



UD 3.- ELECTRÓNICA DIGITAL

- 3.1. ELECTRÓNICA DIGITAL
- 3.2. PUERTAS LÓGICAS
- 3.3. DISEÑO DE CIRCUITOS
- 3.4. MONTAJE DE CIRCUITOS

1. ELECTRÓNICA DIGITAL

La **electrónica digital** es una parte de la electrónica que se encarga de sistemas electrónicos en los cuales la información está codificada en dos únicos estados. Estos estados son los dígitos 0 y 1 (también llamados "nivel bajo y nivel alto" o "falso y verdadero"). Electrónicamente se los asigna a cada uno un voltaje determinado que suele ser de 3, 5, 9, 12 ó 18 voltios dependiendo de la aplicación.

Se diferencia de la electrónica analógica en que un valor de voltaje codifica uno de estos dos estados, mientras que para la electrónica analógica hay infinitos estados de información que codificar.

Esta particularidad permite que, usando **Álgebra Booleana** y un sistema de numeración binario, se puedan realizar complejas operaciones lógicas o aritméticas sobre las señales de entrada, muy costosas de hacer empleando métodos analógicos.

2. PUERTAS LÓGICAS

Una **puerta lógica** es un dispositivo electrónico que realiza operaciones sencillas de lógica de conmutación y está formado por circuitos integrados en un chip.

Las puertas lógicas trabajan según **funciones lógicas**, que son expresiones matemáticas que relacionan una serie de variables binarias (0 y 1) mediante dos operaciones: la suma y el producto. Para representar los distintos valores de estas variables se utiliza la tabla de verdad, representando en cada una de las " 2^n " filas una combinación de las " n " variables de entrada y el valor de las variables de salida.

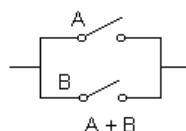
A continuación vamos a ver las puertas y las funciones lógicas básicas y complejas que existen. De cada una de ellas veremos sus símbolos, el circuito eléctrico análogo y la tabla de verdad.

2.1. Puertas lógicas básicas

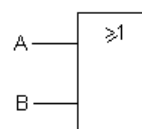
⇒ **Puerta OR, suma lógica o función unión.**- la salida toma el valor 1 cuando alguna de las entradas es 1.

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

$$S = A + B$$



Circuito eléctrico



Norma DIN



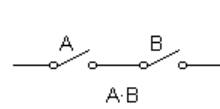
Norma ASA



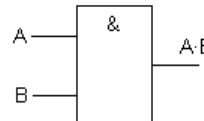
⇒ **Puerta AND, producto lógico o función intersección.**- la salida toma el valor 1 cuando todas las entradas son 1.

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

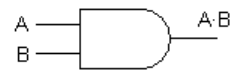
$$S = A \cdot B$$



Circuito eléctrico



Norma DIN

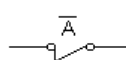


Norma ASA

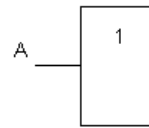
⇒ **Puerta NO, complementación o función inversión.**- invierte el estado lógico de la variable de salida.

A	S
0	1
1	0

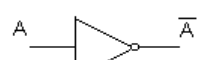
$$S = \bar{A}$$



Circuito eléctrico



Norma DIN



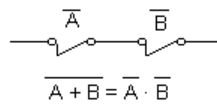
Norma ASA

2.2. Puertas lógicas complejas

⇒ **Puerta NOR.**- la salida es el resultado de la inversión de la función suma, es decir, una puerta NO y una puerta OR.

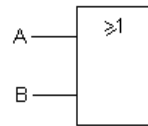
A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$$S = \overline{A + B}$$



Circuito eléctrico

$$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$



Norma DIN

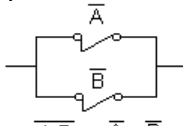


Norma ASA

⇒ **Puerta NAND.**- la salida es el resultado de la inversión de la función producto, es decir, una puerta NO y una puerta AND.

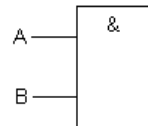
A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$S = \overline{A \cdot B}$$

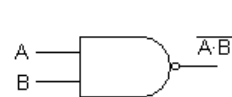


Circuito eléctrico

$$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$$



Norma DIN

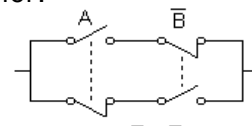


Norma ASA

⇒ **Puerta OR-EXCLUSIVA ó XOR.**- la salida toma el valor 1 cuando las variables de entrada tienen distinto valor.

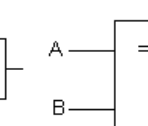
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$S = A \oplus B$$

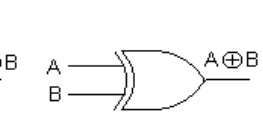


Circuito eléctrico

$$A \oplus B = A\bar{B} + \bar{A}B$$



Norma DIN

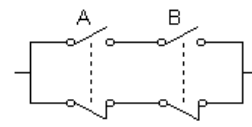


Norma ASA

⇒ **Puerta NOR-EXCLUSIVA ó XNOR.**- la salida toma el valor 1 cuando las variables de entrada tienen el mismo valor.

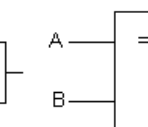
A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$S = A \otimes B$$

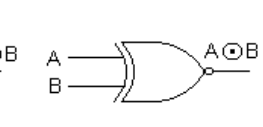


Circuito eléctrico

$$A \otimes B = AB + \bar{A}\bar{B}$$



Norma DIN



Norma ASA



3. DISEÑO DE CIRCUITOS CON PUERTAS LÓGICAS

Para realizar el diseño de circuitos digitales, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Elaborar la tabla de verdad estableciendo las relaciones entre las entradas y las salidas.
2. Obtener la función lógica en forma de minterms (sumas de productos).
3. Simplificar, si es necesario, la función obtenida.
4. Implementar el circuito con puertas lógicas.

La mayoría de las funciones lógicas obtenidas a partir de la tabla de verdad, necesitan ser simplificadas para reducir el número de puertas lógicas utilizadas en la construcción del circuito. Para ello se suelen utilizar dos métodos:

⇒ **Propiedades y teoremas del álgebra de Boole.**- en la siguiente tabla podemos ver los más utilizados.

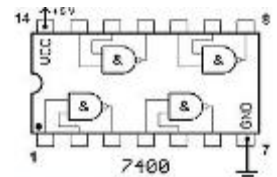
	SUMA	PRODUCTO
PROPIEDADES	$A+B = B+A$	$A \cdot B = B \cdot C$
	$(A+B)+C = A+(B+C)$	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
	$A+(B \cdot C) = (A+B) \cdot (A+C)$	$A \cdot (B+C) = (A \cdot B) + (A \cdot C)$
POSTULADOS	$A+1 = 1$	$A \cdot 1 = A$
	$A+0 = A$	$A \cdot 0 = 0$
	$A+A = A$	$A \cdot A = A$
	$A+A = 1$	$A \cdot A = 0$
TEOREMA DE MORGAN	$\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$	$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

⇒ **Mapas de Karnaugh.**- es un método gráfico basado en la construcción de una tabla cuyas celdas se rellenan con los valores que toma la salida. La simplificación se realiza mediante agrupaciones de las celdas donde la variable toma el mismo valor.

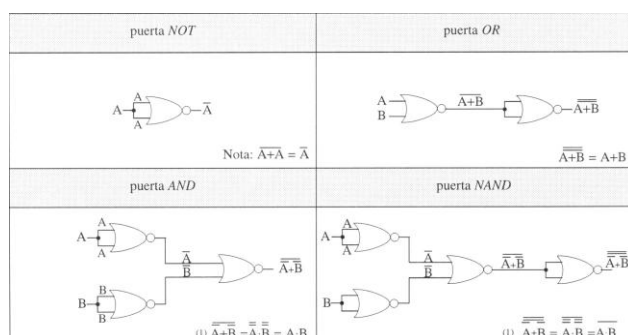
4. MONTAJE DE CIRCUITOS CON PUERTAS LÓGICAS

Las puertas lógicas se encuentran en circuitos integrados fabricados con tecnología TTL (5 v) o CMOS (de 3 a 15 v).

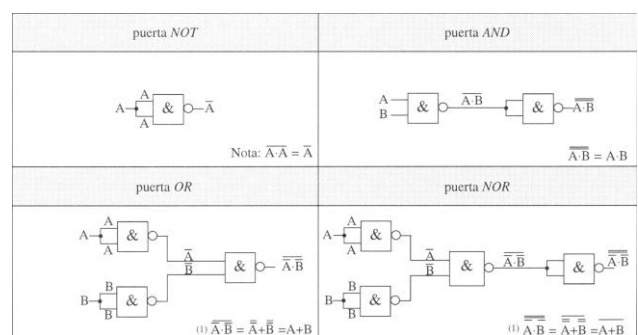
Como se puede observar en la figura, en un circuito integrado se disponen varias puertas lógicas. Por ello, se suele recurrir a la construcción de otras puertas lógicas mediante las llamadas puertas universales: NAND y NOR.



Construcción de puertas lógicas con NOR



Construcción de puertas lógicas con NAND





✓ EJEMPLO SIMPLIFICACIÓN POR KARNAUGH

Un contactor para accionamiento de un motor eléctrico está gobernado por tres finales de carrera X, Y, Z de modo que funciona si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

X accionado - Y en reposo - Z en reposo
X en reposo - Y accionado - Z accionado
X en reposo - Y en reposo - Z accionado
X accionado - Y accionado - Z en reposo

1º) Realizamos la tabla de verdad y obtenemos la función lógica:

$$F = X \cdot Y \cdot Z + X \cdot Y \cdot \bar{Z} + X \cdot \bar{Y} \cdot Z + X \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z}$$

2º) Simplificamos con el mapa de Karnaugh y obtenemos la función simplificada:

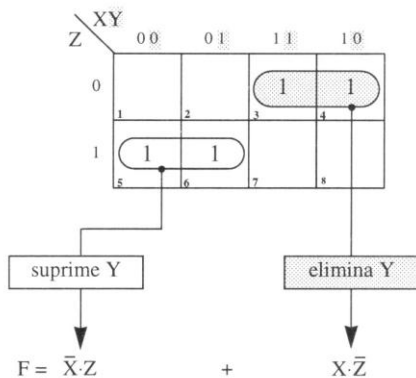
$$F = X \cdot Z + X \cdot \bar{Z}$$

3º) Implementamos el circuito con puertas lógicas.

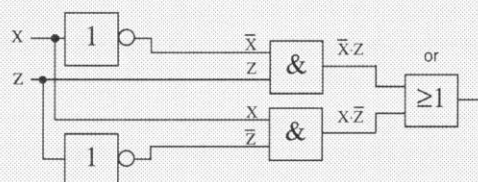
tabla de verdad

X	Y	Z	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

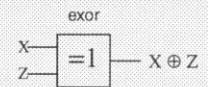
mapa de Karnaugh



circuito lógico sin puerta EXOR

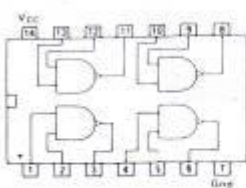


circuito lógico con puerta EXOR

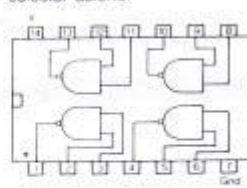


✓ CIRCUITOS INTEGRADOS DE LA SERIE 7400 (TTL)

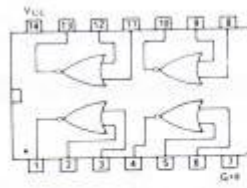
00 Cuádruple puerta NAND de 2 entradas



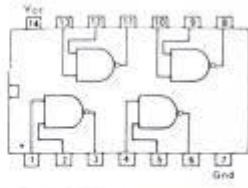
01 Cuádruple puerta NAND de 2 entradas con salida en colector abierto



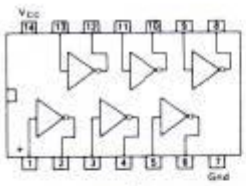
02 Cuádruple puerta NOR de 2 entradas



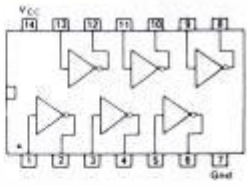
03 Cuádruple puerta NAND de 2 entradas - salida en colector abierto



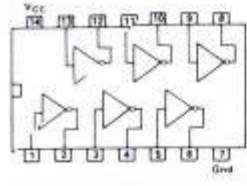
04 Séxtuple inversor



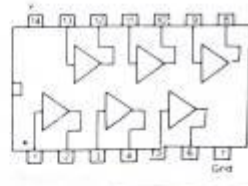
05 Séxtuple inversor - salida en colector abierto



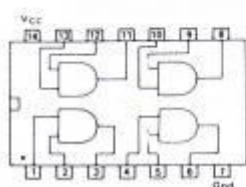
06 Séxtuple inversor con salida en colector abierto - 30V



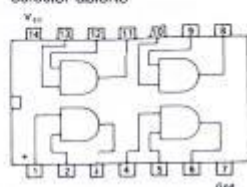
07 Séxtuple excitador (driver) con salida en colector abierto - 30V



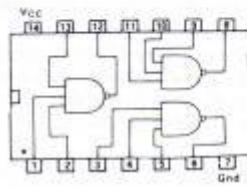
08 Cuádruple puerta AND de 2 entradas



09 Cuádruple puerta AND de 2 entradas - salida en colector abierto



10 Triple puerta NAND de 3 entradas



11 Tripu- puerta AND de 3 entradas

