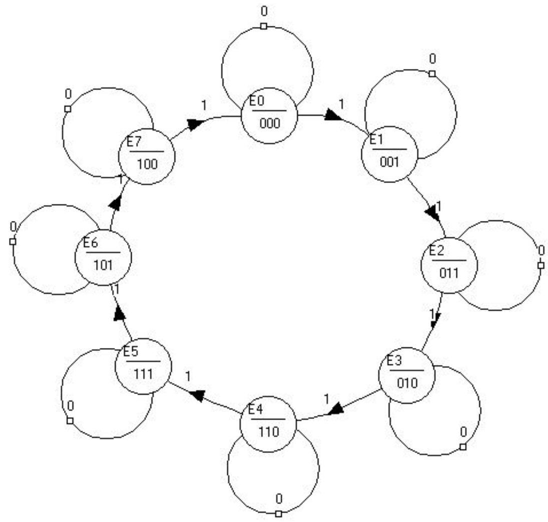
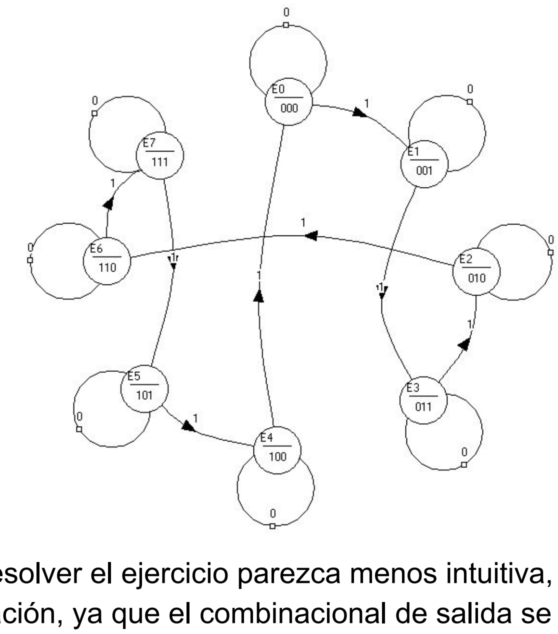
PRÁCTICO 5 - Circuitos Secuenciales

El código de Gray, es un sistema de numeración binario en el que dos números consecutivos difieren únicamente en uno de sus dígitos. Es decir, implementar este contador implica que a la salida se obtenga la siguiente secuencia: 000, 001, 011, 010, 110, 111, 101, 100,000,...,. Como en muchos ejercicios, existen más de una forma de resolver el problema. Quizás la forma más intuitiva de hacer esto es transitar de estado de la misma forma que en un contador binario normal, pero donde, cada estado da como salida la secuencia de grey. Es decir E0, da salida 000, luego transita a E1 que da salida 001, luego al E2 cuya salida es 011, etc. El diagrama de estado de esto se ve a continuación:



Puede verse claramente, que la transición entre los estados es de forma ordenada, y la codificación de grey se encuentra en la salida de cada estado. Otra forma de resolver esto es haciendo que cada estado dé salida igual a su codificación y la secuencia de grey se encuentre en cómo se transita entre estados, como puede verse a continuación:



Quizás esta forma de resolver el ejercicio parezca menos intuitiva, sin embargo, esto simplifica la implementación, ya que el combinacional de salida se reduce significativamente.

Primer implementación

Diagrama de estado

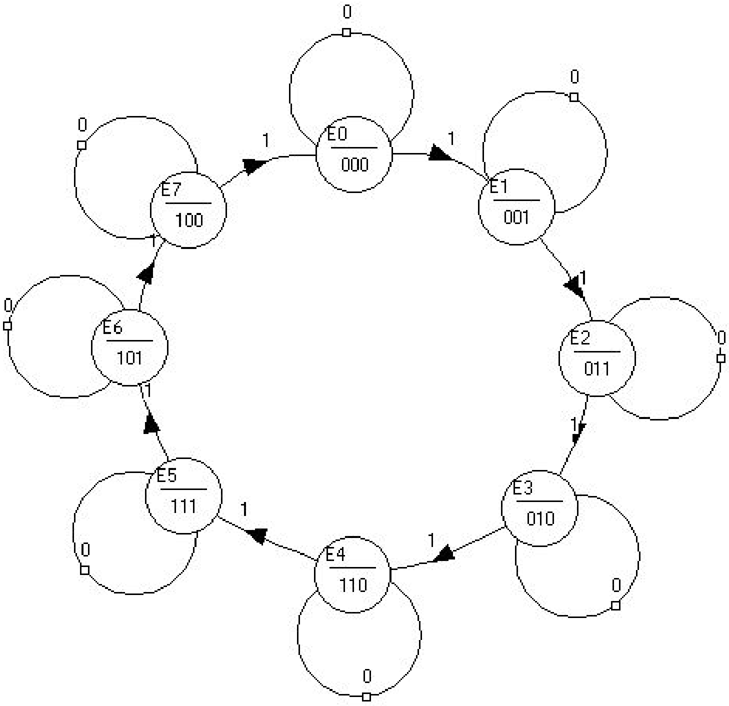


Tabla de transición de estados (combinacional de entrada)

Entradas del combinacional de estados				Salidas del combinacional de estados		
Estado Actual			Entrada	Estado siguiente		
Q2	**Q1**	**Q0**	**INC**	**D2**	**D1**	**D0**
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	1	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0

Tabla del combinacional de salida

Estado Actual				Salida		
Codif.	**Q2**	**Q1**	**Q0**	**S2**	**S2**	**S2**
E0	0	0	0	0	0	0
E1	0	0	1	0	0	1
E2	0	1	0	0	1	1
E3	0	1	1	0	1	0
E4	1	0	0	1	1	0
E5	1	0	1	1	1	1
E6	1	1	0	1	0	1
E7	1	1	1	1	0	0

Simplificación mediante mapas de Karnaugh

Q0 INC \ Q2 Q1	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	1	1
11	0	0	0	0
10	1	1	1	1

D0=(inc*~q0)+(~inc*q0)

Q0 INC \ Q2 Q1	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	1	0	0	1
10	0	1	1	0

D1=(q1*~q0)+(inc*~q1*q0)+(~inc*q1)

Q0 INC \ Q2 Q1	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	0	0	1	1
11	0	1	0	1
10	0	0	1	1

D2=(q2*~q0)+(q2*~q1)+(inc*~q2*q1*q0)+(~inc*q2)

Q0 \ Q2 Q1	00	01	11	10
0	0	1	1	0
1	1	0	0	1

S0=(q1*~q0)+(~q1*q0)

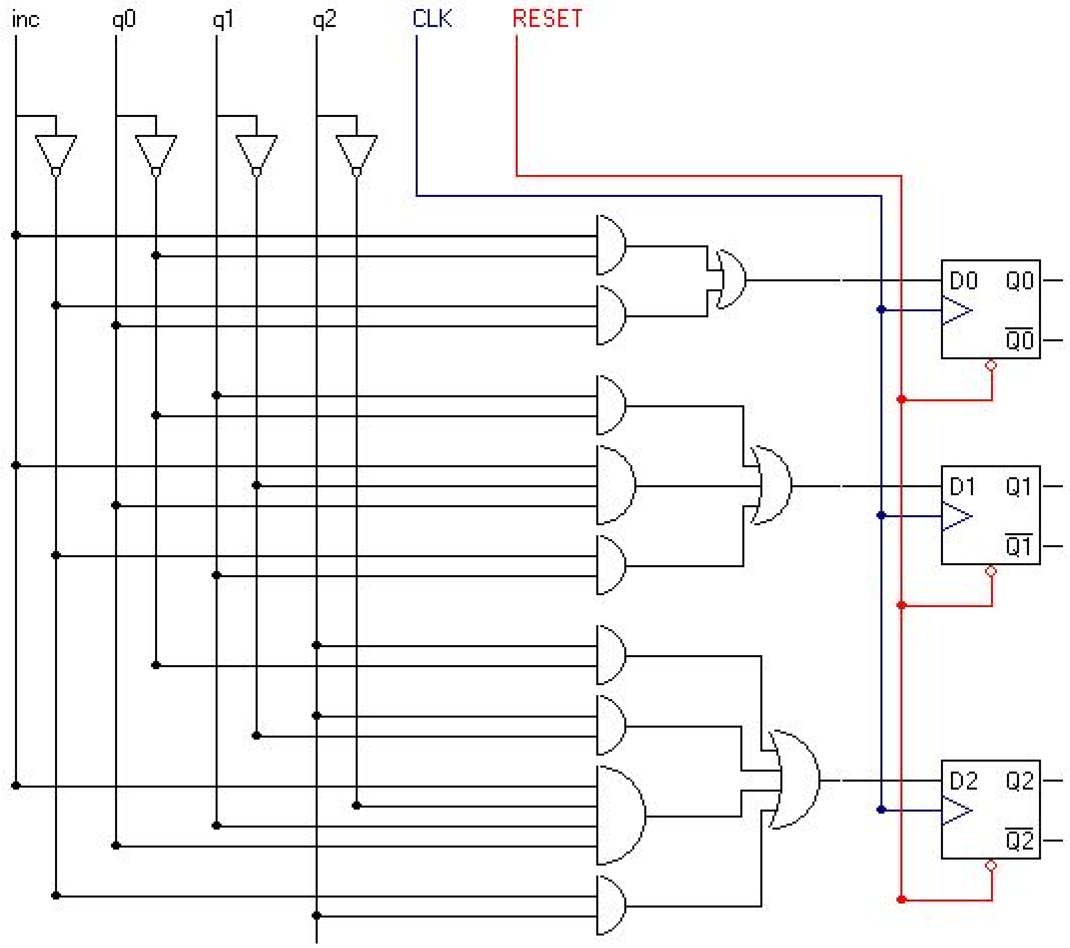
Q0 \ Q2 Q1	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	0	1	0	1

S1=(q2*~q1)+(~q2*q1)

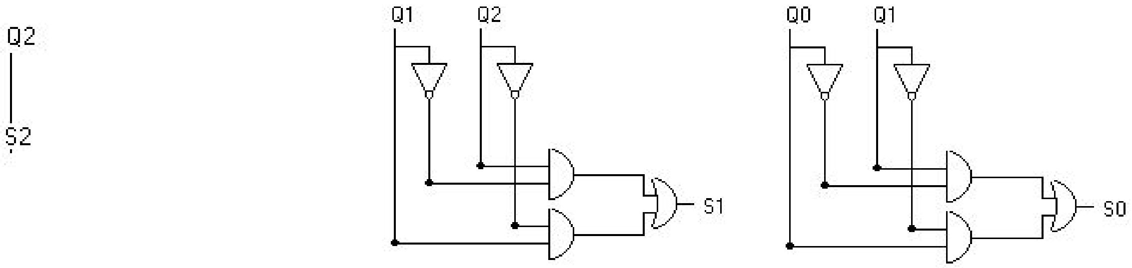
Q0 \ Q2 Q1	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	0	1	1

S2=(q2)

Combinacional de entrada



Combinacionales de salida



Segunda implementación

Diagrama de estados

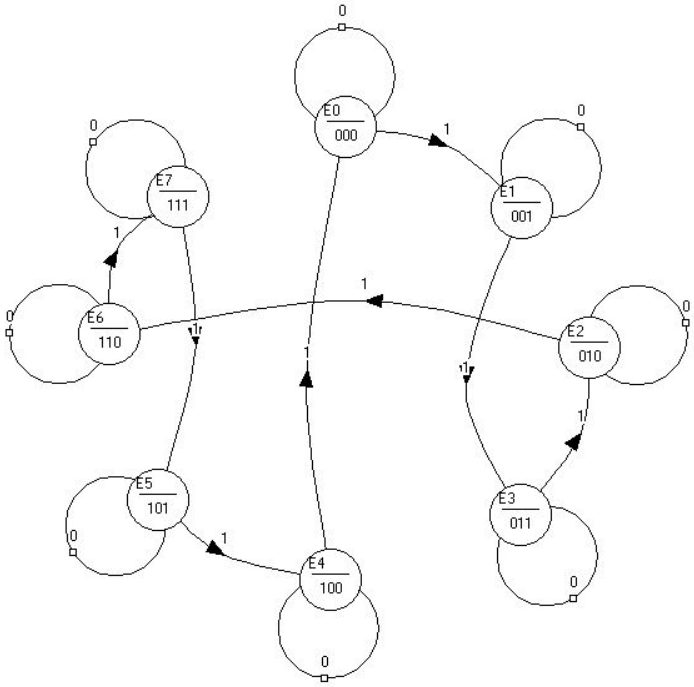


Tabla de transición de estados (combinacional de entrada)

Entradas del combinacional de estados				Salidas del combinacional de estados		
Estado Actual			Entrada	Estado siguiente		
Q2	**Q1**	**Q0**	**INC**	**D2**	**D1**	**D0**
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0	1

Tabla del combinacional de salida

Estado Actual				Salida		
Codif.	**Q2**	**Q1**	**Q0**	**S2**	**S2**	**S2**
E0	0	0	0	0	0	0
E1	0	0	1	0	0	1
E2	0	1	0	0	1	0
E3	0	1	1	0	1	1
E4	1	0	0	1	0	0
E5	1	0	1	1	0	1
E6	1	1	0	1	1	0
E7	1	1	1	1	1	1

Simplificación mediante mapas de Karnaugh

Q0 INC \ Q2 Q1	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	1	0
11	1	0	1	0
10	1	1	1	1

D0=(INC*~q2*~q1)+(~INC*q0)+(INC*q2*q1)

Q0 INC \ Q2 Q1	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	1	1	0	0
10	0	1	1	0

D1=(q1*~q0)+(INC*~q2*q0)+(~INC*q1)

Q0 INC \ Q2 Q1	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	0	1	1	0
11	0	0	1	1
10	0	0	1	1

D2=(~INC*q2)+(q2*q0)+(INC*q1*~q0)

Q0 \ Q2 Q1	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1

S0=(q0)

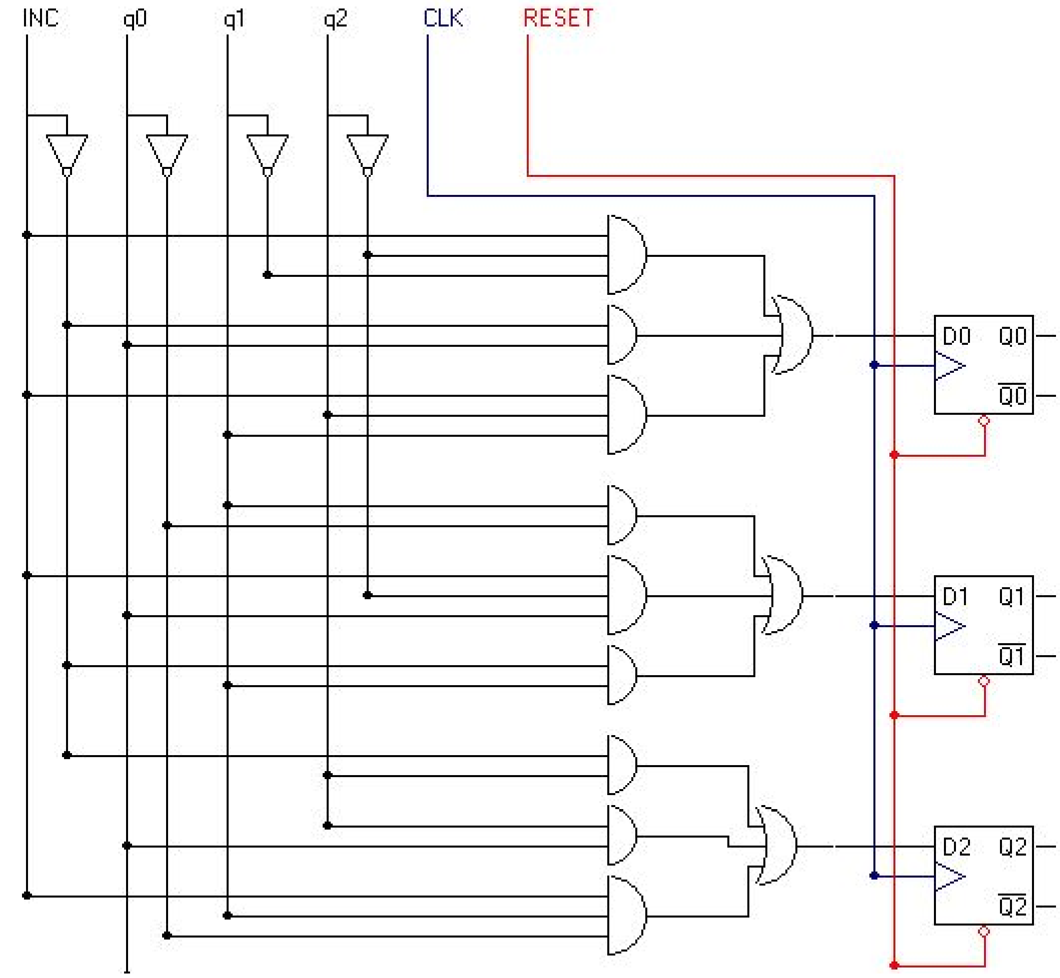
Q0 \ Q2 Q1	00	01	11	10
0	0	1	1	0
1	0	1	1	0

S1=(q1)

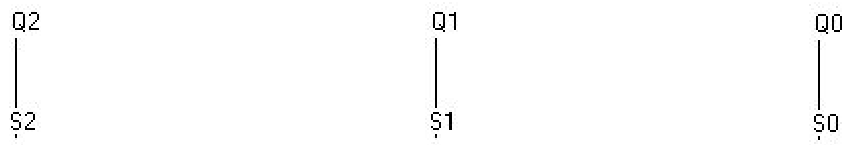
Q0 \ Q2 Q1	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	0	1	1

S2=(q2)

Combinacional de entrada



Combinacional de salida



Puede verse que la segunda implementación no requiere compuertas lógicas en el combinacional de salida, esto se debe a que hicimos que la salida coincidiera con la codificación de estados. Esto hace que el número de compuertas utilizadas sea menor en esta segunda implementación.