

Técnicas y Dispositivos Digitales II

Simplificación de
Circuitos Secuenciales
Completamente
Especificados



Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

- Disponemos de medios para obtener una tabla de estados, para una especificación dada, pero no es única y puede no ser óptima.
- Definición: Dos estados son equivalentes si no los podemos distinguir. Si para todas las secuencias de entradas posibles generan las mismas salidas, sin importar los estados internos.

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

- Estados redundantes:

Conviene su eliminación por:

- Costo: La cantidad de elementos de memoria esta directamente relacionada con el número de estados.
- Complejidad: Cuantos más estados tenga el circuito, más complejos será el diseño y su implementación asociada.
- Ayuda para el análisis de fallas: En general, las rutinas de diagnóstico (software) suponen que no existen estados redundantes.

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

- Métodos de simplificación:
 - Simple inspección
 - Método de Particiones (Método de Huffman-Mealy)
 - Tabla de Implicantes (Método de Paul-Unger)

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

- Métodos de simplificación:
 - Simple inspección
 - Método de Particiones (Método de Huffman-Mealy)
 - Tabla de Implicantes (Método de Paul-Unger)

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

1er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/1	C/1
B	C/0	A/1
C	B/1	B/0
D	C/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

1er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/1	C/1
B	C/0	A/1
C	B/1	B/0
D	C/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Los estados B y D responden del mismo modo a la entrada y generan la misma salida

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

1er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/1	C/1
B	C/0	A/1
C	B/1	B/0
D	C/0	A/1

Q^{n+1} / Z



Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

1er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/1	C/1
B	C/0	A/1
C	B/1	B/0

Q^{n+1} / Z

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

2do caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	B/0	A/1
C	D/1	B/0
D	D/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

2do caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	B/0	A/1
C	D/1	B/0
D	D/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Los estados B y D van a sí mismos para entrada=0. Hay que presuponer y verificar

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

2do caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	B/0	A/1
C	D/1	B/0
D	D/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Se corrige el estado destino que se elimina por su equivalente

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

2do caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	B/0	A/1
C	B/1	B/0

Q^{n+1} / Z

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

3er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	D/0	A/1
C	D/1	B/0
D	B/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

3er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	D/0	A/1
C	D/1	B/0
D	B/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

3er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	D/0	A/1
C	D/1	B/0
D	B/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Como en el caso anterior, hay que presuponer equivalencia y luego verificarla

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

3er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	D/0	A/1
C	D/1	B/0
D	B/0	A/1

Q^{n+1} / Z

Como en el caso anterior, hay que presuponer equivalencia y luego verificarla

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

Simplificación por simple inspección

3er caso:

Q^n	X^n	
	0	1
A	B/0	C/1
B	B /0	A/1
C	B /1	B/0

Q^{n+1} / Z

Se efectua la corrección de estados siguientes eliminados sustituyendo por el equivalente

Simplificación por simple inspección

Ejemplo:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_{0,1}$	$Q_{4,0}$
Q_1	$Q_{0,0}$	$Q_{4,0}$
Q_2	$Q_{1,0}$	$Q_{5,0}$
Q_3	$Q_{1,0}$	$Q_{5,0}$
Q_4	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_5	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_6	$Q_{3,0}$	$Q_{7,1}$
Q_7	$Q_{3,0}$	$Q_{7,1}$

Q^{n+1}, Z

Simplificación por simple inspección

Ejemplo:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_{0,1}$	$Q_{4,0}$
Q_1	$Q_{0,0}$	$Q_{4,0}$
Q_2	$Q_{1,0}$	$Q_{5,0}$
Q_3	$Q_{1,0}$	$Q_{5,0}$
Q_4	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_5	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_6	$Q_{3,0}$	$Q_{7,1}$
Q_7	$Q_{3,0}$	$Q_{7,1}$

Q^{n+1}, Z

Simplificación por simple inspección

Ejemplo:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_{0,1}$	$Q_{4,0}$
Q_1	$Q_{0,0}$	$Q_{4,0}$
Q_2	$Q_{1,0}$	$Q_{5,0}$
Q_3	$Q_{1,0}$	$Q_{5,0}$
Q_4	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_5	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_6	$Q_{3,0}$	$Q_{7,1}$
Q_7	$Q_{3,0}$	$Q_{7,1}$

Q^{n+1}, Z

Simplificación por simple inspección

Ejemplo:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_{0,1}$	$Q_{4,1}$
Q_1	$Q_{0,0}$	$Q_{4,0}$
Q_2	$Q_{1,0}$	$Q_{4,0}$
Q_4	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_6	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$

Q^{n+1}, Z

Simplificación por simple inspección

Ejemplo:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_{0,1}$	$Q_{4,1}$
Q_1	$Q_{0,0}$	$Q_{4,0}$
Q_2	$Q_{1,0}$	$Q_{4,0}$
Q_4	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_6	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$

Q^{n+1}, Z



Simplificación por simple inspección

Ejemplo:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_{0,1}$	$Q_{4,1}$
Q_1	$Q_{0,0}$	$Q_{4,0}$
Q_2	$Q_{1,0}$	$Q_{4,0}$
Q_4	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_6	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$

Q^{n+1}, Z



Simplificación por simple inspección

Ejemplo:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_{0,1}$	$Q_{4,1}$
Q_1	$Q_{0,0}$	$Q_{4,0}$
Q_2	$Q_{1,0}$	$Q_{4,0}$
Q_4	$Q_{2,0}$	$Q_{4,1}$

Q^{n+1}, Z

Tabla simplificada de un sistema “Detector de Errores”

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

- Métodos de simplificación:
 - Simple inspección
 - Método de Particiones (Método de Huffman-Mealy)
 - Tabla de Implicantes (Método de Paul-Unger)

Método de Particiones (Huffman-Mealy)

Ejemplo:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_{0,1}$	$Q_{4,0}$
Q_1	$Q_{0,0}$	$Q_{4,0}$
Q_2	$Q_{1,0}$	$Q_{5,0}$
Q_3	$Q_{1,0}$	$Q_{5,0}$
Q_4	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_5	$Q_{2,0}$	$Q_{6,1}$
Q_6	$Q_{3,0}$	$Q_{7,1}$
Q_7	$Q_{3,0}$	$Q_{7,1}$

Q^{n+1}, Z

Método de Particiones (Huffman-Mealy)

Ejemplo:

clases → **a**
 → **b**
 → **c**

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_0,1$	$Q_4,0$
Q_1	$Q_0,0$	$Q_4,0$
Q_2	$Q_1,0$	$Q_5,0$
Q_3	$Q_1,0$	$Q_5,0$
Q_4	$Q_2,0$	$Q_6,1$
Q_5	$Q_2,0$	$Q_6,1$
Q_6	$Q_3,0$	$Q_7,1$
Q_7	$Q_3,0$	$Q_7,1$

Q^{n+1}, Z

Dividir en bloques tengan igual salida.

Método de Particiones (Huffman)

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_0,1$	$Q_4,0$
Q_1	$Q_0,0$	$Q_4,0$
Q_2	$Q_1,0$	$Q_5,0$
Q_3	$Q_1,0$	$Q_5,0$
Q_4	$Q_2,0$	$Q_6,1$
Q_5	$Q_2,0$	$Q_6,1$
Q_6	$Q_3,0$	$Q_7,1$
Q_7	$Q_3,0$	$Q_7,1$

Obtenemos una división de los estados en este caso en tres clases.

Clases Equivalentes	a	b			c			
Estados	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7

Método de Particiones (Huffman)

Q ⁿ	X ⁿ	
	0	1
Q ₀	Q ₀ ,1	Q ₄ ,0
Q ₁	Q ₀ ,0	Q ₄ ,0
Q ₂	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₃	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₄	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₅	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₆	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1
Q ₇	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1

Determinar para cada estado, a qué clases pertenecen sus estados siguientes. En el ejemplo “a”, “b” y “c”. Si estos estados siguientes pertenecen a las mismas clases, el problema ya se encuentra resuelto.

Clases Equivalentes	a	b			c			
Estados	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇
Estados Siguietes								

Método de Particiones (Huffman)

Q ⁿ	X ⁿ	
	0	1
Q ₀	Q ₀ ,1	Q ₄ ,0
Q ₁	Q ₀ ,0	Q ₄ ,0
Q ₂	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₃	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₄	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₅	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₆	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1
Q ₇	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1

Determinar para cada estado, a qué clases pertenecen sus estados siguientes. En el ejemplo “a”, “b” y “c”. Si estos estados siguientes pertenecen a las mismas clases, el problema ya se encuentra resuelto.

Clases Equivalentes	a	b			c			
Estados	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇
Estados Siguietes	a							

Método de Particiones (Huffman)

Q ⁿ	X ⁿ	
	0	1
Q ₀	Q ₀ ,1	Q ₄ ,0
Q ₁	Q ₀ ,0	Q ₄ ,0
Q ₂	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₃	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₄	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₅	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₆	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1
Q ₇	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1

Determinar para cada estado, a qué clases pertenecen sus estados siguientes. En el ejemplo “a”, “b” y “c”. Si estos estados siguientes pertenecen a las mismas clases, el problema ya se encuentra resuelto.

Clases Equivalentes	a	b			c			
Estados	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇
Estados Siguietes	a c							

Método de Particiones (Huffman)

Q ⁿ	X ⁿ	
	0	1
Q ₀	Q ₀ ,1	Q ₄ ,0
Q ₁	Q ₀ ,0	Q ₄ ,0
Q ₂	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₃	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₄	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₅	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₆	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1
Q ₇	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1

Determinar para cada estado, a qué clases pertenecen sus estados siguientes. En el ejemplo “a”, “b” y “c”. Si estos estados siguientes pertenecen a las mismas clases, el problema ya se encuentra resuelto.

Clases Equivalentes	a	b			c			
Estados	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇
Estados Siguietes	a c	a c	b c	b c	b c	b c	b c	b c

Método de Particiones (Huffman)

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_0, 1$	$Q_4, 0$
Q_1	$Q_0, 0$	$Q_4, 0$
Q_2	$Q_1, 0$	$Q_5, 0$
Q_3	$Q_1, 0$	$Q_5, 0$
Q_4	$Q_2, 0$	$Q_6, 1$
Q_5	$Q_2, 0$	$Q_6, 1$
Q_6	$Q_3, 0$	$Q_7, 1$
Q_7	$Q_3, 0$	$Q_7, 1$

En el ejemplo: la clase “b” contiene pares de estados distintos, por lo tanto no son indistinguibles.

Clases Equivalentes	a	b			c			
Estados	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7
Estados Siguietes	a c	a c	b c	b c	b c	b c	b c	b c

Método de Particiones (Huffman)

Q ⁿ	X ⁿ	
	0	1
Q ₀	Q ₀ ,1	Q ₄ ,0
Q ₁	Q ₀ ,0	Q ₄ ,0
Q ₂	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₃	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₄	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₅	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₆	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1
Q ₇	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1

Separar la clase “b” en dos clases: “b” y “d”.

Clases Equivalentes	a	b		c				d
Estados	Q ₀	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₁
Estados Sigüientes								

Método de Particiones (Huffman)

Q ⁿ	X ⁿ	
	0	1
Q ₀	Q ₀ ,1	Q ₄ ,0
Q ₁	Q ₀ ,0	Q ₄ ,0
Q ₂	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₃	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₄	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₅	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₆	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1
Q ₇	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1

Separar Rehacer la tabla con las nuevas
clases!!!!!!!

Clases Equivalentes	a	b		c				d
Estados	Q ₀	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₁
Estados Siguietes								

Método de Particiones (Huffman)

Q ⁿ	X ⁿ	
	0	1
Q ₀	Q ₀ ,1	Q ₄ ,0
Q ₁	Q ₀ ,0	Q ₄ ,0
Q ₂	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₃	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₄	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₅	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₆	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1
Q ₇	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1

La nueva partición puede presentar los mismos problemas, entonces hay que repetir el proceso de verificar las clases de los estados siguientes.

Clases Equivalentes	a	b		c				d
Estados	Q ₀	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₁
Estados Siguientes	a							

Método de Particiones (Huffman)

Q ⁿ	X ⁿ	
	0	1
Q ₀	Q ₀ ,1	Q ₄ ,0
Q ₁	Q ₀ ,0	Q ₄ ,0
Q ₂	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₃	Q ₁ ,0	Q ₅ ,0
Q ₄	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₅	Q ₂ ,0	Q ₆ ,1
Q ₆	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1
Q ₇	Q ₃ ,0	Q ₇ ,1

En este caso específico, las cuatro clases “a”, “b”, “c” y “d” son indistinguibles. Se verifica que para cada entrada las clases de los estados siguientes son las mismas.

Clases Equivalentes	a	b		c				d
Estados	Q ₀	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₁
Estados Siguietes	a c	d c	d c	b c	b c	b c	b c	a c

Método de Particiones (Huffman)

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_0,1$	$Q_4,0$
Q_1	$Q_0,0$	$Q_4,0$
Q_2	$Q_1,0$	$Q_5,0$
Q_3	$Q_1,0$	$Q_5,0$
Q_4	$Q_2,0$	$Q_6,1$
Q_5	$Q_2,0$	$Q_6,1$
Q_6	$Q_3,0$	$Q_7,1$
Q_7	$Q_3,0$	$Q_7,1$

Para formar el circuito equivalente, sólo hay que seleccionar arbitrariamente un estado original de cada clase equivalente.

Clases Equivalentes	a	b		c				d
Estados	Q_0	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_1
Estados Siguientes	a c	d c	d c	b c	b c	b c	b c	a c

Método de Particiones (Huffman-Mealy)

Tabla equivalente:

Q^n	X^n	
	0	1
Q_0	$Q_0,1$	$Q_4,0$
Q_1	$Q_0,0$	$Q_4,0$
Q_2	$Q_1,0$	$Q_4,0$
Q_4	$Q_1,0$	$Q_4,1$

Q^{n+1}, Z

Simplificación de Circ. Secuenciales Completamente Especificados

- Métodos de simplificación:
 - Simple inspección
 - Método de Particiones (Método de Huffman-Mealy)
 - Tabla de Implicantes (Método de Paul-Unger)

Tabla de Implicación (Paul-Unger)

Se puede aplicar a circuitos secuenciales con especificación incompleta

Ejemplo:

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

Tabla de Implicación (Paul-Ung)



Armar la *Tabla de implicación*

Filas: todos los estados del sistema menos el primero.

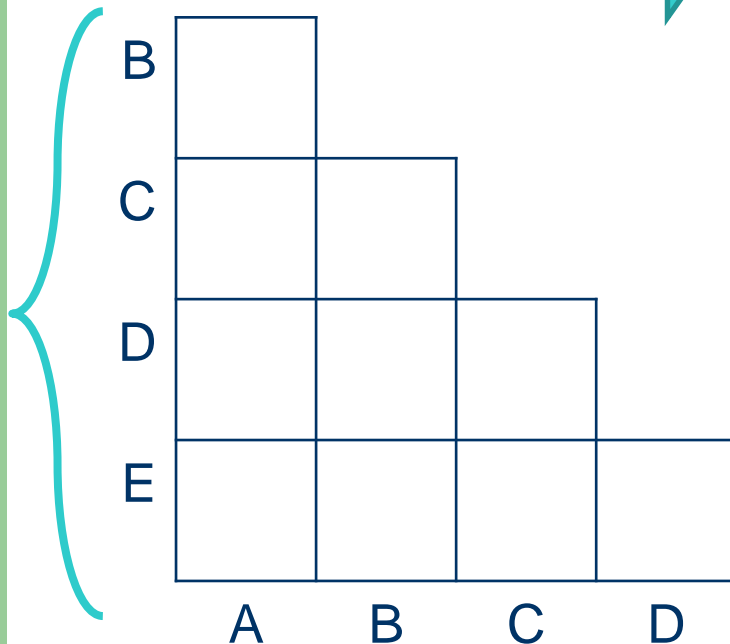
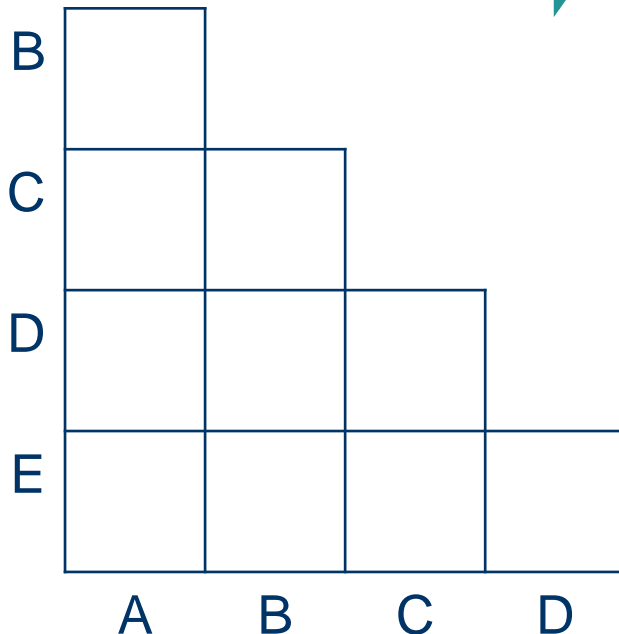


Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Armar la *Tabla de implicación*



Filas: todos los estados del sistema menos el primero.

Columnas: todos los estados menos el último.

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Armar la *Tabla de implicación*

B				
C				
D				
E				
	A	B	C	D

Filas: todos los estados del sistema menos el primero.

Columnas: todos los estados menos el último.

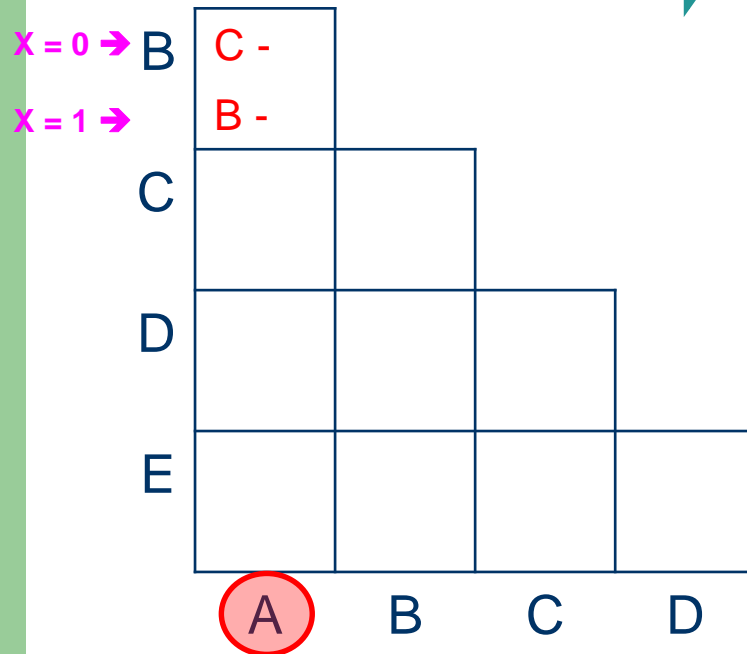
La tabla contiene una casilla por cada par de estados.

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

Tabla de Implicación (Paul-Ung)



Armar la *Tabla de implicación*



En cada casilla pondremos en el lado izquierdo los estados siguientes del estado que se encuentre en la base de la columna,

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

Tabla de Implicación (Paul-Ung)



Armar la *Tabla de implicación*

X = 0 →

X = 1 →

B	C - C			
	B - E			
C				
D				
E				
	A	B	C	D

En cada casilla pondremos en el lado izquierdo los estados siguientes del estado que se encuentre en la base de la columna,

En el lado derecho y por el mismo orden según las entradas que les correspondan, los estados siguientes del estado de la izquierda de la fila

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Armar la *Tabla de implicación*

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B - B	C - D E - B	B - D E - B	
E	C - E B - A	C - C E - E	B - E E - A	D - E B - A
	A	B	C	D

En cada casilla pondremos en el lado izquierdo los estados siguientes del estado que se encuentre en la base de la columna,

En el lado derecho y por el mismo orden según las entradas que les correspondan, los estados siguientes del estado de la izquierda de la fila

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Tachar los casilleros “1-No Equivalentes”
son los que tienen diferentes salidas

En el ejemplo: D y E tienen salida 0 1,
todos los demás tienen salida 1 0.

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B - B	C - D E - B	B - D E - B	
E	C - E B - A	C - C E - E	B - E E - A	D - E B - A
	A	B	C	D

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Tachar los casilleros “1-No Equivalentes”
son los que tienen diferentes salidas

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B 1 B	C - D E 1 B	B - D E 1 B	
E	C - E B 1 A	C - C E 1 E	B - E E 1 A	D - E B - A
	A	B	C	D

➡ Tacho intersecciones D con A, B y C
y E con A, B y C

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Los "1-No-Equivalentes" son:
D-A

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B - B	C - D E - B	B - D E - B	
E	C - E B - A	C - C E - E	B - E E - A	D - E B - A
	A	B	C	D

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Los "1-No-Equivalentes" son:

D-A

E-A

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B - B	C - D E - B	B - D E - B	
E	C - E B - A	C - C E - E	B - E E - A	D - E B - A
	A	B	C	D

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Los “1-No-Equivalentes” son:

D-A
E-A
D-B
E-B
D-C
E-C

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B - B	C - D E - B	B - D E - B	
E	C - E B - A	C - C E - E	B - E E - A	D - E B - A
	A	B	C	D

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B 1 B	C - D E 1 B	B - D E 1 B	
E	C - E B 1 A	C - C E 1 E	B - E E 1 A	D - E B - A
	A	B	C	D



Tachar los casilleros “2-No-Equivalentes” que contengan coordenadas de estados previamente tachados (Los “1-No equivalentes”).

Los “1-No-Equivalentes” son:

D-A
E-A
D-B
E-B
D-C
E-C

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B - B	C - D E - B	B - D E - B	
E	C - E B - A	C - C E - E	B - E E - A	D - E B - A
	A	B	C	D



Tachar los casilleros “2-No-Equivalentes” que contengan coordenadas de estados previamente tachados (Los “1-No equivalentes”).

Los “1-No-Equivalentes” son:

D-A
E-A
D-B
E-B
D-C
E-C

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B 1 B	C - D E 1 B	B - D E 1 B	
E	C - E B 1 A	C - C E 1 E	B - E E 1 A	D - E B - A
	A	B	C	D



Tachar los casilleros “2-No-Equivalentes” que contengan coordenadas de estados previamente tachados (Los “1-No equivalentes”).

Los “1-No-Equivalentes” son:

D-A
E-A
D-B
E-B
D-C
E-C

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Tachar los casilleros “2-No-Equivalentes” que contengan coordenadas de estados previamente tachados (Los “1-No equivalentes”).

B	C - C B - E			
C	C - B B - E	C - B E - E		
D	C - D B 1 B	C - D E 1 B	B - D E 1 B	
E	C - E B 1 A	C - C E 1 E	B - E E 1 A	D - E B - A
	A	B	C	D

Los “1-No-Equivalentes” son:

D-A
E-A
D-B
E-B
D-C
E-C

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	C C B E			
C	C B B E	C - B E - E		
D	C D B B	C D E B	B D E B	
E	C E B A	C C E E	B E E A	D - E B - A
	A	B	C	D



Tachar los casilleros “2-No-Equivalentes” que contengan coordenadas de estados previamente tachados (Los “1-No equivalentes”).

Los “1-No-Equivalentes” son:

D-A
E-A
D-B
~~E-B~~
D-C
E-C

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D - E \\ B - A \end{matrix}$
	A	B	C	D



Tachar los casilleros “2-No-Equivalentes” que contengan coordenadas de estados previamente tachados (Los “1-No equivalentes”).

Los “1-No-Equivalentes” son:

D-A
E-A
D-B
E-B
D-C
E-C

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	C 2 B E			
C	C B 2 B E	C - B E - E		
D	C D 1 B B	C D 1 E B	B D 1 E B	
E	C E 1 B A	C C 1 E E	B E 1 E A	D - E B - A
	A	B	C	D



Tachar los casilleros “2-No-Equivalentes” que contengan coordenadas de estados previamente tachados (Los “1-No equivalentes”).

Los “1-No-Equivalentes” son:

D-A
E-A
D-B
E-B
D-C
E-C

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

B	C B	C E		
C	C B	C - B E - E		
D	C B	C - D E - B	B - D E - B	
E	C B	C - C E - E	B - E E - A	D - E B - A
	A	B	C	D



Los "2-No-Equivalentes" son:
B-A

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

B	$\begin{array}{c c} C & C \\ \hline B & E \end{array}$ 2			
C	$\begin{array}{c c} C & B \\ \hline B & E \end{array}$ 2	$\begin{array}{c c} C & B \\ \hline E & E \end{array}$ C - B E - E		
D	$\begin{array}{c c} C & D \\ \hline B & B \end{array}$ 1	$\begin{array}{c c} C & D \\ \hline E & B \end{array}$ 1	$\begin{array}{c c} B & D \\ \hline E & B \end{array}$ 1	
E	$\begin{array}{c c} C & E \\ \hline B & A \end{array}$ 1	$\begin{array}{c c} C & C \\ \hline E & E \end{array}$ 1	$\begin{array}{c c} B & E \\ \hline E & A \end{array}$ 1	$\begin{array}{c} D - E \\ B - A \end{array}$
	A	B	C	D



Los "2-No-Equivalentes" son:

B-A

C-A

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D - E \\ B - A \end{matrix}$
	A	B	C	D



Tachar los “3-No-Equivalentes”: Son aquellos que hacen referencia a los estados que fueron tachados en el paso anterior (los “2-No-Equivalentes”)

Los “2-No-Equivalentes” son:
B-A
C-A

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D



Tachar los “3-No-Equivalentes”: Son aquellos que hacen referencia a los estados que fueron tachados en el paso anterior (los “2-No-Equivalentes”)

Los “2-No-Equivalentes” son:

B-A
C-A

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D



Tachar los “3-No-Equivalentes”: Son aquellos que hacen referencia a los estados que fueron tachados en el paso anterior (los “2-No-Equivalentes”)

Los “2-No-Equivalentes” son:

B-A
C-A

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

B	C ^C B ^E 2			
C	C ^B B ^E 2	C - B E - E		
D	C ^D B ^B 1	C ^D E ^B 1	B ^D E ^B 1	
E	C ^E B ^A 1	C ^C E ^E 1	B ^E E ^A 1	D ^E B ^A 3
	A	B	C	D



Los "3-No-Equivalentes" son:
E-D

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - D \\ E - B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B - D \\ E - B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D



Tachar los “4-No-Equivalentes”: Son aquellos que hacen referencia a los estados que fueron tachados en el paso anterior (los “3-No-Equivalentes”)

Los “3-No-Equivalentes” son:
E-D

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - D \\ E - B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B - D \\ E - B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D



Tachar los “4-No-Equivalentes”: Son aquellos que hacen referencia a los estados que fueron tachados en el paso anterior (los “3-No-Equivalentes”)

Los “3-No-Equivalentes” son:
E-D

→ No hay

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Construir una tabla de equivalencias

Las casillas que quedaron sin tachar indican equivalencias

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D



D	
C	
B	
A	

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Construir una tabla de equivalencias

Las casillas que quedaron sin tachar indican equivalencias

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D



D	—
C	
B	
A	

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

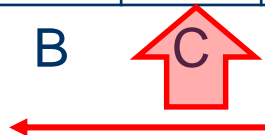
	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Construir una tabla de equivalencias

Las casillas que quedaron sin tachar indican equivalencias

B	C 2 B E			
C	C 2 B E	C - B E - E		
D	C 1 B B	C 1 E B	B 1 E B	
E	C 1 B A	C 1 E E	B 1 E A	D 3 B A
	A	B	C	D



D	—
C	—
B	
A	

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

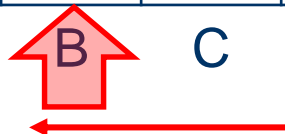
	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Construir una tabla de equivalencias

Las casillas que quedaron sin tachar indican equivalencias

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D



D	—
C	—
B	(C,B)
A	

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Construir una tabla de equivalencias

Las casillas que quedaron sin tachar indican equivalencias

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D



D	—
C	—
B	(C,B)
A	(C,B)

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Construir una tabla de equivalencias

Las casillas que quedaron sin tachar indican equivalencias

B	$\begin{matrix} C & C \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$			
C	$\begin{matrix} C & B \\ 2 & \\ B & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} C - B \\ E - E \end{matrix}$		
D	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ B & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & D \\ 1 & \\ E & B \end{matrix}$	
E	$\begin{matrix} C & E \\ 1 & \\ B & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} C & C \\ 1 & \\ E & E \end{matrix}$	$\begin{matrix} B & E \\ 1 & \\ E & A \end{matrix}$	$\begin{matrix} D & E \\ 3 & \\ B & A \end{matrix}$
	A	B	C	D

D	—
C	—
B	(C,B)
A	(C,B)
<hr/>	
	(A) (C,B) (D) (E)

Tabla de Implicación (Paul-Ung)

	X=0	X=1
A	C/1	B/0
B	C/1	E/0
C	B/1	E/0
D	D/0	B/1
E	E/0	A/1



Construir una tabla de equivalencias

Las casillas que quedaron sin tachar indican equivalencias

B	C 2 B E			
C	C 2 B E	C - B E - E		
D	C 1 B B	C 1 E B	B 1 E B	
E	C 1 B A	C 1 E E	B 1 E A	D 3 B A
	A	B	C	D

D	—
C	—
B	(C,B)
A	(C,B)
<hr/>	
	(A) (C,B) (D) (E)



C es equivalente con B

Referencias

Nelson, V. P., Nagle, H. T., Carroll, B. D., Irwin, J. D., Palmas Velasco, O. A. T., & Hernández PÚrez, C. R. T. (1996). *Análisis y diseño de circuitos lógicos digitales*. Pearson Educación.