



CURSO: ELECTRÓNICA DIGITAL

UNIDAD 2: SISTEMAS COMBINATORIOS - TEORÍA

PROFESOR: JORGE ANTONIO POLANÍA

En Electrónica digital se tienen sistemas combinatorios y sistemas secuenciales. Un sistema combinatorio es un arreglo de compuertas lógicas con un conjunto de entradas y salidas que transforma la información binaria de la entrada en otra salida binaria cuya correspondencia se describe mediante una tabla de verdad que muestre la relación binaria entre las variables de entradas y las variables de salida. Puede especificarse también con una ecuación lógica o Booleana, una por cada variable de salida. El análisis de un circuito combinatorio comienza con un diagrama de circuito lógico determinado y culmina con un conjunto de funciones booleanas o una tabla de verdad. En un sistema combinatorio la salida depende únicamente de las entradas presentes. En esta unidad se aprenderá a analizar los diferentes circuitos integrados que se encuentran como son los circuitos aritméticos, los comparadores digitales, los decodificadores, multiplexers, etc. La metodología a seguir es la propia de Ceduvirt, o sea, Teoría, Simulaciones, Laboratorio y su correspondiente evaluación, como se indica a continuación.

En esta unidad usted aprenderá a utilizar los diferentes circuitos integrados que se han fabricado para resolver problemas de la electrónica en forma digital con base en el análisis de sistemas combinatorios tales como: Circuitos aritméticos, comparadores digitales, multiplexores, decodificadores binarios y decodificadores de siete segmentos. Mucho entusiasmo porque de aquí comenzamos con la electrónica moderna la de la computación.

1. CIRCUITOS ARITMÉTICOS

SEMISUMADOR (HALF ADDER)

El semisumador (Half Adder) es un circuito combinatorio formado por compuertas que tiene como función sumador dos bits (dos entradas) y obtener como resultado

la suma y el carry o lleva (dos salidas). A continuación se presenta su tabla de verdad, su ecuación lógica, su símbolo y su circuito lógico.

SEMI SUMADOR (HALF ADDER)

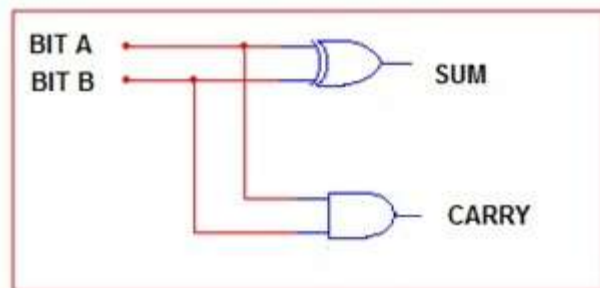
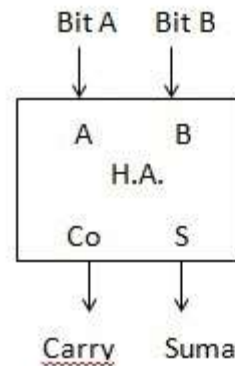
TABLA DE VERDAD

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

S=SUMA C=CARRY

ECUACIÓN LÓGICA

$S=A'B+AB'=A \oplus B$
 $C=A.B$



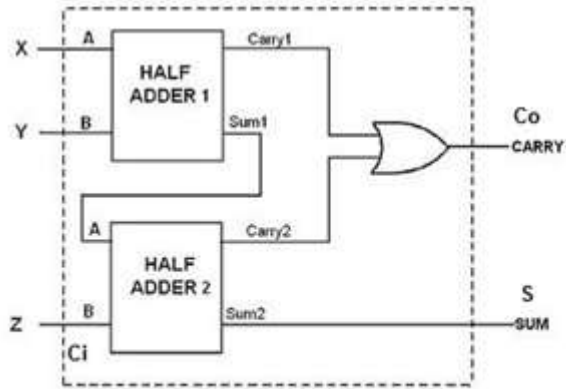
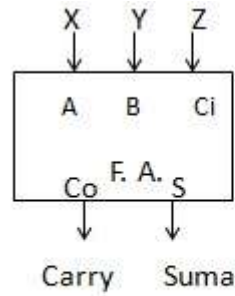
La suma es el Or-Exclusivo de las entradas y el carry es un AND.

SUMADOR COMPLETO (FULL ADDER)

Tiene tres entradas, los dos bits a sumar con el carry anterior (Ci) y dos salidas, la suma y el nuevo carry (Co). Abajo se tiene la tabla de verdad, el símbolo y el circuito lógico formado por dos semisumadores.

FULL ADDER
TABLA DE VERDAD

A	B	Ci	S	Co
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1



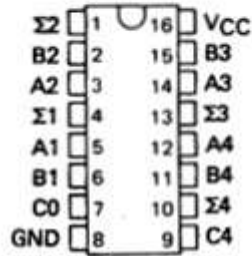
SUMADOR BINARIO DE 4 BITS

Este sumador es el circuito integrado 74283, suma dos números binarios de 4 bits con el carry anterior (Co), o sea, en total 9 entradas y se obtiene a la salida los 4 bits del resultado de la suma y el nuevo carry (C4), en total 5 salidas. Es un circuito integrado de 16 pines con la tierra (pin 8) y la fuente Vcc (pin 16). A continuación se presenta la distribución de los pines del circuito, su diagrama lógico y su símbolo lógico.

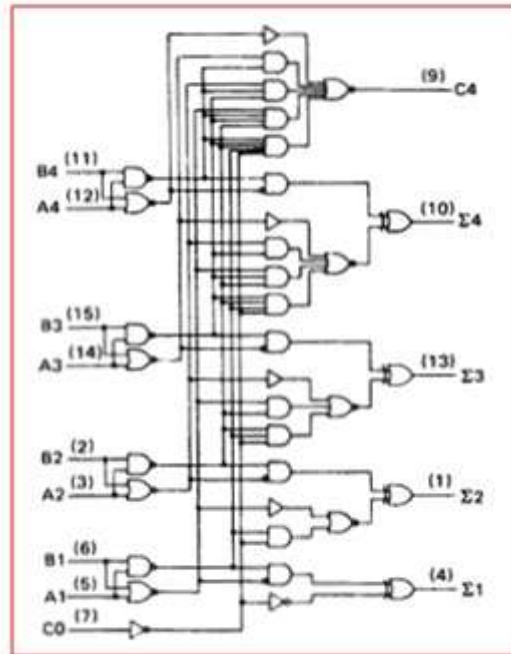
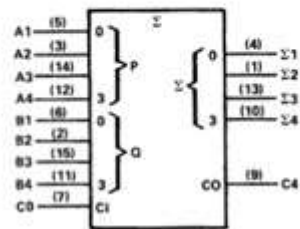
74283: SUMADOR BINARIO DE 4 BITS

DIAGRAMA LÓGICO

CIRCUITO INTEGRADO



SÍMBOLO LÓGICO



Por ejemplo, si $A = 1001$ ($A_4 A_3 A_2 A_1$) y $C_0 = 1$, $A = 9$ en decimal

$B = 1101$ ($B_4 B_3 B_2 B_1$) $B = 13$ en decimal, el resultado es:

$S = 0111$ ($\Sigma_4 \Sigma_3 \Sigma_2 \Sigma_1$), $C_4 = 1$, suma = $10111 = 16+4+2+1=23$

2. COMPARADORES

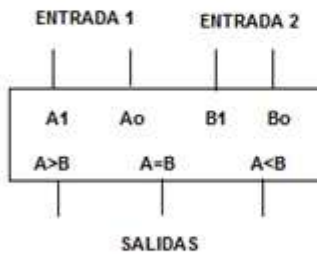
Un comparador digital compara dos números binarios activando su salida = 1 si es mayor, igual o menor tal como se indica en la tabla de verdad de abajo. En este caso tenemos dos números binarios cada uno de 2 bits.

Compara la magnitud relativa de dos números binarios. Su salida se activa si: $A < B$, $A = B$, $A > B$. A continuación se tiene un comparador de dos bits.

TABLA DE VERDAD

A1	Ao	B1	Bo	A>B	A=B	A<B
0	0	0	0		1	
0	0	0	1			1
0	0	1	0			1
0	0	1	1			1
0	1	0	0	1		
0	1	0	1		1	
0	1	1	0			1
0	1	1	1			1
1	0	0	0	1		
1	0	0	1	1		
1	0	1	0		1	
1	0	1	1			1
1	1	0	0	1		
1	1	0	1	1		
1	1	1	0	1		
1	1	1	1		1	

SÍMBOLO LÓGICO



COMPARADOR DE 4 BITS

El circuito integrado 7485 es un comparador digital de dos números binarios de 4 bits como entradas (A0 A1 A2 A3, B0 B1 B2 B3).

EL 7485:COMPARADOR DE 4 BITS

El 7485 es un comparador de dos números (A,B) de 4 bits. Su salida se activa si: $A < B$, $A = B$, $A > B$.

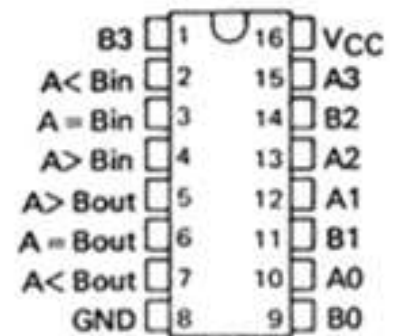
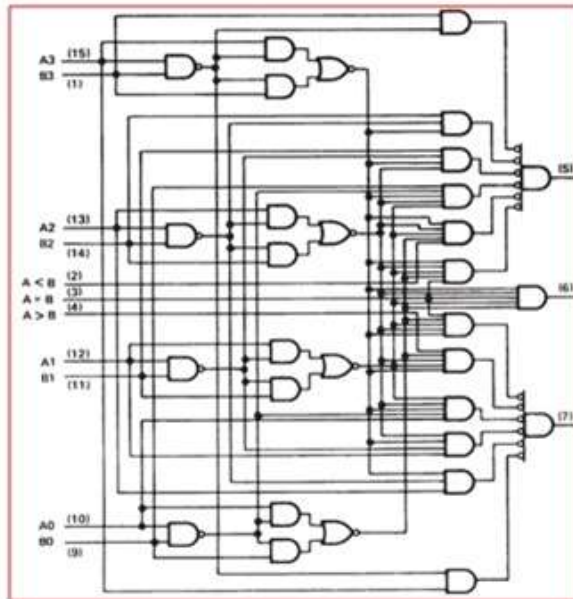


DIAGRAMA LÓGICO



A	B	$I_{A<B}$	$I_{A=B}$	$I_{A>B}$	$O_{A<B}$	$O_{A=B}$	$O_{A>B}$
A < B	*	*	*	*	1	0	0
A > B	*	*	*	*	0	0	1
A = B	1	0	0	0	1	0	0
A = B	*	1	*	*	0	1	0
A = B	0	0	1	0	0	0	1
A = B	0	0	0	1	1	0	1
A = B	1	0	1	0	0	0	0

3. MULTIPLEXORES (MUX)

Son circuitos digitales combinatorios que selecciona a la salida una de las posibles entradas a través de un pin o pines de selección. En el circuito de abajo, se tiene un Mux de dos entradas D1 y D2, requiere solo un pin de selección S que es otra entrada, por tanto en su tabla de verdad aparece 8 posibles combinaciones de la 000 a la 111 (entradas S D1 D0) y la salida W. Observe que cuando S= 0, W=D1, y cuando S= 1, W = D0.

Es un circuito combinacional diseñado para seleccionar una sola de las varias entradas a la salida.



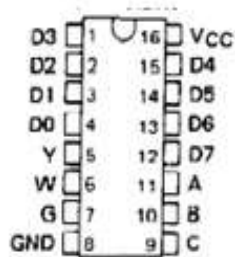
TABLA DE VERDAD

S	D1	D0	W
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

S=0, selecciona D1, W=D1
S=1, selecciona D0, W=D0

MUX DE 8 A 1: 74151

El circuito integrado 74151 es un Mux de 8 a 1, esto quiere decir que de 8 posibles entradas D0...D7 podemos seleccionar una de ellas a través de tres pines de selección C,B,A. O sea que si CBA=101 estamos seleccionando D5 (lo que hay en esta entrada aparece en la salida Y. La otra salida W es la negación de Y. Este circuito necesita que el pin G (habilitador esté en 0 para su funcionamiento).



SÍMBOLO LÓGICO

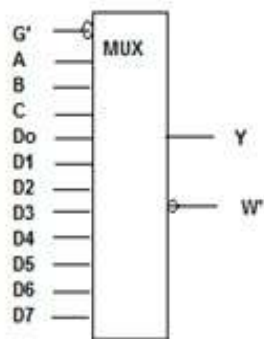


TABLA FUNCIONAL

C	B	A	G'	Y	W
X	X	X	1	0	1
0	0	0	0	D0	D0'
0	0	1	0	D1	D1'
0	1	0	0	D2	D2'
0	1	1	0	D3	D3'
1	0	0	0	D4	D4'
1	0	1	0	D5	D5'
1	1	0	0	D6	D6'
1	1	1	0	D7	D7'

Do....D7: datos de entrada
 C,B,A: Líneas de selección
 Y: Salida W: Salida negada
 G': Habilitador

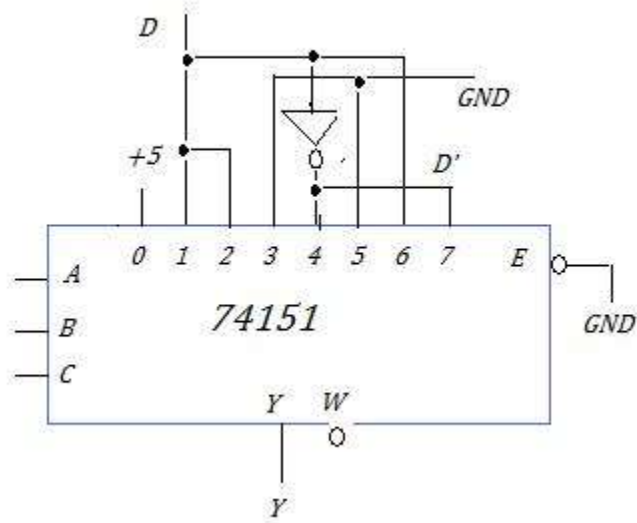
EJEMPLO

De la siguiente tabla de verdad, implemente la expresión usando un Mux de 8 a 1

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

Hacer el mapa de Karnaugh haciendo uso del mapeo con variables de entrada MEV

	AB	00	01	11	10
C	0	1 ⁰	D ²	D ⁶	D' ⁴
1	1	D' ¹	0 ³	D' ⁷	0 ⁵



EJEMPLO

Implementar con un Mux la siguiente función lógica:

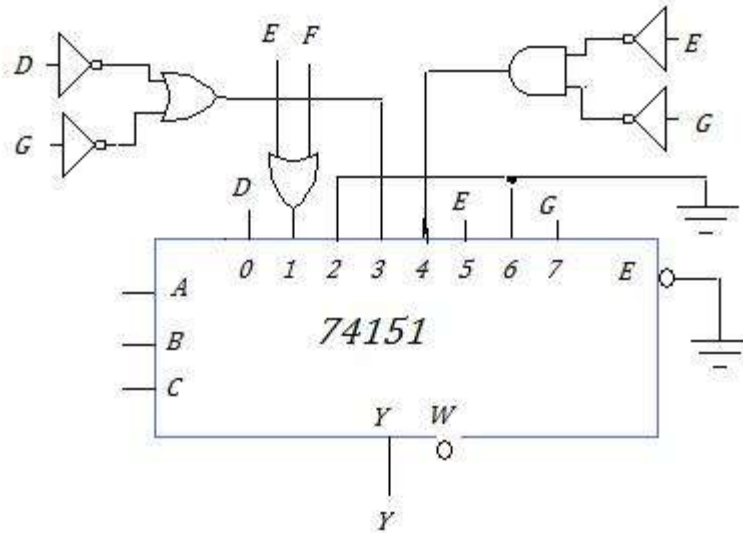
$$Y = A'BC'D + AB'CE + A'B'C(E+F) + ABCG + AB'C'(E'G') + A'BC(D'+G')$$

Se dejan las entradas A, B, C para seleccionar el Mux y las variables D,E,F,G como datos de entrada.

Solución

Separamos las variables de selección y las de entrada:

$$Y = A'BC'(D) + AB'C(E) + A'B'C(E+F) + ABC(G) + AB'C'(E'G') + A'BC(D'+G')$$



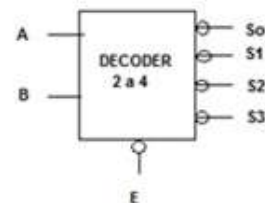
4. DECODIFICADORES

Los decodificadores son circuitos combinatorios que activa la salida que corresponde al número binario de la entrada. Por ejemplo, el circuito de abajo tiene dos entradas binarias (A y B), o sea, que puede ser 00 (=0), 01(=1), 10 (=2) o 11 (=3) la salida se activa colocando un 0 en la salida correspondiente So, S1, S2, S3. Para que funcione se requiere que el pin E=0.

TABLA DE VERDAD

A	B	E	So	S1	S2	S3
X	X	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	0

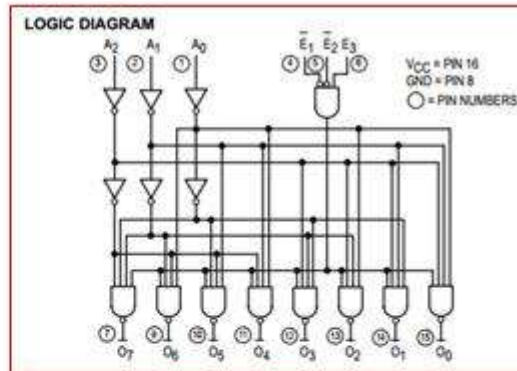
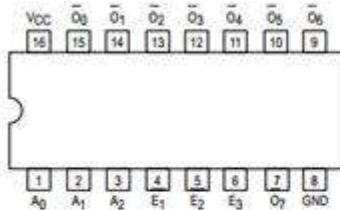
Un decodificador es un dispositivo que al aplicarle a la entrada un código binario se activa la salida que corresponde a ese código. Un decodificador de 2 a 4 (dos entradas y cuatro salidas). Entradas: 00, 01, 10, 11



DECODIFICADOR DE 3 A 8

El 74138 es un circuito integrado que decodifica un número binario de 3 bits a la entrada A₀A₁A₂ en 8 salidas O₀.....O₇. La salida correspondiente se activa según el código presente en la entrada. Por ejemplo, si A₂A₁A₀=011 (LHH) se activa O₃=L.

74138: DECODER 1 DE 8



TRUTH TABLE

INPUTS						OUTPUTS							
E ₁	E ₂	E ₃	A ₀	A ₁	A ₂	O ₀	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O ₅	O ₆	O ₇
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Don't Care

EJEMPLO

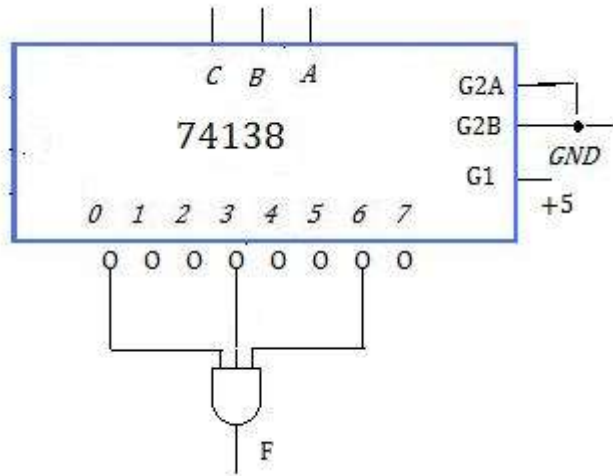
Implementar la función derivada de la siguiente tabla de verdad.

	A	B	C	F
m ₀	0	0	0	0
m ₁	0	0	1	1
m ₂	0	1	0	1
m ₃	0	1	1	0
m ₄	1	0	0	1
m ₅	1	0	1	1
m ₆	1	1	0	0
m ₇	1	1	1	1

Como hay menos ceros que unos se utiliza F':

$$F' = m_0 + m_3 + m_6$$

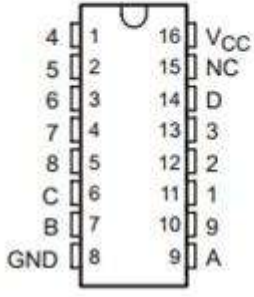
$$F = m_0' \cdot m_3' \cdot m_6' \text{ (Morgan)}$$



DECODIFICADOR DECIMAL

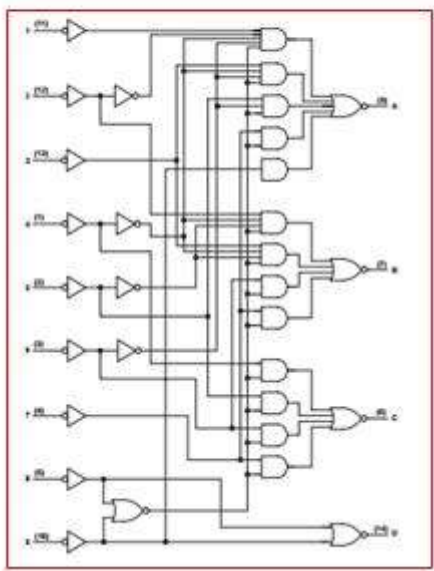
El 74147 es un decodificador decimal que tiene como entradas las líneas de 1 al 9 y como salidas el código binario que corresponde a la entrada activada. Funciona con lógica negativa (activa con nivel bajo).

74147: DECODER DE 10 (DECIMAL) A 4 (BINARIO)



INPUTS									OUTPUTS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	C	B	A
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H
X	X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	L	L
X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	H
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

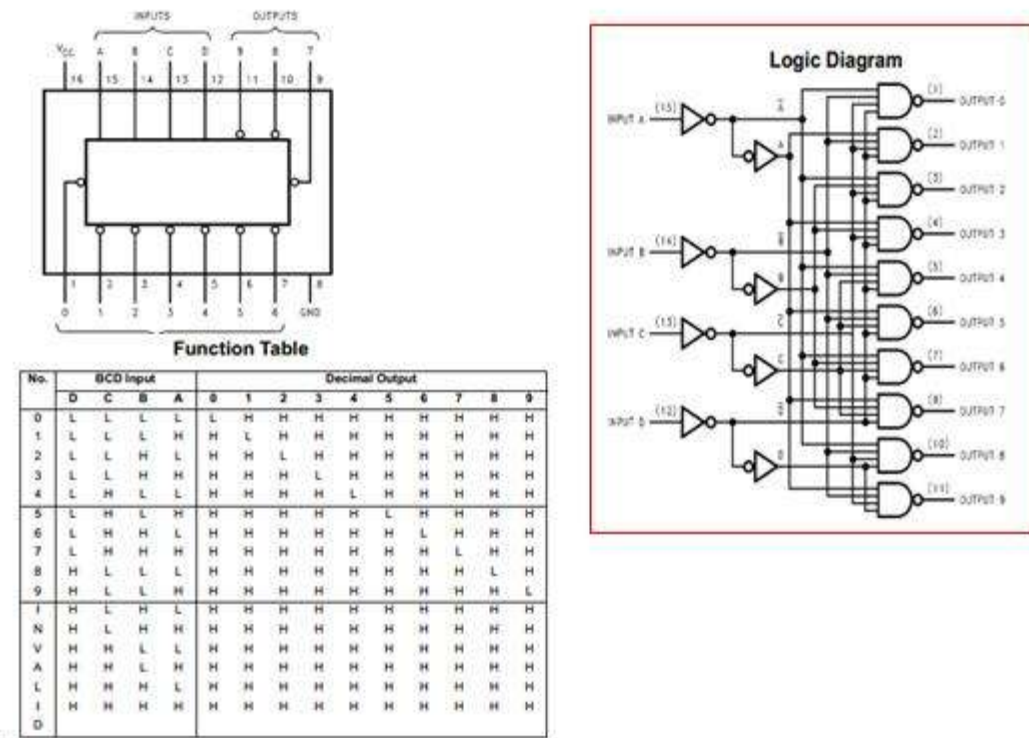
H = high logic level, L = low logic level, X = irrelevant



DECODIFICADOR BCD

BCD quiere decir Binario Codificado en Decimal. Este circuito 7442 es un decodificador cuya entrada es un número binario de 4 bits y su salida el correspondiente número decimal.

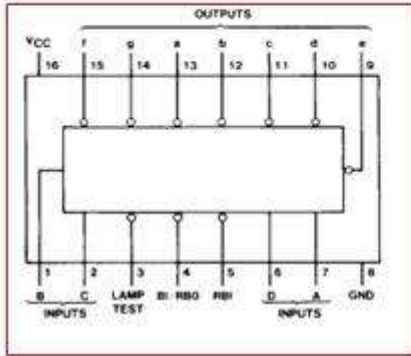
7442: DECODER DE BCD A DECIMAL



DECODIFICADOR BCD A 7 SEGMENTOS

Es un decodificador cuya entrada es un número binario BCD y su salida son las líneas (a, b, c, d, e, f, g) que se activan para formar el número decimal en un display de 7 segmentos.

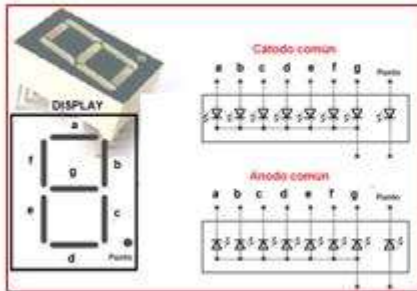
7447: DECODER/DRIVER DE BCD A 7 SEGMENTOS



Function Table

Decimal or Function	Inputs					BI/RBO (Note 1)	Outputs							Note	
	LT	RBI	D	C	B		A	a	b	c	d	e	f		g
0	H	H	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	H	
1	H	X	L	L	L	H	H	H	L	L	H	H	H	H	
2	H	X	L	L	H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	
3	H	X	L	L	H	H	H	L	L	L	L	H	H	L	
4	H	X	L	H	L	L	H	H	L	L	H	H	L	L	
5	H	X	L	H	L	H	H	L	H	L	L	H	L	L	
6	H	X	L	H	H	L	H	H	H	L	L	L	L	L	
7	H	X	L	H	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	(Note 2)
8	H	X	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	
9	H	X	H	L	L	H	H	L	L	L	H	H	L	L	
10	H	X	H	L	H	L	H	H	H	H	L	L	H	L	
11	H	X	H	L	H	H	H	H	H	L	L	H	H	L	
12	H	X	H	H	L	L	H	H	L	H	H	H	L	L	
13	H	X	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H	L	L	
14	H	X	H	H	H	L	H	H	H	H	L	L	L	L	
15	H	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
BI	X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	(Note 3)
RBI	H	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	(Note 4)
LT	L	X	X	X	X	X	H	L	L	L	L	L	L	L	(Note 5)

H = HIGH level, L = LOW level, X = Don't Care

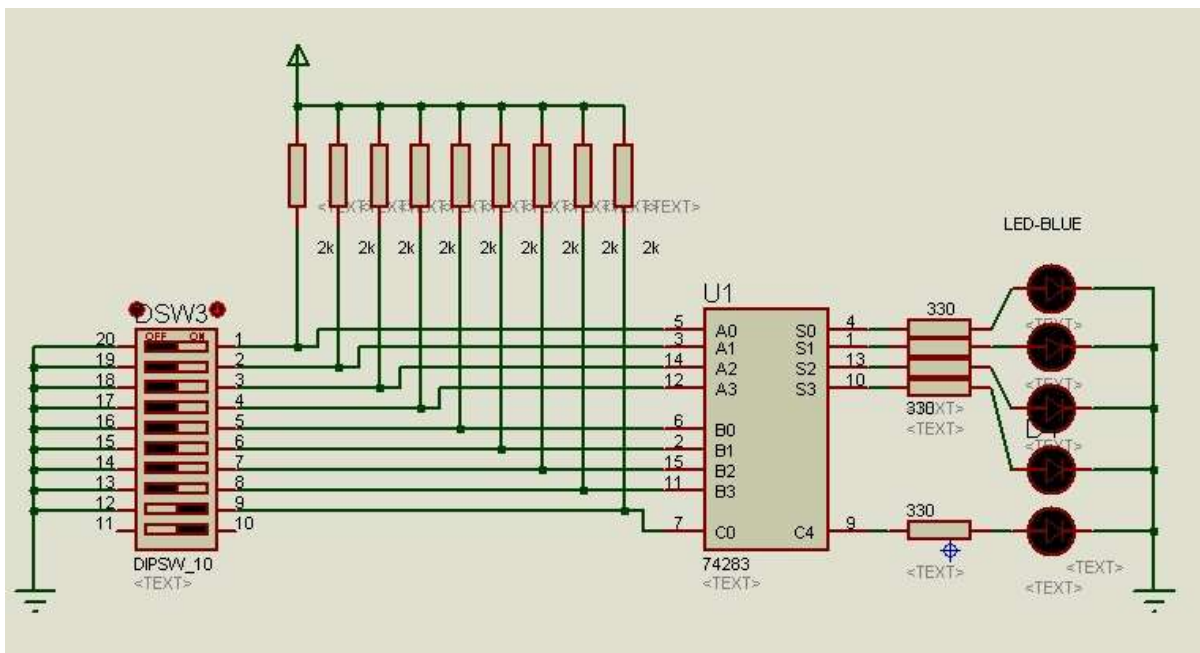


CURSO: ELECTRÓNICA DIGITAL

UNIDAD 2: SISTEMAS COMBINATORIOS - SIMULACIÓN

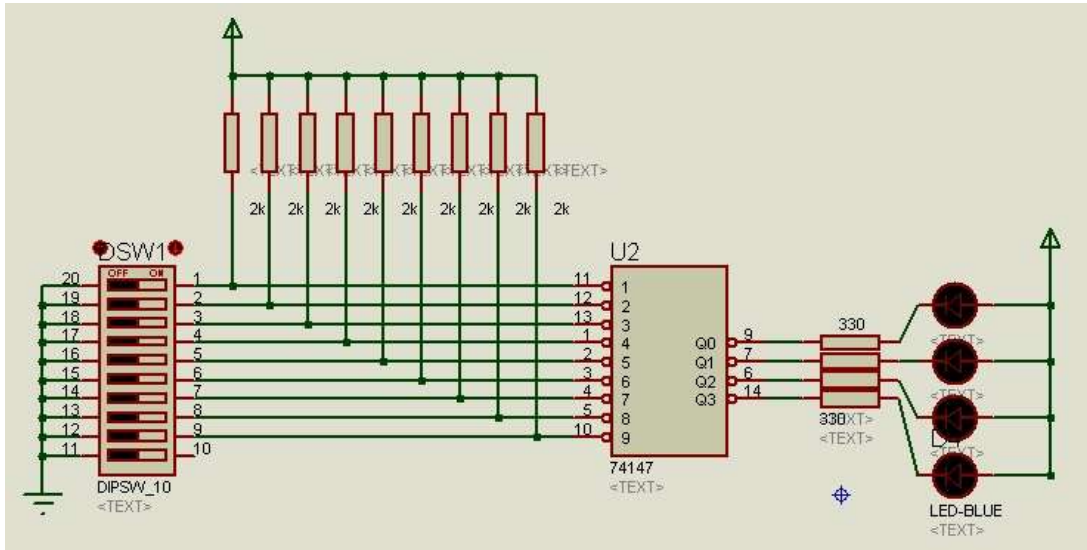
1. SUMADOR DE 4 BITS

Realice la simulación del circuito sumador de 4 bits usando el circuito integrado 74283, tal como se indica en la figura. Operando el Dipswitch cargue datos binarios para el sumador $A=A_3A_2A_1A_0$ y para el sumando $B=B_3B_2B_1B_0$ y opere la suma con carry de entrada C_0 . Observe el resultado de la operación en $S=S_3S_2S_1S_0$ y en el carry de salida C_4 . Compruebe estos resultados.



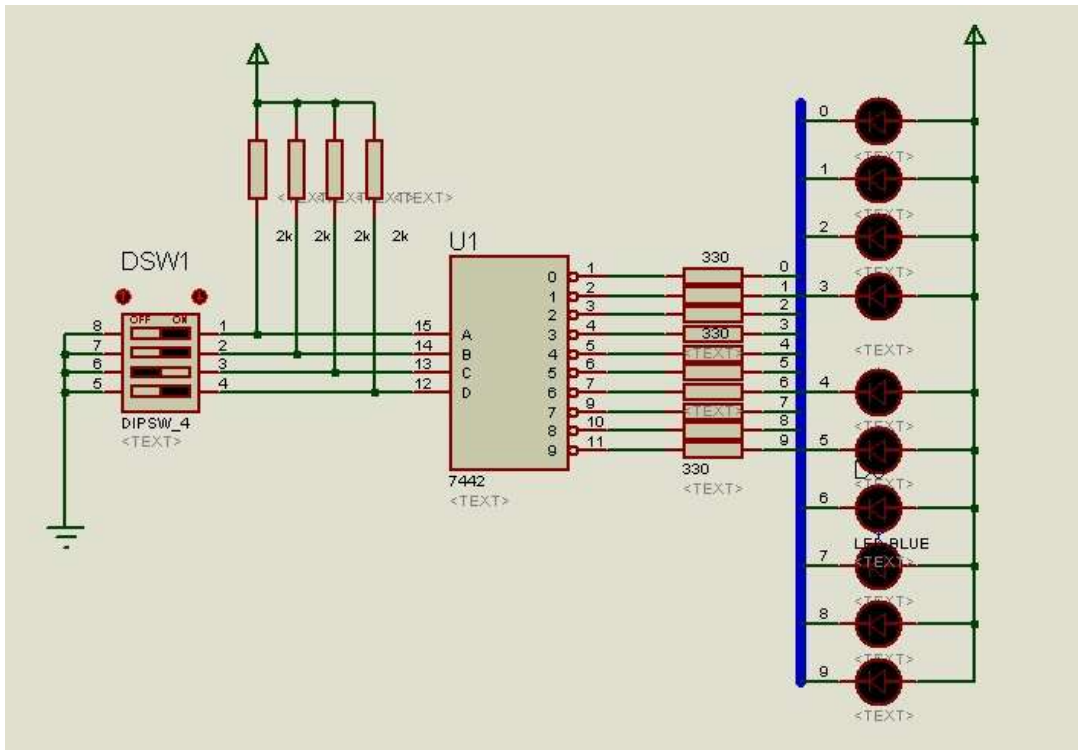
2. DECODIFICADOR DECIMAL A BCD

Realice la simulación del circuito decodificador decimal a BCD usando el circuito integrado 74147. Con el Dipswitch active cada una de las líneas de entrada del decodificador 1, 2, 3,.....,9 colocando un 0 y observe el resultado de la decodificación en los Leds de salida $Q=Q_3Q_2Q_1Q_0$. Haga la Tabla de Verdad de esta codificación.



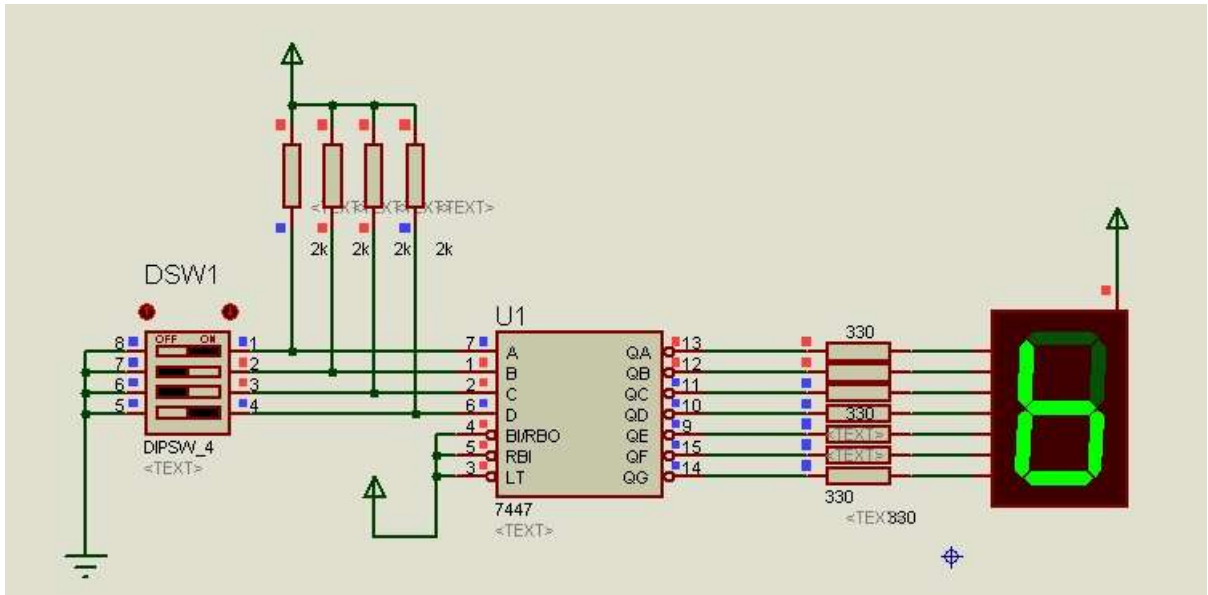
3. DECODIFICADOR BCD A DECIMAL

Realice la simulación del circuito decodificador BCD a decimal usando el circuito integrado 7442. Introduzca un dato binario de 4 bits a la entrada del decodificador ABCD, y observe la activación de las líneas de salida 0,1,2,3,.....9. Construya la Tabla de Verdad de este decodificador.



4. DECODIFICADOR DE 7 SEGMENTOS

Realice la simulación del circuito mostrado en la figura, es un decodificador BCD a 7 segmentos de ánodo común. Introduzca a la entrada un código binario de 4 bits ABCD y observe el display de 7 segmentos. Explique la operación de este display y cuál sería la diferencia con un display de cátodo común.



CURSO: ELECTRÓNICA DIGITAL

UNIDAD 2: SISTEMAS COMBINATORIOS - LABORATORIO

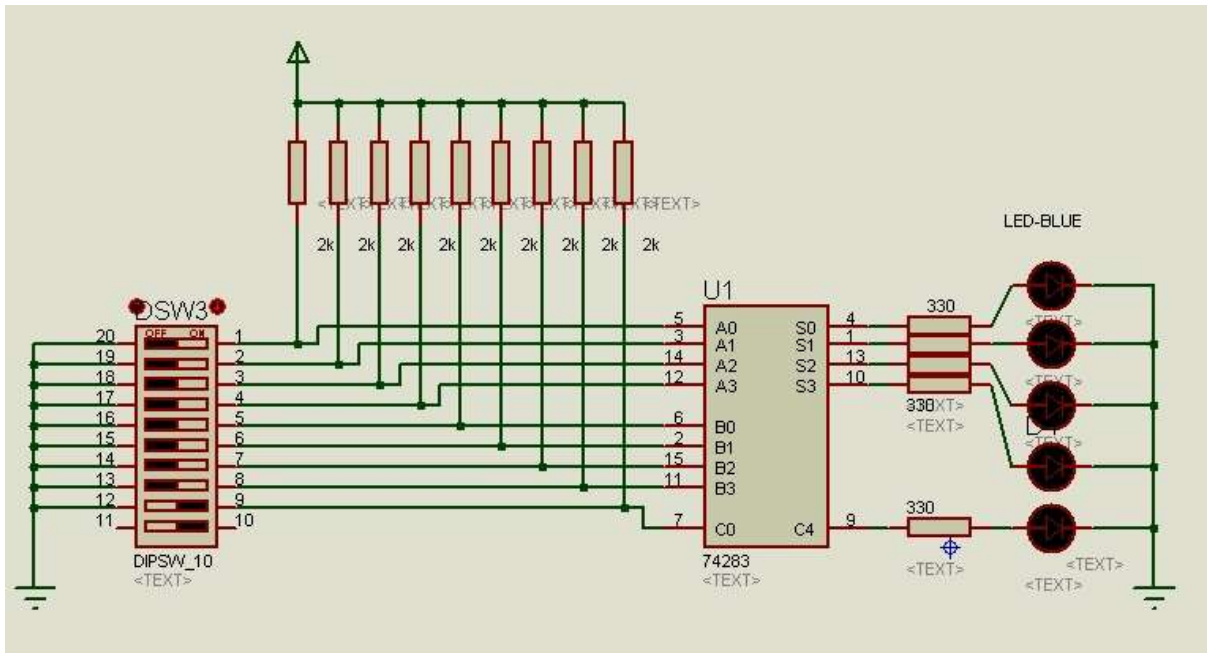
El objetivo de la siguiente práctica es adquirir habilidades para investigar y comprobar el funcionamiento de los circuitos aritméticos como el sumador, los decodificadores decimales, BCD y de 7 segmentos y obtener su operación con la definición de la Tabla de Verdad correspondiente.

EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO

- Fuente de 5V
- Multímetro
- Protoboard
- Circuitos integrados: 74283, 74147, 7442, 7447
- DIPSWICH de 10 posiciones
- 10 LEDs
- Resistencias a 1/4W de: 10x 2K Ω , 10x330 Ω
- Un display de 7 segmentos ánodo común
- Conectores

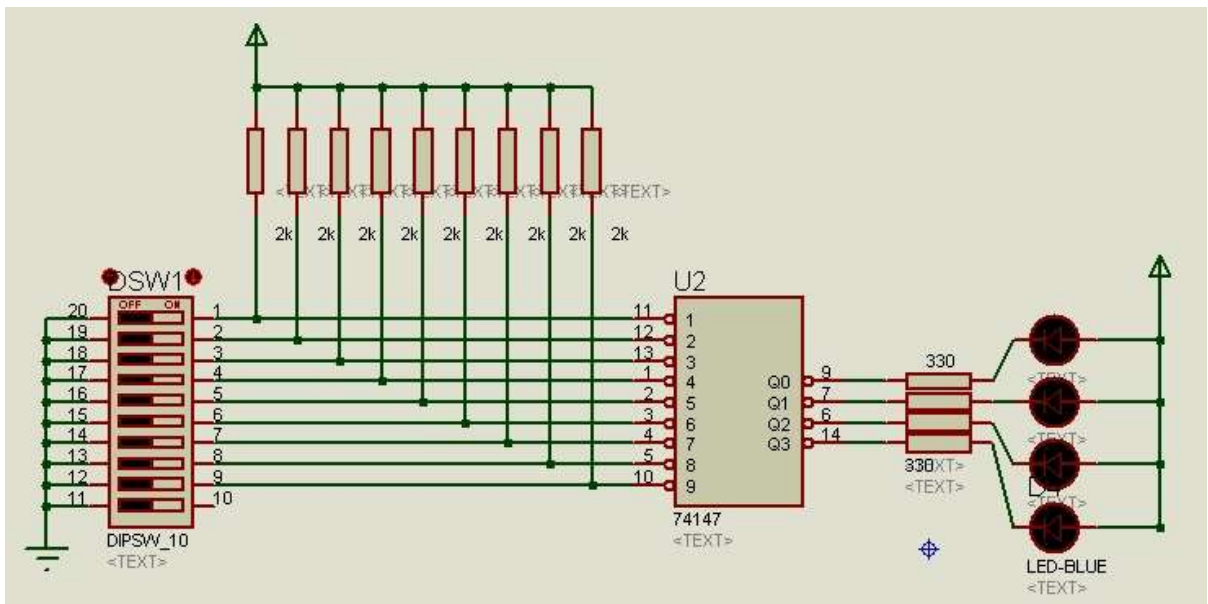
1. SUMADOR DE 4 BITS

Realice la implementación del circuito sumador de 4 bits usando el circuito integrado 74283, tal como se indica en la figura. Operando el Dipswitch cargue datos binarios para el sumador $A=A_3A_2A_1A_0$ y para el sumando $B=B_3B_2B_1B_0$ y opere la suma con carry de entrada C_0 . Observe el resultado de la operación en $S=S_3S_2S_1S_0$ y en el carry de salida C_4 . Compruebe estos resultados.



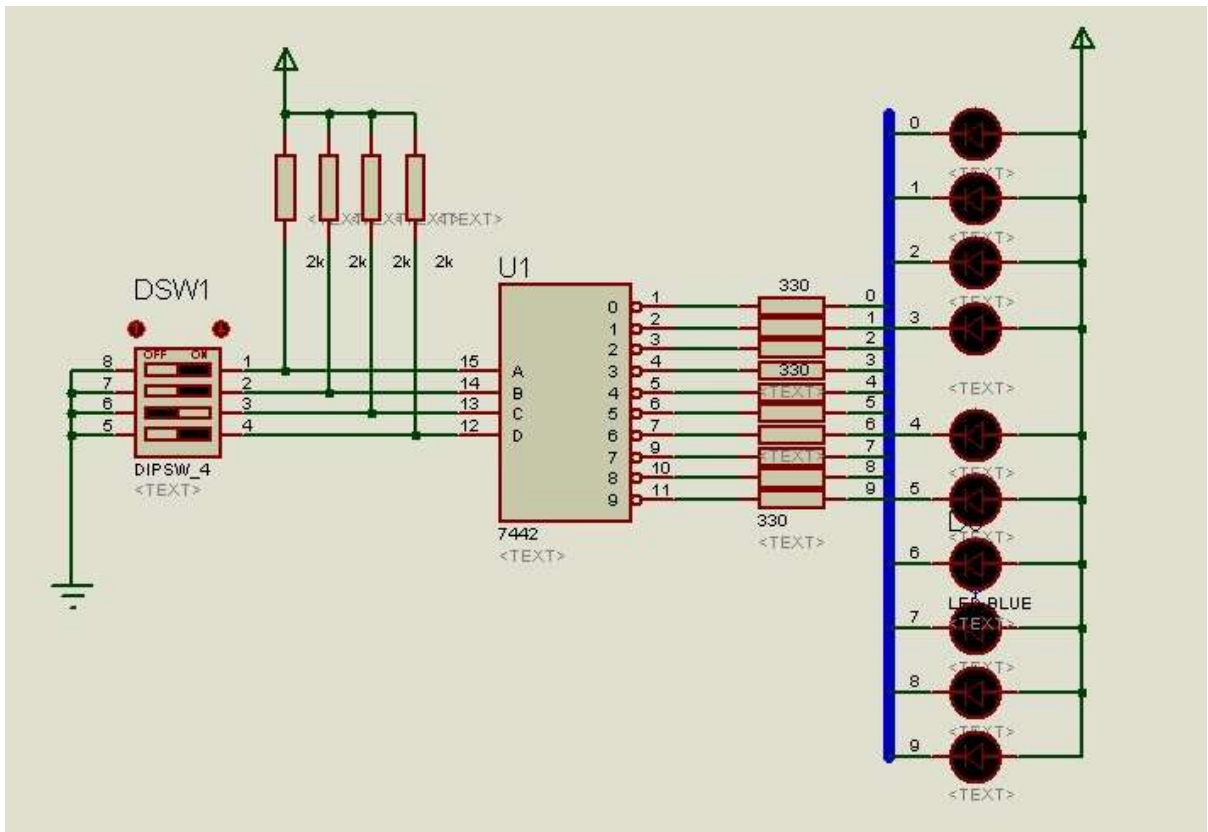
2. DECODIFICADOR DECIMAL A BCD

Realice la implementación del circuito decodificador decimal a BCD usando el circuito integrado 74147. Con el Dipswitch active cada una de las líneas de entrada del decodificador 1, 2, 3,.....,9 colocando un 0 y observe el resultado de la decodificación en los Leds de salida Q=Q3Q2Q1Q0. Haga la Tabla de Verdad de esta codificación.



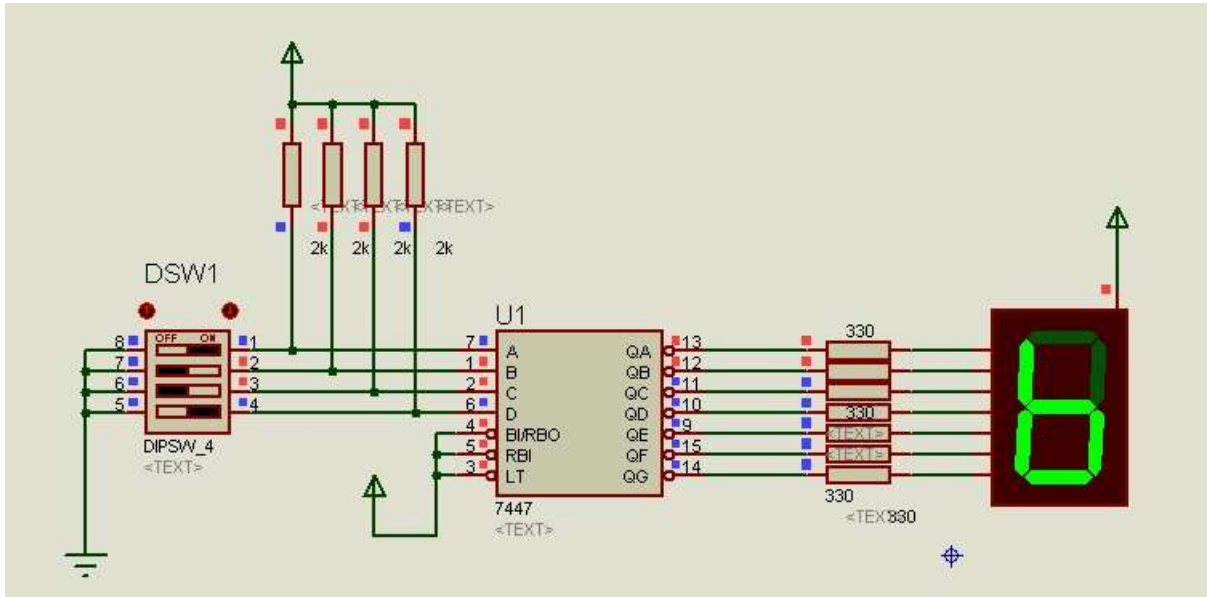
3. DECODIFICADOR BCD A DECIMAL

Realice la implementación del circuito decodificador BCD a decimal usando el circuito integrado 7442. Introduzca un dato binario de 4 bits a la entrada del decodificador ABCD, y observe la activación de las líneas de salida 0,1,2,3,.....9. Construya la Tabla de Verdad de este decodificador.

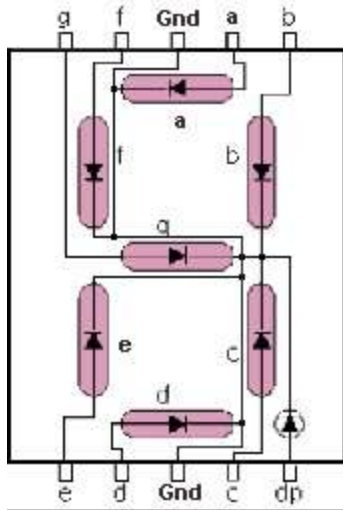


4. DECODIFICADOR DE 7 SEGMENTOS

Realice la implementación del circuito mostrado en la figura, es un decodificador BCD a 7 segmentos de ánodo común. Introduzca a la entrada un código binario de 4 bits ABCD y observe el display de 7 segmentos. Explique la operación de este display y cuál sería la diferencia con un display de cátodo común.



Common Cathode



Common Anode

