفاوضات مع الشركات المنتجة للمقارنة من حيث المواصفات ـ والتسليم ـ والكلفة .

مفـــردات

معلومات حرْفية رقمية Alphanumeric information : المعلومات المتكونة من الحروف الابجدية ، والارقام ، ورموز خاصة .

حرف Character : اي رقم او رمز يمكن تمثيله بمجموعة من الارقـام الثنائيـــة .

مصفوفة حل Decoding matrix : مصفوفة تُستعمل لتحويل صيغة معلومات لغرض اخراجها من النظام الرقمي .

مصفوفة ترميز Encoding matrix : مصفوفة تُستعمل لتحويل صيغة معلومات لغرض ادخالها الىالنظام الرقمي .

رمز هوليريث Hollerith code : نظام لتمثيل المعلومات في ثقوب على بطاقات مثقبة .

فجوة ما بين القيود Interrecord gap : قطعة فراغ على الشريط تقع بين قيدين .

التكافؤي Parity : طريقة تستعمل ثقباً اضافياً (أوموقعاً مغناطيسياً للتسجيل المغناطيسي) للتأكد من ان عدد الثقوب (أو المواقع) لكل حرف زوجي او فردي

كثافة التسجيل Recording density : عدد الحروف المسجلة في الانج الواحد من الشريط .

مُعامل استعمال الشريط Tape - utilization factor : نسبة عدد الحروف المسجلة فعلاً على العدد الكلي للحروف التي يمكن تسجيلها .

وحدة تسجيل Unit record : البطاقة المثقبة تمثل وحدة تسجيل ، اذ تحتوي على وحدة او مقطع من المعلومات .

اسئلة للمراجعـــة :

1- اشرح بعضاً من الصعوبات القائمة في الحوار بين الانسان والآلة .
2- اشرح البطاقة المثقبة من حيث : الحجم ، عدد الاعمدة ، عدد الصفوف .
3- ماهي الصفوف التي تمثل الثقوب المجالية في البطاقة المثقبة .
4- ماهي الصفوف التي تمثل الثقوب الرقمية في البطاقة المثقبة ؟
5- ماهو رمز هوليريث ؟ وماذا تعني العبارة الآتية : JR is 11 ؟
6- كيف تتمثل المعلومات الثنائية على البطاقة ، أي ماذا يعني وجود ثقب من عدم وجوده
7- ما معنى وحدة تسجيل ؟
8- اذكر ثلاثة أنواع من أجهزة التسجيل الطرفية ، وقدم شرحاً موجزاً عن استعمالاتها.
9- اشرح رمز الثقوب الثمانية لتثقيب المعلومات على الشريط الورقي .
10- اشرح كيف يتم تسجيل الـ 1 والـ 0 على الشريط المغناطيسي بواسطة رأس التسجيل .
11- كيف يتم تسجيل المعلومات الحرفية والرقمية على الشريط المغناطيسي ؟
12- كيف تسجل المعلومات الثنائية على الشريط المغناطيسي ؟
13- وضّح نظام التكافؤ المزدوج المستعمل في تسجيل الشريط المغناطيسي .
14- مامعنى الغاية من وجود فجوة داخلية بين القيود المسجلة على شريط مغناطيسي .
15- كيف يستعمل معامل استعمال الشريط لحساب العدد الكلي للحروف المخزونة على شريط مغناطيسي ؟
16- اشرح طريقة RZ في التسجيل ، ماهي مشاكل هذه الطريقة ؟
17- اشرح طريقةNRZفي التسجيل ، اذكر فوائدها المتميزة على طريقة RZ .
18- اشرح طريقة NRZT في التسجيل ؟
19- لماذا يعتبر جهاز الرسم الرقمي المتدرج نظاماً حقيقياً للرسم الرقمي ؟
20- ماهي الفروق بين مصفوفات الترميز والحل ؟

مسائل

10.1 ارسم رسماً تخطيطياً ، واكتب اسمك وعنوانك ورقم هويتك مستعملاً رمز هوليريث ممثلاً الثقب ببقعة سوداء .

10.2 غيّر رقم هويتك الى مكافئه الثنائي . ثم ارسم رسماً تخطيطياً ، وسجل هذا الرقم الثنائي افقياً على البطاقة .

10.3 اعد تسجيل الرقم الثنائي المذكور في السؤال (10.2) عمودياً .

10.4 افرض أن سرعة قراءة المعلومات هي 250 بطاقة بالدقيقة ، ومعدل عدد الحروف في كل بطاقة هو 65 حرفاً . احسب سرعة القراءة مستعملاً (الحرف بالثانية) .

10.5 ارسم رسما تخطيطيا شريطا ورقيا ، وسجل اسمك وعنوانك ورقم هويتك مستعملا رمز الثقوب الثمانية ، ممثلاً الثقب ببقعة سوداء

10.6 ماهو الطول اللازم لشريط ورقي لخزن 60000 حرف من المعلومات باستعمال الرمز ذي الثقوب الثمانية ؟ مفترضاً عدم وجود فجوات .

10.7 ماهو طول الشريط المغناطيسي اللازم لخزن المعلومات المذكورة في السؤال (10.6) اذا كانت كثافة التسجيل 500 رقم ثنائي بالأنج ؟ مفترضاً عدم وجود فجوات

10.8 اذا كانت كثافة تسجيل معلومات على شريط مغناطيسي هي 200 رقم ثنائي بالأنج وطول القيد 200 حرف ، وطول الفجوة الداخلية 0.75 انجاً . احسب معامل استعمال الشريط ؟ باستعمال هذه التفاصيل ، كم عدد الحروف التي يمكن خزنها على 1000 قدم من الشريط ؟

10.9 نقّح حل السؤال (10.8) باستعمال المعادلة (10.3) ، مع تبديل الرقم 2400 بـ 1000 .

10.10 أعد حل السؤالين (10.8) و (10.9) مستعملاً كثافة تسجيل قدرها 800 رقم ثنائي بالأنج .

10.11 ماهو طول الشريط المغناطيسي اللازم لخزن 10^5 حرفاً مسجلاً بكثافة تسجيل قدرها 800 رقم ثنائي بالأنج وبقيد طوله 500 حرف .

10.12 هل تستطيع أن تعلّل لماذا يفضل أكبر حجم ممكن للقيد عند تسجيله على شريط مغناطيسي ؟

10.13 ارسم ثمان بوابات (و) ذات أطراف الأدخال الثلاثة لحل معداد ذي ثلاثة مراجيح . ثم أعد الرسم مستخدماً طريقة الحل الشجري وأوجد عدد الثنائيات المتوفرة .

10.14 ارسم البوابات اللازمة لتحويل عدد ثنائي من ثلاثة ارقام الى مكافئه الثماني .

10.15 ارسم البوابات اللازمة لتحويل عدد ثنائي من اربعة أرقام الى مكافئه الثماني .

10.16 ارسم البوابات اللازمة لبناء دائرة ترميز من ثماني الى ثنائي .

10..17هل بالأمكان تبسيط بوابات السؤال (10.16) بجمع الادخالات الثمانية ؟

10.18ماهي فوائد ومساوىء الحلال الشجري وحلال التضارب المتوازن ؟

الفصل الحادي عشر

التحويل من الرقمي الى النظيري وبالعكس

ان عملية التحويل من الرقمي الى التناظري او النظيري digital - to - analog (اختصاراً D/A) وعملية التحويل من النظيري الى الرقمي analog - to - digital (اختصاراً A/D) تعتبران من العمليات المهمة جداً اللتان ينتشر استعمالهما لدى معالجة البيانات الرقمية . فمحولات (D/A) تقوم بترجمة المعلومات الى مايكافئها من معلومات نظيرية ، كمثال على ذلك ، تحويل المعلومات الرقمية في اخراج الحاسبة الالكترونية الى معلومات نظيرية تقوم بسياقة قلم الراسم البياني plotter . كذلك تتطلب محركات الاجهزة التي مر ذكرها في الفصل السابق الى اشارات نظيرية تقوم بتحريكها ، ولهذا تعتبر محولات (D/A) أحياناً كاجهزة حل الرموز ، اذ تعمل عند اخراج النظام الرقمي .

وغالبا ماتتطلب الحاجة ايضا الى عملية تحويل معاكسة ، وتتم عملية تغيير الاشارة النظيرية الى اشارة رقمية مكافئة باستعمال محولات (A/D) . مثلاً ، تستعمل محولات (A/D) لتحويل اخراج اشارة نظيرية (كالحرارة او الضغط او الاهتزاز ... الخ) الى اشارة رقمية مكافئة وذلك لادخالها في منظومة رقمية ، ولهذا تعتبر محولات A/D أحياناً كأجهزة ترميز اذ توجد في ادخال النظم الرقمية .

ان عملية التحويل (D/A) هي عملية سهلة فيما لوقورنت مع عملية التحويل (A/D) . وبالحقيقة ان محولات (D/A) تشكل جزءً من أجزاء محولات (A/D) ، لذلك سنقوم اولاً بدراسة التحويل (D/A) . بعد انهائك هذا الفصل ، يجب ان تكون قادراً على معرفة :

1- كيفية استعمال السلم الثنائي binary Ladder في تصميم المحول (D/A) .
2- شرح محول (A/D) ذي المعداد .
3- تعيين دقة المحول (D/A) والمحول (A/D) .

11.1 الشبكة ذات المقاومة المتغيرة :

ان المهمة الاساسية في تحويل اشارة رقمية الى اشارة نظيرية مكافئة هي تغيير n من مستويات الفولتية الرقمية الى مايكافئها في فولتية نظيرية واحدة . ويمكن تحقيق هذه المهمة بسهولة وذلك بتصميم شبكة مقاومية (أي ذات مقاومات) تقوم بتغيير المستويات الرقمية الى فولتية (او تيار) تكافيء وزن العدد الثنائي .

ولتوضيح ذلك . يبين الجدول في الشكل (11.1) واقع اشارة رقمية ذات ثلاثة ارقام ثنائية . وافرض باننا نرغب في تغيير الحالات الثمانية للاشارة الرقمية الى فولتيات نظيرية مكافئة بحيث نمثل العدد الرقمي الاصغر (000) بالفولتية (OV)، وسنكافيء العدد الرقمي الاكبر (111) بالفولتية (+ 7V) . وبهذا نكون قد عيّنا المدى الذي ستتغير به الاشارة النظيرية . وتجدر الاشارة الى أن اختيار قيمتي الفولتية تم حسب ما يلائمنا ولا شروط لذلك .

2^2	2^1	2^0
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

شكل (11.1)

الآن . لاحظ ان هناك 7 مستويات متميزة بين 000 و 111 يجب تحديدها . لذلك فانه من الاسهل تقسيم الاشارة النظيرية الى 7 مستويات . اما التغير الادنى في الاشارة الرقمية فانه يتمثل بالرقم ذي المرتبة الادنى 2° ، وسنجعل هذا التغير بالرقم الثنائي يؤدي الى تغيير في الاشارة النظيرية تساوي $\frac{1}{7}$ من التدريج (أو المدى) الكامل للفولتية النظيرية . وبذلك تصمم شبكة المقاومات بحيث ان 1 في مرتبة 2^0 سيؤدي في الاخراج الى :

$$+ 7 \times \frac{1}{7} = + 1V$$

وبما ان ($2^1 = 2$) و ($2^\circ = 1$) فان مرتبة 2^1 تمثل عدداً يساوي ضعف مرتبة 2^0 ، لذلك فان 1 في مرتبة 2^1 سيؤدي الى تغيير في فولتية الاخراج النظيرية يساوي ضعف التغير الذي تؤديه المرتبة الادنى ($+ 7 \times 2/7 = +2V$)

وبالطريقة نفسها ($2^2 = 4 = 2 \times 2^1 = 4 \times 2^\circ$) وهكذا تقوم مرتبة 2^2 بتغيير يعادل 4 أضعاف التغيير الذي تؤديه المرتبة الادنى ($+ 7 \times 4/7 = + 4V$).

نستمر بهذه العملية وسنلاحظ ان كل رقم ثنائي يؤدي الى تغيير يساوي ضعف التغيير الذي يؤديه الرقم الذي يسبقه . فالرقم ذو المرتبة الادنى اعطى المكافيء $\frac{1}{7}$ (او جزء واحدا من الاجزاء السبعة) . واعطي الرقم التالي الوزن $\frac{2}{7}$. أما الرقم الثالث (ذو المرتبة

الاعلى) فقد أُعطي الوزن $\frac{4}{7}$. ومما تجدر ملاحظته ان مجموع الاوزان يجب ان يساوي 1 :

$$\frac{1}{7} + \frac{2}{7} + \frac{4}{7} = 1$$

وبصورة عامة ، يكون الوزن المكافىء الذي يعطى للرقم ذي المرتبة الادنى مساوياً لـ $(1/(2^n - 1))$ حيث يمثل n عدد الارقام الثنائية ، اما بقية الاوزان فتحسب من ضرب وزن المرتبة الادنى في 2 ، 4 ، 8 ... الخ .

مثال 11.1 :

اوجد الوزن المكافىء لكل رقم ثنائي في منظومة ذات 4 أرقام .

الحل :

يكون وزن المرتبة الادنى كالآتي : $\frac{1}{(2^4 - 1)} = \frac{1}{16 - 1} = \frac{1}{15}$

أي جزء من 15 . وتكون المرتبة الآتية :

$$2 \times \frac{1}{15} = \frac{2}{15}$$

والمرتبة الثالثة :

$$4 \times \frac{1}{15} = \frac{4}{15}$$

أما المرتبة الاعلى (الرابعة) :

$$8 \times \frac{1}{15} = \frac{8}{15}$$

وكتدقيق للحل . فان مجموع هذه الاوزان يجب ان يساوي 1 :

$$\frac{1}{15} + \frac{2}{15} + \frac{4}{15} + \frac{8}{15} = 1$$

ويختصر الجدول المبين في الشكل (11.2) أوزان الثنائي المكافئة لمنظومة ذات 3 أرقام وأخرى ذات 4 أرقام .

رقم ثنائي	وزن
2^0	1/7
2^1	2/7
2^2	4/7
مجموع	7/7

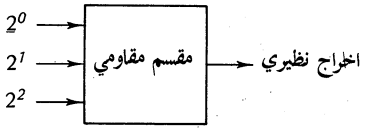
(a)

رقم ثنائي	وزن
2^0	1/15
2^1	2/15
2^2	4/15
2^3	8/15
مجموع	15/15

(b)

شكل (11.2) : الاوزان الثنائية المكافئة

مانحتاجه الآن هو شبكة مقاومية لها 3 أطراف ادخال رقمية وطرف اخراج نظيري واحد كما هو مبين في الشكل (11.3 a) . ولنفرض ان الفولتية التي تمثل الثنائي 0 هي (0 v) والفولتية التي تمثل الثنائي 1 هي (+ 7v) . وبالنسبة للادخال 002 يكون الاخراج (+ 2v) ، والادخال 010 ينتج اخراجاً قدره (+ 2v) والادخال 100 ينتج (+ 4v) . يلاحظ ان الادخال الرقمي 011 يمثل مجموع الاشارتين 001 و 010 ويكون الاخراج مجموع (+ 1v) و (+ 2v) وبذلك تكون الفولتية (+ 3v) هي الاخراج المكافىء للادخال الرقمي 011 . ويبين الجدول في الشكل (11.3b) بقية الفولتيات المكافئة .



(a)

ادخال رقمي			اخراج نظيري
0	0	0	0V
0	0	1	+1V
0	1	0	+2V
0	1	1	+3V
1	0	0	+4V
1	0	1	+5V
1	1	0	+6V
1	1	1	+7V

(b)

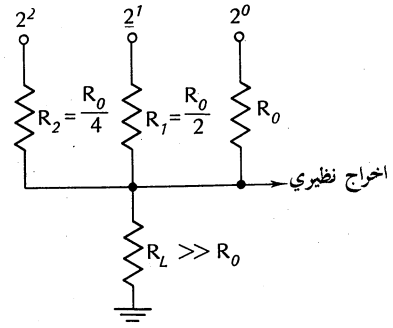
شكل (11.3)

ولكي تقوم دائرة المقاومات بتحويل الادخال الرقمي الى اخراج نظيري ذى فولتية مكافئة فان عليها ان تنفذ مايأتي :

أ . تغيير الرقم ذى المرتبة 2^0 الى (+ 1v) والرقم 2^1 الى (+ 2v) والرقم 2^2 الى (+ 4v) .

ب . جمع هذه الفولتيات الثلاثة التي تمثل الارقام الثنائية لتكوين فولتية الاخراج النظيرية .

يبين الشكل (11.4) دائرة المقاومات التي تستطيع تنفيذ الوظائف المذكورة حيث تقوم المقاومات R_0 و R_1 و R_2 بمهام التجزئة بينما تمثل R_L مقاومة الحمل والتي ستعتبر كبيرة وذلك كي لا تُحمّل شبكة التجزئة فوق طاقتها .



شكل (11.4) : سلّم مقاومي

افرض ان ادخالاً رقميا قدره 001 سلط على هذه الدائرة وتذكر ان فولتية الرقم 0 هي (0v) وفولتية الرقم 1 هي (+ 7v) وبذلك تكون الدائرة المكافئة كما هي مبينة بالشكل (11.5) وقد حذفت المقاومة R_L من الشكل لكبرها اما ايجاد فولتية الاخراج النظيرية فيمكن ان تتم بسهولة وذلك باستعمال نظرية ملمان Millman التي تنص على ان الفولتية التي تظهر عند اي نقطة التقاء في الدائرة المقاومية تساوي مجموع التيارات الداخلة في تلك النقطة (المحسوبة على اعتبار فولتية تلك النقطة صفراً) مقسوماً على مجموع التوصيلات في تلك النقطة . وعلى شكل معادلة . يكون التعريف كما يأتي :

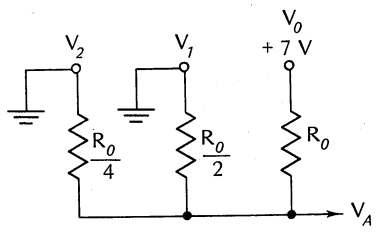
$$V = \frac{E_1/R_1 + E_2/R_2 + E_3/R_3 + \ldots}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \ldots}$$

وبتطبيق هذه المعادلة على الشكل (11.5) نحصل على :

$$V_A = \frac{V_0/R_0 + V_1/(R_0/2) + V_2/(R_0/4)}{1/R_0 + 1/(R_0/2) + 1/(R_0/4)}$$

$$= \frac{7/R_0}{1/R_0 + 2/R_0 + 4/R_0} = 7/7 = +1\,V.$$

وبرسم الدوائر المكافئة للحالات السبع الاخرى وبتطبيق نظرية ملمان ستنتج الفولتيات المبينة في الشكل (11.3) (انظر المسألة 11.3) .



شكل (11.5)

مثال 11.2 :

في شبكة تجزئة مقاومية ذات 4 اطراف للادخال اوجد مايأتي ، علما بان (0 = 0V) و (1 = + 10V) :

أ أقصى فولتية للاخراج .

ب. التغيرالحاصل في فولتية الاخراج نتيجة للرقم ذي المرتبة الادنى .

جـ. فولتية الاخراج النظيري عندما يكون الادخال الرقمي 1011 .

الحل :

أ تكون فولتية الاخراج في اقصاهاعندما تكون اطراف الادخال كلها في حالة 1 (أي + 10V) . واذا كانت فولتية جميع اطراف الادخال تساوي (+ 10V) فان فولتية الاخراج تكون (+ 10V) ايضا (وذلك باهمال تأثير المقاومة RL).

ب بالنسبة لعدد ذي 4 ارقام ، هنالك (16) احتمالاً . وبين هذه الاحتمالات الستة عشر يوجد 15 تدريجا وبذلك يكافيء الرقم ذو المرتبة الادنى (1/15) من التدريج الكلي ويكون التغير الحاصل في فولتية الاخراج هو :

$$+ 10 \times \frac{1}{15} = + 2/3 \text{ V}$$

حـ. باستعمال نظرية ملمان تكون فولتية الاخراج (عندما يكون الادخال 1011) كالآتي

$$V_A = \frac{10/R_0 + 10(R_0/2) + 0(R_0/4) + 10(R_0/8)}{1/R_0 + 1(R_0/2) + 1(R_0/4) + 1/(R_0/8)}$$

$$= \frac{110}{15} = 22/3$$

$$= 7\frac{1}{3} \text{ V}$$

اختصاراً لما تقدم ، يمكن بناء تجزئة مقاومية تستطيع تغيير الفولتية الرقمية الى فولتية نظيرية مكافئة وذلك بتطبيق المقاييس الآتية على الدائرة :

1. يجب ان تكون هناك مقاومة واحدة لكل رقم ثنائي .
2. ابتداءً من مقاومة الرقم ذي المرتبة الادنى ، تكون كل مقاومة تالية نصف المقاومة التي تسبقها .
3. تكون فولتية التدرج الكامل للاخراج مساوية للفولتية التي تمثل الرقم 1 في الادخال (سواء كان المنطق موجباً ام سالباً) .

4. يكون وزن الرقم ذي المرتبة الادنى مساوياً لمقدار ($1/(2^n - 1)$) حيث n هو عدد اطراف الادخال .

5. التغير الحاصل في فولتية الاخراج نتيجة تغير الرقم ذي المرتبة الادنى هو ($V/(2^n - 1)$) حيث V تمثل فولتية الادخال الرقمي .

6. يمكن ايجاد فولتية الاخراج V_A لاية اشارة ادخال رقمية باستعمال المعادلة الآتية المحورة من نظرية ملمان :

$$V_A = \frac{V_0 2^0 + V_1 2^1 + V_2 2^2 + \ldots V_{n-1} 2^{n-1}}{2^n - 1} \quad \ldots (1)$$

حيث تمثل V_0 و V_1 و V_2 ... مستويات فولتية الادخال الرقمي (صفر او V فولت)

ويمثل n عدد ارقام الادخال .

مثال 11.3 :

في شبكة تجزئة مقاومية ذات 15 اطراف ، اوجد مايأتي :

أ. وزن الرقم ذي المرتبة الادنى .

ب. وزن الرقم الثاني والثالث (بعد المرتبة الادنى) .

جـ. التغير في فولتية الاخراج نتيجه تغير رقم المرتبة الادنى ، وتغير الرقم الثاني ، والثالث .

د. فولتية الاخراج عندما يكون الادخال 10101 . افرض ان (0 = 0V) و(1 = 10V)

الحـل :

أ. وزن الرقم ذي المرتبة الادنى هو ($\frac{1}{31} = \frac{1}{2^5 - 1}$)

ب. وزن الرقم الثاني يكون $\frac{2}{31}$ ، والثالث هو $\frac{4}{31}$

جـ. يعطي الرقم ذو المرتبة الادنى تغيراً قدره ($\frac{10}{31}$ V) والرقم الثاني (20/31 V) والرقم الثالث (40/31 V)

د. عندما يكون الادخال 10101 ، تكون فولتية الاخراج :

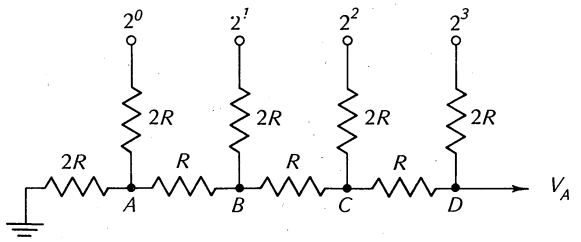
$$V_A = \frac{10 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 10 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 10 \times 2^4}{2^5 - 1}$$

$$= \frac{10(1 + 4 + 16)}{32 - 1} = \frac{210}{31} = + 6.77V.$$

ولدائرة التجزئة الرقمية عائقان غير يسيرين ، اولهما الاختلاف الواضح في قيم المقاومات المستعملة ، ولأن هذه المقاومات يجب ان تكون من النوع المضبوط فان التكاليف الزائدة لتصميم هذه الدائرة تجعلها دائرة غير جذابة ! إضف الى ذلك كون المقاومة المستعملة للرقم ذي المرتبة الاعلى يجب ان تتحمل تياراً يزيد كثيراً عن التيار الذي تتحمله مقاومة الرقم ذي المرتبة الادنى . وكمثال على ذلك ، في منظومة ذات 10 أرقام يكون التيار الساري خلال مقاومة الرقم ذي المرتبة الاعلى (500) مرة اكبر من تيار مقاومة الرقم الادنى تقريبا (لاحظ المسالة 11.5) . لهذين السببين طُورت شبكة مقاومية اخرى اطلق عليها اسم « سلّم » .

11.2 السلّـم الثنائـي :

ان السلم الثنائي هو عبارة عن شبكة مقاومية قد وزنت فولتية اخراجها بحيث تتناسب مع مجموع الادخال الرقمي . ويبين الشكل (11.6) قسماً صُمم لمحول ذي 4 ارقام . ويلاحظ ان هناك قيمتين فقط للمقاومات وبهذا نكون قد تغلبنا على مشكلة القيم المتفاوتة التي واجهناها في النوع السابق . وتكون قيمة المقاومة المربوطة في النهاية اليسرى مساوية لـ (2R) وسنفرض في الوقت الحاضر بأن النهاية اليمنى (الاخراج) ذات دائرة مفتوحة (اي لايوجد حمل) .



شكل (11.6) : سلّم ثنائي

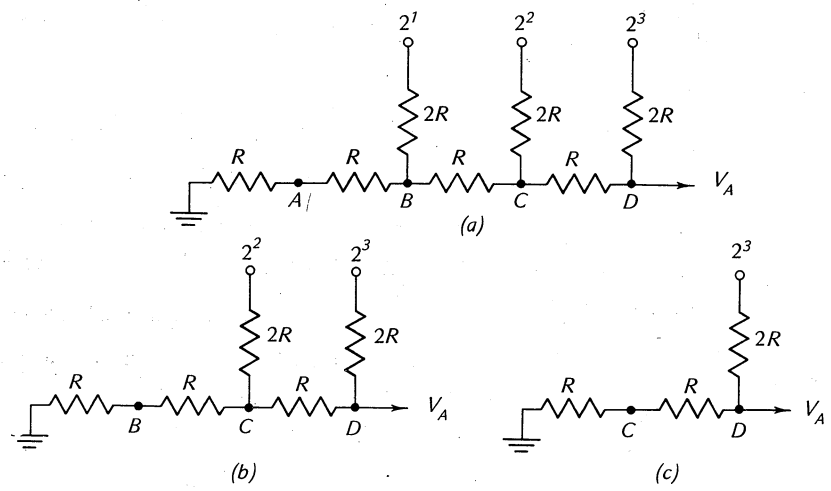
لنفحص الآن خواص هذه الشبكة وذلك عندما تكون اطراف الادخال مؤرضة في النقطة A نلاحظ مقاومة(2R)باتجاه اليسار ومقاومة (2R) باتجاه الرقم 2^0 وبذلك تكون المحصلة في تلك النقطة مساوية لـ (R) ويوضح الشكل (11.7 a) ذلك .

والآن لو تحركنا نحو النقطة B للاحظنا ايضا وجود 2R نحو النقطة A و 2R نحو الادخال 2^1 لذلك يمكن تبسيط هذه الدائرة الى تلك التي في الشكل(11.7 b) .

من هذا الشكل يظهر أن مقاومة النقطة C باتجاه النقطة B لاتزال 2R وكذلك باتجاه الادخال 2^2 وبذلك يمكن تبسيط الشكل(11.7 b)الى الشكل (11.7 c) .

من هذه الدائرة المكافئة نلاحظ ان نقطة الاخراج D ترى مقاومة قيمتها 2R باتجاه النقطة C و 2R باتجاه الطرف 2^3 .

مما سبق نستنتج بان المقاومة الكلية التي تراها اية نقطة باتجاه الخلف او باتجاه طرف الادخال تساوي 2R . ومما تجدر ملاحظته بان ذلك ينطبق ايضا فيما لو كانت أطراف الادخال مؤرضة او مربوطة بـ (V +) فولت طالما اعتبرنا المصادر التي تولد فولتية الارقام مثالية (اي ذات ممانعة داخلية تساوي صفراً)

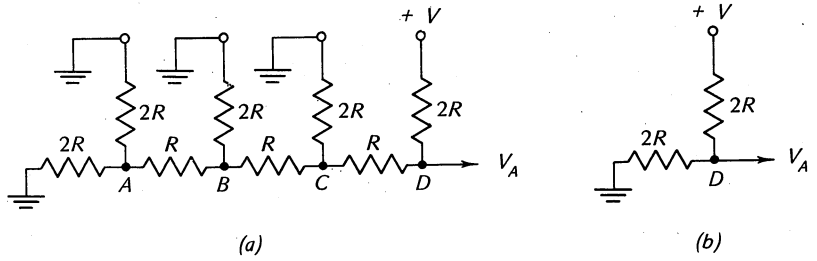


شكل (11.7)

نستطيع استعمال الخواص المقاومية للسلّم في ايجاد فولتيات الاخراج بالنسبة لادخالات رقمية متنوعة . اولاً ، أفرض ان الادخال الرقمي هو 1000 . في مثل هذا الادخال تكون دائرة السلم كما هي في الشكل (11.8 a) ، ولعدم وجود أي مصدر للفولتية في الجهة اليسرى من النقطة D فانه يمكن التعويض عن تلك الجهة كلها بمقاومة 2R وكما هو مبين في الشكل (11.8 b) . ومن هذا الشكل تكون فولتية الاخراج :

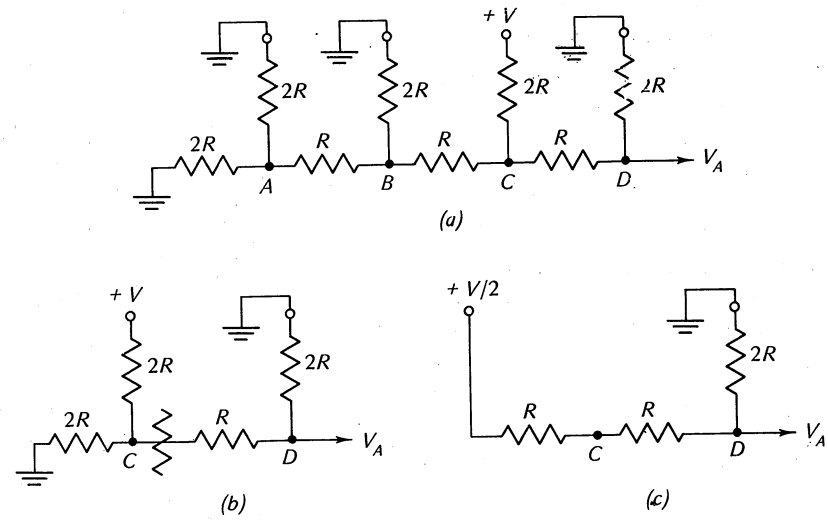
$$V_A = +V \frac{2R}{2R + 2R} = \frac{V}{2}$$

اي ان "1" في المرتبة الاعلى (MSB) سينتج $\frac{V}{2}$ في الاخراج .



شكل (11.8) : (a) سلّم ثنائي للادخال الرقمي 1000 . (b) دائرة مكافئة للادخال الرقمي 1000 .

لتعيين فولتية الاخراج بالنسبة للمرتبة التي تلي المرتبة الاعلى ، أفرض ان الادخال الرقمي هو 0100 ، ويوضح ذلك الشكل (11.9 a) . هنا يمكن التعويض عن الجهة اليسرى للنقطة C بالمقاومة 2R وذلك لخلو تلك الجهة من مصدر الفولتية ويبين الشكل (11.9 b) الدائرة المكافئة بعد هذا التعويض . والآن لو عوضنا عن الجهة اليسرى للنقطة C بما يكافئها حسب نظرية ثيفينن Thevenin لنتج الشكل (11.9 c) حيث ان مقاومة ثيفيننن المكافئة هي R ومصدر الفولتية (V/2) .



شكل (11.9) : (a) سلّم ثنائي للادخال الرقمي 0100 (b) دائرة ثنائية مختصرة جزئياً
(c) دائرة مكافئة نهائية باستعمال نظرية ثيفينن .

من هذه الدائرة المكافئة نجد ان فولتية الاخراج تكون :

$$V_A = \frac{V}{2} \quad \frac{2R}{R + R + 2R} = \frac{V}{4}$$

وهكذا فان المرتبة الاعلى الثانية تنتج اخراجاً قدره $\frac{V}{4}$.

وبالطريقة نفسها يمكن اثبات ان المرتبة الثالثة تنتج اخراجاً قدره $\frac{V}{8}$ والمرتبة الرابعة تنتج (V/16) ... الخ (لاحظ الشكل 11.10) .

موقع الرقم الثنائي	الوزن الثنائي	فولتية الاخراج
MSB	1/2	V/2
2nd MSB	1/4	V/4
3rd MSB	1/8	V/8
4th MSB	1/16	V/16
5th MSB	1/32	V/32
6th MSB	1/64	V/64
7th MSB	1/128	V/128
.	.	.
.	.	.
.	.	.
Nth MSB	$1/2^N$	$V/2^N$

شكل 11.10 : فولتيات اخراج السلم الثنائي

مثال 11.4 :

ماهي فولتيات الاخراج التي يولدها كل رقم ثنائي في سلم ذي 5 أرقام علما بأن منسوب الصفر هو (0V) ومنسوب الواحد هو (+ 10V) ؟

الحـل :

يمكن حساب هذه الفولتيات بسهولة وذلك باستعمال الجدول المبين في الشكل (11.10) .

المرتبة الأعلى الاولى MSB :

$$V_A = \frac{V}{2} = \frac{10}{2} = 5V$$

المرتبـة الأعـلى الثانيـة :

$$V_A = \frac{V}{4} = \frac{10}{4} = 2.5V$$

المرتبـــة الثالثة :

$$V_A = \frac{V}{8} = \frac{10}{8} = 1.25V$$

المرتبـة الرابعـة :

$$V_A = \frac{V}{16} = \frac{10}{16} = 0.625V$$

المرتبة الخامسة (الأدنـى LSB) :

$$V_A = \frac{V}{32} = \frac{10}{32} = 0.3125\,V$$

وبما ان السلم يتكون من مقاومات خطية لذلك فانه بالامكان استعمال نظرية التراكب Superposition . وهذا يعني ان فولتية الاخراج الناتجة من مجموعة من ارقام الادخال هي عبارة عن مجموع الفولتيات الناتجة من كل رقم على انفراد :

$$V_A = \frac{V}{2} + \frac{V}{4} + \frac{V}{8} + \frac{V}{16} + \ldots + \frac{V}{2^n} \quad \ldots (11.2)$$

حيث n يمثل العدد الكلي لارقام الادخال .
ويمكن كتابة هذه المعادلة بالشكل الآتي :

$$V_A = \frac{V_0 2^0 + V_1 2^1 + V_2 2^2 + V_3 2^3 + \ldots V_{n-1} 2^{n-1}}{2^n} \quad \ldots (11.3)$$

حيث V_{n-1}, V_2, V_1, V_0 تمثل قيم فولتيات الادخال الرقمية.
يمكن استعمال المعادلة (11.3) لايجاد فولتية الاخراج بالنسبة لاي ادخال رقمـي .

مثال 11.5 :
أوجد فولتية الاخراج الناتجة من سلم ذي 5 ارقام ثنائية عندما يكون الادخال الرقمي 11010 افرض ان (0 = 0V) و (1 = 10V)

الحل :
من المعادلة (11 . 3) :

$$V_A = \frac{0 \times 2^0 + 10 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 10 \times 2^3 + 10 \times 2^4}{2^5}$$

$$= \frac{10(2 + 8 + 16)}{32} = \frac{10 \times 26}{32} = 8.125\,V$$

يمكن التأكد من صحة الحل باضافة الفولتيات الناتجة من كل رقم وكما تم ذلك في المثال (11.4) .

ومن الجدير بالملاحظة ان المعادلة (11.3) تشبه الى حد كبير المعادلة (11.1) التي اشتقت لشبكة التجزئة المقاومية . ويلاحظ ان لهاتين المعادلتين مقامين مختلفين. وقد يبدو الاختلاف بسيطاً الا انه سيجعل فولتية الاخراج القصوى في شبكة التجزئة المقاومية تصل القيمة التي تمثل المنطق 1 بينما لو لاحظنا المعادلة (11.2) لرأينا ان القيمة القصوى لفولتية الاخراج في شبكة السلم تكون :

$$V_A = V(1/2 + 1/4 + 1/8 + 1(16 + ... + 1\,2^n)$$

ويقترب مجموع المتوالية الهندسية داخل القوس من 1 كلما زاد عدد حدود القوس الا أنه لايكون واحداً بالضبط أبداً .

مثال 11 . 6 :

ماهي القيمة القصوى لفولتية الاخرج في السلّم لمذكور في المثال (11 . 4) ؟

الحل :

القيمة القصوى هي عبارة عن مجوع الفولتيات التي تولدها رقام لادخال الخمسة :

$$V_A = 5 + 2.5 + 1.25 + 0.625 + 0.3125 = 9.6875\,V$$

وللحفاظ على الموازنة التامة في دائرة السلم يجب تحميل اخراج السلم المقاومة قدرها (2R)

وهذه العملية ستؤدي الى تقليل فولتية الاخراج لكنها تبقي هذه الفولتية موزونة حسب الادخال الرقمي مابقيت مقاومة الحمل (2R) ثابتة .

واذا ماتغيرت مقاومة الحمل فان فولتية الاخراج لن تكون موزونة بصورة صحيحة لذلك يجب الاعتناء عند اختيار مقاومة الحمل .

ان ربط مقاومة حمل قيمتها (2R) ستضمن أيضا ثبات مقاومة الادخال التي يراها كل مصدر للفولتية الرقمية . ففي مثل هذه الحالة تكون المقاومة نحو أي تفرع ومن أي نقطة

مساوية لـ (2R) وبذلك تكون المقاومة عند أي طرف ادخال رقمي مساوية لـ 3R . وبالطبع تعتبر هذه الميزة من الفوائد التي لم تتميز بها شبكة التجزئة المقاومية ، فهنا تصميم الدائرة الرقمية على مقاومة حمل ثابتة .

مثال (11 . 7) :

افرض ان قيمة R ، في شبكة المثال (11 . 4) هي 1000 اوم . اوجد التيار الذي يجب أن يجهزه كل مصدر للفولتية الرقمية . كذلك اوجد القيمة القصوى لفولتية الاخراج عندما يكون السلم محملاً بمقاومة قدرها 2000 اوم .

الحل :

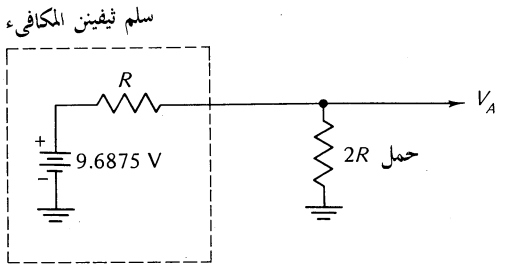
مقاومة الادخال التي يراها كل مصدر للفولتية الرقمية تساوي (3R) وبالنسبة لمنسوب فولتية يساوي (+ 10V) يكون التيار :

$$I = \frac{10}{3 \times 10^3} = 3\ 1/3\ mA$$

(من الجدير بالذكر انه بدون مقاومة الحمل (2R) فان مقاومة الادخال الحقيقية للطرف MSB هي (4R)).

اما فولتية الاخراج فقد سبق ايجادها في المثال (11.6) وذلك عند انعدام الحمل . وباستعمال هذه الفولتية مع مقاومة الاخراج يمكن تشكيل دائرة ثيفينن المكافئة . اما مقاومة الاخراج فهي بكل وضوح ($R = 1000\ \Omega$) . ومن دائرة ثيفينن المكافئة (شكل 11.11) نجد أن :

$$V_A = +9.6875 \quad \frac{2R}{2R + R} = +6.4583\ V$$

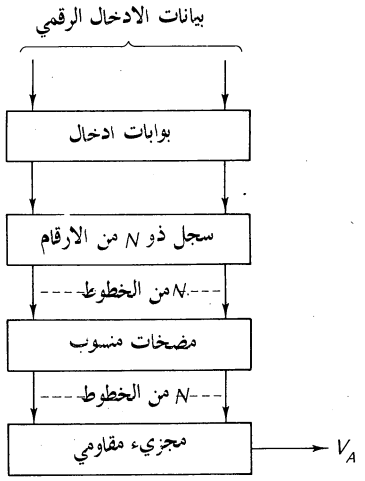


شكل (11.11) : المثال (11.7)

11.3 محوّل D/A :

تستعمل شبكة التجزئة المقاومية او السلم كأساس لمحولات الرقمي الى التناظري D/A Converters ، حيث في شبكة المقاومات تتم عملية التحويل من اشارة رقمية الى فولتية تناظرية . وبالحقيقة . لاحاجة الى دوائر اضافية لأكمال تصميم هذه المحولات

وكجزء متمم في محول D/A يجب ان يتوفر ايضا السجل الذي بواسطته يمكن خزن المعلومات الرقمية . ويمكن ان يكون هذا السجل اي نوع من الانواع التي سبق شرحها في الفصل السابق . ولعل أبسطها تلك التي تستعمل مراجيح RS وبمعدل مرجاح لكل رقم ثنائي . يجب ان يكون ايضاً دائرة مضخم السجل وشبكة المقاومات لتضمن ثبات منسوب الاشارات الرقمية المسلطة على الشبكة . وأخيراً . يجب ان تتوفر بعض البوابات في ادخال السجل والتي عن طريقها يمكن وضع المراجيح بالحالة المرغوبة وحسبما ترتئيه المنظومة الرقمية . ويبين الشكل (11.12) وحدات محلول D/A كامل .



شكل (11.12) : محول رقمي / نظيري .

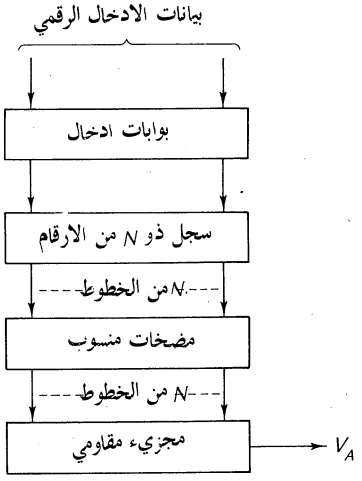
وبتفصيل اكثريبين الشكل (11.13) مخططاً محول D/A ذي 4 أرقام ثنائية . ويلاحظ في هذا الشكل أن شبكة المقاومات المستعملة مربوطة بالنوع السلّمي .

كما يلاحظ في مضخات المنسوب ان هنالك طرفين للادخال في كل مضخم : أحدهما ربط بمصدر فولتية مضبوطة Precision Voltage Source قيمتها 10 فولت . أما الطرف الآخر للادخال فيستلم الاشارة من المرجاح . وتعمل هذه المضخات كالآتي :

11.3 محوّل D/A :

تستعمل شبكة التجزئة المقاومية او السلم كأساس لمحولات الرقمي الى التناظري D/A Converters ، حيث في شبكة المقاومات تتم عملية التحويل من اشارة رقمية الى فولتية تناظرية . وبالحقيقة . لاحاجة الى دوائر اضافية لأكمال تصميم هذه المحولات

وكجزء متمم في محول D/A يجب ان يتوفر ايضا السجل الذي بواسطته يمكن خزن المعلومات الرقمية . ويمكن ان يكون هذا السجل اي نوع من الانواع التي سبق شرحها في الفصل السابق . ولعل أبسطها تلك التي تستعمل مراجيح RS وبمعدل مرجاح لكل رقم ثنائي . يجب ان يكون ايضاً دائرة مضخم السجل وشبكة المقاومات لتضمن ثبات منسوب الاشارات الرقمية المسلطة على الشبكة . وأخيراً . يجب ان تتوفر بعض البوابات في ادخال السجل والتي عن طريقها يمكن وضع المراجيح بالحالة المرغوبة وحسبما ترتئيه المنظومة الرقمية . ويبين الشكل (11.12) وحدات محلول D/A كامل .



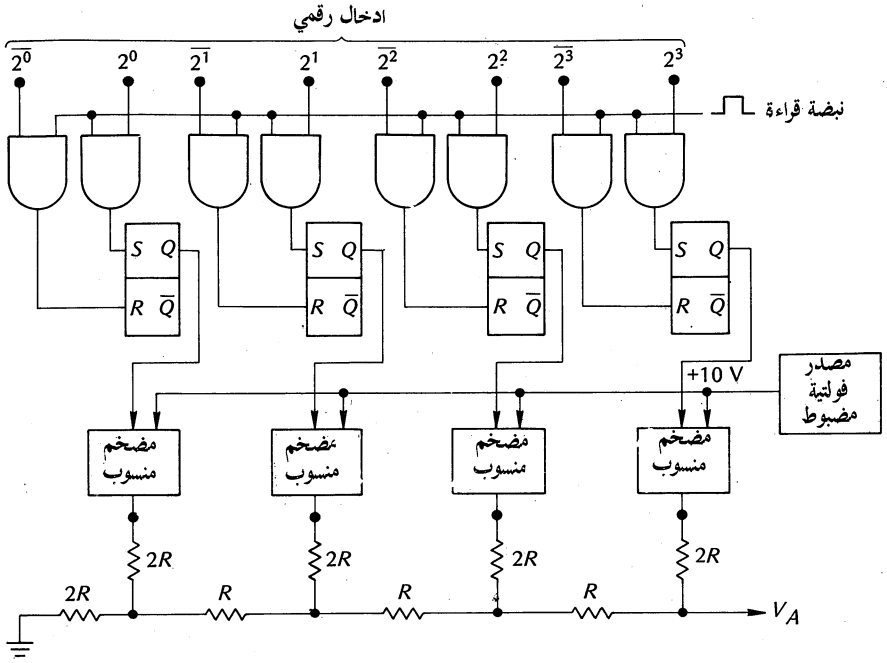
شكل (11.12) : محول رقمي / نظيري .

وبتفصيل اكثريبين الشكل (11.13) مخططاً محول D/A ذي 4 أرقام ثنائية . ويلاحظ في هذا الشكل أن شبكة المقاومات المستعملة مربوطة بالنوع السلّمي .

كما يلاحظ في مضخات المنسوب ان هنالك طرفين للادخال في كل مضخم : أحدهما ربط بمصدر فولتية مضبوطة Precision Voltage Source قيمتها 10 فولت . أما الطرف الآخر للادخال فيستلم الاشارة من المرجاح . وتعمل هذه المضخات كالآتي :

عندما يكون طرف ادخالها من المرجاح واحداً يكون اخراجها (10V +) وعندما يكون ادخالها صفراً يكون اخراجها (0V) .

وتقوم المراجيح الاربعة بخزن الارقام حيث يقوم المرجاح في اليمين بخزن الرقم ذي المرتبة الاعلى MSB بينما يقوم المرجاح الايسر بخزن الرقم ذي المرتبة الادنى LSB . وكل مرجاح هنا هو من نوع RS البسيط حيث يحتاج R او S الى منسوب موجب لتصفير المرجاح او وضعه في حالة الواحد . أما دوائر البوابات المستعملة لادخال المعلومات الى السجل فقد سبق شرحها في الفصل السابق . ومما يجدر تذكره ان بهذه الطريقة لاتحتاج المراجيح أن تتصفر أو توضع في حالة الواحد مع كل تغيير في معلومات الأدخال مالم يكن الطرف المشترك لأدخالات البوابات واحداً . وهكذا يمكن أدخال المعلومات مع كل نبضة من نبضات القراءة .)



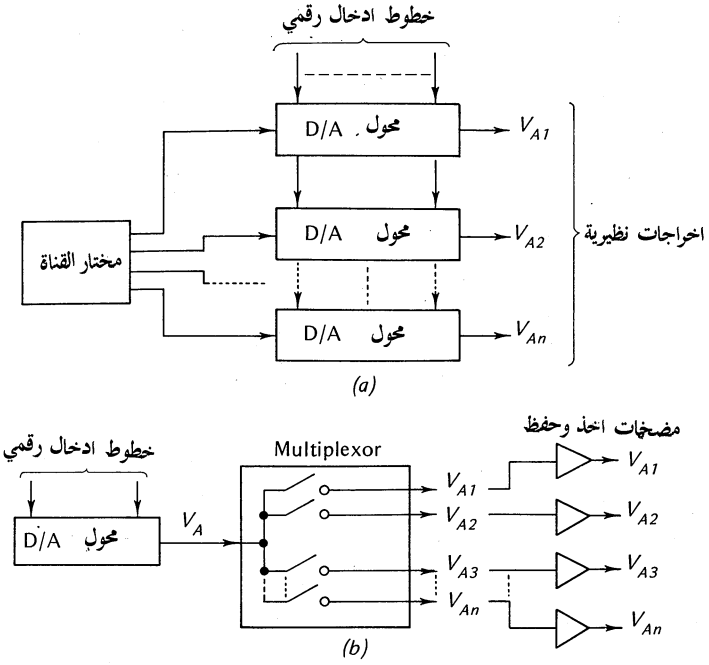
شكل (11.13) : محول رقمي / نظيري ذو أربعة ارقام

وغالباً ما تستوجب الضرورة حل رموز أكثر من اشارة واحدة . كمثال على ذلك الاحداثات السينية والصادية للوحة رسم . ففي هذه الحالة هنالك طريقتان لحل الاشارات .

الطريقة الأولى هي الأوضح وتتم باستعمال محول D/A واحد لكل اشارة . لهذه الطريقة المبينة في الشكل (11.14a) فائدتها حيث أن كل اشارة تكون محفوظة في سجلها الخاص وبذلك تكون فولتية الاخراج التناظرية مثبتة . أما خطوط الادخال الرقمية فتكون موصلة على التوازي مع كل محول حيث يُختار المحول المناسب بواسطة خطوط الاختيار .

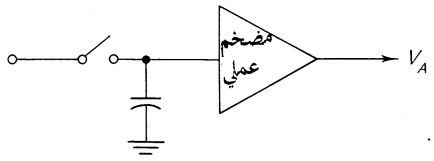
أما الطريقة الثانية فتستعمل محولاً واحداً حيث يستعمل طرف الاخراج نفسه في توليد جميع الاشارات وذلك بقلبها من اشارة الى أخرى وتسمى مثل هذه العملية بالعملية المتقابلة multiplexing ويبين الشكل (11.14b) توضيحاً لذلك . أما مشكلة هذه الطريقة فهي في كيفية الاحتفاظ باشارة الاخراج التناظرية بين الفترات التي يؤخذ فيها عينات من الاشارة ، لذا فان مثل هذه الطريقة تتطلب ربط مضخمات خاصة من اخراج المحول وتسمى بمضخمات أخذ العيّنات وحفظها Sample – and – hold amplifiers .

ويمكن تقريب مضخم أخذ وحفظ العينات بمتسعة ومضخم ذي كسب عال (مضخم عملي aperational amplifier) وكما هو مبين في الشكل (11.15) . فعند غلق المفتاح تنشحن المتسعة حتى تصل فولتية اخراج المحول D/A . وعند فتح المفتاح ، تحتفظ المتسعة بمنسوب الفولتية الى زمن أخذ العيّنة الأخرى . وقد استعمل هنا المضخم العملي الذي يتميز



شكل (11.14) : حل رموز بعض الاشارات (a) طريقة قناة – الاختيار (b) طريقة التعدد .

بممانعة ادخال عالية وبذلك لن تستطيع المتسعة تفريغ شحنتها ، أضف الى ذلك الكسب الكبير الذي يجهزه مثل هذا المضخم .



شكل (11.15) : مضخم اخذ العينات وحفظها .

عند استعمال محول D/A جنباً الى جنب مع جهاز تقابل multiplexer فانه يجب أخذ سرعة التحويل القصوى بنظر الاعتبار . فمع كل ازاحة للمعلومات في السجل تظهر اشارات زائلة transients في اخراج المحول سببها اختلاف ازمنة الصعود والهبوط في المراجيح المستعملة . وهكذا يجب السماح الى زمن معين (يسمى بزمن الاستقرار settling time) يتخلل زمن ازاحة المعلومات في السجل وزمن قراءة فولتية الأخراج التناظرية . ويعتبر زمن الاستقرار العامل الرئيس في تحديد أقصى سرعة لمقابلة الأخراج .
ويكون هذا الزمن في أسوأ حالته عندما تتغير جميع الأرقام الثنائية مرة واحدة(مثلاً ، من 0111 الى 1000) .

ومن الطبيعي فان المتسعات لا تستطيع الاحتفاظ بالفولتية لمدة غير محدودة ولذلك يجب أن تكون سرعة اخذ العينات كافيه بحيث لا تسمح لنقصان الفولتية بصورة ملحوظة . وتحدد هذه السرعة بالمتسعات المستعملة وبتردد الاشارة التناظرية المتوقعة في اخراج المحول .

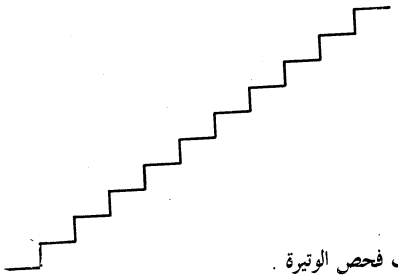
ثمة فحصان بسيطان لكنهما مهمان يمكن اجراؤهما لمعرفة صلاحية محول D/A وهما فحص الدقة في حالة الاستقرار Steady – state – accuracy وفحص الوتيرية (أي الجريان على وتيرة واحدة) monotouicity .

ويتم فحص الدقة بتسليط عدد رقمي معين في الادخال وقياس الأخراج التناظري بمقياس دقيق ومقارنته مع القيمة المتوقعة نظرياً .

أما فحص الوتيرية فيعني التأكد من أن فولتية الاخراج تزداد بانتظام مع زيادة عدد الادخال . ويتم ذلك بتسليط العدد الرقمي من معداد وملاحظة الاخراج التناظري على جهاز رسم الذبذبات Oscilliscope .

فاذا كان تغير الاخراج يسري على وتيرة واحدة فان الموجة الظاهرة تكون موجة تدرجية Staircase كاملة ، أي أن التدرجات تكون ذات ارتفاع واحد والمسافة بينهما متساوية وكما هي مبينة في الشكل (11.16) . فاذا فقد تدرج أو أكثر ، أو اختلف ارتفاع التدرجات ، أو ظهرت تدرجات متجهة نحو الأسفل فان ذلك يدل على وجود عطب ما .

ان فحص الوتيرية لا يدل على دقة المنظومة ، ولكن لو نجحت المنظومة بهذا الفحص فان الخطأ في المحول سوف لا يتعدى ($\pm$ LSB) ودقة المحول سيكون موضوع القسم القادم .



شكل (11.16) : فولتية الاخراج الصحيحة لموجات فحص الوتيرة .

مثـال 11.8 :

افرض أنه لدى اجراء فحص الوتيرية على محول الشكل (11.13) ذي الأرقام الأربعة حصلنا على الشكل الموجي المبين في الشكل (11.17) .

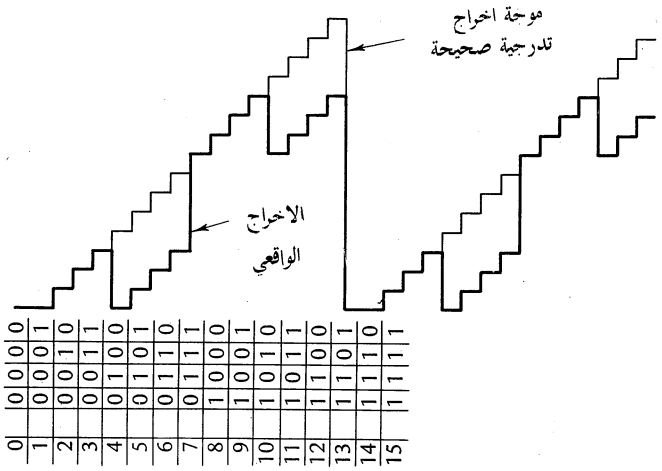
ماهي احتمالات العطب في هذا المحول ؟

الحـل :

يظهر واضحاً وجود عطب في الشكل المذكور حيث أن موجة الاخراج لا تزداد باستمرار كما يجب . وتظهر تحت الشكل الموجي أرقام الأدخال حيث يلاحظ أن المحول يعمل بصورة صحيحة حتى العد 3 أما في العد 4 فبدلاً من أن ترتفع الموجة 4 وحدات نراها قد هبطت الى الصفر . بعد ذلك يبقى ارتفاع الموجة 4 وحدات تحت المنسوب الصحيح والى أن يصل العد الى 8 .

ثم بين 8 و 11 يكون المنسوب صحيحاً ولكنه يعود الى الخطأ وبالمقدار نفسه في بقية حالات العد .

هنا لو فحصنا الشكل الموجي بدقة للاحظنا ان الاخراج يقل باربع وحدات عن المنسوب الاعتيادي في كل وقت ويكون الرقم الثنائي للوزن 2^2 واحداً . ان مثل هذا يدل على ان الخطأ محصور في دائرة الرقم 2^2 . وسبب ذلك اما لعطب في مضخم منسوب ذلك الرقم ، او لأن مرجاح ذلك الرقم لا يكون واحداً ، او ان عطلاً ما في بوابة (و) لذلك الرقم .



شكل (11.17) : فولتية اخراج غير مقبولة للمثال (11.8)

11.4 دقة واحكام المحول D/A :

هنالك تعريفان مهمان في محولات (D/A) وهما درجة احكام resolution ودقة accuracy التحويل حيث بينهما تمييز معين يجدر فهمه .

ان احكام المحول D/A يعتمد بصورة خاصة على احكام قيم المقاومات المستعملة في السلم وكذلك على احكام فولتية المرجع ، وهكذا يكون الاحكام عبارة عن مقياس مدى قرب فولتية الاخراج عن الفولتية المتوقعة نظرياً .

كمثال على ذلك ، افرض ان الفولتية الناتجة نظرياً من ادخال معين هي (+ 10V) فاذا كانت درجة احكام المحول تساوي (± 10)بالمئة فان الفولتية الحقيقية في الاخراج ستقع بين (+ 9V) و (+ 11V) . وهكذا ، لوكانت فولتية الاخراج الحقيقية تقع بين (+ 9.9 V) و (+ 10.1) فولت فان ذلك يعني احكاماً قدره (+1) بالمئة .

اما الدقة فتعني هنا اقل زيادة في الفولتية يمكن تمييزها . وتعتمد الدقة بصورة رئيسية على عدد ارقام الادخال الثنائية . او بتعبير آخر ، تُحدّد اقل زيادة بفولتية الاخراج بالرقم الثنائي ذي المرتبه الادنى LSB .

فلوكانت المنظومة سلمية ذات 4 ارقام ثنائية فان وزن المرتبة LSB هو(1/16) وهذا يعني ان اقل زيادة في فولتية الاخراج هي $\frac{1}{16}$ فولتية الادخال . ولتسهيل الحساب دعنا نفرض ان منسوب فولتية الادخال هو(+ 16V)وبما ان وزن LSB هو $\frac{1}{16}$

فان تغيراً في LSB ينتج تغيراً قدره (1V) في فولتية الاخراج . وبذلك تكون فولتية الاخراج لهذا المحول ذات موجة تدريجية كالمبينة في الشكل (11.16) وتتراوح بين (0V) حتى (+ 15V) وبتدريج فولت واحد لكل درجة . ويمكن استعمال هذا المحول لتمثيل فولتية تناظرية بين (0 V) الى (+ 15V) ، لكنه لايستطيع تمثيل زيادات تقل عن فولت واحد . فاذا اردنا ان نُصدر (+ 4.2V) باستعمال هذا المحول فان ما سنحصل عليه عملياً هو (+ 4V) . وهكذا ، لو اردنا (+ 7.8V) فان الفولتية الحقيقية تكون (+ 8V) . أي ان دقة هذا المحول هي فولت واحد وبذلك لايمكن تمييز أي فولتية تقل عن دقة هذا المحول .

فاذا اردنا تحسين الدقة ، علينا ان نستعمل محولاً ذا ارقام ادخال اكثر . كمثال على ذلك . يكون وزن الرقم LSB في محول ذي (10) ارقام ثنائية (1/1024) ، أي ان اقل زيادة في فولتية الاخراج تساوي حوالي $\frac{1}{1000}$ من اعلى قيمة لفولتية الاخراج فلوكانت قيمة الفولتية القصوى للاخراج هي (+ 10V) فان دقة هذا المحول تكون :

$$(+10V) \times \frac{1}{1000}$$

أي (10mV) تقريباً .

مثال 11 . 9 :

ماهي دقة محول D/A ذي 9 ارقام للادخال الذي يستعمل شبكة سلّمية ؟ ماهي الدقة مُعرفةً كنسبة مئوية ؟ واذا كانت قيمة الفولتية القصوى للاخراج هي (+ 5V) فما هي الدقة مقاسة بالفولت ؟

الحل :

للرقم LSB وزن قدره $\frac{1}{512}$. وبذلك تكون دقة المحول جزءً واحداً من 512 اما كنسبة مئوية :

$$\frac{1}{512} \times 100 \simeq 0.2\%$$

والدقة مقاسة بالفولت تكون :

$$\frac{1}{512} \times 5 \simeq 10mV$$

مثال 11 . 10 :

كم رقماً نحتاج في ادخال محول كي نحصل على دقة (5m V) وذلك عندما تكون فولتية الاخراج القصوى (+ 10V) ؟

الحـــل :

في منظومة ذات 11 رقماً ثنائياً تكون الدقة $\frac{1}{2048}$. ومثل هذه الدقة تستطيع اصدار (5mV) :

$$\frac{1}{2048} \times (+10) \simeq +5\text{mV}$$

ومن الجدير بالذكر بأن الدقة والأحكام يجب أن يكونا متناسقين .
فمثلاً في المنظومة ذات الأربع أرقام التي سبق شرحها ، كانت الدقة تساوي فولتاً واحداً ، فليس من المعقول تصميم مثل هذه المنظومة بحيث تكون درجة الاحكام فيها ٪ 0·1 . حيث أن هذا يعني كون المنظومة مُحكمة لغاية (± 16mV) بينما لا يستطيع المحول تمييز أقل من فولت واحد .

وهكذا ، فان دقة المحول ذي الـ 11 رقماً الذي سبق ذكره في المثال (11.10) ستضيع هباءً وذلك لوكان الاحكام مجرد (٪1∓) اذ أن ذلك يعني بأن المحول محكم لغاية (∓100mV) بينما يستطيع هذا المحول تمييز (5mV) .

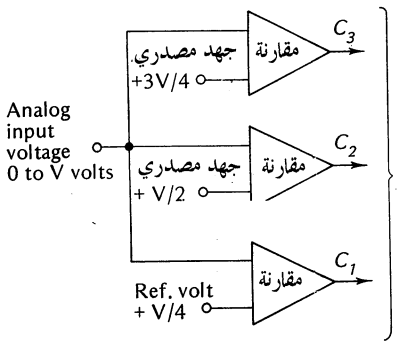
11.5 محول (A / D) – التحويل الآني :

تدعى عملية تحويل فولتية تناظرية الى اشارة رقمية مكافئة بالتحويل من التناظري الى الرقمي (A / D) . وتكون هذه العملية عادة أكثر تعقيداً من تحويل (D / A) ، وهنالك العديد من الطرائق المستعملة لعل ابسطها طريقة التحويل الآني :

تعتمد طريقة التحويل الآني على استعمال عدد من دوائر المقارنة . ويبين الشكل (11.18) منظومة ذات 3 دوائر مقارنة . هنا تسلط الاشارة التناظرية التي نريد تحويلها الى أرقام على أحد طرفي الادخال في جميع دوائر المقارنة . والطرف الثاني لدوائر المقارنة يربط بفولتيات المرجع ، والقيم التي استعملت هنا هي (+ V/4)، (+ V/2) و(+ 3V/4) . وبذلك تقبل هذه المنظومة ادخالاً تناظرياً بين الصفر و (+ V) فولت .

واذا ما زادت اشارة الادخال التناظرية في أي من دوائر المقارنة عن فولتية مرجع تلك الدائرة ، فان دائرة المقارنة تلك تكون في حالة توصيل (ولنفترض ان ذلك يؤدي الى جعل اخراج الدائرة في حالة 1) . فاذا كانت جميع دوائر المقارنة في حالة 0 فان ذلك يعني كون اشارة الادخال التناظرية تقع بين (0) و (+ V/4) فولت .
واذا كانت دائرة المقارنة C_1 في حالة 1 ، وC_2 وC_3 صفراً ، فهذا يعني بأن الادخال يقع بين (+ V/4) و (+ V/2) فولت . واذا كانت C_1 وC_2 واحداً و C_3 صفراً فان الأدخال يجب أن يكون بين (+ V/2) و (+ 3V/4) فولت . وأخيراً ، لو أصبحت جميع دوائر

المقاومة واحداً فان اشارة الادخال تقع بين (3V/4 +) و(V +) فولت . ويختصر الشكل (11.18b) هذه الحالات .



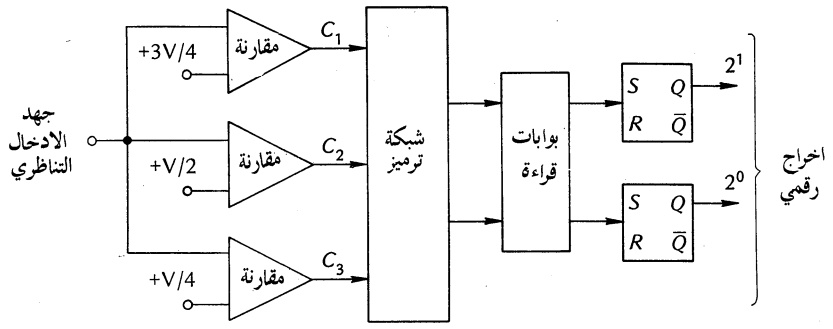
(a)

جهد الادخال	اخراج دائرة المقارنة		
	C_1	C_2	C_3
0 to + V/4	Low	Low	Low
+V/4 to + V/2	High	Low	Low
+V/2 to + 3V/4	High	High	Low
+3V/4 to + V	High	High	High

(b)

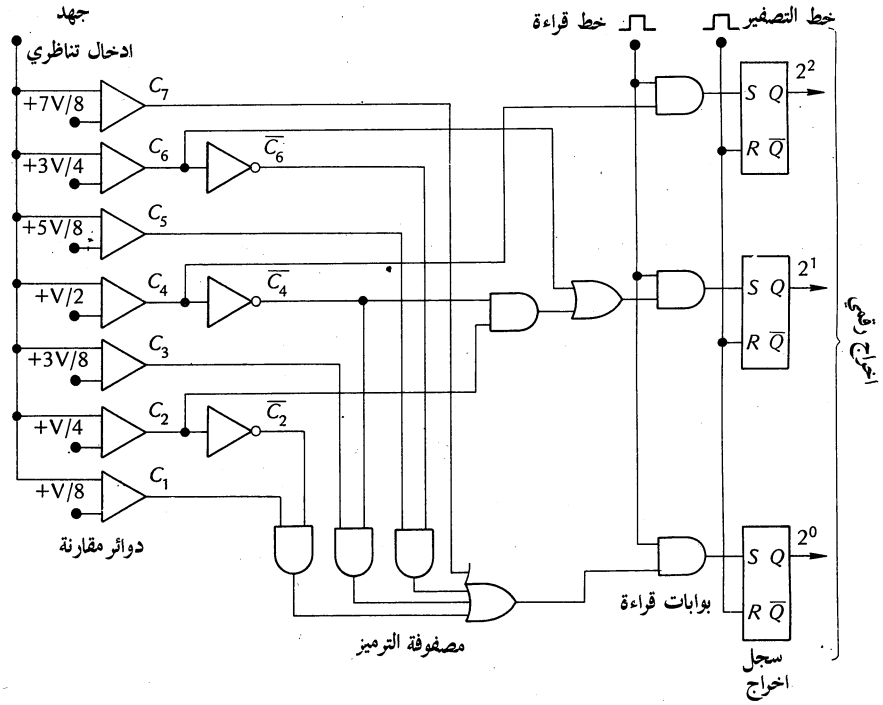
شكل (11.18) : تحويل نظيري / رقمي آني (a) المخطط المنطقي (b) اخراجات المقارنة لعدة ادخالات فولتية .

من الشكل (11.18) نستنتج أن هناك 4 مناسيب للفولتية يمكن كشفها بهذا المحول . ويمكن تمثيل الحالات الأربع بواسطة رقمين ثنائيين نستطيع الحصول عليهما باستعمال دائرة لحل الرموز decoder التي تُساق من قبل دوائر المقارنة الثلاث . ويمكن خزن هذين الرقمين اللذين يكافئان فولتية الادخال التناظرية في سجل يتألف من مرجاحين ، ويوضح الشكل (11.19) مخططاً كاملاً لمثل هذا المحول .



شكل (11.19) : محول نظيري / رقمي آني لرقمين ثنائيين .

ولزيادة فهم عمل محول (A /D) الآني دعنا ندرس المحول ذا الأرقام الثلاثة المبين في الشكل (11.20) . يلاحظ هنا أنه لتحويل اشارة الادخال الى اشارة رقمية ذات 3 ارقام يجب استعمال 7 دوائر مقارنة وبذلك يمكن تقسيم الادخال الى 8 مناسيب . وتذكر أن المحول ذا الرقمين احتاج الى 3 دوائر مقارنة للحصول على 4 مناسيب . وبصورة عامة يمكن القول بأننا نحتاج الى ($2^n - 1$) من دوائر المقارنة للحصول على اشارة رقمية ذات n من الأرقام . وتحوي بعض دوائر المقارنة على دوائر اتمام في اخراجها حيث تستوجب الضرورة أحياناً استعمال كلا C و $\overline{C}$ في مصفوفة الترميز .



شكل (11.20) : محول نظيري / رقمي آني لثلاثة ارقام .

وتصمم مصفوفة الترميز بحيث تقبل 7 مناسيب للادخال وتقوم بترميزها بثلاثة ارقام ثنائية (ذات 8 حالات ممكنة) . ولفهم عمل مصفوفة الترميز بسهولة يجدر فحص الجدول المبين في الشكل (11.21) .

يلاحظ أن الرقم 2^2 هو أبسط أرقام الاخراج تعييناً ، حيث نريد هذا الرقم واحداً كلما كان C_4 واحداً

أما خط الاخراج 2^1 فانه يكون واحداً عند ما يكون C_2 و $\bar{C}_4$ واحداً ، أوعندما يكون C_6 واحداً . أو بتعبير آخر :

$$2^\circ = C_2\bar{C}_4 + C_6$$

وهكذا ، يمكن ايجاد المعادلة المنطقية للرقم الثنائي 2° :

$$2^0 = C_1\bar{C}_2 + C_3\bar{C}_4 + C_5\bar{C}_4 + C_5\bar{C}_6 + C_7$$

أما نقل المعلومات من مصفوفة الترميز الى السجل فيجب أن تتم بخطوتين . أولاً ، يجب أن تظهر نبضة تصفير موجبة على خط التصفير وذلك لوضع المراجيح جميعها في حالة الصفر . ثم ، تقوم نبضة قراءة بفتح بوابات القراءة وبذلك تنقل المعلومات للمراجيح .

ان تصميم محولات (A/D) الآنية يمكن أن تتم بكل سهولة وذلك لبساطة فهمها . الاّ أن عدد دوائر المقارنة التي نحتاجها تزداد بصورة سريعة كلما زادت عدد الأرقام الثنائية المطلوبة ($2^n - 1$) ولذلك يصبح العدد الكبير لدوائر المقارنة وترميزها عقبة أمام التصميم . وبالرغم من سرعة المحولات الآنية هنالك طرائق أفضل للترقيم وذلك اذا ما زادت الأرقام الثنائية المطلوبة عن 3 أو 4 .

جهد للادخال	دوائر مقارنة للمناسيب							اخراج ثنائي		
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	2^2	2^1	2^0
0 to V/8	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	0	0	0
V/8 to V/4	High	Low	Low	Low	Low	Low	Low	0	0	1
V/4 to 3V/8	High	High	Low	Low	Low	Low	Low	0	1	0
3V/8 to V/2	High	High	High	Low	Low	Low	Low	0	1	1
V/2 to 5V/8	High	High	High	High	Low	Low	Low	1	0	0
5V/8 to 3V/4	High	High	High	High	High	Low	Low	1	0	1
3V/4 to 7V/8	High	High	High	High	High	High	Low	1	1	0
7V/8 to V	High	High	High	High	High	High	High	1	1	1

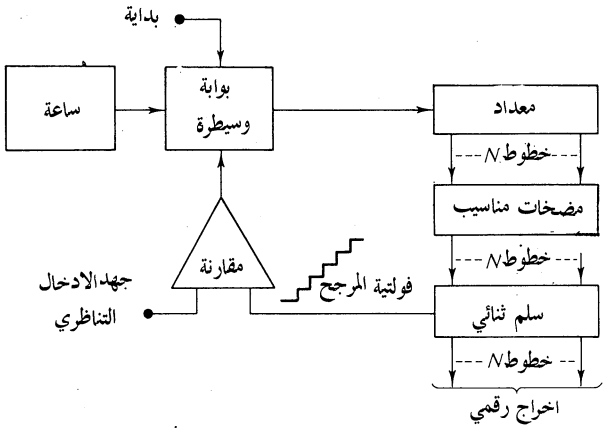
شكل (11.21) : الجدول المنطقي للمحول الآني يلي الشكل (11.20)

11.6 محول (A / D) – طريقة المعداد :

بالأمكان تصميم محول A/D بدقة عالية باستعمال دائرة مقارنة واحدة وذلك باستخدام فولتية مرجع متغيرة تسلط على دائرة المقارنة ، فعندما تكون فولتية المرجع مساوية لفولتية الادخال التناظرية تتم عندها عملية التحويل .

لتصميم مثل هذا المحول ، افرض أننا نبدأ باستعمال معداد ثنائي بسيط . والأخراج الرقمي للمحول سيؤخذ من هذا المعداد ولذلك فان عدد أرقام المعداد الثنائية n ستحدد عدد ارقام المحول الثنائية فتكون n أيضاً . والآن دعنا نربط اخراج هذا المعداد بمحول D/A بسيط . فاذا سلطت نبضة توقيت على ادخال المعداد فان اخراج المحول D/A ستكون الموجة المدرجة المألوفة (الشكل 11.16) . ان الموجة هذه هي التي ستقوم مقام فولتية المرجع لدائرة المقارنة ! وهكذا يتم تحويل محول D/A بسيط بمساعدة بعض الدوائر البسيطة الى محول A/D .

ويبين الشكل (11.22) هذا النوع من المحول ، أما طريقة عمله فهي كما يأتي :



شكل (11.22) : محول نظيري / رقمي نوع المعداد .

اولاً ، يكون المعداد مصفراً . ثم ، عندما تظهر اشارة التحويل على خط البداية ، تتفتح البوابة فتسمح بمرور نبضات التوقيت الى ادخال المعداد . فيبدأ المعداد بالعّد الثنائي العادي فتتولد بذلك الموجة في اخراج المحول D/A . وهذه الموجة تسلط على أحد ادخالي دائرة المقارنة ، أما طرف الأدخال الآخر فتسلط عليه الاشارة التنظايرية المراد ترقيمها . فعندما تساوي فولتية المرجع فولتية الادخال التناظرية (أو تزيد عنها) تنغلق البوابة ويقف المعداد وبهذا تكمل عملية التحويل حيث أن العدد الذي توقف عنده المعداد يكافيء فولتية الأدخال التناظرية .

لاحظ أن هذا المحول قد تألف من محول D/A ، دائرة مقارنة واحدة ، مصدر لنبضة التوقيت ودوائر سيطرة وبوابات . ويمكن أعتبار كل هذه الدائرة كمنظومة سيطرة ذات الدائرة المغلقة . حيث أن اشارة الخطاء تتولد في اخراج دائرة المقارنة وذلك بمقارنة فولتية الأدخال التناظرية مع اشارة التغذية الخلفية (موجة المرجع المدرجة) .

أما كشف اشارة الخطأ فتتم بدائرة السيطرة التي تسمح بمرور نبضات التوقيت . فيتقدم المعداد بعدّه بالاتجاه الذي يعمل على تقليل اشارة الخطأ وذلك بزيادة اشارة التغذية الخلفية . وعندما يقل الخطأ الى الصفر تكون فولتية التغذية الخلفية عندئذ مساوية لاشارة الادخال التناظرية . عند ذلك تقوم دائرة السيطرة بحجب نبضات التوقيت فتستقر المنظومة على تلك الحالة .

ان محول A / D بطريقة المعداد هو خير وسيلة لترقيم الأشارة التناظرية بدقة عالية حيث تتميز هذه الطريقة ببساطتها فيما لو قورنت مع الطريقة الآنية وبدقة واحدة . الا أن طريقة المعداد تستغرق في التحويل وقتاً أكثر حيث أن المعداد يبدأ بالصفر ثم يعد بالتسلسل الثنائي المألوف وقد يحتاج الى عد 2^n من النبضات على الأكثر وذلك قبل أن تكمل عملية التحويل . أما معدل زمن التحويل فهو ($2^n/2$) أو 2^{n-1} عـدّا .

ان المعداد يتقدم بعد واحد لكل فترة واحدة من فترات نبضة التوقيت ، لذلك فإن تردد نبضة التوقيت هو الذي يحدد سرعة التحويل . فمثلاً ، أفرض أنه لدينا محولاً ذا (10) أرقام ثنائية ومثل هذا المحول يحتاج الى 1024 نبضة توقيت لاكمال كل العد . فإذا كان تردد نبضة التوقيت هو (1MHz) فإن المعداد يتقدم عدّاً واحداً بكل ($1\mu s$) . أي أنه لاكمال كل العد نحتاج الى :

$$1024 \times 10^{-6} \simeq 1.024 \text{ ms}$$

والزمن المستغرق لاكمال نصف العد الكلي يكون (0.512 ms) . ويمكن تسمية الزمن المستغرق لاكمال نصف العد الكلي بمعدل زمن التحويل .

مثال 11.11 :

أفرض ان المحول المبين في الشكل (11.22) هو ذو 8 أرقام ثنائية ويساق بنبضة توقيت بتردد (500 KHz) . اوجد :

أ- أقصى مايمكن أن تستغرق عملية التحويل

ب- معدل زمن التحويل .

جـ- معدل سرعة التحويل القصوى .

الحـل :

أ- للمحول ذي الـ 8 أرقام ثنائية 2^8 (أي 256) حالة عد . فعندما يكون التردد (500 KHz) فان المعداد يتقدم عدّاً واحداً كل ($2\mu s$) . ولكي يتقدم العد 256 عداً يكون الزمن المستغرق كالآتي :

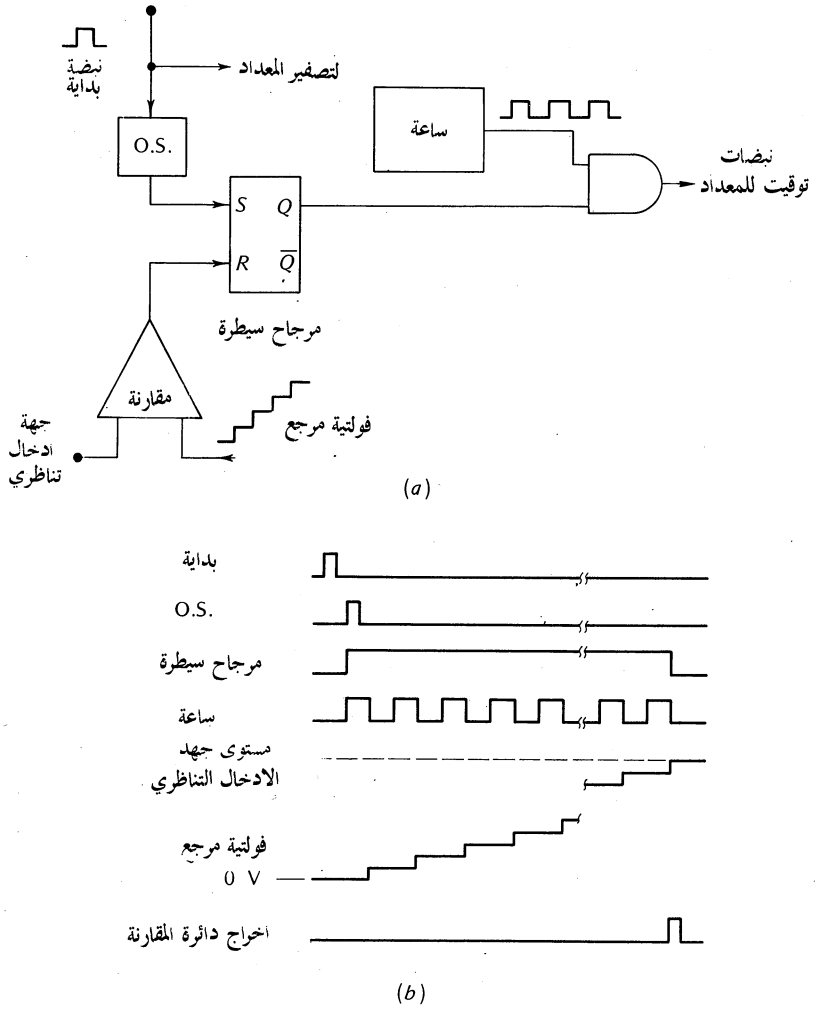
$$256 \times 2 \times 10^{-6} = 0.512 \text{ ms}$$

ب – ان معدل زمن التحويل يساوي نصف زمن التحويل الأقصى :

$$\frac{1}{2} \times 0.512 = 0.256\text{ms}$$

جـ – يتعين أقصى معدل لسرعة التحويل بالزمن الأقصى للتحويل ، وبما أن هذا الزمن هو (0.512 ms) يكون معدل التحويل (عدد التحويلات بالثانية الواحدة) كالآتي :

$$\frac{1}{0.512 \times 10^{-3}} \simeq 1953$$



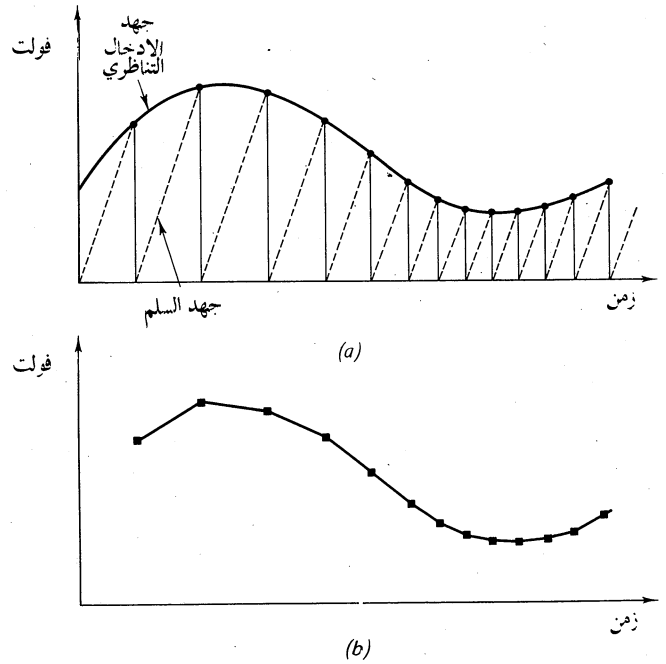
شكل (11.23): عمل محول الشكل (11.22) (a) منطق السيطرة (b) الموجات .

يوضح الشكل (11.23) طريقة لاستخدام دائرة السيطرة للمحول المبين في الشكل (11.22) . كذلك يبين الشكل (11.23) الاشكال الموجية بالنسبة لعملية تحويل واحدة تبدأ عند تسليط نبضة البداية وقد استعملت حافتها الموجبة أيضاً لتصفير مراجيح المعداد وقدح المهزاز ذي الاطلاقة الواحدة (0.5). وتقوم النبضة التي يصدرها المهزاز بوضع مرجاح السيطرة في حالة 1 وبذلك تكون (9) مهيأة لامرار نبضات التوقيت الى المعداد .

وقد استعمل المهزاز ذو الاطلاقة الواحدة كي يضمن تصفير المراجيح قبل بدء العد حيث يقوم هذا المهزاز بتأخير نبضة البداية عن نبضة تصفير وهذه المحاولة تزودنا بحل اكيد لمشاكل السباق ؟

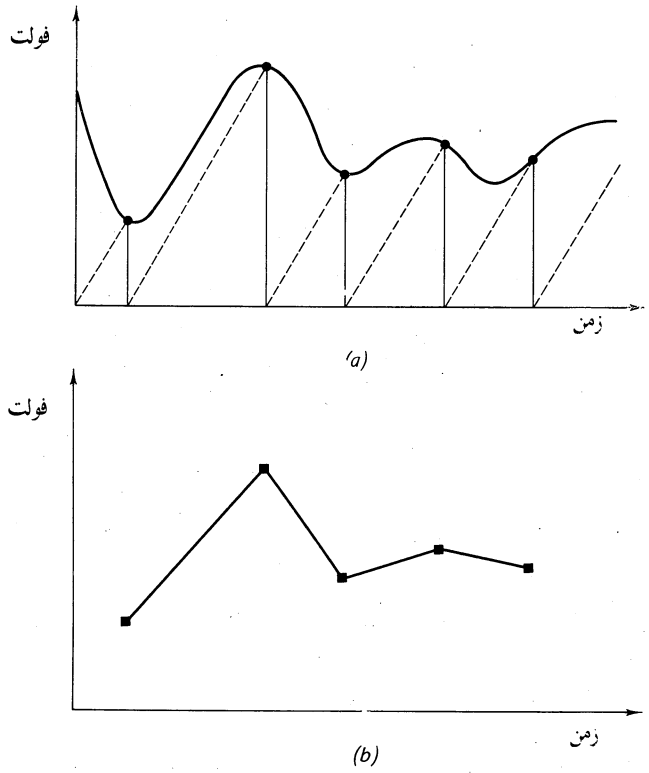
عندما يكون مرجاح السيطرة في حالة 1 يأخذ المعداد بالعد بصورته الاعتيادية الى ان تصل فولتية الموجة المدرجة قيمة فولتية الادخال التناظرية . عند ذلك تولد دائرة المقارنة نبضة تعمل على تصفير مرجاح السيطرة ، فتغلق البوابة الطريق امام نبضات العد . اما المعداد فيكون الآن قد خزن العدد الرقمي الذي يكافيء فولتية الادخال التناظرية . ويبقى المحول في هذه الحالة الى ان يستلم اشارة تحويل اخرى .

واذا ماتولدت اشارة البداية الجديدة مباشرة بعد انتهاء كل عملية تحويل فان المحول يعمل عندئذ باقصى سرعته . ويمكن عند ذلك استخدام المحول لترقيم الاشارات . كالاشارات المبينة في الشكل (11.24 a). لاحظ عدم ثبات زمن التحويل اذ يعتمد على



شكل (11.24) : (a) ترقيم اخراج فولتي (b) اعادة بناء اشارة من بيانات رقمية .

قيمة فولتية الادخال . ويمكن اعادة اشارة الادخال التناظرية واستخلاصها من المعلومات الرقمية وذلك بتوصيل النقاط المرقمة بخطوط مستقيمة ، كما مبين ذلك في الشكل (11.24 b) . ويلاحظ ان هذا الشكل يقارب كثيراً الشكل الاصلي . وتجدر الاشارة الى ان في هذه الحالة تكون ازمنة التحويل صغيرة فيما لو قورنت مع الزمن الزائل لموجة الادخال . بينما لو اقترب زمن الموجة الزائل من زمن التحويل فان موجة الاخراج المعاد انشاؤها لاتكون بالدقة الكافية ويبين الشكل (11.25 a,b) مثل هذه الحالة حيث تزيد سرعة تغير اشارة الادخال عن سرعة التحويل وبذلك لايستطيع المحول التمييز بصورة صحيحة . وهكذا نجد ان الحاجة للحصول على محولات ذات ازمنة تحويل قصيرة تكون ضرورية .



شكل (11.25) : (a) ترقيم اخراج فولتي (b) اعادة بناء اشارة من بيانات رقمية

11.7 طرائق متقدمة في محولات (A/D)

هنالك طريقة واضحة لزيادة سرعة التحويل الجارية على الاشارة المبينة في الشكل (11.25) وهي حذف عملية تصفير لدى كل تحويل . أي ان المعداد سوف لن يبدأ في العد في كل مرة من الصفر وانما يعد من حيث انتهى لدى آخر عملية تحويل . وهذا يعني ضرورة استعمال معداد تصاعدي / تنازلي ، ليس هذا بالمشكل فقد الفنا مثل هذا المعداد في الفصل التاسع .

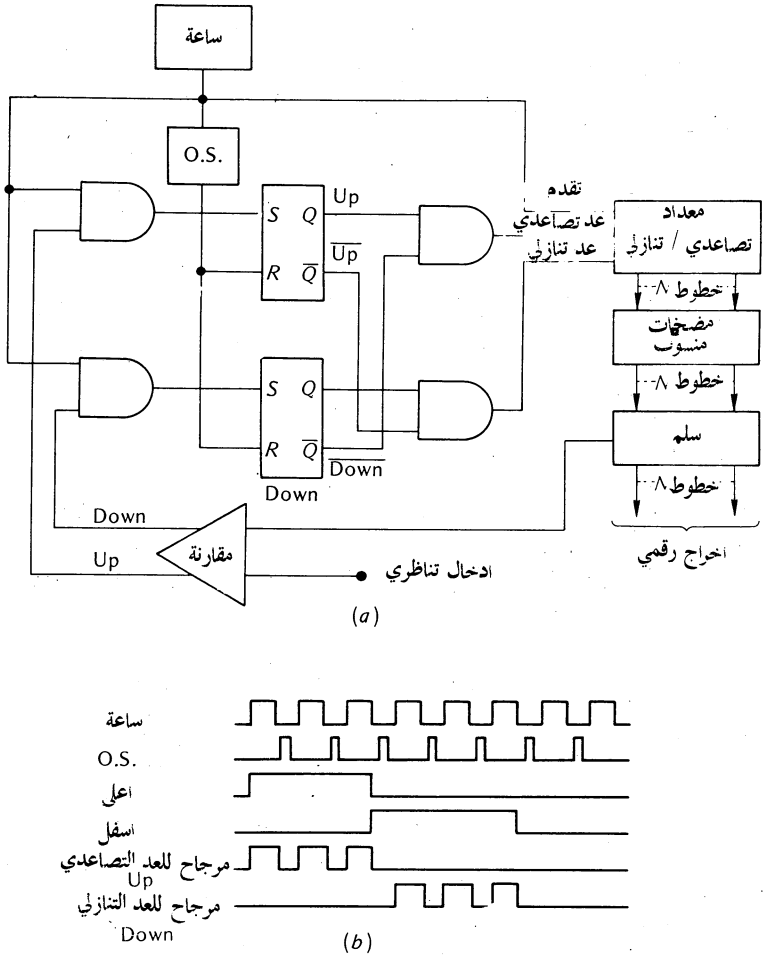
ان هذه الطريقة ستحتاج بالطبع الى بعض الدوائر المنطقية الاضافية حيث يجب معرفة فيما لو ان العد الضروري هو تصاعدي او تنازلي وذلك بفحص اخراج دائرة المقارنة . ويبين الشكل (11.26) محول (A/D) الذي يستعمل معداداً تنازلياً / تصاعدياً وتسمى هذه الطريقة بالتحويل المستمر ولذلك يطلق على المحول اسم « محول A/D ذي النوع المستمر ».

ان دائرة هذا المحول تشبه دائرة المحول الذي سبق شرحه باستثناء نوع المعداد ودائرة السيطرة عليه (للعد التصاعدي او التنازلي).

في هذه الحالة تمتلك دائرة المقارنة طرفين للاخراج وليس طرفاً واحداً كما كان سابقاً فعندما تزيد فولتية الادخال التناظرية عن فولتية اخراج المحول A /D يكون طرف اخراج دائرة المقارنة « اعلى » up واحداً . وعندما تقل فولتية الادخال عن فولتية A / D فان طرف الاخراج « اسفل » down يكون واحداً .

فاذا كان طرف اخراج دائرة المقارنة « اعلى » واحداً تنفتح بوابة (و) في ادخال مرجاح السيطرة على العد التصاعدي ومع اول صعود في نبضة التوقيت يوضع هذا المرجاح في حالة الواحد . واذا افترضنا الآن ان مرجاح السيطرة على العد التنازلي هو في حالة الصفر فان بوابة (و) التي تمرر نبضات العد التصاعدي تفتح الطريق امام العد التصاعدي وبذلك يتقدم المعداد عداً واحداً . وسبب تقدم المعداد بعدّ واحد هو ان اخراج مهزاز الاطلاقة الواحدة يصفر كلا المرجاحين عند هبوط نبضة التوقيت . ويمكن اعتبار هذه دورة تحويل تصاعدية واحدة .

لاحظ ان بوابة (و) التي تمرر نبضات العد التصاعدي قد ربط طرفا ادخالها بالطرفين up و down ، كذلك ربط طرفا ادخال البوابة التي تمرر نبضات العدالتنازلي بالطرفين



شكل (11.26) : محول نظيري / رقمي مستمر (a) المخطط المنطقي (b) الموجات

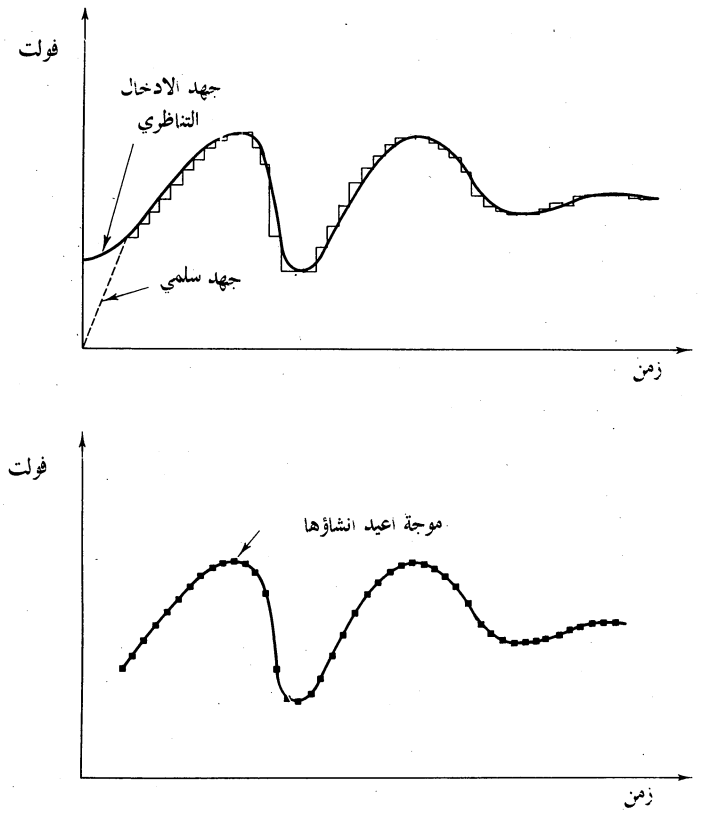
down و up . ويمكن اعتبار هذا الترتيب محل دائرة او الحصرية . وهذا الربط يضمن اجتناب الخطأ من وقوع كلا الخطين اللذين يمرران النبضات (التصاعدية والتنازلية) في حالة الواحد في وقت واحد .

وطالما كان خط « اعلى » لاخراج دائرة المقارنة واحداً فان المحول يستمر في عملية التحويل بدورته التصاعدية . وعندما تزيد فولتية اخراج A / D التموجية عن فولتية الادخال التناظرية فان الخط « اعلى » يصبح صفراً بينما يصبح خط « اسفل » واحداً وبعد ذلك يمر المحول بدورة تحويل تنازلية . وفي هذه النقطة تكون فولتية اخراج A / D على بعد رقم

LSB واحد من الفولتية التناظرية ولذلك يتذبذب المحول حول هذه النقطة . وليست هذه الحالة بمرغوبة حيث نريد للمحول التوقف عن عملية التحويل هنالك لا ان يتذبذب حول القيمة النهائية . وحيلتنا للتخلص من ذلك هي بضبط دائرة المقارنة بحيث ان اخراجيها لايتبدلان في وقت واحد .

يمكننا الحصول على ذلك بضبط دائرة المقارنة بحيث ان الاخراج « اعلى » لايكون واحداً مالم تقل فولتية اخراج A\D عن الفولتية التناظرية بمقدار يكافيء نصف الرقم الثنائي ذي المرتبة الادنى (1/2 LSB) . وهكذا ، لايكون الاخراج « اسفل » واحداً مالم تزداد فولتية اخراج A D عن الفولتية التناظرية بمقدار (1/2 LSB).

يبين الشكل (11.27) نموذجاً للتحويل بمثل هذا المحول . ويلاحظ ان المحول يستطيع تتبع فولتية ادخال سريعة التغير .



شكل (11.27) : تحويل نظيري / رقمي مستمر

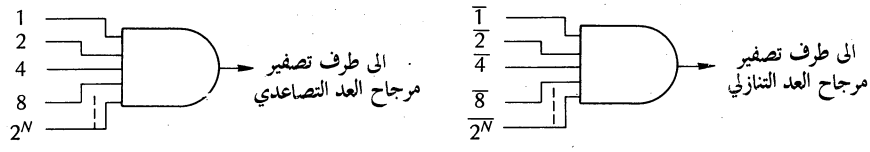
مثال 11.12 :

غالباً ماتتطلب الضرورة اضافة دوائر اضافية للمحول المستمر تعمل على ضمان العد في الاتجاه الصحيح . فمثلاً ، لوكانت الأرقام المخزونة في المعداد كلها «1» فإنه من غير المرغوب فيه السماح للمعداد بالمرور في دورة عد تصاعدية وذلك لأن الأرقام كلها تصبح صفراً . ونريد هنا تصميم المنطق الذي يتلافى ذلك .

الحل :

هنا يجب كشف نهايتي حالات العد ، أي عندما تكون جميع الأرقام واحداً وعندما تكون صفراً . فإذا ربطنا جميع أطراف أخراج المعداد في أدخال بوابة (و) فإن اخراج هذه البوابة يكون واحداً عندما تكون مراجيح المعداد في حالة «1» . واذا ربط اخراج البوابة بطرف تصفير مرجاح السيطرة على العد التصاعدي فإن المعداد سوف يعجز عن العد فوق الحالة التي تكون فيها الأرقام كلها واحداً .

وبالمثل ، لوربطنا متممات أطراف المعداد في بوابة (و) وربطت البوابة بطرف التصفير لمرجاح السيطرة على العد التنازلي فإن المعداد سوف لايستطيع العد تحت الحالة التي تكون فيها الأرقام كلها صفراً . يبين الشكل (11.28) ربط البوابتين .

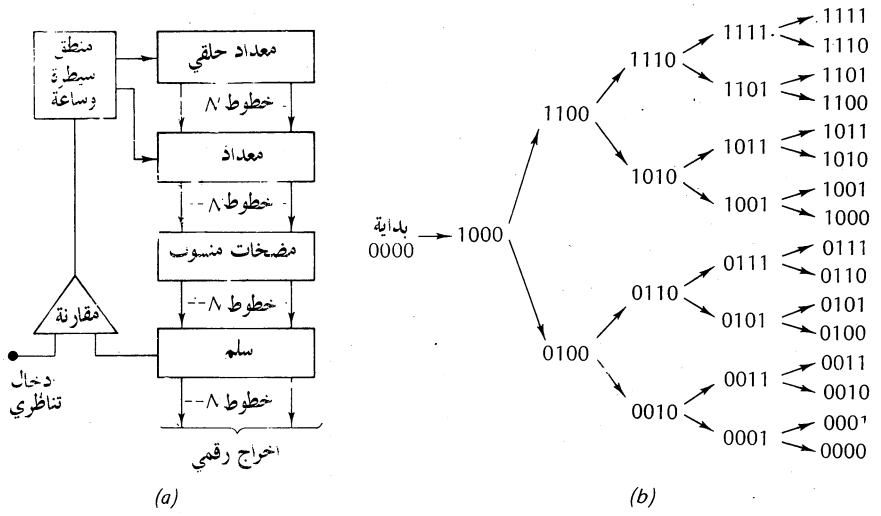


شكل (11.28) : بوابات تحديد العد للمحول في الشكل (11.26) .

هنالك عديد من الطرائق المختلفة لترقيم الاشارات التناظرية ، ولكثرتها فلا مجال لشرحها جميعاً بالتفصيل . ومع ذلك سنتطرق الى بعض هذه الطرائق ذاكرين أسباب أهميتها .

لعل من أهم أسباب التحقيق في طرائق أخرى للتحويل هو البحث عن وسيلة لتقليص زمن التحويل . تذكر أن طريقة التحويل الآنية هي من أسرع الطرائق لكنها تصبح غير عملية وذلك اذا مازاد عدد الأرقام المطلوبة عن بضع أرقام ثنائية . أما المحول ذو المعداد فإنه يتميز ببساطة المنطقية لكن زمن تحويله يعتبر طويل نسبياً . أما المحول المستمر فإنه يكون سريعاً جداً عندما يثبت بالاشارة لكنه يفقد هذه الميزة الحسنة عندما نريد مقابلة multiplexing أطراف الأدخال .

اذا أردنا المزيد فإن شرح محول التقريب – المتعاقب Successive approximation يصبح الأهم . ويوضح الشكل (11.29 a) هذا المحول . حيث يعمل المحول بتقسيم مجالات الفولتية الى أنصاف وبصورة متعاقبة . في أول الأمر يصفر المعداد ثم يوضع رقم المرتبة الأعلى MSB في حالة «1» . ثم يترك رقم MSB أو يصفر (بتصفير مرجاحه) حسب مايقتضيه اخراج دائرة المقارنة . ثم يوضع الرقم التالي لرقم MSB في حالة «1» وتجرى عملية المقارنة وذلك لتركه أو تصفيره . وهكذا تكرر هذه العملية حتى نصل رقم LSB عند ذلك يكون العدد المطلوب في المعداد . وبما أن عملية التحويل تجرى على مرجاح واحد في الوقت الواحد فإن بالامكان استعمال معداد حلقي ليقوم باختيار المراجيح .



شكل (11.29) : محول التقريب المتتابع (a) المخطط المنطقي (b) الرسم الخاص بالعملية

ان طريقة التقريب – المتعاقب هي عبارة عن عملية تقريب الفولتية التناظرية بتجربة رقم ثنائي واحد في كل مرة وابتداءً من الرقم MSB . ويوضح الشكل (11.29 b) هذه العملية ، يلاحظ أن كل عملية تحويل تستغرق وقتاً واحداً وتحتاج الى دورة واحدة لكل رقم ثنائي . وهكذا يكون الوقت الكلي للتحويل مساوياً لعدد الأرقام الثنائية n مضروباً في الوقت المستغرق لدورة تحويل واحدة .

والدورة الواحدة تحتاج عادة الى دورة (فترة) واحدة من نبضات التوقيت . وكمثال

على ذلك ، اذا كان محول ذو 10 أرقام ثنائية يعمل بتردد نبضة توقيت (1MHz) فإن زمن التحويل يكون :

$$10 \times 10^6 = 10\,\mu s$$

وعند التعامل بازمنة تحويل قصيرة كهذه ، فإنه من الضروري أخذ الأزمنة داخل المنظومة بنظر الأعتبار (مثلاً ، أزمنة الاستقرار ، التأخير الناتج عن دائرة المقارنة ، تأخير الغلق والفتح في دوائر السلّم) .

طريقة أخرى لتقليل زمن التحويل الكلي في محول ذي معداد هي بتقسيم المعداد الى أجزاء ، وتسمى هذه بمعداد الجزء Section Counter . ولتعيين كيفية تقليص المدة بهذه الطريقة . أفرض أن لدينا معداداً ثنائياً ذا 8 أرقام . فاذا قسمنا هذا المعداد الى قسمين متساويين بأربعة ارقام لكل جزء ، يصبح لدينا محول الجزء . ويعمل هذا المحول بوضع الأرقام الأربعة الأولى ذات المرتبة الأدنى في حالة « 1 » ثم يبدأ العد بالجزء الآخر الى أن تزيد فولتية السلّم عن فولتية الادخال . في هذه النقطة تصفر الأرقام الأربعة الأولى ويستمر العد بالجزء الآخر حتى تتساوى فولتية السلّم مع الادخال .

لاحظ أن هذه تحتاج في الاكثر الى 2^4 (أي 16) عداً لكل جزء وبذلك فان هذه الطريقة تحتاج في الأكثر الى 32 عداً . وهنا يكون التقليص في الزمن ملحوظاً فيما لو قارنّا ذلك مع المعداد الأعتيادي ذي الأرقام الثمانية اذ يحتاج الى 2^8 (أي 256) عداً . وهنالك طبعاً ، بعض الأزمنة الأخرى التي نحتاجها في وضع حالتي المعدادين وفي التحويل من معداد الى آخر اثناء عملية التحويل ، الا أن هذه الأزمنة تعتبر قصيرة جداً فيما لو قورنت مع ما نكسبه من زمن بهذه الطريقة .

ويستعمل هذا المحول – غالباً – في بناء أجهزة قياس الجهد الرقمية . اذ من السهولة تقسيم المعدادات بواسطته على 10 . وبالتالي يستعمل كل معداد لتمثيل رقم واحد من أرقام العدد العشري الظاهر في اخراج جهاز قياس الجهد .

11.8 دقة واحكام محولات A/D :

بما أن محول A/D هو عبارة عن منظومة ذات دائرة مغلقة متكونة من كلتا المنظومتين التناظرية والرقمية لذلك يتوقع من هذا المحول خطأ تشترك في تكوينه كلتا المنظومتين ، ولتعيين درجة الأحكام الكلية للمحول يستحسن فصل هذين المصدرين للخطأ .

لو افترضنا ان جميع الأدوات المستعملة تعمل بصورة صحيحة فان الخطأ الرقمي سيعين بدقة المنظومة . فعند ترقيم فولتية تناظرية ، فاننا نحاول تمثيل فولتية تناظرية مستمرة بما يكافؤها من مجموعة أعداد رقمية . واذا حولنا مناسيب الأرقام مرة أخرى الى فولتية

تناظرية بواسطة دائرة السلّم لنتجت الموجة المدرجة المألوفة . وهذه الموجة تمثل فولتية الادخال لكنها بالتأكيد ليست بالأشارة المستمرة . بل هي بالحقيقة اشارة مقطعة تتألف من عدد من التدرجات المنفصلة . وأحسن ما يمكن عمله لاسترجاع فولتية الادخال التناظرية هو الحصول على التدرج الذي يقارب قيمة فولتية الادخال .

ان كون فولتية السلّم عبارة عن تدرجات سيؤدي الى وجود الخطأ الرقمي في المنظومة . ان اصغر تدرّج رقمي (أوكم quantum) يعود الى الرقم LSB ويمكن تصفيره بزيادة عدد أرقام المعداد . ويسمى غالباً الخطأ المتأصل بالخطأ الكمي quautization error ويكون عادة في حدود ($\pm$ 1) رقم ثنائي . واذا ما وضعت دائرة المقارنة في منتصف حدود المقارنة ، كما هو الحال بالمحول المستمر ، فان الخطأ الكمي يمكن أن يكون ($\pm$ 1/2 LSB)

ولعل المصدر الرئيس في توليد الخطأ التناظري هو دائرة المقارنة . أما مصادر الخطأ الأخرى فتكمن في مقاومات السلّم ، فولتية المرجع ، تموجات ripple مصدر القدرة ، والضوضاء noise . وتعتبر هذه الأخطاء عادة ثانوية بالنسبة لأخطاء دائرة المقارنة .

أما منابع خطأ دائرة المقارنة فتتركز حول تغير نقطة الاقلاب الثابتة switching point والتي هي عبارة عن الفرق بين مناسيب فولتية الادخال التي تؤدي الى تغيير حالة الاخراج . وسبب التغيير في موقع هذه النقطة يعود الى زيغ offset وكسب وخطية المضخم المستعمل في دائرة المقارنة ، حيث أن خواص المضخم قد تتغير قليلاً مع مناسيب فولتية الادخال كما انها تتغير مع الحرارة . وهذه التغيرات هي التي تؤدي الى زيادة الخطأ التناظري .

هنالك قياس هام لاداء المحول يسمى بالخطية التفاضلية differential Linearity وهي عبارة عن قياس التغير في فولتية التدرج الذي يؤدي الى تغيير المحول من حالة الى الحالة التي تليها . ويُعبّر عادة عن هذا القياس بالنسبة المئوية لمعدل التدرج . وخواص هذا الاداء تعتمد أيضاً على طريقة التحويل وتكون في احسن حالها في المحولات التي تعد فيها المعدادات بصورة مستمرة . وتكون الخطية التفاضلية للمحول ذي المعداد والمحول المستمر أحسن عادة مما هي عليه في محولات التقريب المتعاقب حيث أن في النوعين الأوليين تقترب فولتية السلم دائماً من الفولتية التناظرية ومن الأتجاه نفسه ، بينما في النوع الآخر تكون فولتية السلم قرب جهة واحدة من الفولتية التناظرية ثم تكون قربها من الجهة الاخرى . لذلك فان دائرة المقارنة تكون مستعملة في كلا الاتجاهين وهكذا تكون محصلة الخطأ التناظري أكبر في هذه الحالة .

ولرب سائل يسأل : كم يجب أن تكون قيمة الخطأ (التناظري والرقمي) النسبي ؟ فكما ذكرنا سابقاً ، فانه ليس من المنطق تصميم محول ذي (15) رقماً وبخطأ قدره

(٪ 1 ∓) ٪ كما لا يصح تصميم محول ذي 6 أرقام وبضبط (٪ 0.1) ، بصورة عامة يستحسن بناء المحول بحيث أن خطأه التناظري يساوي تقريباً خطأه الرقمي . وهنالك نقاشات كثيرة مع هذه الفكرة وضدها والحل الأخير يعتمد على الموقف . فمثلاً ، في محول ذي 8 أرقام خطأه الكمي (1/256 ، أي ٪ 0.4 تقريباً) يبدو معقولاً لو صمم هذا المحول باحكام (٪ 0.5) بحيث يكون الاحكام الكلي حوالي (٪1) . وقد يعني هذا تصميم سلّم باحكام (٪ 0.1) ودائرة مقارنة باحكام (٪ 0.2) .. الخ .. حيث أن تأثير هذه الأخطاء يكون تراكمياً .

مثـال 11.13

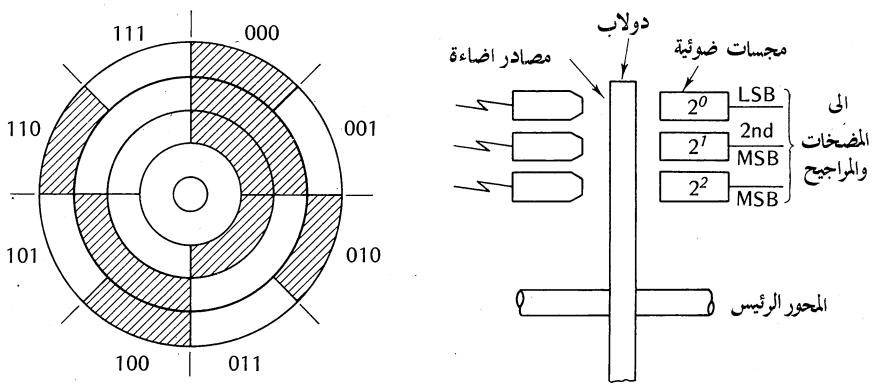
ماهو الاحكام الكلي المعقول الذي نتوقعه من محول (A/D) ذي (10) أرقام ؟

الحـل :

للمحول ذي 10 أرقام خطأ كمي قدره $\frac{1}{2024}$ (أي ٪ 0.1 تقريباً) فإذا أمكن تصميم الجزء التناظري بخطأ (٪ 0.1) فانه يبدو من المعقول أن تكافح من أجل حكام كلي قدره ٪ 0.2 .

11.9 التحويل A / D الكهروميكانيكي :

هنالك بعض التطبيقات التي يكون فيها التحويل A/D مهماً جداً . وتشمل هذه عملية تحويل المواقع الزاوية للعتلات الدوارة الى معلومات رقمية . ونجد مثل هذا التطبيق شائعاً في الرادارات الضخمة حيث ان المعلومات عن زاوية السمت azimuth والارتفاع تعين مباشرة من موقع العتلة الدوارة . وهنالك العديد من الأمثلة التطبيقية في الطائرات والمركبات الفضائية. وليست هذه الطريقة مقتصرة على العتلات الدوارة فقط حيث يمكن تحويل المعلومات عن الحركات المستوية الى معلومات عن حركات دوارة وذلك بترتيب معين من التقييس gear ing على أية حالة ، فان هذه المهمة تشمل تغيير المعلومات عن الموقع (والتي تعتبر معلومات تناظرية لكونها مستمرة) الى معلومات رقمية مكافئة . ويتم ذلك عادة باستعمال عجلة مرّمزة كالتي في الشكل (11.30) . وهذه العجلة مرمزة بالأسلوب الثنائي العادي وبثلاثة ارقام . وقد قسمت هذه العجلة الى 3 حزم متمركزة ، كل حزمة تمثل رقماً ثنائياً . وقد قسمت الحزمة الداخلية الى مقطعين متساويين لتمثل الأرقام ذات المرتبة الأعلى MSB . بينما قسمت الحزمة المتوسطة الى 4 مقاطع متساوية لتمثل الأرقام التي تلي ارقام MSB . أما الحزمة الخارجية فقد قسمت الى 8 مقاطع متساوية لتمثل ارقام LSB .



الشكل (11.30) : اطار الرمز الثنائي لثلاثة ارقام ثنائية .

اذا كانت المساحات البيضاء شفافة وكانت المساحات السوداء غير شفافة ، فان المعلومات الرقمية يمكن الحصول عليها وذلك بوضع مصادر اضاءة في احدى جهتي القرص ووضع كاشفات للضوء في الجهة الأخرى .

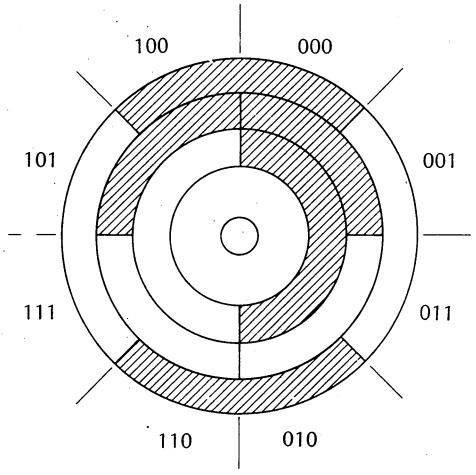
فاذا مر ضوء للكاشفة فأن ذلك يعني المنطق « 1 » واذا لم تكشف الكاشفات الضوء فان ذلك يعني المنطق « 0 » . ويمكن تكبير اشارات اخراج الكاشفات وتمريرها خلال دوائر منطقية ، ومن ثم تستعمل لوضع المراجيح في حالة « 1 » . يطلق على مثل هذه المنظومة اسم المرمز الضوئي Optical decoder

ان عملية الكشف يمكن أن تتم أيضاً بوضع فرشاة تلامس على كل حزمة وجعل مادة المناطق البيضاء موصلة ومادة المناطق المعتمة عازلة .

الآن لنفرض أن العجلة موضوعة بحيث أن الكاشفات ستقرأ 011 .

ولنفرض أن موقع العجلة كان بحيث أن الكاشفات قريبة من الخط الذي يقسم بين 100 و 011 فاذا كان هناك غموض في قراءة الرقم LSB (أي أن الكاشفة لا تستطيع التأكد من كون القراءة واحداً أو صفراً حيث أنها تواجه الخط الذي يقسم بين الرقمين) . في مثل هذه الحالة قد تكون القراءة 011 أو 010 . ولربما كان مقبولاً مثل هذا الخطأ في الرقم الأدنى . أما لو حدث الغموض في الرقم ذي المرتبة الأعلى MSB فان الخطأ في مثل هذه الحالة يمكن أن يكون كارثة ، فتغير القراءة بين 011 و 111 يعني خطأ مقداره (180°) ! وتصور نتيجة هذا الخطأ لو كانت هذه العجلة تسير صاروخاً ضخماً . اذا لابد من عمل شيء ما لقهر مثل هذا الغموض .

ان المشكلة هنا تظهر عندما تقف العجلة بحيث أن خط التقسيم يواجه الكاشفات ، ولربما تكون النتيجة مثمرة لو استعملت رموز أخرى بدلاً من الثنائي العادي . وخير رمز هنا هو ذلك الذي يتغير فيه رقم ثنائي واحد لدى كل تغيير موقع . وهذا سيضمن بأن لايتعدى الغموض رقماً واحداً وبذلك نتجنب حدوث الخطأ (180°) الذي ذكر سابقاً . مثل هذا الرمز ، وكما تتذكر من الفصل الثالث ، هو رمز كراى Gray . ويبين الشكل (11.31) قرصاً مرمزاً بهذا الرمز . ويمكنك الملاحظة في هذا القرص بأن أكبر خطأ يمكن أن يحدث لايتعدى دورة مقطع واحد .



شكل (11.31) : اطار رمز كراي لثلاثة ارقام ثنائية .

ان العجلة ذات الأرقام الثلاثة يمكنها ترقيم موقع العتلة بعدد مكافىء ذى 3 ارقام ثنائية . وهذا يعني وجود 8 مواقع حول العجلة وبذلك فإن كل موقع يمثل زاوية قدرها 45 درجة . وبالطبع ، فإن هذه العجلة لاتستطيع تمييز الموقع بدقة تقل عن 45° ، واذا أردنا دقة أحسن علينا أن نستعمل عجلة ادق .

لزيادة دقة العجلة نضيف حزماً اضافية وبذلك تزداد الأرقام الثنائية في العدد . وبصورة عامة تكون درجة الدقة (360°/2") حيث n يمثل عدد الأرقام الثنائية في العدد الثنائي (أو عدد الحزم في العجلة) .

مثال 11.14 :

ماهي درجة الدقة التي يمكن الحصول عليها من مرمّز ضوئي ذى 8 ارقام ثنائية ؟

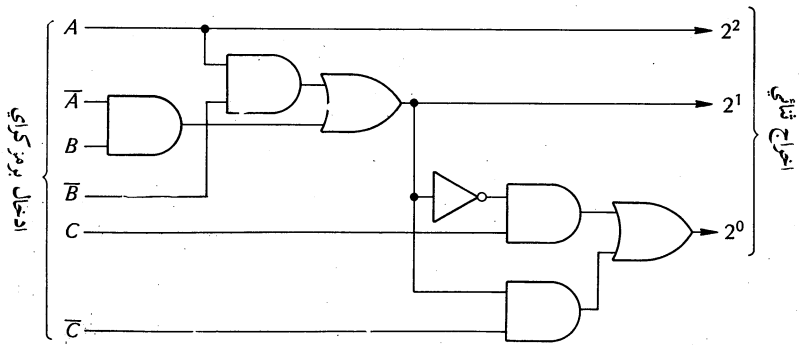
الحل :

$360^0 / 2^8 \sim 1.4^0$

ان الرمز الضوئي الذي تقدم شرحه يقوم بتحويل اشارة الموقع التناظرية الى اشارة رقمية مكافئة مرمزة برمز كراى . واذا احتجنا لاستعمال هذه الاشارة في منظومة رقمية فلربما كان الرمز الثنائي العادي أكثر ملاءمة . عند ذلك يجب استعمال دائرة منطقية تقوم بتحويل الرمز من كراى الى الثنائي .

يبين الشكل (11.32) الدائرة المنطقية التي تستطيع تحويل رمز كراى ذى 3 أرقام الى الرمز الثنائي . الرقم الثنائي ذو المرتبة 2^2 في الرمز الثنائي هو نفسه في رمز كراى A ويلاحظ أن هذين الطرفين موصلان بسلك .

رمز كراي			رمز ثنائي		
A	B	C	2^2	2^1	2^0
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1



شكل (11.32) : ترميز كراي – الى – الثنائي

الرقم ذو المرتبة 2^1 يكون واحداً عندما يكون $\bar{A}$ و B واحداً وعندما يكون A و $\bar{B}$ واحداً

$$2^1 = \bar{A}B + A\bar{B}$$

أما ترميز الرقم 2° فيمكن أن يتم باستعمال الرقم 2^1 لاحظ أن 2° يكون واحداً عندما يكون 2^1 و $\bar{C}$ واحداً وعنده يكون 2^1 و C واحداً

$$2^0 = 2^1\,\bar{C} + \overline{2^1}\,C$$

تذكر أن هذه المعادلات يمكن تحقيقها باستعمال بوابات أو .

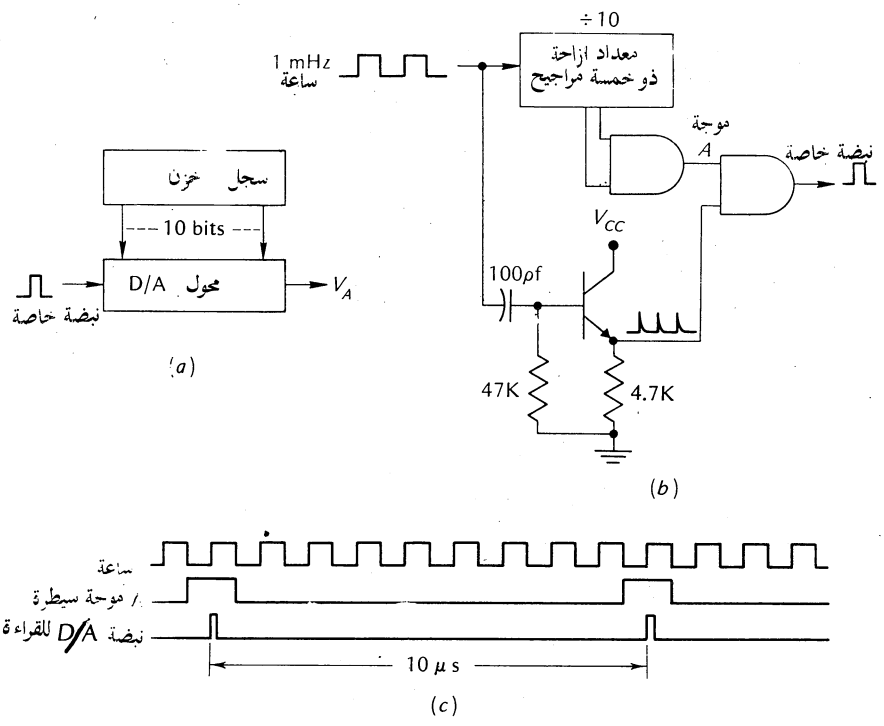
11.10 السيطرة على محول D/A :

يمكن اعادة رسم المحول (D/A) في الشكل (11.13) الى الشكل (11.33 a)، حيث وسعت أرقام المحول من 4 الى 10 . وهذا يعني ببساطة أننا نحتاج الى 10 مراجيح في المحول وان شبكة السلم توسع لقبول 10 أطراف ادخال . أما سجل الخزن فيمثل المراجيح التي تحفظ المعلومات التي ستحول الى اشارة تناظرية .

لنفرض أن هذه المعلومات تظهر في السجل مرة كل ($10\mu s$) ونرغب في ازاحتها من السجل الى المحول D/A في كل ($10\mu s$) ، أي أن زمن التحويل هو ($10\mu s$) . مانحتاجه الآن لايتعدى نبضات قراءة تلائم المحول هذا . افرض أن سجل الخزن يتكون من مراجيح السيد / المسود التي تساق بنبضة توقيت بتردد (1 MHz) . ان نبضة القراءة المطلوبة يمكن تحصيلها من الدائرة المبينة في الشكل (11.33 b) . تقسم نبضة التوقيت الأساسية (1MHz) على 10 بواسطة معداد الازاحة الذي يتكون من مراجيح . بعد ذلك يمكننا الحصول على الشكل الموجي A للسيطرة (الشكل 11.33C) وذلك بحل رموز احدى الحالات العشر للمعداد (لاحظ الفصل التاسع) . وقد يبدو للوهلة الأولى أن نبضات الشكل الموجي A هي كل مانحتاجه حيث أنها تحدث مرة في كل ($10\mu s$) . الا أنه يجب أخذ مشكلة السباق بنظر الأعتبار حيث يمكن لهذه المشكلة أن تحدث اذا مااستعملنا الموجة A . يلاحظ أن موجة السيطرة A تغير حالتها أثناء هبوط نبضة التوقيت . كذلك السجل فإنه يغير حالته في هذا الوقت لذلك يجدر أن لاندع عملية الازاحة تحدث حينئذ والاّ يتوقع ظهور مشكلة السباق في ادخال السجل . لذا نحتاج الى انتاج نبضة قراءة تبدأ عندها عملية الازاحة .

والوقت المناسب لذلك هو منتصف الجزء الموجب لنبضة السيطرة A وخاصة أنها تحدث

أثناء صعود نبضة التوقيت ، وفي تلك الأثناء تكون مراجيح السجل مستقرة . ويمكن الحصول على نبضات القراءة بسهولة وذلك بربط الموجة التفاضلية لنبضات التوقيت ببوابة (و) مع موجة السيطرة A وكما هوموضح في الشكل (11.33 b) .



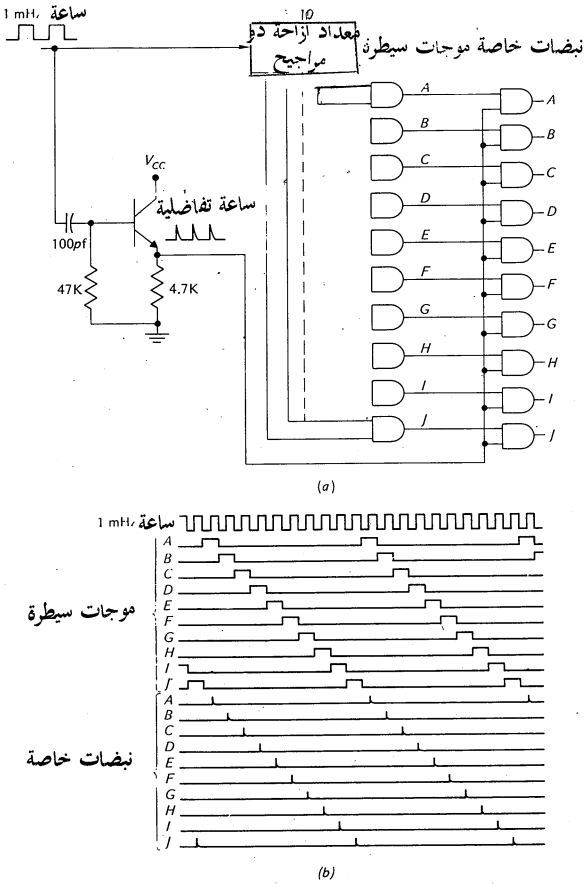
شكل (11.33) : استعمال نبضة بدء في محلول رقمي / نظيري (a) محول عشرة أرقام ثنائية (b) المنطق اللازم لنبضة البدء (c) موجات السيطرة .

11.11 التحويل D / A المتقابل :

شرحنا طريقتين للحصول على المكافيء التناظري لاشارة رقمية . والطريقتان تستعملان طريقة اختيار القناة وذلك باستعمال محول D/A منفصل لكل اشارة . الطريقة الثانية تستخدم محولاً واحداً مع دائرة تقابل لتوصيل اخراج المحول لعدد من مضخّمات اخذ العيّنات وحفظها .

في طريقة اختيار القناة توصل جميع اطراف ادخال المحول D/A على التوازي مع سجل الازاحة للادخال . لنفرض ان لدينا 10 مثل هذه المحولات ، كل منها يشبه المحول الذي ذكر في القسم السابق والمبين في الشكل (11.33). الاشارات العشر التي نريد تحويلها تظهر في سجل الخزن بزمن متعاقب وتبقى في السجل لمدة ($1\mu s$) . ولكي نحل رموز هذه الاشارات علينا ان نصدر سلسلة من 10 نبضات للقراءة مشابهة لتلك التي في الشكل (11.33) . ويمكن توليد هذه النبضات بسهولة وذلك بحل رموز جميع الحالات العشر لمعداد الازاحة ثم توليد موجات السيطرة العشر (J,I,H,G,F,E,D,C,B,A)

كما هي مبينة في الشكل (11.34 b) . اما نبضات القراءة الصحيحة فتشكل بواسطة بوابات (و) وكما تم شرح ذلك سابقاً . ويبين الشكل (11.34) الدائرة المنطقية وموجاتها . وكما هو واضح من نبضات القراءة ، فأن المعلومات تزاح الى المحول كل ($1\mu s$) وان كل محول يختار في كل ($10\mu s$) وعلى التعاقب .



الشكل (11.34) : محول رقمي / نظيري متعدد بطريقة اختيار القناة (a) المخطط المنطقي (b) الموجات

مثال 11.15

ماهي الطريقة لتغيير المنظومة المبينة في الشكل (11.34) لتستوعب 5 محولات D/A

الحل :

اذا كان التشابه Symmetry مرغوباً ، فانه من السهل تكوين اشارات السيطرة وذلك باستبقاء البوابات المطلوبة فقط لتكوين نبضات القراءة وهي A ، C ، E ، G ، I .

11.12 السيطرة على محول A / D

تختصر الاشكال الموجية المبينة لدورة تحويل واحدة في الشكل (11.23)عمل محول A/D . وتوجد هذه الموجات داخل المحول باستثناء نبضة التوقيت ونبضة البداية . ويمكن الحصول على نبضة البداية باستعمال مفتاح جرسي button switch ، حيث يقوم المحول بعملية تحويل واحدة في كل مرة يضغط فيها على الزر . لكنه غالباً ماتستوجب الضرورة عمل المحول بسرعة معينة ، ففي مثل هذه الحالات يستعمل المهزاز غير المستقر لتوليد النبضة حيث يقوم المحول بعملية التحويل كلما كان اخراج المهزاز واحداً . وهنا التأكد من كون فترة تردد المهزاز تزيد عن اقصى زمن للتحويل . واذا كان تردد المهزاز متغيراً عند ذلك يمكن التحكم بعدد التحويلات في الثانية الواحدة . وينتشر استعمال هذه الطريقة في أجهزة المعدادات والفولتميترات التجارية .

مثال 11.16 :

ماهو اقصى تردد لنبضات البداية يمكن استعماله مع محول A/D اذا كان تردد نبضات التوقيت هو (1 MHz) وان اقصى عد يعده معداد المحول هو 500 عداً ؟

الحل :

ان فترة تردد (1 MHz) هي ($1\mu s$) . لذا فان المحول يحتاج الى ($500\mu s$) لاكمال العد الأقصى . لذلك يجب ان لاتقل فترة تردد المهزاز عن $500\mu s$. او بتعبير آخر ، يجب ان يقل تردد المهزاز عن :

$$\frac{1}{500 \times 10^{-6}} = 2\text{KHz}$$

مثال 11.17 :

استعمل اخراج المحول المذكور في المثال السابق لسياقة شبكات مصباح نكسي . فاذا كان تردد مهزاز نبضة البداية هو (10Hz) ، اوجد النسبة التي يكون فيها المصباح مضيئاً .

الحل :

ان زمن التحويل في المحول هو ($500\mu s$) (أو 0.5 ms) . واثناء زمن التحويل يتغير اخراج المحول ولا تستطيع المصابيح الاستجابة بصورة كاملة حينئذ . ان هذا التغيـــر في الاخراج يحدث مرة في كل (1/10) من الثانية (أي في كل 100ms). لذلك فان اخراج المحول يكون في حالة استقرار لزمن طوله :

$$100 - 0.5 = 99.5 \text{ ms}$$

لذا فان المصابيح تكون مضاءة بصورة كاملة بالنسبة الآتية :

$$\frac{99.5}{100} \times 100 = 99.5$$

وذلك نسبة الى زمن التشغيل الكلي .

اسعافات دراسية :

الخلاصة :

– عملية التحويل D/A هي عملية تحويل مناسيب ادخال رقمية الى فولتية اخراج تناظرية مكافئة ، وتتم هذه العملية بسهولة باستعمال شبكة مقاومات . . ولقد وجد ان السلّم الثنائي يتميز بفوائده على شبكة التجزئة المقاومية . والمحول الكامل يتكون (عادة) من سلّم ثنائي وسجل مراجيح لحفظ معلومات الادخال الرقمية .

– تعتبر الطريقة الاتية في تحويل A/D هي الاسرع ، الا انها تصبح مزعجة اذا زادت دقة التحويل عن بضع ارقام ثنائية . اما المحول A/D ذو المعداد فهو بطيء نسبياً لكنه يمتاز بالدقة العالية التي يمكن الحصول عليها من هذا النوع . ويتفرع من هذا النوع طريقة التحويل المستمر وطريقة التقريب المتعاقب اللتان تؤديان الى سرعة اكبر في عملية التحويل .

– تعتبر المرمزات الضوئية الوسيلة الملائمة لترقيم مواقع العتلات الدوارة (وكذلك العتلات المتحركة بصورة مستوية) . ولتلافي حدوث خطأ الغموض تستعمل رموز كراي لترميز العجلة .

مفردات :

تحويل A/D

عملية تحويل فولتية ادخال تناظرية الى عدد مكافيء من الأخراج الرقمـــي .

تحويل D/A

عملية تحويل عدد من أشارة الأدخال الرقمية الى فولتية اخراج تناظريةمكافئة .

الخطية التفاضلية Differential Linearity :

قياس لتغير حجم فولتية الادخال في محول A/D الذي يؤدي الى تغير حالة المحول الى التي تليها .

الوزن الثنائي المكافىء Equivalent binary weight :

القيمة المعطاة لكل رقم ثنائي في العدد معبرة كجزء من الكل . القيم المعطاة في النظام الثنائي هي حسب التسلسل التالي 8 ,..... 2^n حيث n هو مجموع عدد الأرقام الثنائية.

نظرية ملمان Millman's theory :

تنص هذه النظرية من تحليل الشبكات على أن الفولتية التي تظهر عند أي نقطة التقاء في شبكة مقاومات تساوي مجموع التيارات الداخلة في تلك النقطة مقسوماً على مجموع التوصيات بتلك النقطة ، بحيث أن التيارات قد وجدت على اعتبار أن فولتية النقطة صفراً .

الخطأ الكمي Quantization error :

الخطأ الموجود في المنظومة الرقمية نتيجة حجم الرقم ذى المرتبة الأدنى LSB .

أسئلة للمراجعة :

1. لماذا يعتبر محول D/A عادة كدائرة حل الرموز ؟
2. لماذا يعتبر محول A/D عادة كدائرة ترميز ؟
3. كيف يعين الوزن المكافىء للثنائي ؟
4. اشرح كيفية استعمال نظرية ملمان في ايجاد فولتية الاخراج في دائرة التجزئة المقاومية ؟
5. ماهي فكرة نظرية التراكب ؟ كيف يمكن استعمالها في ايجاد فولتية الاخراج للسلم الثنائي ؟
6. ماهي بعض فوائد السلم الثنائي بالمقارنة مع المجزىء ذى المقاومات ؟
7. ما هي الوتيرية ؟
8. ماهو الفرق بين الأحكام والدقة ؟
9. ما المقصود بالتصريح الآتي : « الدقة والاحكام يجب ان يكونا متناسقين» ؟
10. كيف يعمل محول A/Dالآني ؟
11. اشرح عمل محول A/D ذى المعداد .
12. لماذا يفضل محول A/D ذو المعداد عن النوع الآني وذلك عندما تكون الدقة عالية ؟

13. اشرح لماذا يكون المحول ذو المعداد بطيئاً مقارنة مع النوع الآني .
14. اين تظهر الموجة التدريجية في محول A/D ذى المعداد ؟
15. ما هي علاقة التدرجية بالوتيرية ؟
16. كيف يساعد محول A/D المستمر في زمن التحويل ؟
17. اشرح كيف يمكن التحويل بمحول A/D بدقة(± 1/2 LSB) .
18. لماذا يفضل استعمال محول A/D ذى المعداد المجزىء في الفولتميترات الرقمية ؟
19. اشرح كيف تقوم رموزكراى بحذف اخطاء الغموض في المرمزات الضوئية .
20. اشرح لماذا تجعل او لاتجعل الحلقة الداخلية في ترميز عجلة المرمزات الضوئية تحوى الرقم ذا المرتبة الادنى LSB .

مسائل :

11.1 ما هو الوزن المكافيء للثنائي لكل رقم في دائرة تجزئة مقاومية ذات ارقام ثنائية ؟

11.2 ارسم مخططاً لدائرة التجزئة المقاومية ذات الارقام الستة .

11.3 حقق مناسيب فولتية الاخراج للدائرة المبينة في الشكل (11.5) مستعملا نظرية ملمان . ارسم الدائرة المكافئة ؟

11.4 افرض ان دائرة التجزئة المذكورة في المسألة (11.2) لها فولتية اخراج قصوى تساوي (+ 10V). اوجد مايأتي :

أ- التغير في فولتية الاخراج نتيجة تغير في الرقم LSB .

ب- فولتية الاخراج بالنسبة لادخال 110110 .

11.5 دائرة تجزئة صممت بحيث ان التيار المار خلال المقاومة LSB يساوي(100μA) . اوجد قيمة التيار القصوى خلال المقاومة MSB .

11.6 ما هي القيمة القصوى لفولتية الاخراج في سلم ثنائي ذى 6 ارقام ثنائية علماً بأن (0 = 0V) او (1 = + 10V) ؟ كم ستكون هذه القيمة في سلم ذى 8 ارقام؟

11.7 اوجد فولتية الاخراج في سلم ذي 6 ارقام عندما يكون الادخال :

أ) 101001

ب) 111011

جـ) 110001

11.8 دقق نتائج المسألة (11.7) باضافة تأثيرات كل رقم .

11.9 ماهي دقة محول D/A ذي 12 رقماً يستعمل السلم الثنائي ؟ اوجد الدقة بالفولت اذا كانت قيمة فولتية الاخراج القصوى هي (±10V) .

11.10 كم رقماً ثنائياً نحتاجه في سلم ثنائي كي نحصل على دقة (1mv) في قيمة اخراج قصوى قيمتها (+5V) ؟

11.11 ماهو عدد دوائر المقارنة الذي نحتاجه لتصميم محول A/D آني ذي 5 ارقام ؟

11.12 اعد تصميم مصفوفة الترميز وبوابات القراءة في الشكل (11.20) مستعملاً بوابات (لا و) .

11.13 محول A/D ذو المعداد وذو 12 رقماً اوجد مايأتي عندما يكون تردد نبضة التوقيت (1MHz) :

أ) اقصى زمن للتحويل

ب) معدل زمن التحويل

جـ) سرعة التحويل القصوى .

11.14 ماهو تردد نبضة التوقيت الذي يجب استعماله مع محول A/D ذي المعداد كي يستطيع اجراء مالا يقل عن 7000 تحويلاً في الثانية ، علما بان عدد ارقام المحول هو 10 ؟

11.15 ماهوزمن التحويل في محول A/D ذي 12 رقم ، نوع التقريب المتعاقب عندما يكون تردد نبضة التوقيت (1MHz)؟

11.16 ماهوزمن التحويل في محول A/D ذي 12 رقماً ، نوع المعداد المجزء ، عندما يكون تردد نبضة التوقيت (1MHz) ؟ علماً بأن المعداد قد جزء الى 3 أجزاء متساوية

11.17 ماهي الدقة الكلية المعقولة التي يمكن توقعها من محول A/D ذي 12 رقماً ؟

11.18 ماهي درجة الدقة التي يمكن تحصيلها من مرمز ضوئي ذي 12 رقـــماً ؟ .

11.19 اعد تصميم مرمزكراى الى ثنائي (الشكل 11.32) مستعملاً بوابات (لا و) .

11.20 اعد تصميم مرمزكراى الى ثنائي (الشكل 11.32) مستعملاً بوابات (أو) الحصرية .

الفصل الثاني عشر

الأجهزة المغناطيسية والذاكرات

هناك حجم كبير من الاجهزة والانظمة التي يمكن اعتبارها عناصر رقمية بسبب سلوكها المغناطيسي . فالمادة المطاوعة يسهل مغنطتها باتجاه معين وذلك بتسليط قوة ممغنطة (أى بتسليط فيض مغناطيسي من مرور تيار) ، وتبقى هذه المادة محافظة على مغناطيسيتها حتى بعد زوال المؤثر . وتنقلب حالة المادة الى العكس عند تسليط مغناطيسية باتجاه معاكس . وبهذا نستطيع ضمان خزن المعلومات باتجاهين اثنين لاغير . وفي هذا الفصل نستقصي عدداً من هذه الاجهزة الثنائية .

1- توضيح استعمال الالباب المغناطيسية في خزن المعلومات .

2- توضيح المبادىء الاساسية لذاكرة التيار المتطابق Coincident-Current memory

3- شرح عمل ذاكرة شبه الموصّل باستعمال أى من ثنائي الاقطاب أو أجهزة MOS .

12.1 الالباب المغناطيسية :

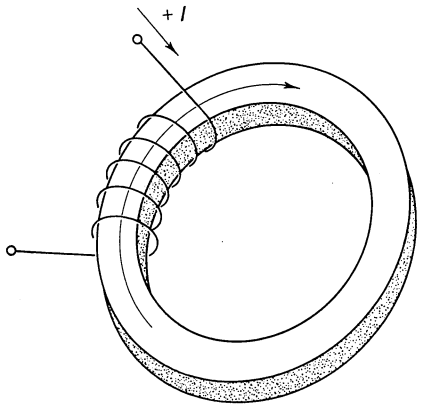
يعتبر اللب المغناطيسي magnetic core أكثر العناصر المغناطيسية استعمالاً «وانتشارا» وهو ذو شكل حلقي أنبوبي كما يُرى في الشكل (12.1)ويُبنى عادة باحدى طريقتين . قلب الشريط المعدني metal – ribbon core يُنشأ من شريط معدني خفيف يُلف على لب من الفخار . يكون سمك الشريط $\frac{1}{8}$ مل(*) (4 – 79) من سبيكة المولبيد نوم (ويعرف بالشريط الرقيق جداً) (**) . واللب القياسي قد يتكون من 20 لفة من هذا الشريط تلتف على قطعة فخار ذات قطر 0·2 انجاً .

أما الطريقة الثانية فيبنى اللب من خامة حديدية ferrite core تتألف من خليط مسحوق من حجر المغناطيس magnetite ، ومعادن ثنائية كالمغنيسيوم أو المنغنيز ، وغلاف معدني . يضغط هذا المسحوق في قالب ثم يحرق . اثناء الحرق يتحول هذا المسحوق الى مادة صلبة ، متجانسة ، متعددة البلورات . وتكون هذه الالباب عادة ذات قطر خارجي

(*) المل الواحد = $\frac{1}{1000}$ من الأنج .

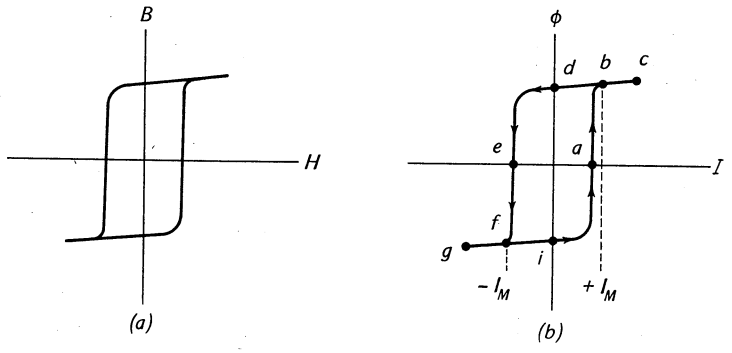
(**) المولبيدنوم عنصر فلزي يرمز له (مو) يشترك في سبيكة ذات نفاذية مغناطيسية عالية . (المعربان)

يقدر بـ 50 مل وقطر داخلي يقدر بـ 30 مل . ولألباب الطريقة الثانية افضلية على الباب الاولى لصغر حجمها ، وتجانسها وكلفتها الاقل . كما لها مقاومة تزيد على 10^5 اوم – سم بمعنى ان الخسارة الناتجة من التيار الدوامي eddy current صغيرة جداً يمكن اهمالها وبذلك تقل كمية الحرارة أيضا . ولهذه الاسباب جميعاً ، فان هذه الالباب واسعة الاستعمال في الحاسبات الضخمة كعناصر خزن او ذاكرة



الشكل (12 . 1) : لب مغناطيسي

من جانب آخر ، فان الباب الشريط المعدني تمتاز بخواص جيدة جداً ، ولا تحتاج الا الى تيار قليل لسوقها . ولهذا يفضل استعمالها في بناء الدوائر المنطقية وسجلات الأزاحة ولمعرفة الخواص الثنائية لمثل هذه الالباب نختبر المنحنى التخلفي hysteresis curve للب قياسي . والتخلف hystersis جاء من كلمة أغريقية هي hysterein والتي تعني التأخر . واللب المغناطيسي يكشف عن خاصية التأخر كما يبين ذلك في الشكل (2.12 a). في هذا الشكل ، فان كثافة الفيض المغناطيسي (B) magnetic flux density رسمت كدالة للقوة المغناطيسية (H) magnetic force . وما دامت كثافة الفيض B تتناسب طرديا مع الفيض ϕ ، والقوة المغناطيسية H تتناسب مع التيار المنتج لها I ، فان المنحنى الراسم للعلاقة بين ϕ مقابل I سيكون له الصفات نفسها (الشكل 12.2 b) . وسيكون موضوع نقاشنا هنا على هذا المنحنى لسهولة الحديث بهذه الكميات (I و ϕ) .



شكل (12. 2) : منحنى تخلف اللب المطاوع (a) كثافة الفيض المغناطيسي B .

مقابل المجال المغناطيسي H (b) الفيض المغناطيسي ϕ مقابل التيار I

والآن لنفرض أن مصدراً للتيار ربط بملفات اللب المبين في الشكل (12.1) ، وان تياراً موجباً قد سلط (أي أن التيار يسري في الطرف الاعلى من الملف) . فان مرور التيار هذا سينتج فيضاً مغناطيسياً باتجاه عقارب الساعة كما في الشكل المذكور (تذكر قاعدة اليد اليمنى) . فاذا كان التيار المار أعلى قليلاً من I_m (الشكل 12.2) ، فان نقطة العمل operating point لهذا اللب ستقع بين النقطتين b و c للمنحنى ϕI ، لتقرأ قيمة الفيض بالتالي من المحور ϕ للشكل المذكور .

عند ازالة التيار ، فان نقطة العمل ستتحرك من النقطة b الى d . في هذه الحالة يخزن اللب طاقة بدون اشارة ادخال لوجود بقية من فيض في اللب .

وبتكرار تسليط نبضات تيار موجب ، فان ذلك سيؤدي بنقطة العمل للتحرك بين النقطتين d و c على المنحنى ϕI ، مع ملاحظة ان نقطة العمل تعود للاستراحة في النقطة d عند زوال التيار .

فاذا ماسلطنا تياراً سالباً اكبر قليلاً من $-I_m$ (أي باتجاه معاكس لاتجاه التيار في الشكل 12.1) . ، فان نقطة العمل ستنحدر من النقطة d خلال e الى نقطة ما تقع بين f و g . عند هذه النقطة يكون اللب قد غير اتجاهه ليصبح عكس عقارب الساعة . وعند زوال التيار فان استراحة نقطة العمل Operating point ستكون في (الشكل 12.2) لاحظ أن للفيض القيمة نفسها تقريبا ولكن بعكس الاتجاه السابق . وهذا يعني ان اللب قد تمغنط بالاتجاه المعاكس .

وتكرار تسليط تيار سالب سيقود بنقطة العمل للتحرك بين g و h على المنحنى والاستراحة عند زوال التيار في النقطة h حيث تمثل هذه النقطة ، نقطة الاستراحة الثانية على المنحنى.

باختصار ، فان للب حالتين : الاولى عند النقطة d بعد تسليط نبضة او عدة نبضات موجبة . وفي النقطة h عند تسليط نبضة أوعدة نبضات سالبة . في لب الشكل (12.1) تعني نقطة d التمغنط باتجاه عقارب الساعة ، والنقطة h التمغنط عكس اتجاه عقارب الساعة.

مثال 12.1 :

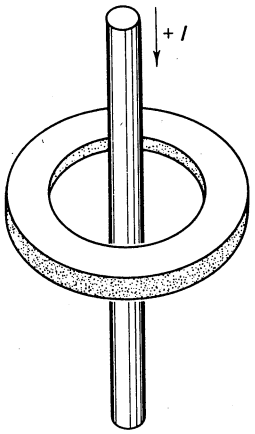
بالامكان مغنطة الالباب بالاستفادة من المجال المحيط بسلك يمر فيه تيار ، وذلك برصف الالباب حول السلك . عين اتجاهي تمغنط اللب المقابلة لاتجاهي مرور تيار في سلك الشكل (12.3) .

الحل :

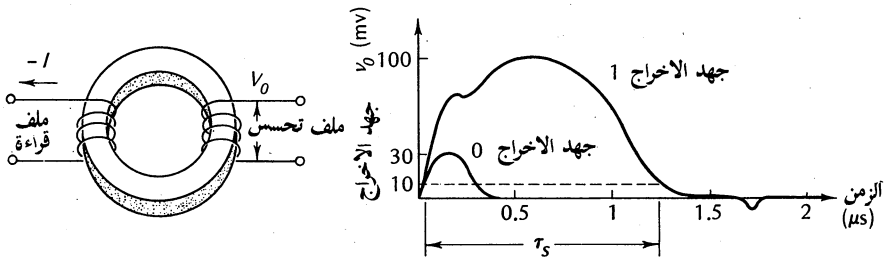
استنادا الى قاعدة اليد اليمنى ،فان التيار (+I) يمغنط اللب باتجاه عقارب الساعة ، والتيار (− I) يمغنطه بعكس اتجاه عقارب الساعة .

اصبح من الواضح الآن معرفة استخدام اللب المغناطيسي كجهاز خزن ثنائي للنظم الرقمية. فاللب له حالتان ، الحالة الاولى 1 والثانية 0 . ويتم الاختيار افتراضاً ليس الا . ولاغراض النقاش فحسب ، اصطلحنا ان نعرف النقطة d بـ 1 والنقطة h بـ 0 . هذا يعني ان التيار الموجب سيسجل 1 نتيجة فيض مغناطيسي باتجاه عقارب الساعة كما في الشكل (12.1) وان التيار السالب سيسجل 0 نتيجة فيض مغناطيسي معاكس .

حصلنا اذن لحد الان على وسيلة لتسجيل 1 و 0 في اللب ، لكننا لم نزل نبحث عن وسيلة لقراءة او اكتشاف المعلومات المخزونة في اللب . وثمة تقنية سهلة جداً لاجراء ذلك بتسليط تيار على اللب الذي يغيره الى حالة معروفة ثم اكتشاف كمية التغير الناتجة في الفيض . خذ لب الشكل (12.4) كمثال على ذلك . فتسليط تيار سالب (–I) سيغير حالة اللب الى 0 . فاذا كان الـ 0 مخزوناً فيه سابقاً ، فان نقطة العمل ستتحرك بين النقطتين g و h على المنحنى ϕI (الشكل 12.2) ، لتنتج تغيراً طفيفاً في الفيض . هذا التغير الطفيف سيولد فولتية صغيرة على اطراف ملف التحسس sense - winding . من جانب آخر ، اذا كان اللب قد خزن 1 ، فان نقطة العمل ستتحرك من d الى h على المنحنى ϕI محدثة تغيراً كبيراً في الفيض ومولدة فولتية كبيرة على اطراف ملف التحسس ، وبذلك نكتشف وجود الـ 1 .



الشكل (12.3)



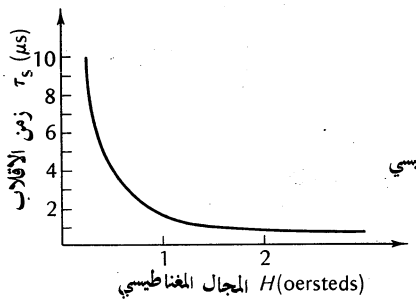
الشكل (12.4) : تحسّس المعلومات في اللب

باختصار ، نستطيع اكتشاف محتويات اللب بتسليط نبضة قراءة read pulse بصفر اللب ، عند ذلك نختبر الفولتية المتولدة ، فاذا كانت كبيرة استنتجنا ان اللب كان يحتوي على 1 ، والعكس 0 . لاحظ ان بالامكان شحن اللب بتسليط تيار قراءة قدره (I+) والكشف عن جهد الاخراج الاكبر عند ملف التحسس لمعرفة الصفر .

والفولتية الظاهرة على ملف التحسس للب نموذجي تبدو في الشكل (12.4) ، كما يبدو الفرق في الفولتية بين الحالتين ، اذ يقدر بـ 3 الى 1 لحالتي الـ 1 والـ 0 لذا يمكن اكتشاف الـ 1 باستعمال مضخم ذي مميز ارتفاع بسيط simple amplitude discrimination غير ان هذه الطريقة لا تكفي في النظم الرقمية كالحاسبات الالكترونية ذات الذاكرة الضخمة ، لان فولتية اخراج الـ 0 سيزداد حجمها لعدة عوامل (لان الالباب تتراكم

على اسلاك مشتركة) . في مثل هذه الحالة ، فان مميز الارتفاع يستعمل جنباً الى جنب مع تقنية خاصة strobing technique . وهنا ، حتى لو زاد ارتفاع فولتية اخراج الـ 0 فان حجمها لن يزيد الزيادة نفسها . وهذا يعني ان فولتية اخراج الـ 0 سوف تتدهور بشكل تصبح فيه فولتية اخراج الـ 1 متميزة . فاذا ماوصلنا مضخم القراءة لبعض الوقت بعد تسليط نبضة القراءة (أي بين 0.5 الى 1.0 مايكروثانية في الشكل. 12.4) فان هذه العملية ستحسن قدرة الاكتشاف لاريب .

يعرف زمن الاقلاب (t_s) switching time للب ، بأنه الزمن اللازم لفولتية الاخراج للتحرك من عشرة بالمائة نحو اعلى قيمة ، رجوعاً الى العشرة بالمائة ثانية (الشكل 12.4) .زمن الاقلاب هذا لاي لب هو دالة التيار الماركما في الشكل (12.5) يلاحظ من المنحني ان زيادة التيار تقود الى تقليل زمن الاقلاب . وبصورة عامة فان زمن الاقلاب للب مايعتمد على الحجم الفيزيائي لذلك اللب ، ونوعه ، والمواد المستعملة في انشائه والطريقة المستعملة . ويكفي ان نعرف ان الالباب المتوفرة حالياً يتراوح زمن اقلابها من حوالي 0.1 مايكروثانية الى اجزاء من ميللي ثانية وبتيار تتراوح قيمته من 100 ميللي أمبير الى أمبير واحد .



الشكل (12.5) : خواص زمن الاقلاب في الملف المغناطيسي

12.2 منطق اللب المغناطيسي :

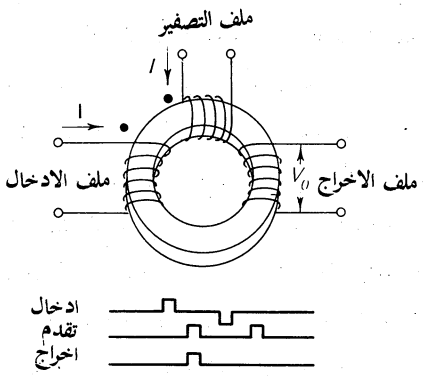
مادام اللب المغناطيسي يعتبر عنصراً ثنائياً اساسياً ، لذا يستعمل في عدد من الدوال المنطقية المختلفة . وبسبب خشونته الفطرية ، لذا يمكن استعماله كعنصر منطقي في مختلف الاجواء كالاماكن التي ترتفع فيها درجات الحرارة والتي يكثر فيها الاشعاع مثل المركبات الفضائية .

ومادام اللب جهازاً يستخدم للخزن ، والكشف عن محتوياته يتم من خلال تصفيره فان أي نظام منطقي يستعمل هذه الالباب يجب ان يكون نظاماً حركياً . ويبين الشكل (12.6)

أسس استعمال اللب كعنصر منطقي . فادخال 1 الى اللب يمثل بتيار موجب (I +) يمرر خلال ملف الادخال input winding ليشحن باتجاه عقارب الساعة . وثمة نبضة متقدمة advance pulse تحدث في ملف التصفير بعد تلاشي نبضة الادخال ، فيتم خلالها اجراء العملية المنطقية . في هذا الوقت تماماً يجبر اللب على التحول الى الصفر لتظهر نبضة على ملف الاخراج تشير الى ان محتويات اللب كانت 1 . ظهور هذه النبضة يؤدي الى مرور تيار يستفاد منه كادخال الى ألباب اخرى .

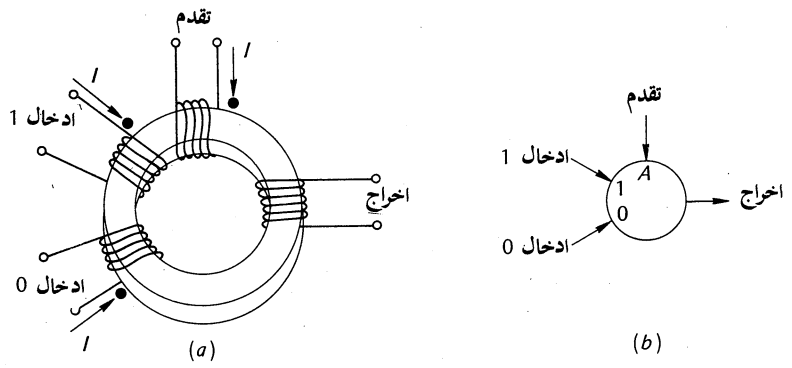
ولاشك في ان هناك خسارة في الطاقة عند الاقلاب في اللب ، لهذا السبب يزداد عدد دورات ملف الأخراج عن ملف التصفير وملف الادخال لتسهيل مهمة سياقة لب او عدة ألباب اخرى .

ينبغي ملاحظة ان تحويل اللب الى الصفر يتم بتسليط تيار سالب (I –) على ملف الادخال او . بتسليط تيار موجب (I +) في الجانب غير المنقط من ملف الادخال . المهم هو ان الـ 1 او الـ 0 يمكن خزنهما في اللب بامرار التيار المناسب في الموقع المناسب من ملف الادخـال .



الشكل (12.6) : المنطق الأساس للّب المغناطيس

ولتبسيط النقاش واشكال المنطق ، سوف نتبنى الرموز الخاصة باللب وملفاته المرسومة في الشكل (12.7) فنبضة في ملف الادخال 1 تضع اللب في حالة 1 ، ونبضة في ملف الادخال 0 تصفر اللب . وخلال النبضة المتقدمة سينفسح المجال لظهور نبضة على طرف الاخراج عندما يكون اللب خازناً لـ 1 . والان لنأخذ بنظر الاعتبار الدوال المنطقية الاساسية في رمز الشكل (12.7) .

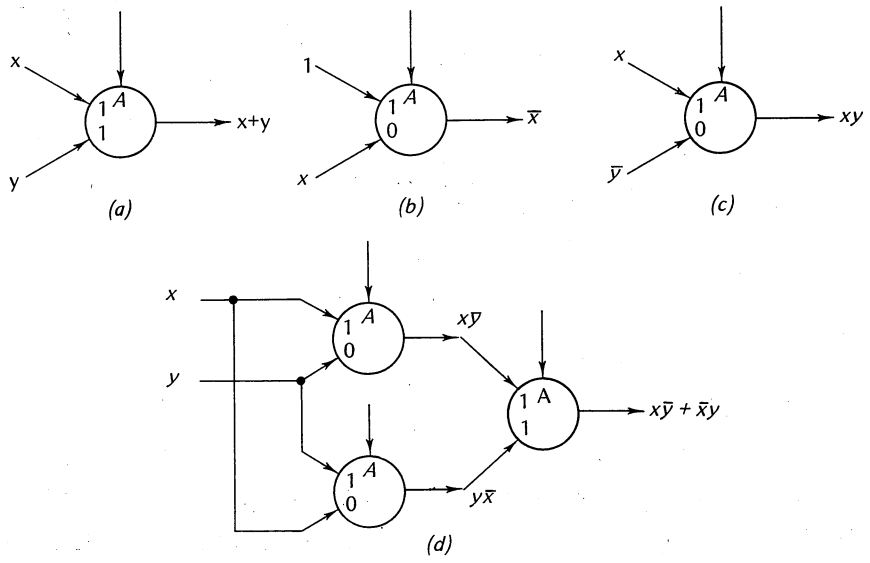


الشكل (12.7) : منطق اللب المغناطيسي (a) ملفات اللب (b) الرمز المنطقي

في الشكل (12.8 a)طريقة لاستخدام وظيفة (أو) . فنبضة تيار في ادخالي x او y ستضع اللب في حالة 1 . وبعد فترة من دخول النبضة او النبضات وانقطاعها ، تتدخل نبضة متقدمة ، فتفسح المجال لظهور نبضة اخراج في حالة واحدة فقط ، عندما يكون اللب قد خزن 1 سابقاً . لاحظ ان هذا بالضبط عمل (او) اذ تضع اللب في 1 عند مرور نبضة من x او y اوكليهما .

في الشكل (12.8 b) طريقة للحصول على متمم لمتغير . فالملف الاول يكون 1 دائماً . هذا يعني انه خلال نبضة الادخال فان هذا الملف سيمرر تياراً لتغيير حالة اللب الى 1. فاذا لم يكن ثمة تيار يمر في الادخال x (اي ان x يساوي 0) ، فان اللب سيكون في الحالة 1 . بعدئذ ، وعند حدوث نبضة متقدمة ستظهر نبضة في ملف الاخراج مشيرة الى ان x يساوي 1 . بالمقابل ، اذا كان ادخال x يساوي 1 ، فان تياراً سيمر خلال زمن التغيير الى 1 ، يؤدي الى ان يلغي التيار ان احدهما الاخر ، فيبقى اللب مصفراً (متذكرين ان اللب يتصفر عند حدوث نبضة متقدمة) . في هذه الحالة لا تظهر نبضة في الاخراج مادام اللب مصفراً ، وهذا يعني ان x يساوي 0 .

في الشكل (12.8c) طريقة لتبيين وظيفة (و) . فالادخالان هما x و $\bar{y}$ ، وهناك اربع حالات لهذين الادخالين ، سنحاول اختيارها بالتفصيل .



الشكل (12.8) : الوظائف الأساسية لمنطق اللب (a) أو (b) اتمام (c) و (d) أو– الحصرية

أ– كل من x و y يساوي صفراً : مادامت x تساوي 0 ، فان اللب لايمكن ان يكون 1 . ومادامت y تساوي 0 فان $\bar{y}$ تساوي 1 وعندئذ يتصفر اللب . لذا فان الادخال بشكله هذا سيصفر اللب اي ان اللب سيخزن صفراً .

ب– عندما x تساوي 0 و y تساوي 1 : مادامت x تساوي 0 ، فان اللب لايمكن ان يخزن 1 ومادامت y تساوي 1 فان $\bar{y}$ تساوي 0 . في هذه الحالة ليس هناك من تيار ادخال في كلا الملفين ، وبالتالي فان اللب لايغير حالته ، فيبقى على الصفر بسبب نبضة متقدمة سابقة .

جـ– عندما x تساوي 1 و y تساوي 0 : التيار المار في ملف x سيحاول وضع اللب في حالة 1 . بينما يحاول $\bar{y}$ الذي يساوي 1 تصفير اللب . فيتنازع التياران ليلغي احدهما الاخر ، فيبقي اللب مصفراً ، لمرور نبضة متقدمة سابقة .

د– عندما x تساوي 1 و y تساوي 1 : مادامت $\bar{y}$ تساوي 0 فان x ستضع اللب في حالة 1 وبالتالي تتحول حالة اللب الى 1 .

باختصار ، فان الادخالين x (و) $\bar{y}$ هما الصيغة التي تعود اللب الى حالة 1 . اما وظيفة (او) الحصرية فتظهر الشكل (12.8 d) ، اذ ان اخراجي اللبين اللذين يقومان بوظيفة (و) يدخلان لبا ثالثاً يقوم بوظيفة (او) .

مثال 12·2 :

ارسم جدول الواقع لوظيفة (او) الحصرية في الشكل (12.8d) .

الحل :

x	x	$x\bar{y}$	$\bar{x}y$	$x\bar{y} + \bar{x}y$
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	0

احدى مشاكل منطق اللب تظهر في عمل (او) الحصرية في الشكل (12.8 d) . وهي مشكلة الزمن اللازم لازاحة المعلومات من لب الى اخر . ففي مثل هذه الحالة ، فان الادخالين x و y يظهر في الزمن t_1 ولبي (و) يتصفران او يتحولان الى 1 في هذا الوقت . عند الزمن t_1 تتسلط نبضة متقدمة على لبي (و) ، حيث يستعمل اخراجاهما لوضع اللب (او) في حالة1بعدئذ وعند الزمن t_3 تتسلط نبضة متقدمة على اللب (او) ليظهر الاخراج الاخير . واضح اذن ان زمن التنفيذ سيمتد طولا لتعقد المنطق .

والمشكلة الثانية مع هذا النوع من المنطق هي في ضرورة ان تكون نبضات الادخال ذات حجم واحد بالضبط . واهمية هذه المشكلة تظهر بالذات في حالتي (و) و (الاتمام) مادامت اشارتا الادخال تلزمان في وقت واحد لكي يتم الالغاء ، والا ، وعند اختلاف حجم احدى الاشارتين ، فان اللب قد يحتوي بعد اختفاء نبضات الادخال على معلومات مغلوطة

نعود لنذكر بأنه لاجراء عملية الاقلاب في اللب من حالة الى اخرى . فان العملية تحتاج الى اقل تيار يقدر بـ I_m ، يطلق عليه احياناً اسم التيار المختار Select current . فترتيب اللب في الشكل (12.8 a) يمكن استعماله في وظيفة (و) اذا مررنا نصف التيار المختار في كل من ادخالي x و y اي ($\frac{1}{2}I_m$) . في مثل هذه الحالة ، لايتغير اللب الى 1 الا عند حضور كل من x و y لتموين اللب بتيار كامل . من ذلك نستطيع انشاء وظائف منطق اللب اعتماداً على فكرة نصف التيار المختار ، وهي فكرة على غاية من الاهمية، اذ انها تشكل اساساً لنوع من الذاكرات الضخمة التي سنأتي على مناقشتها في هذا الفصل .

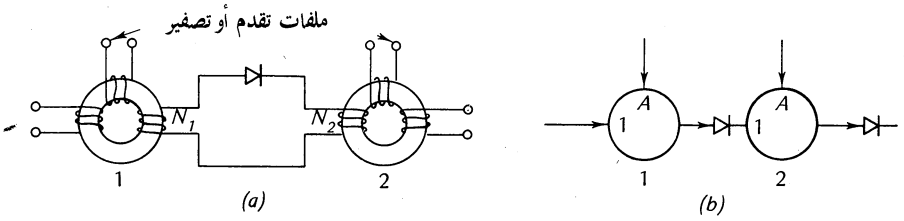
12.3 سجلات الازاحة ذات اللب المغناطيسي :

خلصنا في القسم السابق الى ان اللب المغناطيسي يعرض على الاقل خاصيتين من خواص المرجاح . الاولى ، في انه جهاز ثنائي قادر على خزن المعلومات الثنائية . والثانية ، ان له القدرة على التحويل الى 1 والتصفير . ومن ثم يبدو معقولا انشاء سجلات الازاحة او المعداد الحلقي من الباب مغناطيسية . وسنركز في هذا القسم على التقنيات والاحتياجات التي تتخذ في استعمال الالباب المغناطيسية .

والفكرة الرئيسية تقوم على اساس ربط اخراج اللب المغناطيسي بادخال اللب التالي فعند شحن او تصفير لب ما ، فان الاشارة الظاهرة على طرف اخراجه ستستعمل لشحن او تصفير اللب التالي . هذا النوع من الربط بين الالباب الذي يرسمه الشكل (12.9) يطلق عليه اسم (دارة تحويل الثنائي المفرد single - diode transfer transfer loop) .

ثلاث مشكلات تحتاج الى حل عند استعمال طريقة (دارة تحويل الثنائي المفرد) . اولاها ، كمية الكسب gain خلال اللب . وهذه المشكلة شبيهة بالمشكلة السابقة ، ولها حل مشابه . اي يمكن التغلب على الخسارة في الاشارة خلال اللب بزيادة عدد دورات ملف الاخراج عن ملف الادخال . وهذا يضمن لاشارة الاخراج القدرة الكافية على سوق اللب التالي .

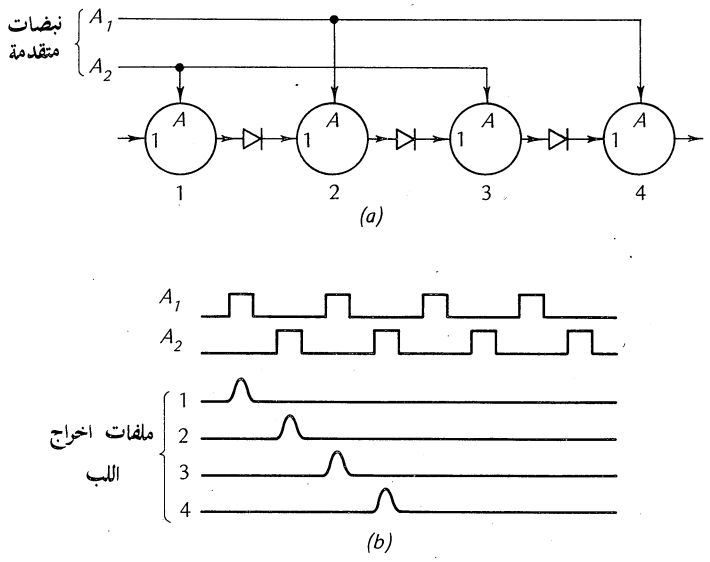
والمشكلة الثانية هي مشكلة قطبية اشارة الاخراج ، الاشارة التي تظهر على طرف الاخراج عند شحن اللب او تصفيره. هاتان الاشارتان لهما قطبية متعاكسة ، ولكل منها القابلية على اقلاب اللب التالي . بصورة عامة ، من المرغوب فيه اعطاء الفاعلية لواحدة من الاشارتين دون الاخرى ، ويتم ذلك باستعمال الثنائي المبين في الشكل (12.9) . في هذا الشكل ، يسمح الثنائي بتمرير التيار الناتج في ملفات الاخراج وبالتالي يشحن اللب التالي وذلك عند تحول اللب من حالة الـ 1 الى الصفر . وبالمقابل ، وعند انتهاء شحن اللب ، فان الثنائي سيمنع سريان التيار الى اللب التالي . مع ملاحظة امكانية القيام بعمل العكس بعكس الثنائي فقط .



الشكل (12.9) : دارة تحويل الثنائي المفرد (a) الدائرة (b) التمثيل الرمزي

أما المشكلة الثالثة فتنبع من حقيقة أن تصفير اللب رقم 2 سيخلق تياراً في الملف N_2 الذي يمر من خلال الثنائي فيشحن اللب رقم 1 . وهذا يقود الى انتقال المعلومات بالاتجاه المعاكس وهو أمر غير مرغوب فيه . ولحسن الحظ ، فإن حل المشكلة الاولى (مشكلة الكسب) يقود الى حل لهذه المشكلة . وذلك انه مادام عدد دورات الملف N_2 أقل من عدد دورات الملف N_1 ، فإن هذه الاشارة المعكوسة لن تكون لها القدرة الكافية لاقلاب اللب رقم 1 . وبفهمنا لأساس دارة تحويل الثنائي المفرد ، نستطيع تقصي عمل سجل الازاحة ذى اللب البسيط .

في الشكل (12.10) الرمز المختار لسجل الأزاحة ذى اللب المغناطيسي . يبدو فيه طاقمان من الملفات المتقدمة لازاحة المعلومات الى نهاية الخط . كما يبدو ان النبضات المتقدمة تحدث بالتناوب . فالنبضة المتقدمة A_1 ترتبط بالالباب 1 و 3 وبكل الالباب الفردية في السجلات الضخمة . بينما ترتبط النبضة المتقدمة A_2 بالباب 2 و 4 وبكل الالباب الزوجية الاخرى ان وجدت . فاذا افترضنا ان جميع الالباب مصفرة ماعدا اللب رقم 1 ، فمن الواضح اذن ان النبضات المتقدمة ستقوم بازاحة هذا الـ 1 من لب الى اخر وحتى النهاية بعد أن يتصفر اللب رقم 4 ثانية .



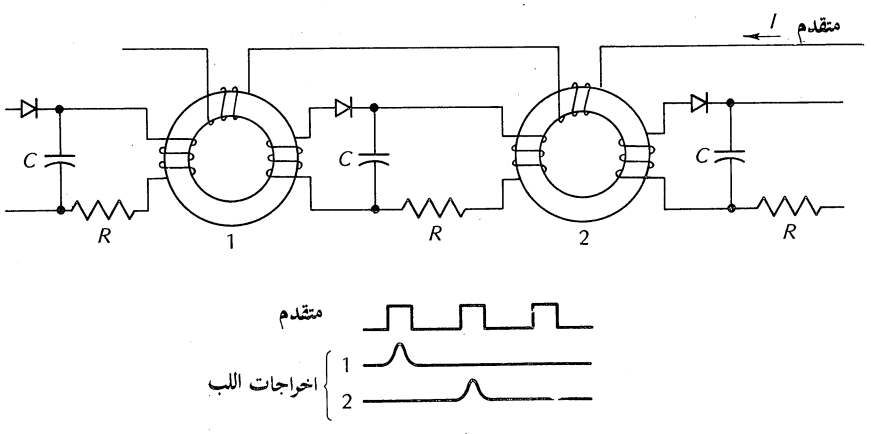
الشكل (12.10) : سجل ازاحة ذي أربعة ألباب (a) الدائرة الرمزية (b) الموجات

وتجرى العملية كالاتي : أول نبضة من A_1 ستصفر اللب رقم 1 وتشحن اللب رقم 2 تتبعها نبضة A_2 التي تصفر اللب رقم 2 وتشحن اللب رقم 3 نبضة A_1 التالية ستصفر اللب رقم 3 وتشحن اللب رقم 4 ، لتأتي بعد ذلك نبضة A_2 الثانية لتصفر اللب رقم 4 وتطرد 1 خارجاً لاحظ ان وجود هذين الطورين من النبضات المتقدمة ضروري ، مادام تصفير أو شحن اللب لايتم بحضور نبضة متقدمة .

ويمكن استعمال اخراج ملف اللب كادخال الى مضخم لانتاج الموجات المبينة في الشكل (12.10 b) لاحظ انه بعد اربع نبضات متقدمة فان الـ 1 يزحف خلال السجل ، ليصبح خط الاخراج مصفراً بعد ذلك .

وقد تنتفي الحاجة الى استعمال ساعة ذات طورين او نظام النبضة المتقدمة اذا ماتم احداث تأخير مابين اخراج كل لب وادخال اللب التالي . فاذا كان التأخير أكبر من حجم النبضات المتقدمة والحادثة بين كل زوج من الالباب ، فبالامكان سوق كل لب بالنبضة المتقدمة نفسها مادام اخراج كل لب لايصل الى ادخال اللب التالي الا بعد اختفاء النبضة المتقدمة .

وثمة طريقة لاحداث هذا التأخير مبينة في الشكل (12.11) ، فارتفاع النبضة المتقدمة يقدر باضعاف أقل ارتفاع لازم لاقلاب الالباب ، وبالتالي ستتصفر كل الالباب . فاذا كان مصفراً مسبقاً ، فليس هناك من اشارة تظهر على ملف الاخراج . وبالمقابل ، اذا كان اللب في حالة 1 مسبقاً ، فان تياراً سيسرى في ملف الاخراج لشحن المتسعة . كما سيسري تيار خلال ملف الادخال للب التالي ، الا انه تيار صغير بسبب وجود المقاوم ، وسيقضى عليه بقيمة النبضة المتقدمة . على كل حال ، فعند انقطاع النبضة المتقدمة تبقى المتسعة C مشحونة . لذا تبدأ C بالتفريغ خلال ملف الادخال والمقاوم R ، فتشحن اللب رقم 2 الى الحالة 1 .



الشكل (12.11) : سجل ازاحة لبّي يستعمل المتسعة للتأخير بين الألباب

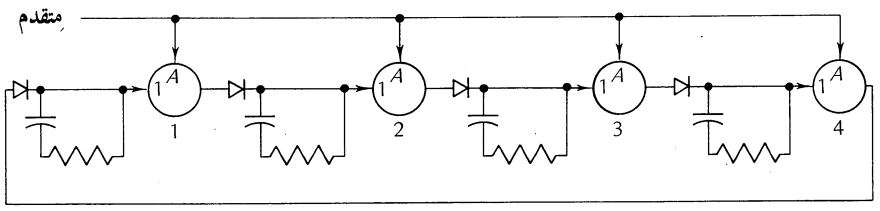
في هذا النظام ، لايهتم كثيراً بارتفاع النبضة المتقدمة ، بقدر مايكون الاهتمام كبيرا في تطابق حجم النبضة المتقدمة مع ثابت الزمن RC . فاذا كان حجم النبضة المتقدمة كبيراً جداً ، اواذا كان ثابت الزمن RC صغيراً جداً ، فان المتسعة ستفرغ معظم شحنتها خلال زمن النبضة المتقدمة وبالتالي لاتستطيع شحن اللب التالي عند انقطاع النبضة . لذا فقد يحدد ثابت الزمن RC التردد العالي للعملية ، ومن ثم ينبغي ملاحظة ان تصفير اللب سيولد تياراً في ملف الادخال باتجاه يقود الى تفريغ المتسعة . يطلق على هذا الترتيب الانف الذكر اسم سجلات اللب الواحد للرقم الواحد one - core - per - bit . وهناك طرائق عدة (لامجال لشرحها هنا) تتضمن السجلات والمعدادات ، وللقارىء ان يرجع الى مصادر متقدمة لهذا الغرض . من هذه الطرائق ، نظم اللبين للرقم الواحد two - one - per - bit ونظم النبضة المتقدمة المعدلة modified - advance - pulse ، ونظم ملف اللب المعدل modified - winding - core ، ونظم ملف اللب المشطور split - winding - core ونظم تحويل مسارات التيار Current - routing - transfer .

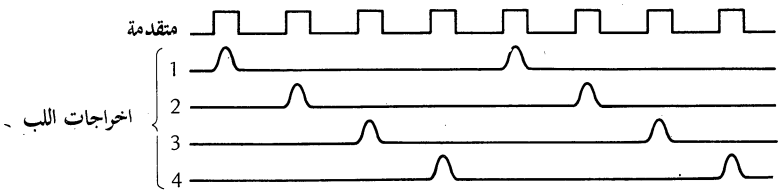
مثال 12.3 :

باستخدام رموز اللب وتقنيه تأخير المتسعة ، ارسم مخططاً لمعداد حلقي من اربع مراحل . مع الموجات المتوقعة .

الحل :

يمكن تشكيل المعداد من سجل ازاحة بسيط بربط اخراج اللب الاخير بادخال اللب الاول . هذا النظام مع موجاته المتوقعة يبينها الشكل (12.12) .



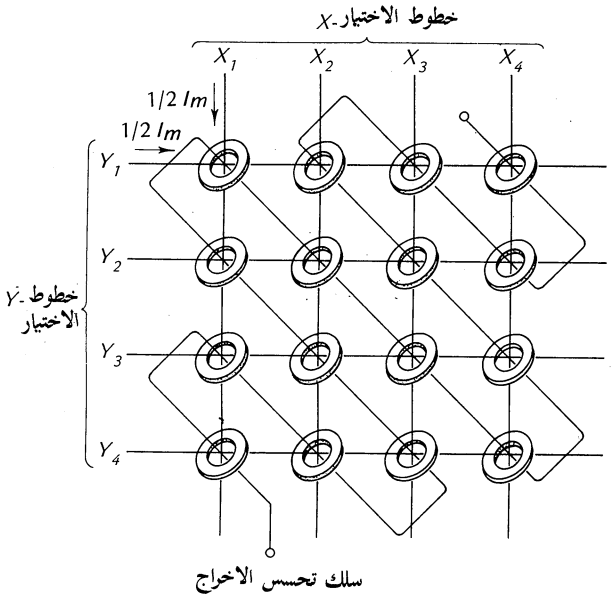


الشكل (12.12) : معداد حلقي ذو أربع مراحل للمثال (12.3)

12.4 ذاكرة التيار المتطابق :

سجل الازاحة ذو اللب المغناطيسي المشروح في القسم السابق اقترح امكانية استعمال منظومة من الالباب المغناطيسية لخزن كلمات المعلومات الثنائية . ومثلاً على ذلك ، فان سجلاً ذاعشرة الباب مغناطيسية يمكنه خزن كلمة ذات عشرة أرقام ثنائية . وتتم العملية حسب تسلسل سجل الازاحة ذى المراجيح العشرة المشروح سابقاً ، وبالتحديدات ذاتها في السرعة اي ان الرقم الذي سيسافر من لب الى لب اخر على طول السجل سيلزمه n من مدد التوقيت لادخال او اخراج كلمة ذات n رقماً . زمن الازاحة هذا قد يطول في بعض الحالات ، ومن ثم تقتضي الحاجة طريقة اسرع ، تجيء من قراءة اوكتابة المعلومات بصورة متوازية . اذ تعالج كل الأرقام آنياً في مدة زمنية واحدة وهذا يقتضي بدوره أن يكون لكل لب سلك ادخال واخر للاخراج . ولكن مشكلة هذه الطريقة هي في العدد الهائل من الاسلاك ، وبالتالي ينبغي البحث عن شكل آخر لمعالجة هذا الامر .

والطريقة الأكثر شيوعا في خزن المعلومات الثنائية بشكلها المتوازي باستعمال الالباب المغناطيسية ، هي تلك التي تدعى بنظام سوق التيار المتطابق coincident - current drive system هذا النوع من الذاكرات يستعمل في كل انواع النظم الرقمية ابتداء بالحاسبات ذات الاغراض العامة الصغيرة الحجم وانتهاء بالأنظمة الكبيرة الحجم . واصل الفكرة يقوم على ترتيب الالباب على شكل مصفوفة matrix واستعمال نصفي التيار المختار كما في الشكل (12 · 13) .



الشكل (12.13) : ذاكرة التيار المتطابق

هذه المصفوفة تتكون من طاقمين من اسلاك السوق : اسلاك السوق x (العمودية) واسلاك السوق Y (الافقية) . مع ملاحظة ان كل لب في المصفوفة منسوج بسلك من اسلاك x وآخر من أسلاك y . أفرض ان نصف التيار المختار $\left(\frac{1}{2} I_m\right)$ قد سرى في السلك x_1 والنصف الآخر في السلك y_1 . لذا فان التيار الكلي المار في اللب ذي السلكين x_1 و y_1 يساوي :

$$\frac{1}{2} I_m + \frac{1}{2} I_m = I_m$$

وهو كاف للتأثير على حالة اللب . اما بقية الالباب المنسوجة على خطي x_1 و y_1 ، فسيمر خلالها نصف التيار فقط ، ومن ثم لن تتغير حالتها . ونكون بذلك قد نجحنا في اقلاب لب من 16 لبا باختيارنا لخطين معينين (واحد من x والآخر من y) . ونطلق على اللب لتعريفه أسم اللب $x_1 y_1$ مادام انه تأثر بالخطين x_1 و y_1 ، وهو مايسمى بالعنوان address لأنه يعين موقعه . وهكذا يكون بامكاننا اقلاب أي لب $x_a y_b$ ذي عنوان $x_a y_b$ بامرار نصفي التيار المختار في الخطين x_a و y_b . ومثلاً على ذلك ، اللب الواقع في اسفل الزاوية اليمنى من المصفوفة ذو العنوان $x_4 y_4$ حيث يمكن اقلابه بتمرير نصف التيار المختار في الخط x_4 والنصف الثاني في الخط y_4 .

وعند تعيين اللب المقترح ، ينبغي ان يكون اتجاها التيارين المارين خلاله بمسار يعطينا حاصل مجموع التيارين لا حاصل طرحهما ، اذ ان حاصل الطرح سيعطينا صفراً فلا تتغير من جراء ذلك حالة اللب . وهنا يستفاد من تطبيق قاعدة اليد اليمنى ، فتيار الخط x ينبغي ان يمر من الاعلى الى الاسفل (الشكل 12.13) وتيار الخط y من اليسار الى اليمين ، هذه الحالة من السريان ستقود الى تغيير حالة اللب الى 1 ، وعكس ذلك سيؤدي الى تصفيره .

بهذه الطريقة نمتلك القدرة على اقلاب أي لب من الالباب الستة عشر باختيار سلكين من ثمانية أسلاك لاغير ، وبذلك نقتصد 50 بالمائة من عدد الاسلاك فيما لو اتبعنا طريقة الاختيار المتوازي المباشر . وتزداد نسبة الاقتصاد هذه كلما زاد حجم المصفوفة . في المصفوفة ذات الالباب المئة مثلا (مصفوفة مربعة ذات 10 الباب في كل صف) . نختار سلكين من 20 سلكاً لتعيين اللب المطلوب . وهذا يمثل نسبة توفير قدرها 5 الى 1 مما هو عليه في طريقة الاختيار المتوازي المباشر .

عند هذه النقطة نحتاج الى تطوير طريقة لتحسس محتويات اللب ، وذلك بامرار سلك واحد للتحسس sense wire في كل لب من الباب المصفوفة وما دام اللب المختار ينقلب

في وقت معين ، فان اي اخراج على سلك التحسس سيأتي نتيجة لتغير حالة اللب المختار ، وسنعرفه بالتحديد لمعرفتنا السابقة لعنوانه ، مع ملاحظة ان سلك التحسس سيمر خلال نصف الالباب باتجاه معين ويمر خلال النصف الثاني باتجاه معاكس . وبالتالي فان اشارة الاخراج ستأتي موجبة تارة وسالبة تارة أخرى . ولهذا السبب يتضخم الاخراج الناتج من سلك التحسس ويقوم rectified لانتاج نبضة اخراج ذات قطبية واحدة .

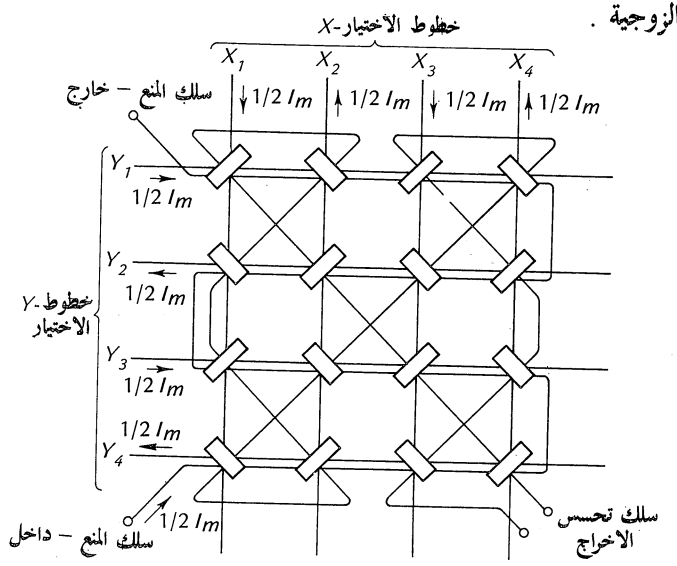
مثال 12.4 :

من وجهة نظر انشائية ، تبدو مصفوفة الشكل (12.14) أكثر وضوحاً . بين الاتجاهات الضرورية لنصفي التيار المختار في x و y لكي تقوم المصفوفة بعملها بشكل أمثل .

الحل :

اللب $x_1 y_1$ يشابه زميله تماما في الشكل (12.13) . لذا فان التيار النازل من x_1 والتيار المتجه يمينا من y_1 سيغيران حالة اللب $x_1 y_1$ الـ 1 . ولشحن اللب $x_1 y_2$ ينبغي امرار تيار نازل من الخط x_1 . والتيار الآخر ينبغي ان يمر من يمين الخط y_2 الى يساره (طابق ذلك مع قاعدة اليد اليمنى) . وبالتقدم في هذا المضمار ، سنجد ان اللب $x_1 x_3$ مشابه للب $x_1 y_1$ حيث يمر تيار الخط y_3 من اليسار الى اليمين . وان اللب $x_1 y_4$ مشابه للب $x_1 y_2$ حيث يمر التيار في الخط y_4 من اليمين الى اليسار . وبصورة عامة ، يجب ان يكون التيار من اليسار الى اليمين في خطوط y الفردية ، ومن اليمين الى اليسار في خطوط y الزوجية .

وبالطريقة نفسها نقول : ان التيار يجب ان يتجه الى أسفل في خطوط x الفردية ، والى أعلى في خطوط x الزوجية .



الشكل (12.14)
مصفوفة ذاكرة التيار المتطابق
(سطح واحد)

في مصفوفة الشكل (12.14) سلك اضافي لم نكن قد شرحناه من قبل . يسمى بسلك المنع inhibit wire . ولفهم عمله ووظيفته ، نختبر اولاً طرائق كتابة المعلومات على المصفوفة وقراءتها منها .

لكتابة 1 على أي لب (أي لشحن اللب) من الضروري تمرير تيار يساوي ($\frac{1}{2} I_m$) في كل من خطي x و y للعنوان . وعند كتابة 0 على اللب يسلط التيار نفسه باتجاه معاكس . ونستطيع ايضاً كتابة الصفر على أي لب بمجرد استعمال سلك المنع المرسوم في الشكل (12.14) (مفترضين أن جميع الالباب ابتدأت مصفرة) . لاحظ بأن تمرير ($\frac{1}{2} I_m$) في سلك المنع هذا وبالاتجاه المرسوم في الشكل سيؤدي الى الغاء تيار الخط y (كما يلغي تيار الخط X) . لهذا السبب ، لانحتاج عند كتابة 0 على اللب الا الى اختيار عنوان اللب على الـ 1 ، و تمرير تيار منع inhibit current في سلك المنع . والسبب الاهم وراء كتابة 0 بهذه الطريقة اصبح واضحاً لاننا نستعمل سطوح المصفوفة لتشكيل ذاكرة كاملة

وللاختصار ، نكتب 1 على اي لب $x_a y_b$ بتمرير ($\frac{1}{2} I_m$) الى خطي X_a و Y_b كما يمكن كتابة 0 ، وذلك بتمرير ($\frac{1}{2} I_m$) في خط المنع في الوقت نفسه (فيما اذا كانت جميع الالباب مصفرة ابتداء) .

ولقراءة معلومات مخزونة في اي لب ، نمرر تياراً سالباً قدره ($-\frac{1}{2} I_m$) الى خطي X و Y المناسبين ، ثم نكتشف الاخراج من سلك التحسس . هذا التيار سيصفر اللب ، فان كان يحمل 1 سابقاً فان نبضة اخراج ستظهر ، وبعكسه لاتظهر اية نبضة في الاخراج . هذا اذن ، نظام كامل لاختيار التيار المتطابق لمستوى واحد . لاحظ ان قراءة المعلومات من الذاكرة تؤدي الى خسارة هذه المعلومات وذلك لتصفر المعلومات بعد اجراء القراءة .

يطلق على هذا النظام اسم نظام القراءة المدمرة destructive readout system او باختصار DRO . وكل مستوى في المصفوفة يخزن رقماً واحداً من كل كلمة ، ولخزن كلمة ذات n من الأرقام الثنائية فاننا نحتاج الى n من هذه المستويات .

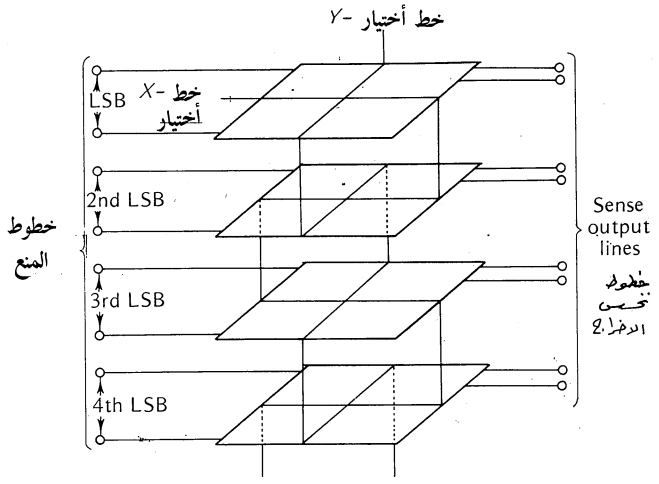
ويمكن انشاء نظام كامل لذاكرة التيار المتطابق المتوازية بترتيب مستويات الذاكرة الاساسية بالطريقة المبينة في الشكل (12.15) . حيث ترتبط كل خطوط x بالتوالي من مستوى الى الاخر ، كذلك الامر بالنسبة لخطوط y وهذا يعني ان تسليط التيار المختار الى كل من الخطين x_a و y_b سيقود الى اختيار اللب $x_a y_b$ في كل مستوى من مستويات الذاكرة . وبهذه الطريقة نستطيع اقلاب n من الالباب آنياً ، حيث ان n تمثل عدد المستويات ، وهي تمثل في الوقت نفسه حجم الكلمة . ومثلاً على ذلك نستطيع القول بأن المستوى الاعلى هو

المستوى الذي يمثل كل رقم فيه الرقم الادنى LSB من الكلمة . وان المستوى الاسفل يمثل الرقم الاقصى MSB .

ونكرر القول بأنه عند قراءة المعلومات نمرر نصف التيار المختار السالب للعنوان المناسب ثم نتحسس الاخراج من سلك التحسس ، مع التذكر بأن عملية القراءة تصفر الكلمة .

ولكتابة المعلومات في الذاكرة ، نمرر نصف التيار المختار الى كل من الخطين x و y لاغير ولتصفير بعض الالباب مثلاً ، نمرر نصف التيار المختار في سلك المنع في الوقت نفسه . ومثلاً على ذلك كتابة 1001 في المستويات الاربعة العليا من الشكل (12.15) فاننا نمرر نصف التيار المختار الى كل من الخطين x و y . وفي الوقت نفسه نمرر التيار المختار في خطوط المنع التابعة للمستويين الثاني والثالث .

هذه الطريقة في الكتابة تفترض تصفر الالباب ابتداء . ولهذا السبب حان الوقت لتعريف دورة الذاكرة memory cycle . فدورة ذاكرة واحدة هي عملية قراءة متبوعة بعملية كتابة . وهذا الامر يخدم غرضين : الاول ، التأكد من ان جميع الالباب في حالة 0 خلال عملية الكتابة . والثاني ، يضع القواعد اللازمة لتصميم نظام القراءة غير المدمرة nondestructive readout او باختصار NDRO .



الشكل (12.15) : نظام كامل لذاكرة التيار المتوافق

وليس من السهل خسارة البيانات المخزونة في الذاكرة بعد كل قراءة . ولهذا السبب اوجد نظام NDRO . واحدى الطرائق التي تحقق هذه الوظيفة هي قراءة المعلومات من الذاكرة وخزنها بصورة موقتة في سجل (يتكون من مراجيح مثلا) . ثم يستفاد من اخراج

هذه المراجيح لسياقة خطوط المنع خلال عملية الكتابة اللاحقة (وذلك بامرار التيار في سلك المنع عند كتابة 0 وعدم امرار التيار في سلك المنع عند كتابة 1) . لذا فان دورة الذاكرة الاساسية تتيح لنا تشكيل ذاكرة NDRO من ذاكرة DRO.

مثال 5 – 12 :

اشرح كيف تنشأ ذاكرة تيار متطابق لها القدرة على خزن 1024 كلمة ، كل كلمة تتكون من 20 رقماً .

الحل :

مادام للكلمة 20 رقماً ، فان الذاكرة ستتكون من 20 مستوى (مستوى واحد لكل رقم) ولخزن 1024 كلمة نحتاج الى مستويات مربعة لها في كل صف 32 رقماً ، وفي كل عمود 32 رقماً ايضا . اذ :

$$(1024)^{1/2} = (2^{10})^{1/2} = 2^5 = 32$$

هذه الذاكرة ستخزن اذن هذا العدد من الارقام :

$$1024 \times 20 = 20{,}480$$

كما قد تحتل حجماً لا يزيدعن 3 انجات مكعبة . لاحظ ان لهذه الذاكرة القدرة على اقلاب اي لب من الـ 20,480 لباً بتوجيه التيار من خلال 84 سلكاً (32 سلكاً لخطوط x ، و32 لخطوط Y ، و20 سلكاً لخطوط المنع) . وهو عدد معتدل من اسلاك السيطرة .

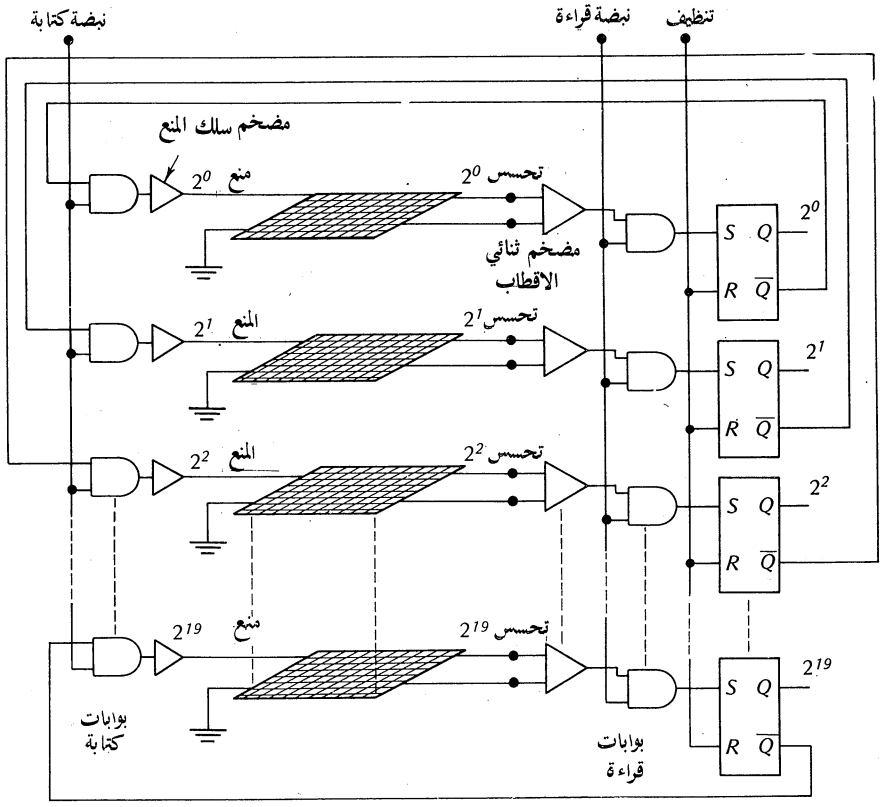
مثال 12.6 :

اوجد طريقة لصنع ذاكرة من نوع NDRO مشتقة من ذاكرة المثال السابق .

الحل :

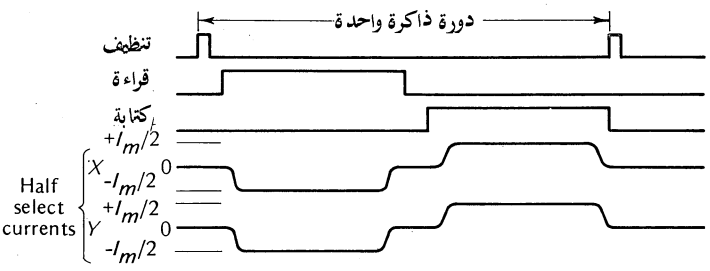
في الشكل (12.10) احدى الطرائق التي تحقق ذلك . منظومة الالباب الرئيسية تتكون من عشرين مستوى ذي 32×32 لباً . وللسهولة فقد اقتصرنا في هذا الشكل على المستويات الثلاثة الدنيا LSB والمستوى الاقصى MSB ، اذ ان بقية المستويات مشابهة لهذه المستويات من حيث التسليك والعمل . وللتوضيح حذفنا خطوط X و Y . اخراج سلك التحسس لكل مستوى يغذي مضخماً ثنائي الاقطاب الذي يقوم ويضخم الاخراج بحيث تظهر نبضة موجبة عند تصفير لب مشحون .ودورة الذاكرة الكاملة تتكون من دورة تصفير clear cycle تعقبها نبضة قراءة فنبضة كتابة . اما الموجات فتظهر في الشكل (12.17) . نبضة التصفير هذه تصفر كل المراجيح اولا (يمكن توليد هذه النبضة من الحافة الهابطة لنبضة الكتابة) . عند صعود نبضة القراءة ، فان جميع بوابات (و) المساقة من المضخات الثنائية الاقطاب ستنشط . بعيد صعود نبضة القراءة ، فان نصف التيار المختار السالب $(-\frac{1}{2} I_m)$ لخطي x و y سيحدد عنوان الكلمة التي ستقرأ. هذا الشيء

سيصفر جميع الباب الكلمة وكل لب يحتوي على 1 سينقلب الى الصفر ، كما يولد في الوقت نفسه نبضة في سلك التحسس تضخم على شكل نبضة موجبة في اطراف اخراج المضخمات الثنائية الاقطاب . وما دامت بوابة (و) المناسبة نشيطة ، فان النبضة الموجبة ستعبر بوابة (و) هذه لتشحن المرجاح . بعيد ذلك مباشرة تختفي انصاف التيار المختار . فينحدر خطا القراءة (اي يتصفران) ، اما المراجيح فستحتوي على البيانات التي كانت مخزونة قبل قليل في الالباب المحددة . الا ان خط الكتابة سرعان ما يصعد مما يؤدي الى تنشيط بوابات (و) الخاصة بالكتابة (المربوطة بخط المنع) ، وبوابات (و) التي ستنشط هي تلك التي ترتبط بالطرف $\overline{Q}$ من كل مرجاح يحتوي على قيمة 0 (يكون عالياً في هذه الحالة) . بهذه الطريقة فان تيار منع سيمر الى كل لب كان يحمل الصفر . وبعيد صعود نبضة الكتابة ، فان نصفي التيار المختار الموجبين سيمران خلال خطي yوx نفسيهما فيشحنان كل لب لم يمر فيه تيار . وبذلك يعاد نقل المعلومات التي خزنت في المراجيح الى الالباب ذاتها . بعد ذلك يختفي نصفا التيار المختار ، ويهبط الى الصفر خط الكتابة . هبوط خط الكتابة يستعمل لتصفير المراجيح ، فيتهيأ النظام لدورة قراءة / كتابة تالية ، وهكذا .



شكل (12.16) : نظام NDRO للمثال (12.6)

نظام الذاكرة NDRO المشروح في المثال المتقدم يهيىء الوسائل لقراءة المعلومات من النظام دون اية خسارة . وللحصول على نظام ذاكرة كامل ، يجب ان تكون لنا القدرة على كتابة المعلومات في الالباب من مصادر خارجية (مثل البيانات الداخلة) . وتتحقق عملية الكتابة بالاستفادة من موجات NDRO نفسه ، وذلك باضافة بوابات الى النظام لخزن البيانات المنشودة في الالباب من المراجيح خلال نبضة القراءة . ويتحقق ذلك بسهولة باضافة طاقم ثان من بوابات (و) تستعمل لشحن المراجيح . المخطط المنطقي لهذا النظام مرسوم في الشكل (12.18) . وللسهولة ، يكتفى بمستوى الـ LSB لتشابه الباقي معه .



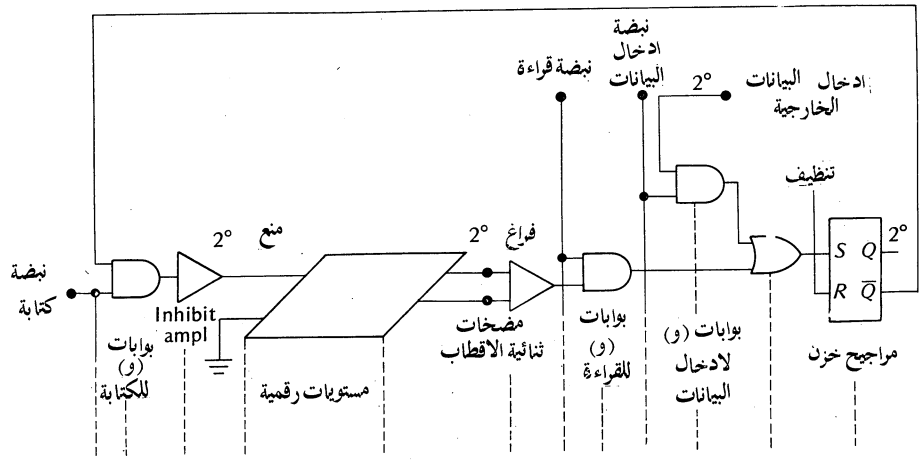
الشكل (12.17) : موجات موجات NDRO للشكل (12.16) (قراءة من الذاكرة)

ولنظام الذاكرة الكامل عمليتان متميزتان . الاولى ، الكتابة في الذاكرة (اي ، خزن بيانات خارجية في الالباب) ، والثانية ، القراءة من الذاكرة (اي ، التقاط البيانات من الالباب واستعمالها في مكان اخر) . لهاتين العمليتين يجب توليد موجات سيطرة . فموجات القراءة من الذاكرة مشابهة تماماً لتلك في الشكل (12.17) ، اما احداثها فتتلخص بما يأتي :

أ— نبضة التصفير تصفر كل المراجيح .

ب— خلال نبضة القراءة ، جميع الالباب المحددة تتصفر ، ومن ثم تنتقل البيانات المخزونة فيها الى المراجيح بواسطة بوابات (و) للقراءة .

جـ— خلال نبضة الكتابة ، يعاد نقل البيانات المخزونة في المراجيح موقتاً الى البابها الاولى وذلك بتمرير انصاف التيار المختار (يسيطر على تيارات المنع بالاطراف $\overline{Q}$ من المراجيح المصفرة لخزن 0 في الالباب) .



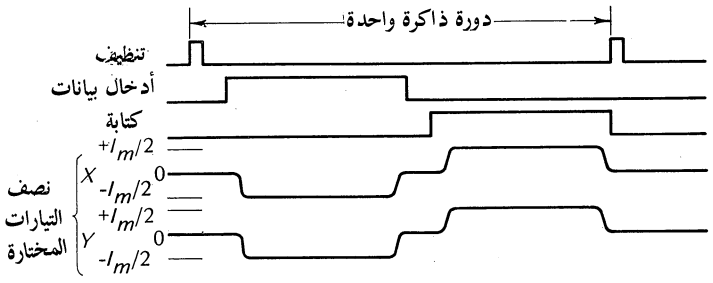
الشكل (12.18) : نظام كامل لذاكرةNDRO(السطح الأدنى فقط)

اما موجات الكتابة في الذاكرة فهي شبيهة بموجات الشكل (12.17) ماعدا استبدال نبضة القراءة بنبضة ادخال البيانات . اما احداثها فترى في الشكل (12.19) . وتلخص بما يأتي :

أ. نبضة التصفير تصفر المراجيح .

ب. خلال نبضة ادخال البيانات ، فان نصفي التيار المختار السالبين يصفران الباب العنوان المطلوب . اطراف اخراج اللب لاتستعمل مادامت بوابات (و) للقراءة عاجزة . بالمقابل فان البيانات الخارجية ستشحن المراجيح من خلال بوابات (و) للادخال .

جـ. خلال نبضة الكتابة ، فان البيانات المخزونة في المراجيح ستنتقل عائدة الى البابها السابقة .



الشكل (12.19) : موجات NDRO للشكل (12.18) – الكتابة في الذاكرة

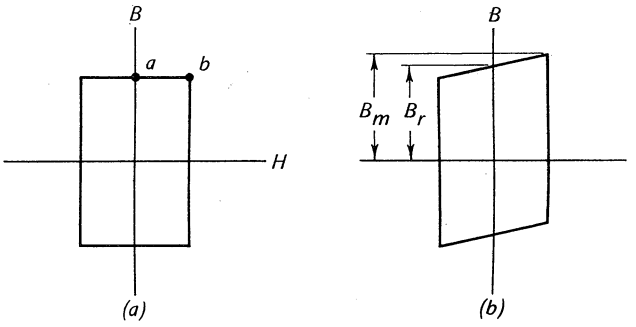
في النتيجة ، رأينا ان عمليتي الكتابة في الذاكرة والقراءة من الذاكرة متشابهتان باستثناء البيانات المخزونة في المراجيح . كما ان الموجات متشابهة عند استعمال نبضات القراءة وادخال البيانات ، ولها زمن الدورة الكلي نفسه .

الا ان هناك عدداً من العقبات تدخل في حساب هذا النوع من النظم أهمها ، ان سلك التحسس ينسج كل لب في المستوى ، وما دام الامر كذلك فان عدداً من الاشارات غير المرغوب فيها ستظهر على هذا السلك . ويعود سبب ظهور هذه الاشارات الى ان مرور نصف التيار المختار في عدة الباب في المستوى سيؤدي الى تغير طفيف في الفيض .

غير ان الوضعية الهندسية للالباب وتسليكها في الشكل (12.13) تمثل محاولة لتقليل الضوضاء الظاهرة على سلك التحسس بواسطة الغاء بعضها للبعض الآخر . فالاشارات المتولدة في خطي x و y سيلغي بعضها بعضاً مادام ان سلك التحسس يتقاطع في اتجاهات متعاكسة بالعدد نفسه من المرات .

زيادة على ذلك ، فإن سلك التحسس يميل بزاوية قدرها 45 درجة بالنسبة لخطي x و y المختارين . وبالتشابه ، فان الاشارات الضوضائية المتولدة في سلك التحسس من الاقلاب الجزئي للالباب التي تستلم نصف التيار المختار سيلغي بعضها البعض الاخر . مع الاخذ بنظر الاعتبار بان جميع الالباب متشابهة تماما .

والطريقة الاخرى لتحديد حجم الضوضاء الناتجة من الالباب التي تستلم نصف التيار المختارة يجب ان يمتلك اللب فيها منحنى BH مستطيل الشكل كما في الشكل (12.20). في هذه الحالة فان نقطة العمل لهذا اللب ستنتقل من النقطة a الى النقطة b على المنحنى . ومادام اعلى المنحنى افقيا فليس ثمة تغير في الفيض ، وبالتالي ليس هناك اشارة ممقوتة تظهر على سلك التحسس . وهذا بالطبع منحنى مثالي لايمكن الحصول عليه واقعيا وقياس نوعية اللب تعطى بنسبة تربيعية squareness ratio وتساوى $\frac{Br}{Bm}$ حيث ان Br تمثل كثافة الفيض في النقطة الباقية . و B_m كثافة الفيض في نقطة الاقلاب (لاحظ الشكل 12.20 b) ، والقيمة المثالية لهذه النسبة هي 1.0 ، ولكن القيمة الواقعية لها تتراوح بين 0.9 الى 1.0 .



الشكل (12.20)
منحنيات التخلف (a) مثالي
(b) عملي (واقعي)

12.5 عنونة الذاكرة :

نستقصي في هذا القسم وسائل تنشيط خطي x و y لتجهيز نصفي التيار المختار لاقلاب الالباب في الذاكرة . وقبل كل شيء ، ومادام الامر يحتاج من 100 الى 500 ميللي امبير لكل خط (أي أن I_m يقع عادة بين القيمتين 100 و 500 ميللي امبير) . فان كل خط يجب أن يساق بمضخم تيار . وثمة صنف خاص من الترانزستورات قد طور لهذا الغرض يطلق عليه اسم سائقو اللب core drivers في اوراق البيانات . وما يحتاج اليه لايتعدى الوسائل اللازمة لتنشيط مضخم سائق اللب المناسب .

الى هنا ، كنا قد عرفنا خطوط x بـ x_1 ، x_2 ، x_3 ... x_n وخطوط y بـ y_1 ، y_2 ، y_3 ... y_n ، وفي المصفوفة المربعة ، تمثل n عدد الالباب في كل صف أو عمود . أي يوجد n^2 من الالباب في المستوى الواحد . فاذا ما نظمت هذه المستويات في حزان ذي M من المستويات ، حيث تمثل M عدد الارقام في الكلمة الواحدة ، فان هذه الذاكرة ستكون قادرة على خزن n^2 من الكلمات ذات M من الارقام . كما يمكن استعمال أي زوج من خطوط الاختيار لقراءة اوكتابة كلمة في الذاكرة ، عنوان هذه الكلمة هو $x_a y_b$ تمثل عمود الالباب الذي يتقاطع فيه خطاً x_2 و y_3 ، وبالتالي نستطيع القول بأن عنوان هذه الكلمة هو 23 . لاحظ ان أول رقم من اليسار يمثل الخط x والرقم الثاني الخط y . ويمكن اصطلاح عكس ذلك اذا اقتضى الأمر . غير ان هذه الطريقة في عنونة مواقع الذاكرة – برغم استقرارها – لاتخلو من مشكلة : ففي النظام الرقمي لاتستعمل من الارقام غير 1 و 0 . ومادام الأمر كذلك ، فان حل هذه المشكلة ليس عويصاً ، فالعنوان 23 يمكن تمثيله بشكله الثنائي كما يلي : 010 011 . فاذا مااستخدمنا ثلاثة ارقام ثنائية لـ x وثلاثة اخرى لـ y . فنستطيع عنونة أي كلمة في ذاكرة تتسع لـ 64 ، كلمة او اقل . وذلك – ببساطة – لأنه بثلاثة ارقام ثنائية يمكن تمثيل ثمانية ارقام عشرية ، أي :

$$8 \times 8 = 64$$

فاذا مااخترنا عنوانا بثمانية ارقام ثنائية ، اربعة منها لـ x والاربعة الباقية لـ y ، فيمكن معرفة سعة الذاكرة (بالكلمات) كما يأتي :

$$2^4 \times 2^4 = 16 \times 16 = 256$$

وبصورة عامة ، فانه يمكن تعريف حجم الذاكرة المربعة من العنوان ، فاذا كان العنوان ذا B من الارقام فان حجم الذاكرة هو 2^B من الكلمات ، حيث يوجد (B/2) من الارقام لـ

X و (B/2) من الارقام لـ Y . ولهذا السبب تسهل معرفة ان سعة الانظمة الضخمة لذاكرة التيار المتطابق تعتمد الاس الزوجي للرقم 2 .

مثال 12.7 :

ماذا سيكون تركيب العنوان الثنائي لنظام ذاكرة ذى سعة 1024 كلمة ؟

الحل :

مادام 2^{10} يساوي 1024 ، لذا فان كلمة العنوان ستتكون بالضرورة من عشرة ارقام ثنائية . الخمسة الاولى تستعمل لتمثيل 32 خطاً لـ X ، والخمسة الثانية لتمثيل 32 خطا لـ Y .

مثال 12.8 :

لنظام الذاكرة المشروح في المثال السابق ، ماهو العنوان العشرى للعناوين الثنائية الآتية :

(أ) 10110 00101

(ب) 11001 01010

(ج) 11110 00001

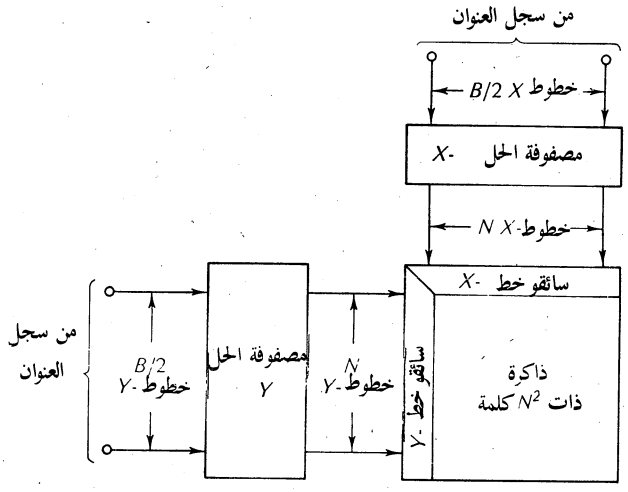
الحل :

(أ) أول خمسة ارقام هي لـ X وتقابل العشري 22 . والارقام الخمسة الثانية هي لـ Y وتقابل العشري 5 ، لذا فان العنوان هو $X_{22}\ Y_5$.

(ب) الثنائي 11001 يعادل العشري 25 ، والثنائي 01010 يمثل العشري 10 ، لذا فان العنوان سيكون $X_{25}\ Y_{10}$.

(ج) العنوان العشري هو $X_{30}\ Y_1$.

العنوان ذو الـ B من الأرقام الثنائية يخزن عادة في النظام الرقمي في مجموعة من المراجيح يطلق عليها سجل العنوان address register . والعنوان بشكله الثنائي يجب أن يُحلّ الى شكله العشري لسوق مضخمات خطّي X و Y المبينة في الشكل (12.21) . ومصفوفتا الحل لـ X و Y المبينتان في الشكل المذكور متشابهتان وهما في الواقع دوائر حل رموز الثنائي الى العشري ، وقد شرحت في الفصل العاشر .



الشكل (12.21) : عنونة ذاكرة التيار المتطابق

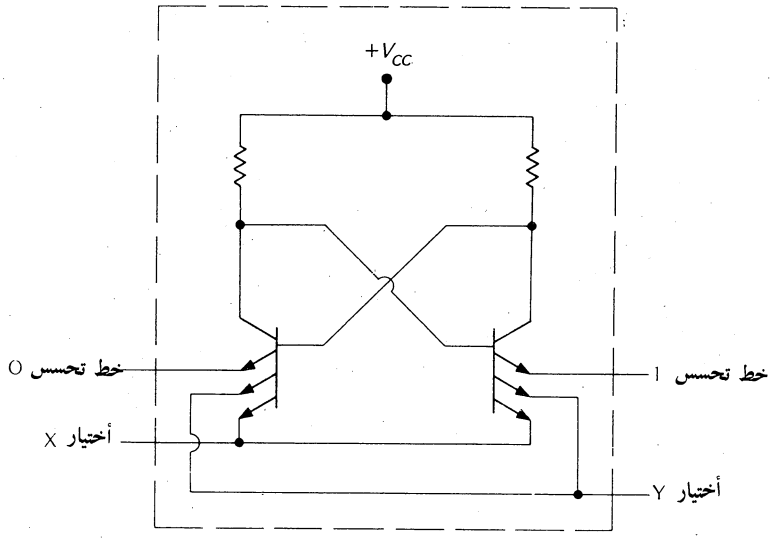
12.6 ذاكرات اشباه الموصلات ثنائية الاقطاب :

من ثمار التقدم التقني استعمال اشباه الموصلات في بناء الذاكرات لتحقيق أهداف علمية واسعة منها ، تقليص الكلفة والحجم ، وتحسين النوعية والتسريع في التنفيذ ، وزيادة كثافة التعليب . والذاكرة الثنائية الاقطاب bipolar بنيت باستعمال الترانزستور الثنائي الاقطاب ، بينما استعمل الـ MOSFET في ذاكرة MOS . وفي هذا القسم سنشرح خواص الذاكرات الثنائية الاقطاب . لنشرح ذاكرات MOS في القسم الآتي

تعرف خلية الذاكرة memory cell بانها الوحدة القادرة على خزن المعلومات الثنائية، ووحدة الذاكرة الاساسية في ذاكرة شبه الموصل الثنائي الاقطاب هي المرجاج المبين في الشكل (12.22) . ويتم اختيار الخلية بارتفاع خطي الاختيار X و Y . بينما سلكا التحسس يعودان من خلال مضخمات التحسس ذات المقاومة القليلة الى الارض . فاذا احتوت الخلية على 1 مر التيار في سلك التحسس 1 وان احتوت الخلية على 0 مر التيار في سلك التحسس 0 .

ولكتابة المعلومات في الخلية ، يبقى الخطان X و Y عاليين ومعهما سلك التحسس 0 عالياً أيضاً ($+V_{cc}$) بينما يؤرض سلك التحسس 1 ، فتؤدي هذه الوضعية الى كتابة 1 في الخلية بالمقابل ، فان رفع سلك التحسس 1 الى ($+V_{cc}$) وتأريض سلك

التحسس 0 يؤدي الى كتابة 0 في الخلية . وخلية الذاكرة الثنائية الاقطاب الاساسية في الشكل (12.22) تستعمل لخزن رقم ثنائي واحد bit ، ولذا نحتاج الى عدة خلايا من هذا النوع لبناء الذاكرة .



الشكل (12.22) : دائرة خلية ذاكرة ثنائية الاقطاب

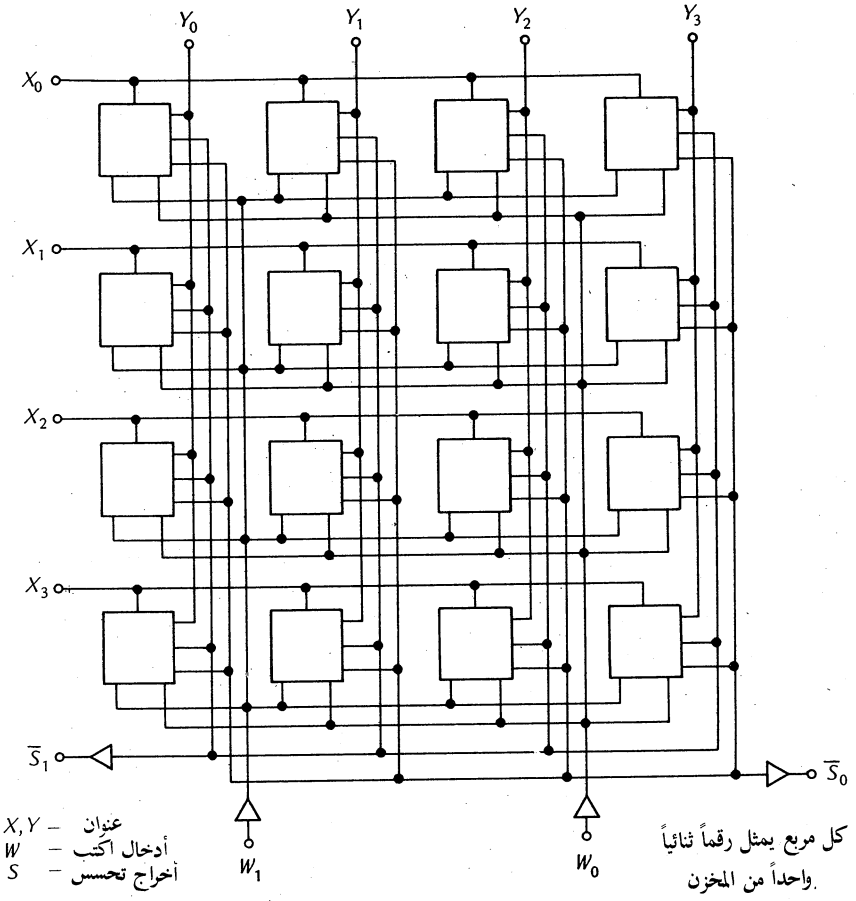
فاذا مارتبت ست عشرة خلية مرجاح من نوع RS (كما في الشكل 12.22) في مصفوفة من 4 في 4 لتشكلت ذاكرة ذات 16 كلمة ، لكل كلمة رقم واحد كما في الشكل (12.23) . ويطلق على هذا النوع من الذاكرة أسم ذاكرة الوصول العشوائي random access memory وتختصر بـ RAM اذ أن كل رقم فيها يعنون باختيار الخطين المناسبين من X و Y . وهي ذاكرة لاتتلف معلوماتها عند قراءتها لأن عملية القراءة لاتغير حالة المرجاح المختار . وتعرف هذه الذاكرة تجاريا برقاقة مفردة (في علبة واحدة) كما ترى في الشكل (12.24 a) . ولانشاء ذاكرة ذات 16 كلمة ، كل كلمة تتكون من اكثر من رقم واحد ، فان ذلك يحتاج الى تكديس هذه الوحدات الاساسية . كاستعمال ست رقائق لانشاء ذاكرة ذات 16 كلمة ذات ست ارقام كما في الشكل (12.24 b) . وتربط خطوط عنوان X و Y على التوازي . والوحدات المعروضة في الشكلين (12.23) و (12.24) مكافئة لـ : (9033 أو 5033) من Texas Instruments 9033 and Fairchild 43407

مثال 12.9 :

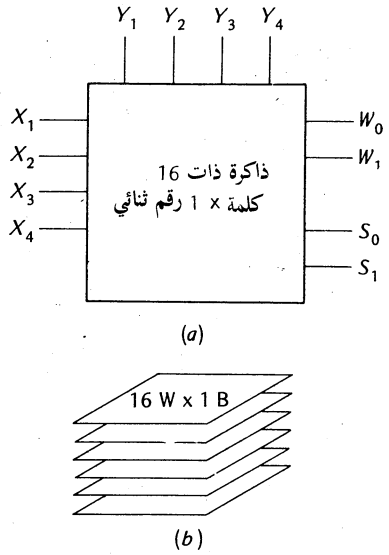
باستعمال النوع 9033 ، وضح كيفية انشاء ذاكرة ذات 16 كلمة بـ 12 رقماً . ماهو العنوان الذي يختار كلمة من 12 رقما المشكلة من ارقام العمود الاول والصف الاول من كل مستوى ؟

الحل :

اربط اثني عشر مستوى ذا 16 كلمةً ، كل كلمة برقم واحد ، على التوازي . العنوان ($X_0\ X_1\ X_2\ X_3\ Y_0\ Y_1\ Y_2\ Y_3 = 1000\ 1000$) سيختار الرقم في العمود الاول والصف الاول من كل مستوى (الكلمة ذات 12 رقما تمثل بعمود يتكون من 12 رقما) .



الشكل (12.23) : ذاكرة تتكون من 16 كلمة ذات رقم ثنائي واحد



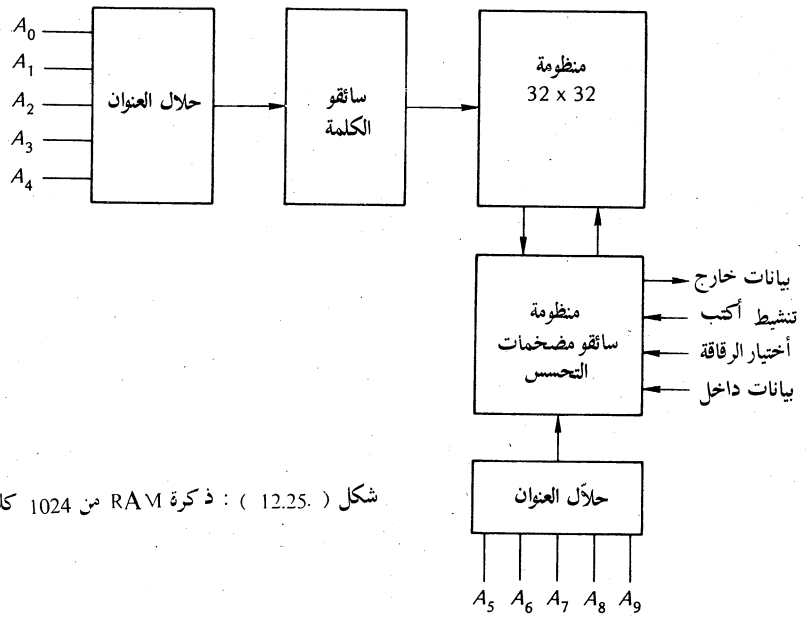
الشكل (12.24) : (a) المخطط المنطقي
(b) ست رقائق مكدسة للحصول على ذاكرة من
كلمة ذات 6 أرقام ثنائية

وفي الذاكرات الاضخم ، فان حلال العنوان ، والمضخمات السائقة ، ومنطق القراءة/ الكتابة ، هذه جميعها تبنى في علبة واحدة مثل (Fairchild 93415) ، وهي ذات 1024 كلمة برقم واحد ، قراءة/كتابة نوع RAM . والمخطط المنطقي يبينه الشكل (12.25) . اذ تحتاج الى عنوان من عشرة ارقام (A_0 A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 A_7 A_8 A_9) للحصول على 1024 كلمة . أي ان X من الارقام يهيىء 2^x من الكلمات . في مثل هذه الحالة ، فعنوان الارقام العشرة ينقسم الى مجموعتين ، لكل منهما خمسة ارقام . المجموعة الاولى (A_0, A_1, A_2, A_3, A_4) تختار مجموعة من 32 خطا من منظومة ذات 32×32 والمجموعة الثانية (A_5, A_6, A_7, A_8, A_9) تختار أحد الخطوط الـ 32 خطاً تم اختيارهم للقراءة او الكتابة . هذه الوحدات الاساسية تكدس على التوازي كما رأينا سابقا ، وn من الوحدات تهيىء ذاكرة لها 1024 كلمة ، لكل كلمة n من الارقام .

ثمة نوع آخر من انواع ذاكرة أشباه الموصلات يعرف باستعمالاته وفوائده ، يرى في الشكل (12.26) وهو نوع يستعمل ثنائي الاقطاب TTL وفي ذاكرة قراءة فقط read only memory التي تختصر بـ (ROM) . فالمعلومات المخزونة في مثل هذا النوع من الذاكرات يمكن أن تُقرأ فقط ، ولكن ليس بالامكان كتابة معلومات جديدة فيها . ومن ثم فان هذه المعلومات المخزونة ، معلومات دائمية في طبيعتها . وتستعمل ذاكرات ROM عادة في خزن الجداول الرياضية ، ومترجمات الرموز ، وبيانات ثابتة اخرى . والمنطق الذي تحتاجه ذاكرات ROM أبسط بطبيعته من المنطق الذي تحتاجه

ذاكرات القراءة/الكتابة . والوحدة المعروضة في الشكل (12.26) مكافئة لـ (TI 9034 or Fairchild 93434) وتقدم كلمة اخراج ذات ثمانية ارقام ، ولكل كلمة عنوان ادخال من خمسة ارقام . ويوجد بالطبع ، 32 كلمة مادام العنوان يتكون من خمسة ارقام

($2^5 = 32$)



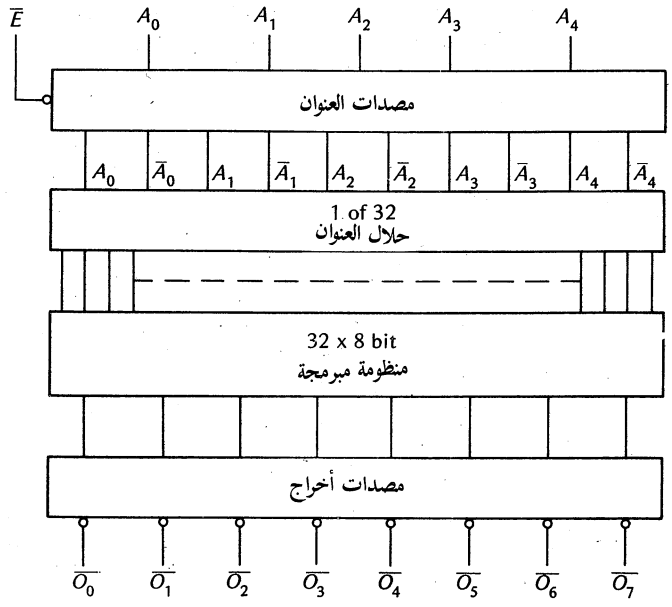
شكل (12.25) : ذكرة RAM من 1024 كلمة

مثال 12.10 :

كم عدد ارقام العنوان اللازم لـ 123 كلمة ذات اربعة ارقام نوع ROM ببناء مشابه لوحدة الشكل (12.26) ؟ وكم عدد خلايا الذاكرة في مثل هذه الوحدة ؟

الحل :

يحتاج الى سبعة ارقام للعنوان مادام ان ($2^7 = 128$) . اما عدد خلايا الذاكرة فيساوي ($128 \times 4 = 512$)



الشكل (12.26) : ذاكرة ROM ذات 32 كلمة من 8 أرقام ثنائية

12.7 ذاكرات أشباه الموصلات – MOS :

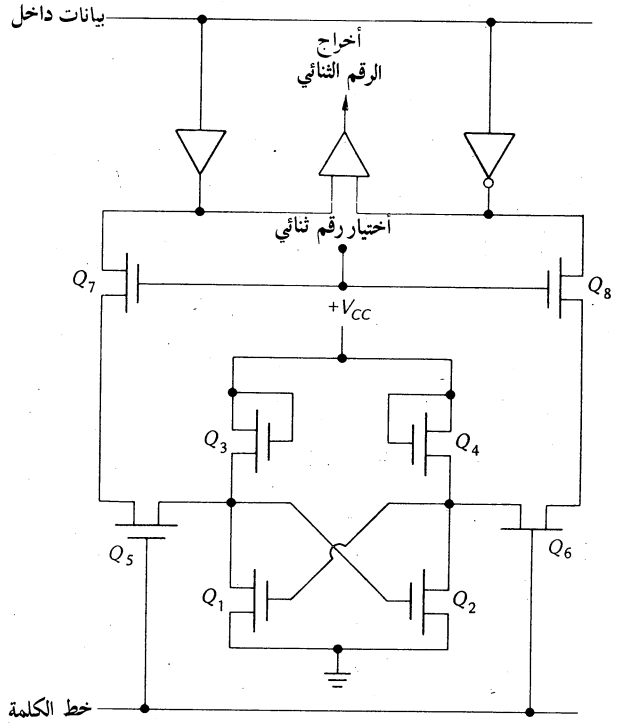
العنصر الاساس المستعمل في انشاء ذاكرات أشباه الموصلات MOS هو ال MOSFET . وتتوفر في هذا النوع قناتان ، القناة الموجبة P - channel والقناة السالبة n - channel . ذاكرات القناة السالبة لاتحتاج الى قدرة كبيرة ، يكفيها($+ V_{cc}$) كما انها اكثر انسجاماً مع TTL مادامت تؤرض في النهاية وتمتلك اشارة موجبة يصل اقصاها الى ($+ V_{cc}$) . بينما تحتاج ذاكرات القناة الموجبة الى مصدرين للفولتية ، بما قد تحتاج الى قلب للاشارة لكي تنسجم مع TTL . ويبدو ان اجهزة MOS اقل تعقيداً من الأجهزة الثنائية الاقطاب ، وكنتيجة لذلك تبنى ذاكرات MOS بكثافة اكبر للارقام في الرقاقة الواحدة وبكلفة أقل مما هي عليه مع الذاكرات الثنائية الاقطاب . الا ان السعة الفطرية المرتبطة بجهاز MOS قد تعني بصورة عامة ان ذاكرات MOS أبطأ من الثنائية الاقطاب ، الا ان لهذه السعة فائدتها الكبيرة كما سنرى .

في الشكل (12.27) مرجاح نوع RS مكون من عدد من ال MOSFETS . هذه الدائرة تمثل دائرة ثنائية الاستقرار قياسية ، حيث يشكل Q_1 و Q_2 جهازين فعالين ،

و Q_3 و Q_4 يعملان للسحب الفعال (وهما في الأصل مقاومتان) . Q_5 و Q_6 تربط اخراجي المرجاح بخطي الرقم .

وقد استعملت هذه الخلية في بنيتها اجهزة القناة السالبة ، ويتم الاختيار بحفظ كل من خط الكلمة وخط الرقم في حالة عالية ($+V_{cc}$) . فالفولتية الموجبة على خط الكلمة توصل كلاً من Q_5 و Q_6 والفولتية الموجبة على خط الرقم توصل كلاً من Q_7 و Q_8 وبهذا الظرف فان اخراجي المرجاح يرتبطان مباشرة بمضخم اخراج الرقم (احد طرفي الادخال عال . والاخر واطيء) من جانب آخر ، يمكن خزن البيانات في الخلية المنشودة بتسليط 1 أو 0 ($+V_{cc}$ أو 0 فولت مستمر) على طرف ادخال البيانات . وخلية الذاكرة الاساسية في الشكل (12.27) استعملت لبناء ذاكرة من نوع RAM وبسعة 1024 رقماً ، ولها مخططها المنطقي المشابه للشكل (12.25) . وهذه الوحدة هي :

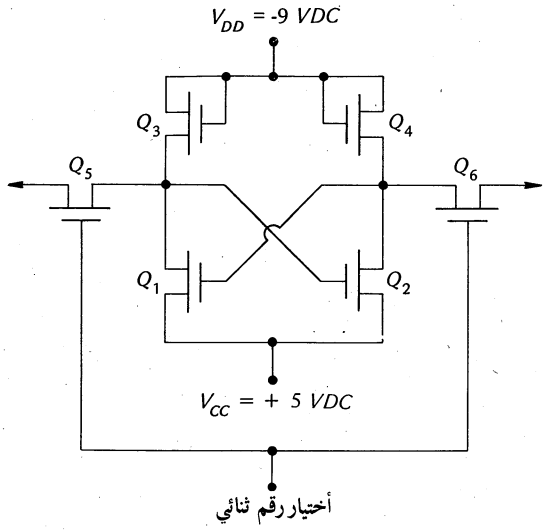
2602 signetics corp.



الشكل (12.27)

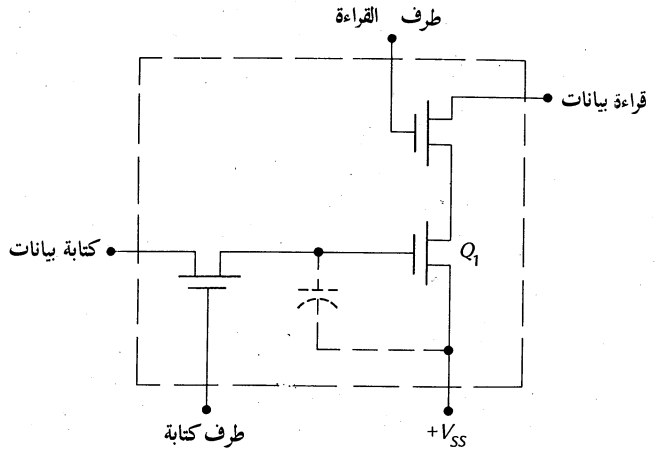
في الشكل (12.28) خلية ذاكرة تستعمل MOSFETs ذات القناة الموجبة ، اذ يمثل Q_1 و Q_2 الجهازين الفعالين في المرجاح ، بينما Q_3 و Q_4 يستعملان كحمل مقاومي فعال . ويتم اختيار الخلية بمستوى المنطق الواطيء عند ادخال الرقم . وهذا يقود الى ربط المرجاح بالمضخمات المناسبة خلال Q_5 و Q_6 .

تتكون الذاكرة المستقرة static memory من خلايا لها القدرة على خزن المعلومات الثنائية لمدة غير محدودة ، كالمرجاح الثنائي الاقطاب او الـ MOSFET حيث يبقى مشحوناً او مصفراً مابقي المصدر في الدائرة . كذلك يبقى اللب المغناطيسي مشحونا او مصفراً حتى عند غياب القوة . هذه الخلايا الأساسية تستعمل لتشكيل الذاكرة المستقرة .



الشكل 12.28

بالمقابل ، فان الذاكرة الحركية dynamic memory تتألف من خلايا تضيع محتوياتها بعد فترة من الزمن (قد لاتتجاوز عدة أجزاء من الثانية او ثوان معدودات) ، لذا يجب انعاش محتوياتها بين فترة وأخرى . وهنا يستفاد من السعة المرتبطة بالـ MOSFET في خزن الشحنة ، ثم استعمالها فيما بعد لتشكيل الذاكرة الحركية . (ليس هناك ذاكرات حركية من ثنائيات الاقطاب لاختفاء السعة الفطرية فيها وبالتالي لايمكن خزن الشحنة) . الحاجة اذن . الى اشارات توقيت ومنطق اضافي لأنعاش الذاكرة الحركية بين فترة وأخرى هي نقطة الضعف الوحيدة . بالمقابل ، فان السرعة العالية والاقتصاد في القدرة المصروفة ، وكثافة التعليب تغطي على نقطة الضعف المذكورة لاحظ بأن الذاكرة الحركية تصرف القدرة عند القراءة او الكتابة او الانعاش فقط . والشكل (12.29) يعطينا نموذجا للذاكرة الحركية .

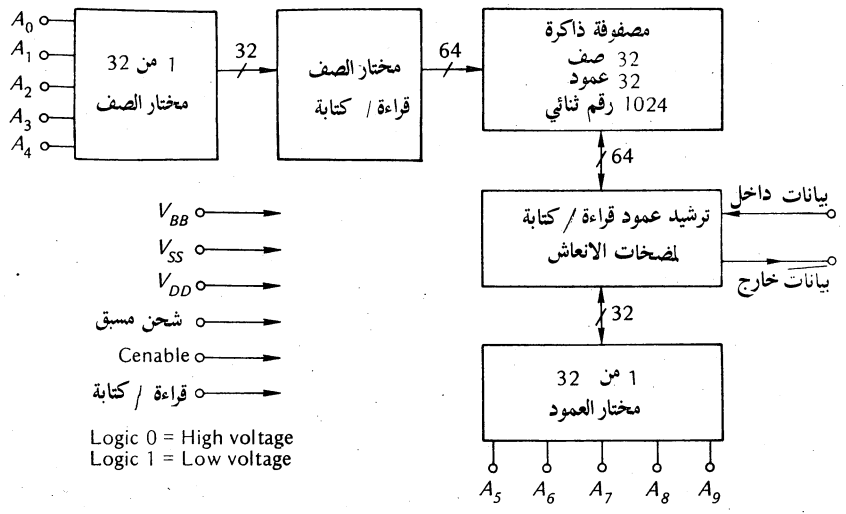


الشكل (12.29) : الخلية الأساسية لذاكرة حركية

وقد انشئت خلية الذاكرة الحركية في الشكل المذكور من MOSFETS ذات قناة موجبة .وقد استعملت سعة البوابة (ذات الخط المنقط) كوحدة خزن اساسية . وللكتابة في الخلية فان ذلك يتطلب جعل طرف الكتابة write bus في مستوى منطقي واطىء ، بعدئذ فان المستوى الواطىء عند ادخال كتابة البيانات write data input سيشحن سعة البوابة (أي يخزن 1 في الخلية) وبجعل طرف الكتابة واطئاً ، وادخال كتابة البيانات مرتفعا ($+ V_{cc}$) . فان سعة البوابة ستفرغ شحنتها (أي ان الخلية ستخزن 0) .

وتتطلب القراءة من الخلية جعل طرف القراءة read bus ذي مستوى منطقي واطىء . فان كانت سعة البوابة مشحونة (أي تحتوي الخلية على 1) فان خط قراءة البيانات read data line سيرتفع الى ($+ V_{ss}$) ، وخلافه ، أي عند احتواء الخلية لـ 0 . فان خط قراءة البيانات سيبقى واطئا .

خلية ذاكرة الشكل (12.29) يستعملها المصنعون لبناء ذاكرة حركية نوع RAM ذات 1024 رقما وبالتصنيف 1103 .والمخطط المنطقي يرسمه الشكل (12.30) . وللحصول على مزيد من التفاصيل تراجع اوراق البيانات الخاصة بالمصنعين .



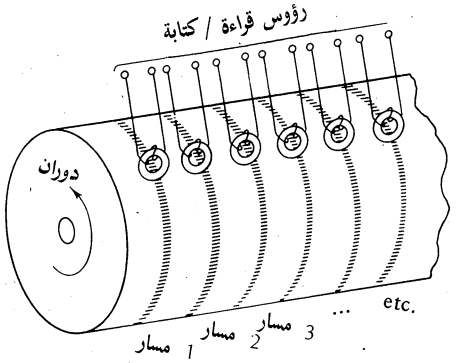
الشكل (12.30) : المخطط المنطقي لذاكرة RAM الحركية 1103

12.8 الخزن بالاسطوانة المغناطيسية :

للالباب المغناطيسية وأجهزة أشباه الموصلات المرتبة بنسق ثلاثي فوائد عدة في أنظمة الذاكرة ، اهمها السرعة في كتابة المعلومات وقراءتها . وهذا مايطلق عليه اسم زمن الوصول access time الذي يعرف في أنظمة الذاكرة بانه زمن دورة قراءة/كتابة واحدة . ويعتمد زمن الوصول اعتمادا مباشرا على الساعة ، وتتراوح قيمه من اقل من مايكروثانية واحدة الى بضع مايكروثوان . ويسمى هذا النوع من الذاكرات بذاكرات الوصول العشوائي random access لأن اختيار اي كلمة في الذاكرة يتم عشوائيا . والثلمة الوحيدة في هذا النوع من الذاكرات هي كلفة انشائه الباهظة نسبياً . فالشريط المغناطيسي مثلاً ، قادر على خزن كميات كبيرة من البيانات بكلفة واطئة للرقم الواحد . والشريط النموذجي قد يخزن الى عشرين مليون حرف ، أي 120 مليونا من الارقام الثنائية (راجع الفصل العاشر) . ولبناء مثل هذه الذاكرة من الباب مغناطيسية فان ذلك يتطلب حوالي ثلاثة ملايين لباً مغناطيسيا في المستوى الواحد ، وتكديس 36 مستوى لتشكيل كلمة ذات 36 رقما ، ومن السهولة رؤية الفرق وكيف ان بناء مثل هذه الذاكرة بهذا الحجم ليس عملياً . ان مانناشده فعلا هو نظام قادر على خزن المعلومات باقل كلفة ممكنة للرقم الواحد وبأكبر سعة ممكنة ايضا .

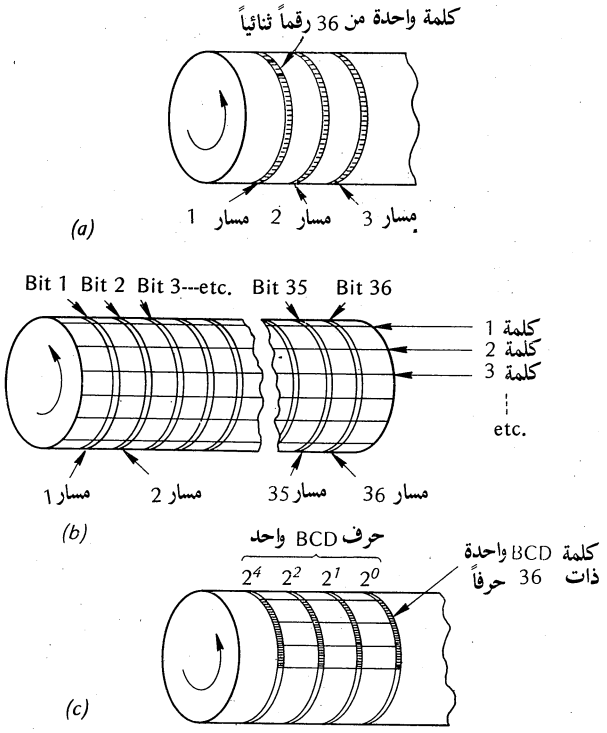
وهذا النظام المنشود هو الاسطوانة المغناطيسية magnetic - drum حيث يطلى سطحها بمادة مغناطيسية . وتدور الاسطوانة حول محورها كما في الشكل (12.31)

لتتولى رؤوس القراءة / الكتابة تسجيل المعلومات او قراءتها من الاسطوانة . وما دام سطح الاسطوانة مغناطيسياً ، فان ذلك يعطينا خاصية الدارة التخلفية المستطيلة rectangular - hysteresis loop فتسهل عملية المغنطة . وعملية التسجيل على الاسطوانة مشابه الى حد كبير لعملية تسجيل المعلومات على الشريط المغناطيسي المشروحة في الفصل العاشر . وتستعمل طرائق التسجيل نفسها هنا (أي RZ ، NRZ ، NRZI) . وتسجل البيانات على مسارات tracks تحيط بالاسطوانة ، وثمة راس واحد للقراءة او الكتابة لكل مسار . والطرائق الثلاث الرئيسية في خزن المعلومات هي : رقم تسلسلي bit - serial ورقم توازي bit - parallel ، ورقم تسلسلي – توازي bit - serial - parallel



الشكل (12.31) : الاسطوانة المغناطيسية

في طريقة التسجيل رقم – تسلسلي ، تخزن جميع ارقام الكلمة الواحدة بصورة متسلسلة جنباً الى جنب على مسار واحد في الاسطوانة . وخزان هذه الطريقة مبين في الشكل (12.32 a) وتبلغ كثافة التسجيل القياسية من 200 الى 1000 رقم بالانج الواحد . وللاسطوانة النموذجية قطر يبلغ 8 انجات ، لذا فان سعة هذه الاسطوانة ستساوي 5024 رقماً في كل مسار ($\pi \times 8$ in x 200 bits) . ويتراوح عدد المسارات من 15 الى 400 في الاسطوانة الواحدة وبكثافة 20 مسارا في الانج الواحد بصورة عامة . فاذا افترضنا ان طول الاسطوانة 8 انجات ولها 100 مسار ، نستطيع مباشرة حساب السعة الكلية للاسطوانة كما ياتي : 5024 رقماً في كل مسار مضروبة بـ 100 مسار لنحصل على 502,400 رقماً ثنائياً . قارن هذه السعة مع سعة ذاكرة التيار المتوافق ذات 64 لباً في كل جانب و64 مستوى (وهو حجم ضخم نسبياً) ، فان سعة هذه الذاكرة ستكون 262,144 رقماً ($2^6 \times 2^6 \times 2^6$) . وخذ بنظر الاعتبار ان الاسطوانة المذكورة هي من أصغر الاحجام وستجد الفرق واضحاً بين النظامين .



الشكل (12.32) : تنظيم الاسطوانة المغناطيسية (a) خزان رقم – تسلسلي (b) خزان رقم – توازي

(c) خزان رقم – تسلسلي – توازي

مثال 12.11 :

اذا كان قطرا اسطوانة معناطيسية يساوي 12 انجا وطولها 12 انجا . ما هي سعة الخزن في هذه الاسطوانة اذا كان لها 200 مسار وبكثافة تسجيل تساوي 500 رقم بالانج الواحد ؟

الحل :

كل مسار له السعة : ($\pi \times 12 \times 500 = 18840$) رقم . وما دام عدد المسارات يساوي 200 فان السعة الكلية تساوي 3,768,000 رقم (200×18840) . وجدنا في المثال السابق ان للمسار قابلية على خزن 18840 رقم ثنائي . فاذا استعملنا كلمة من 36 رقماً . نستطيع ان نخزن 523 كلمة في المسار الواحد . وما دامت الكلمات تخزن بالتسلسل حول الاسطوانة ، وان هناك راساً واحدا للقراءة او للكتابة في كل مسار . لذا فان قراءة كلمة ما قد يستغرق وقتا . فالاسطوانة تدور وقد تكون الكلمة المنشودة تحت راس القراءةفي

الوقت المطلوب . بل ربما تكون قد عبرت راس القراءة قبيل طلب قراءتها ، ومن ثم يستدعي ذلك دورة كاملة للاسطوانة حتى تجيء الكلمة المنشودة . هذا الامر (زمن الوصول) يشكل نقطة الضعف الكبرى في الاسطوانة بالمقارنة مع ذاكرة اللب المغناطيسي . وكمعدل عام ، نفترض ان زمن الوصول المستغرق للبحث عن كلمة ما يساوي زمن نصف دورة كاملة للاسطوانة ، وهو ما يقال عنه انه الوصول المقيد restricted access

مثال 12.12 :

اذا كانت اسطوانة المثال (12.11) تدور بسرعة 3000 دورة بالدقيقة ، ماهو معدل زمن الوصول لهذه الاسطوانة ؟

الحل :

3000 دورة بالدقيقة يعني 50 دورة بالثانية . لذا فان زمن دورة واحدة يساوي $\frac{1}{50}$ ويساوي 20 ميللي ثانية . ولايجاد المعدل ، فان زمن الوصول في الاسطوانة يساوي زمن نصف دورة أي 10 ميللي ثانية . لاحظ وجود التباين في الزمن بين الاسطوانة المغناطيسية وذاكرة التيار المتطابق الذي لايتجاوز بضع مايكروات من الثانية .

لاحظ من المثال السابق ان قراءة كلمة ذات 36 رقماً يستغرق فترة زمنية قصيرة ما دامت القراءة تتم بشكل متعاقب . والزمن الحقيقي المطلوب يبقى صغيراً (بالمقارنة مع زمن الوصول) الذي وجد بأنه يساوي (20/523) ويساوي 40 مايكرو ثانية تقريباً مع ذلك يمكن تقليص هذا الزمن المستغرق في الاسطوانة باستعمال طريقة التوازي المبينة في الشكل (12.32 b) .

يستوي معدل زمن الوصول في طريقة رقم – توازي بطريقة رقم – تسلسل ، ولكن من الممكن قراءة تسجيل المعلومات بشكل اسرع في طريقة التوازي عما هو عليه في طريقة التسلسل لنستعمل المثال (12.11) مرة اخرى . فهناك 523 كلمة حول كل مسار ، والاسطوانة تدور بسرعة 50 دورة بالثانية ، فنستطيع قراءة (أوكتابة) 523 كلمة بالدورة x 50 دورة بالثانية ويساوي 26150 كلمة بالثانية . فاذا كانت البيانات مخزونة بطريقة التوازي ، فاننا نستطيع القراءة (او الكتابة) بسرعة تبلغ 36 ضعفاً ، أي بسرعة 18840 كلمة بالدورة x 50 دورة بالثانية ويساوي 942000 كلمة بالثانية . هذا ونسعى الى ترتيب المسارات على الاسطوانة بحيث تساوي عدد ارقام الكلمة او مضاعفاتها ، فمع كلمة ذات 36 رقماً نستطيع استعمال اسطوانة ذات 36 أو 72 او 108 من المسارات .

والطريقة الثالثة في تسجيل البيانات على الاسطوانة هي طريقة (رقم – تسلسلي – توازي) وهي الطريقة المعروضة في الشكل (12.32 c) ، وهي طريقة شائعة في خزن المعلومات

المرمزة بشكل BCD . ازمان الوصول والقراءة (أو الكتابة) هي مزيج من زمني طريقتي التسلسل والتوازي . فحرف BCD واحد يشغل رقماً واحداً من كل اربعة مسارات متجاورة . وتسمى كل اربعة مسارات بشريحة band ، وكل حرف BCD يشغل شريحة واحدة . فان كان هناك 36 حرفاً من BCD في كلمة ، فنستطيع خزن 523 كلمة على اسطوانة المثال (12.11)

لاشك ان زمن الوصول يتسارع باضافة رؤوس قراءة / كتابة اخرى حول الاسطوانة . كاستعمال طاقمين من هذه الرؤوس يوضعان بصورة متعاكسة على الاسطوانة ، فينخفض بذلك زمن الوصول الى النصف . او استعمال ثلاثة طواقم من هذه الرؤوس توضع بزاوية 120 على الاسطوانة ، فيؤدي ذلك الى انخفاض زمن الوصول الى الثلث .

وينبغي ان تتم عمليتا القراءة او الكتابة على الاسطوانة المغناطيسية في توقيت دقيق . ولهذا يحجز مسار واحد لغرض التوقيت. تسجل على المسار نبضات توقيت بصورة دائمية ويستعمل هذا المسار لتزمين الكتابة والقراءة . في اسطوانة المثال (12.11) توجد كلمة في كل مسار حول محيط الاسطوانة هذا يستدعي بالطبع تسجيل 523 نبضة زمنية على مسار التوقيت . وكل نبضة تكون مسؤولة عن تزمين قراءة أوكتابة كلمة واحدة على اسطوانة .

اسعافات دراسية :

خلاصة :

- اللب المغناطيسي جهاز من اجهزة مغناطيسية عدة تستعمل كأجهزة ثنائية في الانظمة الرقمية . وتقوم الالباب بوظائف مختلفة مثل (و) ، (او) و (لا) ، ووظائف متقدمة اخرى تتشكل من مزيج من هذه الدوائر الاساسية . كما تنشأ سجلات ازاحة اللب المغناطيسي والمعدادات الحلقية من استعمال دارة تحويل الثنائي المفرد بين الالباب . ومنطق اللب المغناطيسي مفيد جداً في تطبيقات معينة .

- تعتبر ذاكرات الوصول المباشر من اسرع الذاكرات زمناً ، وهي تبنى عادة من الالباب المغناطيسية او الترانزستورات .واكثر الطرائق انتشاراً هي تقنية التيار المتطابق . والذاكرات التي تستعمل الالباب المغناطيسية هي في طبيعتها من نوع DRO ويمكن تحويلها الى نوع NDRO باضافة دائرة منطقية خارجية .

- اما ذاكرات اشباه المواصلات فهي تبنى عادة من الثنائي الاقطاب اوال MOSFETs . والذاكرات الثنائية الاقطاب ذاكرات مستقرة وتتوفر بنهج الوصول العشوائي ROMs .

أو كوحدات قراءة كتابة كاملة . أما ذاكرات MOS فتتوفر بنوعيها المستقر والحركي وبشكل RAMs

– تهيء الاسطوانات والاقراص المغناطيسية خزانات ذات سعة كبيرة وكلفة ارخص من ذاكرات الالباب المغناطيسية . الا انها من جانب آخر تضيف الى زمن الوصول زمناً !

مفـــردات

زمن الوصول Access time :

في ذاكرات التيار المتطابق ، هو الزمن المطلوب لدورة قراءة / كتابة واحدة . وبصورة عامة ، الزمن اللازم لكتابة كلمة واحدة في الذاكرة او قراءة كلمة واحدة منها.

عنوان Address :

سلسلةمن الارقام الثنائية تستعمل لتحديد موقع كلمة مخزونة في الذاكرة .

اختيار التيار المتطابق Coincident - Current selection :

التنقية التي تقوم بتسليط نصف التيار المخزون على كل من الخطين المارين بالجهاز المغناطيسي بشكل يجعل حاصل مجموعها كاف لاقلاب الجهاز .

القراءة المدمرة Destructive readout (DRO) :

اي التي تتلف المعلومات بعد الانتهاء من عملية قراءة المعلومات

ذاكرة حركية Dynamic memory :

الذاكرة التي تحتاج محتوياتها الى انعاش دائم بين فترة واخرى

التخلفية Hysteresis :

مشتقة من الكلمة الاغريقية hysterein ، والتي تعني التخلف او التأخر .

منحنى التخلفية Hysteresis curve :

عموماً هو تسقيط كثافة الفيض المغناطيسي مقابل القوة المغناطيسية . وهو ايضا تسقيط الفيض المغناطيسي Φ مقابل تيار المغنطة I .

دورة ذاكرة Memory cycle

في نظام ذاكرة التيار المتطابق ، هي عملية قراءة تتبعها عملية كتابة .

القراءة غير المدمرة Nondestructive readout (NDRO)

القراءة التي لاتتلف المعلومات المخزونة

ذاكرة الوصول العشوائي Random - access memory :

وتختصر بـ RAM

ذاكرة قراءة فقط Read - only memory :

وتعرف بـ ROM

التيار المختار Select current Im :

اقل تيار كاف لاقلاب الجهاز المغناطيسي .

دارة تحويل الثنائي المفرد Single - diode transfer loop :

طريقة لربط اخراج لب مغناطيسي واحد بادخال اللب المغناطيسي التالي .

نسبة التربيعية Squareness ratio :

قياس نوعية اللب . ومن منحنى التخلفية ، هي نسبة B_r الى B_m .

ذاكرة مستقرة Static memory :

الذاكرة التي لها القابلية على خزن المعلومات الثنائية لمدة غير محدودة .

اسئلة للمراجعة :

1. اذكر فائدة واحدة يمتاز بها لب المادة المطاوعة على لب الشريط المعدني .
2. اذكر فائدة واحدة يمتاز بها لب الشريط المعدني على لب المادة المطاوعة .
3. اشرح طريقة لاكتشاف الواحد المخزون في اللب .
4. لماذا يغلب استعمال تقنية التوصيل في اكتشاف اخراج اللب المقلوب ؟
5. كيف يتأثر زمن الاقلاب t_s بتيار الاقلاب ؟
6. وضح لماذا تقود الوظائف المنطقية المعقدة التي تستعمل الالباب الى زيادة في ازمان التشغيل ؟
7. ماهو الغرض من وجود الثنائي في دارة تحويل الثنائي المفرد ؟
8. لماذا يحدث التأخير في التحويل المفرد بين الالباب المنشودة ؟
9. وضح لماذا يؤدي ادخال R و C في الشكل (12.11) الى تأخير في التحويل المفرد بين الالباب .
10. وضح عمل سلك التحسس في مستوى مصفوفة الالباب المغناطيسية ، لماذا من الضروري نسج كل لب في المستوى بالسلك نفسه ؟
11. وضح كيف يمكن خزن الصفر في لب ذاكرة التيار باستعمال خط المنع .
12. لماذا تعتبر ذاكرة التيار المتطابق الاساسية من نوع DRO ؟
13. في دورة الذاكرة الاساسية في نظام ذاكرة التيار ، لماذا تأتي عملية القراءة قبل عملية الكتابة ؟
14. ما هو الفرق بين دورة الكتابة في الذاكرة ودورة القراءة من الذاكرة في نظام ذاكرة التيار المتطابق ؟

15. وضح معنى العنوان الآتي : ذاكرة مستقرة نوع RAM ذات 64 كلمة في ثمانية ارقام ثنائية .
16. لماذا لاتوجد ذاكرات حركية ثنائية الاقطاب ؟
17. ماذا يعني انعاش الذاكرة الحركية ؟
18. اشرح الفرق بين ذاكرة الوصول العشوائي وذاكرة الوصول المقيد .
19. اشرح فوائد استعمال نظام الاسطوانة المغناطيسية في الخزن .

مسائل

12.1 ارسم المنحني التخلفي النموذجي للّب ، وبين النقطتين الدائميتين فيه .
12.2 بيّن بالرسم مسار نقطة العمل على منحنى ϕI عند اقلاب اللب من 1 الى 0. وكرّر العملية عند اقلاب من 0 الى 1 .
12.3 ارسم الرمز المنطقي للب المغناطيسي ، ووضّح وظيفة كل ملف .
12.4 ارسم طاقم الموجات اللازم لتبيان كيف تعمل دائرة (أو) الحصرية في الشكل (12.8d) (لاحظ انها تحتاج الى ساعتين بفرق طوري قيمته 180 درجة) .
12.5 ارسم دارة تحويل الثنائي المفرد بين لبيّن مغناطيسيين ، ووضّح عملها (استعمل الموجات عند الحاجة) .
12.6 ارسم مخطط وموجات معداد اللب الحلقي الذي ينتج سبع نبضات اخراج .
12.7 ارسم شكلاً تخطيطياً ووضح كيفية الاقلاب في طريقة التيار المتطابق .
12.8 ارسم شكلاً تخطيطياً مشابهاً للشكل (12.15) مبيناً ذاكرة لب ثلاثية النسق قادرة على خزن 100 كلمة ذات 10 ارقام . بين جميع خطوط الادخال والاخراج بصورة واضحة .
12.9 اشرح هندسة ذاكرة التيار المتطابق القادرة على خزن 4096 كلمة ذات 36 رقماً (أي ، عدد المستويات ، عدد الالباب في المستوى الواحد ... الخ) .
12.10 ما هو عدد الارقام المخزونة في ذاكرة السؤال (12.9) ؟
12.11 كم عدد خطوط السيطرة اللازمة في ذاكرة السؤال (12.9) ؟
12.12 بيّن بالرسم معنى النسبة التربيعية للّب المغناطيسي ، ووضح اهميته في ذاكرات اللب المغناطيسي .

12.13 اشرح هيكل العنوان الذي يمكن استعماله في ذاكرة السؤال (12.9) .

12.14 اذا تكونت ذاكرة ما من مصفوفات مربعة ، فما هو حجم الكلمة اذا كان العنوان يتكون من 12 رقماً ثنائياً ؟

12.15 كم عدد الارقام الثنائية اللازمة في عنوان لذاكرة قراءة / كتابة ثنائية الاقطاب نوع RAM ذات 256 كلمة لكل كلمة رقم ثنائي واحد .

12.16 ارسم قطبية الشحنة المخزونة في سعة البوابة المبينة في خلية الذاكرة الحركية الاساسية في الشكل (12.29) .

12.17 ما هي سعة الخزن الرقمي لاسطوانة مغناطيسية ذات قطر 10 انجات ، اذا كانت كثافة خزن البيانات تساوي 200 رقماً بالانج الواحد ولعشرين مساراً ؟

12.18 ما هو قطر الاسطوانة المغناطيسية القادرة على خزن 3140 كلمة ذات 36 رقماً ، اذا علمت ان عدد المسارات 10 ، وكثافة الخزن 300 رقماً بالانج الواحد وبطريقة رقم – تسلسلي ؟

12.19 ماهو معدل زمن الوصول لاسطوانة السؤال (12.18) اذا كانت تدور بسرعة 36000 دورة بالدقيقة ؟ وماذا يمكن عمله لتقليص زمن الوصول الى النصف ؟

12.20 في اسطوانة السؤال (12.18) ، ما هي السرعة الرقمية التي يجب على البيانات ان تنتقل بموجبها (قراءة اوكتابة) اذا كانت الاسطوانة تدور بسرعة 36000 دورة بالدقيقة ؟

الفصل الثالث عشر

الحساب الرقمي

تعرفت في الفصل السابق على مختلف العمليات الحسابية باستعمال الاعداد الثنائية . وتعلمت ان الاضافة الثنائية تتم اعتماداً على قواعد الصيغة– 2 الحسابية ، وان الطرح الثنائي يتم باستعمال المتمم 1 والمتمم 2 . في الفصول السابقة طوّرت دوائر منطقية قادرة على اجراء العمليات الحسابية . هذه الدوائر المنطقية كدائرة الاضافة النصفية والكاملة ، ودائرة الطرح النصفية والكاملة ، وسجلات الازاحة تكون اساس وحدة الحساب . وتوجد مثل هذه الوحدة في كل نظام رقمي ينشد الأضافة والطرح والضرب والقسمة .... الخ . في النظم الرقمية الصغيرة تتحدد الطلبات الحسابية فتصغر وحدة الحساب . اما في الحاسبات الالكترونية الضخمة ، فان وحدة الحساب تكبر تبعاً لذلك . في هذا الفصل نستقصي الطرائق والتقنيات لاجراء العمليات الحسابية باستعمال دوائر المنطق الاساسية المشروحة سابقاً . وينبغي الاشارة الى ان هناك العديد من الوظائف الحسابية ، وهذا الفصل يسعى الى تقديم تغطية مناسبة لهذه الطرائق ، والقصد من ذلك اعطاء خلفية صلبة للقارىء حول هذه الاساسيات . وللقارىء الطموح ان يبحث عن تفاصيل ادق في كتب اخرى .

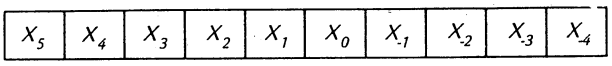
دراسة هذا الفصل اذن ستعطي القدرة على :

1- كتابة الاعداد العشرية الموجبة والسالبة بشكلها الحقيقي flooting point او الصحيح Fixed point .
2- استعمال المتمم ل1 و ل 2 لاجراء الاضافة والطرح الثنائيين .
3- مشاهدة عمل دوائر الاضافة بشكلها المتتالي والمتوازي .
4- مناقشة خواص دوائر الاضافة BCD .

13.1 تمثيل الاعداد :

رأينا سابقاً كيف ان خزن عدد ثنائي في سجل يتم بطريقتين ، الاولى بخزن الرقم الثنائي الاكثر اهمية most significaut bit MSB على اليمين والاخرى بخزنه على اليسار . فاذا خزن العدد الثنائي 0111 على يسار السجل مثلاً فانه سيساوي العشري 7 . لذا فان البحث عن المكافىء العشري للعدد الثنائي سيتم بفرض الفارزة الثنائية على يمين السجل الاقصى . واذ لم يذكر شيء عن الفارزة الثنائية ، فان وضعها على اليسار الاقصى للسجل سيغير المكافىء العشري الى 0·4375 ، لذا يمكن وضع الفارزة الثنائية في اي موقع مناسب

وحسب الحاجة . ونخلص الى ضرورة الاهتمام بتعريف موقع الفارزة الثنائية .
وللاجابة على هذا السؤال : اين نضع الفارزة الثنائية ؟ ينبغي على الدوائر المنطقية ان تكون قادرة على قبول الاعداد الصحيحة والكسور ايضاً . واقصر الطرائق بأن يعرف موقع الفارزة الثنائية لذا فان الأرقام التي تقع على يسار الفارزة تمثل العدد الثنائي الحقيقي ، بينما تمثل الأرقام على يمين الفارزة الكسر الثنائي . ومن هنا نستطيع ان نمثل كل الاعداد المحصورة بين 11 11 11 . 1111 و 0000 . 000000 ، ويمثل الكسر الثنائي 0.0001 كسراً عشرياً مقداره 0.0625 أي $\frac{1}{16}$ وهو اصغر الكسور .



شكل (13.1) الفارزة الثنائية

بهذه الطريقة نستطيع اذن اضافة وطرح الاعداد دون صعوبة تذكر . وكمثال على ذلك ، اضف ما يأتي : 001110.0011 الى 000100.1000 :

14 1875	001110.0011
(+) 4 5000	(+) 000100.1000
18.6875	010010.1011

كما يسهل ايضاً اضافة العددين الآتيين :

36.125	100100.0010
(+) 28.500	(+) 011100.1000
64.625	1000000.1010

في هذه الحالة ، اضفنا عددين زاد ناتجهما عن سعة السجل . لذا ينبغي القول بأن هذا السجل لا يقبل عدداً اكبر من الثنائي 11 11 11 . 11 11 11 أي العشري 63.9375 . ويمكن الكشف عن اية زيادة بتحسس الـ 1 في المرتبة القصوى (الى اليسار) من المجموع . وقد تولّد نتيجة المحمّل الصادر من اضافة عددي الـ MSB . وهكذا وعند زيادة الناتج عن سعة السجل ، فان رقماً فائضاً Overflow سيظهر . ولخطورة الفائض هذا ينبغي ان يعمد الى كشفه وعلاجه ، ففي المثال الثاني نلاحظ وجود هذه الحالة اذا عبرت النتيجة حدود الارقام العشرة التي تمثل سعة السجل ، فاذا ما حذفنا الرقم الحادي عشر (الزائد عن سعة السجل) سنحصل

على الثنائي 000000.1010 الذي يكافيء العشري 0·625 وهذه النتيجة ليست هي النتيجة الفعلية ، ومن ثم فان حالة الفائض قادت الى خطأ في النتيجة ، ومن ذلك تنشأ الخطورة .

والآن لنر كيف تتم عملية الضرب بين عددين ، والمثال الآتي يوضح ذلك :

```
   100110.1001
 × 000001.0001
 -------------
    1001101001
1001101001
-------------------
10100011111001    =  product
```

ليس من الصعب تحديد موقع الفارزة الثنائية في الناتج . فثمانية مواقع من يمين الناتج تشير الى موقع الفارزة لنحصل على 101000.11111001 . وما دامت سعة السجل هي عشرة ارقام ثنائية فبالامكان اذن حذف المراتب الاربع الى اليمين دون التأثير على الناتج . مرة ثانية لنر حل هذا المثال :

```
   100110.1001
 × 100001.0001
 -------------
    1001101001
1001101001
1001101001
-----------------
1001111010.011111001
```

هنا ، زاد الناتج عن سعة السجل كثيراً (1001111010.011111001) بحيث بات تعيين موقع الفارزة الثنائية لا جدوى فيه . لذلك تقوم معظم الحاسبات بالابقاء على المراتب العشر المهمة (بدء من اقصى اليسار) ، لنحصل على الجواب 100111.1101 وهو جواب مغلوط .

وللتغلب على هذه المشكلة اصبح شائعاً وضع الفارزة الثنائية الى اقصى اليسار فتتمثل الارقام كالاتي ($.X_1 X_2 ..... X_n$) حيث n عدد الارقام الثنائية . وفي مثالنا السابق كانت n تساوي 10 لذا يبدو العدد : ($.X_1 X_2 X_3 .... X_9 X_{10}$) والآن لنحاول حل المسائل التي سبق شرحها . هذه الطريقة ، لايؤثر موقع الفارزة الثنائية على عمليتي الاضافة والطرح وبالتالي لا ضرر من استخدام هذه الطريقة ، غير ان مشكلة الفائض تبقى قائمة وينبغي الأحتراز منها . ثانياً ، مادامت كل الأعداد تتمثل في كسور ، حيث ترقد الفارزة الثنائية الى اقصى اليسار فان حاصل ضرب كسرين سينتج كسراً في كل الاحوال .

لذا يسهل وضع الفارزة الثنائية بأن نهتم بالأرقام الثنائية العشرة المهمة . لتوضيح ذلك لاحظ المثال الآتي :

$$
\begin{array}{r}
.1101100011 \\
\times\ .1000000010 \\
\hline
0000000000 \\
1101100011 \\
1101100011 \\
\hline
.01101100110011000110
\end{array}
$$

تصمم وحدة عادة (في مثل هذه الاسئلة) لتوليد ناتج بعشرين مرتبة ، تخزن العشرة المهمة منها في السجل بينما يقطع الباقي (يحذف) . بهذه الطريقة تكون مشكلة تعيين موقع الفارزة قد حلت . من جهة ثانية . يمكن تمثيل اي كسر ثنائي ، بكسر مضروب بقوة الاساس 2 . مثلا

$$21.75 = 10101.11_2 = .1010111 \times 2^5$$

اي ان الفارزة الثنائية قد زحفت خمسة مواقع الى اليسار .

وتسمى وحدة الحساب التي تستخدم هذا النظام ($.X_1 X_2 \ldots X_n$) في تمثيل الاعداد بماكنة الكسر الثنائي binary fractional machine لان كل اعدادها تتمثل في كسور . اضافة لذلك تدعى بماكنة الفارزة الثابتة fixed-Point machine لأن موقع الفارزة ثابت . وباستخدام هذا النظام يكون بامكاننا خزن أي عدد من 0...000 الى $(1 - 1/2^n)$.

مثال 13.1 :

كم عدداً يمكن تمثيله في ماكنة الكسر الثنائي ذات الارقام الثنائية الاربعة ؟

الحل :

تمثل الارقام الثنائية الاربعة بـ ($.X_1 X_2 X_3 X_4$) وبالطبع فان اصغر عدد هو 0000 . اما اكبر عدد فهو الثنائي (1111 .) اي العشري 0.9375 . وباستعمال العلاقة المذكورة انفاً فان :

$$1 - 1/2^n = 1 - 1/2^4 = 1 - 1/16 = 1 - 0.0625 = 0.9375$$

وجدنا ان الكسر الثنائي له القابلية على تمثيل الاعداد الموجبة فقط . ولتسهيل هيمنته على

الاعداد السالبة ايضاً يضاف الى ارقامه الثنائية رقم ثنائي آخر يأخذ موقعه في اقصى اليسار يطلق عليه رقم الاشارة sign bit لتبين ماهية العدد موجبا هوام سالباً فالاعداد الموجبة تعلن عن نفسها برقم اشارة يحمل 0 ، والسالبة بـ 1 . لذلك يتمثل هذا النظام كما يأتي :

$$X_0 . X_1 X_2 X_3 .... X_n$$

بصيغة كهذه الصيغة يمكننا تعريف جميع الأعداد الواقعة بين ($1 - 1/2^n$) — و ($1 - 1/2^n$) +.

مثال 13.2 :

ماهو حجم الاعداد التي يمكن تعريفها اشارة وقيمةً لنظام ذي خمسة أرقام ثنائية ؟

الحـــل :

شكل النظام سيكون ($X_0 . X_1 X_2 X_3 X_4$) . لاحظ ان للكلمة ذات الارقام الخمسة رقم واحد للاشارة والاربعة الباقية للقيمة . لذا فـــان اكبـر رقـم سالـب هـو :

$$1.1111 = - .1111 = - 0.9375_{10}$$

واكبر رقم موجب هو :

$$0.1111 = + .1111 = + 0.9375_{10}$$

مثال 13.3 :

مثل الاعداد العشرية الاتية بالاشارة والقيمة :

+ 0.75
− 0.75
+ 0.3125
− 0.4375

الحـــل :

+ 0. 75 = 0.11
− 0. 75 = 1.11
+ 0.3125 = 0.0101
− 0.4375 = 1.0111

يشتهر نظام تمثيل الاعداد المبين في المثال (13.2) تحت اسم شكل الاشارة والقيمة الحقيقية . وستتذكر من فصل الحساب الثنائي كيفية اجراء عملية الاضافة الثنائية بين عدد موجب وآخر سالب بالاستعانة بالمتمم (1أو ل 2) ومن السهل هنا ان نمثل الاعداد السالبة بشكلها المتمم . لذا نستعرض هنا ثلاث طرائق لتمثيل الاعداد السالبة :

أ . الاشارة والقيمة الحقيقية .

ب . الاشارة والمتمم لـ 1 .

جـ . الاشارة والمتمم لـ 2 .

مثـــال 13.4 :

مثل العددين السالبين في المثال (13.3) بالطرائق الثلاث المشروحـة آنفـاً ..

عدد	قيمة حقيقية	المتمم لـ 1	المتمم لـ 2
-.75	1.11	1.00	1.01
-.4375	1.0111	1.1000	1.1001

الحـــل :

ينبغي ملاحظة ان ظهور 1 في رقم الاشارة يعني ان العدد سالب . وعند ايجاد المتمم لـ 1 أو لـ 2 فان عملية الاتمام تجرى على جزء القيمة فقط من العدد .

السؤال المنطقي الذي يطرح نفسه هو : كيف نستطيع ان نمثل عدداً كـ 831 بنظام الاشارة والقيمة هذا ؟ والجواب . في نظام الفارزة الثابتة هذا ، يقع على عاتق المشغل التأكد من ادخال المعلومات بشكل سليم بواسطة البطاقات او الشريط الورقي المثقب ... الخ كما ينبغي على المشغل ان يدخل العدد 831 بالصيغة (0.831×10^3) وبهذه الطريقة ستدخل البيانات الى الحاسبة على انها 0.831 بالشكل الثنائي وعلى المشغل ان يتذكر انه يحتاج الى (10^3) . هذا النوع من المعالجة يطلق عليه اسم التقييس scaling وكمثال على ذلك : افرض ان احد البيانات المطلوب ادخالها للحاسبة هي درجة الحرارة التي تتراوح بين (- 100) الى (+ 100) درجة مئوية . سيقوم المشغل بادخال هذه البيانات بالشكل ($X_0 . X_1 X_2 X_3$) . والقيمة (- 50) ستدخل على انها (- 0.050) . والبيانات الخارجة ستقوم بضرب النتائج بـ 1000 للحصول على القيمة الصحيحة .

مثـــال 13.5 :

اشرح نظام الاشارة والقيمة المطلوب لتمثيل معامل قيمة تتراوح بين ± 200

الحـــل :

سيجرى تقييس البيانات الداخلة بمعامل قدره (10^3) . لذا فان كل البيانات الداخلة ستتراوح بين (± 0.200) والناتج سيضرب في 10^3 للحصول على القيمة الصحيحة . الان يجب ان نتخذ قراراً لحل هذه البيانات . فلو اخترنا ستة ارقام ثنائية ، فان الرقم الادنى Least significant bit (LSB) سيكون :

$$1/2^6 = 1/64 = 0.0156$$

ولايجاد احكام اكبر نختار ثمانية ارقام ثنائية ، وهنا سيكون LSB كالاتي :

$$1/2^8 = 1/256 = 0.0039$$

فاذا اقتنعنا بنظام الارقام الثمانية ، فان شكله سيكون :

$$X_0 . X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8$$

الرقم التاسع كما تلاحظ ، هورقم الاشارة .

مثـــال 13.6 :

في المثال السابق ، ماهوالتمثيل الثنائي وخطأ التحليل للقيمة (125 +) ؟ وللقيمة(25 –) ؟

الحـــل :

(125 +) ستمثل على انها (0.125 +)والمكافيء الثنائي لهذه القيمة هو 0.00100000 وليس ثمة من خطأ في تحليل هذه القيمة . في حالة القيمة(25 –) فانها ستمثل على انها (0.025 –) ومكافئها الثنائي هو(1.00000110) او 1.11111001 بصيغة المتمم لـ 1 أو 1.11111010 بصيغة المتمم لـ 2 . والمكافيء العشري لهذه القيمة هو 0.0234375 . وهذا يحقق خطأ في التحليل مقداره

$$(0.025 - 0.023) / 0.025 = 8 \%$$

ومن هنا نلاحظ ان الخطأ في التحليل قد يكون كبيراً حتى بالنسبة لقيم صغيرة .

وهنا تظهر لنا عيوب ماكنة الفارزة الثابتة ، وللتغلب على مثل هذه العيوب فان أغلب الحاسبات الالكترونية الضخمة تستعمل طريقة اخرى تدعى حساب الفارزة العائمة floating Point arithmetic في هذه الطريقة يمثل نظام الاعداد برقم أشارة زائدة القيمة وأرقام القوة . والشكل كما يأتي .

$$\underbrace{X_0 . X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 .... X_n}_{\text{القيمة}} \quad \underbrace{\quad}_{\text{القوة 2}} \quad \uparrow \text{رقم اشارة}$$

ارقام الاشارة والقيمة تستعمل كالسابق . اما ارقام الرفع لقوة ما فتستعمل كما يأتي : 00+ ارقام نستطيع تمثيل ثمان قوى لـ 2 ، ونرغب ايضا للحصول على قوى سالبة لـ 2 كحصولنا على قوى موجبة لـ 2 (الجدول 13.1) . وكمثال على ذلك ، نستطيع تمثيل العدد(7.5 +) كما يأتي :

$$7.5 = 111.1_2 = 0.1111_2 \times 2^3$$

لذا ستصبح الكلمة لـ 7.5 هكذا 0.111 1111

جدول (13.1) ارقام الرفع للأس

	X_1	X_2	X_3	قوة
قوى سالبة	0	0	0	2^{-4}
	0	0	1	2^{-3}
	0	1	0	2^{-2}
	0	1	1	2^{-1}
قوى موجبة	1	0	0	2^{0}
	1	0	1	2^{1}
	1	1	0	2^{2}
	1	1	1	2^{3}

وكمثال آخر ، فان العدد (6.125 –) يمثل بالكلمة 1.111 110001

13.2 معالجات اساسية :

شرحت في القسم السابق طريقتان لتمثيل الاعداد بشكل ثنائي . الاولى ، طريقة الكسر الثنائي اذ نحتاج الى اشارة وقيمة ، وتستعمل في الحساب ذي الفارزة الثابتة . في الطريقة الثانية استعملنا الاشارة والقيمة والاس exponent ، وتستخدم في الحساب ذي الفارزة العائمة . وسنشرح فيما تبقى من هذا الفصل وحدات الحساب التي تستعمل الفارزة الثابتة ذات الاشارة والقيمة . اما حساب الفارزة العائمة فلا اكثر من انه امتداد للعمليات الاساسية باضافة الاس .

اي عدد في نظام الاشارة والقيمة يمكن تمثيله بالشكل الاتي : $X_0 . X_1 X_2 X_3 .... X_n$ حيث n تساوي عدد ارقام القيمة . ومادام رقم الاشارة لايدخل ضمن ارقام القيمة ، لذا علينا أن نفكر في كيفية ابعاد هذا الرقم عن اجراء العمليات الحسابية . أيهل نعامل هذاالرقم بصورة منفصلة عن الباقي . ام نتعامل معه كجزء من العدد كله . $X_0 . X_1 X_2 X_3 ... X_n$ يبدو ان التعامل مع هذا الرقم ضمن العدد كله هو الحل الافضل وحسب اختيارنا في موقع الفارزة الثنائية وتمثيلنا للاشارة + بـ 0 والاشارة – بـ 1 في رقم الاشارة .

لنستقصي عملية الأضافة بين عددين باستعمال الأشارة والقيمة ونظام ذي خمسة ارقام ثنائية $X_0 . X_1 X_2 X_3 X_4$. في هذه القضية اربع حالات تؤخذ بنظر الاعتبار :

أولاً : اضافة عددين موجبين عملية الاضافةهنا عملية مباشرة مع الاحتياط للفائض . مثال :

3/16	0.0011	9/16	0.1001
(+) 7/16	0.0111	(+) 8/16	0.1000
10/16	0.1010	17/16	1.0001

باضافة $\left(\frac{3}{16}\right)$ و $\left(\frac{7}{16}\right)$ كان الجواب $\left(\frac{10}{16}\right)$ صحيحاً ، وكانت ارقام الاشارة الثلاثة تحتوي على 0 وذلك جيد . وعند اضافة $\frac{9}{16}$ و $\frac{8}{16}$ كان الجواب $\frac{17}{16}$ اكبر من سعة السجل فحصلنا على اجابة خاطئة $(1.001_2 = -1/16)$ لاكتشافنا حالة فائض ظهرت لنا بظهور 1 في رقم الاشارة .

ثانياً : اضافة عدد موجب الى آخر سالب ذي قيمة اقل . نلاحظ أولاً استحالة حدوث فائض . ثم ، نستطيع اجراء العملية باستعمال المتمم لـ 1 أو لـ 2 للعدد السالب . مثال :

13/16	0.1101	0.1101	0.1101
(+) −5/16	1.0101	1.1010	1.1011
8/16		0.0111	0.1000
		⟶1	أحذف المحمل
		0.1000	

ستلاحظ ان العملية لن تتم بيسر . اذ ينبغي في حالة المتمم لـ 1 اضافة المحمل الاخير اما في حالة المتمم لـ 2 فان المحمل الاخير يحذف من الحساب . ولاحظ ايضاً ان رقم الاشارة عومل كباقي الارقام وبالتالي ظهر في الناتج المطلوب والاشارة المطلوبة .

ثالثاً : اضافة عدد موجب الى آخر سالب ذي قيمة أكبر. كما في الحالة (ثانياً) لايمكن حدوث فائض ، لذا نجري العملية باستعمال المتممات .

	المتمم لـ 1	المتمم لـ 2
7/16	0.0111	0.0111
(+) −12/16	1.1100	1.0100
− 5/16	1.1010	1.1011

لاحظ عدم تولد محمل أخير . وان جواب المتمم لـ 1 هو 1.1010 أي (− 5/16) وان جواب المتمم لـ 2 هو ايضاً (− 5/16) .

اما اضافة عددين بقيمة متساوية وباشارتين مختلفتين ، فان الناتج سيكون 1.1111 بصيغة المتمم لـ 1 والذي يساوي (− 0.0) . والناتج (0.0000) في صيغة المتمم لـ 2 ويساوي (+ 0.0) .

7/16	0.0111	0.0111	0.0111
(+) − 7/16	1.0111	1.1000	1.1001
0		1.1111	0.0000 مع حذف المحمل

رابعاً : اضافة عددين سالبين . وهذا يعني ان الناتج سيكون سالباً بالتأكيد ، أي بظهور 1 في رقم الاشارة . وهناك احتمال بظهور فائض يكتشف بظهور 0 في رقم الاشارة . والامثلة

− 7/16	1.0111	1.1000	1.1001
(+) − 8/16	1.1000	1.0111	1.1000
− 15/16		0.1111	1.0001
		↳ 1	↑
			يحذف المحمل
		1.0000	

باستعمال المتمم لـ 1 فالمجموع هو 1.0000 وهو تمثيل للكسر (− 15/16) . وباستعمال المتمم لـ 2 فان المجموع هو 1.0001 والذي يمثل (− 15/16) .

والآن لنختبر مثالاً يظهر فيه الفائض :

− 9/16	1.1001	1.0110	1.0111
− 9/16	1.1001	1.0110	1.0111
− 18/16		0.1100	0.1110
		↳ 1	
		0.1101	

كلتا المجموعتين تؤشران الا انهما موجبان ، وهذا يعني حدوث فائض وبالتالي فالنتيجة خاطئة . وقد اكتشفنا الفائض هذا من تغير في حالة رقم الاشارة .

وعند هذه النقطة ، نختصر ماسبق بجدولة عمليات الاضافة في حساب الفارزة الثابتة .

كما نلاحظ في الجدول (13.2) .

كسر	قيمة حقيقية	المتمم لواحد	المتمم لاثنين
3/16	0.0011		
− 3/16	1.0011	1.1100	1.1101
35/64	0.100011		
− 35/64	1.100011	1.011100	1.011101

جدول (13.2) تمثيل العدد

ويسجل الجدول (13.3) طرائق الاضافة بشكلها المذكور في الجدول (13.2) .

A	B	اضافة (A اكبر من B)
+	+	اضافة للعددين دون تغيير . الفائض يؤشر بظهور 1 في رقم الاشارة
+	−	أ–حول B الى المتمم لـ 1 . اضف . ليس هناك فائض . يجب استعمال المحمل لتصحيح المجموع . ب–حول B الى المتمم لـ 2 . اضف . ليس هناك فائض . أهمل المحمل .
−	+	أ– استعمل المتمم لـ 1 لـ A . اضف . ليس هناك فائض . ب–استعمل لـ 2 لـ A . اضف . ليس هناك فائض . أهمل المحمل .
−	−	المتمم لـ 1 لـ A و B . صفر في رقم الاشارة يشير الى فائض يجب استعمال المحمل . ب–المتمم لـ 2 لـ A و B . صفر في رقم الاشارة يشير الى فائض . اهمل المحمل .

جدول (13.3)

13.3 دائرة اضافة ثنائية متتالية :

اصبح بامكاننا تمثيل أي عدد بطريقة الاشارة والقيمة كما تبين في الاقسام السابقة. وقد وجدنا ان الكسر الثنائي هو خاصية وحدات حساب الفارزة الثابتة . اما الان فنطمح لاشتقاق المنطق اللازم لتنفيذ الاضافة بالفارزة الثابتة .

لنأخذ اولاً اضافة ثنائية بسيطة وننفذها يدوياً .

7/16	0.0111
(+) 4/16	0.0100
11/16	0.1011

سيكون التنفيذ حسب الخطوات الاتية :

أ– اضف المرتبتين الادنيين .

ب– اضف الرقمين اللذين يليانهما .

جـ- اضف الرقمين التاليين ، وضع المحمل على عمود المرتبة الاقصى MSB

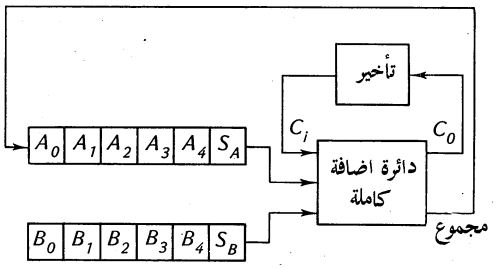
د- اضف رقمي الـ MSB والمحمل الذي انتقل من الخطوة السابقة .

هـ- اضف رقمي الاشارة .

لاحظ .اننا اجرينا خمس خطوات محدودة لتنفيذ عملية الاضافة . فاذا ماحسبنا زمن كل خطوة ، فاننا نستطيع القول بأن الخطوة الاولى استغرقت زمناً قيمته t_1 ، والخطوة الثانية بزمن t_2 ، ... واخيراً الخطوة الخامسة بزمن t_5 .

ستتذكر الآن ان لدائرة الاضافة الكاملة القدرة على اضافة رقمين ثنائيين ومحمل. فلو ادخلنا الرقمين الادنيين من العددين الى دائرة الاضافة الكاملة بزمن t_5 ، فان الرقم الادنى من المجموع سيظهر بزمن t_1 . كذلك الحال بالنسبة للرقمين التاليين بزمن t_2 ، وهكذا فالرقمين في المرتبة الثالثة سيضافان بزمن t_4 ، t_3 للمرتبة القصوى ، و t_5 للاشارة . والطريقة التي تجبر الاعداد على الظهور مرتبة مرتبة وحسب تسلسل زمني طريقة يحددها سجل الازاحة shift register .

ودائرة الاضافة الثنائية المتتالية كما يصورها الشكل (2.13) ، تستعمل لايجاد مجموع عددين هما : A الذي يتكون من $A_0A_1A_2A_3A_4A_5$ و B الذي يتكون من $B_1B_2B_3B_4B$.



شكل (13.2) : دائرة اضافة ثنائية متتالية .

وقد سميت بدائرة الاضافة المتتالية لأن ايجاد المجموعة يتم باضافة رقمين اثنين في كل مرة وبالتتابع ، ابتداء بالرقمين الادنيين LSB . ويخزن العددان في البداية في سجلين كما هو ملاحظ . كل سجل يتألف من خمسة صناديق متسلسلة ، أي خمسة مراجيح . كما يحتوي كل سجل على مرجاح اضافي في النهاية اليمنى منهما يستعملان كادخال الى دائرة

الاضافة فيتأخر بزمن مقداره زمن مرور رقم ثنائي واحد . لذا ، وكمثال على ذلك ، فان المحمل المتولد في الزمن t_1 سوف لايظهر في ادخال دائرة الاضافة لغاية الزمن t_2 . وخطوات تقدم العملية كما يأتي :

1 – عند الزمن t_0 : جميع المراجيح كانت قد صفرت ، كما ان العددين A و B قد انتقلا من وحدة الذاكرة الى السجلين . دخول هذين العددين قد يتم بالتتالي او بالتوازي .

2 – عند الزمن t_1 : محتويات كل من السجلين ازيحت الى اليمين موقعاً واحداً . واذ كان اخراج دائرة الاضافة صفراً في البداية ، فان هذا الصفر سينتقل الى A_0. اما الان فان الرقمين الادنيين سيكونان في مرجاحي المجموع S_A وS_B (بدون محمل) ومن ثم فان الرقم الادنى للمجموع سيظهر في اخراج دائرة الاضافة .

3 – عند الزمن t_2 : تزحف محتويات السجلين موقعاً اخر الى اليمين . فيزحف بذلك الرقم الادنى من المجموع الى A_0 . الرقمان التاليان سيكونان في مرجاحي المجموع واي محمل كان قد تولد في الزمن t_1 سيظهر في C_i ، والرقم التالي للمجموع سيظهر في اخراج دائرة الاضافة .

تستمر عملية الازاحة لغاية الانتهاء من t_2 . عندها سيكون مجموع العددين قد ظهر في السجل الاعلى .وبذلك تنمحي قيمة العدد A من هذا السجل ، كما تنمحي معلومات السجل الاسفل بالاصفار وبالامكان الاحتفاظ بالعدد B في السجل الاسفل بتغذية هذا السجل باخراج المرجاح .

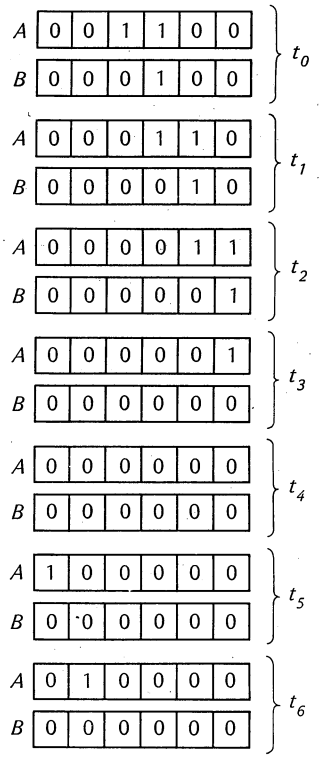
لناخذ مثالا يبين عمل دائرة الاضافة هذه ، بان نجمع العددين 0.0110 و 0.0010 موجات هذه الدائرة ومحتويات السجلين يظهرهما الشكل (13.3 a , b) على التوالي وينبغي عليك دراسة هذين الشكلين بصورة جيدة مع ملاحظة ظهور 1 في المجموع عند اخراج الدائرة في الزمن t_4 (الموجات) وانتقاله الى A_0 في الزمن t_5 (السجلين) .

بهذا نكون هيأنا المتطلبات الاساسية لبناء دائرة اضافة ثنائية . الا انه يجب الاخذ بعين الاعتبار بعض التفاصيل الاخرى لاكمال هذه الدائرة . اولى هذه التفاصيل مشكلة الفائض الذي يحدث عادة عند اختلاف اشارة المجموع عن العددين الاصليين . احدى طرائق اكتشاف الفائض توضحها دائرة الشكل (13.4) التي تعمل كالاتي :

1 – نختبر اولا التشابه في اشارتي A و B خلال الزمن t_0 . فاذ كانتا متشابهتين فان اخراج بوابة (او) الحصرية سيكون واطئاً ومرجاح التدقيق CK سيشحن (1) . اما اذا اختلفتا فان مرجاح التدقيق سيبقى صفراً .

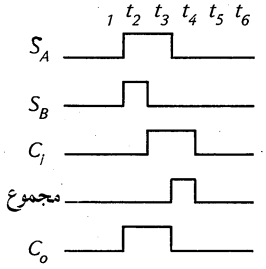
2 – ندور محتويات السجل الاسفل لنحصل على العدد B ثانية فيه بعد انتهاء دورة الاضافة (عند الزمن t_6) ، بينما يظهر المجموع في السجل الاعلى .

3 – هنا ، وعند الزمن t_6 ، ستحدث نبضة تدقيق الفائض . فاذا كان المرجاح CK يحمل (1) واخراج (او) الحصرية عالياً ، فان مرجاح الفائض سيشحن . لاحظ أن اخراج (او) الحصرية سيكون عالياً في ذلك الوقت عند اختلاف اشارة المجموع Ao عن اشارة عدد من العددين الاصليين B_0 .



(b)

شكل (13.3) : دائرة اضافة متتالية لاضافة عددين ثنائيين هما 0.0110 و 0.0010



(a)

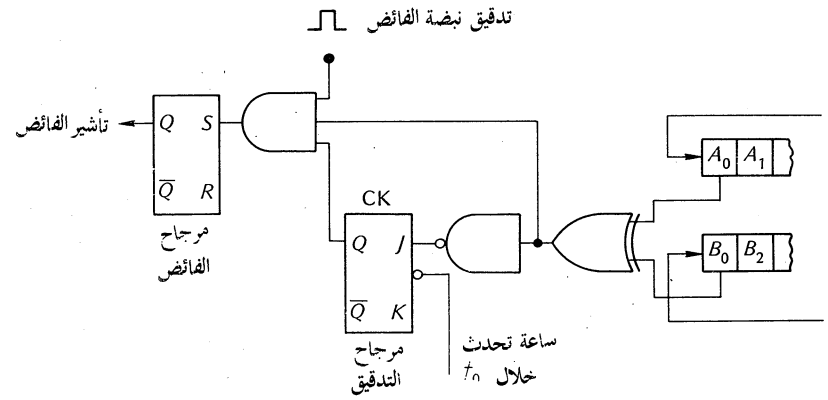
مثال 13.7 :

ارسم موجات منطق الفائض المبين في الشكل (13.4) مفترضاً حدوث الفائض

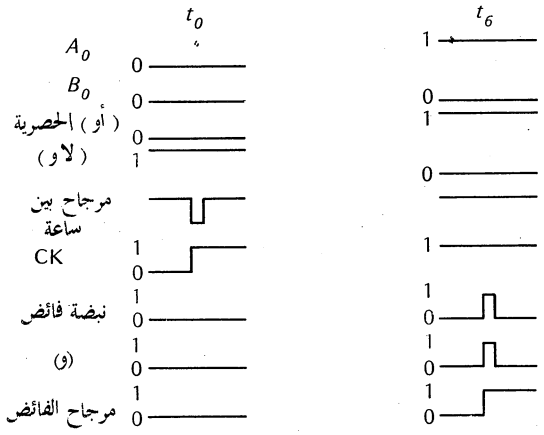
الحل :

يرينا الشكل (13.5) الموجات المطلوبة . فعند الزمن t_0 كانت الاشارتان لـ A و B

متشابهتين (موجبتين) . وخلال t_0 شحنت نبضة التوقيت المرجاح CK لان اخراج بوابة (لاو) كان عالياً . عند t_6 ، كانت اشارة المجموع A_0 عالية (اي ان العدد سالب وان فائضاً قد حدث) . وهذا يقود بدوره الى ان يكون اخراج (او) الحصرية عالياً ، وكذا CK لذا فان نبضة تدقيق الفائض ستمر خلال بوابة (و) لتشحن مرجاح الفائض . في الحالة الاعتيادية ، ظهور الفائض يؤدي الى ايقاف عمل الماكنة باعتبار ان ذلك يمثل حالة خطأ .



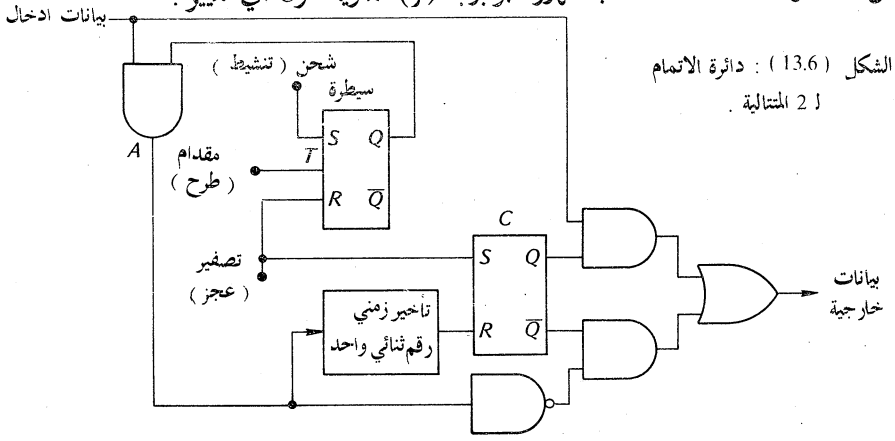
شكل (13.4) : منطق الفائض في دائرة الاضافة المتتالية



شكل (13.5) : موجات الفائض للشكل (13.4) عند حدوث فائض

اما الأمر الثاني فهوكيفية حمل الاعداد ذات الاشارة . فما دامت الاعداد مخزونة في الذاكرة بشكل الاشارة والقيمة ، فان المتممات لـ 1 و لـ 2 للاعداد السالبة يجب ان يحسب حسابها قبل البدء بتنفيذ الاضافة . الحصول على متمم لـ 1 ليس صعباً وذلك بقدح كل مرجاح من مراجيح السجل لكي يغير حالته ، وبذلك تتغير محتويات السجل لتكون المتمم لـ 1 للعدد الماضي . في دائرة الاضافة المتتالية تسهل عملية الاتمام لـ 1 ، اذ ان العدد الظاهر في الجانب 0 من مرجاجي S_A و S_B هو متمم لعدد الظاهر في الجانب 1 ، وبذلك يمكن استعمال الجانب 0 في حالة الاعداد السالبة. فاذا أردنا طريقة المتمم لـ 1 لتنفيذ الاعداد السالبة فأننا نحتاج الى منطق أضافي لتدوير المحمل الاخير. وهذا يستدعي شحن السجل الاسفل (محمل العدد B) وأجراء دورة أضافة اضافية. من أجل ذلك، لاينتشر استعمال المتمم لـ 1 في دوائر الاضافة المتتالية .

من الافضل اذن تمثيل الاعداد السالبة بالمتمم لـ 2. تلغي هذه الطريقة تدوير المحمل الاخير . غير ان هذه الطريقة – من جانب آخر – ليست سهلة . لذا ينبغي اضافة دائرة بسيطة تتمم لـ 2 العدد السالب بطريقة متتالية . هذه الدائرة مبينة في الشكل (13.6) ولايجاد المتمم لـ 2 لاي عدد ، نتمم الرقم الثنائي مبتدئين بالرقم الادنى ممررين الرقم على حالته الى مابعد اول 1 يصادفنا في العدد . وهكذا تنزاح الارقام بالتوالي خلال دائرة الاتمام . نعود الى السجل المذكور لنجد ان المرجاح C سيكون مشحوناً في البداية ، واول رقم سيمر مباشرة خلال بوابة (و) العلوية . وتستمر الارقام بالعبور خلال هذه البوابة لحين وصول اول 1 الذي يمر خلال بوابة (و) دون تغيير الا ان تأثيره سيفرغ المرجاح C بعد تأخير قدرة زمن عبور رقم واحد . بعدئذ ، تمر الارقام الداخلة عبر بوابة (و) السفلية بعد قلبها بواسطة بوابة (لا و) لتظهر بشكلها المتمم على طرف الاخراج . اما مرجاح السيطرة فيستعمل لفتح او قفل الدائرة . فعندما يكون نشيطاً ، فان بوابة(و) المسماة(A)ستكون نشيطة لانجاز عملية الاتمام وبعكسه ، يؤثر عجز مرجاح السيطرة على البوابة (A) فيشلّها ويشل بذلك الدائرة عن العمل ، فتعود البيانات الداخلة بالظهور عبر بوابة (و) العلوية دون أي تغيير .



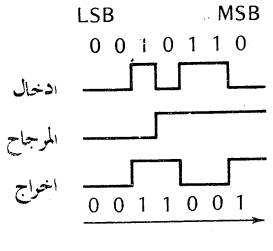
الشكل (13.6) : دائرة الاتمام لـ 2 المتتالية .

مثـــال 13.8 :

ارسم الموجات التي تشكل المتمم لـ 2 للعدد 0100 011 .

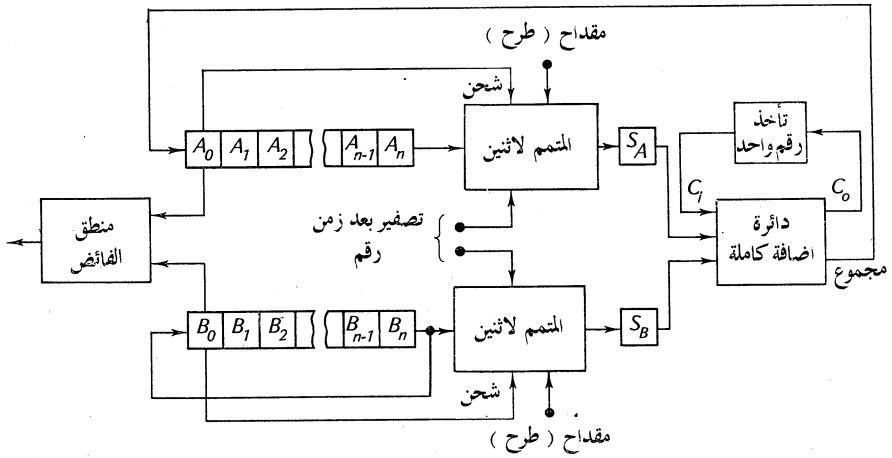
الحـــل :

يظهر الشكل (13.2) الموجات المطلوبة ، مع ملاحظة ان ادخال العدد تم بصورة معكوسة عن الشكل الذي اعتدنا على كتابة العدد به . فظهر الرقم الادنى في اليمين والاقصى في اليسار .



الشكل (13.7) : المثال (13.8)

وهكذا اصبح بامكاننا الان استعمال دائرة الاتمام هذه في دائرة الاضافة المتتالية بوضعها بالتوالي مع كل سجل مباشرة قبل المرجاحين S_A و S_B . كما في الشكل (13.8) ..



الشكل (13.8) : دائرة اضافة ثنائية متتالية باستعمال اعداد مخزونة بالرقم والاشارة

دائرة الاضافة هذه ، قادرة الآن على اضافة الاعداد الموجبة والسالبة المخزونة بطريقة الاشارة والقيمة . وقادرة على علاج الفائض ، وعلى استقبال الاعداد السالبة . ويجب التأكيد

على ان دائرة الاتمام لـ 2 تعمل n وحدة من وحدات زمن الرقم الثنائي (حيث n عدد الارقام الثنائية في القيمة فقط) . اي اننا نستعمل الاتمام لـ 2 لقيمة العدد السالب دون تغيير رقم الاشارة . لذلك سيشحن مرجاح السيطرة في دائرة الاتمام في الزمن t_0 عند اكتشاف اشارة سالبة . ثم تفرغ بعدئذ في الزمن t_n للتأكد من ان رقم الاشارة قد مر دون اي تغيير .

وبقليل من التمعن في دائرة اضافة الشكل (13.8) نجد انه بالامكان استخدام هذه الدائرة لاجراء عمليات الطرح ، بأخذ الحالات الاربع للعددين ، ++ ، +− ، −+ ، وايجاد النتائج وبالطرح بدل الاضافة (كما حدث في الاقسام السابقة) . سيلاحظ (راجع المسألة 13.9) ان الحالات الاربع هذه ستؤول الى مشكلات الاضافة نفسها . ولاستعمال دائرة الاضافة في الشكل (13.8) للطرح ، فمن الضروري اضافة ادخال قدحي الى مرجاح السيطرة في دائرة الاتمام (شكل 13.6) . وستتم عملية الطرح اذا ماسلطنا هذه النبضة قبيل الزمن t_1 . وهنا ، ثمة حالتان ينبغي النظر اليهما بعين الاعتبار :

- لطرح عدد موجب : دائرة الاتمام لـ 2 ستكون عاجزة . وظهور نبضة سيطرة للطرح على الادخال T لمرجاح السيطرة لدائرة الاتمام سوف ينشطها ، وبالتالي سيستعمل المتمم لـ 2 منتجاً عملية الطرح .
- لطرح عدد سالب : دائرة الاتمام ستكون نشطة ونبضة الطرح ستشلها ، وبذلك تتحقق عملية اضافة مباشرة .

مثـــال 13.9 :

اشرح كيفية استعمال دائرة الاضافة الثنائية المتتالية (الشكل 13.8) في اضافة او طرح عددين ثنائيين مخزونين كما ياتي : بطريقة الاشارة والقيمة للاعداد الموجبة ، وطريقة الاشارة والمتمم لـ 2 للاعداد السالبة

الحـــل :

أ − مادامت الاعداد السالبة مخزونة باتمامها لـ 2 ، فلا حاجة لاستعمال دائرة الاتمام في الاضافة . لذا تلغى ادخالات الشحن الى دوائر الاتمام من ارقام الاشارات (A_0 و B_0) ، كما تعجز دوائر الاتمام عند الاضافة . اما المجموع فيظهر في السجل A .

ب − وعند الطرح ، نأخذ المتمم لـ 2 للعدد المطلوب طرحه ثم نضيف . أي ، عند طرح B من A نضع دائرة الاتمام في سجل العدد B عند A_0 ونضيف ، بينما تبقى دائرة اتمام السجل A عاجزة خلال هذه الدورة . والفرق (A − B) سيظهر في السجل .

جـ − لطرح A من B ، ننشط دائرة الاتمام للسجل A لـ n من المرات مبتدئين عند الزمن t_0 وفي الوقت نفسه تنشل دائرة الاتمام للسجل B . ليظهر الفرق (B−A) في السجل A .

هنا علينا اختيار الزمن الكلي المطلوب لاكمال عملية اضافة او طرح باستعمال دائرة

اضافة الشكل (13.8) . كل كلمة مكونة من (n + 1) من الارقام الثنائية ، رقم للاشارة والباقي للقيمة . لذا يمكن حساب الزمن الكلي لاكمال دورة اضافة (او طرح) بـ (n+2) زمن رقم ثنائي . هذا الزمن الذي يعرف عند دورة الاضافة add-cycle للدائرة بأنه زمن دورة واحدة من ساعة التوقيت مادامت دائرة الاضافة تساق عادة بساعة التوقيت لذا فان دورة اضافة واحدة ستساوي (n + 2) من مدة نبضة التوقيت . (*)

مثال 13.10 :

ما هو زمن دورة الاضافة لدائرة متتالية (الشكل 13.8) اذا كانت كل كلمة تتكون من 12 رقماً للقيمة ، وتردد التوقيت 100 كيلوهيرتز ؟

الحل :

مدة توقيت واحدة تساوي :

$$1/(100 \times 10^3) = 10\mu s$$

اذن زمن دورة الاضافة سيساوي :

$$10 \times 10^{-6}(12 + 2) = 140\mu s$$

يعتبر طول الوقت اللازم لتنفيذ عملية الاضافة او الطرح باستعمال دائرة اضافة متتالية احد عيوب هذه الطريقة . الا ان جاذبيته تكمن في استعماله للقليل من المواد والاجهزة . لذا وللاسراع في انجاز العمليات الحسابية هذه فان دائرة الاضافة الثنائية المتوازية تقدم اختصاراً كبيراً في زمن التنفيذ من جانب وزيادة ملحوظة في المواد المستعملة لبنائها من جانب اخر .

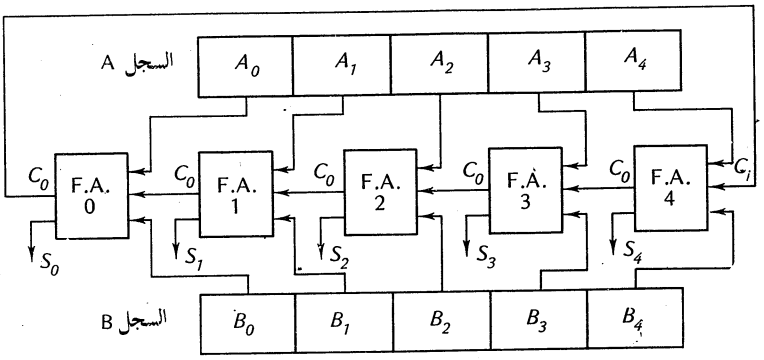
13.4 دائرة اضافة ثنائية متوازية :

فائدة هذه الدائرة تاتي من الاختصار الكبير لدورة زمن الاضافة ، وعيبها ينحصر في الزيادة الملحوظة في المواد اللازمة لبنائها . ففي الوقت الذي تحتاج فيه دائرة الاضافة المتتالية الى (n + 1) من مدد التوقيت لاضافة عددين اثنين ذوي n من الارقام ، تقدم دائرة الاضافة المتوازية الجواب في مدة توقيت واحدة ، فيظهر المجموع مباشرة بعد دخول العددين الى سجليهما .

(*) اذا حذف المرجاحان (S_B , S_A) من المسجلين . فيحتاج الى (n + 1) من مدد التوقيت لزمن دورة اضافة اساسية . هذان المرجاحان ليسا-ضروريين وقد ادخلا هنا لتبسيط شرح عمل دائرة الاضافة .

في الشكل (13.9) دائرة مبسطة للاضافة المتوازية (ويحبذ هنا مراجعة دائرة الاضافة المتوازية المشروحة في الفصل الخامس) لها القابلية على اضافة عددين ، الأول A ويتكون من $A_0 A_1 A_2 A_3 A_4$ والثاني B ويتكون من $B_0 B_1 B_2 B_3 B_4 B_5$ الأول مخزون في السجل A والثاني في السجل B ، بينما يظهر المجموع على اطراف الاخراج $S_0 S_1 S_2 S_3 S_4 S_5$. ولتنفيذ عملية اضافة نحتاج الى هاتين الخطوتين : (أ) تصفير جميع المراجيح ، (ب) ازاحة العدد A الى السجل A والعدد B الى السجل B .

وبعد زمن قصير كاف للاستقرار ، يظهر المجموع في اخراج الدائرة . والواقع أن زمن دورة الأضافة يحتاج الى مدتين من مدد التوقيت ، والسبب كما يأتي : يضاف الرقمان الاد نيان في دائرة الأضافة الكاملة رقم (4) فيصدر المحمل C_0 ليدخل دائرة الأضافة الكاملة (3) باعتباره C_i ، يتم ذلك بالنسبة لجميع الأرقام في آن واحد الا أن المحمل من دائرة اضافة كاملة الى أخرى يحتاج الى وقت اضافي هو الوقت المستغرق لانتاج المجموع وهو مايسمى بزمن الأستقرار settling time اللازم لانجاز دورة اضافة واحدة



الشكل (13.9) : دائرة اضافة ثنائية متوازية

ولاكمال النقاش حول دائرة الاضافة المتوازية ، ينبغي ان تأخذ بعين الاعتبار الحالات الاربع الملخصة في الجدول (13.3) . قبل كل شيء ، ينبغي معرفة كيفية خزن الاعداد في الذاكرة . فان كانت قد حذفت بطريقة الاشارة والقيمة ، لذا يجب اتمام الاعداد السالبة في احد السجلين A او B قبل اجراء عملية الاضافة ، ويتم ببساطة مع المتمم لـ ٢ ، وذلك بقدح كل مرجاح من مراجيح السجل . هذا بالطبع سيضيف مدة توقيت واحدة الى زمن دورة

الاضافة ، ولهذا السبب نبحث عن اختيار آخر . الا ان اختيارنا لايقع ايضا على طريقة المتمم لـ 2 لانها ليست سهلة التنفيذ . ومن ثم نلجأ الى طريقة ثالثة بان نخزن الاعداد الموجبة بطريقة الاشارة والقيمة ، والاعداد السالبة بالاشارة والمتمم لـ 1 . واذا كانت هذه الطريقة تشكل عبئاً على دائرة الاضافة المتتالية ، الا انها ليست كذلك في دائرة الاضافة المتوازية لأن تدوير المحمل (C_o من دائرة الاضافة 0 الى C_i من دائرة الاضافة 4) سهلة معالجته .

والآن لنختبر الحالات الاربع المذكورة في الجدول (13.3) ، مفترضين اتباعنا للطريقة الثالثة آنفة الذكر :

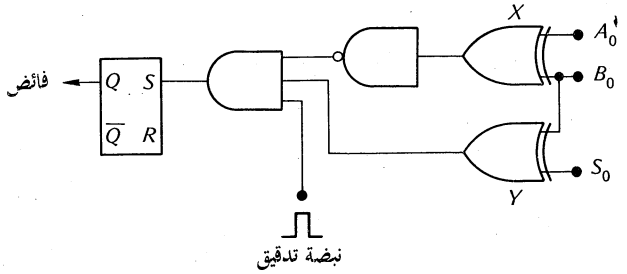
1 – مجموع عددين موجبين : المشكلة الوحيدة هنا هي مشكلة الفائض ، وعلينا ان نهيء طريقة ما لاكتشافه .

2 – اضافة عدد موجب الى عدد سالب اصغر قيمة منه : ليست هناك مشكلة فائض . وتدوير المحمل الاخير تجري بربط C_o لدائرة الاضافة 0 الى C_i لدائرة الاضافة 4 .

3 – اضافة عدد موجب الى عدد سالب اكبر قيمة : لافائض ، ولا تدوير محمل اخير.

4 – مجموع عددين سالبين : التهيئة لمشكلة الفائض ، وتدوير المحمل الاخير كما في الخطوة (2) .

وضح لدينا انه ينبغي الاهتمام بتدوير المحمل الاخير . واضافة دائرة لاكتشاف الفائض . والدائرة التي تستطيع اكتشاف الفائض في دائرة الاضافة المتوازية نراها في الشكل (13.10). فهناك حالتان يمكن بسببهما حدوث فائض ، الاولى عند اضافة عددين موجبين والثانية عند اضافة عددين سالبين . في الشكل (13.10) ، X يمثل طرف اخراج بوابة (أو) الحصرية ، حيث يكون واطئاً حينما تتشابه A_0 و B_0 (اي ان العددين لهما اشارة واحدة) ، وهذا يقود بدوره الى ان يكون الادخال الاعلى لبوابة (و) عالياً . اما اخراج (أو) الحصرية Y فسيكون عاليا حينما يختلف A_0 و S_0 (مشيراً الى حدوث فائض) ويؤدي بالادخال الاوسط لبوابة (و) الى ان يكون عالياً ايضاً . ويبقى الادخال الاسفل لبوابة (و) معتمداً على نبضة التدقيق ، اذ ما ان تحدث حالة فائض حتى ينشحن مرجاح الفائض مشيراً الى حدوثه . وتأتي نبضة التدقيق هذه بعد الانتهاء من عملية الاضافة .



الشكل (13.10) : دائرة فائض الاضافة المتوازية للشكل (13.9)

مثال 13.11 :

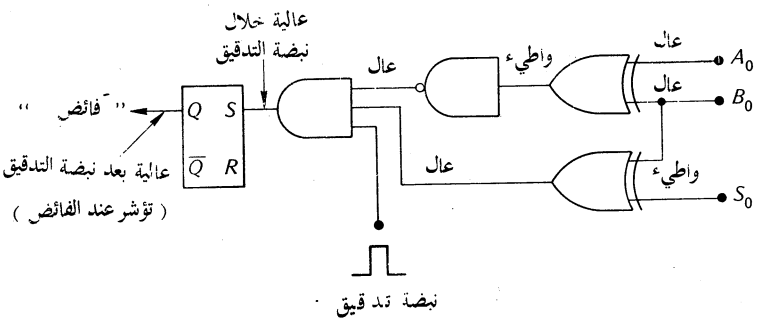
اشر المستويات الحاضرة على اطراف ادخال البوابات في دائرة الشكل (13.10) للأخراج الآتي :

$$A_0 = 1 \, , B_0 = 1 \, , S_0 = 0$$

الحل :

المستويات يرينا اياها الشكل (13.11) . هذه الحالة تشير الى اضافة عددين سالبين في حين تشير اشارة المجموع الى الموجب وبذا تحدث حالة فائض .

ويمكن استعمال دائرة اضافة الشكل (13.9) لاجراء عمليات الطرح .وقد لاحظنا في القسم السابق كيف ان حالات الطرح ممكن أن تؤول الى حالات مشابهة لحالات الاضافة المذكورة في الجدول (13.3) . وتجرى عملية الطرح باتمام العدد المطلوب طرحه ثم اجراء



شكل (13.11) : المثال (13.9)

عملية الاضافة . وهذا بالطبع يحتاج الى مدة توقيت اضافية . لذا ينبغي ان نأخذ الحالتين القادمتين بعين الاعتبار :

1 – (A - B) : خلال الزمن t_1 ، يدخل العددان الى سجليهما A و B . وخلال الزمن t_2 ، تتم محتويات السجل B بقدح الطرف T لكل مرجاح فيه ماعدا مرجاح الاشارة ويظهر الفرق على اخراج الدائرة بعد زمن الاستقرار القصير .

2 – (B – A) : مشابهة للحالة (1) ماعدا ان محتويات السجل A هي التي سوف تتم . وهكذا لوحظ ان بامكان دائرة الاضافة المتوازية اضافة عددين لهما n من ارقام القيمة . وان بناء هذه الدائرة يكون باستعمال السجلات ذات العدد المناسب من المراجيح ، وباستعمال (n + 1) من دوائر الاضافة الكاملة . والزمن الكلي للاضافة يتحدد بزمن الاستقرار التي يعتمد على سرعة انتقال المحملات من دائرة اضافة الى اخرى . وهناك طرائق متقدمة عدة لاختصار زمن الاستقرار وهي مشروحة في كتب متقدمة اخرى .

مثال 13.11 :

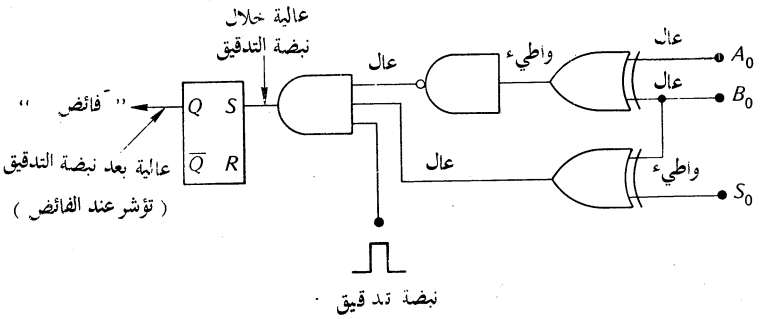
اشر المستويات الحاضرة على اطراف ادخال البوابات في دائرة الشكل (13.10) للأخراج الآتي :

$$A_0 = 1 \, , B_0 = 1 \, , S_0 = 0$$

الحل :

المستويات يرينا اياها الشكل (13.11) . هذه الحالة تشير الى اضافة عددين سالبين في حين تشير اشارة المجموع الى الموجب وبذا تحدث حالة فائض .

ويمكن استعمال دائرة اضافة الشكل (13.9) لاجراء عمليات الطرح .وقد لاحظنا في القسم السابق كيف ان حالات الطرح ممكن أن تؤول الى حالات مشابهة لحالات الاضافة المذكورة في الجدول (13.3) . وتجرى عملية الطرح باتمام العدد المطلوب طرحه ثم اجراء



شكل (13.11) : المثال (13.9)

عملية الاضافة . وهذا بالطبع يحتاج الى مدة توقيت اضافية . لذا ينبغي ان نأخذ الحالتين القادمتين بعين الاعتبار :

1 – (A – B) : خلال الزمن t_1 ، يدخل العددان الى سجليهما A و B . وخلال الزمن t_2 ، تتم محتويات السجل B بقدح الطرف T لكل مرجاح فيه ماعدا مرجاح الاشارة ويظهر الفرق على اخراج الدائرة بعد زمن الاستقرار القصير .

2 – (B – A) : مشابهة للحالة (1) ماعدا ان محتويات السجل A هي التي سوف تتم . وهكذا لوحظ ان بامكان دائرة الاضافة المتوازية اضافة عددين لهما n من ارقام القيمة . وان بناء هذه الدائرة يكون باستعمال السجلات ذات العدد المناسب من المراجيح ، وباستعمال (n + 1) من دوائر الاضافة الكاملة . والزمن الكلي للاضافة يتحدد بزمن الاستقرار التي يعتمد على سرعة انتقال المحملات من دائرة اضافة الى اخرى . وهناك طرائق متقدمة عدة لاختصار زمن الاستقرار وهي مشروحة في كتب متقدمة اخرى .

13.5 الاضافة بالرمز BCD :

يحبذ أحيانا تنفيذ الحساب الرقمي باستعمال اعداد BCD . وقد شرحنا في الفصل الخامس طرائق اضافة الأعداد بالرمز (8421 BCD) والرمز (زائد –3) وسنشرح في هذا الفصل عمل دوائر الاضافة بالرمز (8421 BCD) والرمز (زائد – 3) . اذ نحتاج قبل كل شيء الى التعرف على طرائق تمثيل الاعداد بالرمز BCD . والحالات الاربع في الاضافة الثنائية .

سنكتشف وبسرعة ان الحساب بالرمز BCD مشابه تماما للحساب الثنائي . لذلك نضع الفارزة الثنائية الى يسار الحد الاقصى MSB كما في القسم السابق . كما سنستعمل الـ 0 في رقم الاشارة للدلالة على عدد موجب و 1 للدلالة على عدد سالب . أي سنمثل الاعداد بالشكل الآتي :

$$\underbrace{X_5\ X_6\ X_7\ X_8}_{\text{رقم مئوي}} \qquad \underbrace{X_1\ X_2\ X_3\ X_4}_{\text{رقم عشري}} \qquad \underset{\text{رقم الاشارة}}{X_0}$$

في هذا النظام يمكننا تمثيل الاعداد بين ($+.99_{10}$) و ($-.99_{10}$). وبالامكان تكبير حجم هذا النظام باضافة أربعة أرقام ثنائية أخرى لتمثيل ثلاثة أرقام عشرية . او ثمانية ارقام ثنائية اخرى لتمثيل اربعة ارقام عشرية . وهكذا . اما الاعداد السالبة فيمكن تمثيلها بالاشارة والقيمة . او الاشارة والمتمم لـ 9 . او الاشارة والمتمم لـ 10 .

مثال 12 . 13 :

مثل الاعداد الاتية بالرمز (8421 BCD) والرمز (زائد – 3) .

(أ) 34

(ب) – 34

(جـ) – 81

الحل :

	عدد	قياسي	اشارة رقمية	قيمة حقيقية	المتمم لـ	المتمم لـ
8421	34	+ 34	0.34	0.0011 0100		
BCD	– 34	– 34	1.34	1.0011 0100	1.0110 0101	1.0110 0110
code	– 81	– 81	1.81	1.1000 0001	1.0001 1000	1.0001 1001
Excess–3	34	+ 34		0.0110 0111		
BCD	– 34	– 34		1.0110 0111	1.1001 1000	0.1001 1001
code	– 81	– 81		1.1011 0100	1.0100 1011	1.0100 1100

لاحظ في هذا المثال ان المعلومات بالمتمم لـ 9 و لـ 10 لاعداد (8421 BCD) ليس من السهل تنفيذها الكترونيا ، اذ تحتاج الى دوائر منطقية اضافية (راجع السؤال 13.14). من جهة ثانية ، فان الحصول على المتمم لـ 9 في اعداد (زائد – 3) سهل ، اذ يعمد الى اتمام ارقام القيمة من العدد لاغير . كما ان الحصول على المتمم لـ 10 يتم باضافة 1 الى يمين القيمة. والان لنجر عملية اضافة عددين بالرمز (زائد – 3) مع الاخذ بنظر الاعتبار ماسبق التنويه عنه

1 – اضافة عددين موجبين : ينبغي التدقيق عن وجود فائض ممكن حدوثه . خذ مثلاً اضافة هذين العددين :

اعداد	قيمة حقيقية	زائد – 3	
21	0.0010 0001	0.0101 0100	
+ 13	0.0001 0011	0.0100 0110	
34	0.0011 0100	0.1001 1010	يحدث في دائرة اضافة BCD
		– 11 – 11	
		0.0110 0111	
34	0.0011 0100	0.0110 | 0111	
+ 86	0.1000 0110	0.1011 | 1001	
120	0.1011 1010		
	+ 110 + 110	1.0001 | 0000	يحدث في دائرة اضافة BCD
	1	+ 11 + 11	
	1.0010 0000	1.0101 0011	

جرى تقييس العددين اولاً ، ثم حولا الى صيغة الاشارة والقيمة . ثم اضيفا للحصول على المجموع . وتحت عمود (زائد –3) ، اضيف العددان بالرمز (زائد –3) للحصول على الجواب (34) . ثم طرحت (3) من كل رقم اوتوماتيكيا بواسطة دائرة اضافة الرمز (زائد –3) . راجع الفصل الخامس . والآن لنجر عملية الاضافة لعددين موجبين مع توقع حدوث فائض .

تحت عمود القيمة ظهر الجواب (20 –) وهو جواب مغلوط . ظهور 1 في رقم الاشارة اشارة لحدوث فائض . وتتكرر الحالة نفسها تحت عمود الرمز (زائد –3) . وهذا خطأ يجب الكشف عنه .

2– اضافة عدد موجب الى عدد سالب أصغر قيمة منه :

زائد – 3

اعداد	قيمة حقيقية	المتمم لـ 9	المتمم لـ 10
21	0.0010 0001	0.0101 0100	0.0101 0100
–13	1.0001 0011	1.1011 1001	1.1011 1010
8	لايمكن الاضافة مباشرة	0.0000 1101	0.0000 1110
		+11 –11	+11 –11
		0.0011 1010	0.0011 1011
		1	
		0.0011 1011	اهمل المحمل

لافائض في هذه الحالة . ونلاحظ استعمال المحمل الأخير في المتمم لـ 9 واهماله في المتمم لـ 10 . والجواب الصحيح (8 +) يظهر بالرمز (زائد 3) في كلتا الحالتين

3 – اضافة عدد موجب الى عدد سالب اكبر قيمة منه :

زائد – 3

عدد	قيمة حقيقية	المتمم لـ 9	المتمم لـ 10
–21	1.0010 0011	1.1010 1011	1.1010 1100
13	0.0001 0011	0.0100 0110	0.0100 0110
–8	لايمكن الاضافة مباشرة	1.1111 0001	1.1111 0010
		–11 +11	–11 +11
		1.1100 0101	1.1100 0101

لافائض في مثل هذه الحالة . والجواب تحت عمود المتمم لـ 9 هو (8) بالرمز (زائد – 3) وتظهر القيمة متممة لأن الجواب سالب . وكذلك الامر بالنسبة للجواب بالمتمم لـ 10 . ويمكن تغيير جواب المتمم لـ 10 الى القيمة بطرح 1 من قيمة الرقم الادنى LSB واتمامه ثانية .

4 اضافة عددين سالبين : ينبغي التأكد من عدم وجود فائض .

في هذه الحالة ، لايوجد فائض والمجموع صحيح بشكله المتمم . اما المثال الآتي : فيلاحظ ان المجموع (2 +) بشكله المتمم بكلتا الحالتين ، وثمة خطأ نتيجة لحدوث فائض

زائد – 3

الاعداد	القيمة الحقيقية	المتمم لـ 9	المتمم لـ 10
– 21	1.0010 0001	1.1010 1011	1.1010 1100
– 13	1.0001 0011	1.1011 1001	1.1011 1010
– 34	لايمكن الاضافة مباشرة	1.0110 0100	1.0110 0110
		+11 +11	+11 +11
		1.1001 0111	1.1001 1001
		1	احذف المحمل
		1.1001 1000	

زائد – 3

الاعداد	القيمة الحقيقية	المتمم لـ 9	المتمم لـ 10
– 51	1.0101 0001	1.0111 1011	1.0111 1100
– 51	1.0101 0001	1.0111 1011	1.0111 1100
– 102	لايمكن الاضافة مباشرة	0.1111 0110	0.1111 1000
		– 11 + 11	– 11 + 11
		0.1100 1001	0.1100 1011
		1	احذف المحمل
		0.1100 1010	

يكتشف من ظهور 0 في رقم اشارة المجموع .

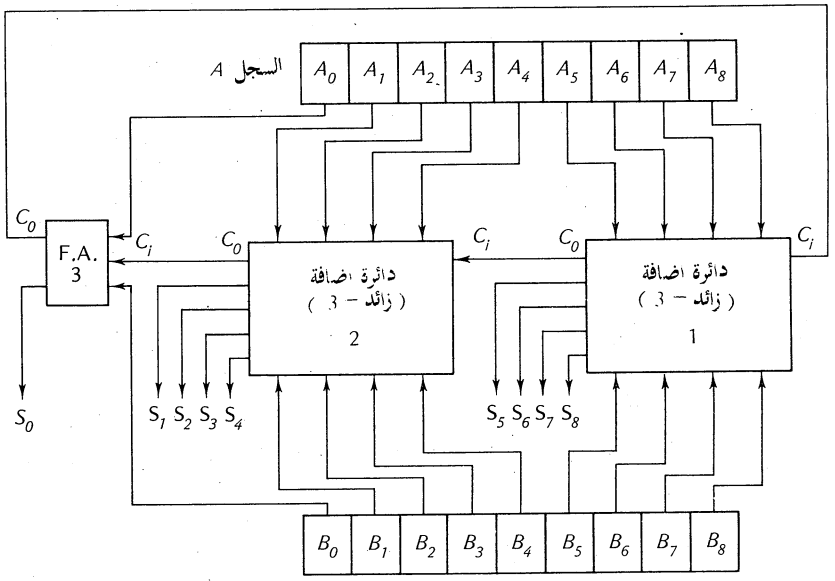
نستطيع اذن تلخيص الحالات الاربع في الاضافة من ملاحظة التشابه في الاضافة بالرمز (زائد –3) باستعماله طريقة المتمم لـ 9 والمتمم لـ 10 للاعداد السالبة ، والاضافة الثنائية المباشرة بالمتمم لـ 1 و لـ 2 للاعداد السالبة ايضا. من هنا يجب التأكد من عدم وجود حالة فائض عند اضافة عددين يمتلكان الاشارة نفسها . كما يجب ان نهيء للمحمل الاخير عند استعمال المتمم لـ 9 (المشابه لاستعمالنا المتمم لـ 1) . بهذه المعلومات نستطيع التقدم لصياغة علاقة لدائرة اضافة بالرمز (زائد –3) ، ثم نطمئن الى ان مشكلة الاشارات ستحل نفسها بنفسها .

13.6 دائرة اضافة BCD متوازية :

سنشرح في هذا القسم عمل دائرة الاضافة المتوازية برمز (زائد 3-) حيث تخزن الاعداد بالاشارة والقيمة للموجب ، وبالاشارة والمتمم لـ 9 للسالب .

ودائرة الاضافة المبينة في الشكل (13.12) قادرة على اضافة عددين يتكون كل واحد منهما من رقمين عشريين ، فيتسع كل عدد لاستقبال الاعداد العشرية بين (99 +) و (99 -) يخزن كل عدد في سجل هما A و B على التوالي . فالسجل A يحتوي على العدد $A_0 A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 A_7 A_8$ والسجل B على العدد $B_1 B_2 B_3 B_4 B_5 B_6 B_7$ و B_0 والمجموع S سيظهر بالشكل الآتي :

$S_0 S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 S_6 S_7 S_8$ في اخراج الدائرة ويتشابه زمن دورة الاضافة في هذه الدائرة بدائرة الأضافة الثنائية المتوازية كما شرحناها سابقاً . حيث يزحف العددان A و B الى سجليهما في الزمن t_1 ليظهر المجموع بعدئذ بعد زمن الأستقرار القصير . وما دمنا نستعمل المتمم لـ 9 للاعداد السالبة ، لذا ينبغي الأخذ في الحساب لقضية المحمل الأخير ، ويتم ذلك بربط المحمل الخارج C_0 لدائرة الأضافة (3) الى ادخال المحمل C_i لدائرة الأضافة (1) . ومادامت مشكلة الفائض تكتشف بالطريقة المستعملة مع دائرة الأضافة الثنائية المتوازية فنستطيع أن نستعمل الدائرة الموجودة في الشكل (13.10) لاحظ أن دائرة الأضافة بالرمز (زائد – 3) هي لأربعة أرقام من القيمة ، أما رقم الأشارة فيضاف مباشرة بواسطة دائرة اضافة كاملة . وبالامكان طبعاً زيادة حجم هذه الدائرة لاحتواء أعداد عشرية ذات n من الأرقام باستعمال n من دوائر الأضافة بالرمز BCD تحتوي على 4n من المراجيح للقيمة



الشكل (13.12) : دائرة اضافة BCD متوازية تستعمل رمز (زائد – 3) .

ومادامت حالات الطرح الاربع قد آلت الى حالات اضافة اربع درسناها سابقا ، فان دائرة الاضافة برمز BCD في الشكل (13.12) تستعمل ايضا لطرح الاعداد بالرمز (زائد -3) اذ نحتاج فقط الى زيادة مدة توقيت واحدة الى مجموع الزمن المصروف يتم خلالها أيضا اتمام العدد السالب . هنا تتجلى اهمية استعمال الرمز (زائد -3) حيث انه ذو اتمام ذاتي ، وكل مانحتاجه لايتعدى اتمام محتويات السجل الذي يحتوي على العدد المطلوب طرحه ثم تنفيذ دورة الاضافة . وتجرى عملية الاتمام بتسليط نبضة على الادخال T لكل مرجاح من مراجيح السجل (ماعدا رقم الاشارة) الذي يحتوي على العدد المطلوب اتمامه. وبذلك فان الزمن المطلوب لتنفيذ الطرح باستعمال دائرة ضافة BCD هومدتي توقيت ومن ثم يصبح تعريف زمن دورة الطرح subtract-cycle مساوياً لمدتي توقيت .

والتشابه كبير بين دائرة الاضافة BCD ودائرة الاضافة الثنائية كما شرحت سابقا ، ويمكن التخمين ايضا بالتشابه بين دائرة اضافة BCD متتالية ودائرة اضافة ثنائية متتالية . هذه هي الحالة ، وكما يمكن ان نتوقع ، يبدو من السهل اختيار الاشارة والطريقة للاعداد الموجبة والاشارة والمتمم لـ 10للاعداد السالبة (وجميعها بالرمز زائد -3) .

مثال 13.3 :

وضح كيف تستعمل دائرة اضافة BCD في الشكل (13.12) لاضافة اعداد مخزونة بالاشارة والقيمة برمز (زائد -3) .

الحل :

هناك ثلاث حالات مهمة :

أ- اضافة عددين موجبين يتم بازاحة الاعداد الى السجلات وقراءة الاخراج .

ب- اضافة عدد موجب الى آخر سالب تتم بازاحة العددين الى سجليهما مع اتمام العدد السالب (القيمة فقط) وقراءة الاخراج بعدئذ مباشرة .

جـ- اضافة عددين سالبين بازاحة العددين الى سجليهما واتمامهما (ماعدا الاشارة) ومن ثم قراءة الاخراج .

13.7 الضرب الثنائي

الضرب الثنائي والقسمة الثنائية عمليتان معقدتان ، لذلك تنوعت الطرائق لتنفيذها وهناك عدد من الكتب تعالج ذلك معالجة شاملة . ومع ذلك فهناك طريقة اساسية واحدة لكل من الضرب والقسمة ، سنشرحها في الوقت الراهن . أما الطرائق الاخرى فتسعى الى اختصار زمن التنفيذ . وسنناقش الضرب في هذا القسم ونؤجل القسمة الى القسم الآتي .

من السهل اكتشاف طريقة لتنفيذ عملية الضرب بمناقشة عملية الضرب نفسها بعناية . بأن نعتبر العملية تتم بين رقمين اولاً . فضرب 8 في 4 هي في الواقع عملية اضافة العدد 8 اربع مرات . أي ان (8 × 4) يساوي (8 + 8 + 8 + 8) ويساوي 32 (والقول نفسه ينطبق على اضافة 4 لنفسها ثمان مرات) . كذلك مع حاصل ضرب 5 في 3 حيث يمكن كتابتها بالشكل الآتي :

$$5 \times 3 = 5 + 5 + 5 = 3 + 3 + 3 + 3 + 3 = 15$$

ومن هنا يمكن القول ان عملية الضرب هي في الواقع عملية اضافة متكررة . ففي النظام العشري قد نضيف العدد الواحد الى تسع مرات . بينما تسهل العملية في النظام الثنائي . لأن النظام الثنائي ببساطة يحتوي على 1 و 0 فقط . وبذلك يضاف العدد مرة واحدة . فضرب العدد 6 . على سبيل المثال ، له حالتان فقط :

أما : $110 \times 0 = 0$

أو : $110 \times 1 = 110$

والآن . لنضرب عددين يمتلكان اكثر من رقم واحد . وسنرى كيف تتم عملية الضرب 5×6 :

```
110  ←  المضروب
101  ←  الضارب
---
 110
 000   ←  نتاجات جزئية
 110
---
11110  ←  الناتج
```

النتاج الجزئي الاول (في الاعلى) ينتج من حاصل ضرب الرقم الادنى LSB من الضارب multiplier بالمضروب multiplicand . ويتشكل النتاج الجزئي الثاني من حاصل ضرب الرقم الاوسط من الضارب بالمضروب ، والنتاج الجزئي الثالث من حاصل ضرب الرقم الاقصى MSB للضارب بالمضروب والناتج النهائي يتشكل من مجموع النتاجات الجزئية بعد ازاحة كل منها الازاحة المناسبة . ونلاحظ ان مجموع النتاجات الجزئية في الضرب الطويل يتم مرة واحدة ، ونستطيع بالطبع اضافة النتاجات الجزئية منفردة الى بعضها ونحصل على النتيجة نفسها .

وللقيام بتشكيل النتاجات الجزئية واضافتها (ومن ثم ضربها) نحتاج الى سجلين كما في الشكل (13.13) . نخزن المضروب في سجل المضروب . والضارب يخزن في السجل MQ . وسجل المركم accumulator register يصفر في البداية . ثم تمضي العملية كالآتي :

أ- اختبر رقمي الاشارة للعددين . فاذا كانا متشابهين فان الناتج سيكون موجبا ، واذا اختلفا كان الناتج سالبا . اخزن الاشارة الناتجة لحين الانتهاء من عملية الضرب . صفر رقم الاشارة (يمكن استعمال بوابة (أو) الحصرية لهذا الغرض) .

ب- اختبر الرقم 2 في السجل MQ أضف المضروب الى سجل المركم اذا كان هذا الرقم 1 ولاداعي للاضافة اذا كان 0 .

جـ- ازح سجل المركم والسجل MQ موقعا واحدا الى اليمين .

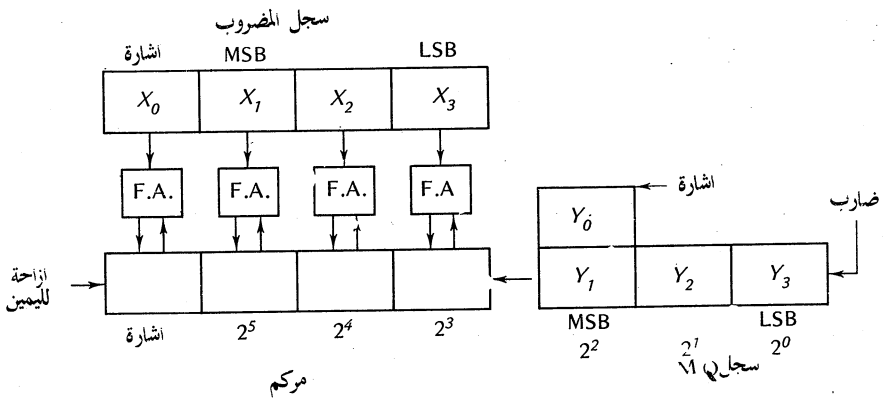
د- الرقم التالي للضارب هو الآن في الموقع 2 من السجل MQ . كرر الخطوتين ب وجـ .

هـ- الرقم الاقصى MSB للضارب اصبح الآن في الموقع 2^0 من السجل . كرر الخطوتين ب و جـ .

و- تمت عملية الضرب . وبات الناتج النهائي في سجل المركم . ضع الاشارة المحسوبة في الخطوة (أ) في رقم الاشارة العائد لسجل المركم .

مثال 13.14 :

بين محتويات سجلات الشكل (13.13) عند ضرب 6×5 .



الشكل (13.13) : سجلات لضرب عددين من ثلاثة ارقام ثنائية . حاصل الضرب يظهر في المركم Accumulator وسجل MQ والاشارة .

الحل : 0 ضع الاعداد في السجلات

المضروب

0	1	1	0

رقم اشارة الضرب ←

						0
0	0	0	0	1	0	1

مركم				سجل MQ		
0	0	0	0	1	0	1

1. عين الاشارة .

0	1	1	0	1	0	1

2. اضف المضروب .

0	0	1	1	0	1	0

3. ازح لليمين .

0	0	1	1	0	1	0

4. لا تضف .

0	0	0	1	1	0	1

5. أزح لليمين .

0	1	1	1	1	0	1

6. أضف .

0	0	1	1	1	1	0

7. أزح لليمين .

0	0	1	1	1	1	0

8. ضع الاشارة في المركم .

الناتج ←

2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

↑
اشارة

اظهرنا سجلي المركم وMQفقط ، لان سجل المضروب يبقى ثابتاً لايتغير اثناء العملية . وبعد انتهاء الخطوات الثمان ، سيظهر الناتج في سجلي المركم وMQ.

ستلاحظ من المثال السابق ان ضرب عددين يتكون كل واحد منهما من ثلاثة ارقام ينتج عدداً ذا ستة ارقام . وهذا ضروري لايجاد الموقع المناسب للفارزة الثنائية . سنفترض بالطبع ان الاعداد التي استعملناها ذات كسر ثنائي تقع فيها الفارزة الثنائية بين الرقم الأقصى للعدد ورقم اشارته . عند ضرب العددين انفي الذكر استدعت العملية ثمان خطوات بعد تزحيف العددين الى السجلين . خطوتان من هذه الخطوات كرستا لرقم الاشارة ونحتاج لذلك دائماً . اما باقي الخطوات فقد كرست للقيمة فقط ، واذ يحتوي كل عدد ثلاثة ارقام ، لذا اضفنا وزحفنا الى اليمين ثلاث مرات لتغطية الخطوات الست الباقية . هذه التقنية بالطبع يمكن ان تمتد لتشمل اعداداً ذات n من الارقام وذلك بزيادة حجم السجلات (n + 1) من الارقام .

ونستطيع الان وضع قاعدة عامة لحساب الزمن اللازم لضرب عددين بهذه التقنية : (أ) يحتاج الى خطوتين دائماً لمعالجة الاشارة . (ب) كما يحتاج الى (2n) من الخطوات لمعالجة القيمة ، حيث n هو عدد ارقام القيمة . لذا فان الوقت الكلي المستغرق لتنفيذ عملية الضرب بهذه التقنية سيساوي :

$$2n + 2 = 2(n + 1)$$

وما دامت كل خطوة تنجز في مدة توقيت واحدة ، فيمكن القول ان الوقت اللازم لتنفيذ عملية ضرب واحدة هو (2 (n + 1)) من مدد التوقيت .

13.8 القسمة الثنائية

لكي نطلع على معالجة عملية القسمة الثنائية ، فمن الافضل كما فعلنا في عملية الضرب ان نتابع طريقة القسمة الطويلة ، نطبقها على هذا المثال كما يأتي :

$$2_{10}/6_{10} = 010/110$$

```
                0. 0101   —   حاصل القسمة
              ------------
110 ← القاسم  010. 0000   —   المقسوم
                1  10
              ------------
              0  10000    —   الباقي
                 110
              ------------
                 010    —   second remainder
```

وخطوات القسمة هي :

أ- ضع القاسم divisor تحت الارقام الثلاثة الاولى من المقسوم dividend .

نلاحظ ان القاسم اكبر من ان يقسم على هذه الارقام الثلاثة ، لذا نضع 0 الى يسار الفارزة الثنائية . نحدد عدم امكانية القسمة بملاحظة ان لا تكون قيمة الارقام الثلاثة الاولى اصغر من القاسم .

ب- ثم نزحف القاسم موقعاً الى اليمين لنضعه تحت الارقام الثانية ، الثالثة ، والرابعة من المقسوم عليه . قيمة المقسوم عليه مازالت اصغر من قيمة القاسم ، لذا نضع 0 خلف الفارزة الثنائية مباشرة (في اول موقع ثنائي) .

جـ- نزحف القاسم موقعاً اخر الى اليمين (تحت الارقام الثالثة ، الرابعة والخامسة من المقسوم) . قيمة المقسوم الان اكبر من القاسم ، فتنفذ عملية الطرح واضعين 1 في الموقع الثنائي الثاني من حاصل القسمة quotient . القاسم اذن يطرح من المقسوم لانتاج اول باق .

د- نجلب الـ 0 من المقسوم ونضعه الى يمين الباقي ، كما نضع القاسم تحت الارقام الثلاثة اليمنى من اولى باق . نلاحظ ان قيمة الباقي الاول هي اصغر من القاسم ، لذا لانستطيع تنفيذ عملية الطرح ، فنضع 0 في الموقع الثنائي الثالث من حاصل القسمة .

هـ- ثم نجلب صفراً اخر من المقسوم ، مضيفينه الى يمين الباقي الاول ، مزحفين القاسم موقعاً الى اليمين . نستطيع تنفيذ عملية الطرح لان الباقي الاول هو اكبر قيمة من القاسم ، فنضع 1 في الموقع الثنائي الرابع من حاصل القسمة ، وناتج الطرح هو الباقي الثاني .

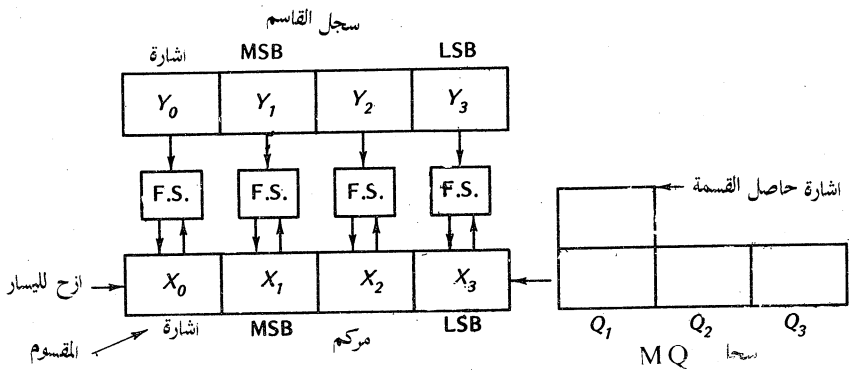
و- وتعاد هذه العملية عدة مرات حسب الحاجة لتوليد العدد اللازم من الارقام في حاصل القسمة نلاحظ مما سبق ، ان عملية القسمة في حقيقتها لا تتعدى كونها عملية طرح متكرر . وذلك بتكرار طرح القاسم من المقسوم او الباقي المتولد ونحدد حاجتنا الى عملية الطرح بمقارنة قيم القاسم والمقسوم والباقي . ولهذا السبب ، يطلق على هذه الطريقة اسم المقارنة comparison .

القسمة بهذه الطريقة تحتاج الى عدد من السجلات مبينة في الشكل (13.14) . وستلاحظ ان هذا الشكل لايختلف عن الشكل (13.13) سوى في دوائر الطرح الكاملة يحمل القاسم في سجل القاسم ، والمقسوم يخزن اولا في المركم ، بينما يظهر حاصل القسمة في السجل MQ وبعيد انتهاء عملية القسمة . وتبدو تسمية السجل باسم MQ واضحة الآن ، اذ ان هذا السجل يخزن الضارب في البداية multiplier ثم حاصل القسمة

Quotient عند انتهاء عملية القسمة . تنفذ عملية القسمة باستعمال هذه السجلات بالخطوات الاتية :

أ- ازح القاسم الى سجله ، والمقسوم الى المركم ، وصفر السجل MQ .

ب- حدد اشارة حاصل القسمة بمقارنة اشارتي القاسم والمقسوم . تكون اشارة الحاصل موجبة عند تشابههما وسالبة عند اختلافهما . اخزن اشارة حاصل القسمة ، وصفر رقم الاشارة في السجلات .



شكل (13.14) سجل لقسمة عددين ثنائيين من 3 ارقام ثنائية . حاصل القسمة يظهر في سجل MQ

جـ- قارن قيمتي القاسم والمقسوم ، فان كانت قيمة القاسم اكبر نفذ ، وبعكسه توقف . متذكراً اننا نستعمل صيغة الكسر وبالتالي لانستطيع توليد عدد أكبر من 0. 111 ... 1n حيث تمثل n عدد ارقام القيمة . بكلمة اخرى ، فاننا لانستطيع توليد رقم الى يسار الفارزة الثنائية غير رقم الاشارة .

د - زحف محتويات المركم والسجل MQ موقعاً الى اليسار .

هـ- قارن قيمتي القاسم وسجل المركم . فاذا كان القاسم اصغر ، اطرح القاسم من المركم وضع 1 في الرقم الايمن من السجل MQ . اما اذا كان القاسم اكبر ، لاتطرح .

و- زحف محتويات المركم والسجل MQ موقعاً الى اليسار .

ز- اعد الخطوتين (هـ) و (و) لغاية توليد n من الارقام الثنائية في السجل MQ . (ثلاثة ارقام في هذه الحالة) .

ح- ضع الاشارة في رقم الاشارة الخاص بالسجل MQ . حاصل القسمة الان في السجل MQ ، وعملية القسمة انتهت الى هذا الحد .

مثـــال 13.15 :

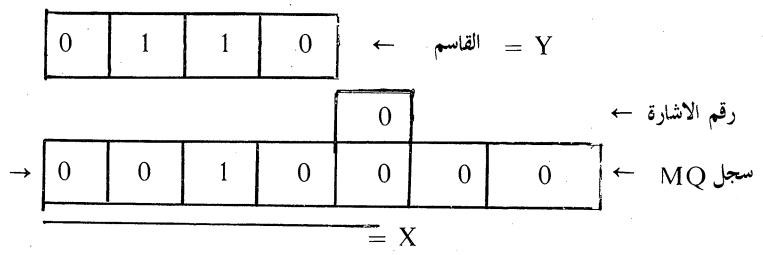
بين محتويات المركم والسجل MQ عند تنفيذ القسمة :

010/110

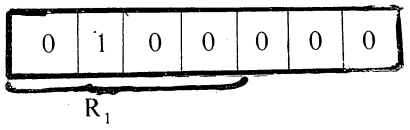
الحـــل :

سجل القاسم يرى مرة واحدة لعدم تغير محتوياته عند اجراء عملية القسمة .

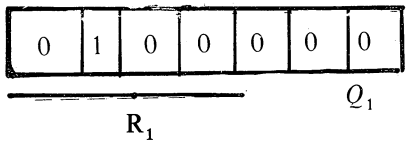
0 . ازح الاعداد الى سجلاتها . حدد االاشارة .



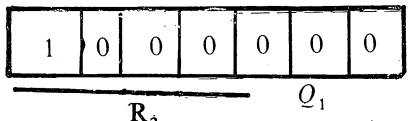
1 . X اقل من Y ، نفذ ، زحف يساراً



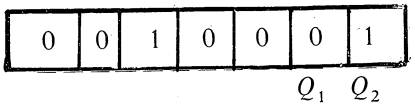
2 . R_1 اقل من Y ، لاتطرح ، الرقم الاقصى من حاصل القسمة يساوي صفراً .



3. زحف يساراً .



4 . R_2 اكبر من Y ، اطرح القاسم من المركم . ضع 1 في الرقم الادنى من المسجل MQ



5. زحف يساراً .

0	1	0	0	0	1	0
			R_3	Q_1	Q_2	

6. R_3 اصغر من Y ، لاتطرح . الرقم الادنى من حاصل القسمة يساوي صفراً

0	1	0	0	0	1	0
				Q_1	Q_2	Q_3

7. ضع الاشارة في محلها من المسجل MQ . القسمة كاملة ، وحاصلها في المسجل MQ وتساوي 0.010

				0		
0	1	0	0	0	1	0
				Q_1	Q_2	Q_3

لاحظ أننا توقفنا عن الاستمرار بعملية القسمة بعد حصولنا على ثلاثة أرقام ثنائية لاتتسع هذه الدائرة لاكثر منها . ولاحظ أيضاً أن جواب هذه المسألة هو :

$$(1/4)(3/4) = 1/3 = 0.333\ldots_{10}$$

فأوقفنا عملية القسمة الى الرقم الثالث لنحصل على جواب مقرب قيمته :

$$0.010 = 0.25_{10}$$

ولا تتوقع بالطبع دقة من نظام يتكون من ثلاثة أرقام فقط . ولو تسّنى لنا استعمال نظام ذي أربعة ارقام لحصلنا على نتيجة أفضل هي :

$$0.010 = 0.31_{10}$$

في المثال (13.15) ، احتيج الى مدتي توقيت لتحديد اشارة حاصل القسمة . كما زحفنا الى اليسار واحد لكل رقم من القيمة ، وهذا يحتاج الى ثلاث مدد توقيت . كما قارنا مرة واحدة رقماً من ارقام القيمة . وطرحنا مرة وذلك يحتاج الى اربع مدد توقيت . لذا فان زمن القسمة الكلي هوتسع مدد توقيت . القول بان زمن القسمة غير ثابت اعتماداً على عدد المرات التي تتم فيها عملية الطرح .

بامكان عملية القسمة هذه اذن الامتداد لتشمل اعداداً ذات n من الارقام في قيمتها. وكما ذكر سابقاً ، فان الزمن الكلي للقسمة متغير ، والا فان بامكاننا حساب اطول زمن مستغرق كما يأتي :

أ— مدتا توقيت لتحديد الاشارة .
ب— n مدة توقيت ، لتزحيف n رقماً من ارقام القيمة الى اليسار .
حـ— n مدة توقيت لـ n من المقارنات .
د— n مدة لـ n من عمليات الطرح .

ونخلص الى اطول زمن قسمة يتكون من مجموع مدد التوقيت هذه ، أي :

$$2 + 3n$$

مثال 13.16 :

ماهو اطول زمن مستغرق لتنفيذ قسمة باستعمال 10 ارقام ثنائية ، وساعة ذات تردد 1 ميكاهيرتز ؟

الحل :

سيحتاج الى مدد التوقيت الآتية .

$$2 + 3n = 2 + 30 = 32$$

وبما ان كل مدة توقيت تستغرق 1 مايكروثانية ، لذا فان اطول زمن مستغرق لاجراء عملية القسمة هذه هو 32 مايكروثانية .

خلاصة :

— شرحنا في هذا الفصل الطرائق الاساسية لاجراء عمليات الحساب الثنائي . بدأنا اولا بطرائق تمثيل الاعداد الموجبة والسالبة باصطلاح الكسر الثنائي . اذ مثلنا الاعداد الموجبة بالاشارة والقيمة الحقيقية ، والاعداد السالبة بالاشارة والقيمة ، او بالاشارة والمتمم لـ 1 . أو بالاشارة والمتمم لـ 2 . بهذا الشكل تستعمل هذه الاعداد لاجراء العمليات الحسابية بمكان الفارزة الثابتة ثم عرجنا ، فشرحنا طريقة واحدة لتمثيل الاعداد بالاشارة والقيمة والاس ، وهي الطريقة التي تستعملها مكائن الفارزة العائمة .

— ثم وضح لدينا من شرحنا لدوائر الاضافة ، ان دوائر الاضافة المتوازية اسرع بكثير من دوائر الاضافة المتتالية . وباختيار لحالات الاضافة الاربع وجدنا ان عملية الطرح يمكن بسهولة أن تؤول الى عملية اضافة ، فاستعملنا الدوائر نفسها لاجراء الطرح أيضاً . كما يتبين لنا بشكل مقنع ان استعمال المتمم لـ 2 في دوائر الاضافة المتتالية افضل من استعمال المتمم لـ 1 والعكس صحيح في دوائر الاضافة المتوازية . وخلصنا عند شرح دوائر اضافة BCD المتوازية الى سهولة استعمالها مع اعداد الرمز (زائد — 3) .

– وفي نقاشنا لطريقة الضرب الاساسية ، وجدنا ان الضرب لايعدو ان يكون عملية اضافة متكررة وان القسمة لاتعدو ان تكون عملية طرح متكررة ، كما وجدنا تعقدها نسبة الى الاضافة والطرح واستغراقها زمناً اطول عند التنفيذ .

مفـردات :

زمن دورة اضافة *Add–cycle time* :
الزمن المطلوب لانجاز عملية اضافة .

ماكنة الكسر الثنائي *Binary fractional machine* :
ماكنة صممت لاجراء العمليات الحسابية باستعمال اعداد بصيغة كسر ثنائـــي .

صيغة الكسر الثنائي *Binary fractional notation* :
تمثيل الاعداد الثنائية بوضع الفارزة الثنائية الى يسار الرقم الاقصـى ، *MSB* .

زمن دورة قسمة *Divide-cycle time* :
الزمن المطلوب لانجاز عملية قسمة .

ماكنة الفارزة الثابتة *Fixed point machine* :
ماكنة تستعمل الاعداد الثنائية ذات الموقع الثابت للفارزة الثنائية ، ولا مجال لاستعمال الاس لـ 2 .

ماكنة الفارزة العائمة *Floating point machine* :
ماكنة تستعمل الاعداد الثنائية ذات الموقع المتغير للفارزة الثنائية ، مع امكانية استعمال الاس لـ 2 .

زمن دورة ضرب *Multiplication-cycle time* :
الزمن المطلوب لانجاز عملية ضرب .

فائض *Over flow* :
فعل الزيادة عن سعة سجل الخزن .

دائرة اضافة ثنائية متوازية *Parallel binary adder* :
نظام يقوم باضافة ($n + 1$) من الارقام الثنائية لاعداد ثنائية لها n من الارقام للقيمة انيا .

دائرة اضافة ثنائية متتالية *Serial binary adder* :
نظام يقوم باضافة عددين ثنائيين وذلك باضافة رقمين اثنين في المرة الواحدة ابتداء بالرقمين الادنيين .

زمن الاستقرار *Settling time* :

الزمن اللازم لكل العناصر المنطقية في نظام حسابي للوصول الى مستوياتها المستقرة عند حدوث تغيير في البيانات .

زمن دورة طرح *Subracter -cycle time* :

الزمن المطلوب لانجاز عملية طرح .

اسئلة للمراجعة :

1. لماذا يهتم باكتشاف الفائض ؟ وكيف يكتشف ؟
2. لماذا يشيع وضع الفارزة الثنائية الى يسار الرقم الاقصى ؟
3. اشرح استعمال رقم الاشارة .
4. ماذا يعنى بالتقييس ، واين يستعمل ؟
5. ماهي الطرائق الثلاث لتمثيل الاعداد الثنائية السالبة باستعمال الاشارة والقيمة ؟
6. ماذا يقصد بحساب الفارزة العائمة ؟
7. ماهي الحالات للاضافة ؟ واين يمكن للفائض ان يحدث ؟
8. عند اضافة عددين ، كيف يكتشف الفائض ؟
9. لماذا لايستعمل المتمم لـ 1 في الاعداد السالبة بدائرة الاضافة المتتالية ؟
10. ماهي اهم فائدة لدائرة الاضافة المتوازية على دائرة الاضافة المتتالية ؟ وما هو اهم عيب فيها ؟
11. ما هوالتأثيرالاهم لزمن الاستقرار في دائرة الاضافة المتوازية ؟
12. ماهي نقاط التشابه بين الاضافة الثنائية والاضافة بالرمز زائد – 3 (خذ بنظر الاعتبار الحالات الاربع) .
13. لماذا يعتبر الرمز (زائد - 3) اكثر فائدة في الاضافة من الرمز (8421) ؟
14. اشرح كيف يتم الضرب بالاضافة المتكررة .
15. اشرح كيف تتم القسمة بالطرح المتكرر .

مسائل :

13.1 ماهو مجال الاعداد الممثلة في ماكنة الكسر الثنائي لقيمة من ثمانية ارقام ؟

13.2 مثل الاعداد العشرية الاتية بشكل الاشارة والقيمة الحقيقية :

(أ) + 0.65625

(ب) – 0.65625

(جـ) + 0.53125

13.3 ماهي المكافئات العشرية للاعداد الثنائية الاتية المعطاة بشكل الاشارة والقيمة الحقيقية :

(أ) 1.00101

(ب) 0.00011

(جـ) 1.01010

(د) 0.101010

13.4 مثل العدد العشري (0.625 –) بالاشارة والقيمة الحقيقية ، وبالاشارة والمتمم لـ 2 وبالاشارة والمتمم لـ 2 .

13.5 ماهو معامل القياس للعدد 41381 اذا استعمل في ماكنة تتقبل اعداد الكسر الثنائي فقط ؟

13.6 ارسم مخططاً لصيغة الاعداد في ماكنة الكسر الثنائي مستعملاً ستة ارقام للقيمة والاشارة. ماهو العدد الثنائي المكافيء للعشري 41381 ؟ وكيف يتحدد الخطأ ؟

13.7 ارسم مخططاً يبين صيغة عدد ذي فارزة عائمة باستعمال رقم واحد للاشارة ، اربعة ارقام للاس ، وثمانية ارقام للقيمة .

13.8 باستعمال النظام المذكور في السؤال (13.7) ، ماهو المكافيء الثنائي للعشري 381 ؟

13.9 برهن بالامثلة على ان الحالات الاربع لطرح عددين يمكن ان تؤول الى الحالات الاربع لاضافة عددين الى بعضهما .

13.10 ماهو زمن دورة الاضافة لدائرة اضافة ثنائية متتالية لقيمتها 12 رقماً . علماً بأن النظام يستعمل ساعة ذات تردد قدره ميكاهيرتز واحد ؟

13.11 ضمن طول زمن الاستقرار لدائرة اضافة ثنائية متوازية لقيمتها 12 رقماً اذا كان التأخير خلال دائرة الاضافة الكاملة يساوي 0.1 مايكرو ثانية ، مع اهمال زمن تأخير المرجاح .

13.12 ارسم جدولاً يضم شروط الادخال الثمانية المحتملة لكشاف الفائض *Overflow detector* في الشكل (13.10) . وحدد الحالات التي تنبه الى حدوث فائض .

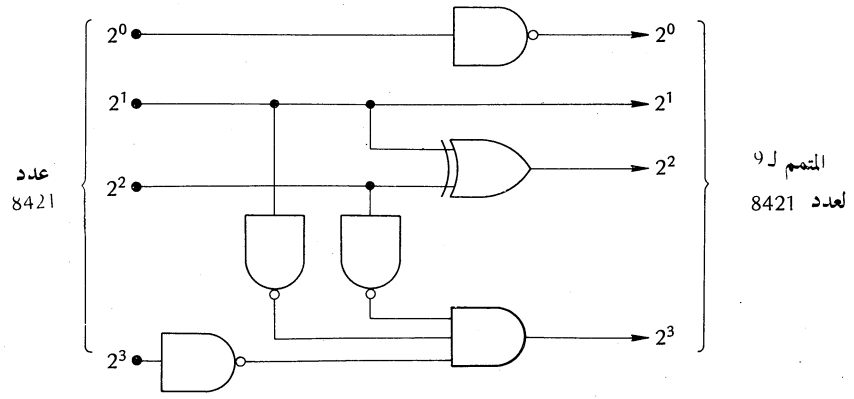
13.13 بين التمثيل الثنائي للاعداد العشرية الاتية بالرمز 8421 والرمز (زائد – 3) :

(أ) 67

(ب) – 34

(جـ) – 93

13.14 ابن جدول واقع وعدل في عمل دائرة المتمم لـ 9 المبينة في الشكل (13.15) .



شكل (13.15) دائرة لتشكيل الاتمام لـ 9 ولعدد 8421 BCD

المسألة (13.14)

13.15 ارسم مخططاً منطقياً لدائرة اضافة (+ 3) متوازية قادرة على معالجة الاعداد بين ($\pm$ 0.999) .

13.16 ماهو زمن دورة الضرب لنظام يستعمل اعداداً ذات قيمة مخزونة في 2 رقماً ، وساعة بتردد 2 ميكاهيرتز ؟ ماهو الزمن اللازم لاعداد ذات قيمة مخزونة في 30 رقماً .

13.17 ماهو اعلى زمن لازم لقسمة عددين لهما قيمة مخزونة في 12 رقماً اذا كان تردد الساعة 2 ميكاهيرتز ؟ ماهو اعلى زمن لعددين بقيمة مخزونة في 30 رقماً ؟ .

13.18 ارسم مخططاً مشابهاً للسؤال (13.14) يبين عملية الضرب بين (.111 +) و (.111 −) علماً بأن هذين العددين بصيغة الاشارة والقيمة .

13.19 ارسم مخططاً مشابهاً للسؤال (13.15) يبين القسمه: بين (.101 +) و (.111 −) علماً بأن هذين العددين بصيغة الاشارة والقيمة .

13.20 ماذا يحدث لو حاولت قسمة (.111 +) على (.111 +) ؟

الفصل الرابع عشر

مقدمة الى الحاسبات الالكترونية الرقمية

المباديء الاساسية للمنطق الرقمي التي نوقشت في الفصول السابقة ، دخلت عالم التطبيق فاستعملت لبناء انظمة رقمية ضخمة ومتنوعة . ابتداء بالمعدادات والساعات الرقمية ، مروراً باجهزة قياس الجهد الرقمية ، ومغيرات التناظري الى الرقمي (نختصرها هنا بـ A/D وتعني Analog To Digital) ومعدادات التردد ، ونظم قياس المدد الزمنية ، وصولا الى الاجهزة الرقمية المعقدة كالحاسبات الالكترونية التي تضم المكائن ذات الأغراض الخاصة . والحاسبات ذات الأغراض العامة الصغيرة مثل (Digital Equipmentcorp. PDP – 8/E) والضخمة مثل (IBM/ 360, IBM/370) .

في هذا الفصل سنشرح القواعد الاساسية العامة للحاسبات الالكترونية دون الدخول في التفاصيل الدقيقة .

وبعد دراسة هذا الفصل سيكون بالامكان :

1- معرفة الفرق بين الحاسبات ذات الاغراض الخاصة والحاسبات ذات الاغراض العامة .

2- مناقشة الاقسام الرئيسية الاربعة لحاسبات الاغراض العامة .

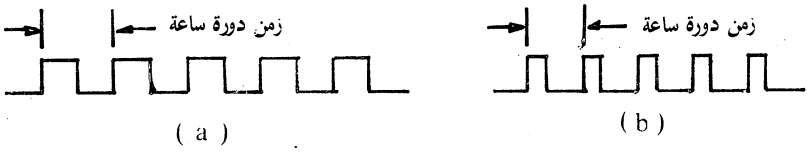
3- كتابة برنامج بسيط باستعمال رموز الذاكرة mnemonic codes .

14.1 الساعات الاساسية :

تنقسم انواع السيطرة على النظام الرقمي عموماً الى نوعين : سيطرة متزامنة synchronous وسيطرة غير متزامنة asynchronous . في النظام المتزامن تقع جميع المراجيح تحت سيطرة ساعة النظام بحيث لايمكنها ان تغير حالتها ما لم تتغير حالة الساعة نفسها . لذا تتغير جميع المراجيح والبوابات في زمن واحد (او تزامنا) مع الساعة . احد الامثلة على النظم المتزامنة هي المعداد المتوازي الذي يستعمل مراجيح السيد / المسود المؤقتة . في هذا المعداد لاتغير المراجيح حالتها الا عند توجه نبضة التوقيت الى الاسفل لاغير (ويمكن بناء هذا النظام بحيث يغير حالته عند صعود نبضة التوقيت) . بالمقابل ، فان النظام غير المتزامن لا يسيطر على مراجيحه سيطرة مركزية ، بل تتغير حالاتها عشوائياً وحسب المتطلبات دون التزامن مع اي اشارة توقيت . كمثال على هذا النظام ، ادخال المعلومات يدوياً ،

اذ ان الضغط على مفتاح ما في اي وقت يؤدي الى تغير حالة المرجاح ، وهذا هو مفهوم العمل غيـر المتزامن وأغلب النظم الرقمية الضخمة تقف الى جانب النظـم المتزامنـة ، اذ يساعد ذلك في عملية الفحص والصيانة .

وما دامت العمليات المنطقية في النظم المتزامنة تمضي متزامنة مع الساعة ، فان هذه الساعة تعتبر وحدة التوقيت الاساسية . اذ يجب على ساعة النظام هذه ان تهيىء موجة متعاقبة تستعمل كاشارة تزامن . والموجة المبينة في الشكل (14.1 *a*) نموذج للموجات المستعملة في النظام الرقمي . وليس من الضروري ان تكون هذه الموجات مربعة الشكل تماماً ، بل يكفي مجرد وجود سلسلة من النبضات الموجبة (او السالبة) كتلك التي في الشكل (14.1 b) . المهم هو ان الساعة ينبغي ان تقدم موجات متعاقبة بمدد ثابتة ، هذه المدة الثابتة تعرف بزمن دورة ساعة Clock cycle time والذي يساوي مدة واحدة في موجة توقيت . وعليه يجب على كل عناصر الدائرة ، والمراجيح ، والمعدادات ، والبوابات .... الخ ان تكمل انتقالها في زمن اقل من زمن دورة ساعة واحدة .



شكل (14.1) : النظام الأساسي للساعة

مثال 14.1 :

ما هو زمن دورة ساعة نظام يستعمل ساعة ذات تردد 500 كيلو هيرتز ؟ 2 ميكاهيرتز ؟

الحل :

زمن دورة ساعة يساوي مدة توقيت واحدة . عليه فان زمن دورة ساعة ذات تردد 500 كيلو هيرتز يساوي 2 ما يكرو ثانية :

$$1/(500 \times 10^3) = 2$$

او 0.5 ما يكرو ثانية :

$$1/(2 \times 10^6) = 0.5 \times 10^{-6}$$

مثال 14.2 :

اذا كان تأخير الانتشار الكلي لمرجاح السيد المسود المؤقت يساوي 100 نانو ثانية ما هو اعلى تردد للساعة يمكن ان يستعمل مع هذا المرجاح ؟

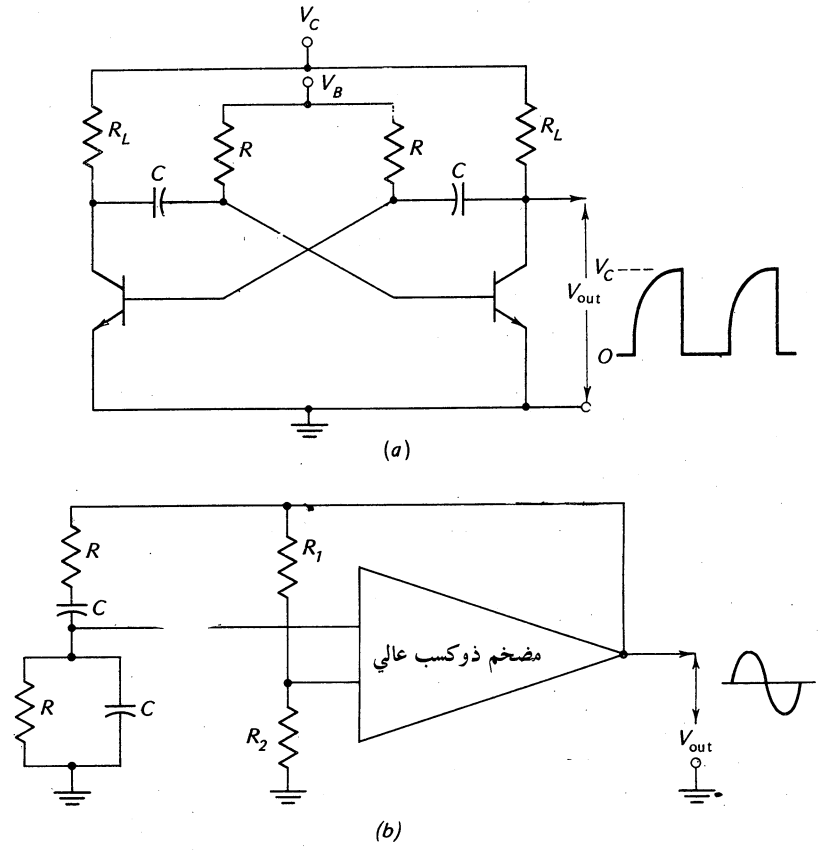
الحل :

الطريقة الاخرى للتعبير عن هذا السؤال بالقول : بأي سرعة يستطيع ان يعمل بها المرجاح ؟ على المرجاح ان ينهي فترة انتقاله بزمن اقل من زمن دورة ساعة واحدة . لذا فان اقل زمن دورة ساعة يجب ان يكون 100 نانو ثانية . وبالتالي فان اعلى تردد هو 10 ميكاهيرتز ، اي :

$$1/(100 \times 10^{-5}) = 10 \times 10^{6}$$

في معظم الانظمة الرقمية ، تعتبر الساعة الوحدة القياسية الاساسية . فدقة الساعة الرقمية المشروحة في الفصل التاسع تعود مباشرة الى تردد تلك الساعة المستعجلة لسوق المعداد . فاذا ما تغير التردد قلّت الدقة . لهذا السبب ينبغي التأكد من استقرار الساعة وثباتها على تردد واحد . ونجد في عدة أنظمة رقمية استعمال ساعة ذات ثبات لفترة محدودة . وتظهر هذه الحالة عندما يمكن مراقبة الساعة والتحكم بها من حين لآخر . ولمثل هذا النظام . يمكن أن تشتق ، الساعة الأساسية من مهزاز حر الحركة free running multivibrator او مذبذب جيبي بسيط كما في الشكل (14 . 2) . ويمكن حساب التردد للمهزاز حر الحركة كما يأتي :

$$f \cong \frac{1}{2RC \ln (1 + V_C / V_B)} \quad .... (14.1)$$

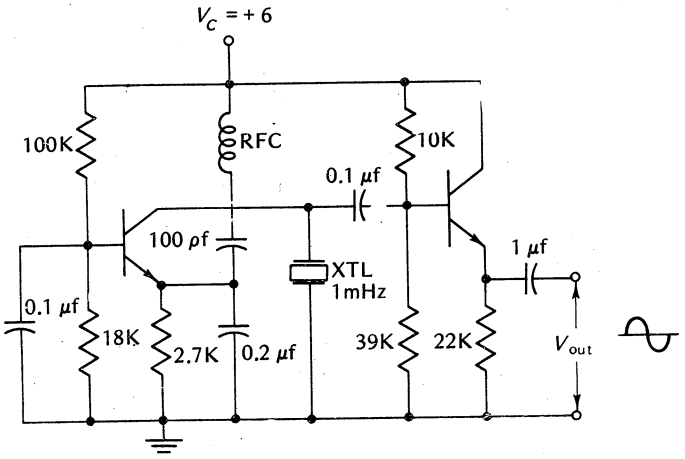


شكل (14.2) : الدائرة الأساسية للساعة (a) المهزاز الحر الحركة (b) مذبذب واين

من المعادلة (14.1) نرى ان تردد الساعة يتأثر بفولتية المصدر كما يتأثر أيضاً بالمقاومات R والسعات C . كما يمكن بناء مهزازات ذات استقرار أفضل يقدر بأجزاء قليلة من 10^3 لكل يوم . فتردد المذبذب f في مذبذب (كلمتين انكليزي) هو . wien-bindge

$$f \cong \frac{1}{2\pi RC}$$

وعند الحاجة الى ساعة أكثر دقة ، يستعمل المذبذب البلوري السيطرة Crystal controlled oscillator في الشكل (14.3) . هذا النوع من المذبذب يحفظ عادة داخل وعاء ذى عنصر حراري يصون البلورة في درجة حرارة ثابتة ، ويعطي دقة تقدر باجزاء من 10^9 لكل يوم .



شكل (14.3) : المذبذب البلوري

مثال 14.3 :

مهزاز الشكل (14.2a) استعمل كساعة نظام وعمل في تردد قد ره 100 كيلوهيرتز. فاذا كانت دقته افضل من (± 2) من 10^3 لكل يوم ، ماهو اعلى واقل تردد للمهزاز هذا ؟

الحـــل :

جزء واحد من 10^3 يمكن اعتباره دورة واحدة في 1000 دورة . وجزءان يعنيان دورتين من 1000 دورة . ومادام المهزاز يعمل بذبذبة 100 كيلوهيرتز ، فان جزئين من 1000 يكافئا 200 دورة . لذا فان اعلى تردد هو :

$$100\ \text{KHz} + 200\ \text{cycle} = 100.2\ \text{KHz}\ .$$

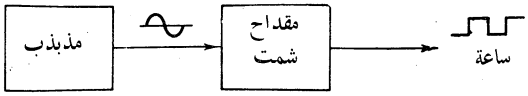
واقل تردد هو :

$$100\ \text{KHz} - 200\ \text{cycle} = 99.8\ \text{KHz}$$

لأحد من مذبذبات الشكلين (14.2) و (14.3) ينتج موجة مربعة ، لذا فمن الضروري تغير التردد الاساس الى موجة مربعة قبل استعماله في النظام . وابسط طريقة للوصول الى ذلك باستعمال مقداح شمت في اخراج المذبذب الاساس في الشكل (14.4) . اذ يهيء ذلك فائدتين :

أ— تحضير موجة مربعة لتردد الساعة الاساسية كما هو منشود .

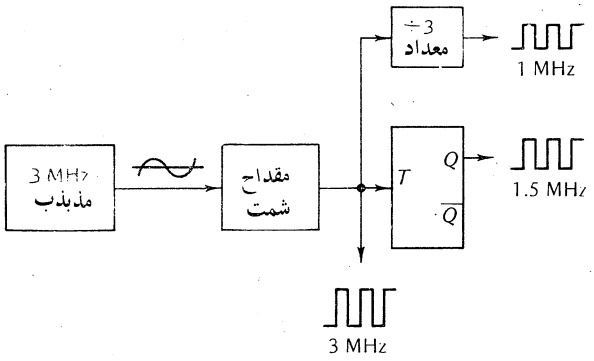
ب— يضمن ان مضخم اخراج الساعة (الذي هو مقداح شمت في هذه الحالة) له من الطاقة ما يكفي لسوق الدوائر كافة دون تحميل المذبذب الاساس بما يُغير تردده .



الشكل (14.4) : مذبذب ومضخم اخراج

14 . 2 نظم الساعة

غالبا مايحتاج النظام الى ساعات لها اكثر من تردد واحد . او ان يكون للنظام القدرة على العمل على ترددات مختلفة . لذلك قد نبدأ بالساعة الاساسية التي تمثل أكبر تردد ، ثم تطور ساعات اساسية اخرى بتقسيم التردد بواسطة المعدادات . كمثال على ذلك ، افرض اننا نحتاج الى نظام يعمل بالترددات الاتية : 1 , 1.5 , 3 ميكاهيرتز ، علينا اذن البحث عن نظام للتوقيت شبيه بالشكل (14.5) . اذ نبدأ بمذبذب ذي تردد يقدر بـ 3 ميكاهيرتز يتبعه مقداح شمت للحصول على ساعة بالتردد نفسه . هذه الاشارة ذات التردد 3 ميكاهيرتز تمون مرجاحاً واحداً لتقسيم التردد على 2 لنحصل على ساعة بتردد 1.5 ميكاهيرتز. كما ان الاشارة ذات التردد 3 ميكاهيرتز تمون معداداً آخر يقسمها على 2 للحصول على ساعة بتردد 1 ميكاهيرتز . وهكذا نجد أن الانظمة التي تحتاج الى ترددات ساعية مختلفة يمكن ان تستعمل الطريقة هذه .



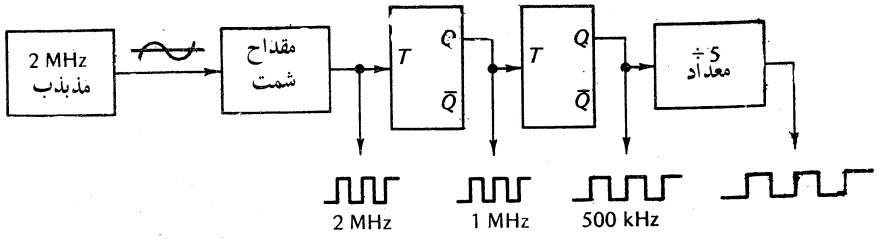
شكل (14.5) : نظام ساعة أساسي

مثال 14.4 :

كيف يمكن بناء نظام توقيت يهيء الترددات السامية الآتية : 2 ميكاهيرتز ، 1 ميكاهيرتز 500 كيلوهيرتز ، و 100 كيلوهيرتز .

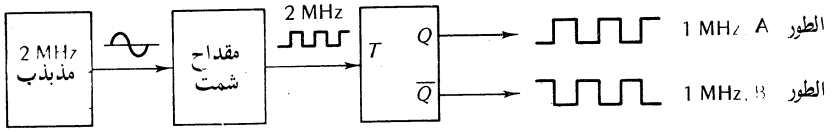
الحل :

النظام المنشود مرسوم في الشكل (14.6) . ابتداءً بالمذبذب ذي التردد 2 ميكاهيرتز ، مروراً بمقداح شمت ، للحصول على نبضة توقيت بتردد 2 ميكاهيرتز على طرف اخراجه. وصولاً للمرجاح الاول الذي يقسم التردد على 2 لنحصل على 1 ميكاهيرتز ، فالمرجاح الثاني لتقسيم التردد ثانية على 2 ليخرج تردداً مقداره 500 كيلوهيرتز ، فمعداد القسمة على 5 للحصول على تردد ساعي مقداره 100 كيلوهيرتز .



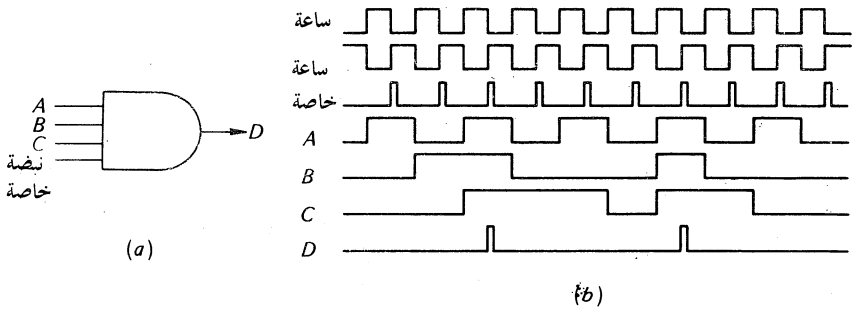
شكل (14.6) : نظام ساعة

احياناً يبدو النظام الرقمي بحاجة الى ساعة ذات طورين two – phase clock هذه الساعة تعني ببساطة وسيلة للحصول على اشارتي توقيت بتردد واحد ، وباختلاف في الطور يقدر بـ 180 درجة . وتستعمل عادة من طرفي اخراج المرجاح . فالاخراج Q يعطي طوراً من الساعة بينما يعطي الاخراج $\overline{Q}$ الطور الثاني . هذان الطوران تفصل بينهما 180 درجة لان كل طور هو متمم للطور الثاني . ويرينا الشكل (14.7) نظاماً للحصول على توقيت بطورين وبتردد قدره 1 ميكاهيرتز . وللتفريق بينهما ، يطلق على الطور الاول بالطور A والثاني بالطور B . ويستفاد من الساعة ذات الطورين لسوق سجل الازاحة ذي اللب المغناطيسي المشروح في الفصل الثاني عشر (الشكل 12.10) كما تستعمل ايضا للتغلب على مشكلة السباق التي تحدث عادة مع المعداد المتوازي المشروح في الفصل الثامن (الشكل 8.5) ، اذ تتم سياقة المراجيح الفردية (أي المراجيح E, C, A ... الخ) بالطور A ، والمراجيح الزوجية (اي F, D, B ... الخ) بالطور B من الساعة (راجع السؤال 14.12) .

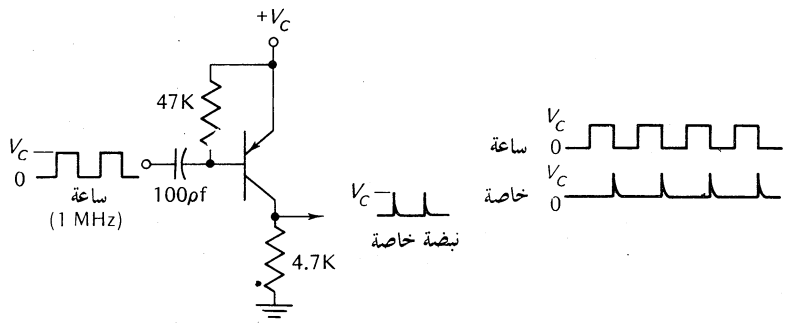


شكل (14.7) : ساعة ميكاهيرتز ذات طورين

مشكلة السباق هذه التي شرحت في البداية في الفصل الثامن ، تحدث عادة عندما تتغير اشارتان او اكثر على ادخال بوابة في وقت واحد . فهذه المشكلة ليست مرتبطة بالمعدادات وحدها ، وانما قد تحدث في أي نظام رقمي. لهذا السبب فان نبضة خاصة strobe pulse غالباً ماتستعمل بمساعدة الساعة الاساسية هذه النبضة تتساءل عن حالة البوابة في اللحظة التي لاتتغير فيها اشارات الادخال . فاذا كانت مستويات البوابة حقيقية ، تظهر نبضة في اخراج البوابة عند تسليط النبضة الخاصة . والا ، اي عندما تكون مستويات البوابة زائفة . فان النبضة لاتظهر . في الشكل (14.8) تستعمل النبضة هذه في بوابة (و) ذات اطراف الادخال الثلاثة . بينما ترينا الموجات بموضوع ظهور الاخراجات عندما تكون جميع الادخالات حقيقية . كما يبدو واضحاً ايضاً ان مشكلة السباق قد اختفت بسبب وجود نبضات خاصة تأتي وسط الانتقالات في مستويات الادخال . وتوجد النبضات هذه بعدة طرائق . احدى هذه الطرائق تتم بتفاضل المتمم لـ clock ، و clock واستعمال النبضات الموجبة فقط . والطريقة الثانية بتفاضل الـ clock وتغذيتها في ترانزستور بحالة قطع (OFF) كما يلاحظ في الشكل (14.9) .



شكل (14.8) : استعمال نبضة البدء (a) بوابة (و) ذات ثلاثة ادخال ونبضة بدء (b) موجات بوابة (و)



شكل (14.9) : تكوين نبضة بدء

14.3 حاسبات الميل لكل غالون MPG COMPUTER :

لحد الان ، كنا قد سلطنا الضوء على مواضيع متنوعة في الانظمة الرقمية ، شرح بعضها بعمق ، واكتفي بشرح الباقي بصورة عامة . على اية حال ، يجب ان تكون الخلفية اللازمة في موضوع كهذا قد تكونت بشكل واضح . ومع ذلك تبقى بعض النقاط الخاصة بتنظيم الاجهزة الرقمية بحاجة الى مزيد من التركيز . لهذا السبب ، سنأخذ بعين الاعتبار في هذا الفصل ، الحديث عن الحاسبات الالكترونية ذات الاغراض الخاصة .

وسنتحدث عن هذه الحاسبات بمثال منها . وهي الحاسبات التي تقوم بحساب عدد الاميال لكل غالون بالنسبة للمركبات ، ويطلق عليها اسم MPG Computer . وهي حاسبات متخصصة لانها تعني فقط بحساب الميل لكل غالون . اما الحاسبات ذات الاغراض العامة فهي اكثر تعقيداً لانها تساعد في حل مشاكل متنوعة .

واول خطوة لتصميم حاسبات MPG معرفة التحديدات الخاصة بمثل هذا النظام . ففولتية المصدر تتحدد بـ(∓ 6)أو (∓ 12) فولت ثابت . والطلب الثاني ان تقرأ النتيجة بشكل عشري . ولعل في مصابيح نيكسي الحل الا انها تحتاج الى (100 +) فولت لتشغيلها لذلك يفضل استعمال وحدات رقمية يمكن الحصول عليها تجاريا تعطي نتائجها بارقام عشرية ، وتعمل على فولتية ثابتة قدرها (6 +) أو(12 +)فولت . والطلب الثالث ان تقوم الحاسبة الالكترونية بحساب عدد الاميال بالغالون التي تقطعها المركبة وبدقة (1 ∓) ميل بالغالون . والطلب الرابع الذي يهمنا ادخاله هو ان الحاسبة تجري عملية الحساب كل 15 ثانية عندما تكون سرعة المركبة 10 أميال بالسرعة . بمعنى آخر اننا نريد جمع معلومات عن

المركبة مرة كل 15 ثانية على الاقل . اما الطلب الخامس فهو ان للحاسبة القدرة على العمل في مركبة تستعمل وقودا ذا نسبة تتراوح بين 10 و 40 ميلا بالغالون . ونستطيع تلخيص هذه الطلبات بالنقاط الآتية :

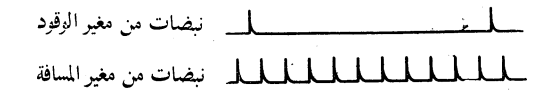
أ- مصدر فولتية ثابت مقداره (6 ∓) أو (12 ∓) فولت .
ب- قراءة بالارقام العشرية لمقياس الميل بالغالون .
جـ- دقة القراءة لا تتجاوز (1 ∓) ميلا بالغالون .
د- توفير قراءة كل 15 ثانية على الأقل لمركبة تسير بسرعة أكبر من 10 ميل بالساعة .
هـ- للحاسبة القدرة على حساب الميل بالغالون في الحدود 15 الى 40 ميلا بالغالون .

وتجدر الملاحظة الى ان النظام هنا ذو طلبات بسيطة ، وقد عمد الى تبسيطها لتسهيل النقاش . وعلى أية حال ، فالمبادىء متشابهة بغض النظر عن المواصفات الاخرى ، وبالتالي فان هذه الدراسة بناءة الى حد ما .

نفترض في البداية توفر مغيرين transducers كجزء مكمل للحاسبة MPG . المغير الاول يستعمل لقياس حجم الوقود السائل الى الماكنة . مغير السيل هذا يعطي نبضة كهربائية في كل وقت يمر فيه $\frac{1}{1000}$ من الغالون . أما المغير الثاني فيقيس المسافة المقطوعة ويساق بكيبل جهاز قياس السرعة . حيث يوفر نبضة كهربائية في كل وقت تقطع فيه المركبة مسافة $\frac{1}{1000}$ من الميل .

ولغرض تصميم المنطق الضروري للحاسبة ، ينبغي اختيار اخراجات مغيّري الوقود والمسافة . ولنفرض ان مغير الوقود يعطي نبضة اخراج في كل وقت يستعمل فيه غالون واحد ، وان مغير المسافة يعطي نبضة اخراج في كل وقت تقطع فيه المركبة ميلا واحداً . فاذا كانت المركبة تملك مقياسا للميل يعمل بصورة أحسن من 10 ميل/غالون ، فان موجات المغير ستظهر كما في الشكل (10.14) . لاحظ ان عدد نبضات المسافة التي تظهر بين نبضتي وقود يساوي بالضبط العدد المنشود من الاميال/غالون . لذا نستطيع حساب عدد الاميال بالغالون بحساب عدد نبضات المسافة بين نبضتي وقود . ونستطيع تدقيق ذلك بملاحظة ان المركبة التي تقطع 20 ميلا بالغالون ، ستكون 20 نبضة مسافة بين نبضتي الوقود ، لاحظ انه اذا كان مغير الوقود قد أعطى 10 نبضات /غالون ، وفي الوقت نفسه أعطى مغير المسافة 10 نبضات/ميل ، فان الموجة المرسومة في الشكل (10 . 14) تبقى لاتتغير . أي عدد نبضات المسافة التي تظهر بين نبضتي توقيت ستبقى مساوية لعدد الاميال بالغالون . ومن هنا يبدو واضحاً اننا نستطيع اختيار أي عدد من النبضات للغالون الواحد من مغيّر الوقود تماماً كما نختار العدد نفسه من النبضات لكل ميل من مغيّر المسافة . والمتغيرات التي نسعى الى استخدامها

في الحاسبة MPG توفر 1000 نبضة وقود بالغالون الواحد و 1000 نبضة مسافة بالميل الواحد . وهكذا فانه يمكن الحصول على عدد الاميال بالغالون من حساب عدد نبضات المسافة بين كل نبضتي وقود متعاقبتين .



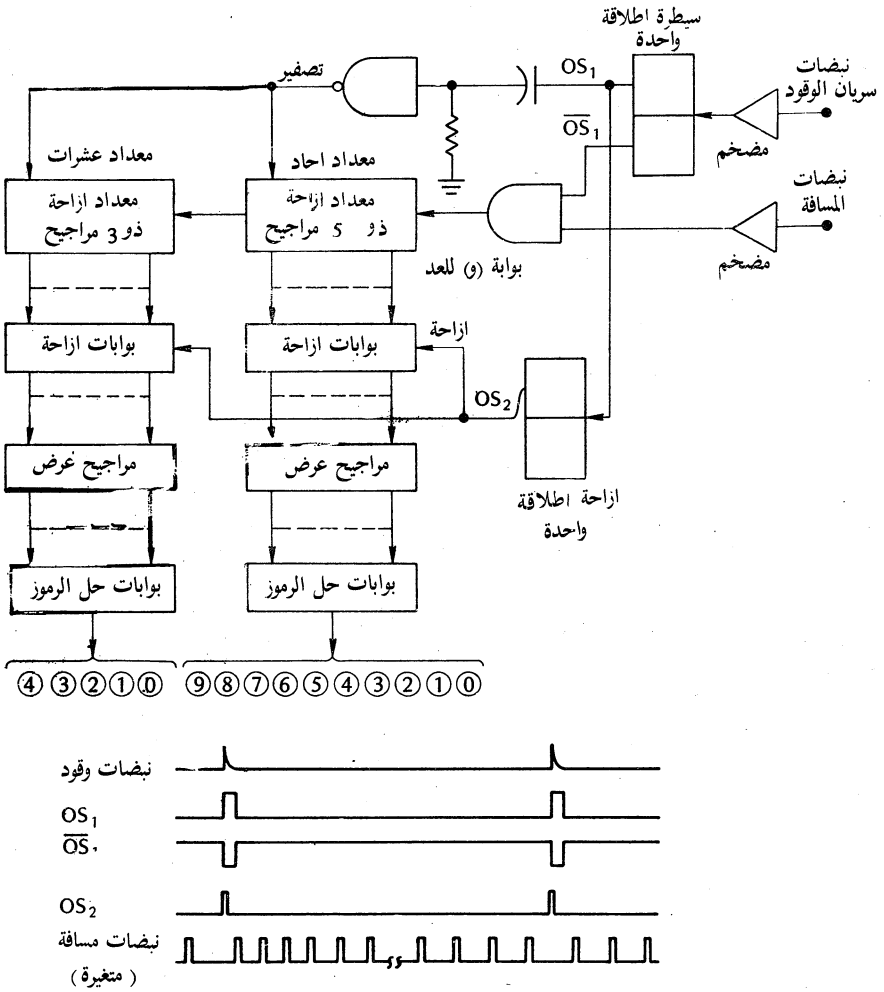
شكل (14.10) : نبضات انتقال الحاسبة ميل / غالون وبمعدل 10 ميل / غالون

ويمكن معرفة السبب في استعمال هذه المغيرات من اختيار الزمن بين نبضات الوقود . لنفرض اولاً ان لمغير الوقود نبضة واحدة لكل غالون وان لمغيّر المسافة نبضة واحدة لكل ميل . فاذا كانت صرفيات المركبة 10 ميل / غالون ، فان نبضة وقود واحدة ستظهر كل 10 أميال . واذا كانت سرعة المركبة 10 ميل بالساعة ، فان نبضة مسافة واحدة ستحدث كل ساعة ، وواضح ان سرعة جمع المعلومات بطيئة . من جانب آخر ، وبمغيرات معينة ، فان حدوث نبضات وقود سيرتفع الى 1000 نبضة بالغالون ، و 1000 نبضة مسافة بالساعة وتحت ظروف واحدة . لذا فان نبضات الوقود تحدث كل ($\frac{1 \text{ ساعة}}{1000} = 3.6$ ثانية) . وزمن جمع المعلومات هذا يقع ضمن المعدل المحدد . واسوأ حالة تكون عندما تصل المركبة الى اعلى صرفياتها بالميل لكل غالون . فعند النسبة 40 ميلا / غالون و 10 ميلاً / ساعة ، فان نبضات الوقود تحدث كل :

ثانية $3.6 \times 4 = 14.4$

وبذلك نكون قد حصلنا على اقل كمية من المعلومات .

في الشكل (14.11) مخطط منطقي لحاسبة MPG مع الموجات الكاملة . حيث نبضات الوقود تغذي مضخماً شرطياً conditioning amplifier ثم الى طلقة واحدة لتحصيل الموجات OS_1 و $\overline{OS_1}$. كما تغذي نبضات المسافة أيضاً مضخماً آخر . وما دمنا ننشد حساب عدد نبضات المسافة بين نبضتين . فاننا نستعمل نبضات المسافة كادخال واحد الى بوابة (و) . فاذا كان $\overline{OS_1}$ مستعملاً كأدخال آخر في بوابة (و) فانها ستنشط بين النبضتين ، ونبضة المسافة ستظهر على طرف اخراج البوابة . ونستعمل النبضات الظاهرة على اخراج البوابة (و) لسوق المعداد . وما دمنا نرغب في عرض قراءة الحدود 10 و 40 ، فاننا نحتاج الى استعمال معداد ازاحة ذي خمسة مراجيح للارقام الاحادية ، ومعداد ازاحة آخر ذي ثلاثة مراجيح لتمثيل الأرقام العشرة لقراءة الميل / غالون .



شكل (14.11) : حاسبة ميل / غالون كاملة

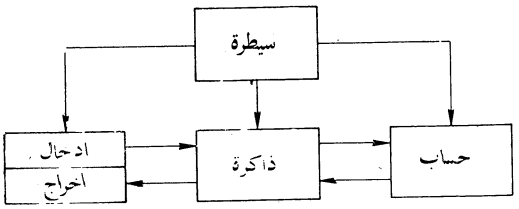
يعرف زمن التغيير الواحد One conversion time بأنه الزمن المحصور بين نبضتي وقود . ونرغب بعد نهاية كل تغيير الى ازاحة العد المتراكم الى مراجيح شاشة العرض . فاذا كانت OS_1 واطئة ، فان بوابة (و) ستكون عاجزة ، وبالتالي فان معدادي الاحاد والعشرات لايغيران حالتيهما . في هذا الوقت يجب ازاحة محتويات هذه المعدادات الى مراجيح شاشة العرض . ونستعمل الحافة الرائدة من OS_1 لقدح اطلاقة الازاحة الواحدة للحصول على موجة الازاحة OS_2 . ثم تسلط الحافة الهابطة من OS_2 الى بوابات الازاحة ، وفي هذه اللحظة

فان العد المخزون في معدادى الاحاد والعشرات سيزاح الى مراجيح شاشة العرض . بعد ذلك . فان هبوط حافة OS_1 سيقود الى تصفير جميع معدادات الاحاد والعشرات . ومحتويات مراجيح شاشة العرض يعاد حلها وتستعمل لانارة مصابيح الاشارة . في مثل هذا النظام ، يمكن اعتبار نبضات المسافة على انها ساعة النظام الاساسية . اما نبضات الوقود فتشكل بوابة سيطرة متغيرة بواسطة سيطرة الاطلاقة الواحدة التي تحدد المدة اللازمة لتنشيط بوابة (و) . وبالتالي يحسب عدد نبضات المسافة . اما اخراج OS_2 فيمكن اعتباره نبضة توصيل لازاحة البيانات من المعدادات الى مراجيح شاشة العرض ، وبهذه الطريقة يتغلب على مشكلة السباق . وواضح ان لهذا النظام دقة (نبضة واحدة) ، اي ميل واحد لكل غالون.

14.4 الحاسبات ذات الاغراض العامة :

حاسبة الـMPG التي ناقشناها في القسم السابق حاسبة متخصصة للقيام بوظيفة واحدة لاغير . ولجعل هذه الحاسبة حاسبة عامة تستطيع القيام بأكثر من وظيفة فإن ذلك يستدعي تغييرات جذرية في بنية التصميم . لأجل ذلك تقف على الجانب الآخر حاسبات تقدم خدمات متعددة فتستطيع القيام بعمليات الاضافة ، والطرح والضرب والقسمة ... الخ . فهي بذلك حاسبات عامة يكفي لتشغيلها ادخال مجموعة من التعليمات المرتبة فحسب . هذه المجموعة من التعليمات المرتبة تدعى باسم البرنامج Program او طاقم التعليمات . هذا البرنامج بتعليماته المتسلسلة يخزن بالترتيب نفسه في وحدة الذاكرة عند بدء تشغيل الحاسبة . وهنا يكمن الفرق بين حاسبة الجيب وهذا النوع من الحاسبات .فحاسبات الجيب تتطلب تدخل الانسان في كل خطوة اوعملية ، بينما يكفي في الحاسبات العامة ان تعمل ذاتياً بمجرد البدء بالتشغيل اضافة الى ذلك فان الحاسبات العامة تنجز عملياتها بسرعة فائقة (عملية الاضافة مثلاً ببضع مايكروثانية) وبدون اخطاء .

ويرينا الشكل (14.12) رسماً تخطيطياً مبسطاً للاجزاء الاساسية لاية حاسبة عامة . فوحدة الادخال والاخراج تمثل العلاقة بين الانسان والالة . فجهاز الكاتبة عن بعد teletype . يدخل المعلومات عن طريق مفاتيح معينة ، ويطبع المعلومات المستلمة على ورق معين . كما يمكن ان تمثل وحدة الادخال والاخراج اي وسط من هذا القبيل كتلك الاوساط التي شرحت من قبل مثل الاشرطة الورقية المثقبة ، والبطاقات المثقبة ، والاشرطة الممغنطة .على اية حال ، فان المعلومات الداخلة تخزن في وحدة الذاكرة باشراف وحدة السيطرة ، ثم تطبع النتائج الخارجة بايعاز من وحدة السيطرة ايضاً .



شكل (14.12)

المخطط الأساسي للحاسبة الالكترونية

وتتكون وحدة الحساب من سجلات ومعدادات والمنطق اللازم للعمليات الاساسية كالاضافة . والطرح والاتمام والازاحة اليمنى والأزاحة اليسرى ، والمقارنة ... الخ . وما دامت هذه الوحدة مسؤولة عن معالجة البيانات لذا يطلق عليها اسم وحدة المعالجة المركزية Central processing unit وتختصر بـ (CPU) . والمواضيع التي سبق شرحها كنظم الاعداد ، والحساب الرقمي ..... الخ تمثل الخطوة الاساسية في بناء الدوائر المنطقية والاجهزة الملحقة لوحدة المعالجة المركزية . ويبقى لوحدة السيطرة الاهمية الاولى في نقل البيانات من والى وحدة المعالجة المركزية .

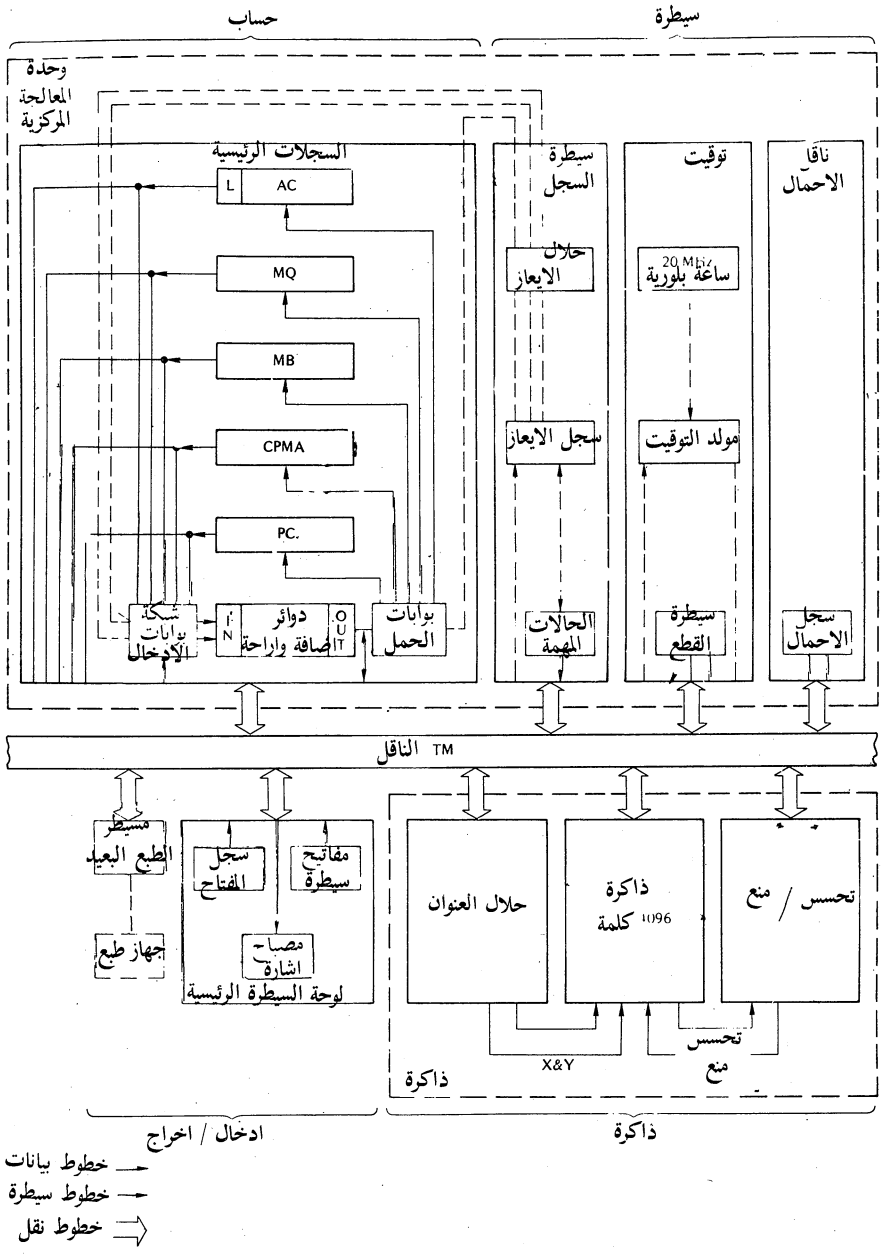
وتشكل وحدة الذاكرة المساحة التي تخزن فيها المعلومات (التعليمات والبيانات) . وقد تتركب وحدة الذاكرة من أي نوع من الأنواع التي سبق شرحها كالالباب المغناطيسية . أو الاسطوانات المغناطيسية ، أو الأقراص المغناطيسية ، أو أشباه الموصلات ، أو الاشرطة المغناطيسية ... الخ . وتتم عملية القراءة من أو الكتابة على وحدة الذاكرة باشراف وحدة السيطرة .

ولوحدة السيطرة معداداتها وسجلاتها ومنطقها الذي ينشىء اشارات السيطرة اللازمة لتنظيم عملية نقل البيانات من والى وحدة الذاكرة ، ولمعالجة البيانات في وحدة الحساب . كما ان ساعة النظام هي جزء من وحدة السيطرة ، بل هي نقطة البداية لتوليد اشارات السيطرة المناسبة كما شرحنا ذلك في الجزء الاول من هذا الفصل .

ومن المفيد ان نطّلع على حاسبة عامة واقعية . لذلك نجد في الشكل (14.13) رسماً تخطيطياً لوحدات حاسبة (PDP-8/E) من انتاج Digital Equipement corp.(*) . ومن هذه الصورة يمكننا تقطيع النظام الى وحدات الحاسبة الرئيسية – الادخال / الاخراج . الحاسب ، الذاكرة ، والسيطرة . كما تظهر صورة الطراز المنضدي من PDP-8/E في الشكل (14.14) ، والفقرة الآتية تعطي فكرة عامة عن هذا النظام (**) .

(*) راجع : " Small Computer Handbook ", chap. 1, Digital Equipment Corp. Maynard, Mass.

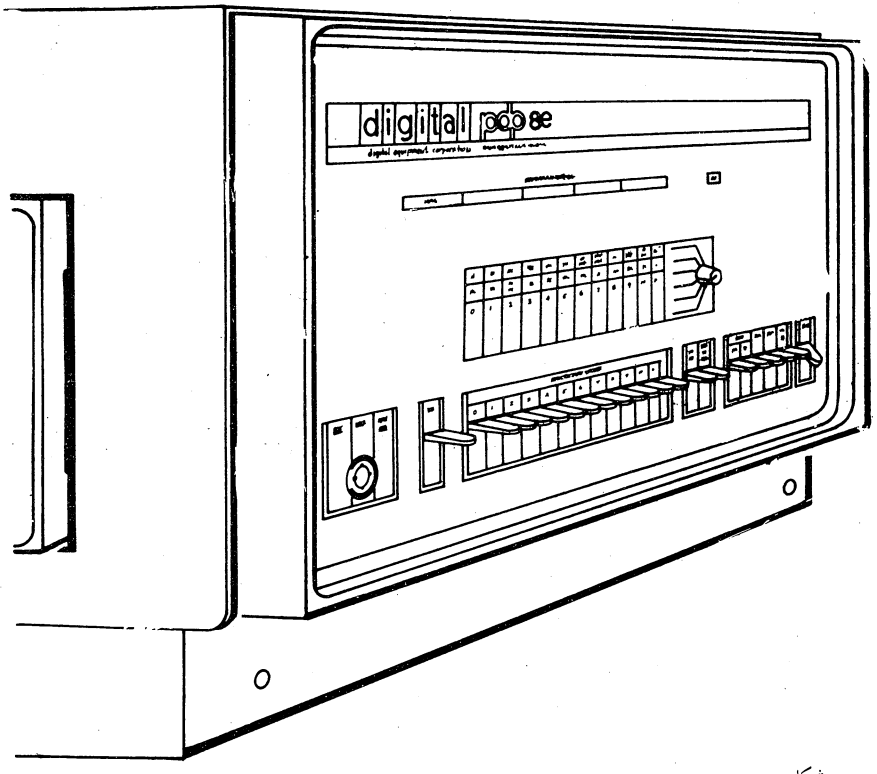
(**) المصدر السابق .



شكل (14.13) : المخطط الأساسي لحاسبة PDP-8/E.

صممت الحاسبة PDP-8/E اساساً لتكون حاسبة عامة . فهي سريعة ، ذات حجم معتدل وسعر معتدل كما انها سهلة الارتباط بالاجهزة الاخرى . فهي قد صنعت لتلبية حاجات المستفيد المتوسط ولكنها قادرة في الوقت نفسه على الامتداد لتغطية تطبيقات محدودة .

وتتكون وحدة المعالجة Processor لهذه الحاسبة من عنوان مفرد ، وكلمة ثابتة الطول ، ونقل متوازٍ باستعمال 12 رقماً ثنائياً ، وباستعمال المتمم لـ 2 في الحساب . ويبلغ زمن الدورة لذاكرة ذات 4096 كلمة ولب مغناطيسي عشوائي العنوان حوالي 1.2 مايكروثانية لجلب وتنفيذ دورات بدون استخدام مؤشرات ، و 1.4 مايكروثانية للدورات الاخرى . ومن ملامح هذه الحاسبة ايضاً انها تحوي على عنونة غير مباشرة . وتسهيلات للعبور Instruction skip ، وايقاف للبرنامج program interrupt اعتماداً على ظروف اجهزة الادخال / الاخراج .



شكل (14.14) : حاسبة PDP 8 E

ولهذه الحاسبة خمسة سجلات لكل منها 12 رقماً ثنائياً تستعمل لتوجيه عمليات الحاسبة ، وعنونة الذاكرة ، وتنفيذ وخزن البيانات وتهيىء لوحة المبرمج Console كل المفاتيح اللازمة لعملية العنونة وتحميل الذاكرة ومصابيح اشارة لرؤية النتائج . كما يمكن ادخال المعلومات بواسطة الات الكاتبة عن بعد بمعية اجهزةالقراءة والتثقيب . وبذا يمكن تحميل الذاكرة بالبرامج عن طريق مفاتيح اللوحة ، أومفاتيح آلة الكاتبة عن بعد ، اوقاريء الاشرطة الورقية . ويتضمن عمل وحدة المعالجة ، عنونة الذاكرة ، خزن البيانات ، استرجاع البيانات ، ارسال واستلام البيانات والحسابات الرياضية .

وزمن الدورة (1.4/1.2) مايكروثانية يهيىء قدرة حسابيةتبلغ 385000 عملية اضافة في الثانية الواحدة . كل عملية اضافة تحتاج الى 2.6 مايكروثانية (مع عدد واحد في المركم)وعملية الطرح تحتاج الى 5.0 مايكروثانية (مع المطروح في المركم) .وعملية الضرب تتم في 256.6 مايكروثانية او اقل من ذلك بواسطة برنامج ثانوي Subroutiue يعمل بعددين ذوي اشارة (من 12 رقماً) لأنتاج الحاصل في (24 رقماً) ، تاركاً أهم 12رقماً في المركم . اما عملية القسمة بين عددين ذوي اشارة (12رقما لكل منهما) فتنجز في 342.4 مايكروثانية او اقل وبواسطة برنامج ثانوي ينتج حاصل القسمة في 12 رقماً في المركم ، والباقي (12 رقماً آخر) يبقى في الذاكرة . وعمليات الضرب والقسمة لأعداد ذات اشارة متشابهة تنجز في 40 مايكروثانية تقريباً باستخدام وحدة اختيارية ملحقة اسمها عنصر الحساب الممتد Extended Arithmetic Element .

هذه المرونة ، والسعة الكبيرة في الادخال والاخراج ، تتيح لهذه الحاسبة التعامل مع عدد كبيرومتنوع من الاجهزة الطرفية . وبجانب لوحة المفاتيح القياسية ، ومثقب الشريط الورقي ، وجهاز القراءة ، تستطيع هذه الحاسبة التعامل مع أجهزة أخرى مثل جهاز مثقب وقاريء الشريط المخرم ذي السرعة العالية ، وقاريء البطاقات ، واجهزة الطبع السطرية ، ومغيرات التناظرية الى الرقمية (A/D) ، وانبوبة اشعة المهبط CRT ، وشاشات العرض ، وجهاز الشريط المغناطيسي ، واسطوانة مغناطيسية عشوائية الوصول ذات 32764 كلمة او 262112 كلمة .... الخ .

14.5 السيطرة والتنظيم في الحاسبة

ليس بالامكان في هذه العجالة الحديث عن جميع انواع الحاسبات ، لذلك نضطر الى مناقشة تنظيم الحاسبة وعملها بصورة عامة ودون الدخول في التفاصيل .

تنقسم المعلومات التي تخزن في ذاكرة الحاسبة الى نوعين : إما بيانات (معلومات

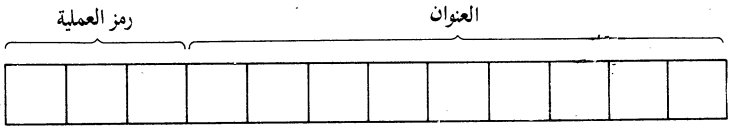
عددية) او تعليمات . وفي القسم (18.1) طرحنا انواع الصيغ المتوفرة في خزن الاعداد متضمنة أعداد الفارزة الثابتة والعائمة . وجاء الآن دور الاطلاع على الصيغة التي تتكون بها كلمة التعليمات Instruction word او الايعاز .

بصورة عامة ، فان كلمة الايعاز تتكون من مقطعين كما يظهر ذلك في الشكل (14.15) . هنا ، الكلمة تتكون من 12 رقماً ، وقد يتغير حجم الكلمة تبعاً لنوع الحاسبة والامثلة كثيرة مثل 36 رقماً في حاسبة (IBM 7090/7094) ، 32 رقماً في حاسبة (IBM 360) ، 36 رقماً في حاسبة (GE 635) ، و 12 رقماً في حاسبة (PDP-8/E) . المقطع الاول (ويتكون من ثلاثة ارقام ويقع الى اليسار) يستعمل كرمز للعملية Operation code ويختصر بـ (Op-code) للايعاز المطلوب . ورمز العملية يعرف من قبل المصمم عند تصميم الجهاز . مثلاً ، رمز عملية الاضافة عرّف بأنه (001_2) . وما دام هذا المقطع يتكون من ثلاثة ارقام ، فانه يستطيع احتواء رموز عمليات بعدد (2^3) ويساوي 8 رموز .

اما الارقام المتبقية من الكلمة فتستعمل لتعريف العنوان address في الذاكرة كما في الشكل (14.15) . وفي هذه الحالة ، فان الارقام التسعة المتبقية تستطيع عنونة 2^9 من المواقع اي 512 موقعاً . خذ مثالاً على ذلك ، لوكانت محتويات كلمة الايعاز كما يأتي :

001000001100

فانها تعني : اضف (001) محتويات موقع الذاكرة المرقم 12 (1100) الى محتويات سجل المركم في وحدة الحساب .

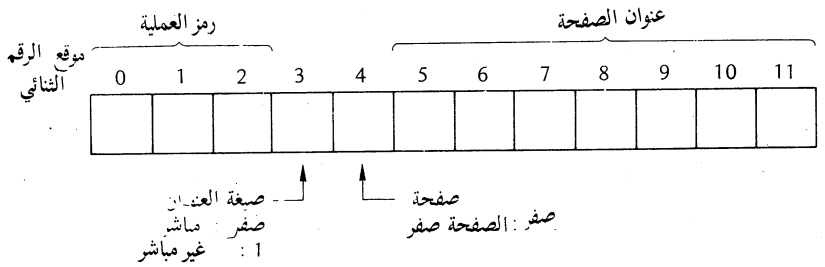


شكل (14.15) : صيغة كلمة الايعاز

وعادة تقسم الذاكرة الى مقاطع يطلق على كل مقطع اسم صفحة Page لغرض تهيئة طريقة كفوءة في العنونة . مثلاً ، حاسبة (PDP-8/E) لها ذاكرة بحجم 4096 كلمة ذات 12 رقماً . هذه الذاكرة قسمت الى 32 صفحة كل صفحة تتكون من 128 كلمة . لذا فان اي كلمة في الصفحة يمكن عنونتها بسهولة وبحجم لايتجاوز سبعة ارقام ($2^7 = 128$) وباستعمال تقنية الصفحة ، نجد ان كلمة الايعاز في حاسبة (PDB 8/E) اتخذت شكلاً آخر كما في الشكل (14.16) . فاذا كان رقم صيغة العنوان address mode bit (وهو الرقم 3)

صفراً ، فان ذلك يعني ان رمز العملية يعود الى كلمة من الكلمات الـ 128 التي تعين عنوانها الارقام السبعة الاخيرة . اما اذا كان رقم صيغة العنوان 1 ، فان العنونة غير المباشرة هي المعنية بالامر بمعنى اخر ان وحدة السيطرة تختار الذهاب الى الصفحة 0 او البقاء في الصفحة الحالية (اعتماداً على الرقم 4 اذا كان 1 او 0) ، خذ محتويات العنوان ، وعامله على اساس انه . فالارقام الخمسة الاولى منه تحدد عنوان الصفحة (2^5 يساوي 32) ، والارقام السبعة المتبقية تعني عنوان الكلمة داخل الصفحة التي تحتوي على البيانات .

بهذه الطريقة ، فان كلمة الايعاز لا تحتاج الى أكثر من سبعة أرقام مخصصة للعنوان ، وان كلمة من 15 رقماً قد يُحتاج اليها لعنونة البيانات المطلوبة في صفحة من الصفحات الواحدة والثلاثين . وواضح ان هذه الصيغة أكثر كفاءة من مجرد حمل 12 رقماً ($2^{12} = 4096$) لعنونة المواقع في الذاكرة .



شكل (14.16) : صيغة كلمة الايعاز في PDP 8/E

خذ مثالاً على العنونة غير المباشرة : لوفرضنا أننا نعمل على بيانات خزنت في الصفحة 15 من الذاكرة وللوصول الى صفحة أخرى ، فاننا ملزمون باستعمال العنونة غير المباشرة . فاذا كانت كلمة الايعاز تحتوي على :

001100001110

فان ذلك يعني : أضف (001) محتويات الموقع 14_{10} (0001110) في الصفحة 0 الى محتويات سجل المركم في وحدة الحساب . لاحظ ان 1 في الموقع الرابع يعني أن العنونة غير مباشرة ، وان 0 في الموقع الخامس يعود الى الصفحة 0 . الان ، اذا كانت محتويات الموقع 14 في الصفحة 0 هي :

001010001111

فان البيانات المضافة الى المركم سنجدها في الصفحة 5 (00101) وفي الموقع 15 (0001111) .

التعليمات المهيأة للتنفيذ مخزونة في الذاكرة بادىء ذي بدء بالشكل المطلوب .

وعند التنفيذ فان عنوان اول ايعاز يدخل عن طريق المشغّل . بعدئذ تقوم وحدة السيطرة بجلب fetches هذا الايعاز وتنفذه execute ثم تتقدم الى الايعاز التالي . هاتان الدورتان (الجلب والتنفيذ) تستمران حتى آخر ايعاز لكي تقف الحاسبة بعد تنفيذه . لذلك فان عمل الحاسبة يمكن أن يوضح بالأعتماد على هاتين الدورتين – الجلب والتنفيذ – . لنختبر هاتين الدورتين ونحدد على ضوئهما الواجبات التي تقع على عاتق وحدة السيطرة خلال كل دورة .

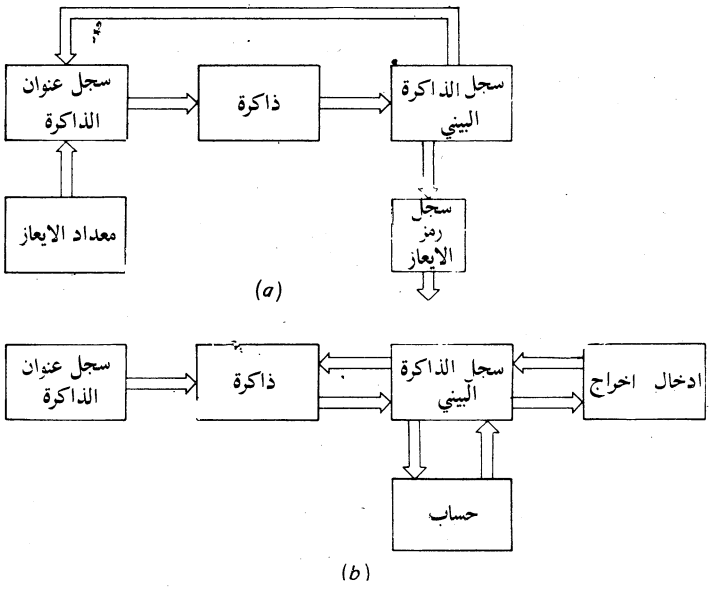
يبين الشكل (14.17 a) وحدات الحاسبة ذات العلاقة بدورة الجلب . حيث تجري العمليات الآتية خلال هذه الدورة :

1 – عنوان أول ايعاز مهيأ للتنفيذ في الذاكرة يوضع في معداد الايعازات instruction counter هذا العنوان يُقرأ في سجل عنوان الذاكرة Memory Address Register والمختصر بـ MBR ، ودورة القراءة / للكتابة تبدأ عملها في الذاكرة .

2 – الايعاز المخزون في الذاكرة للعنوان المذكور يقرأ في سجل بيني Memory Buffer Register والمختصر بـ MBR.

3 – الجزء الخاص برمز العملية من الايعاز والموجود حالياً في MBR يخزن ثانية في سجل رمز العملية ، والعنوان يوضع في MAR تهيؤاً لدورة التنفيذ .

4 – معداد الايعاز يزداد بواحد تهيئواً لدورة الجلب التالية .



شكل (14.17) : دورة التشغيل الأساسية للحاسبة الالكترونية (a) الجلب (b) التنفيذ

يبين الشكل (14.17 b) الوحدات التي تنشغل أثناء دورة التنفيذ . حيث تجرى العمليات الآتية :

1- عنوان الذاكرة الذي يحتوي على البيانات المطلوب قراءتها أو البيانات المخزونة موجودة في MAR نتيجة لدورة الجلب السابقة . وبالتشابه ، فان رمز العملية سيحتويه السجل الموكل به (سجل رمز العملية) .

2- يجرى حل رموز سجل رمز العملية وتهيىء وحدة السيطرة اشارات التوجيه اللازمة لأجراء العملية المطلوبة مثل قراءة بيانات من اجهزة TTY في سجل MBR وخزنها في العنوان الموجود في سجل MAR . ونقلها الى وحدة الحساب من خلال MBR ، أو قراءة البيانات من الذاكرة عبرMBR وطباعتها على جهاز TTY أو قراءة بيانات من وحدة الحساب عبرMBR وخزنها في الذاكرة حسب العنوان المذكور في MAR .

3- عند الأنتهاء من دورة التنفيذ ، عد الى دورة الجلب التالية .

هذه الطريقة (طريقة أجلب/نفذ) شائعة في أغلب الحاسبات العامة بالرغم من اختلاف التسمية وعند بدء الحاسبة بالعمل ، فان وحدة السيطرة تضع الحاسبة اولاً في صيغة (اجلب) . ثم (اجلب ونفّذ) بالتناوب ولحين اكمال العملية . وثمة نبضات توقيت (أربع نبضات ، خمسة أوحتى عشرة) تقوم خلال (دورة نفّذ) بتوقيت العمليات . ونبضات توقيت مشابهة تستعمل أيضا في (دورة نفّذ) .

14.6 ايعازات الحاسبة :

أي حاسبة عامة لابد وأن يكون لها طاقم ايعازات كامل . ربما قد يتكون هذا الطاقم من عشرة ايعازات أو يزيد في الحاسبات الصغيرة ، وقد يزيد على مئات الايعازات في الحاسبات الضخمة . ويتم تكوين هذا الطاقم من الايعازات مع الاطوار الأولى من التصميم ، وأي شخص يرغب بعدئذٍ في استعمال الحاسبة يصبح متفهماً لاستعمالات هذه الايعازات وبالتالي تصبح له الخبرة الجيدة في ترتيب هذه الايعازات بشكل كفوء ليطلق عليه بحق اسم المبرمج .

في أعماق الحاسبة . يُمثل كل ايعاز بمجموعة من الأرقام الثنائية (مثل 001 للاضافة) ولتسهيل عملية البرمجة بالنسبة للمبرمج ، يوضع لكل رمز اسم يسهل تذكره mnemonic title فبدلاً من أن نستعمل 001 للاضافة نستعملADD القريبة من فهم المستعمل ، وعند ادخالها للحاسبة تترجم لتصبح 001 .

وبصورة عامة فهناك أربعة أنواع مختلفة من الايعازات : للحساب ، لمعالجة البيانات ،

للتحويل ، وللادخال والاخراج . لنحاول وضع قائمة لطاقم خيالي من الايعازات القادرة على حل مشكلة ما . وبالرغم من أن هذا الطاقم خيالي ، لكنه قريب جداً من الطواقم المستعملة في حاسبات حقيقية . كل ايعاز أعطي اسماً يسهل تذكره مع رمز الثنائي بين قوسين وشرح للعمل الذي يقوم به .

HLT (0000) توقيت عمل الحاسبة . اعادة التشغيل يتم بالضغط على مفتاح التشغيل .

ADDX (0001) اضافة محتويات موقع الذاكرة X الى سجل المركم في وحدة الحساب .

SUBX (0010) طرح محتويات موقع الذاكرة X من محتويات سجل المركم في وحدة الحساب .

MPYX (0011) ضرب محتويات الموقع X بمحتويات السجل MQ في وحدة الحساب ، وحاصل الضرب يخزن في السجل .

DIVX (0100) قسمة محتويات الموقع X على محتويات السجل MQ . وخزن حاصل القسمة في السجل MQ .

DCAX (0101) خزن محتويات المركم في الموقع X وتصفير المركم .

DCQX (0110). خزن محتويات السجل MQ في الموقع X ، وتصفير MQ .

JMPX (0111) الايعاز التالي يؤخذ من الموقع X في الذاكرة .

LDQX (1000) محتويات الموقع X في الذاكرة تُحمّل في السجل MQ

REDX (1001) قراءة كلمة واحدة من البيانات من جهاز القراءة الى الذاكرة في الموقع X .

PRTX (1010) طباعة كلمة واحدة على جهاز الطبع (الاخراج) من العنوان X .

هذه القائمة من المعلومات ليست بالطبع كافية ، فهي لا تغطي كل الاحتمالات المرجوّة. ولكنها على الأقل تعطي انطباعاً جيداً عن البرمجة بلغة الماكنة machine-language programming لاحظ ان لكل رمز عملية اربعة ارقام ثنائية . وهذا بالطبع ضروري اذا كان عدد الايعازات أكثر من 8 وأقل من 16 . ابعد من ذلك ، افرض أن هذه الايعازات مستعملة في حاسبة عامة صغيرة ذات 128 موقعاً في الذاكرة ، لذا فان الكلمة التي يستعملها الايعاز يكفي أن تحتوي على احد عشر رقماً ثنائياً – أربعة لرمز العملية وسبعة للعنوان – .

والآن ، لنستخدم هذه الايعازات في حاسبتنا الخيالية لحل السؤال الآتي :

$$Z = R + AY$$

سيبدأ البرنامج أولاً بقراءة القيم R ، A ، Y ثم يجري الحسابات الضرورية ، ليطبع بعدئذ قيمة Z . والبرنامج الكامل المكتوب بلغة الماكنة والمخزون في الذاكرة يظهر في الجدول

(14.1) . ولتشغيل البرنامج ، فان المشغل سيضع معداد الايعازات على الصفر ثم يضغط على مفتاح التشغيل . ستبدأ الحاسبة بدورة (اجلب) للحصول على الايعاز(RED50)من موقع الذاكرة 0 . تتبعها دورة (نفّذ) . دورة (اجلب) التالية ستحصل على الايعاز المخزون في العنوان 1 ، وهكذا . وسينتهي البرنامج بعد أن تطبع قيمة Z المحسوبة خلاله وظهور الايعاز HLT المخزون في العنوان 12 .

الايعاز كما هو مخزون في الذاكرة	الموقع في الذاكرة	الايعاز	العمليـة
1001 0110010	0	RED 50	اقرأ R وأخزنها في الموقع 50
1001 0110011	1	RED 51	اقرأ A وأخزنها في الموقع 51
1001 0110100	2	RED 52	اقرأ Y وأخزنها في الموقع 52
0110 1111111	3	DCQ 127	تصفير السجل MQ
0101 1111111	4	DCA 127	تصفير المركم MQ
1000 0110011	5	LDQ 51	ضع A في MQ
0011 0110100	6	MPY 52	اضرب A بـ Y
0110 0110101	7	DCQ 53	اخزن AY في 53
0001 0110010	8	ADD 50	ضع R في المركم
0001 0110101	9	ADD 53	أضف AY الى R في المركم
0101 0110110	10	DCA 54	أخزن Z في 54
1010 0110110	11	PRT 54	اطبع Z
0000 0000000	12	HLT	توقف

جدول (14 . 1)

اسعافات دراسية :

خلاصة :

– يوجد هناك نوعان أساسيان في الحاسبات الالكترونية الرقمية – الحاسبات ذات الاغراض العامة واختصرناها بالحاسبات العامة والحاسبات ذات الأغراض الخاصة واختصرناها بالحاسبات المتخصصة . الحاسبات المتخصصة صمّمت أساساً لأداء فعل معين ،

بينما يترتب على الحاسبات العامة القيام بعدة افعال مختلفة . الحاسبات العامة جهزت بطاقم من التعليمات (الايعازات) التي يستطيع بواسطتها المبرمج حل مسائله ، والحاسبات بدورها تقوم بحل المسائل بتنفيذ البرنامج الذي يتكون من مجموعة من الايعازات مرتبة ومخزونة من قبل المبرمج . معظم الحاسبات تعمل على قاعدة الدورتين (اجلب / نفّذ) ، مع وجود نبضات توقيت خاصة لأرساء التزامن بين مختلف العمليات تصدرها وحدة السيطرة .

مفردات :

نظام غير متزامن Asyn chronous system : نظام تجري فيه العمليات المنطقية بصورة عشوائية وبدون سيطرة زمنية مركزية .

زمن دورة الساعة Clock cycle time : مدة توقيت واحدة ، وهي مقلوب التردد .

برنامج حاسبة Computer program : قائمة من ايعازات محددة تنفذها الحاسبة لحل مسألة معينة .

اجلب / نفّذ fetch / execute : دورتان اساسيتان في عمل الحاسبة .

حاسبة عامة General-Purpose Computer : الحاسبة المصممة للقيام بعدة عمليات مختلفة ، كالعمليات الحسابية واتخاذ القرارات (أي . المساواة ، أكبر من ، اصغر من ، اذهب ، ... الخ) .

كلمة ايعاز Instruction word : كلمة حاسبة ذات مقطعين ، الأول لرمز العملية والثاني للعنوان .

تسهيل تذكر Mnemonic : مساعدة الذاكرة في تذكر معنى الرمز المختصر .

رمز العملية Op-code, operation code : الرمز الذي يعرّف عملاً محدداً للحاسبة .

استقرارية المذبذب Oscillator stability : درجة استقرارية تردد المذبذب ، يعبر عنه عادة بأجزاء من الألف أو أجزاء من المليون من المدة الزمنية .

ساعة ثانوية Secondary clock : ساعة ذات تردد أوطأ من تردد الساعة الاساسية للنظام ، وهي مشتقة منها .

حاسبة متخصصة Special-purpose computer : الحاسبة التي تؤدي عملاً محدداً كحاسبة الميل لكل غالون MPG المشروحة في هذا الفصل .

نبضة خاصة	Strobe pulse :	نبضة تحفز البوابات للعمل أو تنقل البيانات في وقت مادون احداث ظاهرة السبق .
نظام متزامن	Synchronous system :	نظام تجري فيه العمليات المنطقية وتغير المستوى المنطقي بتزامن محدد ، تحت اشراف ساعة النظام .
ساعة ذات طورين	Two-phase clock :	استعمال موجتي توقيت لهما تردد واحد تفصل بينهما 180 درجة . كاخراجي المرجاح 1 و 0 .

اسئلة للمراجعة :

1. وضح لماذا يجب على الساعة أن تكون ذات مدد تامة ؟
2. كيف يمكن ايجاد زمن دورة ساعة من تردد هذه الساعة ؟
3. لماذا ينبغي على المراجيح أن تمتلك تأخيراً أقل من زمن دورة ساعة واحدة ؟
4. ماهي العوامل المؤثرة على تردد المهزاز في الشكل (14.2) ؟
5. ماهي الغاية من وجود مقداح شمت في الشكل (14.4) ؟
6. وضح طريقة واحدة للحصول على ساعة ذات طورين ؟
7. ماهي الغاية الاساسية من النبضة الخاصة ؟
8. لماذا من المفيد الحصول على نبضة خاصة في الشكل (14.9) لجعل الترانزستور في حالة توصيل لا قطع ؟
9. اشرح الفرق بين الحاسبات المتخصصة والحاسبات العامة .
10. ما هو البرنامج ؟
11. إشرح معنى دورتي (اجلب / نفّذ) في مفهوم عمل الحاسبة .

مسائـــل :

14.1 بدءاً بموجة متماثلة . بين طريقة لتطوير ساعة ذات نبضات موجبة وذات نبضات سالبة .

14.2 ماهو زمن دورة الساعة في نظام ساعة ذات تردد 250 ميكا هيرتز ؟

14.3 ماهو أعلى زمن تأخير لمرجاح مستعمل في نظام ذى تردد 8 ميكا هيرتز ؟

14.4 عند أي تردد لمهزاز الشكل (14.2 a) ان يعمل اذا كانت R تساوي 100 كيلو

أوم ، و C تساوي 100 بيكافاراد ، و V_C تساوي 20 فولتاً ثابتاً . و V_B تساوي 10 فولتاً ثابتاً ؟

14.5 ماهو تردد مهزاز السؤال (14.4) اذا كانت V_B تساوي 20 فولتاً ثابتا ؟

14.6 ماهي قيمة C المطلوبة لمهزاز الشكل (14.2 a) اذا كانت V_C تساوي V_B و R تساوي 47 كيلو أوم ، والتردد المنشود يساوي 100 كيلو هيرتز ؟

14.7 ماهو تردد مذبذب قنطرة واين (wien-bridge oscillator) في الشكل (14.2 b) اذا كانت R تساوي 47 كيلو اوم و C تساوي 100 بيكو فاراد .

14.8 اذا كانت درجة استقرارية المذبذب البلوري crystal oscillator في الشكل (14.3) هي (73) من (10^7) في اليوم الواحد ماهو أعلى واوطأ تردد للمذبذب ؟

14.9 بين المنطق اللازم للحصول على الترددات الآتية في ساعة النظام : 5 ميكا هيرتز ، 2.5 ميكا هيرتز ، 1 ميكا هيرتز ، و 200 كيلو هيرتز .

14.10 اذا كان تردد مذبذب السؤال (14.9) يساوي 5 ميكا هيرتز وله درجة استقرارية ($1 \mp$) من (10^6) في اليوم الواحد . ماهو أعلى واوطأ تردد لساعة ذات 1 ميكا هيرتز ؟

14.11 ماذا سيكون أعلى وأوطأ تردد لساعة ذات 200 كيلو هيرتز في السؤال (14.10)؟

14.12 ارسم موجات معداد ثنائي متواز يُساق بساعة ذات طورين . وبيّن أن ذلك سيقود الى ظهور حالة سباق . وتذكر أن لكل مرجاح زمن تأخير محدد .

14.13 كيف يمكن تغيير حاسبة MPG لكي تقيس $\frac{1}{10}$ ميل لكل غالون ؟

14.14 ارسم مخططاً لتبيان الاجزاء الأربعة الرئيسية في الحاسبات العامة .

14.15 كم عدد الأرقام التي يتطلبها رمز العملية في ماكنة ذات 35 ايعازاً ؟

14.16 كم عدد الأرقام اللازمة للعنوان في حاسبة ذات 1000 كلمة في الذاكرة ؟

14.17 كم عدد الأرقام اللازمة لعنوان صفحة لتشكيل 16 صفحة في الذاكرة ، لكل صفحة 64 كلمة ؟

14.18 اكتب برنامجاً بلغة الماكنة لحل :

$$Z = 3R/(A + B)$$

ملحق – أ –

حالات وتحليل الأعداد الثنائية

طول الكلمة بالأرقام الثنائية n	أعلى عدد من الاحتمالات 2^n	تحليل السلم الثنائي pm
1	2	500000.
2	4	250000.
3	8	125000.
4	16	62500.
5	32	31250.
6	64	15625.
7	128	7812.5
8	256	3906.25
9	512	1953.13
10	1024	976.56
11	2048	488.28
12	4096	244.14
13	8192	122.07
14	16384	61.04
15	32768	30.52
16	65534	15.26
17	131072	7.63
18	262144	3.81
19	524288	1.91
20	1048576	0.95
21	2097152	0.48
22	4194304	0.24
23	8383608	0.12
24	16777216	0.06

ملحق – ب –

جدول تحويل الأعداد

العشرية – الثمانية – الثنائية

عشري	ثماني	ثنائي
0	00	000 000
1	01	000 001
2	02	000 010
3	03	000 011
4	04	000 100
5	05	000 101
6	06	000 110
7	07	000 111
8	10	001 000
9	11	001 001
10	12	001 010
11	13	001 011
12	14	001 100
13	15	001 101
14	16	001 110
15	17	001 111
16	20	010 000
17	21	010 001
18	22	010 010
19	23	010 011
20	24	010 100
21	25	010 101
22	26	010 110
23	27	010 111
24	30	011 000
25	31	011 001
26	32	011 010
27	33	011 011
28	34	011 100
29	35	011 101
30	36	011 110
31	37	011 111

عشري	ثماني	ثنائي
32	40	100 000
33	41	100 001
34	42	100 010
35	43	100 011
36	44	100 100
37	45	100 101
38	46	100 110
39	47	100 111
40	50	101 000
41	51	101 001
42	52	101 010
43	53	101 011
44	54	101 100
45	55	101 101
46	56	101 110
47	57	101 111
48	60	110 000
49	61	110 001
50	62	110 010
51	63	110 011
52	64	110 100
53	65	110 101
54	66	110 110
55	67	110 111
56	70	111 000
57	71	111 001
58	72	111 010
59	73	111 011
60	74	111 100
61	75	111 101
62	76	111 110
63	77	111 111

اجوبة لاسئلة مختارة

الفصل الأول :

1 – 50 مايكرو أمبير . 0.5 مايكرو أمبير

3 – 20 نانو واط

الفصل الثاني :

1– 1010 , 1001 , 1000 , 111 , 110 , 101 , 100 , 11 , 10 , 1

10010 , 10001 , 10000 , 1111 , 1110 , 1101 , 1100 , 1011 ,
. 11011 , 11010 , 11001 , 11000 , 10111 , 10110 , 10101 , 10100 , 10011

3– (أ) 10100 (ب) 11000110 (جـ) 11000111

5– 11000 , 1000001 , 1101010

7– 10111 . 01110 زائداً الباقي .

9– . 25.375

11– (أ) 011 – (ب) 10000 (جـ) – 10111

13– 1000 كلا

15– (أ) 0100 (ب) 001110 (جـ) – 010111

17– (أ) 100011 (ب) 10000.1110 (جـ) – 10000010.1

19– 110.11

21– 53

23– (أ) 1216 (ب) 215

25– (أ) 257 (ب) 15.334 (جـ) 123.55

27– (أ) 11100101 (ب) 101101001101 (جـ) 0111101011110100

الفصل الثالث

1– (أ) 0101 1001 (ب) 0100 1000 0101 1001 0011

3– (أ) 387 (ب) 967,873

5– (أ) 0111 1001 1010 (ب) 1100 0110 1011 1000

7– (أ) 846 (ب) 75,320

9– 1010 1000 0011

11– (أ) 1000 0011 0100 (ب) 1000 1011 0010

13– (أ) 952 (ب) 047

15– (أ) 10110010 (ب) 1100011000110 (جـ) 101011100111000

17– 0 , 1 , 1 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1 , 1 , 0

19– (أ) 11000 01111 (ب) 10000 00111 00011 (جـ) 11111 01111 11000 00011

21– (أ) 0100100 10 00001 (ب) 01 10000 10 00001 01 00100

23–

25– (أ) 11101 (ب) 110100110101 11111011001010

850 أوم

الفصل الرابع :

1 – ادخالات ABY هي 3 – 3 – 3 , 3 – 12 – 12 , 12 – 3 – 12 , 12 – 12 – 12

3 – ادخالات ABCY هي : 1 – 1 – 1 – 1 , 1 – 1 – 10 – 1 , 1 – 10 – 1 – 1 ,

10 – 10 – 10 – 10 , 10 – 10 – 1 – 1 , 10 – 1 – 10 – 1 ,

10 – 1 – 1 – 1 , 1 – 10 – 10 – 1

5 – ادخالات ABCY هي : 0111, 0100, 0010 , 0010, 0000

7 – الأدخالات هي : $Y = (A + B) B$: 110 , 100 , 010 , 000

9 – ادخالات ABY هي : 110 , 101 , 011 , 000

11 – كوّن جداول الواقع لاثبات المتطابقة .

15 – $A.\overline{B}$

23 – AB

25 – 40 ns

26 – 0

الفصل الخامس :

1 – استعمل بوابة (أو) الحصرية لجمع رقمي الاشارة ، فإذا تشابهت الاشارتان نتج 0 وان أختلفنا نتج 1 .

3 – ارسم دائرة كالتي في الشكل (5.6_a) لكن باستعمال تسع بوابات (أو) الحصرية .

5 – هنالك أربعة احتمالات : (AB = 00, 01 , 10 , 11). عوض قيمتي A و B في الجهة اليسرى للحصول على قيمة (AB + AB) وفي الجهة اليمنى للحصول على (A + B)AB ، في كل حالة يجب أن يتساوى الطرفان .

7 – يتم الحل بالتعويض المباشر للقيم المعطاة في الشكل (5·14) .

9 – يجب أن تضيف 0011 الى عدد 8421 ذى الأرقام الثنائية الأربعة . وهذا يتطلب دوائر اضافة بالترتيب الآتي :

دائرة اضافة نصفية ، دائرة اضافة نصفية ، دائرة اضافة كاملة ، دائرة اضافة كاملة .

وفي الأمكان تصميم دوائر منطقية أخرى .

– دائرة اضافة نصفية واحدة و 34 دائرة اضافة كاملة .

الفصل السادس :

1 - (أ) $\overline{A}BC$ (ب) $\overline{A}\overline{B}\overline{C}D$

3 $(Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C)$

5 – – بوابتا (و) ذات أطراف ادخال ثلاثة تسوق بوابة (أو) ذات طرفي ادخال $\overline{A}$ و B و C هي ادخال بوابه (و) الأولى و C و $\overline{B}$ و A هي ادخال بوابة (و) الأخرى .

7 – – أربع بوابات (و) ذات أطراف ادخال ثلاثة تسوق بوابة (أو) ذات 4 ادخالات . أما ادخالات بوابات (و) فهي العوامل في كل نتاج منطقي .

9 – – المعادلة المبسطة هي : $Y = AC$
وعدد أطراف الادخال هو اثنان .

11 – – ان خارطة كارنو هنا هي متممة الخارطة في الشكل (6.16a)، أي بدل كل صفر بواحد وكل واحد بصفر .

13 – $Y = A\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}\overline{B}C\overline{D}$

15 – $Y = D$

17 – – بعد استغلال حالات الأهمال تكون المعادلة $Y = A\overline{D}$ ودائرتها المنطقية هي بوابة (و) والادخالان A و $\overline{D}$

19 – – ثلاث بوابات (لاو) ذات 3 أطراف للادخال تسوق بوابة (لاو) ذات 3 أطراف للادخال . أما ادخالات هذه الدائرة فهي الحدود لكل نتاج منطقي .

21 – – لعدم تجاور الآحاد في خارطة كارنو فإن المعادلة لا تتبسط.

$$Y\,sum = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}C + ABC$$

ودائرتها تحتاج 4 بوابات (لاو) ذات 4 أطراف للادخال تسوق بوابة (لاو) مشابهة .

الفصل السابع :

1 – 250 KHz

3 – 4 Hz

5 – هنالك 2^5 أو 32 حالة اخراج من 00000 الى 11111

999.999 وعدد BCD هو :
0000 0000 0100 0111 1001 0011

9 – 32.000 ، سلسل 3 معدادات عشرية ومعداداً واحداً ذا 4 ارقام ثنائية ومرجاحاً واحداً من النوع T .

11 – (أ) ..., 11, 10, 00, 01, 11

(ب) ..., 00, 01, 11, 10, 00

13 – 2.8 كيلو هرتز

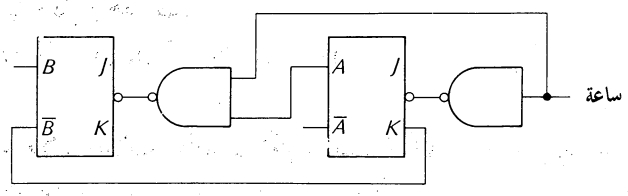
15 - يكون الشكل سلسلة من نبضات عرضها (3 μs) بحيث ان الجافات الصاعدة للنبضات تنطبق مع اشارات القدح المبينة في الشكل (7.35).

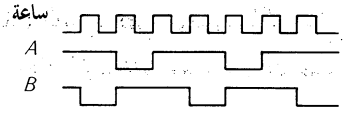
الفصل الثامن :

1 - (أ) 3 (ب) 4 (جـ) 4 (د) 5 (هـ) 5

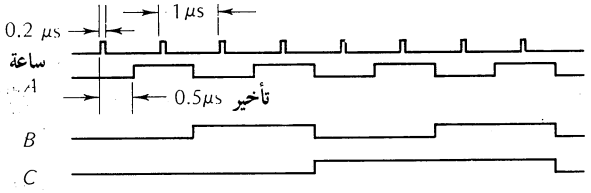
3 - المعامل - 7

5

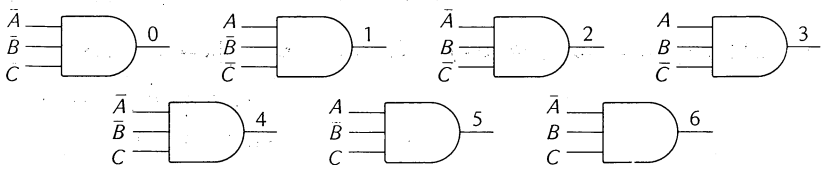




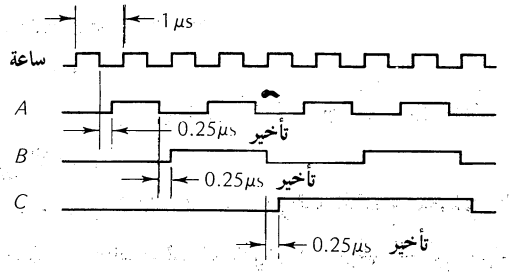
7 نعم عولجت



9



11 تكمن الصعوبة في حل الرموز



13 - $6 \times 9, 3 \times 3, 2 \times 3 \times 2$

الفصل التاسع :

1 - ان التقييد الوحيد في مراجيح RS هو ان الطرفين R و S يجب ان لايكونا في حالة 1 في وقت واحد . ولاستحالة حدوث مثل هذه الحالة في الشكل (9.2) فان المخطط المنطقي والموجات الناتجة هي نفسها التي في الشكل (9.2).

3 - سلّط نبضة موجبة لتصفير المراجيح A و B و C و D و E ولوضع المرجاح F في حالة 1.

5 - ضع أي مرجاحين متجاورين في حالة 1

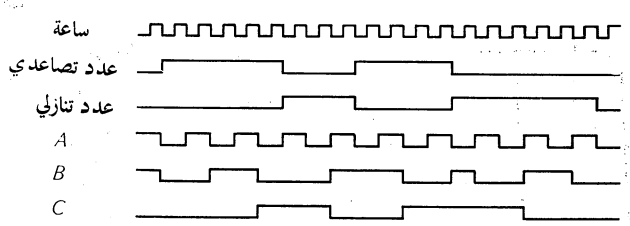
7 - نعم

9 - نعم

11 - الحالات التي تصلح هي : 2 أو 10 أو 18 أو 26
عدد نبضات التوقيت في اسوأ الاحتمالات هو 9
ليس الطرف $\overline{C}$ في ادخال البوابة بضروري .

15 - الحالات المتخطاة هي 16 و17و 48 و 49 . نعم متماثل .

17 - كلا . لا يؤثر حتى لو لم يكن E متماثلاً .



الفصل العاشر :

7 - 120 انجاً ويساوي 306 سم .

9 - (1.37×10^6)

11 - (F = 5/11) و L يساوي 275 انجاً أي 701.25 سم

13 - لا توفير في الثنائيات .

15 - ثماني بوابات (و) ذات ادخال اطراف ثلاثة مستعملين الأرقام الثلاثة ذي المرتبة الادنى لتكوين آحاد الرقم الثماني. اما الرقم الثنائي الرابع فيكون الرقم الثماني الآخر (1 أو 0) .

الفصل الحادي عشر :

1 - (32/63), (16/63), (8/63), (4/63), (2/63), (1/63)

5 - 51.2 ميللي امبير

7 - (أ) 0.641 فولت

(ب) 0.923 فولت

(حـ) 0.766 فولت

9 - جزء واحد في 4096 ، 2.44 ميللي فولت

11 - 31

13 - (أ) 4.096 ميللي ثانية

(ب) 2.048 ميللي ثانية

(جـ) حوالي 500 تحويل بالثانية .

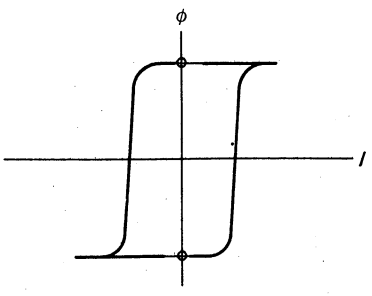
15 - 12 ميكرو ثانية باهمال زمن تأخير العد وتاخير دوائر السيطرة .

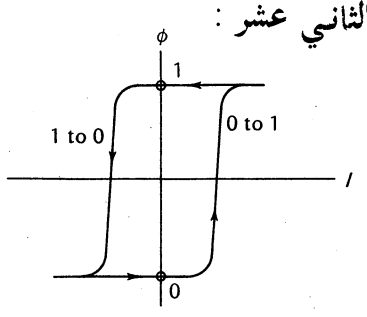
17 - درجة الاحكام = 0.0244 /.

الدقة 0.05 / تقريباً

الفصل الثاني عشر :

1 -

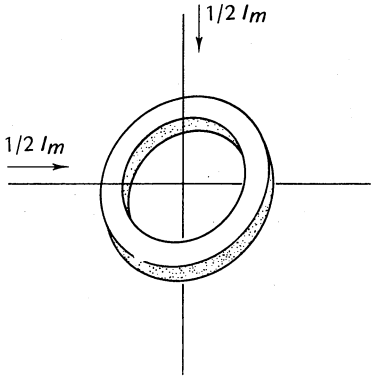




3 - الرمزمبين في الشكل (12.7b) . نبضة في الادخال 0 تصفر اللب وفي الادخال 1 تضع اللب في حالة 1 ، وخلال النبضة المتقدمة تظهر نبضة في الاخراج اذا كان اللب في حالة 1 قبل تسليط النبضة في الادخال المتقدم .

5 - الشكل (12.9)

7



9 - 36 مستوىً كل مستو مربع به 4096 مصفوفة من الالباب ، 64 لباً في كل حافة .

11 - 64 خطاً في اتجاه X و 64 خطاً في اتجاه Y و 36 خطاً للمنع .

13 - 12 رقماً ثنائياً لكلمة العنوان ، 6 أرقام لـ X و 6 لـ Y .

17 - 125 . 000 رقماً ثنائياً .

19 - 0.833 ميللي ثانية ، استعمل مجموعتين من رؤوس قراءة / كتابة .

الفصل الثالث عشر :

1 - 0 الى 0.996094

3 - (أ) (− 0.156)

(ب) (+ 0.0938)

(جـ) (− 0.312)

(د) (+ 0.656)

5 - 10^4

7 - $X_0 . X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9 X_{10} X_{11} X_{12}$

9 - $((+X)-(+Y)=X-Y),((+X)-(-Y)=X+Y)$
$((-X)-(+Y)=-X-Y),((-X)-(-Y)=-X+Y)$

11 – 1.2 مايكرو ثانية تقريباً

13 –

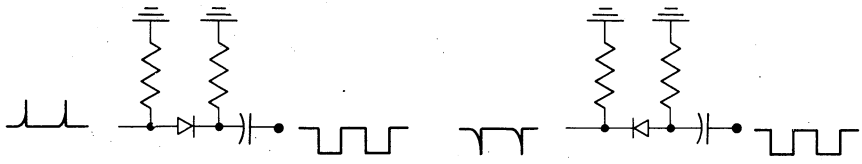
8421	حقيقي	9_s	10_s
67_{10}	0.0110 0111		
34_{10}	1.0011 0100	1.0110 0101	1.0110 0110
-93_{10}	1.1001 0011	1.0000 0110	1.0000 0111
67_{10}	0.1001 1010		
-34_{10}	1.0110 0111	1.1001 1000	1.1001 1001
-93_{10}	1.1100 0110	1.0011 1001	1.0011 1010

15 – المخطط كالذي في الشكل (13.12) مع 4 أرقام ثنائية اضافية في كل سجل ودائرة اضافة اخرى من نوع BCD

17 – 19 مايكرو ثانية ، 46 مايكرو ثانية

الفصل الرابع عشر

1 –

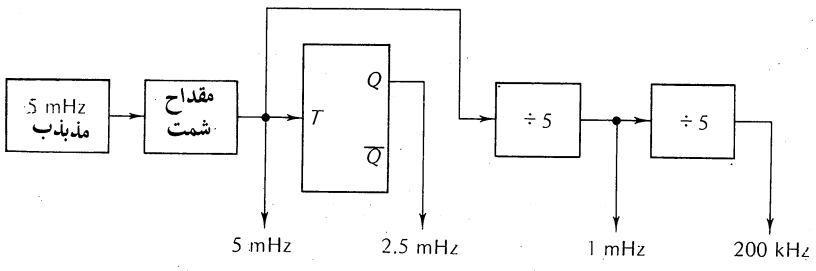


3 – 125 نانو ثانية

5 – 722 كيلو هيرتز

7 – 33.9 كيلو هيرتز

9 –



(200 KHz ± 0.2 Hz) – 11

13 – استعمل مغيري (طاقة) لتوفير (10^4) نبضة لكل ميل و (10^4) نبضة لكل غالون .

15 – ستة .

قاموس (انكليزي – عربي)
بالمصطلحات الواردة في الكتاب

abacus	معداد خرزي
access time	زمن الوصول
accumulator register	السجل المركم
accuracy	دقة
A/D converter = analog to digital converter	محول من تناظري الى رقمي
address register	سجل العنوان
adjacent	متجاور
advance pulse	نبضة متقدمة
algorithm	الخوارزمية
alphanumeric	الابجدي – الرقمي
AND gate	بوابة (و)
anode	مصعد
arithmetic unit	وحدة الحساب
ASCII = American Standard Code for Information Interchange	الرمز القياسي الامريكي لتبادل المعلومات
associative law	قانون الترابط
astable multivibrator	مهزاز غير مستقر
asynchronous	غير متزامن
balanced multiplicative decoder	حلاّل تضارب متوازن
bar -matrix	المصفوفة الشريطية

base (or radix)	اساس (النظام العددي)
BCD = binary coded decimal	الاعداد العشرية المرمزة بالثنائي
binary data	بيانات ثنائية
binary fractions	الكسور الثنائية
binary ladder	سلم ثنائي
binary numbers	الاعداد الثنائية
binary point	الفارزة الثنائية
bipolar	ثنائي الأقطاب
biquinary	الخماسي المزدوج
bistable multivibrator	مهزاز ثنائي الاستقرار
bit = binary digit	رقم ثنائي
Boolean algebra	الجبر البوولي (جبر المنطق)
buffer register	سجل بيني
byte	كليمة (مصغر كلمة)
calculator	حاسبة جيب
card reader	قارى بطاقات
carriers	حاملات (الشحنات)
cathode	مهبط
character at a time printer	جهاز طبع حرفي
charactron	انبوبة حرفية
clear pulse	نبضة تصفير (تخلية)
clock signal	اشارة توقيت ، اشارة ساعة
CMOS = complementary MOS	دوائر MOS المتممة
code	رمز
collating	مقارنة
commutative law	قانون التبادل
comparison	مقارنة
computer	حاسبة الكترونية
console	لوحة المبرمج

control	سيطرة
conversion time	زمن التحويل أو التغيير
core driver	سائق اللب
counters	المعدادات الالكترونية
CPU = central proccessing unit	وحدة المعالجة المركزية
CRT = cathode ray tube.	انبوبة اشعة المهبط
crystal controlled oscillator	مذبذب بلوري السيطرة
current-routing-transfer	تحويل مسار التيار
D/A converter = digital-to-analog converter	محول من رقمي الى تناظري
data	بيانات
data density	كثافة البيانات
decode	يحل الرمز
decoder	حلاّل الرموز
differential amplifier	مضخم تفاضلي
digit	رقم
digital electronic	الالكترونيك الرقمي
digital plotter	جهاز رسم رقمي
diode	ثنائي
discrete	منفصل
discrimination	تمييز
distributive law	قانون التوزيع
dividend	مقسوم عليه
division	القسمة
divisor	قاسم
dot-matrix	المصفوفة النقطية

double parity check	فحص تكافؤي مزدوج
DTL = diode-transistor logic	منطق الثنائي – الترانزستور
duality	الثنائية ، الازدواجية
dynamic memory	ذاكرة حركية
ECL = emitter-coupled logic	منطق الباعث – المرتبط
eddy current	تيار دوامي (اعصاري)
emitter follower	تابع الباعث
encode	يرمز
encoding matrix	مصفوفة ترميز
end-around carry	تدوير المحمل الاخير
erase	يمسح
even parity	التكافؤ الزوجي
exclusive OR	« أو» الحصرية
execute	ينفذ
excess – 3	زائد – 3
exponent	اس
extended	موسع ، ممتد
fan-out	معامل التحميل
FET = field effect transistor	ترانزستور تاثير المجال
fetch	يجلب
fixed point	فارزة (عشرية) ثابتة
flip-flop	مرجاح
floating point	فارزة (عشرية) عائمة
flux	فيض
flyback	ارتداد
forward voltage	فولتية امامية (عبر الثنائي)
free running multivibrator	مهزاز حر الحركة

full adders	دوائر الاضافة الكاملة
full subtractor	دائرة طرح كاملة
fundamental products	النتاجات الاساسية
gain	كسب
gap	فجوة
gating pulse	نبضة ترشيد
general-purpose computer	حاسبة عامة
Gray code	رمز كراي
grounding	تأريض
guard time	زمن الحراسة
half adders	دوائر الاضافة النصفية
half subtractor	دائرة طرح نصفية
hardware	الادوات المستعملة (في ربط الدائرة)
hexadecimal system	النظام السداسي عشر
hybrid	هجيني
hysteresis	تخلف
IC = integrated circuit	دائرة متكاملة
inhibit	يمنع ، منع
input	ادخال
input storage register	سجل مستودع الادخال
instructions	تعليمات ، ايعازات
instruction word	كلمة تعليمات (ايعاز)
integer	عدد صحيح
interrupt	يقاطع
inverse feedback	تغذية خلفية مقلوبة
inversion	عكس ، قلب
inverter circuit	الدائرة العاكسة
Karnaugh map	خارطة كارنو
keyboard	لوحة مفاتيح
latch	مزلاج

LED = light emitting diode	ثنائي باعث الضوء
light pen	قلم ضوئي
line at a time printer	جهاز طبع سطري
leakage	منطق
look-ahead logic	منطق مستطلع
lower trip point	نقطة الاقفال (التحول) السفلي
LSB = least significant bit	الرقم الثنائي ذو المرتبة الادنى
LSD = least significant digit	الرقم ذو المرتبة الادنى
LSI = large scale integration	دوائر متكاملة ذات حجم كبير
machine language	لغة الماكنة
magnetic cores	الباب مغناطيسية
magnetic disk	قرص مغناطيسي
magnetic drums	اسطوانات مغناطيسية
magnetic tapes	اشرطة مغناطيسية
master-slave flip-flop	مرجاح السيد / المسود
memory	ذاكرة
memory cycle	دورة الذاكرة
minicomputers	الحاسبات المصغرة
mnemonic	(رموز) سهلة التذكر
mod-2 addition	الاضافة بالصيغة – 2
modified advance pulse	معادلة متقدمة معتدلة
modulus	معامل
mono stable multivibrator	مهزاز احادي الاستقرار
monotonicity	الوتيرية
MOS = metal. oxide semiconductor	شبه موصل ذو الاوكسيد المعدني

MOSFET = metal oxide semiconductor field effect transistor	ترانزستور تأثير المجال ذو الأوكسيد المعدني
MSB = most significant bit	الرقم الثنائي الأقصى
MSI = medium scale integration	دوائر متكاملة ذات حجم متوسط
multi-output	اخراج متعدد
multiple emitter	متعدد البواعث
multiplexer	جهاز مقابلة
multiplicand	مضروب
multiplication	الضرب
multiplier	ضارب
multivibrator	مهزاز
NAND gate	بوابة « لاو »
n-channel	قناة سالبة
negation	نفي
Nixie tubes	صمامات نكسي
noise	ضوضاء
noise immunity	المناعة من الضوضاء
nondestructive readout	قراءة غير مدمرة
NOR gate	بوابة « لا – أو »
NOT circuit	دائرة « لا »
number	عدد
octal system	النظام الثماني
octet	ثُمان
odd parity	التكافؤ الفردي
One's complemant = 1,s complement	المتمم ل
one shot multivibrator	مهزاز ذو اطلاقة واحدة
open collector	المجمّع المفتوح
operating point	نقطة العمل
operation code	رمز العملية
optical decoder	حلّال ضوئي
OR gate	بوابة « أو »

oscillator	مذبذب
output	اخراج
overflow	فائض
overlapping	تشابك
paper tapes	أشرطة ورقية
parallel shift register	سجل ازاحة التوازي
parity check	الفحص التكافؤي
parity checker	الفاحص التكافؤي
passive pull up	تصعيد خامل (غير فعال)
p - channel	قناة موجبة
peripheral equipment	أجهزة طرفية
permuting counter	معداد متبدل
positive feedback	اعادة تغذية موجبة
precision voltage	فولتية مضبوطة
printer	جهاز طبع
print wheels	اطارات طبع
processor	(وحدة) معالجة ، مُعالج
product of sums	نتاج المجاميع
program	برنامج
propagation delay time	زمن تأخير
pull up resistor	مقاومة تصعيد
pulse	نبضة
punched cards	بطاقات منقبة
punch machine	ماكنة تنقيب
quad	رُباع
quantization orror	خطأ كمي
quotient	حاصل القسمة
race problem	مشكلة السباق
radix (or base)	أساس (النظام العددي)
RAM = random access memory	ذاكرة الوصول العشوائي

rectangular wave	موجة مستطيلة
rectifier	موحدّ ، مقوم
register	سجل
remainder	الباقي
remote	بعيد
reset pulse	نبضة تصفير
resolution	إحكام
restricted access	وصول مقيّد
ribbon	شريط
ring counter	معداد حلقي
ripple counter	معداد متموج
rolling	لف
ROM = read only memory	ذاكرة قراءة فقط
RTL = resistor – transistor logic	منطق المقاوم – الترانزستور
sample - and hold amplifiers	مضخمات خذ العينات وحفظها
saturated logic	منطق مشبع
saturation delay time	زمن تأخير الاشباع
sawtooth	(موجة) منشارية
scaling	تقييس
scanning	مسح
Schmitt trigger	اقتراح شمت
Schottky TTL	TTL نوع شوتكي
select	يختار ، مختار
self complementing	المتمم لنفسه
sense winding	ملف التحسس
serial shift register	سجل ازاحة التوالي
settling time	زمن الاستقرار
seven–segment–display	العارض ذو القطع السبع
shift counter	معداد إزاحة
shift register	سجل ازاحة

simple tree decoder	حلاّل شجرى بسيط
skip	عبور ، تخطّي
sorting	فرز ، ترتيب
special-purpose computer	حاسبة متخصصة
speed up capacitor	متسعة تسريع
split-winding-core	ملف اللب المشطور
square wave	موجة مربعة
SSI = small scale integration	تكامل صغير الحجم
stability	ثباتية ، استقرارية
staircase wave	موجة تدرجية
static memory	ذاكرة مستقرة
strobing technique	تقنية خاصة
subroutine	برنامج ثانوي
succesive approximation	تقريب متعاقب
sum of products	مجموع النتاجات
switching point	نقطة أقلاب
switching speed	سرعة الأقلاب
symbol	رمز
synchronous	متزامن
ternary system	النظام الثلاثي
time rconstant	ثبات الزمن
time-sharing	مشاركة زمنية
toggle (or trigger) flip - flop	مرجاح قَدْحي
totem-pole connection	الربط الطوطمي
track	مسار
trailing edge	حافة خلفية
transducer	محول الطاقة (من شكل الى آخر)
transfer loop	دائرة تحويل
transient	حالة زائلة
transistor	ترانزستور

tri -state TTL	دوائر TTL ذات الحالات الثلاث
truth table	جدول الواقع
TTL = transistor–transistor logic	منطق الترانزستور – الترانزستور
TTY = teletypewriter	جهاز طابعة طرفية
two–phase clock	نبضات توقيت ذات طورين
two's (2's) complement	المتمم لـ 2
unit–recond equipment	جهاز وحدة تسجيل
up down counter	معداد تصاعدي / تنازلي
upper trip point	نقطة الاقفال (التحول) العليا
utilization factor	معامل الاستعمال
vacuum tubes	صمامات الكترونية
voltage comparators	مقارنات الفولتية
weight	وزن (المرتبة)
wire–AND	(و) السلكية
wire – OR	(أو) السلكية
worst case values	القيم تحت اسوأ الظروف
write bus	طرف (سلك) الكتابة
zone punches	ثقوب مجالية

ثبت باهم المختصرات الواردة في الكتاب

A/D Analog–to - Digital conversion	التحويل من النظيري (التناظري) الى الرقمي
ASCII American standard Code for Information Interchange	الرمز الامريكي القياسي لتبادل المعلومات
B_{dc}	التضخيم الثابت للتيار ويساوي حاصل قسمة تيار المجمع على تيار القاعدة في الترانزستور
BCD Binary Coded Decimal	الاعداد العشرية الثنائية الترميز
BIT Binary digit	رقم ثنائي

CMOS	دائرة متممة لاشباه الموصلات ذات الاوكسيد المعدني
Complementary MOS	
CPU	وحدة المعالجة المركزية للحاسبة الالكترونية
central Precessing Unit	
D/A	التحويل من الرقمي الى النظيري (التناظري)
Digital-to-Analog conversion	
DRO	نظام القراءة المدمرة
Destructive Read Out system	(قراءة المعلومات من الذاكرة يؤدي الى مسح هذه المعلومات منها بعدئذ) .
DTL	منطق الثنائي – الترانزستور
Diode-Transistor Logic	
ECL	منطق الباعث – المرتبط
Emitter-Coupled Logic	
FA	دائرة اضافة كاملة
Full Adder	
FET	ترانزستور يعمل بالتأثير المجالي
Field Effect Transistor	
HA	دائرة اضافة نصفية
Half Adder	
IC	دائرة متكاملة
Intograted Circuit	
LED	ثنائي باعث للضوء
Light Emitted Diode	
LSB	الرقم الثنائي الادنى (الاقل أهمية)
Least Significant Bit	
LSI	تكامل كبير المدى
Large Scale Intergration	
LTP	نقطة الاقفال السفلى
Lower Trip Point	
MAR	سجل عنوان الذاكرة
Memory Address Register	

MBR Memory Buffer Register	سجل الذاكرة البيني
MOS Metal Oxide Semiconductor	اشباه الموصلات ذات الاوكسيد المعدني
MOSFET	نوع من انواع دوائر MOS تستعمل الترانزستور الذي يعمل بالتأثير المجالي
MPG computer Mile per Gallon computer	حاسبة الميل / غالون
MQ register Multiplier Quetient registr	سجل الضارب - حاصل القسمة
MSB Most Significant Bit	الرقم الثنائي الاقصى (الاكثر أهمية)
MSI Medium Scale Integration	تكامل متوسط المدى
NAND Not – AND	بوابة (لا و)
NDRO Non Destructive Read Out system	نظام القراءة غير المدمرة (قراءة المعلومات من الذاكرةدون خسارتها بعدئذ)
NOR Not – OR	بوابة (لا – أو)
NRZ Non Return – to – zero	عدم الرجوع الى الصفر (طريقة لتسجيل البيانات على الشريط المغناطيسي)
NRZI Non Return – to – Zero – Inverted	عدم الرجوع الى الصفر المعكوسة (طريقة لتسجيل البيانات على الشريط المغناطيسي)

RAM Random Access Memory	ذاكرة الوصول العشوائي
ROM Read Only Memory	ذاكرة قراءة فقط
RTL Resister Transistor Logic	منطق المقاوم – الترانزستور
RZ Return – to – Zero	الرجوع الى الصفر المغناطيسي)
SSI Small Scale Integration	تكامل صغير المدى
tp Propogation delay time	زمن تأخير الانتشار
ts Saturation delay time	زمن تأخير الاشباع
TTL Transistor – Transister Logic	منطق الترانزستور – الترانزستور
UTP Upper Trip Point	نقطة الاقفال العليا
VIH Voltage – Input High	فولتية الادخال العالية
VIP Voltage – Input Low	فولتية الادخال الواطئة
VOH Voltage – Output High	فولتية الاخراج العالية
VOL Voltage – Output Low	فولتية الاخراج الواطئة .

رقم الايداع في المكتبة الوطنية ببغداد ٧١٨ لسنة ١٩٨٠

طبع في الجمهورية العراقية
على مطابع مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر
في جامعة الموصل

Digital Principles and Applications

MALVINO & LEACH

Translated by

Nabeel Khaleel Omar
Dr. Riyadh Kamal Al – Hakim

٢٥٠٠