

Electrónica Digital 1

Lógica combinacional -tiempos de propagación

Ferney Alberto Beltrán Molina



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Marzo 2020

Contacto

Nombre: Ferney Alberto Beltrán Molina, Ing, MSc, PhD(c)
Email: fabeltranm@unal.edu.co
oficina: Centro de Investigación e Innovación

Contenido

Recordando

ejemplo comparador 1bit

Mapas de karnaugh

Tiempos de propagación

Índice

Recordando

ejemplo comparador 1bit

Mapas de karnaugh

Tiempos de propagación

Tipos de circuitos digitales

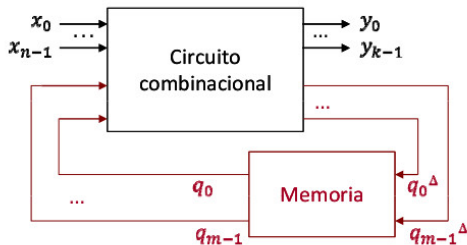
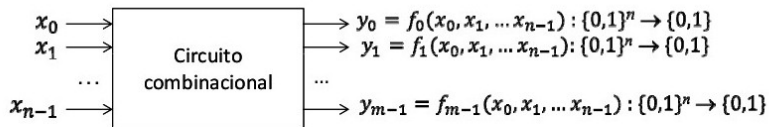
- ▶ **Circuitos combinacionales**

Las salidas del circuito en cada instante de tiempo dependen única de los valores de entrada. combina los valores de entrada en un instante de tiempo para calcular la salida

- ▶ **Circuitos secuenciales.**

Las salidas del circuito secuencial dependen tanto de los valores actuales como de los anteriores de las entradas; en otras palabras, depende de la secuencia de entrada.

Tipos de circuitos digitales



Álgebra de Boole propiedades

1 - Elemento inverso, $\bar{0}=1$, $\bar{1}=0$

2 - Idempotencia, $a+a=a$, $a \cdot a=a$

3 - Involución, $\overline{\overline{a}}=a$

4 - Asociatividad, $a+(b+c)=(a+b)+c$, $a \cdot (b \cdot c)=(a \cdot b) \cdot c$









5 - Absorción, $a+a \cdot b=a$, $a \cdot (a+b)=a$

6 - (sin nombre), $a+\bar{a} \cdot b=a+b$, $a \cdot (\bar{a}+b)=a \cdot b$

7 - de Morgan, $\overline{(a+b)}=\bar{a} \cdot \bar{b}$, $\overline{a \cdot b}=\bar{a}+\bar{b}$

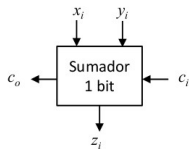
8 - de Morgan generalizada, $\overline{(a_1+a_2+\dots+a_n)}=\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2 \cdot \dots \cdot \bar{a}_n$, $\overline{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}=\bar{a}_1+\bar{a}_2+\dots+\bar{a}_n$

Álgebra de Boole propiedades

nombre	símbolo	función
AND		$z = a \cdot b$
OR		$z = a + b$
INV		$z = \bar{a}$
NAND		$z = \overline{a \cdot b}$
NOR		$z = \overline{a + b}$
XOR		$z = a \oplus b = \bar{a} \cdot b + a \cdot \bar{b}$
XNOR		$z = \overline{a \oplus b} = \bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot b$
Tri-state		$z = a \text{ si } c = 1, z = HI \text{ si } c = 0$

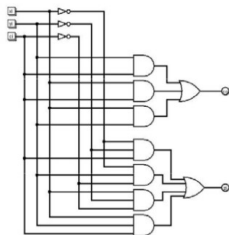
Funciones Booleanas - Resumiendo

- Descripción Funcional
- Tabla de Verdad
- función(s) Booleana(s)
- Circuito Digital



```
s <= x_i + y_i + c_i;  
if s = 0 then z_i <= 0; c_o = 0;  
  elsif s = 1 then z_i <= 1; c_o <= 0;  
    elsif s = 2 then z_i <= 0; c_o <= 1;  
      else z_i <= 1; c_o <= 1;  
    end if;  
  end if;  
end if;
```

x_i	y_i	c_i	c_o	z_i
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1



$$c_o = y_i \cdot c_i + x_i \cdot c_i + x_i \cdot y_i$$

$$z_i = \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i \cdot c_i + \bar{x}_i \cdot y_i \cdot \bar{c}_i + x_i \cdot \bar{y}_i \cdot \bar{c}_i + x_i \cdot y_i \cdot c_i$$

respuesta - Ejemplo BCD2SSEG

- ▶ $a = x_1 + x_2 * x_0 + x_3 + \overline{x_2} * \overline{x_0}$
- ▶ $b = \overline{x_2} + \overline{x_1} * \overline{x_0} + x_1 * x_0$
- ▶ $c = \overline{x_1} + x_0 + x_2$
- ▶ $d = \overline{x_2} * \overline{x_0} + \overline{x_2} * x_1 + x_1 * \overline{x_0} +$
- ▶ $e = \overline{x_2} * \overline{x_0} + \overline{x_0} * x_1$
- ▶ $f = \overline{x_0} * \overline{x_1} + \overline{x_1} * x_2 + x_2 * \overline{x_0} + x_3$
- ▶ $g = \overline{x_0} * \overline{x_2} + \overline{x_1} * x_2 + x_1 * \overline{x_0} + x_3$

Índice

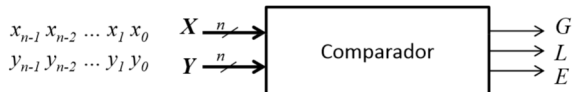
Recordando

ejemplo comparador 1bit

Mapas de karnaugh

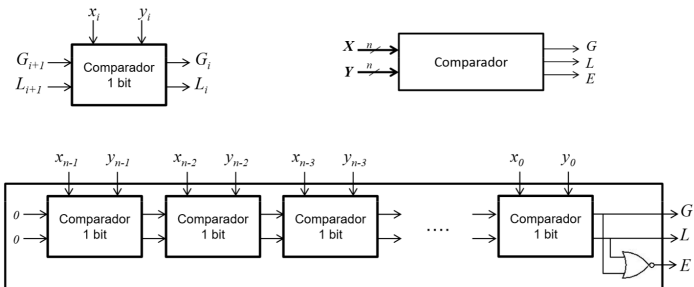
Tiempos de propagación

Comparador 1bit

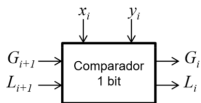


```
if X > Y then G <= 1;  
  elsif X < Y then L <= 1;  
    else E <= 1;  
  end if;  
end if;
```

Comparador 1bit



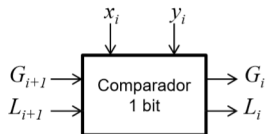
Comparador 1bit



	$n-1$	$n-2$	$n-3$	$n-4$	1	0
X:	1	0	1	1	0	...	0	0
Y:	1	0	1	0	1	...	1	0

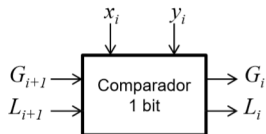
$G_n=0$								
$L_n=0$								

Comparador 1bit resultado de G_i



G_{i+1}	L_{i+1}	x_i	y_i	G_i	L_i
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	x	x	0	1
1	0	x	x	1	0
1	1	x	x	x	x

Comparador 1bit resultado de L_i

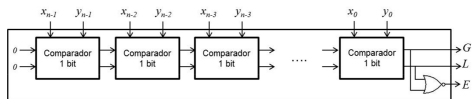


G_{i+1}	L_{i+1}	x_i	y_i	G_i	L_i
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	x	x	0	1
1	0	x	x	1	0
1	1	x	x	x	x

Comparador 1bit puertas lógicas

$$G_t = \bar{L}_{t+1} \cdot x_t \cdot \bar{y}_t + G_{t+1}$$

$$L_t = \bar{G}_{t+1} \cdot \bar{x}_t \cdot y_t + L_{t+1}$$



Índice

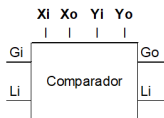
Recordando

ejemplo comparador 1bit

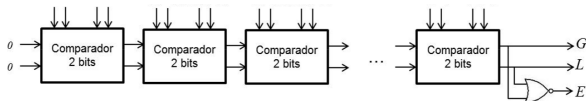
Mapas de karnaugh

Tiempos de propagación

Ejemplo comparador 2bit



Gi	Li	Xi	Xo	Yi	Yo	Go	Lo
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	x	0	1
0	0	0	0	x	1	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	x	0	1
0	0	1	0	0	x	1	0
0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	0	x	1	0
0	0	1	1	x	0	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	x	x	x	x	0	1
1	0	x	x	x	x	1	0
1	1	x	x	x	x	x	x



ejemplo comparador 2bit

Gi	Li	Xi	Xo	Yi	Yo	Go	Lo
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	x	0	1
0	0	0	0	x	1	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	x	0	1
0	0	1	0	0	x	1	0
0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	0	x	1	0
0	0	1	1	x	0	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	x	x	x	x	0	1
1	0	x	x	x	x	1	0
1	1	x	x	x	x	x	x

Go		Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
		Yi	0	0	1	1	1	1	0	0
		Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi								
0	0	0								
0	0	1								
0	1	1								
0	1	0								
1	1	0								
1	1	1								
1	0	1								
1	0	0								

ejemplo comparador 2bit

Gi	Li	Xi	Xo	Yi	Yo	Go	Lo
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	x	0	1
0	0	0	0	x	1	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	x	0	1
0	0	1	0	0	x	1	0
0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	0	x	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	x	x	x	x	0	1
1	0	x	x	x	x	1	0
1	1	x	x	x	x	x	x

L			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	1	0	0
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
			Gi	Li	Xi						
0	0	0									
0	0	1									
0	1	1									
0	1	0									
1	1	0									
1	1	1									
1	0	1									
1	0	0									

ejemplo comparador 2bit

G			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	1	0	0
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi									1
0	0	0									1
0	0	1	1	1				1	1	1	
0	1	1									
0	1	0									
1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

G			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	1	0	0
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi									1
0	0	0									1
0	0	1	1	1				1	1	1	
0	1	1									
0	1	0									
1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

G			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	1	0	0
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi									1
0	0	0									1
0	0	1	1	1				1	1	1	
0	1	1									
0	1	0									
1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

G			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	1	0	0
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi									1
0	0	0									1
0	0	1	1	1				1	1	1	
0	1	1									
0	1	0									
1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ejemplo comparador 2bit

$$G_o =$$

Ejemplo comparador 2bit

L			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	0	0	
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi									
0	0	0		1	1	1	1	1	1		
0	0	1			1						
0	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0		1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0		x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1		x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1									
1	0	0									

L			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	0	0	
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi									
0	0	0		1	1	1	1	1			
0	0	1			1						
0	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0		1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0		x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1		x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1									
1	0	0									

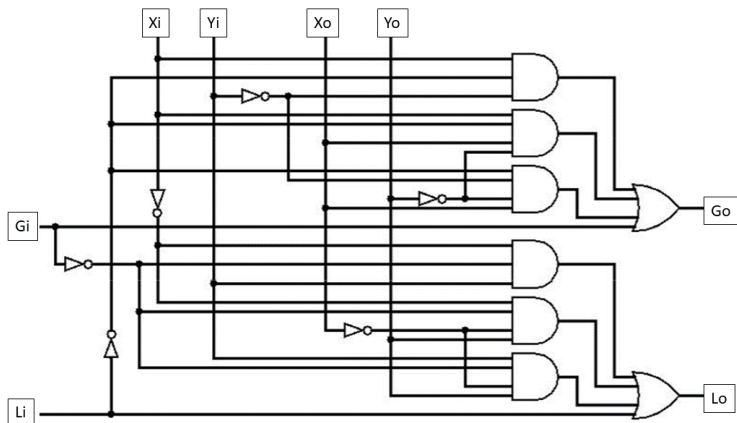
L			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	0	0	
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi									
0	0	0		1	1	1	1	1	1		
0	0	1			1						
0	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0		1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0		x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1		x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1									
1	0	0									

L			Xo	0	0	0	0	1	1	1	1
			Yi	0	0	1	1	1	0	0	
			Yo	0	1	1	0	0	1	1	0
Gi	Li	Xi									
0	0	0		1	1	1	1	1			
0	0	1			1						
0	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0		1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0		x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1		x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1									
1	0	0									

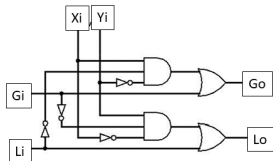
Ejemplo comparador 2bit

$$L_o =$$

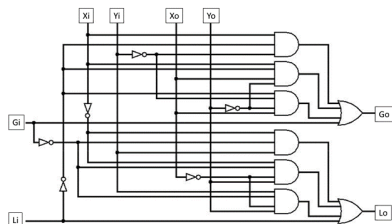
Resultado



Comparativa de puertas



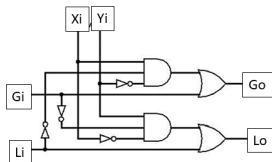
Comparador de 1 bit



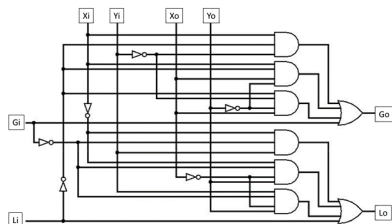
Comparador de 2 bit

Número de puertas por cada implementación

comparativa de tiempos



Comparador de 1 bit



Comparador de 2 bit

Tiempo de propagación en cada implementación ?

Índice

Recordando

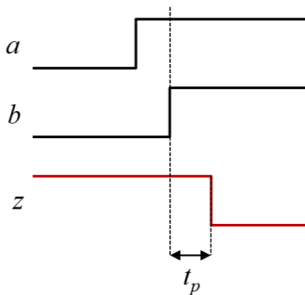
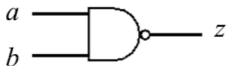
ejemplo comparador 1bit

Mapas de karnaugh

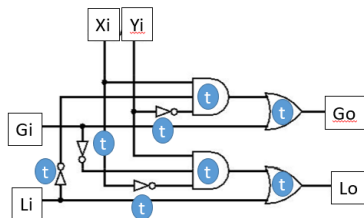
Tiempos de propagación

Tiempos de propagación

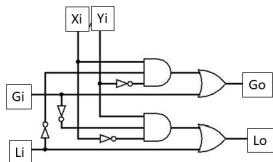
1. Toda puerta lógica tiene un tiempo de retraso en la salida respecto a la entrada



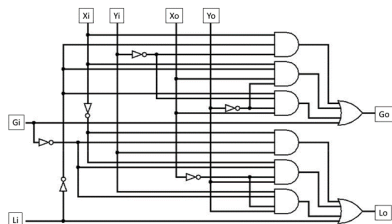
Tiempos de propagación



comparativa de tiempos



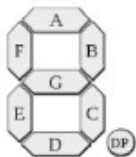
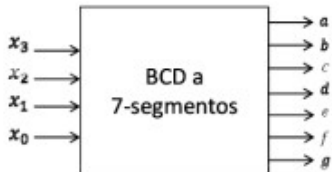
Comparador de 1 bit



Comparador de 2 bit

Tiempo de propagación en cada implementación ?

mapas K - Ejemplo BCD2SSEG



x_3	x_2	x_1	x_0	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
1	0	1	0							
1	0	1	1							
1	1	0	0							
1	1	0	1							
1	1	1	0							
1	1	1	1							

PREGUNTAS