



Preparador Informática

www.preparadorinformatica.com

TEMA 9. INFORMÁTICA / S.A.I.

LÓGICA DE CIRCUITOS. CIRCUITOS
COMBINACIONALES Y SECUENCIALES

TEMA 9. LÓGICA DE CIRCUITOS. CIRCUITOS COMBINACIONALES Y SECUENCIALES

1. INTRODUCCIÓN

2. LOGICA DE CIRCUITOS

2.1. OPERACIONES LÓGICAS

2.2. ALGEBRA DE BOOLE

2.3. TEOREMAS DE DEMORGAN

2.4. FUNCIONES LÓGICAS

3. CIRCUITOS COMBINACIONALES

3.1. CODIFICADOR

3.2. DECODIFICADOR

3.3. MULTIPLEXOR

3.4. DEMULTIPLEXOR

3.5. OTROS CIRCUITOS

4. CIRCUITOS SECUENCIALES

4.1. BIESTABLES

4.2. CONTADORES

4.3. REGISTROS

5. CIRCUITOS INTEGRADOS COMERCIALES

6. RECURSOS Y HERRAMIENTAS EDUCATIVAS DE INTERÉS

7. CONCLUSIÓN

8. BIBLIOGRAFÍA



1. INTRODUCCION

El estudio de los circuitos electrónicos se puede clasificar en dos amplias categorías: circuitos analógicos (utiliza magnitudes con valores continuos) y circuitos digitales (utiliza magnitudes con valores discretos).

En las aplicaciones de electrónica, la representación digital presenta ciertas ventajas sobre la representación analógica. La principal ventaja es que los datos digitales pueden ser procesados y transmitidos de forma más fiable y eficiente que los datos analógicos.

En este tema nos vamos a centrar en los sistemas digitales, los cuales se basan en la electrónica digital que utiliza circuitos en los que sólo existen dos estados posibles (0 y 1).

La importancia y justificación de este tema radica en que en la actualidad estamos rodeados de infinidad de dispositivos como lavadoras, televisores, ordenadores, etc. los cuales están formados por circuitos digitales que les permiten realizar todas sus funciones.

Estos circuitos digitales podemos dividirlos en dos grandes grupos: los circuitos combinacionales y los circuitos secuenciales, los cuales serán estudiados en detalle a lo largo del presente tema.

2. LOGICA DE CIRCUITOS

El término lógico se aplica a los circuitos digitales que se utilizan para implementar funciones lógicas.

Existen varios tipos de circuitos lógicos, que son los elementos básicos que constituyen los bloques sobre los que se construyen los sistemas digitales más complejos, como por ejemplo un ordenador.

A continuación, se abordan los conceptos previos necesarios para la descripción y diseño de estos circuitos:

- Operaciones lógicas
- Álgebra de Boole



- Teoremas de DeMorgan
- Funciones lógicas

2.1. OPERACIONES LÓGICAS

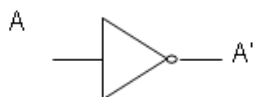
Las puertas lógicas son el bloque fundamental de construcción de todos los circuitos lógicos digitales, de forma que las funciones lógicas se implementan interconectando puertas.

Para representar las puertas lógicas se utilizan las siguientes notaciones:

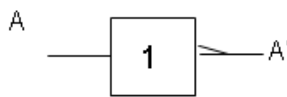
- Símbolos *distintivos*: corresponden a los utilizados comúnmente por la industria digital.
- Símbolos rectangulares: en 1984 se desarrolló una nueva norma para la representación de símbolos lógicos llamada **IEEE/ANSI 91-1984**. Esta norma es empleada entre otros organismos por el Dpto. de Defensa de los E.E.U.U.

A continuación, se representan las principales puertas lógicas empleando la notación de símbolos distintivos (a) y la de símbolos rectangulares (b). Además, se muestra la tabla de verdad asociada a cada puerta lógica (c):

Puerta NOT: Produce un nivel lógico de salida opuesto al suministrado como entrada.



a)

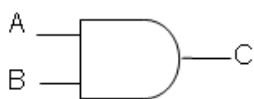


b)

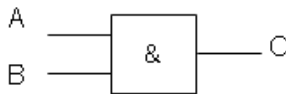
a	s
0	1
1	0

c)

Puerta AND: Produce un nivel alto a la salida sólo cuando todas las entradas están a un nivel alto.



a)



b)

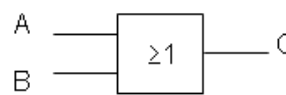
a	b	s
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

c)

Puerta OR: Produce un nivel alto a la salida cuando cualquiera de sus entradas está a un nivel alto.



a)

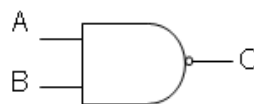


b)

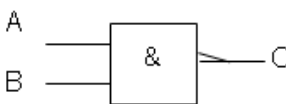
a	b	s
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

c)

Puerta NAND: Realiza la función inversa a la Puerta AND.



a)



b)

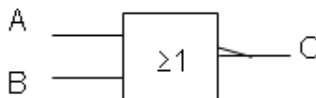
a	b	s
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

c)

Puerta NOR: Realiza la función inversa a la puerta OR.



a)

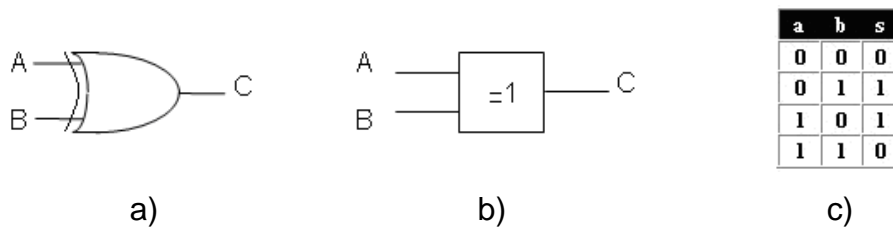


b)

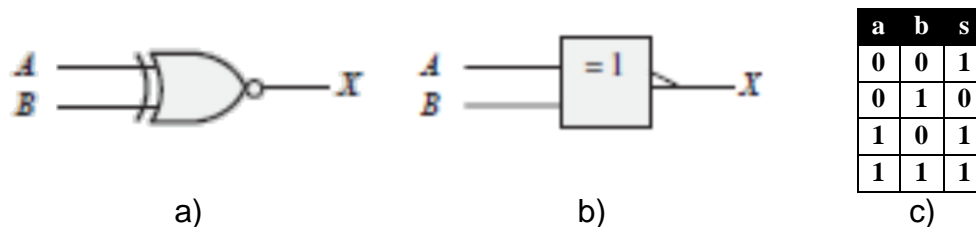
a	b	s
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

c)

Puerta XOR (OR-exclusiva): Produce un nivel alto a la salida si y solo si una de las dos entradas está a un nivel alto.



Puerta XNOR (NOR-exclusiva): produce un nivel alto a la salida si y solo las dos entradas están al mismo nivel.



Las puertas NAND y NOR se denominan puertas universales, ya que a partir de ellas es posible implementar cualquiera de las demás puertas lógicas.

2.2. ALGEBRA DE BOOLE

La base matemática en la que se fundamenta la electrónica digital es el álgebra de Boole. Para realizar de forma sistemática tanto el análisis como síntesis de los sistemas digitales se utiliza como eficaz herramienta el álgebra de Boole, que se puede definir como el conjunto de postulados siguientes:

A. Leyes

- Leyes conmutativas
 - $AB=BA$
 - $A+B=B+A$
- Leyes asociativas
 - $A(BC)=(AB)C$
 - $A+(B+C)=(A+B)+C$
- Ley distributiva
 - $A(B+C)=AB+AC$

B. Reglas

1. $A+0=A$	5. $A+A=A$	9. $A=A''$
2. $A+1=1$	6. $A+A'=1$	10. $A+AB=A$
3. $A*0=0$	7. $A*A=A$	11. $A+A'B= A+B$
4. $A*1=A$	8. $A*A'=0$	12. $(A+B)(A+C)= A +BC$

2.3. TEOREMAS DE DEMORGAN

El matemático DeMorgan propuso dos teoremas basados en las teorías de Boole que constituyen una parte muy importante del álgebra de Boole.

1. El complemento de un producto de variables es igual a la suma de los complementos de las variables

$$(A*B)' = A'+B'$$

2. El complemento de una suma de variables es igual al producto de los complementos de las variables

$$(A+B)' = A'*B'$$

2.4. FUNCIONES LÓGICAS

Las funciones lógicas describen cada una de las salidas de un sistema digital para todas las posibles combinaciones de entradas.

Las funciones lógicas se pueden expresar de varias formas:

- A. Expresiones booleanas, de la forma:

$$x = A'B'C' + A'B'C + A'BC + ABC'$$

- B. Circuitos lógicos: (representado mediante puertas lógicas).



C. Tablas de verdad: es una tabla de las posibles combinaciones de valores de las variables de entrada y sus correspondientes valores de salida.

A	B	C	X
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

D. Mapas de Karnaugh: es una matriz de celdas que proporciona un método sistemático de simplificación de expresiones booleanas.

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

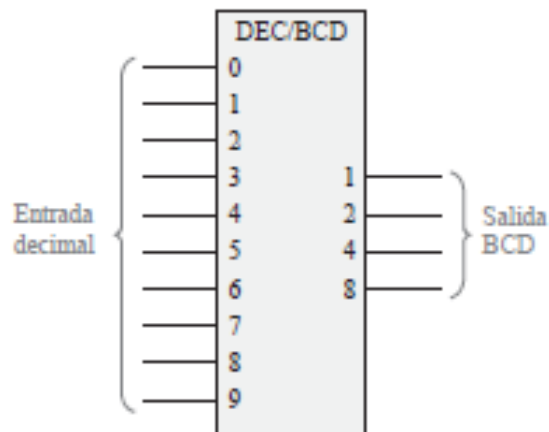
3. CIRCUITOS COMBINACIONALES

Un circuito lógico combinacional es un circuito cuyas salidas están determinadas exclusivamente por el valor de sus entradas en ese mismo instante. Por esta razón se dice que los circuitos combinacionales no cuentan con memoria. A continuación, se presentan algunos de los principales circuitos combinacionales:

- Codificador
- Decodificador
- Multiplexor
- Demultiplexor
- Etc.

3.1. CODIFICADOR

Un codificador es un circuito lógico combinacional que permite que se introduzca en una de sus entradas un nivel activo que representa un dígito, como puede ser un dígito decimal u octal, y lo convierte en una salida codificada, como por ejemplo BCD o binario



Codificador Decimal-BCD

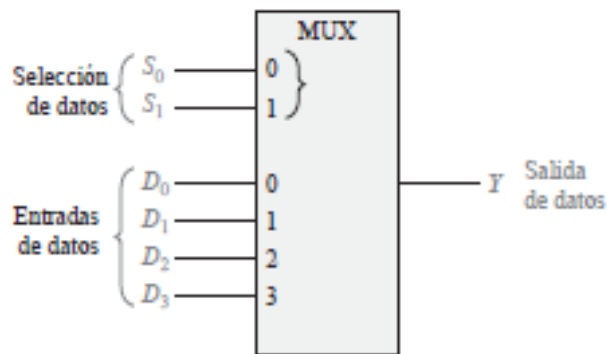
3.2. DECODIFICADOR

Un decodificador es un circuito lógico combinacional que detecta la presencia de una determinada combinación de bits (código) en sus entradas y señala la presencia de este código mediante un cierto nivel de salida. En su forma general, un decodificador consta n entradas para gestionar n bits y en una de las 2^n salidas indica la presencia de una combinación de n bits.

Por ejemplo, en un portero digital cuando vamos a llamar a un piso en concreto, tenemos una leyenda al lado de la placa de pulsadores, en la que nos indican el número/s que tenemos que pulsar (entradas decimales). Pulsamos por ejemplo el 16 para llamar al 2ºB. Esta señal llega a todos los telefonillos, pero solo el del 2ºB la interpreta como llamada, haciendo sonar el timbre.

3.3. MULTIPLEXOR

Un multiplexor es un circuito para la conducción de información con 2^n entradas de datos, n entradas de selección y una salida de datos. El multiplexor conecta una de las 2^n entradas de datos a la salida. Esta entrada es seleccionada a través de las entradas de selección. También se les conoce como selectores de datos



Multiplexor 4:1

3.4. DEMULTIPLEXOR

Un *demultiplexor* básicamente realiza la función contraria a la del multiplexor. Está formado por una entrada de datos, n entradas de control y 2^n salidas de datos. Toma datos de una línea y los distribuye a un determinado número de líneas de salida. Por este motivo, el demultiplexor se conoce también como distribuidor de datos.

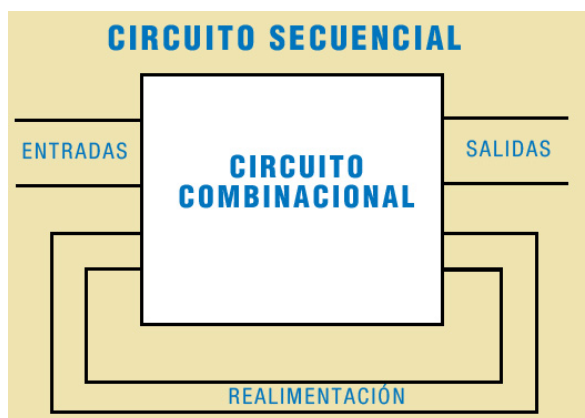
3.5. OTROS CIRCUITOS

Otros circuitos combinacionales a destacar son:

- Sumadores
- Comparadores
- PAL (Programmable Array Logic)

4. CIRCUITOS SECUENCIALES

Un circuito lógico secuencial es un circuito cuyas salidas dependen del valor que hay en las entradas en el instante actual y también de las que haya tenido en instantes anteriores. Es decir, a diferencia de los circuitos lógicos combinacionales, los circuitos secuenciales tienen memoria.



Los circuitos secuenciales se pueden clasificar en:

- **Asíncronos:** Los cambios de estado en el sistema se producen cuando cambia alguna de las entradas primarias, sin necesidad de que se active por una señal de reloj.
- **Síncronos:** Los cambios de estado en el sistema se producen cuando se recibe una señal de reloj.

4.1. BIESTABLES

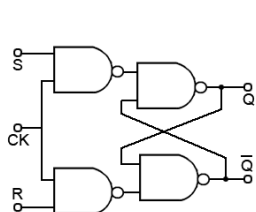
Las células elementales de memoria de los circuitos secuenciales se denominan biestables. Se caracterizan por ser capaces de adoptar dos estados estables (0 y 1), que perduran en el tiempo de un modo indefinido. Es decir, son capaces de memorizar un bit de información.

Los biestables se dividen en dos categorías:

- A. **Latches:** son biestables asíncronos.
- B. **Flip-flops:** son biestables síncronos.

A continuación, se detalla la implementación (a), el símbolo lógico (b) y la tabla de verdad (c) de los principales flip-flops:

- Flip-Flop S-R disparado por flanco de subida:



a)

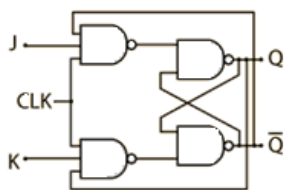


b)

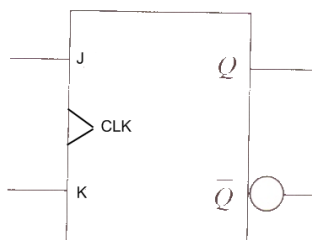
S	R	CLK	Q^{n+1}
0	0	↑	Q^n
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	No válido

c)

- Flip-Flop J-K disparado por flanco de subida:



a)

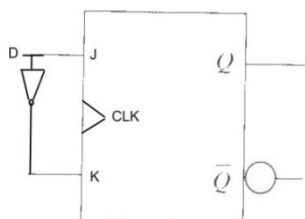


b)

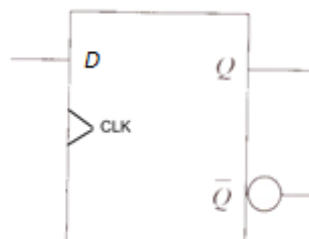
J	K	CLK	Q^{n+1}
0	0	↑	Q^n
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	Q^n (cambio)

c)

- Flip-Flop D disparado por flanco de subida:



a)

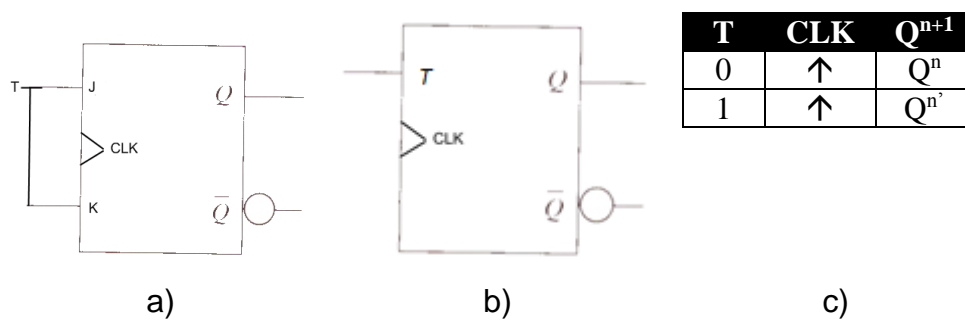


b)

D	CLK	Q^{n+1}
0	↑	0
1	↑	1

c)

- Flip-Flop T disparado por flanco de subida:



4.2. CONTADORES

Los flip-flops pueden conectarse entre sí para realizar funciones de recuento. A esta combinación de flip-flops se le denomina contador.

Dependiendo del modo en que se aplique la señal de reloj, se distinguen:

- Contadores asíncronos
- Contadores síncronos

Dentro de cada una de estas dos categorías, los contadores se clasifican por el tipo de secuencia, por el número de estados, por el número de flip-flops del contador, etc.

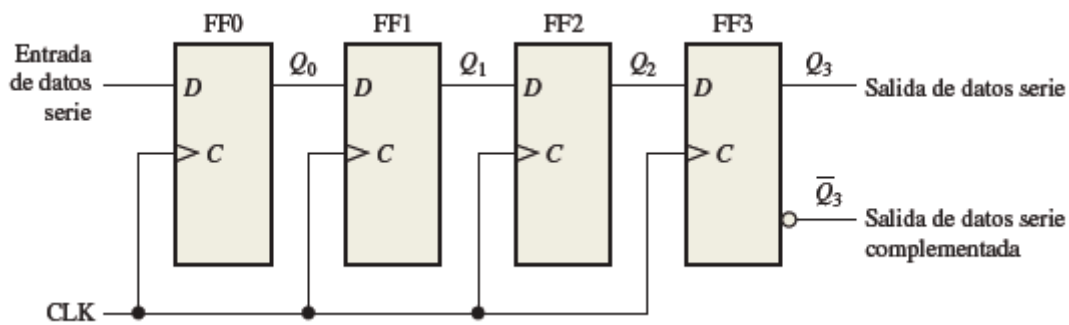
Se usan habitualmente en circuitos temporizadores, sistemas de control, divisores de frecuencia, etc.

4.3. REGISTROS

Los registros se utilizan principalmente para almacenar (registros de almacenamiento) y desplazar datos digitales (registros de desplazamiento).

Atendiendo a la forma en que se almacenan y se desplazan los datos, se pueden clasificar en:

- Registros de desplazamiento con entrada y salida serie



- Registros de desplazamiento con entrada serie y salida paralelo
- Registros de desplazamiento con entrada paralelo y salida serie
- Registros de desplazamiento con entrada y salida paralelo
- Registros de desplazamiento bidireccionales

5. CIRCUITOS INTEGRADOS COMERCIALES

Existe una gran cantidad de circuitos integrados comerciales que implementan los circuitos lógicos vistos a lo largo del tema.

A continuación, se listan algunos a modo de ejemplo:

74LS08	Cuádruple AND de 2 entradas
74HC153	Multiplexor 4 a 1
74HC147	Codificador Decimal/BCD
74HC163	Contador binario síncrono de 4 bits

6. RECURSOS Y HERRAMIENTAS EDUCATIVAS DE INTERÉS

Para el diseño y simulación de circuitos lógicos digitales podemos hacer uso de herramientas software como:

- LogicWorks
- Orcad
- MPLAB X

7. CONCLUSIÓN

En el presente tema se ha presentado una visión global de la lógica de circuitos describiendo los circuitos combinacionales y secuenciales, que son la base sobre la que se materializa cualquier sistema digital, desde los más simples hasta los más complejos y sofisticados, como por ejemplo los ordenadores.

Los circuitos combinacionales y secuenciales pueden construirse con diferentes tecnologías de fabricación. Así, al conjunto de componentes lógicos fabricados con la misma tecnología se le denomina familia lógica. De este modo, según los dispositivos semiconductores en lo que se basan podemos distinguir las familias bipolares (TTL, ECL, RTL y DTL) y las familias MOS (NMOS, CMOS y PMOS).

8. BIBLIOGRAFÍA

- Floyd, T. **Fundamentos de sistemas digitales**. Editorial Prentice Hall.
- Tocci, Ronald J. **Sistemas digitales: Principios y aplicaciones**. Editorial Prentice Hall.
- Prieto, A. **Introducción a la informática**. Editorial McGraw-Hill.
- www.designworksolutions.com (LogicWorks)
- www.orcad.com (Orcad)
- www.microchip.com/mplab (MPLAB)