

1. Introducción

Por el rápido progreso de las tecnologías de los IC's digitales, la integración ha llegado a grandes escalas pasando de pequeña escala (SSI) hasta la integración de Giga Escala (GSI).

La mayoría de las razones por la que los sistemas digitales modernos utilizan IC es porque encapsulan mucho mas circuitos en un encapsulado pequeño, por lo que el tamaño total de cualquier sistema digital se reduce. Esta reducción implica disminución de los costos y mayor confiabilidad al reducir el número de interconexiones externas de un dispositivo a otro.

Con el amplio uso de los IC's viene también la necesidad de conocer y comprender las características eléctricas de las familias lógicas de los IC's más comunes. Las diversas familias lógicas difieren de los otros componentes debido a que sus circuitos requieren menos energía, no pueden manejar voltajes y corrientes muy grandes y por su constitución interna.

- SSI (Short Scale Integration): Es la escala de integración más pequeña de todas, y comprende a todos aquellos integrados compuestos por menos de 12 puertas
- MSI (Médium Scale Integration): Esta escala comprende todos aquellos integrados cuyo número de puertas oscila entre 12 y 100 puertas. Es común en sumadores, multiplexores,... Estos integrados son los que se usaban en los primeros ordenadores aparecidos hacia 1970.
- LSI (Large Scale Integration): A esta escala pertenecen todos aquellos integrados que contienen más de 100 puertas lógicas (lo cual conlleva unos 1000 componentes integrados individualmente), hasta las mil puertas. Estos integrados realizan una función completa, como es el caso de las operaciones esenciales de una calculadora o el almacenamiento de una gran cantidad de bits. La aparición de los circuitos integrados a gran escala, dio paso a la construcción del microprocesador . Los primeros funcionaban con 4 bits (1971) e integraban unos 2.300 transistores; rápidamente se pasó a los de 8 bits (1974) y se integraban hasta 8.000 transistores. Posteriormente aparecieron los microprocesadores de circuitos integrados VLSI
- VLSI: (Very Large Scale Integration) de 1000 a 10000 puertas por circuito integrado, los cuales aparecen para consolidar la industria de los integrados y para desplazar definitivamente la tecnología de los componentes aislados y dan inicio a la era de la miniaturización de los equipos apareciendo y haciendo cada vez mas común la manufactura y el uso de los equipos portátiles.

2. Familias Lógicas

Una familia lógica es el conjunto de circuitos integrados (CI's) los cuales pueden ser interconectados entre sí sin ningún tipo de Interface o aditamento, es decir, una salida de un CI puede conectarse directamente a la entrada de otro CI de una misma familia. Se dice entonces que son compatibles.

Las familias pueden clasificarse en bipolares y MOS podemos mencionar algunos ejemplos. Familias bipolares: RTL, DTL, TTL, ECL, HTL, IIL. Familias MOS: PMOS, NMOS, CMOS. Las tecnologías TTL (lógica transistor- transistor) y CMOS (metal oxido-semiconductor complementario) son las más utilizadas en la fabricación de CI's SSI (baja escala de integración) y MSI (media escala de integración).

3. Parámetros de Voltajes y Corrientes de los IC's Digitales.

V_{IH} (mín)- Voltaje de entrada de nivel alto. El nivel de voltaje mínimo que se requiere para un 1 lógico en una entrada. Cualquier voltaje menor a este nivel no lo aceptará como ALTO el circuito lógico.

V_{IL} (máx)- Voltaje de entrada de nivel bajo. El nivel de voltaje máximo que se requiere para un 0 lógico en una entrada. Cualquier voltaje mayor que este nivel no lo aceptará el circuito lógico como BAJO.

V_{OH} (mín)- Voltaje de salida de nivel alto. El nivel de voltaje mínimo en una salida de un circuito lógico en el estado 1 lógico bajo condiciones de carga definidas.

V_{OL} (máx)- Voltaje de salida de nivel bajo. El nivel de voltaje máximo en una salida de un circuito lógico en el estado 0 lógico bajo condiciones de carga definidas.

I_{IH} - Corriente de entrada de nivel alto. La corriente que fluye hacia una entrada cuando un voltaje específico de nivel alto se aplica a esa entrada.

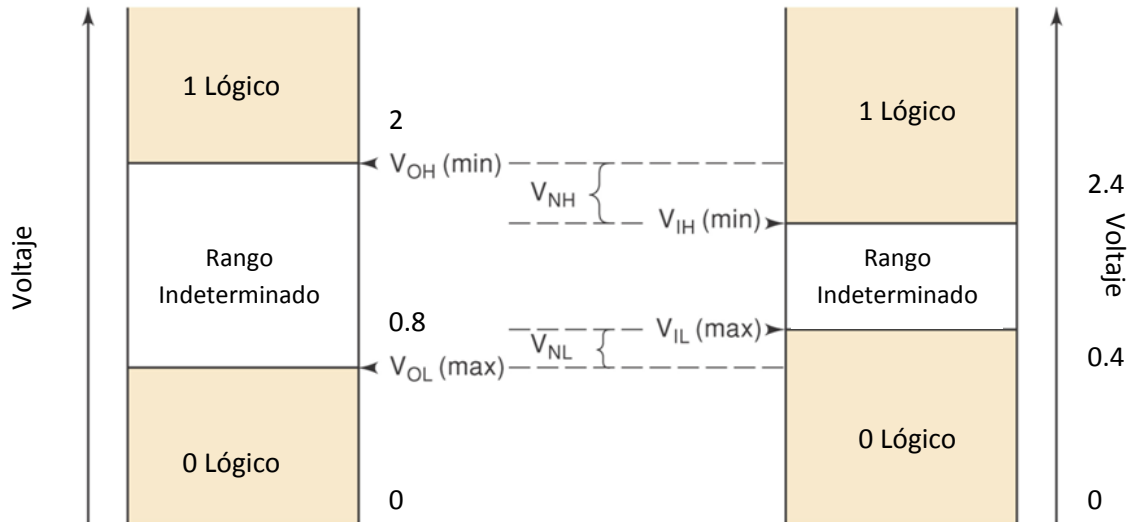
I_{IL} - Corriente de entrada de nivel bajo. La corriente que fluye hacia una entrada cuando un voltaje específico de nivel bajo se aplica a esa entrada.

I_{OH} - Corriente de salida de nivel alto. La corriente que fluye desde una salida en el estado 1 lógico bajo condiciones de carga especificadas.

I_{OL} - Corriente de salida de nivel bajo. La corriente que fluye desde una salida en el estado 0 lógico bajo condiciones de carga especificadas.

I_{CCH} - Corriente de consumo en alto. La corriente que consume el circuito integrado de la fuente de alimentación VCC cuando todas las salidas de las compuertas son altas.

I_{CCL} - Corriente de consumo en bajo. La corriente de consumo del circuito integrado de la fuente de alimentación cuando todas las salidas de las compuertas son bajas.



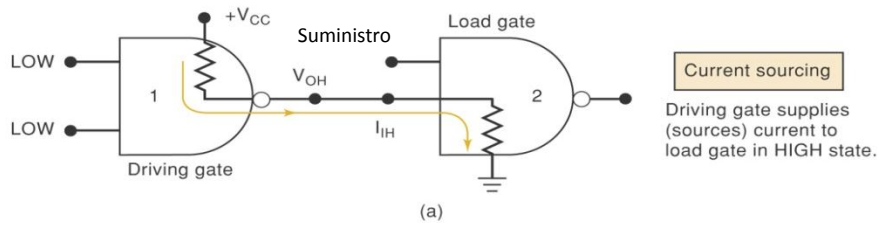
Rango de Voltajes de Salidas

Familia TTL

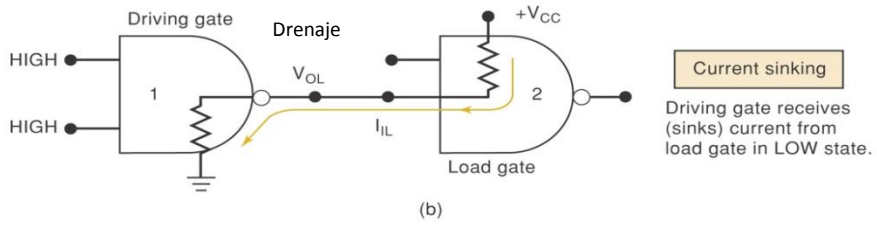
Rango de Voltajes de Entrada

(a)

(b)



(a)



(b)

4. Capacidad de Carga

Es el número máximo de entradas lógicas que puede controlar una salida de manera confiable.

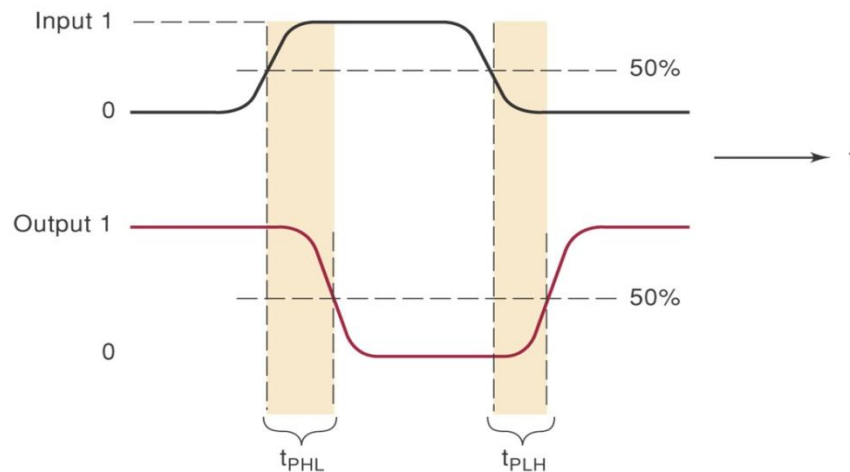
5. Tiempos de Propagación.

Una señal lógica siempre experimenta un retraso al pasar de un circuito. Los dos tiempos de propagación se definen de la siguiente manera:

t_{PLH} : Es el tiempo que tarda la compuerta en cambiar del estado de 0 lógico al de 1 lógico (de BAJO a ALTO).

t_{PHL} : Es el tiempo que tarda la compuerta en cambiar del estado de 1 lógico al de 0 lógico (de ALTO a BAJO).

Esto lo podemos apreciar en la siguiente grafica:



6. Requerimientos de Energía.

Todo IC requiere cierta cantidad de energía eléctrica para operar, la cual es suministrada por una o más fuentes de voltajes etiquetadas como V_{CC} (Para TTL) o V_{DD} (Para CMOS). Esta cantidad de energía se determina con base con la corriente I_{CC} (o I_{DD}) que consume la fuente. Cuando todas las salidas de las compuertas de un chip están en **ALTO**, el drenado de corriente en la fuente V_{CC} para este caso se llama I_{CCH} , de igual forma cuando todas las salidas de las compuertas de un chip están en **BAJO**, esta corriente se le llama I_{CCL} . Estos valores de corriente se miden en circuito abierto (sin carga), ya que el tamaño de la carga también tendrá su efecto.

En algunos circuitos lógicos estas corrientes tendrán valores distintos, por lo tanto se utiliza su corriente promedio calculándola con base en la suposición de que las salidas de las compuertas están en Bajo la mitad del tiempo y en Alto la otra mitad del tiempo.

La fórmula para calcular la I_{CC} promedio y la potencia promedio se muestran a continuación:

$$I_{CC}(prom) = \frac{I_{CCH} + I_{CCL}}{2} \quad \text{y} \quad P_D(prom) = I_{CC}(prom) * V_{CC}$$

7. Inmunidad al Ruido

Se refiere a la habilidad de ese circuito para tolerar el ruido sin producir cambios espurios en el voltaje de salida. A una medida cuantitativa de la inmunidad al ruido se le conoce como **margen de ruido**. Para calcular estos márgenes se usan las siguientes formulas:

$$\text{Margen de ruido de estado alto: } V_{NH} = V_{OH}(\text{min}) - V_{IH}(\text{min})$$

$$\text{Margen de ruido de estado bajo: } V_{NL} = V_{IL}(\text{max}) - V_{OL}(\text{max})$$

8. Ejemplos de las características de los IC's

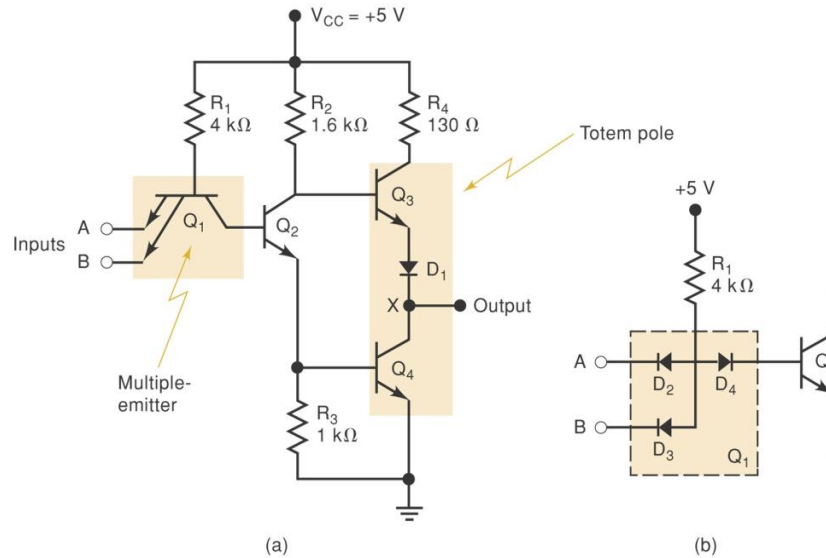
Buscar en las Hojas de Datos

Parámetros	TTL (74AS00)	TTL (74LS04)	CMOS (74HC32)
$V_{IH}(\text{min})$	2	2	3.5
$V_{IL}(\text{max})$	0.8	0.8	1.5
$V_{OH}(\text{min})$	3	2.7	4.9
$V_{OL}(\text{max})$	0.5	0.5	0.1
I_{IH}	20micro	20micro	1micro
I_{IL}	0.5micro	0.36mA	1micro
I_{OH}	2mA	0.4mA	4mA
I_{OL}	20mA	8mA	4mA
T_{PHL}	4.5ns	10ns	10
T_{PLH}	4.5ns	10ns	10
I_{CCH}	2.2 mA	1.2mA	2 micro
I_{CCL}	10.8mA	3.6mA	2 micro
V_{NH}	1	0.7	1.4
V_{NL}	0.3	0.3	1.4
Carga en Bajo	40000	22	4000
Carga en Alto	100	20	4000

9. Tipos de Familias Lógicas

9.1 Familia TTL

Este tipo de familia esta basada en los transistores de unión bipolares. Estos transistores se pueden clasificar en dos tipos, según las uniones semiconductoras: npn y pnp.



Representación de una compuerta NAND

La etapa de emisor múltiple representa las múltiples entradas que tienen las compuertas y la configuración tipo Tótem ayuda para el switcheo de la compuerta donde Q3 ayuda a conectar la salida con Vcc mientras que Q4 ayuda a conectar la salida a tierra.

9.1.1 Familias TTL

Familia	Características
TTL Estándar (74XXX)	Familia Obsoleta
TTL Schottkly (74SXXX)	<ul style="list-style-type: none"> -Utiliza un diodo Schottkly entre la base y el colector de cada transistor para disminuir el tiempo de retraso (casi saturado). -Utiliza valores de resistencias bajos para ayudar a los tiempos de conmutación. -Incrementa la disipación de potencia promedio a un valor de 20mw.
TTL Schottkly de baja potencia (74LSXXX)	<ul style="list-style-type: none"> - Menor velocidad y potencia. - Valores altos de resistencias a expensa de un incremento en los tiempos de conmutación.
TTL Schottkly Avanzado (74ASXXX)	<ul style="list-style-type: none"> - Más rápida y consume menos potencia. - Menores valores de corriente de entrada. - Capacidad de carga mayor.
TTL Schottkly Avanzado de baja Potencia (74ALSXXX)	<ul style="list-style-type: none"> - Versión Mejorada de la serie 74LS tanto en velocidad como en disipación de potencia. - Es la serie con menor disipación de potencia.

TTL rápida (74FXXX)	- Utiliza una nueva técnica de fabricación de IC para reducir las capacitancias y por ende se logra reducir los tiempos de propagación.
---------------------	---

Ejemplo

Encuentre los márgenes de ruido, la capacidad de carga y la potencia promedio de las familias 74LS y 74

Parámetros	74LS	74
VoH	2.7	2.4
ViH	2	2
VoL	0.5	0.4
ViL	0.8	0.8
IccH	2.4mA	8mA
IccL	6.6mA	22mA
IiH	20micro	40 micro
IoH	0.4mA	0.4mA
IiL	0.4mA	1.6mA
IoL	8mA	16mA

$$V_{NH} = V_{OH}(\min) - V_{IH}(\min)$$

$$I_{CC}(\text{prom}) = \frac{I_{CCH} + I_{CCL}}{2}$$

$$V_{NL} = V_{IL}(\max) - V_{OL}(\max)$$

$$P_D(\text{prom}) = I_{CC}(\text{prom}) * V_{CC}$$

74LS

74

VnH= 0.7

VnH= 0.4

Vnl=0.3

Vnl= 0.4

Capacidad alto = 20

Capacidad alto = 10

Capacidad bajo = 20

Capacidad bajo = 10

Icc promedio = 4.5mA

Icc promedio = 15mA

Potencia Promedio = 22.5mW Potencia Promedio = 75mW

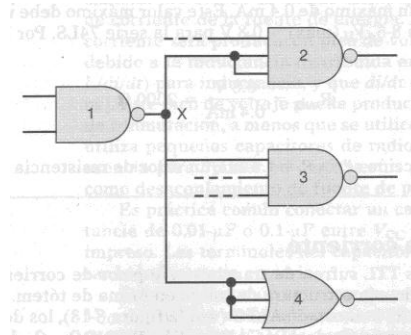
Ejemplo 2

Encuentre la capacidad de carga de la salida X. Suponga que cada compuerta es de la familia 74LS

$$I_{iH} = 20\mu\text{A} \text{ e } I_{iL} = 0.4\text{mA}$$

$$\text{Alto } 20\mu\text{A} * 6 = 120\mu\text{A}$$

$$\text{Bajo } 0.4\text{mA} * 5 = 2\text{mA}$$



Nota: En el estado BAJO las entradas de las compuertas NAND y AND se comportan como una sola entrada mientras que en estado ALTO se comporta como entradas independientes.

Ejemplo 3

La salida de una compuerta NAND 74ALS00 maneja tres entradas de compuertas 74S y una entrada 7406. Determine si hay un problema de carga sabiendo que para la 74ALS00 $I_{oH} = 0.4\text{mA}$ e $I_{oL} = 8\text{mA}$

Estado Alto

$$I_{iH} 74S = 50\mu\text{A} \quad I_{iH} 74 = 40\mu\text{A}$$

$$\text{Total} = 3 * 50\mu\text{A} + 1 * 40\mu\text{A} = 190\mu\text{A}$$

Estado Bajo

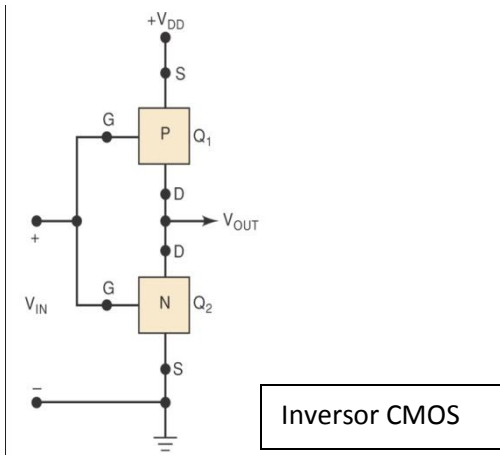
$$I_{iL} 74S = 2\text{mA} \quad I_{iL} 74 = 1.6\text{mA}$$

$$\text{Total} = 3 * 2\text{mA} + 1 * 1.6\text{mA} = 7.6\text{mA}$$

9.1.2 Familia CMOS

La tecnología MOS (metal oxido semiconductor) deriva su nombre por el uso de transistores tipo JFET en este caso los MOSFET. El uso de estos transistores se debe a que su construcción es relativamente más simple y económica, además sus configuraciones no requieren de otros elementos como resistencias, diodos que ocupan más espacio y por su poco consumo de energía.

La desventaja de estos es su susceptibilidad al daño causado por la electricidad estática.



9.1.2.1 Características de la Familia CMOS

Compatibilidad de Terminales: Tienen terminales compatibles cuando sus configuraciones de terminales son iguales. Por ejemplo la terminal 7 en ambos IC's es Tierra.

Equivalente Funcional: Dos IC's son equivalentes funcionales si las funciones lógicas que realizan son idénticas. Por ejemplo ambos IC's contienen cuatro compuertas NAND de dos entradas.

Compatible Eléctricamente: Dos IC's son compatibles cuando pueden conectarse en forma directa uno con el otro, sin necesidad de tomar medidas especiales para su correcta operación.

Series CMOS

Series	Características
Serie 4000/14000	<ul style="list-style-type: none"> -Es la serie más antigua. -Tienen una disipación de potencia muy baja y pueden operar sobre un amplio intervalo de voltajes (3 a 15V) -Son lentos y tienen capacidades de corrientes de salidas muy bajas. -No son compatibles ni en sus terminales, ni eléctricamente.
74HC/HCT (CMOS de alta velocidad)	<ul style="list-style-type: none"> -Incremento de 10 veces la velocidad de conmutación en comparación con la 74LS y una capacidad de corriente mucho mayor que los primeros IC's 7400 CMOS. -Son compatibles en terminales y equivalentemente funcionales de los IC's TTL. -Los IC's 74HCT son eléctricamente compatibles con TTL.
74AC/ACT (CMOS Avanzado)	<ul style="list-style-type: none"> -Se les conoce como ACL. -Es equivalente de manera funcional pero no en terminales con TTL.

	<ul style="list-style-type: none"> -Tienen ventajas con respecto a la inmunidad al ruido. -Solo la serie 74ACT es eléctricamente con TTL. -Su numeración difiere un poco con las demás series.
74AHC/AHCT (CMOS avanzado de alta velocidad)	<ul style="list-style-type: none"> -Son mas rápidos, de menor potencia y de control bajo. -Ofrecen inmunidad al ruido similar al de la serie HC.

9.1.2.2 Otras Características

Voltaje de Alimentación

Los IC's de la serie 4000/14000 operan con valores de V_{DD} entre 3 y 15V. Pueden utilizarse en circuitos de bajo voltaje operados por baterías, en circuitos estándar de 5 voltios y en circuitos de alimentación más alta. También hay disponibles series lógicas que operan a voltajes menores (2.5 o 3.3V)

Disipación de Potencia

La disipación de potencia se incrementara en proporción con la frecuencia en la que los circuitos cambian de estados. A mayor frecuencia mayor disipación de potencia tendrá el IC.

Capacidad de Carga

Las entradas de las familias CMOS presentan por lo general una carga de 5pF, lo cual limita el número de entradas CMOS que pueda manejar. La salida CMOS debe cargar y descargar la combinación en paralelo de todas las capacitancias de Entrada. Este proceso incrementa el tiempo de propagación del circuito en 3ns. Por lo general la capacidad que manejan las salidas CMOS cuando operan a una frecuencia menor de 1Mhz será de 50, a frecuencias más altas esta capacidad disminuirá.

Velocidad de Conmutación

A pesar de poseer grandes capacitancias de carga, los CMOS poseen una velocidad un poco más rápida por tener resistencias bajas en sus salidas al cambiar de estado.

Entradas sin Utilizar

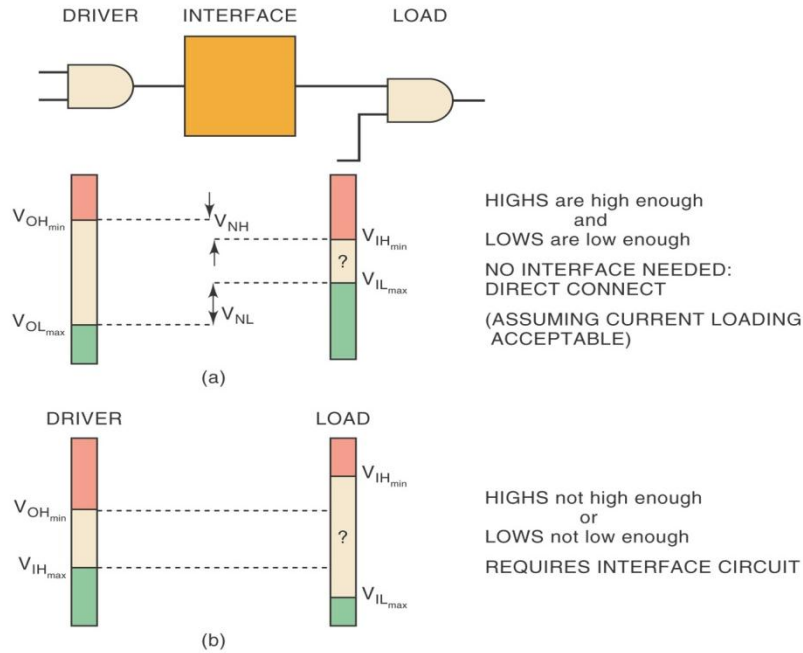
Las entradas CMOS nunca se deben dejar desconectadas. Todas las entradas CMOS deben conectarse ya sea a un nivel de voltaje físico (0 V o V_{DD}) o a otra entrada.

Sensibilidad Estática

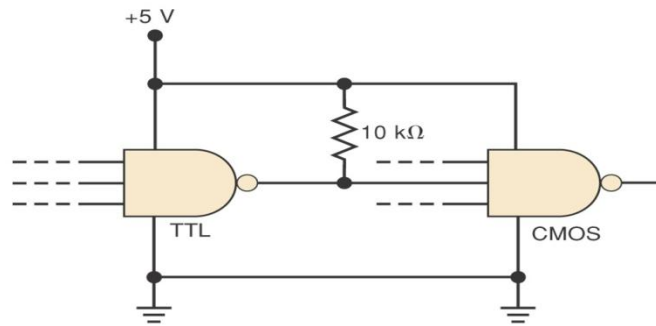
Son susceptibles al daño por carga electroestática ya que pueden dañarlos permanentemente.

Interfaces de IC's

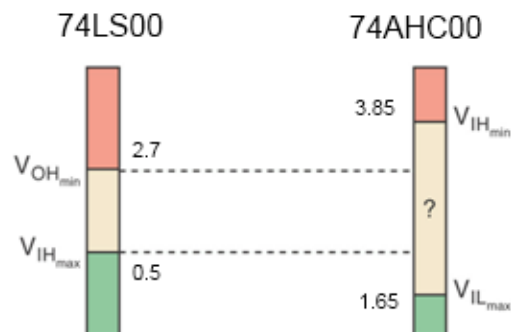
Interface significa conectar la(s) salida(s) de un circuito o sistema a la(s) entrada(s) de otro circuito o sistema que tiene distintas características eléctricas.



TTL manejando CMOS

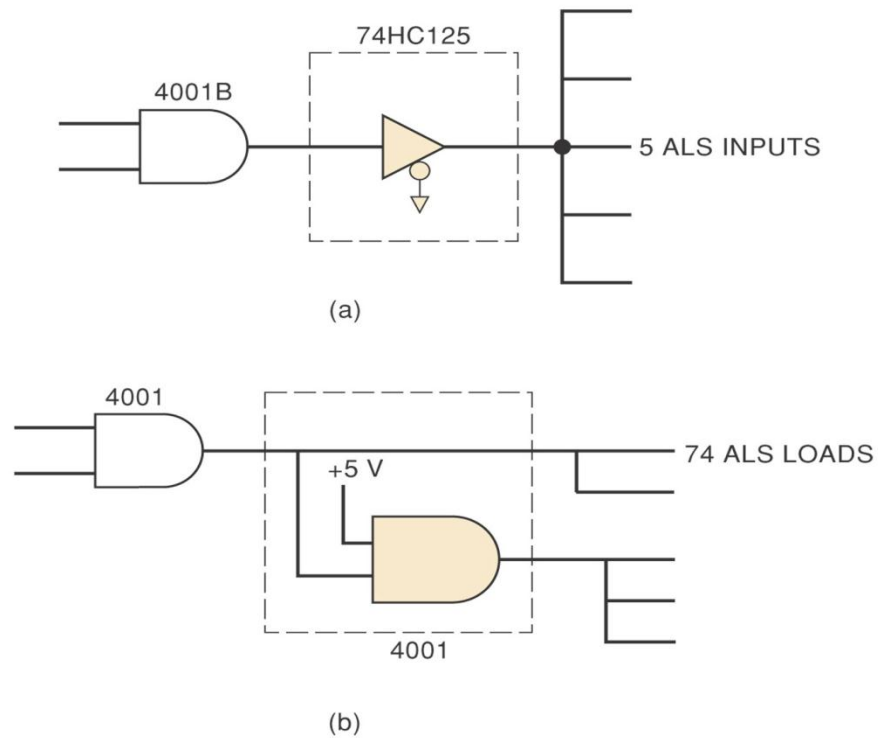


Ejemplo 74LS00 con 74AHC00



CMOS manejando TTL

En este manejo no hay problemas con respecto a los valores de voltaje pero si existe problema con la corriente de salidas en estado bajo, para solventar esto es necesario poner entre los dos IC's un reforzador que sea capaz de manejar la salida del IC CMOS y pueda suministrar la corriente necesaria para el IC TTL. Por lo general la serie que presenta este problema es la serie 4000 de la familia CMOS. La interface se muestra en la siguiente figura.



Investigaciones (Participaciones)

1. Otras familias Lógicas, además de TTL y CMOS. ¿Cuál es la más actual y una aplicación de esa familia?
2. Salidas de Colector Abierto/Drenador Abierto
3. Salidas Lógicas Triestado.