

Unidad Didáctica
Puertas Lógicas

FONDO  FORMACION

Programa de Formación Abierta y Flexible

Obra colectiva de FONDO FORMACION

Coordinación *Servicio de Producción Didáctica de FONDO FORMACION
(Dirección de Recursos)*

Diseño y maquetación *Servicio de Publicaciones de FONDO FORMACION*

© FONDO FORMACION - FPE

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otro método, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Depósito Legal *AS -1953-2001*

Unidad Didáctica Puertas Lógicas

Para realizar físicamente una función lógica empleamos las puertas lógicas, pero no todas las puertas presentan las mismas características de velocidad de respuesta, consumo, inmunidad al ruido o cargabilidad. Por ello, aunque las tecnologías de fabricación y la física de semiconductores tratan de realizar circuitos que sean capaces de trabajar en las condiciones más adversas, las características ideales no se encuentran presentes en una sola familia de circuitos integrados. Cada familia lógica tiene unas ventajas y unas limitaciones que es preciso conocer para la realización de los circuitos electrónicos digitales.

En esta unidad vas a conocer las características más importantes en la tecnología de puertas así como las diferentes familias lógicas.

En esta unidad veremos los siguientes contenidos

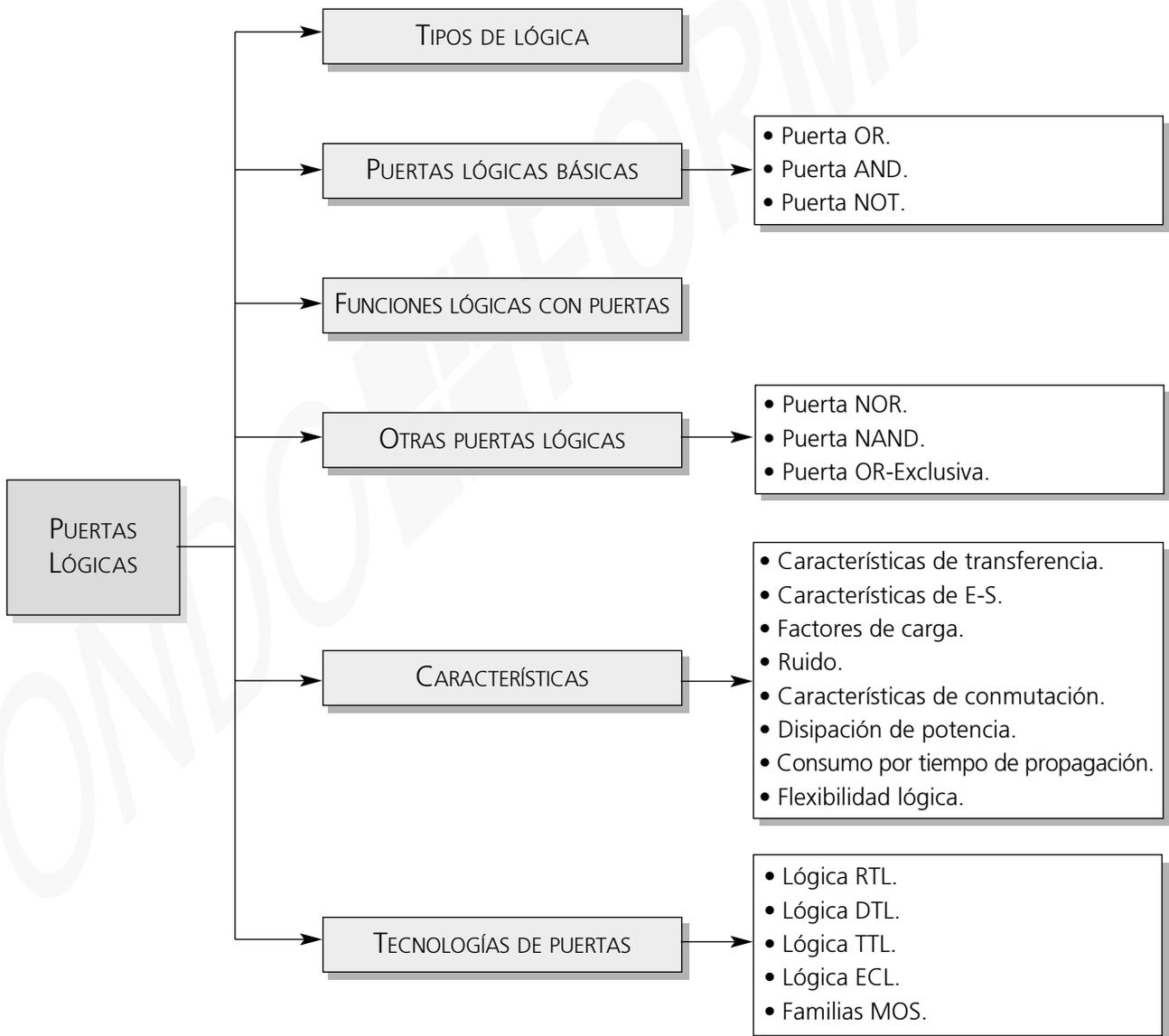
- Tipos de Lógica.
- Puertas Lógicas básicas.
- Funciones lógicas con Puertas.
- Otras Puertas Lógicas.
- Características de Puertas.
- Tecnologías de Puertas.

Tus objetivos

Al final de esta unidad deberás ser capaz de:

- Establecer las equivalencias entre puertas lógicas.
- Implementar funciones con puertas lógicas.
- Diferenciar los diversos tipos de puertas.
- Evaluar las características de diversas familias lógicas.

Esquema de estudio



Tipos de Lógica

Las variables lógicas de un circuito electrónico digital van asociadas a niveles de tensión y los valores 1 y 0 se asignan de acuerdo a un criterio prefijado. Según el criterio adoptado tenemos dos tipos de lógica:

- **Lógica Positiva**, donde el 1 lógico corresponde a las tensiones más positivas y el 0 lógico a las menos positivas.
- **Lógica Negativa**, donde el 1 lógico designa las tensiones más negativas y el 0 a las menos negativas.

Para evitar confusiones con los tipos de lógica se suele hablar en términos de niveles alto (H) y bajo (L). La elección del tipo de lógica es una cuestión de preferencia; nosotros vamos a ver las diferentes puertas en lógica positiva.

Puertas lógicas básicas

Una **puerta lógica** está constituida por componentes discretos agrupados dentro de un mismo circuito integrado.

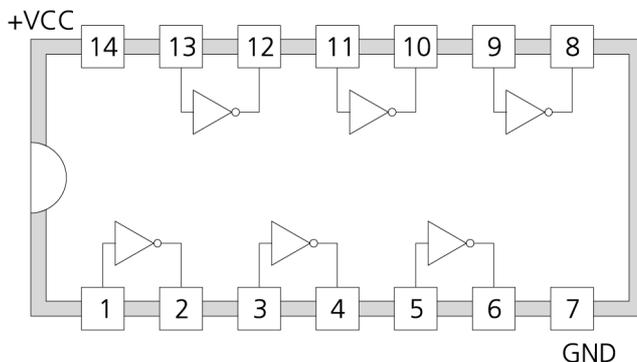


Fig. 1: Circuito integrado conteniendo seis puertas lógicas.

La puerta lógica es el bloque de construcción básico y dentro de un mismo integrado suele haber más de una sola puerta lógica, como puedes ver en la figura 1.

1. Puerta OR

En la figura 2 puedes ver la puerta OR y su tabla de verdad.

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

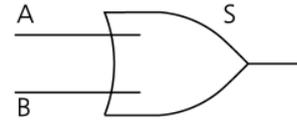


Fig. 2: Tabla de verdad y símbolo de la puerta OR.

2. Puerta AND

En la figura 3 puedes ver la puerta AND y su tabla de verdad.

A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

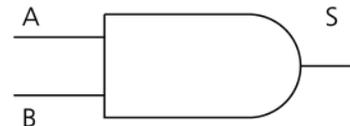


Fig. 3: Tabla de verdad y símbolo de la puerta AND.

3. Puerta NOT

Su representación gráfica es la de la figura 4.

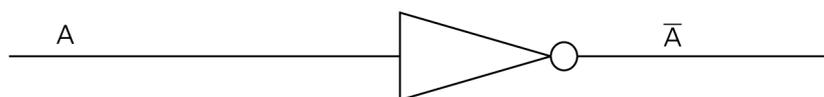


Fig. 4. Símbolo de la puerta NOT.

Funciones lógicas con puertas

A partir de una cierta función de conmutación cuya expresión lógica se conoce, nos interesa realizar dicha función físicamente. Al realizar físicamente una función lógica hay que hallar la expresión mínima de la función al objeto de minimizar el coste.

Si, por ejemplo, queremos obtener el circuito lógico de la función:

$$F = C \cdot B \cdot A + B \cdot \bar{A} + C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} + \bar{C} \cdot B$$

Primero ponemos la función como suma de minterms:

$$F = C \cdot B \cdot A + C \cdot B \cdot \bar{A} + \bar{C} \cdot B \cdot \bar{A} + C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} + \bar{C} \cdot B \cdot \bar{A} + \bar{C} \cdot B \cdot A$$

$$F = C \cdot B \cdot A + C \cdot B \cdot \bar{A} + \bar{C} \cdot B \cdot \bar{A} + C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} + \bar{C} \cdot B \cdot A$$

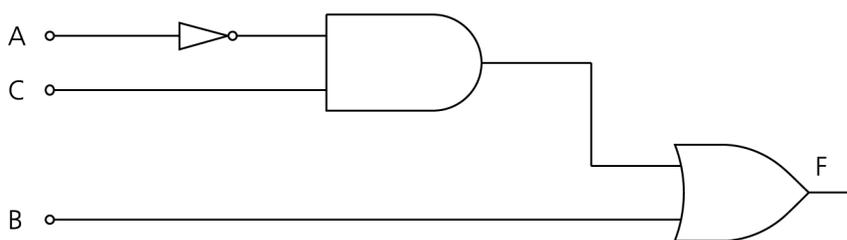
y aplicamos Karnaugh para simplificar:

A \ B \ C	00	01	11	10
0		1	1	
1	1	1	1	

Nos queda:

$$F = \bar{A} \cdot C + B$$

Ahora implementamos la función con puertas lógicas:



ACTIVIDAD 1

Realizar con puertas lógicas la siguiente función:

$$F = C \cdot B \cdot A + \bar{B} \cdot A + C \cdot B \cdot \bar{A}$$



Otras puertas lógicas

Además de los tres tipos de puerta básicos, hay otras puertas que derivan de ellas y las veremos a continuación:

1. Puerta NOR

Se obtiene añadiendo un inversor a la salida de la puerta OR. En la figura 5 puedes ver la equivalencia y el símbolo de la puerta NOR.

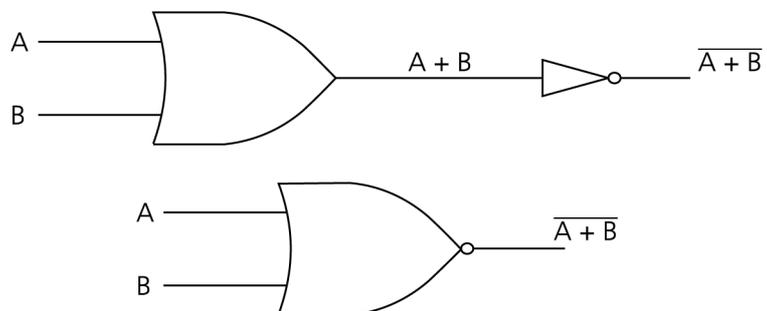


Fig. 5: Equivalencia y símbolo de la puerta NOR.

2. Puerta NAND

Se obtiene añadiendo un inversor a la salida de la puerta AND. En la figura 6 puedes ver la equivalencia y el símbolo de la puerta NAND.

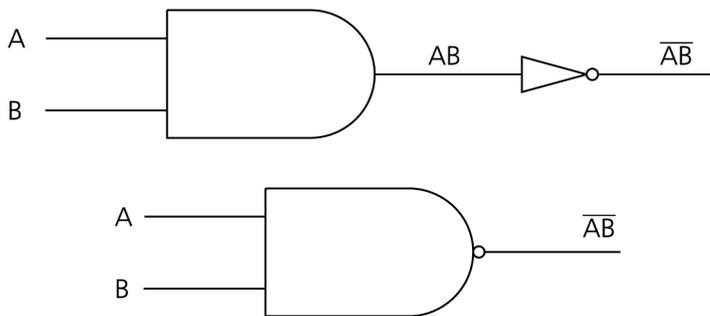


Fig. 6: Equivalencia y símbolo de la puerta NAND.

3. Puerta OR-exclusiva

La puerta XOR (también se la denomina así) de dos variables es aquella que toma el valor 1 sólo cuando una de las variables toma el valor 1. En la figura 7 puedes ver el símbolo y el circuito equivalente.

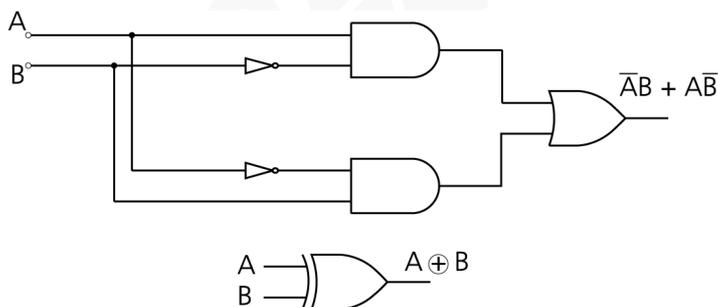


Fig. 7: Equivalencia y símbolo de la puerta OR exclusiva.

ACTIVIDAD 2

Dada la tabla de verdad, implementar la función con puertas lógicas

C	B	A	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

Características de las puertas

Las características más importantes entre **terminales*** de un circuito digital integrado nos permiten comparar las diferentes familias lógicas.

En la fabricación de circuitos integrados digitales no todos son perfectamente iguales, hay unos márgenes y tolerancias que hace que presenten una pequeña dispersión en sus características.

1. Característica de transferencia

Las tensiones de entrada y salida de una puerta lógica están relacionadas de tal manera que hay un margen permitido de entradas para los cuales se garantiza un nivel de salida alto y hay otro margen de tensiones de entrada que garantiza un nivel de salida bajo.

En la figura 8 puedes ver la característica de transferencia de un inverso donde V_{IL} es el margen permitido de entrada para el 0 y V_{IH} es el margen permitido de entrada para el 1.

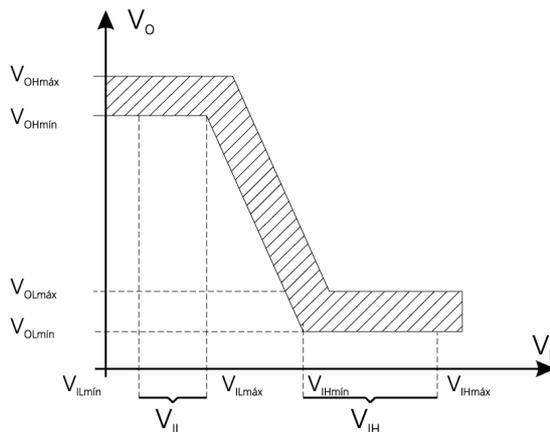


Fig. 8: Característica de transferencia de un inversor.

El área rayada representa una familia de características de un inversor.

- $V_{ILmin} \approx 0$
- $V_{IHmax} \approx V_{CC}$
- V_{Hmin} es la mínima tensión permitida para el nivel alto de entrada.
- V_{ILmax} es la máxima tensión permitida para el nivel bajo de entrada.
- V_{OHmin} es la mínima tensión garantizada del estado alto en la salida.
- V_{OLmax} es la máxima tensión de salida en el estado bajo.

2. Característica de entrada-salida

Para cada estado de entrada y salida, es importante conocer las corrientes de entrada y salida correspondientes a los márgenes de tensión garantizados.

Así tenemos cuatro parámetros:

- I_{IL} es la corriente de entrada para nivel bajo.
- I_{IH} es la corriente de entrada para nivel alto.
- I_{OL} es la corriente de salida para nivel bajo.
- I_{OH} es la corriente de salida para nivel alto

3. Factores de carga

Estos parámetros sirven para saber cuántas puertas de una misma familia pueden conectarse a una salida o a una entrada determinadas, y se definen bajo el supuesto de que las puertas excitadas son análogas a las puertas excitadoras.

Fan-out es la corriente máxima que puede circular por la salida de una puerta expresada en unidades de carga* (UC) sin que los niveles lógicos se salgan de sus especificaciones. El *fan-out* de una puerta determinada coincide con el número de puertas iguales a sí misma que pueden conectarse a su salida cuando por cada puerta se conecta una sola entrada. Cuanto mayor sea el *fan-out* mejor será la puerta.

Fan-in de entrada es el valor absoluto de la corriente máxima que va a circular por dicha entrada. Cuanto menor sea el *fan-in* mejor será la puerta.

4. Ruido

Es cualquier perturbación que puede causar un cambio indeseado en la salida de una puerta. Es un concepto muy amplio puede hablarse de ruido ambiental, ruido interno de la propia puerta, ruido por acoplo de conexiones o por picos de corriente.

Hay unos márgenes de ruido tolerables por las puertas, tanto para continua como para alterna, que es conveniente tener en cuenta para la aplicación particular.

5. Características de conmutación

Son muy importantes cuando la complejidad del sistema es grande o cuando es importante la rapidez de respuesta. Se pueden dar de diferentes formas, así, puede aparecer como velocidad de conmutación, como retardo de propagación o como la máxima frecuencia de utilización de la puerta. Cuanto mayor sea la velocidad de conmutación tanto mejor.

6. Disipación de potencia

Es un factor que se ha de minimizar y está relacionado con la capacidad de integración y con la alimentación a aplicar al circuito.

7. Consumo por tiempo de propagación

Se suele emplear este parámetro para comparar las diferentes familias lógicas.

8. Flexibilidad lógica

Es la capacidad de implementar circuitos digitales que posee cada familia. Si en una misma familia se dispone de todo tipo de puertas, resultará más fácil realizar un circuito con puertas de esa misma familia.

Dentro de la flexibilidad lógica está el cableado lógico, esto es, la posibilidad que tienen algunas familias de conectar la salida de dos puertas distintas para formar así una nueva puerta cableada. Si la nueva puerta cumple la función AND, hablaremos de la AND cableada.

Tecnologías de puertas

Las puertas lógicas pueden realizarse con diferentes componentes discretos y aplicando diferentes procesos de fabricación.

No existe un comportamiento óptimo en todas las características para una misma familia; es por ello que, según la tecnología de fabricación empleada tenemos, diversas familias lógicas con características diferentes.

1. Lógica resistencia-transistor RTL

En la figura 9 puedes ver la constitución interna de una puerta NOR de esta familia.

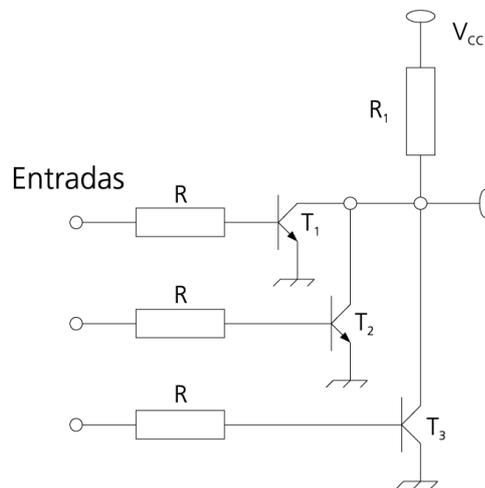


Fig. 9: Puerta NOR RTL.

Entre las ventajas de esta familia está el bajo coste, la pequeña disipación y la alta densidad de integración y, entre las desventajas, están la baja velocidad de conmutación y el bajo *fan-out*.

2. Lógica diodo-transistor DTL

Es la precursora de la familia TTL.

Entre las ventajas de esta familia están la buena flexibilidad lógica y el alto *fan-out*; por contra, como desventaja destaca la baja velocidad.

3. Lógica transistor-transistor TTL

Esta familia surge como derivada de la lógica diodo-transistor y es la familia más extendida.

Inicialmente, la familia TTL estaba disponible en pequeña escala de integración (SSI), pero sufrió una evolución enorme para alcanzar una integración media (MSI), dando lugar a una serie de subfamilias.

Algunas subfamilias TTL son:

- HTTL se caracteriza por su alta velocidad.
- LPTTL presenta muy bajo consumo.
- STTL es de gran velocidad por emplear transistores Schottky.
- LSTTL es una puerta TTL Schottky de baja disipación.

Hay diferentes configuraciones de las puertas TTL, pero todas se basan en el empleo de transistores multiemisor.

En la figura 10 puedes ver una puerta NAND TTL denominada **Totem-pole**. Este tipo de puerta no permite el cableado lógico

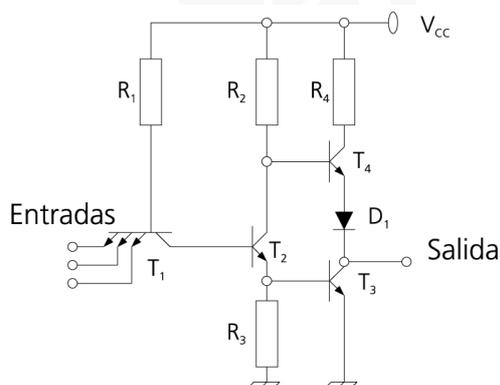


Fig. 10: Puerta Nand TTL Totem-pole.

Otro tipo de puerta TTL muy popular es la denominada de **colector abierto** que sí permite el cableado lógico, pero precisa para su funcionamiento de una resistencia externa.

Hay otra configuración de puerta que permite que varios subcircuitos puedan conectarse a una misma línea sin interferencias es la **puerta triestado**, que puedes ver en la figura 11.

La puerta funciona normalmente cuando la entrada Disable está a nivel bajo, pero cuando se pone a 1 la puerta queda en estado de alta impedancia, esto es, como si estuviera desconectada del circuito.

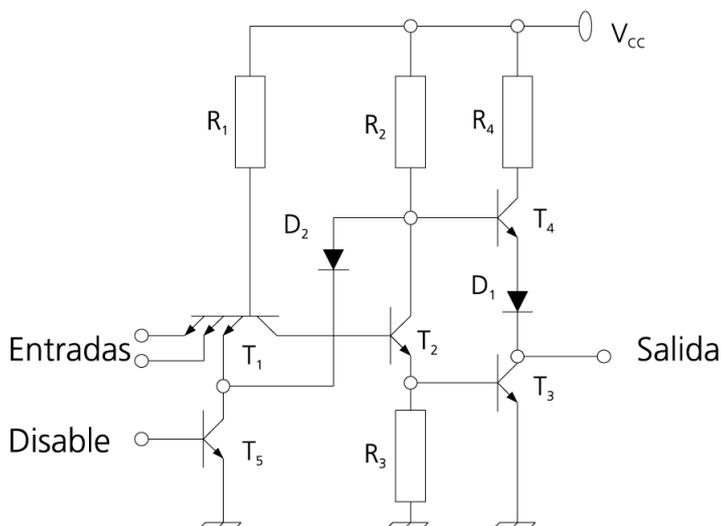


Fig. 11: Puerta NAND TTL Triestado.

Como ves, hay diversidad de subfamilias por lo que, dependiendo de la aplicación, escogeremos la más apropiada.

4. Lógica de emisores acoplados ECL

Es la familia de alta velocidad por excelencia, pero requiere placas de circuito impreso más avanzadas y complejas.

Las familias ECL se caracterizan porque el circuito de entrada de la puerta es un amplificador diferencial que tiene los emisores unidos, de ahí el nombre.

Entre las ventajas destaca el alto fan-out, la buena inmunidad al ruido, la gran flexibilidad lógica, la gran velocidad de conmutación y la baja generación de ruido.

Como desventajas tiene la gran disipación y la incompatibilidad lógica con otras familias.

5. Familias MOS

El empleo de dispositivos MOS para la fabricación de circuitos integrados dio lugar a una serie de familias como son la PMOS y la NMOS, pero la más popular es la CMOS por ser compatible con la TTL.

Otras ventajas de la familia CMOS son el hecho de presentar un muy bajo consumo y un alto *fan-out*.

Dentro de la familia CMOS hay también otras subfamilias como la HCMOS, que se caracterizan por su alta velocidad.

Si consideras que has concluido el estudio de esta unidad, intenta responder a las siguientes cuestiones de autoevaluación.

Cuestiones de autoevaluación

1

Realizar con puertas lógicas la siguiente función:

$$F = \overline{C + B + A + C + \bar{B} + \bar{A} + \bar{C} + \bar{B} + A + C + \bar{B} + A}$$

2

Obtener el circuito lógico de la tabla de verdad.

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Respuestas a las actividades

R

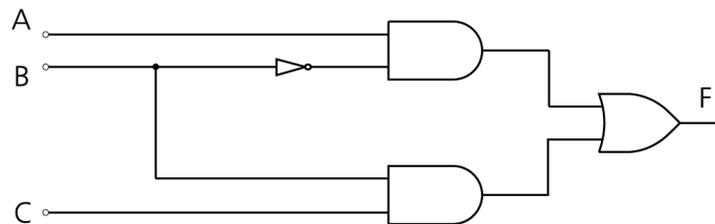
ACTIVIDAD 1

Aplicamos Karnaugh para simplificar la función:

		A	B	00	01	11	10
C	0						1
	1			1	1		1

Nos queda: $F = C \cdot B + \bar{B} \cdot A$

El circuito lógico es:



R

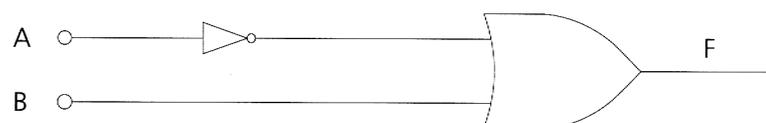
ACTIVIDAD 2

De la tabla de verdad pasamos al mapa de Karnaugh, para simplificar la función:

		A	B	00	01	11	10
C	0			1	1	1	
	1			1	1	1	

La función simplificada queda: $F = B + \bar{A}$

y el circuito lógico es:



Respuestas a las cuestiones de autoevaluación

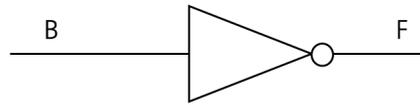
1

Primero, ponemos la función en minterms y luego aplicamos Karnaugh.

$$F = \bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} + C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} + \bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A + C \cdot \bar{B} \cdot A$$

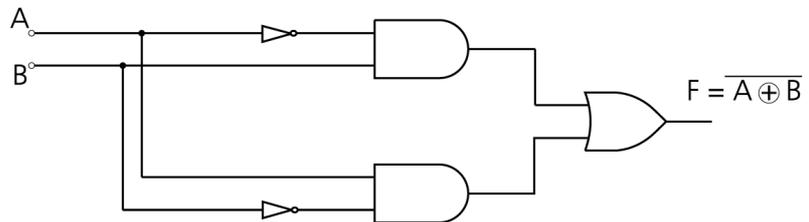
A \ B \ C	00	01	11	10
0	1			1
1	1			1

$$F = \bar{B}$$



2

De la tabla de verdad sacamos el circuito lógico:



Como ves, es la puerta OR Exclusiva invertida, cuyo símbolo lógico es:



Puerta NOR - exclusiva

Notas



Resumen de Unidad

Tipos de Lógica Las variables lógicas de un circuito electrónico digital van asociadas a niveles de tensión. Según el criterio de tensiones, tendremos dos tipos de lógica:

Lógica Positiva: donde el valor más alto de tensión corresponde al 1 lógico.

Lógica Negativa: donde el valor más alto de tensión corresponde al 0 lógico.

Puertas básicas Una puerta lógica está constituida por componentes discretos agrupados dentro de un mismo circuito integrado.

Hay diferentes tipos de puertas:

- OR
- AND
- NOT
- NOR
- NAND
- OR-exclusiva

Para implementar físicamente una función empleamos las puertas.

Características de puertas Entre las características más importantes, cabe mencionar las de transferencia, las de entrada-salida, factores de carga, ruido, características de conmutación, disipación de potencia y el consumo por tiempo de propagación.

El cableado lógico es la posibilidad que tienen algunas puertas de conectar sus salidas directamente para formar así una nueva puerta cableada.

Tecnologías Según la tecnología de fabricación empleada, tenemos diversas familias lógicas con características diferentes.

Las familias más importantes son la TTL y la CMOS.

Notas

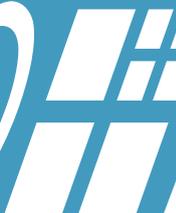


Vocabulario

Terminales: son los pines o patas del circuito integrado.

Unidad de carga: la intensidad máxima que circula por una entrada o salida de una puerta básica es una unidad de carga.



FONDO  FORMACION