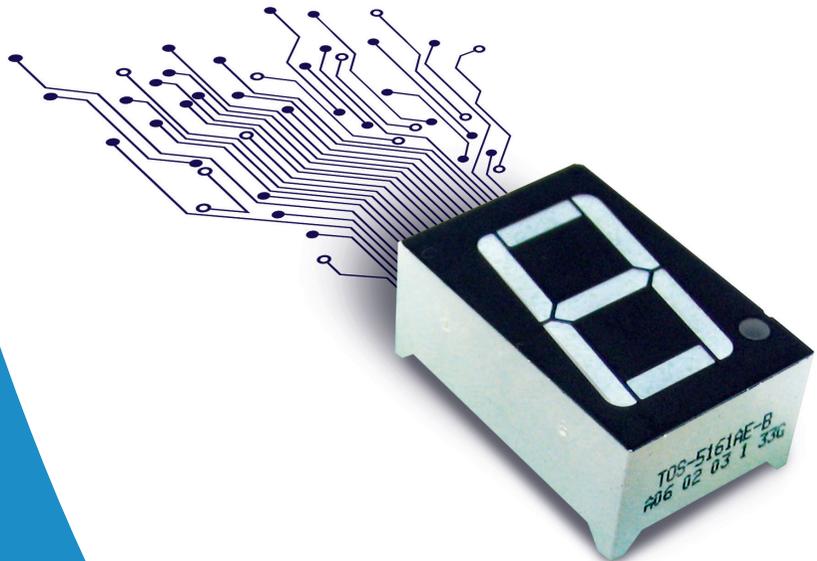


# Problemas de electrónica digital

2ª edición

Luis Gil Sánchez | Javier Ibáñez Civera  
Eduardo García Breijo



---

# Problemas de electrónica digital

---

Luis Gil Sánchez  
Javier Ibáñez Civera  
Eduardo García Breijo



**Editorial**  
Universitat Politècnica  
de València

Colección *Académica*

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: Gil Sánchez, L.; Ibáñez Civera, J.; García Breijo, E. (2019). *Problemas de electrónica digital. 2ª ed.* Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València

© Luis Gil Sánchez  
Javier Ibáñez Civera  
Eduardo García Breijo

© 2019, Editorial Universitat Politècnica de València  
Venta: [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 0153\_13\_02\_01

Imprime: Byprint Percom, sl

ISBN: 978-84-9048-781-5  
Impreso bajo demanda

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es).

Impreso en España

# Prólogo

Los autores del libro deseamos ofrecer a los estudiantes de electrónica digital una amplia colección de problemas resueltos y de preguntas de tipo test sobre la materia. Este material surge como resultado de la amplia experiencia docente a lo largo de varios años en la asignatura de Electrónica Digital en el Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la Universitat Politècnica de València (UPV), pero el libro se ha enfocado y redactado para que sea útil para estudiantes de otras titulaciones y universidades donde se impartan conocimientos de electrónica digital. Como esta publicación incluye únicamente problemas, al inicio de cada tema se ha incorporado una amplia y detallada bibliografía donde el alumno podrá aprender o ampliar los conocimientos teóricos necesarios para que pueda entender y resolver los ejercicios y problemas desarrollados en esta publicación.

La publicación se divide en diversos temas, desde los conceptos generales de electrónica digital utilizando circuitos integrados estándar hasta los dispositivos programables por hardware (PLD) e introducción a los microcontroladores. Dentro de los conceptos de electrónica digital se da un especial énfasis en resolución de problemas de conexión de elementos de entrada y salida a dispositivos digitales, al desarrollo de sistemas secuenciales síncronos y la programación en lenguaje VHDL.

Para cada tema se ofrecen una serie de preguntas de tipo test con cuatro respuestas alternativas donde se indican las soluciones después de la última pregunta y por otra parte se presentan problemas resueltos. Además, al final del libro se ha

incorporado un capítulo con problemas de sistemas digitales completos que incluyen problemas de mayor complejidad y envergadura, donde se abarca los contenidos de distintos temas anteriores. De esta forma se pretende que el alumno vea una aplicación más real y completa de los contenidos que se van desgranando en cada uno de los temas.

Esperamos que con esta publicación el alumno pueda lograr los conocimientos necesarios para superar esta asignatura y que además le sea útil en el resto de los estudios de la electrónica.

# Índice

Tema 1. Funciones lógicas .....	1
Tema 2. Circuitos combinaciones .....	11
Tema 3. Circuitos integrados digitales .....	21
Tema 4. Astable y monoestable.....	55
Tema 5 Biestables .....	61
Tema 6. Contadores.....	71
Tema 7. Registros de desplazamiento .....	81
Tema 8. Máquinas de estado.....	89
Tema 9. Memorias .....	117
Tema 10. Dispositivos lógicos programables .....	123
Lenguaje VHDL.....	127
Tema 11. Microcontroladores .....	147
Tema 12. Sistemas digitales completos .....	151
Bibliografía .....	191



# Capítulo 1

## Funciones lógicas

En este tema se realiza una introducción a las bases de la electrónica digital, es decir los sistemas de numeración binario decimal y hexadecimal, las funciones y puertas lógicas, simplificación de funciones Para conocer y profundizar en los conceptos de este tema existe una amplia bibliografía ya que esta parte es la más básica de la electrónica digital.

A continuación, se enumeran algunos libros de electrónica digital escritos en castellano, indicando los temas en donde se desarrollan los aspectos referentes a funciones lógicas.

- Floyd, Thomas L. (2016) *Fundamentos de Sistemas Digitales*. 11<sup>º</sup> ed. Pearson Educación. Temas: 2, 3 y 4.
- Tocci, Ronald J. y otros. (2016). *Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones*. 10<sup>ª</sup> ed. Pearson Educación. Temas: 2 y 3.
- Mandado, Enrique; Martín, José Luis. *Sistemas Electrónicos Digitales*". 10<sup>º</sup> ed. Marcombo. Temas: 1, 2 y 4.
- Mano, M. Morris (2016). *Diseño Digital*. 3<sup>ª</sup> ed. Pearson. Temas: 1, 2 y 3.
- Hermosa, Antonio (2010). *Electrónica Digital Fundamental y Programable*. 4<sup>ª</sup> ed. Marcombo. Temas: 1, 2, 3 y 4.
- Toledo, José Fco.; Esteve, Raúl (2005). *Fundamentos de Electrónica Digital*. Editorial Universitat Politècnica de València. Temas: 1 y 2.
- Gil Sánchez, Luis (1999). *Introducción a la Electrónica Digital*. Editorial Universitat Politècnica de València. Temas: 1, 2 y 3.

**PREGUNTAS TIPO TEST DE FUNCIONES LÓGICAS**

- El número **decimal 16** corresponde al número **hexadecimal**:  
 a) 10                      b) F                      c) 16                      d) FF
- El número hexadecimal B2 corresponde al número binario:  
 a) 101110                      b) 10100010                      c) 100010                      d) 101110
- El número escrito en **BCD (Binary Code Decimal) 00101000** corresponde al **decimal**:  
 a) 40                      b) 28                      c) 101000                      d) 10
- ¿Cuál es el valor del **complemento a dos** del número binario: 1101?  
 a) 1101                      b) 0010                      c) 0011                      d) 0010
- ¿Cuál es la expresión más simplificada de la función escrita en el siguiente cuadro de Karnaugh?

DC BA	00	01	11	10
00	0	0	x	x
01	1	x	1	1
11	1	x	1	1
10	0	0	x	x

- $A$
- $A + D$
- $D \cdot A + \bar{C} \cdot A$
- $D \cdot A + \bar{D} \cdot \bar{C} \cdot A$

- ¿Qué función lógica corresponde a la siguiente tabla de verdad?

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

- NAND
- NOR
- OR exclusiva
- NOR exclusiva

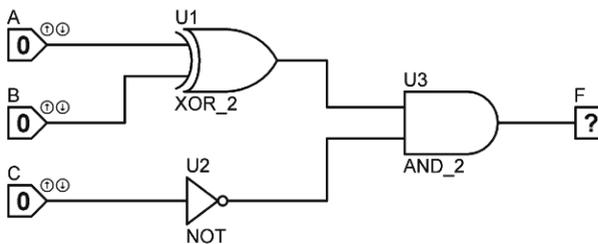
7. La función  $F = D \cdot A + \bar{D} \cdot A$  se puede simplificar de la forma:

- a)  $D \cdot A$
- b)  $F = D + \bar{D}$
- c)  $A$
- d) No tiene simplificación

8. La función lógica:  $F = \overline{\bar{A} \cdot \bar{B}}$  es equivalente a:

- a)  $F = A \cdot B$
- b)  $F = \bar{A} + \bar{B}$
- c)  $F = A + B$
- d)  $F = \bar{A} \cdot \bar{B}$

9. ¿Cuál es la función lógica en F del circuito de puertas de la figura?



- a)  $F = (A \oplus B) \cdot \bar{C}$
- b)  $F = (A \cdot B) + \bar{C}$
- c)  $F = (A + B) \cdot \bar{C}$
- d)  $F = (A \oplus B) \oplus \bar{C}$

10. La función lógica  $F = A + B + \bar{A}$  puede quedar simplificada:

- a) B
- b) 1
- c) A+B
- d) A

11. ¿Cuál es la expresión más simplificada del siguiente cuadro de Karnaugh?

DC \ BA	00	01	11	10
00	x	0	x	x
01	x	0	1	x
11	1	0	1	x
10	1	0	x	x

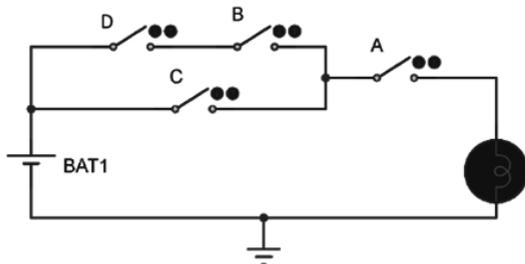
- a)  $\bar{D} \cdot \bar{C} \cdot B + D \cdot C \cdot A$
- b)  $D + \bar{C}$
- c)  $\bar{D} \cdot \bar{C} + D \cdot C$
- d)  $\bar{D} \cdot \bar{C} + D$

12. ¿Cuál es la expresión más simplificada del siguiente cuadro de Karnaugh?

	CB	00	01	11	10
A					
0		x	1	x	1
1		1	x	1	x

- a)  $C \oplus B \oplus A$
- b)  $A$
- c)  $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A + \bar{C} \cdot B \cdot \bar{A} + C \cdot B \cdot A + C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$
- d)  $1$

13. ¿Qué función lógica cumple el encendido de la lámpara L1 en el siguiente circuito de contactos eléctricos?



- a)  $L1 = D \cdot B + C \cdot A$
- b)  $L1 = (D+B) \cdot (C+A)$
- c)  $L1 = ((D \cdot B) + C) \cdot A$
- d)  $L1 = A \cdot (D+B) \cdot C$

**Soluciones**

1. a) El número decimal 16 en binario es 10000. Para pasar de binario a hexadecimal se agrupan cada cuatro bits empezando por el LSB.
2. b)  $B=1010$  y  $2=0010$ . Siempre en grupos de 4 bits binarios.
3. b) Se toman grupos de 4 bits:  $0010=2$  y  $1000=8$
4. c) Se intercambian unos por ceros y se suma uno:  $1101 \leftrightarrow 0010 + 1 = 0011$
5. a) Las dos celdas centrales con x se toman como 1 y el resto de celdas con x se toman como 0. De esta forma se obtiene un grupo de 8 celdas con 1.
6. d)  $F = \overline{A \oplus B} = \overline{A \cdot \bar{B}} + A \cdot B$
7.  $F = D \cdot A + \bar{D} \cdot A = A \cdot (D + \bar{D}) = A \cdot 1 = A$
8. a) Aplicación de la ley de Morgan e involución.  $F = \bar{\bar{A}} + \bar{\bar{B}} = A + B$
9. a) Combinación de puertas XOR, NOT y AND
10. b)  $A + \bar{A} = 1$ , y  $1 + B = 1$

11. b) En una función incompleta los valores indeterminados ( $X$ ) se pueden sustituir de forma independiente por 1 o por 0. En este caso vale la pena sustituirlos todos por 1 para así obtener la expresión final más sencilla y se obtiene dos grupos de 8 celdas.
12. d) Todas las  $X$  se substituyen por 1
13. c) Contactos en serie corresponde a producto lógico. Contactos en paralelo corresponde con suma lógica.

## PROBLEMAS DE FUNCIONES LÓGICAS

### Problema 1.1

De la siguiente tabla de verdad obtener:

- a) La función **canónica** de  $F$  respecto a las entradas  $A$ ,  $B$  y  $C$ .
- b) La función **simplificada** (si se puede) de  $F$  respecto a las entradas  $A$ ,  $B$  y  $C$  de forma algebraica.
- c) Ídem utilizando cuadros de Karnaugh.

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

*Solución*

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

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

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

En el penúltimo paso se ha aplicado la propiedad distributiva dual del algebra de Boole:  
 $A \cdot B + C = (A + C) \cdot (B + C)$

c)

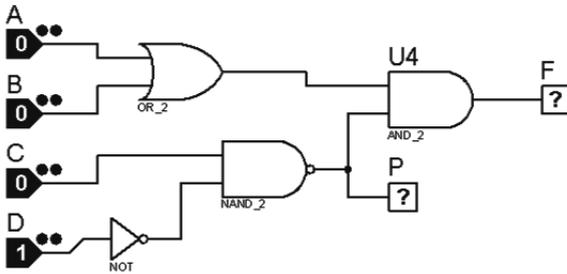
	<i>AB</i>	<i>00</i>	<i>01</i>	<i>11</i>	<i>10</i>	
<i>C</i>						<i>A·B</i>
<i>0</i>		<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	
<i>1</i>		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>C</i>

$$F = C + A \cdot B$$

**Problema 1.2**

En el siguiente circuito, ¿Cuál es la función lógica de F?

En el mismo circuito ¿Cuál es el estado lógico de P cuando las entradas (A, B, C y D) toman los valores que indica la figura?



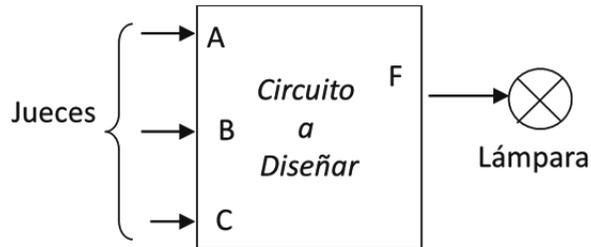
*Solución*

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

b)  $P = \overline{(0 \cdot 1)} = 1$

**Problema 1.3**

Diseñar el circuito lógico de un sistema de votación de un jurado de 3 miembros (A, B y C). Cada miembro vota 0 ó 1. La salida del circuito es una lámpara (F), esta lámpara estará encendida (1) cuando la mayoría de los miembros del jurado vote 1 y estará apagada (0) cuando la mayoría vote 0.



Realizar:

- a) Tabla de verdad y función lógica canónica.
- b) Simplificar mediante cuadros de Karnaugh. Escribir la función lógica.
- c) Dibujar el circuito lógico simplificado.

*Solución*

a)

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

*Fijándose en las combinaciones en las que F vale 1*

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

b)

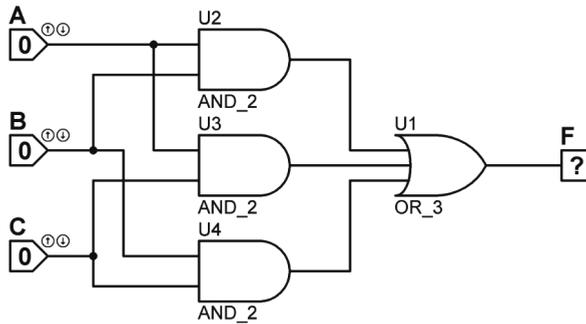
	AB	00	01	11	10
C					
0		0	0	1	0
1		0	1	1	1

$A \cdot B$  (grouping 11 in row 0)  
 $B \cdot C$  (grouping 01, 11 in row 1)  
 $A \cdot C$  (grouping 11, 10 in row 1)

Función simplificada (suma de los grupos de la tabla)

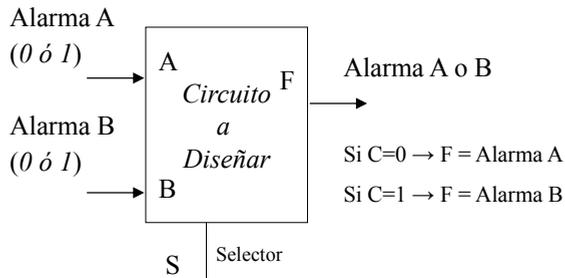
$$F = A \cdot B + A \cdot C + B \cdot C$$

c)



### Problema 1.4

Diseñar un circuito lógico para la selección de 2 alarmas (A y B) en una salida F mediante una entrada de selección (S). Si C=0 entonces F vale lo mismo que A y si C=1 entonces F vale lo mismo que B.



Realizar:

- Tabla de verdad y función lógica canónica.
- Simplificar mediante cuadros de Karnaugh. Escribir la función lógica.

- c) Obtener función lógica utilizando solo la función NAND de dos entradas.
- d) Dibujar el circuito lógico simplificado con C.I. 7400 (puertas NAND de dos entradas).

*Solución*

a)

S	A	B	F
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

*Fijándose en las combinaciones en las que F vale 1*

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

b)

S \ AB	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	1	1	1

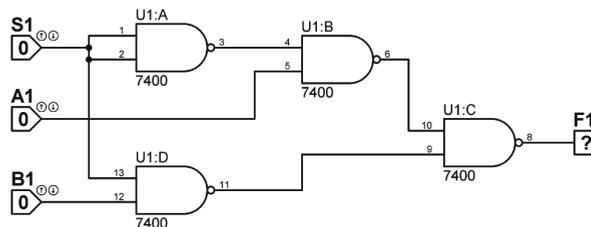
$\nearrow \bar{S} \cdot A$   
 $\nearrow S \cdot B$

*Realizando la suma lógica de la expresión de cada grupo:*

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

c) *Negando dos veces y aplicando la ley de Morgan*

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



Con 4 puertas NAND de dos entradas solo se necesita un C.I. 7400.



# Capítulo 2

# Circuitos combinacionales

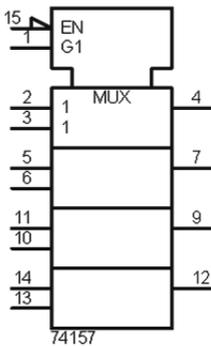
Este tema se muestran diversas aplicaciones de los circuitos combinacionales (multiplexor, codificador, decodificador y circuitos aritmético-lógicos). Para ello se utilizan dispositivos de integración media (LSI) de la serie 74.

A continuación, se enumeran algunos libros de electrónica digital escritos en castellano, indicando los temas en donde se desarrollan los aspectos referentes a electrónica combinacional:

- Floyd, Thomas L. (2016) *Fundamentos de Sistemas Digitales*. 11<sup>º</sup> ed. Pearson Educación. Temas: 5 y 6.
- Tocci, Ronald J. y otros. (2016). *Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones*. 10<sup>ª</sup> ed. Pearson Educación. Temas: 4, 6 y 9.
- Mandado, Enrique; Martín, José Luis. *Sistemas Electrónicos Digitales*". 10<sup>º</sup> ed. Marcombo. Tema: 3.
- Mano, M. Morris (2016). *Diseño Digital*. 3<sup>ª</sup> ed. Pearson. Tema: 4.
- Hermosa, Antonio (2010). *Electrónica Digital Fundamental y Programable*. 4<sup>ª</sup> ed. Marcombo. Temas: 5 y 6.
- Toledo, José Fco.; Esteve, Raúl (2005). *Fundamentos de Electrónica Digital*. Editorial Universitat Politècnica de València. Tema: 6.
- Gil Sánchez, Luis (1999). *Introducción a la Electrónica Digital*. Editorial Universitat Politècnica de València. Temas: 5 y 6.

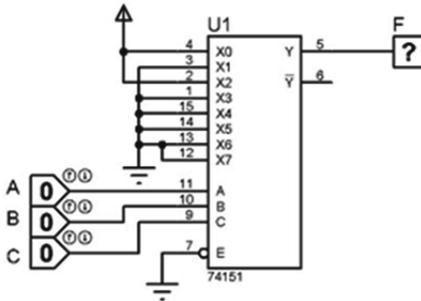
### PREGUNTAS TIPO TEST DE CIRCUITOS COMBINACIONALES

1. ¿Cuál de los siguientes circuitos digitales es de tipo **secuencial**?
  - a) Multiplexor
  - b) Codificador
  - c) Comparador
  - d) Ninguno de los anteriores
2. ¿Cuál de los siguientes circuitos digitales es de tipo **combinacional**?
  - a) Biestable
  - b) Multiplexor
  - c) Contador
  - d) Latch
3. ¿Cuántas entradas de control debe tener un multiplexor de **16 entradas de datos**?
  - a) 3
  - b) 4
  - c) 8
  - d) 16
4. ¿Qué tarea realiza el siguiente circuito multiplexor (74157)?



- a) Selección entre dos palabras de 4 bits cada una por medio de una entrada de control.
- b) Selección entre cuatro palabras de 2 bits cada una por medio de dos entradas de control.
- c) Selección entre ocho entradas de 1 bit por medio de tres entradas de control.
- d) Ninguna de los anteriores.

5. En el multiplexor 74151 de la figura la entrada de control de mayor peso es C y la de menor peso es A ¿Cuál es la función lógica que se obtiene en F?



- a)  $\bar{C}\bar{B}\bar{A} + CBA$
- b)  $\bar{C}\bar{B}\bar{A}$
- c)  $\bar{C}\bar{B}\bar{A} + \bar{C}B\bar{A}$
- d)  $CBA$
6. En el circuito integrado 74151 del esquema de la pregunta anterior, ¿qué patillas sobran o faltan con respecto al circuito integrado real?
- a) Sobra la patilla 6 ( $\bar{Y}$ ) porque un multiplexor no puede tener dos salidas.
- b) Sobra la patilla 7 (E) porque no participa en la obtención de la función F.
- c) Faltan las patillas de tensión alimentación y masa y todo C.I. lo necesita.
- d) Es correcto, no sobra ni falta ninguna patilla, los C.I. digitales no necesitan tensión alimentación.
7. ¿Qué aplicación podemos obtener con un **multiplexor analógico**?
- a) Mostrar el valor de salida digital en un visualizador de 7 segmentos.
- b) Conversión analógico-digital de una señal.
- c) Trabajar con múltiples sensores para un único sistema de medida.
- d) Realizar operaciones aritméticas analógicas.

**Para seguir leyendo haga click aquí**