الفصل الثالث

طريقة تمثيل الاعداد

٣-١ العد (الحساب)الثنائى هو طريقة العد لمجموعة الميكرو (الميكروبروسسور والميكروكونترولر):

ما زال الميكروبروسسور لايعلم ان الارقام العشرية هى الارقام المناسبة والمريحة بالنسبة لنا. المعالج الدقيق والدوائر الرقمية الاخرى تستخدم فقط رقمين 0 و 1 ولكن لماذا ؟

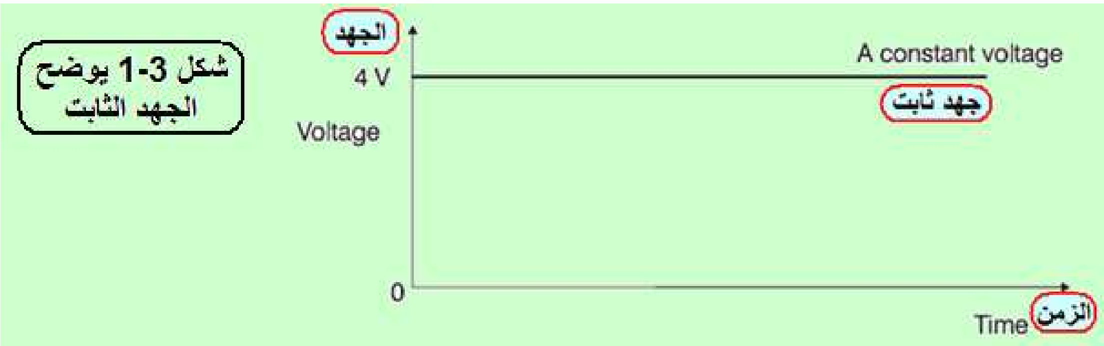
نحن نرغب فى ان يقوم معالجنا الدقيق بعمل كل شيء وبسرعة كبيرة جدا وبدون اى اخطاء . والخلو من الاخطاء والسرعة العالية هى الاكثر اهمية .

الاختيار لك : فعندما تقود سيارة اتوماتيكية بالكامل يتحكم فيها كمبيوتر او عندما تهبط الى الارض بطائرة . اظن ان القرار واضح : الخلو من الاخطاء والسرعة العالية هامان جدا .

لذلك دعونا نبدأ بإلقاء نظرة على أثر واحد من محاولة اقناع المعالج الدقيق بالعد (الحساب) بطريقتنا (النظام العشرى).

٣-٢ مشكلة التداخل (الشوشرة-الضجيج) noise

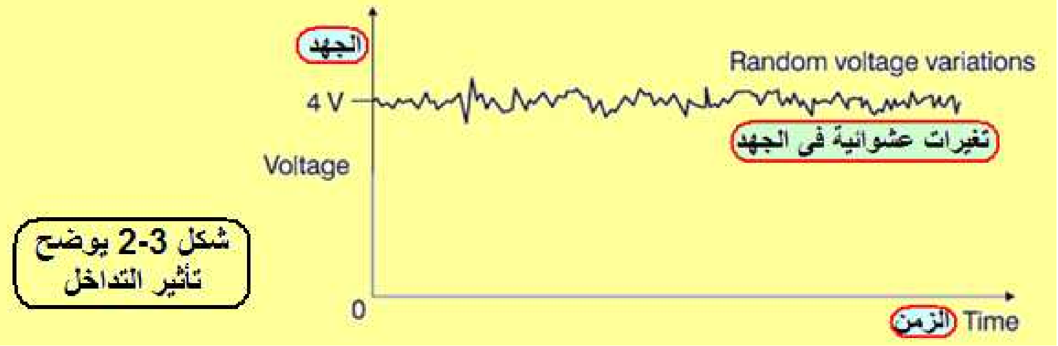
اذا ظل دخل المعالج الدقيق ثابتا عند جهد 4v مثلا فسوف يظهر كما فى الشكل ٣-١.



شكل 3-1 يوضح الجهد الثابت

اذا حاولنا فعل ذلك عمليا فان القياسات الدقيقة سوف توضح ان الجهد ليس ثابت القيمة ولكنه باستمرار متأرجح (شارد- تائه) فوق وتحت مستوى متوسط . تلك الذبذبات (التأرجحات الشاردة) العشوائية تسمى التداخل(الشوشرة- الضجيج) الكهربائى وهى تؤدى الى تدهور أداء كل الدوائر الإلكترونية. يمكننا اتخاذ خطوات للحد من الآثار المترتبة عليها لكن منعها نهائيا حتى الآن ، من المستحيل تماما.يمكننا ان نرى التاثير بفصل هوائى التليفزيون . التداخلات تسبب تلك النقط (البقع) العشوائية على الشاشة ةالتى نسميها ثلج snow . نفس

التأثير يسبب الهمس hiss (حفيف- هسهسة – صفير) المسموع من السماعات .الشكل٣-٢ يوضح تاثير التداخل .



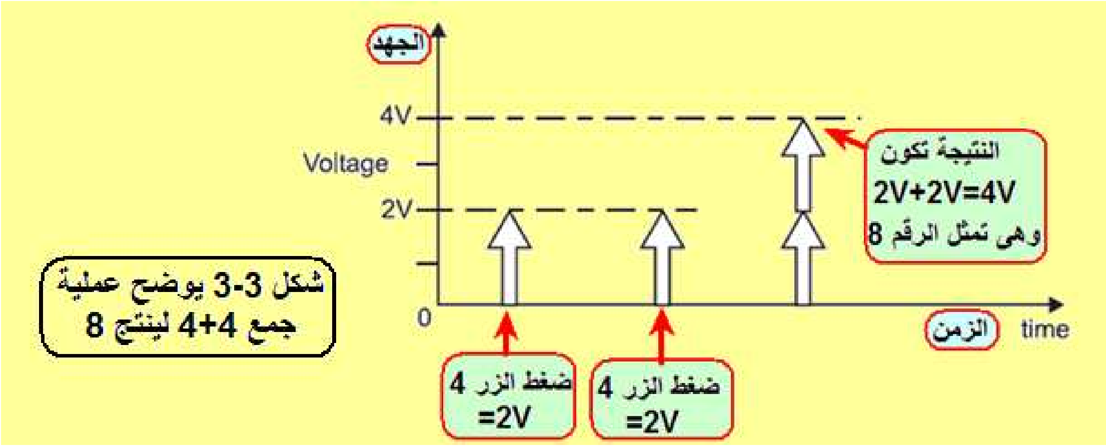
شكل 3-2 يوضح تأثير التداخل

معظم المعالجات الدقيقة تستخدم مصدر تغذية 5V او 3.3V . ولكن لجعل الحساب سهل سوف نفترض نظام ال 5V .

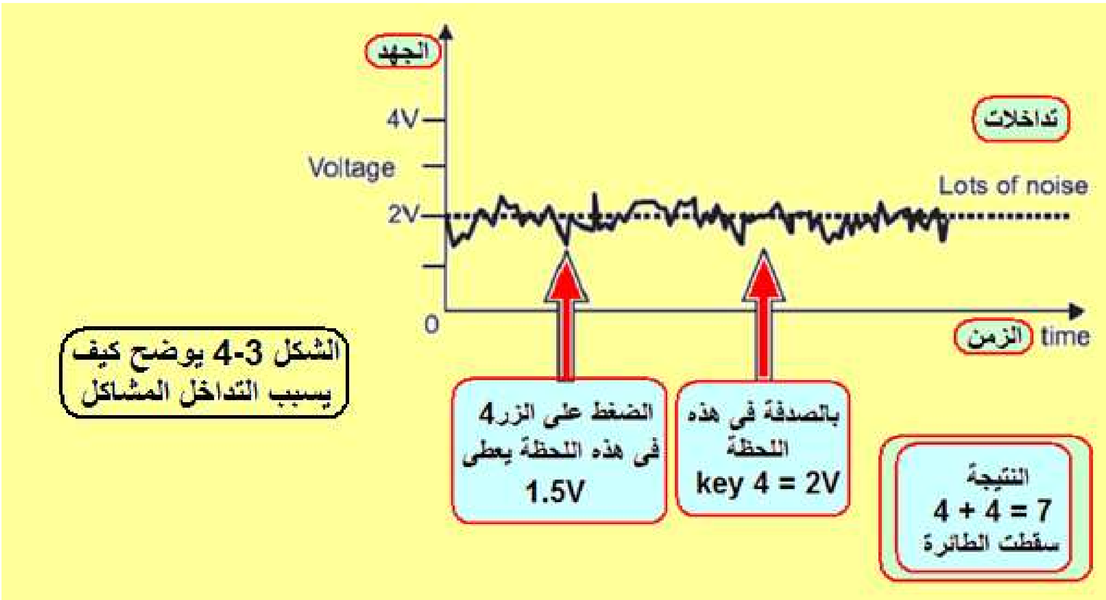
إذا أردنا من المعالج الدقيق العد من 0 الى 9 (كما نعد نحن) مستخدما الجهود المتاحة فى التغذية 5V سوف يكون لكل رقم digit مقدار 0.5V :

0 = 0V
1 = 0.5V
2 = 1V
3 = 1.5V
4 = 2V
5 = 2.5V
6 = 3V
7 = 3.5V
8 = 4V
9 = 4.5V

اذا طلبنا من المعالج الدقيق القيام بالمهمة (8 = 4 + 4) بالضغط على الزر 4 يولد 2v ويتم تذكرها وبالضغط على الزر + نخبره بالجمع والضغط على الزر 4 مرة اخرى يولد 2v اخرى . ويتم الجمع داخل المعالج الدقيق وينتج 4v .يقوم المعالج الدقيق باستخدام القائمة السابقة لتحويل الجهد الكلى الى النتيجة 8 كما هو مبين بالشكل ٣-٣ .



هذا يبدو جيدا ولكن مع اهمال تاثير التداخل .
الشكل ٣-٤ يبين ماالذى يمكن ان يحدث . الجهد الصحيح (المضبوط) الذى سوف يحفظه المعالج الدقيق يكون نوع من انواع الصدفة .فعند الضغطة الاولى على الزر 4 حدث ان كان الجهد 1.5 V ولكن عند الضغطة الثانية كنا سعداء الحظ وكان الجهد صحيح 2V .



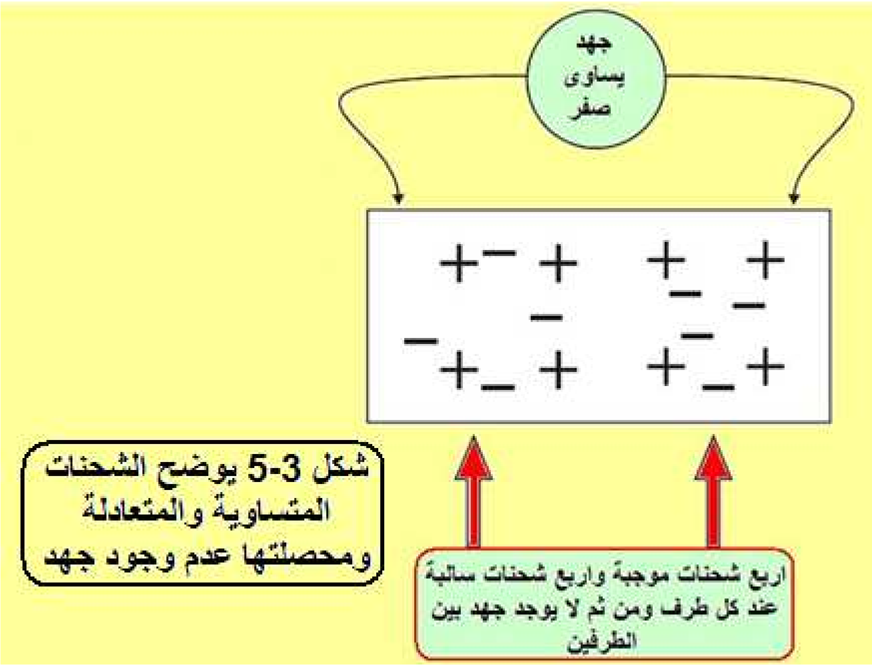
وفى داخل المعالج الدقيق :

$$1.5\ V + 2V = 3.5V$$

وباستخدام الجدول فان 3.5 V تحول الى الرقم 7 ومن ثم سوف يعطى المعالج الدقيق النتيجة $4 + 4 = 7$
وحيث ان التدلخل عشوائى فيمكن بالطبع ان نحصل على نتيجة نهائية اقل بكثير او اكبر بكثير او حتى صحيحة .

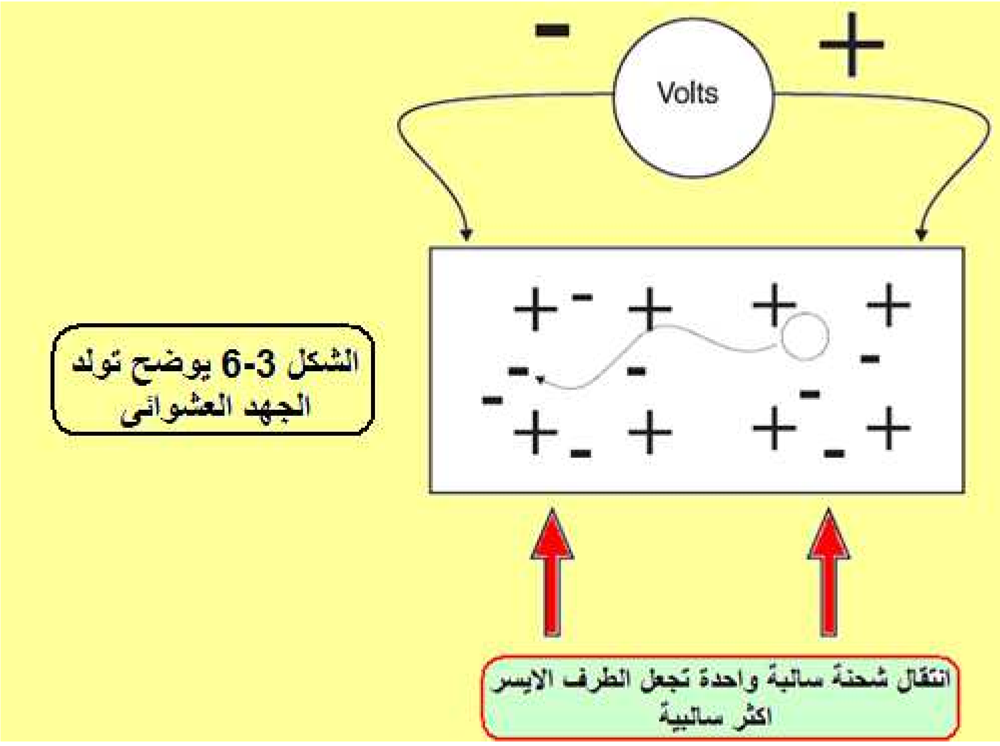
٣-٢-١ العلاج الكامل للتداخلات الكهربية

اسف مجرد حلم . لا يوجد علاج كامل . تلك الالكترونات والتى تشبه الجسيمات الصغيرة والمكونة للكهرباء تهتز (تتذب) بطريقة عشوائية وتتغذى بالطاقة الحرارية المحيطة بها .فى الاجسام الموصلة تكون الالكترونات حرة الحركة وتحمل شحنة سالبة .والشحنة السالبة الكلية تتوازن مع عدد ثابت ومتساوى من الجسيمات تسمى البروتونات وهى تحمل شحنة موجبة . كما فى الشكل ٣-٥ .

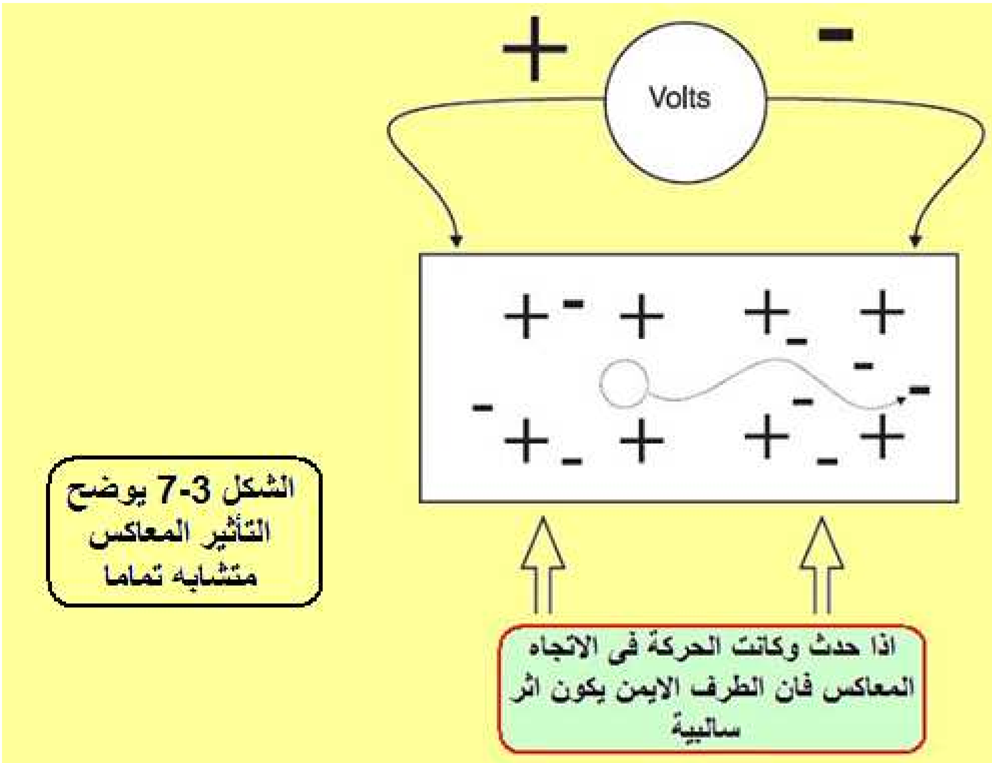


شكل 3-5 يوضح الشحنات المتساوية والمتعادلة ومحصلتها عدم وجود جهد

والتاثير الاجمالى لحركة (تنقل) الالكترون تشبه الاندفاع العشوائى الذى يحدث عندما يحتشد (يزدحم) عدد كبير من الناس انتظارا لدخول الاستاد لحضور مباراة كبيرة .
فاذا حدث فى لحظة ما ان الكترونات او شحنة سالبة اتجهت ناحية اليسار لقطعة من المادة فان هذه النهاية سوف تكون اكثر سالبية كما فى شكل ٣-٦. وفى لحظة بعد ذلك يحدث العكس وهذه النهاية تصبح اكثر ايجابية كما فى الشكل ٣-٧ .وهذه التاثيرات تنتج جهود صغيرة عشوائية فى الموصل كما شاهدنا .



Volts
الشكل 3-6 يوضح تولد الجهد العشوائى
انتقال شحنة سالبة واحدة تجعل الطرف الايسر اكثر سالبية



Volts
الشكل 3-7 يوضح التأثير المعاكس متشابه تماما
اذا حدث وكانت الحركة فى الاتجاه المعاكس فان الطرف الايمن يكون اثر سالبية

٣-٢-٢ التداخل (الضوضاء) الحرارى

كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما زاد تحرك(تنقل) الالكترونات وكلما ازداد ت الجهود العشوائية وتواجدت التداخلات (الضوضاء) الكهربية .

الحل :

حرارة مرتفعة = ضوضاء وتداخلات مرتفعة

لذلك :

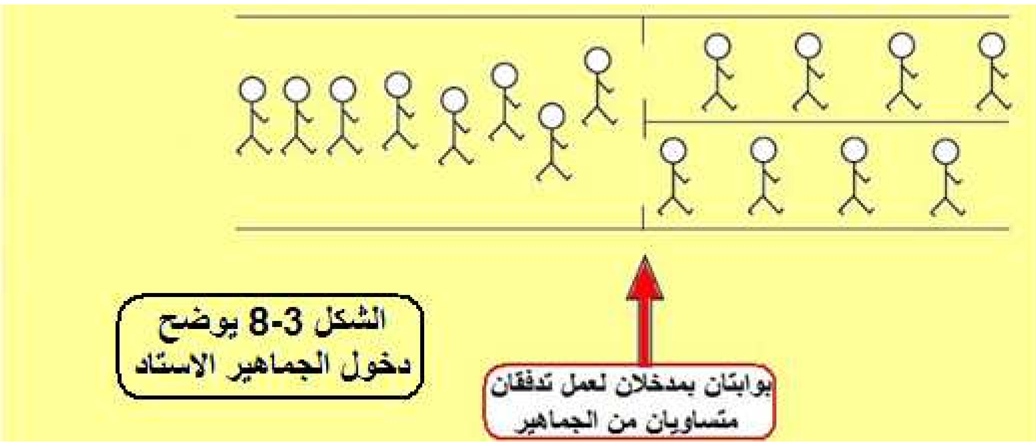
حرارة منخفضة = تداخلات منخفضة

الحل هو وضع النظام بالكامل فى بيئة باردة جدا بغمره فى نتروجين سائل (–٢٠٠°C) او اخذه الى الفضاء حيث درجة الحرارة فى الظل –٢٦٩°C .

الفضاء البارد خلق ظروف رائعة من التداخلات المنخفضة للدوائر فى الفضاء مثل تليسكوب هابل . اما على الارض فمعظم المعالجات الدقيقة تعمل فى درجة حرارة الغرفة . ومن غير الملائم ناهيك عن التكلفة احاطة جميع دوائر المعالج الدقيق بالنتروجين السائل. وحتى لو فعلنا ذلك ، هناك مشكلة أخرى تقف في طابور فى انتظار الحل .

٣-٢-٣ التداخل (الضوضاء) الناتج عن التقسيم Partition noise

دعنا نعود مرة اخرى الى المباراة الكبرى .واخيرا تم فتح بابان واندفعت الجماهير الى الابواب . الان قد نتوقع مرور عدد متساوى من الناس خلال المدخلين كما فى الشكل ٣-٨ ولكن فى الواقع هذا لن يحدث . احدهم قد يجد صعوبة فى العثور على تذكرته واخر يحاول العودة من البوابة ليصل الى قسم (مدرج) اخر من الاستاد . ويمكننا ان نتخيل تساوى تدفق تيارات الجماهير من البوابتين بانتظام لمدة ساعة وبعد ذلك ثانية وراء ثانية تحدث التغيرات (التقلبات) العشوائية.



الشكل 3-8 يوضح دخول الجماهير الاستاد

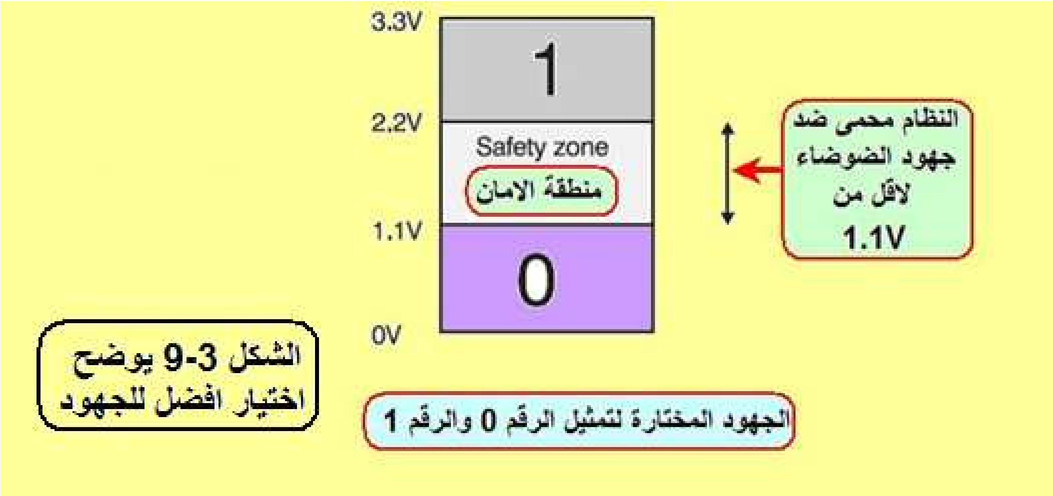
الالكترونات لم تفقد التذاكر ولكن التاثيرات العشوائية مثل درجة الحرارة والجهد والتفاعلات بين الالكترونات المتجاورة لها تاثير مماثل تماما .
تيار واحد مثلا ١ A يمكن تقسيمه الى تياران كل منهم ٠.٥ A عند قياسهما على المدى الطويل ولكن عند الفحص بعناية فان كل منهما يحتوى على ذبذبات عشوائية . هذا النوع من التداخلات الكهربية يسمى تداخلات التقسيم او تاثير التقسيم . واجمالى التاثير مشابه تماما للتداخلات الحرارية وفى النهاية تتسبب فى تداخلات عالية جدا ومن ثم نستبعد استخدام النظام ذو العشرة ارقام .

٣-٢-٤ ماهى كمية الضجيج (التداخل) التى يمكننا تحملها

نظام العشرة اصابع الذى نستخدمه يسمى نظام عشرى . لقد راينا ان التغذية من مصدر 5V يمكن ان تتسع لنظام العد بعشرة ارقام وكل رقم مفصول عن الذى يليه ب 0.5 V وباستخدام الاختيار الاكثر حداثة اى 3.3V فان الفاصل بين الارقام يكون فقط 0.33V .
سؤال : باستخدام التغذية 5V والنظام العشرى ما هو اعلا جهد تداخل يمكن السماح به ؟
الاجابة : الفاصل بين الارقام هو 5 V/10 = 0.5V
الرقم 6 على سبيل المثال قيمته 3V والرقم 7 قيمته 3.5V . اذا زاد جهد الضوضاء بحيث يؤدى الى زيادة الجهد 3V الى ما فوق 3.25V فانه من المرجح ان يقرا بالخطأ 7 . وم ثم فان اعلا مستوى ضوضاء مقبول يكون 0.25V هذا ليس مرتفعا جدا و الخطأ وارد . واذا استخدمنا مصدر التغذية 3.3V سوف يكون الموقف اسوأ .
اذا لماذا لا نرفع جهد التغذية الى مثلا 10V او 100V ؟ فكلما زاد جهد التغذية قلت مشكلة الضوضاء الكهربية . هذا حقيقى ولكن تاثير زيادة جهد التغذية يتطلب استخدام عزل اسمك وبالتالى زيادة الحجم الطبيعى للمعالج الدقيق وتقليل السرعة .

٣-٣ استخدام رقمين فقط

اذا خفضنا عدد الارقام فاننا نحصل على مدى اوسع من الجهد لكل قيمة وبالمثل غالبا ما يقل الخطأ الناتج عن التداخل .
اخترنا ان لا نستخدم سوى رقمين فقط هما 0 و 1 للحصول على اقصى درجات الدقة والوثوقية . وهناك مزيد من التحسن هو توفير منطقة الأمان بين كل جهد. بدلا من اخذ جهد التغذية 3.3 V وببساطة النصف السفلى لتمثيل الرقم 0 والنصف العلوى لتمثيل الرقم 1 نخصص فقط الثلث السفلى للرقم 0 والثلث العلوى للرقم 1 كما هو مبين بالشكل ٣-٩. هذا يعنى ان مستوى الضوضاء سوف يكون على الاقل 1.1 V وجعل مستوى الرقم 0 بعيدا عن مستوى الرقم 1 .



٣-٤ كيف نعد (نحسب) نحن ؟

نحن نعد بالنظام المعروف بالعشرى . نبدأ بال 0 ثم 1 ثم 2 حتى تنتهى الرموز(يسمى العامود او الخانة الاولى او خانة الاحاد) كما يلى

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

عند هذه النقطة (اكتملت دورة ارقامنا) نضع الرقم 1 على يسار الرقم(العامود او الخانة الثانية وتسمى خانة العشرات) لنكون عدد هكذا

10
11
12
13
14

وهكذا حتى 19(اكتملت دورتان) حيث نضع الرقم 2 فى اليسار ونبدا من جديد 20, 21, 22 وعندما نصل الى 99 نضيف الرقم 1 مرة اخرى فى اليسار وباقى الارقام اصفار (تصفير) لنبدأ من جديد لنحصل على 100 وبعد الوصول الى 999 يكون 1000 وهكذا .
العد بهذه الطريقة ليس سهلا . ارجع بالذاكرة لايام المدرسة لقد استغرق تعلمها اكثر من سنة . اذا فنحن نعد بطريقة اصعب من المعالج الدقيق الذى صنعناه .

٣-٥ اساس نظام الترقيم base:

اساس نظام الترقيم هو عدد الرموز المختلفة المستخدمة فيه . ففى النظام العشرى استخدمنا 10 رموز مختلفة هى 9...... , 1 , 0 وای اعداد اخرى مثل 657 28 ببساطة هو تشكيلة او توليفة من العشرة الرموز الاساسية .
وحيث ان النظام العشرى له عشرة ارقام يقال ان اساس النظام هو 10 . اى ان الاساس مجرد كلمة فنية تقنية تعبر عن عدد الارقام فى اى نظام عد .

٣-٦ العد باستخدام رقمين فقط :

يمكننا العد باستخدام اى اساس نرغب به . ففى النظام العشرى استخدمنا الاساس 10 ولكن راينا ان المعالجات الدقيقة تستخدم الاساس 2 اى مجرد رقمين 0 و 1 . يسمى هذا بالنظام الثنائى . وعادة نختصر الكلمات **Bi**nary digi**T** (رقم ثنائى) الى bit (بت او خانة) .
العد يتبع نفس نسق (نموذج) النظام العشرى بمعنى : نستهلك الارقام ثم نبدأ من جديد .
لنحاول : ابدا بوضع كل الارقام

0
1

ثم ضع 1 فى العمود التالى وابدأ من جديد

10
11

من الملائم فى هذه المرحلة ان نحافظ على (نثبت) عدد الاعمدة ولذلك نضيف اصفار فى بداية اول رقمين (اى على اليسار) وهذه الاصفار الزائدة لا تغير القيمة على الاطلاق .
على سبيل المثال الرقم العشرى 25 لا يتاثر اذا كتب 025 او 0025 او حتى
000 000 000 000 025

ويكون العدد الثنائى وما يكافئه من العشرى كما يلى

Binary	Decimal
00	0
01	1
10	2
11	3

نضع 1 فى العمود (الخانة) التالى ونكرر

Binary	Decimal
100	4
101	5
110	6
111	7

مرة اخرى

Binary	Decimal
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11

التباس (خلط) والعلاج

اليك هذا الرقم : 1000 . ما هذا الرقم ؟ هو الف بالعشرى وثمانية بالثنائى ؟ لا اعرف ولكن ممكن ان اخمن ولكن هناك فارق بين طيران طائرة بثمانية اقدام واخرى تطير بالف قدم هذا شىء خطير . الطريقة الوحيدة هى التحديد . يتم ذلك باظهار (بيان –كتابة) اساس نظام الترقيم حتى يكون الامر جلى . ويظهر اساس نظام الترقيم كرمز سفلى بعد العدد. فاذا كان 1000 هو عدد ثنائى يكتب هكذا 1000_2 واذا كان عشرى يكتب هكذا 1000_{10} .

٣-٧ التحويل من النظام العشرى الى النظام الثنائى :

وبطبيعة الحال ، إذا ما سألنا احد عن العدد الثنائى المكافىء للرقم تسعة يمكننا أن نبدأ من الصفر والعد حتى نصل الى تسعة اى نكتب المكافىء للصفر ثم المكافىء للواحد وكهذ الى تسعة . هذه طريقة مملة للقيام بذلك ، وأعداد أكبر مثل $1\ 000\ 000_{10}$ ستكون حقا شاقة للغاية. هناك طريقة أفضل. سوف يتم شرح الطريقة باستخدام تحويل العدد52_{10} (٥٢ عشرى) الى ثنائي كمثال على ذلك.

مثال عملى :

حول العدد 52_{10} الى ثنائى

الخطوة رقم 1 : اكتب العدد المراد تحويله

52

الخطوة رقم 2 : اقسم الرقم على 2 (لان 2 هو اساس النظام الثنائى) اكتب الجزء الصحيح من النتيجة اسفله والباقى سواء 0 او 1 بجانبه كما يلى

52	
26	0

الخطوة رقم ٣ : اقسم النتيجة (26) على 2 وسجل النتيجة والباقى كما سبق

52	
26	0
13	0

الخطوة رقم 4 : اقسم 13 على 2 ودون النتيجة 6 والباقى 1

52	
26	**0**
13	**0**
6	**1**

الخطوة رقم 5 : اقسم 6 على 2 الناتج 3 والباقى 0

52	
26	**0**
13	**0**
6	**1**
3	**0**

الخطوة رقم 6 : اقسم 3 على 2 الناتج 1 والباقى 1

52	
26	**0**
13	**0**
6	**1**
3	**0**
1	**1**

الخطوة رقم 7 : اخيرا اقسم 1 على 2 الناتج 0 والباقى 1

52	
26	**0**
13	**0**
6	**1**
3	**0**
1	**1**
0	**1**

الخطوة رقم 8 : لا نستطيع متابعة القسمة فالنتائج عدا ذلك ستكون كلها اصفار . الان ظهر العدد الثنائى فى عامود الباقى . لتحصل على النتيجة اقرأ عامود الباقى من القاع (اسفل) صعودا الى القمة (اعلا)

52		
26	0	$= 110100_2$
13	0	
6	1	
3	0	
1	1	
0	1	

ملخص الطريقة :

١- اقسم العدد العشرى على 2 واكتب الجزء الصحيح من النتيجة اسفله والباقى فى عمود مستقل الى اليمين .
٢- كرر العملية الى ان يصبح الناتج 0
٣- نحصل على العدد الثنائى بقراءة عامود الباقى من اسفل الى اعلا .

ملحوظة : بعض الالات الحاسبة بها امكانيات التحويل من عشرى الى ثنائى ولكنها قد تكون محدودة بعدد الارقام التى تظهر على الشاشة .

مثال اخر :

حول العدد 2187_{10} الى عدد ثنائى . حاول بنفسك ثم تابع الحل

2187		
1093	1	$= 100010001011_2$
546	1	
273	0	
136	1	
68	0	
34	0	
17	0	
8	1	
4	0	
2	0	
1	0	
0	1	

٣-٨ التحويل من النظام الثنائى الى النظام العشرى:

اذا نظرنا الى عدد عشرى مثل 8328 نجد ان به رقمين من 8 . هذان الرقمان يبدوان كما لو كانا متطابقان .ونحن نعرف انهما مختلفان فالرقم 8 على اقصى اليمين هو رقم 8 حقيقى ولكن الاخر فعليا هو 8000 لانه فى خانة الالوف .

القيمة الفعلية للرقم تعتمد على شيئين : الرقم المستخدم والعمود الذى يتواجد به .
فى النظام العشرى الاعمدة تبدأ من اليمين وتمثل الاحاد (الوحدة) ثم العشرات ثم المئات ثم الالوف وهكذا . وبدلا من استخدام هذه الكلمات يمكننا التعبير عنها بقوى (الاس) العدد عشرة . فالالف هى $10 X10X10 = 10^3$ وبنفس الطريقة المائة هى 10^2 والعشرة هى 10^1 والواحد 10^0.وببساطة فان كل عامود يزداد الاس الذى يوضع على اساس نظام الترقيم .

الاعمدة (الخانات) فى العالم الثنائى ايضا تستخدم قاعدة زيادة القوى كلما تحركنا (انتقلنا) من خلال الاعمدة تجاه اليسار .
ولذلك يكون لدينا

2^3 2^2 2^1 2^0

والرقم العشرى المناظر نحصل عليه بتكرار ضرب الاساس 2 فى نفسه (رفع الى الاس) .
لذلك فان 2^3 هى $2 X 2 X 2 = 8$ و $2^2 = 4$ و $2^1 = 2$ و اخيرا $2^0 = 1$.
مبتدا من الجهة اليمنى فان قيمة العمود هى 1 ثم 2 ثم 4 ثم 8 وهكذا . دعنا نستخدم ذلك لتحويل العدد الثنائى 1001 الى عدد عشرى .

الطريقة :

١- الخطوة رقم 1 : اكتب القيمة العشرية للاعمدة

8 4 2 1

٢- الخطوة رقم 2 : اكتب العدد الثنائى اسفلها بالترتيب

8	4	2	1
1	0	0	1

٣- الخطوة رقم 3 : احسب (قدر) قيم الاعمدة

8 X 1 = 8
4 X 0 = 0
2 X 0 = 0
1 X 1 = 1

٤- الخطوة رقم 4 اجمع القيم الناتجة

8 + 1 = 9

كما راينا كل الاعمدة التى تحتوى على الرقم الثنائى 0 يمكن اهمالها لان ناتجها بصفر ومن ثم فان الطريقة الاسرع هى جمع كل الاعمدة التى بها الرقم الثنائى 1 فقط .

<u>ملخص الطريقة :</u>

١- اكتب قيم الاعمدة للنظام الثنائى مستخدما عدد اعمدة يساوى عدد الارقام بالعدد .
٢- ضع العدد الثنائى بحيث يكون كل رقم فى العمود المناظر .
٣- اجمع قيم كل عمود يظهر به 1 بالعدد الثنائى .

<u>مثال اخر :</u>

حاول الحل ثم تابع الطريقة
حول العدد الثنائى 101100101_2 الى عدد عشرى

الخطوة 1: اكتب قيم الاعمدة مبتدا ب 1 من اقصى اليمين ثم فقط <u>ضاعف</u> العدد .

2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
256	128	64	32	16	8	4	2	1

الخطوة 2 : اكتب العدد الثنائى فى العمود المناظر

256	128	64	32	16	8	4	2	1
1	0	1	1	0	0	1	0	1

الخطوة 3 : اجمع كل قيم الاعمدة التى تحتوى على الرقم 1

256 + 64 + 32 + 4 + 1 = 357

والنتيجة تكون

$$101100101_2 = 357_{10}$$

او فقط 357 كالمتعارف عليه للاساس عشرة

<u>٣-٩ البت Bit والبايت byte واشياء اخرى</u>

كل المعلومات سواء الداخلة الى او الخارجة من المعالج الدقيق تكون على شكل اشارات ثنائية حيث يتحول الجهد بين مستويين 0 و 1 وكل منهما تسمى بت bit . تمر البتات Bits خلال المعالج الدقيق بسرعة عالية جدا وبكمية ارقام هائلة ومن ثم فان من الاسهل تجميها مع بعضها .

<u>النبل Nibble</u>
هو مجموعة مكونة من اربع بتات تعامل ككتلة (وحدة) واحدة وهى نصف البايت byte.

الbayت Byte

هو ببساطة مجموعة من 8 بتات اما ان تكون 1 او 0 اومهما كان الغرض منها هذا لايهم .

الكلمة Word

يمكن تجميع عدد من البتات فيما يعرف بالكلمة . وهى ليست مثل البايت فليس لها عدد ثابت من البتات . طول الكلمة او عدد البتات فى الكلمة يعتمد على المعالج الدقيق المستخدم .
اذا كان المعالج الدقيق يقبل (يسمح) البيانات الثنائية فى مجموعات من 32 بت فى نفس الوقت عندئذ فان الكلمة فى هذه الحالة تحتوى على 32بت . واذا كان معالج دقيق اخر يستخدم بيانات اقل فى المقدار مثلا 16بت فى كل مرة فان قيمة الكلمة فى هذه الحالة هى 16 بت والقيم الاكثر انتشارا هى 8 و 16 و 32 و 64 بت لكل كلمة .

الكلمة الطويلة

فى بعض المعالجات الدقيقة التى تستخدم الكلمة ذو 16 بت مثلا فان الكلمة الطويلة لها تعنى مجموعة من ضعف الطول العادى ففى هذه الحالة تكون 32 بت .

الكيلو بايت Kilobyte (Kb or KB or kbyte)

الكيلو بايت هو 1024 او 2^{10} بايت .

الميجابايت Megabyte (MB or Mb)

هو كيلو كيلو بايت اى 1024 X1024 بايت وعدديا هى 2^{20} او 576 048 1 بايت

الجيجا بايت Gigabyte (Gb)

هو 1024 ميجا بايت اى 2^{30} او 824 741 073 1 بايت .

تيرا بايت Terabyte (TB or Tb)

هو ميجا ميجا او 2^{40} بايت .

البيتا بايت Petabyte (PB or Pb)

هو عدد 1024مرات من التيترا اى 2^{40}.

٣-١٠ النظام السداسى عشر

٣-١٠-١ النظام السداسى عشر هو طريقة تواصلنا (تفاهمنا) مع مجموعة الميكرو

المشكلة (المعضلة) الوحيدة للنظام الثنائى

المشكلة الوحيدة مع النظام الثنائى عى اننا نجده صعب جدا وبالتالى نقع فى كثير من الاخطاء. ولا يوجد اى مغزى (معنى) فى تصميم معالج دقيق للتعامل مع الارقام الثنائية بسرعة عالية وبدقة 100% اذا كنا سوف نحمله (نعبأه – نحشوه) بالاخطاء بوضع الارقام ثم قرأة النتائج .

فمن وجة نظرنا فان النظام الثنائى به عيبان (عائقان) : الارقام طويلة جدا والثانى انها مملة للغاية . فاذا كان لدينا سيل (تيار) يتبعه سيل اخر من الاحاد والاصفار سنشعر بالملل ونفقد مكان توقفنا ونكرر اجزاء مرتين ونسهو عن بتات bits .
فسرعة الضوء بالمتر كل ثانية بالعشرى هى 299792459_{10} وبالثنائى $10001110111100111100001001011_2$.حاول كتابة هذه الاعداد فى ورقة وبالطبع فان العدد العشرى اسهل فى التعامل .بالمناسبة (عرضيا) هذا الرقم الثنائى اقل من نصف الطول الذى يتعامل به المعالج الدقيق الحديث بملايين المرات وبدقة عالية.
وعلى الرغم من ان العشرى اسهل الا اننا سوف نقسمه الى مجموعات ونكتبه او نقرأه بالشكل التالى 459 792 299 . بهذه الطريقة فنحن نتعامل مع اجزاء صغيرة كل منها مكون من الارقام العشرة .
يمكننا ان نمارس نفس الحيلة (البراعة) مع الثنائى ونقسم العدد الى مجموعات من اربعة بتات مبتدئين من الجهة اليمنى كما نفعل مع العشرى .

1 0001 1101 1110 0111 1000 0100 1011

حسنا تبدو سهلة الهضم (الفهم)
الان اذا اخذنا مجموعة من اربعة بتات فان اصغر قيمة ممكنة هى 0000_2 واعلا قيمة هى 1111_2.واذا ما حولنا هذه الاعداد الى عشرى نحصل على المدى من 0 الى 15 .

٣-١٠-٢النظام السداسى عشر (هكسا) Hexadecimal, or ‘hex’

العد من 0 الى 15 يعنى ١٦ رقما مختلفا ولذلك فالاساس base يكون 16 . كيف يكون شكل الارقام حقيقة هذا لايهم . وعلى الرغم من ذلك يجب ان نجعلها سهلة قدر الامكان .
اول عشرة ارقام سهلة فهى كالعشرى 0123456789 . والستة الباقية قررنا استخدام اول ستة حروف ابجدية ABCDEF وتكون النتيجة كما يلى :

Hex	Decimal (Denary)
0	0
1	1
2	2
3	3

4	**4**
5	**5**
6	**6**
7	**7**
8	**8**
9	**9**
A	**10**
B	**11**
C	**12**
D	**13**
E	**14**
F	**15**

وعندما تنتهى الارقام فقط نضع 1 فى العمود التالى ونبدا العمود الاول بصفر (تصفير reset)كما تعودنا ونحصل على :

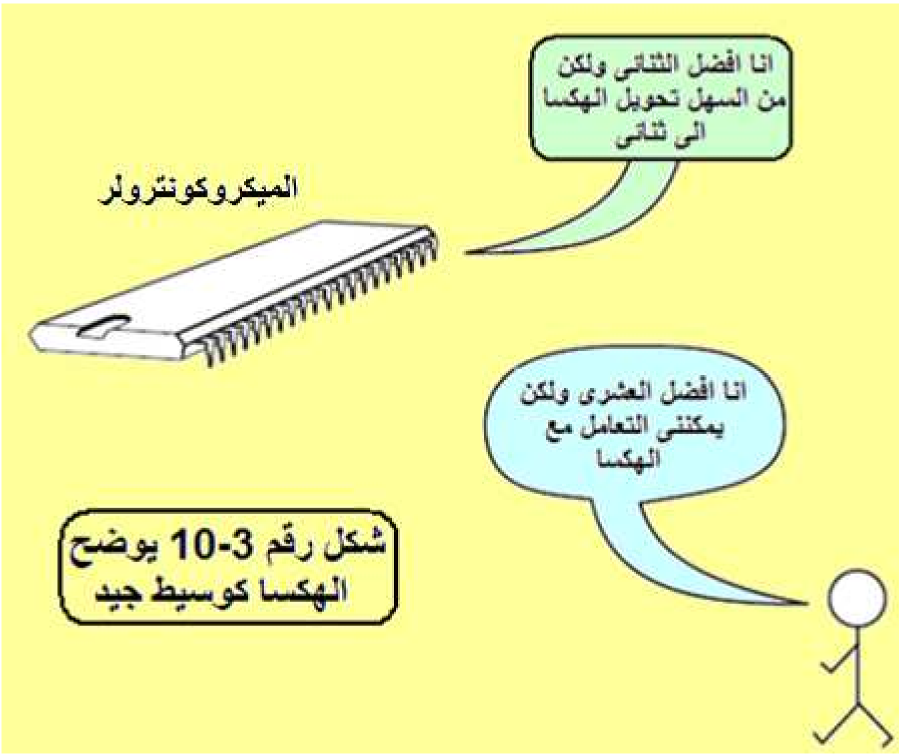
Hex	**Decimal (Denary)**
10	**16**
11	**17**
12	**18**
13	**19**
14	**20**
15	**21**
16	**22**
17	**23**
18	**24**
19	**25**
1A	**26**
1B	**27**
1C	**28**
1D	**29**
1E	**30**
1F	**31**
20	**32**

وهكذا ......
سوف تأخذ منك لحظة او اثنين حتى تستوعب فكرة احتواء الاعداد على حروف ولكنها ستمر وتتعود على ذلك . يجب الا ننسى ان نضع الاساس base عند الضرورة لتجنب الالتباس .
الاساس عادة يكتب على شكل حرفH (ممكن h او 16)

ملحوظة :
(واحد ثمانية) بالهكسا تساوى اربعة وعشرين بالعشرى . لاحظ قرأة العدد الهكسا لم اقل ثمانية عشر لان الثمانية عشر هى عشرى ولا وجود لها بالهكسا وان قرأت بهذه الطريقة سوف تقوى فى ذهنك حقيقة انها ليست عشرية وتقوى مفهوم الهكسا .

٣-١٠-٣ مزايا الهكسا :

١- موجز (مختصر) جدا . استخدام الاساس 16 يعنى ان عدد الارقام المستخدمة فى تمثيل اى عدد عادة اقل منها فى الثنائى او العشرى .
٢- من السهل التحويل بين الهكسا والثنائى ومن السهل الى حد ما التحويل بين الهكسا والعشرى . تذكر ان المعالج الدقيق يعمل فقط بالثنائى وجميع التحويلات بين الهكسا والثنائى تحدث خارجه بدوائر اخرى . شكل رقم ٣-١٠ .



شكل رقم 3-10 يوضح الهكسا كوسيط جيد

٣-١٠-٤ التحويل من عشرى الى هكسا

العملية تأخذ نفس نموذج التحويل من عشرى الى ثنائى .
الطريقة :
١- اكتب العدد العشرى .
٢- اقسم العدد على 16 وضع الناتج الصحيح تحت الرقم والباقى فى عمود بالجانب الايمن .
٣- استمر حتى تصل الى النتيجة : صفر
٤- اقرأ الاجابة من القاع الى القمة لعمود الباقى .
لاتنسى التذكير بان العدد هكسا

مثال تطبيقى :
حول العدد 823 23 الى هكسا
١- كتابة العدد

23 823

٢- اقسمه على 16 . سوف تحتاج الى الة حاسبة . الاجابة 1488.9375 نضع الصحيح 1488تحت العدد المراد تحويله وتظل مشكلة الكسر العشرى 0.9375. وهو بالطبع جزء قيمته 0.9375 من العدد 16 . اذا نضرب 0.9375 فى 16 ينتج 15 . تذكر انه يجب كتابة 15 بالهكسا اى F . عندما ننهى هذه الخطوة يكون لدينا :

23 823	
1488	F

٣- كرر العملية بقسمة 1488 على 16 ويكون الناتج 93.0 والباقى 0 ويكون لدينا :

23 823	
1488	F
93	0

٤- كرر مرة ثانية بقسمة 93 على 16 الناتج 5.8125 نضع 5 تحت 93 ونضرب 0.8125 فى 16 الناتج 13 اى D بالهكسا ويكون لدينا :

23 823	
1488	F
93	0
5	D

٥- وال 5 سهلة بقسمتها على 16 الناتج 0.3125 وصلنا الى الناتج صفر والباقى 16 X 0.3125 يكون الناتج 5 ضعه فى عامود الباقى ويكون لدينا :

23 823		
1488	F	→ =5D0F
93	0	
5	D	
0	5	

- يقرأ العدد الهكسا من اسفل الى اعلا $5D0F_H$

مثال آخر :

حول العدد $44\ 256_{10}$ الى هكسا

44 256	
2766	**0**
172	**E**
10	**C**
0	**A**

$$44\ 256_{10} = ACE0_H$$

مثال اخر :

حول العدد $540\ 709_{10}$ الى هكسا

540 709	
33 794	**5**
2112	**2**
132	**0**
8	**4**
0	**8**

$$540\ 709_{10} = 84025_H$$

<u>٣-١٠-٥ التحويل من هكسا الى عشرى :</u>

نستخدم نفس الطريقة المتبعة فى التحويل من ثنائى الى عشرى

مثال :

حول العدد $A40E5_H$ الى عشرى

١- كل عامود يزداد عن الذى قبله ب 16 ضعف كلما اتجهنا جهة اليسار ومن ثم قيم الاعمدة تكون

$16^4 \quad 16^3 \quad 16^2 \quad 16^1 \quad 16^0$

اى

6553 4096 256 16 1

٢- اكتب الرقم الهكسا فى الاعمدة المناظرة

6553 4096 256 16 1

A	4	0	E	5

٣- استخدم الالة الحاسبة لايجاد قيمة كل عمود

6553	4096	256	16	1
A	4	0	E	5
655360	16384	0	224	5

مثال العمود الاول : الرقم A يعادل 10 فتكون القيمة هى 655360 = 10 X 65536 وهكذا .

٤- اجمع كل القيم العشرية وينتج

$$655\,360 + 16\,384 + 0 + 224 + 5 = 671\,973_{10}$$

مثال اخر :

حول العدد الهكسا الى عشرى 4BF0H

قيم الاعمدة كاساس

16^3	16^2	16^1	16^0

قيم الاعمدة بالعشرى

4096	256	16	1

اكتب الهكسا

4	11	15	0

اضرب لتحصل على قيمة كل عامود

16 384	2816	240	0

اجمع جميع القيم لتحصل على النتيجة المطلوبة :

$$\text{Total} = 16\,384 + 2816 + 240 + 0 = 19\,440_{10}$$

<u>٣-١٠-٦ التحويل من ثنائى الى هكسا :</u>

هذا فى منتهى السهولة . المجموعة المكونة من اربعة بتات ثنائية لها قيمة صغرى 0000_2 وقيمة قصوى 1111_2 بتحويلها الى عشرى تقابل القيم 0 الى 15 وهذا يعنى ان اى مجموعة من اربعة بتات ثنائية يمكن ان تترجم مباشرة الى رقم هكسا واحد . فقط ضع 1 , 2 ,4 ,8 فوق مجموعة البتات واجمع القيم حيث يظهر 1 فى المجموعة التنائية .

مثال :
حول العدد 100000010101011_2 الى هكسا :

الخطوة الاولى : نقسم (نقطع) العدد الى مجموعات كل مجموعة مكونة من اربعة بتات مبتدئين من الجهة اليمنى نحصل على

100/ 0000/ 1010/ 1011/

الخطوة الثانية : عامل كل مجموعة من البتات الاربعة ككيان مستقل . المجموعة فى اقصى اليمين 1011 وتحول كما يلى :

رؤوس الاعمدة

8 4 2 1

القيم الثنائية

1 0 1 1

قيم الاعمدة

8 0 2 1

اجمع ينتج :

$8 + 0 + 2 + 1 = 11_{10}$ او B بالهكسا اى ان اول مجموعة جهة اليمين تستبدل بالهكسا B

كرر نفس الاعمال لكل مجموعة نحصل على :

$100000010101011_2 = 40AB_H$

لا تنسى ان التقسيم يبدا من الجهة اليمنى(اخر مجموعة نستخدم لها رؤوس الاعمدة 1 و 2 و 4 فقط) .

مثال آخر :
حول العدد 1100011111001_2 الى هكسا

قسم الى مجاميع مبتدا من الجهة اليمنى

1/ 1000/ 1111/ 1001/

اضف رؤوس الاعمدة لكل مجموعة على حدة

1	**8421**	**8421**	**8421**

اكتب العدد الثنائى

1/	**1000/**	**1111/**	**1001**

احسب قيم الاعمدة

1	**8**	**8421**	**81**

قيمة كل عمود بالعشرى

1	**8**	**15**	**9**

حول كل مجموعة الى رقم هكسا واحصل على النتيجة التالية :

$1100011111001_2 = 18F9_H$

٣-١٠-٧ التحويل من هكسا الى ثنائى :

هى عملية عكسية لما تم فى العملية السابقة . ببساطة خذ كل رقم هكسا وعبر عنه كعدد ثنائى باربعة بتات .
كما راينا فى الجزء السابق فان العدد ذو الاربعة بتات له رؤوس اعمدة بقيم هى 8, 4, 2 , 1 لهذا فالتحويل يتم بمجرد استخدام هذه القيم لبناء القيمة المطلوبة . جميع الاعمدة المستخدمة تعطى القيمة الثنائية 1 والغير مستخدمة تعطى القيمة 0 .

عندما تقوم بتحويل رقم صغير مثل 3_H يجب ان تتذكر اضافة اصفار الى اليسار للتاكد من ان كل رقم هكسا اصبح مجموعة من اربعة بتات .
تخيل اننا اردنا تحويل الرقم 5_H الى ثنائى . انظر (افحص-ابحث فى) الى قيم رؤوس الاعمدة 8, 4, 2 , 1 كيف نشكل القيمة 5 ؟ الاجابة هى 4 و 1 ناخد كل عامود بدوره : لن نحتاج الى العامود الذى قيمته 8 لذلك العامود الاول 0 . نحتاج الى القيمة 4 وهى بالعامود الثانى اذا العمود الثانى 1 . لانحتاج الى 2 اذا العامود الثالث 0 واخيرا نحتاج الى 1 اذا العمود الرابع 1 . وتحول 5_H الى 0101_2 . جميع القيم بين 0 و F تحول بنفس الطريقة .

مثال آخر :
حول العدد $2F6C_H$ الى ثنائى

الخطوة الاولى : اكتب كل العدد الهكسا مع ترك مسافات كافية لتتمكن من وضع الارقام الثنائية اسفله .

2	**F**	**6**	**C**

الخطوة الثانية : ضع قيم رؤوس الاعمدة تحت كل رقم هكسا

2	**F**	**6**	**C**
8421	**8421**	**8421**	**8421**

الخطوة الثالثة : الهكسا C هى 12_{10} ويمكن التعبير عنها بالصيغة 4 + 8 لذلك نضع الرقم الثنائى 1 فى اعمدة ال 4 و 8 والباقى اصفار ونحصل على 1100_2

الخطوة الرابعة : كرر العمل بالنسبة للعامود الثانى وهو الهكسا 6 نعبر عنه بالصيغة 2 + 4 والنتيجة 0110_2

الخطوة الخامسة : الهكسا F نعبر عنه بالصيغة 15 = 1 + 2 + 4 + 8 والنتيجة تكون 1111_2

الخطوة السادسة : الهكسا 2 وهو مناظر مباشرة للعمود الثانى فتكون النتيجة 0010_2
والنتيجة النهائية تكون

$$2F6C_H = 0010111101101100_2$$

السؤال هل نضع الصفران على اليسار ام لا ؟ هناك اجابتان واحدة بنعم والاخرى بلا كيف ذلك . تعتمد على ماذا نفعل ؟
اذا كان التحويل بغرض التعامل مع نظام المعالج الدقيق فان الستة عشر بت تمثل ستة عشرة جهدا تحمل فى ستة عشرة سلكا وبالتالى يجب ان تكون كلها موجودة عندها الاجابة بنعم . اما اذا كان التحويل مجرد عملية رياضية فلا معنى لوضعها .

مثال آخر :
حول العدد $1E08B_H$ الى ثنائى

باختصار
الخطوة الاولى :

1	**E**	**0**	**8**	**B**
8421	**8421**	**8421**	**8421**	**8421**

الخطوة الثانية :

0001 1110 0000 1000 1011

وتكون النتيجة

$1E08B_H = 0001111000001000 1011_2$

ملحوظة : التحويل من الثنائى الى هكسا ومن هكسا الى ثنائى سهل الى حد ما . لانه من السهولة ان نضرب اونقسمم على 2 عن ال 16 فعند التحويل من هكسا الى عشرى ومن عشرى الى هكسا يمكن التحويل اولا الى ثنائى . هو طريق اطول ولكن على الاقل يمكن عمله بدون الالة الحاسبة .

٣-١١كيف تقوم مجموعة الميكرو بالعد

٣-١١-١ كيف تتعامل المعالجات الدقيقة مع الاعداد والحروف

رأينا كيف يتم تمثيل الاعداد فى الشكل الثنائى و السداسى عشر . وسواء اكنا نفكر فى الاعداد كهكسا او ثنائى او بالتاكيد عشرى فان داخل المعالج الدقيق يوجد فقط الثنائى .

وكل فكرة (مفهوم) الهكسا هو جعل الحياة اسهل بالنسبة لنا نحن .

قد يمكننا الجلوس امام لوحة المفاتيح وندخل الاعداد بالهكسا (او بالعشرى) واول وظيفة لاى نظام يبنى على اساس المعالج الدقيق هى تحويله الى ثنائى .

جميع العمليات الرياضية تتم بالثنائى واخر وظائفه هى تحويله الى الهكسا (او العشرى) لمجرد ان يجعلنا نبتسم .

لقد كان هناك زمن كنا مجبرين على ادخال الثنائى ونحصل على صف ثنائى من الاجابات ولكن الحمد لله انقضى هذا الزمن .

شكل الاعداد الثنائية داخل المعالج الدقيق تعتمد على تصميم النظام وعمل مبرمجو البرامج software .

سوف نلقى نظرة على بعض الاسس مبتدئين بالاعداد السالبة .

فى الحاة الفعلية هذا سهل مجرد وضع الرمز (-) امام العدد اصبح سالبا فالرقم 4+ يصبح 4- . سهل ولكن ليس لدينا اى طريقة لوضع العلامة السالبة داخل المعالج الدقيق . سوف نحاول بعدة طرق حل المشكلة .

٣-١١-٢ التعامل مع الاعداد السالبة :

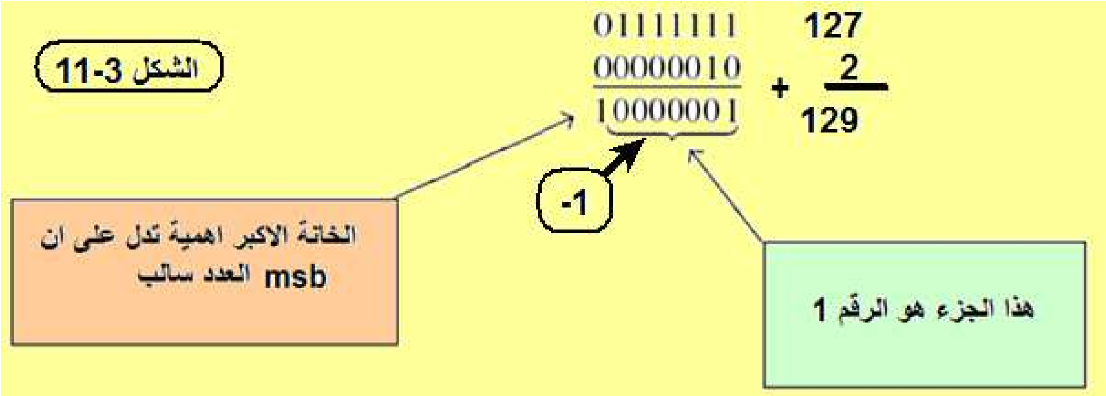
المحاولة الاولى تبدو سهلة ولكن كانت زائفة . كل ما علينا عمله هو استخدام اول بت من اليسار وتسمى الخانة (او البت) الاقصى (او الاكبر) اهمية (او قيمة) (msb) فى العدد لبيان الاشارة ف 1 = سالب و 0 = موجب .

وبها عيبان :

١- تستخدم (تستغل) احد البتات لذلك فالكلمة ذو الثمانى بتات الان تحتفظ فقط بسبعة بتات لتمثيل العدد وبت لبيان السالب او الموجب .

السبعة بتات يمكن ان نعد بها حتى $1111111_2 = 127$ بينما العد ب 8 بتات يعطى255 .

٢- اذا جمعنا عددان ثنائيان مثل 127+ و 2+ نحصل على الشكل ٣-١١ وفيه :
البت (الخانة) الاقصى (الاكبر) اهمية (قيمة) msb بقيمة 1 تعنى ان العدد سالب والعدد الفعلى هو 1 = 0000001 . ومن ثم فان النتيجة النهائية تكون 2 + 127+ ليس 129 ولكن سالب 1.



الشكل 11-3

عندما نستخدم معالج دقيق يتعامل رياضيا بهذه المشاكل يجب ان نضمن ان المعالج الدقيق يستطيع التعرف على هذا النوع من الاعداد السالبة العرضية . يمكن ان نجرى الترتيبات الازمة للمعالج الدقيق لتعويض النقص ولكن سوف تكون الى حد ما اكثر تعقيدا وبطأ .
لحسن الحظ جاء نظام افضل واجتاز (صمد) للاختبارمع الزمن واستخدم لسنوات عديدة .

٣-١١-٣ الاعداد المكملة (المتتامة)

لها اهميتان جليلتان :
١- سمحت باستخدام كل عدد البتات لذلك الكلمة 8-bit يمكن بها العد من 0 حتى 11111111_2 او 255 .
٢- اصبح من السهل تنفيذ الجمع والطرح باستخدام نفس الدوائر .

اذا كيف نستخدم كل الخانات فى العدد وفى نفس الوقت نكون قادرين على التمييز بين العدد الموجب والسالب .

هذا ذكاء . سوف نبدأ بالتطلع الى الاعداد الموجبة اولا لانها سهلة

٣-١١-٣-١ الجمع (الاضافة) Addition

مثال :
اجمع 00011011 + 01011010

الخطوات مثل المتبعة فى الرياضة العادية العشرية
الخطوة 1: ضع الاعداد مبتدا من الخانة الاقل (الادنى) اهمية (قيمة) lsb وهى اول خانة جهة اليمين كما يلى :

```
 0 1 0 1 1 0 1 0 +
 0 0 0 1 1 0 1 1
```

اجمع العامود الايمن الاول ليعطى 1 = 1 + 0 ونحصل على

```
 0 1 0 1 1 0 1 0 +
 0 0 0 1 1 0 1 1
 ---------------
               1
```

<u>الخطوة 2 :</u> اجمع العمود الثانى وبه 1 و 1 والناتج 2 او 10 بالثنائى . ضع ال 0 فى مكان الاجابة ورحل (واحمل معك لذلك يسمى carry) ال 1 متابعا الى الامام الى العامود التالى

```
 0 1 0 1 1 0 1 0 +
 0 0 0 1 1 0 1 1
 ---------------
             0 1
 ---------------
           1
```

carry المرحل

<u>الخطوة 3 :</u> العامود التالى سهل 1 = 1 + 0 + 0

```
 0 1 0 1 1 0 1 0 +
 0 0 0 1 1 0 1 1
 ---------------
           1 0 1
 ---------------
           1
```

<u>الخطوة 4 :</u> مثل العامود الثانى 10 = 1 + 1

```
 0 1 0 1 1 0 1 0 +
 0 0 0 1 1 0 1 1
 ---------------
         0 1 0 1
 ---------------
         1   1
```

<u>الخطوة 5 :</u> لدينا واحد فى كل صف وواحد محمول (مرحل) 3 = 1 + 1 + 1 اى 11 بالثنائى وتكون النتيجة 1 ومحمول 1 الى العامود الذى يليه .

```
 0 1 0 1 1 0 1 0 +
 0 0 0 1 1 0 1 1
 ---------------
       1 0 1 0 1
 ---------------
     1 1   1
```

الخطوة 6 : العمود التالى 1 = 1 + 0 + 0 والذى يليه 1 = 0 + 1والخانة الاخيرة او الخانة ذو الاهمية القصوى msb تكون 0 = 0 + 0 ونحصل على

$$\begin{array}{cccccccc} 0&1&0&1&1&0&1&0\ + \\ 0&0&0&1&1&0&1&1 \\ \hline 0&1&1&1&0&1&0&1 \\ \hline &&1&1&&1&& \end{array} \quad \boxed{90 + 27 = 117}$$

٣-١١-٣-٢ الطرح :

نبدأهنا بسؤال للتفكير : ما هو العدد الذى اذا اضيف الى العدد 55 لكان الناتج 27 ؟ بصيغة رياضية يمكن كتابة ذلك بالطريق الاتية $50 + x = 27$
اذا ما العدد الذى يمثله x ؟ بالتأكيد اضافة اى شىء للعدد 55 يجب ان يجعل العدد اكبر الا اذا كان العدد سالب مثل 23– : $50 + (-23) = 27$

والشىء المدهش (المذهل) هو ان هناك عدد له نفس التأثير كعدد سالب على الرغم من عدم وجود اشارة السالب امامه . يسمى العدد (مكمل او متتم الاثنين 2)
‘two’s complement’

الان تصبح العملية عملية جمع :

50 + (مكمل الاثنين للعدد 23) = 27

هذا العدد سحرى (المكمل للعدد 2) وايجاده سهل جدا .

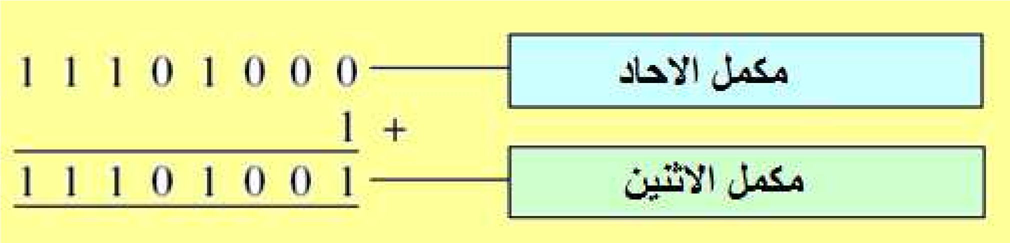
٣-١١-٣-٣ كيفية ايجاد مكمل الاثنين لاى عدد ثنائى :

فقط : اعكس كل بت ثم اضف 1 الى الاجابة .

فكل ما علينا فعله هو اخذ الرقم المطلوب طرحه (فى شكل ثنائى) وعكس كل بت اى كل 1 تصبح 0 وكل 0 تصبح 1 ثم نضيف 1 الى الناتج .

ملحوظه : فنيا (تقنيا) ناتج هذا العكس يسمى (مكمل الاحاد‘one’s complement’) للعدد 23 .

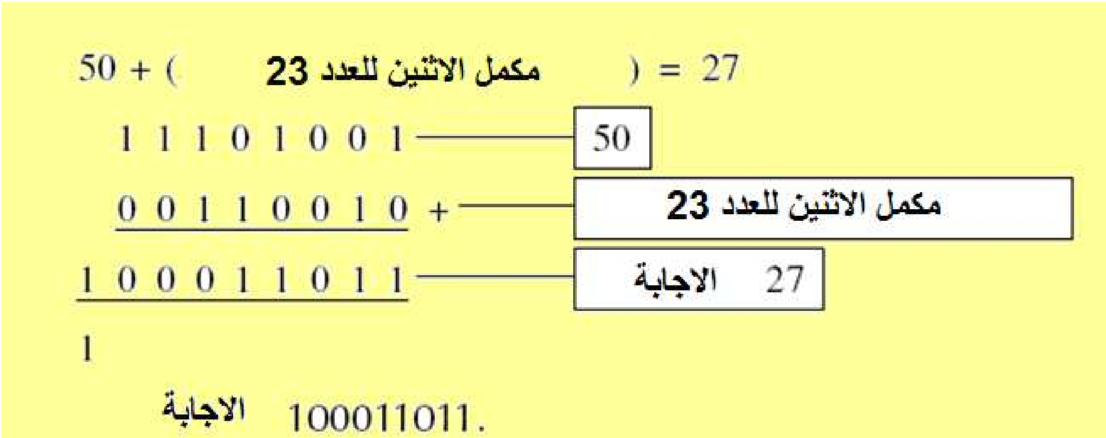
حول العدد 23 الى ثنائى تكون النتيجة 00010111_2 (باستحدام 8 بت). اعكس كل بت لتحصل على 11101000_2 اضف 1. العدد الناتج يعرف باسم (مكمل الاثنين) للعدد 23 .



فى هذا المثال استخدمنا العدد ذو 8 بت ولكن نفس الشىء للعدد ذو 16 بت او العدد ذو 32 بت او حتى 64 بت .

<u>اجراء الجمع :</u>

الان وببساطة نجمع (نضيف) العدد 50 و ومكمل الاثنين للعدد 23 لنحصل على



الناتج 100011011

عد البتات . هناك تسعة ! اجبرنا على ان يكون معنا حمل (مرحل) ونتج عنه العامود التاسع . داخل المعالج الدقيق لا يوجد مكان (فراغ) الا لثمانى خانات فقط وبالتالى لا يستخدم الخانة التاسعة . واذا سألنا المعالج الدقيق عن ناتج هذا الجمع سوف يجيب فقط بثمانى بتات 00011011_2 وهى تقابل 27 عشرى .

اذا فعلناها لقد حصلنا على الاجابة الصحيحة .

كان لا بد من الكفاح لذلك دعنا نلخص ما قمنا به :

١- حول العددين الى ثنائى .
٢- اوجد مكمل الاثنين للعدد المطلوب (اعكس واضف 1) .
٣- اجمع العددين .
٤- احذف الخانة ذو الاهمية القصوى (جهة اليسار) من النتيجة

بعض الملاحظات :

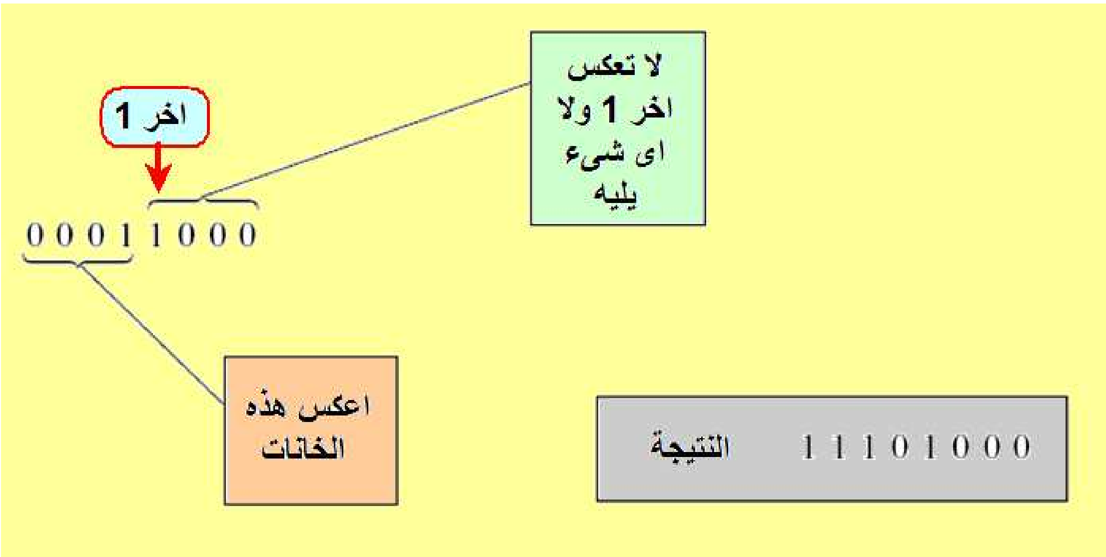
١- فقط اوجد مكمل الاثنين للعدد المطلوب وليس الاثنان .
٢- اذا قمت بالعمل الصحيح فان الاجابة ستحتوى على عامود زائد يجب حذفه .
٣- اذا كان العدد لا يحتوى على نفس العدد من الخانات اضف اصفار على اليسار للتكملة وتكون اول عملية ولا تتركها الى الاخر . يجب ان يحتوى الرقمين على نفس العدد من الخانات مثلا 8 خانات او 16 خانة او .....

طريقة سريعة لايجاد مكمل الاثنين للعدد الثنائى

ابدأ من اليسار واعكس كل بت حتى تصل الى اخر 1 . لا تعكسه ولا تعكس اى شيء بعده .

مثال ١ :
كيف يمكن التعبير عن -24_{10} كعدد ثنائى بثمانى خانات كمكمل الاثنين :

١- حول 24_{10} الى ثنائى تحصل على 11000
٢- اضف اصفار على اليسار لتجعله عدد بثمانى خانات فيصبح 00011000 .
٣- الان ابدأ بعكس كل بت مبتدأ من اليسار حتى الوصول الى اخر 1 فلا تعكسه ولا تعكس شيء بعده وهى الثلاث اصفار . ونحصل على



مثال ٢ :

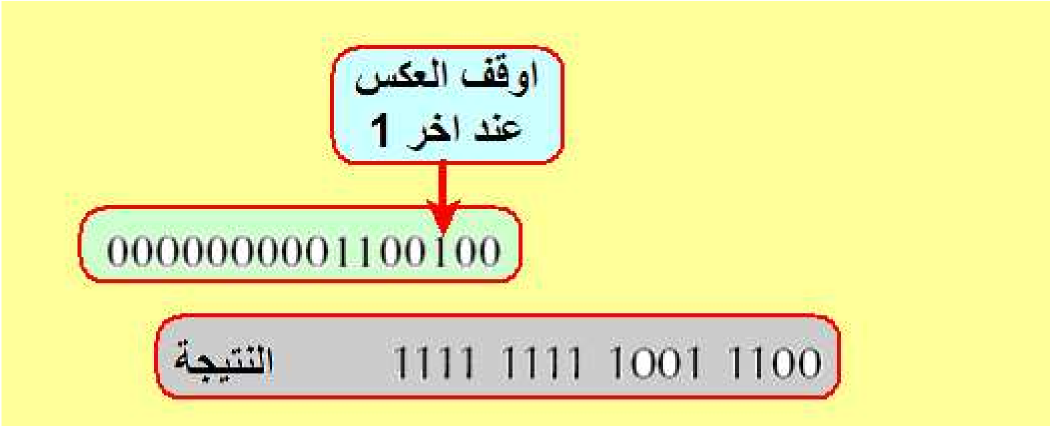
عبر عن -100_{10} كمكمل الاثنين ذو 16 خانة :

١- حول 100_{10} الى ثنائى تحصل على 1100100_2

٢- اضف فى المقدمة من اليسار تسعة اصفار لجعل العدد ذو 16 خانة فتحصل على

0000000001100100

٣- الان استخدم الطريقة السريعة لايجاد مكمل الاثنين تحصل على



مثال ٣ :

اوجد قيمة $1011\ 0111_2 - 00\ 1011_2$ باستخدام جمع مكمل الاثنين

١- العدد الثانى 6 خانات فقط لذلك اضف صفران فى نهاية يساره لتحصل على
1011 0111 – 0000 1011

٢- اعكس كل بت فى العدد المطلوب طرحه لايجاد مكمل الواحد . فتحصل على
00001011 to 11110100

٣- اضف 1 للحصول على مكمل الاثنين فتحصل على
(او استخدم الطريقة السريعة) 11110100 + 1 = 11110101

٤- اجمع العدد الاول مع مكمل الاثنين للعدد الثانى فتحصل على

$$\begin{array}{r} 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1 \\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ + \\ \hline 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0 \\ \hline 1\ 1\ 1\ 1\ \ \ \ 1\ 1\ 1\ \ \ \end{array}$$

٥- النتيجة اصبحت 110101100 وهى تحتوى على خانة محمول (مرحل) زائدة اهملها
فتكون النتيجة هى 10101100_2