

LECCIÓN 11 SISTEMAS DIGITALES

Introducción

Estados lógicos y Puertas Lógicas

Álgebra de Boole. Mapas de Karnaugh

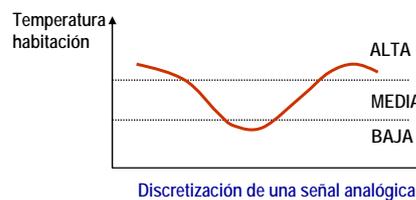
Sistemas de numeración y códigos

Lógica combinatorial

Bloques funcionales

Introducción

- Una **señal digital** puede tomar un valor entre un **número finito (dos)**
- **de valores o estados**. Una **señal analógica** puede tomar un valor entre un **número infinito de valores**.



- Mundo real es un mundo analógico. ¿Por qué usar SISTEMAS DIGITALES? Las razones son:

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

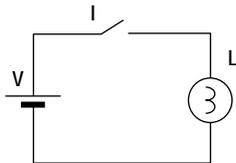
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

Estados lógicos

Se consideran variables que únicamente tienen dos posibles estados (valores BINARIOS)

Ejemplo: En el circuito existen **2 variables binarias (INTERRUPTOR y LÁMPARA)** que tiene cada una **2 posibles estados lógicos**.



I	L
ABIERTO	APAGADA
CERRADO	ENCENDIDA

En vez de usar términos para los estados, podemos usar símbolos como:

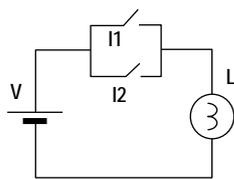
CERRADO = '1'

ABIERTO = '0'

TABLA DE VERDAD: Tabla en la que se relacionan las variables del sistema y sus posibles estados

I	L
0	0
1	1

Operadores lógicos

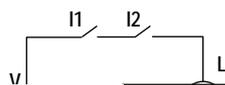


I1	I2	L
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Operador lógico OR

$$L = I1 \text{ OR } I2$$

$$L = I1 + I2$$



I1	I2	L
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Operador lógico AND

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Operadores lógicos

I	L
0	1
1	0

Operador lógico NOT

$L = \text{NOT } I$

I1	I2	I3	L
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Combinación de operadores lógicos

$L = I1 \text{ AND } (I2 \text{ OR } I3)$
 $L = I1 \cdot (I2 + I3)$

Puertas lógicas

- Una **puerta lógica** es un elemento que tiene **varias entradas binarias** (variables) y **una salida**, cuyo estado lógico depende del estado de las entradas y del operador lógico que represente.

PUERTAS LÓGICAS BÁSICAS

Puerta AND

A	B	C
0	0	0
0	1	0

Puerta OR

A	B	C
0	0	0
0	1	1

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Puertas lógicas

PUERTAS LÓGICAS BÁSICAS

Puerta NOT (inversor)

A	B
0	1
1	0

$B = \overline{A}$

BUFFER

A	B
0	0
1	1

$B = A$

Cambia propiedades ELÉCTRICAS pero NO LÓGICAS
"Refuerza" la energía de la señal lógica (información)

Puertas lógicas combinadas

Puerta NAND

A	B	AB	C
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

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

Puerta NOR

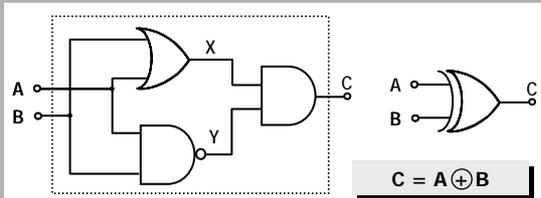
A	B	A+B	C
0	0	0	1

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Puertas lógicas combinadas

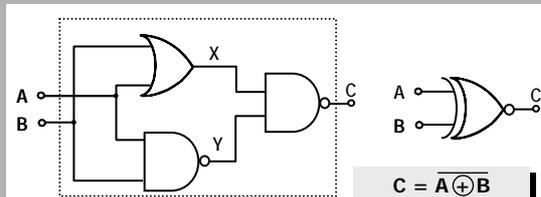
Puerta OR EXCLUSIVO



$C = A \oplus B$

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

Puerta NOR EXCLUSIVO



$C = \overline{A \oplus B}$

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

PUERTA DE IGUALDAD

Algebra de Boole. Mapas de Karnaugh

Funciones Booleanas y teoremas

Formas canónicas

Ley de De Morgan: Simplificaciones algebraicas

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Álgebra de Boole (George Boole, siglo XIX)

- El Álgebra de Boole proporciona una notación para describir funciones lógicas y define:
 - ☞ **CONSTANTES, VARIABLES y FUNCIONES** para describir sistemas binarios.
 - ☞ **TEOREMAS** para manipular expresiones lógicas

HERRAMIENTA PARA SIMPLIFICAR FUNCIONES LÓGICAS Y
DISEÑAR CIRCUITOS LÓGICOS

Constantes Booleanas

'0' ⇒ FALSO

'1' ⇒ VERDADERO

Variables Booleanas

A, B, C, I1, I2, I3, L

Magnitudes que pueden tomar
2 estados posibles: '0' ó '1'

Funciones Booleanas

FUNCIÓN	SÍMBOLO	EXPRESIÓN BOOLEANA
AND	·	$C = A \cdot B$
OR	+	$C = A + B$
NOT	—	$A = \overline{B}$
NAND		$C = \overline{A \cdot B}$
NOR		$C = \overline{A + B}$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Teoremas (I): Conjunto de Identidades

OPERADORES

AND

$$\begin{aligned} 0 \cdot 0 &= 0 \\ 0 \cdot 1 &= 0 \\ 1 \cdot 0 &= 0 \\ 1 \cdot 1 &= 1 \\ A \cdot 0 &= 0 \\ 0 \cdot A &= 0 \\ A \cdot 1 &= A \\ 1 \cdot A &= A \\ A \cdot A &= A \\ A \cdot \bar{A} &= 0 \end{aligned}$$

OR

$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 0 \\ 0 + 1 &= 1 \\ 1 + 0 &= 1 \\ 1 + 1 &= 1 \\ A + 0 &= A \\ 0 + A &= A \\ A + 1 &= 1 \\ 1 + A &= 1 \\ A + A &= A \\ A + \bar{A} &= 1 \end{aligned}$$

NOT

$$\begin{aligned} \bar{0} &= 1 \\ \bar{1} &= 0 \\ \overline{\bar{A}} &= A \end{aligned}$$

IDEMPOTENCIA

Teoremas (II): Conjunto de Leyes

Ley conmutativa

$$\begin{aligned} A \cdot B &= B \cdot A \\ A + B &= B + A \end{aligned}$$

Ley distributiva

$$\begin{aligned} A(B + C) &= AB + AC \\ A + BC &= (A + B)(A + C) \end{aligned}$$

Ley asociativa

$$\begin{aligned} A(BC) &= (AB)C \\ A + (B + C) &= (A + B) + C \\ \text{iii}(AB) + C &\neq A(B + C)!!! \end{aligned}$$

Ley de absorción

Ley de De Morgan

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Ley de De Morgan

- **Ley de De Morgan generalizada:**
El complemento de una función lógica se obtiene complementando todas las variables que intervienen en la función e intercambiando las operaciones lógicas.

Ley de De Morgan

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

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

$$\begin{aligned} \bar{S} &= \overline{S} = \overline{(A + B + C)[\overline{A(B + C)}]} = \overline{(A + B + C)} + \overline{[\overline{A(B + C)}]} = \\ &= \overline{(A + B + C)} + [A + \overline{(B + C)}] = \overline{(A + B + C)} + (A + \bar{B} \bar{C}) \end{aligned}$$

Formas canónicas

Toda expresión lógica puede descomponerse:

$$1 \quad f(A, B, C, \dots) = A f(1, B, C, \dots) + \bar{A} f(0, B, C, \dots)$$

$$2 \quad f(A, B, C, \dots) = (A + f(0, B, C, \dots))(\bar{A} + f(1, B, C, \dots))$$

Toda expresión lógica puede representarse por una forma canónica:

1ª forma canónica

Suma de productos fundamentales en los que intervienen **todas y cada una** de las variables de entrada
 $f(AB) = AB f(1,1) + \bar{A}B f(0,1) + A\bar{B} f(1,0) + \bar{A}\bar{B} f(0,0)$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Expresión Booleana

➤ Extracción de la expresión booleana a partir de una tabla de verdad:

A	B	C	D	
0	0	0	0	
0	0	1	1	$\bar{A}\bar{B}C$
0	1	0	0	
0	1	1	0	
1	0	0	1	$A\bar{B}\bar{C}$
1	0	1	0	
1	1	0	0	
1	1	1	1	ABC

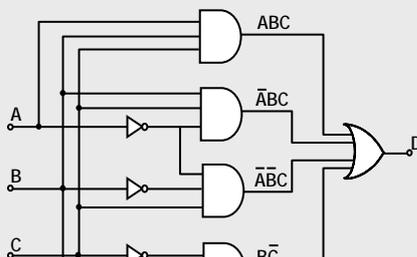
$$D = \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + ABC$$

PRODUCTO FUNDAMENTAL (Minterms)

- 1 Se forma un producto fundamental (minterms) en cada fila de la tabla de verdad en que aparezca un '1' en la columna de la salida.
- 2 El producto fundamental (minterms) contiene todas y cada una de las variables de entrada. Cada variable aparece de la siguiente forma:
 - **Normal:** si aparece un '1' en la tabla
 - **Complementada:** si aparece un '0'
- 3 La expresión global para la función lógica es la suma de minterms

Simplificaciones algebraicas

$$D = \bar{A}\bar{B}C + \bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC + ABC$$



$$\begin{aligned}
 D &= \bar{A}\bar{B}C + \bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC + ABC && \textcircled{1} \\
 &= \bar{A}\bar{B}C + \bar{B}\bar{C} + \bar{B}C(\bar{A} + A) && \\
 &= \bar{A}\bar{B}C + \bar{B}\bar{C} + \bar{B}C && \textcircled{1} \\
 &= \bar{A}\bar{B}C + B(\bar{C} + C) = \bar{A}\bar{B}C + B && \textcircled{2} \\
 &= (\bar{A}C + B)(\bar{B} + B) = \bar{A}C + B &&
 \end{aligned}$$

- ① Asociativa
- ② Distributiva



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Mapas de Karnaugh

Método gráfico de representar la información que contiene la Tabla de Verdad. Se usan para simplificar una expresión de forma sistemática

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

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

A	B	C	D
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

		AB	
		00	01
D	C	0	1
	0	0	1
1	1	1	1

Sólo puede variar un dígito entre dos casillas adyacentes

Simplificación con mapas de Karnaugh

$$F = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + AB\bar{C}D = \bar{B}\bar{C}D(\bar{A} + A) = \bar{B}\bar{C}D$$

		AB	
		00	01
F	CD	0	1
	0	0	1
1	0	1	

$$F = \bar{B}\bar{C}D$$

$$F = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + AB\bar{C}D + \bar{A}BCD + ABCD - \bar{B}\bar{C}D(\bar{A} + A) - B\bar{C}D(\bar{A} + A)$$

		AB	
		00	01
F	CD	0	1
	0	0	1

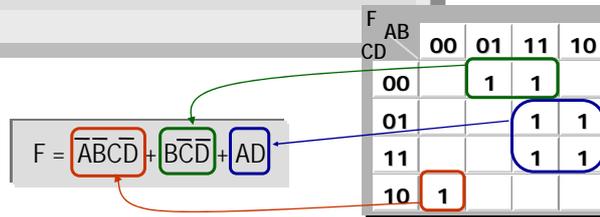
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Minimización con mapas de Karnaugh

REGLAS

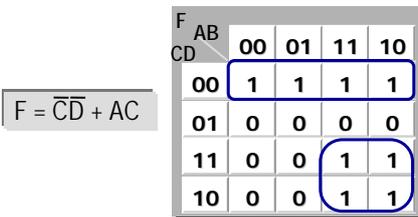
- 1ª Construir celdas (rectangulares o cuadradas) con el mayor número posible de '1s' adyacentes, siempre y cuando la celda contenga 2ⁿ '1s'
- 2ª Añadir celdas progresivamente con menor número de '1s'
- 3ª Cualquier grupo redundante debe eliminarse



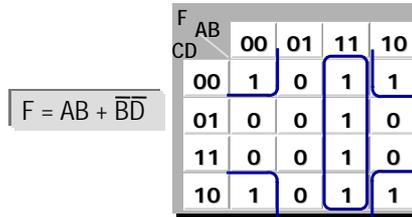
Minimización con mapas de Karnaugh

Posibles asociaciones

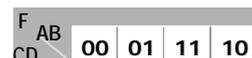
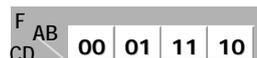
El diagrama es esférico



$$F = \bar{C}D + AC$$



$$F = AB + \bar{B}D$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Mapas de Karnaugh: Ejemplo

$$F = \overline{A}BC\overline{D} + A\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}BC\overline{D}$$

Forma mínima

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

Sólo puertas NAND

Aplicando De Morgan a forma mínima:

$$F = B + \overline{C}D + A\overline{C} = \overline{\overline{B} \cdot \overline{\overline{C}D} \cdot \overline{A\overline{C}}}$$

F	AB	00	01	11	10
CD	00	0	1	1	1
	01	1	1	1	1
	11	0	1	1	0
	10	0	1	1	0

Condiciones indiferentes

CONDICIÓN INDIFERENTE DE ENTRADA

La salida será la misma con un '1' o un '0' en la entrada

Se representa por una X

A	B	C	D
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1



A	B	C	D
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Condiciones indiferentes

CONDICIÓN INDIFERENTE DE SALIDA

La variable de salida, para una determinada combinación de entrada, es indiferente

Si en nuestro sistema nunca se va a dar una determinada combinación de entrada, quizá se pueda aprovechar para simplificar el diagrama de Karnaugh

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

Si estas combinaciones nunca ocurren, la salida D es indiferente $\Rightarrow D = X$

AB	00	01	11	10
C=0	0	1	X	1
C=1	X	0	1	X

$D = A + \bar{B}C$

X = 0 X = 1

Grupos redundantes

F	AB	00	01	11	10
CD=00	1		1	1	
CD=01	1		1	1	
CD=11	1				
CD=10	1				

F	AB	00	01	11	10
CD=00	1	1			
CD=01	1	1			
CD=11	1	1	1	1	
CD=10					

F	AB	00	01	11	10
CD=00			1	1	
CD=01			1	1	
CD=11				1	1
CD=10				1	1

F	AB	00	01	11	10
CD=00	1				
CD=01	1				
CD=11					
CD=10					

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Karnaugh. Mínima expresión

Suma de productos

A	B	C	D
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

		AB			
		00	01	11	10
C	0	0	0	1	1
	1	1	1	0	1

$$D = \bar{A}C + A\bar{C} + AB$$

Mínima expresión como suma de productos

Producto de sumas

$$D = (A + C)(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})$$

Mínima expresión como producto de sumas

Se agrupan los '0' en vez de los '1'

Sistemas de numeración y Códigos

Sistemas de numeración. Aritmética

~~binaria~~

Códigos binarios

Códigos BCD

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Sistemas de numeración

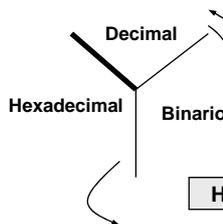
$$1327 = 1 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 7 \times 10^0$$

$$N = p_{n-1} \cdot b^{n-1} + p_{n-2} \cdot b^{n-2} + \dots + p_1 \cdot b^1 + p_0 \cdot b^0$$

b = 10	Sistema decimal	Dígitos	0, 1, 2, ..., 9
b = 2	Sistema binario	Dígitos	0, 1 BIT
b = 16	Sistema hexadecimal	Dígitos	0, 1, ..., 9, A, ... F
b = 8	Sistema octal	Dígitos	0, ..., 7

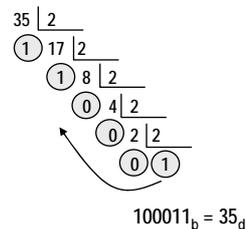
Cambio de sistema de numeración

Cambios de base



Binario a Decimal (Suma de potencias):
 $1101_b = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 13_d$

Decimal a Binario (divisiones sucesivas por dos):



Hexadecimal a binario

$$C3A5_n = \underbrace{1100}_C \underbrace{0011}_3 \underbrace{1010}_A \underbrace{0101}_5_b$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

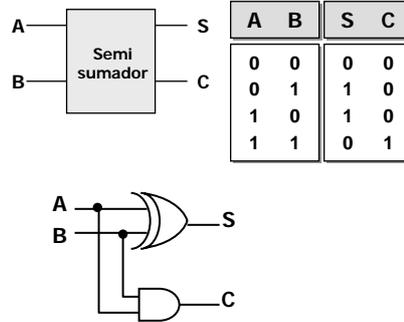


Aritmética Binaria

SUMA BINARIA

$0 + 0 = 0$
 $0 + 1 = 1$
 $1 + 0 = 1$
 $1 + 1 = 10$ (acarreo 1)

Semisumador binario



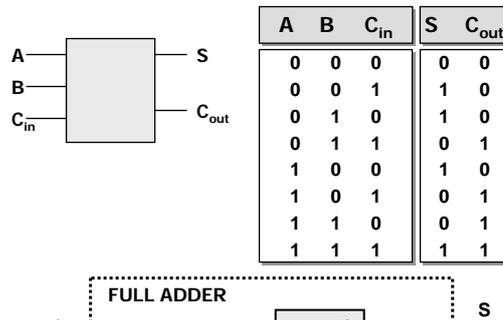
¿Cómo sumar números binarios de 4 bits, 8 bits,...?
Se necesita sumar el acarreo

Aritmética Binaria

SUMA DE DOS NÚMEROS BINARIOS

$$\begin{array}{r}
 10110 \\
 + 10110 \\
 \hline
 10011 \\
 \hline
 101001
 \end{array}$$
 22_d
 19_d
 41_d

Sumador binario



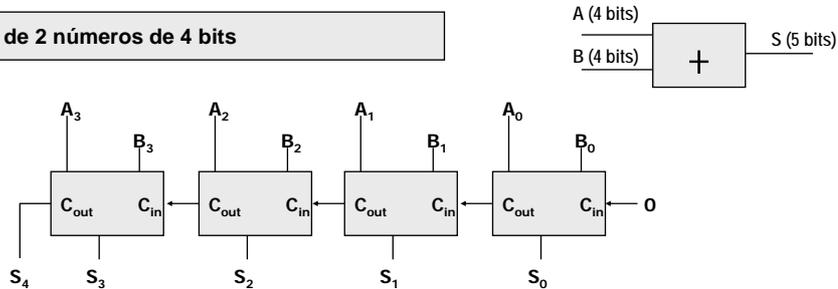
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Sumador Serie

Suma de 2 números de 4 bits



- Características**
- > Número de puertas bajo
 - > Retardo proporcional al número de bits

Códigos binarios

Números Naturales

BINARIO NATURAL 3 → 011

Números Enteros

POSITIVOS

Bit de signo + magnitud **SMMM** **S=0 → positivo** **+3 → 0011**
 ↳ Bit de signo

NEGATIVOS

N1. Bit de signo +magnitud **SMMM** **S=1 → negativo** **-3 → 1011**
 ↳ Bit de signo

N2. Complemento a 1 **1º) Cambiar el bit de signo** **-3 → 1011**

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**



Representaciones de números binarios negativos utilizando 4 bits

Decimal	Binario signo y magnitud	Binario compl. a 1	Binario compl. a 2
-7	1 111	1000	1001
-6	1 110	1001	1010
-5	1 101	1010	1011
-4	1 100	1011	1100
-3	1 011	1100	1101
-2	1 010	1101	1110
-1	1 001	1110	1111

Usando complemento a 2, las restas se convierten en sumas.

$$\begin{array}{r} -4 \quad 1100 \\ +2 \quad 0010 \\ \hline -2 \quad 1110 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -6 \quad 1010 \\ +7 \quad 0111 \\ \hline +1 \quad 10001 \end{array}$$

Se elimina el posible acarreo

Si el resultado de la resta es negativo, éste viene dado en complemento a 2.

Código BCD (Binary Code Decimal)

El código BCD representa números decimales codificados en binario dígito a dígito

	BCD
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111

Ejemplo: BCD natural

$$37_d = 0011 \ 0111$$

Conversión BCD a decimal inmediata

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

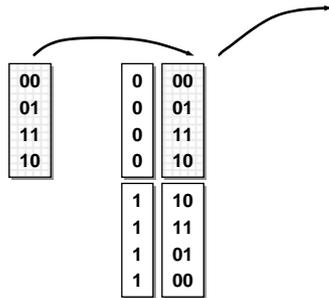
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Códigos progresivos

Un código es progresivo si entre dos combinaciones adyacentes hay una diferencia de un solo bit. Si las combinaciones primera y última son progresivas, se dice que el código, además, es cíclico.

El código Gray



Autocomplementarios

Decimal	Gray
0	0 000
1	0 001
2	0 011
3	0 010
4	0 110
5	0 111
6	0 101
7	0 100
8	1 100
9	1 101
10	1 111
11	1 110
12	1 010
13	1 011
14	1 001
15	1 000

Eje de simetría

Detección de errores

Códigos de detección

Paridad par o impar

Dato	Impar	Par
0000	1	0
0001	0	1
0010	0	1
0011	1	0
0100	0	1
0101	1	0
0110	1	0
0111	0	1
1000	0	1

Se añade un bit para que la cantidad de "1s" sea par (o impar)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Lógica Combinacional

Ejemplos de Lógica Combinacional

Lógica combinacional

- La salida viene determinada por la COMBINACIÓN de las señales de entrada

Ejemplo I

Diseñar un circuito que convierta un número binario de 3 bits en un número en código Gray

	A	B	C	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	1	1
3	0	1	1	0	1	0
4	1	0	0	1	1	0
5	1	0	1	1	1	1
6	1	1	0	1	0	1
7	1	1	1	1	0	0

X	AB			
C	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	0	1	1

$$X = A$$

Y	AB			
C	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	0	1	0	1

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



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

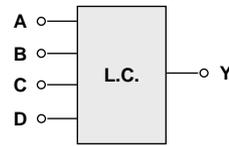
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Ejemplo II

Diseñar un circuito cuya entrada sea un número de 4 dígitos y la salida sea 1 cuando el número de entrada sea primo

	A	B	C	D	Y
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	1
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	0



		AB			
		00	01	11	10
CD	00	1	0	0	0
	01	1	1	1	0
	11	1	1	0	1
	10	1	0	0	0

$$Y = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot D + B \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{B} \cdot C \cdot D$$

Ejemplo III

Diseñar un circuito cuya entrada sea un número en BCD de 4 dígitos y la salida sea 1 cuando la entrada valga 1, 2, 5, 6 ó 9.

	A	B	C	D	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	1
	1	0	1	0	X
	1	0	1	1	X
	1	1	0	0	X
	1	1	0	1	X
	1	1	1	0	X

Con 4 dígitos sólo se puede codificar del 0 al 9 con el código BCD ⇒ Hay posibles combinaciones a la entrada que nunca se van a dar ⇒ Salida **IRRELEVANTE** que podemos aprovechar para minimizar la lógica combinacional necesaria.
(En BCD, el número 10 necesita 8 dígitos ⇒ no se puede representar con 4)

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	0	0	X	0
	01	1	1	X	1
	11	0	0	X	X

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

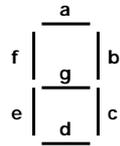
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



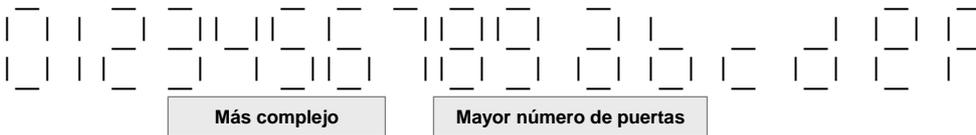
Convertidores de código

A) Convertidor BCD a 7 segmentos

E ₃	E ₂	E ₁	E ₀	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
			resto	x	x	x	x	x	x	x



B) Hexadecimal a 7 segmentos



Más complejo

Mayor número de puertas

Circuitos combinacionales. Bloques funcionales

Decodificadores y codificadores

Multiplexores y demultiplexores

Funciones lógicas mediante decod/multiplexores

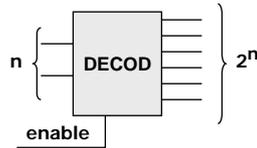
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Decodificadores y codificadores

DECODIFICADOR



Se activa la salida correspondiente al número binario codificado en la entrada

Funciones lógicas

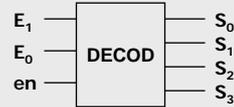
$$S_0 = en \cdot \bar{E}_1 \cdot \bar{E}_0$$

$$S_1 = en \cdot \bar{E}_1 \cdot E_0$$

$$S_2 = en \cdot E_1 \cdot \bar{E}_0$$

$$S_3 = en \cdot E_1 \cdot E_0$$

Ejemplo:
Decod 2 entradas
con enable

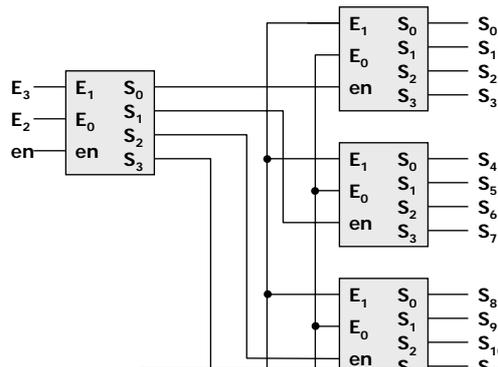


en	E ₁	E ₀	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
0	x	x	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1

Si en=1, cada una de las salidas del decodificador representa a un término de la 1ª forma canónica de la función f(E₁,E₀). Por tanto, puede representarse cualquier función mediante la adecuada combinación de las salidas de un decodificador.

EJEMPLO

A partir de decodificadores de 2 entradas, construir un decodificador de 4 entradas

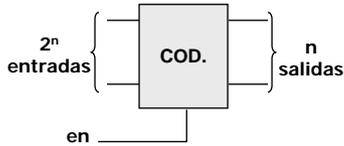


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



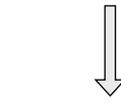
CODIFICADOR



Se codifica en binario sobre la salida el número de entrada que esté activa

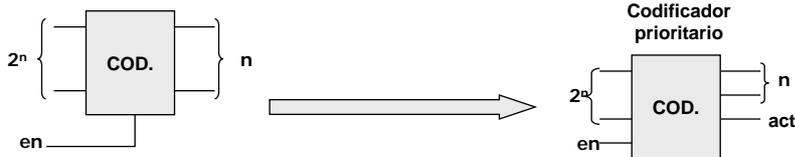
en	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	A ₁	A ₀
0	x	x	x	x	0	0
1	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0

¿Cómo distinguir estos dos casos?



Señal de salida adicional

CODIFICADOR



Codificador prioritario

en	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	A ₁	A ₀	act
0	x	x	x	x	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	1

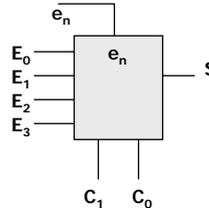
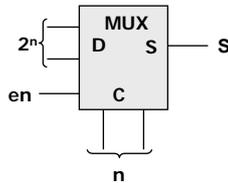
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**



Multiplexores y demultiplexores

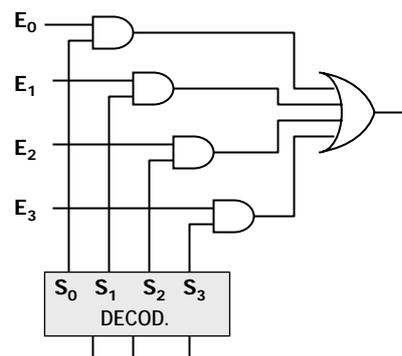
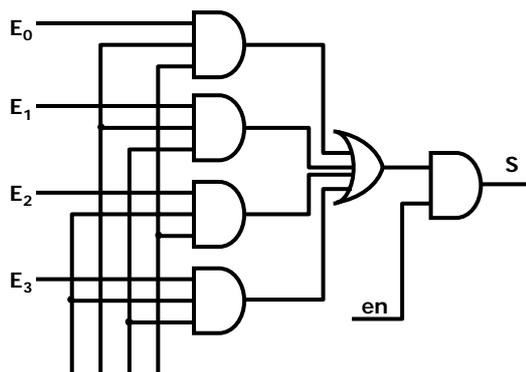
MULTIPLEXOR (MUX)



La entrada de datos correspondiente al número codificado en binario en las señales de control se conecta a la salida

en	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	C ₁	C ₀	S
0	X	X	X	X	X	X	0
1	D	X	X	X	0	0	D
1	X	D	X	X	0	1	D
1	X	X	D	X	1	0	D
1	X	X	X	D	1	1	D

MUX mediante puertas lógicas

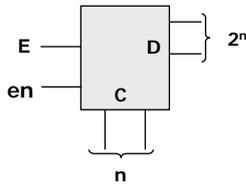


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

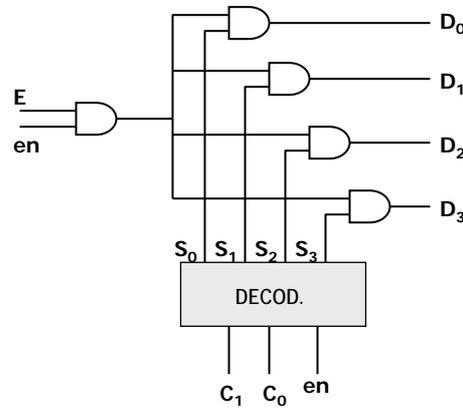


DEMÚLTIPLEXOR



Saca la entrada por aquella salida correspondiente al número codificado en las señales de control

en	C ₁	C ₀	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃
0	X	X	0	0	0	0
1	0	0	E	0	0	0
1	0	1	0	E	0	0
1	1	0	0	0	E	0
1	1	1	0	0	0	E



$$D_2 = en \cdot C_1 \cdot \overline{C_0}$$

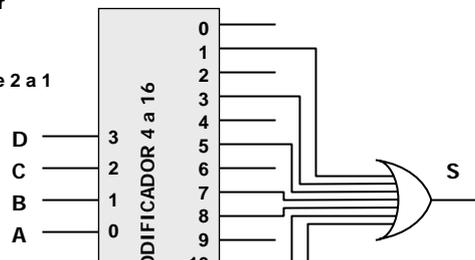
Funciones lógicas mediante decodificadores/mux

Ejemplo

Diseñar un circuito que tiene como entrada el mes del año codificado en binario y como salida un '1' si el mes es de 31 días o un '0' si es de menos de 31 días

D	C	B	A	S
0	0	0	0	x
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1

- A) Mediante un decodificador
- B) Mediante un multiplexor
- C) Mediante multiplexores de 2 a 1



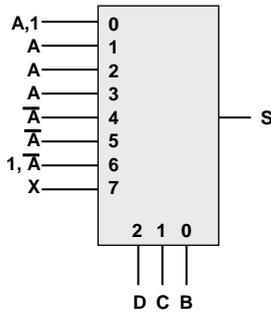
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

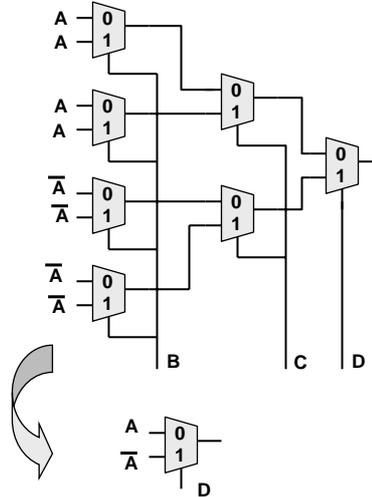


B Un MUX

D	C	B	A	S
0	0	0	0	x
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	x
1	1	1	0	x
1	1	1	1	x



C MUX 2 a 1



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70