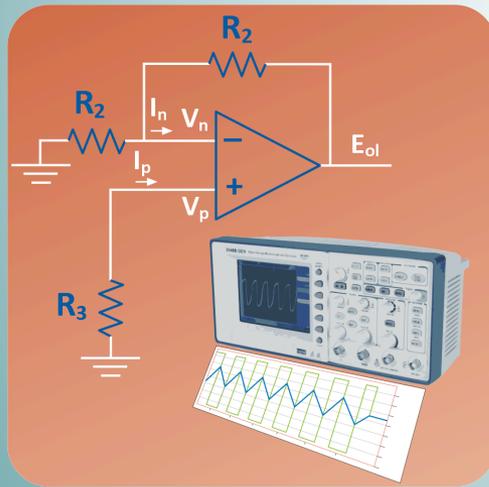


Electrónica Básica

Tema C.1. Familias Lógicas



Gustavo A. Ruiz Robredo
Juan A. Michell Martín

DPTO. DE ELECTRÓNICA Y COMPUTADORES

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)



Propiedades de los circuitos digitales

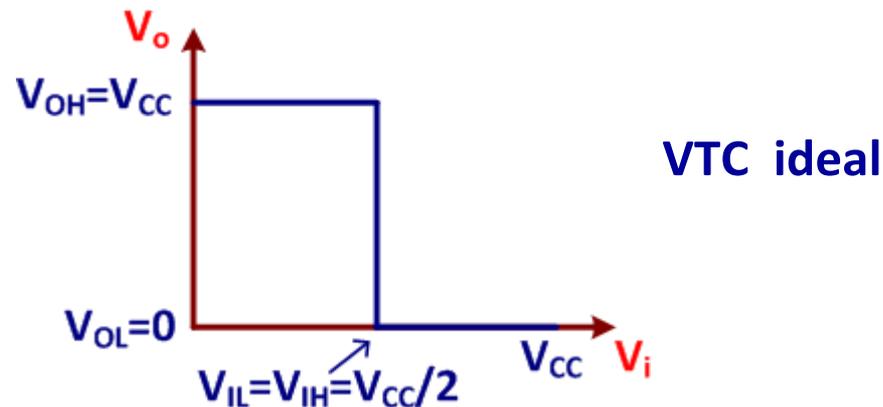
- Un circuito electrónico digital es un circuito formado por componentes electrónicos conectados a una **tensión de alimentación** y tierra.
- Las entradas y salidas tienen **valores cuantificados** que permiten asignar dos estados lógicos: **0 lógico** o rango de tensión bajo (Low) y **1 lógico** o rango de tensión alto (High). El rango de tensiones fuera de estas zonas se define como **indeterminado** (valor X) .
- La salida binaria es una función predefinida de las entradas binarias conocida como **función lógica**.
- Los valores de tensión a las entradas deben ser **regenerados** a la salida.
- Los cambios en las salidas no deben afectar a las entradas (**unidireccionalidad**: entradas → salidas).
- La salida de una puerta debe ser **capaz de excitar a más de una entrada** de puertas del mismo tipo (fan-out).

Parámetros de caracterización de circuitos digitales

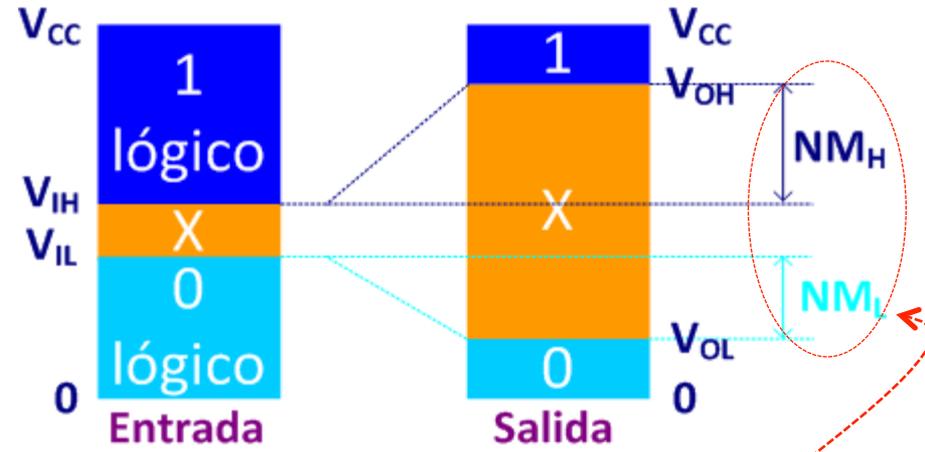
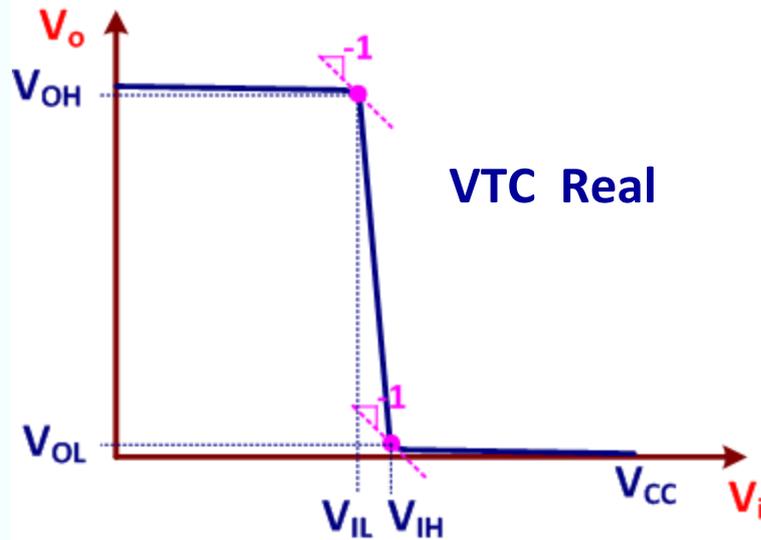
■ Niveles lógicos de tensión

- V_{IL} (*V Input Low*). Tensión de entrada máxima para el nivel lógico bajo.
- V_{IH} (*V Input High*). Tensión de entrada mínima para el nivel lógico alto.
- V_{OL} (*V Output Low*). Tensión de salida máxima para el nivel lógico bajo.
- V_{OH} (*V Output High*). Tensión de salida mínima para el nivel lógico alto.

➤ Estos parámetros se obtienen a partir de la curva de transferencia en tensión o **VTC** (*Voltage Transfer Curve*).



➤ Definición de los parámetros estáticos a partir de la VTC.



- La **inmunidad al ruido** de un circuito lógico es la capacidad de ese circuito de tolerar ruido sin que afecte a los valores lógicos de salida.
- La medida de la inmunidad al ruido se mide en términos del **margen de ruido (Noise Margen)** alto (NM_H) y bajo (NM_L) definidos como:

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

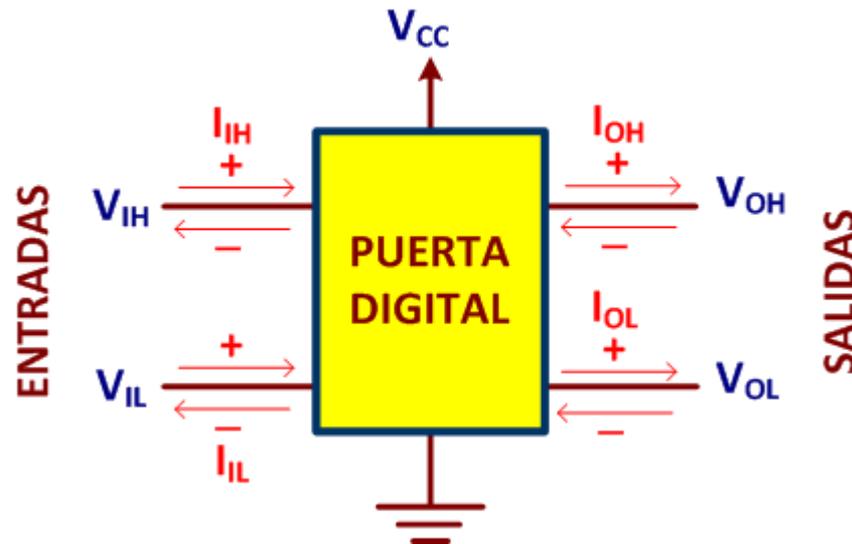
$$NM_L = |V_{IL} - V_{OL}|$$

Prob C.I.1

■ Corrientes de entrada y salida

- I_{IL} → Corriente de entrada en nivel bajo.
- I_{IH} → Corriente de entrada en nivel alto.
- I_{OL} → Corriente de salida en nivel bajo.
- I_{OH} → Corriente de salida en nivel alto.

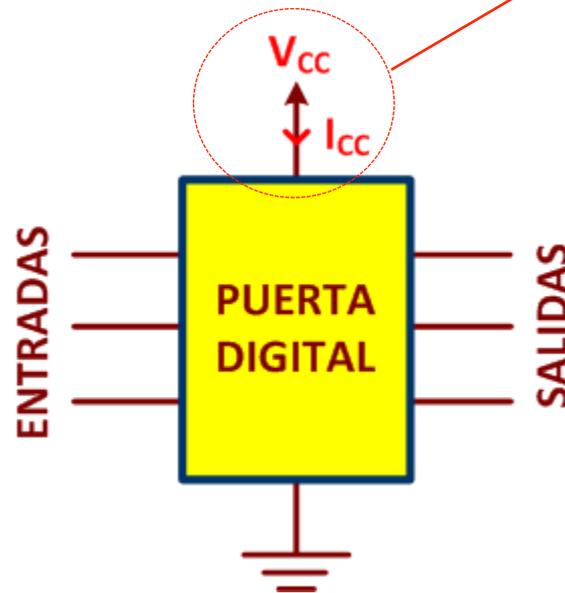
➤ El signo indica el sentido de las corriente: (+) para corrientes entrantes , y (-) para corrientes salientes.



■ Disipación de potencia

- **Potencia** suministrada por la fuente de alimentación es $P_D = V_{CC} \cdot I_{CC}$
- Si I_{CCH} representa la corriente de la puerta cuando sus salidas están en estado lógico alto e I_{CCL} en estado lógico bajo, entonces

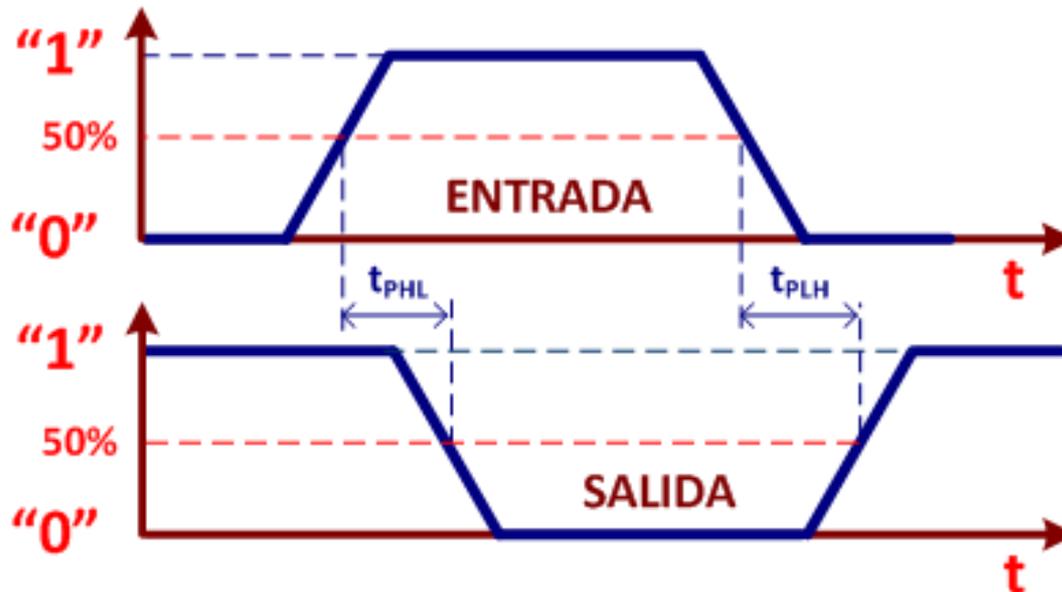
$$P_D = V_{CC} \cdot I_{CC} = V_{CC} \frac{I_{CCH} + I_{CCL}}{2}$$



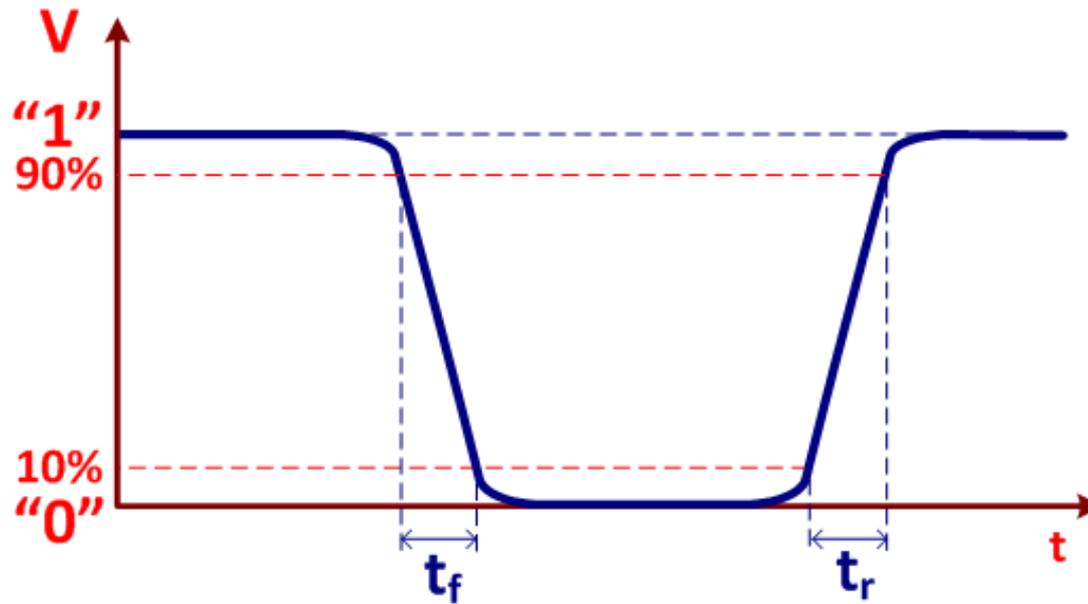
■ Parámetros transistorios

- t_{PLH} → **Tiempo de propagación bajo-alto.** Tiempo transcurrido entre el 50% del valor de tensión en la entrada y el 50% del valor de tensión en la salida cuando ésta sufre una transición de V_{OL} a V_{OH} .
- t_{PHL} → **Tiempo de propagación alto-bajo.** Tiempo transcurrido entre el 50% del valor de tensión en la entrada y el 50% del valor de tensión en la salida cuando ésta sufre una transición de V_{OH} a V_{OL} .
- t_p → **Tiempo de propagación o retardo de propagación:**

$$t_p = \frac{t_{PLH} + t_{PHL}}{2}$$



- t_r y t_f → **Tiempos de subida (rise) y bajada (fall)**. Tiempo que transcurre en conmutar entre el 10% y el 90% de la amplitud de una señal.



Prob C.I.2

■ Producto velocidad-potencia (PDP)

- El **PDP** es un parámetro que mide las características de una puerta digital

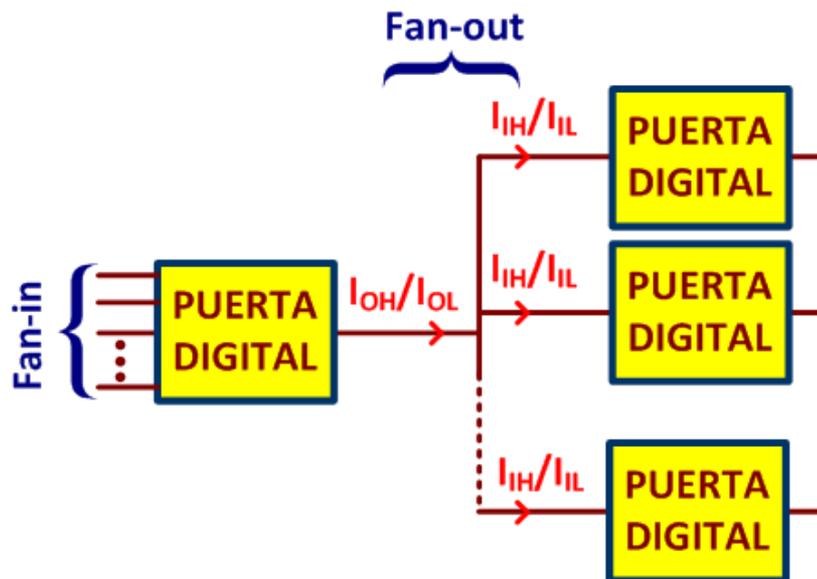
$$\text{PDP} = t_p \cdot P_D \text{ (en unidades de pJ)}$$

■ Frecuencia máxima de reloj

- Frecuencia máxima a la cual puede cambiar de estado un biestable.

■ Fan-in y Fan-out

- Las características de los circuitos electrónicos pueden variar en función del **número de entradas/salidas** conectadas.
 - **Fan-in** → Número máximo de entradas que puede tener un circuito digital.
 - **Fan-out** → Número máximo de entradas de circuitos similares que puede alimentar la salida de un circuito digital. El fan-out afecta a la velocidad de respuesta de la puerta.



$$\text{Fan-out} \left\{ \begin{array}{l} \text{ALTO: } N_1 = \frac{I_{OH}}{I_{IH}} \\ \text{BAJO: } N_2 = \frac{I_{OL}}{I_{IL}} \end{array} \right\}$$

Máximo fan-out: $N = \text{MIN}(N_1, N_2)$

Prob C.I.5

Introducción a las familias lógicas

- Una familia lógica es un grupo de puertas lógicas construidas usando un mismo conjunto de componentes electrónicos usualmente con niveles lógicos de tensión compatibles y características eléctricas similares.

- Principales familias lógicas:
 - RTL (Lógica Resistencia-Transistor)

 - DTL (Lógica Diodo-Transistor)

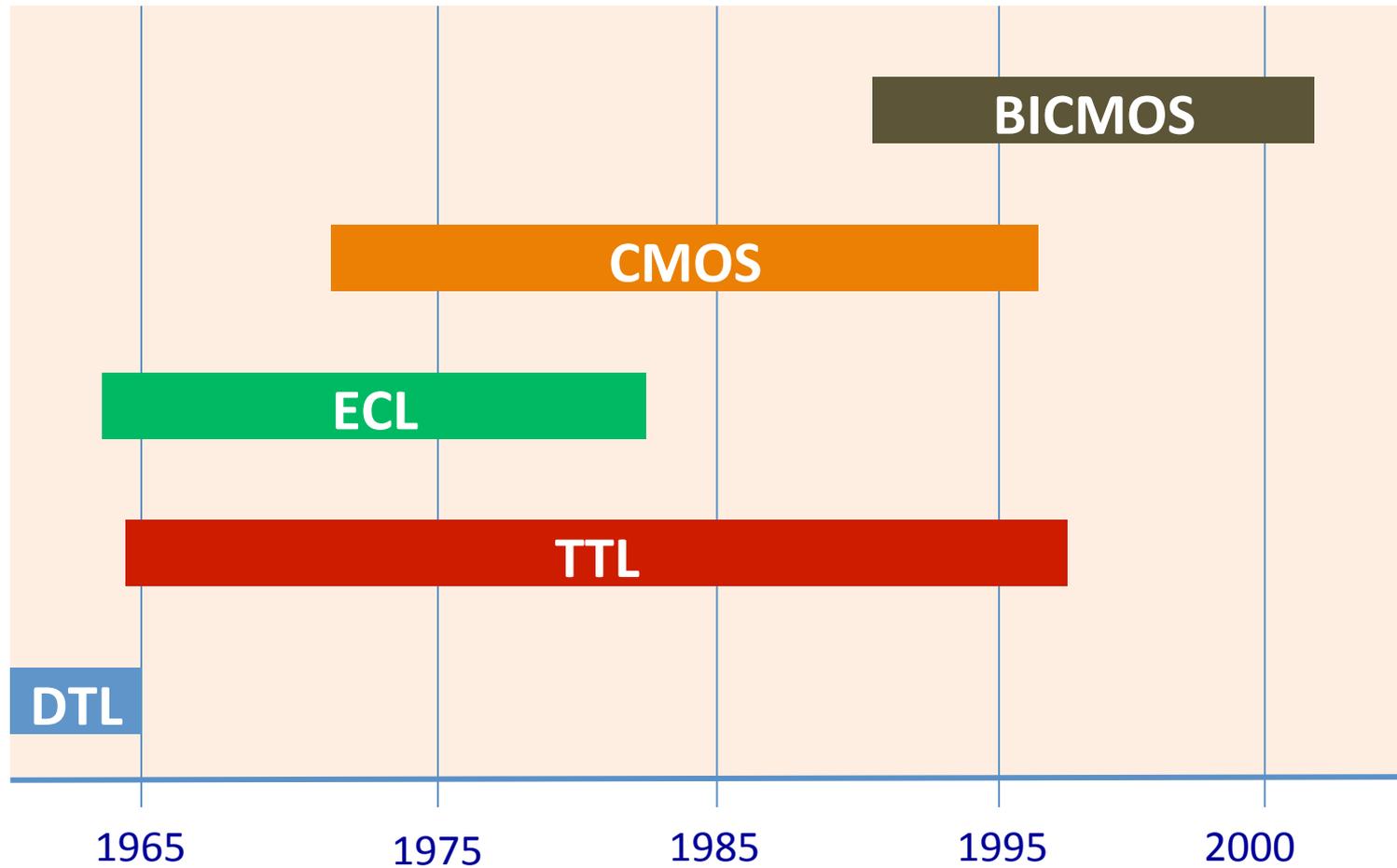
 - TTL (Lógica Transistor-Transistor)

 - ECL (Lógica de Acoplamiento de Emisor)

 - CMOS (MOS o Semiconductor Óxido Metal Complementario)
 - PMOS (MOS tipo-P)
 - NMOS (MOS tipo-N)

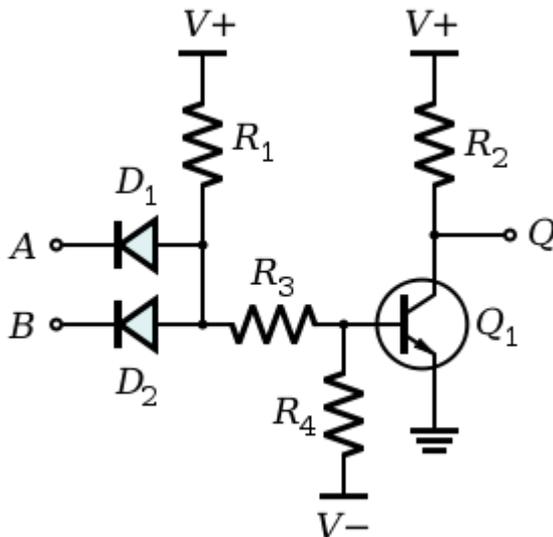
 - BiCMOS (CMOS-Bipolar)

FAMILIAS LÓGICAS COMERCIALES



■ DTL o o Diodo-Transistor Logic

- Introducido por **Signetics** y **Fairchild** (Serie 930) llegó a la industria en **1964**.
- Fue usada en los computadores basados en válvulas y en los primeros computadores de transistores (por ejemplo, IBM 1401).



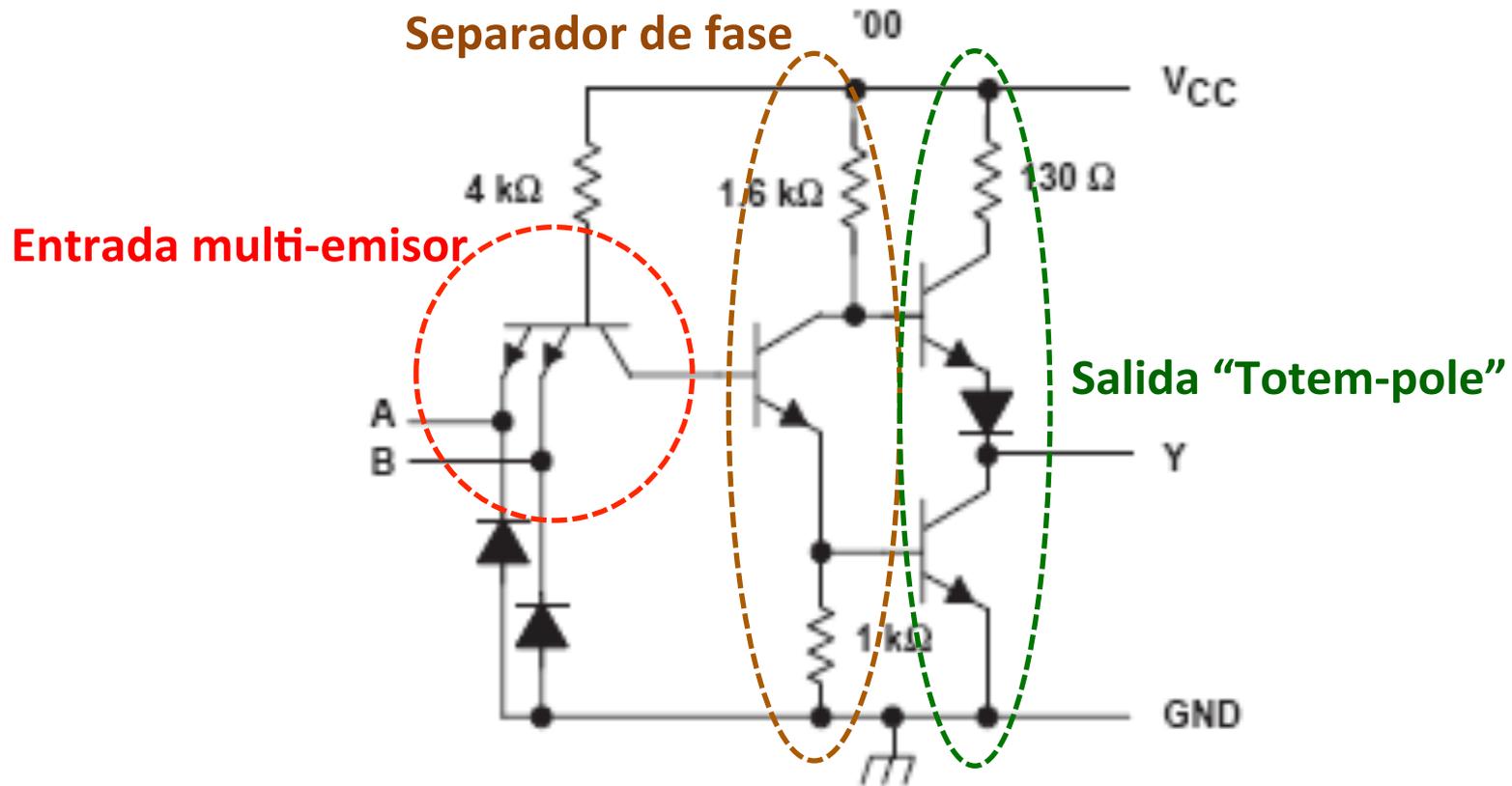
 LTspice IV



IBM 1401

■ TTL o transistor-transistor logic

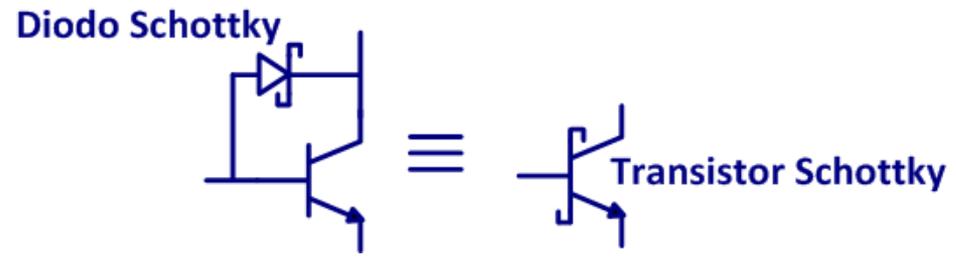
- TTL ha sido ampliamente utilizada en muchas aplicaciones como computadores, control industrial, equipos de test e instrumentación, electrónica de consumo, sintetizadores, etc...
- Fue inventada en **1961** por James L. Buie. El primer circuito comercial TTL fue fabricado por Sylvania en **1963** bajo la denominación Sylvania Universal High-Level Logic family (SUHL).
- La serie **5400** de Texas Instruments hizo muy popular a la TTL. Otros fabricantes como Motorola, AMD, Fairchild, Intel, Intersil, Signetics, Mullard, Siemens, SGS-Thomson and National Semiconductor sacaron sus propias versiones.
- IBM usó su propia TTL para fabricar la serie de computadores IBM System/38, IBM 4300 y IBM 3081.



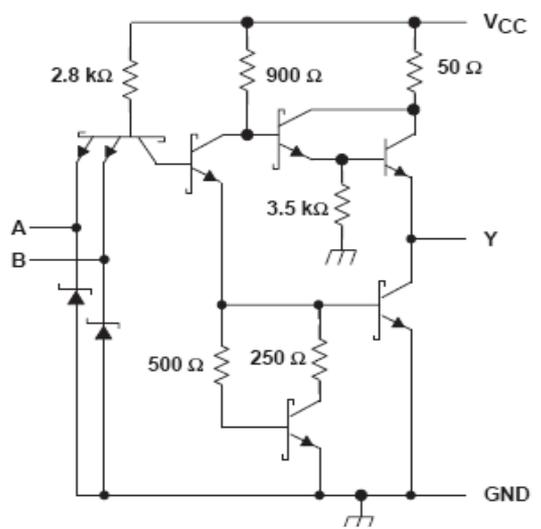
Puerta NAND TTL standard



- Un diodo **Schottky** está formado por la unión metal-semiconductor.
- La series 74S, 74LS and 74ALS se basan en un **transistor Schottky** (combinación de un transistor BJT NPN y un diodo Schottky).
- El diodo Schottky evita que el transistor bipolar entre en **saturación**.

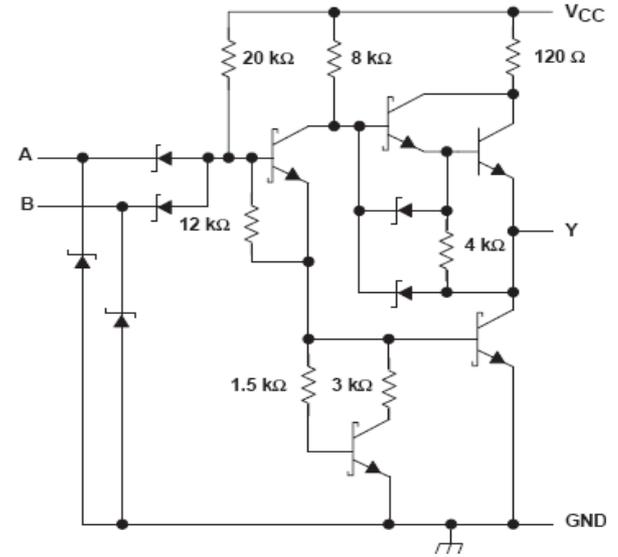


Schottky (S)



LTspice IV

Low-power Schottky (LS)



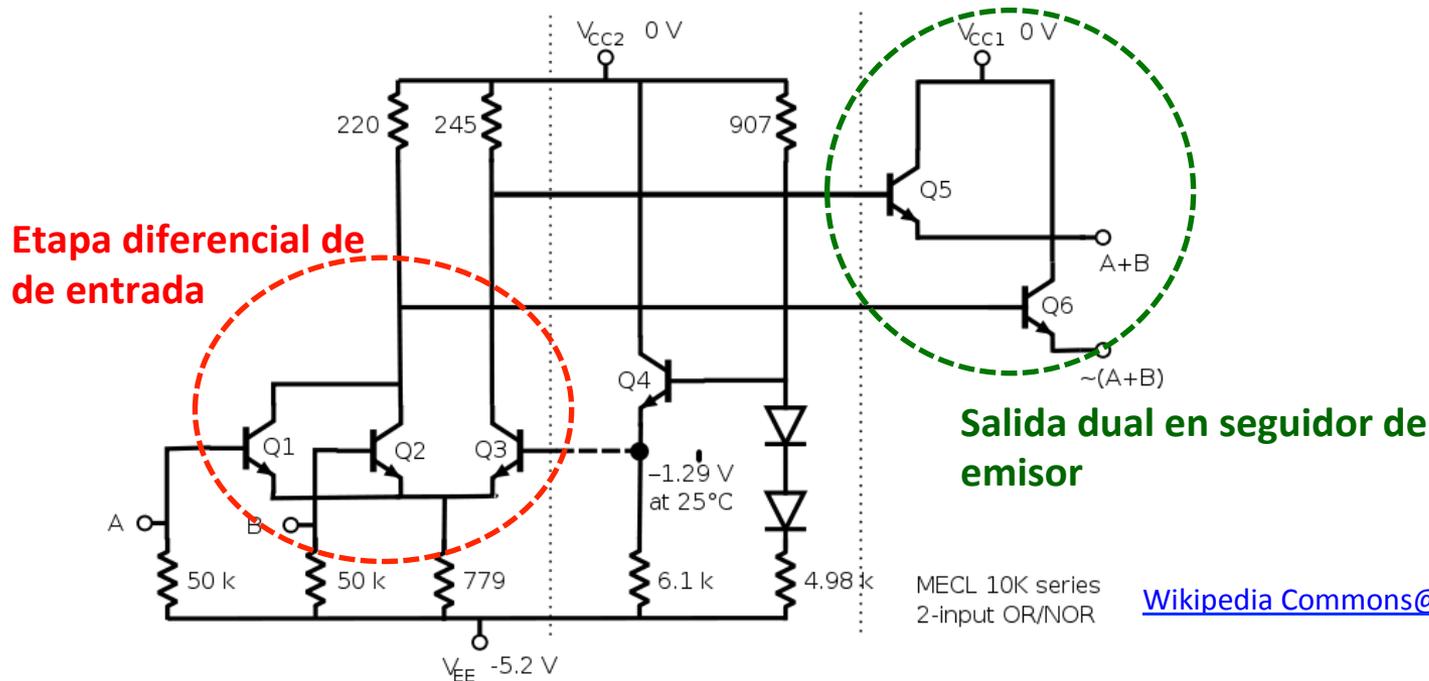
➤ Principales series de la TTL

Serie	Año	Frec. (MHz)	V_{OH} V_{OL}	V_{IH} V_{IL}	I_{OH} I_{OL}	I_{IH} I_{IL}	PDP (pJ)	Características
H	1964	43	2.4 0.4	2.0 0.8	-0.4mA 16mA	40μA -1.6mA	90	High speed
S	1969	110	2.7 0.5	2.0 0.8	-1mA 20mA	50μA -2mA	60	Schottky high speed
LS	1976	33	2.7 0.5	2.0 0.8	-0.4mA 8mA	20μA -0.4mA	19	Low power Schottky high speed
ALS	1976	34	2.50 .5	2.0 0.8	-0.4mA 8mA	20μA -0.1mA	4.8	Advanced Low power Schottky
F	1979	100	2.5 0.5	2.0 0.8	-1mA 20mA	20μA -0.6mA	18	Fast
AS	1980	105	2.5 0.5	2.0 0.8	-2mA 20mA	20μA -0.5mA	13.6	Advanced Schottky

$(V_{CC}=5V)$

■ ECL o Emitter-Coupled Logic

- ECL fue inventado por Hannon S. Yourke en Agosto 1956 en los laboratorios de IBM. Originalmente fue llamada current-steering logic.
- Los transistores nunca entran en saturación.
- Fue utilizada en las series de los computadores IBM 7090 y IBM 7094.



➤ Principales series de la ECL

Serie	Año	Frec. (MHz)	V _{CC}	Características
ECLIII	1968	500	-5.2	Improved ECL
MECLI	1962	110	-5.2	First integrated logic circuit commercially produced
ECL 10k	1971	33	-5.2	Motorola
ECL 100k	1981	34	-4.5	
ECL 100kH	1981	100	-5.2	

$$V_{OH} = -0.8V$$

$$V_{OL} = -1.2V$$

■ CMOS o Complementary metal–oxide–semiconductor

- Frank Wanlass patentó el CMOS en 1967.
- La primera familia CMOS (serie CD4000) fue introducida por RCA en 1968.
- CMOS apenas disipa consumo estático de potencia.
- Los circuitos CMOS usan una combinación de transistores de tipo p (PMOS) o tipo n (NMOS) para implementar puertas lógicas y otros circuitos encontrados en los computadores, equipo de telecomunicaciones y procesamiento de señal.



NMOS



PMOS

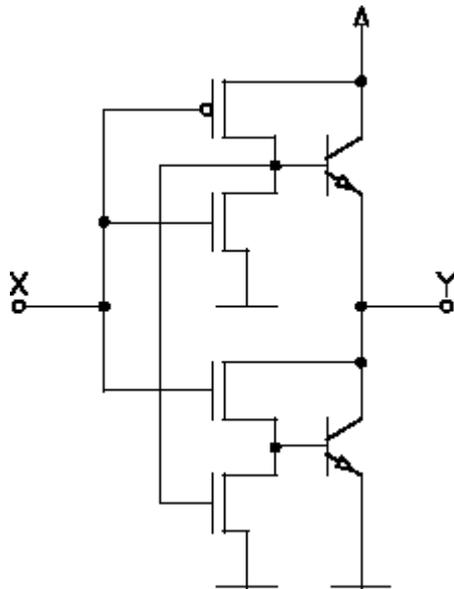
- CMOS se refiere a un a un particular estilo de diseño de circuitos y a un proceso usado para implementar la amplia mayoría de los circuitos integrados (Chips).

➤ Principales series de la CMOS

Serie	Año	Frec. (MHz)	V_{OH} V_{OL}	V_{IH} V_{IL}	I_{OH} I_{OL}	I_{IH} I_{IL}	PDP (pJ)	Características
4000	1970	12	4.9 0.1	3.5 1.5	-0.4mA 0.4mA	1μA -1μA	11	
74HC	1982	40	4.9 0.1	3.5 1.0	-4mA 4mA	1μA -1μA	1.4	HCT has TTL compatible levels
74HCT	1982	40	4.9 0.1	2.0 0.8	-4mA 4mA	1μA -1μA	1.4	HCT has TTL compatible levels
74AC	1985	125	4.9 0.1	3.5 1.5	-24mA 24mA	1μA -1μA	-	ACT has TTL Compatible levels
74ACT	1985	125	4.9 0.1	2.0 0.8	-24mA 24mA	1μA -1μA	-	ACT has TTL Compatible levels
74AHC	1988	130	4.4 0.4	3.9 1.7	-8mA 8mA	1μA -1μA	0.2	
74AHCT	1988	130	3.15 0.1	2.0 0.8	-8mA 8mA	1μA -1μA	0.2	

■ BICMOS

- Combina tecnología bipolar con tecnología CMOS. Surgió sobre los años 90.
- Permite el diseño de amplificadores con un alto ancho de banda y circuitos lógicos con alta velocidad de conmutación.
- La necesidad de un número mayor de etapas del proceso de fabricación, incrementa su coste y sus potenciales aplicaciones.



Puerta BICMOS

- $V_{CC}=5V$:
 - Serie BCT ($t_p \approx 3ns$, $I_O = 188 mA$)
 - Serie ABT ($t_p \approx 5ns$, $I_O = 64 mA$)
- $V_{CC}=3.3V$:
 - Serie ALB ($t_p \approx 2.2ns$, $I_O = 25 mA$),
 - Serie LVT ($t_p \approx 3.5ns$, $I_O = 64mA$)
 - Serie ALVT ($t_p \approx 2.5ns$, $I_O = 64mA$)