From ZERO To ONE

Arquitectura de Computadores

Diseño Lógico Combinacional

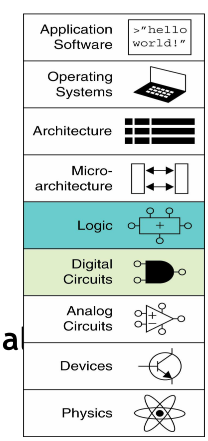
Basado en texto: “***Digital Design and Computer Architecture* , 2nd Edition**”, David Money Harris and Sarah L. Harris

Chapter 1 <1>

From ZERO To ONE

Tópicos

- Introducción
- Ecuaciones Booleanas
- Algebra de Boole
- De la Lógica a las Compuertas
- Lógica Combinacional Multinivel
- Mapas de Karnaugh
- Bloques de Construcción Combinacional



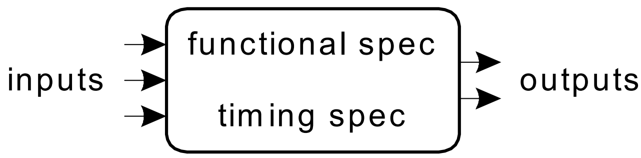
Chapter 1 <2>

From ZERO To ONE

Introducción

Un circuito lógico se compone de:

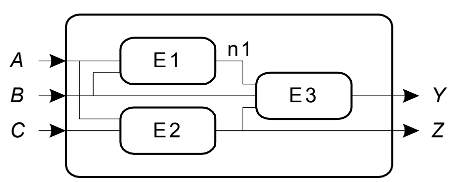
- Entradas
- Salidas
- Especificaciones Funcionales
- Especificaciones de sincronización



From ZERO To ONE

Circuitos

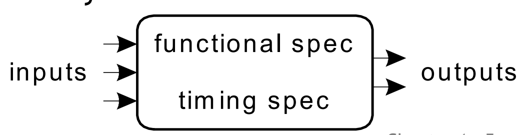
- Nodos
  - Entradas: *A*, *B*, *C*
  - Salidas: *Y*, *Z*
  - Internos: n1
- Elementos del Circuito
  - E1, E2, E3
  - Cada uno es un circuito



From ZERO To ONE

Tipos de Circuitos Lógicos

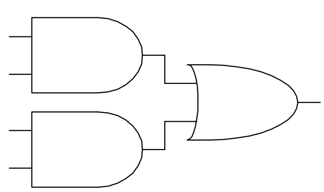
- **Lógica Combinacional**
  - Sin Memoria
  - Salidas determinadas por los valores actuales de las entradas
- **Lógica Secuencial**
  - Tiene memoria
  - Las salidas se determinan por los valores de entrada actuales y anteriores



From ZERO To ONE

Reglas de Composición

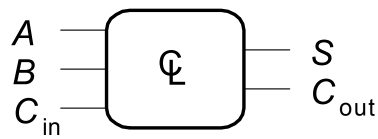
- Cada elemento es combinacional
- Cada nodo es una entra o se conecta *exactamente a una* entrada
- El circuito no contiene ciclos
- **Ejemplo:**



From ZERO To ONE

Ecuaciones Booleanas

- Especificación funcional de las salidas en términos de sus entradas
- **Ejemplo:** $S = F(A, B, C_{in})$
  $C_{out} = F(A, B, C_{in})$



$$S = A \oplus B \oplus C_{in}$$
$$C_{out} = AB + AC_{in} + BC_{in}$$

Chapter 1 <7>

From ZERO To ONE

Algunas Definiciones

- Complemento: variable con una barra sobre ella
  $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$
- Literal: variable o su complemento
  $A, \bar{A}, B, \bar{B}, \bar{C}, C$
- Implicante: producto de literales
  $A\bar{B}C, \bar{A}C, BC$
- Minitermino: producto que incluye todas las variables de entrada
  $A\bar{B}C, \bar{A}\bar{B}C, ABC$
- Maxitermino: suma que incluye todas las variables de entrada
  $(A+B+C), (A+\bar{B}+C), (\bar{A}+\bar{B}+\bar{C})$

Chapter 1 <8>

From ZERO To ONE

Forma Suma-de-Productos(SOP)

- Todas las ecuaciones puden ser escritas en forma SOP
- Cada fila tiene un **minitermino**
- Un mintermino es un producto (AND) de literales
- Cada mintermino es VERDADERO para esa fila (y solo esa fila)
- La funcion se corma aplicando suma (OR) a los miniterminos cuya salida es VERDADERA
- Por lo tanto, una suma (OR) de productos (términos AND)

A	*B*	*Y*	minterm	minterm name
0	0	0	$\overline{A}\ \overline{B}$	m_0
0	1	1	$\overline{A}\ B$	m_1
1	0	0	$A\ \overline{B}$	m_2
1	1	1	$A\ B$	m_3

$Y = \mathrm{F}(A, B) =$

From ZERO To ONE

Forma Suma-de-Productos

- Todas las ecuaciones puden ser escritas en forma SOP
- Cada fila tiene un **minitermino**
- Un minitermino es un producto (AND) de literales
- Cada minitermino es VERDADERO para esa fila (y solo esa fila)
- La función se corma aplicando suma (OR) a los miniterminos cuya salida es VERDADERA
- Por lo tanto, una suma (OR) de productos (términos AND)

A	*B*	*Y*	minterm	minterm name
0	0	0	$\overline{A}\ \overline{B}$	m_0
0	1	1	$\overline{A}\ B$	m_1
1	0	0	$A\ \overline{B}$	m_2
1	1	1	$A\ B$	m_3

$Y = \mathrm{F}(A, B) =$

From ZERO To ONE

Forma Producto-de-Sumas (POS)

- Todas las ecuaciones booleanas pueden ser escritas en forma POS
- Cada fila tiene un **maxitermino**
- Un maxitermino es una suma (OR) de literales
- Cada maxitermino es FALSO para esa fila (y solo esa fila)
- La función se forma co una pitatoria (AND) de los maxiterminos cuya salida es FALSA
- Por lo tanto, un producto (AND) de sumas (términos OR)

A	B	Y	maxterm	maxterm name
0	0	0	$A + B$	M_0
0	1	1	$A + \overline{B}$	M_1
1	0	0	$\overline{A} + B$	M_2
1	1	1	$\overline{A} + \overline{B}$	M_3

$$Y = \mathrm{F}(A, B) = (A + B)(A + \overline{B}) = \Pi(0, 2)$$

From ZERO To ONE

Ejemplo Ecuaciones

- Si vas a una cafeteria a comprar almuerzo
  - No almorzaras ($\overline{E}$)
  - Si no esta abierto ($\overline{O}$) o
  - Si solo se sirven completos (C)
- Escriba la tabla de verdad para determinar si vas a almorzar (E).

O	C	E
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

From ZERO To ONE

Ejemplo Ecuaciones Booleanas

- Si vas a una cafeteria a comprar almuerzo
  - No almorzaras ($\overline{E}$)
  - Si no esta abierto ($\overline{O}$) o
  - Si solo se sirven completos (C)
- Escriba una tabla de verdad para determinar si vas a almorzar (E).

O	C	E
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Chapter 1 <13>

From ZERO To ONE

Forma SOP & POS

- SOP - suma-de-productos

O	C	E	minterm
0	0		$\overline{O}\ \overline{C}$
0	1		$\overline{O}\ C$
1	0		$O\ \overline{C}$
1	1		$O\ C$

POS - producto-de-sumas

O	C	E	maxterm
0	0		$O + C$
0	1		$O + \overline{C}$
1	0		$\overline{O} + C$
1	1		$\overline{O} + \overline{C}$

Chapter 1 <14>

From ZERO To ONE

Forma SOP & POS

- SOP - suma-de-productos

O	C	E	minterm
0	0	0	$\overline{O}\ \overline{C}$
0	1	0	$\overline{O}\ C$
1	0	1	$O\ \overline{C}$
1	1	0	$O\ C$

$$E = O\overline{C}$$
$$= \Sigma(2)$$

POS - producto-de-sumas

O	C	E	maxterm
0	0	0	$O + C$
0	1	0	$O + \overline{C}$
1	0	1	$\overline{O} + C$
1	1	0	$\overline{O} + \overline{C}$

$$E = (O + C)(O + \overline{C})(\overline{O} + \overline{C})$$
$$= \Pi(0, 1, 3)$$

From ZERO To ONE

Algebra Booleana

- Axiomas y teoremas para **simplificar** ecuaciones Booleanas
- Al igual que en álgebra tradicional, pero mas sencillo: las variables tienen solo dos valores (1 or 0)
- **Dualidad** en axiomas y teoremas:
  - ANDs y ORs, 0's y 1's se intercambian

From ZERO To ONE

Axiomas Booleanos

	Axiom		Dual	Name
A1	$B = 0$ if $B \neq 1$	A1′	$B = 1$ if $B \neq 0$	Binary field
A2	$\overline{0} = 1$	A2′	$\overline{1} = 0$	NOT
A3	$0 \bullet 0 = 0$	A3′	$1 + 1 = 1$	AND/OR
A4	$1 \bullet 1 = 1$	A4′	$0 + 0 = 0$	AND/OR
A5	$0 \bullet 1 = 1 \bullet 0 = 0$	A5′	$1 + 0 = 0 + 1 = 1$	AND/OR

	Theorem		Dual	Name
T1	$B \bullet 1 = B$	T1′	$B + 0 = B$	Identity
T2	$B \bullet 0 = 0$	T2′	$B + 1 = 1$	Null Element
T3	$B \bullet B = B$	T3′	$B + B = B$	Idempotency
T4		$\overline{\overline{B}} = B$		Involution
T5	$B \bullet \overline{B} = 0$	T5′	$B + \overline{B} = 1$	Complements

Chapter 1 <17>

From ZERO To ONE

T1: Teorema de Identidad

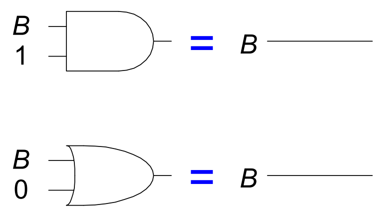
- $B \bullet 1 = B$
- $B + 0 = B$

Chapter 1 <18>

From ZERO To ONE

T1: Teorema de Identidad

- $B \bullet 1 = B$
- $B + 0 = B$



From ZERO To ONE

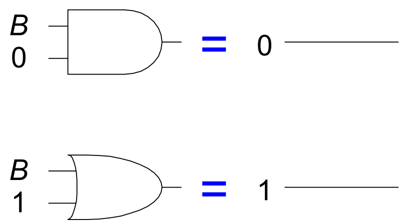
T2: Teorema del Elemento Nulo

- $B \bullet 0 = 0$
- $B + 1 = 1$

From ZERO To ONE

T2: Teorema del Elemento Nulo

- B ● 0 = 0
- B + 1 = 1



From ZERO To ONE

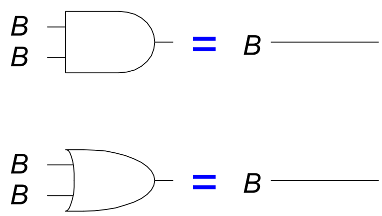
T3: Teorema de la Idempotencia

- B ● B = B
- B + B = B

From ZERO To ONE

T3: Teorema de la Idempotencia

- $B \bullet B = B$
- $B + B = B$



From ZERO To ONE

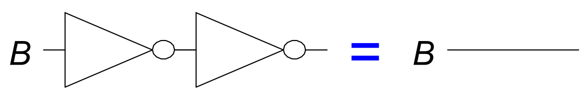
T4: Teorema de Identidad

- $\overline{\overline{B}} = B$

From ZERO To ONE

T4: Teorema de Identidad

- $\overline{\overline{B}} = B$



From ZERO To ONE

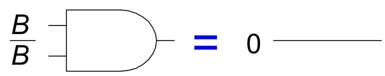
T5: Teorema del Complemento

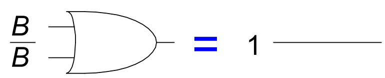
- $B \bullet \overline{B} = 0$
- $B + \overline{B} = 1$

From ZERO To ONE

T5: Teorema del Complemento

- $B \bullet \overline{B} = 0$
- $B + \overline{B} = 1$





From ZERO To ONE

Resumen Teoremas Booleanos

	Theorem		Dual	Name
T1	$B \bullet 1 = B$	T1′	$B + 0 = B$	Identity
T2	$B \bullet 0 = 0$	T2′	$B + 1 = 1$	Null Element
T3	$B \bullet B = B$	T3′	$B + B = B$	Idempotency
T4		$\overline{\overline{B}} = B$		Involution
T5	$B \bullet \overline{B} = 0$	T5′	$B + \overline{B} = 1$	Complements

From ZERO To ONE

Teoremas Booleanos de Varias Vars

	Theorem		Dual	Name
T6	$B \cdot C = C \cdot B$	T6'	$B + C = C + B$	Commutativity
T7	$(B \cdot C) \cdot D = B \cdot (C \cdot D)$	T7'	$(B + C) + D = B + (C + D)$	Associativity
T8	$(B \cdot C) + (B \cdot D) = B \cdot (C + D)$	T8'	$(B + C) \cdot (B + D) = B + (C \cdot D)$	Distributivity
T9	$B \cdot (B + C) = B$	T9'	$B + (B \cdot C) = B$	Covering
T10	$(B \cdot C) + (B \cdot \overline{C}) = B$	T10'	$(B + C) \cdot (B + \overline{C}) = B$	Combining
T11	$(B \cdot C) + (\overline{B} \cdot D) + (C \cdot D) = B \cdot C + \overline{B} \cdot D$	T11'	$(B + C) \cdot (\overline{B} + D) \cdot (C + D) = (B + C) \cdot (\overline{B} + D)$	Consensus
T12	$\overline{B_0 \cdot B_1 \cdot B_2 \ldots} = (\overline{B_0} + \overline{B_1} + \overline{B_2} \ldots)$	T12'	$\overline{B_0 + B_1 + B_2 \ldots} = (\overline{B_0} \cdot \overline{B_1} \cdot \overline{B_2})$	De Morgan's Theorem

Nota: T8' difiere del álgebra tradicional: OR (+) distribuye sobre AND (•)

Chapter 1 <29>

From ZERO To ONE

Simplificación de Ecuaciones

Ejemplo 1:

$Y = AB + \overline{A}B$

Chapter 1 <30>

From ZERO To ONE

Simplificación de Ecuaciones

Ejemplo 1:

$Y = AB + \overline{A}B$

$= B(A + \overline{A})$ T8

$= B(1)$ T5’

$= B$ T1

From ZERO To ONE

Simplificación de Ecuaciones Boolenas

Ejemplo 2:

$Y = A(AB + ABC)$

From ZERO To ONE

Simplificación de Ecuaciones

Ejemplo 2:

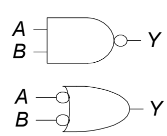
$Y = A(AB + ABC)$

$= A(AB(1 + C))$	T8
$= A(AB(1))$	T2’
$= A(AB)$	T1
$= (AA)B$	T7
$= AB$	T3

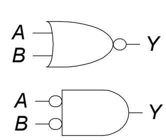
From ZERO To ONE

Teorema de DeMorgan

- $Y = \overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$



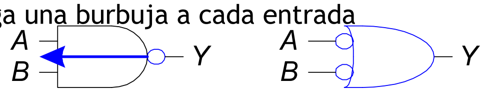
- $Y = \overline{A + B} = \overline{A} \; \overline{B}$



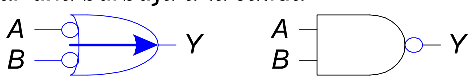
From ZERO To ONE

Empujando burbujas

- **Hacia atras:**
  - Cuerpo cambia
  - Agrega una burbuja a cada entrada



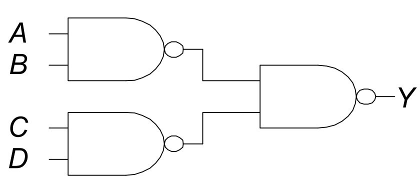
- **Hacia adelante:**
  - Cuerpo cambia
  - Agregar una burbuja a la salida



From ZERO To ONE

Empujando burbujas

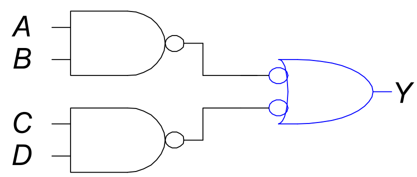
- ¿Cual es la expresion booleana para este circuito?



From ZERO To ONE

Empujando burbujas

- ¿Cual es la expresion booleana para este circuito?

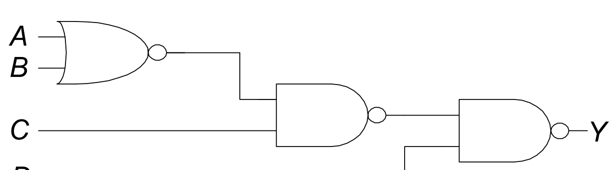


$$Y = AB + CD$$

From ZERO To ONE

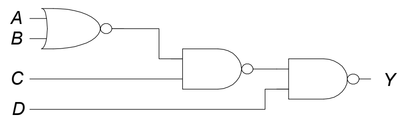
Reglas para Empujar burbujas

- Comience en la salida, luego opere hacia las entradas
- Empuje burbujas desde la salida final hacia atras
- Dibuje las compuertas en una forma que permita que las burbujas se cancelen



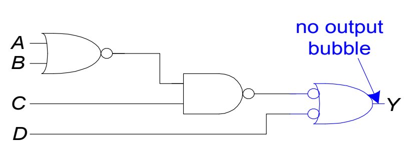
From ZERO To ONE

Ejemplo Empujando burbujas



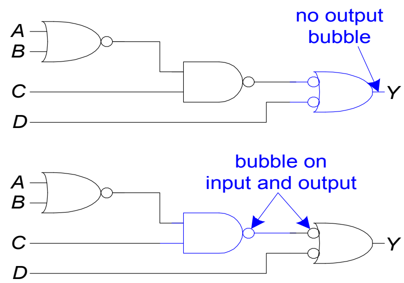
From ZERO To ONE

Ejemplo Empujando burbujas



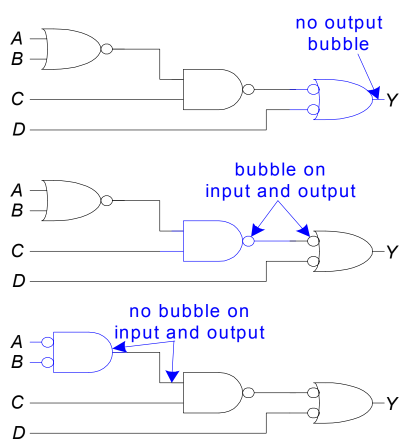
From ZERO To ONE

Ejemplo Empujando burbujas



From ZERO To ONE

Ejemplo Empujando burbujas

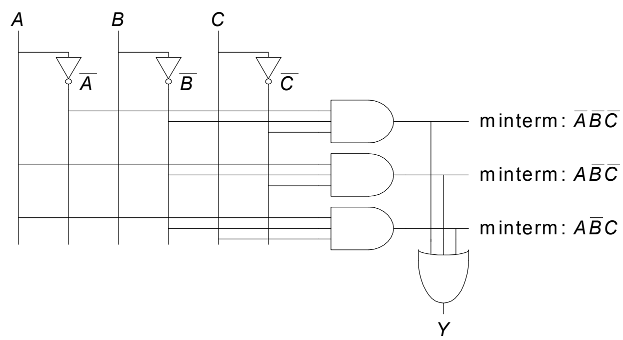


$$Y = \overline{A}\,\overline{B}C + \overline{D}$$

From ZERO To ONE

De la lógica a las compuertas

- Lógica de dos niveles: ANDs seguidos por ORs
- Ejemplo: $Y = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + A\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}BC$



From ZERO To ONE

Reglas Esquemáticas de circuitos

- Entradas a la izquierda (o arriba)
- Salidas a la derecha (o abajo)
- Compuertas fluyen desde la izquierda hacia la derecha
- Lo mejor es usar cables rectos

From ZERO To ONE

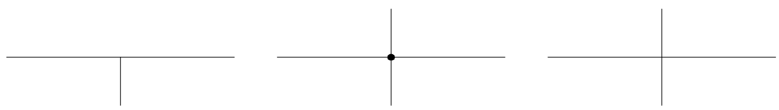
Reglas Esquemáticas de circuitos (cont.)

- Cables siempre se conectan en una unión T
- Un punto indica una conexión entre dos cables que se cruzan
- El lugar de cruce de dos cables que no es destacado por un punto indica que estos cables no están conectados entre si

wires connect at a T junction

wires connect at a dot

wires crossing without a dot do not connect

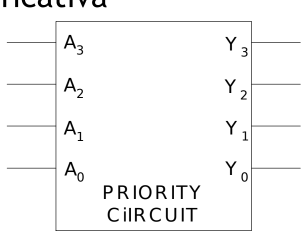


From ZERO To ONE

Circuitos de Múltiples-Salidas

- **Ejemplo: Circuito de Prioridad**

La salida es alta (1) cuando es VERDADERA la entrada mas significativa

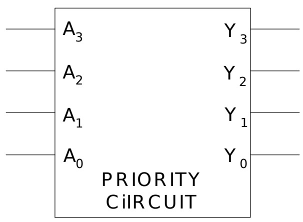


A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0				
0	0	0	1				
0	0	1	0				
0	0	1	1				
0	1	0	0				
0	1	0	1				
0	1	1	0				
0	1	1	1				
1	0	0	0				
1	0	0	1				
1	0	1	0				
1	0	1	1				
1	1	0	0				
1	1	0	1				
1	1	1	0				
1	1	1	1				

Circuitos de Múltiples Salidas

- **Ejemplo: Circuito de Prioridad**

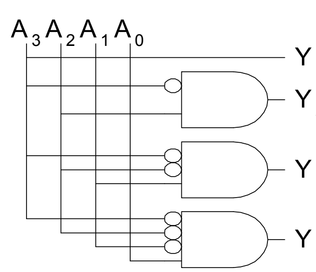
  La salida es alta (1) cuando es VERDADERA la entrada mas significativa



A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	**0**	**0**	**0**	**0**
0	0	0	1	**0**	**0**	**0**	**1**
0	0	1	0	**0**	**0**	**1**	**0**
0	0	1	1	**0**	**0**	**1**	**0**
0	1	0	0	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	0	1	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	1	0	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	1	1	**0**	**1**	**0**	**0**
1	0	0	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	0	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	1	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	1	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	0	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	0	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	1	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	1	1	**1**	**0**	**0**	**0**

Hardware de Circuito de Prioridad

A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	**0**	**0**	**0**	**0**
0	0	0	1	**0**	**0**	**0**	**1**
0	0	1	0	**0**	**0**	**1**	**0**
0	0	1	1	**0**	**0**	**1**	**0**
0	1	0	0	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	0	1	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	1	0	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	1	1	**0**	**1**	**0**	**0**
1	0	0	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	0	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	1	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	1	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	0	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	0	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	1	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	1	1	**1**	**0**	**0**	**0**



From ZERO To ONE

Salidas Irrelevantes

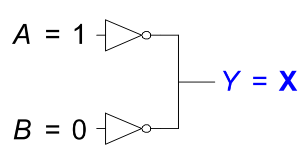
A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	**0**	**0**	**0**	**0**
0	0	0	1	**0**	**0**	**0**	**1**
0	0	1	0	**0**	**0**	**1**	**0**
0	0	1	1	**0**	**0**	**1**	**0**
0	1	0	0	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	0	1	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	1	0	**0**	**1**	**0**	**0**
0	1	1	1	**0**	**1**	**0**	**0**
1	0	0	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	0	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	1	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	0	1	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	0	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	0	1	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	1	0	**1**	**0**	**0**	**0**
1	1	1	1	**1**	**0**	**0**	**0**

A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	**0**	**0**	**0**	**0**
0	0	0	1	**0**	**0**	**0**	**1**
0	0	1	X	**0**	**0**	**1**	**0**
0	1	X	X	**0**	**1**	**0**	**0**
1	X	X	X	**1**	**0**	**0**	**0**

From ZERO To ONE

Contención: X

- Contención: el circuito trata de entregar a la salida 1 **y** 0
  - El valor real es algo entre estos extremos
  - Podria ser 0, 1, o estar en la zona prohibida
  - Podria cambiar por cambios de voltaje, temperatura, time, ruido electrico
  - A menudo causa exceso de disipación de potencia



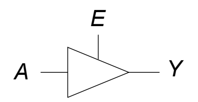
Peligro:
- La contención usualmente indica un **bug**.
- **La X se usa para indicar un "irrelevante" y contención -** hay que observar el contexto para concluir y distinguir que simboliza la X

From ZERO To ONE

Flotante: Z

- Flotante, alta impedancia, o abierto, Z alto
- Una salida flotante podria ser 0, 1, o un valor entre estos
  - Un voltmetro no nos muestra si un nodo esta flotando

Bufer Triestado

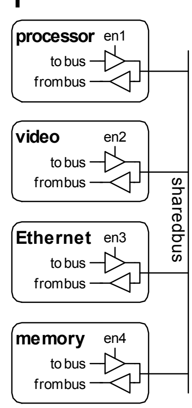


E	A	Y
0	0	Z
0	1	Z
1	0	0
1	1	1

From ZERO To ONE

Buses Triestado

- Nodos flotantes son empleados e los buses triestado
  - Muchos y distintos dispositivos
  - Exactamente solo uno esta activo a la vez



From ZERO To ONE

Mapas de Karnaugh (K-Maps)

- Las expresiones booleanas pueden ser minimizadas combinando términos
- Los mapas K minimizan las ecuaciones gráficamente
- $PA + P\overline{A} = P$

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

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

Y: C \ AB	00	01	11	10
0	$\overline{A}\overline{B}\overline{C}$	$\overline{A}B\overline{C}$	$AB\overline{C}$	$A\overline{B}\overline{C}$
1	$\overline{A}\overline{B}C$	$\overline{A}BC$	ABC	$A\overline{B}C$

From ZERO To ONE

Mapas K

- Encierre 1's en cuadrados adyacentes
- En una expresión booleana, incluya solo aquellos literales que sean verdadero y cuyos complementos **no** estén en el circulo

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

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

$$Y = \overline{A}\overline{B}$$

From ZERO To ONE

Mapa K de 3 entradas

C \ AB (Y)	00	01	11	10
0	$\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$	$\overline{A}B\overline{C}$	$AB\overline{C}$	$A\overline{B}\,\overline{C}$
1	$\overline{A}\,\overline{B}C$	$\overline{A}BC$	ABC	$A\overline{B}C$

Truth Table

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

K-Map

C \ AB (Y)	00	01	11	10
0				
1				

Chapter 1 <55>

From ZERO To ONE

Mapa K de 3 entradas

C \ AB (Y)	00	01	11	10
0	$\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$	$\overline{A}B\overline{C}$	$AB\overline{C}$	$A\overline{B}\,\overline{C}$
1	$\overline{A}\,\overline{B}C$	$\overline{A}BC$	ABC	$A\overline{B}C$

Truth Table

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

K-Map

C \ AB (Y)	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	0	1	1	0

$$Y = \overline{A}B + BC$$

Chapter 1 <56>

From ZERO To ONE

Definiciones de los Mapas K

- **Complemento:** variable con una barra sobre ella
  $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$
- **Literal:** variable o su complemento
  $A, \bar{A}, B, \bar{B}, \bar{C}, C$
- **Implicante:** producto de literales
  $AB\bar{C}, \bar{A}C, BC$
- **Implicante primo:** implicante correspondiente al circulo mas grande del mapa K

From ZERO To ONE

Reglas Mapas K

- Cada 1 debe ser encerrado al menos una vez
- Cada circulo debe abracar una potencia de 2 (i.e. 1, 2, 4) de cuadrados en cada dirección
- Cada circulo debe ser tan grande como sea posible
- Un circulo podría envolver a través de los bordes
- Un “irrelevante” (X) es encerrado solo si ayuda a minimizar la ecuación

From ZERO To ONE

Mapa K de 4-entradas

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

Y

CD \ AB	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

Chapter 1 <59>

From ZERO To ONE

Mapa K de 4-entradas

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

Y

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

Chapter 1 <60>

From ZERO To ONE

Mapa K de 4-entradas

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

Y

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

$$Y = \overline{A}C + \overline{A}BD + A\overline{B}\,\overline{C} + \overline{B}\,\overline{D}$$

From ZERO To ONE

Mapa K con Irrelevantes

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

Y

CD \ AB	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

From ZERO To ONE

Mapa K con Irrelevantes

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

Y

CD \ AB	00	01	11	10
00	1	0	X	1
01	0	X	X	1
11	1	1	X	X
10	1	1	X	X

From ZERO To ONE

Mapa K con Irrelevantes

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

Y

CD \ AB	00	01	11	10
00	1	0	X	1
01	0	X	X	1
11	1	1	X	X
10	1	1	X	X

$$Y = A + \overline{B}\overline{D} + C$$

From ZERO To ONE

Bloques de Construcción Combinacionales

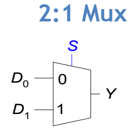
- Multiplexores
- Decodificadores

From ZERO To ONE

Multiplexor (Mux)

- Selecciona una entrada entre N entradas alternativas a conectar con la salida
- La entrada selectora es de $\log_2 N$-bit – control de entrada
- **Ejemplo:**

2:1 Mux



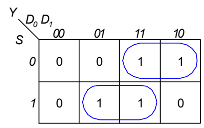
S	D_1	D_0	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

S	Y
0	D_0
1	D_1

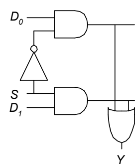
From ZERO To ONE

Implementacion de un Multiplexor

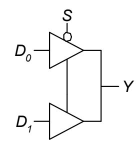
- **Compuertas Logicas**
  - Forma sum-de-productos



$Y = D_0\overline{S} + D_1S$



- **Triestados**
  - Para un mux de N entradas, use N triestados
  - Enciende solo uno para seleccionar la entrada apropiada



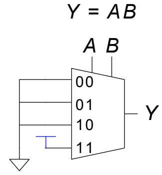
From ZERO To ONE

Multiplexores basados en Lógica

- Use el mux como una tabla de búsqueda

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$Y = AB$



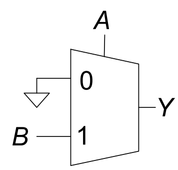
Multiplexores basados en Lógica

- Reduzca el tamaño del mux

$Y = AB$

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

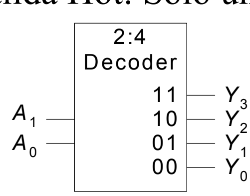
A	Y
0	0
1	B



From ZERO To ONE

Decodificadores

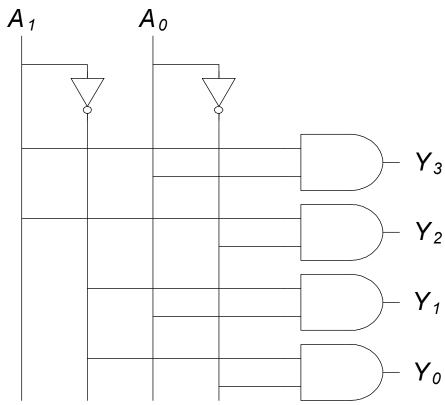
- N entradas, 2^N salidas
- Solo una Salida Hot: Solo una salida HIGH a la vez



A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0

From ZERO To ONE

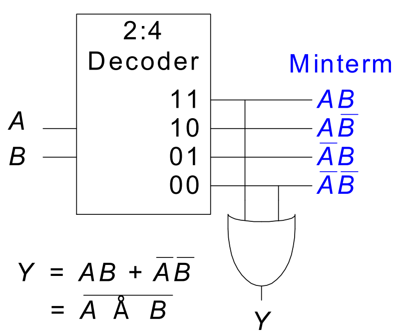
Implementación del Decodificador



From ZERO To ONE

Decodificadores basados en Lógica

- OR de miniterminos



$$Y = AB + \overline{A}\,\overline{B}$$
$$= \overline{A \oplus B}$$