
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.

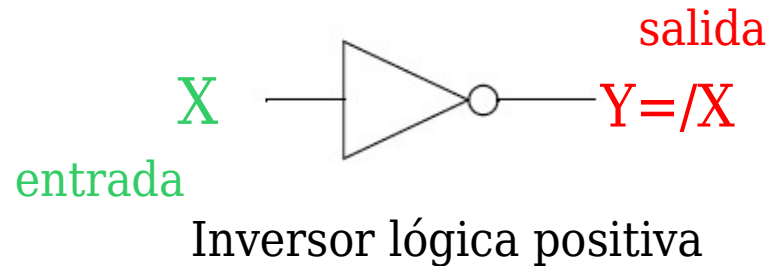
Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: representaciones

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

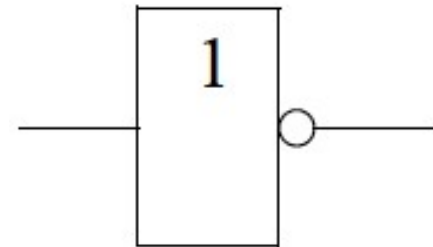
Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ Inversor



| X | Y |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

Tabla de verdad

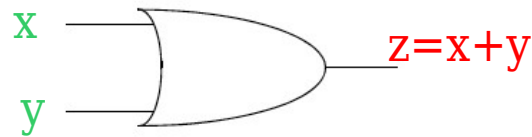


Símbolo IEEE

(Institute of Electrical and Electronics Engineers)

Variables y operadores lógicos

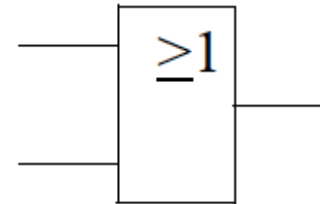
- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ OR



lógica positiva

| X Y | Z |
|-----|---|
| 0 0 | 0 |
| 0 1 | 1 |
| 1 0 | 1 |
| 1 1 | 1 |

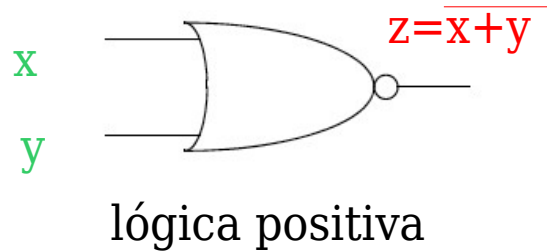
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

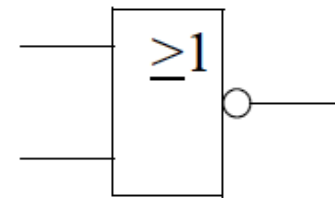
Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ NOR



| X Y | Z |
|-----|---|
| 0 0 | 1 |
| 0 1 | 0 |
| 1 0 | 0 |
| 1 1 | 0 |

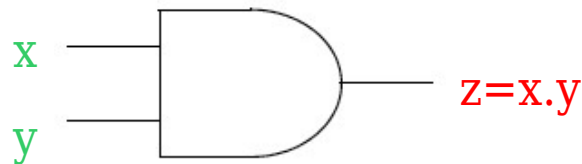
Tabla de verdad



Simbolo IEEE

Variables y operadores lógicos

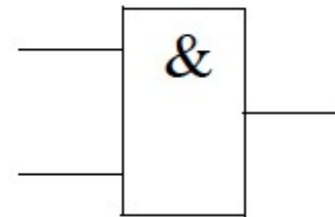
- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ AND



Lógica positiva

| X Y | Z |
|-----|---|
| 0 0 | 0 |
| 0 1 | 0 |
| 1 0 | 0 |
| 1 1 | 1 |

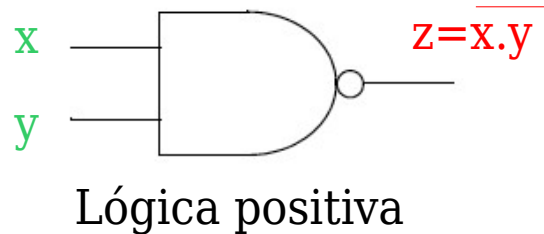
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

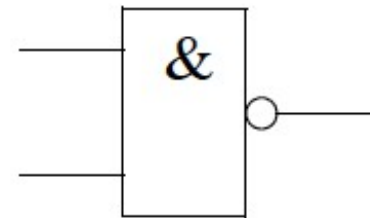
Variables y operadores lógicos

- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ NAND



| X Y | Z |
|-----|---|
| 0 0 | 1 |
| 0 1 | 1 |
| 1 0 | 1 |
| 1 1 | 0 |

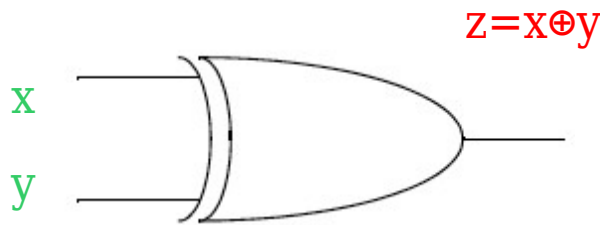
Tabla de verdad



Símbolo IEEE

Variables y operadores lógicos

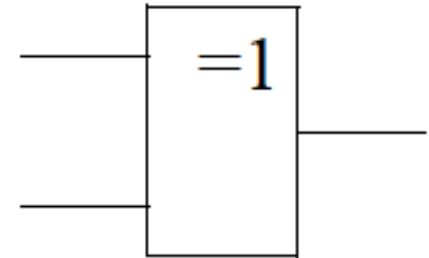
- ▶ Operadores lógicos: símbolos
- ▶ XOR



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 | $\langle B, +, \cdot, \bar{} \rangle ; B = \{ \dots, 0, 1 \}; + \text{ es OR}; \cdot \text{ es AND}; \bar{} \text{ es NOT}$ | |
|--|---|---|
| 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 |

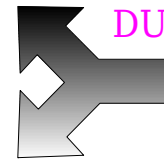
- Demostración algebraica del teorema T5a:

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

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

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

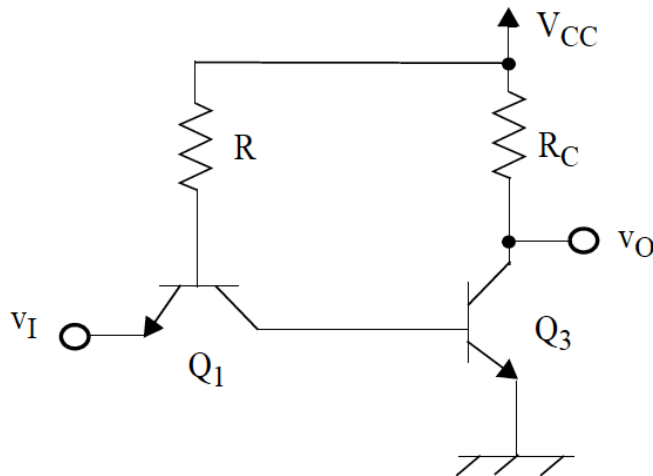
¡POSTULADOS
Y TEOREMAS
DUALES!



Guión del tema

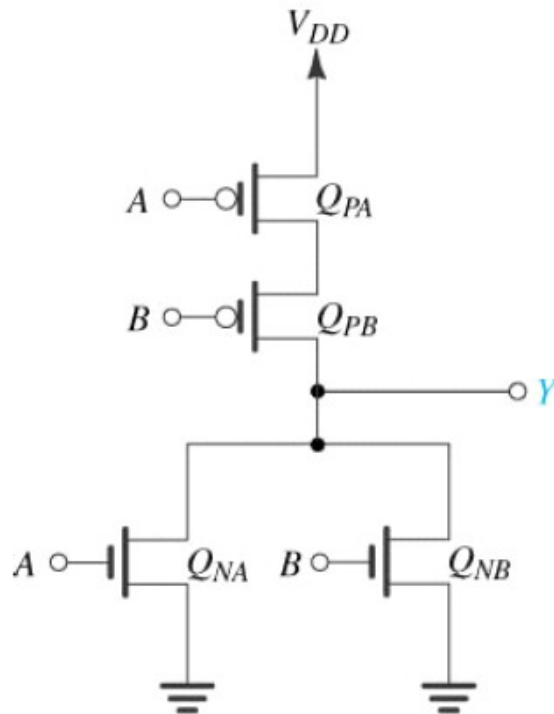
- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Algebra de conmutación.
- ▶ **Ejemplo de puertas lógicas.**
- ▶ ¿Porqué usar expresiones de conmutación?
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ Parámetros de conmutación.

Ejemplos de puertas lógicas



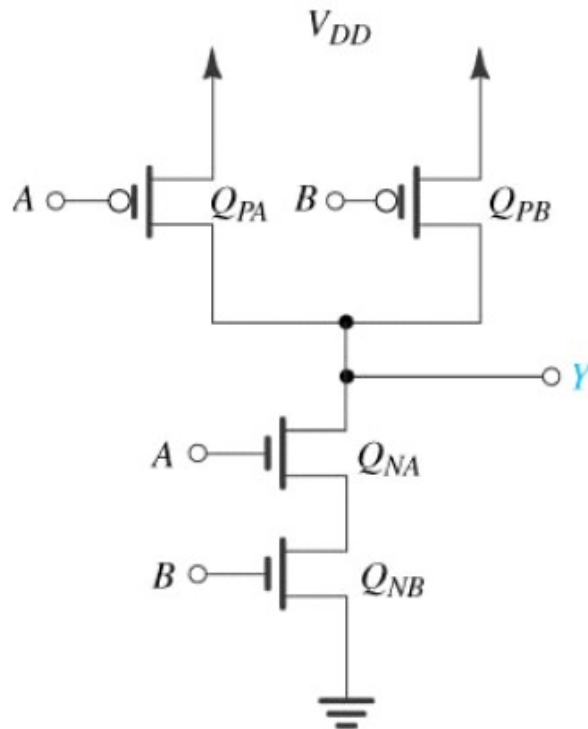
- ▶ Inversor TTL
- ▶ Familia Lógica: TTL
- ▶ N° de transistores: 2
- ▶ Tipo de transistores: BJT

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

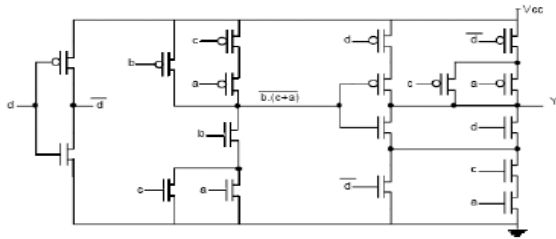
Guión del tema

- ▶ 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

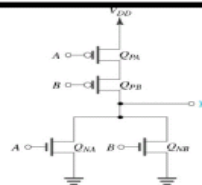
MUNDO CONCEPTUAL



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

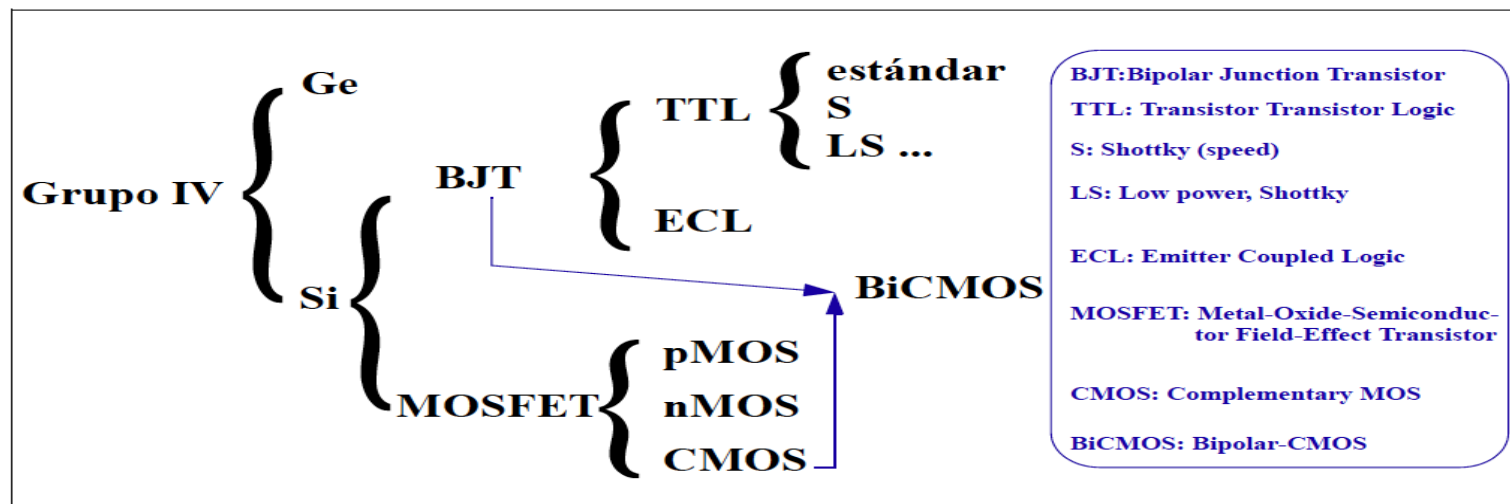
Bits

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

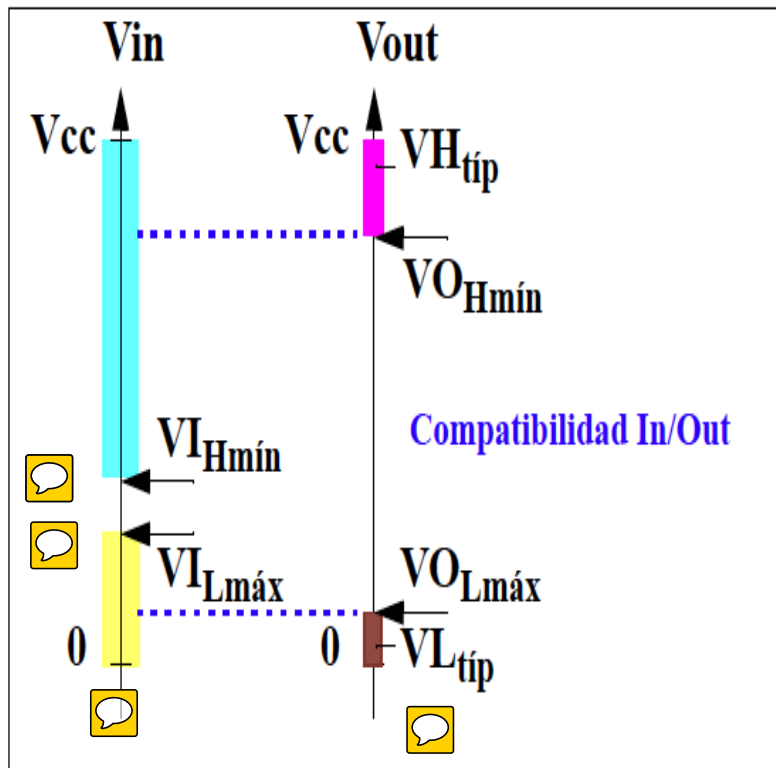
- ▶ Variables y operadores lógicos.
- ▶ Algebra de conmutación.
- ▶ Ejemplo de puertas lógicas.
- ▶ ¿Porqué usar expresiones de conmutación?
- ▶ Familias lógicas: concepto y clasificación.
- ▶ **Parámetros de conmutación.**

Parámetros de conmutación

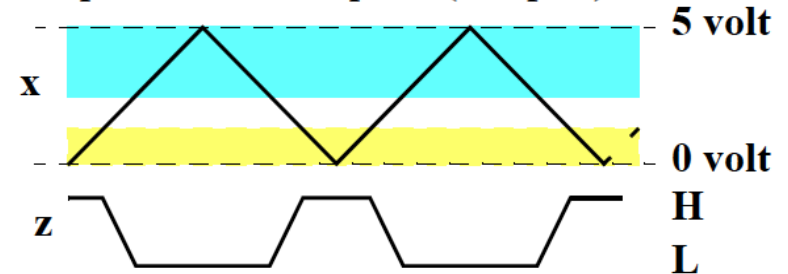
- ▶ Niveles lógicos “altos” y “bajos”. Márgenes de ruido.
- ▶ Tiempos de propagación.
- ▶ Tiempos de transición.
- ▶ Fan-in / Fan-out.
- ▶ Potencia consumida.

Parámetros de conmutación

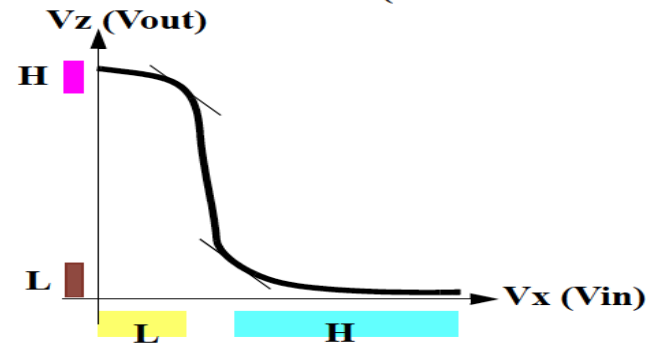
- Niveles lógicos “altos” y “bajos”. Márgenes de ruido.



Comportamiento temporal (x atípica)

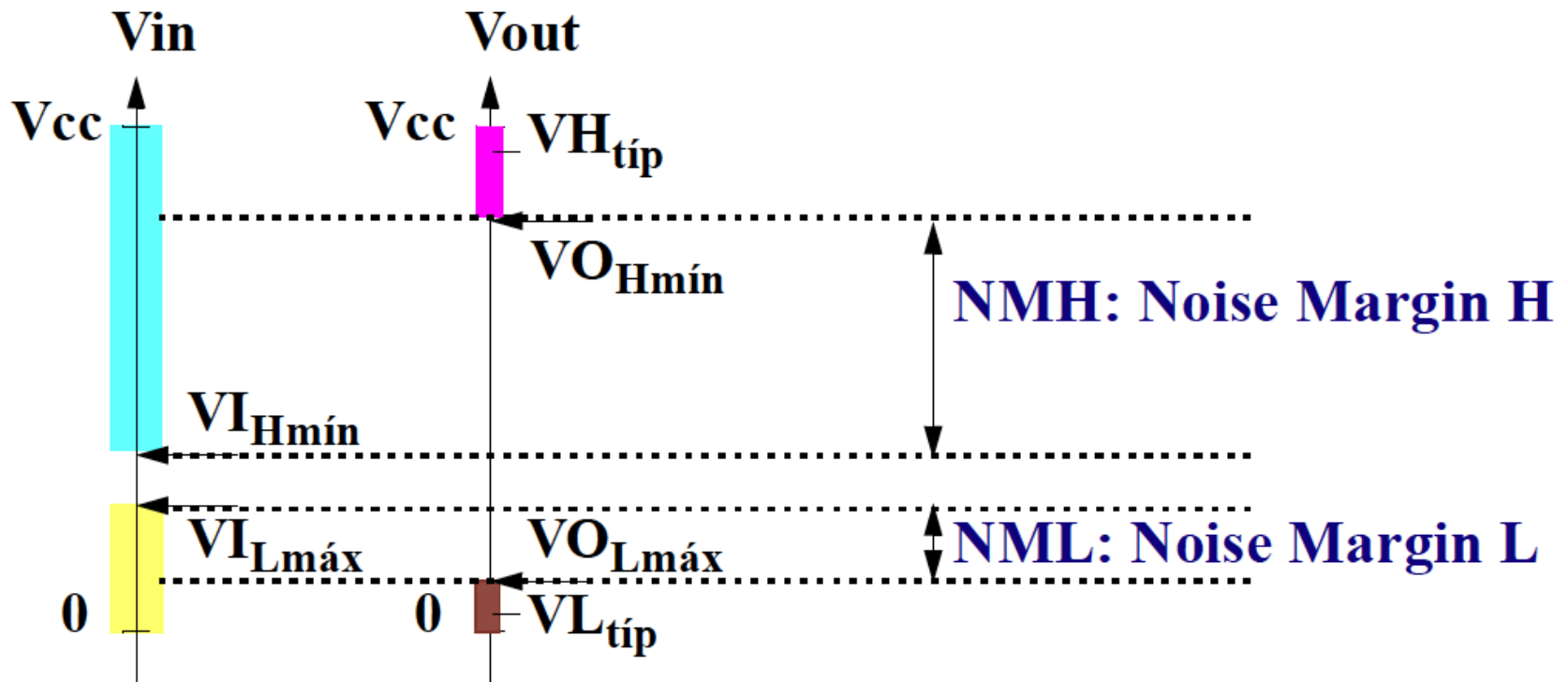


Característica de transferencia (V_x cuasiestática)



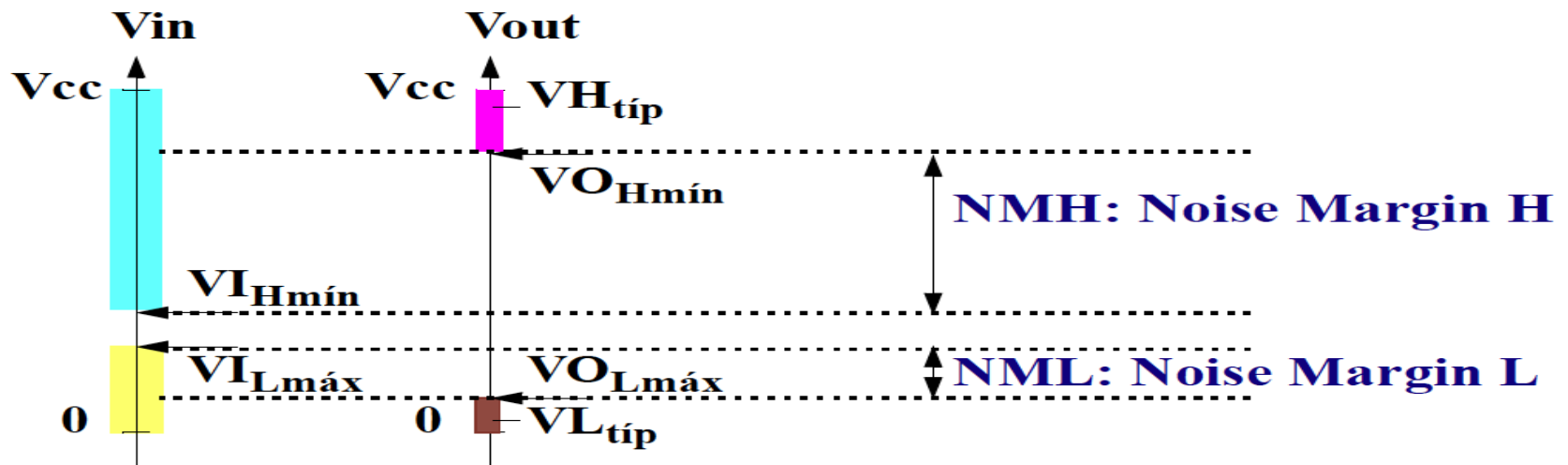
Parámetros de conmutación

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



Parámetros de conmutación

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



Valores en tipo 74LSxx

$$V_{IHmín} = 2 \text{ V}$$

$$V_{ILmáx} = 0.8 \text{ V}$$

$$V_{OHmín} = 2.4 \text{ V}$$

$$V_{OLmáx} = 0.4 \text{ V}$$

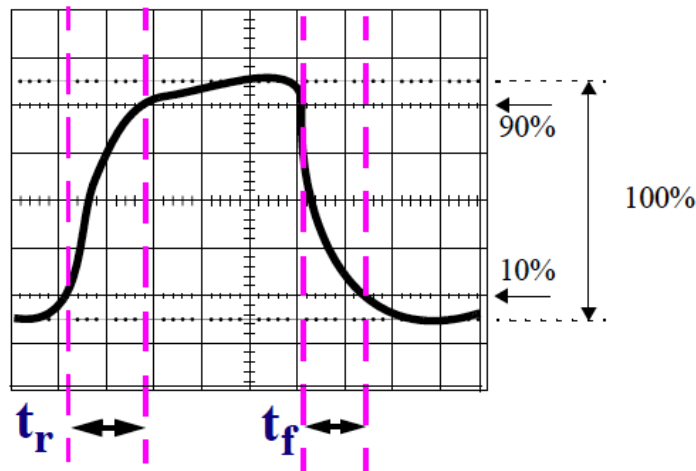
$$NMH = 0.4 \text{ V}$$

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

Parámetros de conmutación

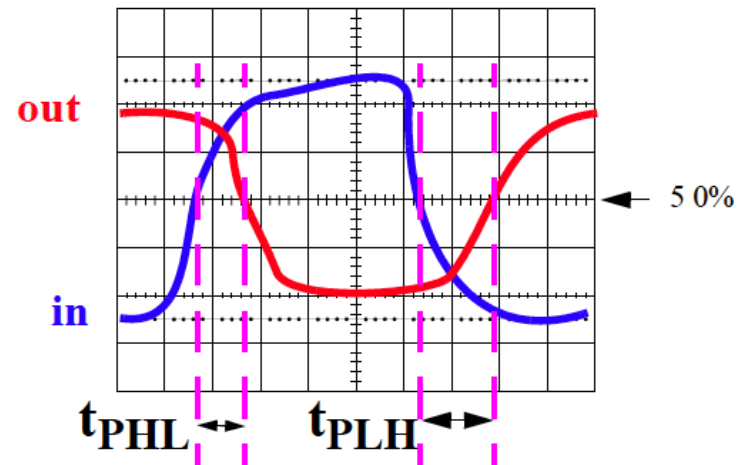
- Tiempos de transición y propagación

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

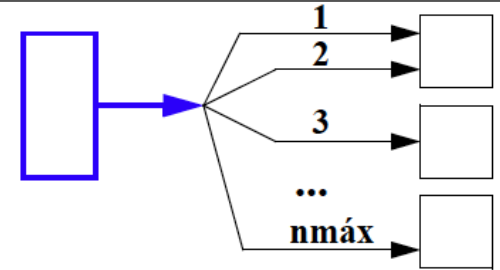


t_{PXX} : Es el tiempo de Propagación
o de retraso (*delay*: t_d , δ , Δ , etc.)

Parámetros de conmutación

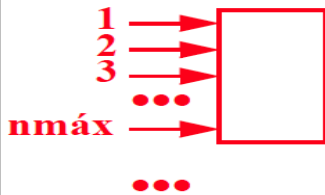
► Fan-in. Fan-out

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

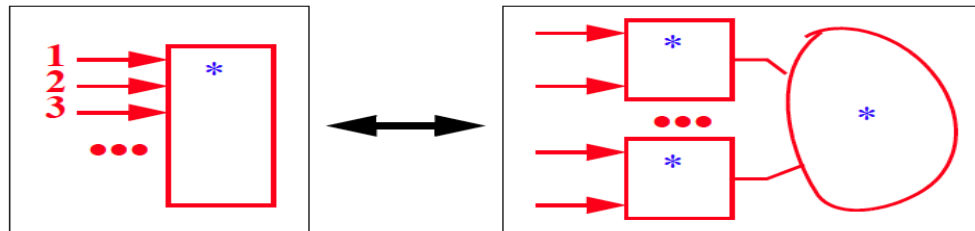


Si se necesitan más conexiones hay que usar Buffers

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

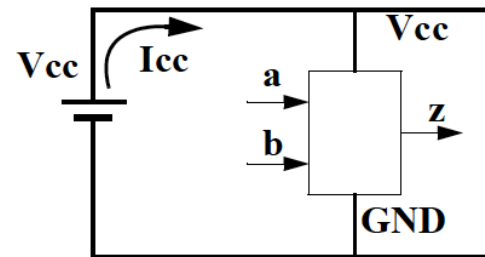
► Potencia consumida

- * **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 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.