



## TEMA 2

# Circuitos lógicos combinacionales

Electrónica Digital  
Grado Ing. Tecnologías  
Telecomunicación

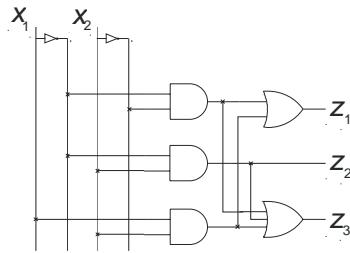


## Sumario

- Introducción
  - ✓ Síntesis NAND/NOR
  - ✓ Riesgos en circuitos combinacionales
- Multiplexores y demultiplexores
  - ✓ Diseño con multiplexores
  - ✓ Acceso a buses y selección de datos
- Codificación
  - ✓ Representación en complementos
  - ✓ Aritmética decimal BCD
  - ✓ Codificadores y decodificadores
  - ✓ Circuitos aritméticos

## Introducción

- **Circuito de conmutación (digital):** cualquier sistema mecánico, eléctrico, etc., con entradas y salidas digitales (binarias).



$x_1$	$x_2$	$z_1$	$z_2$	$z_3$
0	0	1	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	0	0
1	1	1	0	1

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

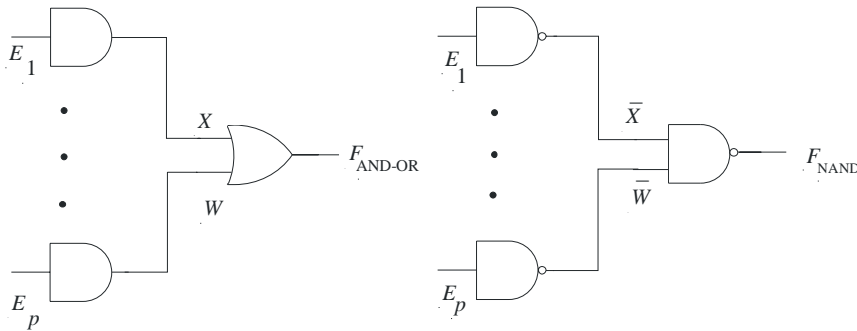
## Introducción

- Los circuitos combinacionales básicamente corresponde a la implementación de una o varias funciones de conmutación.
- Los procedimientos de síntesis vistos en el tema anterior proporcionan implementaciones en dos niveles: **AND-OR** (suma de productos) y **OR-AND** (producto de sumas).
- Es posible trasladar las realizaciones en dos niveles a implementaciones con puertas **NAND** o puertas **NOR**.

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Síntesis NAND/NOR

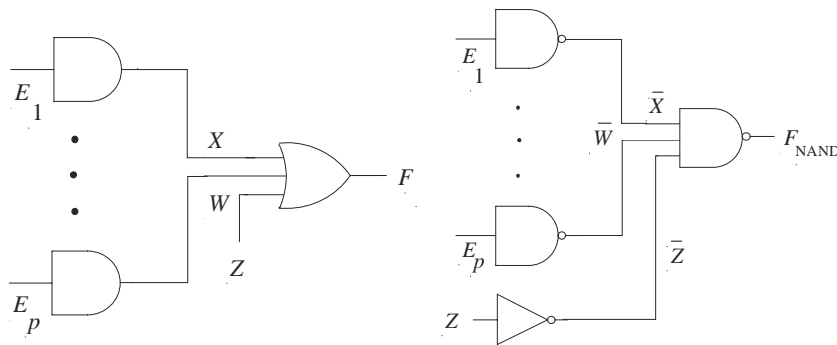
- **Teorema:** dado un circuito de dos niveles AND-OR (OR-AND), si todas las puertas del circuito se sustituyen por puertas **NAND (NOR)**, la función realizada es la misma.



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Síntesis NAND/NOR

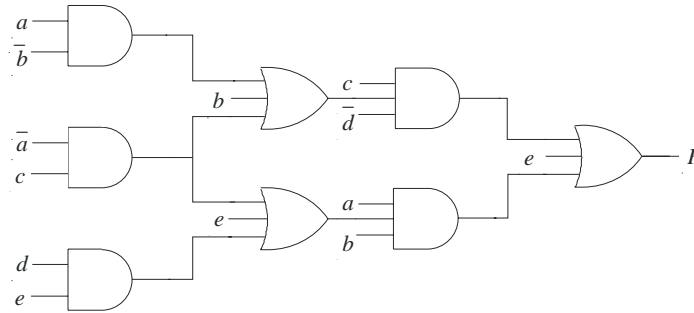
- **Teorema:** dado un circuito de dos niveles AND-OR (OR-AND), si todas las puertas del circuito se sustituyen por puertas **NAND (NOR)**, la función realizada es la misma.



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Síntesis NAND/NOR

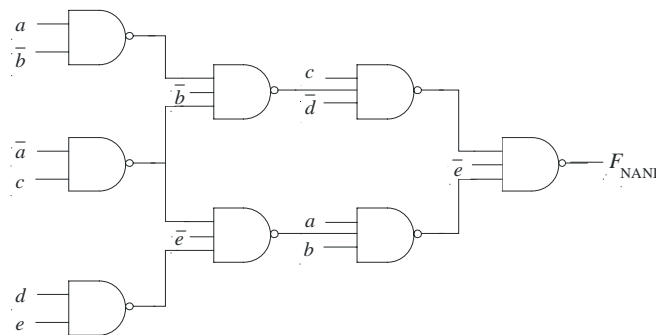
- Esta idea puede extenderse a circuitos con más de dos niveles, con una adecuada descomposición del circuito original.



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Síntesis NAND/NOR

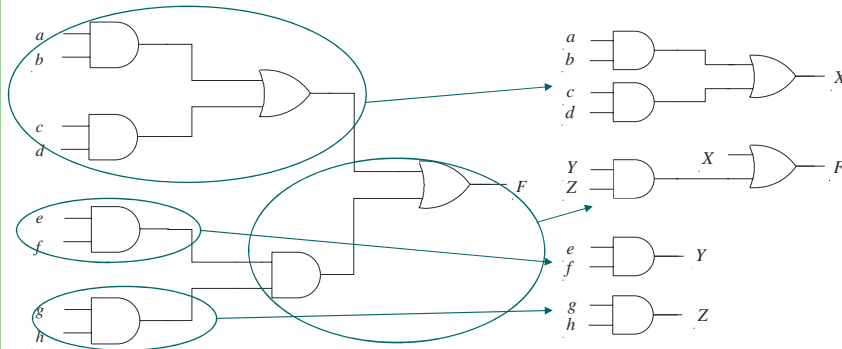
- Esta idea puede extenderse a circuitos con más de dos niveles, con una adecuada descomposición del circuito original.



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Síntesis NAND/NOR

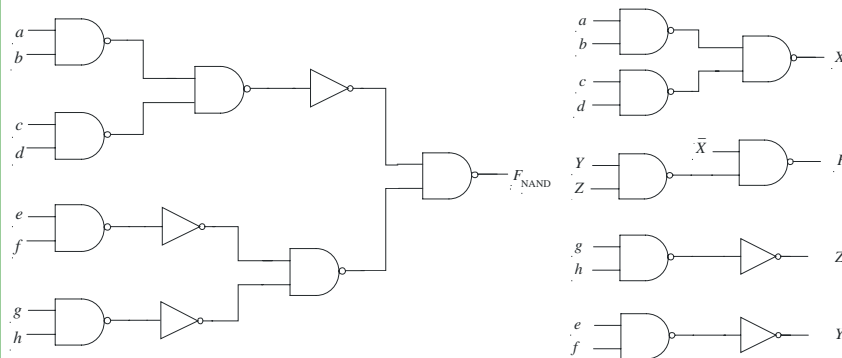
- Esta idea puede extenderse a circuitos con más de dos niveles, con una adecuada descomposición del circuito original.



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Síntesis NAND/NOR

- Esta idea puede extenderse a circuitos con más de dos niveles, con una adecuada descomposición del circuito original.

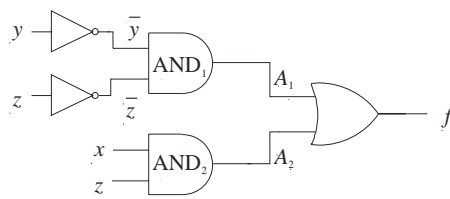


Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Riesgos en circuitos combinacionales

- En un circuito combinacional existe un **riesgo estático** si en una transición de las entradas en la que la salida debe de permanecer constante, ésta cambia su valor momentáneamente.

➤ **Ejemplo:**  $f(x,y,z)=xz+y\bar{z}$



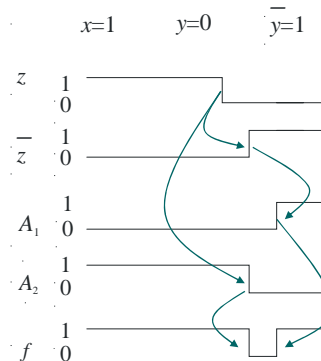
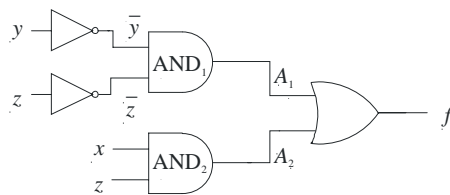
$yz$	00	01	11	10
$x$				
0	1			
1	1	1	1	

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Riesgos en circuitos combinacionales

- En un circuito combinacional existe un **riesgo estático** si en una transición de las entradas en la que la salida debe de permanecer constante, ésta cambia su valor momentáneamente.

➤ **Ejemplo:**  $f(x,y,z)=xz+y\bar{z}$



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Riesgos en circuitos combinacionales

- En un circuito combinacional existe un **riesgo dinámico** si en una transición de las entradas en la que la salida ha de cambiar de 0 a 1, o viceversa, la salida sufre transiciones extras antes de alcanzar su valor final.
- Los riesgos estáticos o dinámicos asociados a transiciones de las entradas en las que sólo cambia una entrada se denominan **riesgos lógicos**.
- Los riesgos lógicos están provocados por los retardos asociados a la propagación de las señales en los circuitos de conmutación.
- Los riesgos dinámicos son consecuencia de los estáticos (evitables si la realización incluye todos los implicantes primos).

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Riesgos en circuitos combinacionales

- Los riesgos asociados a transiciones de las entradas en las que cambia más de una entrada se denominan **riesgos funcionales**.
- Los riesgos funcionales no dependen de la forma del realización ni de la función concreta, al tiempo que son inevitables (salvo que se limiten las transiciones en la entrada a cambios individuales).

$xy \backslash zH$	00	01	11	10
00	1			
01		1		
11			1	
10	1	1		

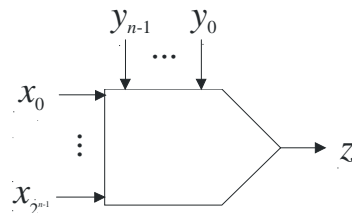
Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

# Sumario

- **Introducción**
  - ✓ Síntesis NAND/NOR
  - ✓ Riesgos en circuitos combinacionales
- **Multiplexores y demultiplexores**
  - ✓ Diseño con multiplexores
  - ✓ Acceso a buses y selección de datos
- **Codificación**
  - ✓ Representación en complementos
  - ✓ Aritmética decimal BCD
  - ✓ Codificadores y decodificadores
  - ✓ Circuitos aritméticos

# Multiplexores y demultiplexores

- Un **multiplexor** es un circuito combinacional para el enrutamiento de la información. Consta de  $n$  entradas de control y  $2^n$  entradas de datos, con una única salida (multiplexor  $2^n$  a 1).

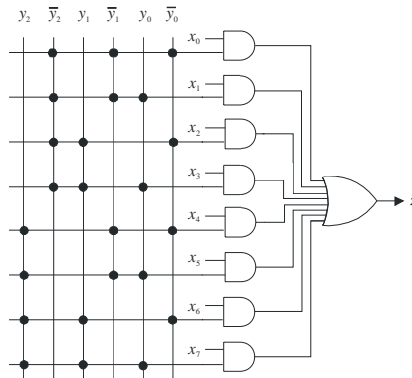


$y_2 y_1 y_0$	$z$
0 0 0	$x_0$
0 0 1	$x_1$
0 1 0	$x_2$
0 1 1	$x_3$
1 0 0	$x_4$
1 0 1	$x_5$
1 1 0	$x_6$
1 1 1	$x_7$



## Multiplexores y demultiplexores

- Un **multiplexor** es un circuito combinacional para el enrutamiento de la información. Consta de  $n$  entradas de control y  $2^n$  entradas de datos, con una única salida (multiplexor  $2^n$  a 1).

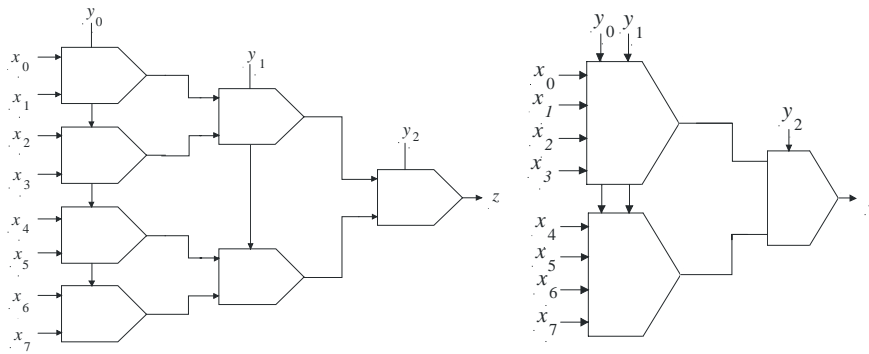


$y_2 y_1 y_0$	$z$
0 0 0	$x_0$
0 0 1	$x_1$
0 1 0	$x_2$
0 1 1	$x_3$
1 0 0	$x_4$
1 0 1	$x_5$
1 1 0	$x_6$
1 1 1	$x_7$

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Multiplexores y demultiplexores

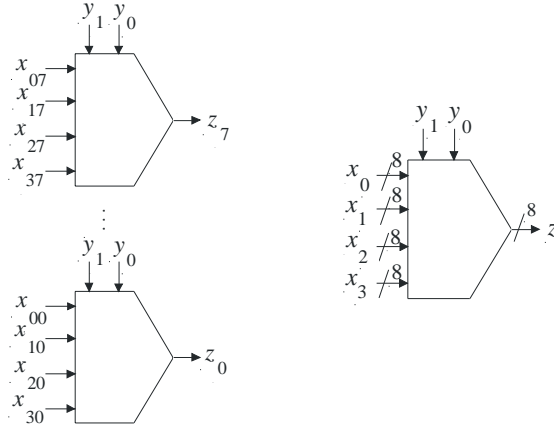
- Pueden combinarse multiplexores 2 a 1, 4 a 1, etc., para conseguir diferentes estructuras.



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Multiplexores y demultiplexores

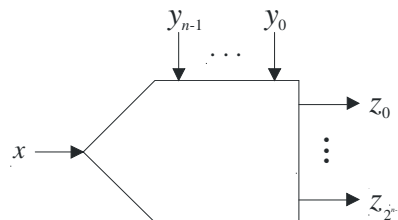
- Es posible trabajar con palabras de varios bits.



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Multiplexores y demultiplexores

- Un **demultiplexor** es un circuito combinacional para el enrutamiento de la información. Consta de  $n$  entradas de control, una entrada de datos y  $2^n$  salidas (demultiplexor 1 a  $2^n$ ).

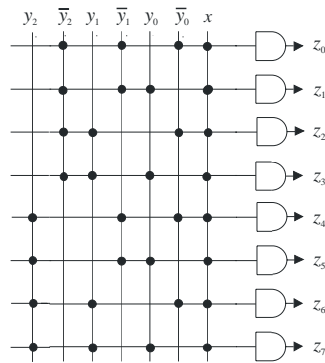


$y_2 y_1 y_0$	$z_7$	$z_6$	$z_5$	$z_4$	$z_3$	$z_2$	$z_1$	$z_0$
0 0 0	0	0	0	0	0	0	0	x
0 0 1	0	0	0	0	0	0	x	0
0 1 0	0	0	0	0	0	x	0	0
0 1 1	0	0	0	0	x	0	0	0
1 0 0	0	0	0	x	0	0	0	0
1 0 1	0	0	x	0	0	0	0	0
1 1 0	0	x	0	0	0	0	0	0
1 1 1	x	0	0	0	0	0	0	0

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Multiplexores y demultiplexores

- Un **demultiplexor** es un circuito combinacional para el enrutamiento de la información. Consta de  $n$  entradas de control, una entrada de datos y  $2^n$  salidas (demultiplexor 1 a  $2^n$ ).

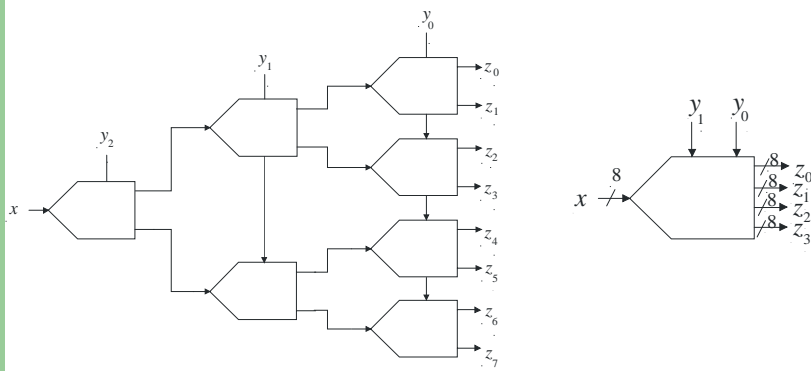


$y_2 y_1 y_0$	$z_7$	$z_6$	$z_5$	$z_4$	$z_3$	$z_2$	$z_1$	$z_0$
0 0 0	0	0	0	0	0	0	0	$x$
0 0 1	0	0	0	0	0	0	$x$	0
0 1 0	0	0	0	0	0	$x$	0	0
0 1 1	0	0	0	0	$x$	0	0	0
1 0 0	0	0	0	$x$	0	0	0	0
1 0 1	0	0	$x$	0	0	0	0	0
1 1 0	0	$x$	0	0	0	0	0	0
1 1 1	$x$	0	0	0	0	0	0	0

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Multiplexores y demultiplexores

- Pueden combinarse demultiplexores 1 a 2, 1 a 4, etc., para conseguir diferentes estructuras, o trabajar con palabras de varios bits.



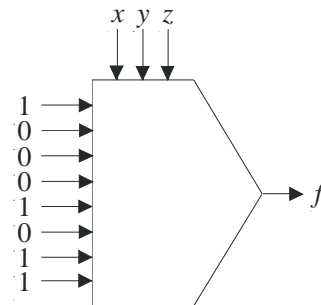
Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Multiplexores y demultiplexores

➤ Los multiplexores pueden emplearse como **módulos lógicos universales**:

- ✓ un multiplexor con  $n$  entradas de control permite sintetizar cualquier función de conmutación de  $n$  variables.

$x y z$	$f(x,y,z)$
0 0 0	1
0 0 1	0
0 1 0	0
0 1 1	0
1 0 0	1
1 0 1	0
1 1 0	1
1 1 1	1



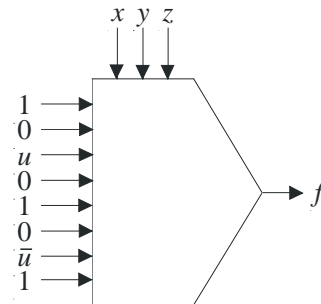
Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Multiplexores y demultiplexores

➤ Los multiplexores pueden emplearse como **módulos lógicos universales**:

- ✓ un multiplexor con  $n$  entradas de control puede sintetizar funciones de conmutación de  $n+1$  variables.

$x y z$	$f(x,y,z)$
0 0 0	1
0 0 1	0
0 1 0	$u$
0 1 1	0
1 0 0	1
1 0 1	0
1 1 0	$\bar{u}$
1 1 1	1



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

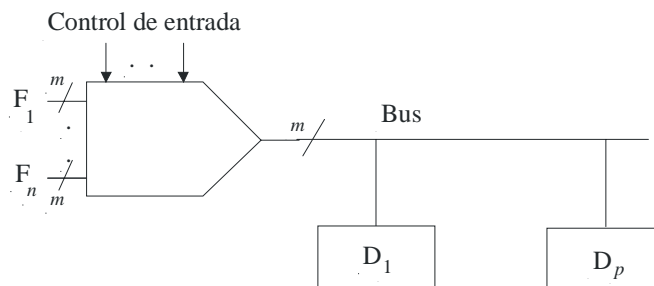
## Acceso a buses

- **Bus:** subsistema para transmisión de información en un sistema digital formado por  $m$  hilos, siendo  $m$  el número de bits a transmitir simultáneamente.
- En sistemas digitales complejos, gran cantidad de subsistemas han de compartir información, con lo que se incluyen diferentes buses a los que tiene acceso diferentes subsistemas.
- La conexión directa de las diferentes fuentes y destinos de información a los buses, así como la interconexión entre diferentes buses puede causar conflictos (tema 5), que pueden evitarse con el uso de multiplexores y demultiplexores.

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Acceso a buses

- **Bus:** subsistema para transmisión de información en un sistema digital formado por  $m$  hilos, siendo  $m$  el número de bits a transmitir simultáneamente.



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Sumario

- Introducción
  - ✓ Síntesis NAND/NOR
  - ✓ Riesgos en circuitos combinacionales
- Multiplexores y demultiplexores
  - ✓ Diseño con multiplexores
  - ✓ Acceso a buses y selección de datos
- Codificación
  - ✓ Representación en complementos
  - ✓ Aritmética decimal BCD
  - ✓ Codificadores y decodificadores
  - ✓ Circuitos aritméticos

## Codificación

- **Sistema digital:** sistema en el que se genera, almacena, procesa y/o transmite información representada por señales digitales.
- **Señal digital:** señal limitada a tomar valores discretos determinados.
- **Bit:** cantidad mínima de información (0/1).

## Codificación

- Cuando los sistemas digitales procesan información que no es estrictamente binaria, es necesario **representar** dicha información utilizando señales binarias: **codificación**.
- Existen diferentes códigos para representar la información en función de su contenido y la aplicación:
  - ✓ codificación ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*): caracteres alfanuméricos para su uso en ordenadores.
  - ✓ Representación en complementos: la más extendida en circuitos aritméticos.
  - ✓ BCD (*Binary-Coded Decima*): codificación binaria de cifras decimales.
  - ✓ Códigos para detección y corrección de errores.

## Representación en complementos

- El cálculo es una de las aplicaciones fundamentales de los sistemas digitales.
- La implementación de sistemas digitales de cálculo requiere la representación con señales binarias de las cantidades numéricas.
- En general, los sistemas digitales usan la base 2 en representaciones con peso, con lo que un número con  $n$  bits en la parte entera y  $m$  en la parte fraccionaria representa la cantidad:

$$N.M = \underbrace{b_{n-1}2^{n-1} + \dots + b_22^2 + b_12^1 + b_02^0}_{\text{Parte entera}} + \underbrace{b_{-1}2^{-1} + b_{-2}2^{-2} + \dots + b_{-m}2^{-m}}_{\text{Parte fraccionaria}}$$

- $b_{n-1}$ : bit más significativo (MSB)
- $b_{-m}$ : bit menos significativo (LSB)

## Representación en complementos

- En esta representación en punto fijo la aritmética es muy sencilla, siendo la suma la operación básica:

$  \begin{array}{r}  \phantom{1} \phantom{1} \phantom{1} \\  1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ (27) \\  + 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ (14) \\  \hline  \text{Overflow} \leftarrow 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ (41)  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  \phantom{1} \phantom{1} \\  1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ (27) \\  - 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ (14) \\  \hline  0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ (13)  \end{array}  $
$  \begin{array}{r}  1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ (27) \\  \times 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ (14) \\  \hline  0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \\  1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\  1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\  1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\  \hline  1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ (378)  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ (379) \\  - 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\  \hline  0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \\  - 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\  \hline  0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\  - 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\  \hline  0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ (1)  \end{array}  $

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Complemento a uno

- En la representación en complemento a uno (a la base menos uno), dado un número positivo  $B = b_{n-1} \dots b_1 b_0$ , el número  $-B$  se genera como:

$$-B = (2^n - 1) - B$$

- En la práctica, el complemento a uno se genera muy fácilmente **complementando** cada uno de los bits del número:

$$-B = \overline{b_{n-1}} \dots \overline{b_1} \overline{b_0}$$

- Para operar con cantidades en complemento a uno hay que añadir el posible acarreo de salida al bit menos significativo.

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales



## Complemento a dos

- En la representación en complemento a dos (a la base), dado un número positivo  $B = b_{n-1} \dots b_1 b_0$ , el número  $-B$  se genera como:

$$-B = 2^n - B$$

- En la práctica, el complemento a dos se genera **complementando** cada uno de los bits del número y sumando 1:

$$-B = \overline{b_{n-1}} \dots \overline{b_1} \overline{b_0} + 1$$

- El complemento a dos es el sistema usual de representación en punto fijo en sistemas digitales de cálculo.

## Complemento a dos

- La gran ventaja de la representación en complemento a dos es:
  - ✓ se puede operar como en binario natural sin ninguna consideración extra
  - ✓ el bit más significativo corresponde al bit de signo (0 para números positivos y 1 para números negativos)

$\begin{array}{r} 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ (-5) \\ +\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ (14) \\ \hline 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ (9) \end{array}$	→	$\begin{array}{r} 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ (14) \\ +\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ (27) \\ \hline 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ (41) \end{array}$
--	---	---

$\begin{array}{r} 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ (-4) \\ -\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ (2) \\ \hline 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ (-6) \end{array}$	→	$\begin{array}{r} 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ (-4) \\ +\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ (-2) \\ \hline 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ (-6) \end{array}$
---	---	--

## Complemento a dos

- La gran ventaja de la representación en complemento a dos es:
  - ✓ se puede operar como en binario natural sin ninguna consideración extra
  - ✓ el bit más significativo corresponde al bit de signo (0 para números positivos y 1 para números negativos)
- Aparecerá **desbordamiento (overflow)** cuando la suma de dos números positivos (negativos) produzca uno negativo (positivo):

$$\begin{array}{r}
 00101 \quad (5) \\
 + 01110 \quad (14) \\
 \hline
 10011 \quad (-13)
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 10010 \quad (-14) \\
 + 11011 \quad (-5) \\
 \hline
 01101 \quad (13)
 \end{array}$$

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Aritmética decimal BCD

- La mayoría de sistemas digitales de cálculo emplean representación en complementos.
- En ocasiones es conveniente emplear aritmética decimal, representando cada cifra decimal por su valor binario: **BCD (Binary-Coded Decimal)**.
- Cada cifra decimal se codifica con 4 bits y agrupando estos caracteres de 4 bits se pueden representar cantidades decimales:

$$(1374) = 0001\ 0011\ 0111\ 0100$$


Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

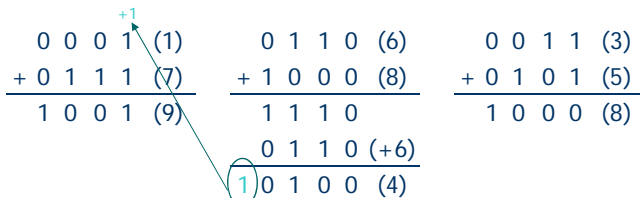
## Aritmética decimal BCD

- Es posible operar con cantidades representadas en BCD con una adecuada corrección (+6) en caso de generarse acarreo entre cifras:

$$\begin{array}{r} 0\ 1\ 0\ 1\ (5) \\ +\ 0\ 1\ 0\ 0\ (4) \\ \hline 1\ 0\ 0\ 1\ (9) \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0\ 1\ 0\ 1\ (5) \\ +\ 0\ 1\ 1\ 1\ (7) \\ \hline 1\ 1\ 0\ 0 \\ \hline 0\ 1\ 1\ 0\ (+6) \\ \hline 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ (2) \end{array}$$

$\begin{array}{r} 0\ 0\ 0\ 1\ (1) \\ +\ 0\ 1\ 1\ 1\ (7) \\ \hline 1\ 0\ 0\ 1\ (9) \end{array}$	$\begin{array}{r} 0\ 1\ 1\ 0\ (6) \\ +\ 1\ 0\ 0\ 0\ (8) \\ \hline 1\ 1\ 1\ 0 \\ \hline 0\ 1\ 1\ 0\ (+6) \\ \hline 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ (4) \end{array}$	$\begin{array}{r} 0\ 0\ 1\ 1\ (3) \\ +\ 0\ 1\ 0\ 1\ (5) \\ \hline 1\ 0\ 0\ 0\ (8) \end{array}$
--	---	--



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Códigos para detección de errores

- El único objeto de la codificación no es la representación de la información, sino que puede emplearse para detectar y/o corregir los posible errores que se produzcan en el sistema.
- Durante la transmisión y almacenamiento de la información es posible que se altere el valor de algún bit (corrientes de fuga, radiación, etc.).
- **Distancia** entre dos caracteres de un código: número de bits en que son distintos dichos caracteres. Los códigos vistos hasta ahora son de distancia 1.

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Códigos para detección de errores

- Los códigos de distancia 2 permiten detectar errores en un bit, ya que la alteración de una posición se traduce en un carácter que no pertenece al código.
- En los códigos de distancia 1 se puede añadir un bit extra de paridad (del número de 1s del carácter), con lo que se transforman en códigos de distancia 2 y pueden corregirse errores en un bit.
- En general, un código de distancia  $n$  permite detectar errores en  $n-1$  bits de un carácter.

## Códigos para corrección de errores

- Empleando un código de distancia 3 es posible detectar errores en dos bits, y corregir errores en uno de los bits.
- **Ejemplo:**

A		00000
B		10101
C		11010
D		01111

- ✓ Un error en un bit de A puede traducirse en la recepción indistinta de 00000, 00001, 00010, 00100, 01000 ó 10000, que no pueden provenir de ningún otro carácter.
- ✓ Por tanto, el código del ejemplo permite corregir errores.

## Códigos para corrección de errores

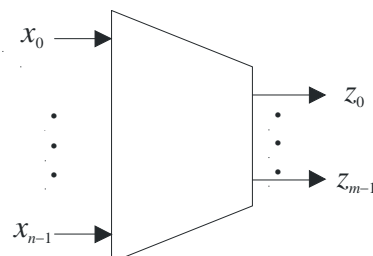
- **Código Hamming:** código de  $2^n-1$  bits ( $n \geq 2$ ), de los que  $n$  son de paridad y  $2^n-1-n$  contienen información.
  - ✓ cada bit de paridad (posición potencia de 2) establece paridad par entre él mismo y determinados bits de información

	$P_4 P_2 P_1$		$C_4 C_2 C_1$	Error
	0 0 0		0 0 0	Ninguno
1	0 0 1	$I_7 I_6 I_5 I_4 I_3 I_2 I_1$ $(n=3)$	0 0 1	1
2	0 1 0		0 1 0	2
3	0 1 1		0 1 1	3
4	1 0 0		1 0 0	4
5	1 0 1		1 0 1	5
6	1 1 0		1 1 0	6
7	1 1 1		1 1 1	7

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Codificadores y decodificadores

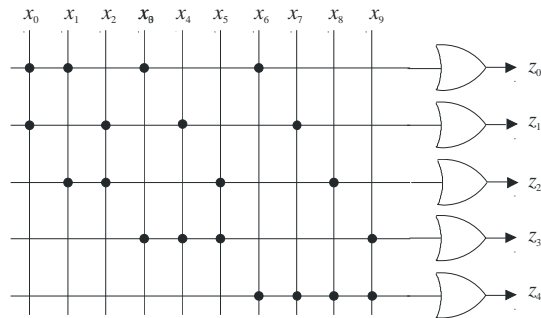
- Un **codificador** es un circuito combinacional con  $n$  (número de caracteres a codificar) entradas y  $m$  (número de bits del código) salidas (codificador de  $n$  a  $m$ ).



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Codificadores y decodificadores

- Un **codificador** es un circuito combinacional con  $n$  (número de caracteres a codificar) entradas y  $m$  (número de bits del código) salidas (codificador de  $n$  a  $m$ ).



Entrada	$z_4 z_3 z_2 z_1 z_0$
Ninguna	0 0 0 0 0
$x_0$	0 0 0 1 1
$x_1$	0 0 1 0 1
$x_2$	0 0 1 1 0
$x_3$	0 1 0 0 1
$x_4$	0 1 0 1 0
$x_5$	0 1 1 0 0
$x_6$	1 0 0 0 1
$x_7$	1 0 0 1 0
$x_8$	1 0 1 0 0
$x_9$	1 1 0 0 0

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Codificadores y decodificadores

- En los codificadores **sin prioridad** se supone que sólo una entrada puede estar activa en cada momento.
- En los codificadores **con prioridad** varias entradas pueden estar activas en cada momento.
- Ejemplo:** codificador 4 a 2 con prioridad (3-2-1-0)

$$z_1 = x_2 + x_3 \quad z_0 = \overline{x_1 \cdot x_2} + x_3$$

$x_3 x_2 x_1 x_0$	$z_1 z_0$
0 0 0 0	0 0
0 0 0 1	0 0
0 0 1 0	0 1
0 0 1 1	0 1
0 1 0 0	1 0
0 1 0 1	1 0
0 1 1 0	1 0
0 1 1 1	1 0
1 0 0 0	1 1
1 0 0 1	1 1
1 0 1 0	1 1
1 0 1 1	1 1
1 1 0 0	1 1
1 1 0 1	1 1
1 1 1 0	1 1
1 1 1 1	1 1

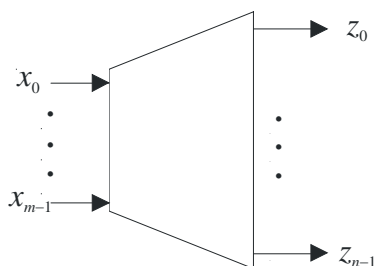
Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Codificadores y decodificadores

- Muchos códigos para detección y corrección de errores incluyen la generación y comprobación de bits de **paridad**:
  - ✓ la función EXOR permite generar y comprobar la paridad par.
  - ✓ la función EXNOR permite generar y comprobar la paridad impar.
- Otros circuitos muy habituales son los conversores de código, que permiten transformar los símbolos de un código a otro.

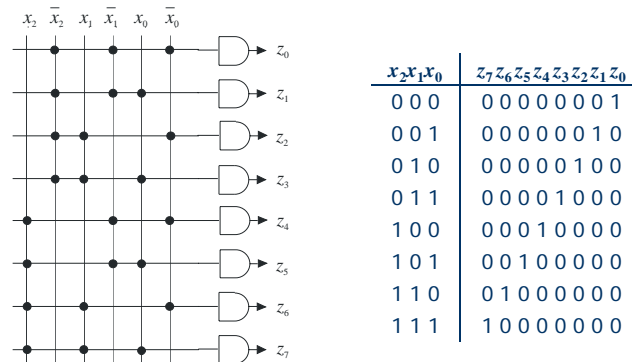
## Codificadores y decodificadores

- Un **decodificador** es un circuito combinacional con  $m$  (número de bits del código) entradas y  $n$  (número de caracteres a codificar) salidas (decodificador de  $m$  a  $n$ ).



## Codificadores y decodificadores

- Un **decodificador** es un circuito combinacional con  $m$  (número de bits del código) entradas y  $n$  (número de caracteres a codificar) salidas (decodificador de  $m$  a  $n$ ).



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Circuitos aritméticos

- El procesamiento de información en los sistemas digitales está basado normalmente en la realización de operaciones aritméticas:
  - ✓ aplicaciones de cálculo
  - ✓ aplicaciones basadas en algoritmos matemáticos (procesamiento digital de señales, procesamiento de imágenes, compresión, etc.)
- Una vez que la información de contenido aritmético está representada en la manera más adecuada (complementos, BCD, etc.) se puede procesar con los bloques combinacionales correspondientes.
- La **suma** es la operación fundamental.

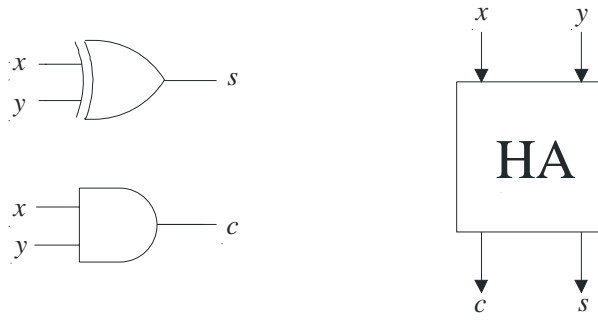
Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales



## Circuitos aritméticos

- La suma de sumandos de 1 bit puede conseguirse con el **semi-sumador** (*half-adder*):

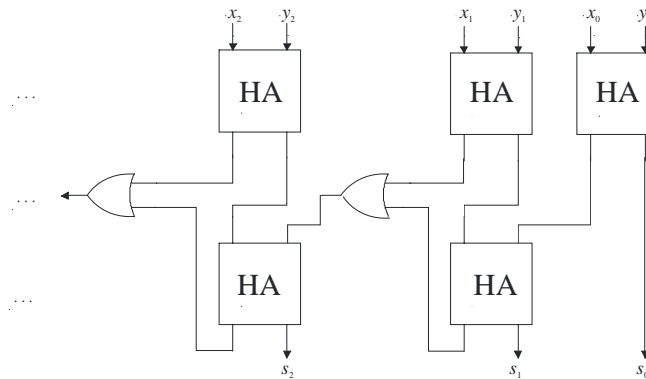
$$s = x \oplus y \quad c = xy$$



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Circuitos aritméticos

- Se puede replicar el algoritmo de lápiz y papel con semi-sumadores:

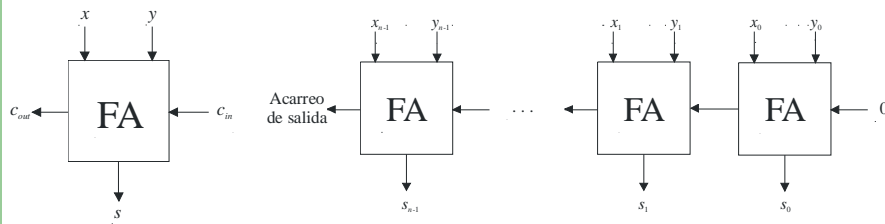


Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Circuitos aritméticos

- Si se incluyen en cada etapa los acarreo de entrada ( $c_{in}$ ) y salida ( $c_{out}$ ) se puede definir el sumador completo (*full-adder*):

$$s = x \oplus y \oplus c_{in} \quad c_{out} = xy + xc_{in} + yc_{in}$$



Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales

## Circuitos aritméticos

- La resta está basada en los mismos principios que la suma, sustituyendo el acarreo por el adeudo:

$$r = x \oplus y \quad d = \bar{x}y$$

- Otras funciones aritméticas incluyen la suma BCD, comparadores, etc.
- Un bloque muy común en sistemas digitales es la ALU (*Arithmetic-Logic Unit*), que en función de unas entradas de control realiza diferentes operaciones aritméticas para las entradas de datos.

Electrónica Digital - Circuitos lógicos combinacionales