

Tecnologías Digitales

© Luis Entrena, Celia López,
Mario García, Enrique San Millán
Universidad Carlos III de Madrid

Contenidos

1. Familia CMOS

2. Familia TTL

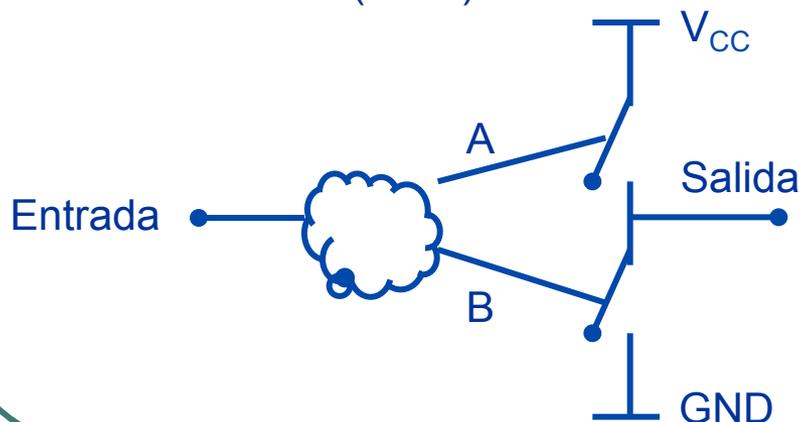
3. Características de las familias CMOS y TTL

4. Tipos de Entradas y Salidas

5. Otras familias lógicas

Familias lógicas

- Las puertas lógicas procesan información digital (reciben '0's y '1's y generan '0's y '1's).
- Los valores lógicos ('0' y '1') se asocian a valores de tensión (0 V y V_{CC} , máxima tensión (0.8, 1.2, 1.5, 3.3, 5 V).
- La construcción de las puertas lógicas requiere el uso de dispositivos electrónicos, que sean capaces de procesar las entradas y generar las salidas, manteniendo la correspondencia entre niveles de tensión y niveles lógicos.
- Estos dispositivos electrónicos se pueden entender como interruptores que permiten la conexión a masa (GND) o a alimentación (V_{CC}).



Salida = '1' si A cierra el camino a V_{CC}

Salida = '0' si B cierra el camino a GND

Familia lógicas

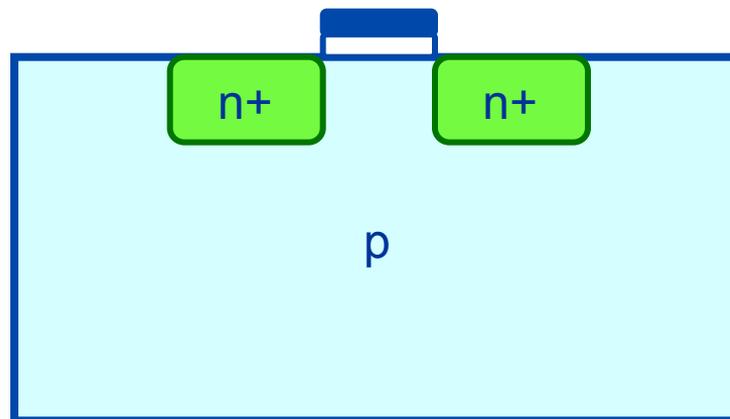
- En general estos “interruptores” son transistores.
- Según el tipo de transistor utilizado se habla de “Familia lógica” porque todas las puertas lógicas se generan con dicho dispositivo.
- La familia lógica más extendida es la CMOS debido a su bajo consumo y alta capacidad de integración. Utiliza el transistor MOSFET.
- Otras familias son la TTL (transistor bipolar: BJT), la ECL (par diferencial con BJT), BiCMOS (mixta MOSFET-BJT), etc.

Familia CMOS

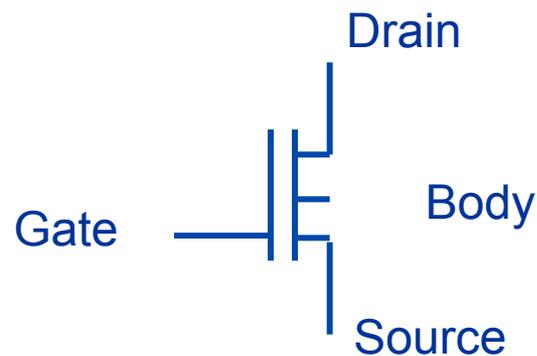
Familia basada en el transistor MOSFET (dispositivo gobernado por tensión).

MOSFET: Metal-Oxide-Semiconductor- Field-Effect Transistor

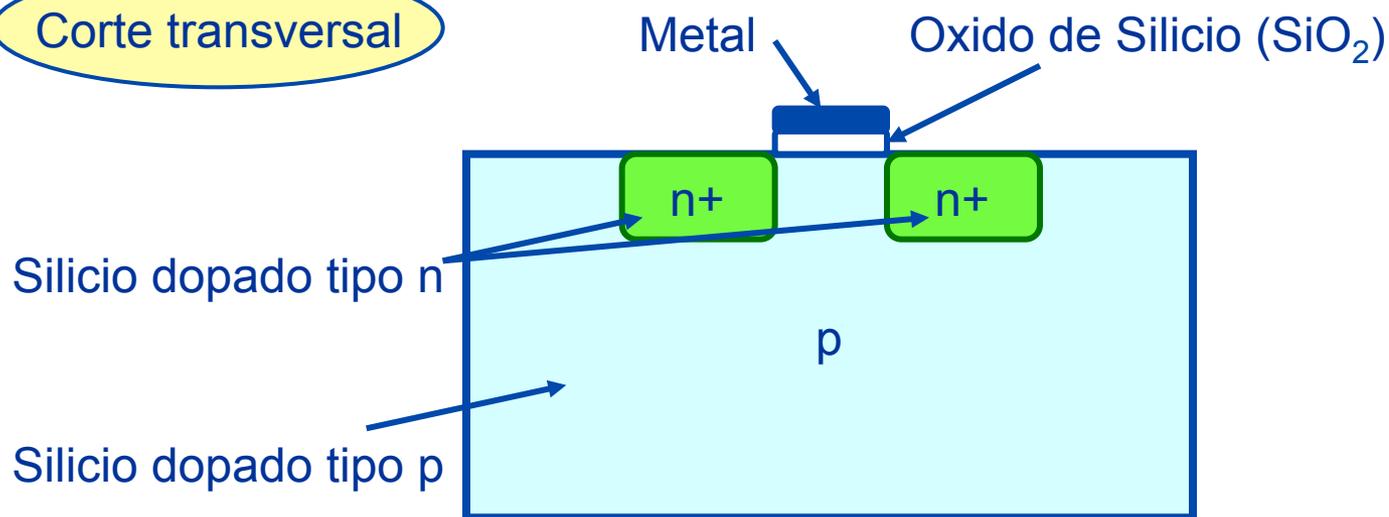
Corte transversal



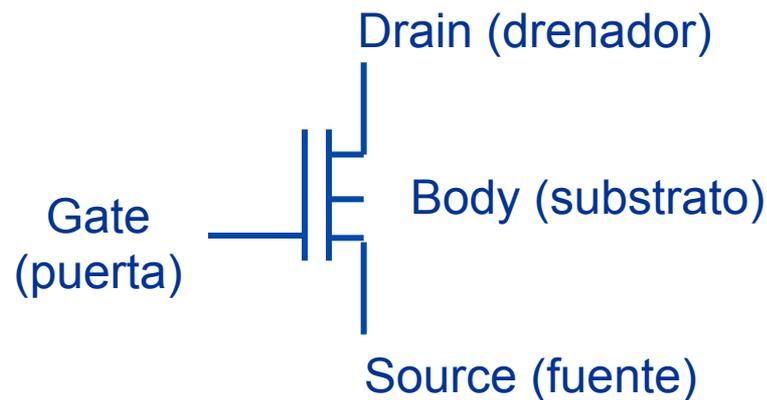
Familia CMOS



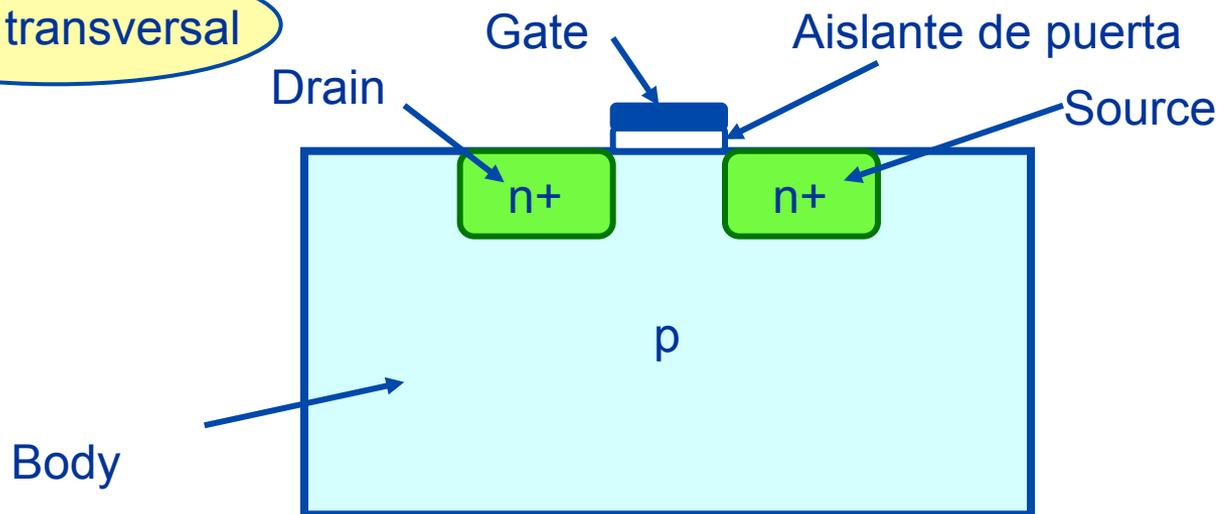
Corte transversal



Familia CMOS

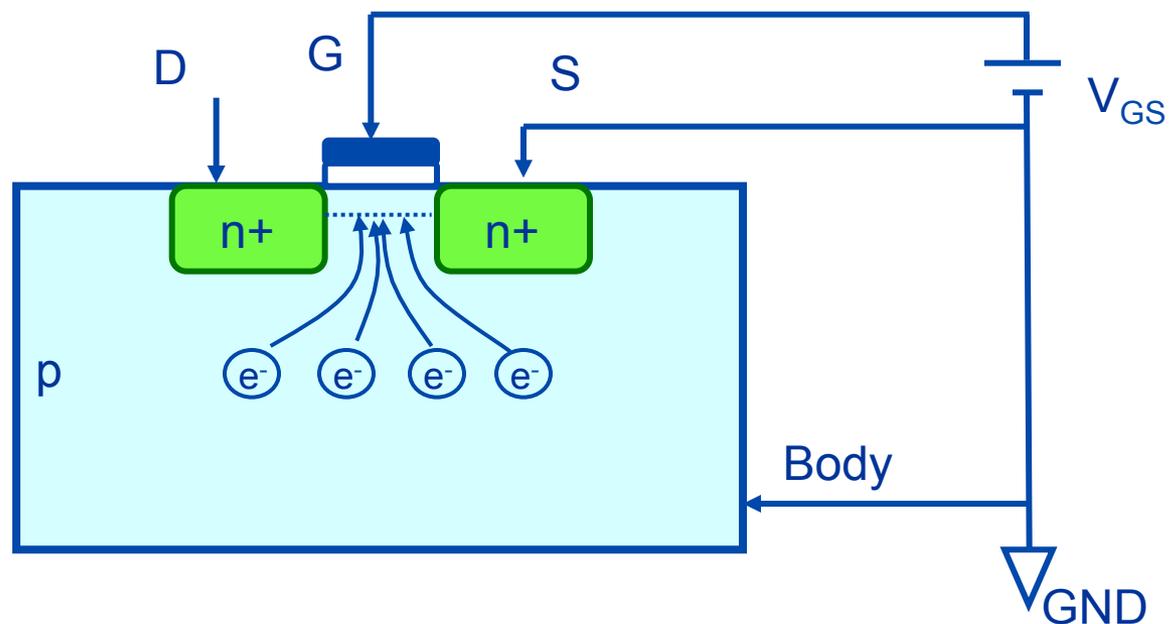
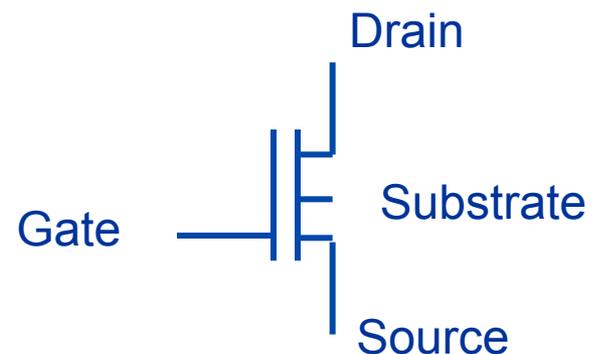


Corte transversal



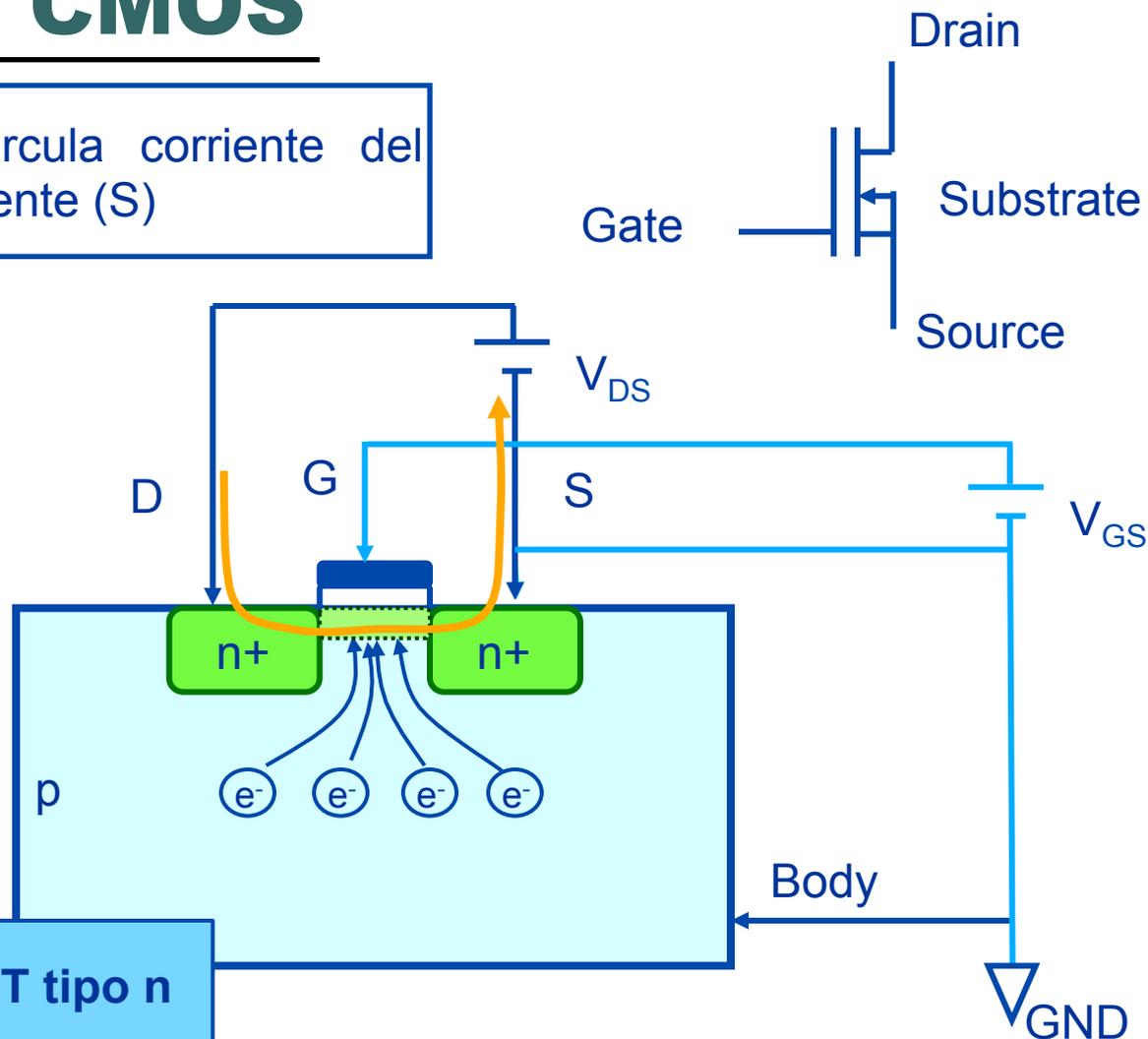
Familia CMOS

Se genera un canal entre D y S por aplicación de tensión en G.



Familia CMOS

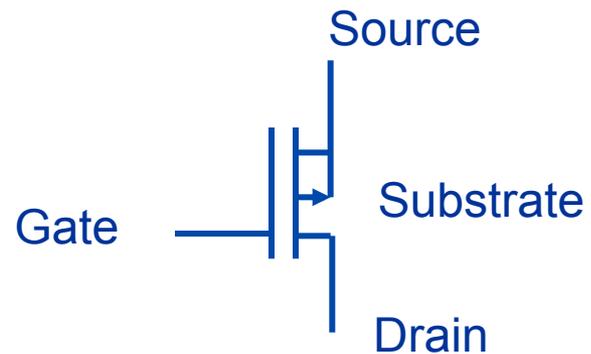
Por el canal n circula corriente del drenador (D) a la fuente (S)



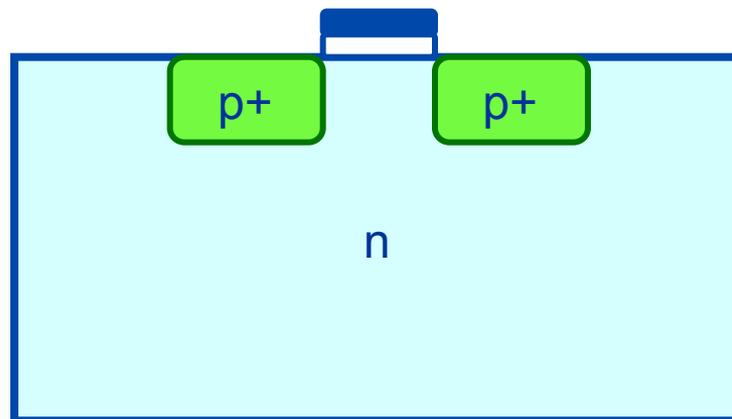
Transistor MOSFET tipo n

Familia CMOS

Transistor MOSFET tipo p

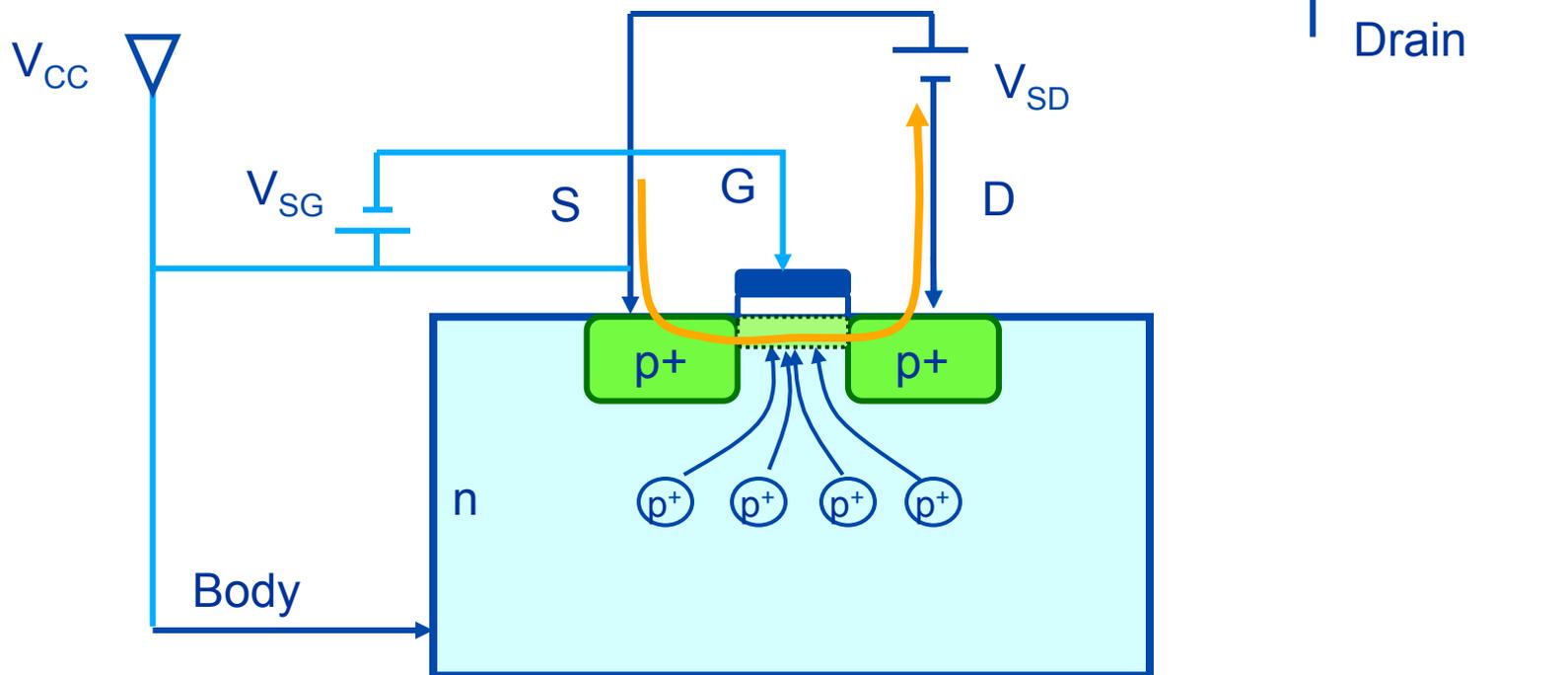


Corte transversal



Familia CMOS

Transistor MOSFET tipo p



Familia CMOS

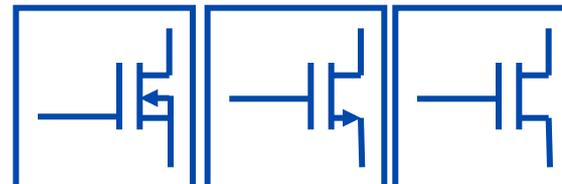
Transistor tipo n:

La fuente está al mínimo potencial

El substrato está a masa (GND)

La corriente circula de Drenador a Fuente ($D \rightarrow S$)

La tensión Puerta-Fuente (V_{GS}) es la que genera el canal entre D y S



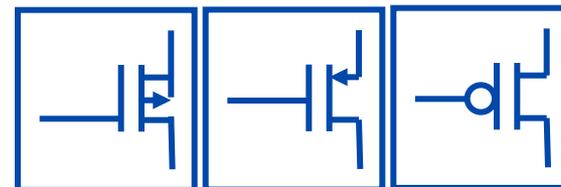
Transistor tipo p:

La fuente está al máximo potencial

El substrato está a alimentación (V_{CC})

La corriente circula de Fuente a Drenador ($S \rightarrow D$)

La tensión Puerta-Fuente (V_{GS}) es la que genera el canal entre S y D



Familia CMOS

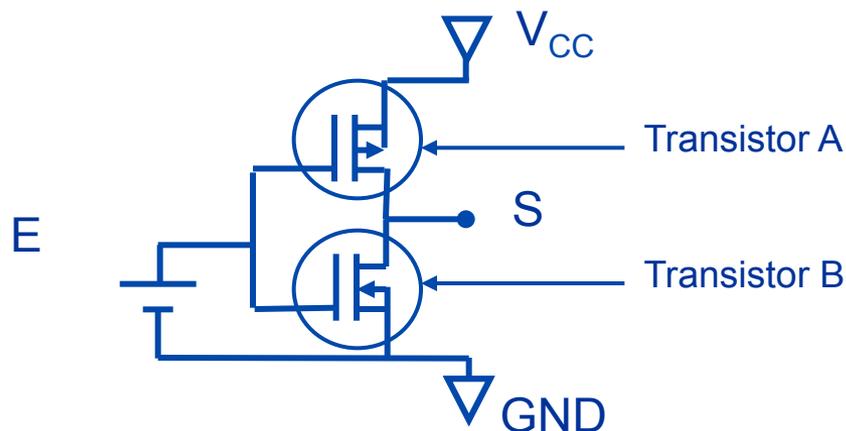
La combinación de transistores tipo p y tipo n generan la tecnología CMOS (Complementary MOSFET).

Gracias a esta tecnología se consiguen circuitos integrados digitales de gran densidad y con muy bajo consumo

1. Los transistores tipo n proporcionan los valores bajos ('0' lógico)
2. Los transistores tipo p proporcionan los valores altos ('1' lógico)

Familia CMOS

INVERSOR CMOS

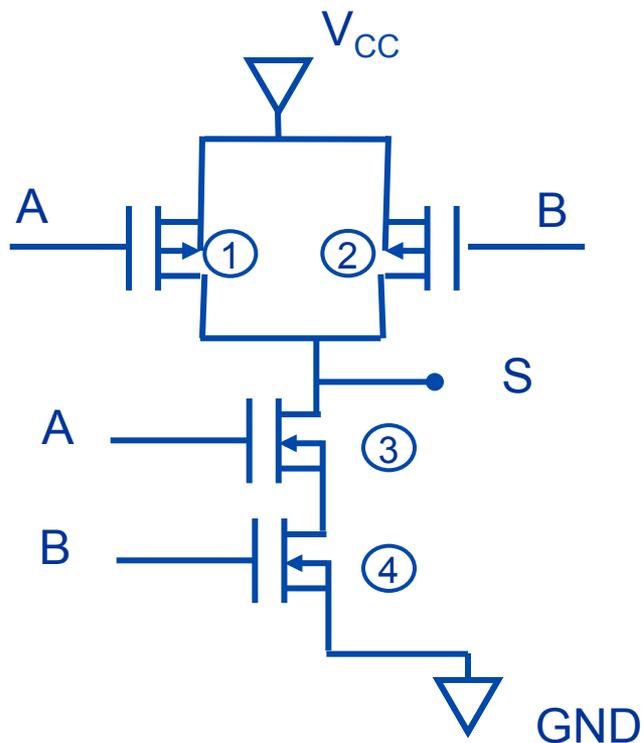


Casos:

1. $E = '1'$
 - A no tiene canal (no conduce)
 - B sí tiene canal (sí conduce)
2. $E = '0'$
 - A sí tiene canal (sí conduce)
 - B no tiene canal (no conduce)

Familia CMOS

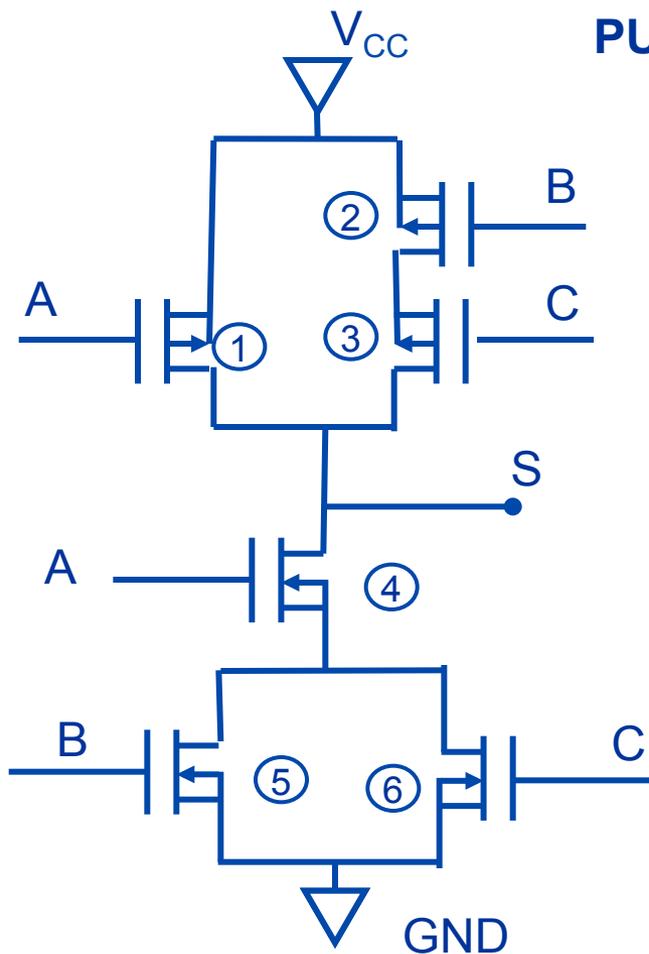
PUERTA NAND CMOS



A	B	①	②	③	④	S
0	0	on	on	off	off	1
0	1	on	off	off	(on)	1
1	0	off	on	(on)	off	1
1	1	off	off	(on)	(on)	0

Familia CMOS: Ejercicio

PUERTA ?? CMOS

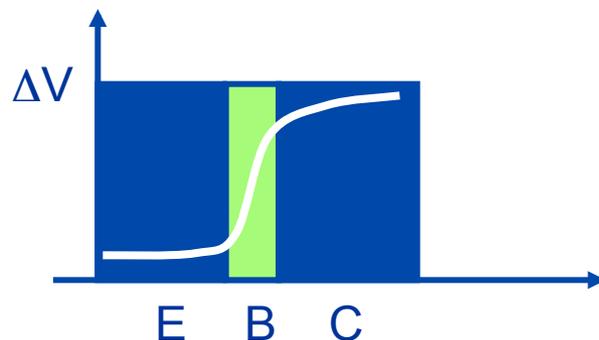
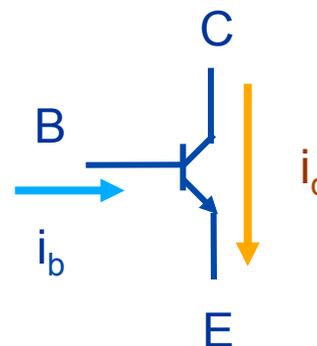
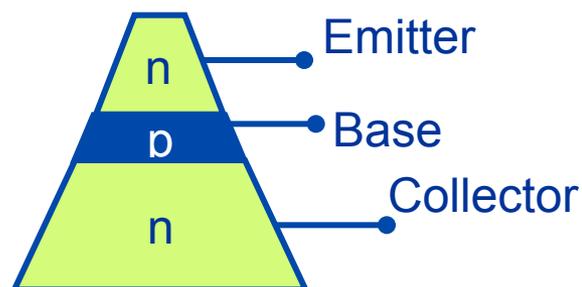


A	B	C	①	②	③	④	⑤	⑥	S
0	0	0							
0	0	1							
0	1	0							
0	1	1							
1	0	0							
1	0	1							
1	1	0							
1	1	1							

Familia TTL

Familia basada en el transistor BJT (dispositivo gobernado por corriente).

TTL: Transistor-transistor Logic
 BJT: Bipolar Junction Transistor



La inyección de corriente en la base genera un incremento de potencial que permite el paso de corriente entre el emisor y el colector.

Familia TTL

Para utilizar el transistor bipolar como interruptor es necesario usar dos elementos. El primero (T1) funciona gobernado por la tensión que pongamos en el emisor (Entrada).

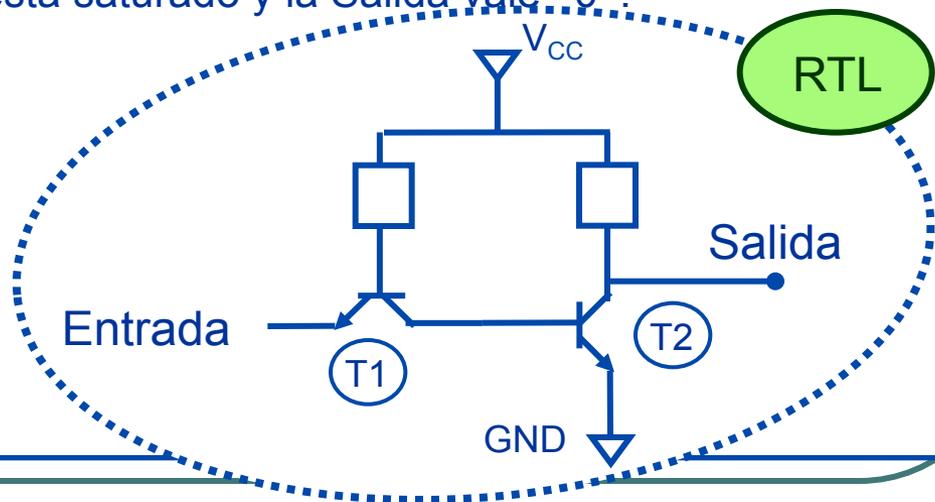
- Si conectamos el emisor a masa ('0'), T1 está saturado y en su colector habrá un '0'.
- Si conectamos el emisor a alimentación ('1'), T1 está polarizado en inversa y habrá un '1' en su colector.

El colector de T1 es la base de T2.

- Si en la base de T2 hay un '0', T2 está cortado y la Salida vale '1'
- Si en la base de T2 hay un '1', T2 está saturado y la Salida vale '0'

POR TANTO:

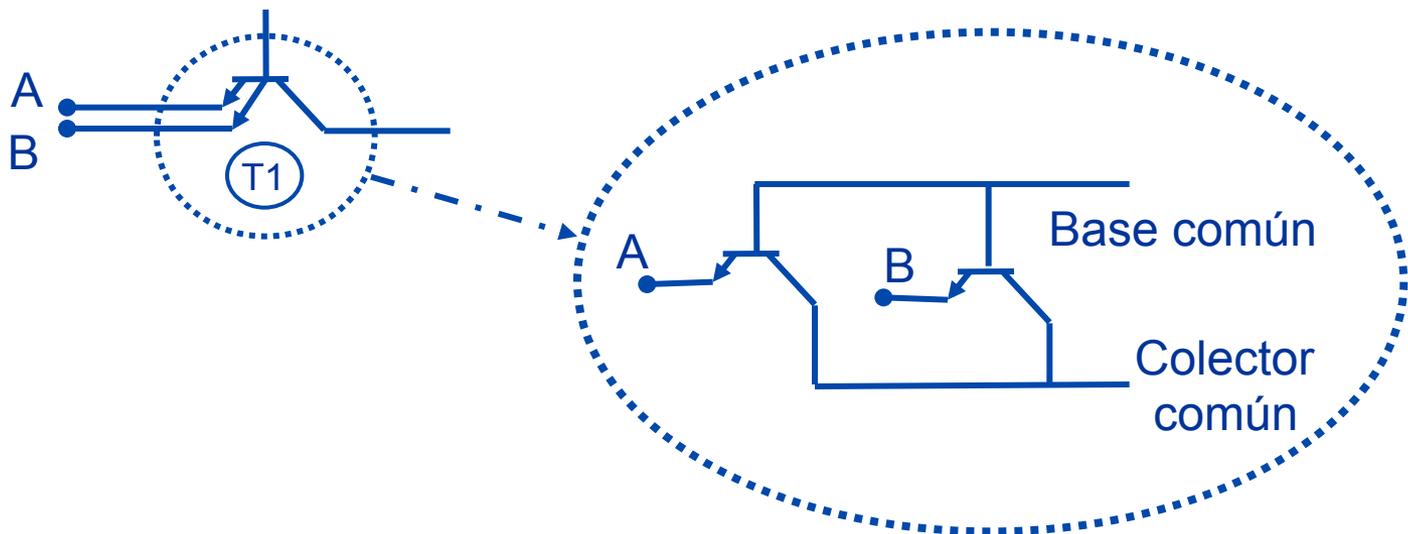
- Si Entrada = '0' → Salida = '1'
- Si Entrada = '1' → Salida = '0'



Familia TTL

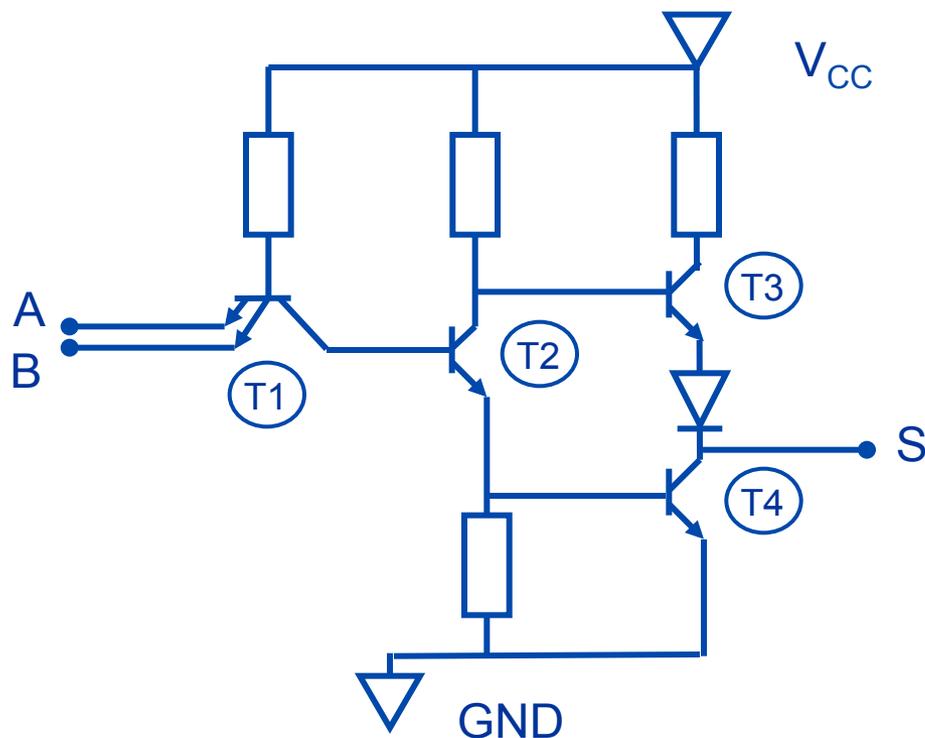
Para introducir más entradas se utiliza el transistor multi-emisor

- Si A ó B son un '0' (0 V) el transistor está saturado y en el colector hay un '0'
- Si en A y en B hay un '1' (V_{cc}) el transistor está polarizado en inversa y la corriente circularía de emisor a colector



Familia TTL

Para mejorar la inmunidad al ruido y la rapidez de conmutación, se añade salida en Totem-pole (dos transistores en la etapa de salida para que uno ponga los '0's y otro los '1's)



TTL

CASOS:

1. $A \text{ y } B = '1'$.
 - T1 polarizado en inversa
 - T2 saturado
 - T4 saturado
 - Salida = '0'
2. $A \text{ o } B = '0'$
 - T1 saturado
 - T2 cortado
 - T4 cortado
 - T3 saturado
 - Salida = '1'

PUERTA LÓGICA → NAND

Características de los circuitos integrados

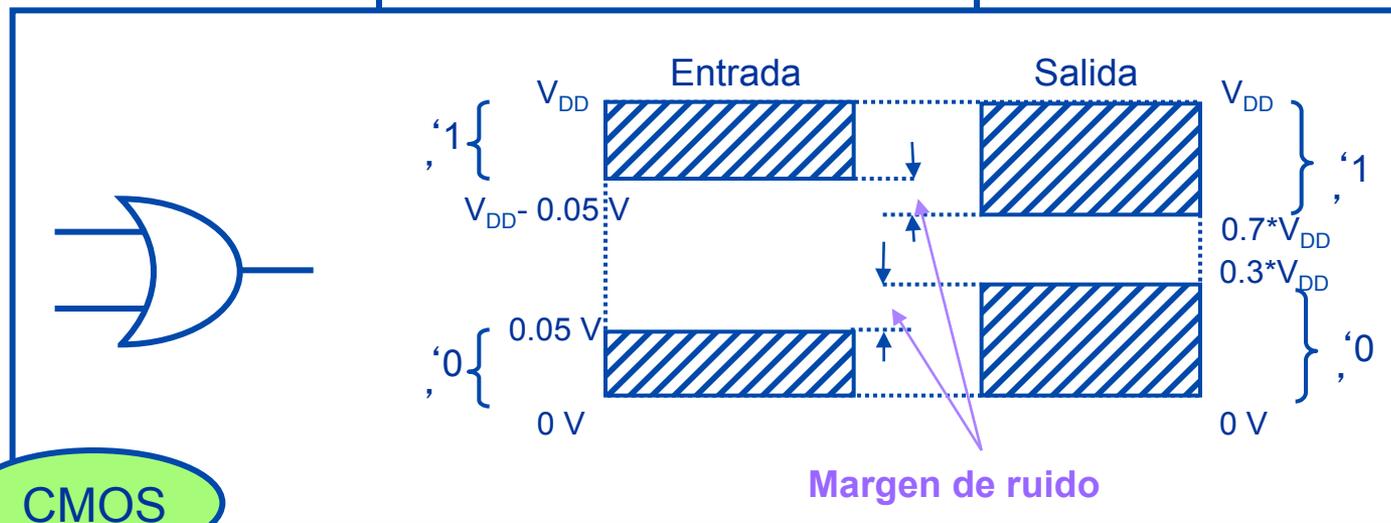
1. Tensión de alimentación
2. Tensiones de Entrada y Salida
3. Inmunidad al ruido
4. Velocidad
5. Consumo
6. Intensidades de Entrada y Salida
7. *Fan-out* máximo

Características de los circuitos integrados: Tensión de alimentación

Característica	CMOS	TTL
Tension de alimentación	0,8 – 15 V	5 V

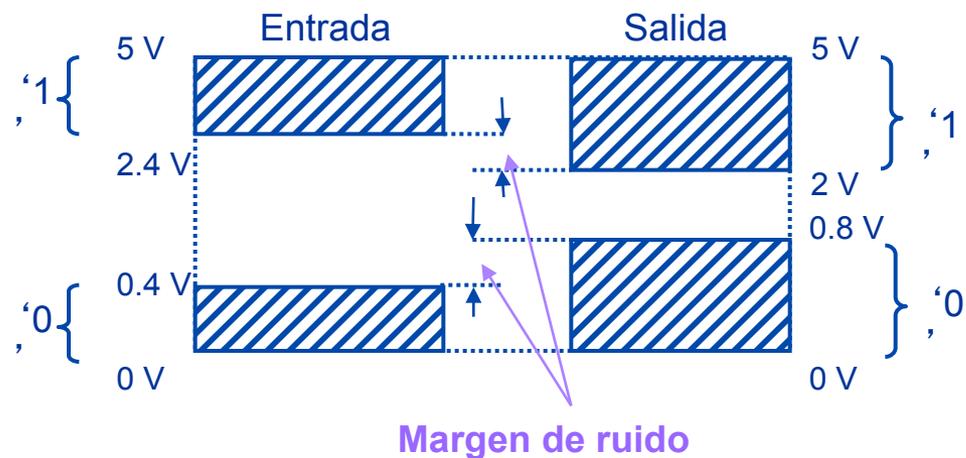
Características de los circuitos integrados: Inmunidad al ruido

Característica	CMOS				TTL			
Tension de alimentación	0,8 – 15 V				5 V			
Niveles de tensión	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}
	$V_{DD} \div V_{DD} - 0.05$	$0 V \div 0.05V$	$V_{DD} \div 0.7 * V_{DD}$	$0 V \div 0.3 * V_{DD}$				



Características de los circuitos integrados: Niveles de tensión

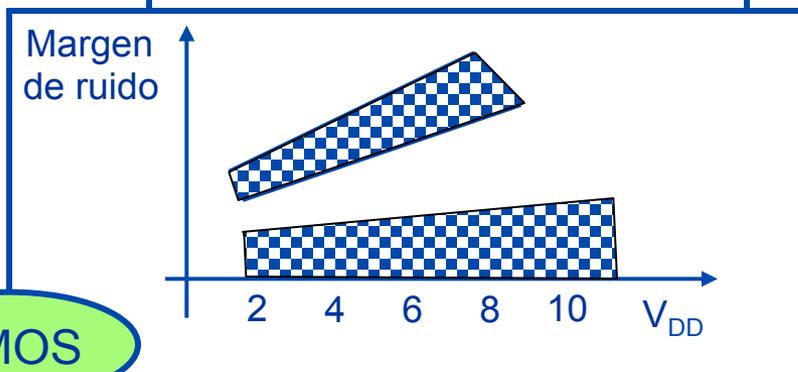
Característica	CMOS				TTL			
Tensión de alimentación	0,8 – 15 V				5 V			
Niveles de tensión	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}
	$V_{DD} \div V_{DD}-0.05$	$0 V \div 0.05V$	$V_{DD} \div 0.7 * V_{DD}$	$0 V \div 0.3 * V_{DD}$	$5 V \div 2.4 V$	$0 V \div 0.4 V$	$5 V \div 2 V$	$0 V \div 0.8 V$



TTL

Características de los circuitos integrados: Inmunidad al ruido

Característica	CMOS				TTL			
Tensión de alimentación	0,8 – 15 V				5 V			
Niveles de tensión	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}
	$V_{DD} \div V_{DD}-0.05$	$0 V \div 0.05V$	$V_{DD} \div 0.7 * V_{DD}$	$0 V \div 0.3 * V_{DD}$	$5 V \div 2.4 V$	$0 V \div 0.4 V$	$5 V \div 2 V$	$0 V \div 0.8 V$
Inmunidad al ruido	Depende de V_{DD}				0.4 V			



CMOS

Características de los circuitos integrados: Velocidad

Característica	CMOS				TTL			
Tension de alimentación	0,8 – 15 V				5 V			
Niveles de tensión	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}
	$V_{DD} \div V_{DD}-0.05$	$0 V \div 0.05V$	$V_{DD} \div 0.7 * V_{DD}$	$0 V \div 0.3 * V_{DD}$	$5 V \div 2.4 V$	$0 V \div 0.4 V$	$5 V \div 2 V$	$0 V \div 0.8 V$
Inmunidad al ruido	Depende de V_{DD}				0.4 V			
Velocidad de respuesta (retardo de propagación)	$t_{pHL}; t_{pLH} \approx ns$ (frecuencias hasta GHz)				$t_{pHL}; t_{pLH} \approx ns$ (más rápido que CMOS)			

Características de los circuitos integrados: Consumo

Característica	CMOS				TTL			
Tension de alimentación	0,8 – 15 V				5 V			
Niveles de tensión	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}
	$V_{DD} \div V_{DD}-0.05$	$0 V \div 0.05V$	$V_{DD} \div 0.7 * V_{DD}$	$0 V \div 0.3 * V_{DD}$	$5 V \div 2.4 V$	$0 V \div 0.4 V$	$5 V \div 2 V$	$0 V \div 0.8 V$
Inmunidad al ruido	Depende de V_{DD}				0.4 V			
Velocidad de respuesta (retardo de propagación)	$t_{pHL}; t_{pLH} \approx ns$ (frecuencias hasta GHz)				$t_{pHL}; t_{pLH} \approx ns$ Más rápido que CMOS			
Consumo	Consumo estático = 0 W Consumo dinámico = función (freq) Mucho menor que en TTL				Consumo estático = $V_{CC} * I_{CC}$			

Características de los circuitos integrados: Intensidades de E y S

Característica	CMOS				TTL			
Tension de alimentación	0,8 – 15 V				5 V			
Niveles de tensión	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}
	$V_{DD} \div V_{DD}-0.05$	0 V \div 0.05V	$V_{DD} \div 0.7*V_{DD}$	0 V \div $0.3*V_{DD}$	5 V \div 2.4 V	0 V \div 0.4 V	5 V \div 2 V	0 V \div 0.8 V
Inmunidad al ruido	Depende de V_{DD}				0.4 V			
Velocidad de respuesta (retardo de propagación)	$t_{pHL}; t_{pLH} \approx ns$ (frecuencias hasta GHz)				$t_{pHL}; t_{pLH} \approx ns$ Más rápido que CMOS			
Consumo	Consumo estático = 0 W Consumo dinámico = función (freq) Mucho menor que en TTL				Consumo estático = $V_{CC} * I_{CC}$			
Intensidades de E y S	I_{OH}	I_{OL}	I_{IH}	I_{IL}	I_{OH}	I_{OL}	I_{IH}	I_{IL}
	$\approx 1mA$	$\approx 1mA$	0 A	0 A	-400 μA	16 mA	40 μA	-1.6 mA

Características de los circuitos integrados: Capacidad de entrada

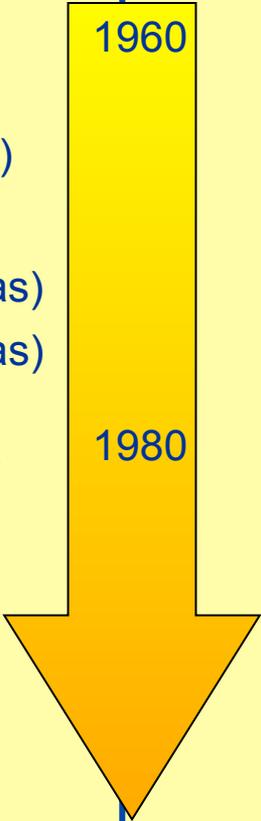
Característica	CMOS				TTL			
Tension de alimentación	0,8 – 15 V				5 V			
Niveles de tensión	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}	V_{OH}	V_{OL}	V_{IH}	V_{IL}
	$V_{DD} \div V_{DD}-0.05$	0 V \div 0.05V	$V_{DD} \div 0.7 * V_{DD}$	0 V \div $0.3 * V_{DD}$	5 V \div 2.4 V	0 V \div 0.4 V	5 V \div 2 V	0 V \div 0.8 V
Inmunidad al ruido	Depende de V_{DD}				0.4 V			
Velocidad de respuesta (retardo de propagación)	$t_{pHL}; t_{pLH} \approx ns$ (frecuencias hasta GHz)				$t_{pHL}; t_{pLH} \approx ns$ Más rápido que CMOS			
Consumo	Consumo estático = 0 W Consumo dinámico = función (freq) Mucho menor que en TTL				Consumo estático = $V_{CC} * I_{CC}$			
Intensidades de E y S	I_{OH}	I_{OL}	I_{IH}	I_{IL}	I_{OH}	I_{OL}	I_{IH}	I_{IL}
	$\approx 1mA$	$\approx 1mA$	0 A	0 A	-400 μA	16 mA	40 μA	-1.6 mA
<i>Fan-out</i> máximo	Depende de la capacidad de puerta ≈ 5 pF. Fan out mayor que en TTL				Depende de corrientes de E y S. Fan-out alrededor de 10.			

Características de los circuitos integrados: Entradas no conectadas

Característica	CMOS	TTL
Entrada no conectada	Conectar a '0' ó a '1' porque puede tomar cualquier valor según los condensadores parásitos	Equivale a tener un '1' lógico

Familias lógicas

Series	CMOS	TTL
Comercial	<p>4000 (NAND 2 entradas)</p> <p>CD400B (NAND 2 entradas)</p> <p>74C00 (NAND 2 entradas)</p> <p>74HC00 (alta velocidad) Compatible con TTL</p>	<p>7400 (NAND 2 entradas)</p> <p>74L00 (bajo consumo)</p> <p>74LS00 (bajo consumo)</p> <p>74F00 ()</p> <p>74AL00 ()</p> <p>74ALS00 ()</p> <p>74FACT00 ()</p>
Industrial y militar (54XX)		
Comercial (74XX)		



Familias lógicas: compatibilidad TTL-CMOS

Causas de incompatibilidad

1. Tensión de alimentación
2. Tensiones de Entrada y Salida
3. Intensidades de Entrada y Salida

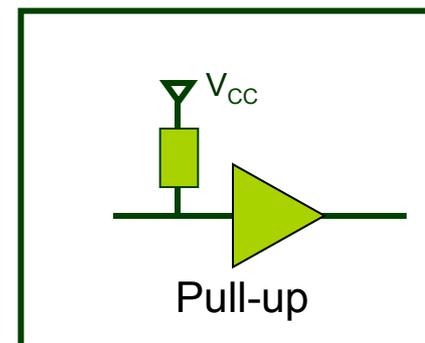
Soluciones:

1. Salidas en colector abierto
2. Familia intermedia HCT
3. Adaptación de niveles

Familias lógicas: Tipos de Entradas y Salidas

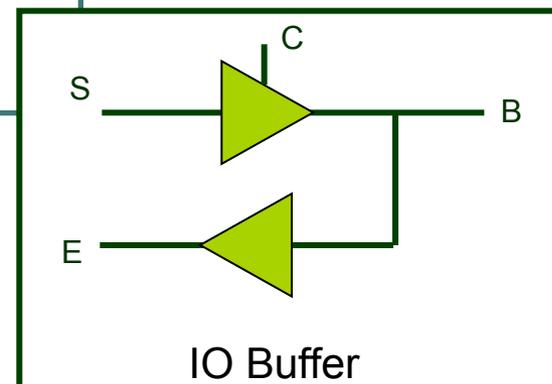
Entradas

1. Normal
2. Con resistencia de Pull-up y pull-down
 - Fijan el valor por defecto de la entrada cuando no se pone ningún valor externamente
3. Bidireccional



Salidas

1. Normal
2. Triestado
3. Colector abierto



Familias lógicas: Otras familias lógicas

ECL

1. Utiliza transistores bipolares
2. Los transistores nunca están saturados
3. Las entradas son diferenciales
4. Inconvenientes
 - Alto consumo
 - Son necesarias fuentes de corriente y referencias de tensión → Gran tamaño
5. Ventajas
 - Alta velocidad

AsGA

1. Gran velocidad respecto a dispositivos en Silicio
2. Precio elevado