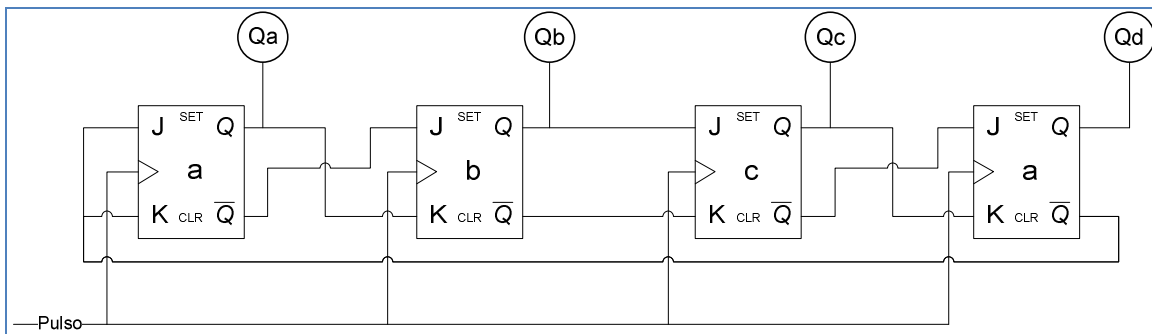


## Ejercicios resueltos

*Acerca del siguiente contador:*

- Determinar si el mismo es sincrónico o asincrónico.
- Cuál es su secuencia de salida?
- Establecer su módulo.



**a) Determinar si el mismo es sincrónico o asincrónico.**

En un contador sincrónico, todos los flip-flops tienen la misma señal de reloj; en uno asincrónico el pulso de reloj no activa a todos los flip-flops.

En este caso los flip-flops *a*, *b*, *c* y *d* reciben en su entrada de reloj la misma señal.

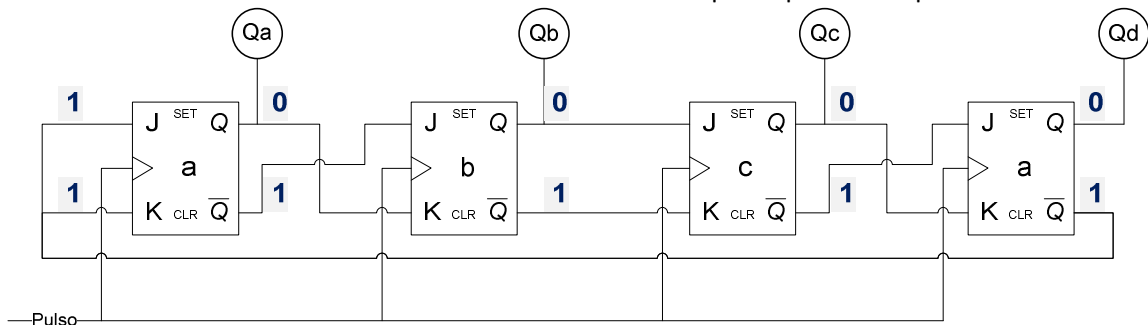
**b) Cuál es su secuencia de salida?**

Para determinar la secuencia de salida debemos proceder de la siguiente manera:

- Suponer un valor de inicialización de cada uno de los flip-flops del contador. No hay una regla para establecer estos valores. Podrían ser, por ejemplo, 0 (cero) para cada una de las salidas, aunque éste no siempre será el valor más conveniente.
- Simular un pulso, para calcular el nuevo estado del contador. El pulso ingresa en la entrada de *reloj* del J-K y así habilita las entradas J y K de cada biestable. Se debe tener presente qué valor ingresará en cada una de estas entradas, para así, determinar las salidas correspondientes.
- Repetir 2. hasta que el contador repita el estado inicial o se detenga.

Aplicaremos estos pasos para averiguar la secuencia de este contador.

Comenzamos observando el estado del contador en el momento que se produce el pulso:



Luego calculamos las nuevas salidas:

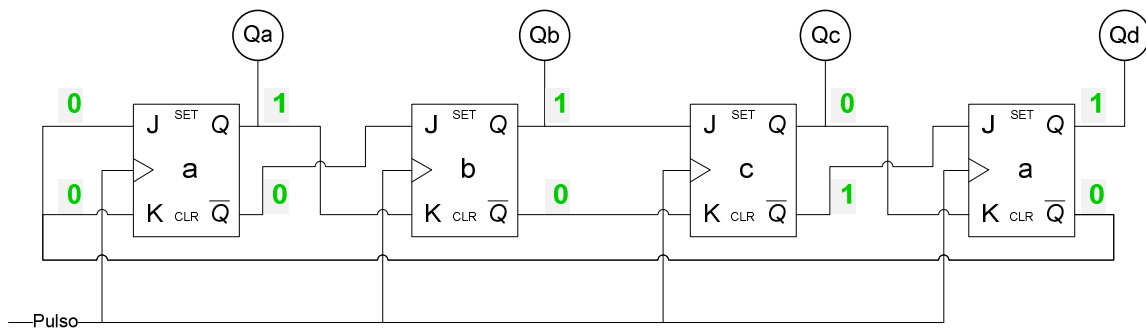
**Qa:** Si  $J_a = K_a = 1$ , entonces el nuevo valor de  $Q_a$  será el de  $Q_a$  anterior, negado. El valor anterior de  $Q_a$  es 0 y por lo tanto pasará a ser 1. Lógicamente,  $\neg Q_a$  será 0 (cero).

**Qb:** Si  $J_b = 1$  y  $K_b = 0$ , entonces el nuevo valor de  $Q_b$  será 1 (uno) y por lo tanto  $\neg Q_b$  pasará a ser 0.

**Qc:** Si  $J_c = 0$  y  $K_c = 1$ , entonces el nuevo valor de  $Q_c$  será 0 (cero);  $\neg Q_c$  pasará a ser 1.

**Qd:** Si  $J_d = 1$  y  $K_d = 0$ , entonces el nuevo valor de  $Q_d$  será 1 (uno) en tanto que  $\neg Q_d$  pasará a ser 0.

Luego del tiempo que lleve "el cálculo" de las salidas, el contador quedará de la siguiente manera:



Si el nuevo estado está repetido en la secuencia, la misma está completa; si no, volver al paso 2, es decir, simular un nuevo pulso.

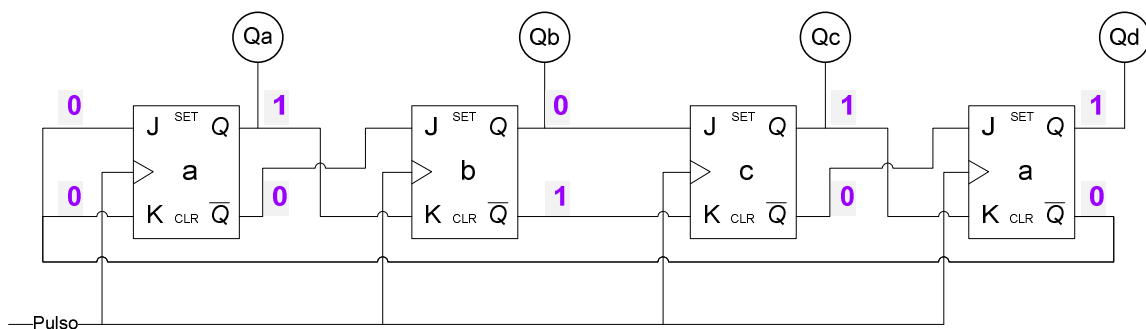
En este caso, debemos simular un nuevo pulso. Éste habilita las entradas sincrónicas de los distintos Flip-flops y a continuación se calculan los nuevos valores de las salidas:

**Qa:** Si  $J_a = K_a = 0$ , entonces el nuevo valor de  $Q_a$  será el de  $Q_a$  anterior, es decir que esta salida no se modificará. El valor anterior de  $Q_a$  es 1 y seguirá siendolo. Lógicamente  $\neg Q_a$  será 0 (cero).

**Qb:** Si  $J_b = 0$  y  $K_b = 1$ , entonces el nuevo valor de  $Q_b$  será 0 (cero) y por lo tanto  $\neg Q_b$  pasará a ser 1.

**Qc:** Si  $J_c = 1$  y  $K_c = 0$ , entonces el nuevo valor de  $Q_c$  será 1 (uno);  $\neg Q_c$  pasará a ser 0.

**Qd:** Si  $J_d = 1$  y  $K_d = 0$ , entonces el nuevo valor de  $Q_d$  será 1 (uno) en tanto que  $\neg Q_d$  pasará a ser 0.



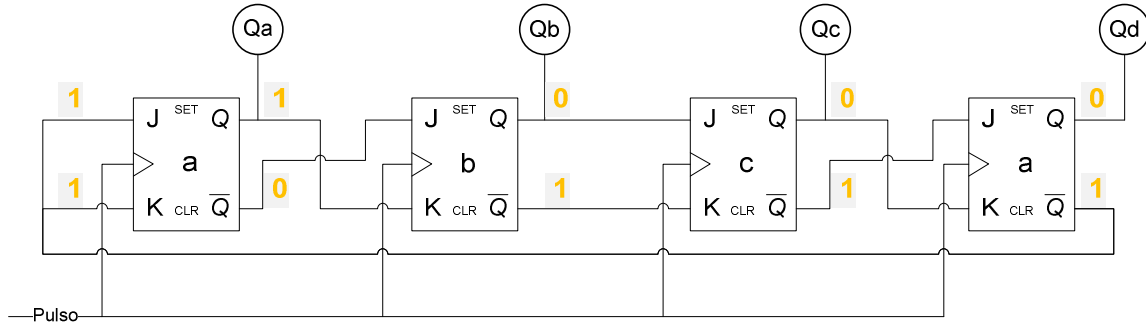
El nuevo estado tampoco es repetición de uno anterior, por lo que podemos simular un nuevo pulso en la señal de reloj.

**Qa:** Si  $J_a = K_a = 0$ , entonces la salida seguirá sin modificarse ( $Q_a = 1$  y  $\neg Q_a = 0$ ).

**Qb:** Si siguen siendo  $J_b = 0$  y  $K_b = 1$ , entonces  $Q_b$  será nuevamente 0 (cero) y  $\bar{Q}_b$ , 1.

**Qc:** Si  $J_c = 0$  y  $K_c = 1$ , entonces el nuevo valor de  $Q_c$  será 0 (cero);  $\bar{Q}_c$  pasará a ser 1.

**Qd:** Si ahora  $J_d = 0$  y  $K_d = 1$ , entonces  $Q_d$  será 0 (cero) en tanto que  $\bar{Q}_d$  pasará a ser 1.



Ahora prestemos atención a la construcción del contador y a la secuencia de estados del mismo (hasta ahora):

Pulso N°	Qa	Qb	Qc	Qd
0	0	0	0	0
1	1	1	0	1
2	1	0	1	1
3	1	0	0	0

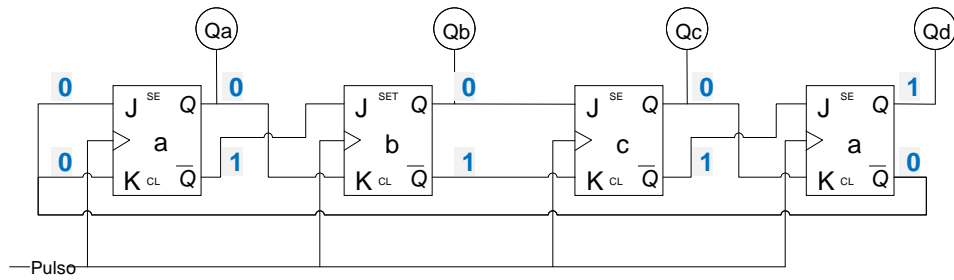
Podemos notar que:

- $J_a = K_a = \bar{Q}_d$ , con lo cual, si  $Q_d$  es 1,  $\bar{Q}_d$  será 0 igual que  $J_a$  y  $K_a$ , y entonces  $Q_a$  repetirá el valor; por otra parte si  $Q_d = 0$ ,  $\bar{Q}_d$  valdrá 1 y este valor colocado en  $J_a$  y  $K_a$  hará que  $Q_a$  se invierta respecto de su estado anterior.
- $J_b$  y  $K_b$ , al estar conectadas a  $\bar{Q}_a$  y  $Q_a$ , respectivamente, siempre tendrán valores opuestos y por lo tanto, el valor de  $Q_b$  no dependerá de  $Q_b$  anterior. Simplemente si  $Q_a$  es 0 y  $\bar{Q}_a$  es 1, al pulso siguiente  $Q_b$  será 1 (y  $\bar{Q}_b = 0$ ). Al contrario, si  $Q_a = 1$  (y  $\bar{Q}_a = 0$ ) entonces, al siguiente pulso,  $Q_b$  resultará 0 y  $\bar{Q}_b = 1$ . Entonces:  $Q_{b_n} = \bar{Q}_{a_{n-1}}$ , es decir que  $Q_b$  será el opuesto a  $Q_a$  anterior.
- $J_c$  está conectada a  $Q_b$  y  $K_c$  a  $\bar{Q}_b$ , lo que determina que  $Q_{c_n} = Q_{b_{n-1}}$
- Con  $Q_d$  sucede lo mismo que con  $Q_b$ , pero repitiendo  $\bar{Q}_c$  anterior:  
 $Q_{d_n} = \bar{Q}_{c_{n-1}}$

Por ejemplo, cuando se genere el pulso N°4 tendremos:

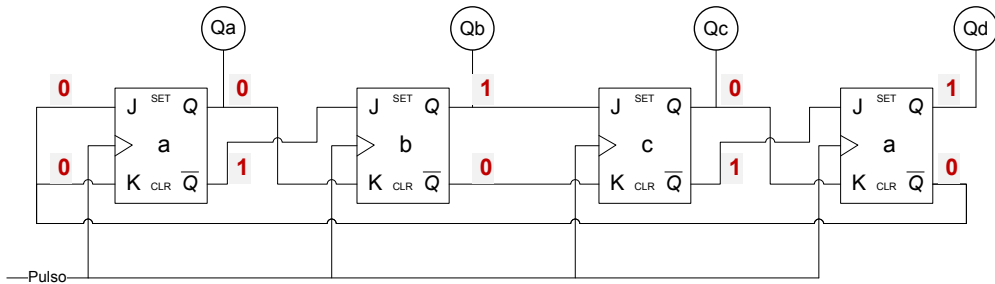
- Ya que  $Q_d$  es 0, las entradas  $J_a = K_a = 1$  y la nueva salida  $Q_a$  cambiará de 1 a 0.
- Como  $Q_a$  luego del pulso 3 era 1, el nuevo valor de  $Q_b$  será 0.
- $Q_c$  "copiará" el valor de  $Q_b$  después del pulso 3 (0).
- $Q_d$  "invertirá" el valor de  $Q_c$  anterior (pulso 3) y será 1.

Pulso N°	Qa	Qb	Qc	Qd
4	0	0	0	1

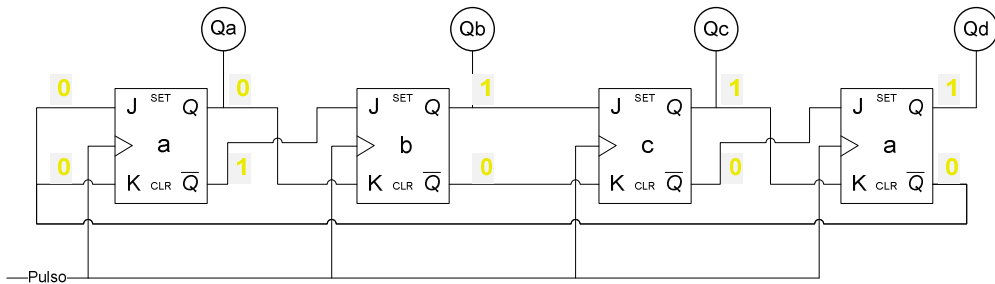


Luego con el correr de los pulsos:

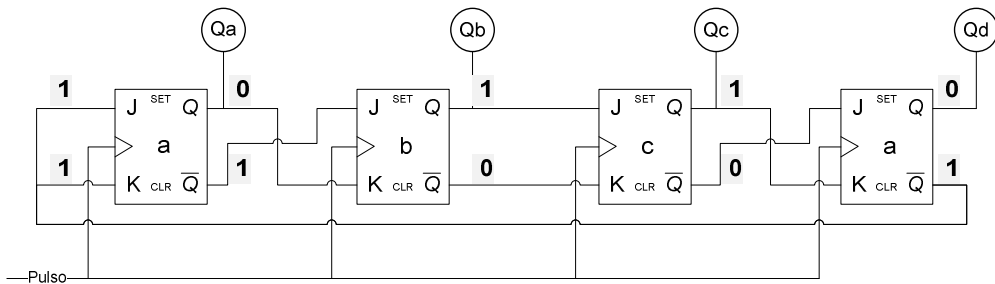
5.



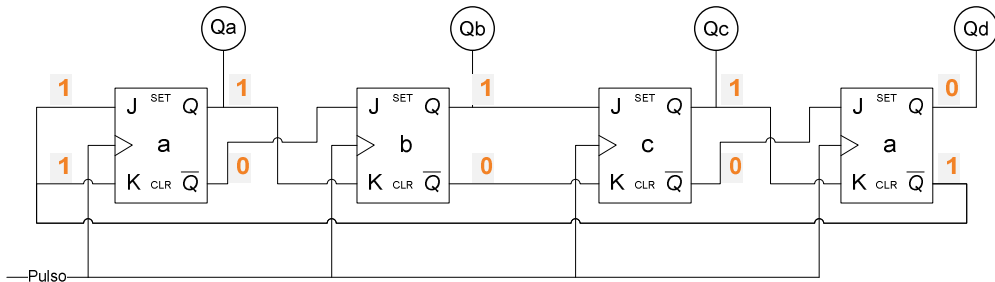
6.



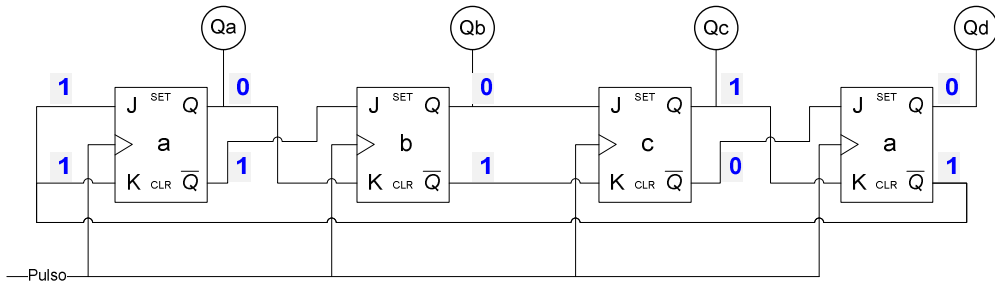
7.



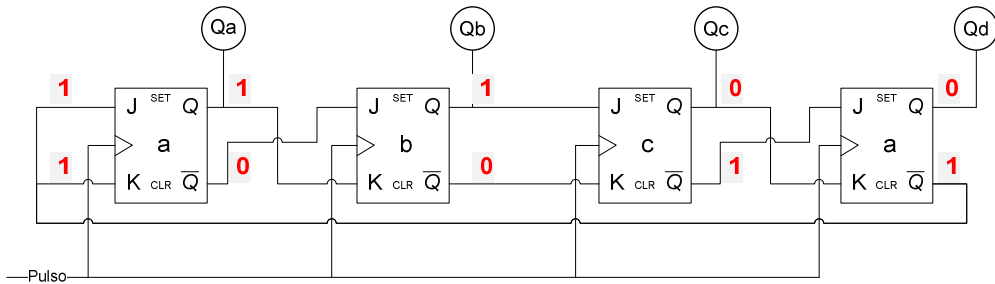
8.



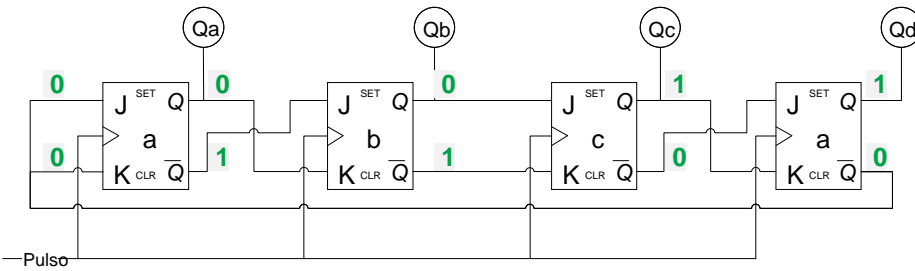
9.



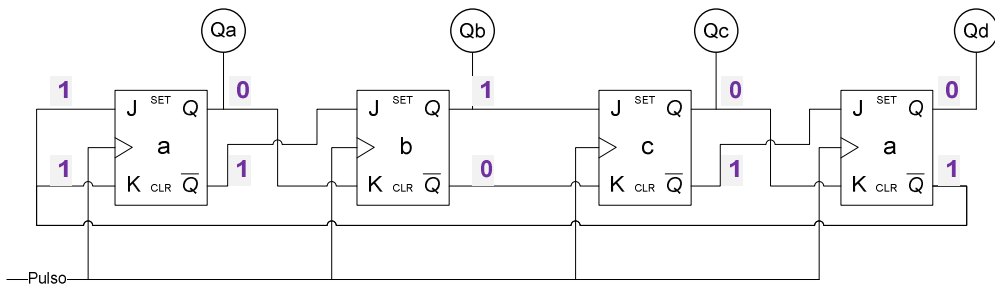
10.



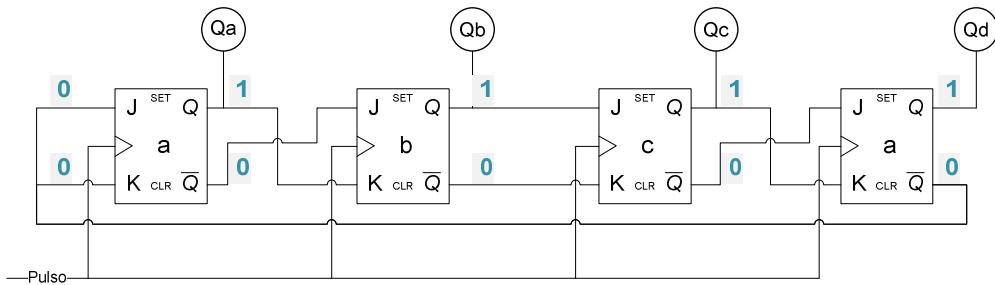
11.



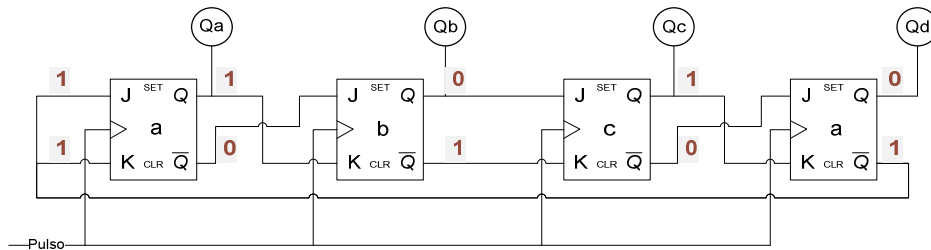
12.



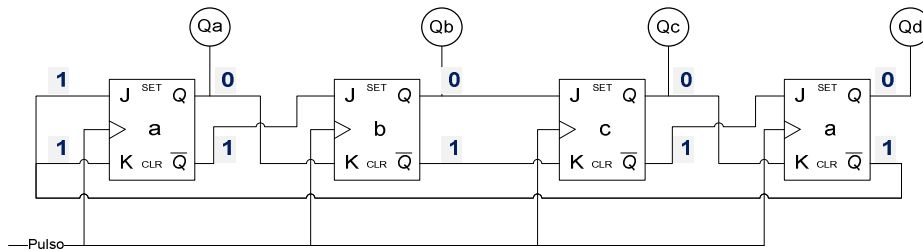
13.



14.



15.



¡Finalmente este estado del contador es una repetición de su estado inicial! Así la secuencia está completa.

El máximo módulo de un contador es  $M = 2^n$ , siendo  $n$  la cantidad de flip-flops pero este máximo puede no alcanzarse, dependiendo de la construcción del circuito.

En algunos casos es importante el valor de inicialización. Por ejemplo en el caso del contador en anillo (visto en la guía), la inicialización de todas las salidas en 0 (cero) arrojaría un módulo  $M = 1$ , y si, por ejemplo, cambiamos la inicialización de  $Qa$  a 1, el módulo llega a 4.

Si se observara que la secuencia de salidas tiene poca variación debería intentarse una inicialización diferente.

### c) Establecer su módulo.

El módulo ( $M$ ) de un contador es la cantidad de estados diferentes que se van repitiendo.

Si examinamos la secuencia para determinar  $M$  vemos que hay 15 estados diferentes, que se van repitiendo, por lo que  $M = 15$ .

Pulso N°	Qa	Qb	Qc	Qd
0	0	0	0	0
1	1	1	0	1
2	1	0	1	1
3	1	0	0	0
4	0	0	0	1
5	0	1	0	1
6	0	1	1	1
7	0	1	1	0
8	1	1	1	0
9	0	0	1	0
10	1	1	0	0
11	0	0	1	1
12	0	1	0	0
13	1	1	1	1
14	1	0	1	0
15	0	0	0	0