



A OTRO  
NIVEL

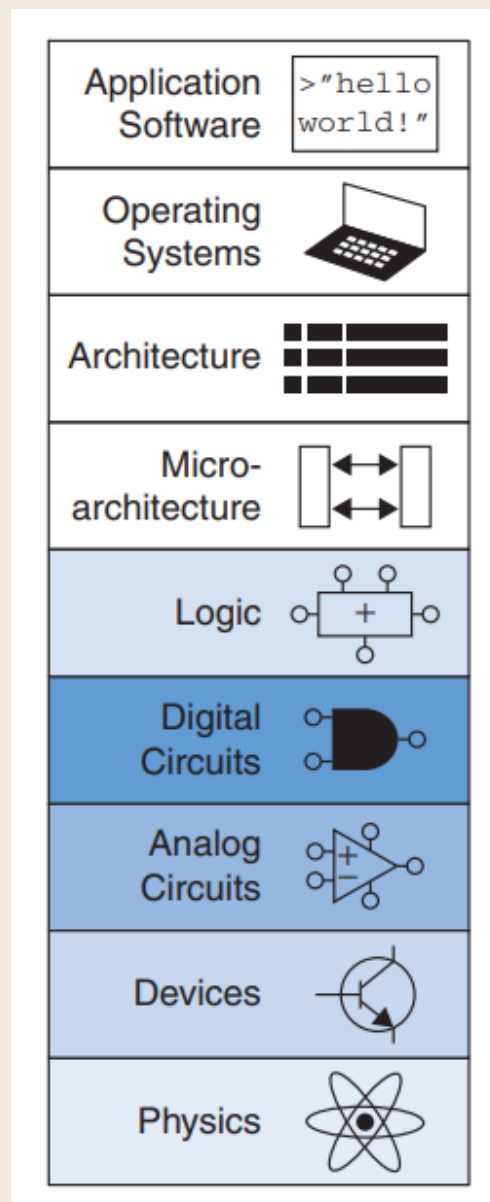
# Lógica digital

Febrero de 2024

# El arte de manejar la complejidad

- Abstracción
- Disciplina
- Las tres i: **Hierarchy, Modularity, Regularity.**

# Abstracción



# Disciplina

- Intencionalmente restringir opciones de diseño
- Ejemplos de disciplina digital:
  - Voltajes discretos en vez de continuos.
  - Más sencillos que sistemas análogos y más sofisticados
  - Sistemas digitales reemplazando predecesores análogos.



# Las tres i

## Hierarchy:

Recursivamente descomponer un sistema en sub sistemas

## Modularity

Definiciones de funciones e interfaces

## Regularity

Partes intercambiables

# Lógica digital: dígito binario bit

- Dos valores discretos:
  - '1' y '0'
  - '1', verdadero, alto
  - '0', falso, bajo
- **1 y 0:** niveles de voltaje, niveles de presión, temperatura, etc
- **0:** voltaje bajo
- **1:** voltaje alto

# Conceptos

# Suma binaria

$$\begin{array}{r}
 11 \\
 4277 \\
 + 5499 \\
 \hline
 9776
 \end{array}$$

← carries →

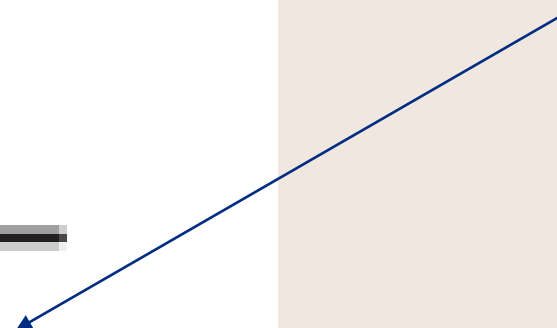
$$\begin{array}{r}
 11 \\
 1011 \\
 + 0011 \\
 \hline
 1110
 \end{array}$$



# Suma binaria con overflow

$$\begin{array}{r}
 11\ 1 \\
 1101 \\
 +\ 0101 \\
 \hline
 10010
 \end{array}$$

5 bits



# Números binarios con signo

Escribir 5 y -5 con un bit de signo (0 para positivo y 1 para negativo)

$$\begin{aligned} 5_{10} &= 0101_2 \\ -5_{10} &= 1101_2 \end{aligned}$$

---


$$10010_2$$



# Números binarios con complemento a dos

Encontrar la representación de -2 con cuatro bits en complemento a dos:

$$+2_{10} = 0010_2$$

Invertir los bits y adicionar 1:

$$1101_2$$

$$1101_2 + 1$$

$$1110_2$$

# Números binarios con complemento a dos

Encontrar el valor decimal del número en complemento a dos de:

$$1001_2 = -7_{10}$$

Dado que tiene un 1 al inicio es negativo, para encontrar magnitud invertir todos los bits y sumar 1.

$$0110_2$$

$$0110_2 + 1$$

$$0111_2 = 7_{10}$$

# Ejercicio:

Calcular:

$$\begin{array}{l} -2_{10} + 1_{10} \\ -7_{10} + 7_{10} \end{array}$$

$$-2_{10} + 1_{10} = 1110_2 + 0001_2 = 1111_2 = -1_{10}$$

$$-7_{10} + 7_{10} = 1001_2 + 0111_2 = 10000_2 = 0000_2$$

# Compuertas lógicas

# Compuertas lógicas

NOT



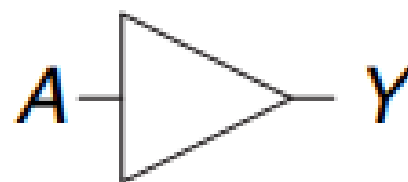
$$Y = \bar{A}$$

$A$	$Y$
0	1
1	0



# Compuertas lógicas

**BUF**

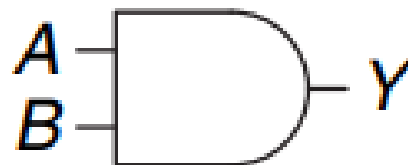


$$Y = A$$

A	Y
0	0
1	1

# Compuertas lógicas

## AND

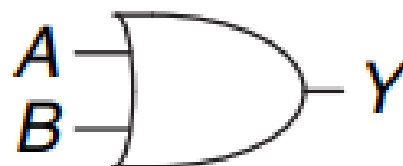


$$Y = AB$$

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Y</i>
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

# Compuertas lógicas

OR



$$Y = A + B$$

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Y</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

# Compuertas lógicas

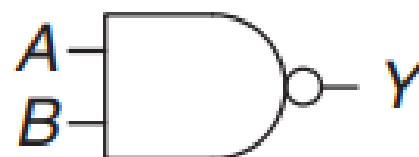
## XOR



$$Y = A \oplus B$$

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

## NAND



$$Y = \overline{AB}$$

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

## NOR



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

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

# Compuertas lógicas

## NOR3



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

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

## AND3



$$Y = ABC$$

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

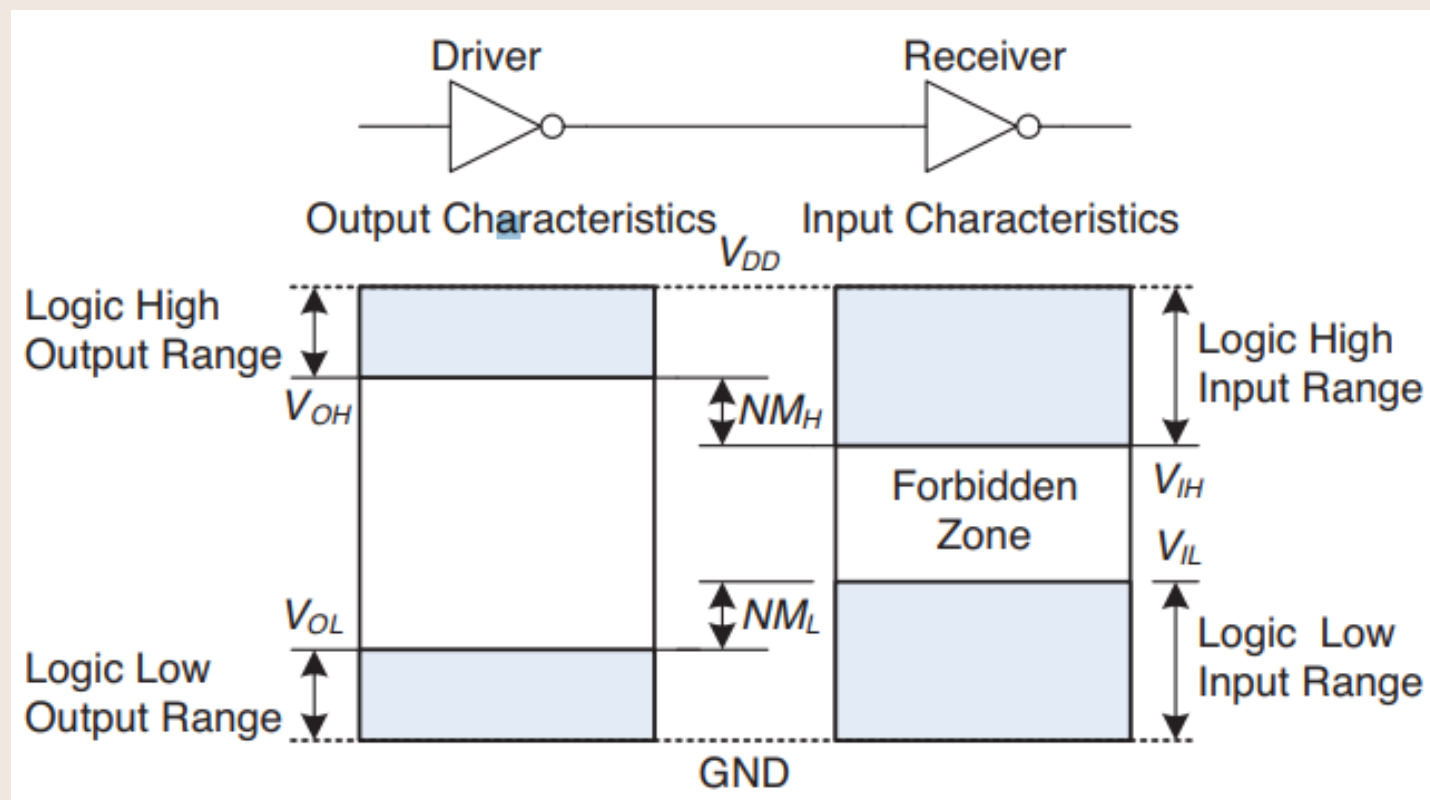
# Niveles lógicos

# Niveles lógicos

- Voltajes discretos representan 1 y 0
- 0 es tierra (ground, gnd) ó 0 voltios
- 1 es Vdd ó 5 voltios
- ¿Qué sucede con 4.95 v?
- ¿Qué pasa con 3.2 v?



# Niveles lógicos



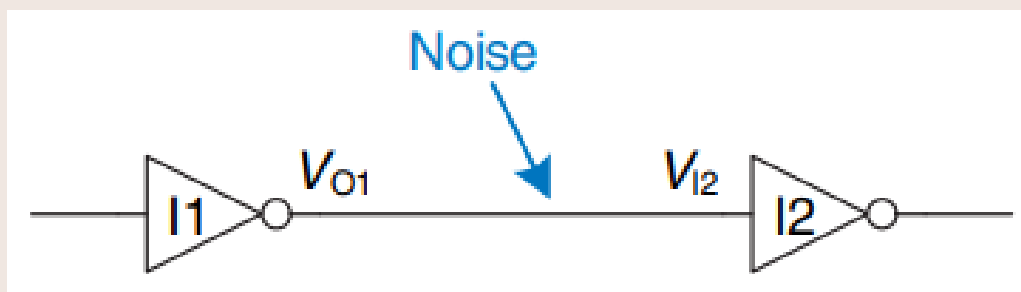
**Margen de ruido**

$$NM_L = V_{IL} - V_{OL}$$

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH}$$

# Niveles lógicos

El circuito digital con dos inversores tiene las siguientes características:



$$V_{dd} = 5 \text{ V}, V_{IL} = 1.35 \text{ V}, V_{IH} = 3.15 \text{ V}, V_{OL} = 0.33 \text{ V}, V_{OH} = 3.84 \text{ V}$$

- ¿Cuáles son los márgenes de ruido alto y bajo?
- ¿Puede el circuito tolerar 1 V de ruido entre  $V_{O1}$  y  $V_{I2}$ ?

# Niveles lógicos

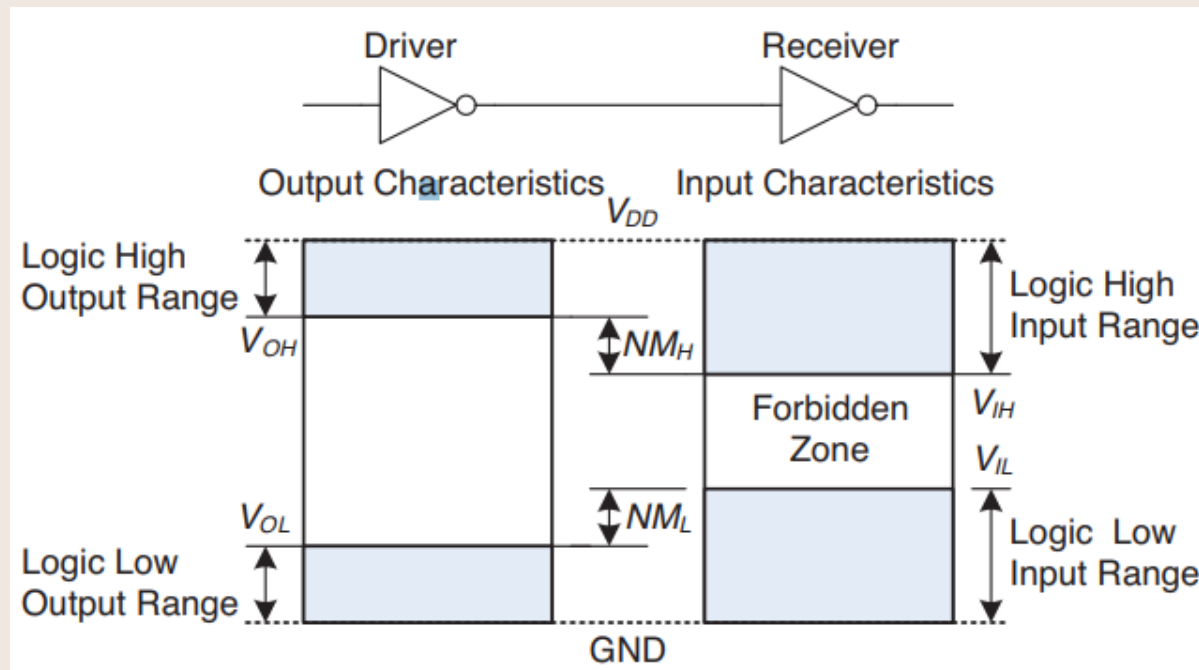
Los márgenes de ruido son:

$$NM_L = V_{IL} - V_{OL}$$

$$NM_L = 1.35 - 0.33 = 1.02 \text{ V}$$

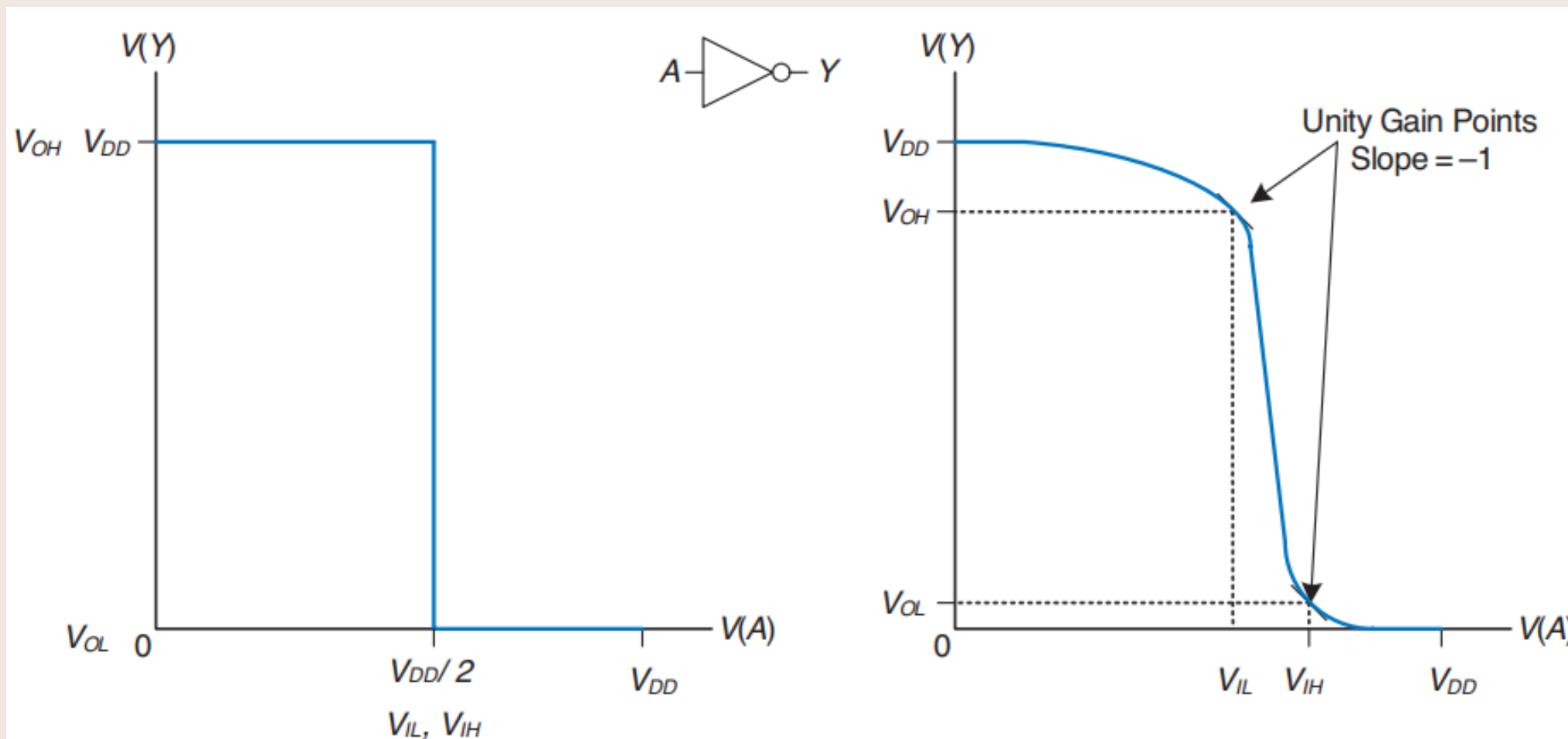
$$NM_H = V_{OH} - V_{IH}$$

$$NM_H = 3.84 - 3.15 = 0.69 \text{ V}$$



El circuito tolera 1 V de ruido cuando la salida es Low, sin embargo, no tolera 1 V de ruido cuando es High.

# Niveles lógicos – curva de transferencia



# Niveles lógicos – familias lógicas

- Niveles lógicos en 1970s y 1980s

Logic Family	$V_{DD}$	$V_{IL}$	$V_{IH}$	$V_{OL}$	$V_{OH}$
TTL	5 (4.75–5.25)	0.8	2.0	0.4	2.4
CMOS	5 (4.5–6)	1.35	3.15	0.33	3.84
LVTTL	3.3 (3–3.6)	0.8	2.0	0.4	2.4
LVC MOS	3.3 (3–3.6)	0.9	1.8	0.36	2.7

- Ha disminuido  $V_{dd}$ , 3.3 V, 2.5 V, 1,8 V, 1.5 V, 1.2 v, 1.0 V.

**Hasta la próxima**