

SISTEMAS DIGITALES

UNIDAD 2- PUERTAS LÓGICAS

Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la
Computación

UNIVERSIDAD DE ATACAMA

Ahora que sabemos cómo utilizar variables binarias para representar información, exploramos sistemas digitales que realizan operaciones con estas variables binarias.

Las puertas lógicas:

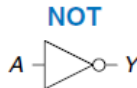
- Son **circuitos digitales simples** que toman una o más entradas binarias y producen una salida binaria.
- Las puertas lógicas se dibujan con un símbolo que muestra la entrada (o entradas) y la salida. Las entradas generalmente se dibujan a la izquierda (o arriba) y las salidas a la derecha (o abajo).

Las puertas lógicas:

- La relación entre las entradas y la salida se puede describir con una **tabla de verdad o una ecuación booleana**.
- Una tabla de verdad enumera las entradas a la izquierda y la salida correspondiente a la derecha. Tiene una fila para cada posible combinación de entradas. Una ecuación booleana es una expresión matemática que utiliza variables binarias.

Puerta NOT

- Tiene una entrada, A, y una salida, Y.
- La salida de la puerta NOT es la **inversa** de su entrada. Si A es FALSO, entonces Y es VERDADERO. Si A es VERDADERO, entonces Y es FALSO.
- La línea sobre A en la ecuación booleana se pronuncia NOT, se lee **“Y es igual a NOT A”**. La puerta NOT también se llama **inversor**.

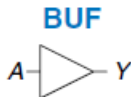


$$Y = \bar{A}$$

A	Y
0	1
1	0

Puerta BUF

- La otra puerta lógica de una entrada se llama **buffer**. Simplemente **copia** la entrada a la salida.
- Desde el punto de vista analógico, el buffer podría tener características deseables como la capacidad de entregar grandes cantidades de corriente a un motor o la capacidad de enviar rápidamente su salida a muchas puertas.

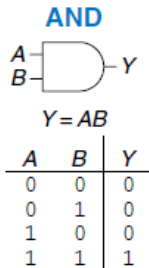


$$Y = A$$

A	Y
0	0
1	1

Puerta AND

- Las puertas lógicas de dos entradas son más interesantes. La puerta AND produce una salida VERDADERA, Y, si y sólo si tanto A como B son VERDADEROS. De lo contrario, el resultado es FALSO.
- Por convención, las entradas se enumeran en el orden 00, 01, 10, 11, como si estuviera contando en binario.



Ejemplo Puerta AND

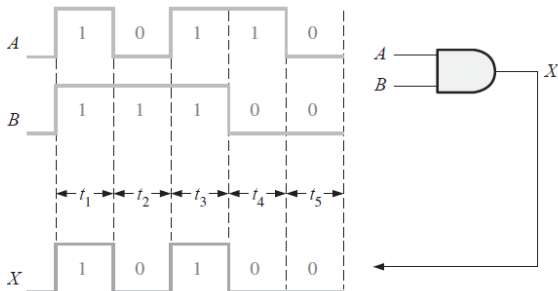
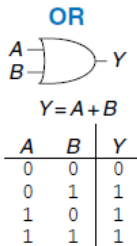


Figura 3.10 Ejemplo de funcionamiento de una puerta AND con trenes de impulsos, y cronograma que muestra las relaciones entre las entradas y la salida.

Puerta OR

- La puerta OR produce una salida VERDADERA, Y, si A o B (o ambos) son VERDADEROS.



Ejemplo Puerta OR

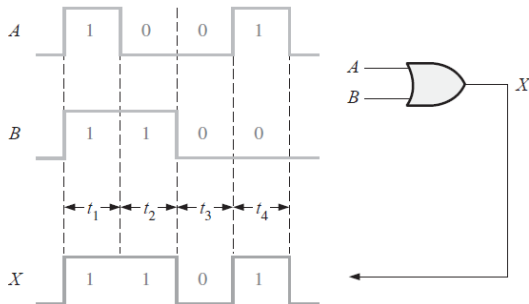


FIGURA 3.19 Ejemplo de funcionamiento de la puerta OR con trenes de impulsos junto con el cronograma que muestra la relación entre las entradas y la salida.

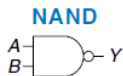
Otras puertas lógicas

- **XOR** (OR exclusivo, pronunciado “ex-OR”) es VERDADERO si A o B, pero no ambos, son VERDADEROS.
- La puerta **NAND** realiza NOT AND. Su salida es VERDADERA a menos que ambas entradas sean VERDADERAS.
- La puerta **NOR** realiza NOT OR. Su salida es VERDADERA si ni A ni B son VERDADEROS.



$$Y = A \oplus B$$

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



$$Y = \overline{AB}$$

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



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

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

Ejemplo Puerta XOR

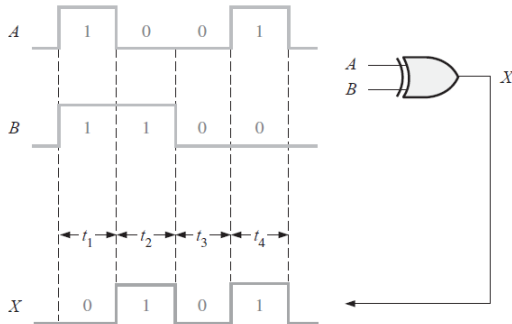
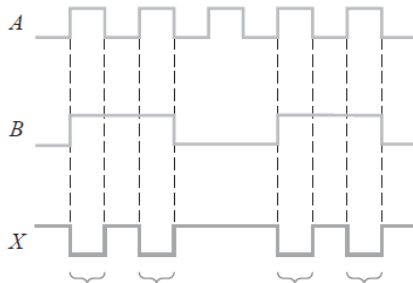
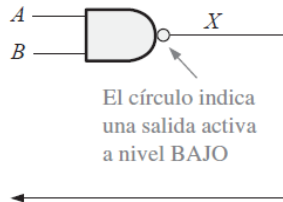


FIGURA 3.46 Ejemplo de funcionamiento de la puerta OR-exclusiva con trenes de impulsos.

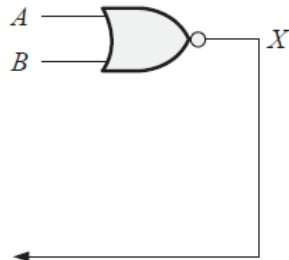
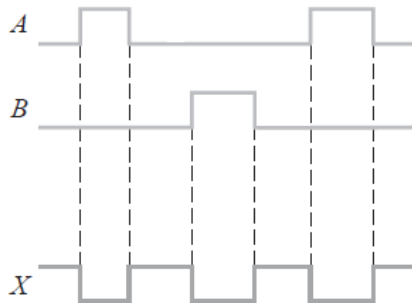
Ejemplo Puerta NAND



A y *B* están a nivel ALTO durante estos cuatro intervalos de tiempo. Por tanto, *X* es un nivel BAJO.



Ejemplo Puerta NOR



Ejercicio Puerta XNOR

- La figura muestra el símbolo y la ecuación booleana de una puerta XNOR de dos entradas que realiza la inversa de un XOR. Completa la tabla de verdad.

XNOR



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

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Ejercicio Puerta XNOR

- La figura muestra el símbolo y la ecuación booleana de una puerta XNOR de dos entradas que realiza la inversa de un XOR. Completa la tabla de verdad.

XNOR



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

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

Aplicación Puertas Lógicas

Como parte del sistema de monitorización funcional de un avión, se requiere un circuito para indicar el estado del tren de aterrizaje antes de tomar tierra.

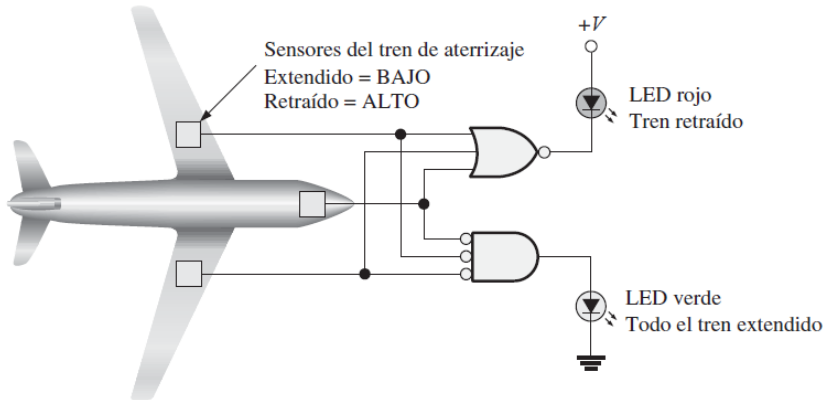
- Se enciende un LED verde si los tres mecanismos de aterrizaje están correctamente extendidos cuando el interruptor para “bajar el tren de aterrizaje” se ha activado.
- Un LED rojo se enciende si cualquiera de los mecanismos falla al extenderse antes de aterrizar.
- Cuando uno de los mecanismos se extiende, el sensor correspondiente genera una tensión a nivel BAJO.
- Cuando uno de los mecanismos del tren de aterrizaje se retrae, su sensor genera una tensión a nivel ALTO.

Implementar un circuito que cumpla estos requisitos

Respuesta

- La otra puerta NOR funciona como tal para detectar si una o más de las ruedas de aterrizaje permanecen retraídas cuando se activa el interruptor que baja el tren de aterrizaje.
- Cuando una o más de las ruedas de aterrizaje permanecen retraídas; la salida a nivel ALTO procedente del sensor se detecta mediante la puerta NOR, que da lugar a una salida a nivel BAJO que enciende el LED rojo de aviso.

Respuesta



Ejercicios

Dibuje el símbolo, la ecuación booleana y la tabla de verdad para:

1. Puerta OR con tres entradas.
2. Puerta XOR (OR exclusiva) con tres entradas.
3. Puerta XNOR con 4 entradas.

Respuesta

OR3



$$Y = A + B + C$$

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

(a)

XOR3



$$Y = A \oplus B \oplus C$$

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

(b)

XNOR4



$$Y = \overline{A \oplus B \oplus C \oplus D}$$

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

(c)

Abstracción digital

Un sistema digital utiliza variables de valores discretos. Sin embargo, **las variables están representadas por cantidades físicas continuas** como el voltaje en un cable, la posición de un engranaje o el nivel de líquido en un cilindro. Por tanto, el diseñador debe elegir una forma de relacionar el valor continuo con el valor discreto.

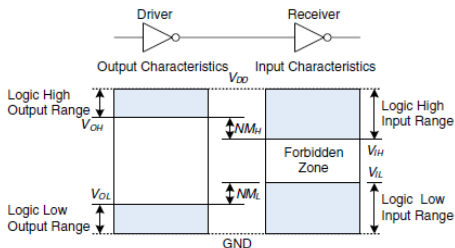
Example

Considere representar una señal binaria A con un voltaje en un cable. Supongamos que 0 voltios (V) indican $A = 0$ y 5 V indican $A = 1$. Cualquier sistema real debe tolerar algo de ruido, por lo que 4,97 V probablemente también debería interpretarse como $A = 1$. Pero ¿qué pasa con 4,3 V? ¿O 2,8 V? ¿O 2,500000 V?

Voltaje de suministro (V_{DD})

- Supongamos que el voltaje más bajo del sistema es 0 V, también llamado tierra o **GND**.
- El voltaje más alto del sistema proviene de la fuente de alimentación y suele denominarse V_{DD} .
- En la tecnología de las décadas de 1970 y 1980, el V_{DD} era generalmente de 5 V. A medida que los chips evolucionaron hacia transistores más pequeños, el V_{DD} se redujo a 3,3 V, 2,5 V, 1,8 V, 1,5 V, 1,2 V o incluso menos para ahorrar energía y evitar sobrecargar los transistores.

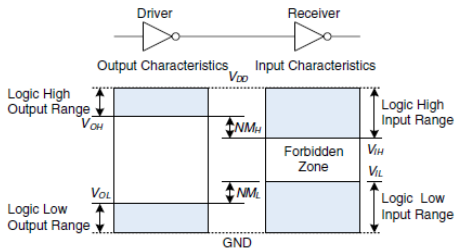
Conceptos



Niveles lógicos

- El mapeo de una variable continua a una variable binaria discreta se realiza definiendo niveles lógicos, como se muestra en la Figura.
- La primera puerta se llama conductor y la segunda puerta se llama receptor. La salida del controlador está conectada a la entrada del receptor.

Conceptos



Variables:

- V_{IL} Tensión que se admite como 0 lógico.
- V_{IH} Tensión que se admite como 1 lógico.
- V_{OH} y V_{OL} son los niveles de tensión del 1 y el 0 respectivamente para la salida de la puerta lógica.

Conceptos

Ruido Marginal

- Para que la salida del conductor se interprete correctamente a la entrada del receptor debemos elegir $V_{OL} < V_{IL}$ y $V_{OH} > V_{IH}$.
- Por lo tanto, incluso si la salida del controlador está contaminada por algún ruido, la entrada del receptor seguirá detectando el nivel lógico correcto.
- El margen de ruido es la cantidad de ruido que podría agregarse a la salida en el peor de los casos, de modo que la señal aún pueda interpretarse como una entrada válida.

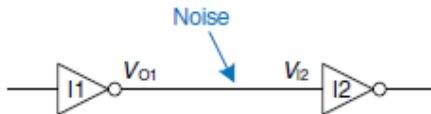
$$NM_L = V_{IL} - V_{OL} \quad (1)$$

$$NM_H = V_{IH} - V_{OH} \quad (2)$$

Conceptos

Example

- Considere el circuito inversor de la Figura. V_{O1} es el voltaje de salida del inversor I_1 y V_{I2} es el voltaje de entrada del inversor I_2 .
- Ambos inversores tienen las siguientes características:
 $V_{DD} = 5V$, $V_{IL} = 1,35V$, $V_{IH} = 3,15V$, $V_{OL} = 0,33V$ y $V_{OH} = 3,84V$. ¿Cuáles son los márgenes de ruido alto y bajo del inversor? ¿Puede el circuito tolerar 1 V de ruido entre V_{O1} y V_{I2} ?



Conceptos

Los márgenes de ruido del inversor son:

- $NM_L = V_{IL} - V_{OL} = (1,35V - 0,33V) = 1,02V$,
- $NM_H = V_{OH} - V_{IH} = (3,84V - 3,15V) = 0,69V$.
- El circuito puede tolerar 1 V de ruido cuando la salida es BAJA ($NM_L = 1,02V$) pero no cuando la salida es ALTA ($NM_H = 0,69V$).
- Por ejemplo, supongamos que el controlador, I_1 , genera su peor valor ALTO, $V_{O1} = V_{OH} = 3,84V$. Si el ruido hace que el voltaje caiga 1 V antes de llegar a la entrada del receptor, $V_{I2} = (3,84V - 1V) = 2,84V$. Esto es menor que el valor ALTO de entrada aceptable, $V_{IH} = 3,15V$, por lo que es posible que el receptor no detecte una entrada ALTA adecuada.

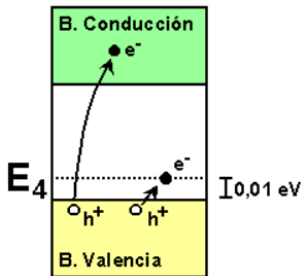
Transistores:

- Son interruptores controlados eléctricamente que se encienden o apagan cuando se aplica un voltaje o corriente a un terminal de control.
- Los dos tipos principales de transistores son los transistores bipolares y los transistores de efecto de campo semiconductores de óxido metálico (MOSFET o transistores MOS, pronunciados "moss-fets.º "M-O-S", respectivamente).

CMOS TRANSISTORS

Semiconductores:

- Un semiconductor es un elemento material cuya conductividad eléctrica puede considerarse situada entre las de un aislante y la de un conductor, considerados en orden creciente
- El interés del semiconductor se centra en su capacidad de dar lugar a la aparición de una corriente, es decir, que haya un movimiento de electrones.



CMOS TRANSISTORS

En resumen:

- Consta de dos conductores separados por un aislante. Cuando se aplica un voltaje V a uno de los conductores, el conductor acumula carga eléctrica Q y el otro conductor acumula la carga opuesta $-Q$.
- La capacitancia C del capacitor es la relación entre carga y voltaje: $C = Q/V$. La capacitancia es proporcional al tamaño de los conductores e inversamente proporcional a la distancia entre ellos.
- La capacitancia es importante porque cargar o descargar un conductor requiere tiempo y energía. Más capacitancia significa que un circuito será más lento y requerirá más energía para funcionar.

El consumo de energía

- Es la cantidad de energía utilizada por unidad de tiempo.
- Los sistemas digitales consumen energía tanto dinámica como estática. La potencia dinámica es la potencia utilizada para cargar la capacitancia cuando las señales cambian entre 0 y 1. La potencia estática es la potencia utilizada incluso cuando las señales no cambian y el sistema está inactivo.

El consumo de energía

- Las puertas lógicas y los cables que las conectan tienen capacitancia. La energía extraída de la fuente de alimentación para cargar una capacitancia C al voltaje V_{DD} es CV_{DD}^2 .
- Si el voltaje en el capacitor cambia a la frecuencia f (es decir, f veces por segundo), carga el capacitor $f/2$ veces y lo descarga $f/2$ veces por segundo. La descarga no consume energía de la fuente de alimentación, por lo que el consumo de energía dinámico es

$$P_{dynamic} = \frac{1}{2} CV_{DD}^2 f \quad (3)$$

Downloaded from <http://ajph.org/> on November 10, 2015

-

[illegible]

Ejemplo: El consumo de energía

Un teléfono celular en particular tiene una batería de 6 vatios-hora (W-h) y funciona a 1,2 V. Supongamos que, cuando está en uso, el teléfono celular opera a 300 MHz y la cantidad promedio de capacitancia en la conmutación del chip en un momento dado es de 10 nF (10^{-8} faradios). Cuando está en uso, también transmite 3 W de potencia a través de su antena. Cuando el teléfono no está en uso, la potencia dinámica cae casi a cero porque el procesamiento de la señal está desactivado. Pero el teléfono también consume 40 mA de corriente inactiva, ya sea que esté en uso o no. **Determine la duración de la batería del teléfono (a) si no se usa y (b) si se usa continuamente.**

Solución

La potencia estática es:

- $P_{static} = (0,040A)(1,2V) = 48mW$.
- Si no se utiliza el teléfono, este es el único consumo de energía, por lo que la duración de la batería es $(6Wh)/(0,048W) = 125horas$ (aproximadamente 5 días).

La potencia dinámica es:

- $P_{dynamic} = (0,5)(10^{-8}F)(1,2V)^2(3 * 10^8Hz) = 2,16W$.
- Junto con la potencia estática y transmitida, la potencia activa total es $2,16W + 0,048W + 3W = 5,2W$.
- Por lo que la duración de la batería es de $6Wh/5,2W = 1,15horas$.