

---

# 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.
- ▶ ¿Porqué usar expresiones de conmutación?
- ▶ 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.

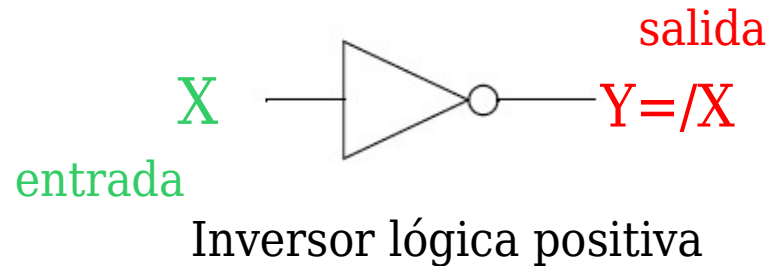
# Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: representaciones

Nombre del operador	Representaciones
<b>NOT</b>	$\overline{X}$ , NOT X, /X, X', #X
<b>OR</b>	$X+Y$ , X OR Y
<b>NOR</b>	$\overline{X+Y}$ , X NOR Y
<b>AND</b>	$X \cdot Y$ , X and Y, X&Y
<b>NAND</b>	$\overline{X \cdot Y}$ , XnandY
<b>EXOR</b>	$X \oplus Y$ , X EXOR Y

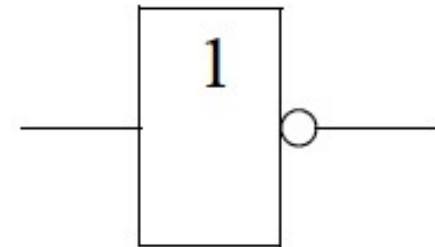
# Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ Inversor



X	Y
0	1
1	0

Tabla de verdad

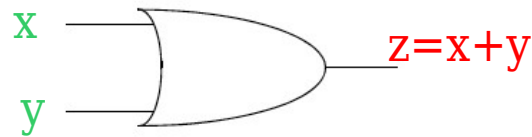


Símbolo IEEE

(Institute of Electrical and Electronics Engineers)

# Variables y operadores lógicos

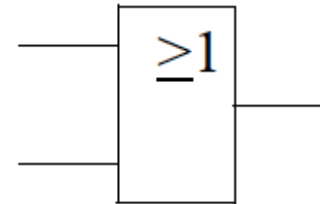
- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ OR



lógica positiva

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

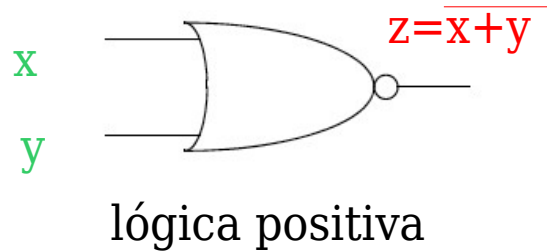
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

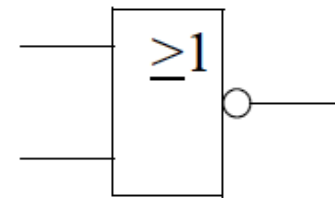
# Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ NOR



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

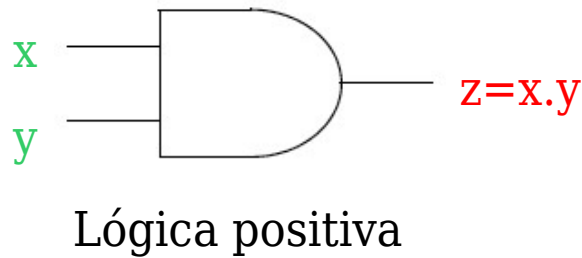
Tabla de verdad



Simbolo IEEE

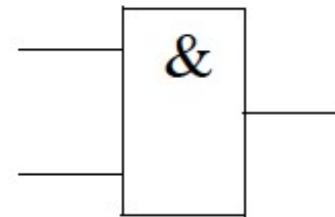
# Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ AND



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

Tabla de verdad

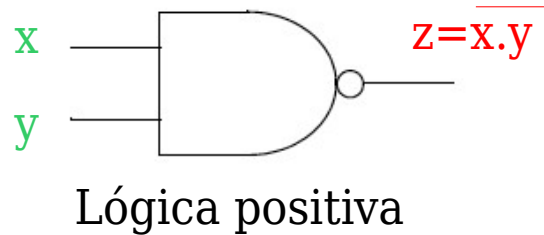


Símbolo IEEE



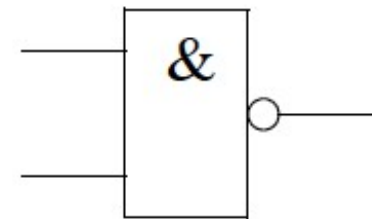
# Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ NAND



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

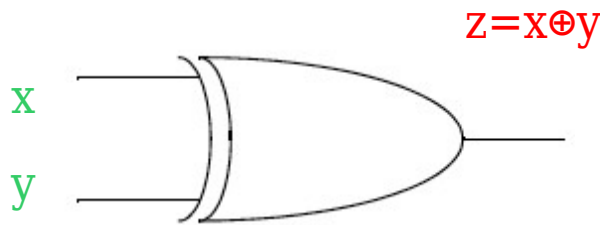
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

# Variables y operadores lógicos

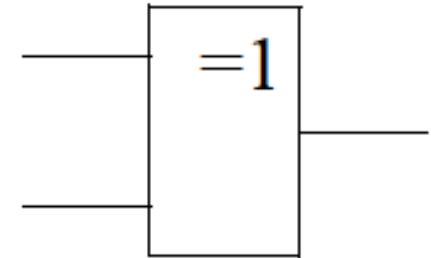
- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ XOR



Lógica positiva

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

Tabla de verdad



Símbolo IEEE

---

# Guión del tema

- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ **Algebra de conmutación.**
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ ¿Porqué usar expresiones de conmutación?
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ Parámetros de conmutación.

---

# Álgebra de conmutación

- ▶ El álgebra de conmutación es un caso especial del 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 operadores deben de satisfacer los postulados:

Postulado/Teorema	$\langle B, +, \cdot, \bar{\phantom{x}} \rangle$ ; $B = \{..., 0, 1\}$ ; $+$ es OR; $\cdot$ es AND; $\bar{\phantom{x}}$ 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

$$x \text{ } \textcolor{green}{+} \textcolor{red}{0} = x$$

$$x \text{ } \textcolor{green}{\cdot} \textcolor{red}{1} = x$$

# Álgebra de conmutación

- Además de los postulados, el Álgebra de conmutación contiene un conjunto de teoremas que se listan a continuación.

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

- ▶ Estos teoremas se basan en los postulados o/y en teoremas previamente demostrados.
- ▶ Ejemplos:
  - Demostración tabular 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

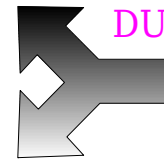
- Demostración algebraica del teorema T5a:

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

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

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

¡POSTULADOS  
Y TEOREMAS  
DUALES!



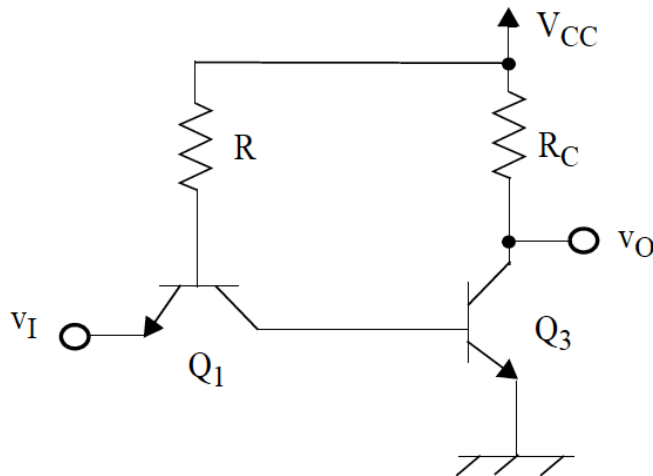
---

# Guión del tema

- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Algebra de conmutación.
- ▶ **Ejemplo de puertas lógicas.**
- ▶ ¿Porqué usar expresiones de conmutación?
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ Parámetros de conmutación.

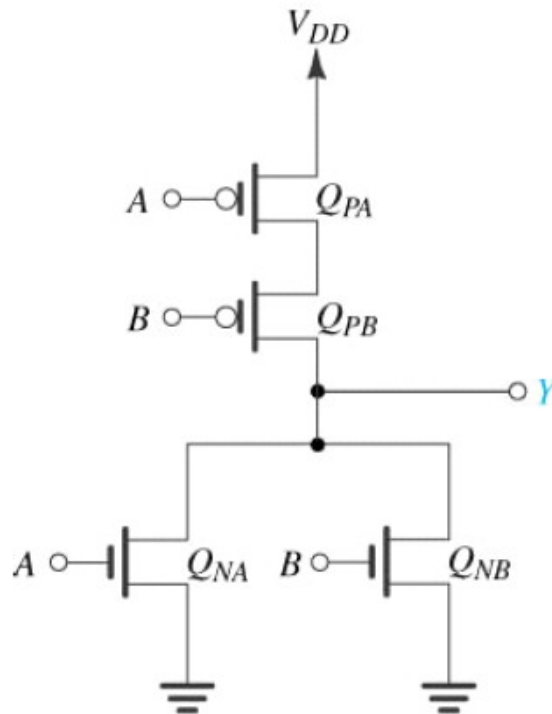


# Ejemplos de puertas lógicas



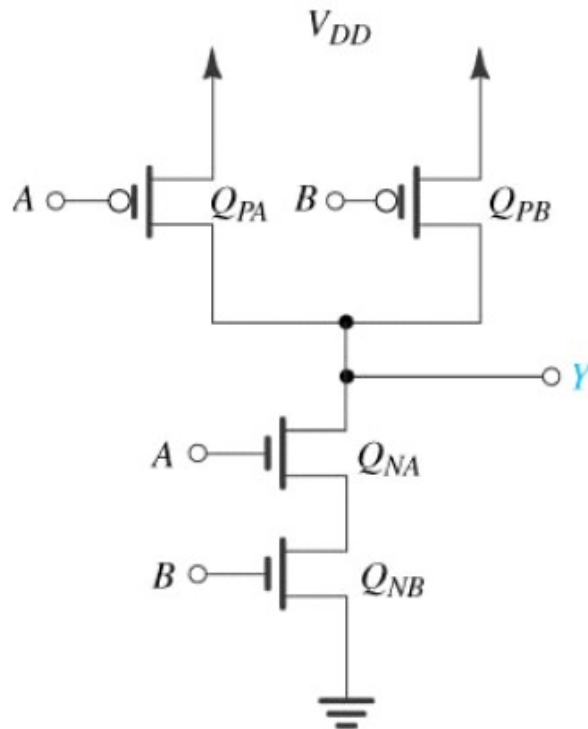
- ▶ Inversor TTL
- ▶ Familia Lógica: TTL
- ▶ N° de transistores: 2
- ▶ Tipo de transistores: BJT

# 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° de transistores: 4
- ▶ Tipo de transistores: CMOS
- ▶ Número de entradas: 2

---

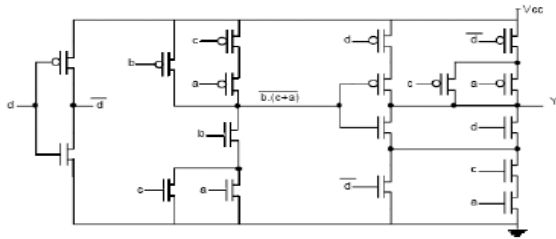
# Guión del tema

- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Algebra de conmutación.
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ **¿Porqué usar expresiones de conmutación?**
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ Parámetros de conmutación.

# ¿Por qué usar expresiones de conmutación?

## MUNDO REAL

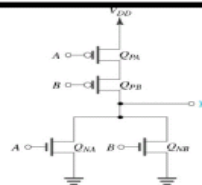
## MUNDO CONCEPTUAL



Interconexión de puertas lógicas

Expresiones o fórmulas de conmutación

Ej.:  $Y = a + b' \bullet c'$



Puertas lógicas

- Operadores lógicos (+, NOT, • )
- Álgebra de Boole

Entradas digitales

Variables binarias (a, b, c...)



Señales digitales

0 1 0 1

Bits

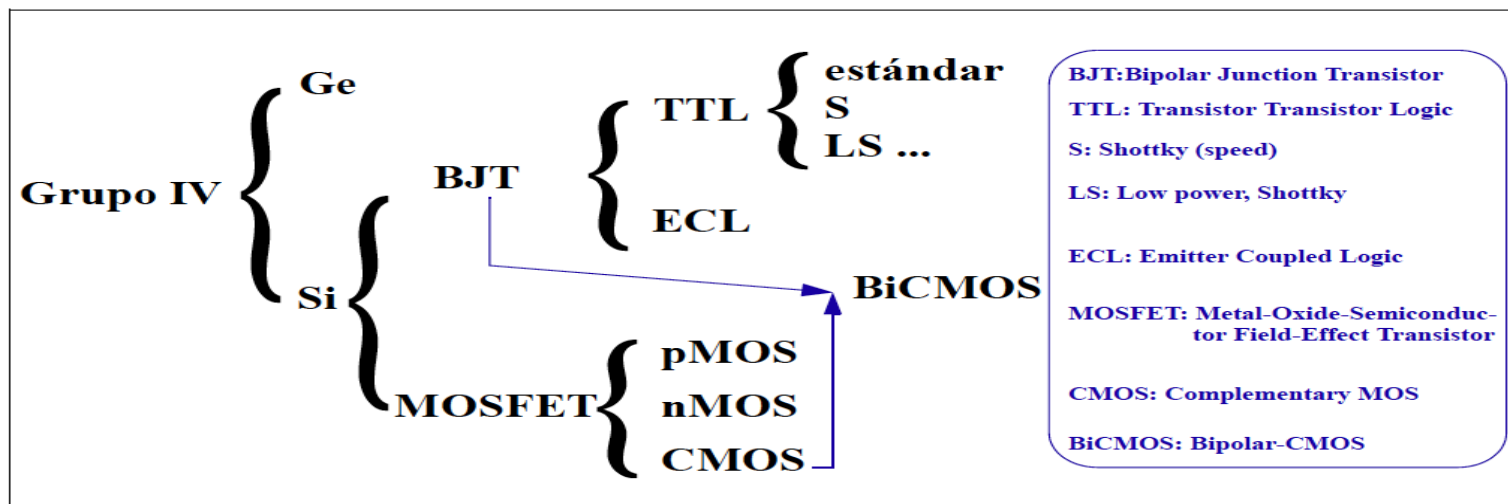
---

# Guión del tema

- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Algebra de conmutación.
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ ¿Porqué usar expresiones de conmutación?
- ▶ **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



---

# Guión del tema

- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Algebra de conmutación.
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ ¿Porqué usar expresiones de conmutación?
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ **Parámetros de conmutación.**

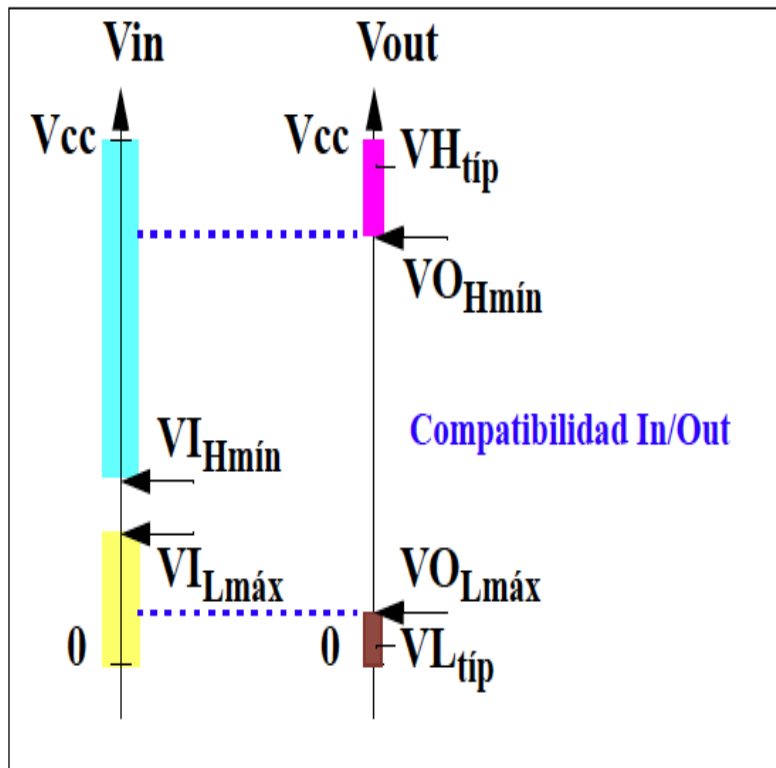
---

# Parámetros de conmutación

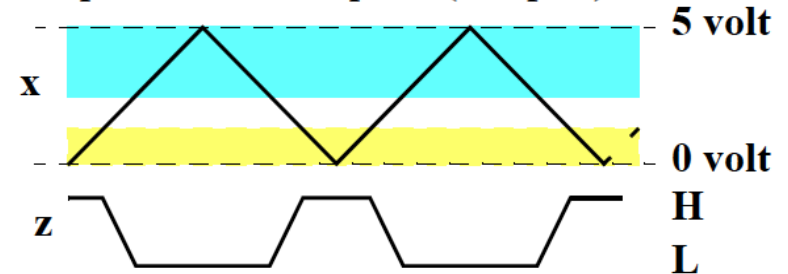
- ▶ Niveles lógicos “altos” y “bajos”. Márgenes de ruido.
- ▶ Tiempos de propagación.
- ▶ Tiempos de transición.
- ▶ Fan-in / Fan-out.
- ▶ Potencia consumida.

# Parámetros de conmutación

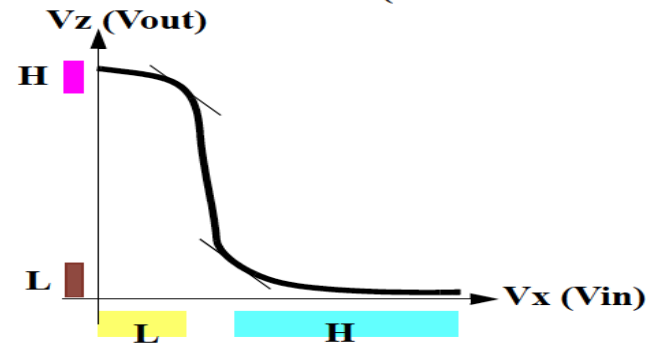
- Niveles lógicos “altos” y “bajos”. Márgenes de ruido.



Comportamiento temporal (x atípica)

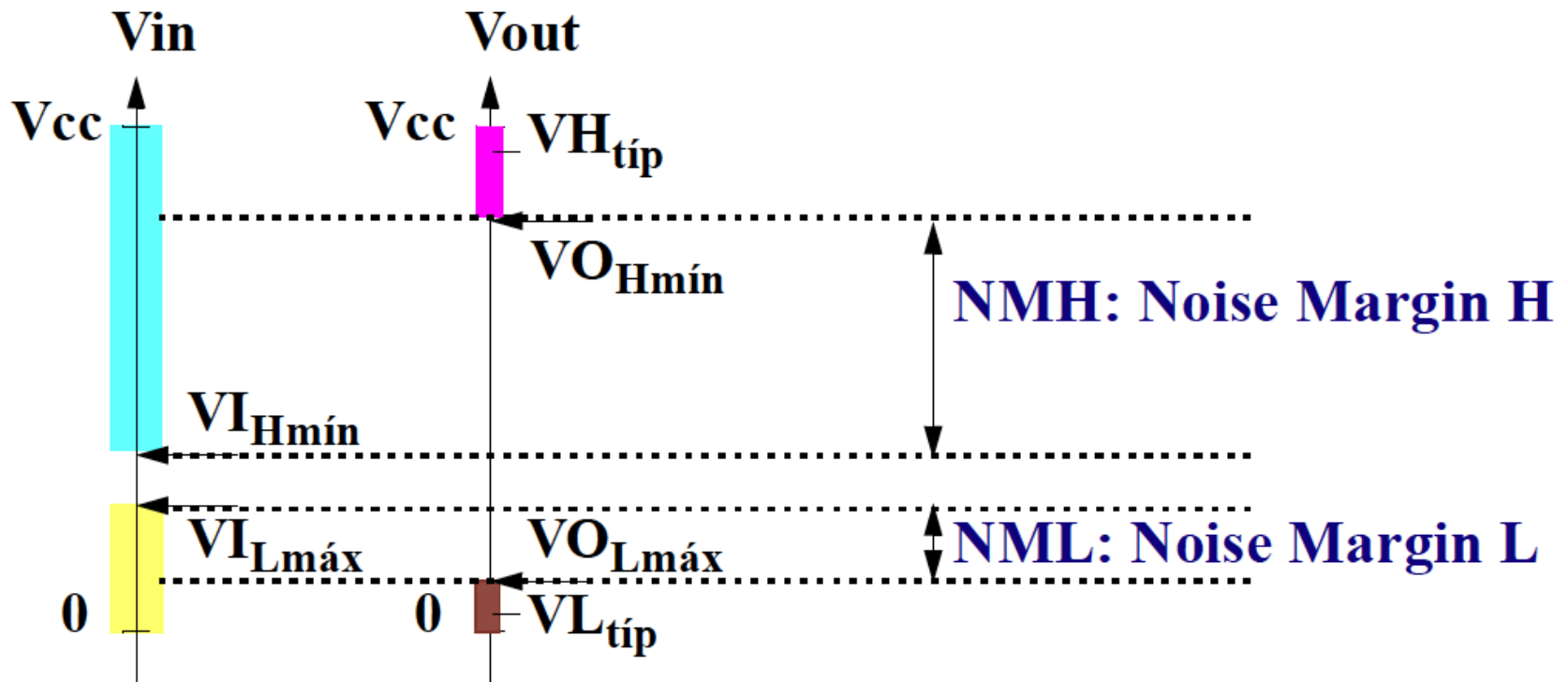


Característica de transferencia ( $V_x$  cuasiestática)



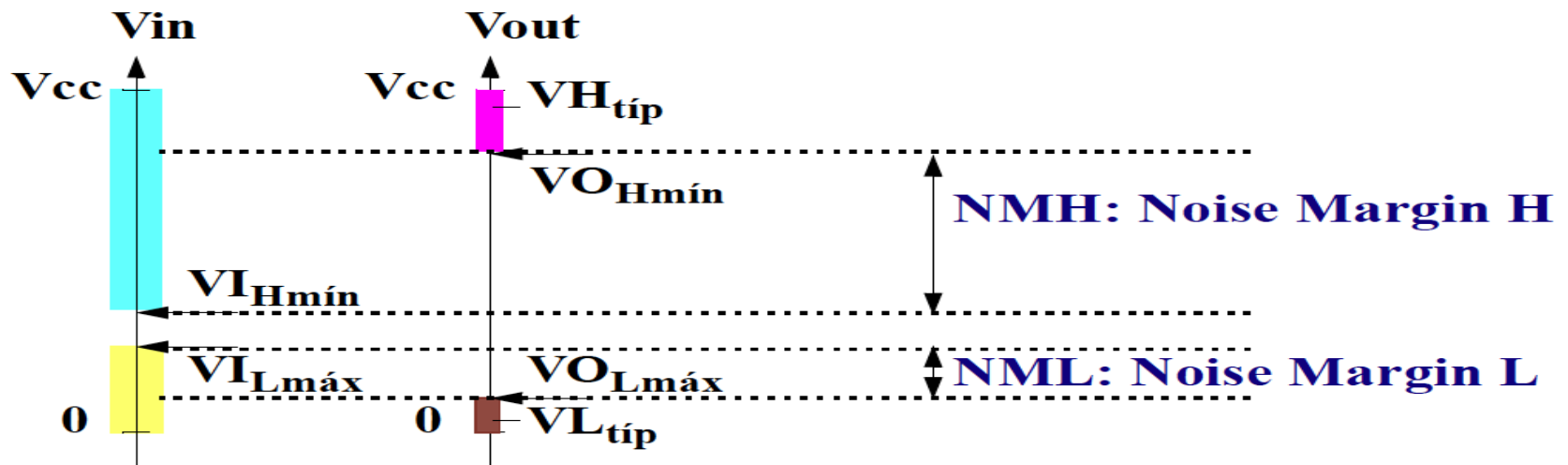
# Parámetros de conmutación

- Niveles lógicos “altos” y “bajos”. Márgenes de ruido.



# Parámetros de conmutación

- Niveles lógicos “altos” y “bajos”. Márgenes de ruido.



Valores en tipo 74LSxx

$$V_{IHmín} = 2 \text{ V}$$

$$V_{ILmáx} = 0.8 \text{ V}$$

$$V_{OHmín} = 2.4 \text{ V}$$

$$V_{OLmáx} = 0.4 \text{ V}$$

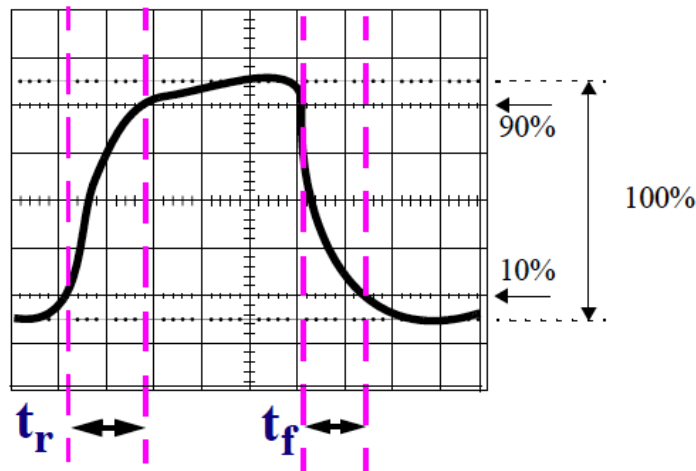
$$NMH = 0.4 \text{ V}$$

$$NML = 0.4 \text{ V}$$

# Parámetros de conmutación

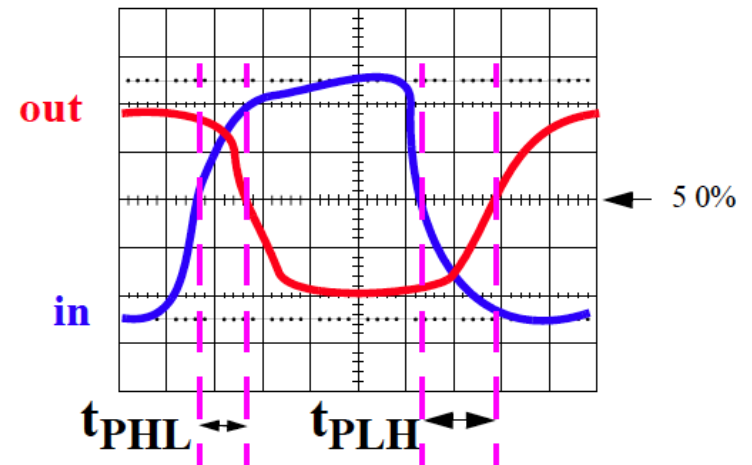
- Tiempos de transición y propagación

## 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

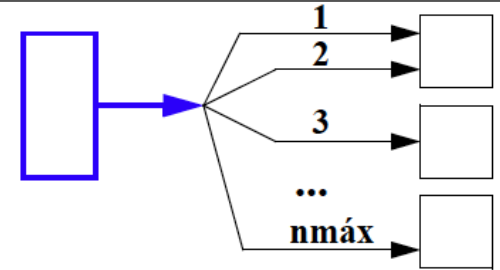


$t_{PXX}$ : Es el tiempo de Propagación  
o de retraso (*delay*:  $t_d$ ,  $\delta$ ,  $\Delta$ , etc.)

# Parámetros de conmutación

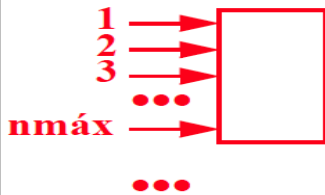
## ► Fan-in. Fan-out

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

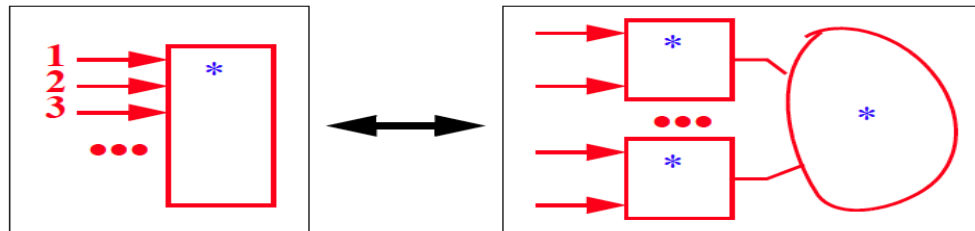


Si se necesitan más conexiones hay que usar Buffers

**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

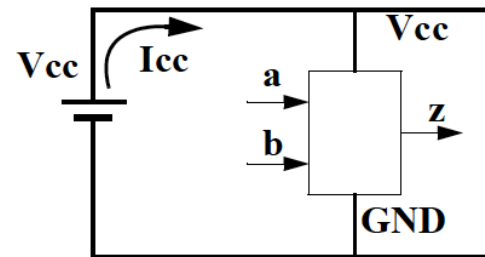
## ► Potencia consumida

- \* **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 Vcc y la actividad de conmutación (menor frecuencia).
- \* El consumo de potencia es uno de los más graves problemas de los circuitos integrados VLSI/ULSI.