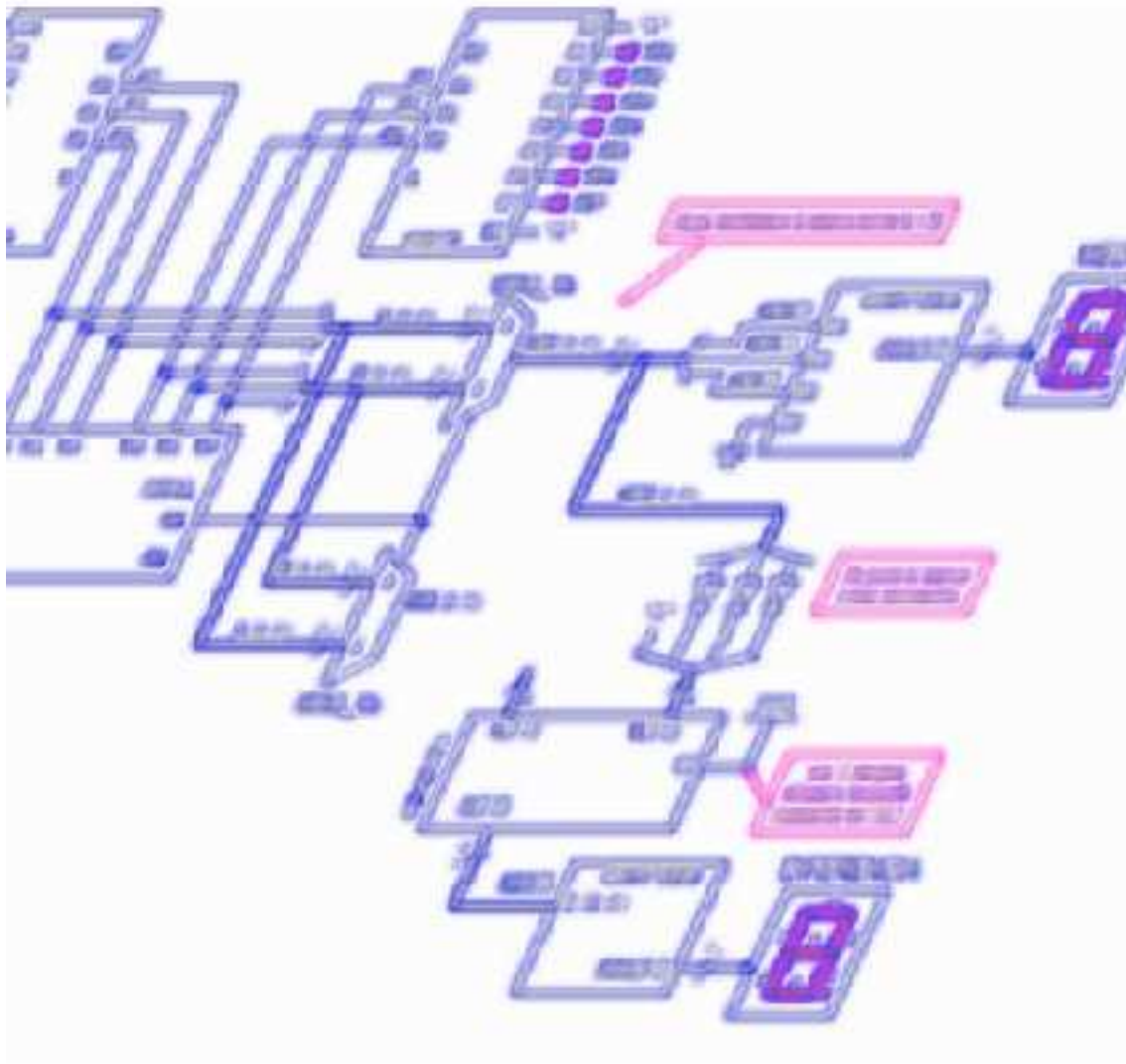


# Problemas resueltos de Electrónica Digital



Cartagena99

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

## Problemas resueltos de electrónica digital

Felipe Machado

Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Rey Juan Carlos

Versión 1.00 creada el 31 de octubre de 2011



Esta versión digital de *Problemas resueltos de electrónica digital* ha sido creada y licenciada por Felipe Machado Sánchez con una licencia de Creative Commons. Esta licencia permite los usos no comerciales de esta obra en tanto en cuanto se atribuya autoría original. Esta licencia no permite alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra

Con esta licencia eres libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente esta obra bajo las condiciones siguientes:

**Reconocimiento:** debes reconocer y citar a los autores de esta obra

**No comercial:** no puedes utilizar esta obra para fines comerciales

**Sin obras derivadas:** no puedes alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra

Para más información sobre la licencia, visita el siguiente enlace:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

Esta obra está disponible en el archivo abierto de la Universidad Rey Juan Carlos:

<http://eciencia.urjc.es/dspace/handle/10115/5727>

<http://hdl.handle.net/10115/5727>

Para más información sobre los autores:

<http://gtebim.es/>

<http://gtebim.es/~fmachado>

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

## Índice

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Índice .....                                     | 3  |
| 1. Prefacio .....                                | 5  |
| 2. Sistemas de numeración .....                  | 6  |
| 2.1. Enunciados .....                            | 6  |
| 2.2. Soluciones .....                            | 8  |
| 3. Sistemas de codificación .....                | 13 |
| 3.1. Enunciados .....                            | 13 |
| 3.2. Soluciones .....                            | 14 |
| 4. Aritmética binaria .....                      | 16 |
| 4.1. Enunciados .....                            | 16 |
| 4.2. Soluciones .....                            | 17 |
| 5. Aritmética en BCD .....                       | 27 |
| 5.1. Enunciados .....                            | 27 |
| 5.2. Soluciones .....                            | 27 |
| 6. Aritmética en BCD XS-3 .....                  | 30 |
| 6.1. Enunciados .....                            | 30 |
| 6.2. Soluciones .....                            | 30 |
| 7. Álgebra de Boole y funciones lógicas .....    | 33 |
| 7.1. Enunciados .....                            | 33 |
| 7.2. Soluciones .....                            | 35 |
| 8. Bloques combinacionales .....                 | 51 |
| 8.1. Enunciados .....                            | 51 |
| 8.2. Soluciones .....                            | 52 |
| 9. Elementos de memoria .....                    | 56 |
| 9.1. Enunciados .....                            | 56 |
| 9.2. Enunciados .....                            | 56 |
| 10. Análisis de circuitos 1 .....                | 58 |
| 10.1. Enunciados .....                           | 58 |
| 10.2. Soluciones .....                           | 59 |
| 11. Toldo automático .....                       | 62 |
| 11.1. Enunciado .....                            | 62 |
| 11.2. Solución .....                             | 63 |
| 12. Riego automático .....                       | 65 |
| 12.1. Enunciado .....                            | 65 |
| 12.2. Solución .....                             | 66 |
| 13. Detector de números primos en BCD-XS-3 ..... | 67 |
| 13.1. Enunciado .....                            | 67 |
| 13.2. Solución .....                             | 67 |
| 14. Alarma de incendios .....                    | 69 |
| 14.1. Enunciado .....                            | 69 |
| 14.2. Solución .....                             | 69 |
| 15. Comparador .....                             | 71 |

**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

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 18. Café electrónico.....               | 81  |
| 18.1. Enunciado .....                   | 81  |
| 18.2. Solución .....                    | 81  |
| 19. Tuberías .....                      | 83  |
| 19.1. Enunciado .....                   | 83  |
| 19.2. Solución .....                    | 83  |
| 20. Báscula .....                       | 86  |
| 20.1. Enunciado .....                   | 86  |
| 20.2. Solución .....                    | 87  |
| 21. Nivel de depósitos de agua .....    | 88  |
| 21.1. Enunciado .....                   | 88  |
| 21.2. Solución .....                    | 88  |
| 22. Depósitos de agua comunicados ..... | 91  |
| 22.1. Enunciado .....                   | 91  |
| 22.2. Solución .....                    | 91  |
| 23. ALU .....                           | 94  |
| 23.1. Enunciado .....                   | 94  |
| 23.2. Solución .....                    | 94  |
| 24. Contador 1 .....                    | 97  |
| 24.1. Enunciado .....                   | 97  |
| 24.2. Solución .....                    | 97  |
| 25. Contador 2 .....                    | 99  |
| 25.1. Enunciado .....                   | 99  |
| 25.2. Solución .....                    | 99  |
| 26. Contador 3 .....                    | 103 |
| 26.1. Enunciado .....                   | 103 |
| 26.2. Solución .....                    | 103 |
| 27. Contador 4 .....                    | 109 |
| 27.1. Enunciado .....                   | 109 |
| 27.2. Solución .....                    | 109 |
| 28. Piano electrónico .....             | 111 |
| 28.1. Enunciado .....                   | 111 |
| 28.2. Solución .....                    | 111 |
| 29. Análisis de circuitos 2 .....       | 116 |
| 29.1. Enunciado .....                   | 116 |
| 29.2. Solución .....                    | 116 |
| 30. Análisis de circuitos 3 .....       | 119 |
| 30.1. Enunciado .....                   | 119 |
| 30.2. Solución .....                    | 119 |
| 31. Análisis de circuitos 4 .....       | 121 |
| 31.1. Enunciado .....                   | 121 |
| 31.2. Solución .....                    | 121 |
| 32. Análisis de circuitos 5 .....       | 123 |
| 32.1. Enunciado .....                   | 123 |
| 32.2. Solución .....                    | 123 |

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is slightly larger and more prominent. The text is set against a background of light blue and yellow geometric shapes, including a large 'C' and a star-like pattern.

**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**

## 1. Prefacio

En este manual se han recopilado algunos de los problemas propuestos en clase y en exámenes de la asignatura Electrónica Digital I de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC). Los problemas tratan los sistemas de numeración y su aritmética, el álgebra de Boole, el diseño de circuitos con puertas lógicas y bloques combinacionales, el diseño de contadores y el análisis de circuitos sencillos.

Como los problemas de los sistemas de numeración y álgebra de Boole son más cortos, muchos de estos ejercicios se han agrupado en un mismo capítulo, mientras que los ejercicios más largos, que suelen combinar más de un tema, se han puesto de manera individual en un sólo capítulo.

Si quieres profundizar y aprender a implementar lo aprendido en un dispositivo programable (FPGA) puedes usar el libro *Diseño digital con Esquemáticos y FPGA*, de los autores Felipe Machado, Susana Borromeo y Norberto Malpica.

Para aprender a diseñar circuitos más complejos que incluyen máquinas de estados se puede utilizar el libro *Diseño de circuitos digitales con VHDL*. Este libro principalmente enseña a diseñar con VHDL, que es un lenguaje de descripción de hardware. Sin embargo, en sus capítulos finales incluye problemas de diseño que se propusieron en los exámenes de Electrónica Digital II. Este libro está disponible de manera gratuita en el archivo abierto de la URJC (<http://hdl.handle.net/10115/4045>)

Hay un último libro (*Diseño de sistemas digitales con VHDL*) en donde se enseña a realizar diseños electrónicos digitales más avanzados utilizando también el VHDL y las FPGAs. De igual modo, este libro está disponible en el archivo abierto de la URJC: <http://hdl.handle.net/10115/5700>

Antes de empezar con el libro me gustaría agradecer a los profesores del departamento Norberto Malpica y Susana Borromeo por su colaboración en la propuesta de problemas durante los años que compartimos la asignatura y los años que me precedieron. Asimismo me gustaría agradecerles su estupenda manera de colaborar cuando hemos compartido asignaturas y proyectos.

También me gustaría agradecer a todos los integrantes del Área de Tecnología Electrónica del Departamento de Tecnología Electrónica por su interés por la docencia de calidad y por su apoyo en las tareas docentes, habiéndome permitido *perder el tiempo* en tareas docentes que no están tan reconocidas. De manera especial se lo agradezco al Director del Departamento, Juan Antonio Hernández Tamames, que nos ha dado suficiente libertad en la orientación de nuestra docencia e investigación.

Y cómo no, me gustaría agradecer a los alumnos por su interés generalizado en aprender, su buen humor y sus comentarios sobre la asignatura.

Con el fin de que este manual pueda llegar al mayor número de estudiantes y con el objetivo de generar material educativo abierto, se ha publicado este manual bajo licencia *Creative Commons* que permite copiarlo y distribuirlo. Esperamos que disfrutes de su lectura y que te ayude a aprender la base de la electrónica digital. Para ir mejorando el manual, agradeceremos la comunicación de comentarios, sugerencias y correcciones a la dirección de correo electrónico del autor.

[felipe.machado@urjc.es](mailto:felipe.machado@urjc.es)

**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

## 2. Sistemas de numeración

### 2.1. Enunciados

#### 2.1.1. Convertir los siguientes números binarios puros a sus equivalentes en base 10

|           |                   |
|-----------|-------------------|
| a) 100110 | f) 01100110       |
| b) 110011 | g) 10110011       |
| c) 010111 | h) 0101, 11       |
| d) 101110 | i) 1001, 10       |
| e) 110111 | j) 101010110, 001 |

#### 2.1.2. Convertir los siguientes números decimales a sus equivalentes en binario

|        |             |
|--------|-------------|
| a) 9   | f) 258, 75  |
| b) 64  | g) 0, 75    |
| c) 31  | h) 1, 625   |
| d) 37  | i) 19, 3125 |
| e) 131 |             |

#### 2.1.3. Convertir los siguientes números enteros hexadecimales a decimal

|       |         |
|-------|---------|
| a) 13 | c) 3F0  |
| b) 65 | d) D0CE |

#### 2.1.4. Convertir los siguientes números reales hexadecimales a decimal

|          |          |
|----------|----------|
| a) 0, 2  | c) F1, A |
| b) 12, 9 | d) C8, D |

#### 2.1.5. Convertir el número hexadecimal 13,4<sub>16</sub> a decimal y a binario:

a) 13, 4<sub>16</sub>

#### 2.1.6. Convertir los siguientes números a binario, octal y decimal

a) 3, A2<sub>16</sub>

b) 1B1, 9<sub>16</sub>

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

**2.1.8. Convertir el siguiente número a binario, octal y decimal (éste con 5 cifras fraccionarias):**6416213A, 17B<sub>16</sub>**2.1.9. Convertir a base octal**

a) 1101110

c) 1011001100, 11

b) 1001, 011

d) 101111000, 1101

**2.1.10. Convertir el siguiente número a hexadecimal**204231, 134<sub>5</sub>**2.1.11. Convertir los siguientes números binarios a base hexadecimal y octal**

a) 1100 1110 1010 0100

b) 1111 0010 0011 1101

c) 1000 1001 0111 1000

**2.1.12. Convertir los siguientes números binarios a sus equivalentes decimales**

a. 001100

g. 100001

b. 000011

h. 111000

c. 011100

i. 11110001111

d. 111100

j. 11100,011

e. 101010

k. 110011,10011

f. 111111

l. 1010101010,1

**2.1.13. Convertir los siguientes números decimales a sus equivalentes binarios**

a. 64

f. 500

b. 100

g. 34,75

c. 111

h. 25,25

d. 145

i. 27,1875

e. 255

j. 23,1

**2.1.14. Convertir los siguientes números enteros hexadecimales en sus equivalentes decimales**

a. C

b. 9F

c. D52

d. 67E

e. ABCD

**2.1.15. Convertir los siguientes números hexadecimales a sus equivalentes decimales**

a) F,4

b) D3,E

**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**

**2.1.17. Convertir los números  $(245,625)_{10}$  y  $(1797,223)_{10}$  a binario, octal y hexadecimal**245,625<sub>10</sub> :1797,223<sub>10</sub> :**2.1.18. Convertir el número  $(49403180,AF7)_{16}$  a binario, octal y decimal**49403180,AF7<sub>16</sub> :**2.1.19. Dado el número  $X=(543,21)_6$ , expresarlo en hexadecimal con cuatro dígitos fraccionarios y los dígitos enteros que sea necesario****2.1.20. Convertir los siguientes números de base 10 a base 2**

a. 0,0625 :

b. 43,32 :

c. .51 :

**2.1.21. Escribir el equivalente de base octal de los siguientes números en base 2**

a. 10111100101 :

b. 1101,101 :

c. 1,0111 :

**2.1.22. Calcular para las secuencias de 16 bits dadas su representación octal y hexadecimal**

A = 0000 0110 0000 0111 :

B = 0000 0000 1101 0110 :

C = 1100 0001 1111 0011 :

D = 1001 0000 0000 1010 :

**2.2. Soluciones****2.2.1. Convertir los siguientes números binarios puros a sus equivalentes en base 10**a) 100110:  $2^5+2^2+2 = 38_{10}$ b) 110011:  $2^5+2^4+2+1 = 51_{10}$ c) 010111:  $2^4+2^2+2+1 = 23_{10}$ d) 101110:  $2^5+2^3+2^2+2 = 46_{10}$ e) 110111:  $2^5+2^4+2^2+2+1 = 55_{10}$ f) 01100110:  $2^6+2^5+2^2+2 = 102_{10}$ g) 10110011:  $2^7+2^5+2^4+2+1 = 179_{10}$ h) 0101,11:  $2^2+1+2^{-1}+2^{-2} = 5,75_{10}$ i) 1001,10:  $2^3+1+2^{-1} = 9,5_{10}$ j) 101010110,001:  $2^8+2^6+2^4+2^2+2+2^{-3} = 268,125_{10}$ 

**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**



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>b) 64</p> $\begin{array}{r} 64 \div 2 = 32 \text{ residuo } 0 \\ 32 \div 2 = 16 \text{ residuo } 0 \\ 16 \div 2 = 8 \text{ residuo } 0 \\ 8 \div 2 = 4 \text{ residuo } 0 \\ 4 \div 2 = 2 \text{ residuo } 0 \\ 2 \div 2 = 1 \text{ residuo } 0 \\ 1 \div 2 = 0 \text{ residuo } 1 \end{array}$ <p>1000000<sub>2</sub></p>                                         | <p>Parte entera:</p> $\begin{array}{r} 258 \div 2 = 129 \text{ residuo } 0 \\ 129 \div 2 = 64 \text{ residuo } 1 \\ 64 \div 2 = 32 \text{ residuo } 0 \\ 32 \div 2 = 16 \text{ residuo } 0 \\ 16 \div 2 = 8 \text{ residuo } 0 \\ 8 \div 2 = 4 \text{ residuo } 0 \\ 4 \div 2 = 2 \text{ residuo } 0 \\ 2 \div 2 = 1 \text{ residuo } 0 \\ 1 \div 2 = 0 \text{ residuo } 1 \end{array}$ <p>Parte fraccionaria:</p> $\begin{array}{r} 0,75 \times 2 = 1,50 \text{ residuo } 1 \\ 0,5 \times 2 = 1,0 \text{ residuo } 1 \text{ fin} \end{array}$ <p>100000010,11<sub>2</sub></p> |
| <p>c) 31</p> $\begin{array}{r} 31 \div 2 = 15 \text{ residuo } 1 \\ 15 \div 2 = 7 \text{ residuo } 1 \\ 7 \div 2 = 3 \text{ residuo } 1 \\ 3 \div 2 = 1 \text{ residuo } 1 \\ 1 \div 2 = 0 \text{ residuo } 1 \end{array}$ <p>11111<sub>2</sub></p>                                                                                                                   | <p>g) 0,75</p> $\begin{array}{r} 0,75 \times 2 = 1,50 \text{ residuo } 1 \\ 0,5 \times 2 = 1,0 \text{ residuo } 1 \text{ fin} \end{array}$ <p>0,11<sub>2</sub></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>d) 37</p> $\begin{array}{r} 37 \div 2 = 18 \text{ residuo } 1 \\ 18 \div 2 = 9 \text{ residuo } 0 \\ 9 \div 2 = 4 \text{ residuo } 1 \\ 4 \div 2 = 2 \text{ residuo } 0 \\ 2 \div 2 = 1 \text{ residuo } 0 \\ 1 \div 2 = 0 \text{ residuo } 1 \end{array}$ <p>100101<sub>2</sub></p>                                                                               | <p>h) 1,625</p> $\begin{array}{r} 0,625 \times 2 = 1,250 \text{ residuo } 1 \\ 0,25 \times 2 = 0,50 \text{ residuo } 0 \\ 0,5 \times 2 = 1,0 \text{ residuo } 1 \text{ fin} \end{array}$ <p>0,101<sub>2</sub></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>e) 131</p> $\begin{array}{r} 131 \div 2 = 65 \text{ residuo } 1 \\ 65 \div 2 = 32 \text{ residuo } 1 \\ 32 \div 2 = 16 \text{ residuo } 0 \\ 16 \div 2 = 8 \text{ residuo } 0 \\ 8 \div 2 = 4 \text{ residuo } 0 \\ 4 \div 2 = 2 \text{ residuo } 0 \\ 2 \div 2 = 1 \text{ residuo } 0 \\ 1 \div 2 = 0 \text{ residuo } 1 \end{array}$ <p>10000011<sub>2</sub></p> | <p>i) 19,3125</p> $\begin{array}{r} 19 \div 2 = 9 \text{ residuo } 1 \\ 9 \div 2 = 4 \text{ residuo } 1 \\ 4 \div 2 = 2 \text{ residuo } 0 \\ 2 \div 2 = 1 \text{ residuo } 0 \\ 1 \div 2 = 0 \text{ residuo } 1 \end{array}$ $\begin{array}{r} 0,3125 \times 2 = 0,625 \text{ residuo } 0 \\ 0,625 \times 2 = 1,250 \text{ residuo } 1 \\ 0,25 \times 2 = 0,50 \text{ residuo } 0 \\ 0,5 \times 2 = 1,0 \text{ residuo } 1 \text{ fin} \end{array}$ <p>10011,0101<sub>2</sub></p>                                                                                             |

### 2.2.3. Convertir los siguientes números enteros hexadecimales a decimal

a) 13 :  $1 \cdot 16 + 3 = 19_{10}$

b) 65:  $6 \cdot 16 + 5 = 101_{10}$

c) 3F0:  $3 \cdot 16^2 + 15 \cdot 16^1 = 1008_{10}$

d) D0CE:  $13 \cdot 16^3 + 12 \cdot 16^1 + 14 = 53454_{10}$

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

---

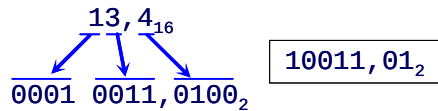
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

### 2.2.5. Convertir el número hexadecimal 13,4<sub>16</sub> a decimal y a binario:

a) Hexadecimal a decimal:

$$1 \cdot 16^1 + 3 \cdot 16^0 + 4 \cdot 16^{-1} = 19,25_{10}$$

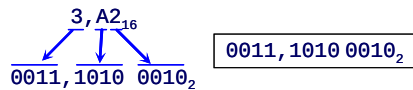
Hexadecimal a binario: se sustituye cada cifra por su valor binario



### 2.2.6. Convertir los siguientes números a binario, octal y decimal

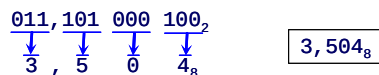
a) 3, A2<sub>16</sub>

Hexadecimal a binario, sustituimos cada cifra por su valor binario



Binario a octal:

desde la coma agrupamos de 3 en 3 y sustituimos por su valor:

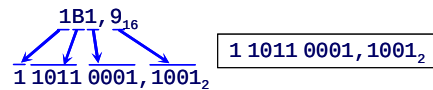


hexadecimal a decimal:

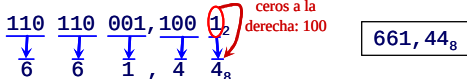
$$3 + 10 \cdot 16^{-1} + 2 \cdot 16^{-2} = 3,6328125_{10}$$

b) 1B1, 9<sub>16</sub>

Hexadecimal a binario:



Binario a octal:

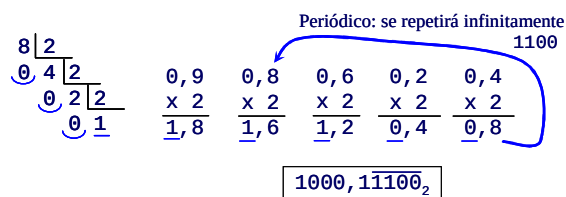


hexadecimal a decimal:

$$1 \cdot 16^2 + 11 \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^0 + 9 \cdot 16^{-1} = 433,5625_{10}$$

### 2.2.7. Convertir los siguientes números a binario (8 dígitos fraccionarios máx), octal y hexadecimal (2 dígitos fraccionarios)

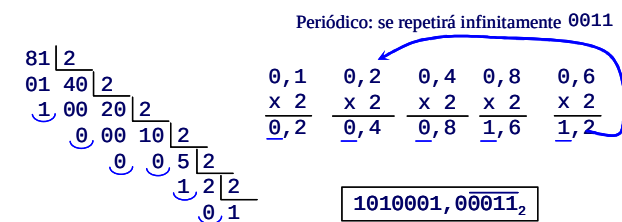
a) 8, 9<sub>10</sub>



$$1000,1110 \ 0110_2 : 8, E6_{16}$$

$$1 \ 000,111 \ 001 \ 100_2 : 10,714_8$$

b) 81, 1<sub>10</sub>



$$101 \ 0001,0001 \ 1001_2 : 51,1 \overline{9}_{16}$$

$$1 \ 010 \ 001 \ 000 \ 110 \ 01_2 : 121,062_8$$

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

$$6 \cdot 16^7 + 4 \cdot 16^6 + 1 \cdot 16^5 + 6 \cdot 16^4 + 2 \cdot 16^3 + 1 \cdot 16^2 + 3 \cdot 16^1 + 10 + 1 \cdot 16^{-1} + 7 \cdot 16^{-2} + 11 \cdot 16^{-3} = 1679171898,09253_{10}$$

### 2.2.9. Convertir a base octal

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| a) 1101110: $156_8$   | c) 1011001100,11: $1314,6_8$  |
| b) 1001,011: $11,3_8$ | d) 101111000,1101: $570,64_8$ |

### 2.2.10. Convertir el siguiente número a hexadecimal

$$204231,134_5 = 2 \cdot 5^5 + 4 \cdot 5^3 + 2 \cdot 5^2 + 3 \cdot 5 + 1 + 1 \cdot 5^{-1} + 3 \cdot 5^{-2} + 4 \cdot 5^{-3} = 6816,352_{10}$$

$$6816,352_{10} = 1AA0,5A1CA_{16}$$

### 2.2.11. Convertir los siguientes números binarios a base hexadecimal y octal

|                                                  |                                                  |                                                  |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| a) 1100 1110 1010 0100<br>$CEA4_{16}$ $147244_8$ | b) 1111 0010 0011 1101<br>$F23D_{16}$ $171075_8$ | c) 1000 1001 0111 1000<br>$8978_{16}$ $104570_8$ |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|

### 2.2.12. Convertir los siguientes números binarios a sus equivalentes decimales

|                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| a. 001100 : $12_{10}$ | g. 100001 : $33_{10}$             |
| b. 000011 : $3_{10}$  | h. 111000 : $56_{10}$             |
| c. 011100 : $28_{10}$ | i. 11110001111 : $1935_{10}$      |
| d. 111100 : $60_{10}$ | j. 11100,011 : $28,375_{10}$      |
| e. 101010 : $42_{10}$ | k. 110011,10011 : $51,59375_{10}$ |
| f. 111111 : $63_{10}$ | l. 1010101010,1 : $682,5_{10}$    |

### 2.2.13. Convertir los siguientes números decimales a sus equivalentes binarios

|                         |                                          |
|-------------------------|------------------------------------------|
| a. 64 : $100\ 0000_2$   | f. 500 : $1\ 1111\ 0100_2$               |
| b. 100 : $110\ 0100_2$  | g. 34,75 : $10\ 0010,11_2$               |
| c. 111 : $110\ 1111_2$  | h. 25,25 : $1\ 1001,01_2$                |
| d. 145 : $1001\ 0001_2$ | i. 27,1875 : $1\ 1011,0011_2$            |
| e. 255 : $1111\ 1111_2$ | j. 23,1 : $1\ 0111,0\ \overline{0011}_2$ |

### 2.2.14. Convertir los siguientes números enteros hexadecimales en sus equivalentes decimales

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

**2.2.15. Convertir los siguientes números hexadecimales a sus equivalentes decimales**

- a) F,4 : 15,25<sub>10</sub>  
 b) D3,E : 211,875<sub>10</sub>  
 c) 111,1 : 273,0625<sub>10</sub>  
 d) 888,8 : 2184,5<sub>10</sub>  
 e) EBA,C : 3770,75<sub>10</sub>

**2.2.16. Convertir los siguientes números a base 10 y base 2**

- a) AF315<sub>16</sub> : 1010 1111 0011 0001 0101<sub>2</sub> : 717589<sub>10</sub>  
 b) 7326<sub>8</sub> : 111 011 010 110<sub>2</sub> : 3798<sub>10</sub>

**2.2.17. Convertir los números (245,625)<sub>10</sub> y (1797,223)<sub>10</sub> a binario, octal y hexadecimal**

245,625<sub>10</sub> : 1111 0101,101<sub>2</sub> : 365,5<sub>8</sub> : F5,A<sub>16</sub>  
 1797,223<sub>10</sub> : 111 0000 0101,0011 1001 0001...<sub>2</sub> : 3405,1621<sub>8</sub> : 705,391<sub>16</sub>

**2.2.18. Convertir el número (49403180,AF7)<sub>16</sub> a binario, octal y decimal**

49403180,AF7<sub>16</sub> :  
 0100 1001 0100 0000 0011 0001 1000 0000,1010 1111 0111<sub>2</sub>  
 11120030600,5367<sub>8</sub> : 1228943744,6853<sub>10</sub>

**2.2.19. Dado el número X=(543,21)<sub>6</sub>, expresarlo en hexadecimal con cuatro dígitos fraccionarios y los dígitos enteros que sea necesario**

207,3611<sub>10</sub> → CF,5C71<sub>16</sub>

**2.2.20. Convertir los siguientes números de base 10 a base 2**

- a. 0,0625 : 0,0001<sub>2</sub>  
 b. 43,32 : 10 1011,0101<sub>2</sub>  
 c. .51 : 0,100000101<sub>2</sub>

**2.2.21. Escribir el equivalente de base octal de los siguientes números en base 2**

- a. 10111100101 : 2745<sub>8</sub>  
 b. 1101,101 : 15,5<sub>8</sub>  
 c. 1,0111 : 1,34<sub>8</sub>

**2.2.22. Calcular para las secuencias de 16 bits dadas su representación octal y hexadecimal**

A = 0000 0110 0000 0111 : 003007<sub>8</sub> : 0607<sub>16</sub>  
 B = 0000 0000 1101 0110 : 000326<sub>8</sub> : 00D6<sub>16</sub>  
 C = 1100 0001 1111 0011 : 140763<sub>8</sub> : C1F3<sub>16</sub>

**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**

### 3. Sistemas de codificación

#### 3.1. Enunciados

3.1.1. Obtener la representación decimal de los siguientes números codificados en BCD

a) 0110 1001 0111 1000

b) 0000 0010 0101 0010 0110

3.1.2. Expresar los números decimales en BCD y en BCD-XS3

a) 88

c) 0

b) 312

d) 1974

3.1.3. Convertir los siguientes números binarios a código Gray

a) 0101

b) 10110

3.1.4. Convertir los siguientes números de código Gray a binario

a) 0101

b) 10110

3.1.5. Obtener la representación decimal de los números (1001 0000 1000 0010) y (1001 0101 0111 0000),(01110001) suponiendo que están codificados en BCD

1001 0000 1000 0010 :

1001 0101 0111 0000,0111 0001 :

3.1.6. Expresar los números decimales 1486, 0, 349 y 37 en código BCD y Exceso-3

1486<sub>10</sub>:

0<sub>10</sub>:

349<sub>10</sub>:

37<sub>10</sub>:

3.1.7. Convertir los siguientes números binarios a código Gray: (1010),(10010),(10011)

1010:

10010:

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

## 3.2. Soluciones

### 3.2.1. Obtener la representación decimal de los siguientes números codificados en BCD

a) 0110 1001 0111 1000

BCD a decimal, sustituimos cada cuarteto por su valor decimal

$\begin{array}{cccc} 0110 & 1001 & 0111 & 1000_{BCD} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 6 & 9 & 7 & 8_{10} \end{array}$ 
6978<sub>10</sub>

b) 0000 0010 0101 0010 0110

$\begin{array}{ccccc} 0000 & 0010 & 0101 & 0010 & 0110_{BCD} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 0 & 2 & 5 & 2 & 6_{10} \end{array}$ 
02526<sub>10</sub>

### 3.2.2. Expresar los números decimales en BCD y en BCD-XS3

a) 88

Decimal a BCD: sustituimos cada cifra por su equivalente binario

$\begin{array}{c} 88 \\ \swarrow \quad \searrow \\ 1000 \quad 1000_{BCD} \end{array}$

BCD a BCD-XS3: se suma 3 a cada cuarteto BCD:

$1000 \ 1000_{BCD} : 1011 \ 1011_{XS3}$

b) 312:

$0011 \ 0001 \ 0010_{BCD}$

$0110 \ 0100 \ 0101_{XS3}$

c) 0

$0000_{BCD}$

$0011_{XS3}$

d) 1974

$0001 \ 1001 \ 0111 \ 0100_{BCD}$

$0100 \ 1100 \ 1010 \ 0111_{XS3}$

### 3.2.3. Convertir los siguientes números binarios a código Gray

a) 0101

Binario a Gray Análisis de izquierda a derecha:

1<sup>er</sup> bit igual en Gray que en binario

$\begin{array}{c} 0101_2 \\ \downarrow \\ 0 \end{array}$

En los siguientes bits vemos si el bit del número binario es igual al anterior (del mismo número binario).

Si son iguales: 0, si no: 1

$\begin{array}{ccc} \text{son distintos} & \text{son distintos} & \text{son distintos} \\ \boxed{0101_2} & \boxed{0101_2} & \boxed{0101_2} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 01 & 01 & 01 \end{array}$ 
0111<sub>G</sub>

b) 10110

$\begin{array}{ccccc} \text{1<sup>er</sup> bit} & \text{distintos} & \text{distintos} & \text{iguales} & \text{distintos} \\ 10110_2 & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 1 & 11 & 11 & 110 & 1101 \end{array}$

11101<sub>G</sub>

**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**

**Gray a Binario**    Análisis de izquierda a derecha:

1<sup>er</sup> bit igual en binario que en Gray

$0101_G$   
 $\downarrow$   
 $0$     2

En los siguientes bits vemos si el último bit binario que hemos puesto es igual al siguiente bit Gray (el de la posición que queremos hallar)  
Si son iguales: 0, si no: 1

distintos

 $0101_G \rightarrow 0101_G$   
 $01$     2

distintos

 $0101_G \rightarrow 0101_G$   
 $011$     3

iguales

 $0101_G \rightarrow 0101_G$   
 $0110$     4

$0110_2$

1<sup>er</sup> bit

distintos

iguales

distintos

distintos

$10110_G \rightarrow 10110_G$ 
 $10110_G \rightarrow 10110_G$ 
 $10110_G \rightarrow 10110_G$ 
 $10110_G \rightarrow 10110_G$ 
 $10110_G \rightarrow 10110_G$

$1$     2
  $11$     2
  $110$     2
  $1101$     2
  $11011$     2

$11011_2$

### 3.2.5. Obtener la representación decimal de los números (1001 0000 1000 0010) y (1001 0101 0111 0000),(01110001) suponiendo que están codificados en BCD

1001 0000 1000 0010 :  $9082_{10}$

1001 0101 0111 0000,0111 0001 :  $9570,71_{10}$

### 3.2.6. Expresar los números decimales 1486, 0, 349 y 37 en código BCD y Exceso-3

1486<sub>10</sub>:  $0001\ 0100\ 1000\ 0110_{BCD}$  :  $0100\ 0111\ 1011\ 1001_{XS3}$

0<sub>10</sub>:  $0000_{BCD}$  :  $0011_{XS3}$

349<sub>10</sub>:  $0011\ 0100\ 1001_{BCD}$  :  $0110\ 0111\ 1100_{XS3}$

37<sub>10</sub>:  $0011\ 0111_{BCD}$  :  $0110\ 1010_{XS3}$

### 3.2.7. Convertir los siguientes números binarios a código Gray: (1010),(10010),(10011)

1010:  $1111_{GRAY}$

10010:  $11011_{GRAY}$

10011:  $11010_{GRAY}$

### 3.2.8. Convertir los siguientes números en código Gray a sus equivalentes binarios (0100),(11111),(011100).

0100<sub>G</sub>:  $0111_2$

11111<sub>G</sub>:  $10101_2$

011100<sub>G</sub>:  $010111_2$

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

## 4. Aritmética binaria

### 4.1. Enunciados

4.1.1. Indicar el rango de un número de 8 bits según las codificaciones siguientes:

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| a) binario puro:   | c) Complemento a 1: |
| b) Signo-Magnitud: | d) Complemento a 2: |

4.1.2. Indicar el resultado de las operaciones y si el resultado de sale de rango (operandos y resultado en Ca2 de 4 bits):

- |                |                |
|----------------|----------------|
| a) $0011+1100$ | f) $0011-1100$ |
| b) $0011+0101$ | g) $0011-0101$ |
| c) $0011+1010$ | h) $0011-1010$ |
| d) $1011+1111$ | i) $1011+0000$ |
| e) $1000+1111$ | j) $1000-0001$ |

4.1.3. Hallar el valor en base 10 de los números  $A=01110011$  y  $B=11000011$ . Calcular también su suma y su diferencia en su misma codificación y en decimal, suponiendo que están codificados en:

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| a) Magnitud y signo | c) Complemento a 2 |
| b) Complemento a 1  | d) Exceso a 128    |

4.1.4. Utilizando aritmética binaria y habiendo convertido los operandos de base 10 a binario, realizar las siguientes operaciones:

- |              |               |
|--------------|---------------|
| a) $364+112$ | c) $-364-112$ |
| b) $364-112$ | d) $121*12$   |

4.1.5. Determinar en cuáles de las siguientes operaciones (con operandos representados en Ca2 de 4 bits), el resultado no es correctamente representable, es decir, se produce desbordamiento

- |                |                |
|----------------|----------------|
| a) $0110+0101$ | d) $0100-1110$ |
| b) $0000-1111$ | e) $1001+1111$ |
| c) $1001-1011$ | f) $0000+1111$ |

4.1.6. Indicar el valor en base 10 de los números  $A=1011$  y  $B=0101$  suponiendo que están

**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



4.1.7. Hallar el valor decimal, la suma y la diferencia de los números binarios  $A=11100111$  y  $B=10111111$ , su suma y diferencia, suponiendo que:

- a) Ambos están representados en Magnitud y signo.
- b) Ambos están representados en Ca2.
- c) Ambos están representados en Ca1.
- d) Ambos están representados en exceso a 128.

4.1.8. Utilizando la aritmética binaria y habiendo convertido previamente a binario los operandos, realizar las siguientes operaciones:

- a.  $(695)_{10} + (272)_{10}$
- b.  $(695)_{10} - (272)_{10}$
- c.  $(272)_{10} * (23)_{10}$

4.1.9. Realizar las siguientes operaciones, suponiendo primero que los sumandos están representados en MS, luego en Ca2 y Ca1

- a.  $100110+000100$
- b.  $101101111-010000111$
- c.  $000010000+11100001$
- d.  $10110.1111-11100.111$
- e.  $0000.10000+11.100001$

4.1.10. Utilizando la aritmética binaria y suponiendo que los operandos están representados en complemento a 2, realizar las operaciones

- a.  $101101111 - 10000111$
- b.  $000010000 + 11100001$

4.1.11. Se dispone de un sistema de representación R de 8 bits. Dadas dos cantidades binarias  $A=01100110$  y  $B=11011001$ , se pide realizar la suma  $X=A+B$  en binario y comentar el resultado obtenido

## 4.2. Soluciones

4.2.1. Indicar el rango de un número de 8 bits según las codificaciones siguientes:

- a) binario puro:  $[0, 255]$
- b) Signo-Magnitud:  $[-127, 127]$
- c) Complemento a 1:  $[-127, 127]$
- d) Complemento a 2:  $[-128, 127]$

**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**

a)  $0011+1100$ 

$$\begin{array}{r} 0011 \\ + 1100 \\ \hline 1111 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3_{10} \\ + (-4)_{10} \\ \hline -1_{10} \end{array} \rightarrow \text{Representable}$$

iguales  
Sumandos con signos diferentes:  
No habrá desbordamiento → Bien

b)  $0011+0101$ 

$$\begin{array}{r} 0011 \\ + 0101 \\ \hline 1000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3 \\ + 5 \\ \hline 8 \end{array}$$

No es representable en Ca2 de 4 bits  
al estar en Ca2 representa a -8  
Cambio de signo → desbordamiento

c)  $0011+1010$ 

$$\begin{array}{r} 0011 \\ + 1010 \\ \hline 1101 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3_{10} \\ + (-6)_{10} \\ \hline -3_{10} \end{array} \rightarrow \text{Representable}$$

iguales  
Sumandos con signos diferentes:  
No habrá desbordamiento → Bien

d)  $1011+1111$ 

$$\begin{array}{r} 1011 \\ + 1111 \\ \hline 1010 \end{array} \quad \begin{array}{r} -5 \\ + (-1) \\ \hline -6 \end{array}$$

Representable en Ca2 de 4 bits  
iguales  
Sin cambio de signo → Bien  
se ignora el acarreo

e)  $1000+1111$ 

$$\begin{array}{r} 1000 \\ + 1111 \\ \hline 1011 \end{array} \quad \begin{array}{r} -8 \\ + (-1) \\ \hline -9 \end{array}$$

No es representable en Ca2 de 4 bits  
al estar en Ca2 representa a 7  
Cambio de signo → desbordamiento

f)  $0011-1100$ 

Resta en Ca2:  
Suma con el sustraendo complementado  
 $0011-1100 \rightarrow 0011+\text{Ca2}(1100)$   
 $\text{Ca2}(1100)=0100$

$$\begin{array}{r} 0011 \\ + 0100 \\ \hline 0111 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3_{10} \\ + 4_{10} \\ \hline 7_{10} \end{array}$$

Es representable en Ca2 de 4 bits  
iguales  
Sin cambio de signo → Bien

g)  $0011-0101$ 

$0011-0101 \rightarrow 0011+\text{Ca2}(0101)$   
 $\text{Ca2}(0101)=1011$

$$\begin{array}{r} 0011 \\ + 1011 \\ \hline 1110 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3_{10} \\ + (-2)_{10} \\ \hline -2_{10} \end{array}$$

Es representable en Ca2 de 4 bits  
iguales  
signos diferentes: no hay desbordamiento

h)  $0011-1010$ 

Resta en Ca2:  
Suma con el sustraendo complementado  
 $0011-1010 \rightarrow 0011+\text{Ca2}(1010)$   
 $\text{Ca2}(1010)=0110$

$$\begin{array}{r} 0011 \\ + 0110 \\ \hline 1001 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3_{10} \\ + 6_{10} \\ \hline 9_{10} \end{array}$$

No es representable en Ca2 de 4 bits  
al estar en Ca2 representa a -7  
Cambio de signo → desbordamiento

i)  $1011+0000$ 

$$\begin{array}{r} 1011 \\ + 0000 \\ \hline 1011 \end{array} \quad \begin{array}{r} -5_{10} \\ + 0_{10} \\ \hline -5_{10} \end{array}$$

Es representable en Ca2 de 4 bits  
iguales

j)  $1000-0001$ 

$1000-0001 \rightarrow 1000+\text{Ca2}(0001)$   
 $\text{Ca2}(0001)=1111$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ + 1111 \\ \hline 1011 \end{array} \quad \begin{array}{r} -8 \\ + (-1) \\ \hline -9 \end{array}$$

No es representable

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

4.2.3. Hallar el valor en base 10 de los números  $A=01110011$  y  $B=11000011$ . Calcular también su suma y su diferencia en su misma codificación y en decimal, suponiendo que están codificados en:

a) Magnitud y signo

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>SM <math>A=01110011 \rightarrow 115</math><br/> <math>B=11000011 \rightarrow -67</math></p> <p><b>Suma <math>S = A + B</math></b><br/>         Suma en S-M con sumandos de distinto signo:<br/>         Al módulo mayor se le resta el menor y se deja el signo del número de mayor módulo</p> $\begin{array}{r} 1110011 \\ -1000011 \\ \hline 0110000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 115 \\ -67 \\ \hline 48 \end{array}$ <p>Módulo<br/> <math>S=001110000</math> <math>S=48</math><br/>         Signo positivo añadido</p> | <p>Resta en S-M: se cambia el signo del sustraendo y se suma<br/> <math>A=01110011 \rightarrow 115</math><br/> <math>(-B)=01000011 \rightarrow 67</math></p> <p>Suma en S-M con ambos sumandos positivos:<br/>         Se suman los módulos, se comprueba si hay desbordamiento y se añade el signo + al resultado</p> $\begin{array}{r} 1110011 \\ +1000011 \\ \hline 10110110 \end{array} \quad \begin{array}{r} 115 \\ +67 \\ \hline 182 \end{array}$ <p>desbordamiento<br/>         Se necesita un bit más (9 bits):<br/> <math>R=010110110</math><br/>         Signo positivo añadido</p> <p>No es representable en S-M de 8 bits (-127,+127)</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

b) Complemento a 1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ca1 <math>A=01110011 \rightarrow 115</math><br/> <math>B=11000011 \rightarrow -60</math></p> <p><b>Suma <math>S = A + B</math></b></p> $\begin{array}{r} 01110011 \\ +11000011 \\ \hline 100110110 \\ +1 \\ \hline 00110111 \end{array} \quad \begin{array}{r} 115 \\ -60 \\ \hline 55 \end{array}$ <p>se suma el acarreo<br/> <math>S=00110111</math> <math>S=55</math><br/>         Sumandos con signos diferentes:<br/>         No habrá desbordamiento</p> | <p>Resta <math>R = A - B = A + (-B) = A + Ca1(B)</math><br/> <math>Ca1(B)=00111100</math></p> $\begin{array}{r} 01110011 \\ +00111100 \\ \hline 10101111 \end{array} \quad \begin{array}{r} 115 \\ +60 \\ \hline 175 \end{array}$ <p>cambio de signo: desbordamiento<br/>         Se necesita un bit más (9 bits):<br/> <math>R=010101111</math></p> <p>No es representable en Ca1 de 8 bits (-127,+127)</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

c) Complemento a 2

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ca2 <math>A=01110011 \rightarrow 115</math><br/> <math>B=11000011 \rightarrow -61</math></p> <p><b>Suma <math>S = A + B</math></b></p> $\begin{array}{r} 01110011 \\ +11000011 \\ \hline 100110110 \\ \hline 00110110 \end{array} \quad \begin{array}{r} 115 \\ +(-61) \\ \hline 54 \end{array}$ <p>se ignora acarreo<br/> <math>S=00110110</math> <math>S=54</math><br/>         Sumandos con signos diferentes:<br/>         No habrá desbordamiento</p> | <p>Resta <math>R = A - B = A + (-B) = A + Ca2(B)</math><br/> <math>Ca2(B)=00111101</math></p> $\begin{array}{r} 01110011 \\ +00111101 \\ \hline 10110000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 115 \\ +61 \\ \hline 176 \end{array}$ <p>cambio de signo: desbordamiento<br/>         Se necesita un bit más (9 bits):<br/> <math>R=010110000</math></p> <p>No es representable en Ca2 de 8 bits (-128,+127)</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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

## d) Exceso a 128

$$\begin{array}{lcl} \text{XS128} & A=01110011 \rightarrow 115_{\text{XS128}} & \xrightarrow{-128} -13 \\ & B=11000011 \rightarrow 195_{\text{XS128}} & \rightarrow 67 \end{array}$$

Suma  $S = A + B - 128$ 

| XS128 binario                                   | XS128 decimal        | nº verdaderos |
|-------------------------------------------------|----------------------|---------------|
| 01110011                                        | 115                  | -13           |
| +11000011                                       | + 195                | + 67          |
| 100110110                                       | 310                  | 54            |
| - 10000000                                      | - 128                | -128          |
| 10110110                                        | 182 <sub>XS128</sub> | 54            |
| <b>S=10110110<sub>XS128</sub></b>               |                      |               |
| S=182 <sub>XS128</sub> - 128 = 54 <sub>10</sub> |                      |               |

Es representable en 8 bits (0,255)      Es representable en XS128 de 8 bits (-128,+127)

Resta  $B > A$ : Hacemos B-A y el resultado se lo restamos a 128

$$R = A - B + 128 = 128 - (B - A)$$

| B-A<br>XS128 binario | B-A<br>XS128 decimal | nº verdaderos |
|----------------------|----------------------|---------------|
| 11000011             | 195                  | (-13)         |
| - 01110011           | - 115                | + (-67)       |
| (B-A): 01010000      | 80                   | -80           |

Quiero A-B: en vez de sumar, restamos 128-(B-A)

|                                          |                     |                                              |
|------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------|
| 10000000                                 | 128                 | Representable en XS128 de 8 bits (-128,+127) |
| - 01010000                               | - 80                |                                              |
| 00110000                                 | 48 <sub>XS128</sub> |                                              |
| <b>R=00110000<sub>XS128</sub></b>        |                     |                                              |
| R=48 <sub>XS128</sub> - 80 <sub>10</sub> |                     | Representable en 8 bits (0,255)              |

## 4.2.4. Utilizando aritmética binaria y habiendo convertido los operandos de base 10 a binario, realizar las siguientes operaciones:

a)  $364+112$ 

$$\begin{array}{rcl} 101101100 & 364 \\ + 1110000 & +112 \\ \hline 111011100 & \rightarrow 476 \end{array}$$

b)  $364-112$ 

$$\begin{array}{rcl} 101101100 & 364 \\ - 1110000 & -112 \\ \hline 011111100 & \rightarrow 252 \end{array}$$

c)  $-364-112$ 

Si lo hago en binario puro, sumo los módulos e indico el signo del resultado (el enunciado no especifica cómo va el signo)

$$\begin{array}{rcl} 101101100 & 364 \\ + 1110000 & +112 \\ \hline 111011100 & \rightarrow 476 \end{array}$$

Por tanto,

$$- 111011100 \rightarrow -476$$

d)  $121*12$ 

|             |       |
|-------------|-------|
| 1111001     | 121   |
| x 1100      | x 12  |
| =====       | ===== |
| 0000000     | 242   |
| 0000000     | 121   |
| 1111001     | ===== |
| + 1111001   | 1452  |
| =====       |       |
| 10110101100 |       |

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

4.2.5. Determinar en cuáles de las siguientes operaciones (con operandos representados en Ca2 de 4 bits), el resultado no es correctamente representable, es decir, se produce desbordamiento

|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>a) 0110+0101</p> $\begin{array}{r} 0110 \\ +0101 \\ \hline 1011 \end{array}$ <p>6<br/>+5<br/>11 → No es representable en Ca2 de 4 bits</p> <p>al estar en Ca2 representa a -6 distintos</p> <p>Cambio de signo → desbordamiento</p> | <p>b) 0000-1111</p> <p>Resta en Ca2:<br/>Suma con el sustraendo complementado<br/>0000-1111 → 0000+Ca2(1111)<br/>Ca2(1111)=0001</p> $\begin{array}{r} 0000 \\ +0001 \\ \hline 0001 \end{array}$ <p>0<sub>10</sub><br/>+1<sub>10</sub><br/>1<sub>10</sub> → Es representable en Ca2 de 4 bits</p> <p>iguales</p> <p>Sin cambio de signo → Bien</p> | <p>c) 1001-1011</p> <p>1001-1011 → 1001+Ca2(1011)<br/>1001+0101</p> $\begin{array}{r} 1001 \\ +0101 \\ \hline 1110 \end{array}$ <p>-7<br/>+5<br/>-2 → Es representable en Ca2 de 4 bits</p> <p>iguales</p> <p>Sumandos con signos diferentes:<br/>No habrá desbordamiento → Bien</p> |
| <p>d) 0100-1110</p> <p>0100-1110 → 0100+Ca2(1110)</p> $\begin{array}{r} 0100 \\ +0010 \\ \hline 0110 \end{array}$ <p>4<br/>+2<br/>6 → Es representable en Ca2 de 4 bits</p> <p>iguales</p> <p>Sin cambio de signo → Bien</p>           | <p>e) 1001+1111</p> $\begin{array}{r} 1001 \\ +1111 \\ \hline 1000 \end{array}$ <p>-7<br/>+(-1)<br/>-8 → Representable en Ca2 de 4 bits</p> <p>iguales</p> <p>Sin cambio de signo → Bien</p> <p>se ignora el acarreo</p>                                                                                                                          | <p>f) 0000+1111</p> $\begin{array}{r} 0000 \\ +1111 \\ \hline 1111 \end{array}$ <p>0<sub>10</sub><br/>+(-1)<sub>10</sub><br/>-1<sub>10</sub> → Representable</p> <p>iguales</p> <p>Sumandos con signos diferentes:<br/>No habrá desbordamiento → Bien</p>                            |

4.2.6. Indicar el valor en base 10 de los números A=1011 y B=0101 suponiendo que están codificados en:

- a) Binario puro  
b) Signo-magnitud

- c) Complemento a 1  
d) Complemento a 2

Para uno de los casos calcular la suma e indicar si hay desbordamiento y por qué

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>a) Binario puro</p> $A = 1011_2 = 2^3 + 2^1 + 2^0 = 11_{10}$ $B = 0101_2 = 2^2 + 2^0 = 5_{10}$      | <p>SUMA:</p> $\begin{array}{r} 1011 \\ +0101 \\ \hline 10000 \end{array}$ <p>11<br/>+5<br/>16 → 16 no es representable en binario puro de 4 bits. Con 4 bits sólo puedo representar los números del 0 al 15</p> <p>desbordamiento</p>                                                                               |
| <p>b) Signo-magnitud</p> $A = 1011_{SM} = -(2^3 + 2^0) = -3_{10}$ $B = 0101_{SM} = 2^2 + 2^0 = 5_{10}$ | <p>SUMA:</p> <p>En signo-magnitud, como son números de distinto signo, se pone el signo de módulo mayor. Y se restan los valores absolutos.</p> <p>Por tener signos diferentes no se va a desbordar:</p> $\begin{array}{r} 101 \\ -011 \\ \hline 010 \end{array}$ <p>5<br/>-3<br/>2</p> <p>S= 0010<sub>SM</sub></p> |
| <p>c) Complemento a 1</p> $A = 1011_{Ca1} = -4_{10}$ $B = 0101_{Ca1} = 5_{10}$                         | <p>SUMA: Tienen signos diferentes, por tanto no se van a desbordar.</p> <p>signos distintos: no habrá desbordamiento</p> $\begin{array}{r} 1011 \\ +0101 \\ \hline 10000 \end{array}$ <p>-4<br/>+5<br/>1 → representable en</p> <p>S= 0001<sub>Ca1</sub></p>                                                        |

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

#### 4.2.7. Hallar el valor decimal, la suma y la diferencia de los números binarios $A=11100111$ y $B=10111111$ , su suma y diferencia, suponiendo que:

a. Ambos están representados en Magnitud y signo.

**Signo y Magnitud**  $A=11100111 \rightarrow -103$   
 $B=10111111 \rightarrow -63$

**Suma**

Suma en S-M con ambos sumandos negativos:  
 Se suman los módulos y se niega el resultado

|           |      |                    |
|-----------|------|--------------------|
| 1100111   | 103  |                    |
| + 0111111 | + 63 | negamos            |
| 10100110  | 166  | $\rightarrow -166$ |

No es representable en S-M de 8 bits

desbordamiento

En S-M de 8 bits quedaría el número:  $-38 \rightarrow$  Mal

Se necesita un bit más para representar el resultado

$010100110$

Signo negativo añadido:  $-166 \rightarrow$  Bien

**Resta  $R = A - B$**

Resta en S-M:  
 se cambia el signo del sustraendo y se suma

$A=11100111 \rightarrow -103$   
 $(-B)=00111111 \rightarrow +63$

Suma en S-M con sumandos de distinto signo:  
 Al módulo mayor se le resta el menor.  
 El signo del resultado es el del mayor módulo

|           |      |                            |
|-----------|------|----------------------------|
| 1100111   | 103  | ponemos el signo del mayor |
| - 0111111 | - 63 |                            |
| 0101000   | 40   | $\rightarrow -40$          |

ponemos el signo del número que tiene mayor módulo (A)

$0101000 \rightarrow R = -40$   **$R=10101000$**

b. Ambos están representados en Ca2.

**Ca2**  $A=11100111 \rightarrow -25$   
 $B=10111111 \rightarrow -65$

**Suma  $S = A + B$**

|            |         |
|------------|---------|
| 11100111   | -25     |
| + 10111111 | + (-65) |
| 110100110  | -90     |

$S = -90$   **$S=10100110$**

Sin cambio de signo  $\rightarrow$  Bien  
 se ignora el acarreo

**Resta  $R = A - B = A + (-B) = A + Ca2(B)$**

|            |      |     |
|------------|------|-----|
| 11100111   | -25  | 65  |
| + 01000001 | + 65 | -25 |
| 100101000  | 40   | 40  |

se ignora acarreo

Sumandos con signos diferentes:  
 No habrá desbordamiento  $\rightarrow$  Bien

**$R=00101000$**   $R=40$

c. Ambos están representados en Ca1.

**Ca1**  $A=11100111 \rightarrow -24$   
 $B=10111111 \rightarrow -64$

**Suma  $S = A + B$**

|            |         |
|------------|---------|
| 11100111   | -24     |
| + 10111111 | + (-64) |
| 110100110  | -88     |

se suma el acarreo

$10100111 \rightarrow S = -88$

**$S=10100111$**

Sin cambio de signo  $\rightarrow$  Bien

**Resta  $R = A - B = A + (-B) = A + Ca1(B)$**

|            |      |     |
|------------|------|-----|
| 11100111   | -24  | 64  |
| + 01000000 | + 64 | -24 |
| 100100111  | 40   | 40  |

se suma el acarreo

$00101000 \rightarrow R = 40$

Sumandos con signos diferentes:  
 No habrá desbordamiento  $\rightarrow$  Bien

**$R=00101000$**   $R=40$

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

d. Ambos están representados en exceso a 128.

**XS128**  $A=11100111 \rightarrow 231_{XS128} \xrightarrow{-128} 103$   
 $B=10111111 \rightarrow 191_{XS128} \xrightarrow{-128} 63$

**Suma**  $S = A + B - 128$

| XS128 binario | XS128 decimal        | nº verdaderos |
|---------------|----------------------|---------------|
| 11100111      | 231                  | 103           |
| +10111111     | + 191                | + 63          |
| 110100110     | 422                  | 166           |
| - 10000000    | - 128                | - 128         |
| 010100110     | 294 <sub>XS128</sub> |               |

desbordamiento

No es representable en 8 bits (0,255)      No es representable en XS128 de 8 bits (-128,+127)

**En XS128 de 8 bits**  
 $S=00100110$        $S=-38 \rightarrow \text{Mal}$

En XS128 no se suele hacer extensión de signo, porque implica cambio del valor del exceso. Con 9 bits el exceso valdría 256

**Resta** A y B son positivos y  $A > B$ , entonces:  
 $R = A - B + 128$

| XS128 binario | XS128 decimal        | nº verdaderos |
|---------------|----------------------|---------------|
| 11100111      | 231                  | 103           |
| -10111111     | - 191                | - 63          |
| 00101000      | 40                   | 40            |
| + 10000000    | + 128                |               |
| 10101000      | 168 <sub>XS128</sub> |               |

$R=10101000_{XS128}$

Representable en 8 bits (0,255)      Representable en XS128 de 8 bits (-128,+127)

**Nota:** Si quisiésemos restar A a B:  $(B - A)$ :  
A y B son positivos, y el sustraendo (A) es mayor que el minuendo(B), entonces:  
Para evitar restar el mayor al menor, hacemos:  
 $R = B - A + 128 = 128 - (A - B)$

| A-B en XS128 binario | A-B en XS128 decimal | A-B en decimal |
|----------------------|----------------------|----------------|
| 11100111             | 231                  | 103            |
| -10111111            | - 191                | - 63           |
| (A-B): 00101000      | 40                   | 40             |

Quiero B-A: en vez de sumar, restamos  $128-(A-B)$       quiero B-A: cambio de signo  
 $R = -40$

| A-B en XS128 binario | A-B en XS128 decimal | A-B en decimal |
|----------------------|----------------------|----------------|
| 10000000             | 128                  |                |
| - 00101000           | - 40                 |                |
| 01011000             | 88 <sub>XS128</sub>  |                |

$R=01011000_{XS128}$

#### 4.2.8. Utilizando la aritmética binaria y habiendo convertido previamente a binario los operandos, realizar las siguientes operaciones:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                   |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|-------------|---------|-------|-------|------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------------------|-------|--|---------------|--|
| <p>a. <math>(695)_{10} + (272)_{10}</math></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right;">1010110111</td> <td style="text-align: right;">695</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">+ 100010000</td> <td style="text-align: right;">+ 272</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">=====</td> <td style="text-align: right;">=====</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">1111000111</td> <td style="text-align: right;"><math>\rightarrow 967</math></td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1010110111        | 695       | + 100010000 | + 272   | ===== | ===== | 1111000111 | $\rightarrow 967$ | <p>b. <math>(695)_{10} - (272)_{10}</math></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right;">1010110111</td> <td style="text-align: right;">695</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">- 100010000</td> <td style="text-align: right;">- 272</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">=====</td> <td style="text-align: right;">=====</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">0110100111</td> <td style="text-align: right;"><math>\rightarrow 423</math></td> </tr> </table> | 1010110111 | 695 | - 100010000 | - 272 | =====     | ===== | 0110100111  | $\rightarrow 423$ |       |  |               |  |
| 1010110111                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 695               |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| + 100010000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | + 272             |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| =====                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | =====             |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| 1111000111                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $\rightarrow 967$ |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| 1010110111                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 695               |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| - 100010000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | - 272             |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| =====                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | =====             |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| 0110100111                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $\rightarrow 423$ |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| <p>c. <math>(272)_{10} * (23)_{10}</math></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right;">100010000</td> <td style="text-align: right;">272</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">x 10111</td> <td style="text-align: right;">x 23</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">=====</td> <td style="text-align: right;">=====</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">100010000</td> <td style="text-align: right;">816</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">100010000</td> <td style="text-align: right;">544</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">100010000</td> <td style="text-align: right;">=====</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">000000000</td> <td style="text-align: right;">6256</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">+ 100010000</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">=====</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">1100001110000</td> <td></td> </tr> </table> |                   | 100010000 | 272         | x 10111 | x 23  | ===== | =====      | 100010000         | 816                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 100010000  | 544 | 100010000   | ===== | 000000000 | 6256  | + 100010000 |                   | ===== |  | 1100001110000 |  |
| 100010000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 272               |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| x 10111                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | x 23              |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| =====                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | =====             |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| 100010000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 816               |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| 100010000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 544               |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| 100010000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | =====             |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| 000000000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6256              |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| + 100010000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| =====                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                   |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |
| 1100001110000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |           |             |         |       |       |            |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |     |             |       |           |       |             |                   |       |  |               |  |

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

#### 4.2.9. Realizar las siguientes operaciones, suponiendo primero que los sumandos están representados en MS, luego en Ca2 y Ca1

a.  $100110+000100$

MS  $A=100110 \rightarrow -6$   
 $B=000100 \rightarrow 4$

Suma en S-M con sumandos de distinto signo: Al módulo mayor se le resta el menor, y se pone el signo del mayor

$$\begin{array}{r} 00110 \\ -00100 \\ \hline 00010 \end{array} \rightarrow S = -2_{10}$$

Ca2  $A=100110 \rightarrow -26$   
 $B=000100 \rightarrow 4$

Suma en Ca2 con sumandos de distinto signo:  
 No hay problema de desbordamiento

$$\begin{array}{r} 100110 \\ +000100 \\ \hline 101010 \end{array} \rightarrow S = -22_{10}$$

Ca1  $A=100110 \rightarrow -25$   
 $B=000100 \rightarrow 4$

Suma en Ca1 con sumandos de distinto signo:  
 No hay problema de desbordamiento

$$\begin{array}{r} 100110 \\ +000100 \\ \hline 101010 \end{array} \rightarrow S = -21_{10}$$

b.  $101101111-010000111$

MS  $A=101101111 \rightarrow -111$   
 $B=010000111 \rightarrow 135$

Resta en S-M:  $A - B = A + (-B)$   
 Queda una suma con signos negativos:  
 Suma de módulos, resultado con signo negativo, vigilar desbordamiento

$$\begin{array}{r} 01101111 \\ +10000111 \\ \hline 11110110 \end{array} \quad \begin{array}{r} 111 \\ +135 \\ \hline 246 \end{array}$$

No hay acarreo  $\rightarrow$  Bien Representable en MS de 9bits  
 Se añade el signo:  
 $R = 11110110 \rightarrow R = -246_{10}$

Ca2  $A=101101111 \rightarrow -145$   
 $B=010000111 \rightarrow 135$

Resta: Suma del complemento a 2:  
 $Ca2(B)=101111001 \rightarrow -135$   
 Sumandos con mismo signo:  
 vigilar desbordamiento

$$\begin{array}{r} 101101111 \\ +101111001 \\ \hline 101110100 \end{array} \quad \begin{array}{r} (-145) \\ +(-135) \\ \hline -280 \end{array}$$

$-280 < -256 \rightarrow$  No es representable en Ca2 de 9bits  
**Cambio de signo: desbordamiento**  
 Se necesita un bit más (10bits) para representar el resultado:  
 $R=1011101000 \quad R = -280$

Ca1  $A=101101111 \rightarrow -144$   
 $B=010000111 \rightarrow 135$

Resta: suma del complemento a 1:  
 $Ca1(B)=101111000 \rightarrow -135$   
 Sumandos con mismo signo:  
 vigilar desbordamiento

$$\begin{array}{r} 101101111 \\ +101111000 \\ \hline 101110011 \\ +101110000 \\ \hline 101110100 \end{array} \quad \begin{array}{r} (-144) \\ +(-135) \\ \hline -279 \end{array}$$

$-279 < -256 \rightarrow$  No es representable en Ca1 de 9bits  
**Cambio de signo: desbordamiento**  
 Se necesita un bit más (10bits) para representar el resultado:  
 $R=1011101000 \quad R = -279$

c.  $000010000+11100001$

MS  $A=000010000 \rightarrow 16$   
 $B=11100001 \rightarrow -97$

Ponemos los sumandos con el mismo n° de bits: del tamaño del mayor: 9bits:

$A=000010000 \rightarrow 16$   
 $B=101100001 \rightarrow -97$

Suma en S-M con sumandos de distinto signo: Al módulo mayor se le resta el menor, y se pone el signo del mayor

$$\begin{array}{r} 01100001 \\ -00010000 \\ \hline 01010001 \end{array} \quad \begin{array}{r} 97 \\ -16 \\ \hline 81 \end{array}$$

Se añade el signo:  $S = -81_{10}$   
 9 bits: Representable en MS de 8 y 9bits  
 $S = 101010001$   
 (en 8 bits):  
 $S = 11010001$

Ca2  $A=000010000 \rightarrow 16$   
 $B=11100001 \rightarrow -31$

Ponemos los sumandos con el mismo n° de bits: del tamaño del mayor: 9bits:

$A=000010000 \rightarrow 16$   
 $B=111100001 \rightarrow -31$

$$\begin{array}{r} 000010000 \\ +111100001 \\ \hline 111110001 \end{array} \quad \begin{array}{r} 16 \\ +(-31) \\ \hline -15 \end{array}$$

$S = 111110001 \quad S = -15_{10}$

Ca1  $A=000010000 \rightarrow 16$   
 $B=11100001 \rightarrow -30$

Ponemos los sumandos con el mismo n° de bits: del tamaño del mayor: 9bits:

$A=000010000 \rightarrow 16$   
 $B=111100001 \rightarrow -30$

$$\begin{array}{r} 000010000 \\ +111100001 \\ \hline 111110001 \end{array} \quad \begin{array}{r} 16 \\ +(-30) \\ \hline -14 \end{array}$$

$S = 111110001 \quad S = -14_{10}$

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



## d. 10110.1111-11100.111

MS  $A=10110,1111 \rightarrow -6,9375$   
 $B=11100,111 \rightarrow -12,875$

$A-B=A+(-B)$

$(-B)=01100,111 \rightarrow 12,875$

Suma en S-M con sumandos de distinto signo: Al módulo mayor se le resta el menor, y se pone el signo del mayor

|            |         |
|------------|---------|
| 1100,1110  | 12,8750 |
| -0110,1111 | -6,9375 |
| 0101,1111  | 5,9375  |

$R=00101,1111$   $R=5,9375_{10}$

Ca2  $A=10110,1111 \rightarrow -9,0625$

$B=11100,111 \rightarrow -3,125$

$Ca2(A)=01001,0001 \rightarrow 9,0625$

$Ca2(B)=00011,001 \rightarrow 3,125$

$A-B=A+Ca2(B)$

|             |         |
|-------------|---------|
| 10110,1111  | -9,0625 |
| +00011,0010 | +3,1250 |
| 11010,0001  | -5,9375 |

$R=11010,0001$   $R=-5,9375_{10}$

Ca1  $A=10110,1111 \rightarrow -9,0$

$B=11100,111 \rightarrow -3,0$

$Ca1(A)=01001,0000 \rightarrow 9,0$

$Ca1(B)=00011,000 \rightarrow 3,0$

$A-B=A+Ca1(B)$

|             |      |
|-------------|------|
| 10110,1111  | -9,0 |
| +00011,0000 | +3,0 |
| 11001,1111  | -6,0 |

$R=11001,1111$   $R=-6,0_{10}$

## e. 0000.10000+11.100001

MS  $A=0000,10000 \rightarrow 0,5$

$B=11,100001 \rightarrow -1,515625$

Suma en S-M con sumandos de distinto signo: Al módulo mayor se le resta el menor, y se pone el signo del mayor

|           |           |
|-----------|-----------|
| 1,100001  | 1,515625  |
| -0,100000 | -0,500000 |
| 1,000001  | 1,015625  |

Se añade el signo:

$S=11,000001$   $S=-1,015625_{10}$

Con 3 bits para la parte entera (igual que A):

$S=1001,000001$

Ca2  $A=0000,10000 \rightarrow 0,5$

$B=11,100001 \rightarrow -0,484375$

$Ca2(B)=00,011111 \rightarrow 0,484375$

|              |           |
|--------------|-----------|
| 0000,100000  | 0,500000  |
| +1111,100001 | -0,484375 |
| 10000,000001 | 0,015625  |

se ignora el acarreo

$S=0000,000001$   $S=0,015625$

Ca1  $A=0000,10000 \rightarrow 0,5$

$B=11,100001 \rightarrow -0,46875$

$Ca1(B)=00,011110 \rightarrow 0,46875$

|              |          |
|--------------|----------|
| 0000,100000  | 0,500000 |
| +1111,100001 | -0,46875 |
| 10000,000001 | 0,03125  |
| 0000,000010  | 0,000010 |

se suma el acarreo

$S=0000,000010$   $S=0,03125$

#### 4.2.10. Utilizando la aritmética binaria y suponiendo que los operandos están representados en complemento a 2, realizar las operaciones

## a. 101101111 - 10000111

Ca2  $A=101101111 \rightarrow -145$

$B=10000111 \rightarrow -121$

$A-B=A+Ca2(B)$

$Ca2(B)=01111001 \rightarrow 121$

|            |      |
|------------|------|
| 101101111  | -145 |
| +001111001 | +121 |
| 111101000  | -24  |

$R=111101000$   $R=-24$

## b. 000010000 + 11100001

Ca2  $A=000010000 \rightarrow 16$

$B=11100001 \rightarrow -31$

|            |     |
|------------|-----|
| 000010000  | 16  |
| +111100001 | -31 |
| 111110001  | -15 |

$S=111110001$   $S=-15$

#### 4.2.11. Se dispone de un sistema de representación R de 8 bits. Dadas dos cantidades binarias $A=01100110$ y $B=11011001$ , se pide realizar la suma $X=A+B$ en binario y comentar el resultado obtenido

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

**Binario puro**  $X=A+B$ 

A=01100110 → 102

B=11011001 → 217

|           |      |
|-----------|------|
| 01100110  | 102  |
| +11011001 | +217 |
| 10011111  | 319  |

Desbordamiento, se necesitan 9 bits

319 > 255 ( $2^8-1$ ) → No es representable en binario puro de 8 bits

En binario puro de 8 bits:

X= 00111111 X=63 Mal

En binario puro de 9 bits:

X=100111111 X=319 Bien

**MS**  $X=A+B$ 

A=01100110 → 102

B=11011001 → -89

Suma en S-M con sumandos de distinto signo: Al módulo mayor se le resta el menor, y se pone el signo del mayor

|          |      |
|----------|------|
| 1100110  | 102  |
| -1011001 | - 89 |
| 0001101  | 13   |

Se añade el signo de A

X= 00001101

13 < 127 ( $2^7-1$ ): es representable en SM de 8 bits

**Ca2**  $X=A+B$ 

A=01100110 → 102

B=11011001 → -39

Suma en Ca2 con sumandos de distinto signo: No hay problema de desbordamiento

|           |      |
|-----------|------|
| 01100110  | 102  |
| +11011001 | - 39 |
| 10011111  | 63   |

se ignora el acarreo

X= 00111111

53 < 127 ( $2^7-1$ ): es representable en Ca2 de 8 bits

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

## 5. Aritmética en BCD

### 5.1. Enunciados

5.1.1. Sumar en BCD (código 8-4-2-1) los siguientes números:

- |              |                  |
|--------------|------------------|
| a) $4 + 3$   | d) $9 + 8$       |
| b) $51 + 28$ | e) $1489 + 5791$ |
| c) $8 + 5$   |                  |

5.1.2. Restar en BCD (código 8-4-2-1) los siguientes números:

- |              |                  |
|--------------|------------------|
| a) $4 - 3$   | c) $18 - 9$      |
| b) $59 - 21$ | d) $7340 - 3649$ |

### 5.2. Soluciones

5.2.1. Sumar en BCD (código 8-4-2-1) los siguientes números:

- |              |                  |
|--------------|------------------|
| a) $4 + 3$   | d) $9 + 8$       |
| b) $51 + 28$ | e) $1489 + 5791$ |
| c) $8 + 5$   |                  |

La suma en BCD (código 8-4-2-1) se realiza de los cuartetos menos significativos a los más significativos (como la suma en decimal: se empieza por las unidades y se va hacia la izquierda).

Cada cuarteto se suma, y si el resultado es menor o igual que 9 ( $1001_2$ ) y si no hay acarreo, se deja como está.

- a)  $4 + 3$

$$S = 4 + 3$$

| BCD   | decimal |
|-------|---------|
| 0100  | 4       |
| +0011 | +3      |
| 0111  | 7       |

$7 \leq 9 \rightarrow$  correcto

S = 0111

- b)  $51 + 28$

$$S = 51 + 28$$

| BCD     |          | decimal |
|---------|----------|---------|
| decenas | unidades |         |
| 0101    | 0001     | 51      |
| +0010   | +1000    | +28     |
| 0111    | 1001     | 79      |
| 7       | 9        |         |

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

Esto ocurre en el ejemplo C)

$S = 8 + 5$

| BCD      | decimal  |
|----------|----------|
| unidades | 8        |
| 1000     | +5       |
| +0101    | <hr/> 13 |
| 1101     |          |
| +0110    |          |
| 1 0011   |          |

Acarreo a las decenas  $\rightarrow$  13 > 9 Sumar 6

0001      0011

1                  3

$S = 0001 \ 0011$

Otra situación que puede ocurrir es que haya desbordamiento, en este caso también hay que sumar 6 al resultado.  
Ejemplo d)

$S = 9 + 8$

BCD

unidades

decimal

9

+8

17

Acarreo a las decenas

1

Acarreo Sumar 6

0001

0111

1

7

$S = 0001\ 0111$

Por último, un ejemplo con más cifras que combina estas situaciones e)

BCD

| uds millar | centenas | decenas | unidades |  | decimal |
|------------|----------|---------|----------|--|---------|
| 0001       | 0100     | 1000    | 1001     |  | 1489    |
| +0101      | +0111    | +1001   | +0001    |  | +5791   |
| 0110       | 1011     | 0001    | 1010     |  | 7280    |
|            | +0110    | +0110   | +0110    |  |         |
| 0110       | 0001     | 0111    | 0000     |  |         |
| + 0001     | + 0001   | + 0001  |          |  |         |
| 0111       | 0010     | 1000    | 0000     |  |         |
| 7          | 2        | 8       | 0        |  |         |

S = 0111 0010 1000 0000

Así pues, como resumen de la suma en BCD:

- Si no hay acarreo y el resultado es menor o igual a 9: se deja como está
- Si hay acarreo o el resultado es mayor que 9: se suma 6

### 5.2.2. Restar en BCD (código 8-4-2-1) los siguientes números:

- a)  $4 - 3$   
b)  $59 - 21$
- c)  $18 - 9$   
d)  $7340 - 3649$

Para restar dos números positivos en BCD se puede primero comprobar los signos, de manera similar a la resta en Signo-Magnitud. Se pone como minuendo el que tenga el módulo mayor, y a éste se le resta el de módulo menor. El signo del resultado será el signo de número con módulo mayor. Habrá que saber cómo se especifica el signo.

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

a)  $4 - 3$  y b)  $59 - 21$ 

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| $R = 4 - 3$<br><div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <b>BCD</b><br/> <math>\begin{array}{r} 0100 \\ -0011 \\ \hline 0001 \end{array}</math> </div> <div> <b>decimal</b><br/> <math>\begin{array}{r} 4 \\ -3 \\ \hline 1 \end{array}</math> </div> </div> <p>1 → correcto <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R = 0001</span></p>                                                                                                                                       |  |
| $R = 59 + 21$<br><b>BCD</b><br><div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <b>decenas</b><br/> <math>\begin{array}{r} 0101 \\ +0010 \\ \hline 0011 \end{array}</math> </div> <div> <b>unidades</b><br/> <math>\begin{array}{r} 1001 \\ +0001 \\ \hline 1000 \end{array}</math> </div> <div> <b>decimal</b><br/> <math>\begin{array}{r} 59 \\ +21 \\ \hline 38 \end{array}</math> </div> </div> <p>3      8<br/> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R = 0011 1000</span></p> |  |

Si hay acarreo se debe de restar 6 al resultado de la resta del cuarteto

c)  $18 - 9$ 

$$R = 18 - 9$$

| BCD                                                                       |                                                             | decimal                                              |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| decenas                                                                   | unidades                                                    |                                                      |
| $\begin{array}{r} 0001 \\ -0000 \\ \hline 0001 \end{array}$               | $\begin{array}{r} 1000 \\ -1001 \\ \hline 1111 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 18 \\ -9 \\ \hline 09 \end{array}$ |
| $\begin{array}{r} 0001 \\ -0001 \\ \hline 0000 \end{array}$               | $\begin{array}{r} 1111 \\ -0110 \\ \hline 1001 \end{array}$ |                                                      |
| 0                                                                         | 9                                                           |                                                      |
| <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R = 0000 1001</span> |                                                             |                                                      |

El caso de d combina ambas situaciones.

d)  $7340 - 3649$ 

$$R = 7340 - 3649$$

| BCD                                                                                 |                                                             |                                                             |                                                             | decimal                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| u. millar                                                                           | centenas                                                    | decenas                                                     | unidades                                                    |                                                             |
| $\begin{array}{r} 0111 \\ -0011 \\ \hline 0100 \end{array}$                         | $\begin{array}{r} 0011 \\ -0110 \\ \hline 1101 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0100 \\ -0100 \\ \hline 0000 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0000 \\ -1001 \\ \hline 0111 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 7340 \\ -3649 \\ \hline 3691 \end{array}$ |
| $\begin{array}{r} 0100 \\ -0001 \\ \hline 0011 \end{array}$                         | $\begin{array}{r} 1101 \\ -0110 \\ \hline 0111 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0000 \\ -0001 \\ \hline 1111 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0111 \\ -0110 \\ \hline 0001 \end{array}$ |                                                             |
| 3                                                                                   | 6                                                           | 9                                                           | 1                                                           |                                                             |
| <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R = 0011 0110 1001 0001</span> |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |

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



El ejemplo c) sí tiene acarreo. Cuando esto sucede se le suma 3 al resultado:

**S = 4 + 6**

binario XS3

El acarreo: 1 se pasa a XS3 (sumándole 3)

|       |   |
|-------|---|
| 0111  |   |
| +1001 |   |
| 0000  | 1 |
| +0011 |   |
| 0011  |   |

Acarreo a decenas 1

|       |  |
|-------|--|
| 0100  |  |
| +0011 |  |
| 0111  |  |

4<sub>XS3</sub> → 1<sub>10</sub>      3<sub>XS3</sub> → 0<sub>10</sub>

**S<sub>XS3</sub> = 0100 0011**

**S = 4 + 6**

binario XS3

Como no hay decenas pero hay acarreo, se puede crear una suma 0+0 y se opera igual

|         |       |  |
|---------|-------|--|
| decenas | 0011  |  |
|         | +0011 |  |
|         | 0110  |  |
|         | +0001 |  |
|         | 0111  |  |
|         | -0011 |  |
|         | 0100  |  |

Acarreo a decenas 1

|       |   |
|-------|---|
| 0000  | 1 |
| +0011 |   |
| 0011  |   |

no acarreo restar 3

4<sub>XS3</sub> → 1<sub>10</sub>      3<sub>XS3</sub> → 0<sub>10</sub>

**S<sub>XS3</sub> = 0100 0011**

El ejemplo c) se ha tratado el acarreo de dos formas diferentes. Como los sumandos no tienen decenas y hay un acarreo a decenas, se puede, o bien poner directamente el acarreo como un uno en XS3 : 0100. O bien hacer una suma de ceros en las decenas, y operar normalmente (restando 3 al resultado por no haber acarreo en decenas).

e)

**S = 4068 + 1639**

binario XS3

| u. millar | centenas | decenas | unidades | decimal |
|-----------|----------|---------|----------|---------|
| 0111      | 0011     | 1001    | 1011     | 4068    |
| +0100     | +1001    | +0110   | +1100    | +1639   |
| 0 1011    | 0 1100   | 0 1111  | 0 0111   |         |
| - 0011    | + 0001   | + 0001  | + 0011   |         |
| 0 1000    | 0 1101   | 1 0000  | 1 010    |         |
|           | - 0011   | + 0011  |          |         |
|           | 1010     | 0011    |          |         |

no acarreo restar 3      no acarreo restar 3      no acarreo restar 3      acarreo sumar 3

8<sub>XS3</sub> → 5<sub>10</sub>      10<sub>XS3</sub> → 7<sub>10</sub>      3<sub>XS3</sub> → 0<sub>10</sub>      10<sub>XS3</sub> → 7<sub>10</sub>

**S<sub>XS3</sub> = 1000 1010 0011 1010**

### 6.2.2. Restar en BCD XS-3 los siguientes números:

a) 4 - 3

c) 64 - 15

b) 65 - 13

d) 705 - 1072

De la misma manera que en BCD, se debe tomar como minuendo el de mayor módulo, y el resultado tendrá su mismo signo.

Al contrario que en la suma, en la resta en XS3 se suma 3 si no hay acarreo y se resta 3 si lo hay.

a) Este ejemplo no tiene acarreo y por lo tanto se le suma 3:

**R = 4 - 3**      binario XS3

|       |
|-------|
| 0111  |
| -0110 |
| 0001  |
| +0011 |
| 0100  |

No acarreo sumar 3

4<sub>XS3</sub> → 1<sub>10</sub>      **R<sub>XS3</sub> = 1010**

b) Este ejemplo es igual que el anterior, sólo que con dos cifras decimales:

**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**

c) Este ejemplo tiene acarreo en las unidades. Por tanto al resultado de las unidades se le resta 3 y se pasa el acarreo a las decenas (restando):

$$R = 64 - 15$$

binario XS3

| decenas                            | unidades                            | decimal |
|------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| 1001                               | 0111                                | 64      |
| -0100                              | -1000                               | -15     |
| 0101                               | 1111                                | 49      |
| -0001                              | -0011                               |         |
| 0100                               | 1100                                |         |
| +0011                              | 12 <sub>XS3</sub> → 9 <sub>10</sub> |         |
| 0111                               |                                     |         |
| 7 <sub>XS3</sub> → 4 <sub>10</sub> |                                     |         |

R<sub>XS3</sub> = 0111 1100

*Diagrama de acarreo: Se muestra un acarreo de 1 de las unidades a las decenas. En las unidades, 1111 - 1000 = 1111, luego 1111 - 0011 = 1100. Como 1100 > 1000, se resta 3 (1000) para obtener 1000, lo que genera un acarreo de 1 a las decenas. En las decenas, 0101 - 0001 = 0100, luego 0100 + 0011 (acarreo) = 0111.*

d) Este ejemplo combina ambas situaciones y además el sustraendo es mayor que el minuendo.

$$R = 705 - 1072$$

Restamos 1072-705 y se cambia el signo al resultado

binario XS3

| u millar                           | centenas                           | decenas                            | unidades                            | decimal |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| 0100                               | 0011                               | 1010                               | 0101                                | 1072    |
| -0011                              | -1010                              | -0011                              | -1000                               | -705    |
| 0001                               | 1001                               | 0111                               | 1101                                | 0367    |
| -0001                              | -0011                              | -0001                              | -0011                               |         |
| 0000                               | 0110                               | 0110                               | 1010                                |         |
| +0011                              | 6 <sub>XS3</sub> → 3 <sub>10</sub> | +0011                              | 10 <sub>XS3</sub> → 7 <sub>10</sub> |         |
| 0011                               |                                    | 1001                               |                                     |         |
| 3 <sub>XS3</sub> → 0 <sub>10</sub> |                                    | 9 <sub>XS3</sub> → 6 <sub>10</sub> |                                     |         |

$$R_{XS3} = - 0011 0110 1001 1010$$

Se añade signo negativo (el enunciado tendría que especificar el formato)

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



## 7. Algebra de Boole y funciones lógicas

### 7.1. Enunciados

7.1.1. Utilizando las leyes de De Morgan, obtener una expresión en forma de sumas de productos para las siguientes funciones:

a)  $F = \overline{(x + y)(\overline{xy} + z)}$

b)  $F = \overline{(\overline{\overline{x} \cdot \overline{y}} + xz)(\overline{x} + \overline{y} \cdot z)}$

7.1.2. Aplicando las leyes de De Morgan, obtener el complemento de las siguientes funciones

a)  $f = (x + \overline{y})(yz + x\overline{y})$

b)  $g = \overline{y}(x + z) + y(\overline{xz} + x\overline{z})$

c)  $h = x\overline{y}(\overline{x} + z)(yz + x\overline{y})$

7.1.3. Verificar, mediante manipulaciones algebraicas adecuadas, las siguientes igualdades, justificando cada uno de los pasos haciendo referencia a un postulado o a un teorema

a)  $(x + \overline{y} + xy)(x + \overline{y})\overline{xy} = 0$

b)  $(x + \overline{y} + x\overline{y})(xy + \overline{xz} + yz) = xy + \overline{x}yz$

7.1.4. Simplificar la siguiente función lógica por métodos algebraicos

$$f(A, B, C, D) = A \cdot (\overline{B} + C) + \overline{B} \cdot \overline{D} + A \cdot (\overline{C} + \overline{D}) \cdot \overline{B} \cdot (\overline{C} + B) \cdot \overline{A}$$

7.1.5. Simplificar por Karnaugh la función cuya expresión en términos canónicos es:

$$f(x, y, z) = \sum_3 m(3, 5, 6)$$

7.1.6. Utilizando los mapas de Karnaugh, simplificar las siguientes funciones de conmutación, obtenerlas en función de suma de productos o producto de sumas:

a)  $f(w, x, y, z) = \sum m(5, 6, 9, 10)$

b)  $f(x, y, z) = \sum m(2, 3, 4, 5, 6, 7)$

c)  $f(x, y, z) = \sum m(2, 4, 5, 6)$

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

## 7.1.8. Comprobar las siguientes relaciones relativas a la función EXOR:

$$a) \begin{cases} x \oplus x = 0 \\ x \oplus \bar{x} = 1 \end{cases}$$

$$b) \begin{cases} x \oplus 0 = x \\ x \oplus 1 = \bar{x} \end{cases}$$

$$c) x \oplus y = z \Rightarrow x \oplus z = y \quad d) x \oplus y = z \Rightarrow x \oplus y \oplus z = 0$$

## 7.1.9. Obtener la tabla de verdad que corresponde a las siguientes funciones de conmutación expresadas algebraicamente:

$$a) F = xy + \bar{x}z + y\bar{z}$$

$$b) G = (\bar{x} + \bar{z})(y + z)$$

## 7.1.10. Para cada una de las funciones dadas a continuación, dibujar un circuito con puertas AND, OR Y NOT que la sintetice:

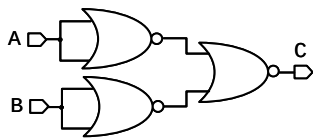
$$a) F = \bar{x}yz + \bar{y}(\bar{x}z + z)$$

$$b) G = (x + \bar{y} + \bar{z})(\bar{x} + yz)$$

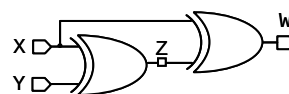
$$c) H = (\bar{x}\bar{y} + xz)(\bar{x} + yz)$$

## 7.1.11. Para cada circuito obtener un circuito equivalente con el mínimo número de puertas lógicas:

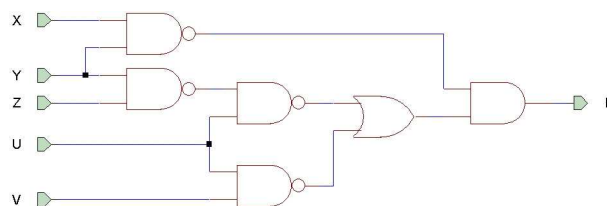
a)



b)



## 7.1.12. Obtener la función de conmutación sintetizada por el circuito de la figura:



## 7.1.13. Para la siguiente función lógica obtener:

- 1) Obtener mediante operaciones lógicas las formas canónicas en 1ª Forma Normal (1FN) y 2ª Forma Normal (2FN)

**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**

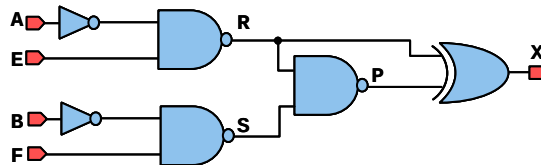
$$F(A, B, C, D) = \left( \left( \overline{A + \overline{A} \cdot \overline{(B \cdot C)}} \right) + B \cdot C \right) \overline{C \cdot D}$$

7.1.14. Obtener los mismos puntos del apartado anterior para la siguiente función lógica:

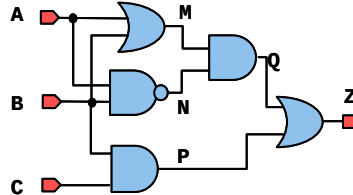
$$F(A, B, C) = \overline{(\overline{A} \cdot B + \overline{A} \cdot C + B \cdot A + B \cdot C)} + (\overline{A + B})$$

7.1.15. Del circuito siguiente obtener:

- 1) La ecuación de la salida en suma de productos
- 2) La tabla de verdad del circuito
- 3) Hacer el mapa de Karnaugh
- 4) Obtener a partir del mapa de Karnaugh la ecuación simplificada en suma de productos (SOP) y productos de sumas (POS)
- 5) Dibujar el esquema en puertas de las ecuaciones en suma de productos y producto de sumas simplificados



7.1.16. Obtener los mismos puntos del apartado anterior para el siguiente circuito:



## 7.2. Soluciones

7.2.1. Utilizando las leyes de De Morgan, obtener una expresión en forma de sumas de productos para las siguientes funciones:

$$a) F = \overline{(x + y)(x \cdot \overline{y} + z)} = \overline{(x + y)} + \overline{(x \cdot \overline{y} + z)} = \overline{x} \cdot \overline{y} + x \cdot \overline{y} + z = \overline{y} + z$$

$$b) F = \overline{(\overline{x} \cdot \overline{y} + x \cdot z)(\overline{x} + \overline{y} \cdot z)} = \overline{(\overline{x} \cdot \overline{y} + x \cdot z)} + \overline{(\overline{x} + \overline{y} \cdot z)} = \overline{x} \cdot \overline{y} + \overline{x} + x \cdot z + \overline{y} \cdot z = \overline{x} + x \cdot z + \overline{y} \cdot z$$

Hasta aquí es suficiente, aunque todavía se puede simplificar más:

**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**

### 7.2.2. Aplicando las leyes de De Morgan, obtener el complemento de las siguientes funciones

a)  $f = (x + \bar{y})(yz + x\bar{y})$

$$\begin{aligned}\bar{f} &= \overline{(x + \bar{y})(yz + x\bar{y})} = \overline{(x + \bar{y})} + \overline{(yz + x\bar{y})} = \bar{x} \cdot y + \overline{yz} \cdot \overline{x\bar{y}} = \bar{x} \cdot y + (\bar{y} + \bar{z}) \cdot (\bar{x} + y) = \\ &= \bar{x} \cdot y + (\bar{x} \cdot \bar{y} + y \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot \bar{z} + y \cdot \bar{z}) = (\bar{x} \cdot y + \bar{x} \cdot \bar{y}) + 0 + \bar{x} \cdot \bar{z} + y \cdot \bar{z} = \\ &= \bar{x} + \bar{x} \cdot \bar{z} + y \cdot \bar{z} = \bar{x} + y \cdot \bar{z}\end{aligned}$$

b)  $g = \bar{y}(x + z) + y(\bar{x}z + x\bar{z})$

$$\begin{aligned}\bar{g} &= \overline{\bar{y}(x + z) + y(\bar{x}z + x\bar{z})} = \overline{\bar{y}(x + z)} \cdot \overline{y(\bar{x}z + x\bar{z})} = (\bar{\bar{y}} + \overline{(x + z)}) \cdot (\bar{y} + \overline{(\bar{x}z + x\bar{z})}) = \\ &= (y + \bar{x} \cdot \bar{z}) \cdot (\bar{y} + (\bar{\bar{x}z} \cdot \bar{x\bar{z}})) = (y + \bar{x} \cdot \bar{z}) \cdot (\bar{y} + (x + \bar{z}) \cdot (\bar{x} + z)) = \\ &= (y + \bar{x} \cdot \bar{z}) \cdot (\bar{y} + x \cdot \bar{x} + x \cdot z + \bar{x} \cdot \bar{z} + z \cdot \bar{z}) = (y + \bar{x} \cdot \bar{z}) \cdot (\bar{y} + 0 + x \cdot z + \bar{x} \cdot \bar{z} + 0) = \\ &= (y + \bar{x} \cdot \bar{z}) \cdot (\bar{y} + x \cdot z + \bar{x} \cdot \bar{z}) = y \cdot \bar{y} + x \cdot y \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{x} \cdot z \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{x} \cdot \bar{z} \cdot \bar{z} = \\ &= 0 + x \cdot y \cdot z + (\bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}) + 0 + \bar{x} \cdot \bar{z} = x \cdot y \cdot z + (\bar{x} \cdot \bar{z}) + \bar{x} \cdot \bar{z} = x \cdot y \cdot z + \bar{x} \cdot \bar{z}\end{aligned}$$

c)  $h = x\bar{y}(\bar{x} + z)(yz + x\bar{y})$

$$\begin{aligned}\bar{h} &= \overline{x\bar{y}(\bar{x} + z)(yz + x\bar{y})} = \bar{x} + y + \overline{(\bar{x} + z)} + \overline{(yz + x\bar{y})} = \bar{x} + y + x \cdot \bar{z} + \overline{yz} \cdot \overline{x\bar{y}} = \\ &= \bar{x} + y + x \cdot \bar{z} + (\bar{y} + \bar{z}) \cdot (\bar{x} + y) = \bar{x} + y + x \cdot \bar{z} + (\bar{x} \cdot \bar{y} + y \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot \bar{z} + y \cdot \bar{z}) = \\ &= \bar{x} + y + x \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot \bar{z} + y \cdot \bar{z} = (\bar{x} + \bar{x} \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot \bar{z}) + (y + y \cdot \bar{z}) + x \cdot \bar{z} = \bar{x} + y + x\bar{z}\end{aligned}$$

### 7.2.3. Verificar, mediante manipulaciones algebraicas adecuadas, las siguientes igualdades, justificando cada uno de los pasos haciendo referencia a un postulado o a un teorema

a)  $(x + \bar{y} + xy)(x + \bar{y})\bar{x}y = 0$

$$\begin{aligned}&\underbrace{(x + \bar{y} + xy) \cdot (x + \bar{y})}_{\text{teorema de absorción}} \cdot \bar{x}y \\ &\quad \downarrow (x + x \cdot y) = x \\ &(x + \bar{y}) \cdot (x + \bar{y}) \cdot \bar{x}y \\ &\quad \downarrow (x + \bar{y})(x + \bar{y}) = (x + \bar{y}) \quad \text{teorema de idempotencia} \\ &(x + \bar{y}) \cdot \bar{x}y = \underbrace{x \cdot \bar{x} \cdot y}_{\text{teorema de identidad } 0} + \underbrace{\bar{x} \cdot y \cdot \bar{y}}_{\text{teorema de identidad } 0} = 0\end{aligned}$$

b)  $(x + \bar{y} + x\bar{y})(xy + \bar{x}z + yz) = xy + \bar{x} \cdot \bar{y}z$

$$\begin{aligned}&\underbrace{(x + \bar{y} + x\bar{y})}_{\text{teorema de absorción } (x + x \cdot \bar{y}) = x} (xy + \bar{x}z + yz) \\ &\quad \downarrow (x + \bar{y}) (xy + \bar{x}z + yz) \quad \text{teorema de consenso} \\ &\quad \quad \downarrow \text{elemento neutro } yz = 1 \cdot yz = (\bar{x} + x)yz = \\ &\quad \quad \quad \downarrow \text{propiedad distributiva } = x \cdot yz + x \cdot yz = \\ &\quad \quad \quad \downarrow \text{teorema de absorción } \begin{cases} xy + x \cdot yz = xy \\ \bar{x}z + \bar{x} \cdot yz = \bar{x}z \end{cases} \\ &\quad \quad \quad \downarrow \text{propiedad distributiva} \\ &\quad \quad \quad \downarrow \text{teorema de idempotencia} \quad \begin{matrix} xxy + x\bar{x}z + xyy + \bar{x}yz \\ \quad \quad \quad \downarrow \text{teorema de identidad } 0 \end{matrix} \Rightarrow xy + \bar{x}yz\end{aligned}$$

### 7.2.4. Simplificar la siguiente función lógica por métodos algebraicos

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

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

7.2.5. Simplificar por Karnaugh la función cuya expresión en términos canónicos es:

$$f(x, y, z) = \sum_3 m(3, 5, 6)$$

tabla de verdad

| X | Y | Z | 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 | 0 |

m<sub>3</sub>m<sub>5</sub>m<sub>6</sub>

|   |   | YZ |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|
|   |   | 00 | 01 | 11 | 10 |
| X | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  |
|   | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  |

$$f(X, Y, Z) = X\bar{Y}Z + \bar{X}YZ + XY\bar{Z}$$

7.2.6. Utilizando los mapas de Karnaugh, simplificar las siguientes funciones de conmutación, obtenerlas en función de suma de productos o producto de sumas

a)  $f(w, x, y, z) = \sum m(5, 6, 9, 10)$

tabla de verdad

| W | X | Y | Z | f |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

m<sub>5</sub>m<sub>6</sub>m<sub>9</sub>m<sub>10</sub>

SOP

|    |    | YZ |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
| WX | 00 | 0  | 0  | 0  | 0  |
|    | 01 | 0  | 1  | 0  | 1  |
|    | 11 | 0  | 0  | 0  | 0  |
|    | 10 | 0  | 1  | 0  | 1  |

$$f(W, X, Y, Z) = \bar{W}X\bar{Y}Z + \bar{W}XY\bar{Z} + W\bar{X}\bar{Y}Z + W\bar{X}Y\bar{Z}$$

POS

|    |    | YZ |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
| WX | 00 | 0  | 0  | 0  | 0  |
|    | 01 | 0  | 1  | 0  | 1  |
|    | 11 | 0  | 0  | 0  | 0  |
|    | 10 | 0  | 1  | 0  | 1  |

$$f(W, X, Y, Z) = (W + X) \cdot (\bar{W} + \bar{X}) \cdot (Y + Z) \cdot (\bar{Y} + \bar{Z})$$

b)  $f(x, y, z) = \sum m(2, 3, 4, 5, 6, 7)$

tabla de verdad

| X | Y | Z | f |
|---|---|---|---|
|---|---|---|---|

SOP

|  | YZ |    |    |    |
|--|----|----|----|----|
|  | 00 | 01 | 11 | 10 |

POS

|  | X+Y | YZ |    |    |    |
|--|-----|----|----|----|----|
|  |     | 00 | 01 | 11 | 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

c)  $f(x,y,z) = \sum m(2,4,5,6)$

tabla de verdad

| X | Y | Z | f |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

$m_2$   
 $m_4$   
 $m_5$   
 $m_6$

SOP

|   |   | YZ |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|
|   |   | 00 | 01 | 11 | 10 |
| X | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  |
|   | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  |

$f(X,Y,Z) = X\bar{Y} + Y\bar{Z}$

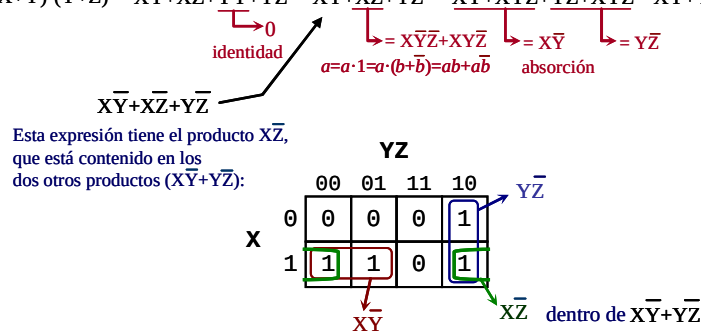
POS

|   |   | YZ |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|
|   |   | 00 | 01 | 11 | 10 |
| X | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  |
|   | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  |

$f(X,Y,Z) = (X+Y) \cdot (\bar{Y}+\bar{Z})$

Comprobación de igualdad (no es necesaria):

$$f(X,Y,Z) = (X+Y) \cdot (\bar{Y}+\bar{Z}) = X\bar{Y} + X\bar{Z} + Y\bar{Y} + Y\bar{Z} = X\bar{Y} + X\bar{Z} + Y\bar{Z} = X\bar{Y} + X\bar{Z} + Y\bar{Z} + XY\bar{Z} + XY\bar{Z} = X\bar{Y} + Y\bar{Z}$$



d)  $f(w,x,y,z) = \sum m(3,6,7,11,12,14,15)$

tabla de verdad

| W | X | Y | Z | f |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$m_3$   
 $m_6$   
 $m_7$   
 $m_{11}$   
 $m_{12}$   
 $m_{14}$   
 $m_{15}$

SOP

|    |    | YZ |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
| WX | 00 | 0  | 0  | 1  | 0  |
|    | 01 | 0  | 0  | 1  | 1  |
|    | 11 | 1  | 0  | 1  | 1  |
|    | 10 | 0  | 0  | 1  | 0  |

$f(W,X,Y,Z) = XY + YZ + WX\bar{Z}$

POS

|    |    | YZ |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
| WX | 00 | 0  | 0  | 1  | 0  |
|    | 01 | 0  | 0  | 1  | 1  |
|    | 11 | 1  | 0  | 1  | 1  |
|    | 10 | 0  | 0  | 1  | 0  |

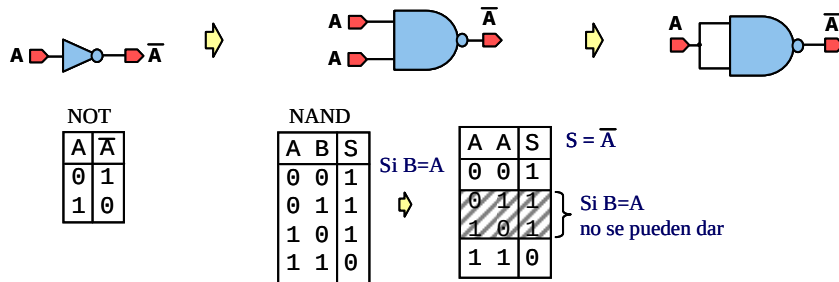
$f(W,X,Y,Z) = (W+Y) \cdot (X+Z) \cdot (Y+\bar{Z})$

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

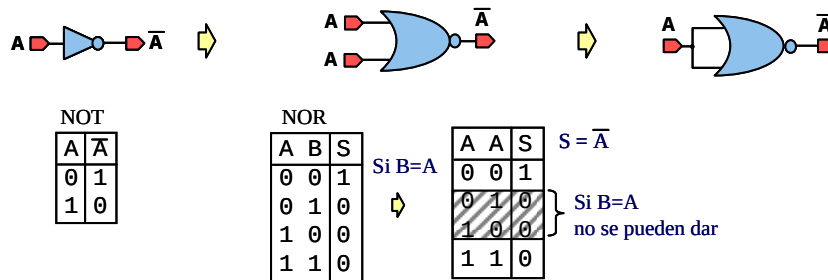
---

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

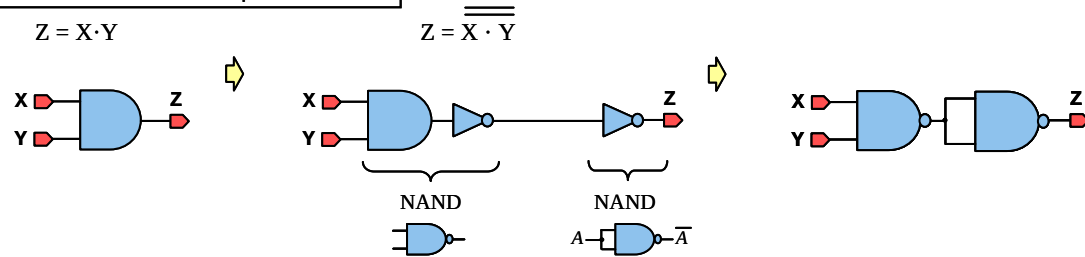
## Puerta NOT (inversor) hecha con puertas NAND



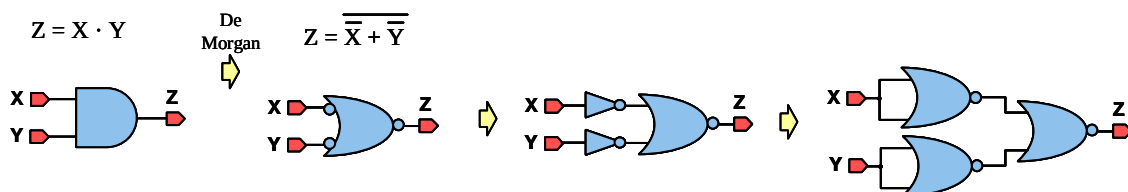
## Puerta NOT (inversor) hecha con puertas NOR



## Puerta AND hecha con puertas NAND



## Puerta AND hecha con puertas NOR



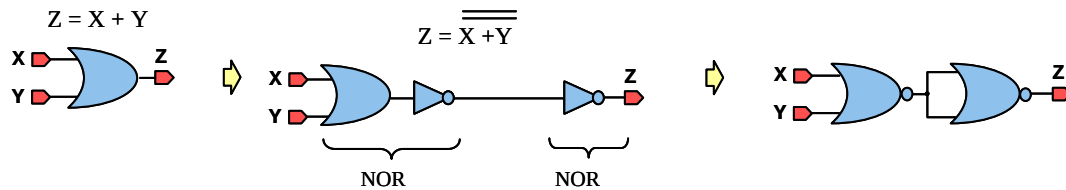
## Puerta OR hecha con puertas NAND

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

## Puerta OR hecha con puertas NOR



## 7.2.8. Comprobar las siguientes relaciones relativas a la función EXOR:

a)  $x \oplus x = 0$

| XOR |   |   |
|-----|---|---|
| A   | B | S |
| 0   | 0 | 0 |
| 0   | 1 | 1 |
| 1   | 0 | 1 |
| 1   | 1 | 0 |

$x \oplus x$   
 $A=x$  y  $B=x$   
 entonces hay 2 posibilidades:  
 $A=B=0 \rightarrow S=0$   
 $A=B=1 \rightarrow S=0$   
 Por tanto  $x \oplus x = 0$

Otra manera: Se extrae la 1FN de la XOR:  
 $A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$   
 Se sustituye  $A=x$ ,  $B=x$   
 $x \oplus x = \overline{x}x + x\overline{x} = 0$   
 0 0 teorema de identidad

$x \oplus \overline{x} = 1$

| XOR |   |   |
|-----|---|---|
| A   | B | S |
| 0   | 0 | 0 |
| 0   | 1 | 1 |
| 1   | 0 | 1 |
| 1   | 1 | 0 |

$x \oplus \overline{x}$   
 $A=x$  y  $B=\overline{x}$   
 entonces hay 2 posibilidades:  
 $A=0$ ;  $B=1 \rightarrow S=1$   
 $A=1$ ;  $B=0 \rightarrow S=1$   
 Por tanto  $x \oplus \overline{x} = 1$

Otra manera: Se extrae la 1FN de la XOR:  
 $A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$   
 Se sustituye  $A=x$ ,  $B=\overline{x}$   
 $x \oplus \overline{x} = \overline{x}\overline{x} + x\overline{x} = \overline{x} + x = 1$   
 $\overline{x}$   $xx=x$

b)  $x \oplus 0 = x$

| XOR |   |   |
|-----|---|---|
| A   | B | S |
| 0   | 0 | 0 |
| 0   | 1 | 1 |
| 1   | 0 | 1 |
| 1   | 1 | 0 |

$x \oplus 0$   
 $A=x$  y  $B=0$   
 entonces hay 2 posibilidades:  
 $A=0 \rightarrow S=0$   
 $A=1 \rightarrow S=1$   
 $S=A$   
 Por tanto  $x \oplus 0 = x$

Otra manera: Se extrae la 1FN de la XOR:  
 $A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$   
 Se sustituye  $A=x$ ,  $B=0$   
 $x \oplus 0 = \overline{x} \cdot 0 + x \cdot \overline{0} = x \cdot 1 = x$   
 0

$x \oplus 1 = \overline{x}$

| XOR |   |   |
|-----|---|---|
| A   | B | S |
| 0   | 0 | 0 |
| 0   | 1 | 1 |
| 1   | 0 | 1 |
| 1   | 1 | 0 |

$x \oplus 1$   
 $A=x$  y  $B=1$   
 entonces hay 2 posibilidades:  
 $A=0 \rightarrow S=1$   
 $A=1 \rightarrow S=0$   
 $S=\overline{A}$   
 Por tanto  $x \oplus 1 = \overline{x}$

Otra manera: Se extrae la 1FN de la XOR:  
 $A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$   
 Se sustituye  $A=x$ ,  $B=1$   
 $x \oplus 1 = \overline{x} \cdot 1 + x \cdot \overline{1} = \overline{x} + x \cdot 0 = \overline{x}$   
 0

c)  $x \oplus y = z \Rightarrow x \oplus z = y$

d)  $x \oplus y = z \Rightarrow x \oplus y \oplus z = 0$

$x \oplus y = z \Rightarrow x \oplus y \oplus z = 0$

| x | y | $z=x \oplus y$ | $w=(x \oplus y) \oplus z$ |
|---|---|----------------|---------------------------|
| 0 | 0 | 0              | 0                         |
| 0 | 1 | 1              | 0                         |
| 1 | 0 | 1              | 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



| x | y | $z=x \oplus y$ | $w=x \oplus z$ |
|---|---|----------------|----------------|
| 0 | 0 | 0              | 0              |
| 0 | 1 | 1              | 1              |
| 1 | 0 | 1              | 0              |
| 1 | 1 | 0              | 1              |

$y = w$

$$z = x \oplus y = \bar{x}y + x\bar{y}$$

$$w = x \oplus z = \bar{x}z + x\bar{z} = \bar{x}(\bar{x}y + x\bar{y}) + x(\overline{\bar{x}y + x\bar{y}})$$

$$= \bar{x}\bar{x}y + \bar{x}x\bar{y} + x(\bar{\bar{x}y} \cdot \bar{x\bar{y}}) = \bar{x}y + x(x + \bar{y}) \cdot (\bar{x} + y)$$

$$= \bar{x}y + x(\bar{x}\bar{y} + xy + \bar{x}y + y\bar{y}) = \bar{x}y + x\bar{x}\bar{y} + xxy + x\bar{x}y =$$

$$= \bar{x}y + xy = (\bar{x} + x)y = y$$

Por tanto

Es equivalente a:

7.2.9. Obtener la tabla de verdad que corresponde a las siguientes funciones de conmutación expresadas algebraicamente:

a)  $F = xy + \bar{x}z + y\bar{z}$

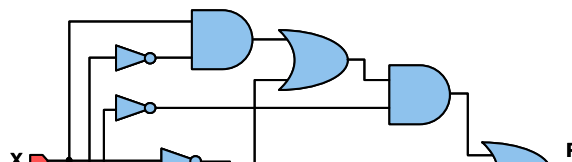
| X | Y | Z | XY | $\bar{X}Z$ | $Y\bar{Z}$ | F |
|---|---|---|----|------------|------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0  | 0          | 0          | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0  | 1          | 0          | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0  | 0          | 1          | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0  | 1          | 0          | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0  | 0          | 0          | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0  | 0          | 0          | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1  | 0          | 1          | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1  | 0          | 0          | 1 |

b)  $G = (\bar{x} + \bar{z})(y + z)$

| X | Y | Z | $\bar{X} + \bar{Z}$ | $Y + Z$ | G |
|---|---|---|---------------------|---------|---|
| 0 | 0 | 0 | 1                   | 0       | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1                   | 1       | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1                   | 1       | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1                   | 1       | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1                   | 0       | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0                   | 1       | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1                   | 1       | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0                   | 1       | 0 |

7.2.10. Para cada una de las funciones dadas a continuación, dibujar un circuito con puertas AND, OR Y NOT que la sintetice:

a)  $F = \bar{x}yz + y(\bar{x}z + z)$

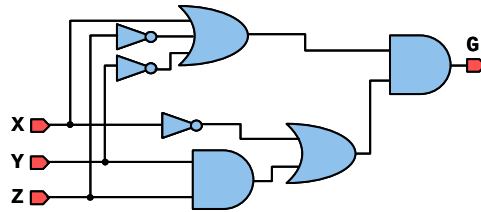


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

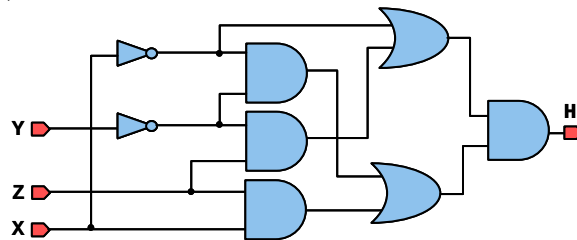
---

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

b)  $G = (x + \bar{y} + \bar{z})(\bar{x} + yz)$

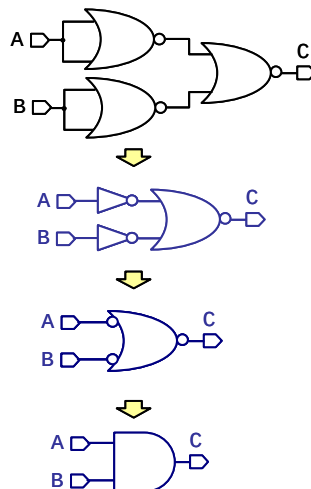


c)  $H = (\bar{x}\bar{y} + xz)(\bar{x} + yz)$

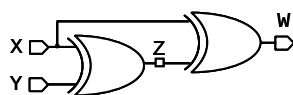


7.2.11. Para cada circuito obtener un circuito equivalente con el mínimo número de puertas lógicas:

a)



b)

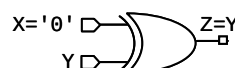


analizando la tabla de verdad vemos que  $W=Y$

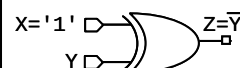
| X | Y | Z = X ⊕ Y | W = X ⊕ Z |
|---|---|-----------|-----------|
| 0 | 0 | 0         | 0         |
| 0 | 1 | 1         | 1         |
| 1 | 0 | 1         | 1         |
| 1 | 1 | 0         | 0         |

También se puede analizar de otra manera :

En la XOR,  
si  $X=0$ ' entonces  $Z=Y$   
(deja pasar la otra señal)



Si  $X=1$ ' entonces  $Z=\bar{Y}$   
(niega la otra señal)

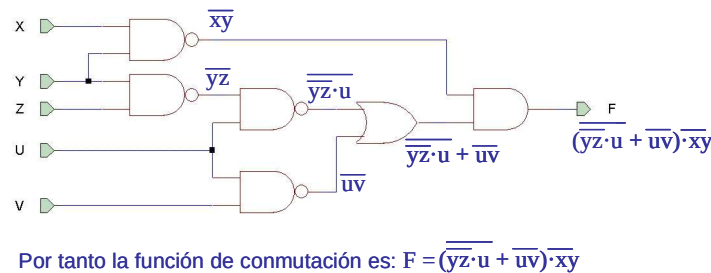


**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

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

### 7.2.12. Obtener la función de conmutación sintetizada por el circuito de la figura:



### 7.2.13. Para la siguiente función lógica obtener:

- 1) Obtener mediante operaciones lógicas las formas canónicas en 1ª Forma Normal (1FN) y 2ª Forma Normal (2FN)
- 2) Elaborar la tabla de verdad del circuito
- 3) Hacer el mapa de Karnaugh
- 4) Obtener a partir del mapa de Karnaugh la ecuación simplificada en suma de productos (SOP) y productos de sumas (POS)
- 5) Dibujar las representaciones en puertas lógicas del circuito correspondiente a la 1FN, 2FN, y las correspondientes de SOP y POS obtenidas del mapa de Karnaugh

$$F(A, B, C, D) = \left( \left( A + \overline{A} \cdot (\overline{B \cdot C}) \right) + B \cdot C \right) \overline{C \cdot D} =$$

#### 1) Obtención de la 1FN y 2FN

$$F(A, B, C, D) = \left( \left( A + \overline{A} \cdot (\overline{B \cdot C}) \right) + B \cdot C \right) \overline{C \cdot D} = \left( (A + \overline{A} \cdot (\overline{B \cdot C})) \cdot \overline{B \cdot C} \right) \overline{C \cdot D} =$$

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

Por el teorema de absorción  $A + \overline{A} \cdot \overline{B} = A + \overline{B}$

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

Tenemos la ecuación en Producto de Sumas (POS), ahora para cada producto vemos qué variable falta, y le añadimos el producto de dicha variable por su complemento (que es igual a 0) para obtener la 2FN:

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

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

$$\cdot (A + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}) \cdot (A + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}) \cdot (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}) \cdot (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D})$$

Quitando los repetidos obtenemos la 2FN:

$$(A + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}) \cdot (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}) \cdot (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}) \cdot (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D})$$

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

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

Ya tenemos la ecuación en Suma de Productos (SOP), ahora para cada suma, vemos qué variable le falta y le multiplicamos la suma de dicha variable por su complemento (que da 1), obteniendo así la 1FN:

$$\begin{aligned} \bar{B}\bar{C} + \bar{B}\bar{D} + A\bar{C} &= (A + \bar{A})\bar{B}\bar{C}\cdot(D + \bar{D}) + (A + \bar{A})\bar{B}\cdot(C + \bar{C})\bar{D} + A\cdot(B + \bar{B})\bar{C}\cdot(D + \bar{D}) = \\ &= A\bar{B}\bar{C}\cdot D + A\bar{B}\bar{C}\cdot\bar{D} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}\cdot D + \bar{A}\bar{B}\bar{C}\cdot\bar{D} + A\bar{B}C\cdot\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}\cdot D + \bar{A}\bar{B}C\cdot\bar{D} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}\cdot D + \\ &\quad + A\bar{B}\bar{C}\cdot D + A\bar{B}\bar{C}\cdot\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}\cdot D + A\bar{B}\bar{C}\cdot\bar{D} \end{aligned}$$

Quitando los repetidos obtenemos la 1FN:

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

## 2) Elaboración de la tabla de verdad

La tabla de verdad la obtenemos directamente de la 1FN ó 2FN. Si tomamos la 1FN, cada uno de los minitérminos aporta un '1' a la tabla de verdad. Las posiciones que no se hayan rellenado irán con '0'.

Si tomamos la 2FN, cada uno de los maxitérminos aporta un '0' a la tabla de verdad. Se debe recordar, que en la tabla de verdad a partir de maxitérminos se ponen los literales complementados. En el resto de posiciones se ponen '1'.

El resultado debe ser el mismo haciéndolo por la 1FN y la 2FN. Y por tanto, la suma del número de minitérminos y maxitérminos debe ser igual al número de posibilidades:  $2^N$  (siendo N el número de variables). Para mostrarlo, en la figura se muestra la obtención de la tabla de verdad por la 1FN y la 2FN (no hace falta hacer dos tablas de verdad).

Por la 1FN

| A | B | C | D | F |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Por la 2FN

| A | B | C | D | F |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

## 3) Mapa de Karnaugh

| SOP         | CD          | POS         | CD          |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 00 01 11 10 | 00 01 11 10 | 00 01 11 10 | 00 01 11 10 |
| 00 1 1 0 1  | 00 1 1 0 1  | 00 1 1 0 1  | 00 1 1 0 1  |

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

---

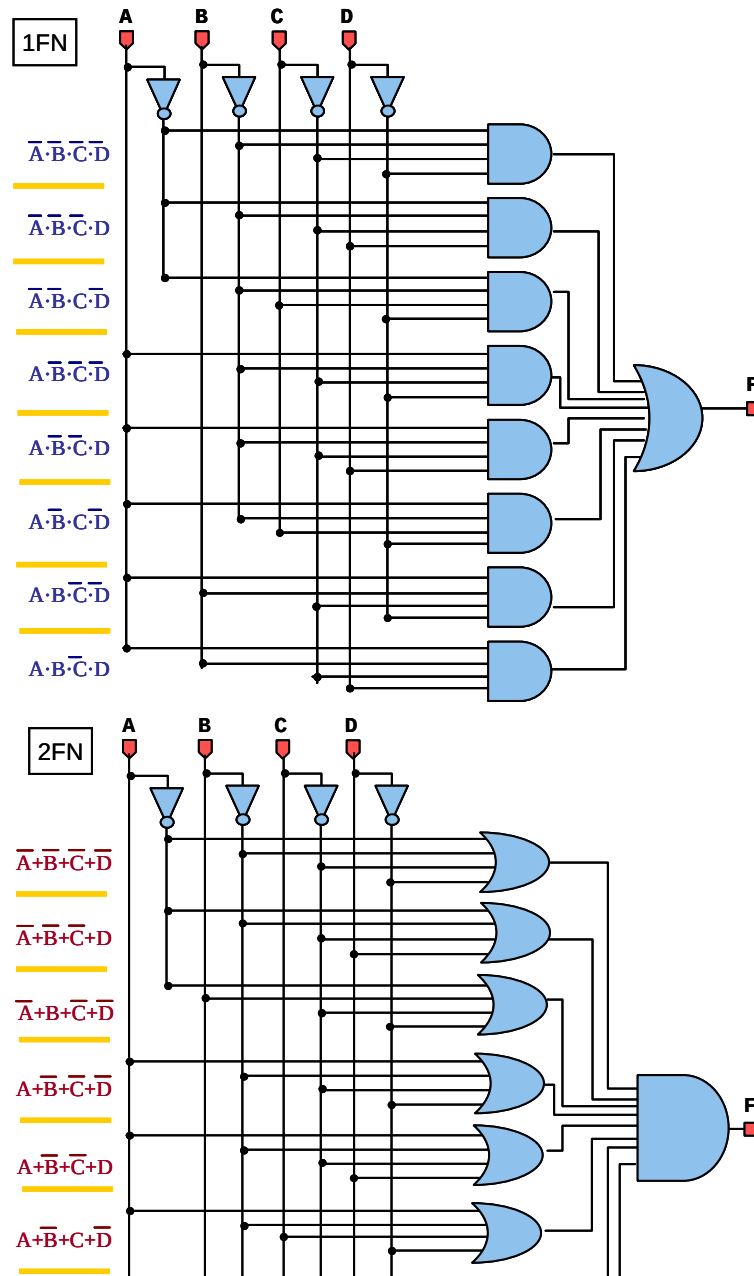
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 4) Ecuaciones:

En suma de productos  $f = A\bar{C} + \bar{B}\bar{C} + \bar{B}\bar{D}$

En producto de sumas  $f = (A + \bar{B}) \cdot (\bar{B} + \bar{C}) \cdot (\bar{C} + \bar{D})$

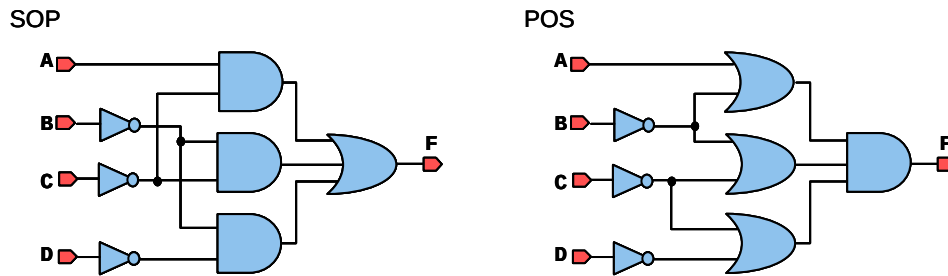
## 5) Esquemas en puertas lógicas:



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



Se ve que las formas normales son mucho más complejas que las SOP y POS obtenidas por Karnaugh

#### 7.2.14. Para la siguiente función lógica obtener:

- 1) Obtener mediante operaciones lógicas las formas canónicas en 1ª Forma Normal (1FN) y 2ª Forma Normal (2FN)
- 2) Elaborar la tabla de verdad del circuito
- 3) Hacer el mapa de Karnaugh
- 4) Obtener a partir del mapa de Karnaugh la ecuación simplificada en suma de productos (SOP) y productos de sumas (POS)
- 5) Dibujar las representaciones en puertas lógicas del circuito correspondiente a la 1FN, 2FN, y las correspondientes de SOP y POS obtenidas del mapa de Karnaugh

a)  $F(A, B, C) = (\overline{\overline{A} \cdot B + \overline{A} \cdot C + B \cdot A + B \cdot C}) + (\overline{A + \overline{B}})$

#### 1) Obtención de la 1FN y 2FN

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

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

Como  $(A + \overline{B}) \cdot (\overline{A} + \overline{B}) = (A \cdot \overline{A}) + \overline{B} = 0 + \overline{B} = \overline{B}$  entonces:

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

Para ponerla en SOP:

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

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

Obtenemos la 1FN:

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

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

$$\text{1FN: } A \cdot \overline{B} \cdot C + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot B \cdot C + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C}$$

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

Obtenemos la 2FN:

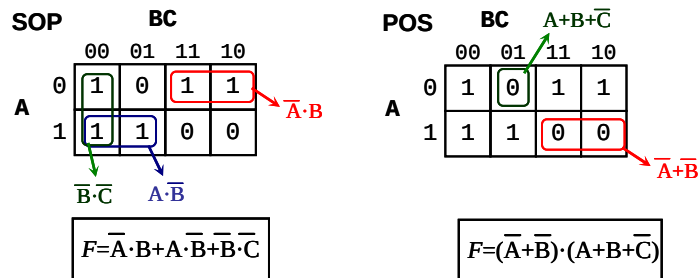
$$= (\bar{A} + \bar{B} + (C \cdot \bar{C})) \cdot (A + B + \bar{C}) = (\bar{A} + \bar{B} + C) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot (A + B + \bar{C})$$

**2FN:**  $(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + C) \cdot (A + B + \bar{C})$

## 2) Elaboración de la tabla de verdad

| A | B | C | F |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

## 3) Mapa de Karnaugh

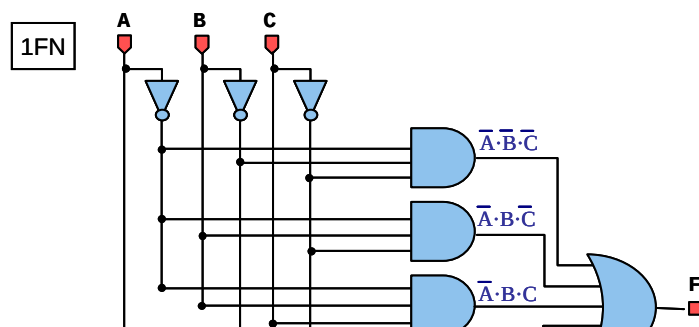


## 4) Ecuaciones

En suma de productos  $f = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot \bar{C}$

En producto de sumas  $f = (\bar{A} + \bar{B}) \cdot (A + B + \bar{C})$

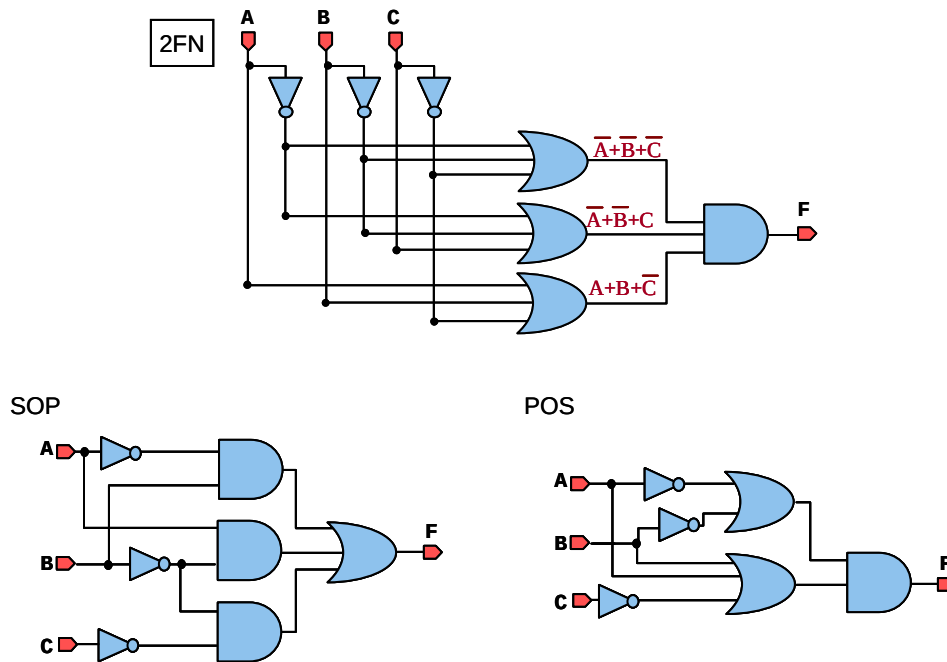
## 5) Esquemas en puertas lógicas:



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



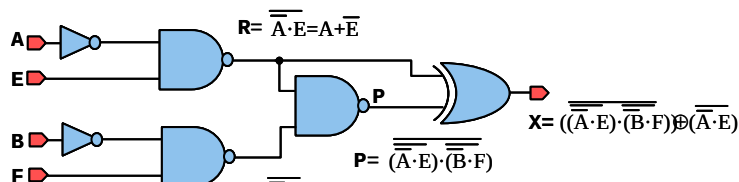
### 7.2.15. Del circuito siguiente obtener:

- 1) La ecuación de la salida en suma de productos
- 2) La tabla de verdad del circuito
- 3) Hacer el mapa de Karnaugh
- 4) Obtener a partir del mapa de Karnaugh la ecuación simplificada en suma de productos (SOP) y productos de sumas (POS)
- 5) Dibujar el esquema en puertas de las ecuaciones en suma de productos y producto de sumas simplificados

#### 1) Ecuación de la salida en suma de productos

Identificamos la ecuación de cada señal en el esquema:

Y obtenemos la ecuación en SOP:



$$\begin{aligned}
 X &= ((\overline{A} \cdot E) + (\overline{B} \cdot F)) + (\overline{A} \cdot E) \\
 &= (\overline{A} \cdot E + \overline{B} \cdot F) + (\overline{A} \cdot E) + (\overline{A} \cdot E) \\
 &= (\overline{A} \cdot E + \overline{B} \cdot F) + \overline{A} \cdot E + (\overline{A} \cdot E) + (\overline{B} \cdot F) + (\overline{A} \cdot E) \\
 &= \overline{A} \cdot E + (\overline{A} \cdot E) + (\overline{B} \cdot F) + (\overline{A} \cdot E) \\
 &= \overline{A} \cdot E + (\overline{A} \cdot E) + (\overline{B} \cdot F) =
 \end{aligned}$$

**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**

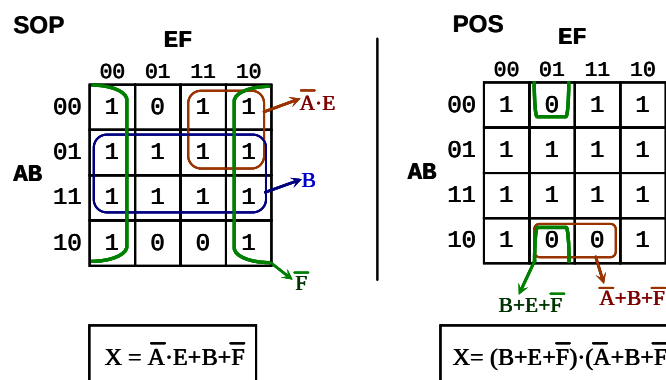


## 2) Tabla de verdad

Una de las maneras de elaborar la tabla de verdad es ir evaluando los valores a las salidas de cada una de las puertas.

|   |   |   |   | $A+\bar{E}$ | $B+\bar{F}$ | $\bar{R}\cdot S$ | $P\oplus R$ |
|---|---|---|---|-------------|-------------|------------------|-------------|
| A | B | E | F | R           | S           | P                | X           |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1           | 1           | 0                | 1           |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1           | 0           | 1                | 0           |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0           | 1           | 1                | 1           |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0           | 0           | 1                | 1           |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1           | 1           | 0                | 1           |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1           | 1           | 0                | 1           |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0           | 1           | 1                | 1           |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0           | 1           | 1                | 1           |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1           | 1           | 0                | 1           |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1           | 0           | 1                | 0           |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1           | 1           | 0                | 1           |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1           | 0           | 1                | 0           |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1           | 1           | 0                | 1           |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1           | 1           | 0                | 1           |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1           | 1           | 0                | 1           |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1           | 1           | 0                | 1           |

## 3) Mapa de Karnaugh



## 4) Ecuaciones en SOP y POS

## 5) Esquema de la ecuaciones en SOP y POS simplificadas



7.2.16. Del circuito siguiente obtener:

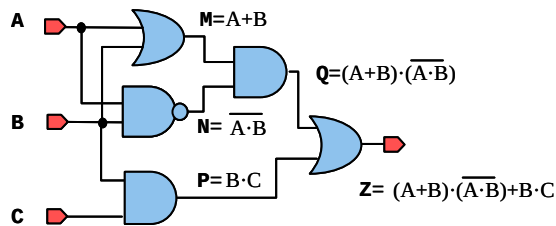
- 1) La ecuación de la salida en suma de productos
- 2) La tabla de verdad del circuito
- 3) Hacer el mapa de Karnaugh
- 4) Obtener a partir del mapa de Karnaugh la ecuación simplificada en suma de productos (SOP) y productos de sumas (POS)

**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**

## 1) Ecuación de la salida en suma de productos



$$Z = (A + B) \cdot (\overline{A \cdot B}) + B \cdot C$$

$$Z = (A + B) \cdot (\overline{A} + \overline{B}) + B \cdot C$$

$$Z = (A \cdot \overline{A} + A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B + \overline{B} \cdot B) + B \cdot C$$

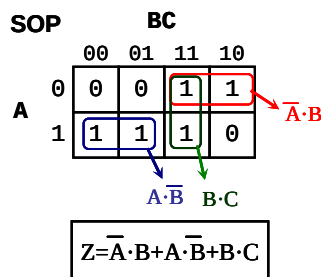
$$Z = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B + B \cdot C$$

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

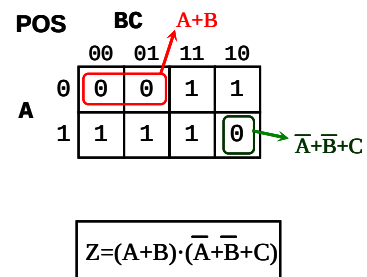
## 2) Tabla de verdad minimizadas

| A+B |   |   | $\overline{A \cdot B}$ | M·N | B·C | Q+P |   |
|-----|---|---|------------------------|-----|-----|-----|---|
| A   | B | C | M                      | N   | Q   | P   | Z |
| 0   | 0 | 0 | 0                      | 1   | 0   | 0   | 0 |
| 0   | 0 | 1 | 0                      | 1   | 0   | 0   | 0 |
| 0   | 1 | 0 | 1                      | 1   | 1   | 0   | 1 |
| 0   | 1 | 1 | 1                      | 1   | 1   | 1   | 1 |
| 1   | 0 | 0 | 1                      | 1   | 1   | 0   | 1 |
| 1   | 0 | 1 | 1                      | 1   | 1   | 0   | 1 |
| 1   | 1 | 0 | 1                      | 0   | 0   | 0   | 0 |
| 1   | 1 | 1 | 1                      | 0   | 0   | 1   | 1 |

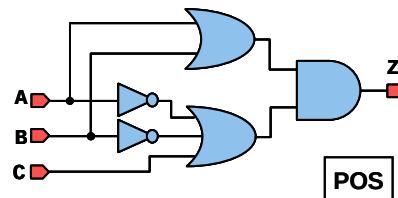
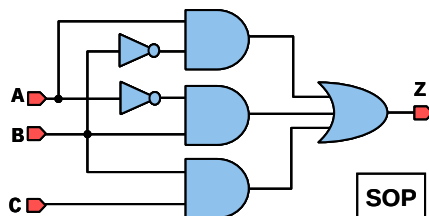
SOP



POS



## 5) Esquema en puertas de la ecuaciones en SOP y POS simplificadas:



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

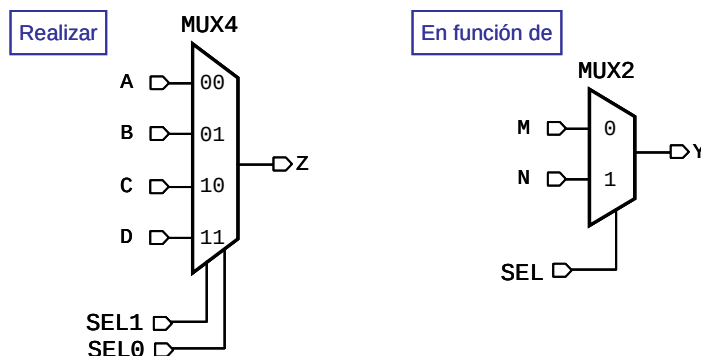
---

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

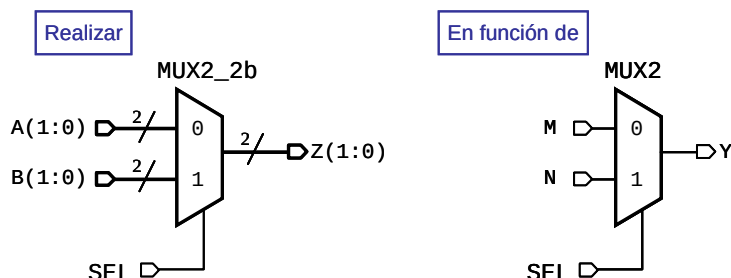
## 8. Bloques combinacionales

### 8.1. Enunciados

8.1.1. Realizar un multiplexor de 4 entradas de datos en función de multiplexores de 2 entradas de datos



8.1.2. Realizar un multiplexor de 2 entradas de datos de dos bits de ancho, en función de multiplexores de 2 entradas de datos de un bit de ancho.



8.1.3. Realizar un decodificador de 4 entradas y 16 salidas a partir de decodificadores de 2 entradas y 4 salidas.

8.1.4. Explicar **brevemente** la implementación de una función lógica mediante un multiplexor y un decodificador. ¿Cuál de las dos opciones es preferible?

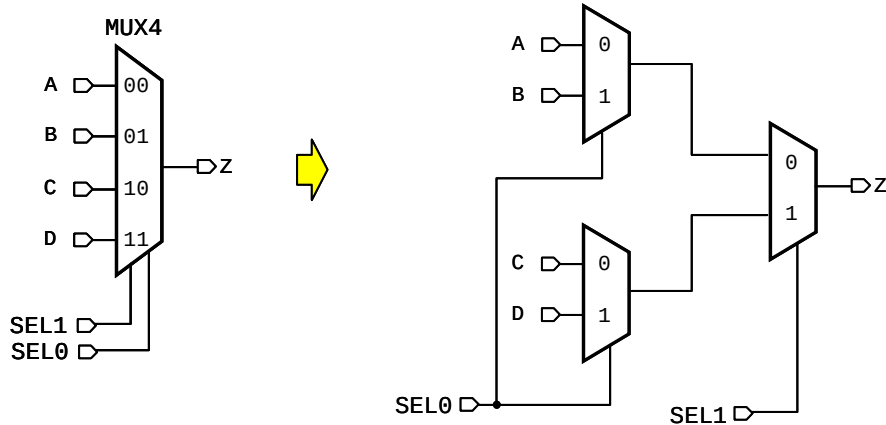
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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

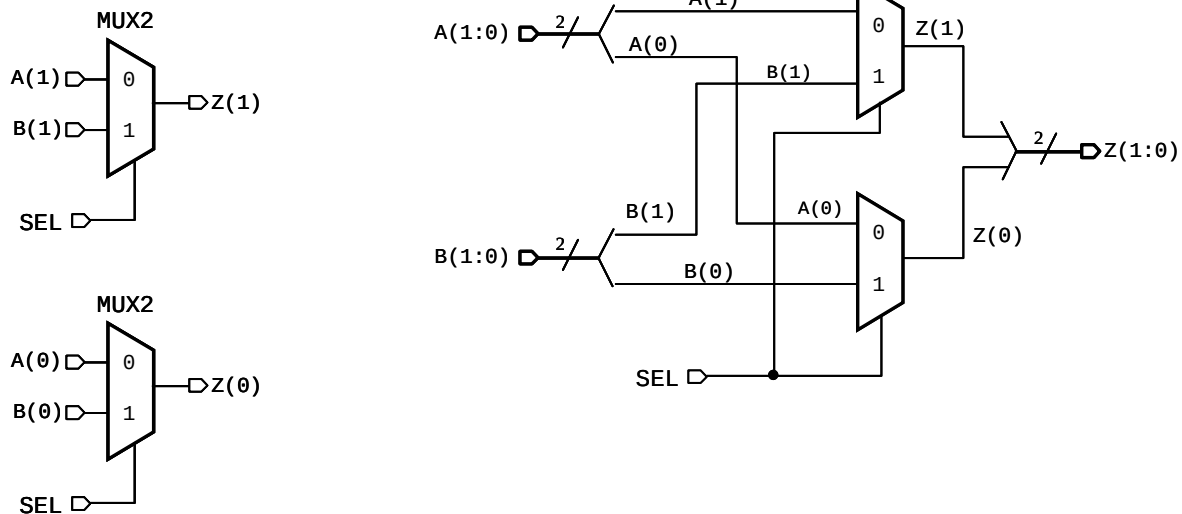
## 8.2. Soluciones

8.2.1. Realizar un multiplexor de 4 entradas de datos en función de multiplexores de 2 entradas de datos



8.2.2. Realizar un multiplexor de 2 entradas de datos de dos bits de ancho, en función de multiplexores de 2 entradas de datos de un bit de ancho.

Simplemente hay que tomar un Dibujo todo junto queda:  
multiplexor para cada índice:



8.2.3. Realizar un decodificador de 4 entradas y 16 salidas a partir de decodificadores de 2 entradas y 4 salidas.

**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**

Y la tabla de verdad del decodificador que queremos obtener es la siguiente:

| DECOD3a8 |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----------|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| A0       | A1 | A2 | A3 | E | S0 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 |
| 0        | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 0        | 0  | 0  | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 0        | 0  | 1  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 0        | 0  | 1  | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 0        | 1  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 0        | 1  | 0  | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 0        | 1  | 1  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 0        | 1  | 1  | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 0  | 0  | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 0  | 1  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 0  | 1  | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 0  | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 1  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 1  | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 0  | 0  | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 0  | 1  | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 1  | 0  | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 1  | 1  | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 1  | 1  | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 1  | 1  | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |
| 1        | 1  | 1  | 1  | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   |

En la tabla de verdad vemos que las señales de salida se han agrupado de cuatro en cuatro. En la siguiente figura se han separado estos grupos más el caso en que E = '0'.

| E                                         | A3 | A2 | A1 | A0 | S15 | S14 | S13 | S12 | S11 | S10 | S9 | S8 | S7 | S6 | S5 | S4 | S3 | S2 | S1 | S0 |
|-------------------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0                                         | X  | X  | X  | X  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| E = '0': Inhabilitado                     |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| todas '0'                                 |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1                                         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 0  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 0  | 0  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1er decod activo cuando A3 = '0' A2 = '0' |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| todas '0'                                 |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1                                         | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 0  | 1  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 0  | 1  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 0  | 1  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 2º decod activo cuando A3 = '0' A2 = '1'  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| todas '0'                                 |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1                                         | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 1  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 1  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 1  | 0  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 3er decod activo cuando A3 = '1' A2 = '0' |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| todas '0'                                 |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1                                         | 1  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 1  | 1  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 1  | 1  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                                         | 1  | 1  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 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

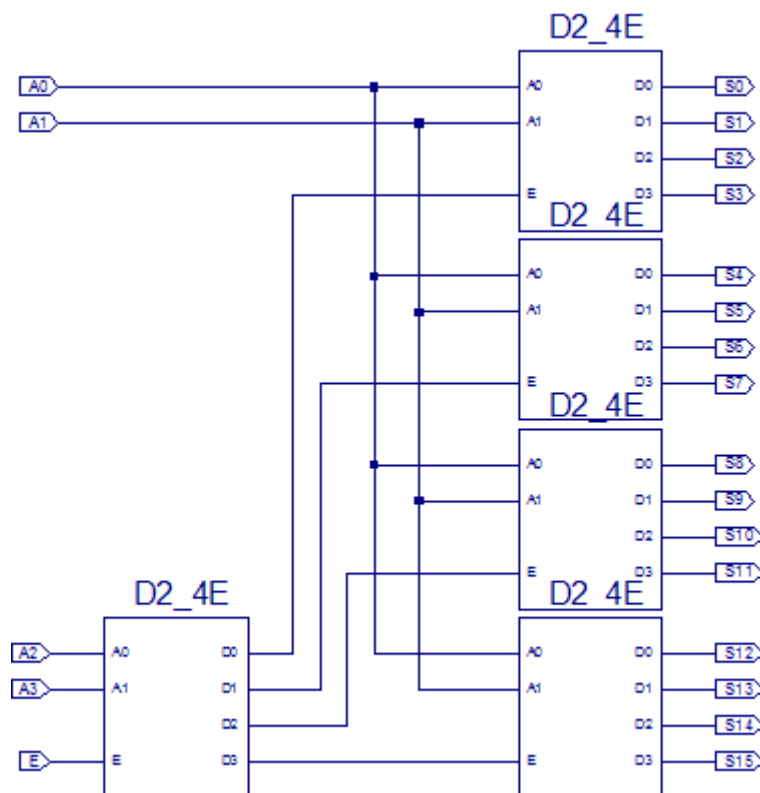
Podemos ver que para cada grupo se puede utilizar un decodificador de 2 a 4. Todos los decodificadores tendrán las mismas entradas A1 y A0. La única diferencia está en las salidas a las que se conecta cada decodificador, y la habilitación. Por ejemplo, el primer decodificador tendrá como salidas S0, S1, S2 y S3 y sólo estará habilitado cuando A3='0' y A2='0'; el segundo decodificador estará habilitado cuando A3='0' y A2='1'. Y de manera similar para el tercer y cuarto decodificador (como lo muestra la figura).

Así que usaremos cuatro decodificadores de 2 a 4 para las 16 salidas. Además necesitaremos crear la lógica que se encargue de habilitar cada decodificador. Si nos fijamos en las señales A3 y A2 de la tabla de verdad, y de cómo habilitan a cada decodificador, podemos extraer la tabla de verdad de la figura. En ella se ponen las señales de habilitación de cada decodificador (E4, E3, E2, E1) en función de la habilitación general (E) y las entradas A3 y A2. Podemos ver que la tabla de verdad se corresponde con la tabla de verdad de un decodificador de 2 a 4, así que para las señales de habilitación de los cuatro decodificadores usaremos otro decodificador de 2 a 4.

Señales de habilitación de los 4 decodificadores

| E | A3 | A2 | E4 | E3 | E2 | E1 |                                            |
|---|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------------|
| 0 | X  | X  | 0  | 0  | 0  | 0  | → Ningún decodificador habilitado          |
| 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | → 1 <sup>er</sup> decodificador habilitado |
| 1 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | → 2 <sup>o</sup> decodificador habilitado  |
| 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | → 3 <sup>er</sup> decodificador habilitado |
| 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | → 4 <sup>o</sup> decodificador habilitado  |

Y conectamos los decodificadores:

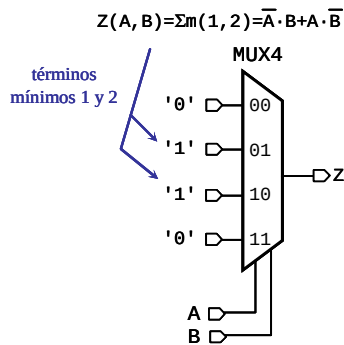


**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

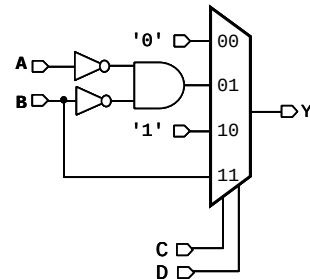
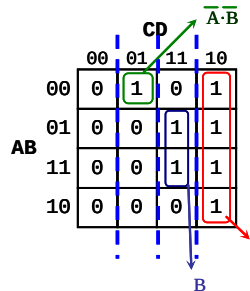
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Mismo número de variables que entradas de selección



Mayor número de variables que entradas de selección

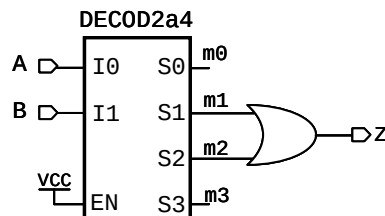
$$Y(A, B, C, D) = \sum m(1, 2, 6, 7, 10, 14, 15)$$



Con un decodificador:

Si tenemos el mismo número de variables que entradas del decodificador, se unen con una puerta OR todas las salidas correspondientes a los términos mínimos de la función.

$$Z(A, B) = \sum m(1, 2) = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$$



Ventajas:

Si se tiene el mismo número de variables que entradas de selección, la ventaja del multiplexor es que no hace falta añadir ninguna puerta externa. Sin embargo con el decodificador necesitamos una puerta OR.

Por otro lado, con más variables que entradas de selección el multiplexor reduce la complejidad del mapa de Karnaugh.

El decodificador también podría utilizarse cuando hubiese más variables que señales de entrada, aunque el método de diseño no es tan fácil como el empleado en el multiplexor

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

## 9. Elementos de memoria

### 9.1. Enunciados

9.1.1. Realizar un biestable J-K a partir de un biestable T. Explicar el procedimiento

### 9.2. Enunciados

9.2.1. Realizar un biestable J-K a partir de un biestable T. Explicar el procedimiento

1) Ponemos la tabla de verdad completa de lo que queremos: el biestable J-K

| J | K | Q(t-1) | Q(t) |
|---|---|--------|------|
| 0 | 0 | 0      | 0    |
| 0 | 0 | 1      | 1    |
| 0 | 1 | 0      | 0    |
| 0 | 1 | 1      | 0    |
| 1 | 0 | 0      | 1    |
| 1 | 0 | 1      | 1    |
| 1 | 1 | 0      | 1    |
| 1 | 1 | 1      | 0    |

2) Incluimos en la tabla una columna que nos diga cómo obtener el paso de Q(t-1) a Q(t) con lo que partimos: el biestable T

| J | K | Q(t-1) | Q(t) | T |
|---|---|--------|------|---|
| 0 | 0 | 0      | 0    | 0 |
| 0 | 0 | 1      | 1    | 0 |
| 0 | 1 | 0      | 0    | 0 |
| 0 | 1 | 1      | 0    | 1 |
| 1 | 0 | 0      | 1    | 1 |
| 1 | 0 | 1      | 1    | 0 |
| 1 | 1 | 0      | 1    | 1 |
| 1 | 1 | 1      | 0    | 1 |

Como es un biestable T, cuando Q(t) sea igual a Q(t-1), T será '0'. Mientras que cuando sean distintos T tendrá que ser '1'

3) Ahora, con las entradas J, K y Q(t-1) hallamos la lógica necesaria para obtener T

| J | K | Q(t-1) | T |
|---|---|--------|---|
| 0 | 0 | 0      | 0 |
| 0 | 0 | 1      | 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



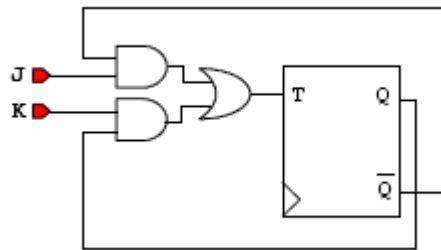
$$K \text{ -- } Q(t-1)$$

|   |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|
|   | 00 | 01 | 11 | 10 |
| J | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 1 | 1  | 0  | 1  | 1  |

$J \cdot \overline{Q(t-1)}$ 
 $K \cdot Q(t-1)$

$$T = K \cdot Q(t-1) + J \cdot \overline{Q(t-1)}$$

5) Y dibujamos el circuito final



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

---

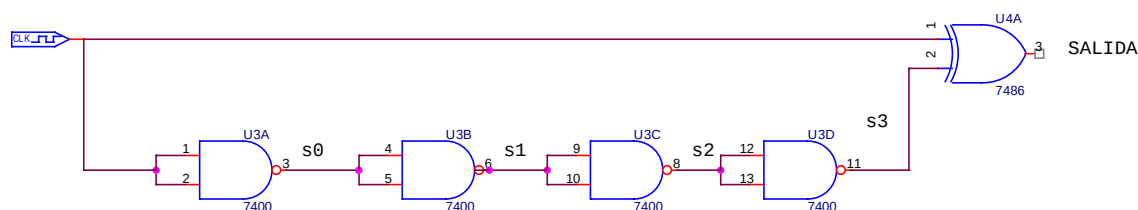
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 10. Análisis de circuitos 1

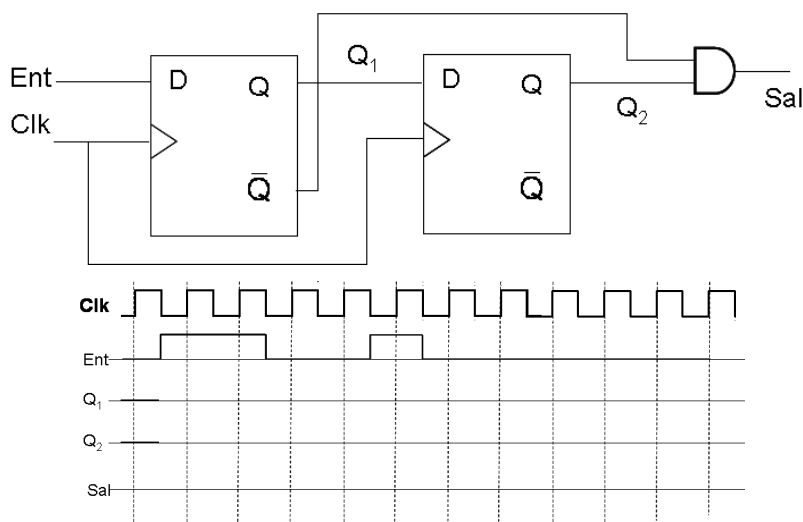
### 10.1. Enunciados

10.1.1. Dibujar la forma de onda a la salida del circuito de la figura durante 6 ciclos de la señal de reloj CLK, considerando

- El circuito ideal, es decir, los tiempos de propagación de las puertas son 0 ns.
- Tiempo de propagación de las puertas vale  $\delta=10\text{ns}$ . La frecuencia de la señal de reloj es de 1 MHz.



10.1.2. Completar el cronograma adjunto para el circuito de la figura. ¿Cuál es el cometido de este circuito lógico?



10.1.3. Completar la tabla de verdad que describe el siguiente circuito lógico. Indicar a qué

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

---

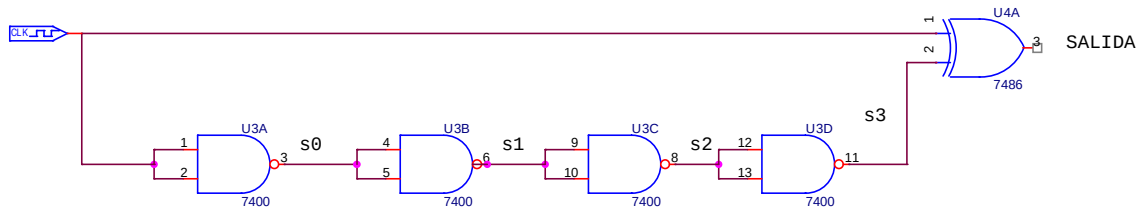
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**

| A | B | Q(t) | Operación |
|---|---|------|-----------|
|   |   |      |           |
|   |   |      |           |
|   |   |      |           |
|   |   |      |           |

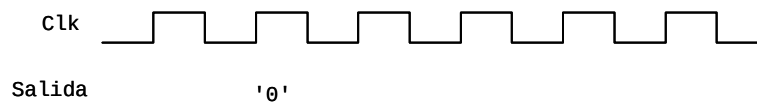
## 10.2. Soluciones

10.2.1. Dibujar la forma de onda a la salida del circuito de la figura durante 6 ciclos de la señal de reloj CLK, considerando

- El circuito ideal, es decir, los tiempos de propagación de las puertas son 0 ns.
- Tiempo de propagación de las puertas vale  $\delta=10\text{ns}$ . La frecuencia de la señal de reloj es de 1 MHz.

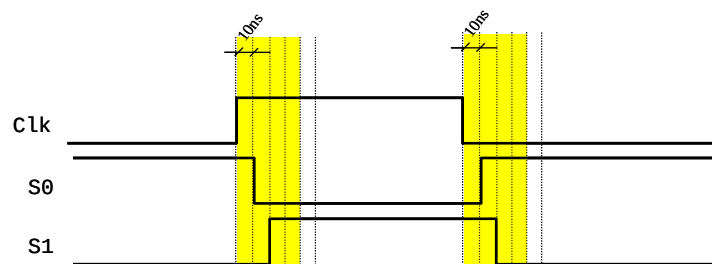


a) Si el circuito fuese ideal, el efecto de las puertas NAND, que funcionan como inversores, se anula, y por tanto en ambas entradas de la XOR tendríamos la misma señal CLK. Por tanto, la salida sería '0' durante todo el tiempo.



b) El circuito es real, y tanto las puertas NAND como la XOR introducen retardo. Así que transcurre un tiempo desde que hay una transición en la señal CLK hasta que se estabiliza SALIDA.

Cada puerta hace que haya un retardo y por lo tanto se van acumulando como muestra la siguiente figura (no está a escala). Al final la salida es 1 en los instantes cuando  $\text{CLK} \neq \text{S3}$ , aunque también ésta salida sufre el retardo debido a la XOR.

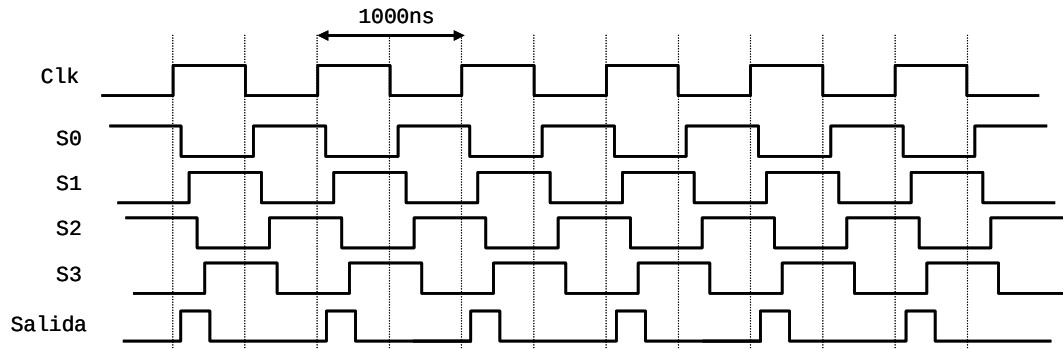


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

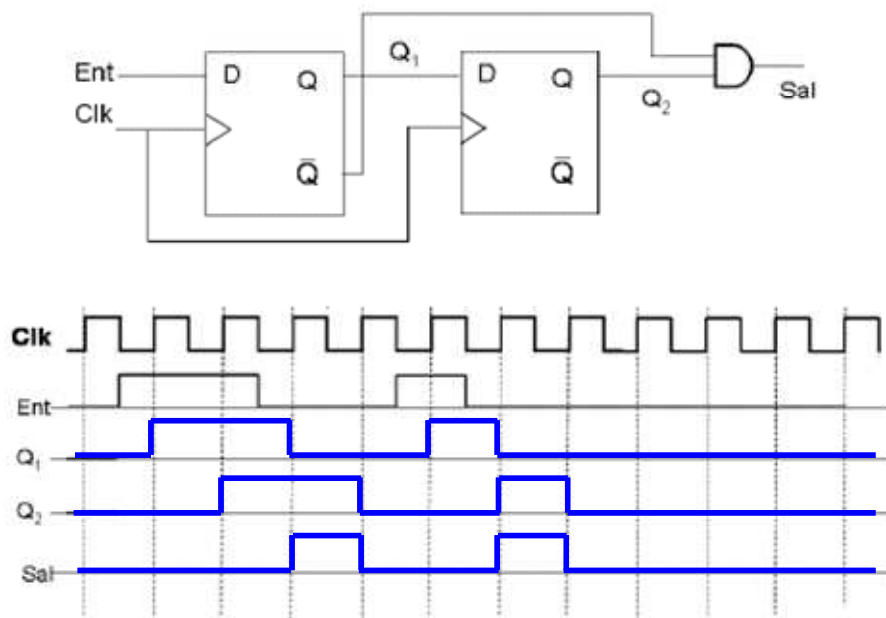
---

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

En 6 ciclos de reloj, el cronograma sería como el siguiente (no está a escala)



10.2.2. Completar el cronograma adjunto para el circuito de la figura. ¿Cuál es el cometido de este circuito lógico?



El circuito detecta flancos de bajada de la señal de entrada Ent, es decir, cuando en la señal Ent hay una transición de 1 a 0, por medio de la salida sal el circuito da un pulso que dura un ciclo de reloj.

¿Por qué? Primero, el biestable Q1 copia el valor de la señal Ent después de cada flanco de subida del reloj. Luego, en el siguiente flanco de reloj el biestable Q2, copia el valor de Q1, y por tanto, Q2 es exactamente igual que la señal Q1, salvo que está retrasada un ciclo de reloj.

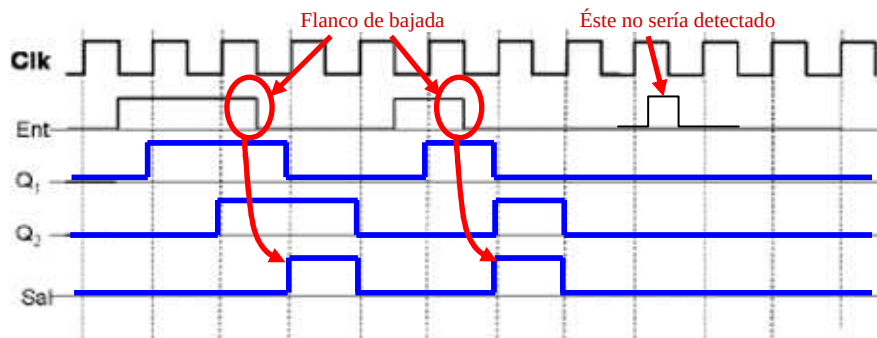
Así que para cada pulso (subida y bajada) de la señal Ent, sólo habrá un ciclo de reloj en el que  $Q1 = 0$  y  $Q2 = 1$ , en dicho ciclo de reloj es cuando se activa la señal Sal

Para que las transiciones de Ent sean detectadas, el pulso debe durar como mínimo un ciclo de reloj.

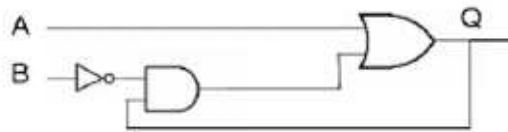
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

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



10.2.3. Completar la tabla de verdad que describe el siguiente circuito lógico. Indicar a qué biestable corresponde el circuito, y qué señales son A y B



| A | B | Q(t)     | Operación          |
|---|---|----------|--------------------|
| 0 | 0 | Q(t - 1) | Mantiene Q         |
| 0 | 1 | 0        | Puesta a 0 (Reset) |
| 1 | 0 | 1        | Puesta a 1 (Set)   |
| 1 | 1 | 1        |                    |

Es equivalente a un latch S-R asíncrono, en el que:

- A es equivalente a S (Set)
- B es equivalente a R (Reset)
- Y en el que nunca se debe dar la condición A=B='1' (condición prohibida).

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

## 11. Toldo automático

### 11.1. Enunciado

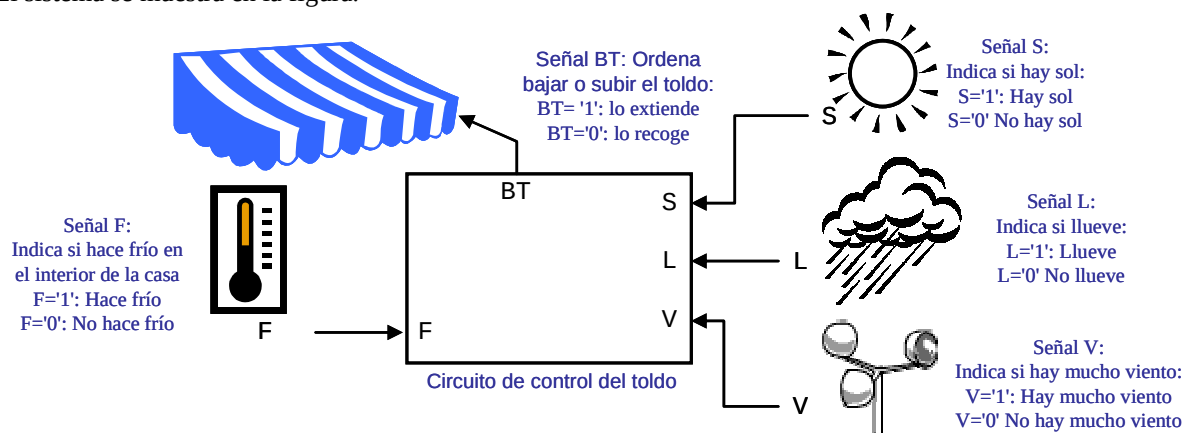
Se desea realizar un circuito de control para el toldo de una terraza de una vivienda. El toldo tiene la función tanto de dar sombra como de proteger del viento y de la lluvia. Así que es un toldo resistente al viento y a la lluvia, manteniendo la terraza seca en los días de lluvia.

Para el circuito de control tenemos las siguientes entradas:

- Señal S: Indica si hay sol
- Señal L: Indica si llueve
- Señal V: Indica si hay mucho viento
- Señal F: Indica si hace frío en el interior de la casa.

Según los valores de estas entradas se bajará o subirá el toldo. Esto se realizará mediante la señal de salida BT (Bajar Toldo). Si  $BT=1$  indica que el toldo debe estar extendido (bajado) y si  $BT=0$  indica que el toldo debe estar recogido (subido).

El sistema se muestra en la figura.



El circuito que acciona el toldo que debe funcionar según las siguientes características:

- Independientemente del resto de señales de entrada, siempre que llueva se debe de extender el toldo para evitar que se moje la terraza. No se considerará posible que simultáneamente llueva y haga sol.
- Si hace viento se debe extender el toldo para evitar que el viento moleste. Sin embargo, hay una excepción: aún cuando haya viento, si el día está soleado y hace frío en la casa, se recogerá el toldo para que el sol caliente la casa.
- Por último, si no hace viento ni llueve, sólo se bajará el toldo en los días de sol y cuando haga calor en el interior, para evitar que se caliente mucho la casa.

#### Se pide

- a) Realizar la tabla de verdad de la señal que controla el toldo (BT) a partir de las señales S, L, V y F.
- b) Obtener la expresión reducida en suma de productos, y producto de sumas
- c) Dibujar el esquema en puertas de estas expresiones
- d) Dibujar el diagrama de bloques para una variante del circuito en el que mediante un interruptor seleccionemos

**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**

## 11.2. Solución

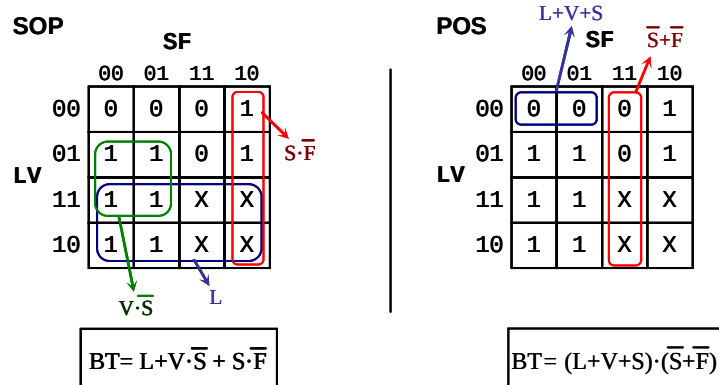
### a) Tabla de verdad

(Otro orden de las variables en la tabla de verdad es igualmente válido)

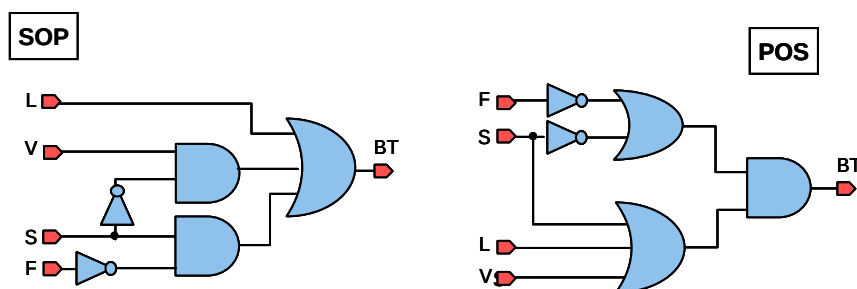
| L | V | S | F | BT |
|---|---|---|---|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0  |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1  |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0  |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1  |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1  |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1  |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0  |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1  |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1  |
| 1 | 0 | 1 | 0 | X  |
| 1 | 0 | 1 | 1 | X  |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1  |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1  |
| 1 | 1 | 1 | 0 | X  |
| 1 | 1 | 1 | 1 | X  |

No llueve ni hace viento: sólo se baja el toldo cuando haga calor ( $\bar{F}$ ) y haya sol (S), entonces en el resto de casos se sube el toldo (BT=0)  
 No llueve ni hay viento, hace calor y hay sol: se baja el toldo (BT=1)  
 Hace viento, se baja el toldo (menos cuando hace frío y haya sol)  
 Hace frío y sol, se sube el toldo (BT=0)  
 Lluvia y sol: no se considera posible  
 Lluvia: se baja el toldo (BT=1)  
 Lluvia y sol: no se considera posible

### c) Expresión reducida en suma de productos y productos de sumas



### d) Esquema en puertas



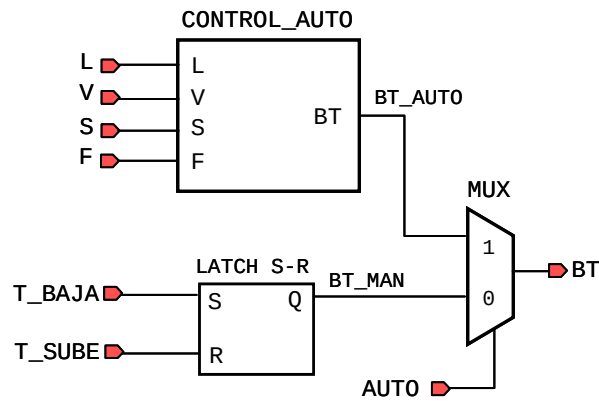
### e) Variante

La selección la realizamos con un multiplexor que va a escoger la señal del circuito combinacional que

**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**



**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**

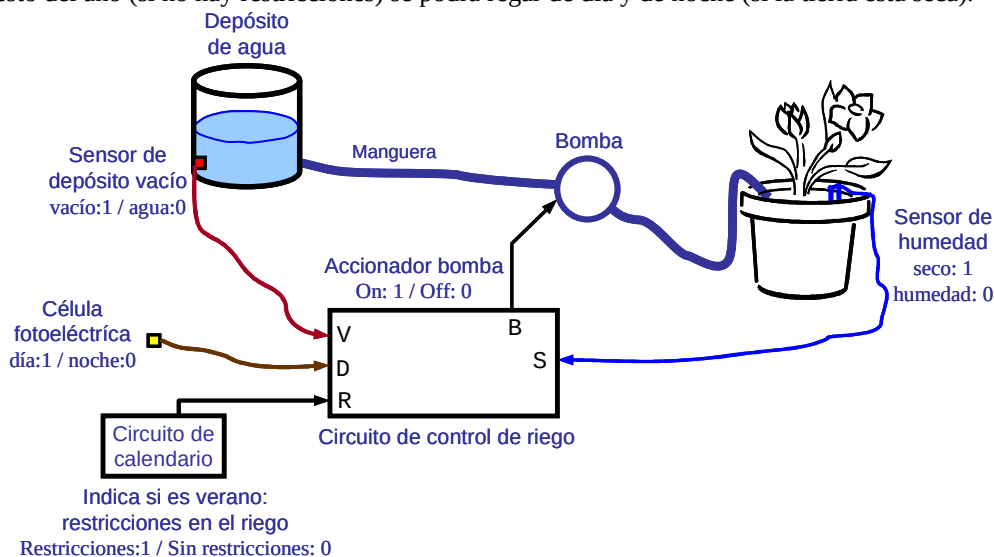


## 12. Riego automático

### 12.1. Enunciado

Se desea hacer un circuito de riego automático como el mostrado en la figura. El circuito deberá accionar la bomba en las siguientes condiciones

- El circuito accionará la bomba solamente cuando la tierra esté seca, pero antes debe comprobar las siguientes condiciones:
- Para evitar que la bomba se estropee por funcionar en vacío, nunca se accionará la bomba cuando el depósito de agua esté vacío.
- Si hay restricciones en el riego (época de verano), sólo se podrá regar de noche.
- En el resto del año (si no hay restricciones) se podrá regar de día y de noche (si la tierra está seca).



Para la implementación del circuito se dispone de las siguientes entradas:

- S: Señal que indica si la tierra está seca.  
Tierra seca: S=1 ; Tierra húmeda: S=0
- R: Señal que indica si hay restricciones en el riego (es verano):  
Hay restricciones: R=1 No hay restricciones: R=0
- D: Señal que indica si es de día o de noche:  
Día: D=1 ; Noche: D=0
- V: Señal que indica si el depósito de agua está vacío:  
Vacío: V=1 ; Hay agua: V=0

Y la salida B, que accionará la bomba para regar: *Bomba funcionando: B=1 ; Bomba apagada B=0*

Con esta información se debe:

- Elaborar la tabla de verdad del circuito
- Obtener la ecuación en la primera forma normal
- Hacer el mapa de Karnaugh
- Obtener la ecuación simplificada en suma de productos y productos de suma
- Representar ambas ecuaciones simplificadas (SOP y POS) en 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**

## 12.2. Solución

a y b) Tabla de verdad y 1FN

| V | S | D | R | B |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Tanque con agua, tierra seca

Tanque con agua, tierra no está seca: no se riega

De noche: se riega (independientemente de la época)

De día en invierno: se riega

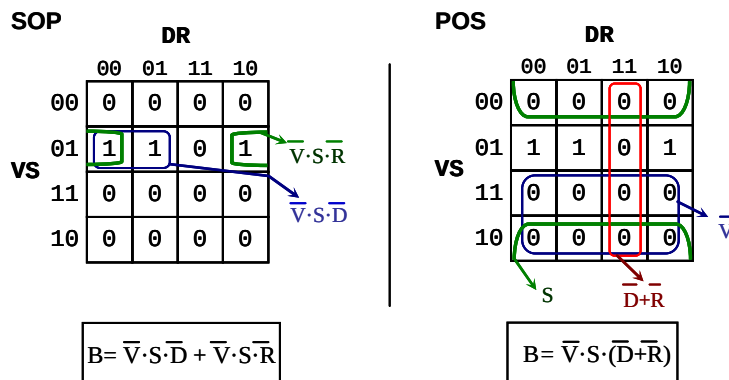
De día en verano: no se riega

Tanque vacío: no se riega

1FN:  $m_4 + m_5 + m_6$ :

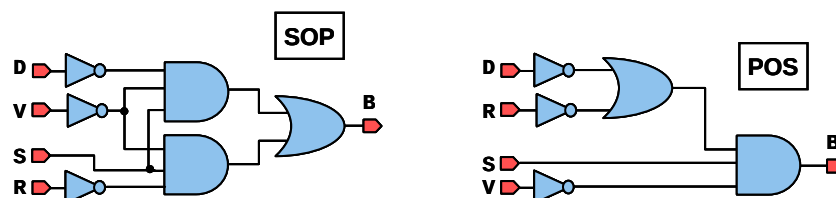
$$B = \bar{V} \cdot S \cdot \bar{D} \cdot \bar{R} + \bar{V} \cdot S \cdot \bar{D} \cdot R + \bar{V} \cdot S \cdot D \cdot \bar{R}$$

c) Mapa de Karnaugh



d) Ecuaciones simplificadas:

e) Esquema en puertas de la ecuaciones en SOP y POS simplificadas:



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

## 13. Detector de números primos en BCD-XS-3

### 13.1. Enunciado

Se quiere realizar un circuito que reciba un número BCD-XS3 (4 bits) y devuelva '1' si el número recibido es primo, y devuelva '0' si no lo es.

Se considerará el número 1 como número primo. El cero no es un número primo.

En ningún caso el circuito recibirá números que no estén codificados en BCD-XS3.

**Se pide:**

- Realizar la tabla de verdad de la señal de salida.
- Obtener la expresión reducida en suma de productos, y producto de sumas
- Dibujar el esquema en puertas de estas expresiones

### 13.2. Solución

Como los BCD-XS3 van de 0 a 9, los números primos son: 1,2,3,5,7 (ya que se especifica que el uno se considera como primo).

Entonces la tabla de verdad para la señal de salida P es

| A3 | A2 | A1 | A0 | Num | P |
|----|----|----|----|-----|---|
| 0  | 0  | 0  | 0  | -   | X |
| 0  | 0  | 0  | 1  | -   | X |
| 0  | 0  | 1  | 0  | -   | X |
| 0  | 0  | 1  | 1  | 0   | 0 |
| 0  | 1  | 0  | 0  | 1   | 1 |
| 0  | 1  | 0  | 1  | 2   | 1 |
| 0  | 1  | 1  | 0  | 3   | 1 |
| 0  | 1  | 1  | 1  | 4   | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0  | 5   | 1 |
| 1  | 0  | 0  | 1  | 6   | 0 |
| 1  | 0  | 1  | 0  | 7   | 1 |
| 1  | 0  | 1  | 1  | 8   | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0  | 9   | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 1  | -   | X |
| 1  | 1  | 1  | 0  | -   | X |
| 1  | 1  | 1  | 1  | -   | X |

número que representa

No son posibles, ya que no son un números BCD-XS3

No son posibles, ya que no son un números BCD-XS3

Usamos los mapas de Karnaugh para obtener las expresiones:

| SOP   |             | POS   |             |
|-------|-------------|-------|-------------|
| A3-A2 | A1-A0       | A3-A2 | A1-A0       |
| 00    | 00 01 11 10 | 00    | 00 01 11 10 |
| 01    | 00 01 11 10 | 01    | 00 01 11 10 |
| 11    | 00 01 11 10 | 11    | 00 01 11 10 |
| 10    | 00 01 11 10 | 10    | 00 01 11 10 |

$A3 \cdot A1$

$A1 \cdot \overline{A0}$

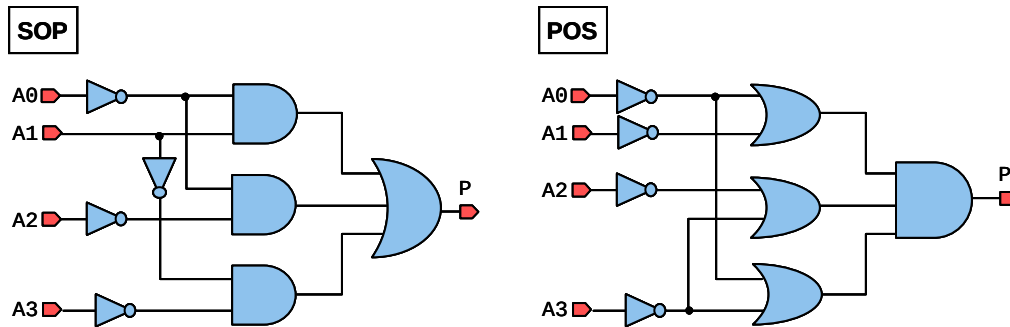
$\overline{A3} + \overline{A2}$

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

La representación en puertas queda:



**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**

## 14. Alarma de incendios

### 14.1. Enunciado

Se quiere realizar un circuito para activar la alarma de incendios (**A**) para la evacuación de un edificio. Para ello se tiene un sensor de gases (**G**), un sensor de humos (**H**), y dos señales procedentes de un termómetro que indican si la temperatura es mayor de 45°C (**T45**) y si la temperatura es mayor de 60°C (**T60**).

Debido a que a veces los sensores detectan humos y gases que no siempre proceden de incendios (por ejemplo de los cigarrillos o las cocinas), para evitar falsas alarmas, la señal **A** se activará cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Si la temperatura es mayor de 60°C siempre se activará la alarma
- Si la temperatura está entre 45°C y 60°C se activará la alarma sólo si han detectado gases o humos (o ambos).
- Si la temperatura es menor de 45°C se activará la alarma sólo si se detectan gases y humos

Resumiendo, las 4 señales binarias de entrada y la salida:

- **G**: vale '1' si se detecta **GAS** resultante de la combustión.
- **H**: vale '1' si se detecta **HUMO**.
- **T45**: vale '1' si la temperatura es superior a 45°C
- **T60**: vale '1' si la temperatura es superior a 60°C

La señal de salida **A** (alarma) se activará a nivel alto

Se pide

- Realizar la tabla de verdad de la señal de alarma (**A**) a partir de las señales de entrada (**G**, **H**, **T45**, **T60**). Explicarla brevemente.
- Obtener la expresión reducida en suma de productos y producto de sumas
- Dibujar el esquema en puertas de estas expresiones

### 14.2. Solución

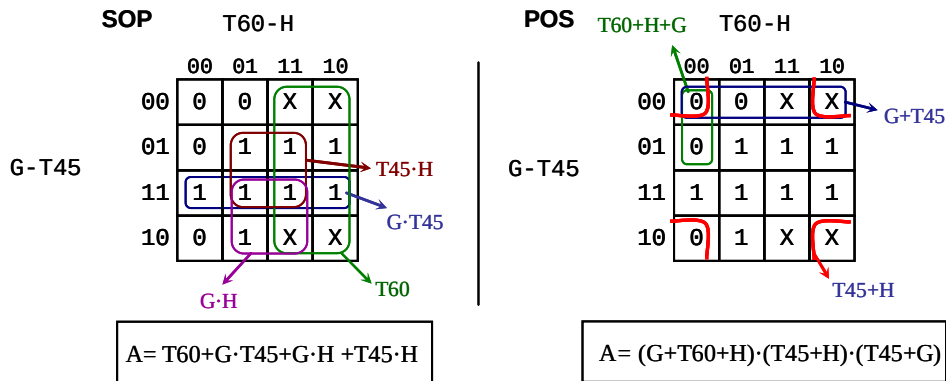
a) Tabla de verdad

| G | T45 | T60 | H | A |                                                           |
|---|-----|-----|---|---|-----------------------------------------------------------|
| 0 | 0   | 0   | 0 | 0 | Condiciones normales: NO Alarma                           |
| 0 | 0   | 0   | 1 | 0 | Sólo humo: NO Alarma                                      |
| 0 | 0   | 1   | 0 | X | La temperatura no puede ser mayor que 60° y menor que 45° |
| 0 | 0   | 1   | 1 | X |                                                           |
| 0 | 1   | 0   | 0 | 0 | temperatura mayor que 45°, sin humo ni gas: NO Alarma     |
| 0 | 1   | 0   | 1 | 1 | Hay humo y temperatura mayor que 45° : Alarma             |
| 0 | 1   | 1   | 0 | 1 | Más de 60°: alarma                                        |
| 0 | 1   | 1   | 1 | 1 |                                                           |
| 1 | 0   | 0   | 0 | 0 | Sólo gas: NO Alarma                                       |
| 1 | 0   | 0   | 1 | 1 | Gas y Humo aunque temperatura sea menor que 45°: alarma   |
| 1 | 0   | 1   | 0 | X | La temperatura no puede ser mayor que 60° y menor que 45° |
| 1 | 0   | 1   | 1 | X |                                                           |
| 1 | 1   | 0   | 0 | 1 | Hay gas y temperatura mayor que 45° : Alarma              |
| 1 | 1   | 0   | 1 | 1 |                                                           |
| 1 | 1   | 1   | 0 | 1 | Más de 60°: alarma                                        |
| 1 | 1   | 1   | 1 | 1 |                                                           |

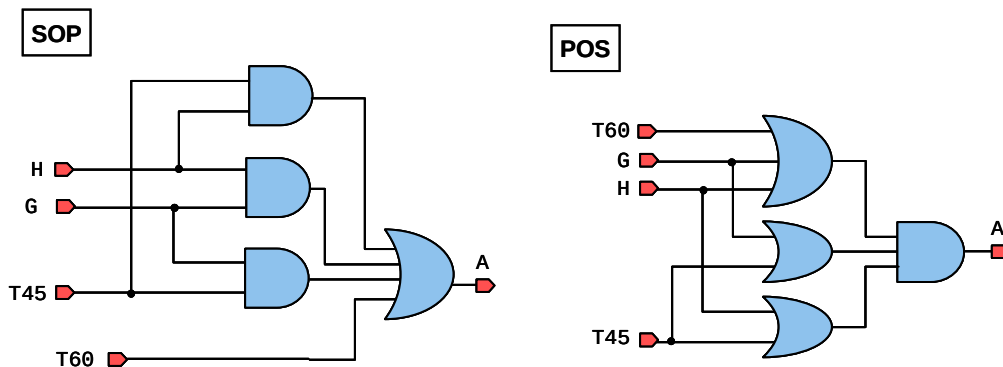
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

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



c) Esquema en puertas de estas expresiones



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

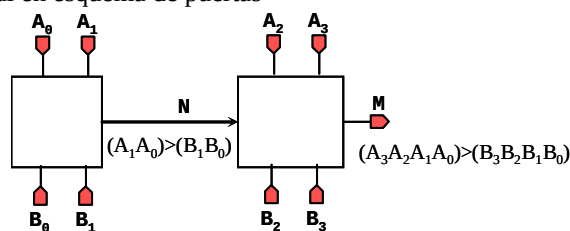
## 15. Comparador

### 15.1. Enunciado

Realizar un circuito que recibe dos números binarios puros (sin signo):  $A[3,0]$ ,  $B[3,0]$  e indica por la salida  $S$  si  $A$  es mayor que  $B$

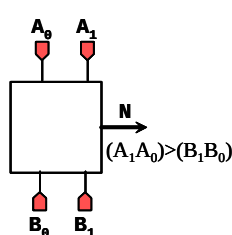
Especificaciones y notas de ayuda al diseño:

- La salida  $S='1'$  cuando  $A>B$ , en otro caso  $S='0'$ .
- El bit más significativo es el bit 3.
- Debe obtenerse la función mínima mediante mapas de Karnaugh, pero debido a que el circuito tiene 8 entradas y resulta difícil de hacer el mapa de Karnaugh con tantas variables, el circuito se implementará en dos módulos. La implementación se muestra en la figura del final.
- Primero se deberá realizar un circuito que compare los dos bits menos significativos de  $A$  y  $B$ , y devuelva '1' si el número  $(A_1A_0)$  es mayor que el número  $(B_1B_0)$ . Esta salida ( $N$ ) será la entrada del segundo comparador.
- Después de haber hecho el primer comparador (de 4 entradas) se realizará el segundo comparador (de 5 entradas). Este comparador recibe los dos bits más significativos de  $A$  y  $B$ , y la señal  $N$  que indica si  $(A_1A_0)>(B_1B_0)$ .
- El segundo comparador es muy similar al primero, únicamente cuando  $(A_3A_2)=(B_3B_2)$  será necesario utilizar la señal  $N$ .
- Para el mapa de Karnaugh del segundo comparador se recomienda tomar la señal  $N$  como la 5ª variable.
- Representar el circuito final en esquema de puertas

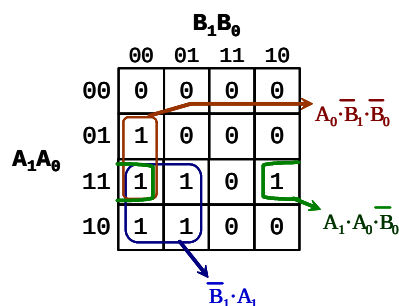


### 15.2. Solución

Primero representamos la tabla de verdad del primer comparador y dibujamos su mapa de Karnaugh, obteniendo a partir de él la ecuación lógica en suma de productos (pues sale más pequeña que en producto de sumas).



| A1 | A0 | B1 | B0 | N |
|----|----|----|----|---|
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 1  | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0  | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 1  | 0 |
| 0  | 1  | 0  | 0  | 1 |
| 0  | 1  | 0  | 1  | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0  | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 1  | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0  | 1 |
| 1  | 0  | 0  | 1  | 1 |
| 1  | 0  | 1  | 0  | 0 |
| 1  | 0  | 1  | 1  | 0 |

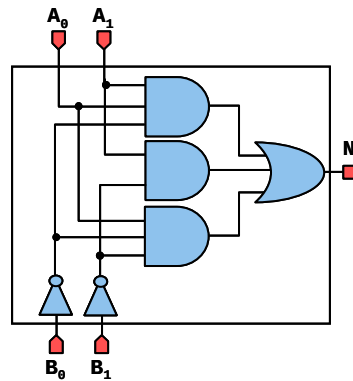


$$N = A_1 \cdot A_0 \cdot \bar{B}_1 + A_1 \cdot \bar{A}_0 \cdot \bar{B}_1 + A_1 \cdot \bar{A}_0 \cdot B_1$$

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



El segundo comparador, tiene una entrada más (N), cuando N es cero la tabla de verdad es igual que la del primer comparador. Mientras que cuando N=1, M valdrá 1 cuando  $A_3A_2=B_3B_2$

**N=0** igual que al anterior

| N | A3 | A2 | B3 | B2 | M |
|---|----|----|----|----|---|
| 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |
| 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0 |
| 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 |
| 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0 |
| 0 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1 |
| 0 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0 |
| 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0 |
| 0 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0 |
| 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1 |
| 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1 |
| 0 | 1  | 0  | 1  | 0  | 0 |
| 0 | 1  | 0  | 1  | 1  | 0 |
| 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1 |
| 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1 |
| 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1 |
| 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 |

**N=1** cuando  $A_3=B_3$  y  $A_2=B_2 \rightarrow M=1$

| N | A3 | A2 | B3 | B2 | M |
|---|----|----|----|----|---|
| 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1 |
| 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0 |
| 1 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 |
| 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0 |
| 1 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1 |
| 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1 |
| 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0 |
| 1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0 |
| 1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1 |
| 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1 |
| 1 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1 |
| 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 0 |
| 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1 |
| 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1 |
| 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1 |
| 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1 |

Como la tabla de verdad es igual cuando N=0, también lo será el mapa de Karnaugh para N=0, y por eso tomamos la variable N como la variable que se saca fuera, quedando:

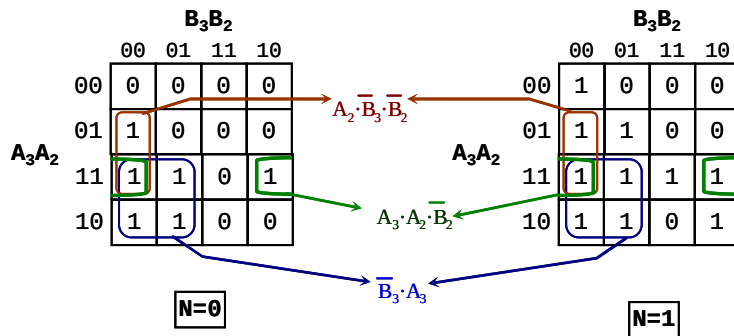
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

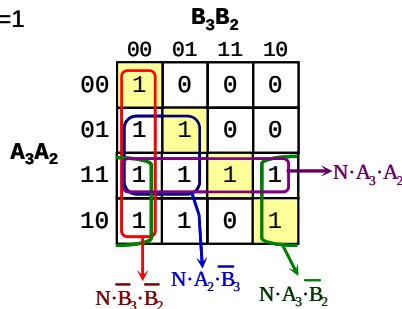
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Cubos que son iguales en N=0 y N=1



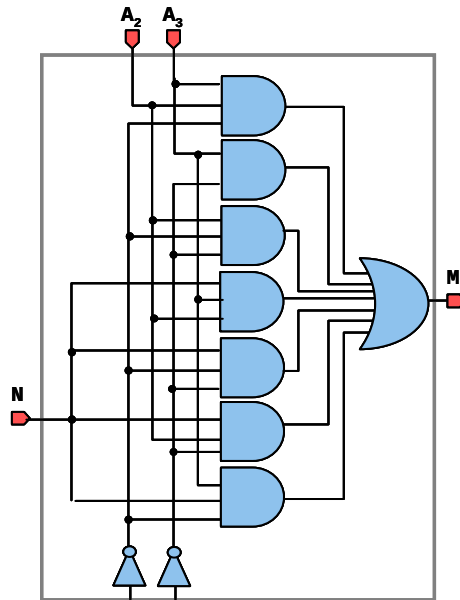
Cubos que sólo están en N=1



$$M = A_3 \cdot A_2 \cdot \bar{B}_2 + A_3 \cdot \bar{B}_3 + A_2 \cdot \bar{B}_3 \cdot \bar{B}_2 + N \cdot \bar{B}_3 \cdot \bar{B}_2 + N \cdot A_2 \cdot \bar{B}_3 + N \cdot A_3 \cdot \bar{B}_2 + N \cdot A_3 \cdot A_2$$

Para no complicar las figuras se han puesto primero los grupos (cubos) que son iguales para N=0 y N=1, y debajo se han puesto aquellos los necesarios para cubrir los unos que no están en el mapa de N=0 (los unos de la diagonal), todos estos grupos incluirán la variable N.

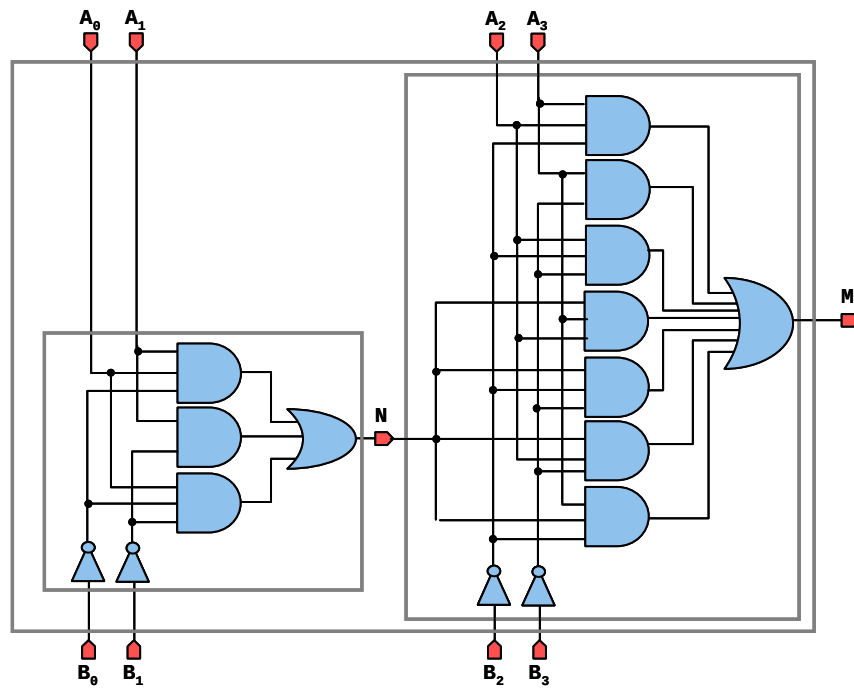
La suma de todos los grupos nos da la ecuación de la salida, que su esquema en puertas queda representado así:



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



**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

## 16. Comparador BCD-XS3

### 16.1. Enunciado

Repetir el ejercicio anterior suponiendo que los números están codificados en BCD-XS3

### 16.2. Solución

Primero recordamos que 4 bits de un número BCD-XS3 representa una cifra decimal entre 0 y 9. Por tanto, de las 16 combinaciones posibles para cada uno de los números que entra en nuestro comparador (A y B) sólo serán posibles 10.

En la siguiente tabla se muestran los valores decimales que representan los números BCD-XS3

| número en BCD-XS3 |    |    |    |                                     |
|-------------------|----|----|----|-------------------------------------|
| A3                | A2 | A1 | A0 | XS3 (número decimal que representa) |
| 0                 | 0  | 0  | 0  | -                                   |
| 0                 | 0  | 0  | 1  | -                                   |
| 0                 | 0  | 1  | 0  | -                                   |
| 0                 | 0  | 1  | 1  | 0                                   |
| 0                 | 1  | 0  | 0  | 1                                   |
| 0                 | 1  | 0  | 1  | 2                                   |
| 0                 | 1  | 1  | 0  | 3                                   |
| 0                 | 1  | 1  | 1  | 4                                   |
| 1                 | 0  | 0  | 0  | 5                                   |
| 1                 | 0  | 0  | 1  | 6                                   |
| 1                 | 0  | 1  | 0  | 7                                   |
| 1                 | 0  | 1  | 1  | 8                                   |
| 1                 | 1  | 0  | 0  | 9                                   |
| 1                 | 1  | 0  | 1  | -                                   |
| 1                 | 1  | 1  | 0  | -                                   |
| 1                 | 1  | 1  | 1  | -                                   |

No son números BCD-XS3

Si ( $A_3=0$  y  $A_2=0$ )  $\Rightarrow A_1=1$  y  $A_0=1$

Si ( $A_3=0$  y  $A_2=1$ )  $\Rightarrow$  cuanto mayor sea  $A_1A_0$  mayor será el número

Si ( $A_3=1$  y  $A_2=0$ )  $\Rightarrow$  cuanto mayor sea  $A_1A_0$  mayor será el número

Si ( $A_3=1$  y  $A_2=1$ )  $\Rightarrow A_1=0$  y  $A_0=0$

No son números BCD-XS3

Viendo la tabla podemos deducir que:

- Hay 6 números que no son posibles
- Si los dos bits más significativos son 00 ( $A_3=0$ ,  $A_2=0$ ) los dos bits menos significativos serán 11 ( $A_1=1$ ,  $A_0=1$ ), que se corresponde con el 0 en decimal.
- Si los dos bits más significativos son 11 ( $A_3=1$ ,  $A_2=1$ ) los dos bits menos significativos serán 00 ( $A_1=0$ ,  $A_0=0$ ), que se corresponde con el 9 en decimal.
- Por tanto en estos dos casos no hace falta saber los dos bits menos significativos (bit 1 y bit 0). Es decir, el segundo comparador no necesita la señal N.
- Si los dos bits más significativos son 01 ( $A_3=0$ ,  $A_2=1$ ), entonces recurriremos a los dos bits menos significativos para saber qué número es. En este caso sí que necesitamos saber cuanto valen. Y el segundo comparador necesita la señal N. Lo mismo ocurre cuando los dos bits más significativos son 10 ( $A_3=1$ ,  $A_2=0$ )
- El primer comparador será igual que el del circuito anterior, y determinará quién es mayor cuando ( $A_3=0$ ,  $B_3=0$ ,  $A_2=1$ ,  $B_2=1$ ) ó cuando ( $A_3=1$ ,  $B_3=1$ ,  $A_2=0$ ,  $B_2=0$ )

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

La tabla de verdad queda

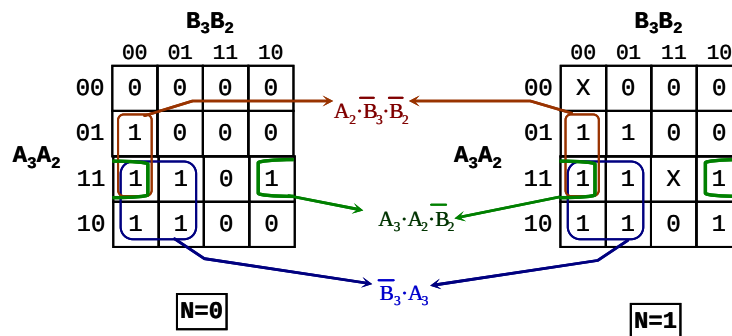
| N=0 |    |    |    |    |   | N=1 |    |    |    |    |   |
|-----|----|----|----|----|---|-----|----|----|----|----|---|
| N   | A3 | A2 | B3 | B2 | M | N   | A3 | A2 | B3 | B2 | M |
| 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 1   | 0  | 0  | 0  | 0  | X |
| 0   | 0  | 0  | 0  | 1  | 0 | 1   | 0  | 0  | 0  | 1  | 0 |
| 0   | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 | 1   | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 |
| 0   | 0  | 0  | 1  | 1  | 0 | 1   | 0  | 0  | 1  | 1  | 0 |
| 0   | 0  | 1  | 0  | 0  | 1 | 1   | 0  | 1  | 0  | 0  | 1 |
| 0   | 0  | 1  | 0  | 1  | 0 | 1   | 0  | 1  | 0  | 1  | 1 |
| 0   | 0  | 1  | 1  | 0  | 0 | 1   | 0  | 1  | 1  | 0  | 0 |
| 0   | 0  | 1  | 1  | 1  | 0 | 1   | 0  | 1  | 1  | 1  | 0 |
| 0   | 1  | 0  | 0  | 0  | 1 | 1   | 1  | 0  | 0  | 0  | 1 |
| 0   | 1  | 0  | 0  | 1  | 1 | 1   | 1  | 0  | 0  | 1  | 1 |
| 0   | 1  | 0  | 1  | 0  | 0 | 1   | 1  | 0  | 1  | 0  | 1 |
| 0   | 1  | 0  | 1  | 1  | 0 | 1   | 1  | 0  | 1  | 1  | 0 |
| 0   | 1  | 1  | 0  | 0  | 1 | 1   | 1  | 1  | 0  | 0  | 1 |
| 0   | 1  | 1  | 0  | 1  | 1 | 1   | 1  | 1  | 0  | 1  | 1 |
| 0   | 1  | 1  | 1  | 0  | 1 | 1   | 1  | 1  | 1  | 0  | 1 |
| 0   | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 | 1   | 1  | 1  | 1  | 1  | X |

imposible: Si ( $A_3=0$  y  $A_2=0$ )  $\Rightarrow A_1=1$  y  $A_0=1$  ;  
y Si ( $B_3=0$  y  $B_2=0$ )  $\Rightarrow B_1=1$  y  $B_0=1$   
entonces

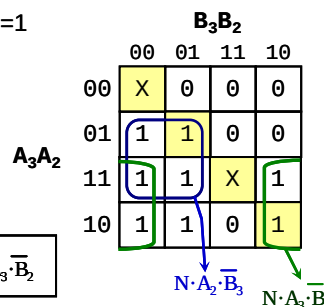
imposible: Si ( $A_3=1$  y  $A_2=1$ )  $\Rightarrow A_1=0$  y  $A_0=0$  ;  
y Si ( $B_3=1$  y  $B_2=1$ )  $\Rightarrow B_1=0$  y  $B_0=0$   
entonces  $N = 0$

Esta tabla de verdad es igual a la del problema anterior salvo los dos casos señalados que no pueden darse. Estos dos casos nos permitirán simplificar los mapas de Karnaugh, que serán muy parecidos a los del problema anterior.

Cubos que son iguales en N=0 y N=1



Cubos que sólo están en N=1



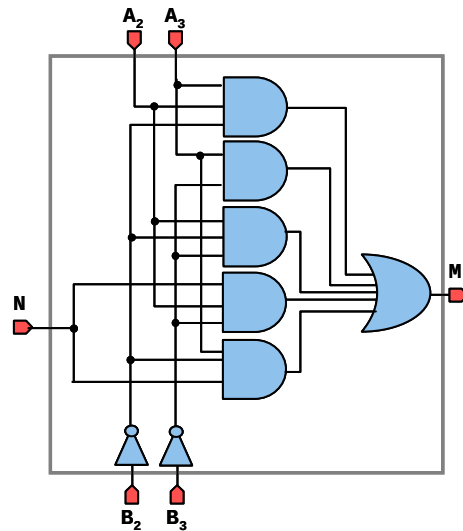
$$M = A_3 \cdot A_2 \cdot \bar{B}_2 + A_3 \cdot \bar{B}_3 + A_2 \cdot \bar{B}_3 \cdot \bar{B}_2 + N \cdot A_2 \cdot \bar{B}_3 + N \cdot A_3 \cdot \bar{B}_2$$

Así pues, hemos logrado quitar dos sumandos a la ecuación. El esquema en puertas queda representado:

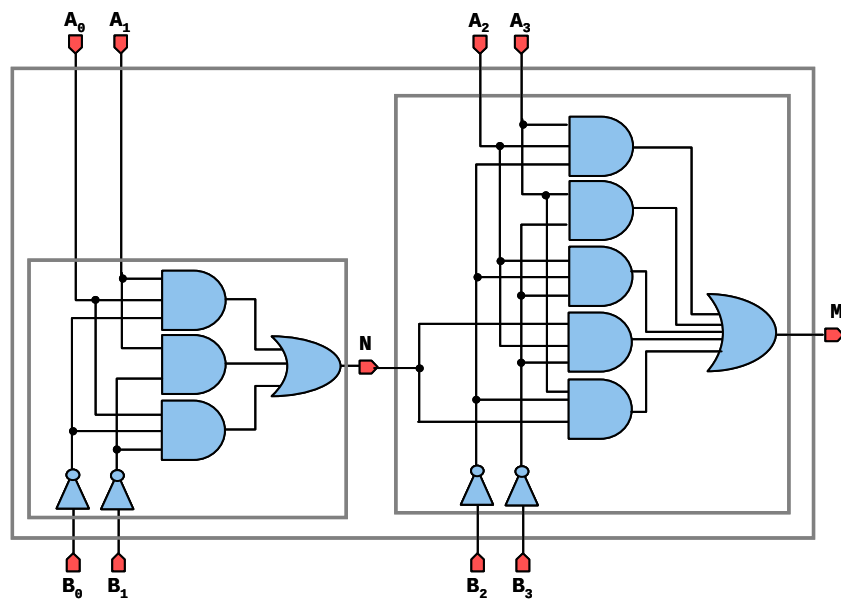
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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



Juntando ambos módulos, el circuito final queda:



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

## 17. Convertidor de binario a BCD

### 17.1. Enunciado

Realizar un circuito que a partir de un número binario puro de 4 bits obtenga el número BCD equivalente. El circuito **se debe realizar mediante bloques combinacionales** y no mediante mapas de Karnaugh o sólo puertas lógicas. El resultado será un número BCD que representa dos cifras decimales (8 bits en total).

Para realizar el circuito se pueden usar los siguientes bloques combinacionales: decodificadores, codificadores, comparadores, multiplexores, demultiplexores y sumadores de cualquier número de bits. Así como puertas lógicas. Cualquier otro bloque se deberá realizar en función de los anteriores o en puertas lógicas. Para cada bloque utilizado se debe especificar claramente qué bloque es, las señales de entrada y salida, y el ancho de bus.

### 17.2. Solución

Primero estudiamos la relación entre los dos sistemas de numeración, el binario y el BCD, para números binarios de 4 bits (rango de 0 a 15). Esta relación se muestra a continuación:

| decimal | binario | BCD     |          |
|---------|---------|---------|----------|
|         |         | decenas | unidades |
| 0       | 0000    | 0000    | 0000     |
| 1       | 0001    | 0000    | 0001     |
| 2       | 0010    | 0000    | 0010     |
| 3       | 0011    | 0000    | 0011     |
| 4       | 0100    | 0000    | 0100     |
| 5       | 0101    | 0000    | 0101     |
| 6       | 0110    | 0000    | 0110     |
| 7       | 0111    | 0000    | 0111     |
| 8       | 1000    | 0000    | 1000     |
| 9       | 1001    | 0000    | 1001     |
| 10      | 1010    | 0001    | 0000     |
| 11      | 1011    | 0001    | 0001     |
| 12      | 1100    | 0001    | 0010     |
| 13      | 1101    | 0001    | 0011     |
| 14      | 1110    | 0001    | 0100     |
| 15      | 1111    | 0001    | 0101     |

Número binario menor o igual a 9:  
- unidades igual que en binario,  
- decenas igual a 0000

Número binario mayor que 9:  
- unidades: número binario menos 10  
- decenas igual a 0001

Por ejemplo, si tenemos el número 14,  
le restamos 10, y obtenemos las unidades

|       |     |
|-------|-----|
| 1110  | 14  |
| -1010 | -10 |
| 0100  | 4   |

Nos fijamos que hay dos grupos, los números menores o iguales a 9, y los mayores que 9.

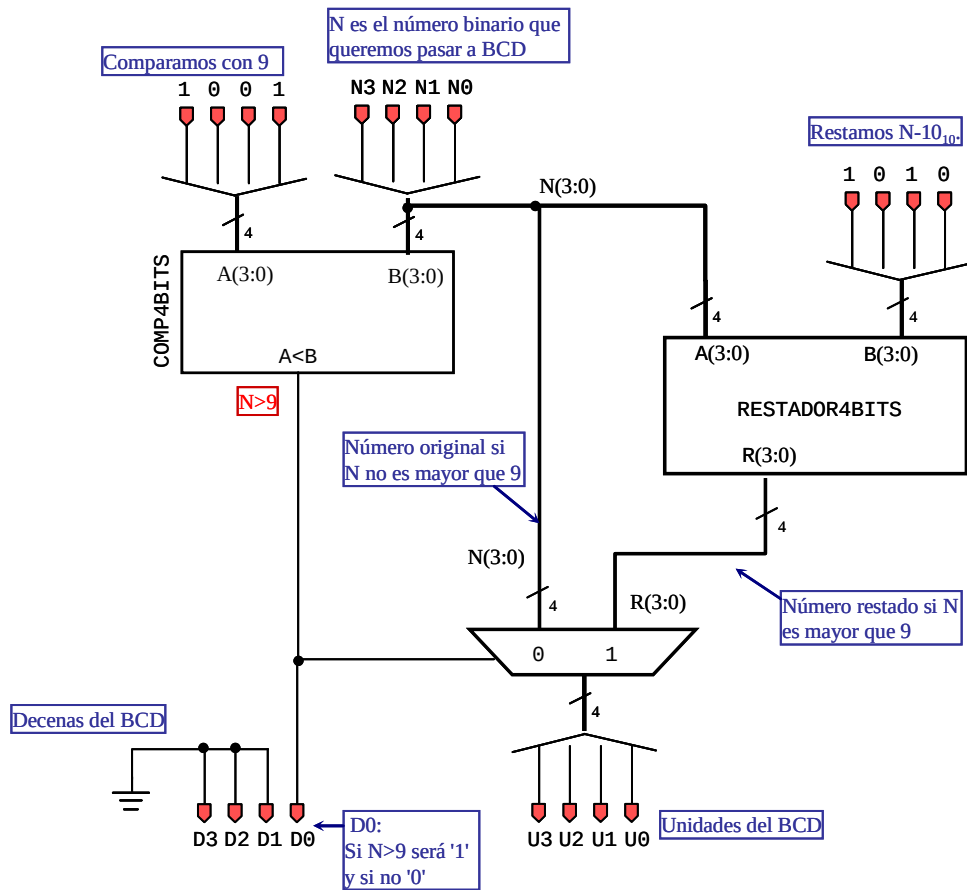
Por lo tanto, si el número binario es menor o igual a nueve, dejamos la unidades igual que el número binario y las decenas a cero.

Y si el número binario es mayor a nueve, dejamos la unidades igual que el número binario y las decenas a cero.

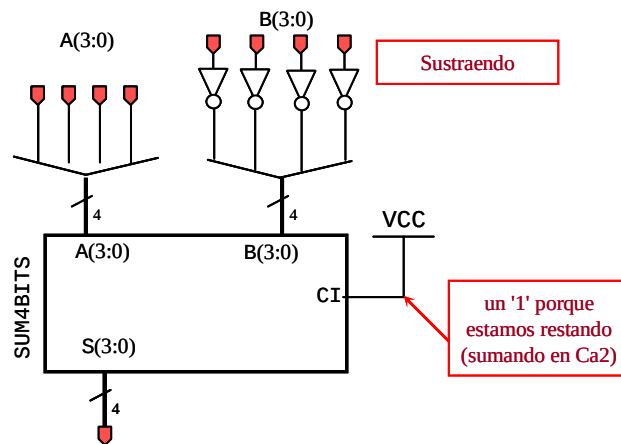
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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



Sólo nos quedaría especificar cómo se hace el restador de 4 bits:

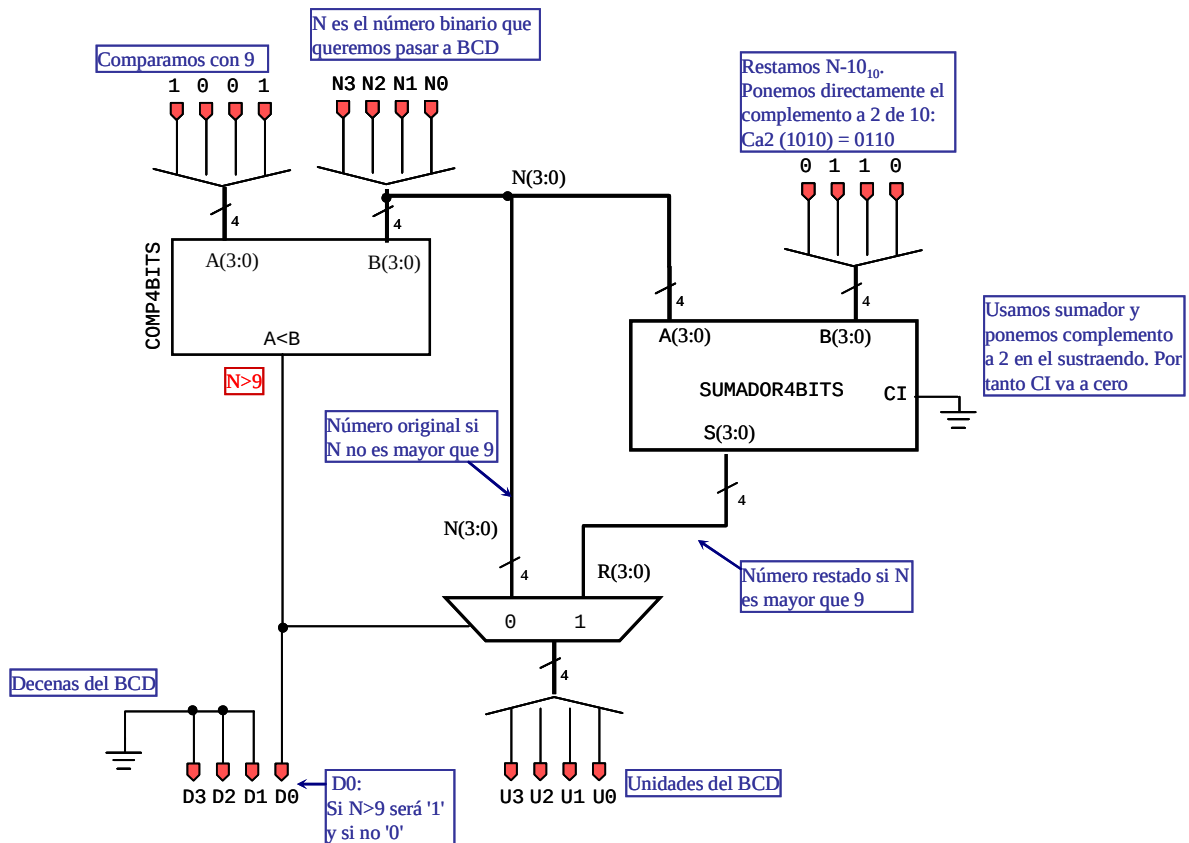


Por último, como curiosidad, fíjate que como el sustraendo es un número fijo ( $1010_2$ ), el circuito se podría optimizar un poco, usando directamente un sumador habiendo hecho previamente el complemento a 2 de  $1010_2$ , que es  $0110$ . Por tanto es como sumar 6 y despreciar el acarreo. Lo que es otra manera de hacerlo, ya que por ejemplo,  $13+6=19$  que en binario es  $10011_2$ . Tomando los 4 primeros bits nos da el  $0011$  que es el tres de las

**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**



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



## 18. Café electrónico

### 18.1. Enunciado

Para disminuir la ingesta de cafeína durante el periodo de exámenes, un grupo de alumnos de 1º de Ingeniería de Telecomunicación de la URJC deciden realizar el "café electrónico".

Lo que quieren hacer es detectar si el alumno se queda dormido mientras estudia por la noche, en tal caso y según la hora que sea, hacer sonar una alarma para despertarle.

Para detectar si está dormido ponen un circuito detector de movimiento en su muñeca, de modo que si la muñeca está quieta durante más de 10 minutos, se activará la señal **Q10** (*Quieto 10 minutos*). Esto será una señal inequívoca de que se ha quedado dormido, ya que durante 10 minutos el alumno no ha movido la mano para escribir, ni para de pasar de página, ni para rascarse.

Sin embargo, la señal **Q10** no siempre se usará para despertar al alumno. Si estamos entre las 4am y las 6am, no le despertaremos para que descanse un poco.

Por otro lado, independientemente de la hora, si el usuario lleva media hora durmiendo, siempre se le despertará para que decida si quiere seguir estudiando o realmente quiere irse a dormir en la cama y no en la mesa. La señal que indica que lleva media hora quieto se llamará **Q30** (*Quieto 30 minutos*).

Resumiendo, las señales que entran a nuestro sistema son:

- **Q10**: vale '1' si el alumno lleva 10 minutos o más quieto, si no  $Q10=0$ ;
- **Q30**: vale '1' si el alumno lleva 30 minutos o más quieto, si no  $Q30=0$ ;
- **M4**: vale '1' si son más de las 4am, si no  $M4=0$ ;
- **M6**: vale '1' si son más de las 6am, si no  $M6=0$ ;

La señal de salida **A** (alarma) se activará a nivel alto.

Se pide

- a) Realizar la tabla de verdad de la señal que controla la alarma (**A**) a partir de las señales de entrada **Q30**, **Q10**, **M4** y **M6**.
- b) Obtener la expresión reducida en suma de productos, y producto de sumas
- c) Dibujar el esquema en puertas de estas expresiones

### 18.2. Solución

a) Tabla de verdad

(Otro orden de las variables en la tabla de verdad es igualmente válido)

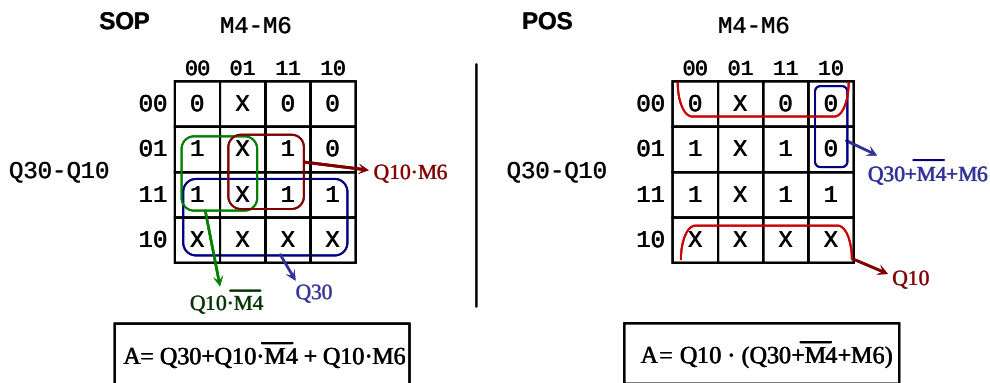
| Q30 | Q10 | M4 | M6 | A |                                                                                            |
|-----|-----|----|----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0   | 0   | 0  | 0  | 0 |                                                                                            |
| 0   | 0   | 0  | 1  | X | → No pueden ser menos de las 4am y más de las 6am                                          |
| 0   | 0   | 1  | 0  | 0 | → Está moviéndose: no está dormido: no hay alarma                                          |
| 0   | 0   | 1  | 1  | 0 |                                                                                            |
| 0   | 1   | 0  | 0  | 1 | → Se ha quedado dormido, son menos de las 4am: se le despierta                             |
| 0   | 1   | 0  | 1  | X | → No pueden ser menos de las 4am y más de las 6am                                          |
| 0   | 1   | 1  | 0  | 0 | → 10 minutos quieto, pero son más de las 4am y menos de las 6am: se le deja dormir un poco |
| 0   | 1   | 1  | 1  | 1 | → Se ha quedado dormido, son más de las 6am: se le despierta                               |
| 1   | 0   | 0  | 0  | X |                                                                                            |
| 1   | 0   | 0  | 1  | X |                                                                                            |

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

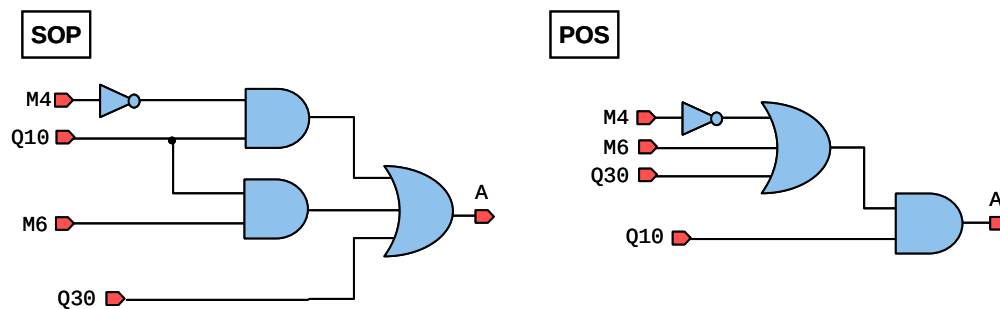
---

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

b) Expresión reducida en suma de productos y producto de sumas



c) Esquema en puertas



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

---

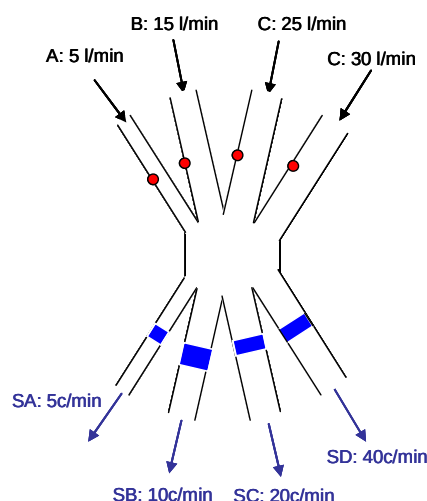
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 19. Tuberías

### 19.1. Enunciado

Supongamos que hay un nudo de tuberías, 4 de entrada y 4 de salidas. La tubería A aporta de media 5 litros por minuto, la B 15 litros/minuto, la C 25 litros/minuto y la D 30 litros/minuto. Cuatro sensores, uno por tubería de entrada, nos indican por qué tubería está circulando el agua. Las tuberías de salida son SA, SB, SC y SD y pueden recoger 5, 10, 20 y 40 litros por minuto respectivamente. Cada tubería de salida está regulada por una válvula que únicamente tiene dos estados: cerrada (un cero lógico) o abierta (un uno lógico). Teniendo en cuenta que sólo puede circular agua en dos tuberías de entrada simultáneamente, activar las válvulas de las tuberías de salida necesarias para que salga tanto caudal de agua como entra.

- Representar la tabla de verdad de la función
- Obtener las funciones lógicas simplificadas para las cuatro válvulas
- Implementar el circuito de control de la válvula de la tubería SB utilizando sólo puertas NAND.
- Implementar el circuito de control de la válvula de la tubería SC empleando decodificadores de 3 a 8.



### 19.2. Solución

a) Dibujamos la tabla de verdad sabiendo que no va a haber más de dos tuberías por las que entren agua (que son "1" en la tabla de verdad). En los casos que impliquen más de dos tuberías de entrada con agua pondremos una X en las salidas, ya que ese caso nunca se va a dar. Esto nos permitirá simplificar el mapa de Karnaugh. En la tabla se han incluido dos columnas que indican en número de litros/minuto que entran, para facilitarnos el cálculo de las válvulas que debemos de abrir de modo que salga el mismo caudal que entra

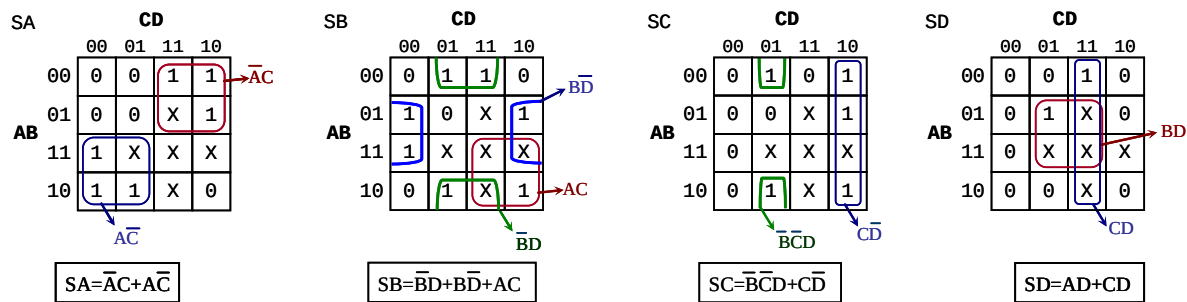
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

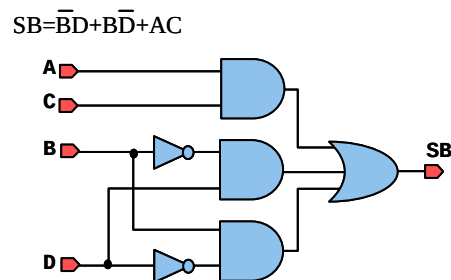
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

| entradas |    |    |    |        | salidas |    |    |    |       |
|----------|----|----|----|--------|---------|----|----|----|-------|
| 5        | 10 | 25 | 30 |        | 5       | 10 | 20 | 40 |       |
| A        | B  | C  | D  | entran | SA      | SB | SC | SD | salen |
| 0        | 0  | 0  | 0  | 0      | 0       | 0  | 0  | 0  | 0     |
| 0        | 0  | 0  | 1  | 30     | 0       | 1  | 1  | 0  | 30    |
| 0        | 0  | 1  | 0  | 25     | 1       | 0  | 1  | 0  | 25    |
| 0        | 0  | 1  | 1  | 55     | 1       | 1  | 0  | 1  | 55    |
| 0        | 1  | 0  | 0  | 10     | 0       | 1  | 0  | 0  | 10    |
| 0        | 1  | 0  | 1  | 40     | 0       | 0  | 0  | 1  | 40    |
| 0        | 1  | 1  | 0  | 35     | 1       | 1  | 1  | 0  | 35    |
| 0        | 1  | 1  | 1  | --     | X       | X  | X  | X  | --    |
| 1        | 0  | 0  | 0  | 5      | 1       | 0  | 0  | 0  | 5     |
| 1        | 0  | 0  | 1  | 35     | 1       | 1  | 1  | 0  | 35    |
| 1        | 0  | 1  | 0  | 30     | 0       | 1  | 1  | 0  | 30    |
| 1        | 0  | 1  | 1  | --     | X       | X  | X  | X  | --    |
| 1        | 1  | 0  | 0  | 15     | 1       | 1  | 0  | 0  | 15    |
| 1        | 1  | 0  | 1  | --     | X       | X  | X  | X  | --    |
| 1        | 1  | 1  | 0  | --     | X       | X  | X  | X  | --    |
| 1        | 1  | 1  | 1  | --     | X       | X  | X  | X  | --    |

b) A continuación se muestran las funciones simplificadas en suma de productos. Se podía haber realizado también en producto de sumas.



c) A continuación se muestra la función lógica SB en puertas:



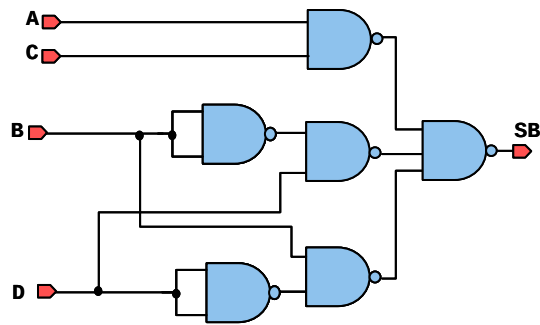
Sabiendo que una puerta OR se puede poner en función de una puerta NAND:

De

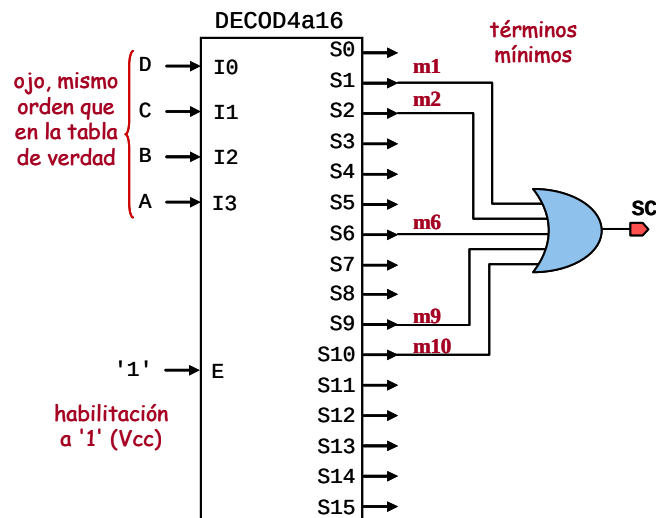
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

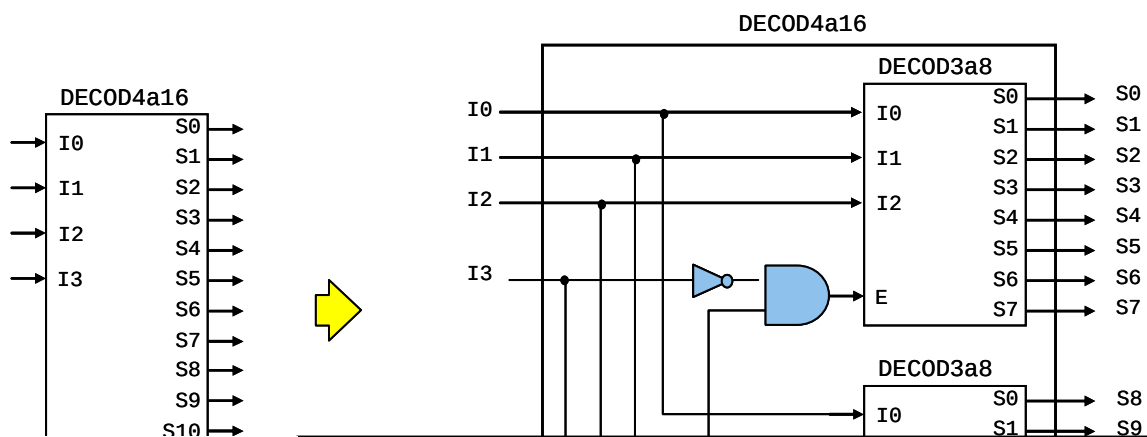
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**



d) Nos piden realizar el diseño con decodificadores de 3 a 8. Como tenemos 4 entradas, en realidad necesitamos un decodificador de 4 a 16. El diseño con decodificadores se realiza los términos mínimos de la función lógica y uniéndolos con una puerta OR.:



Como tenemos decodificadores de 3 a 8, tenemos que realizar indicar cómo hacemos el decodificador de 4 a 16:



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

## 20. Báscula

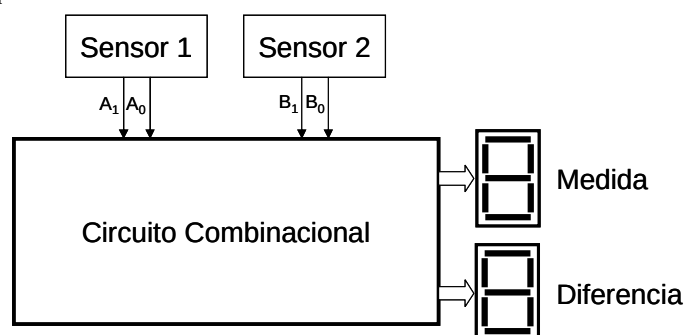
### 20.1. Enunciado

Una báscula utiliza dos sensores. Estos sensores son idénticos y están midiendo la misma pieza, aunque su medida puede diferir.

Las dos medidas se entregan a un sistema digital codificadas cada una con 2 bits ( $A_1A_0$  para el sensor 1 y  $B_1B_0$  para el sensor 2).

Para visualizar la medida se dispone de dos *displays* de 7 segmentos. En uno de ellos se visualizará la diferencia entre los sensores y en el otro la menor de las medidas en el caso de que no coincidan las lecturas de los dos sensores.

Diseñar mediante bloques combinacionales estándares (multiplexores, decodificadores, sumadores, comparadores...) el esquema del circuito combinacional.

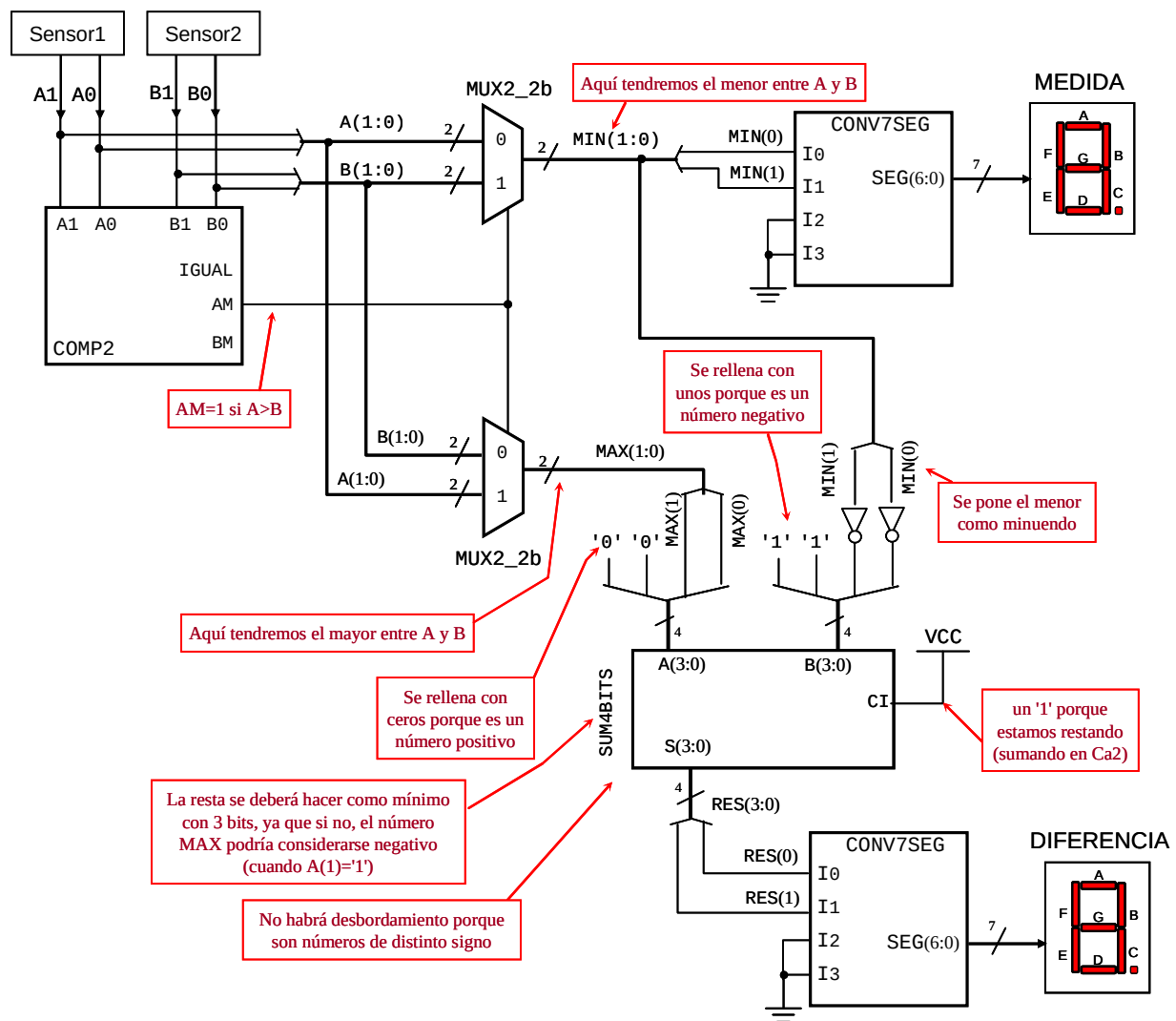


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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

## 20.2. Solución



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

## 21. Nivel de depósitos de agua

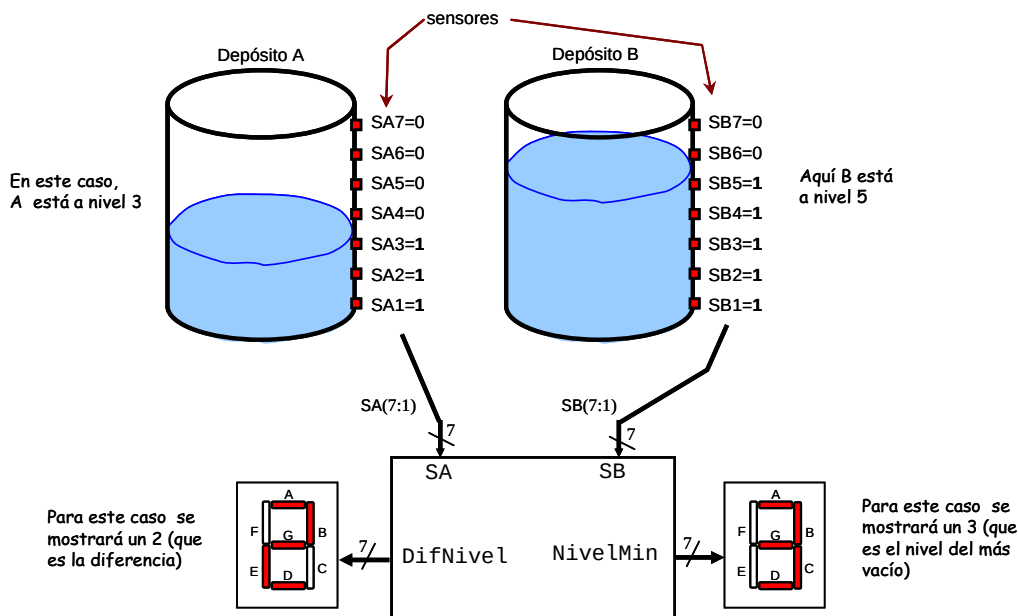
### 21.1. Enunciado

Se tienen dos depósitos de agua de los que se quiere conocer en cada momento el nivel de agua del que esté más vacío, y la diferencia de nivel respecto al mayor (en valor absoluto).

Para conocer el nivel, cada depósito tiene 7 sensores distribuidos a lo alto del depósito. Cada sensor dará un '1' lógico si está cubierto de agua, y un '0' lógico si está al aire.

La salida se dará mediante dos displays de 7 segmentos, uno para indicar el nivel del más vacío, y otro para indicar la diferencia.

Como se tienen 7 sensores para conocer el nivel, el rango de valores va desde 0 a 7. Se supone que ningún sensor va a fallar, por lo tanto, si un sensor indica un '1' lógico, todos los sensores que estén debajo de él darán un '1' lógico (pues el agua los cubrirá también).



Se pide realizar el diagrama de bloques del circuito:

Para el diseño se podrá emplear cualquiera de los siguientes bloques sin necesidad de describirlos en puertas (no todos son necesarios): multiplexores, sumadores, codificadores, decodificadores, demultiplexores, comparadores y decodificadores de 7 segmentos. Todos ellos de uno o varios bits. Además se podrá emplear cualquier tipo de puertas lógicas. Cualquier otro bloque deberá ser descrito en función de los bloques citados o en puertas.

Es muy importante indicar todos los nombres de cada señal y su índice (o peso lógico).

Se valorará la reducción de componentes del circuito y la sencillez.

### 21.2. Solución

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

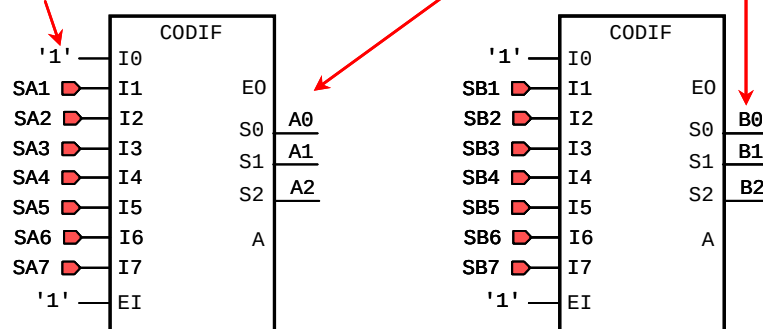
---

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



Lo ponemos a '1', ya que si los sensores están a '0', la salida será cero:  $S(2:0)=0$

Niveles de A y B codificados en binario puro 3 bits



Esto se puede hacer directamente, aunque si tienes dudas, lo puedes comprobar con la tabla de verdad.

| EI | I7                                       | I6 | I5 | I4 | I3 | I2 | I1 | I0 | S2 | S1 | S0 | A | E0 | Nivel |
|----|------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|-------|
| 0  | X                                        | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0     |
| 1  | 0                                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1 | 0  | 0     |
| 1  | 0                                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1 | 0  | 1     |
| 1  | 0                                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1 | 0  | 2     |
| 1  | 0                                        | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1 | 0  | 3     |
| 1  | 0                                        | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1 | 0  | 4     |
| 1  | 0                                        | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1 | 0  | 5     |
| 1  | 0                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1 | 0  | 6     |
| 1  | 1                                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1 | 0  | 7     |
| 1  | el resto de combinaciones son imposibles |    |    |    |    |    |    |    | X  | X  | X  | X | X  | X     |

Estos '1' en realidad en el codificador pueden ser X, pero en nuestro caso no es posible.

De la tabla de verdad se puede comprobar que para el nivel 0, la entrada I0 vale '0'.

Debido a que cuando un sensor está en contacto con el agua todos los sensores que están debajo también lo están, se rellenan con '1' y no con X (se muestra en un triángulo).

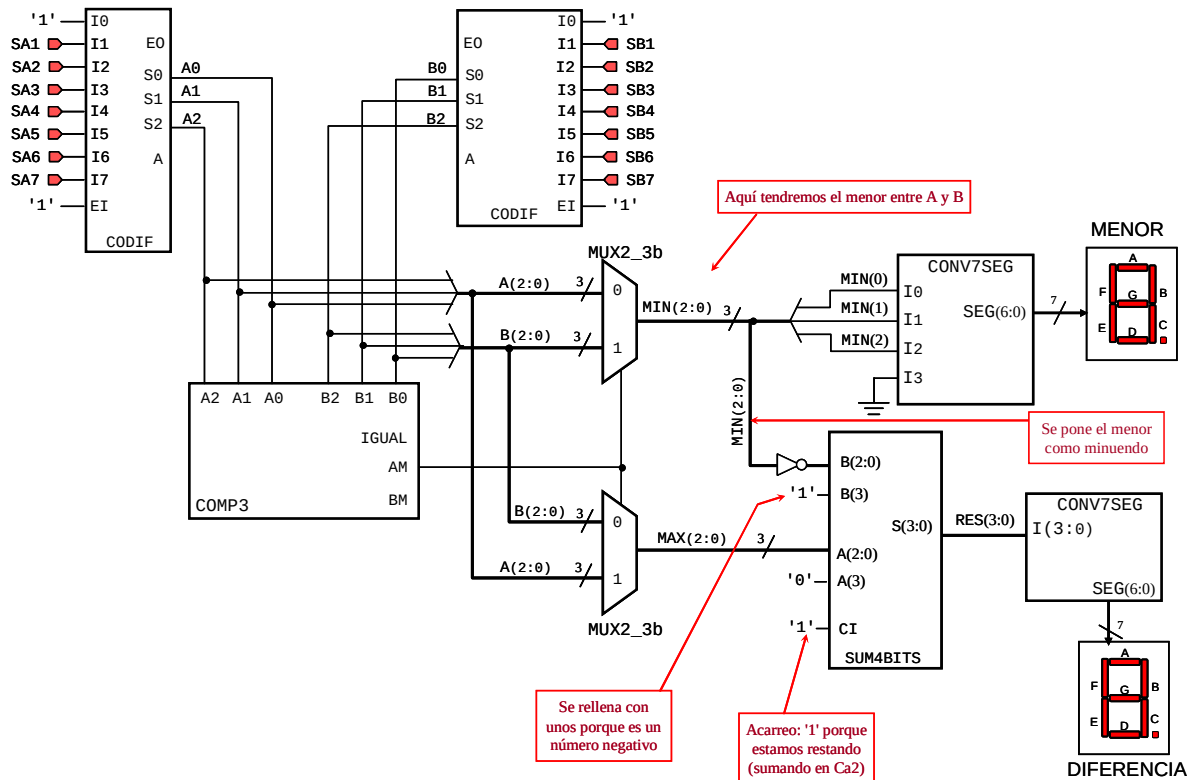
El resto de combinaciones no son posibles.

Una vez codificadas las señales de los depósitos, el resto del circuito se puede hacer como sigue (similar al problema 20 de la báscula):

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



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

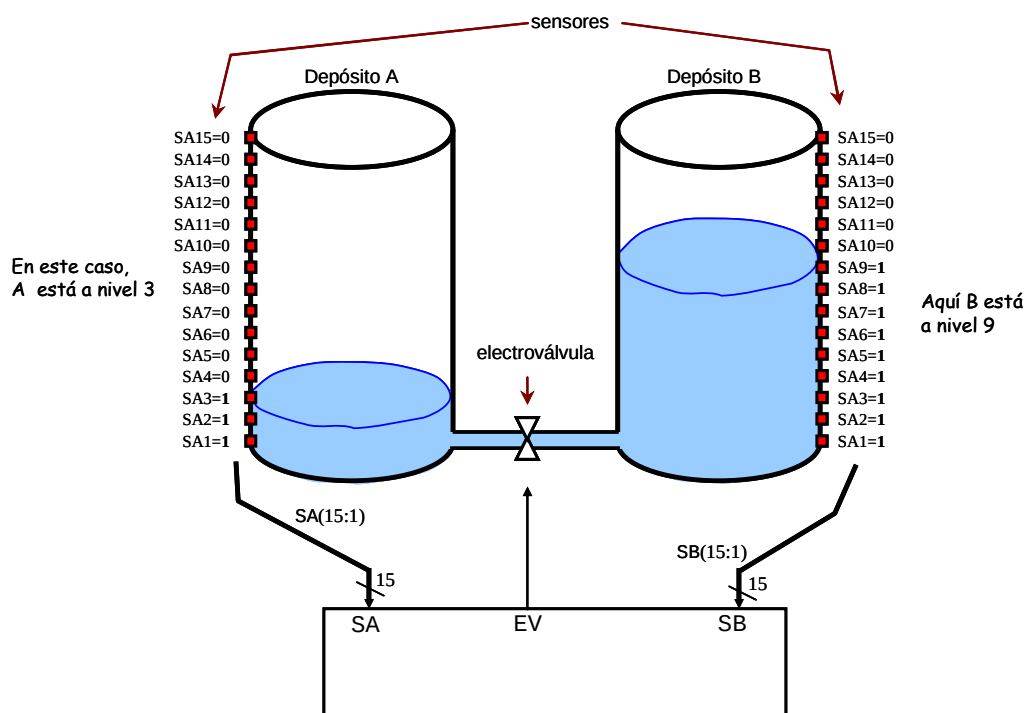
## 22. Depósitos de agua comunicados

### 22.1. Enunciado

Se tienen dos depósitos de agua comunicados por una tubería que tiene una electroválvula (ver figura). El nivel de agua de cada depósito se mide con 15 sensores distribuidos uniformemente a lo alto de cada depósito. Cada sensor dará un '1' lógico si está cubierto de agua, y un '0' lógico si está al aire. Como se tienen 15 sensores para conocer el nivel, el rango de valores va desde 0 a 15. Se supone que ningún sensor va a fallar, por lo tanto, si un sensor indica un '1' lógico, todos los sensores que estén debajo de él darán un '1' lógico (pues el agua los cubrirá también).

Se quiere realizar un circuito que accione la electroválvula cuando uno de los depósitos contenga el doble o más de agua que el otro, en este caso la salida **EV** será '1'. Mientras que **EV** será '0' cuando la diferencia del contenido de agua entre los depósitos sea menor del doble. Al accionar la válvula el depósito de mayor cantidad de agua se vaciará y el de menor cantidad de agua se llenará por ser un sistema de vasos comunicantes.

Para realizar el circuito se pueden usar los siguientes bloques combinacionales: decodificadores, codificadores, comparadores, multiplexores, demultiplexores y sumadores de cualquier número de bits. Así como puertas lógicas. Cualquier otro bloque se deberá realizar en función de los anteriores o en puertas lógicas. Para cada bloque utilizado se debe especificar claramente qué bloque es, las señales de entrada y salida, y el ancho de bus.



### 22.2. Solución

La primera es codificar las señales de los sensores de cada uno de los depósitos. Se hace de la misma manera

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

---

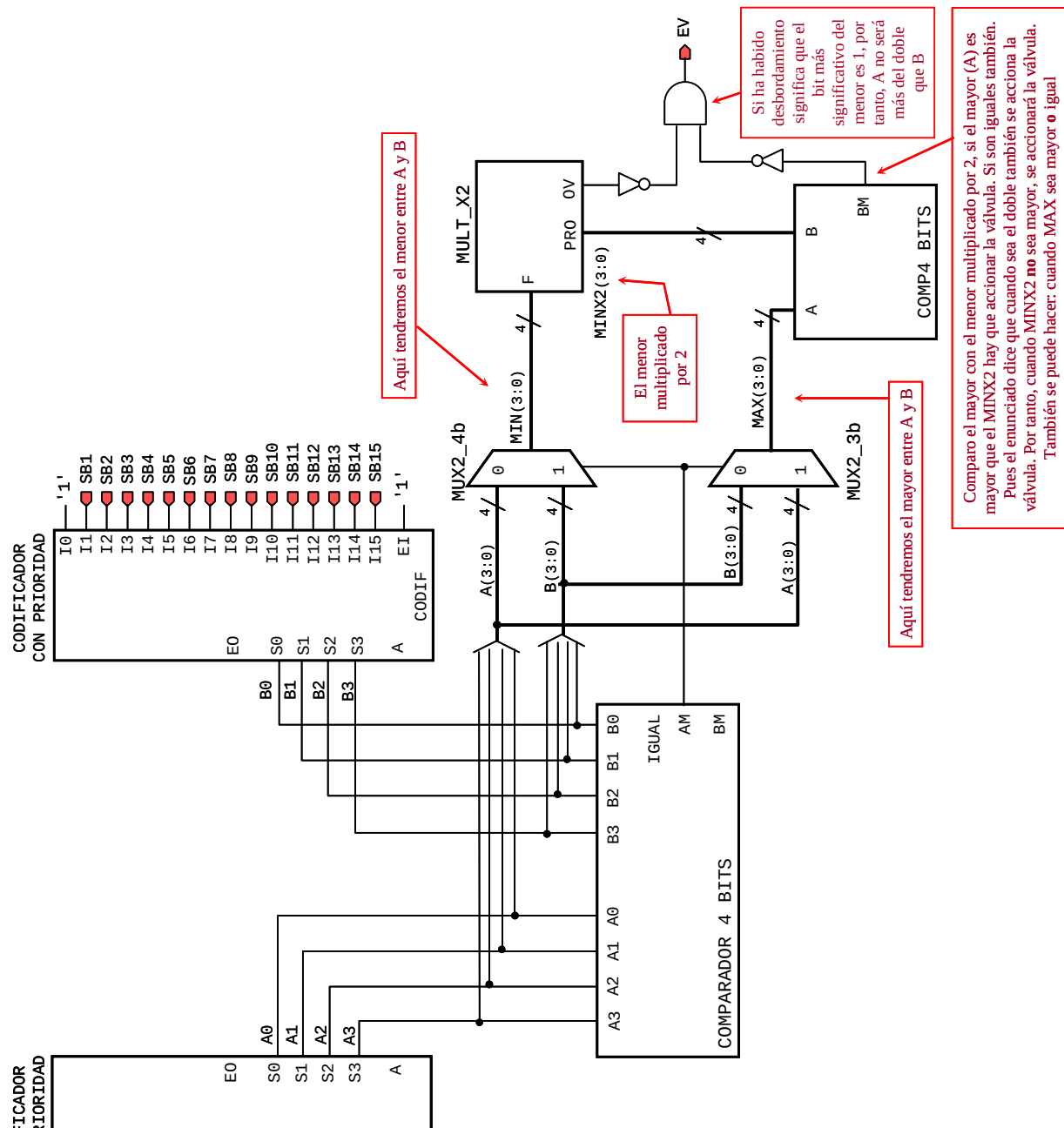
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**

tanto, si se desborda la multiplicación significa que el depósito de mayor cantidad de agua no podrá tener más del doble de agua que el otro (porque no puede tener más de 15).

Por eso se debe poner una puerta AND antes de la salida **EV**: Si es mayor del doble y no se ha desbordado.

Otra manera de hacerlo es mirar el bit más significativo del menor (**MIN**). Si **MIN(3) = 1**, significa que tiene un nivel de agua igual o mayor que 8, por lo tanto, el otro depósito no puede tener más del doble de agua.

En la figura se muestra el diseño. Todos los bloques se pueden usar tal cual menos el del multiplicador, ya que el enunciado no dice que lo tengamos.



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

---

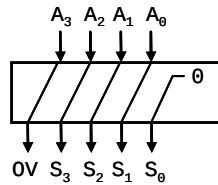
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 2. Sumando el número a sí mismo

Evidentemente, la primera forma es más sencilla y más barata, aunque los dos dan el mismo resultado.

A continuación se muestra el multiplicador hecho con el desplazador a la izquierda, y tres ejemplos de multiplicación. El último ejemplo, al multiplicar 9 (1001) se desborda y vemos también que el bit 3 es uno.

Multiplicador x2



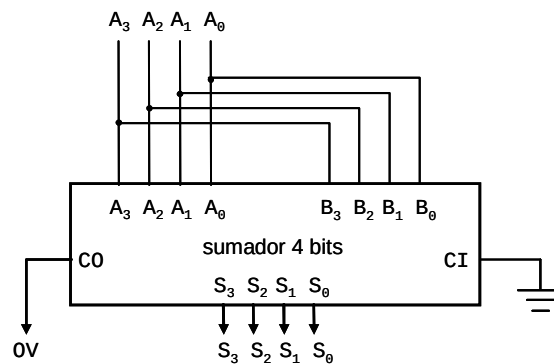
Ejemplos:

6:  $0110_2$   
 $\times 2$   
 12:  $1100_2$

5:  $0101_2$   
 $\times 2$   
 10:  $1010_2$

9:  $1001_2$   
 $\times 2$   
 18:  $10010_2$   
 overflow  
 no cabe en 4 bits

El multiplicador realizado con un sumador de cuatro bits se muestra a continuación:



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

## 23. ALU

### 23.1. Enunciado

Realizar una unidad aritmético lógica con dos operandos de 4 bits (OPA y OPB) y 4 operaciones.

Las operaciones que se realizarán son: suma, resta, complemento a 2 (Ca2) y complemento a 1 (Ca1). Para seleccionar una operación se dispone de 4 pulsadores:

- BTN0: realiza la suma  $S=OPA+OPB$
- BTN1: realiza la resta.  $S=OPA-OPB$
- BTN2: devuelve el complemento a 2 de OPB
- BTN3: devuelve el complemento a 1 de OPB.

Siendo BTN0 la operación de mayor prioridad, y BTN3 la de menor (para el caso en que se pulsen más de un botón a la vez). Por ejemplo, si se pulsan a la vez BTN1 y BTN2 el circuito devolverá la resta y no el Ca2.

Como salida se tendrá la señal RESULT de 4 bits.

a) Realizar el diagrama de bloques del circuito:

Para el diseño se podrá emplear cualquiera de los siguientes bloques sin necesidad de describirlos en puertas (no todos son necesarios): multiplexores, sumadores, codificadores, decodificadores, demultiplexores y comparadores. Todos ellos de uno o varios bits. Además se podrá emplear cualquier tipo de puertas lógicas. Cualquier otro bloque deberá ser descrito en función de los bloques citados o en puertas.

b) Incluir la señal de desbordamiento, sabiendo que:

Para el caso de la suma se considera que los operandos están en binario puro.

Para la resta y el Ca2, los operandos de entrada están codificados en Ca2

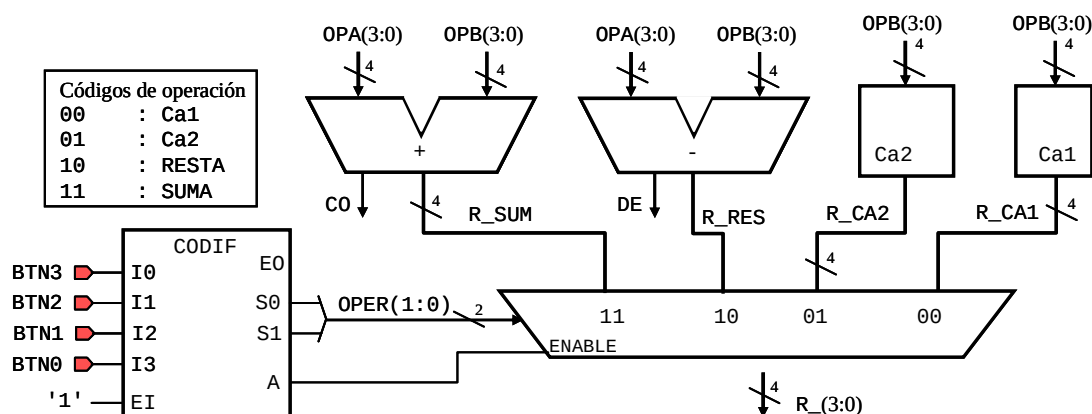
Para el Ca1 el operando de entrada está codificado en Ca1.

Se valorará la reducción de componentes del circuito y la sencillez.

### 23.2. Solución

Hay muchas posibles soluciones para este diseño.

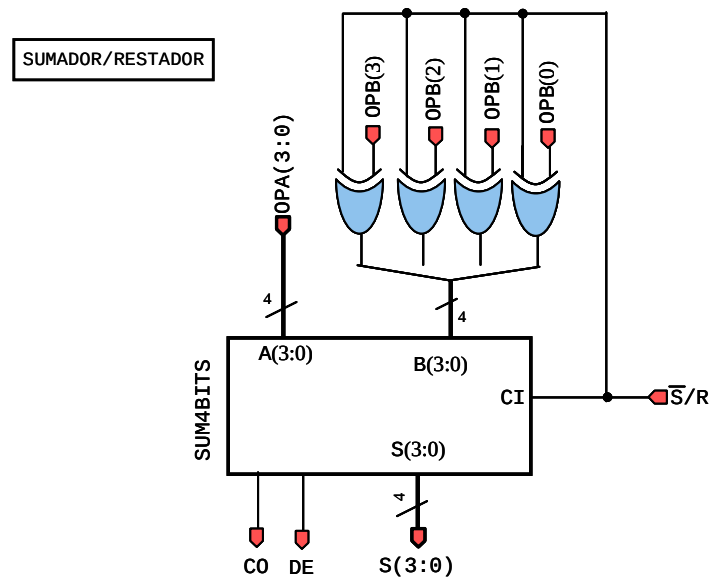
Inicialmente el circuito podría diseñarse de la siguiente manera.



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

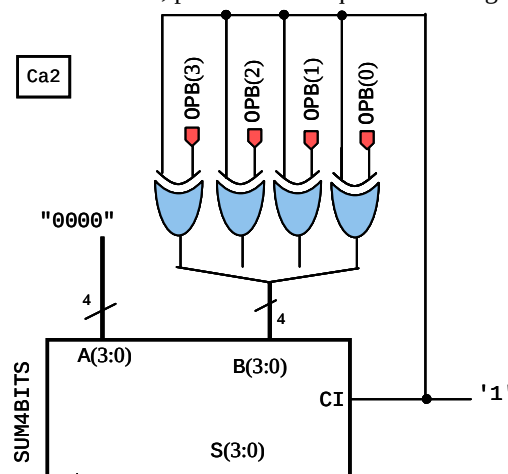


La señal DE corresponde al desbordamiento de la resta (hecha como suma) en complemento a dos, y se puede calcular de distintas maneras, una de ellas es (condición de desbordamiento en la suma en Ca2):

| A3 | B3 | S3 | DE |
|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 0  | 0  |
| 0  | 0  | 1  | 1  |
| 0  | 1  | 0  | 0  |
| 0  | 1  | 1  | 0  |
| 1  | 0  | 0  | 0  |
| 1  | 0  | 1  | 0  |
| 1  | 1  | 0  | 1  |
| 1  | 1  | 1  | 0  |

Por lo tanto podemos sustituir los bloques sumador y restador por el nuevo bloque.

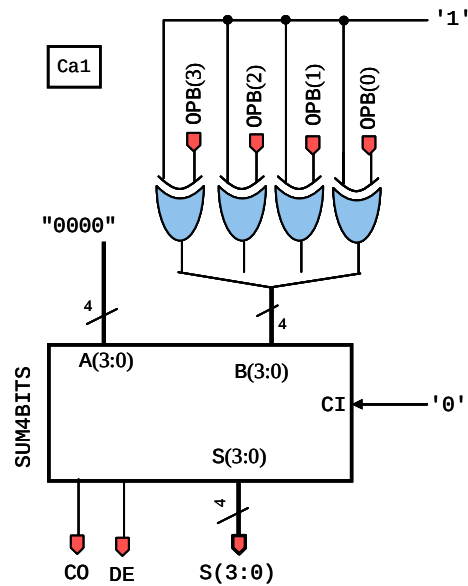
Hacer el bloque que calcula el complemento a dos de B, va a ser sencillo, simplemente tenemos que invertir B y añadirle uno. Como necesitamos añadir uno, podemos utilizar el mismo bloque sumador. De hecho podemos hacer igual que si fuésemos a realizar una resta, pero haciendo que OPA sea igual a cero.



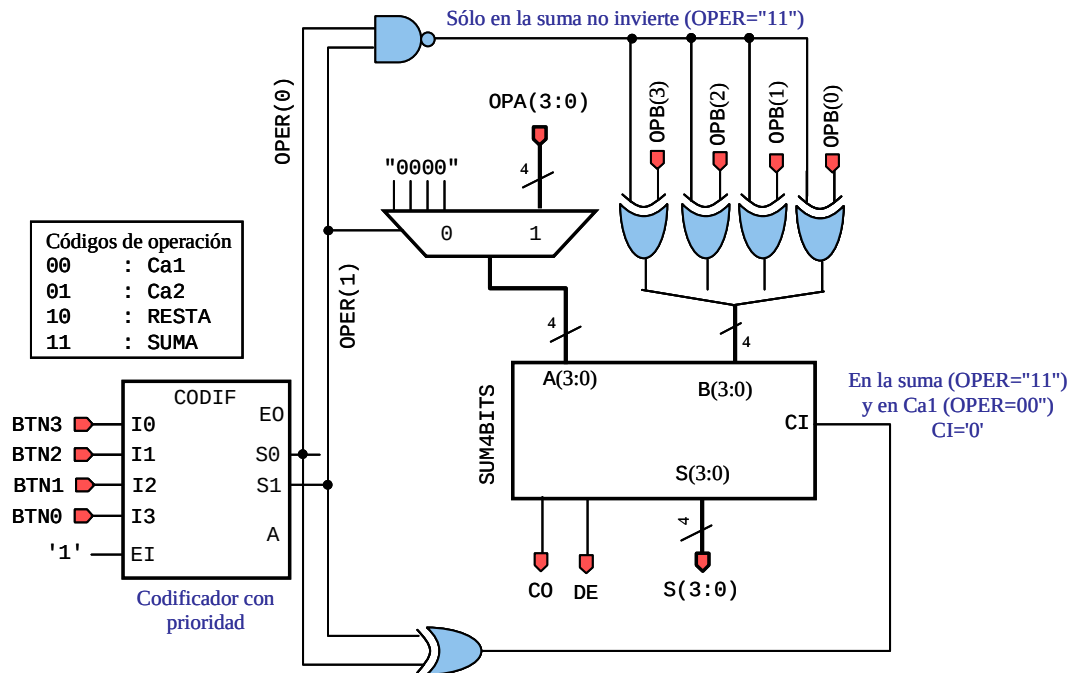
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

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



Evidentemente esta una forma ineficiente de hacer el complemento a uno si sólo necesitásemos realizar esta operación, pero al tener que realizar sumas y restas, nos quedará un diseño muy compacto.



#### b) Desbordamiento:

Y por último queda la señal de desbordamiento. En la suma se selecciona el acarreo de salida (CO), ya que están en binario puro; en la resta y Ca2 se selecciona DE, y en Ca1 cualquiera de ellas ya que siempre será cero (porque se le suma 0). Esta señal se quedaría así.

CO DE

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



## 24. Contador 1

### 24.1. Enunciado

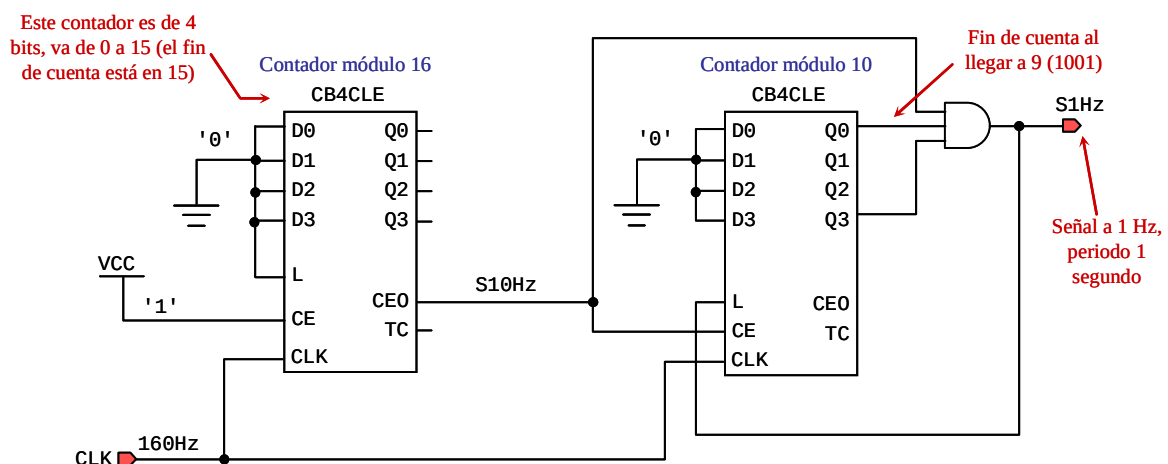
Mediante contadores síncronos de 4 bits como el mostrado en la figura,

- Diseñar un circuito que a partir de una señal de reloj CLK de frecuencia 160Hz proporcione una señal de 1Hz
- Realizar un segundero: A partir de la salida anterior obtener un circuito que periódicamente encienda y apague un LED durante un segundo. Esto es: 1 segundo encendido, el siguiente segundo apagado, el siguiente segundo encendido, ...
- Añadir al circuito anterior otro LED que esté encendido mientras el otro LED esté apagado, y que se apague mientras el otro esté encendido.

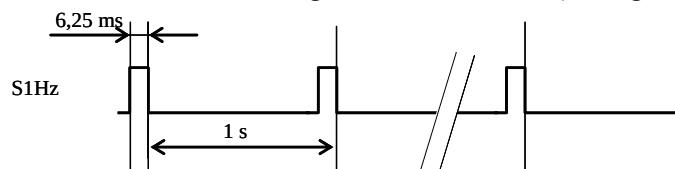
| CB4CLE |     |
|--------|-----|
| D0     | Q0  |
| D1     | Q1  |
| D2     | Q2  |
| D3     | Q3  |
| L      | CE0 |
| CE     | TC  |
| CLK    |     |

### 24.2. Solución

- a) Tenemos un reloj que va a 160Hz, y queremos una salida a 1Hz. Para ello tenemos que dividir la frecuencia entre 160. Con contadores de 4 bits, podemos dividir primero entre 16 y obtener una señal de 10Hz y dividir ésta entre 10 y obtener la salida de 1Hz.



- b) La señal que hemos obtenido es de periodo 1 segundo. Y en cada segundo sólo estará un ciclo de reloj de Clk a '1' y el resto estará a cero. Cada ciclo de reloj dura 6,25 ms ( $1s/160=0,00625s$ ). Ya que 160 ciclos de 6,25ms hacen 1 segundo. Así que la señal de salida S1Hz tiene la siguiente forma de onda (la imagen no está a escala).

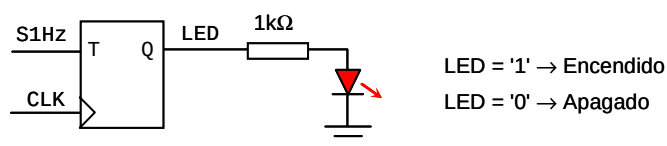


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

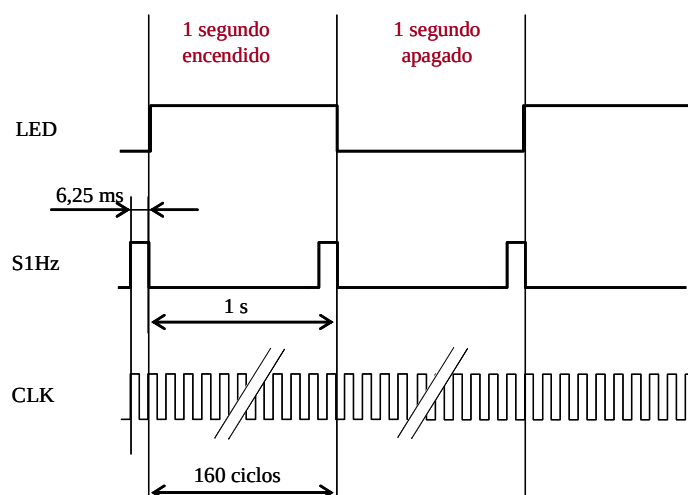
---

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

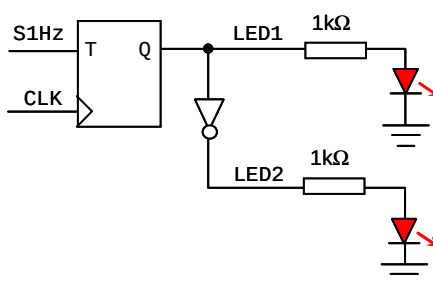
(memorizar) la orden después de que se termine el pulso de S1Hz usaremos un biestable. Podemos usar el biestable T, que cambia de valor cada vez que recibe un pulso.



La forma de onda resultante que va al LED será:



c) Si queremos dos LED que se enciendan alternativamente, bastará con conectar el otro LED a la salida negada del biestable.



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

---

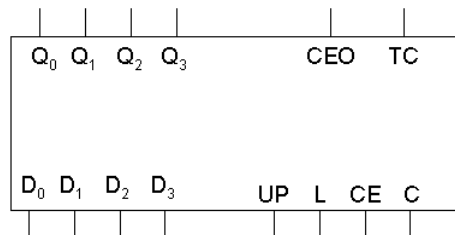
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**

Cartagena99

## 25. Contador 2

### 25.1. Enunciado

- a) Necesitamos obtener una señal de 20 KHz a partir de una señal de reloj de 1 MHz. Para ello disponemos de dos contadores síncronos BCD 74HC160 como el de la figura. Dibujar el diagrama lógico necesario.



- b) Se quiere implementar un reloj digital que muestre la hora (de 1 a 12) y los minutos (de 0 a 59) en el formato H H : M M.

Para ello se dispone de 4 contadores BCD 74HC160, 4 decodificadores BCD- 7 segmentos y 4 displays de 7 segmentos. Indique las conexiones necesarias de todos los componentes.

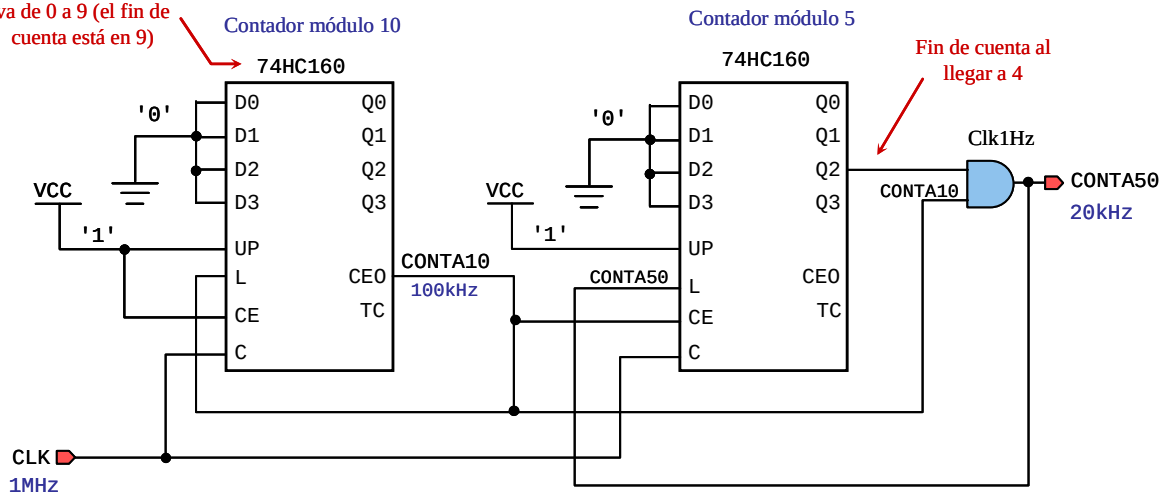
### 25.2. Solución

a)

La frecuencia tiene que disminuir desde 1MHz hasta 20kHz, lo que supone que necesitamos dividir la frecuencia entre 50. Como disponemos de contadores BCD, podemos dividir primero entre 10 y luego entre 5. Como es un contador BCD, cuenta de 0 a 9, y por tanto para el primer contador no hace falta calcular el fin de cuenta pues ya lo hacen las señales CEO y TC.

A continuación se muestra una posible solución, aunque hay muchas otras posibles

Este contador es BCD,  
va de 0 a 9 (el fin de  
cuenta está en 9)



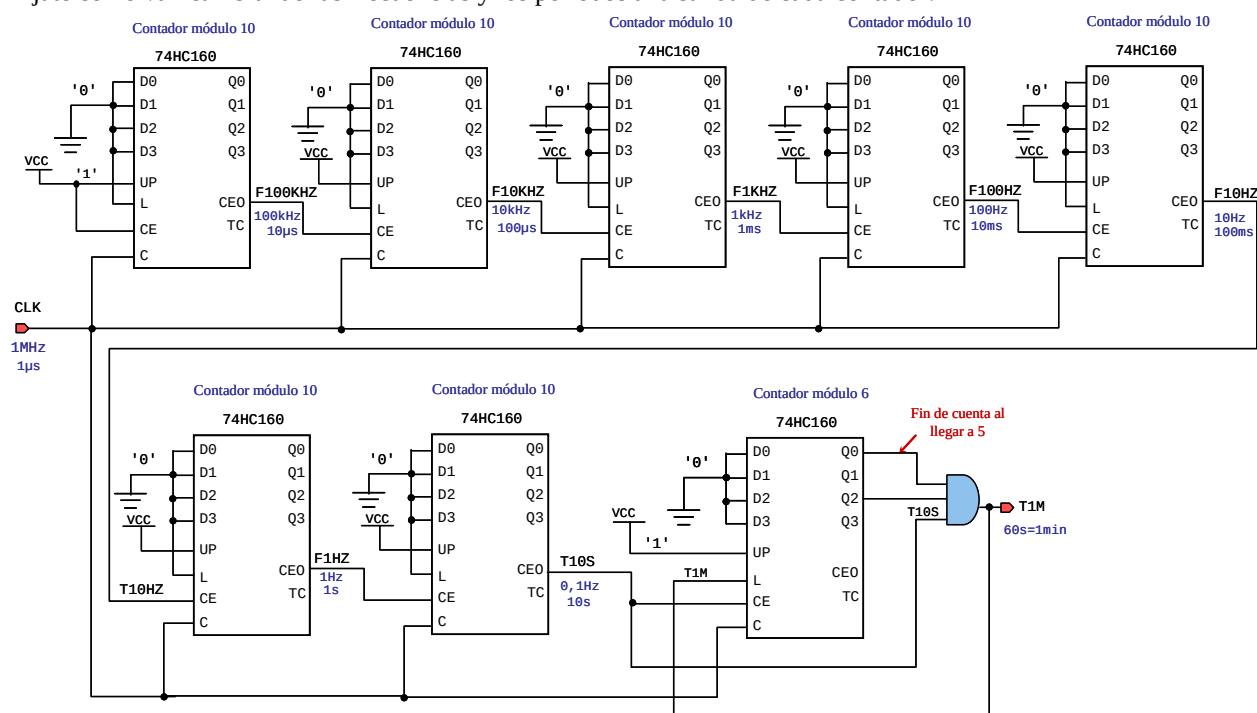
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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

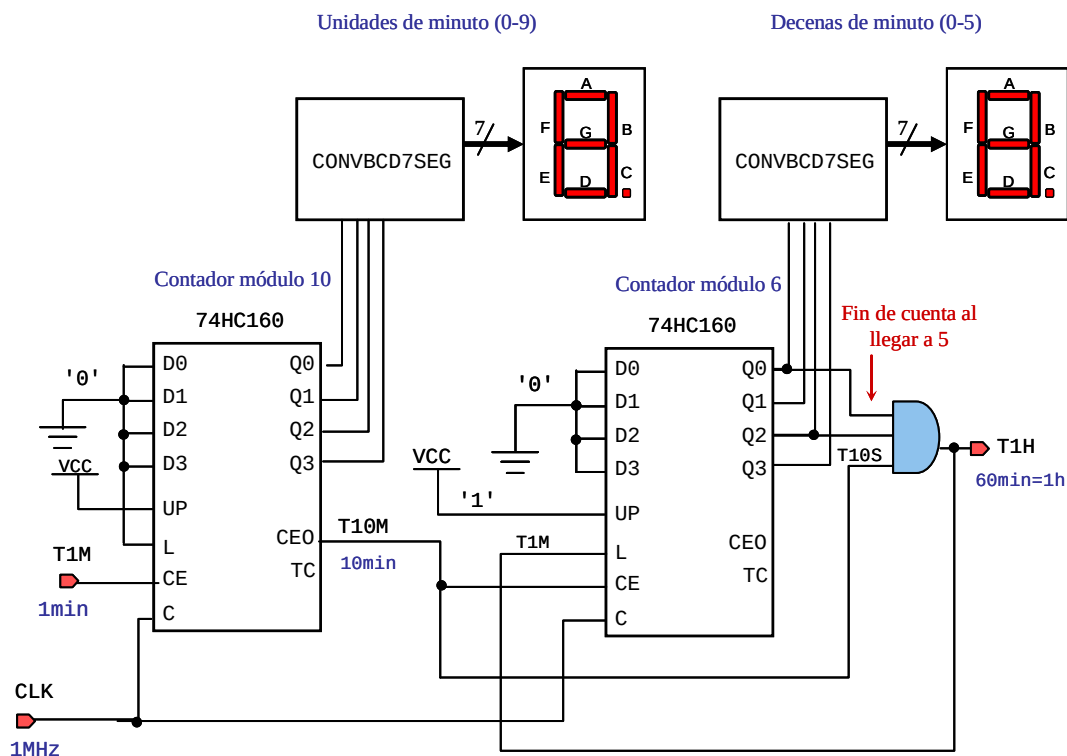


Fíjate como van cambiando las frecuencias y los periodos a la salida de cada contador.



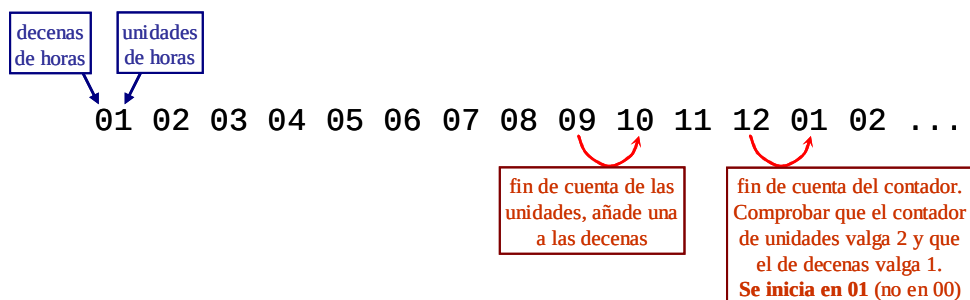
— — —

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



Y ya tenemos una señal que nos da un pulso cada hora, y con ella generaremos el contador de 12 horas. Este contador de horas es especial, ya que la cuenta es 01, 02, ..., 08, 09, 10, 11, 12 y vuelta a 01. Tendremos un contador para las unidades y otro para las decenas de horas. Las decenas de horas sólo van a ser 0 ó 1. Ya que el formato es de 12 horas y no de 24 horas. El contador de unidades realizará una cuenta de 1 a 9 cuando las decenas valgan 0, y otra de 0 a 2 cuando las decenas valgan 1, al terminar esta última cuenta, las unidades volverán a 1 (después de las doce viene la una, no existe la hora cero en formato de 12 horas).

La secuencia de la cuenta será:



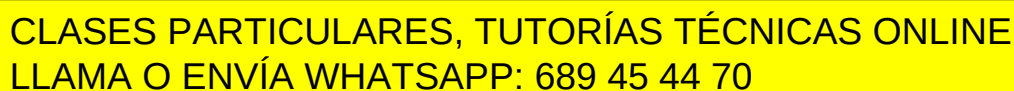
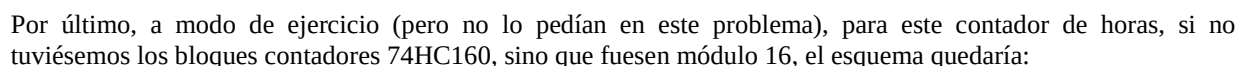
Así que tendremos el paso de 09 a 10 que es el paso normal de añadir una decena. Y por otro lado tenemos el paso del fin de cuenta, de 12 a 01, que tiene dos particularidades:

- Por usar contadores BCD para poder mostrar fácilmente la cuenta de horas por los *displays*, se nos complica la cuenta, y como 12 no es divisible entre 10, tenemos que comprobar el fin de cuenta no sólo con el valor de las decenas, sino también con el de las unidades.
- Por otro lado, para el contador de unidades, el inicio de cuenta, desde 12 a 01 es distinto que de 09 a 10. Si

**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**



— — —

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

## 26. Contador 3

### 26.1. Enunciado

Realizar el circuito que obtiene las señales **Q10** y **Q30** del "café electrónico" descrito en el problema 18.

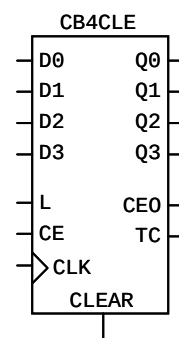
Para ello se dispone un reloj (**CLK**) de 12kHz y una señal de entrada (**MOV**), que indica si el alumno se ha movido. Cuando la señal de entrada **MOV** vale '1' indica que hay movimiento, cuando vale '0' indica que el alumno está quieto.

El funcionamiento de las señales de salida es el siguiente:

- La señal **Q10** se debe poner a '1' cuando hayan transcurrido 10 minutos durante los que la señal **MOV** se ha mantenido a '0'. Antes de que transcurran 10 minutos, **Q10** valdrá '0'.
- La señal **Q30** se debe poner a '1' cuando hayan transcurrido 30 minutos durante los que la señal **MOV** se ha mantenido a '0'. Antes de que transcurran 30 minutos, **Q30** valdrá '0'.

Para realizar el circuito se pueden usar todos los bloques combinacionales estudiados (comparadores, multiplexores, codificadores, sumadores,...) ,así como puertas lógicas y biestables. También se pueden utilizar contadores módulo 16 como el de la figura.

Para cada bloque utilizado se debe especificar claramente el tipo de bloque, las señales de entrada y salida, y el ancho de bus.



### 26.2. Solución

Tenemos que realizar un contador de minutos, cuando la cuenta sea mayor que 10 minutos, se activará la señal **Q10** (se podrá a uno) y cuando la cuenta sea mayor que 30 se activará **Q30**. (se podrá a uno).

La única diferencia con un contador normal es que cuando la señal **MOV** valga 1, empezaremos la cuenta desde cero. Para empezar la cuenta se puede usar el **load (L)** del contador y lo haríamos de manera síncrona cargando ceros en el dato, o bien lo podemos realizar de manera asíncrona utilizando el **CLEAR** de cada contador.

Como queremos contar minutos, lo primero que tenemos que hacer es obtener una señal periódica de un minuto. Para ello, pasamos primero los 12kHz a 1Hz, obteniendo una señal T1S de un segundo de periodo (dividiendo por 12000) y de esta señal, pasamos de una señal de un minuto (dividiendo por 60).

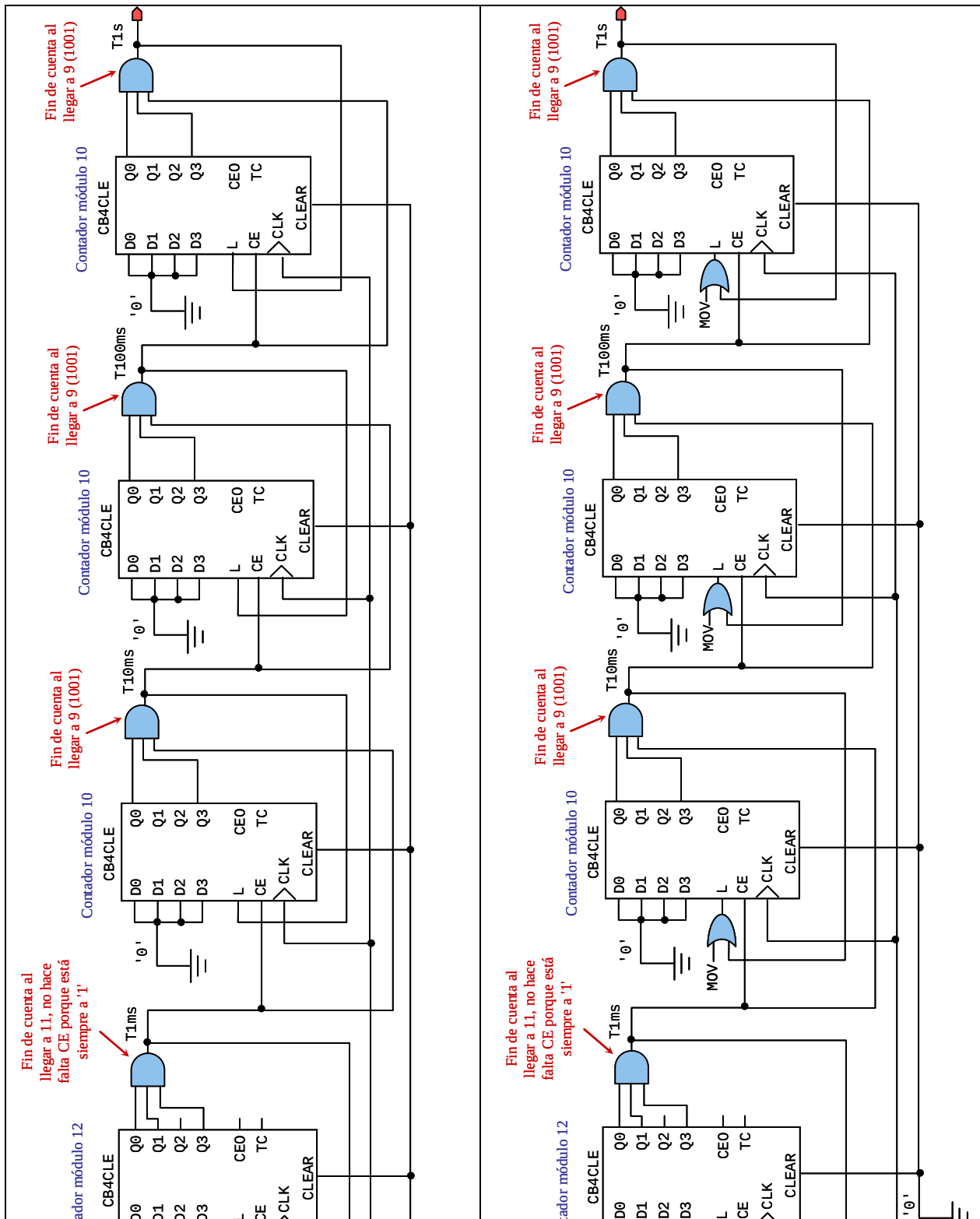
En cualquier momento que la señal **MOV** valga 1, el contador volverá al principio. En la figura de la izquierda se muestra cómo obtener la señal de periodo un segundo. En este caso el contador se inicializa asíncronamente cada vez que **MOV=1** , utilizando la señal **CLEAR**.

La otra opción es utilizar el **LOAD**, habría que hacer la OR de load que ya tenemos con la inicialización (esta opción se muestra en la figura de la derecha):

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



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

---

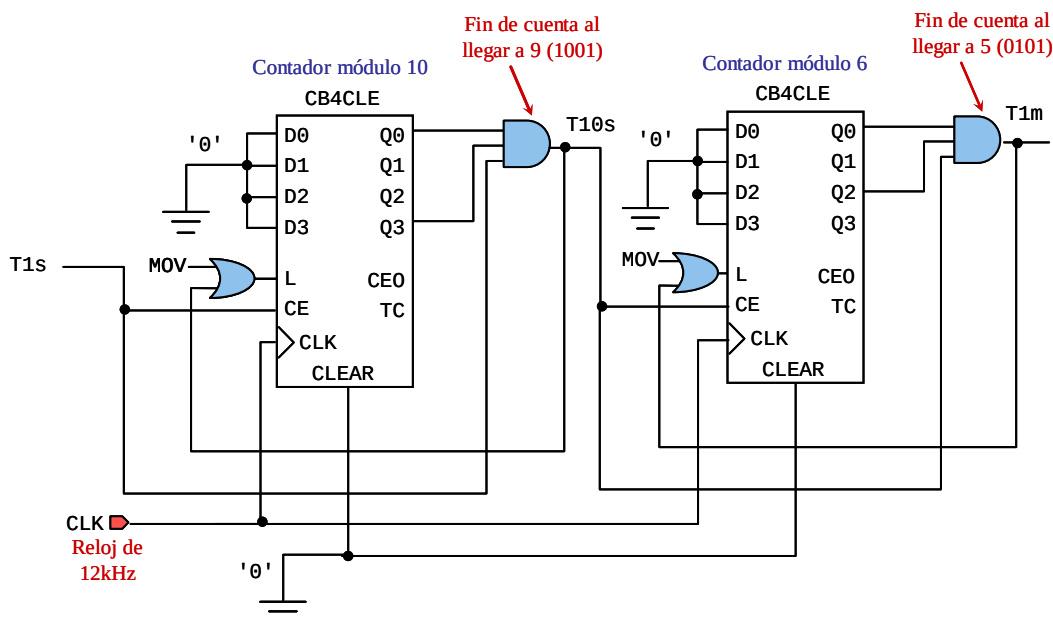
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**

Cartagena99



Sin embargo, siendo prácticos, en realidad da igual inicializar esta parte del contador, si no la inicializamos, vamos a perder como mucho un segundo, que es algo insignificante respecto a la cuenta de 10 minutos que llevamos. Estos contadores se podrían dejar sin inicializar cuando **MOV**='1'.

Los contadores que hemos realizado nos proporcionan una salida de un segundo de periodo ( $f=1\text{Hz}$ ) Con esta señal (**T1s**) realizaremos la cuenta de 60 segundos para obtener una señal de un minuto de periodo (**T1m**). Este circuito se muestra en la siguiente figura. La inicialización debida al movimiento se ha hecho con el **Load (L)**, también se podía haber hecho con el **CLEAR**. Si no se pusiese inicialización, podríamos perder hasta un minuto de diez, lo que ya quizás puede ser importante.



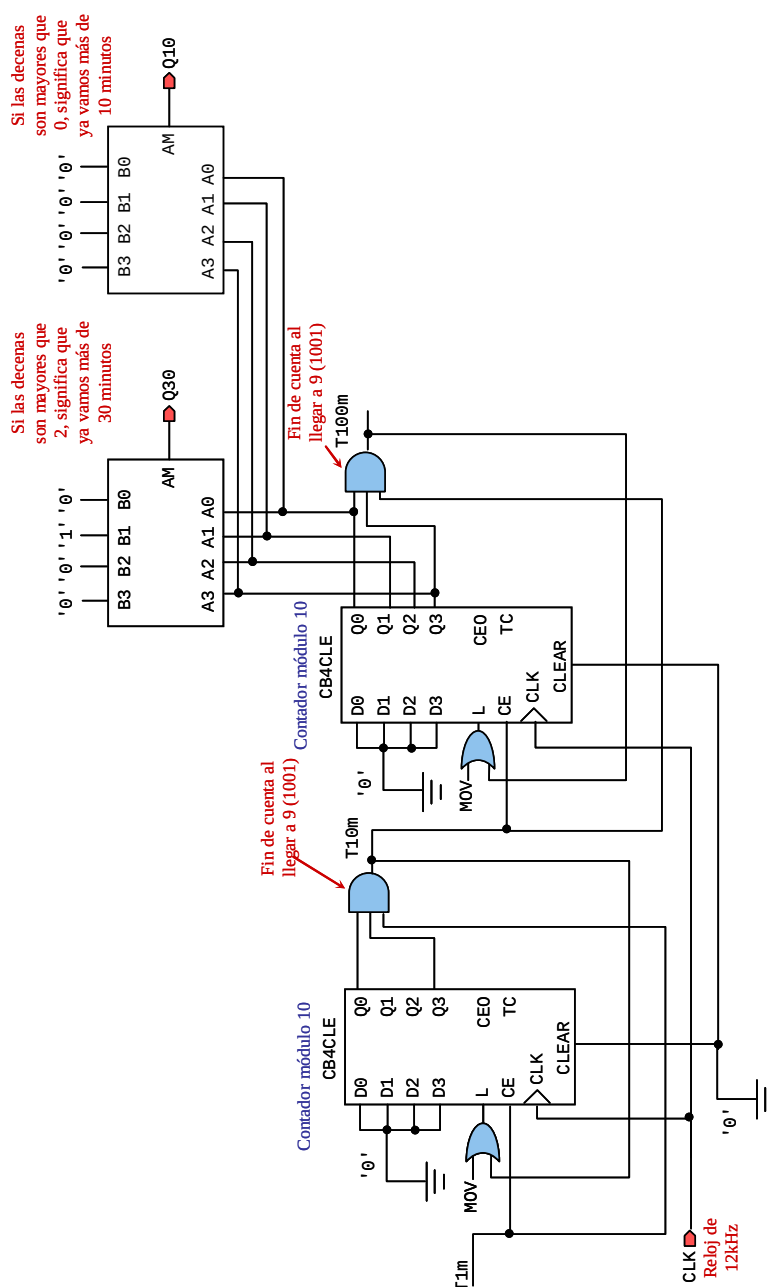
Ahora ya tenemos que hacer los contadores de 10 y 30 minutos. Como suele ocurrir en electrónica digital, hay muchas maneras de hacer este circuito.

Una solución podría ser realizar un contador de 99 minutos y poner comparadores, si la cuenta es mayor que 10 suena se pone a uno la señal **Q10**. Y si la cuenta es mayor que 30 se pone a uno la señal **Q30**. Se puede considerar raro que el alumno se quede dormido desde los 30 minutos hasta los 99 minutos sin que oiga la alarma. Y por tanto, al llegar a 99 el contador se inicializaría porque se supone que nunca va a darse este caso (más de una hora sonando la alarma). Como 10 y 30 son los primeros números de su decena, nos basta con comparar las decenas. Esto es, si las decenas de la cuenta de minutos son mayores que 0, significa que ya estamos por los 10 o más. Y si las decenas son mayores que 2, quiere decir que ya estamos por los 30 minutos o más.

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

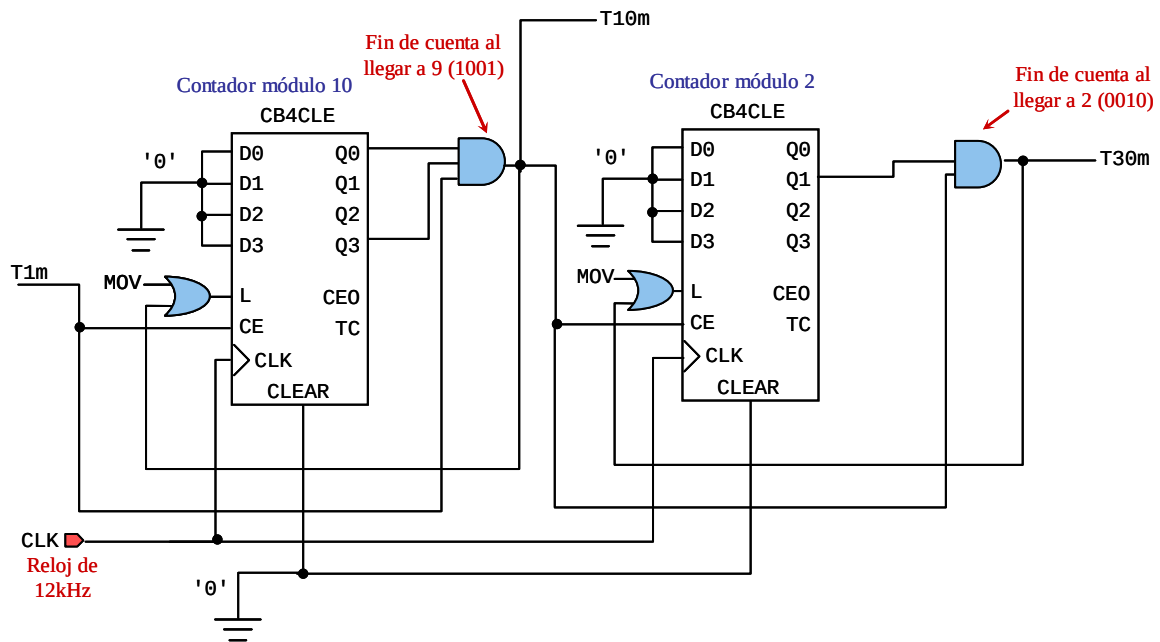


Con el contador de 30 minutos obtendremos la señal T30m.

Así pues, queremos obtener una señal de periodo de 10 minutos y otra de periodo de 30 minutos. Éstas señales se muestran en la siguiente figura:

— — —

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



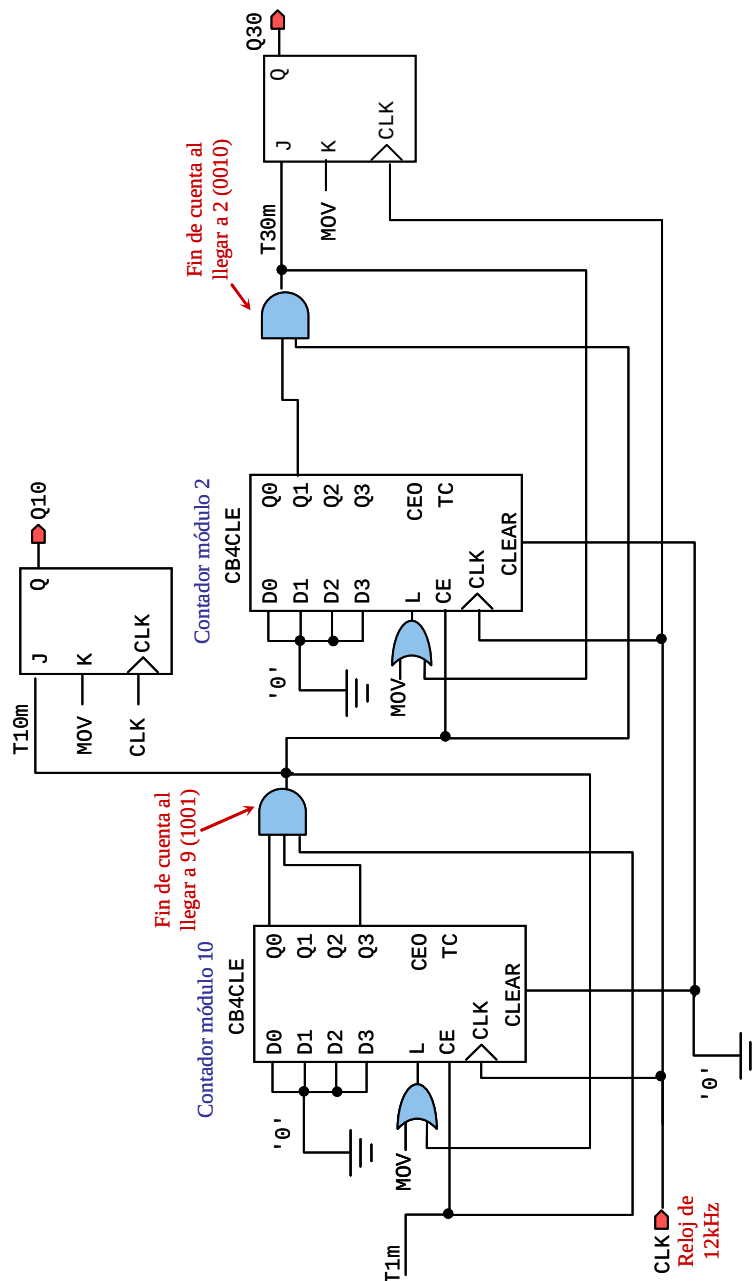
Y ¿cómo conseguimos que una vez que hemos llegado a los 10 ó los 30 minutos se mantenga la señal activa para que suene la alarma? Podemos usar un biestable, por ejemplo un J-K, poniendo la señal T10m ó T30m en la entrada J, hará que el biestable se mantenga a 1 hasta que K se ponga a '1'. ¿Cuándo queremos que el biestable se ponga a 0? cuando se mueve, por tanto, en la entrada K del biestable ponemos la señal **MOV**. ¿Qué pasaría si MOV y T10m se ponen a uno simultáneamente? el biestable cambiaría de valor, pero no es importante, porque T10m (y T30m) se ponen a uno sólo durante un ciclo de reloj, por tanto será inapreciable, y en el siguiente ciclo de reloj tendremos que J=0 y K=1, por tanto el biestable volverá a 0. Además de que sería mucha casualidad que el alumno se moviese en el preciso instante en que el contador llega a su fin.

El circuito quedaría como sigue:

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



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

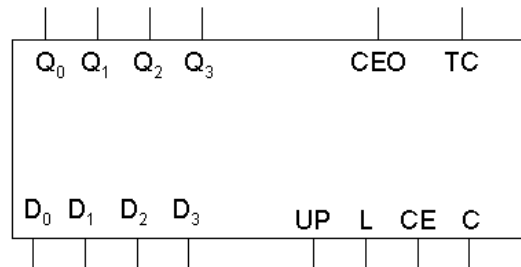
---

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

## 27. Contador 4

### 27.1. Enunciado

Empleando contadores síncronos BCD CI 74160 como el de la figura:

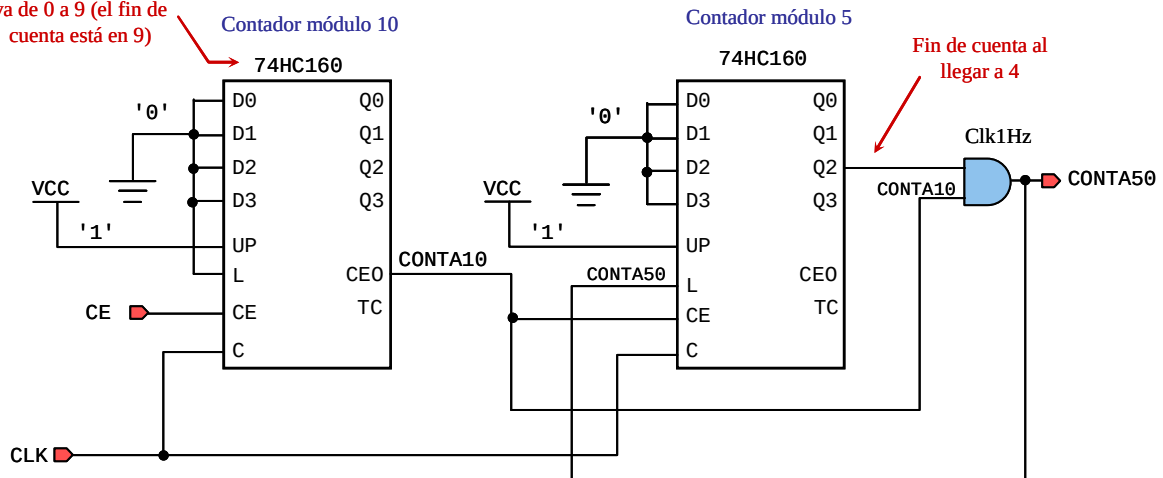


- Diseñar un contador síncrono módulo 50
- Diseñar, mediante bloques combinacionales estándar, un sistema que cuente hasta un cierto número variable entre 0 y 99 marcado por el usuario, y que presente la cuenta en 2 displays de 7 segmentos.

### 27.2. Solución

a)

Este contador es BCD, va de 0 a 9 (el fin de cuenta está en 9)



b)

El usuario introduce el número en BCD, con dos cifras BCD (cada una con 4 bits), una para las unidades y otra para las decenas.

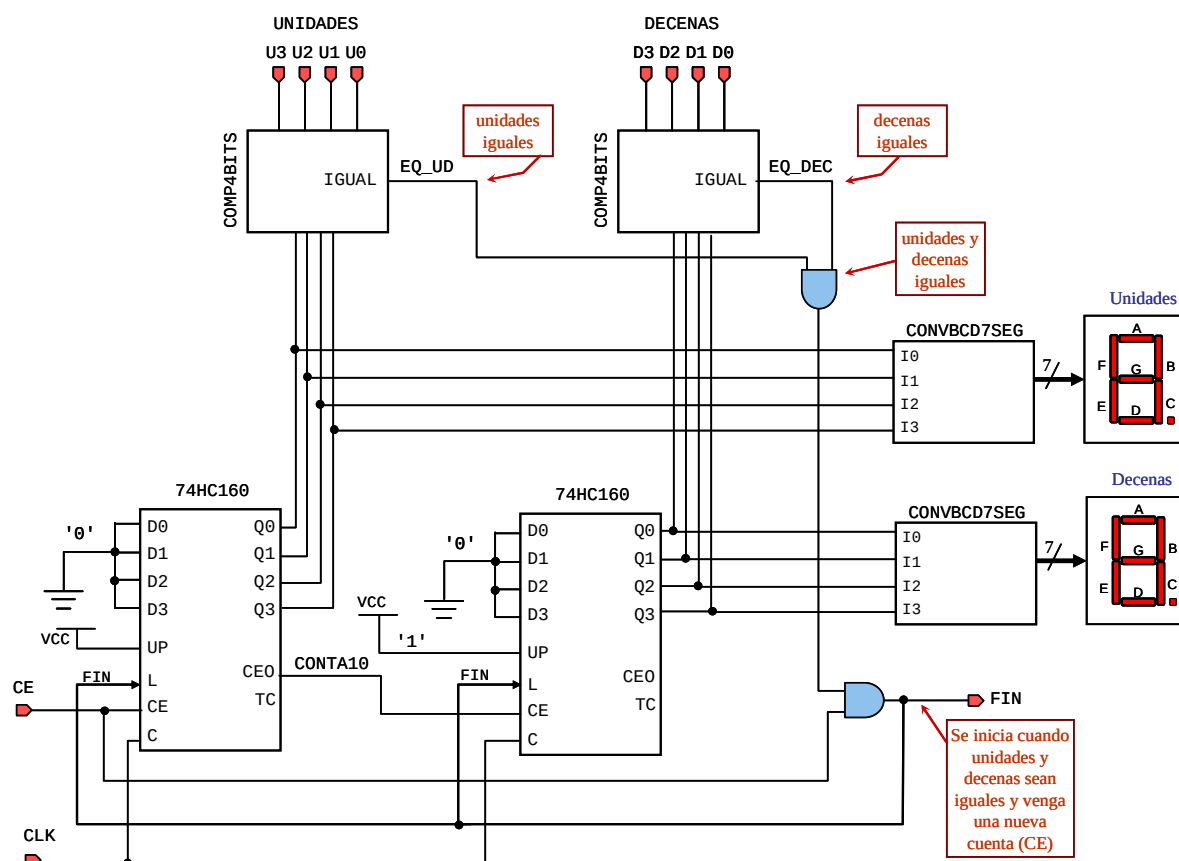
La cuenta irá desde 0 hasta el número marcado, utilizándose un contador para unidades y el otro para decenas.

Utilizaremos dos comparadores, y cuando los contadores coincidan (sean iguales) al número introducido por el usuario, en la siguiente cuenta los dos contadores pasarán a cero.

**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**



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

## 28. Piano electrónico

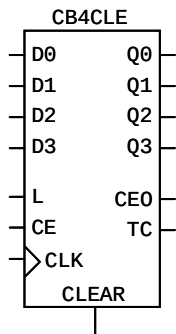
### 28.1. Enunciado

Se tiene un reloj (**CLK**) de 30 MHz, y contadores hexadecimales como el de la figura, se pide:

a) Realizar un circuito que a partir de la señal de reloj obtenga una señal (**F10KHZ**) de frecuencia 10 kHz. Esta señal estará un sólo ciclo de reloj a '1' y el resto a '0'.

b) Realizar un circuito que cuente entre 1 y 100 pulsos de señal anterior (**F10KHZ**). La salida se llamará (**FOUT**). Esto es, si cuenta un pulso, la FOUT tendrá el mismo número de pulsos que F10KHZ. Mientras que si cuenta 100 pulsos, FOUT tendrá un pulso por cada 100 de F10KHZ.

La cuenta máxima vendrá fijada por un número BCD de dos cifras introducido por el usuario.



c) ¿Cuáles serán las frecuencias y periodos mínimos y máximos que podrá tener la señal **FOUT**?

d) A partir de lo anterior, realizar un sintetizador digital simple que genere cuatro notas musicales (DO, RE, MI y FA). De manera resumida, el sintetizador de sonido genera señales periódicas cuya frecuencia viene determinada por la nota musical correspondiente. Aproximadamente, las frecuencias que queremos generar son:

|            | DO     | RE     | MI     | FA     |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| frecuencia | 263 Hz | 294 Hz | 333 Hz | 345 Hz |
| periodo    | 3,8 ms | 3,4 ms | 3,0 ms | 2,9 ms |

Para facilitar el cálculo, se recomienda utilizar los periodos (no las frecuencias). La selección de la nota se realizará mediante cuatro pulsadores. Si se pulsan dos pulsadores a la vez, la nota más aguda tendrá prioridad (FA es la de mayor prioridad, DO es la de menor prioridad)

Para realizar el circuito se pueden usar todos los bloques combinatoriales estudiados, así como contadores, puertas lógicas y biestables. Para cada bloque utilizado se debe especificar claramente qué es, las señales de entrada y salida, y el ancho de bus.

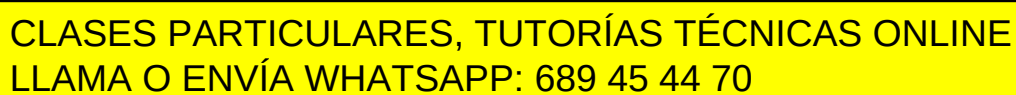
### 28.2. Solución

a) A partir de una señal de 30 MHz queremos obtener una de 10 kHz, por lo tanto, tenemos que contar 3000 ciclos de reloj, que cosas similares ya hemos hecho en los problemas de contadores anteriores.

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



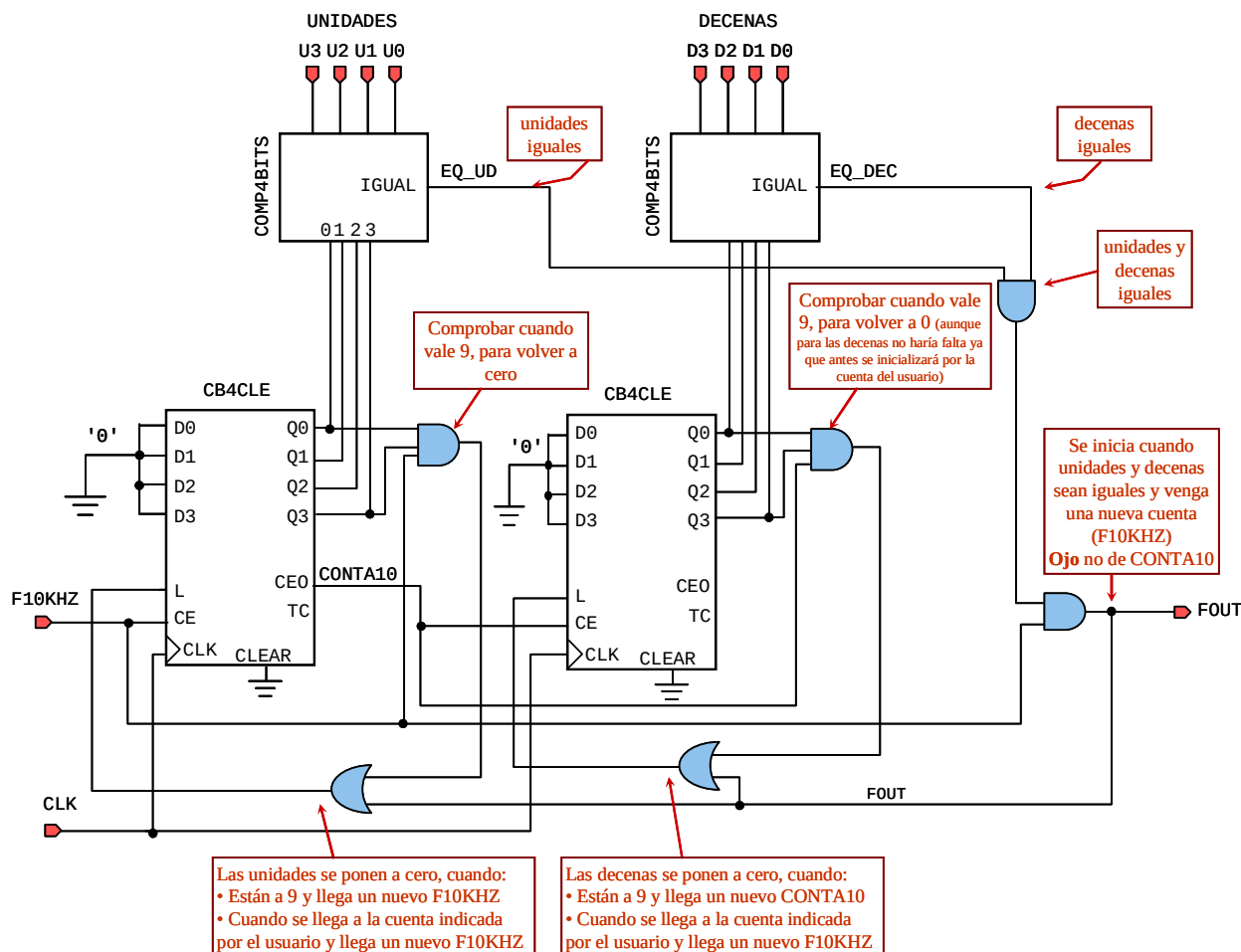
— — —

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



b) A partir de la señal F10kHz (T100us) queremos contar entre 1 y 100 ciclos de esta señal. Este problema es similar al de junio de 2007. La diferencia con aquel problema es que ahora tenemos contadores hexadecimales. Por lo tanto, ahora la inicialización de los contadores (L: Load) se hace cuando se cumplen dos condiciones:

- Cuando el contador está a 9 y le llega una nueva cuenta
- Cuando se llega a la cuenta indicada por el usuario.



c) No hace falta haber hecho el aparatado anterior para saber la frecuencia y periodos máximos y mínimos de FOUT, ya que se puede deducir del enunciado:

- La frecuencia máxima y periodo mínimo corresponden con la de la propia señal F10KHZ. Cuando se realiza una sola cuenta. Por tanto:

$$f_{\max} = 10\text{kHz} \quad ; \quad T_{\min} = 100 \mu\text{s}$$

- La frecuencia mínima y periodo máximo corresponden a cuando se cuentan 100 pulsos. Por tanto la frecuencia se divide entre 100 y el periodo se multiplica por 100. Por tanto:

$$f_{\min} = 100\text{Hz} \quad ; \quad T_{\max} = 10 \text{ ms}$$

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

Esto también se puede hacer dividiendo los periodos, pero colocados al revés: dividir 3,8 ms entre 100µs, esto es

$$\frac{3800}{100} = 38$$

En este caso, la división de los periodos resulta más fácil, y por eso se recomendaba en el enunciado.

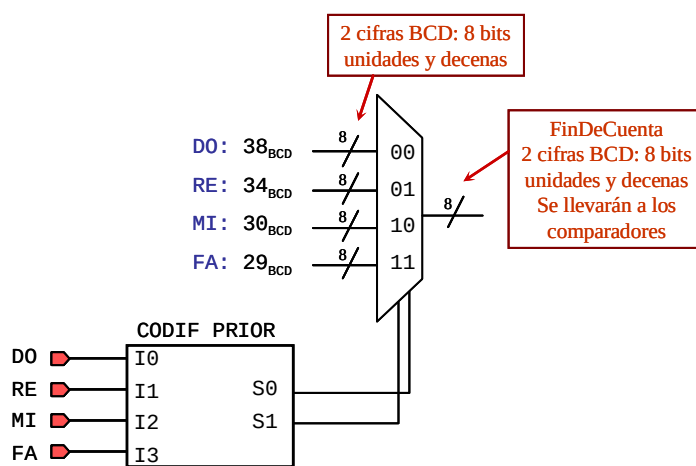
Para las otras notas se realiza igual:

|          | DO | RE | MI | FA |
|----------|----|----|----|----|
| relación | 38 | 34 | 30 | 29 |

Por tanto, para realizar el circuito, bastará con contar el número indicado de cuentas según la nota.

Según el pulsador que esté presionado seleccionaremos una cuenta distinta. Como ya sabemos, para seleccionar se usan multiplexores, y como hay 4 pulsadores, y necesitamos 2 señales de selección, las tenemos que codificar.

Esto que queremos hacer se muestra esquemáticamente a continuación

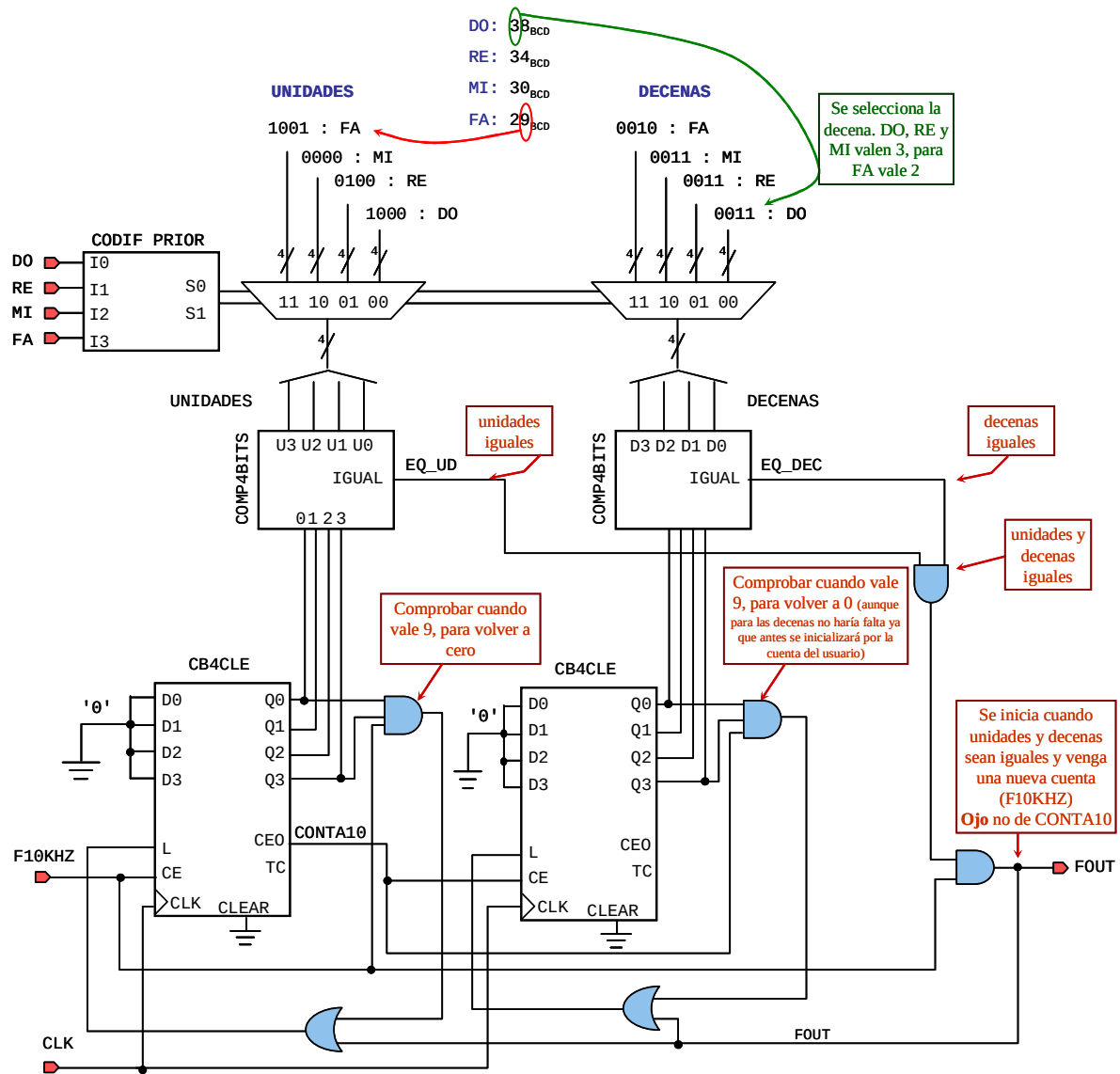


Que unido al circuito anterior nos quedaría el circuito final:

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



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

## 29. Análisis de circuitos 2

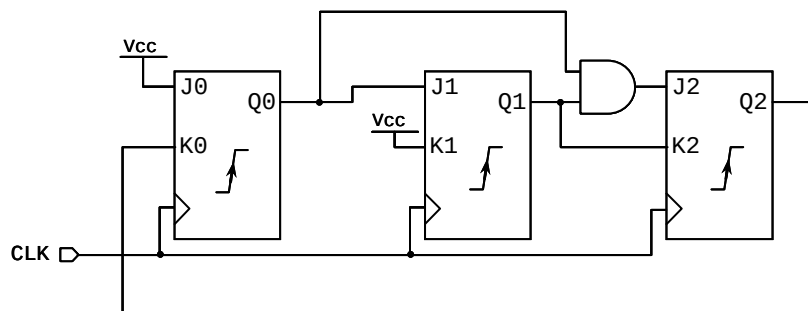
### 29.1. Enunciado

Para el siguiente contador suponiendo que el estado inicial es **000** ( $Q_2=Q_1=Q_0=0$ )

Dibujar el cronograma durante los ciclos de reloj que sean necesarios para mostrar la secuencia completa. En el cronograma se deben incluir al menos las señales CLK, Q0, Q1 y Q2.

Indicar la secuencia de salida.

**Nota:** es muy importante indicar los pasos que indiquen cómo se ha obtenido la secuencia. Aunque la secuencia sea la correcta, no se contabilizarán los ejercicios que sólo dibujen las formas de onda sin explicar nada.



### 29.2. Solución

Tenemos biestables J-K y una puerta AND.

Ponemos sus tablas de verdad para evitar confundirnos durante el ejercicio.

| J-K |   |                |                  |  |
|-----|---|----------------|------------------|--|
| J   | K | Q <sub>t</sub> | Q <sub>t+1</sub> |  |
| 0   | 0 | 0              | 0                |  |
| 0   | 0 | 1              | 1                |  |
| 0   | 1 | 0              | 0                |  |
| 0   | 1 | 1              | 0                |  |
| 1   | 0 | 0              | 1                |  |
| 1   | 0 | 1              | 1                |  |
| 1   | 1 | 0              | 1                |  |
| 1   | 1 | 1              | 0                |  |

| AND |    |    |
|-----|----|----|
| Q1  | Q0 | J2 |
| 0   | 0  | 0  |
| 0   | 1  | 0  |
| 1   | 0  | 0  |
| 1   | 1  | 1  |

Las ecuaciones de las entradas de los biestables son:

|                       |             |             |
|-----------------------|-------------|-------------|
| $J_2 = Q_1 \cdot Q_0$ | $J_1 = Q_0$ | $J_0 = 1$   |
| $K_2 = Q_1$           | $K_1 = 1$   | $K_0 = Q_2$ |

En el tiempo inicial ( $t=0$ ),  $Q_2=Q_1=Q_0=0$

En estas condiciones, las entradas J-K de cada biestable son:

| $t=0$ ( $Q_2=Q_1=Q_0=0$ ) |           |           |
|---------------------------|-----------|-----------|
| $J_2 = 0$                 | $J_1 = 0$ | $J_0 = 1$ |
| $K_2 = 0$                 | $K_1 = 1$ | $K_0 = 0$ |

Así que podemos empezar a rellenar la tabla de transición de estados.

**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**

Con estas condiciones, cuando llegue el siguiente flanco de reloj. Los estados de los biestables cambiarán a consecuencia de los valores de las entradas (J-K)

Así que en  $t=1$ , Q2 se mantendrá en el mismo valor (0) porque  $J2=0$  y  $K2=0$ . Q1 se está poniendo a 0, por tanto, mantiene su valor (0). Mientras que Q0 se pone a uno, cambiando de 0 a 1 (esto lo puedes obtener de la tabla del J-K que hemos hecho al principio).

Entonces: en  $t=1 \rightarrow Q2=0; Q1=0; Q0=1$ , y lo incluimos en la tabla:

| tiempo | Estado Actual |    |    | Entradas para el siguiente estado |    |    |    |    |    |
|--------|---------------|----|----|-----------------------------------|----|----|----|----|----|
| t      | Q2            | Q1 | Q0 | J2                                | K2 | J1 | K1 | J0 | K0 |
| t=0    | 0             | 0  | 0  | 0                                 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| t=1    | 0             | 0  | 1  |                                   |    |    |    |    |    |

→ El siguiente estado será 001

Para calcular los valores de J y K operamos de la misma manera que antes. A partir de los estados de los biestables y las ecuaciones de las J y K, obtenemos los siguientes valores para  $t=1$ :

|                        |        |        |
|------------------------|--------|--------|
| t=1 (Q2=0; Q1=0; Q0=1) |        |        |
| J2 = 0                 | J1 = 1 | J0 = 1 |
| K2 = 0                 | K1 = 1 | K0 = 0 |

Los ponemos en la tabla:

| tiempo | Estado Actual |    |    | Entradas para el siguiente estado |    |    |    |    |    |
|--------|---------------|----|----|-----------------------------------|----|----|----|----|----|
| t      | Q2            | Q1 | Q0 | J2                                | K2 | J1 | K1 | J0 | K0 |
| t=0    | 0             | 0  | 0  | 0                                 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| t=1    | 0             | 0  | 1  | 0                                 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |

Igual que antes: Con estas condiciones, cuando llegue el siguiente flanco de reloj. Los estados de los biestables cambiarán a consecuencia de los valores de las entradas (J-K)

Así que en  $t=2$ , Q2 se mantendrá en el mismo valor (0) porque  $J2=0$  y  $K2=0$ . Q1 cambiará de valor porque  $J1=1$  y  $K1=1$ , por tanto se pone a 1. Mientras que Q0 se pone a uno, por lo que se mantiene en el mismo valor. Rellenamos la tabla:

| tiempo | Estado Actual |    |    | Entradas para el siguiente estado |    |    |    |    |    |
|--------|---------------|----|----|-----------------------------------|----|----|----|----|----|
| t      | Q2            | Q1 | Q0 | J2                                | K2 | J1 | K1 | J0 | K0 |
| t=0    | 0             | 0  | 0  | 0                                 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| t=1    | 0             | 0  | 1  | 0                                 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| t=2    | 0             | 1  | 1  |                                   |    |    |    |    |    |

→ El siguiente estado será 011

Y se continúa realizando el mismo proceso. La tabla queda:

| tiempo | Estado Actual |    |    | Entradas para el siguiente estado |    |    |    |    |    |
|--------|---------------|----|----|-----------------------------------|----|----|----|----|----|
| t      | Q2            | Q1 | Q0 | J2                                | K2 | J1 | K1 | J0 | K0 |

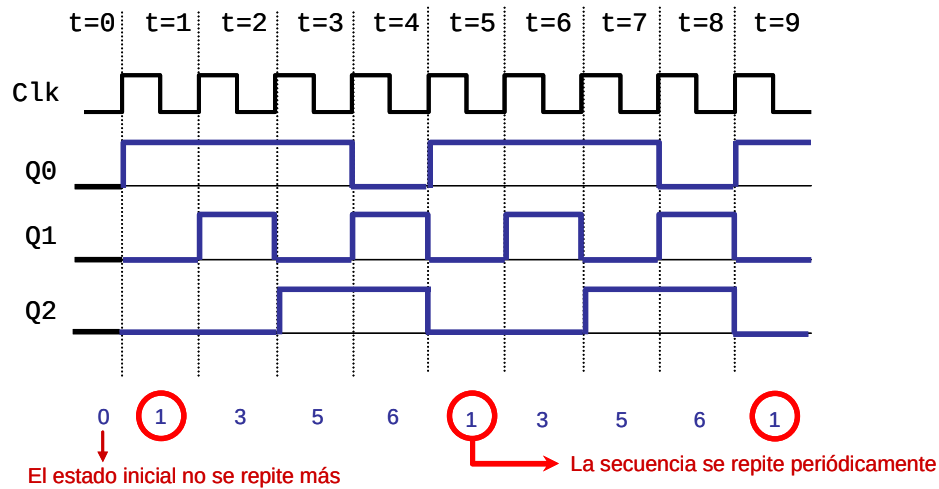
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

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

Por tanto, la secuencia de salida es 000, 001, 011, 101, 110, 001, 011, ..., que si son números binarios la secuencia sería 0, 1, 3, 5, 6, 1, 3, 5, 6, 1, ... Como se puede apreciar, el 0 no vuelve a aparecer más.

El cronograma queda entonces:



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

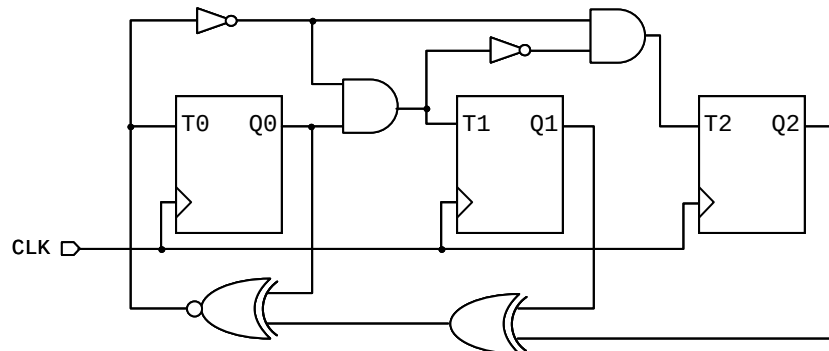
### 30. Análisis de circuitos 3

#### 30.1. Enunciado

Indicar la secuencia del siguiente contador suponiendo que el estado inicial es  $Q_0=Q_1=Q_2=0$ .

Dibujar las formas de ondas para 9 ciclos de reloj

¿Con qué secuencia se corresponde?



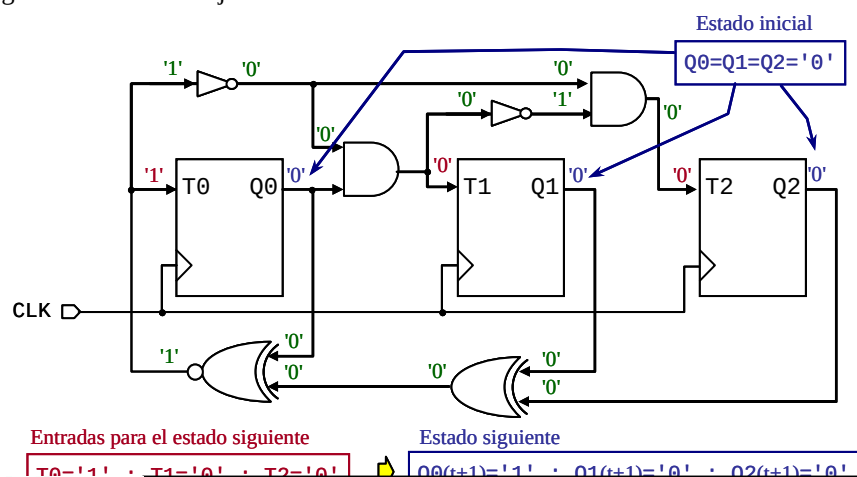
#### 30.2. Solución

Tenemos biestables T, si la entrada es '1' en el siguiente ciclo de reloj el estado del biestable será el estado complementario al actual. Si la entrada es '0' se mantendrá el mismo estado.

Para hallar la secuencia podemos ir yendo estado a estado:

Inicialmente partimos de "000" ( $Q_2=0$ ,  $Q_1=0$ ,  $Q_0=0$ ).

Con estos valores hallamos los valores que tendremos en las entradas T2, T1 y T0, y estas entradas harán cambiar el estado en el siguiente ciclo de reloj.



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

| Estado Actual |    |    | Entradas para el siguiente estado |    |    |
|---------------|----|----|-----------------------------------|----|----|
| Q2            | Q1 | Q0 | T2                                | T1 | T0 |
| 0             | 0  | 0  | 0                                 | 0  | 1  |
| 0             | 0  | 1  | 0                                 | 1  | 0  |
| 0             | 1  | 1  | 0                                 | 0  | 1  |
| 0             | 1  | 0  | 1                                 | 0  | 0  |
| 1             | 1  | 0  | 0                                 | 0  | 1  |
| 1             | 1  | 1  | 0                                 | 1  | 0  |
| 1             | 0  | 1  | 0                                 | 0  | 1  |
| 1             | 0  | 0  | 1                                 | 0  | 0  |
| 0             | 0  | 0  | 0                                 | 0  | 1  |

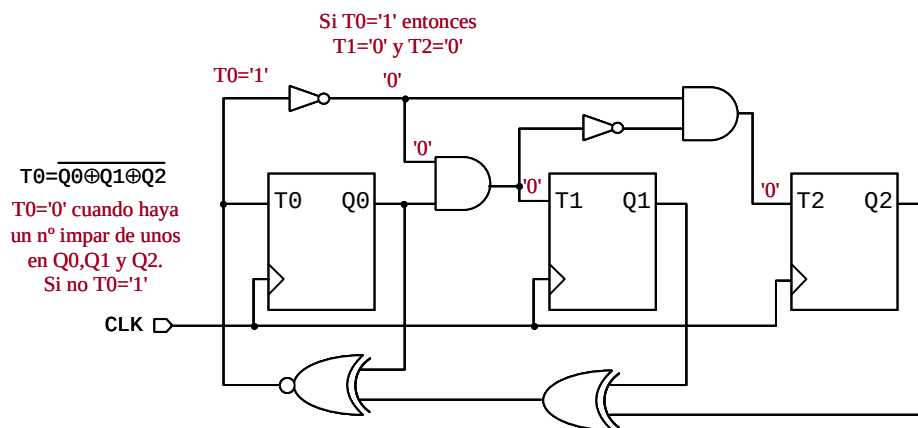
El siguiente estado será 001

Vuelta al estado inicial

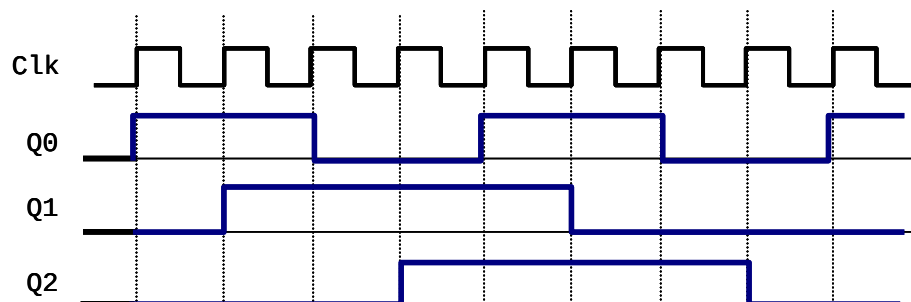
Dedicar un tiempo a analizar previamente el circuito puede ayudarnos a obtener la tabla, por ejemplo analizando la siguiente figura vemos que  $T0=0$  cuando hay un número impar de unos en Q2, Q1 y Q0. Si hay un número par de unos  $T0=1$ .

Además, cuando  $T0=1$ , entonces  $T1=0$  y  $T2=0$ .

Y de la misma manera, si  $T1=1$  entonces  $T2=0$ . Por lo tanto, en cada ciclo de reloj sólo va a haber una T que sea '1', y por tanto, sólo va a cambiar de estado un biestable.



A partir de la secuencia se pueden dibujar las formas de onda:



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

---

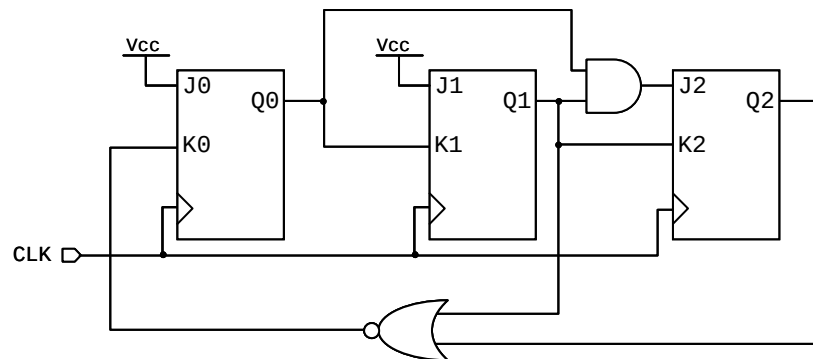
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## 31. Análisis de circuitos 4

### 31.1. Enunciado

Para el siguiente contador suponiendo que el estado inicial es **001** ( $Q_0=1$  ;  $Q_1=Q_2=0$ )  
Dibujar las formas de ondas durante los ciclos de reloj que sean necesarios para mostrar la secuencia completa.  
Indicar la secuencia de salida.



### 31.2. Solución

Tenemos biestables J-K, y puertas AND y NOR.

Ponemos sus tablas de verdad para evitar confundirnos durante el ejercicio.

| J-K |   |   |      |
|-----|---|---|------|
| Qt  | J | K | Qt+1 |
| 0   | 0 | 0 | 0    |
| 0   | 0 | 1 | 0    |
| 0   | 1 | 0 | 1    |
| 0   | 1 | 1 | 1    |
| 1   | 0 | 0 | 1    |
| 1   | 0 | 1 | 0    |
| 1   | 1 | 0 | 1    |
| 1   | 1 | 1 | 0    |

| AND |    |    |
|-----|----|----|
| Q1  | Q0 | J2 |
| 0   | 0  | 0  |
| 0   | 1  | 0  |
| 1   | 0  | 0  |
| 1   | 1  | 1  |

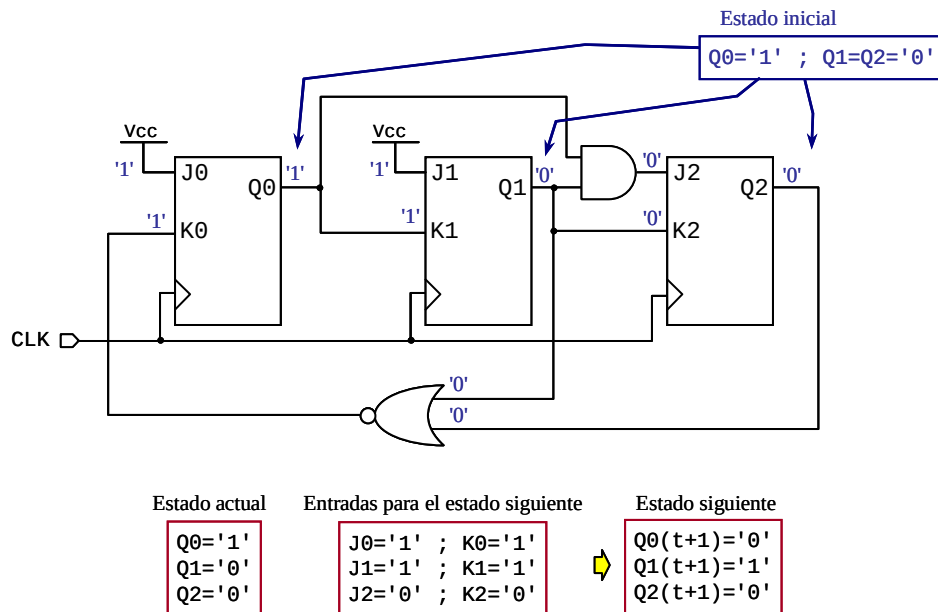
| NOR |    |    |
|-----|----|----|
| Q2  | Q1 | K0 |
| 0   | 0  | 1  |
| 0   | 1  | 0  |
| 1   | 0  | 0  |
| 1   | 1  | 0  |

Partimos de  $Q_0=1$ ;  $Q_1=Q_2=0$ . Entonces las entradas para el siguiente ciclo de reloj serán.

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



Realizamos este mismo cálculo para cada estado nuevo que aparece y lo ponemos en una tabla.

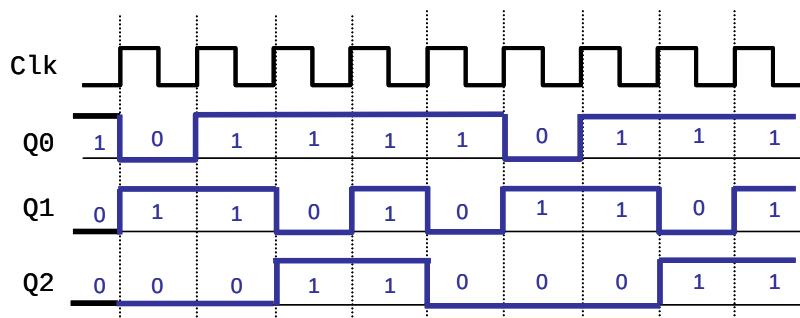
| Estado Actual |    |    | Entradas para el siguiente estado |    |    |    |    |    |
|---------------|----|----|-----------------------------------|----|----|----|----|----|
| Q2            | Q1 | Q0 | J2                                | K2 | J1 | K1 | J0 | K0 |
| 0             | 0  | 1  | 0                                 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 0             | 1  | 0  | 0                                 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 0             | 1  | 1  | 1                                 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 1             | 0  | 1  | 0                                 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 1             | 1  | 1  | 1                                 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 0             | 0  | 1  | 0                                 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |

El siguiente estado será 010

Vuelta al estado inicial

La secuencia de salida es 001, 010, 011, 101, 111, que son los números primos del 1 al 7, (incluyendo el 1): 1,2,3,5,7

El cronograma es:



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

## 32. Análisis de circuitos 5

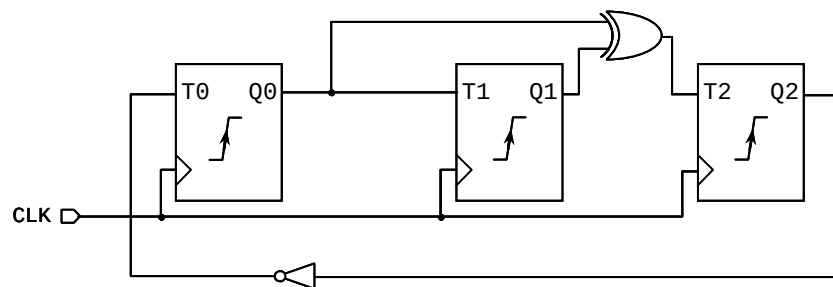
### 32.1. Enunciado

Para el siguiente circuito secuencial suponiendo que el estado inicial es **000** ( $Q_0=Q_1=Q_2=0$ )

Dibujar el cronograma durante los ciclos de reloj que sean necesarios para mostrar la secuencia completa. En el cronograma se deben incluir al menos las señales CLK, Q0, Q1 y Q2.

Indicar la secuencia de salida.

**Nota:** es muy importante indicar los pasos que indiquen cómo se ha obtenido la secuencia. Aunque la secuencia sea la correcta, no se contabilizarán los ejercicios que sólo dibujen las formas de onda sin explicar nada.



### 32.2. Solución

Tenemos biestables T y una puerta XOR.

Ponemos sus tablas de verdad para evitar confundirnos durante el ejercicio.

| T |    |      |
|---|----|------|
| T | Qt | Qt+1 |
| 0 | 0  | 0    |
| 0 | 1  | 1    |
| 1 | 0  | 1    |
| 1 | 1  | 0    |

| XOR |    |    |
|-----|----|----|
| Q1  | Q0 | T2 |
| 0   | 0  | 0  |
| 0   | 1  | 1  |
| 1   | 0  | 1  |
| 1   | 1  | 0  |

Las ecuaciones de las entradas de los biestables son:

|                                                                       |           |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|
| $T2 = Q1 \oplus Q0 = \overline{Q1} \cdot Q0 + Q1 \cdot \overline{Q0}$ | $T1 = Q0$ | $T0 = \overline{Q2}$ |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|

En el tiempo inicial ( $t=0$ ),  $Q2=Q1=Q0=0$

En estas condiciones, la entrada T de cada biestable es

| t=0 ( $Q2=Q1=Q0=0$ ) |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| $T2 = 0$             | $T1 = 0$ | $T0 = 1$ |

Así que sólo Q0 va a cambiar con el siguiente flanco de reloj, teniendo entonces para  $t=1$  :

$$Q2=0; Q1=0; Q0=1$$

Este proceso se realiza igual para los siguientes ciclos de reloj hasta que se obtenga un estado por el que se ha

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

---

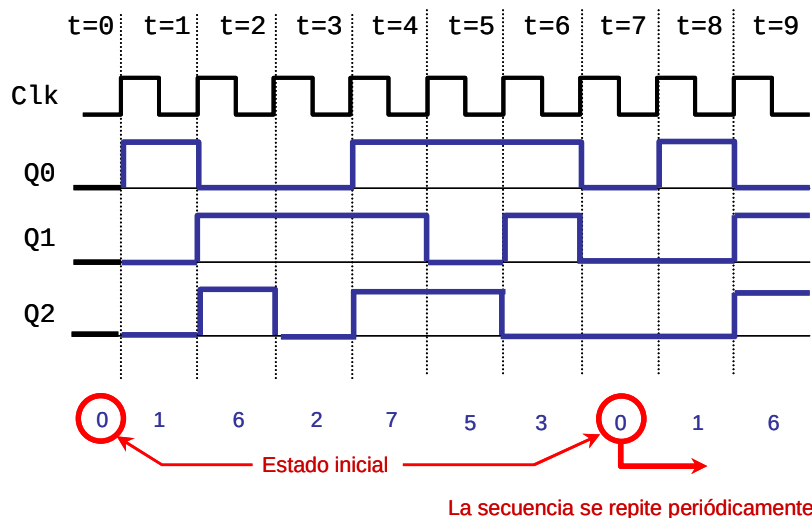
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

| tiempo | Estado Actual |    |    | Entradas para el siguiente estado |    |    |
|--------|---------------|----|----|-----------------------------------|----|----|
| t      | Q2            | Q1 | Q0 | T2                                | T1 | T0 |
| t=0    | 0             | 0  | 0  | 0                                 | 0  | 1  |
| t=1    | 0             | 0  | 1  | 1                                 | 1  | 1  |
| t=2    | 1             | 1  | 0  | 1                                 | 0  | 0  |
| t=3    | 0             | 1  | 0  | 1                                 | 0  | 1  |
| t=4    | 1             | 1  | 1  | 0                                 | 1  | 0  |
| t=5    | 1             | 0  | 1  | 1                                 | 1  | 0  |
| t=6    | 0             | 1  | 1  | 0                                 | 1  | 1  |
| t=7    | 0             | 0  | 0  | 0                                 | 0  | 1  |

Vuelta al estado inicial (t=0)

Por tanto, la secuencia de salida es: 000, 001, 110, 010, 111, 101, 011, 000, .... que si se consideran números binarios es: 0, 1, 6, 2, 7, 5, 3, 0, .....

El cronograma se dibuja a continuación:



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