البوابات المنطقية

Logic Gates

مفاهيم أساسية:

البوابة المنطقية (Logic Gates):

عبارة عن عنصر إلكتروني رقمي يمثل وحدة البناء الأساسية في الأنظمة الرقمية و يقوم بتنفيذ تابع منطقي معين.

التابع المنطقي(Logic Function):

عبارة عن علاقة بين مجموعة قيم تمثل الدخل، من أجل الحصول على الخرج. الفرق الأساسي بين التابع المنطقي والتابع الرياضي التقليدي هو أن كافة قيم دخل وخرج التابع المنطقي ستكون قيم منطقية، أي أصفار وواحدات.

تقسم البوابات المنطقية إلى: البوابات المنطقية الأساسية وهي تضم بوابات NOT, AND, OR وإلى بوابات المستوى الثاني وهي بوابات NAND, NOR, XOR, XNOR .

جدول الحقيقة (Truth Table):

جدول الحقيقة هو عبارة عن ترتيب قيم الدخل الممكنة للتابع المنطقي مع قيم الخرج الممكنة له. فلو أخذنا أبسط تابع منطقي ممكن وهو تابع عملية النفي فإنه يمكننا توصيف خرج التابع بأنه معكوس أي دخل. فإذا كان الدخل هو "1" فإن الخرج سيكون "0"، وإذا كان الدخل هو "1" فإن الخرج سيكون "0". يمكن كتابة هذا الوصف عبر جدول الحقيقة التالي:

الخرج	الدخل
1	0
0	1

لو أخذنا تابعاً منطقياً له دخلين (على الأقل) مثل تابع الضرب المنطقي، فإننا سنقوم بما يلي:

سنسمي الدخل الأول (x) والدخل الثاني (y) والخرج هو نتيجة الضرب المنطقي لـ x و y بما أننا نتملك دخلين، فإن عدد حالات الخرج الممكنة هو 2^2 أي 4 قيم ممكنة للخرج. ترتيب هذا التوصيف ضمن جدول الحقيقة سيكون كما يلي:

x	y	F = x.y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الجدول الماضي يمثل جدول الحقيقة لتابع **AND** المنطقي. إذاً، ومن أجل كتابة جدول الحقيقة الخاص بأي تابع منطقي (سواء كان من التوابع الأساسية أو كان تابعاً مركباً) فإن ما يلزمنا معرفته هو:

- **عدد متحولات الدخل المنطقية.**
- **معادلة التابع المنطقي.**

من المهم أن نعلم أن التوابع المنطقية ليست دوماً توابع بسيطة، والتوابع المنطقية الأساسية التي استعرضناها سابقاً هي أساس العمليات المنطقية، حيث يمكن كتابة معادلة تابع منطقي تشتمل على عدة عمليات منطقية متنوعة بنفس الوقت. بهذه الحالة سيكون جدول الحقيقة أكبر. بأي حال، فإننا يجب أن نتذكر على الدوام أي خرج أي تركيبة منطقية سيكون إما "0" أو "1"

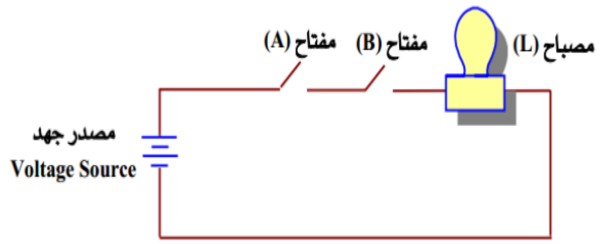
عند الحديث عن أي بوابة منطقية، يجب أن نتحدث عن الأمور التالية:

- رمز البوابة المنطقية
- التابع المنطقي الخاص بالبوابة المنطقية
- جدول الحقيقة الخاص بالبوابة المنطقية
- بنية البوابة المنطقية

سنقوم الآن باستعرض البوابات كاملةً مع محدداتها :

- **بوابة AND:**

تعتبر البوابة AND واحدة من البوابات الاساسية والتي تدخل في بناء معظم الدوال المنطقية (Logic functions) والبوابة AND لها مدخلان أو أكثر ولها خرج واحد ، وتؤدي هذه البوابة إلى ما يسمى بالضرب المنطقي (Logical Multiplication) ويمكن تمثيل هذه البوابة بعدد من المفاتيح الموصلة على التوالي في دائرة كهربائية حيث المفتاحان(A,B) يمثلان أثنين من المتغيرات الثنائية (Two Binary Variables) وتكون قيمة أي متغير منهما تساوي (0) الثنائي عندما يكون المفتاح مفتوح (Open) وتساوي (1) الثنائي عندما يكون المفتاح مغلق (Closed) كما هو موضح في الشكل (1). ويبين الجدول أن المصباح (L) لايضاء إلا عندما يكون كل من المفتاحين مغلق ، ويطلق على هذا الجدول اسم جدول الحقيقة (Truth Table):



شكل (١) تمثيل البوابة AND كمفتاحين على التوالي.

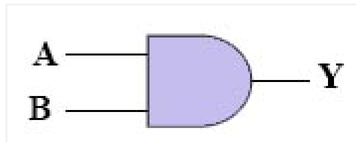
تمثيل بوابة AND كمفتاحين على التوالي

A	B	L
مفتوح	مفتوح	غير مضاء
مفتوح	مغلق	غير مضاء
مغلق	مفتوح	غير مضاء
مغلق	مغلق	مضاء

جدول الحقيقة للدارة

الشكل (1)

الرمز المنطقي القياسي(Standard) للبوابة AND و جدول الحقيقة للبوابة AND بمدخلين مبينة في الشكل(2):



A	B	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الشكل (2)

يُظهر الشكل الدخلان A, B والخرج (OUT) أو Y ويسمى رمز البوابة AND بمدخلين.المدخلات يمثلان أرقام ثنائية (bits)، فالخرج يساوي(1) فقط عندما يكون الدخلان A, B تساوي(1) الثنائي، وبالتالي فأنه لأي بوابة AND وبصرف النظر عن عدد المدخلات، يكون لها خرج يساوي (1) فقط عندما تكون جميع المدخلات تساوي (1).

كيفية بناء جدول الحقيقة:

1. تحدد عدد احتمالات الدخل للبوابة عن طريق استخدام العلاقة:

   عدد الإحتمالات = 2^n حيث n عدد مداخل البوابة

فإذا كان لدينا مثلاً ثلاث مداخل فيكون عدد حالات الخرج المحتملة هو 8 بتطبيق القاعدة السابقة.

2. عند كل حالة من حالات الدخل نحدد حالة الخرج المناظرة.

يعتبر الجبر البوليني (Boolen Algebra) صيغة للمنطق الرمزي الذي يبين كيف تعمل البوابات المنطقية والعبارة البولينية هي طريقة مختصرة لإظهار مايحدث في دائرة منطقية ما.

والعبارة البولينية لبوابة AND ذات مدخلين هي:

$$Y = A \cdot B$$

وتقرأ هذه العبارة كالتالي: الخرج Y يساوي A AND B (• تعني AND)، وأحياناً تحذف النقطة من العبارة البولينية وتصبح:

$$Y = AB$$

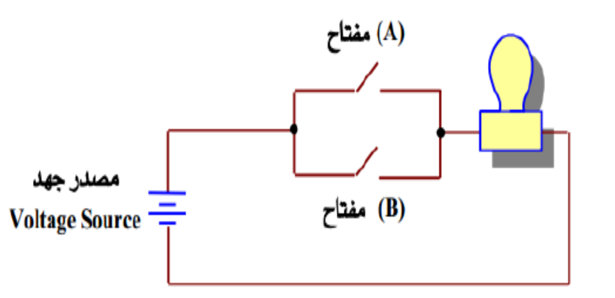
وتقرأ الخرج Y يساوي A AND B.

- **بوابـة OR:**

تعتبر البوابة OR واحدة من البوابات الأساسية التي تدخل في بناء معظم الدوال المنطقية. ولها مدخلان أو أكثر وخرج واحد، وتؤدي هذه البوابة ما يسمى بالجمع المنطقي (Logical Addition)، ويمكن تمثيل هذه البوابة بعدد من المفاتيح الموصلة على التوازي في دائرة كهربائية حيث المفتاحان(A,B) يمثلان أثنين من المتغيرات الثنائية (Two Binary Variables). وكما في البوابة AND فإن المفتاحين A , B تكون قيمة أي متغير منهما تساوي (0) عندما يكون المفتاح مفتوح (Open) وتساوي (1) عندما يكون المفتاح مغلق (Closed). كما هو موضح في الشكل (3). ويبين الجدول أن المصباح (L) لايضاء إلا عندما يكون كل من المفتاحين أو أحدهما مغلق ، ويطلق على هذا الجدول اسم جدول الحقيقة (Truth Table):

المفتاح B	المفتاح A	المصباح L
ON	ON	مطفئ
OFF	ON	مُضاء
ON	OFF	مُضاء
OFF	OFF	مُضاء

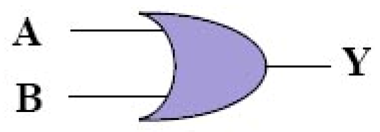
جدول الحقيقة للدارة



تمثيل بوابة OR كمفتاحين على التوازي

الشكل (3)

الرمز المنطقي القياسي(Standard) للبوابة OR و جدول الحقيقة للبوابة OR بمدخلين مبينة في الشكل التالي:



A	B	OUTPUT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

الشكل (4)

ويلاحظ من الجدول أن الخرج يساوي (1) أي حقيقياً عندما يكون أي من الدخلين أو كلاهما عند المستوى (1)، وأن المخرج يكون غير حقيقي أي(0) عندما تكون كل المدخلات عند مستوى (0) الثنائي.

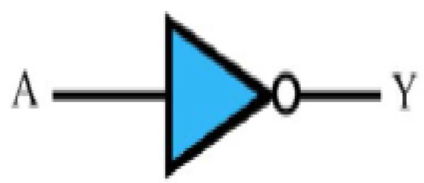
والعبارة البولينية لبوابة OR ذات مدخلين هي:

$$Y = A + B$$

وتقرأ هذه العبارة كالتالي: الخرج Y يساوي A OR B (+ تعني OR).

- **بوابـــــة NOT (العاكس) (NOT Gate (INVERTER:**

العاكس أو بوابة NOT تؤدي عملية يطلق عليها العكس (Inversion) أو الاتمام (complementation) والعاكس يعتبر المستوى المنطقي للدخل إلى عكسة ، فاذا كان دخلة (1) يغيرة في الخرج إلى (0) واذا كان دخلة (0) يغيرة إلى (1). وبالتالي فلها خرج واحد ودخل واحد . يوضح الشكل (5) الرمز المنطقي المستخدم لبوابة العاكس و جدول الحقيقة لهذه البوابة.



Input	Output
A	Y
0	1
1	0

الشكل (5)

والعبارة البولينية لبوابة OR ذات مدخلين هي:

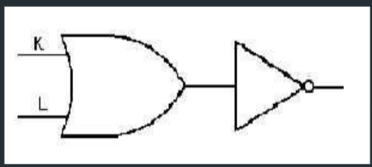
$$Y = \overline{A}$$

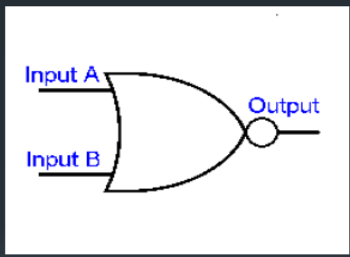
وتقرأ على النحو التالي: الخرج Yيساوي not A وتسمى الإشارة فوق ال A باسم bar.

أنواع أخرى من البوابات :-

4 – بوابة NOR :- وهي عبارة عن بوابة OR متبوعة ببوابة NOT وسميت بـ NOR اختصارا لكلمة NOT OR وبالتالي جدول الحقيقة لها هو متمم إخراج بوابة OR .

رمز هذه البوابة وجدول الحقيقة لها كما مبين أدناه :-





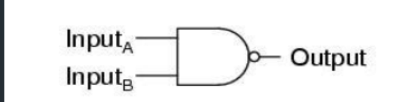
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

معادلة هذه البوابة هي $X = \overline{(A + B)}$

قاعدة للحفظ : في بوابة NOR إذا كان أحد الإدخالات 1 يكون الإخراج 0 أو إخراج بوابة NOR هو عكس إخراج بوابة OR .

5 – بوابة NAND :- وهي عبارة عن بوابة AND متبوعة ببوابة NOT وسميت بـ NAND اختصارا لكلمة NOT AND وبالتالي جدول الحقيقة لها هو متمم إخراج بوابة AND .

2-input NAND gate



A	B	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Equivalent gate circuit

رمز هذه البوابة وجدول الحقيقة لها كما مبين :-

A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

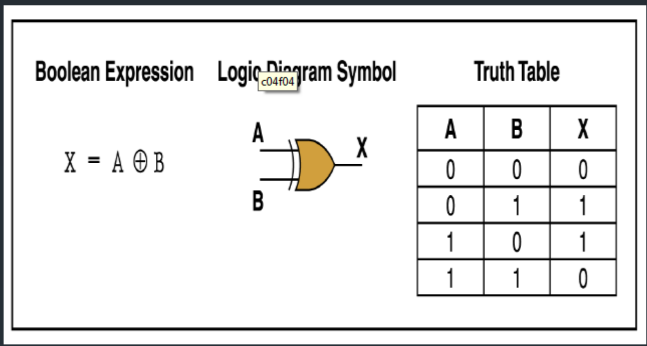
معادلة هذه البوابة هي $X = \overline{A \cdot B}$

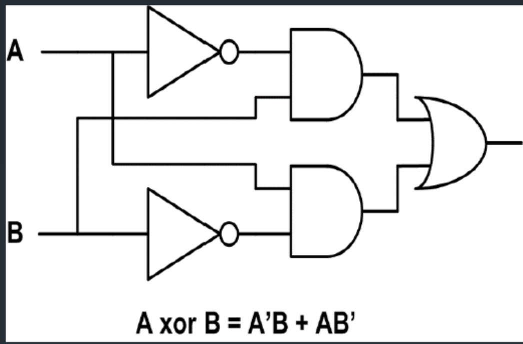
قاعدة للحفظ : في بوابة NAND إذا كان أحد الإدخالات 0 يكون الإخراج 1 أو إخراج بوابة NAND عكس إخراج بوابة AND .

تعتبر هذه البوابة من أكثر البوابات استخداما لسهولة تصنيعها ورخص ثمنها .

6 – بوابة XOR :- وتكتب أيضا EOR اختصارا لكلمة Exclusive OR .

رمز هذه البوابة وجدول الحقيقة لها ومخططها التفصيلي كما مبين أدناه :-





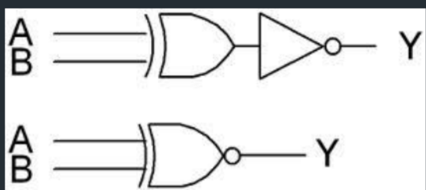
معادلة هذه البوابة هي $X = A \oplus B = \bar{A} \, . \, B + A \, . \, \bar{B}$

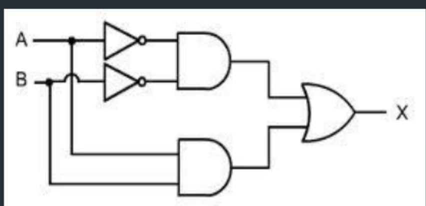
قاعدة للحفظ : في بوابة XOR إذا اختلفت الإدخالات يكون الإخراج 1 .

تستخدم هذه البوابة للمقارنة ومعرفة المختلف من المتغيرات لأن الأخراج يكون 1 عندما لا تتشابه جميع الإدخالات .

7 – بوابة XNOR :- وتكتب أيضا ENOR اختصارا لكلمة Exclusive NOR وهي بوابة XOR متبوعة ببوابة NOT كما مبين في الشكل.

رمز هذه البوابة وجدول الحقيقة لها ومخططها التفصيلي كما مبين أدناه :-





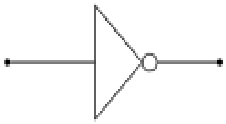
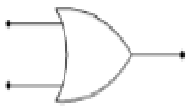
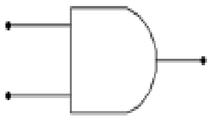
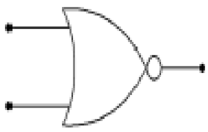
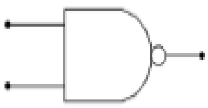
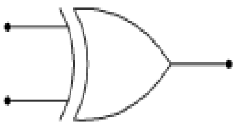
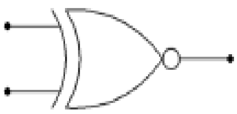
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

معادلة هذه البوابة هي $X = \overline{A \oplus B} = A \odot B = A \, . \, B + \bar{A} \, . \, \bar{B}$

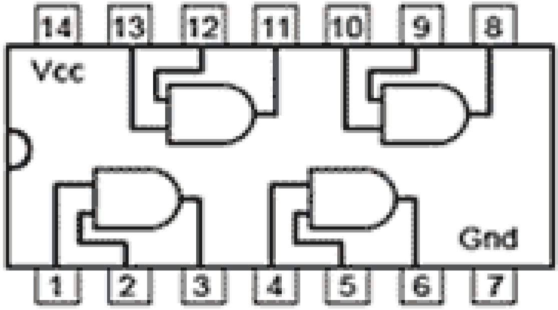
قاعدة للحفظ : في بوابة XNOR إذا تشابهات الإدخالات يكون الإخراج 1 .

تستخدم هذه البوابة للمقارنة ومعرفة المتشابه من المتغيرات لأن الأخراج يكون 1 عندما تتشابه جميع الإدخالات .

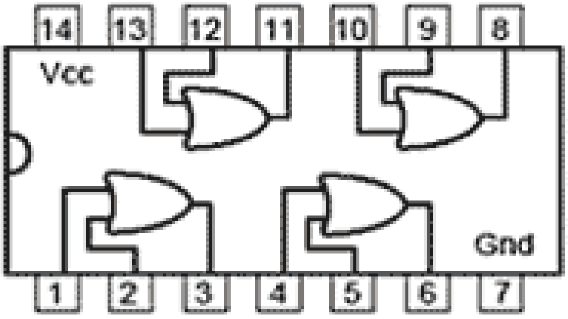
الجدول الكامل للبوابات المنطقية: يظهر الجدول رمز كل بوابة، مع التابع المنطقي الخاص بها، وجدول الحقيقة الذي يصف عملها

<table>
<tr><th>جدول الحقيقة</th><th>التابع المنطقي</th><th>الرمز المنطقي</th><th>اسم البوابة</th></tr>
<tr><td><table><tr><th>x</th><th>y</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table></td><td>$F=\overline{x}$</td><td></td><td>بوابة النفي (العاكس)
NOT</td></tr>
<tr><td><table><tr><th>x</th><th>y</th><th>x+y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table></td><td>$F=x+y$</td><td></td><td>بوابة الجمع المنطقي
OR</td></tr>
<tr><td><table><tr><th>x</th><th>y</th><th>x.y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table></td><td>$F=x.y$</td><td></td><td>بوابة الضرب المنطقي</td></tr>
<tr><td><table><tr><th>x</th><th>y</th><th>$\overline{(x+y)}$</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table></td><td>$F=\overline{(x+y)}$</td><td></td><td>بوابة نفي الجمع
NOR</td></tr>
<tr><td><table><tr><th>x</th><th>y</th><th>$\overline{(x.y)}$</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table></td><td>$F=\overline{(x.y)}$</td><td></td><td>بوابة نفي الضرب
NAND</td></tr>
<tr><td><table><tr><th>x</th><th>y</th><th>$x\oplus y$</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table></td><td>$F=x\oplus y$
$F=(x.\overline{y})+(\overline{x}.y)$</td><td></td><td>بوابة الجمع الحصري
XOR</td></tr>
<tr><td><table><tr><th>x</th><th>y</th><th>$\overline{(x\oplus y)}$</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table></td><td>$F=\overline{(x\oplus y)}$
$F=(x.y)+(\overline{x}.\overline{y})$</td><td></td><td>بوابة نفي الجمع الحصري
XNOR</td></tr>
</table>

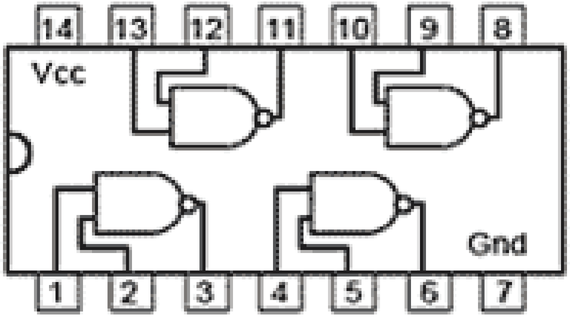
بعض أسماء وأشكال الدارات المتكاملة للبوابات :



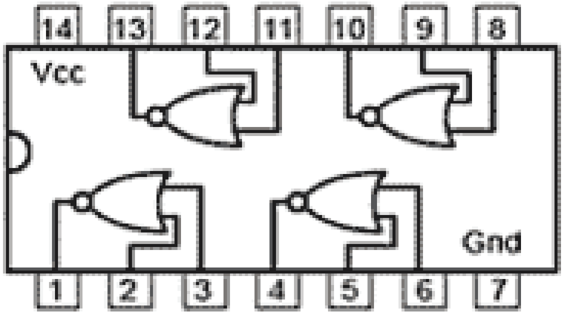
7408 Quad 2 input
AND Gates



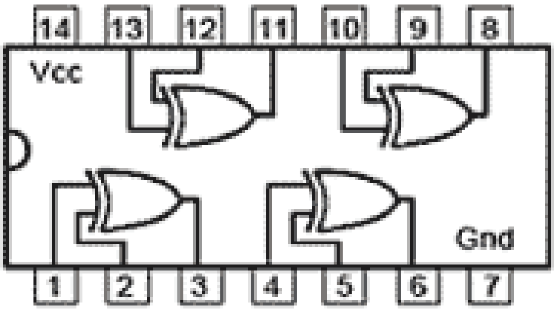
7432 Quad 2 input
OR Gates



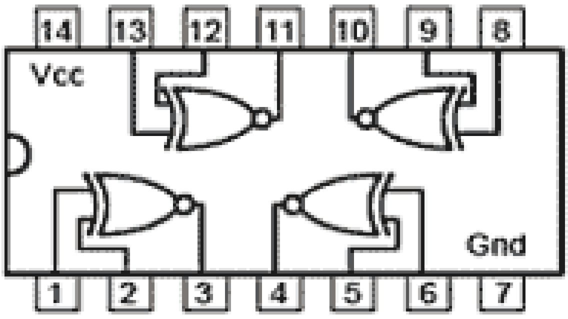
7400 Quad 2 input
NAND Gates



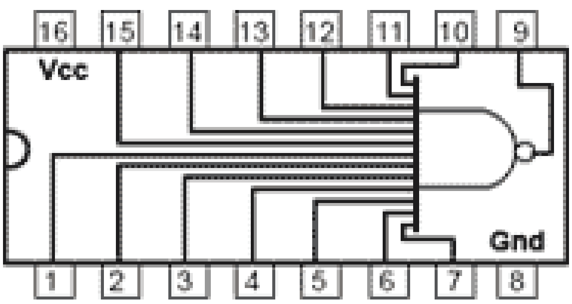
7402 Quad 2 input
NOR Gates



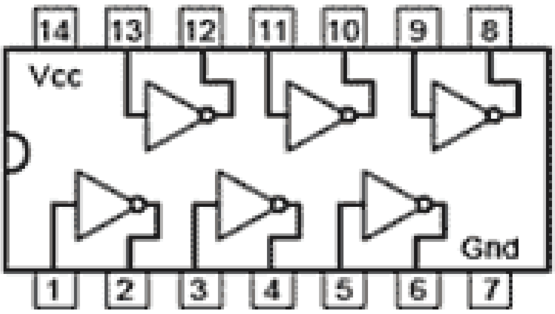
7486 Quad 2 input
XOR Gates



747266 Quad 2 input
XNOR Gates



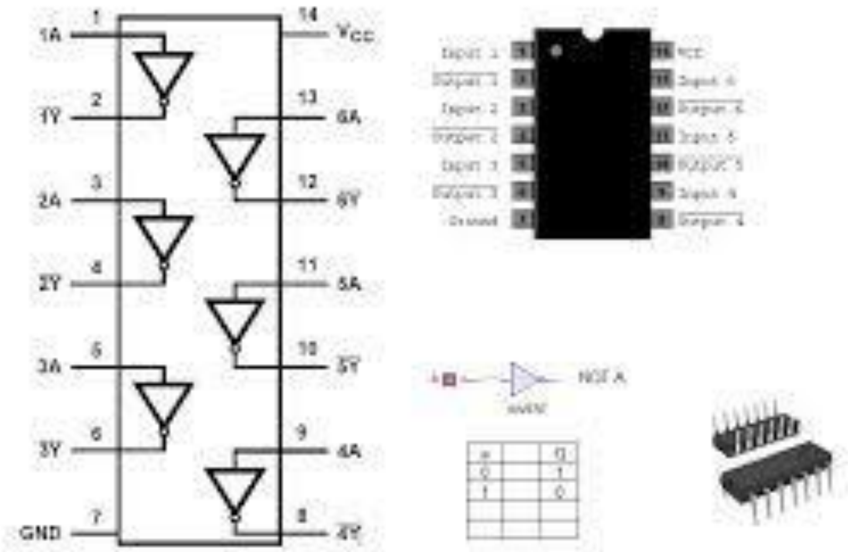
74133 Single 13 input
NAND Gate

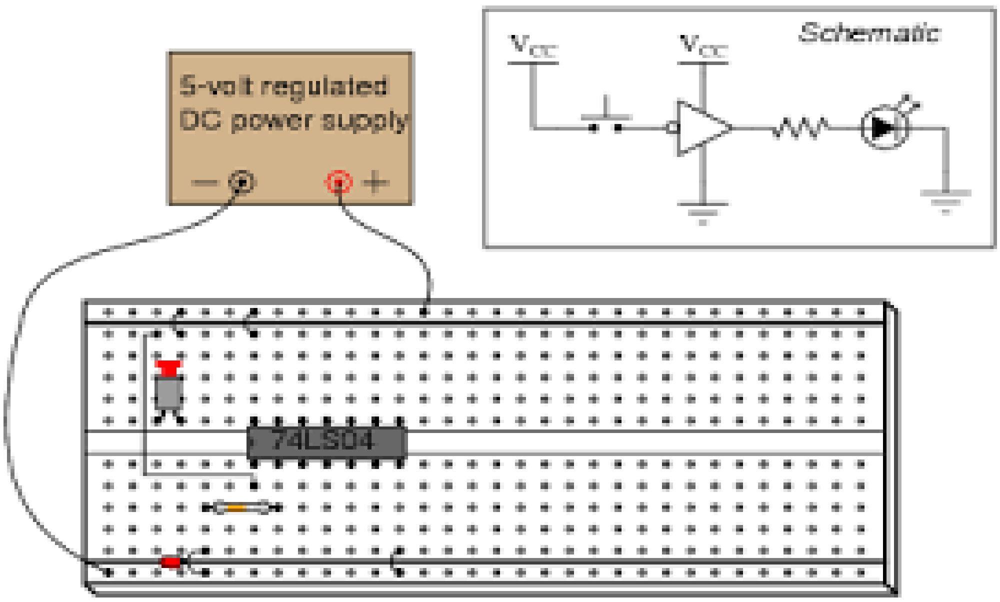


7404 Hex NOT Gates
(Inverters)

تطبيق عملي1

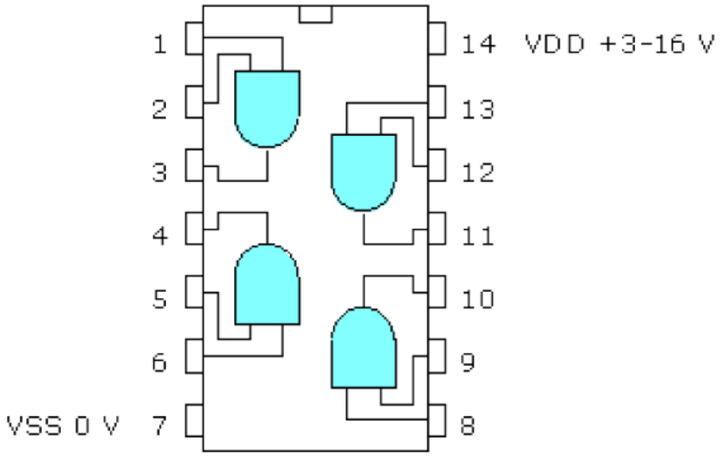
دارة اختبار بوابة النفي NOT:

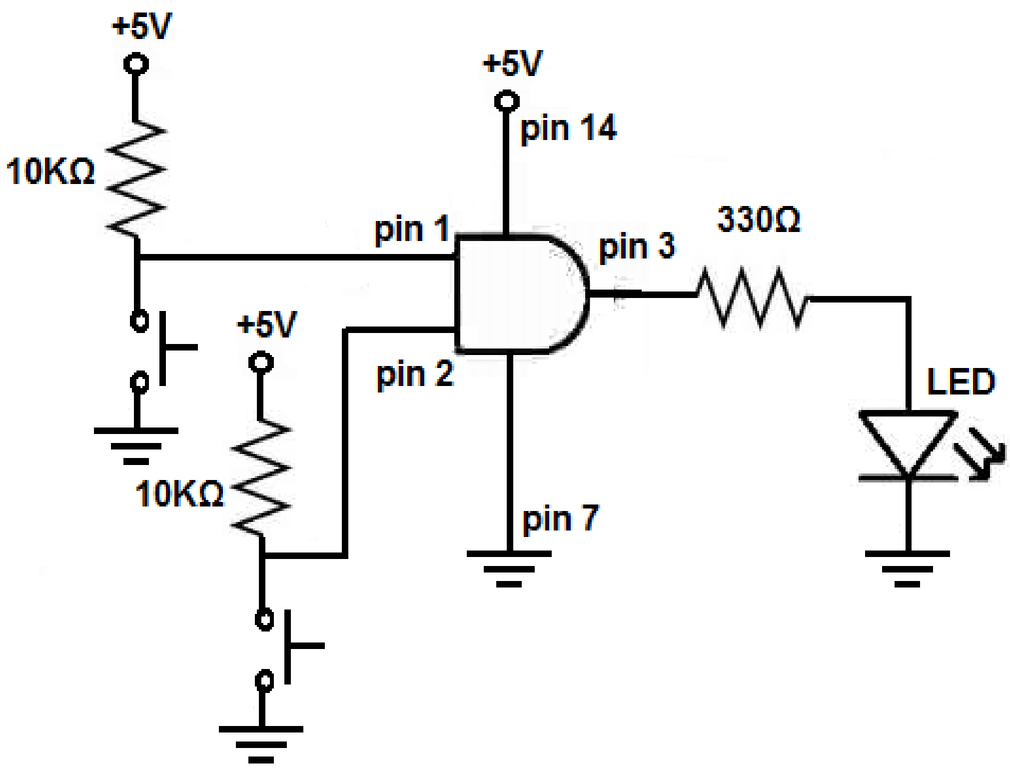




تطبيق عملي 2:

دارة اختبار بوابة الضرب AND:





وظيفة منزلية:

قم باعداد دارة اختبار لبوابة الجمع OR باستخدام الـ Test bord

مع رسم الدارة بالتفصيل على ورقة بيضاء

انتهت المحاضرة