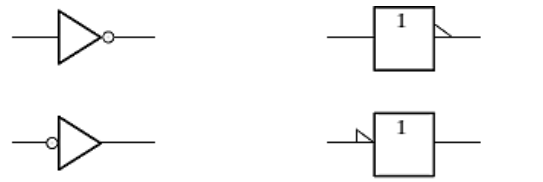
Lecture 4 Logic Gates

The term gate was introduced to describe a circuit that performs a basic logic operation.
Logic gates are one of the fundamental building blocks of digital systems. Most of the functions in a computer, with the exception of certain types of memory, are implemented with logic gates used on a very large scale. For example, a microprocessor, which is the main part of a computer, is made up of hundreds of thousands or even millions of logic gates.

NOT Gate

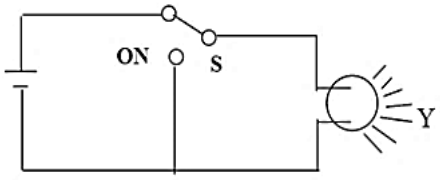


(a) Distinctive shape symbols with negation indicators

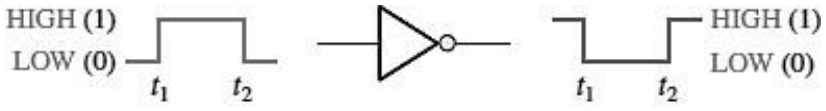
(b) Rectangular outline symbols with polarity indicators

Standard logic symbols for the inverter

الدائرة الكهربائية لبوابة النفي **NOT**



الدخل	الخرج
المفتاح	المصباح
A	Y
Off	on
on	off



Input pulse

Output pulse

Inverter operation with a pulse input.

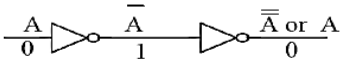
جدول الحقيقة لبوابة **NOT**

الدخل	الخرج
A	Y
0	1
1	0

معادلة الجبر البولي لبوابة **NOT**

$$Y = \overline{A}$$

إذا كان

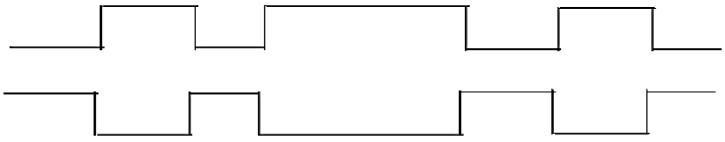


$A = 1 \qquad \overline{A} = 0 \qquad \therefore \quad \overline{\overline{A}} = 1$

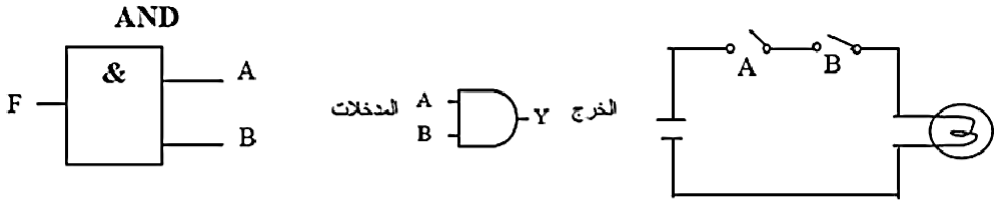
المخطط البياني الزمني لبوابة NOT

مثال : ارسم الرسم البياني الزمني لخرج بوابة النفي NOT إذا كانت إشارة الدخل كما هو موضح في الشكل التالي :

الحل :



AND Gate



شكل (٢ -١) الدائرة الكهربائية لبوابة AND شكل (٢ -٢) الرمز المنطقي لبوابة " و " AND

الدخل		الخرج
B	A	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

جدول (٢)

الدخل		الخرج
المفتاح		المصباح
B	A	Y
off	off	Off
off	on	Off
on	off	Off
on	on	On

جدول (١)

AND Gate Truth Table

The logical operation of a gate can be expressed with a truth table that lists all input combinations with the corresponding outputs, as illustrated in Table for a 2-input AND

gate. The truth table can be expanded to any number of inputs. Although the terms HIGH and LOW tend to give a ―physical‖ sense to the input and output states, the truth table is shown with 1s and 0s; a HIGH is equivalent to a 1 and a LOW is equivalent to a 0 in positive logic. For any AND gate, regardless of the number of inputs, the output is HIGH only when all inputs are HIGH. The total number of possible combinations of binary inputs to a gate is determined by the following formula:

$$N = 2^n$$

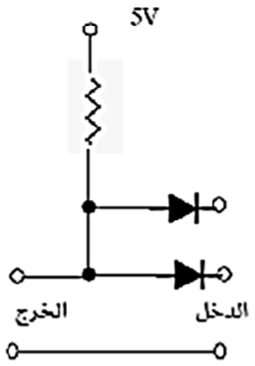
where N is the number of possible input combinations and n is the number of input variables.

To illustrate, For two input variables: N = 22 = 4 combinations

For three input variables: N = 23 = 8 combinations

For four input variables: N = 24 = 16 combinations

الدائرة ال إلكترونية لبوابة AND باستخدام الثنائيات



الشكل (٢) يبين تمثيل بوابة "و" AND ذات مدخلين باستخدام الثنائيات وفي هذه الدائرة نجد أن :

- إذا كان الدخلان A&B "0" فإن الثنائيات ستكون في حالة انحياز أمامي وبالتالي جهد الخرج صفراً .
- إذا كان أحد الدخلين A , B "0" فإن الخرج يساوي صفراً لأن أحد الثنائيات يكون في حالة انحياز أمامي .
- إذا كان الدخلان A , B "1" فإن الثنائيات ستكون في حالة انحياز عكسي وبالتالي يون جهد الخرج مساوياً 5v+ أي منطقياً "1"

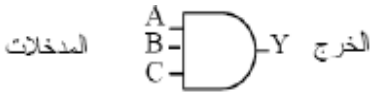
المعادلة البولية لبوابة AND " معادلة الجبر البولي لبوابة "AND

الجبر البولي Boolean Algebra هو أحد أشكال المنطق الرمزي والذي يبين كيفية عمل البوابات المنطقية والتعبير البولي هو وسيلة اختزال لتوضيح ما يحدث في الدائرة المنطقية .

معادلة لبوابة AND ذات مدخلين

$$A . B = y$$

وتقرأ A و B تساوي الخرج Y أو Y=A and B



(أ) الرمز المنطقي لبوابة "و " AND ذات ثلاثة مداخل

(ب) معادلة الجبر البولي ذات ثلاثة مداخل

$$A \cdot B \cdot C = Y$$

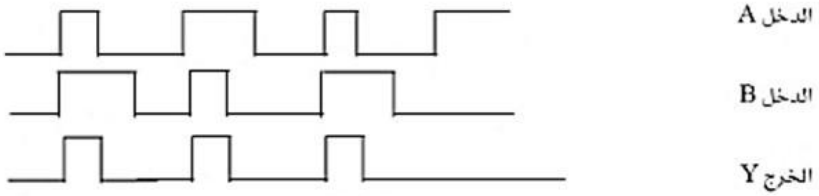
الدخل			الخرج
C	B	A	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(ج) جدول الحقيقة لبوابة AND ذات ثلاثة مداخل

المخطط البياني الزمني لبوابة AND " الشكل الموجي لخرج البوابة "

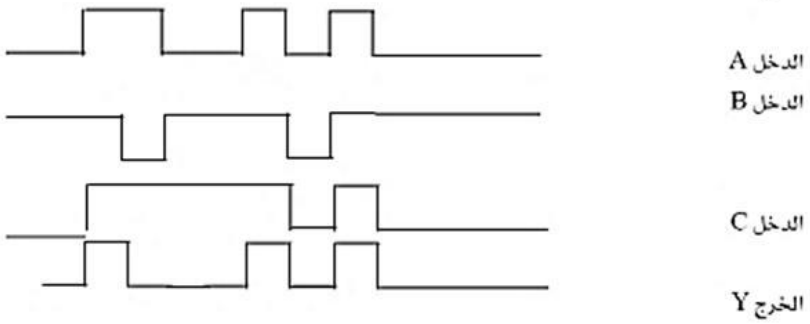
مثال : إرسم المخطط البيانات الزمني لخرج بوابة " و " AND ذات المدخلين إذا كانت إشارات الدخل كما هو موضح في الشكل التالي :

الحل :

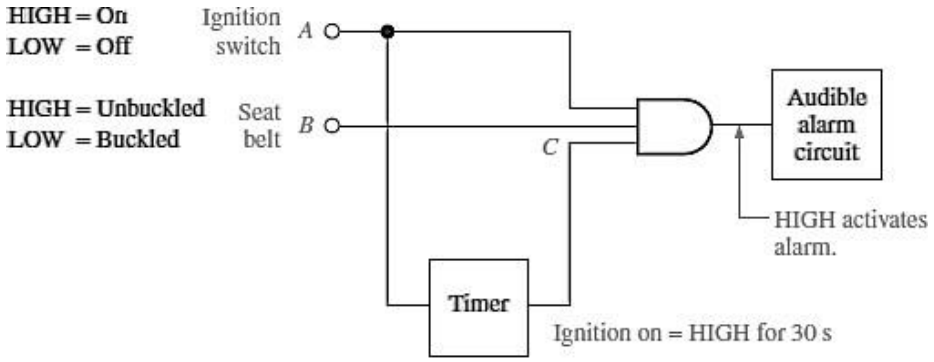


مثال : إرسم المخطط البيانات الزمني لخرج بوابة " و " AND ذات ثلاثة مداخل ، إذا كانت إشارات الدخل كما هو مبين في الشكل التالي :

الحل :



an AND gate is used in a simple automobile seat belt alarm system to detect when the ignition switch is on and the seat belt is unbuckled. If the ignition switch is on, a HIGH is produced on input A of the AND gate. If the seat belt is not properly buckled, a HIGH is produced on input B of the AND gate. Also, when the ignition switch is turned on, a timer is started that produces a HIGH on input C for 30 s. If all three conditions exist—that is, if the ignition is on and the seat belt is unbuckled and the timer is running—the output of the AND gate is HIGH, and an audible alarm is energized to remind the driver.

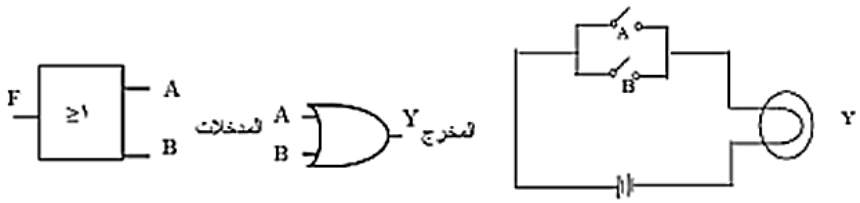


A simple seat belt alarm circuit using an AND gate.

يمكن استخدام بوابة آند AND في نظام انذار حزام الأمان Seat belt في السيارة، من أجل اكتشاف هل حزام الأمان مقفل Buckled أم غير مقفل Unbuckled، الشكل يظهر ذلك، نلاحظ من الشكل عناصر هذا النظام، عندما يكون مفتاح التشغيل للسيارة ignition switch=on، ينتج حالة جهد مرتفعة HIGH على المدخل A للبوابة آند AND، أيضاً وبنفس الوقت سوف يفعل المؤقت الذي يبدأ انتاج حالة مرتفعة HIGH على المدخل C للبوابة آند AND لمدة 30 ثانية، وعندما حزام الأمان غير مقفل سينتج ينتج حالة مرتفعة HIGH على المدخل B للبوابة آند AND، وبالتالي إذا كانت الشروط الثلاثة موجودة، السيارة في حالة عمل (مفتاح التشغيل في حالة On)، وحزام الأمان غير مقفل، والمؤقت الزمني يعمل، فإن مداخل البوابة آند AND الثلاثة في حالة مرتفعة HIGH، بالتالي خرج البوابة سيكون فيي حالة مرتفعة HIGH، ليفعل نظام التنبيه الصوتي Audible alarm circuit الذي يعلم السائق أن حزام الأمان غير مقفل.

OR GATE

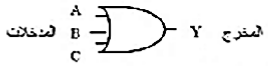
- بوابة "او" OR gate



الدائرة الكهربائية لبوابة OR ، الرمز المنطقي لبوابة "أو" OR ،

الدخل		الخرج
المفتاح		المصباح
B	A	Y
off	off	Off
off	on	On
on	off	On
on	on	On

الدخل		الخرج
B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



الرمز المنطقي لبوابة OR ذات الثلاثة مداخل

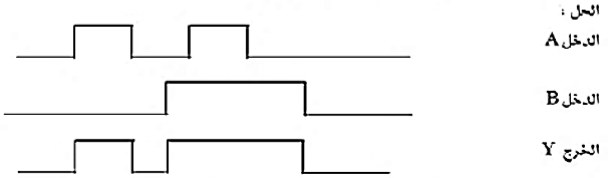
الدخل			الخرج
C	B	A	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

جدول الحقيقة لبوابة OR ذات الثلاثة مداخل

المخطط البياني الزمني لبوابة OR

مثال : ارسم المخطط البياني الزمني لبوابة OR ذات مدخلين إذا كانت إشارات الدخل كما هو موضح بالشكل التالي ، واكتب معادلة الجبر البولي الخاصة بها ؟

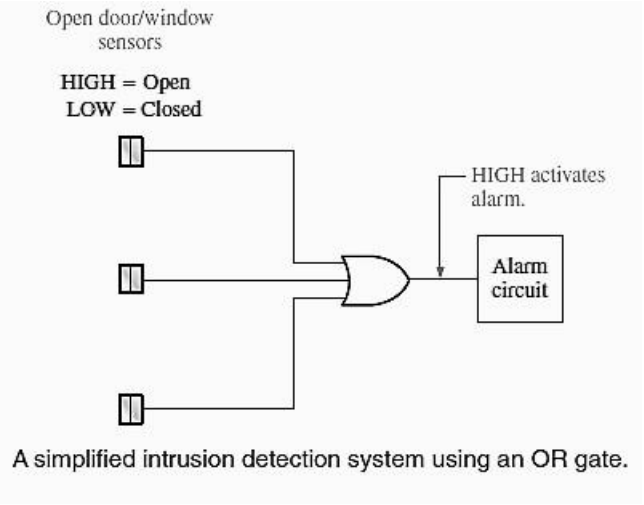
الحل :



معادلة الجبر البولي لبوابة OR ذات مدخلين $A + B = Y$

Application:A simplified portion of an intrusion detection and alarm system is shown in Figure. This system could be used for one room in a home—a room with

two windows and a door. The sensors are magnetic switches that produce a HIGH output when open and a LOW output when closed. As long as the windows and the door are secured, the switches are closed and all three of the OR gate inputs are LOW. When one of the windows or the door is opened, a HIGH is produced on that input to the OR gate and the gate output goes HIGH. It then activates and latches an alarm circuit to warn of the intrusion.

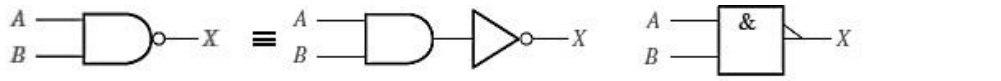


A simplified intrusion detection system using an OR gate.

يمكن استخدام بوابة أور OR في نظام للتنبيه وكشف التطفل أو السرقة الموضح في الشكل ، هذا النظام يمكن أن يستخدم في غرفة لها نافذتان وباب واحد، المستشعرات تكون مفاتيح مغناطيسية تنتج الخرج المرتفع HIGH عند الفتح، والخرج المنخفض LOW عند الاغلاق، هذه المفاتيح توصل إلى مداخل بوابة أور OR، طالما النوافذ والباب مغلقة ومؤمنة، المفاتيح مغلقة وجميع مداخل البوابة أور OR تكون بجهد منخفض LOW، عندما أحد النوافذ، أو الباب يفتح، ينتج جهد مرتفع HIGH على أحد مداخل البوابة أور OR، وبالتالي خرج البوابة يصبح بجهد مرتفع HIGH، والذي يفعل دائرة تنبيه للتحذير من وجود متطفل أو وجود أحد قام بالفتح.

The NAND Gate

The term NAND is a contraction of NOT-AND and implies an AND function with a complemented (inverted) output. The standard logic symbol for a 2-input NAND gate and its equivalency to an AND gate followed by an inverter are shown in Figure where the symbol K means equivalent to. A rectangular outline symbol is shown in part (b).

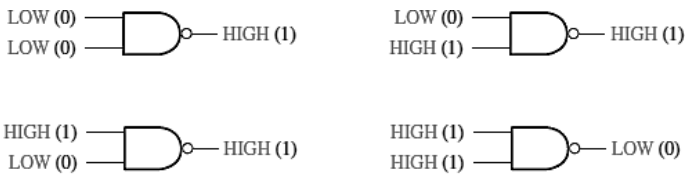


(a) Distinctive shape, 2-input NAND gate and its NOT/AND equivalent

(b) Rectangular outline, 2-input NAND gate with polarity indicator

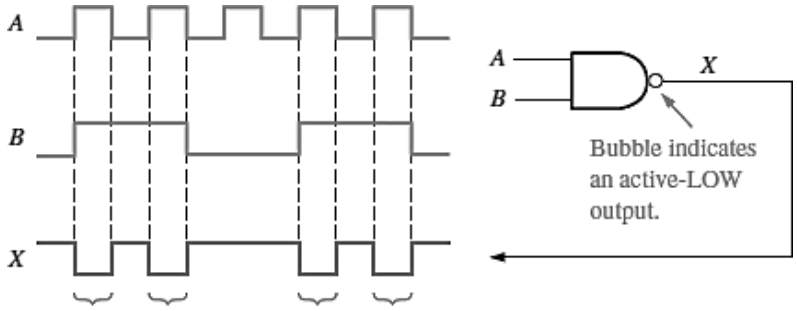
Standard NAND gate logic symbols

Operation of a NAND Gate



Operation of a 2-input NAND gate.

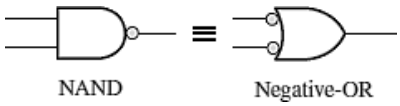
Example: If the two waveforms A and B shown in Figure are applied to the NAND gate inputs, determine the resulting output waveform.



A and *B* are both HIGH during these four time intervals; therefore, *X* is LOW.

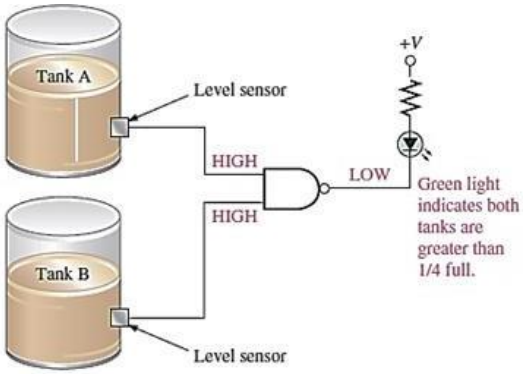
Negative-OR Equivalent Operation of a NAND Gate

For a 2-input NAND gate performing a negative-OR operation, output X is HIGH when either input A or input B is LOW, or when both A and B are LOW.

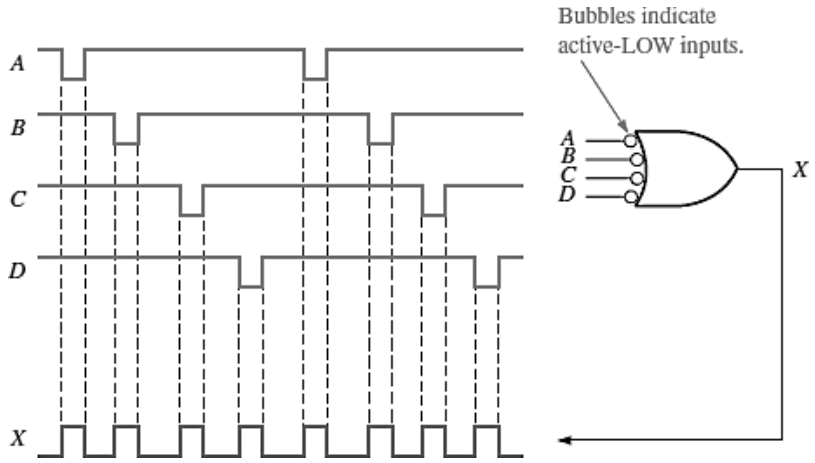


standard symbols representing the two equivalent operations of a NAND gate.

Example:
Two tanks store certain liquid chemicals that are required in a manufacturing process. Each tank has a sensor that detects when the chemical level drops to 25% of full. The sensors produce a HIGH level of 5 V when the tanks are more than one-quarter full. When the volume of chemical in a tank drops to one-quarter full, the sensor puts out a LOW level of 0 V. It is required that a single green light-emitting diode (LED) on an indicator panel show when both tanks are more than one-quarter full. Show how a NAND gate can be used to implement this function.



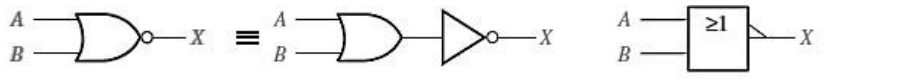
As long as both sensor outputs are HIGH (5 V), indicating that both tanks are more than one-quarter full, the NAND gate output is LOW (0 V). The green LED circuit is connected so that a LOW voltage turns it on. The resistor limits the LED current.
Example: for the 4-input NAND gate in, operating as a negative-OR gate, determine the output with respect to the inputs.



The output waveform X is HIGH any time an input waveform is LOW as shown in the timing diagram.

The NOR Gate

The term NOR is a contraction of NOT-OR and implies an OR function with an inverted (complemented) output. The standard logic symbol for a 2-input NOR gate and its equivalent OR gate followed by an inverter are shown in Figure (a). A rectangular outline symbol is shown in part (b).



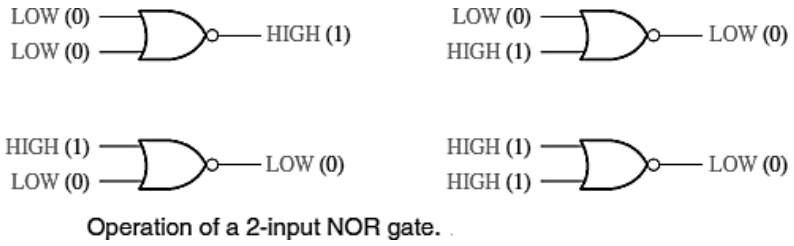
(a) Distinctive shape, 2-input NOR gate and its NOT/OR equivalent

(b) Rectangular outline, 2-input NOR gate with polarity indicator

Standard NOR gate logic symbols

Operation of a NOR Gate

Example :If the two waveforms shown in Figure 3–36 are applied to a NOR gate, what is the resulting output waveform?

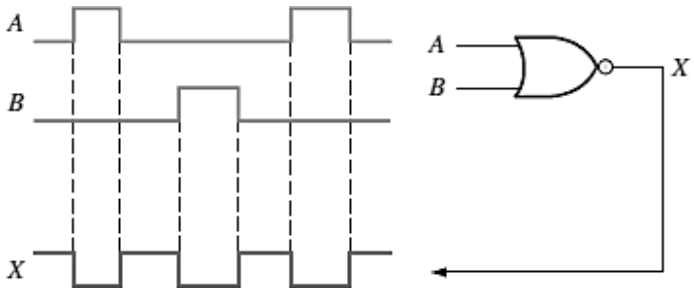


Operation of a 2-input NOR gate.

Truth table for a 2-input NOR gate.

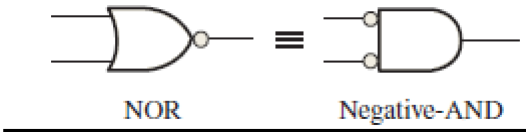
Inputs		Output
A	*B*	*X*
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

1 = HIGH, 0 = LOW.



Negative-AND Equivalent Operation of the NOR Gate

For a 2-input NOR gate performing a negative-AND operation, output X is HIGH only when both inputs A and B are LOW.



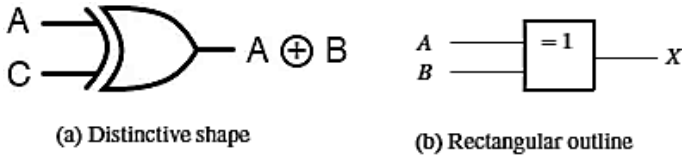
Standard symbols representing the two equivalent operations of a NOR gate.

Example: A device is needed to indicate when two LOW levels occur simultaneously on its inputs and to produce a HIGH output as an indication. Specify the device.??

Solution: A 2-input NOR gate operating as a negative-AND gate is required to produce a HIGH output when both inputs are LOW, as shown in Figure

The Exclusive-OR and Exclusive-NOR Gates

Standard symbols for an exclusive-OR (XOR for short) gate are shown in Figure
The XOR gate has only two inputs.
For an exclusive-OR gate, output X is HIGH when input A is LOW and input B is HIGH, or when input A is HIGH and input B is LOW; X is LOW when A and B are both HIGH or both LOW.



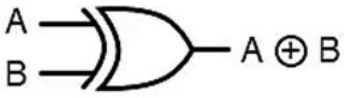
(a) Distinctive shape (b) Rectangular outline

Standard logic symbols for the exclusive-OR gate.

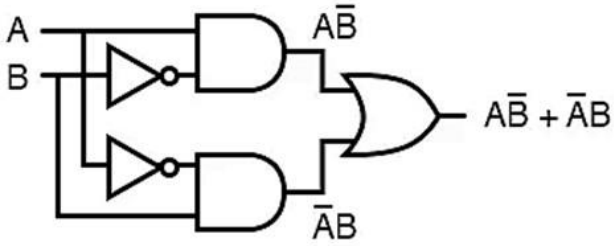
Truth table for an exclusive-OR gate.

Inputs		Output
A	*B*	*X*
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

The Expression Logic for EX-OR Gate :



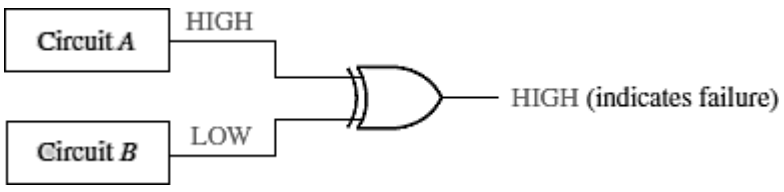
. . . is equivalent to . .



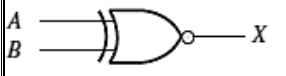
$$A \oplus B = A\bar{B} + \bar{A}B$$

Application: A certain system contains two identical circuits operating in parallel. As long as both are operating properly, the outputs of both circuits are always the same. If one of the circuits fails, the outputs will be at opposite levels at some time. Devise a way to monitor and detect that a failure has occurred in one of the circuits.

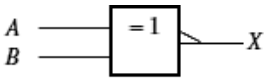
يمكن استخدام البوابة اكس أور XOR Gate، في نظام لكشف العطل في دائرتين يعملان على التفرع، يوصل خرجهما على مدخل بوابة اكس أور XOR، كما هو موضح في الشكل ، طالما هاتان الدائرتان تعملان بشكل صحيح، فإن خرج الدئراتين متشابه وخرج البوابة اكس أور XOR في حالة جهد منخفض LOW، وإذا حدث عطل في إحدى الدائرتين فإن خرج الدائرتين سيكون مختلف، وبالتالي خرج البوابة سيكون في حالة جهد مرتفع HIGH إشارة إلى وجود عطل في أحد الدوائر.



Example of exclusive-OR gate operation with pulse waveform inputs.

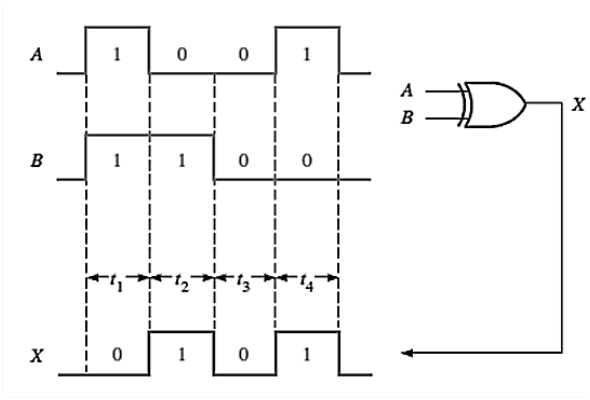


(a) Distinctive shape



(b) Rectangular outline

Standard logic symbols for the exclusive-NOR gate.

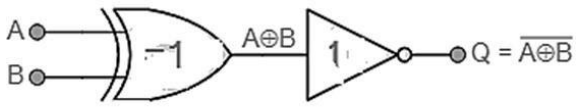


The Exclusive-NOR Gate

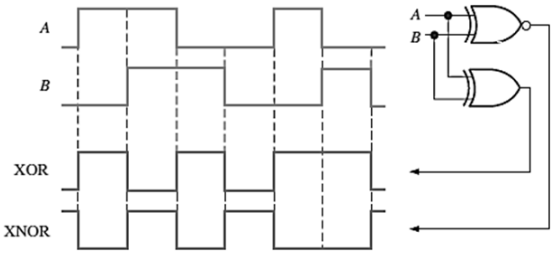
For an exclusive-NOR gate, output X is LOW when input A is LOW and input B is HIGH, or when A is HIGH and B is LOW; X is HIGH when A and B are both HIGH or both LOW.

The four possible input combinations and the resulting outputs for an XNOR gate are shown in Figure The operation of an XNOR gate is summarized in Table. Notice that the output is HIGH when the same level is on both inputs.

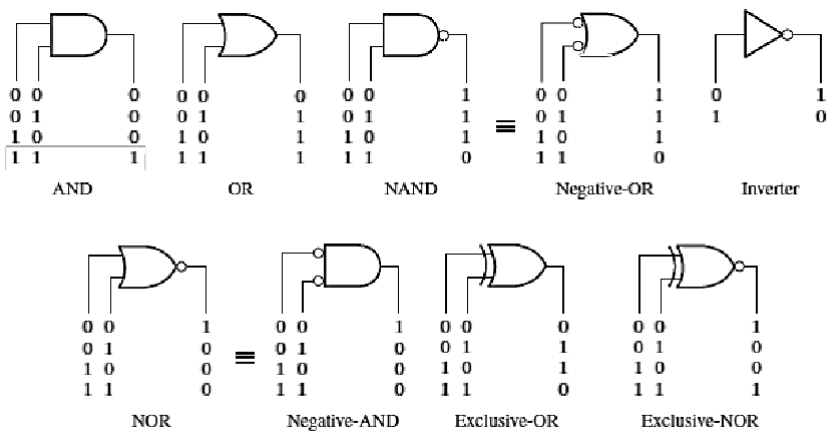
Example: Determine the output waveforms for the XOR gate and for the XNOR gate, given the input waveforms, A and B, in the Figure



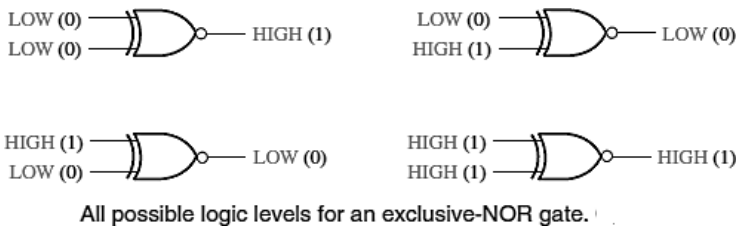
2-input "Ex-OR" gate plus a "NOT" gate



Summary



2. A NOT gate cannot have more than one input.
3. If any input to an OR gate is zero, the output is zero.
4. If all inputs to an AND gate are 1, the output is 0.
5. A NAND gate can be considered as an AND gate followed by a NOT gate.
6. A NOR gate can be considered as an OR gate followed by an inverter



All possible logic levels for an exclusive-NOR gate.

Truth table for an exclusive-NOR gate.

Inputs		Output
A	*B*	*X*
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1