
Circuitos Electrónicos Digitales

*Bloque 1: Circuitos Electrónicos
y familias lógicas*

Tema 3: Familias lógicas

Guión del tema

- ▶ **Variables y operadores lógicos.**
- ▶ Álgebra de conmutación.
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ Parámetros de conmutación.

Variables y operadores lógicos

- ▶ Variables
 - ▶ Una variable lógica (también llamada binaria o de conmutación) es un símbolo (normalmente una letra con algún subíndice o sin él) al cual se le puede asignar el valor lógico 1 o el 0 (V o F).
- ▶ Operadores
 - ▶ Un operador lógico (o binario) es un símbolo matemático que permite obtener un resultado (valor lógico) a partir de un conjunto de variables y/o constantes lógicas.
 - ▶ La combinación de dos o más operadores lógicos conforma una expresión o función lógica.

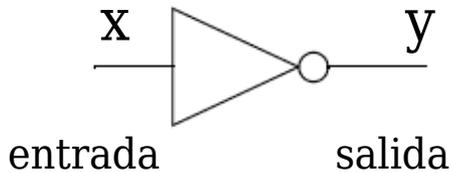
Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: representaciones

Operador	Representaciones
NOT	\bar{X} , NOT X, /X, X', #X
OR	$X + Y$, X or Y
NOR	$\overline{X + Y}$, XnorY
AND	$X \cdot Y$, X and Y, X&Y
NAND	$\overline{X \cdot Y}$, XnandY
EXOR	$X \oplus Y$, XexorY

Variables y operadores lógicos

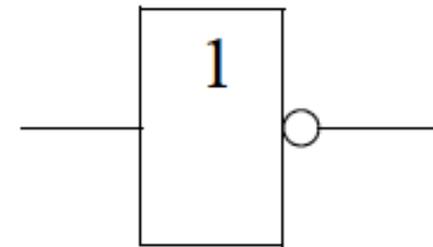
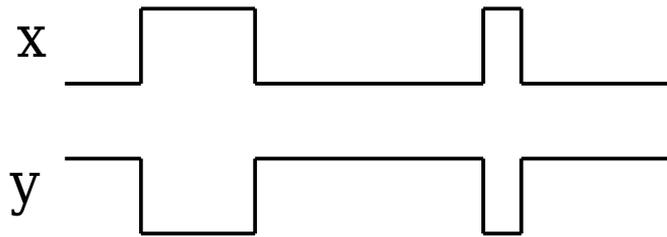
NOT



$$y = \bar{x}$$

X	Y
0	1
1	0

Tabla de verdad

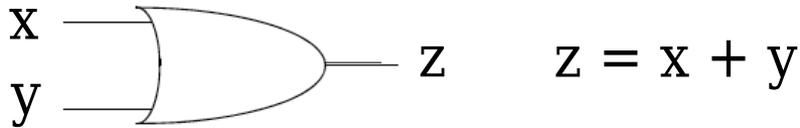


Símbolo IEEE

(Institute of Electrical and Electronics Engineers)

Variables y operadores lógicos

OR



X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

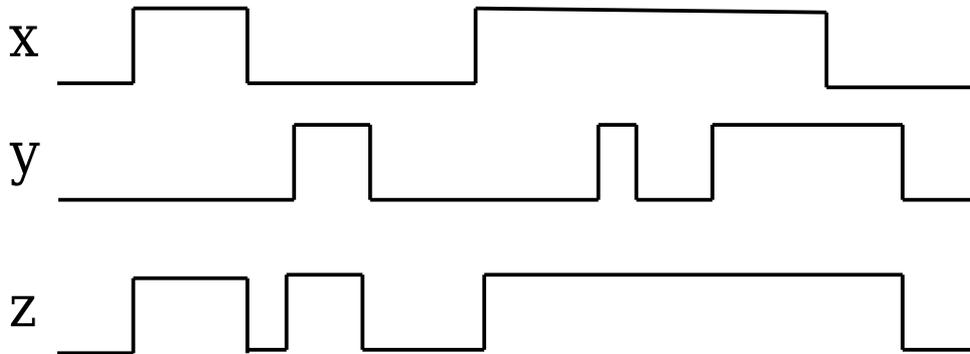
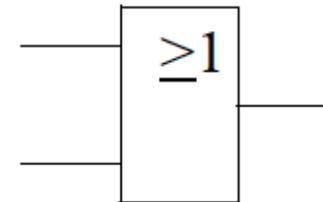


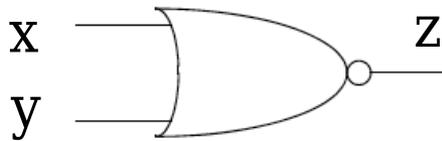
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

Variables y operadores lógicos

NOR



$$z = \overline{x + y}$$

X	Y	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

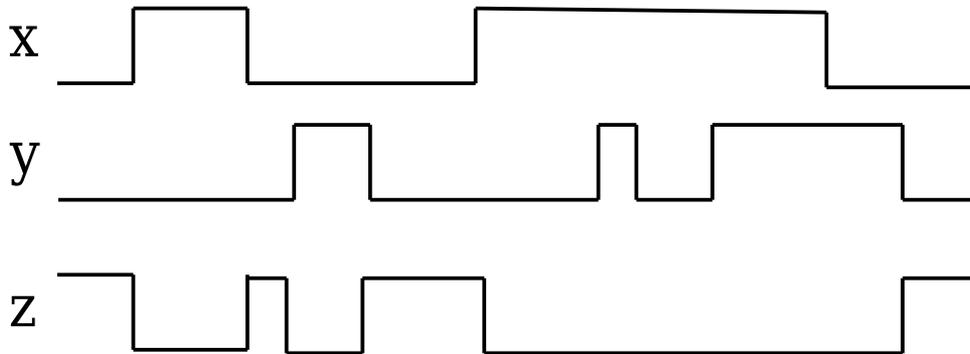
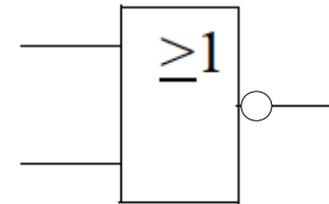


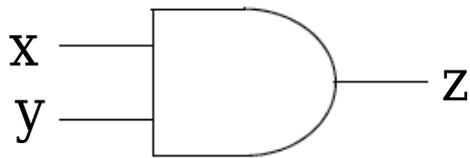
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

Variables y operadores lógicos

AND



$$z = x \cdot y$$

X Y	Z
0 0	0
0 1	0
1 0	0
1 1	1

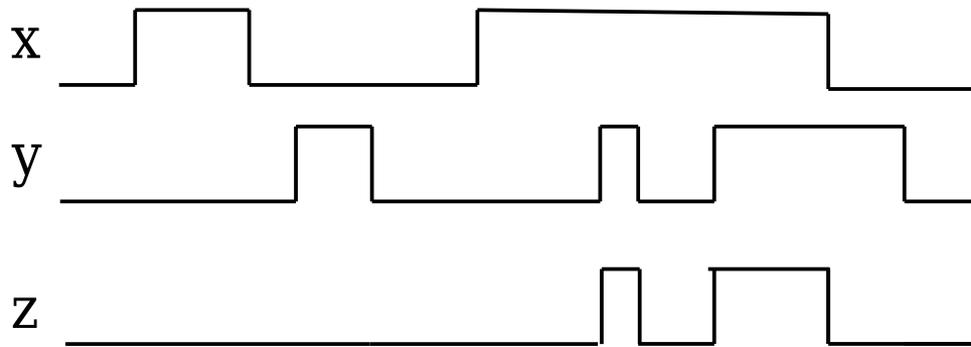
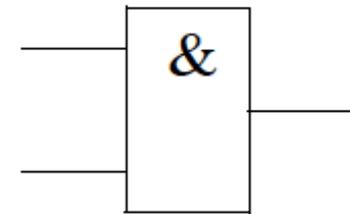


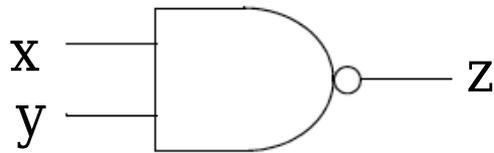
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

Variables y operadores lógicos

NAND



$$z = \overline{x \cdot y}$$

X	Y	Z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

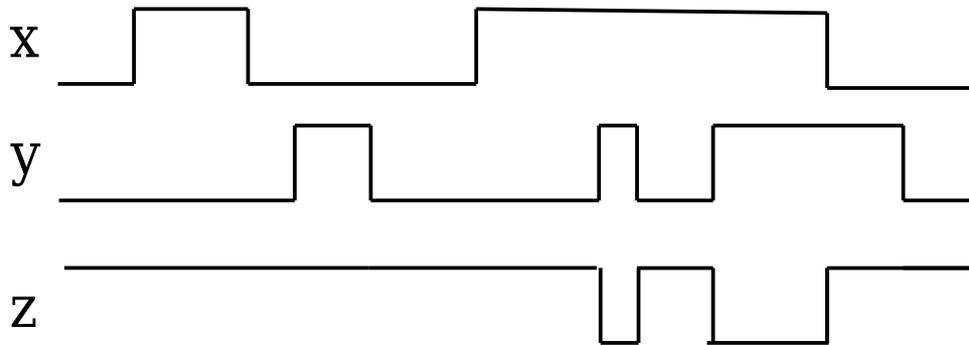
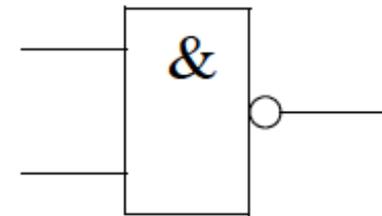


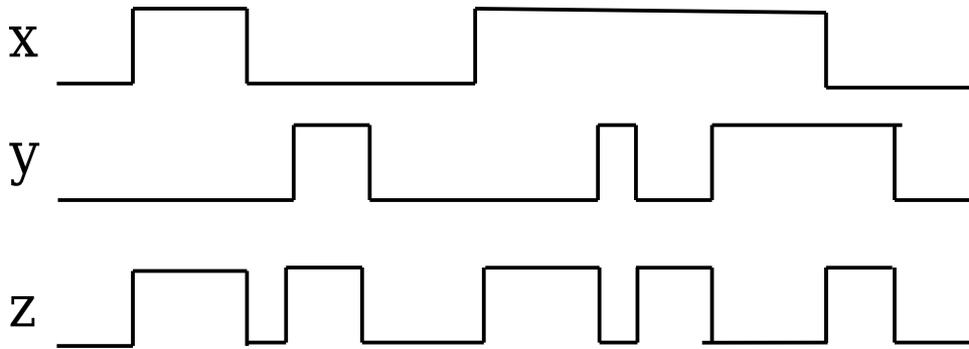
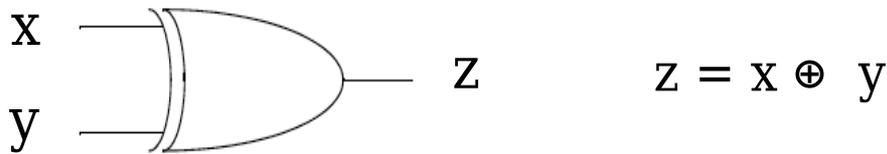
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

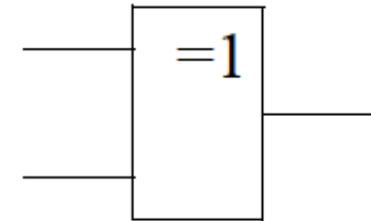
Variables y operadores lógicos

XOR



X Y	Z
0 0	0
0 1	1
1 0	1
1 1	0

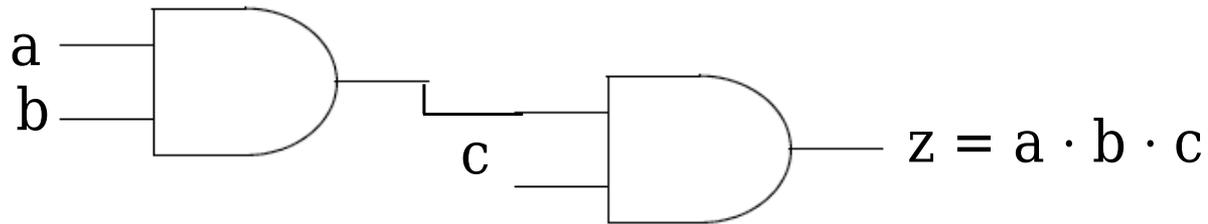
Tabla de verdad



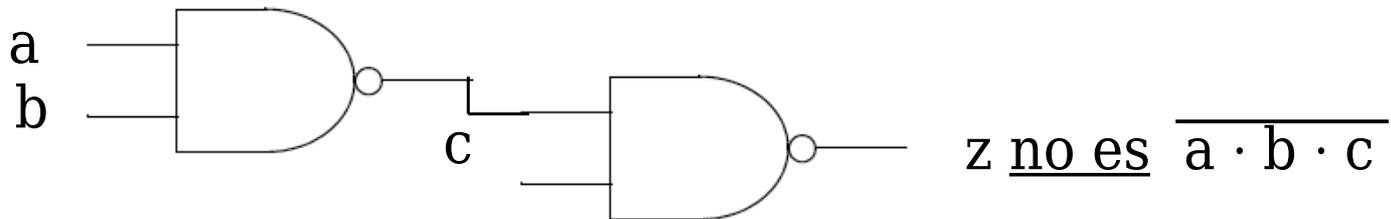
Símbolo IEEE

Variables y operadores lógicos

- ▶ Algunos operadores cumplen la propiedad asociativa:
AND, OR y XOR



- ▶ Sin embargo, los operadores NAND y NOR no la cumplen



Guión del tema

- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ **Álgebra de conmutación.**
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ Parámetros de conmutación.

Álgebra de Boole

- ▶ Es un conjunto de elementos con dos operadores “+” y “·” que cumplen los siguientes postulados:

Postulado	$\langle B, +, \cdot, \bar{\ } \rangle$; $B = \{ \dots, 0, 1 \}$; + es OR; · es AND; $\bar{\ }$ es NOT	
P1 Ley de identidad	$x + 0 = x$	$x \cdot 1 = x$
P2 Ley conmutativa	$x + y = y + x$	$x \cdot y = y \cdot x$
P3 Ley distributiva	$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z$	$x + (y \cdot z) = (x + y) \cdot (x + z)$
P4 Ley del complemento: $\forall x$ existe \bar{x} tal que	$x + \bar{x} = 1$	$x \cdot \bar{x} = 0$

- ▶ **Principio de dualidad:**
a toda identidad, propiedad o teorema que se cumpla en el Álgebra de Boole, corresponde otra igualmente cierta que se obtiene sin más que intercambiar “+” con “·” y “0” con “1”

$$x \text{ (green circle) } + \text{ (red circle) } 0 = x$$

$$x \text{ (green circle) } \cdot \text{ (red circle) } 1 = x$$

Álgebra de Boole

- ▶ Además de los postulados, en el Álgebra de Boole se cumplen los siguientes teoremas

T1 Ley de idempotencia	$x + x = x$	$x \cdot x = x$
T2 Ley de unicidad del complemento	\bar{x} es único	
T3 Ley de los elementos dominantes	$x + 1 = 1$	$x \cdot 0 = 0$
T4 Ley involutiva	$\overline{(\bar{x})} = x$	
T5 Ley de absorción	$x + x \cdot y = x$	$x \cdot (x + y) = x$
T6 Ley del consenso	$x + \bar{x} \cdot y = x + y$	$x \cdot (\bar{x} + y) = x \cdot y$
T7 Ley asociativa	$x + (y + z) = (x + y) + z$	$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$
T8 Ley de De Morgan	$\overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y}$	$\overline{x + y} = \bar{x} \cdot \bar{y}$
T9 Ley de De Morgan generalizada	$\overline{x \cdot y \cdot z \dots} = \bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \dots$	$\overline{x + y + z + \dots} = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \dots$
T10 Ley del consenso generalizado	$x \cdot y + \bar{x} \cdot z + y \cdot z = x \cdot y + \bar{x} \cdot z$	$(x + y) \cdot (\bar{x} + z) \cdot (y + z) = (x + y) \cdot (\bar{x} + z)$

Álgebra de conmutación

- ▶ El álgebra de conmutación es un caso particular de álgebra de Boole.
- ▶ Supone imponer una serie de restricciones al conjunto de elementos y a los operadores binarios:
 - Sólo existen dos elementos (el 1 y el 0)
 - Los operadores son AND, OR y NOT que ya hemos definido en la transparencias anteriores.

Álgebra de conmutación

- ▶ Los teoremas del Álgebra de Boole (y del álgebra de conmutación) se basan en los postulados o/y en teoremas previamente demostrados.

▶ Ejemplos:

- Demostración tabular para el álgebra de conmutación de la ley de absorción o teorema T5a : $x+x\cdot y = x$

X Y	X•Y	X+X•Y	X
0 0	0	0	0
0 1	0	0	0
1 0	0	1	1
1 1	1	1	1

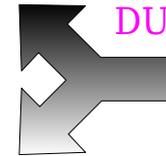
- Demostración algebraica del teorema T5a:

$$x + x \cdot y = x \cdot 1 + x \cdot y \stackrel{P3a}{=} x \cdot (1 + y) \stackrel{T1a}{=} x \cdot 1 \stackrel{P1b}{=} x$$

- Demostración algebraica del teorema T5b: $x \cdot (x+y) = x$

$$x \cdot (x + y) \stackrel{P1a}{=} (x + 0) \cdot (x + y) \stackrel{P3b}{=} x + 0 \cdot y \stackrel{T1b}{=} x + 0 \stackrel{P1a}{=} x$$

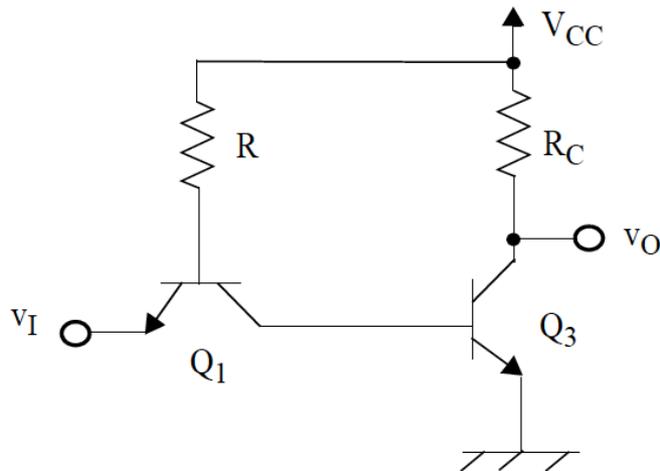
¡POSTULADOS
Y TEOREMAS
DUALES!



Guión del tema

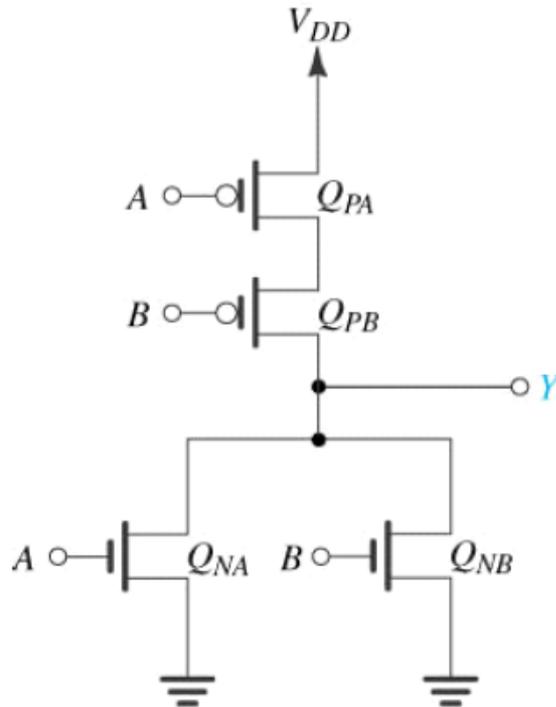
- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Álgebra de conmutación.
- ▶ **Ejemplo de puertas lógicas.**
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ Parámetros de conmutación.

Ejemplos de puertas lógicas



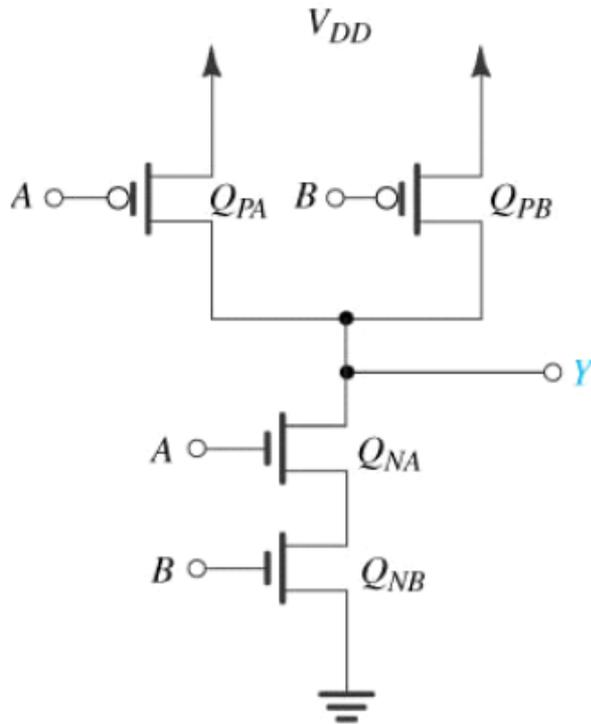
- ▶ Inversor TTL
- ▶ Familia Lógica: TTL
- ▶ N^o de transistores: 2
- ▶ Tipo de transistores: BJT

Ejemplos de puertas lógicas



- ▶ NOR CMOS
- ▶ Familia Lógica: CMOS
- ▶ N° de transistores: 4
- ▶ Tipo de transistores: CMOS
- ▶ Número de entradas: 2

Ejemplos de puertas lógicas



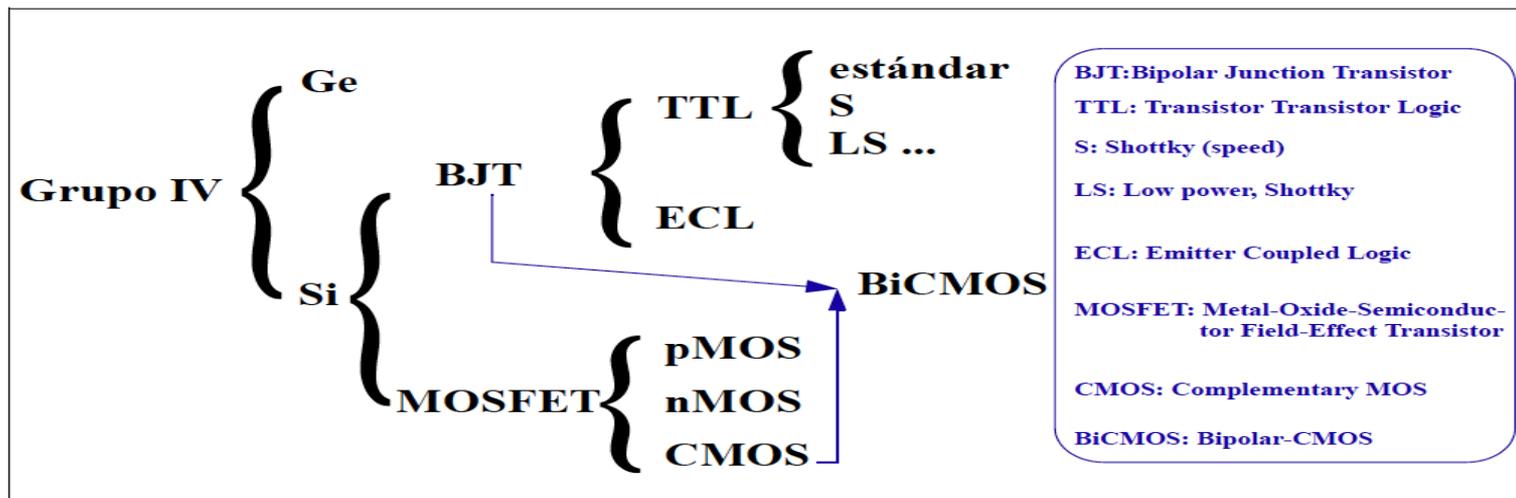
- ▶ NAND CMOS
- ▶ Familia Lógica: CMOS
- ▶ N^o de transistores: 4
- ▶ Tipo de transistores: CMOS
- ▶ Número de entradas: 2

Guión del tema

- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Álgebra de conmutación.
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ **Familias lógicas: concepto y clasificación.**
- ▶ Parámetros de conmutación.

Familias lógicas

- ▶ El componente electrónico básico es el **transistor**. Hay diferentes tecnologías para fabricar transistores y, para cada tipo, diferentes formas de hacer puertas.
- ▶ **Familia lógica:** Conjunto de puertas con una determinada tecnología, que hace que los parámetros eléctrico-temporales de todas las puertas sean similares. Dentro de una familia, hay *subfamilias*.



Familias lógicas

- ▶ Comparación de familias.

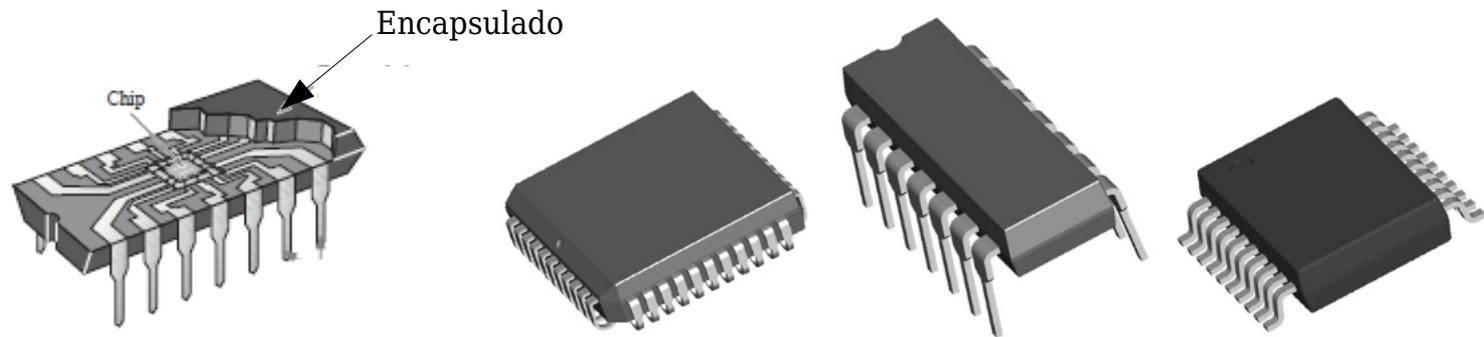
Parámetro	TTL	ECL	CMOS
Inmunidad al ruido	Media-baja	Muy baja	Muy alta
Velocidad	Alta	Muy alta	Media-alta
Densidad de integración	Media	Muy baja	Muy alta
Consumo de potencia	Medio	Muy alto	Muy bajo
Presencia actual	Bajando; aún es apreciable en SSI/MSI	Sólo en aplicaciones muy específicas	Muy alta en VLSI/ULSI

Familias lógicas

- ▶ Circuito integrado digital (CI):

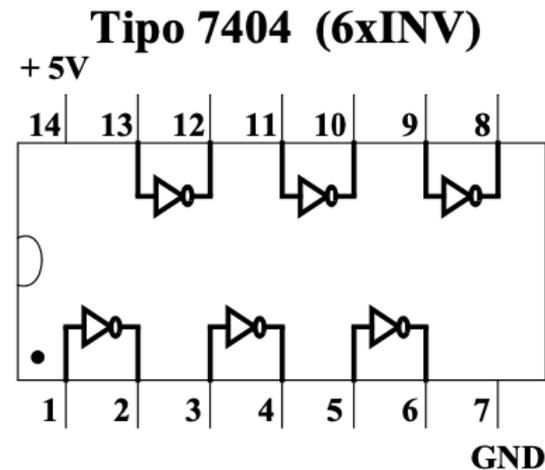
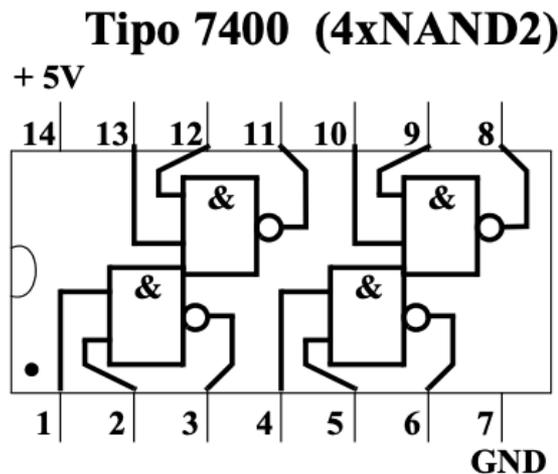
Es un circuito electrónico digital fabricado sobre un sustrato de material semiconductor (habitualmente silicio) denominado chip.

- ▶ El chip está protegido dentro de una cápsula cerámica o plástica que posee terminales (pins)



Familias lógicas

- ▶ Los circuitos integrados comerciales se identifican por un conjunto de números y letras específico que está relacionado con la familia lógica a la que pertenece y con su contenido. Por ej. 74LS00, 74HC00, 74LS04, ...
- ▶ Se dispone de un esquema que muestra el contenido interno y el conexionado



Guión del tema

- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Álgebra de conmutación.
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ **Parámetros de conmutación.**

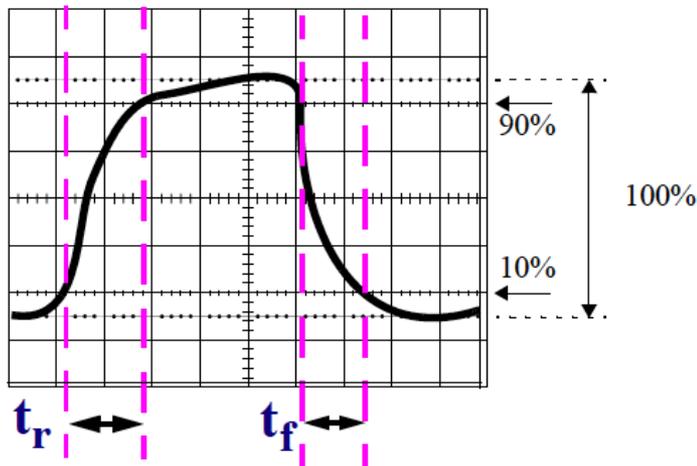
Parámetros de conmutación

- ▶ Tiempos de propagación.
- ▶ Tiempos de transición.
- ▶ Fan-in / Fan-out.
- ▶ Potencia consumida.

Parámetros de conmutación

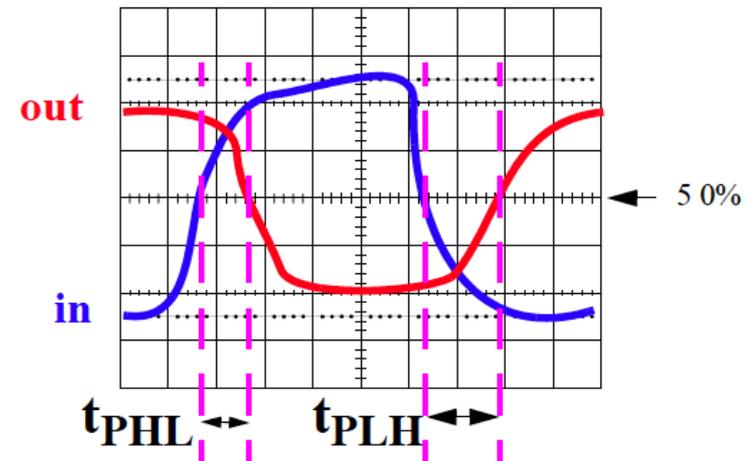
- ▶ Tiempos de transición y propagación

Transiciones en una señal



t_r o t_{LH} : Tiempo de subida (*rise*) o de L hacia H
 t_f o t_{HL} : Tiempo de bajada (*fall*) o de H hacia L

Propagación por una puerta

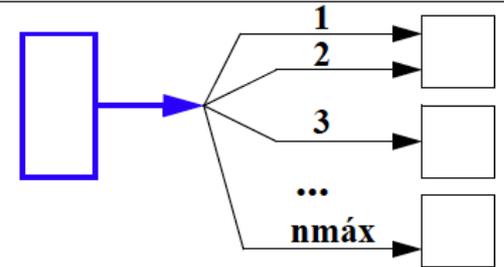


t_{PXX} : Es el tiempo de Propagación
o de retraso (*delay*: t_d , δ , Δ , etc.)

Parámetros de conmutación

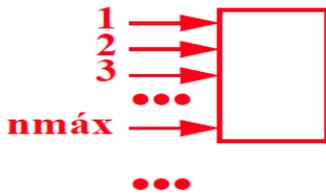
► Fan-in. Fan-out

Fan-out: Carga (máxima) a la salida de una puerta.
Suele darse en número de conexiones.

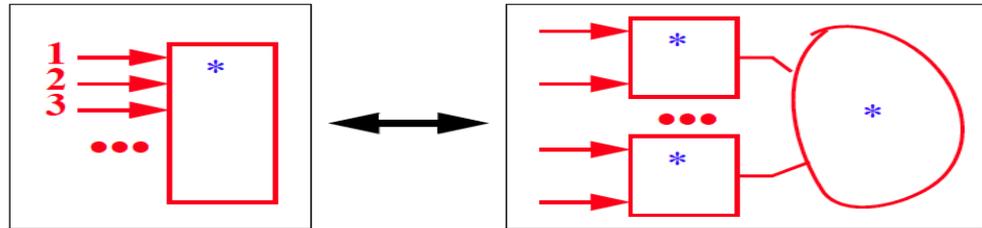


Si se necesitan más conexiones hay que usar Buffers

Fan-in: Número (máximo) de entradas a una puerta.



Si se necesitan más entradas hay que hacer un circuito que funcione “asociando” la función de la puerta



Parámetros de conmutación

► Potencia consumida

- * **CONSUMO DE POTENCIA:** Gasto energético al operar. Se disipa en forma de calor.

$$P = V_{cc} \cdot I_{cc}$$

- * **COMPONENTES DE POTENCIA:**

- ** **Estática, P_{static} :** Consumo cuando a, b, z son constantes

- ** **Dinámica, $P_{dynamic}$:** Consumo cuando a, b, z conmutan (actividad de conmutación).

- * El consumo de potencia disminuye al bajar V_{cc} y la actividad de conmutación (menor frecuencia).

- * El consumo de potencia es uno de los más graves problemas de los circuitos integrados VLSI/ULSI.

