

# Estructuras Discretas 2023-1

## Práctica 6: Circuitos digitales.

Lourdes del Carmen González Huesca  
María Fernanda Mendoza Castillo

Juan Alfonso Garduño Solís  
Alan Moreno de la Rosa

29 noviembre de 2022

**Fecha de entrega:** Jueves 15 de noviembre de 2022

### Introducción.

*“Los circuitos combinacionales son circuitos digitales en los que la salida refleja inmediatamente el estado de sus variables de entrada.”*

Para un circuito combinacional de  $n$  variables booleanas de entrada existen  $2^n$  combinaciones de valores. De tal modo, un circuito combinacional puede especificarse como una tabla de verdad que lista los valores de la salida dependiendo de cada combinación de las variables de entrada, que a la vez puede simplemente convertirse en una forma canónica de suma de productos y esa es la clave para solucionar esta práctica.

### Ejercicios.

La respuesta de cada ejercicio es un diagrama hecho con Logisim, solo puedes utilizar las puertas lógicas básicas. Separa cada parte de la práctica (decodificador, multiplexor y sumador) en un archivo .circ diferente con la solución correspondiente.

### Decodificadores.

Un decodificador es un circuito combinacional que convierte información binaria de  $n$  entradas codificadas a un máximo de  $2^n$  salidas únicas. El diagrama de bloque de un decodificador se ve de la siguiente manera:



Ahora, considera la siguiente tabla de verdad:

$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

Esta tabla corresponde a un decodificador de  $2 \times 4$  (2 entradas, 4 salidas). Da el diagrama de este decodificador en Logisim.

Ahora, haz un nuevo diagrama que incluya una entrada de habilitación (*enable* E), de modo que cuando  $E = 0$ , todas las salidas del decodificador tomen valor de 0, y cuando  $E = 1$ , la salida correspondiente al valor binario de la entrada toma valor de 1, como se muestra en la siguiente tabla de verdad:

E	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
0	*	*	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1

Utiliza dos decodificadores de 2x4 para diseñar el diagrama de un decodificador de 3x8.

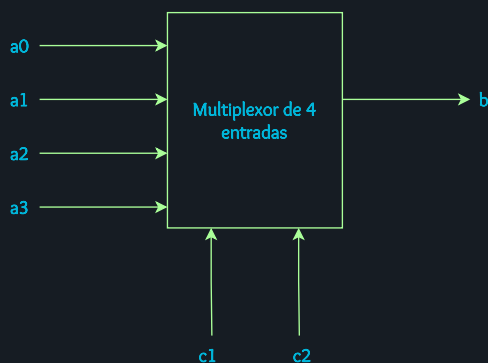
## Multiplexor.

Un multiplexor es un interruptor controlado digitalmente. La función del multiplexor es conectar cada una de las variables de entrada a la variable de salida. La variable de entrada se selecciona mediante un valor digital que se coloca en las terminales  $c_1$  y  $c_0$ . La selección se hace de la siguiente forma:  $c_1$  y  $c_0$  se consideran bits independientes, pero en conjunción se pueden ver como un valor binario de dos bits, siendo  $c_1$  el bit más significativo. Por ejemplo, si  $c_1 = 1$  y  $c_0 = 0$ , entonces el valor de la selección es  $10_2 = 2_{10}$ . Si  $c_1 = 1$  y  $c_0 = 1$ , entonces el valor de la selección es  $11_2 = 3_{10}$ . Ahora bien, el valor base 10 del valor binario  $c_1 c_0$  indica el subíndice de la entrada que se conecta a  $b$ .

Por ejemplo si  $c_1 = 1$  y  $c_0 = 1$ , entonces  $b = a_3$ .

Es decir, si  $a_3 = 1$  entonces  $b$  toma el valor de 1; si  $a_3 = 0$  entonces  $b$  toma el valor de 0.

El diagrama de bloque de un multiplexor se ve de la siguiente manera:



Puede obtenerse una expresión lógica que describe la operación del multiplexor de cuatro entradas:

$$b = \overline{c_1} \overline{c_0} a_0 + \overline{c_1} c_0 a_1 + c_1 \overline{c_0} a_2 + c_1 c_0 a_3$$

Con esto implementa tu propio circuito que modele un multiplexor de 4 entradas.

## Sumadores.

*“Un circuito aritmético es un circuito digital combinacional que realiza operaciones aritméticas como adición, sustracción, multiplicación y división sobre números binarios o con números decimales en codificación binaria.”*

Supóngase que se desea sumar dos números de un solo bit,  $a_1$  y  $b_1$ . La suma se expresa de la siguiente forma:

$$\begin{array}{r} a_1 \\ + \quad b_1 \\ \hline c_1 \quad s_1 \end{array}$$

Aquí  $s_1$  y  $c_1$  son a la vez números de un solo bit, siendo  $s_1$  el dígito de suma y  $c_1$  el dígito de acarreo. Un circuito combinacional que realiza la adición de dos bits se conoce como sumador medio. La adición simple de dos bits genera los siguientes casos:

$$\begin{array}{l} 0 + 0 = 00 \\ 0 + 1 = 01 \\ 1 + 0 = 01 \\ 1 + 1 = 10 \end{array}$$

Las primeras tres operaciones producen un resultado de un solo bit, pero la cuarta operación requiere de dos bits para su representación. Por tal razón, se utilizan siempre dos bits para la representación del resultado de la suma de dos bits: un bit representando la suma, y el otro representando el acarreo. Da el circuito lógico para el sumador medio, debe tener dos entradas,  $a, b$  y dos salidas  $s, c$ .

Por otra parte, un sumador completo realiza la suma aritmética de tres bits de entrada produciendo dos salidas. La tercera entrada  $c_{j-1}$ , representa el acarreo proveniente de la posición significativa anterior más baja. Considera la operación de un sumador completo. Supongase que tal sumador adiciona los  $j$ -ésimos bits de dos valores binarios. se tienen entonces que:

$$\begin{array}{r} c_{j-1} \\ a_j \\ + \quad b_j \\ \hline c_j \quad s_j \end{array}$$

Nota que  $c_{j-1}$  es el acarreo de la columna anterior  $j-1$ , que es la columna inmediatamente a la derecha de la columna de bits que se suma aquí. El sumador completo puede implementarse con dos sumadores medios y una compuerta OR, hazlo.

## Bibliografía.

- Ortega Arjona, J. L (2019). Diseño de sistemas digitales y arquitectura de computadoras (Primer edición). Prensas de Ciencias.