

# ***Introducción al Diseño Lógico (E0301)***

***Ingeniería en Computación***

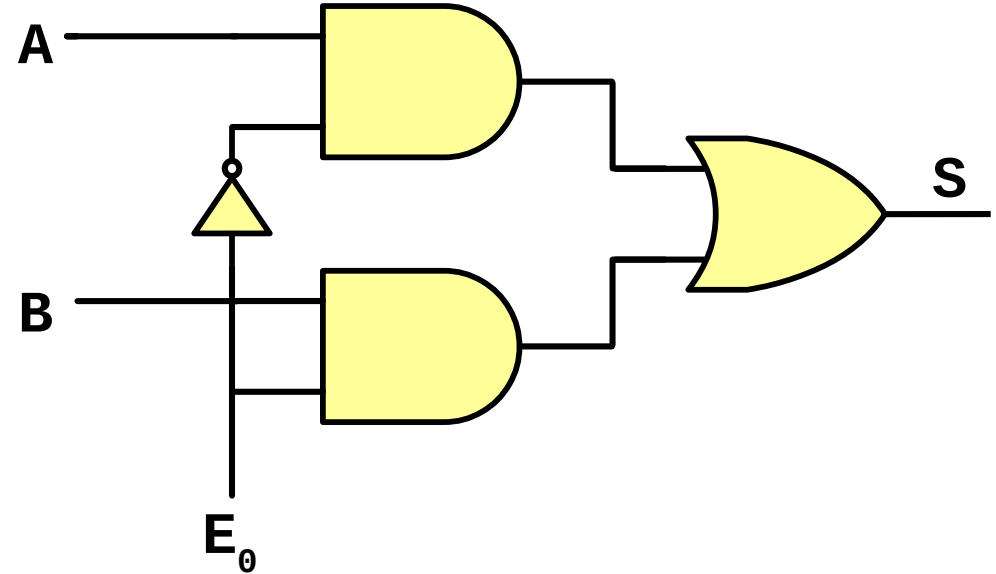
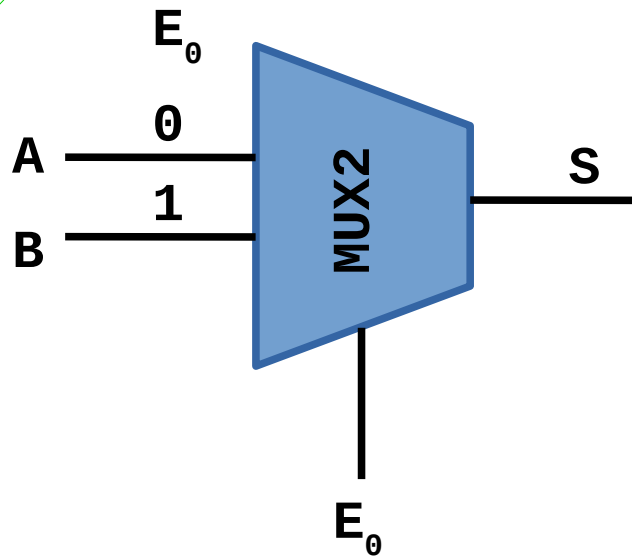
***Gerardo E. Sager***

***Clase 9 curso 2021***

# Clase 9

- Temas a tratar
  - Multiplexores
  - Uso de Multiplexores para implementar funciones lógicas.
  - Componentes pasivos: Llaves Normalmente Abiertas (NA) y Normalmente Cerradas (NC).
  - Componentes Activos: Diodos – LED – Transistores Bipolares – MOSFET – CMOS.
  - Uso como llaves de MOSFETs PMOS y NMOS
  - INVERSOR, AND y OR implementados como circuitos con llaves.
  - INVERSOR, NAND y NOR implementados como circuitos CMOS.
  - Efectos producidos por la implementación real. Tiempo de propagación, y Resistencia de salida.
  - Pautas para representar esquemas de circuitos correctamente

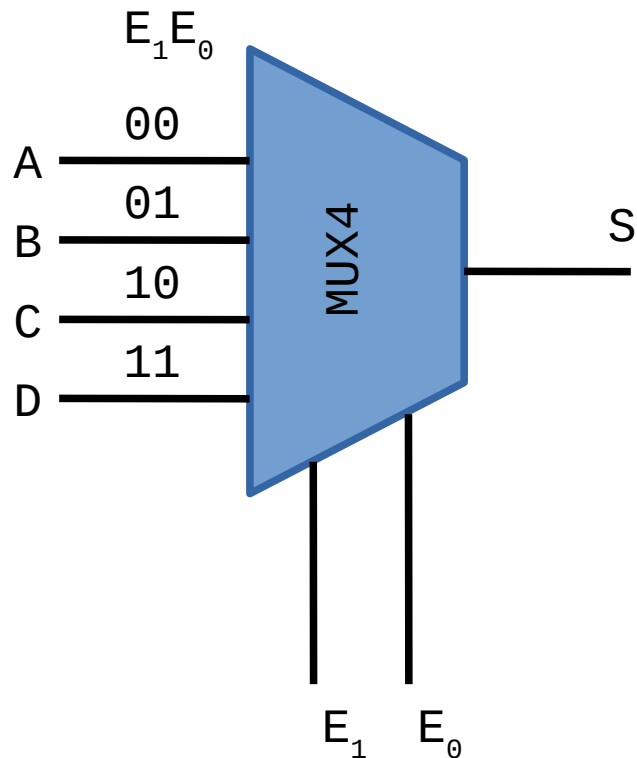
# Multiplexor de dos entradas (MUX2)



E <sub>0</sub>	S
0	A
1	B

$$S = \overline{E_0} A + E_0 B$$

# Multiplexor de cuatro entradas (MUX4)

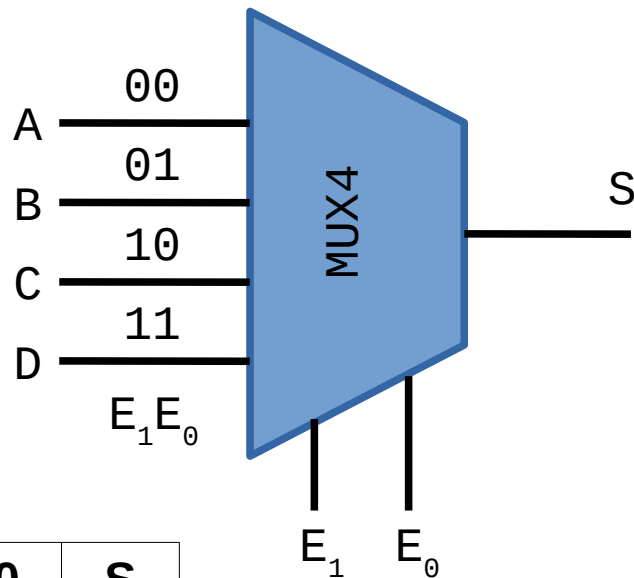


$$S = \bar{E}_1 \bar{E}_0 A + \bar{E}_1 E_0 B + E_1 \bar{E}_0 C + E_1 E_0 D$$

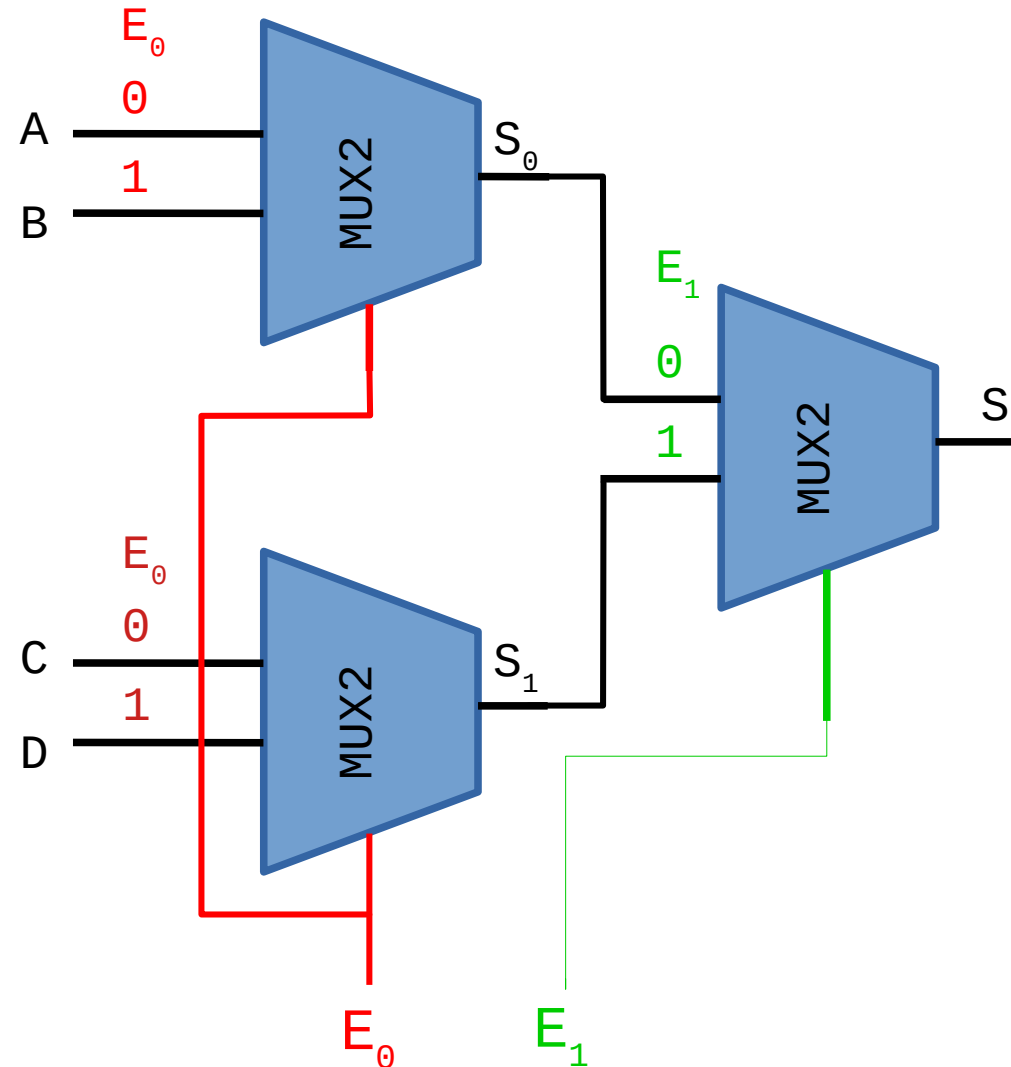
E1	E0	S
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	D

# Implementar un MUX4 a partir de MUX2

$$S = \bar{E}_1 \bar{E}_0 A + \bar{E}_1 E_0 B + E_1 \bar{E}_0 C + E_1 E_0 D$$

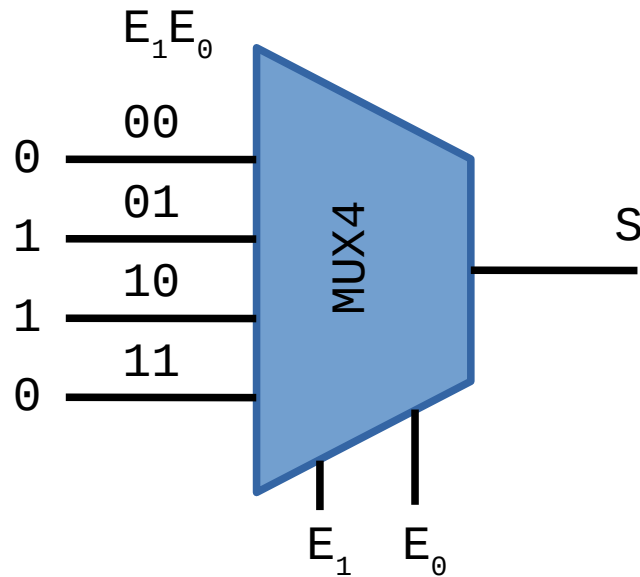


E1	E0	S
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	D



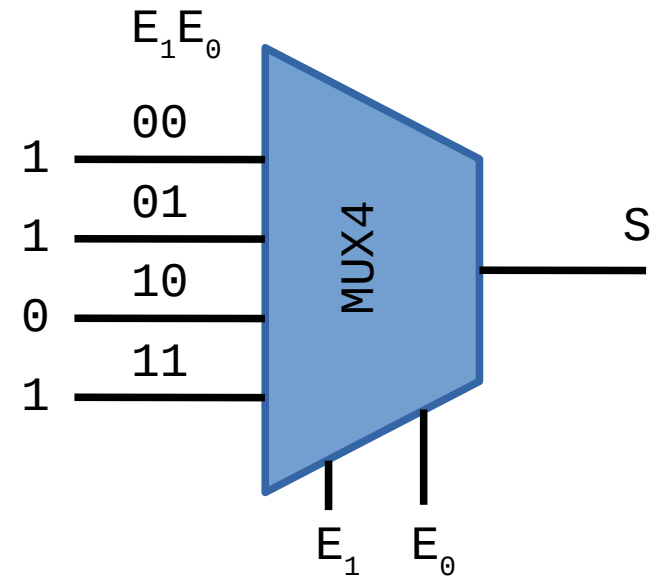
# Uso de MUX4 para implementar funciones lógicas de dos entradas

## OR EXCLUSIVA



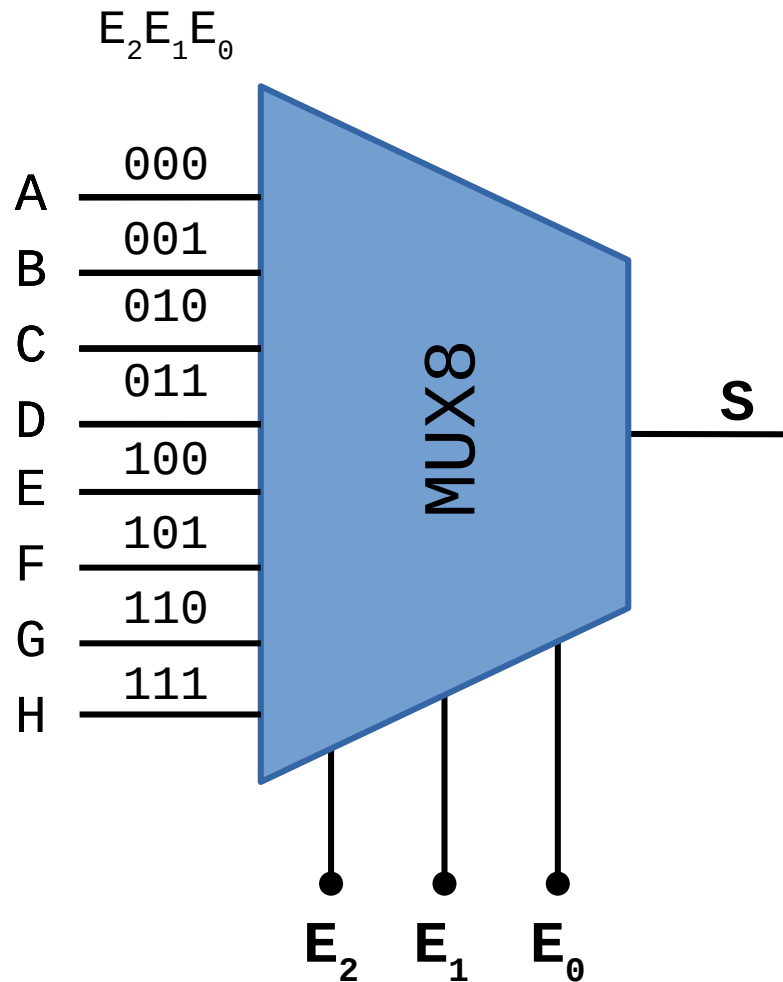
$E_1$	$E_0$	$S$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

## FUNCIÓN ARBITRARIA



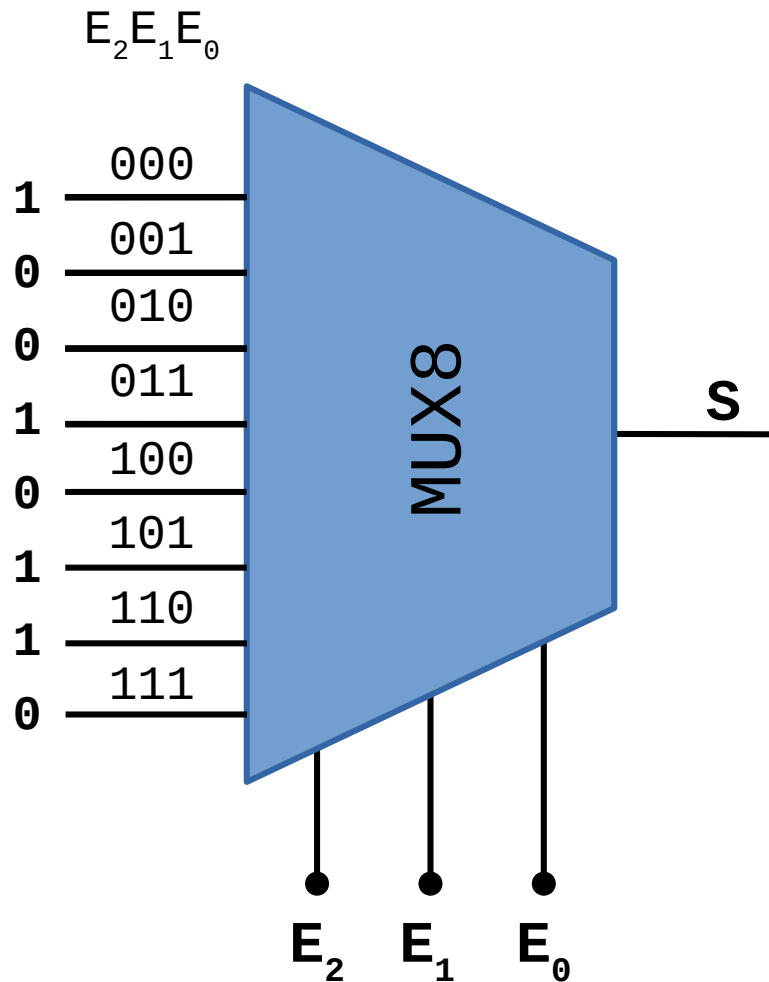
$E_1$	$E_0$	$S$
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

# Multiplexor de ocho entradas (MUX8)



$E_2$	$E_1$	$E_0$	S
0	0	0	A
0	0	1	B
0	1	0	C
0	1	1	D
1	0	0	E
1	0	1	F
1	1	0	G
1	1	1	H

# Uso de MUX8 para implementar funciones lógicas de tres entradas



$E_2$	$E_1$	$E_0$	$S$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0



# Componentes

## Llaves / switches / Interruptores

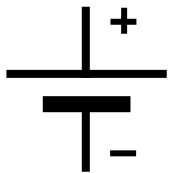


Normalmente Abierto (NA)

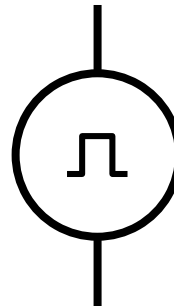


Normalmente Cerrado (NC)

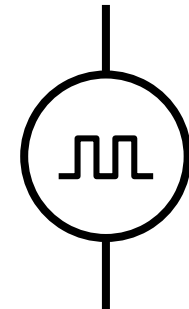
## Fuentes



Batería  
Fuente de  
Tensión Continua  
VCC



Fuente Digital  
Fuente de Pulsos

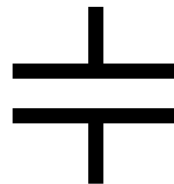


Reloj  
Clock  
Ck

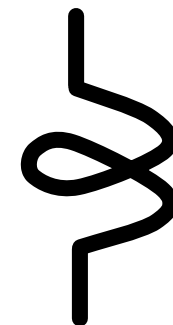
## Componentes Pasivos



Resistor (R)



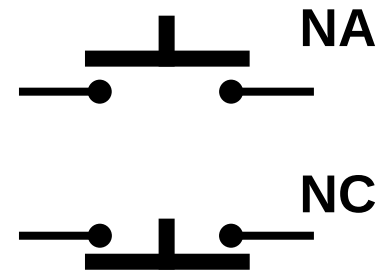
Capacitor (C)



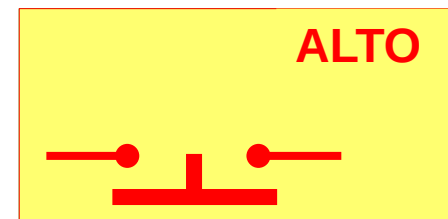
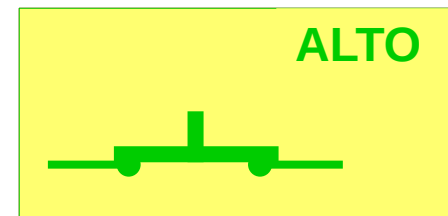
Inductor (L)

# Llaves y Variables Lógicas

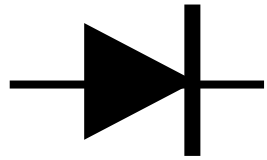
- Las llaves o interruptores pueden ser de dos tipos:
  - Normalmente Abiertas (**NA**): Cuando son accionadas, conectan el circuito, por ejemplo pulsador de timbre.
  - Normalmente Cerradas (**NC**): Cuando son accionadas, desconectan el circuito.



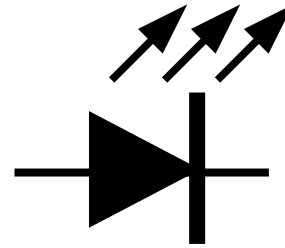
- Se puede interpretar que una llave **NA** puede accionarse por una variable lógica
  - Cuando está en ALTO, el circuito está establecido.
  - Cuando está en BAJO, el circuito está interrumpido.
- Se puede interpretar que una llave **NC** puede accionarse por una variable lógica
  - Cuando está en BAJO, el circuito está establecido.
  - Cuando está en ALTO, el circuito se interrumpe.



# Componentes Activos

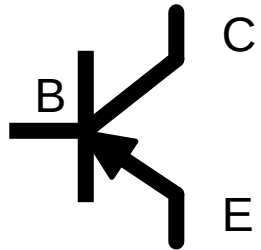


DIODO

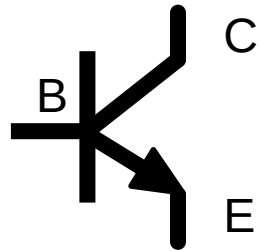


DIODO EMISOR DE LUZ (LED)

## TRANSISTORES BIPOLARES

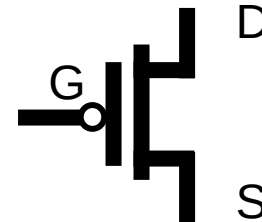


Transistor PNP

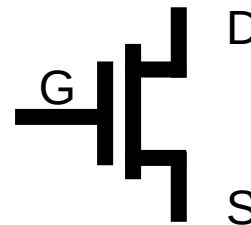


Transistor NPN

## TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO METAL-ÓXIDO SEMICONDUCTOR (MOSFET)



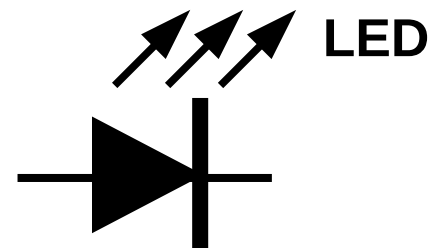
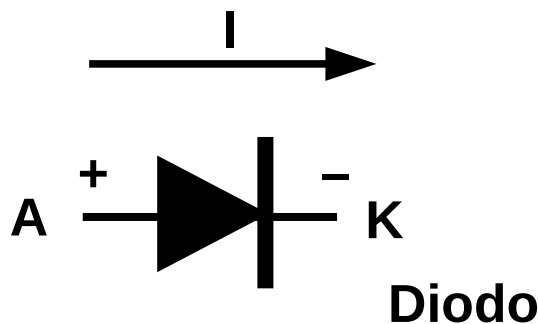
Transistor P-MOS



Transistor N-MOS

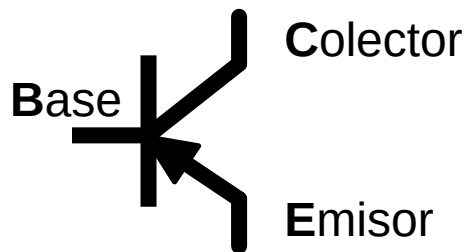
# Componentes Activos: Diodo

- Los terminales del Diodo reciben nombre: Anodo (A) y cátodo (K)
- El diodo permite que la corriente circule en un solo sentido, de ánodo a cátodo por dentro del dispositivo.
- Para que circule la corriente el Anodo debe ser positivo con respecto al cátodo.
- La corriente que circula por el diodo crece exponencialmente con la tensión aplicada, así que en muchos casos es necesario poner un resistor en serie para limitar la corriente y que el dispositivo no se dañe.
- El LED es un tipo especial de diodo que emite luz cuando circula corriente a través de él.
- Actualmente existen LEDs que emiten luz de distintos colores, desde el infrarrojo hasta el Ultravioleta cercano.



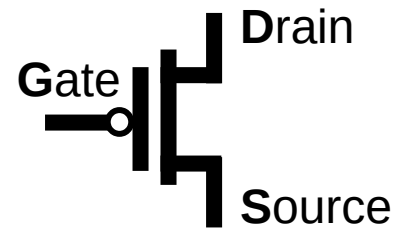
# Componentes Activos: BJT y MOSFET

- Tanto los Transistores de Juntura Bipolares de Juntura (BJT) como los MOSFET, pueden utilizarse como llaves.
- Cuando la tecnología de fabricación utiliza ambos tipos de MOSFET (PMOS y NMOS) en el mismo circuito, se la denomina tecnología CMOS (Complementary MOS)
- Tienen un elemento de control (Base EN BJT o Gate en CMOS), que permite accionarla con un nivel lógico ALTO o BAJO, según como estén conectadas.



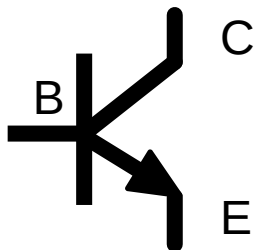
Transistor  
(BJT) **PNP**

Se acciona cuando la Base está en un nivel más BAJO que el Emisor



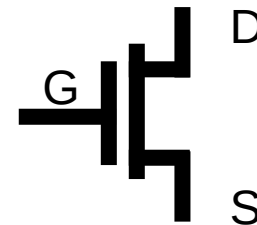
Transistor  
**P-MOS**

Se acciona cuando Gate está en un nivel más BAJO que Source



Transistor  
(BJT) **NPN**

Se acciona cuando la Base está en un nivel más ALTO que el Emisor

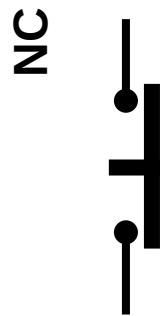


Transistor  
**N-MOS**

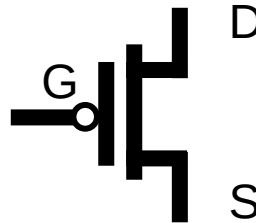
Se acciona cuando Gate está en un nivel más ALTO que Source

# Equivalencia Llave -> MOSFET

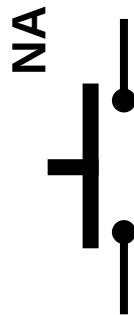
- En Sistemas Digitales los BJT y MOSFET se usan como Llaves o interruptores.
- La implementación de circuitos digitales con MOSFET tiene ventajas tecnológicas respecto a la implementación con transistores bipolares y es la que más se usa actualmente.



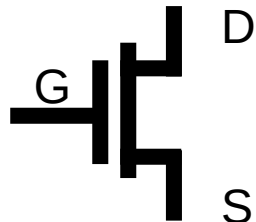
equivale a



Cuando se aplica un nivel BAJO entre G y S, un PMOS permite la circulación de corriente entre D y S



equivale a



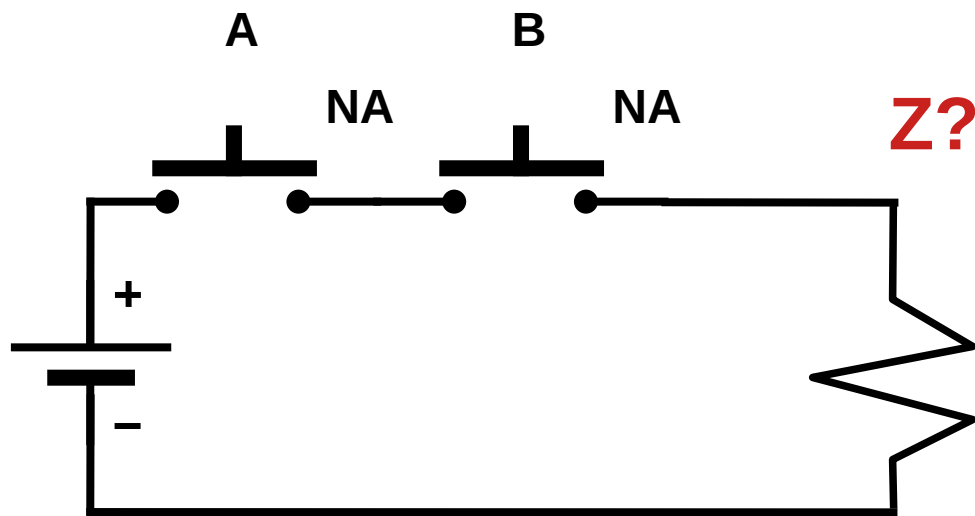
Cuando se aplica un nivel ALTO entre G y S, un NMOS permite la circulación de corriente entre D y S

# Equivalente de Compuerta AND

Si queremos que el punto **Z** tenga un nivel ALTO, necesitamos cerrar el circuito accionando las llaves **A** y **B** a la vez

Como vimos antes, en una llave NA, aplicar un valor alto a la entrada de control (pulsador) cierra el circuito

Podemos asimilar **A** a un nivel ALTO y  $\bar{A}$  a un nivel BAJO.



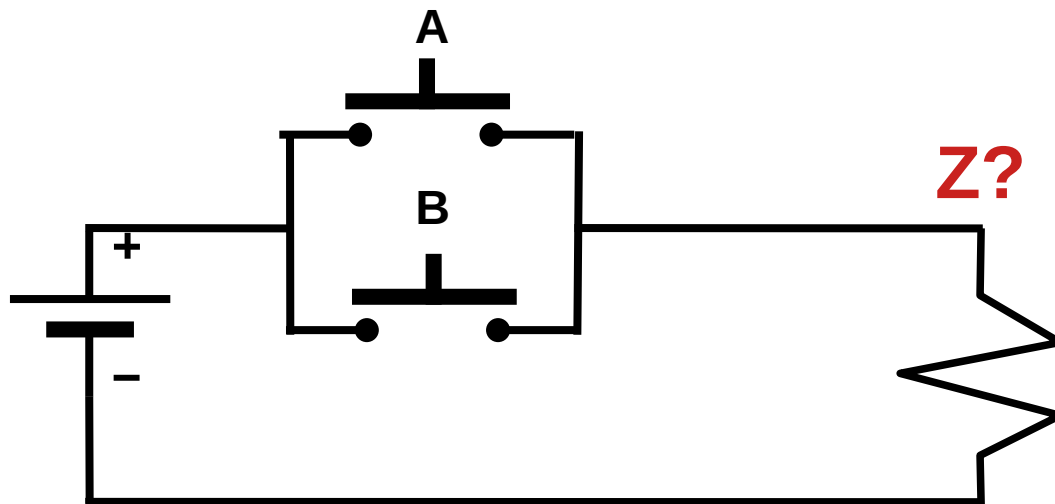
A	B	Z
BAJO (abierto)	BAJO (abierto)	BAJO
BAJO (abierto)	ALTO (cerrado)	BAJO
ALTO (cerrado)	BAJO (abierto)	BAJO
ALTO (cerrado)	ALTO (cerrado)	ALTO

# Equivalente de Compuerta OR

Si queremos que el punto **Z** tenga un nivel ALTO, necesitamos cerrar el circuito accionando cualquiera de las llaves **A**, **B** o ambas a la vez

Como vimos antes, en una llave **NA**, aplicar un valor alto a la entrada de control (pulsador) cierra el circuito

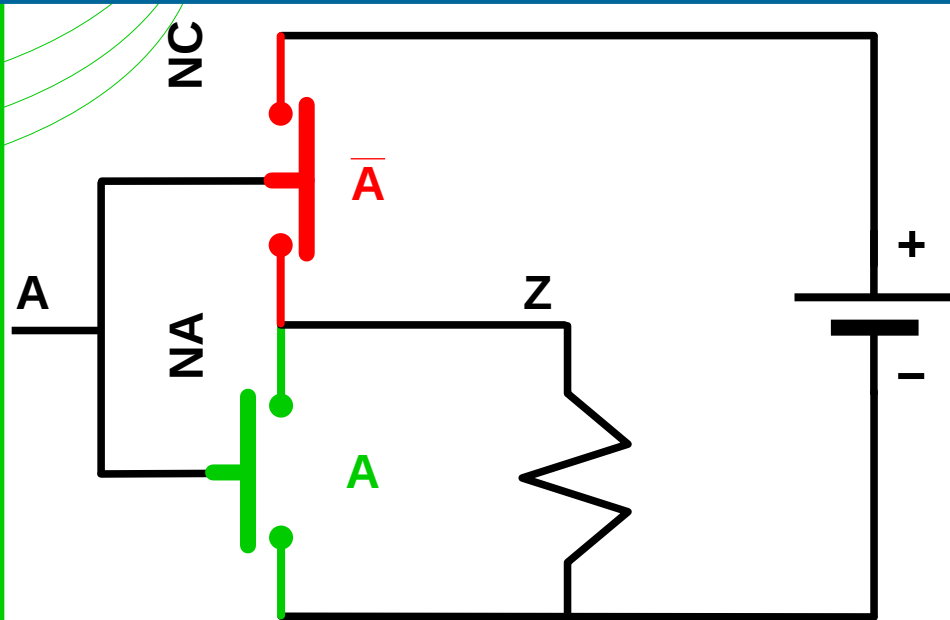
Podemos asimilar **A** a un nivel ALTO y  $\bar{A}$  a un nivel BAJO.



A	B	Z
BAJO (abierto)	BAJO (abierto)	BAJO
BAJO (abierto)	ALTO (cerrado)	ALTO
ALTO (cerrado)	BAJO (abierto)	ALTO
ALTO (cerrado)	ALTO (cerrado)	ALTO

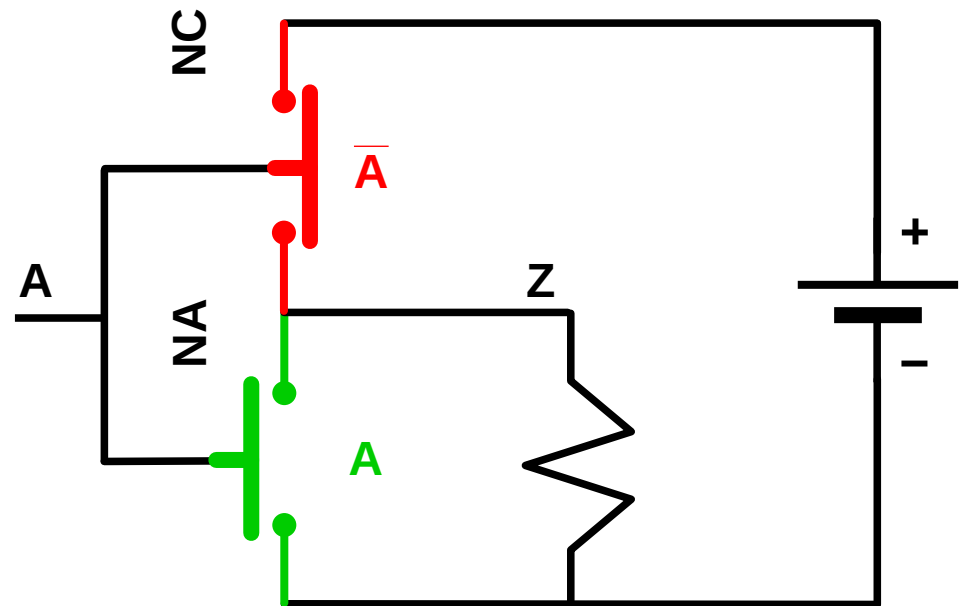


# Equivalente de Inversor

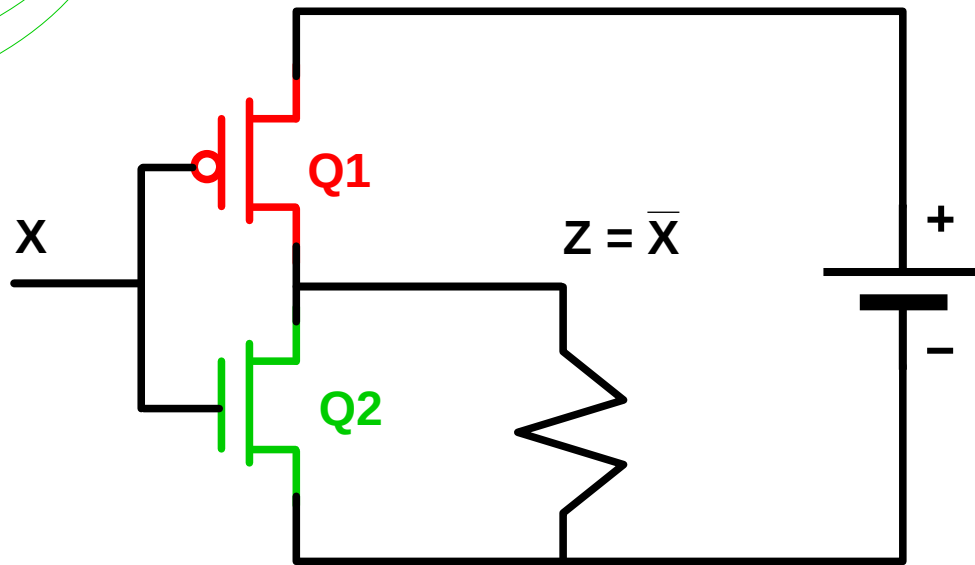


Si aplicamos un nivel ALTO en  $A$ , se accionará la llave  $A$ , Mientras que la llave  $\bar{A}$  permanecerá abierta.  
Si seguimos el circuito, vemos que  $Z$  tendrá un nivel BAJO

Si aplicamos un nivel BAJO en  $A$ , se accionará la llave  $\bar{A}$ , Mientras que la llave  $A$  permanecerá abierta.  
Si seguimos el circuito, vemos que  $Z$  tendrá un nivel ALTO



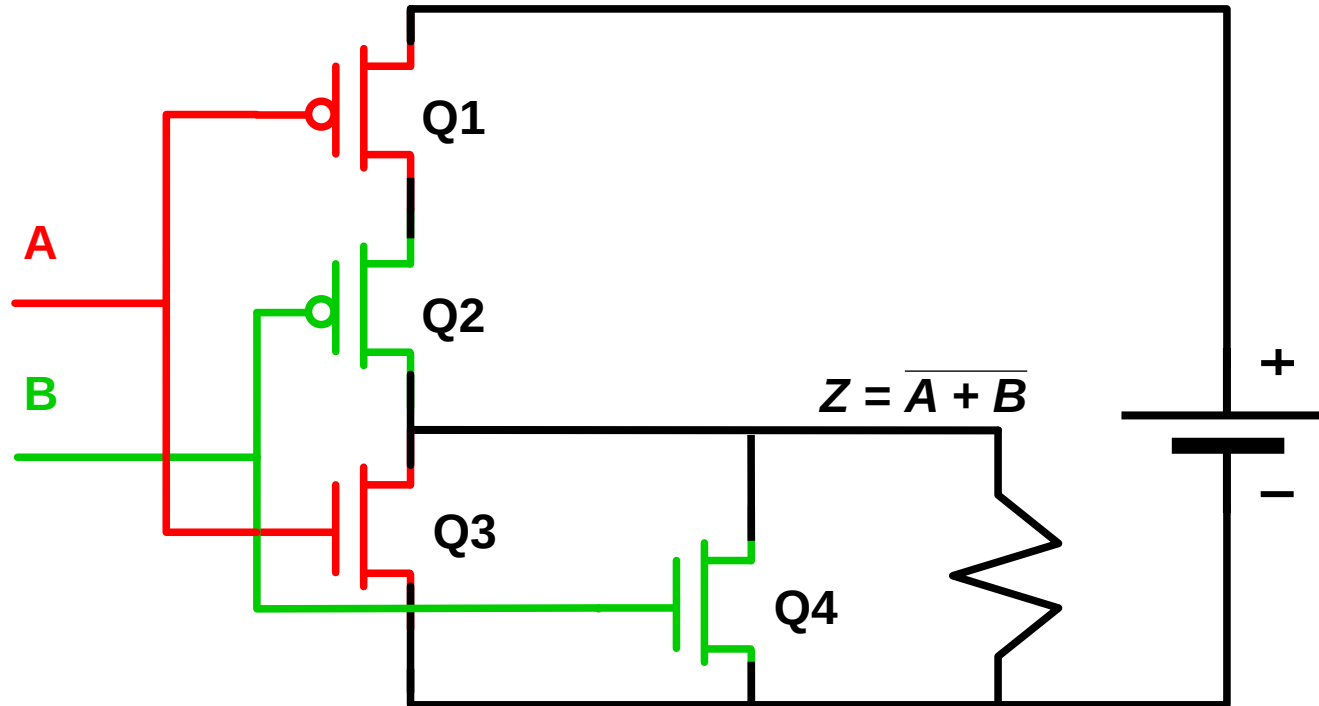
# Implementación de inversor con CMOS



X	Q1	Q2	Z
L	ON	OFF	H
H	OFF	ON	L

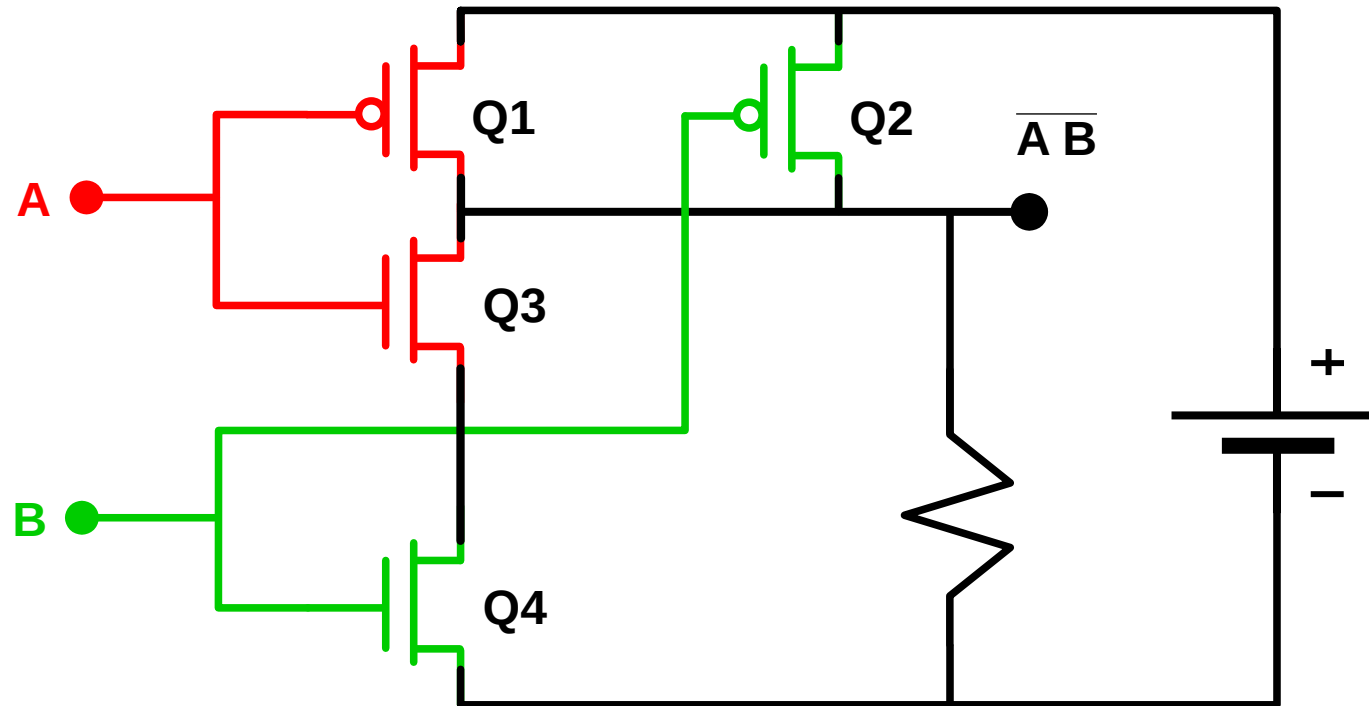
- Q1 y Q2 Son MOSFET de tipo P y de tipo N respectivamente
- Actúan como las llaves que vimos antes

# Compuerta NOR



A	B	Q1	Q2	Q3	Q4	Z
L	L	ON	ON	OFF	OFF	H
L	H	ON	OFF	OFF	ON	L
H	L	OFF	ON	ON	OFF	L
H	H	OFF	OFF	ON	ON	L

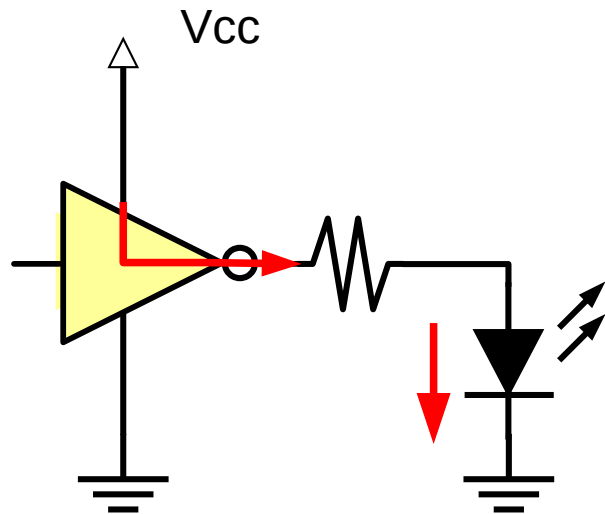
# Compuerta NAND



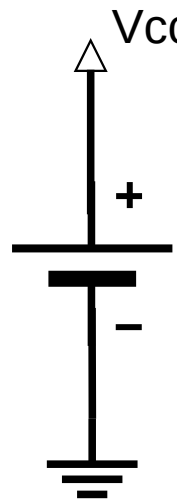
A	B	Q1	Q2	Q3	Q4	Z
L	L	ON	ON	OFF	OFF	H
L	H	ON	OFF	OFF	ON	H
H	L	OFF	ON	ON	OFF	H
H	H	OFF	OFF	ON	ON	L

# Conectar un LED

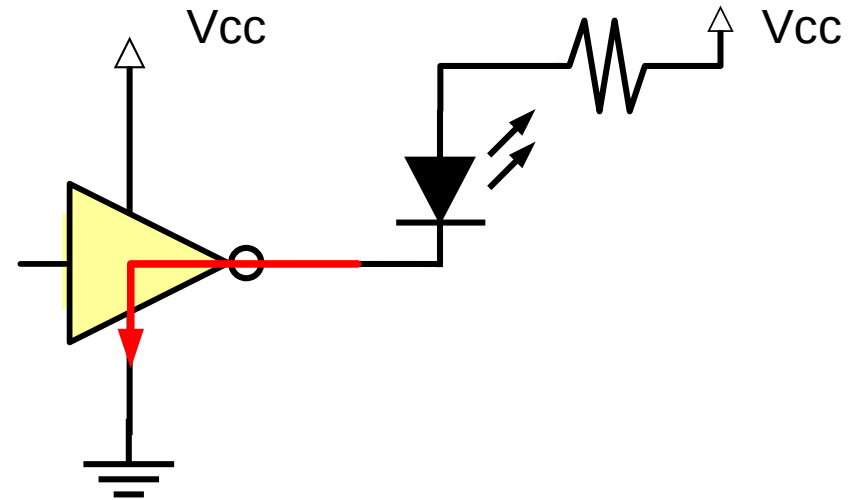
Enciende cuando la salida se pone en ALTO



Fuente de alimentación



Enciende cuando la salida se pone en BAJO



En rojo se marca el camino interno que sigue la corriente que enciende el LED cuando el circuito está activo

Note que en el primer caso, la corriente SALE de la Compuerta y en el segundo caso ENTRA a la compuerta

En ambos casos se marcaron las entradas de alimentación ( $V_{CC}$  y Tierra).

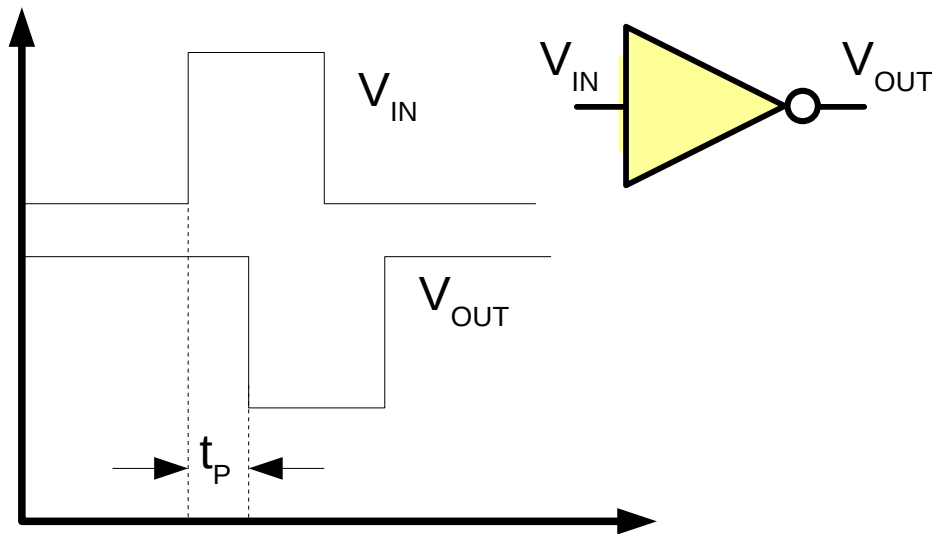
Esto es una convención para no trazar las líneas que unen la batería con los distintos elementos del circuito.

# Compuertas Reales

## TIEMPO DE PROPAGACIÓN

Desde el instante en que cambia el valor de la entrada de un circuito lógico hasta que la salida adopta el valor correspondiente y se mantiene estable, pasa un tiempo que llamamos tiempo de propagación.

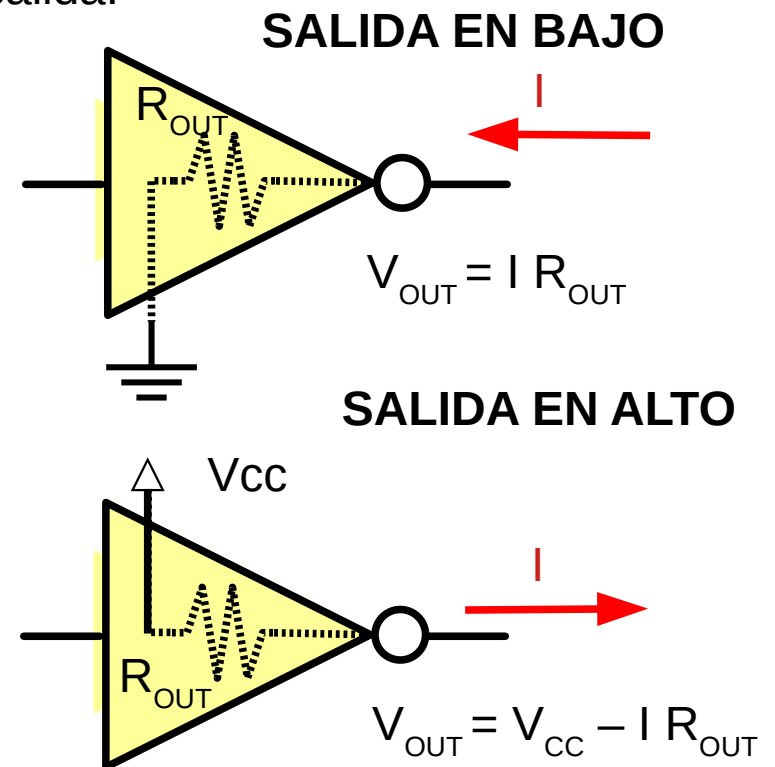
En la figura un ejemplo para un inversor.



## RESISTENCIA DE SALIDA

Los componentes no son ideales y por eso tienen un valor de resistencia en el camino de salida.

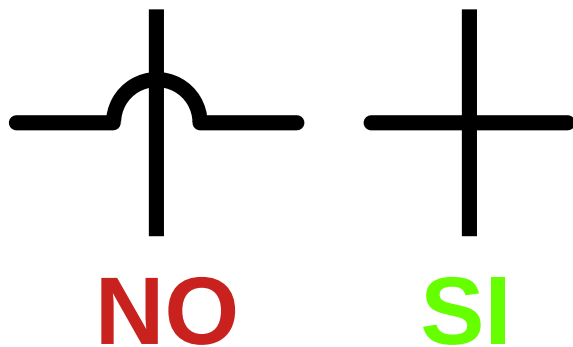
Esto afecta el valor de tensión que se obtiene cuando aumenta la corriente de salida.



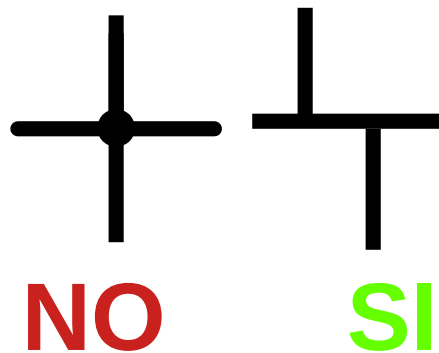
# Dibujar circuitos

- Hay muchas maneras de representar un circuito, la más habitual es realizar un “Diagrama Esquemático”
- En los diagramas suele darse la necesidad de unir líneas que conectan dispositivos, pero también a veces es necesario efectuar cruces de líneas que no están conectadas entre sí
- La convención que utilizamos es:
  - Dos líneas que se cruzan no están conectadas.
  - Las conexiones se indican haciendo terminar una línea sobre otra formando una “T”
  - Si es necesario cambiar la dirección de una línea, hacerlo siguiendo ángulos rectos, o en el peor de los casos a  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  o  $60^\circ$

## CRUCES



## UNIONES



## CAMBIOS DE DIRECCIÓN

