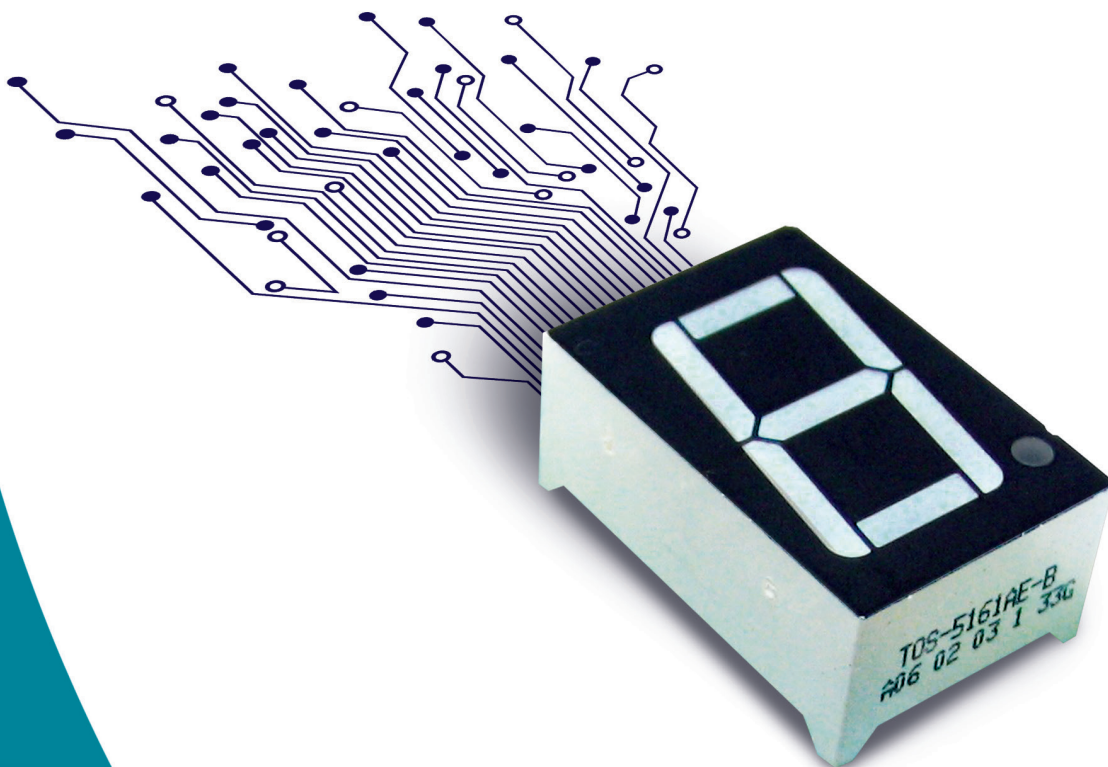


Problemas de electrónica digital

Luis Gil Sánchez
Javier Ibáñez Civera
Eduardo García Breijo



Luis Gil Sánchez
Javier Ibáñez Civera
Eduardo García Breijo

PROBLEMAS DE ELECTRÓNICA DIGITAL

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Colección Académica

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: Gil Sánchez, Luis; Ibáñez Civera, Javier; García Breijo, Eduardo (2018). *Problemas de electrónica digital*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València

Los contenidos de esta publicación han sido revisados por el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universitat Politècnica de València

© Luis Gil Sánchez
Javier Ibáñez Civera
Eduardo García Breijo

© 2018, de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València
distribución: www.lalibreria.upv.es / Ref.: 0153_13_01_01

Imprime: Byprint Percom, sl

ISBN: 978-84-9048-655-9

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

Impreso en España

PRÓLOGO

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

La publicación se divide en dos partes, la primera corresponde a los conceptos generales de electrónica digital utilizando circuitos integrados estándar y donde también se incluyen dispositivos programables por hardware (PLD) con un especial énfasis en resolución de problemas de conexión de elementos de entrada y salida a dispositivos digitales, al desarrollo de sistemas secuenciales síncronos y la programación en lenguaje VHDL. La segunda parte del libro se dedica a los dispositivos microcontroladores. En la actualidad nos hemos centrado en el dispositivo PIC16F88 de Microchip. Esta parte se basa fundamentalmente en la programación en lenguaje C (con compilador XC8) de las diversas prácticas y para desarrollar un trabajo final de la asignatura. Estas tareas poseen una naturaleza bien distinta de la primera parte de la asignatura.

La presentación de los problemas se realiza por temas. Para cada uno se ofrecen una serie de preguntas de tipo test con cuatro respuestas alternativas donde se ofrece las soluciones después de la última pregunta y por otra parte se presentan problemas resueltos. Además, al final de la primera parte se ha incorporado un capítulo con problemas de sistemas digitales completos que incluyen problemas de mayor complejidad y envergadura, donde se abarcan los contenidos de distintos temas anteriores. De esta forma se pretende que el alumno vea una aplicación más real y completa de los contenidos que se van desgranando en cada uno de los temas.

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

ÍNDICE

TEMA 1. ELECTRÓNICA DIGITAL COMBINACIONAL	1
TEMA 2. CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES	13
TEMA 3. ASTABLE Y MONOESTABLE	41
TEMA 4 BIESTABLES	47
TEMA 5. CONTADORES.....	55
TEMA 6. REGISTROS DE DESPLAZAMIENTO	63
TEMA 7. MÁQUINAS DE ESTADO.....	71
TEMA 8. MEMORIAS	95
TEMA 9. DISPOSITIVOS LÓGICOS PROGRAMABLES (PLD)	99
LENGUAJE VHDL.....	102
TEMA 10. SISTEMAS DIGITALES COMPLETOS.....	119
TEMA 11. MICROCONTROLADORES.....	153
MICROPROCESADOR PIC16F88.....	155
TEMA 12. LENGUAJE C PARA COMPILADOR XC8	159
A - CONTROL DE PUERTOS	160
B - TEMPORIZACIONES.....	166
C - SALIDAS EN DISPLAY DE 7 SEGMENTOS	168
D - SALIDAS EN PANEL LCD (16x2)	170
E - CONVERSIÓN ANALÓGICA - DIGITAL	177
F - TEMPORIZADORES TMR0 Y TMR1	187
PROBLEMA EXÁMENES SOBRE PIC16F88.....	191
ANEXO	215
LIBRERÍA CONTROL PANEL LCD	215
LIBRERÍA PARA CONTROL DEL CONVERTIDOR ANALÓGICO/DIGITAL	216
LIBRERÍA PARA CONTROL PWM	217
BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	219

Archivos complementarios

El lector podrá descargar los archivos que corresponden a las diferentes librerías relacionadas en el libro a partir de los siguientes enlaces o código QR

upvADlib.png



tiny.cc/0153_upvADlib

upvLCDlib.png



tiny.cc/0153_upvLCDlib

upvPWMLib.png



tiny.cc/0153_upvPWMLib

TEMA 1

ELECTRÓNICA DIGITAL

COMBINACIONAL

En este tema se realiza una introducción a la parte inicial de la electrónica digital, es decir los sistemas de numeración binario y hexadecimal, las funciones y puertas lógicas, simplificación de funciones y circuitos lógicos combinacionales (multiplexor, codificador, decodificador y circuitos aritmético-lógicos).

Para conocer y profundizar en los conceptos de este tema existe una amplia bibliografía ya que esta parte es la más básica de la electrónica digital

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

- Floyd, Thomas L. (2016) *Fundamentos de Sistemas Digitales*. 11ª ed. Pearson Educación. Temas: 2, 3, 4, 5 y 6.
- Tocci, Ronald J. y otros. (2016). *Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones*. 10ª ed. Pearson Educación. Temas: 2, 3, 4, 6 y 9.
- Mandado, Enrique; Martín, José Luis. *Sistemas Electrónicos Digitales*". 10ª ed. Marcombo. Temas: 1, 2, 3 y 5.
- Mano, M. Morris (2016). *Diseño Digital*. 3ª ed. Pearson. Temas: 1, 2, 3, 4 y 5.
- Hermosa, Antonio (2010). *Electrónica Digital Fundamental y Programable*. 4ª ed. Marcombo. Temas: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.
- Toledo, José Fco.; Esteve, Raúl (2005). *Fundamentos de Electrónica Digital*. Editorial Universitat Politècnica de València. Temas: 1, 2 y 6.
- Gil Sánchez, Luis (1999). *Introducción a la Electrónica Digital*. Editorial Universitat Politècnica de València. Temas: 1, 2, 3, 5 y 6.

PREGUNTAS TIPO TEST DE ELECTRÓNICA COMBINACIONAL

- El número **decimal 16** escrito en **hexadecimal** es:
a) 10 b) F c) 16 d) FF
- El número escrito en **BCD (Binary Code Decimal) 00101000** corresponde al **decimal**:
a) 40
b) 28
c) 101000
d) 10
- ¿Cuál es el valor del **complemento a dos** del número binario: 1101?
a) 1101 b) 0010 c) 0011 d) 0010
- ¿Qué función lógica corresponde a la siguiente tabla de verdad?

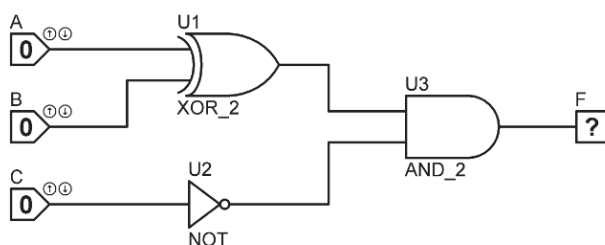
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- NOR exclusiva
- NAND
- NOR
- OR exclusiva

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

- $F = A + B$
- $F = A \cdot B$
- $F = \overline{A} + \overline{B}$
- $F = \overline{A \cdot B}$

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



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

- La función lógica $F = A + B + \overline{A}$ puede quedar simplificada:

- B
- 1
- A+B
- A

8. ¿Cuál de los siguientes circuitos digitales es de tipo **secuencial**?

- a) Multiplexor
- b) Codificador
- c) Comparador
- d) Ninguno de los anteriores

9. ¿Cuál de los siguientes circuitos digitales es de tipo **combinacional**?

- a) Biestable
- b) Multiplexor
- c) Contador
- d) Latch

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

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

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

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

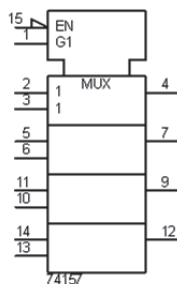
CB \ A	00	01	11	10
0	x	1	x	1
1	1	x	1	x

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

12. ¿Cuántas entradas de control debe tener un multiplexor de **16 entradas de datos**?

- a) 3
- b) 4
- c) 8
- d) 16

13. ¿Qué tarea realiza el siguiente circuito multiplexor (74157)?

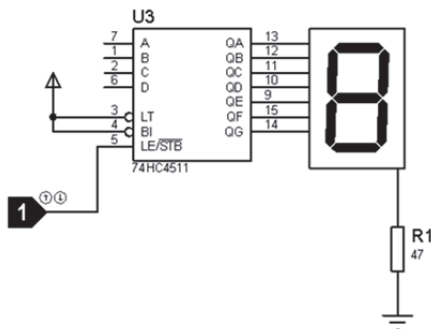


- a) Selección entre dos palabras de 4 bits cada una por medio de una entrada de control
- b) Selección entre cuatro palabras de 2 bits cada una por medio de dos entradas de control
- c) Selección entre ocho entradas de 1 bit por medio de tres entradas de control
- d) Ninguna de los anteriores

14. ¿Qué aplicación podemos obtener con un **multiplexor analógico**?

- a) Mostrar el valor de salida digital en un visualizador de 7 segmentos
- b) Conversión analógico-digital de una señal
- c) Trabajar con múltiples sensores para un único sistema de medida
- d) Realizar operaciones aritméticas analógicas

15. ¿Para qué se utiliza la **entrada Latch Enable / Strobe** del decodificador BCD – 7 segmentos (74HC4511)?



- a) Para activar todas las salidas y encender todos los segmentos del visualizador de 7 segmentos
- b) Para desactivar todas las salidas y apagar todos los segmentos del visualizador
- c) Para bloquear todas las salidas y mantener la información del visualizador
- d) Para elegir un visualizador en ánodo o cátodo común

16. El circuito integrado **comparador** de dos números de 4 bits (7485) posee 3 entradas auxiliares. ¿Cuál es su misión?

- a) Comparar más de dos números
- b) Comparar dos números de más de 4 bits
- c) Sumar el acarreo a los números a comparar
- d) Seccionar los números a comparar

17. ¿Cuál es la diferencia entre un **semisumador** y un **sumador completo** de un bit?

- a) El semisumador divide por la mitad el resultado de la suma
- b) El semisumador no tiene en cuenta el acarreo inicial de la anterior suma
- c) El semisumador no calcula el acarreo de salida
- d) El sumador puede sumar números positivos y negativos mientras que el semisumador solo números positivos

18. El **acarreo final** de salida de la **suma** de dos números binarios:

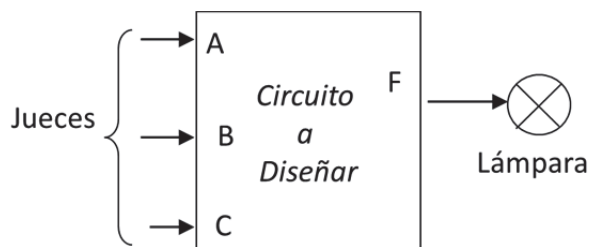
- a) Se desprecia
- b) Es el bit menos significativo del resultado de la suma
- c) Es el bit más significativo del resultado de la suma
- d) Es siempre cero

Soluciones

1. a) El número decimal 16 en binario es 10000. Para pasar de binario a hexadecimal se agrupan cada cuatro bits empezando por el LSB.
2. b) Se toman grupos de 4 bits: 0010=2 y 1000=8
3. c) Se intercambian unos por ceros y se suma uno: $1101 \leftrightarrow 0010 + 1 = 0011$
4. a) $F = \overline{A \oplus B} = \overline{A \cdot B} + A \cdot B$
5. a) Aplicación de la ley de Morgan e involución. $F = \overline{\overline{A}} + \overline{\overline{B}} = A + B$
6. a) Combinación de puertas XOR, NOT y AND
7. b) $A + \overline{A} = 1$, y $1 + B = 1$
8. d) Todos los circuitos son combinacionales.
9. b) El resto de circuitos son secuenciales.
10. b) En una función incompleta los valores indeterminados (X) se pueden sustituir de forma independiente por 1 o por 0. En este caso vale la pena sustituirlos todos por 1 para así obtener la expresión final más sencilla y se obtiene dos grupos de 8 celdas.
11. d) Todas las X se substituyen por 1
12. b) $2^4 = 16$
13. a) Dicho C.I. está formado por cuatro multiplexores de dos entradas de datos cada uno con una entrada de selección común.
14. c) El multiplexor selecciona una de varias entradas de datos, como es analógico permite trabajar con sensores.
15. c) la entrada LE/STB: 1: Lath Enable; 0= Strobe (bloquea)
16. b) En este caso se utilizan dos C.I., uno para los cuatro bits de menor peso y el otro para los de mayor peso
17. b) Solo suma dos bits
18. c) El acarreo final es bit más significativo del resultado

PROBLEMAS. ELECTRÓNICA COMBINACIONAL**Problema 1.1**

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



Realizar:

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

Solución

a)

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

Fijándose en las combinaciones en las que F vale 1

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

B)

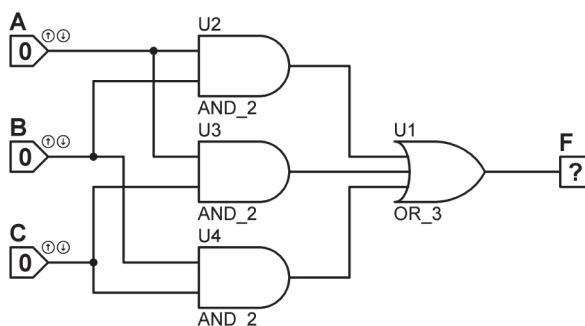
AB \ C	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

Se muestran los grupos simplificados: A·B (grupo de 1 en 110), A·C (grupo de 1 en 110 y 111), B·C (grupo de 1 en 010 y 110).

Función simplificada (suma de los grupos de la tabla)

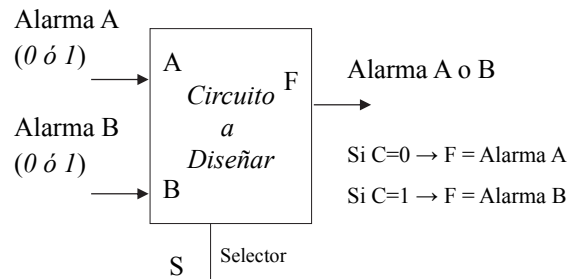
$$F = A \cdot B + A \cdot C + B \cdot C$$

C)



Problema 1.2

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



Realizar:

- Tabla de verdad y función lógica canónica.
- Simplificar mediante cuadros de Karnaugh. Escribir la función lógica.
- Obtener función lógica utilizando solo la función NAND de dos entradas.
- Dibujar el circuito lógico simplificado con C.I. 7400 (puertas NAND de dos entradas).

Solución

a)

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

Fijándose en las combinaciones en las que F vale 1

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

B)

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

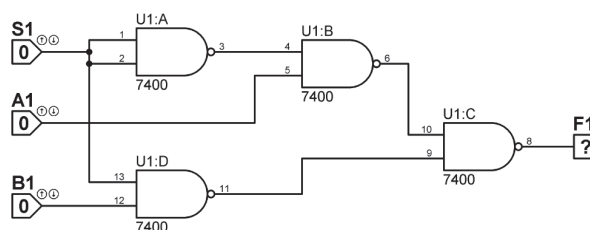
Se indican los grupos: $\bar{S} \cdot A$ (para S=0, A=1) y $S \cdot B$ (para S=1, B=1).

Realizando la suma lógica de la expresión de cada grupo:

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

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

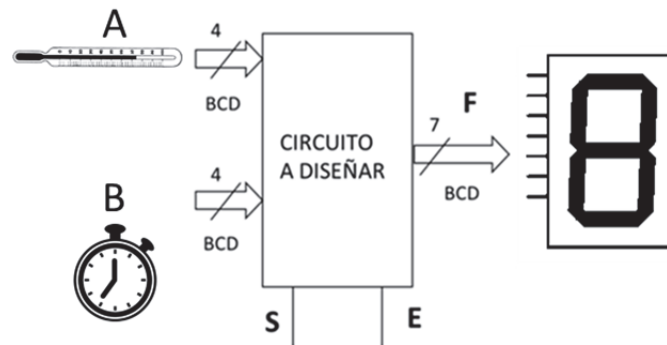
$$F = \bar{S} \cdot A + S \cdot B = \overline{\overline{\bar{S} \cdot A + S \cdot B}} = \overline{\overline{\bar{S} \cdot A} \cdot \overline{S \cdot B}} = \overline{\overline{\bar{S}} \cdot \overline{A} \cdot \overline{S} \cdot \overline{B}}$$



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

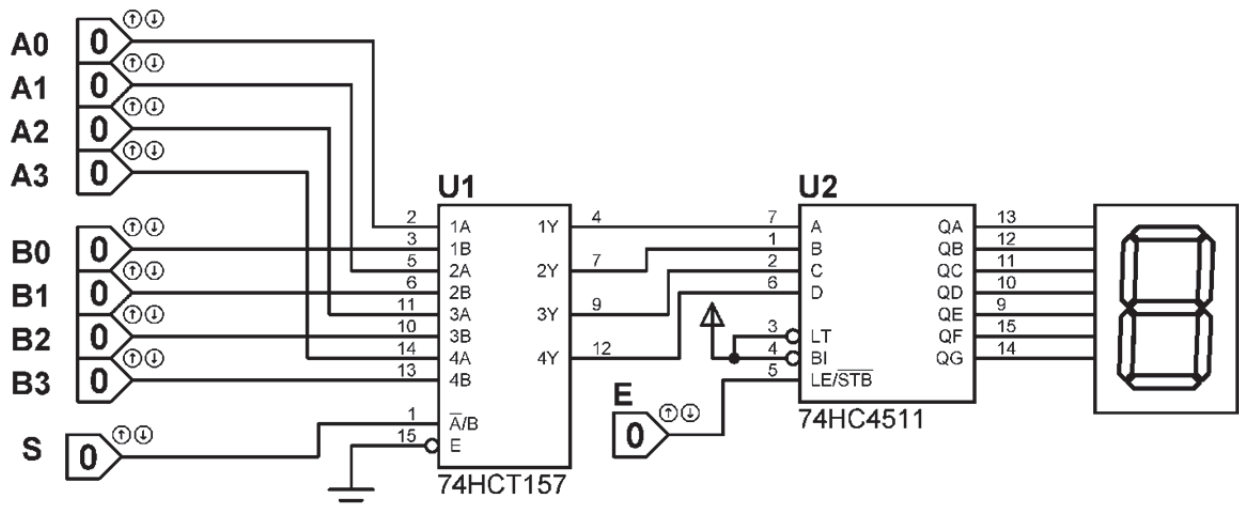
Problema 1.3

Diseñar un circuito lógico que permita seleccionar 2 magnitudes: TEMPERATURA (A) y HORA (B) de UN dígito (BCD) para mostrarlo en un visualizador de 7 segmentos (F) mediante una entrada de selección (S), de forma que si $S=0$ entonces F corresponde con A y si $S=1$ entonces F corresponde con B. Además, existe una señal de bloqueo (E) de forma que permita mantener el valor del visualizador aunque se cambie las entradas



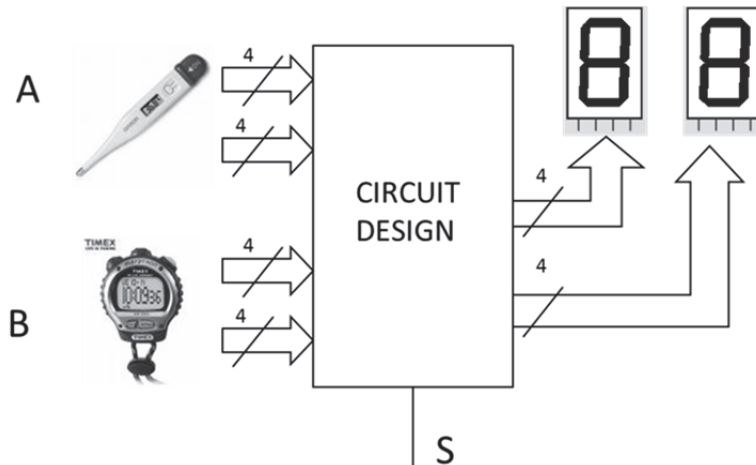
Solución

Se puede utilizar un multiplexor de dos números de cuatro bits cada uno (74HC157). Para la salida se utilizará un circuito decodificador de BCD a 7 segmentos (74HC4511) y un visualizador de 7 segmentos con sus resistencias limitadoras de corriente. Este decodificador posee una entrada LE/STB donde se conecta la entrada E de forma que si $E=0$ habilita las entradas y si $E=1$ las bloquea.

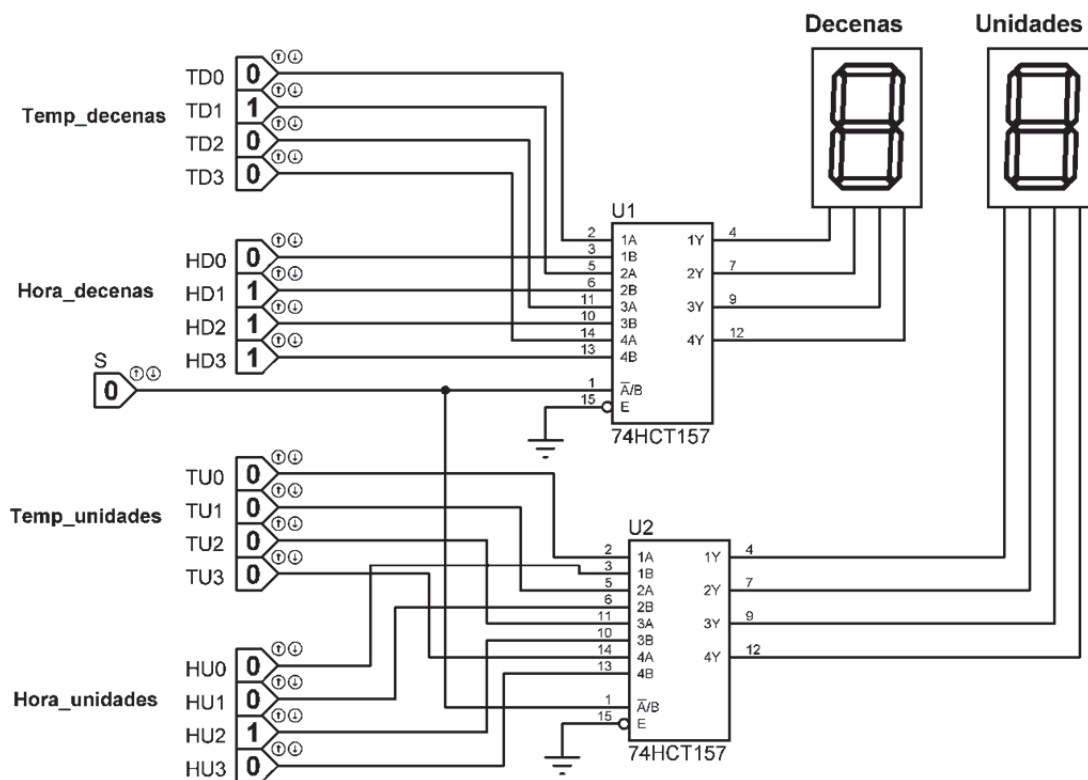


Problema 1.4

Diseñar un circuito lógico que permita seleccionar 2 magnitudes: Temperatura (A) y Hora (B) de DOS dígitos (BCD) cada una para mostrarlo en dos visualizadores de 7 segmentos (F) mediante una entrada de selección (S), de forma que si $S=0$ entonces F corresponde con A y si $S=1$ entonces F corresponde con B.

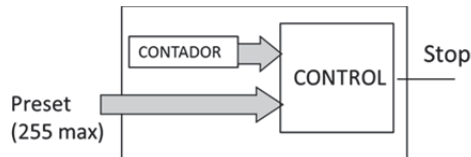
**Solución**

Es una extensión del problema anterior, simplemente hay que utilizar dos multiplexores dobles de 4 bits (74HCT157), pero con el control (S) común a ambos multiplexores. En este caso no hay entrada de bloqueo por lo que no se ha incorporado un circuito decodificador de BCD a 7 segmentos (74HC4511).



Problema 1.5

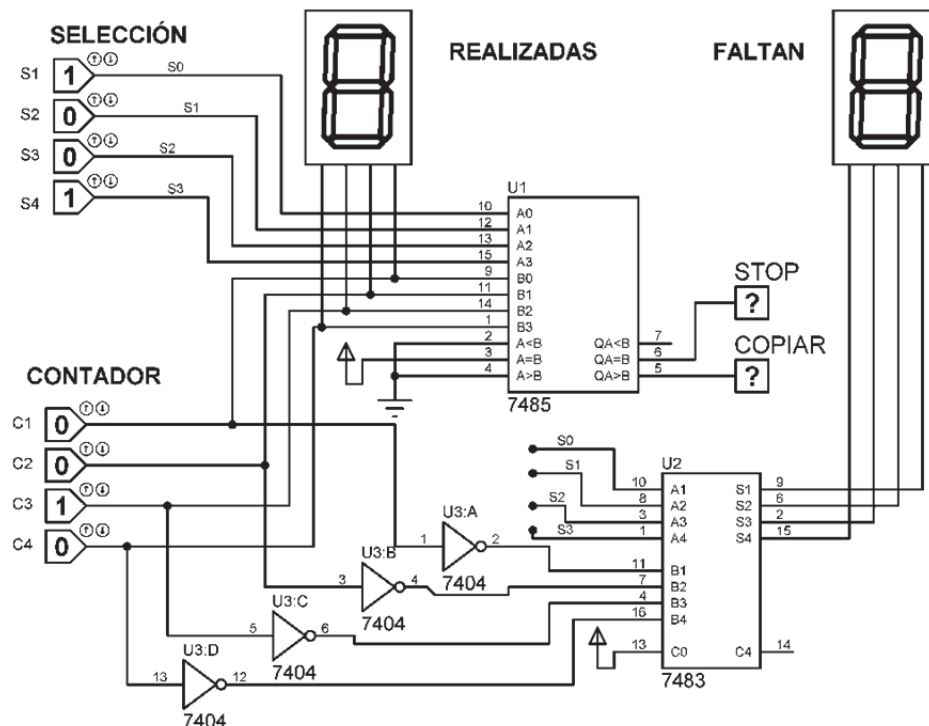
Diseñar el circuito lógico para el control de una máquina fotocopidora. Esta máquina tiene una selección del número de copias a realizar (Preset) de un máximo de 9 copias y un contador del número de copias realizadas. El sistema determinará cuando la máquina tiene que parar. Además, indicará el número de copias realizadas y las que faltan por realizar, ambos datos se mostrarán en un visualizador de 7 segmentos.

**Solución**

Se realizará una comparación entre el número de selección de copias (preset) y el del contador, para ello se utilizará un circuito comparador 7485, donde la salida $A=B$ servirá para indicar Stop.

Para saber el número de las copias que faltan por realizar es necesario un circuito restador (resta el valor de la selección menos el valor del contador). Para lograr una resta hay que sumar el minuendo con el complemento a dos del sustraendo. El complemento a dos de un número se obtiene intercambiando unos por ceros y al resultado se suma uno.

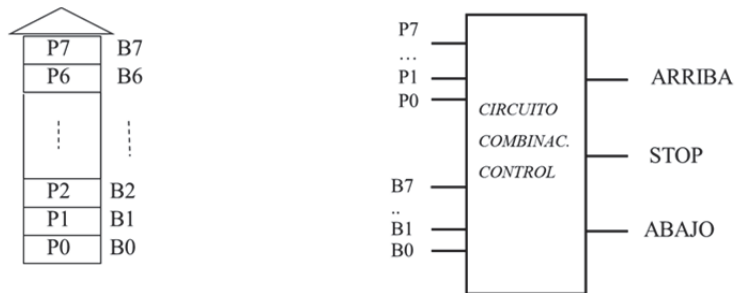
Para obtener el circuito restador se utiliza un circuito sumador (7483) y cuatro puertas inversoras para invertir el valor de contador. La entrada de acarreo inicial se conecta a tensión de alimentación (V_{cc}) para sumar uno. Se añaden dos visualizadores de 7 segmentos para conocer el número de copias realizadas y las que faltan por realizar.



Problema 1.6

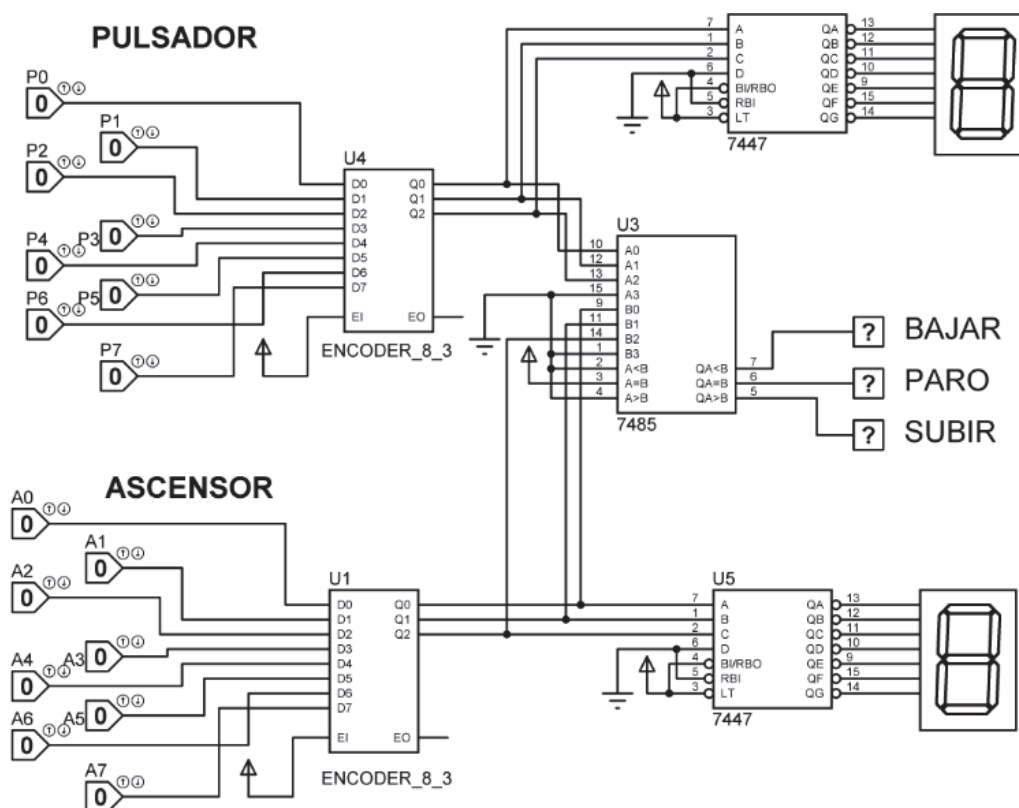
Diseñar un circuito lógico para el control de la dirección del motor de un ascensor (arriba, abajo o paro) de un edificio de 8 plantas (0 a 7).

- F0...F7 es el sensor de presencia del ascensor en una planta (final de carrera).
- B0...B7 es el botón de llamada al ascensor desde rellano.
- Deberá haber un visualizador de siete segmentos donde se indica la posición (planta) donde se encuentre el ascensor y otro del piso de llamada.
- Utilizar bloques de circuitos digitales combinacionales.



Solución

La entrada de cada pulsador y de cada posición del ascensor se codificará a binario mediante codificador de 8 a 3. Posteriormente se realizará una comparación entre ambos números y en función del resultado se sabe si el ascensor tiene que subir, bajar o permanecer parado.



Otra opción es utilizar dos C.I. comparadores de 4 bits cada uno (7485) conectados en cascada. De esta forma se compararían ambos números directamente como dos números de ocho bits cada uno.

TEMA 2

CIRCUITOS INTEGRADOS

DIGITALES

En este tema se profundiza en las características eléctricas de los circuitos integrados digitales con especial dedicación a la conexión de dispositivos a las entradas y a las salidas, estudiando los circuitos eléctricos de conexión y calculando los niveles de tensión y corriente.

La bibliografía de este tema es amplia en lo referente a las características físicas y eléctricas de los circuitos integrados digitales, pero es muy limitada la referente a problemas con dispositivos de entrada y de salida.

- Floyd, Thomas L. (2016) *Fundamentos de Sistemas Digitales*. 11ª ed. Pearson Educación. Tema: 12.
- Tocci, Ronald J. y otros. (2016). *Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones*. 10ª ed. Pearson. Tema: 8
- Mandado, Enrique; Martín, Jose Luis. *Sistemas Electrónicos Digitales*. 10ª ed. Marcombo. Tema: 6.
- Mano, M. Morris (2016). *Diseño Digital*. 3ª ed. Pearson. Tema: 10.
- Roth, Charles H. (2004) *Fundamentos de Diseño Lógico*. 5ª ed. Paraninfo. Temas: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9
- Hermosa, Antonio (1997). *Técnicas electrónicas digitales: tecnología y circuitería en TTL y CMOS*. Ed. Marcombo.
- Toledo, José Fco.; Esteve, Raúl (2005). *Fundamentos de Electrónica Digital*. Editorial Universitat Politècnica de València. Tema: 3
- Gil Sánchez, Luis (1999). *Introducción a la Electrónica Digital*. Editorial Universitat Politècnica de València.. Tema: 4

PREGUNTAS DE TIPO TEST CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES

1. ¿Cuál es la **cargabilidad a nivel bajo** de las puertas lógicas que tienen los siguientes datos de catálogo?

$I_{IHmax} = 0,4 \text{ mA}$; $I_{OHmax} = -50 \text{ mA}$; $I_{ILmax} = -1 \text{ mA}$; $I_{OLmax} = 25 \text{ mA}$

- a) -2
- b) 50
- c) 25
- d) No hay ninguna cargabilidad porque sale un valor negativo

Para seguir leyendo haga click aquí