CIRCUITOS LOGICOS DIGITALES

UPC

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Laureate International Universities®

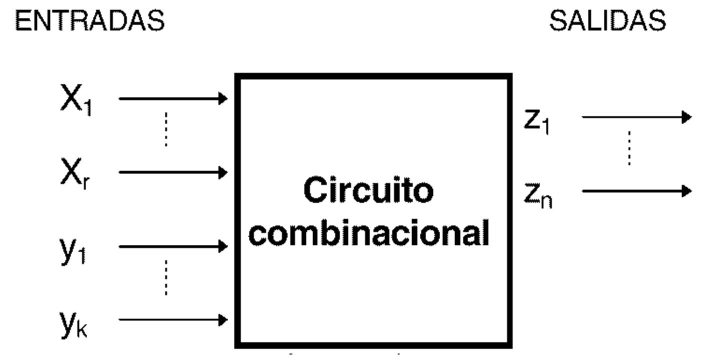
ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS COMBINACIONALES

CICLO ACADÉMICO: 2024-I

CIRCUITO COMBINACIONAL

GENERALIDADES:

- Existen 2 tipos de circuitos digitales:
  - **Combinacionales**: la salida depende exclusivamente del estado de su(s) entrada(s).



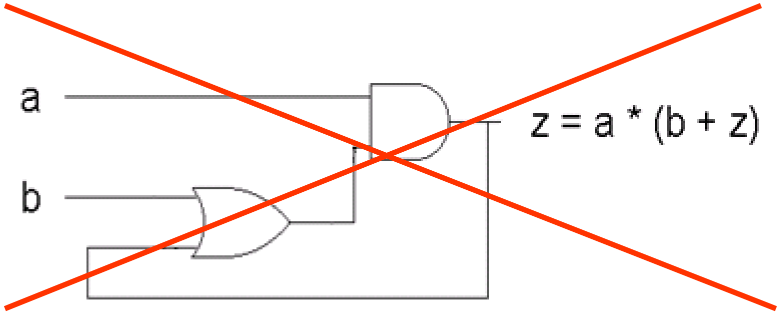
  - **Secuenciales**: la salida depende de su(s) entrada(s) y del estado previo del circuito *(entrada + memoria)*

CIRCUITO COMBINACIONAL

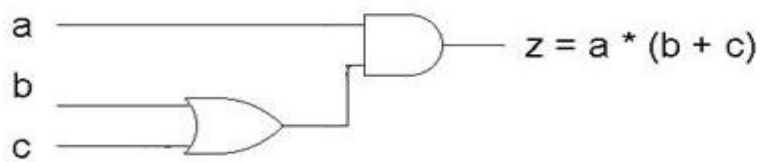
GENERALIDADES:

- Las salidas tienen que estar completamente definidas a partir de las entradas en cualquier instante de tiempo.
- No puede haber bucles que realimenten las salidas hacia sus entradas.

Ejemplo-1: Identifique el circuito combinacional



NO es un circuito combinacional



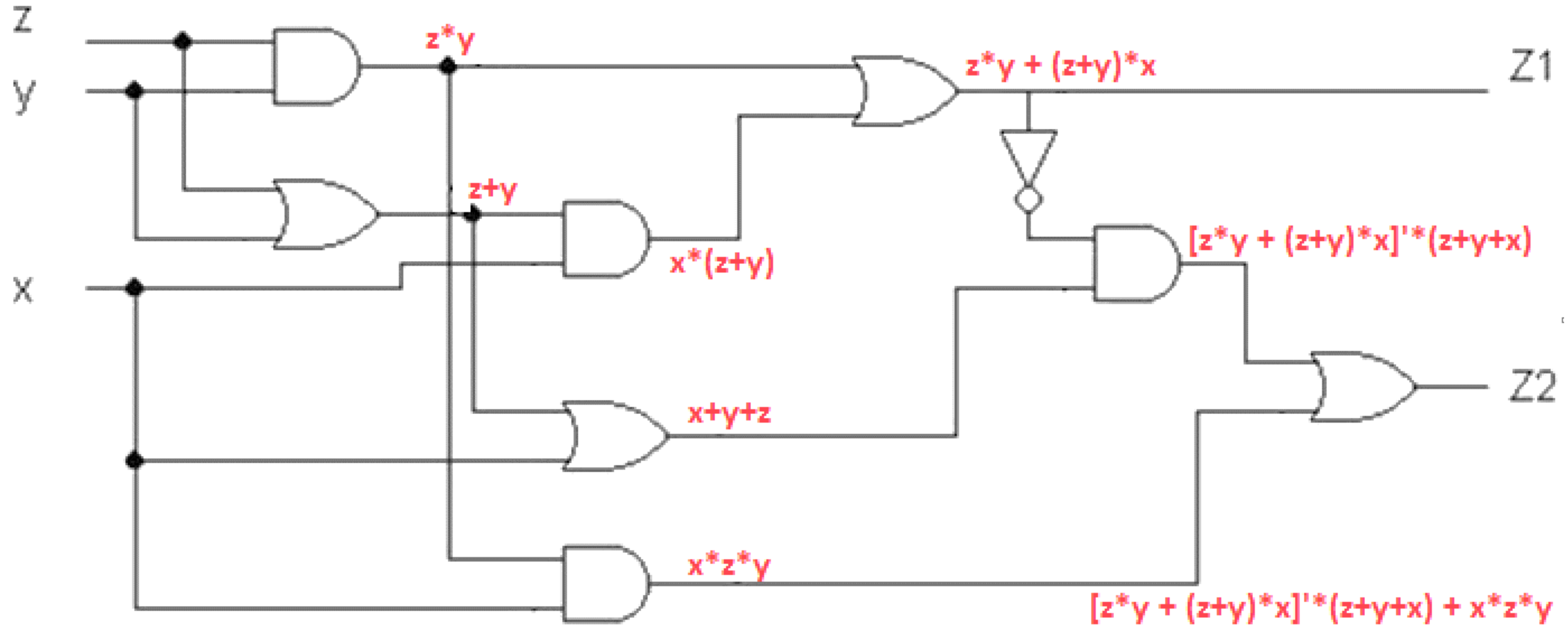
SÍ es un circuito combinacional

CIRCUITO COMBINACIONAL

ANALISIS:

- El análisis consiste en determinar la expresión algebraica a partir del circuito lógico que representa la función. **Primero,** se evalúan las expresiones generadas por cada puerta, desde sus entradas hasta su salida, y **finalmente** se simplifica la expresión resultante.

Ejemplo-1: determinar la expresión algebraica de las salidas a partir de su circuito lógico.

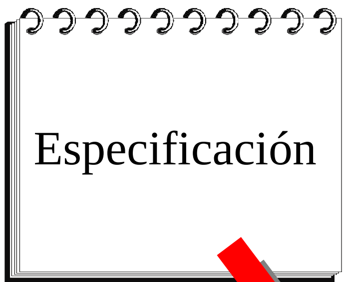


CIRCUITO COMBINACIONAL

SINTESIS/DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES:

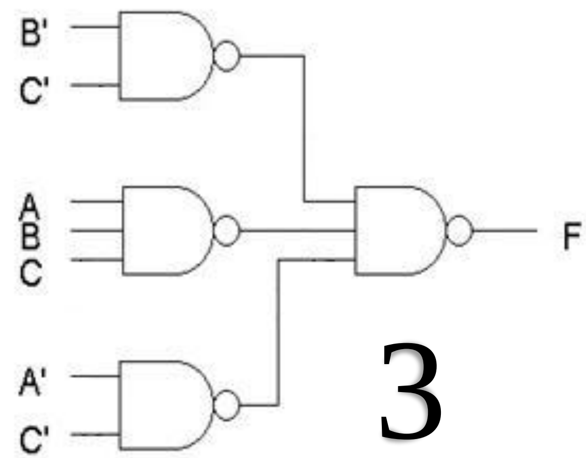
- La síntesis/diseño de los circuitos combinacionales se realiza considerando 3 pasos:

1



Síntesis

F(A, B, C) = ...



3

2

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

Simplificación, simulación e Implementación (lógica cableada y/o lógica programada)

CIRCUITO COMBINACIONAL

EJEMPLO – SINTESIS/DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES:

Ejemplo 2: Un motor eléctrico puede girar en sentido horario y antihorario al activar los contactores 'D' e 'I', respectivamente.

Estos 2 contactores son comandados por 2 pulsadores de giro 'd' (derecha) e 'i' (izquierda) y un interruptor ‛L’ de selección los cuales funcionan bajo las siguientes condiciones:

- Si únicamente se pulsa uno de los 2 botones de giro ('d' o 'i’), el motor gira en el sentido del botón de giro pulsado o activado.
- Si se pulsan los 2 botones de giro de forma simultáneo, el sentido de giro lo define el estado del interruptor ‛L’:
  - Si 'L' está activado, el motor gira a la derecha.
  - Si 'L' está en reposo, el motor gira a la izquierda.
- Considerar que el motor eléctrico parte del reposo.

Determinar:

a) La tabla de verdad del sistema.

b) Las funciones lógicas simplificadas de los contactores D e I.

c) El circuito lógico del sistema empleando puertas lógicas básicas.

CIRCUITO COMBINACIONAL

EJEMPLO – SINTESIS/DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES:

Tabla de verdad

	d	i	L	D	I
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0
2	0	1	0	0	1
3	0	1	1	0	1
4	1	0	0	1	0
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	0	1
7	1	1	1	1	0

Aplicando la simplificación gráfica (K-Maps)

d \ iL	00	01	11	10
0				
1	1	1	1	

$$D = d \cdot \bar{i} + d \cdot L$$

$$\boxed{D = d \cdot (\bar{i} + L)}$$

Función simplificada

d \ iL	00	01	11	10
0			1	1
1				1

$$I = \bar{d} \cdot i + i \cdot \bar{L}$$

$$\boxed{I = i \cdot (\bar{d} + \bar{L})}$$

Función simplificada

Las funciones lógicas no simplificadas son las siguientes:

$$D = d \cdot \bar{i} \cdot \bar{L} + d \cdot \bar{i} \cdot L + d \cdot i \cdot L$$

$$I = \bar{d} \cdot i \cdot \bar{L} + \bar{d} \cdot i \cdot L + d \cdot i \cdot \bar{L}$$

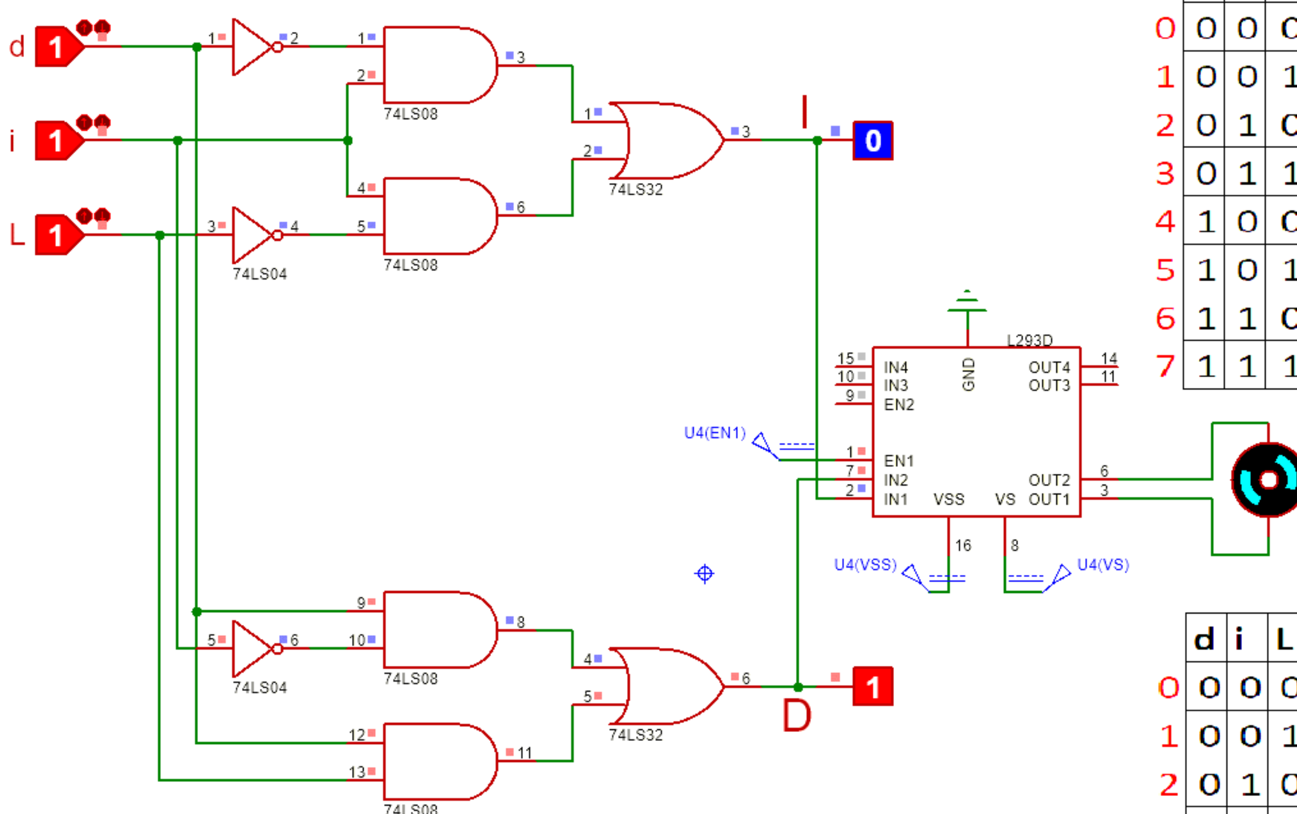
d, i, L: variables de entrada

D, I: variables de salida

CIRCUITO COMBINACIONAL

EJEMPLO – SINTESIS/DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES:

	d	i	L	I=d'.i + i.L'
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	0



Circuito lógico usando puertas NOT, OR y AND

	d	i	L	D=d.i' + d.L
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	0
4	1	0	0	1
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	1	1

CIRCUITO COMBINACIONAL

EJEMPLO – SINTESIS/DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES:

Ejemplo 3: Una máquina expendedora automática proporciona productos bajo las siguientes condiciones y precios:

- Costo botella de agua: 0.50 €
- Costo lata de refresco: 1.00 €
- Costo paquete de galletas: 1.50 €
- Costo caja de bombones: 2.00 €.
- La máquina sólo admite una moneda de 0.50 €, 1.00 € o 2.00 € para adquirir el producto y en caso tenga que devolver cambio sólo devuelve 1 moneda de 0.50 €, 1.00 € o 2.00 €.
- Habrá casos en los que la máquina devolverá la moneda sin proporcionar ningún producto; debido a que no se cumplió con insertar/devolver el monto/cambio correctos respecto al costo/cambio precisados en las condiciones arriba.

Tabla de codificación:

ENTRADAS		SALIDAS	
Moneda	**Producto**	**¿Suministra?**	**Cambio**
0.00 €	Agua	No	0.00 €
0.00 €	Lata R.	No	0.00 €
0.00 €	Galletas	No	0.00 €
0.00 €	Bombones	No	0.00 €
0.50 €	Agua	Sí	0.00 €
0.50 €	Lata R.	No	0.50 €
0.50 €	Galletas	No	0.50 €
0.50 €	Bombones	No	0.50 €
1.00 €	Agua	Sí	0.50 €
1.00 €	Lata R.	Sí	0.00 €
1.00 €	Galletas	No	1.00 €
1.00 €	Bombones	No	1.00 €
2.00 €	Agua	No	2.00 €
2.00 €	Lata R.	Sí	1.00 €
2.00 €	Galletas	Sí	0.50 €
2.00 €	Bombones	Sí	0.00 €

CIRCUITO COMBINACIONAL

EJEMPLO – SINTESIS/DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES:

Codificación de las variables

Entradas

Monedas entradas (m1, m0)
00: moneda de 0 € (ninguna moneda)
01: moneda de 0.50 €
10: moneda de 1.00 €
11: moneda de 2.00 €

Codificación del producto (p1,p0)
00: botella de agua
01: lata de refresco
10: paquete de galletas
11: caja de bombones

Salidas

Monedas devueltas (c1,c0)
00: moneda de 0 € (ninguna moneda)
01: moneda de 0.50 €
10: moneda de 1.00 €
11: moneda de 2.00 €

Suministro (S)
0: NO proporciona producto
1: SÍ proporciona producto

Tabla de verdad

	Entradas		Salidas	
	m1 m0	p1 p0	S	c1 c0
0	0 0	0 0	0	0 0
1	0 0	0 1	0	0 0
2	0 0	1 0	0	0 0
3	0 0	1 1	0	0 0
4	0 1	0 0	1	0 0
5	0 1	0 1	0	0 1
6	0 1	1 0	0	0 1
7	0 1	1 1	0	0 1
8	1 0	0 0	1	0 1
9	1 0	0 1	1	0 0
10	1 0	1 0	0	1 0
11	1 0	1 1	0	1 0
12	1 1	0 0	0	1 1
13	1 1	0 1	1	1 0
14	1 1	1 0	1	0 1
15	1 1	1 1	1	0 0

CIRCUITO COMBINACIONAL

EJEMPLO – SINTESIS/DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES:

Simplificación e implementación de las funciones

s

m1,m0 \ p1,p0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	0	0
11	0	1	1	1
10	1	1	0	0

c0

m1,m0 \ p1,p0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	1
11	1	0	0	1
10	1	0	0	0

c1

m1,m0 \ p1,p0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	1	0	0
10	0	0	1	1

Funciones de salida simplificadas

$$S = m1\cdot m0\cdot p0 + m1\cdot m0\cdot p1 + m1\cdot\overline{m0}\cdot\overline{p1} + \overline{m1}\cdot m0\cdot\overline{p1}\cdot\overline{p0}$$

$$c1 = m1\cdot m0\cdot\overline{p1} + m1\cdot\overline{m0}\cdot p1$$

$$c0 = m1\cdot\overline{p1}\cdot\overline{p0} + \overline{m1}\cdot m0\cdot p0 + m0\cdot p1\cdot\overline{p0}$$

CIRCUITO COMBINACIONAL

CONDICIONES DON'T CARE – NO IMPORTA (X)

- En ocasiones ciertas combinaciones de los valores de las variables de entradas no tienen un efecto predefinido en el comportamiento del circuito. En otras palabras, en ciertos casos, el resultado de un circuito ante ciertas combinaciones de entrada puede ser indeterminado o no tener importancia para el funcionamiento del sistema en conjunto.
- En la tabla de verdad, las variables de salida en estos casos genera un valor de salida no importa o *don't care* que se marcan con "X" o "-".
- A la hora de simplificar las expresiones o funciones lógicas mediante K-MAPS, las celdas con condiciones *don't care* pueden ser agrupadas para optimizar más la expresión lógica resultante.

CIRCUITO COMBINACIONAL

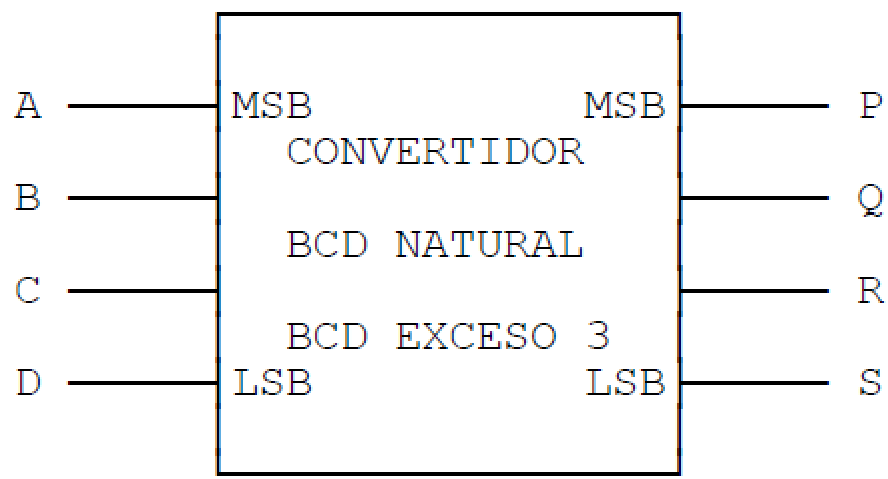
EJEMPLO DE CONDICIONES DON'T CARE – NO IMPORTA (X)

- Ejemplo 4: Convertidor BCD natural a BCD exceso 3.

Tabla de verdad

	A	B	C	D	P	Q	R	S
0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0
10	1	0	1	0	X	X	X	X
11	1	0	1	1	X	X	X	X
12	1	1	0	0	X	X	X	X
13	1	1	0	1	X	X	X	X
14	1	1	1	0	X	X	X	X
15	1	1	1	1	X	X	X	X

Diagrama de bloques



CIRCUITO COMBINACIONAL

EJEMPLO DE CONDICIONES DON'T CARE – NO IMPORTA (X)

Tabla de verdad

	A	B	C	D	P	Q	R	S
0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0
10	1	0	1	0	X	X	X	X
11	1	0	1	1	X	X	X	X
12	1	1	0	0	X	X	X	X
13	1	1	0	1	X	X	X	X
14	1	1	1	0	X	X	X	X
15	1	1	1	1	X	X	X	X

Funciones simplificadas con K-MAPS

P

A,B \ C,D	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	1
11	X	X	X	X
10	1	1	X	X

$$P = A + B \cdot C + B \cdot D$$

R

A,B \ C,D	00	01	11	10
00	1	0	1	0
01	1	0	1	0
11	X	X	X	X
10	1	X	X	X

$$R = C \cdot D + \overline{C} \cdot \overline{D}$$

Q

A,B \ C,D	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	1	0	0	0
11	X	X	X	X
10	0	1	X	X

$$Q = \overline{C} \cdot \overline{D} \cdot B + D \cdot \overline{B} + C \cdot \overline{B}$$

S

A,B \ C,D	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	1	0	0	1
11	X	X	X	X
10	1	X	X	X

$$S = \overline{D}$$

CIRCUITO COMBINACIONAL

EJEMPLO DE CONDICIONES DON'T CARE – NO IMPORTA (X)

Circuito lógico con puertas NOT, OR y AND