



FUNDAMENTOS DE COMPUTADORES
TEMA 5: CIRCUITOS INTEGRADOS SECUENCIALES
5.1 CONTADORES

CONTENIDO DEL TEMA 5

5.1. Contadores

5.2. Registros



5.1. CONTADORES

5.1.1. Introducción.

5.1.2. Contadores asíncronos.

5.1.3. Contadores síncronos.

5.1.4. Contadores Up/Down.

5.1.5. Entradas de borrado y preselección.

5.1.6. Divisores de frecuencia.

5.1.7. Extensión de contadores.



5.1.1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

- ◇ En un circuito secuencial en el que los Flip Flops (FF) se conectan entre sí para hacer conteos recibe el nombre de contador.
 - ⊖ Existen dos tipos de contadores: asíncronos y síncronos

Asíncronos

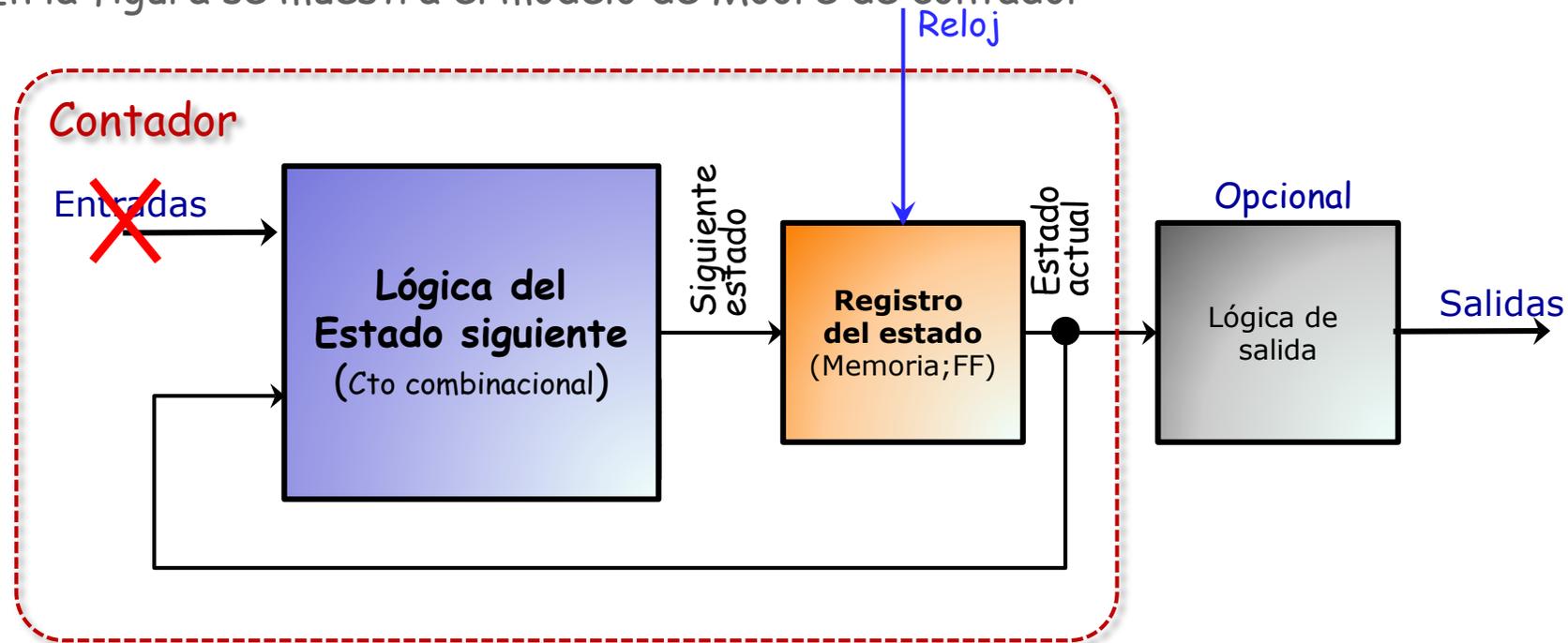
- La señal de reloj se aplica al primer FF
- El resto de los FF reciben como señal de reloj de alguna de las salidas del FF anterior

Síncronos

- La señal de reloj se aplica a todos los FF

EL CONTADOR

- ◇ Un contador es un circuito secuencial que pasa por unos determinados estados con un orden establecido.
 - ⊖ La lógica de salida depende solo del estado actual y su implementación se hace separadamente.
 - ⊖ Su función es contar, en un determinado código, el número de pulsos de reloj recibidos de forma ascendente o descendente.
 - ⊖ En la figura se muestra el modelo de Moore de contador



CONCEPTOS

◇ Módulo:

- ⊖ El módulo del contador (M) es el número de estados distintos por los que pasa el contador

◇ Número máximo de estados

- ⊖ El número máximo de posibles estados (módulo máximo) de un contador es 2^n , donde n representa el número de flip-flops del contador.

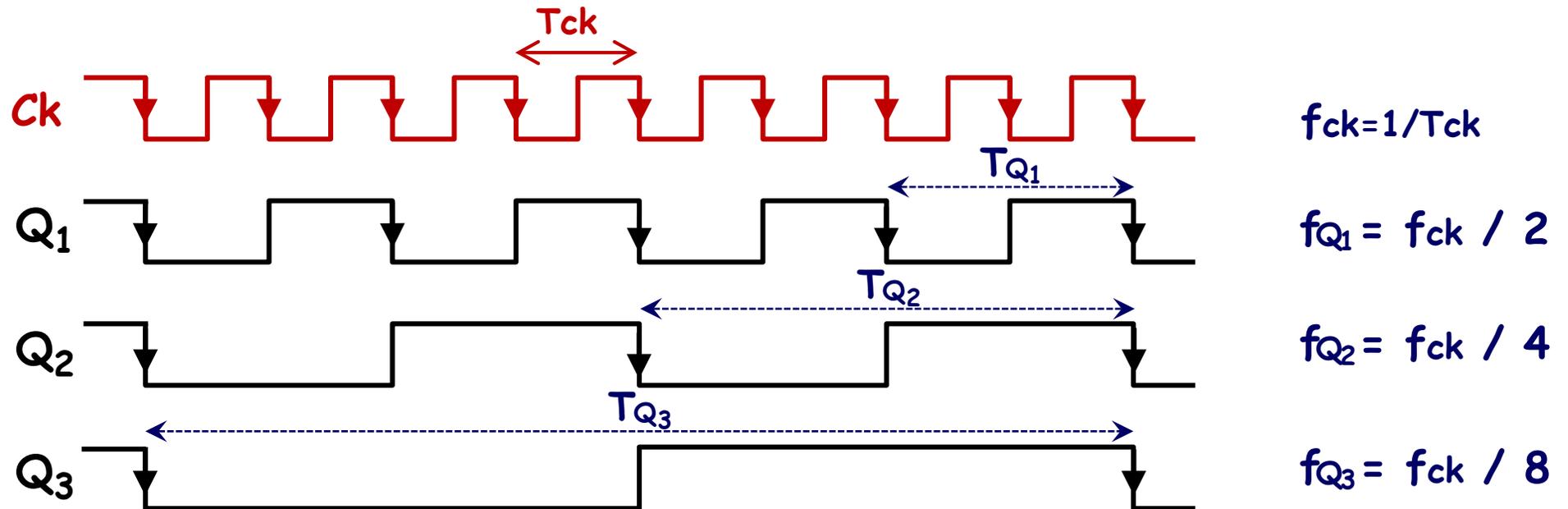
◇ Contadores truncados

- ⊖ Son aquellos contadores que tengan un número de estados en su cuenta que sea menor que el máximo de 2^n .

DIVISIÓN DE FRECUENCIA 1/2

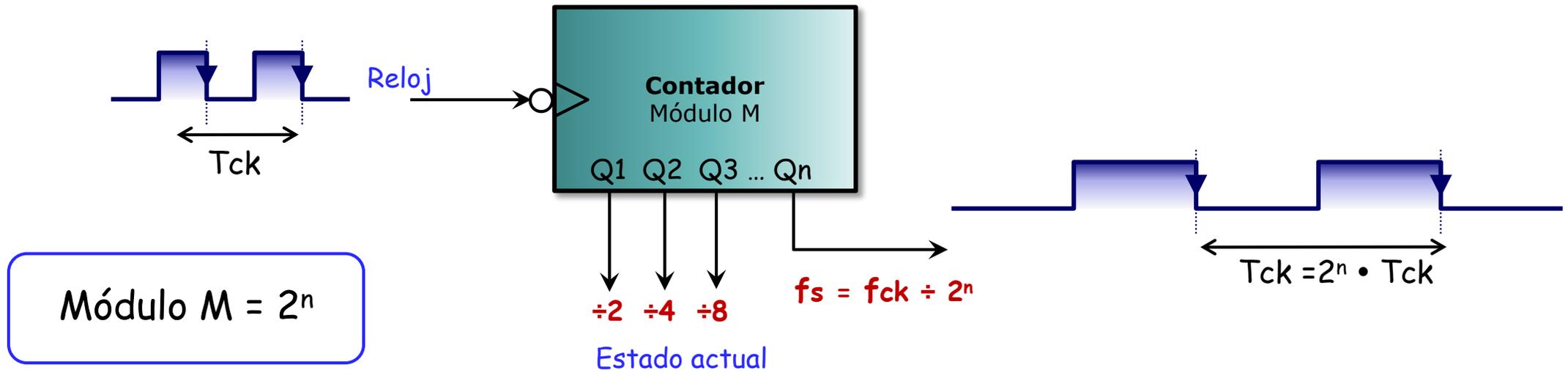
◇ El conteo de pulsos se encuentra asociado directamente a la **división de la frecuencia** de los mismos

⊖ Los FF de un contador «completo» (módulo n potencia entera de 2) proporcionan en sus salidas señales digitales cuyas frecuencias son, respectivamente, la mitad ($1/2$), la cuarta parte ($1/4$), la octava parte ($1/8$),... ($1/2^i$)..., de la frecuencia de los pulsos de entrada



DIVISIÓN DE FRECUENCIA 2/2

- ◇ El contador Contador de módulo M es también un divisor de frecuencia cuyo factor es $(\div M)$



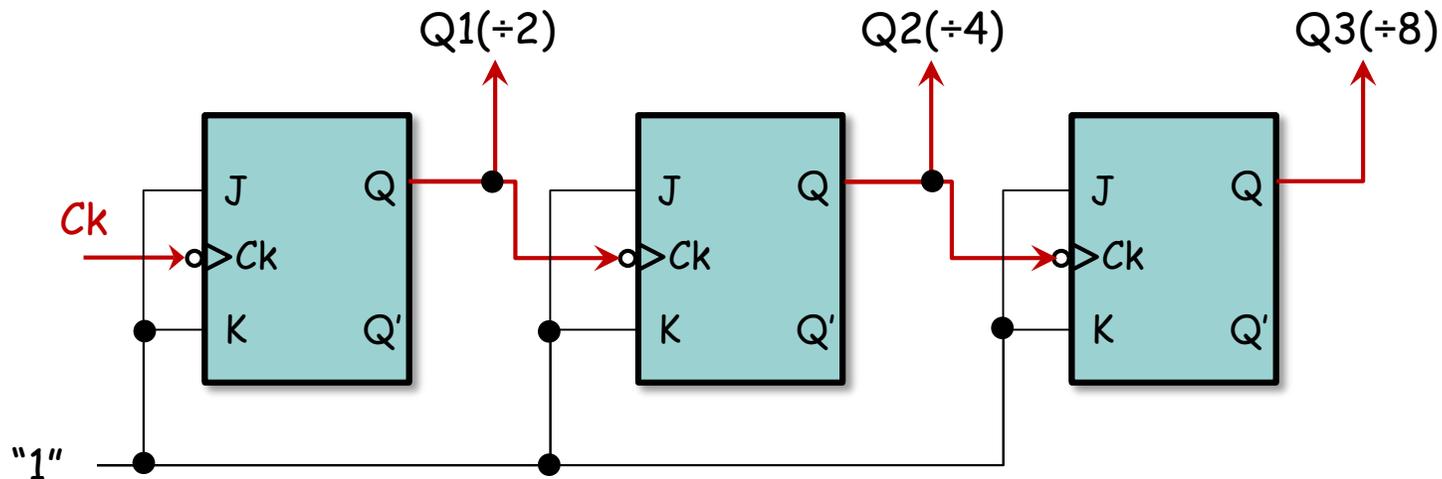


5.1.2. CONTADORES ASÍNCRONOS

EL CONTADOR ASÍNCRONO DE $M=8$

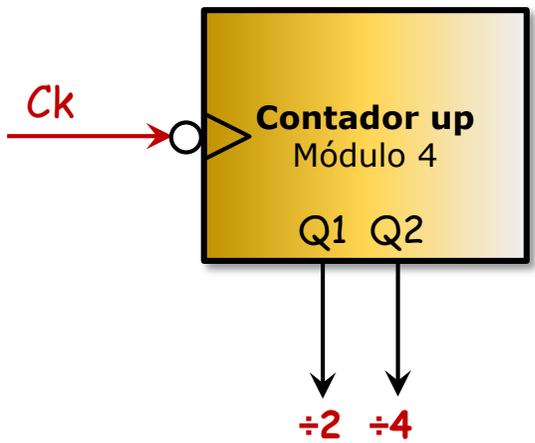
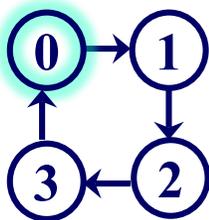
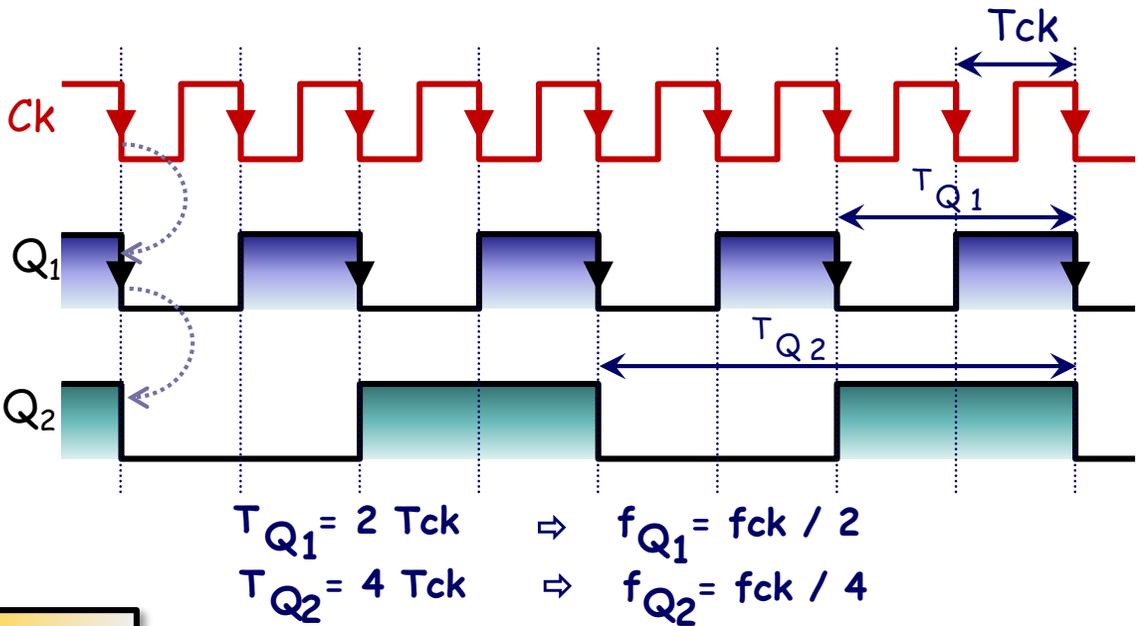
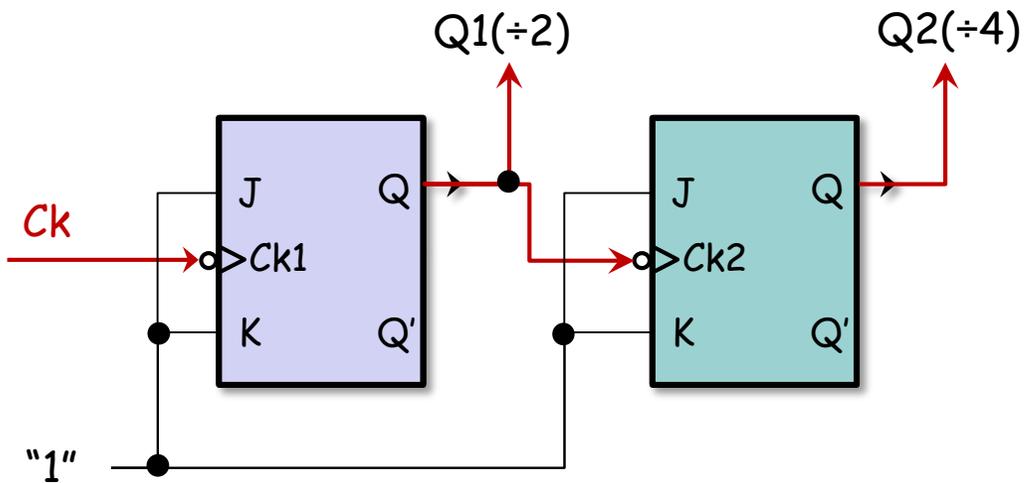
ASCENDENTE (UP)

- ◇ Un contador asíncrono es un circuito secuencial en el que los flip flops (FF) del contador no cambian de estado al mismo tiempo, dado que no comparten el mismo impulso de reloj.
 - ⊖ El pulso de reloj se aplica solo al primer FF
 - ⊖ La salida Q o Q' del FF 1 se aplica a la entrada de reloj del FF 2, la del FF 2 a la entrada de reloj del FF 3 y así sucesivamente



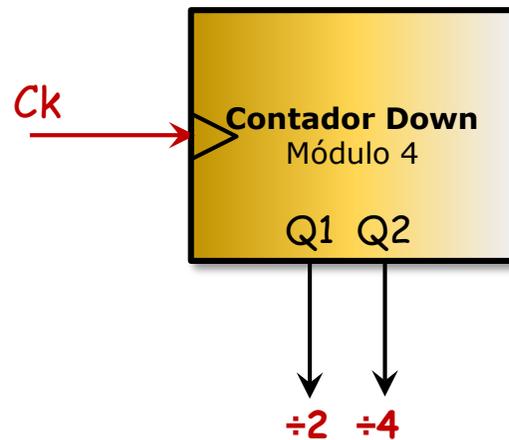
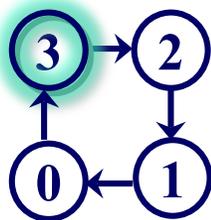
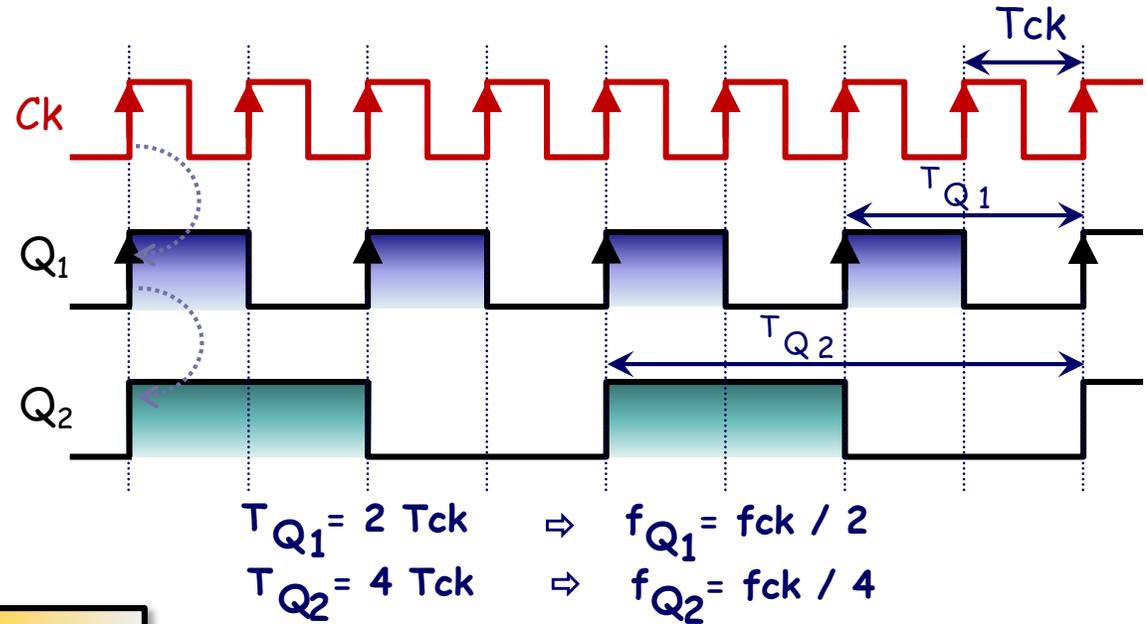
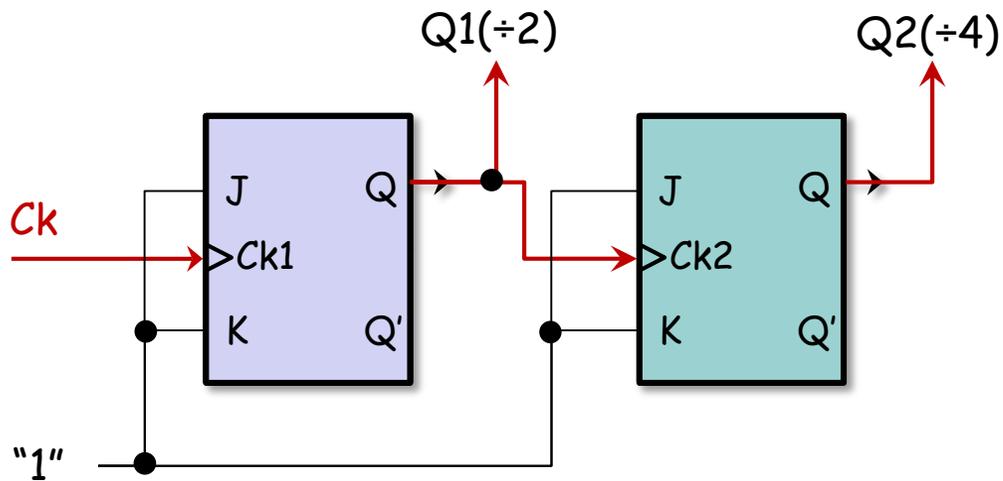
EL CONTADOR ASÍNCRONO ASCENDENTE

MÓDULO 4 – FF JK – FLANCO DE BAJADA



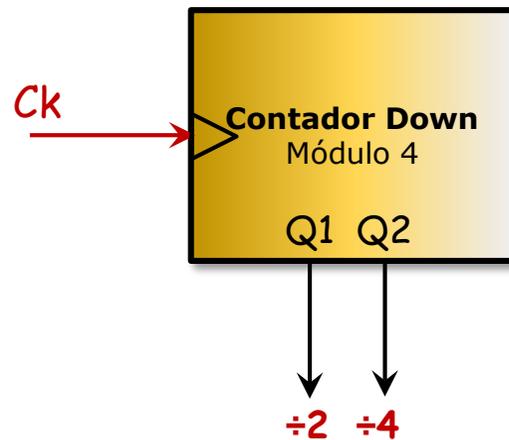
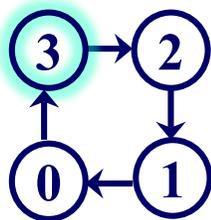
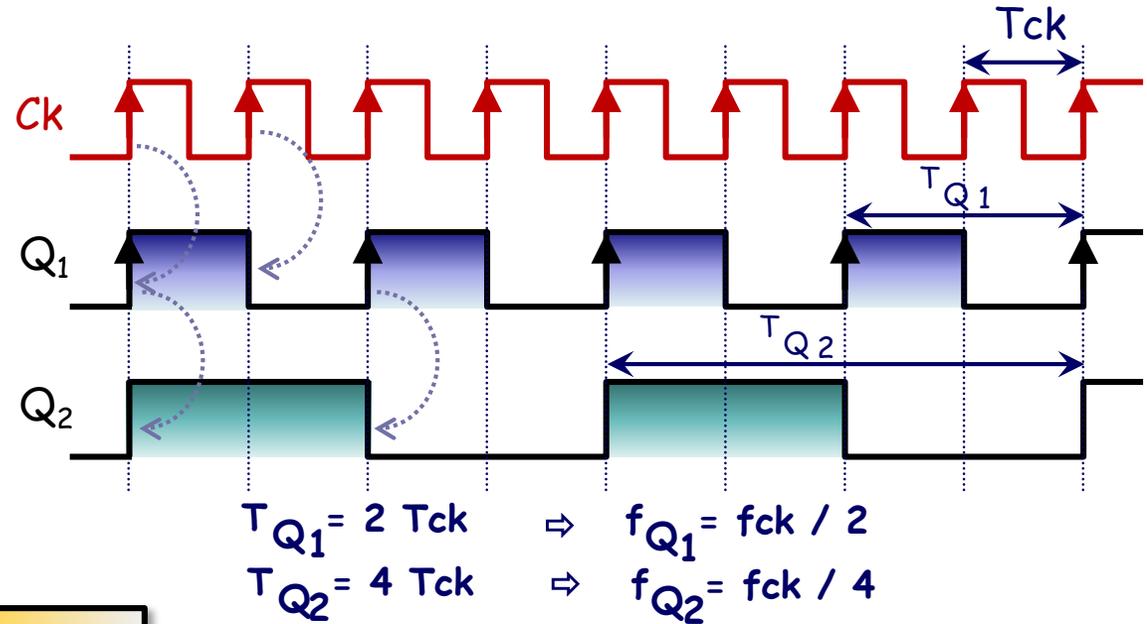
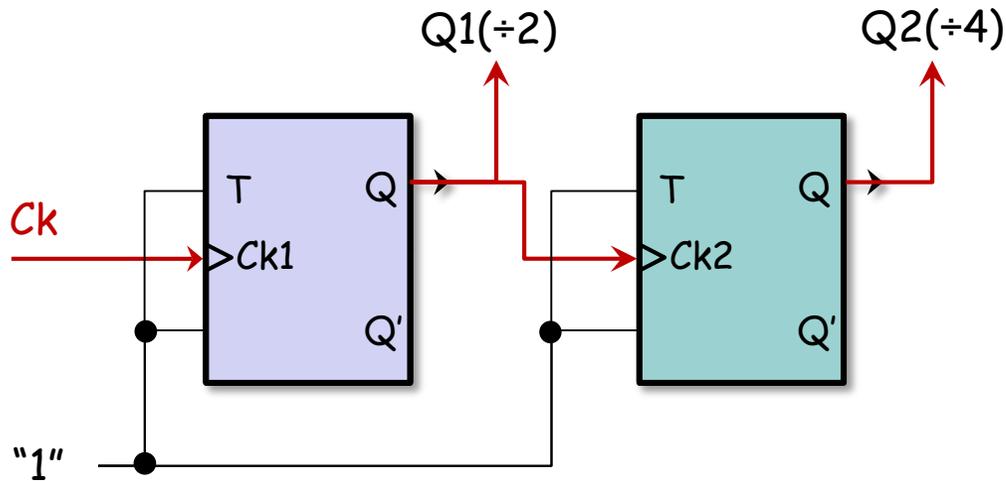
EL CONTADOR ASÍNCRONO DESCENDENTE

MÓDULO 4 – FF JK – FLANCO DE SUBIDA



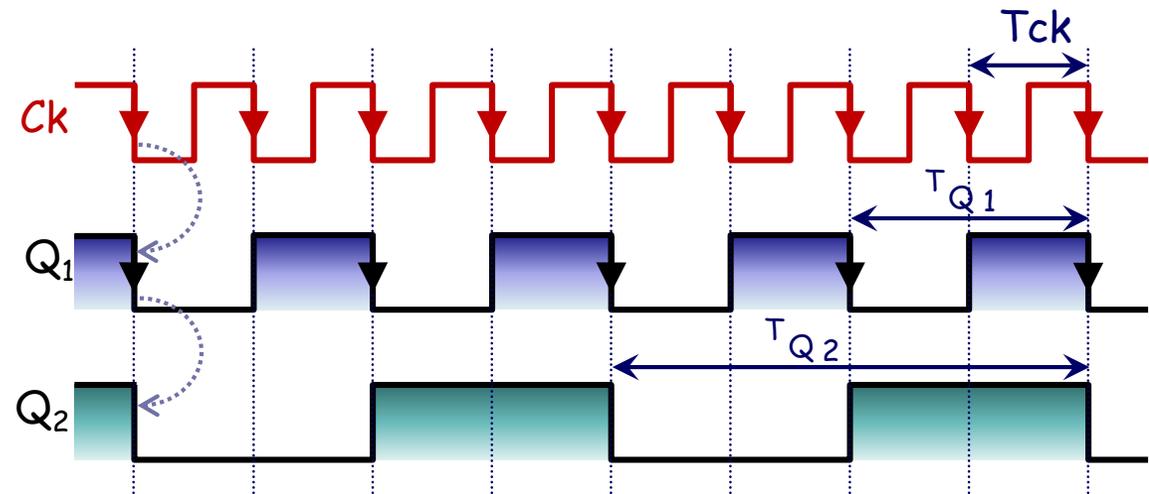
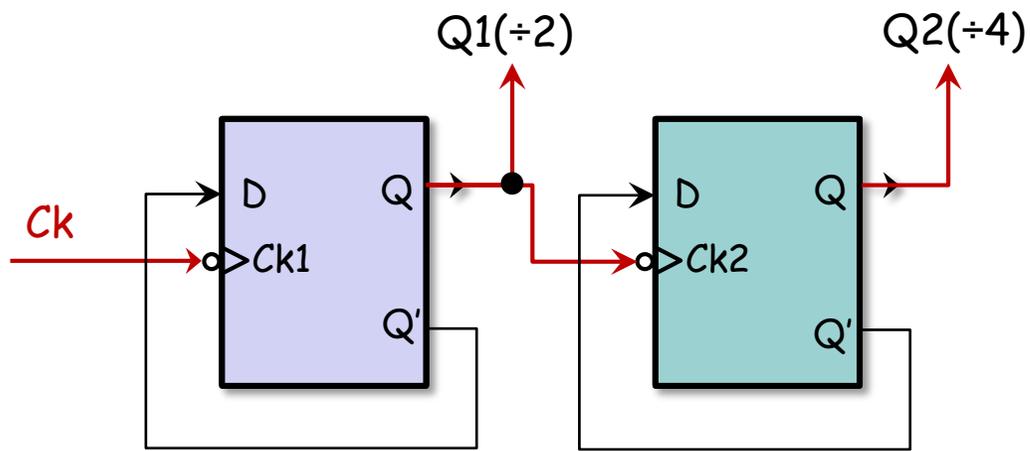
EL CONTADOR ASÍNCRONO DESCENDENTE

MÓDULO 4 – FF T – FLANCO DE SUBIDA

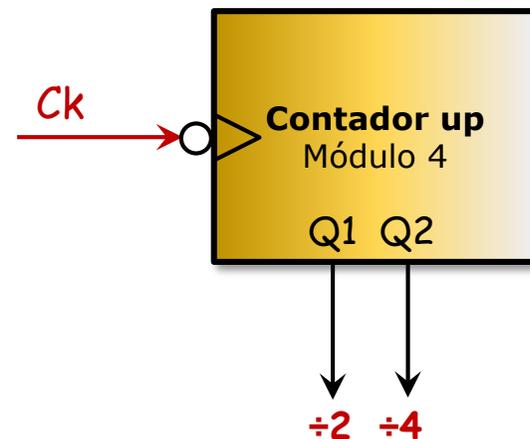
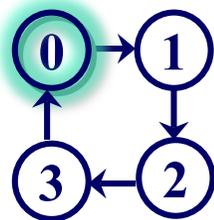


EL CONTADOR ASÍNCRONO ASCENDENTE

MÓDULO 4 – FF D – FLANCO DE BAJADA

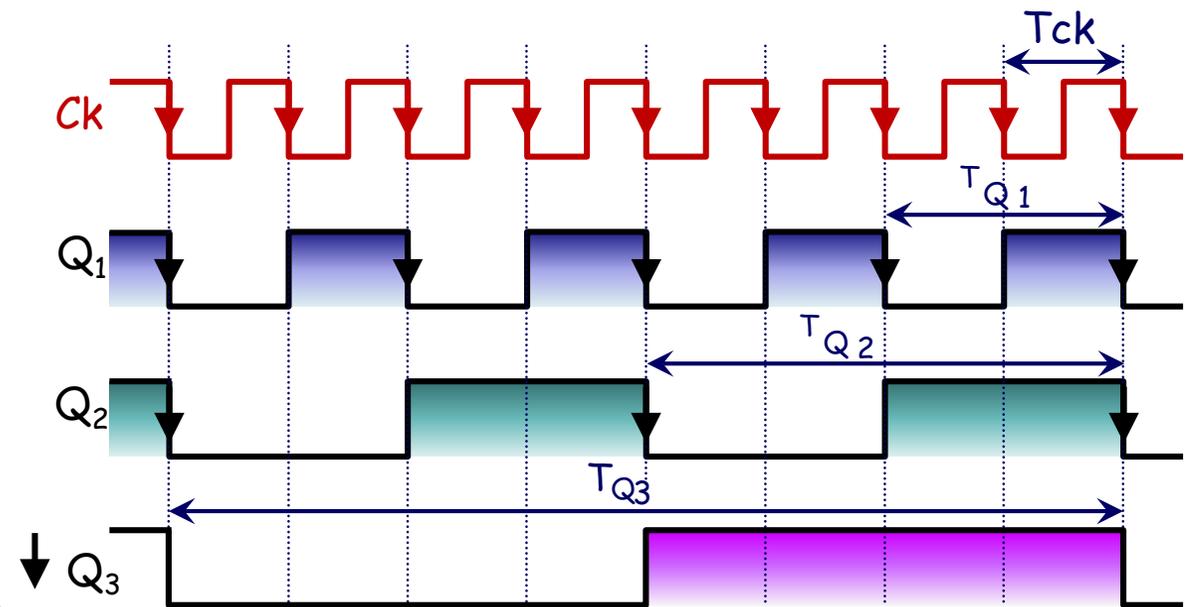
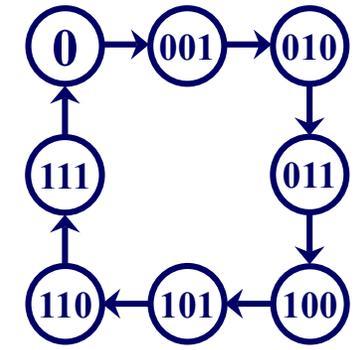
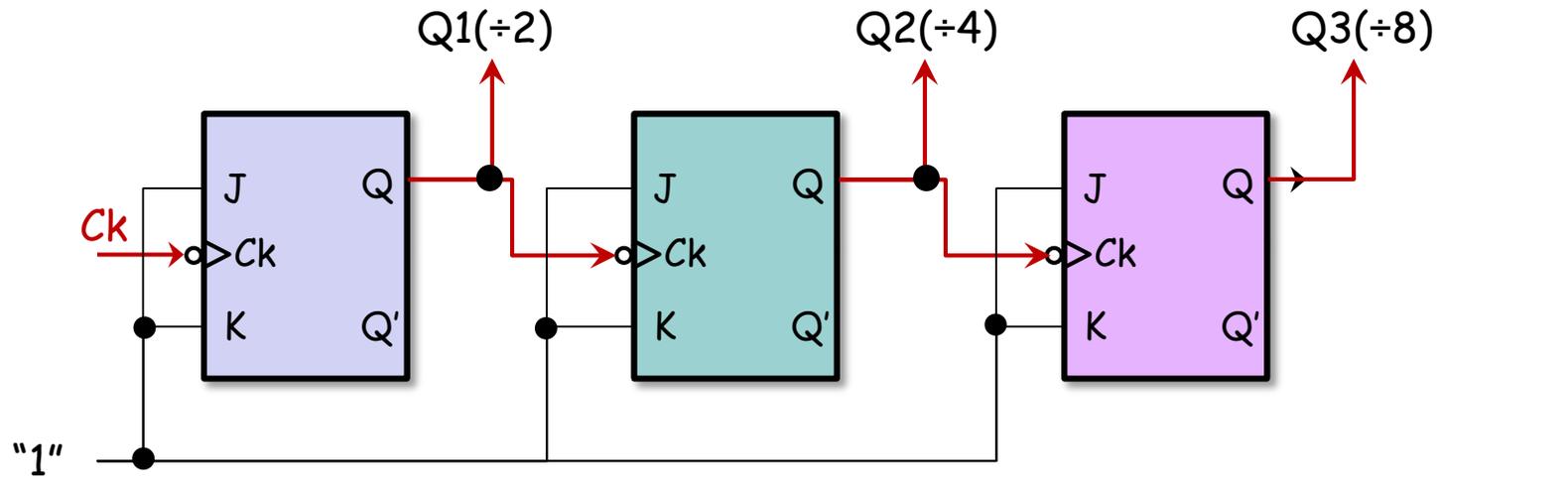


$$T_{Q1} = 2 T_{ck} \Rightarrow f_{Q1} = f_{ck} / 2$$
$$T_{Q2} = 4 T_{ck} \Rightarrow f_{Q2} = f_{ck} / 4$$



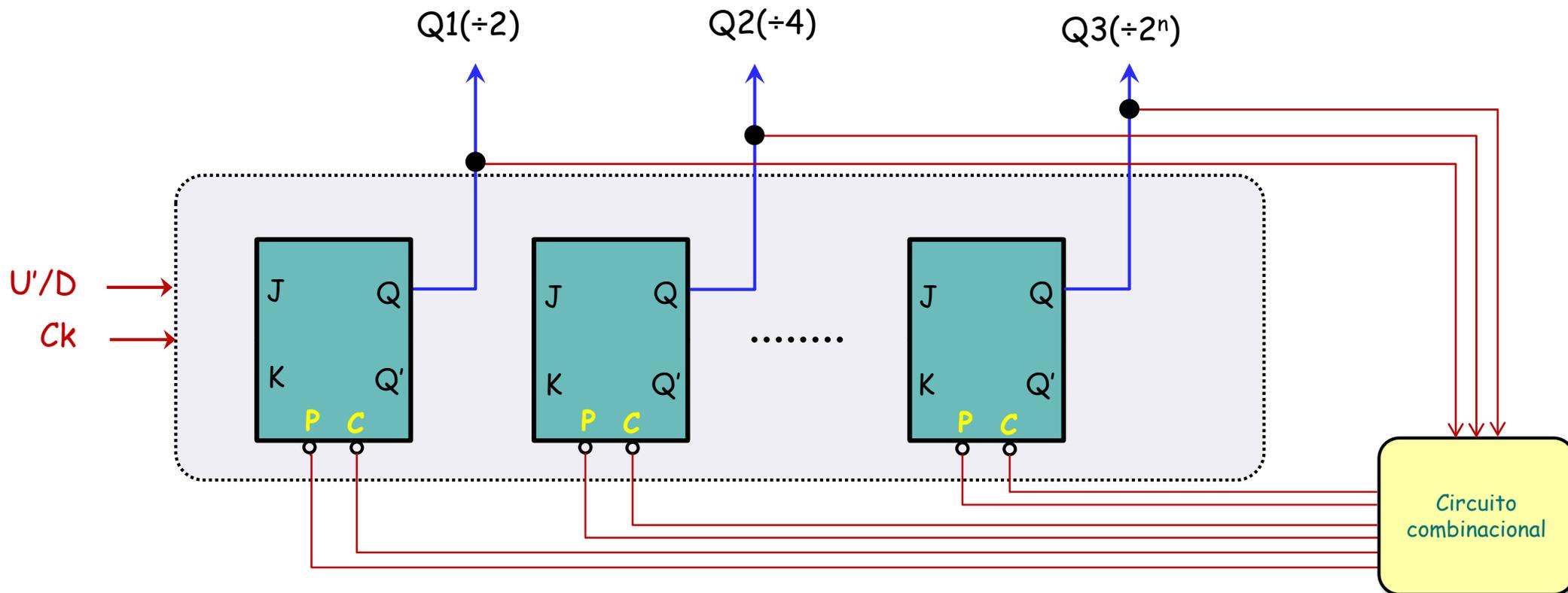
EL CONTADOR ASÍNCRONO ASCENDENTE

MÓDULO 8 - FF JK



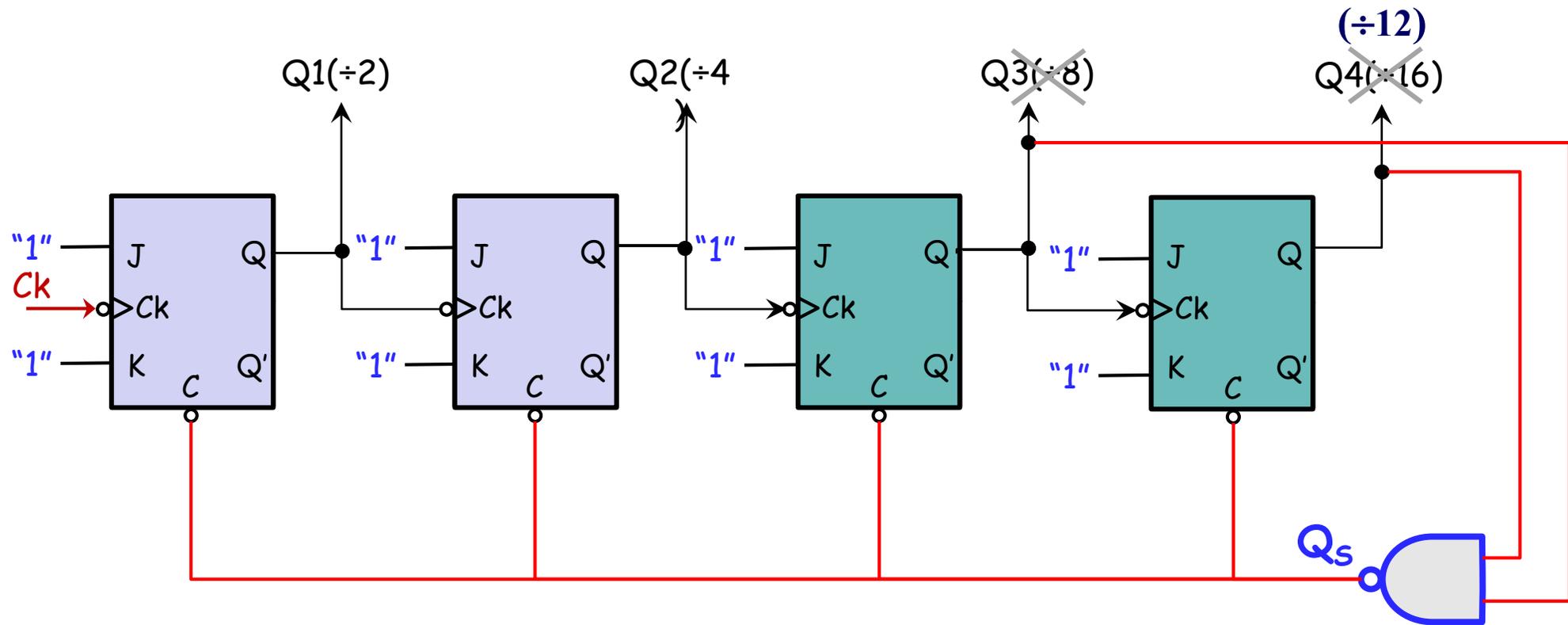
CONTADORES ASÍNCRONOS TRUNCADOS

- ◇ Los contadores truncados son aquellos que no cuentan hasta el módulo máximo ($M=2^n$).
 - ⊖ Para implementarlos se "detecta" el máximo valor deseado (si fuese ascendente) y después se "resetea" el contador activando las entradas clear (ascendente) o preset (descendente)
 - ⊖ Si el contador fuese descendente, se "detecta" el mínimo valor deseado y después se pone a su valor máximo activando las entradas asíncronas



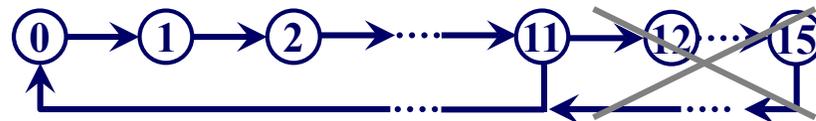
CONTADOR ASÍNCRONO TRUNCADO

MÓDULO 12 (1/2)



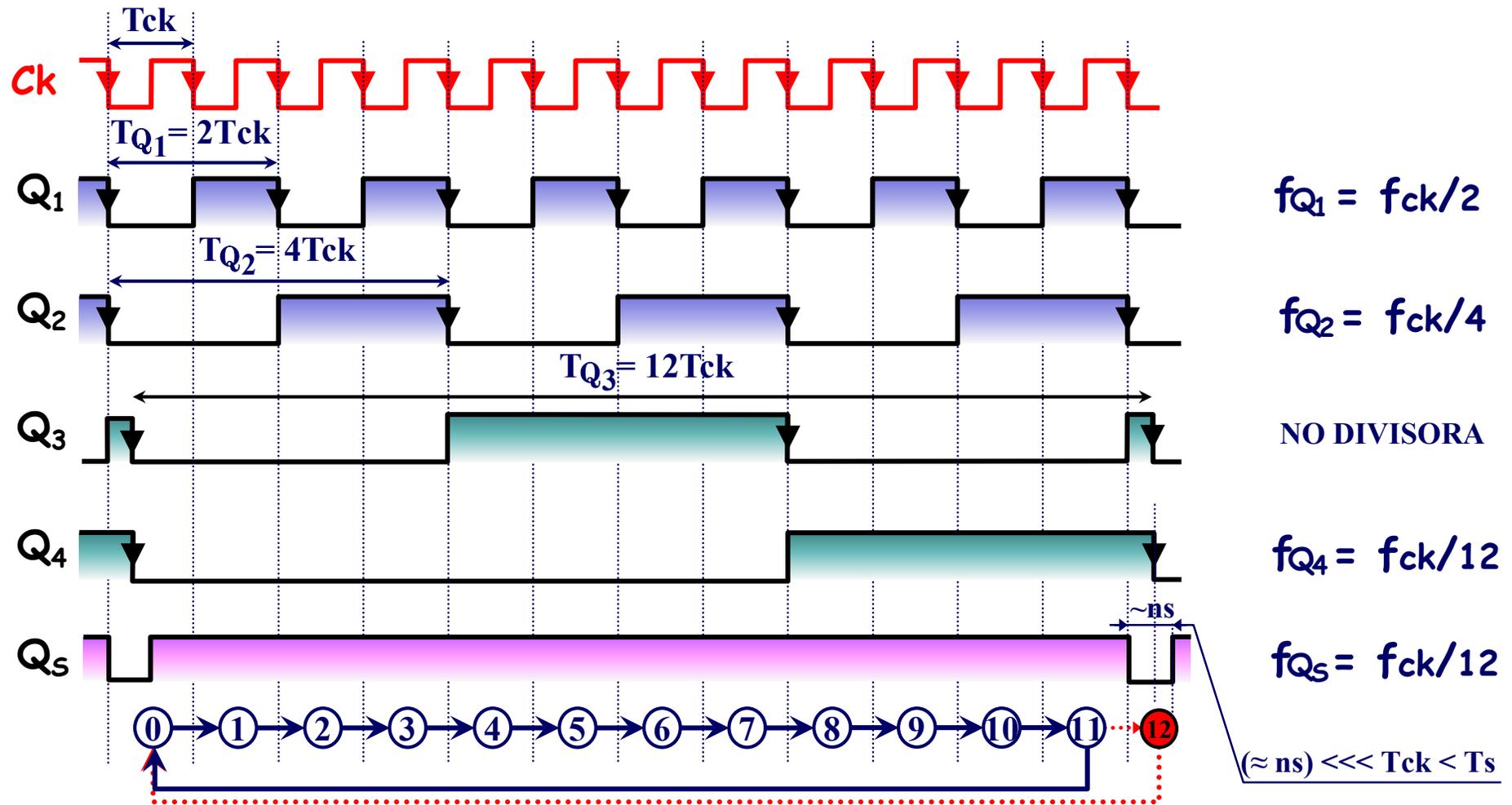
Estado a detectar.

$$M' = 12_{(10)} = 1100_{(2)} \equiv 11xx_{(2)}$$



CONTADOR ASÍNCRONO TRUNCADO

MÓDULO 12 (2/2)





5.1.3. CONTADORES SÍNCRONOS

LOS CONTADORES SÍNCRONOS

- ◇ A diferencia de los contadores asíncronos, en los contadores síncronos **todos los biestables cambian de estado simultáneamente** (ya que todos tiene misma señal de reloj).
- ◇ Solo el flip-flop A, el LSB, tiene sus entradas J y K permanentemente en el nivel ALTO. Las entradas J, K de los otros FF están controladas por una combinación de salidas de FF.
 - ⊖ El **diseño de contadores síncronos es un caso particular de diseño de circuitos secuenciales, por ello es aplicable la metodología estudiada en el tema 4** acerca del diseño de C.S.
 - ⊖ En síntesis el método consiste en obtener la **tabla de transición** y a partir de ella deducir las **ecuaciones de estado o excitación**
 - ⊖ Los contadores síncronos, al igual que los asíncronos, admiten **estructuras que se pueden generalizar**

CONTADOR SÍNCRONO ASCENDENTE

EJEMPLO (1 / 2)

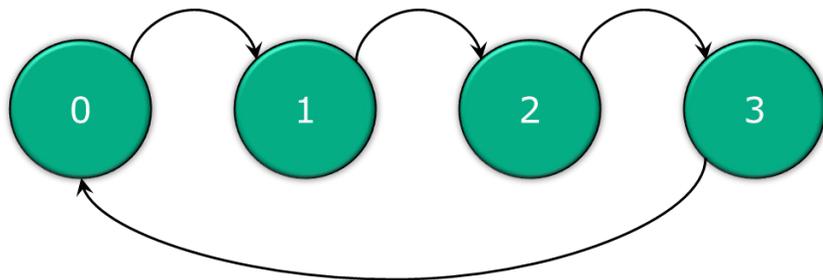


Tabla de transiciones

| Estado actual | | Próximo estado | |
|---------------|---------|----------------|-------------|
| Q_1^t | Q_0^t | Q_1^{t+1} | Q_0^{t+1} |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |

Ecuaciones del siguiente estado

Como es sabido para un JK: $Q^{t+1} = J^t \bar{Q}^t + \bar{K}^t Q^t$

⇒ luego para el FFO tendremos: $Q_0^{t+1} = J^t \bar{Q}_0^t + \bar{K}^t Q_0^t$

Adicionalmente, de la TT se deduce: $Q_0^{t+1} = \bar{Q}_0^t$

$$\left. \begin{aligned} Q_0^{t+1} &= \bar{Q}_0^t \\ Q_0^{t+1} &= J^t \bar{Q}_0^t + \bar{K}^t Q_0^t \end{aligned} \right\} \bar{Q}_0^t = J^t \bar{Q}_0^t + \bar{K}^t Q_0^t \rightarrow \boxed{J_0 = K_0 = "1"}$$

Razonando idénticamente para el FF1:

$$\left. \begin{aligned} Q_1^{t+1} &= Q_1^t \oplus Q_0^t \\ Q_1^{t+1} &= J^t \bar{Q}_1^t + \bar{K}^t Q_1^t \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{aligned} & J_1 \bar{Q}_1^t + \bar{K}_1 Q_1^t = Q_1^t \oplus Q_0^t = Q_1^t \bar{Q}_0^t + \bar{Q}_1^t Q_0^t \\ & \begin{array}{l} \text{--- } J_1 = Q_0^t \text{ ---} \\ \text{--- } K_1 = Q_0^t \text{ ---} \end{array} \end{aligned}$$

$$\boxed{J = K = Q^t}$$

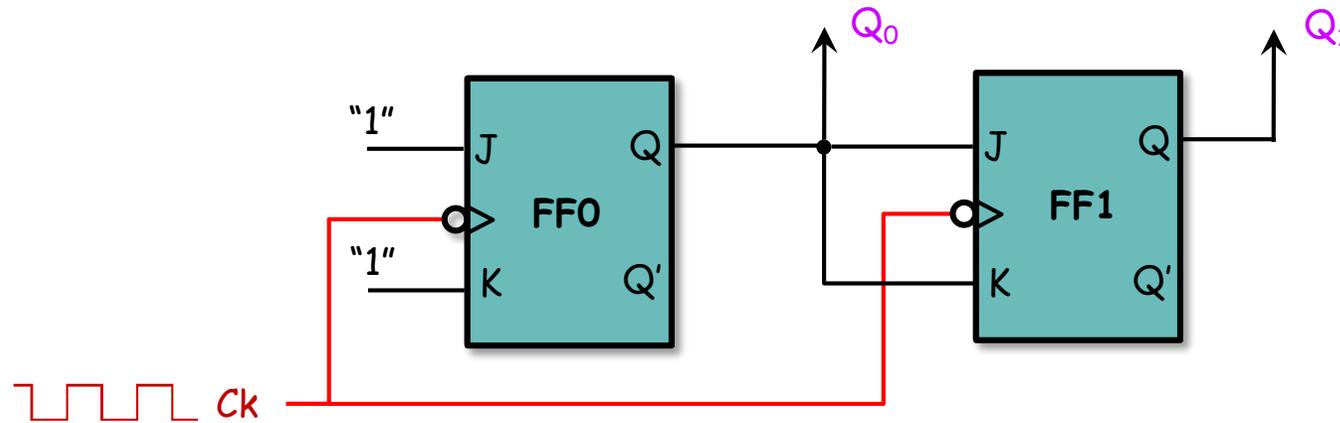
CONTADOR SÍNCRONO ASCENDENTE

EJEMPLO (2/2)

Contador de $M=4$

$$J_0 = K_0 = "1"$$

$$J_1 = K_1 = Q_0^+$$



Generalización: Contador de $M=8$

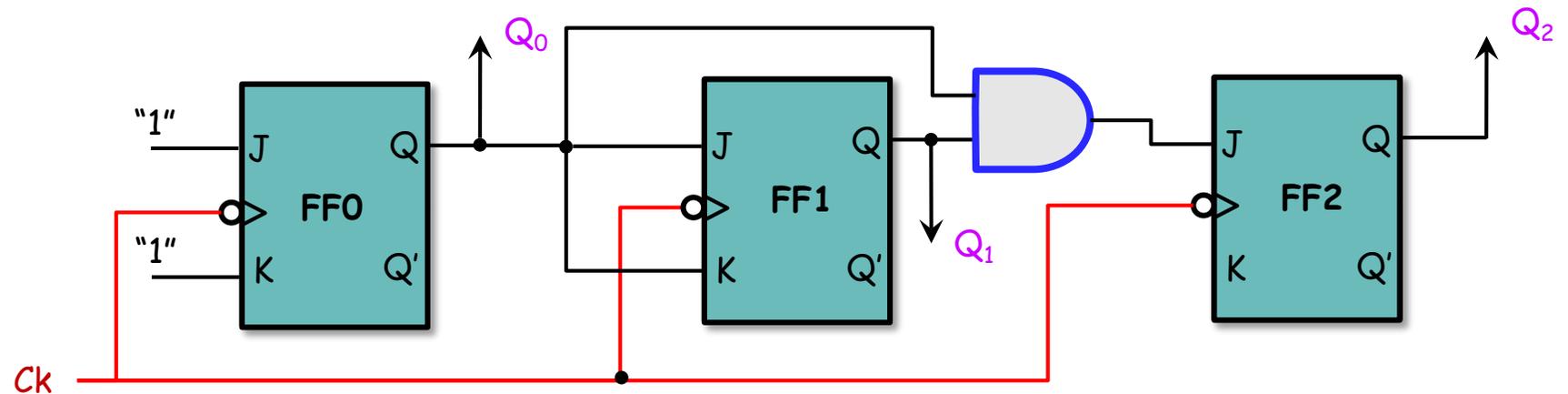
$$J_0 = K_0 = "1"$$

$$J_1 = K_1 = Q_0^+$$

$$J_2 = K_2 = Q_0^+ Q_1^+$$

.....

$$J_n = K_n = Q_0^+ Q_1^+ \dots Q_{n-1}^+$$



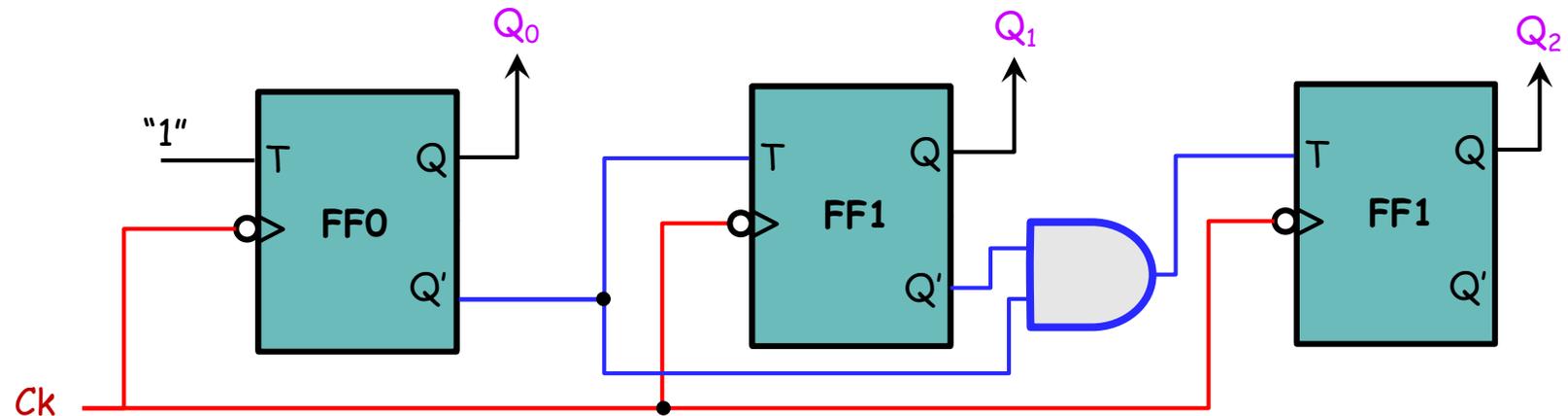
CONTADOR SÍNCRONO DESCENDENTE

CONTADOR DE M=8

$$T_0 = "1"$$

$$T_1 = \overline{Q_0}$$

$$T_2 = \overline{Q_0} \overline{Q_1}$$

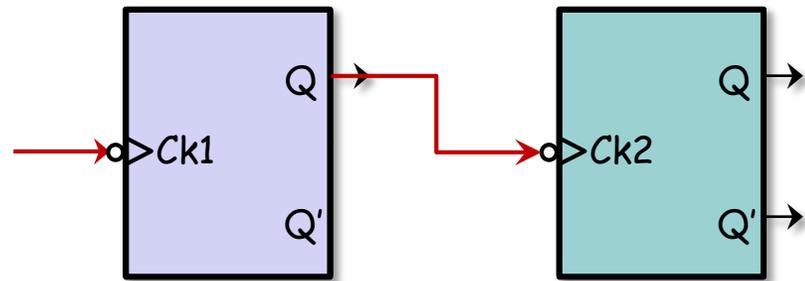




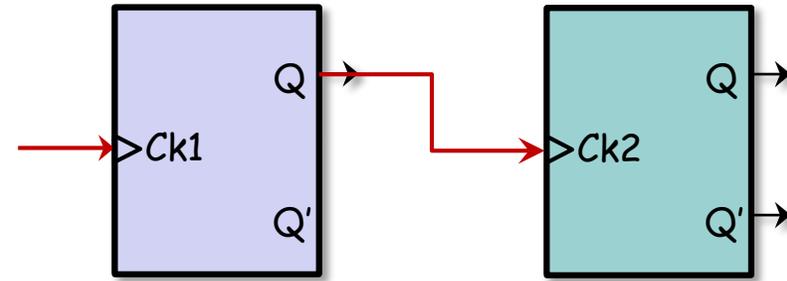
5.1.4. CONTADORES UP/DOWN

CONTADORES ASÍNCRONOS UP/DOWN

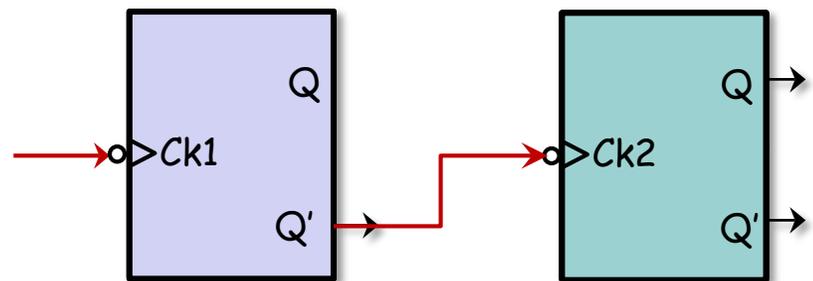
ESTRUCTURAS



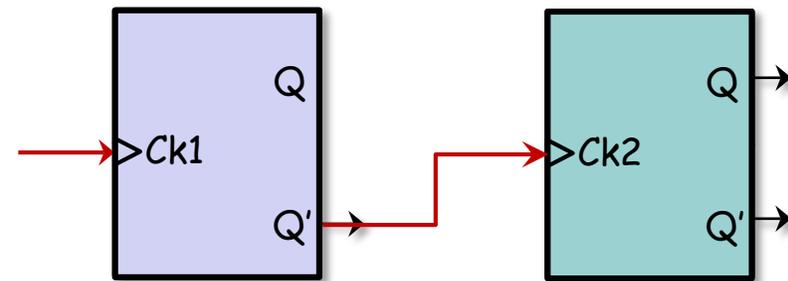
Ascendente



Descendente



Descendente

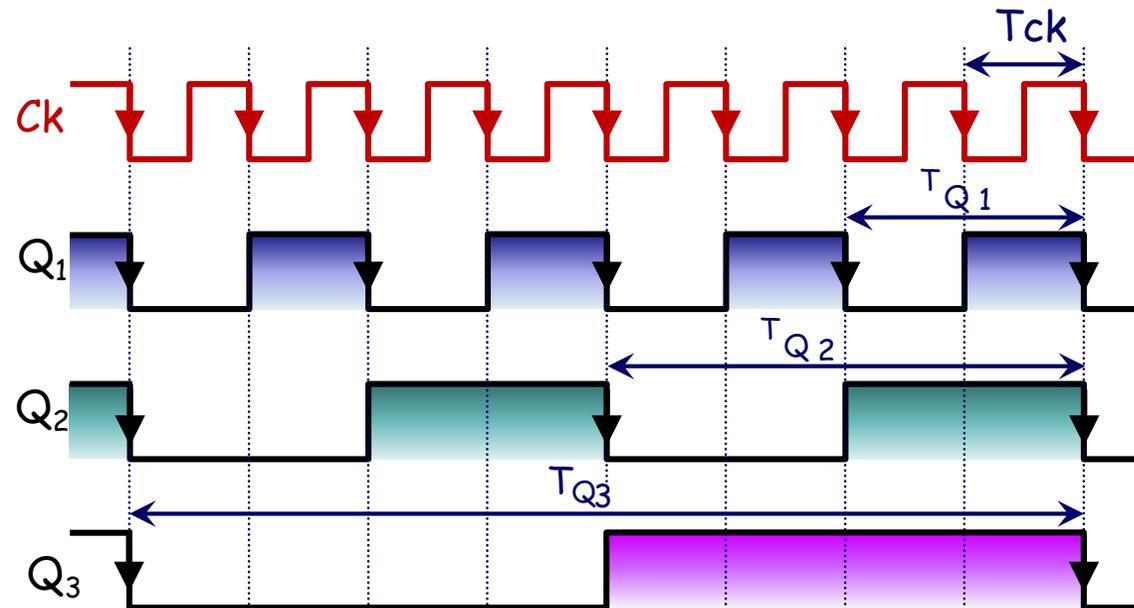
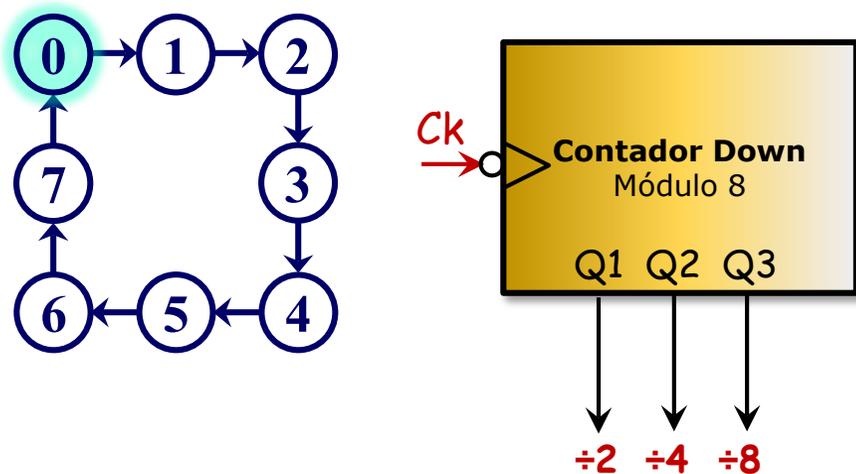


Ascendente

EL CONTADOR ASÍNCRONO ASCENDENTE

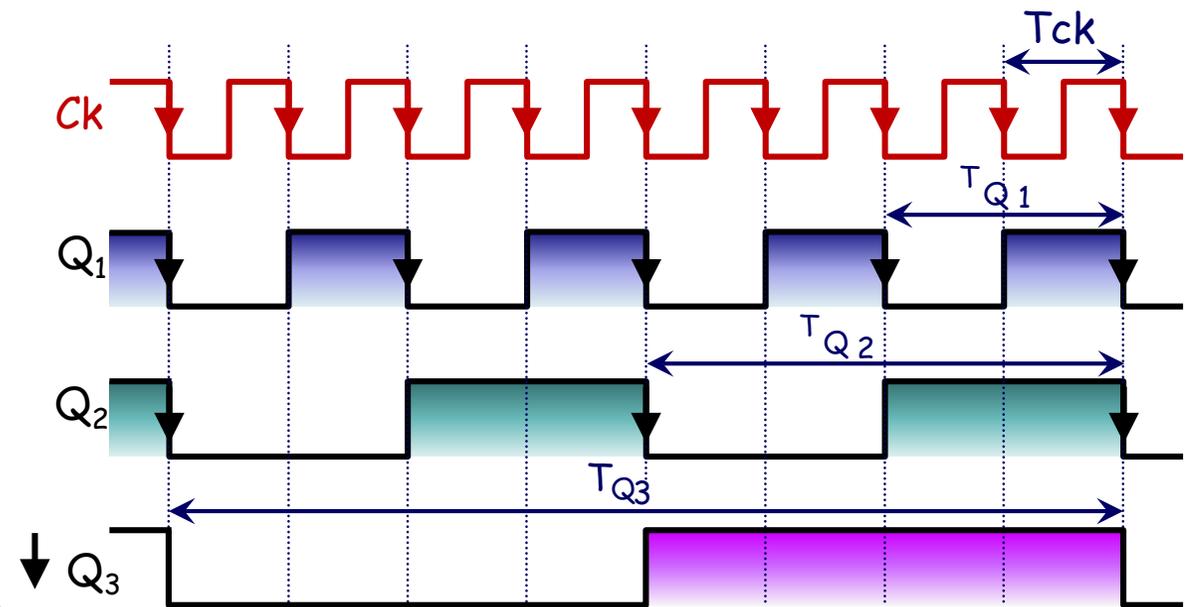
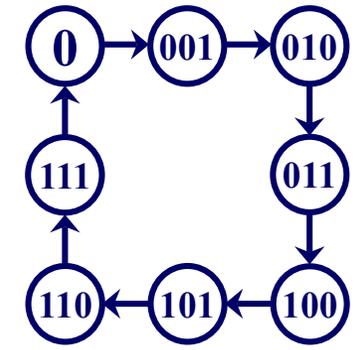
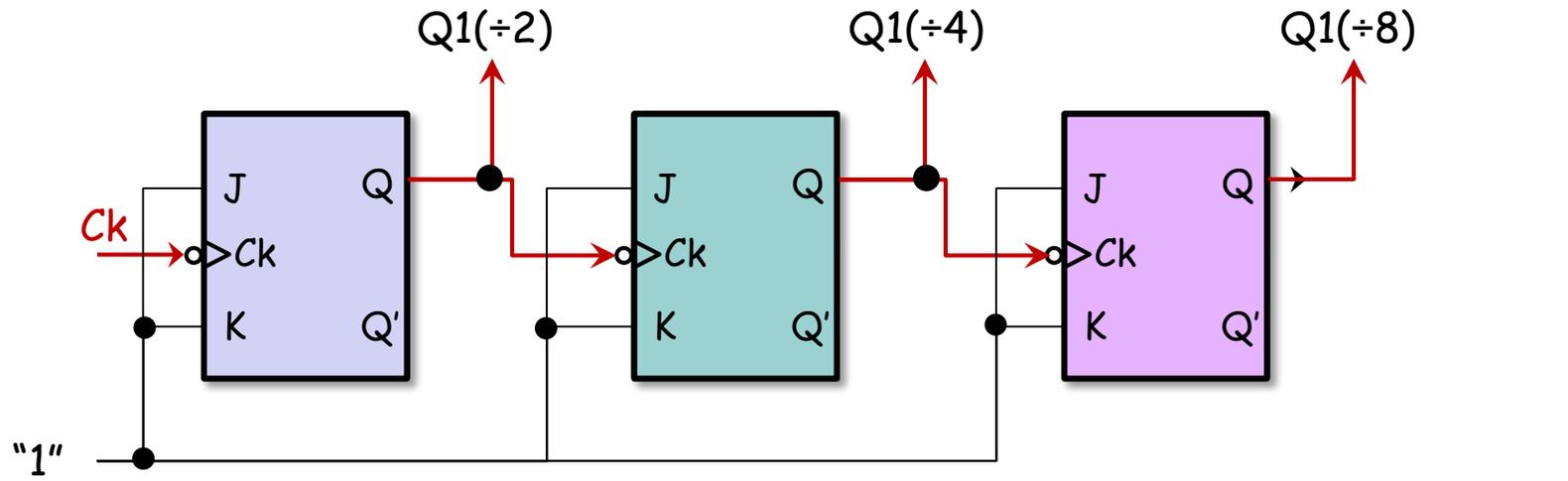
MÓDULO 8

- ◇ Los contadores asíncronos también se les denomina **contadores con propagación** porque el efecto del reloj lo recibe primero FF0. Después llega inmediatamente a FF1, tras el retardo de propagación a través de FF0. Igualmente, se produce un retardo de propagación a través de FF1, antes de que FF2 pueda ser disparado.
- ◇ Se podría decir que el efecto de un impulso en la entrada de reloj se “**propaga**” a través del contador, tardando un tiempo en alcanzar el último de los flip-flops, debido a los retardos de propagación



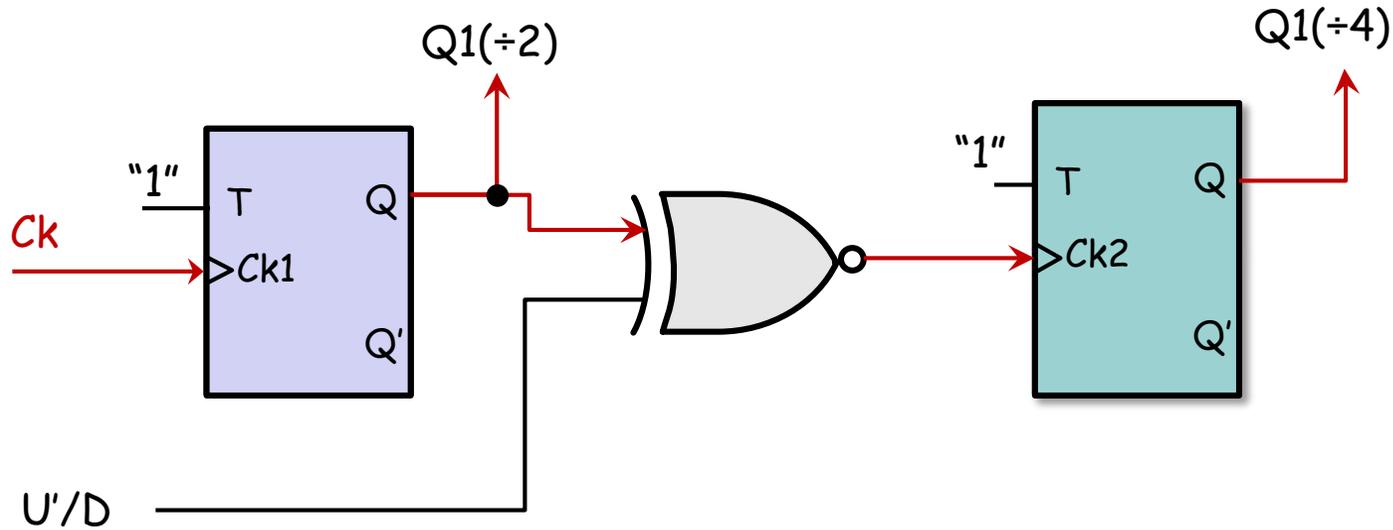
EL CONTADOR ASÍNCRONO ASCENDENTE

MÓDULO 8



CONTADORES ASÍNCRONOS

ASCENDENTES Y DESCENDENTES. FLANCO DE SUBIDA



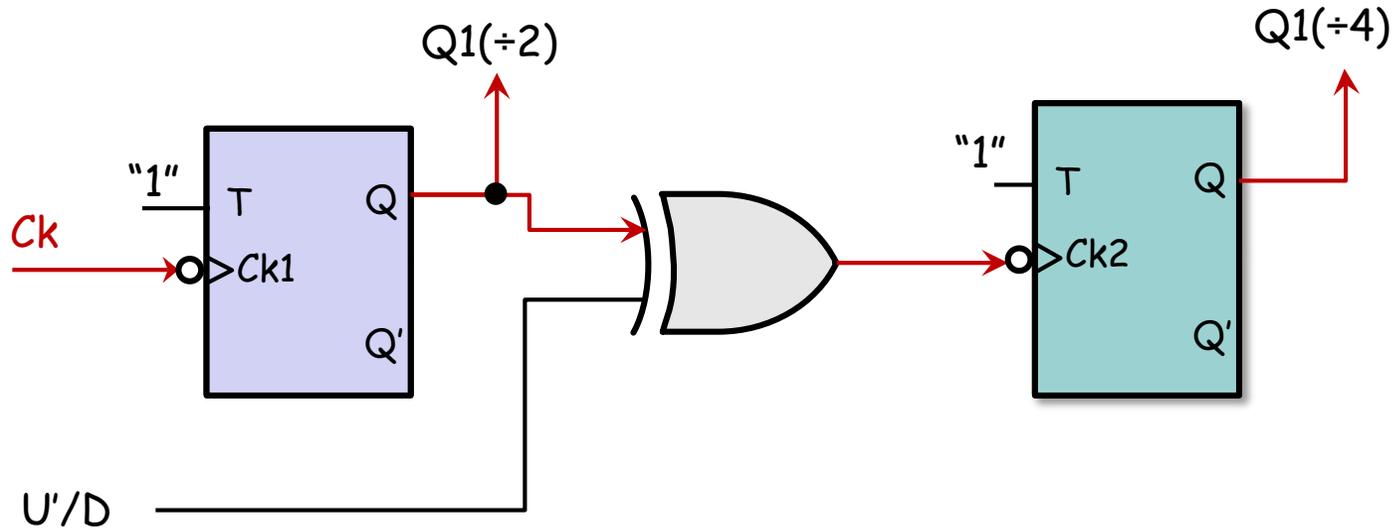
| U'/D | Q | XNOR |
|------|---|------|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

} Q'_1
} Q_1

| | U'/D | Ck ₂ |
|-------------|------|-----------------|
| Ascendente | 0 | Q'_1 |
| | | |
| Descendente | 1 | Q_1 |

CONTADORES ASÍNCRONOS

ASCENDENTES Y DESCENDENTES. FLANCO DE BAJADA

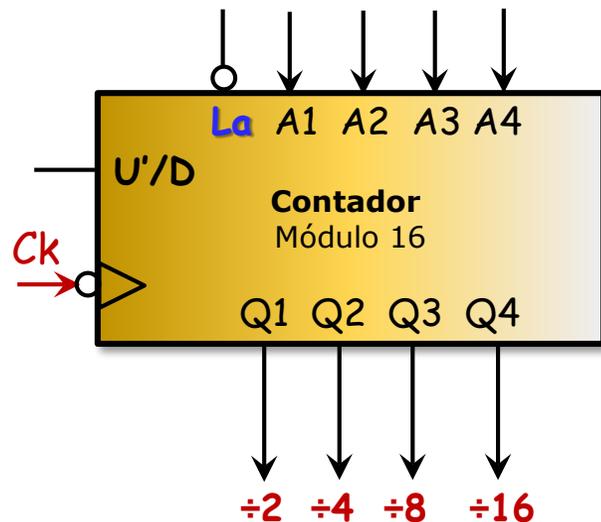


| | U'/D | Ck ₂ |
|-------------|------|-----------------|
| Ascendente | 0 | Q ₁ |
| ----- | | |
| Descendente | 1 | Q' ₁ |

EL CONTADOR ASÍNCRONO COMERCIAL

CARGA ASÍNCRONA

- Los circuitos contadores comerciales están dotados de entradas de carga (LOAD) asíncronas



| La | Ai | Pi | Ci |
|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | x | 1 | 1 |

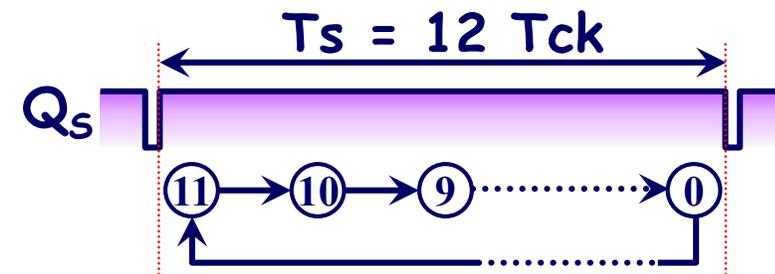
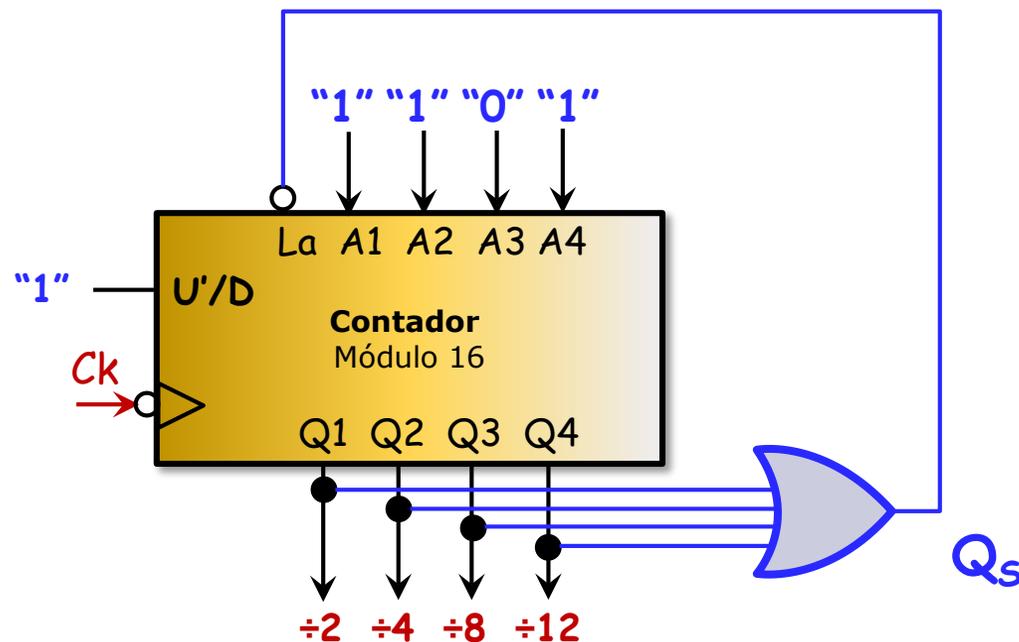


$$\begin{aligned} \bar{P}_i &= \bar{L}_a A_i & P_i &= \overline{\bar{L}_a A_i} \\ \bar{C}_i &= \bar{L}_a \bar{A}_i & C_i &= \overline{\bar{L}_a \bar{A}_i} \end{aligned}$$

EL CONTADOR ASÍNCRONO COMERCIAL

CONTADOR DOWN DE MÓDULO 12

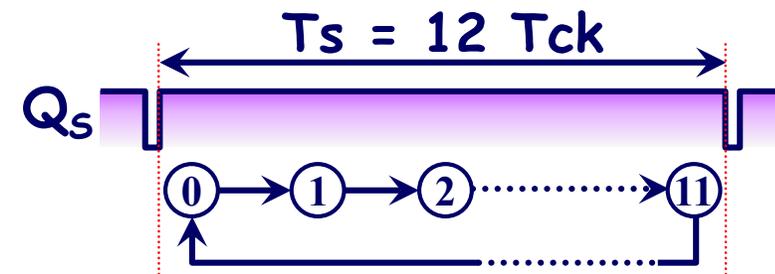
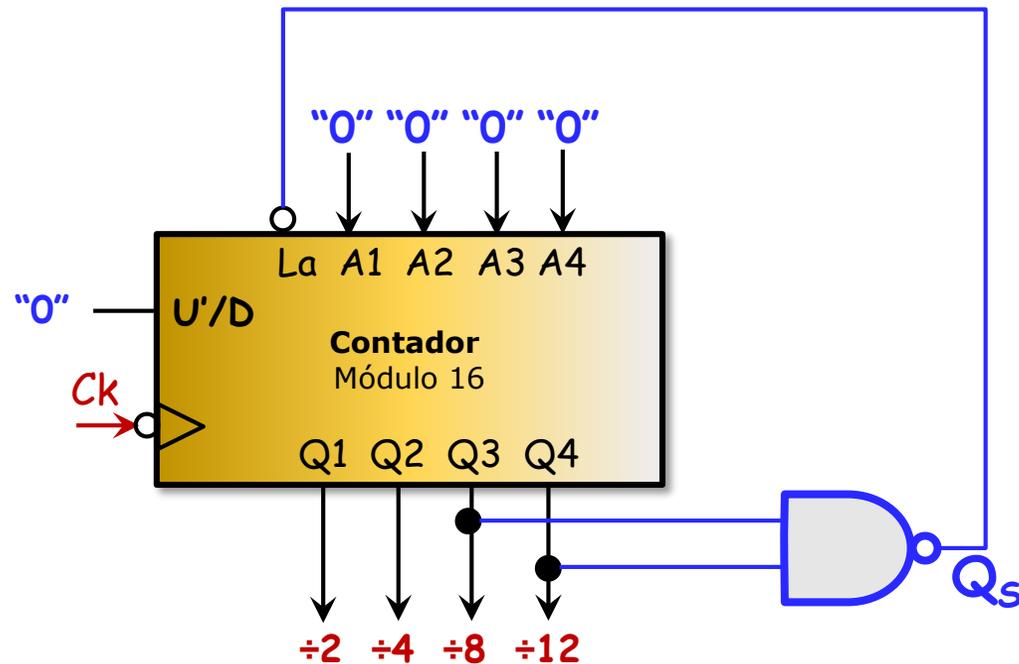
◇ Detectamos 1111 y cargamos $1011_{(2)}=11_{(10)}$



EL CONTADOR ASÍNCRONO COMERCIAL

CONTADOR UP DE MÓDULO 12

◇ Detectamos 1100 y cargamos $0000_{(2)}=0_{(10)}$



CONTADOR SÍNCRONO UP/DOWN

MÓDULO MÁXIMO

◇ Contador síncrono ascendente y descendente de $M=8$ con FF tipo T

Ascendente

$$T_0 = "1"$$

$$T_1 = Q_0^+$$

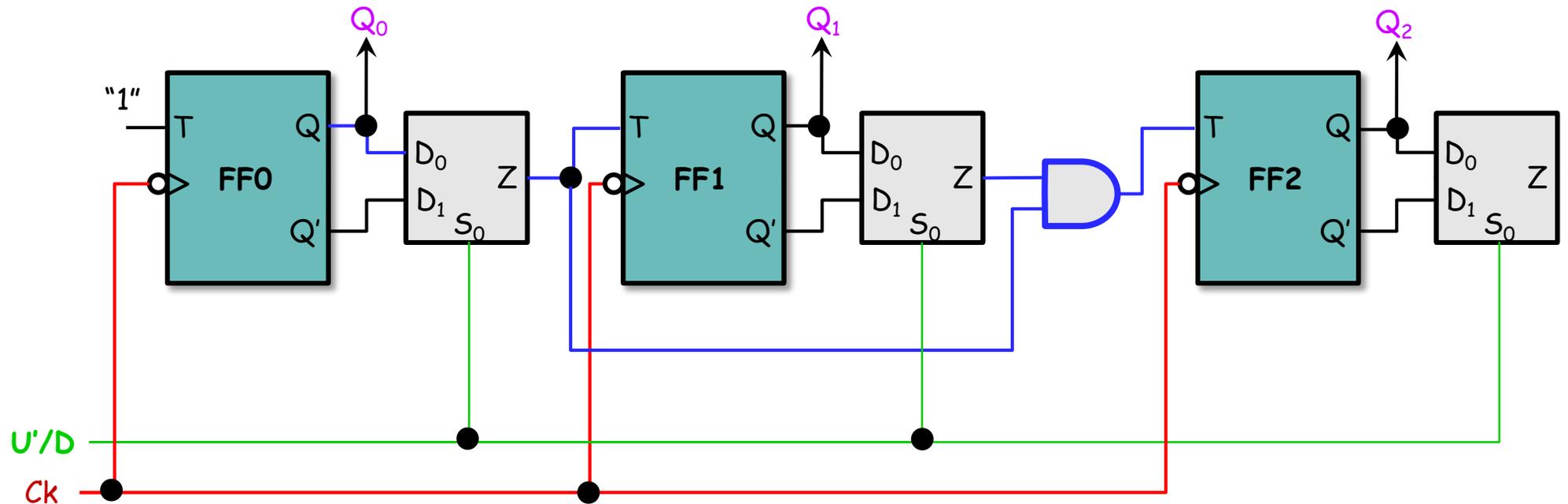
$$T_2 = Q_0^+ Q_1^+$$

Descendente

$$T_0 = "1"$$

$$T_1 = \overline{Q_0^+}$$

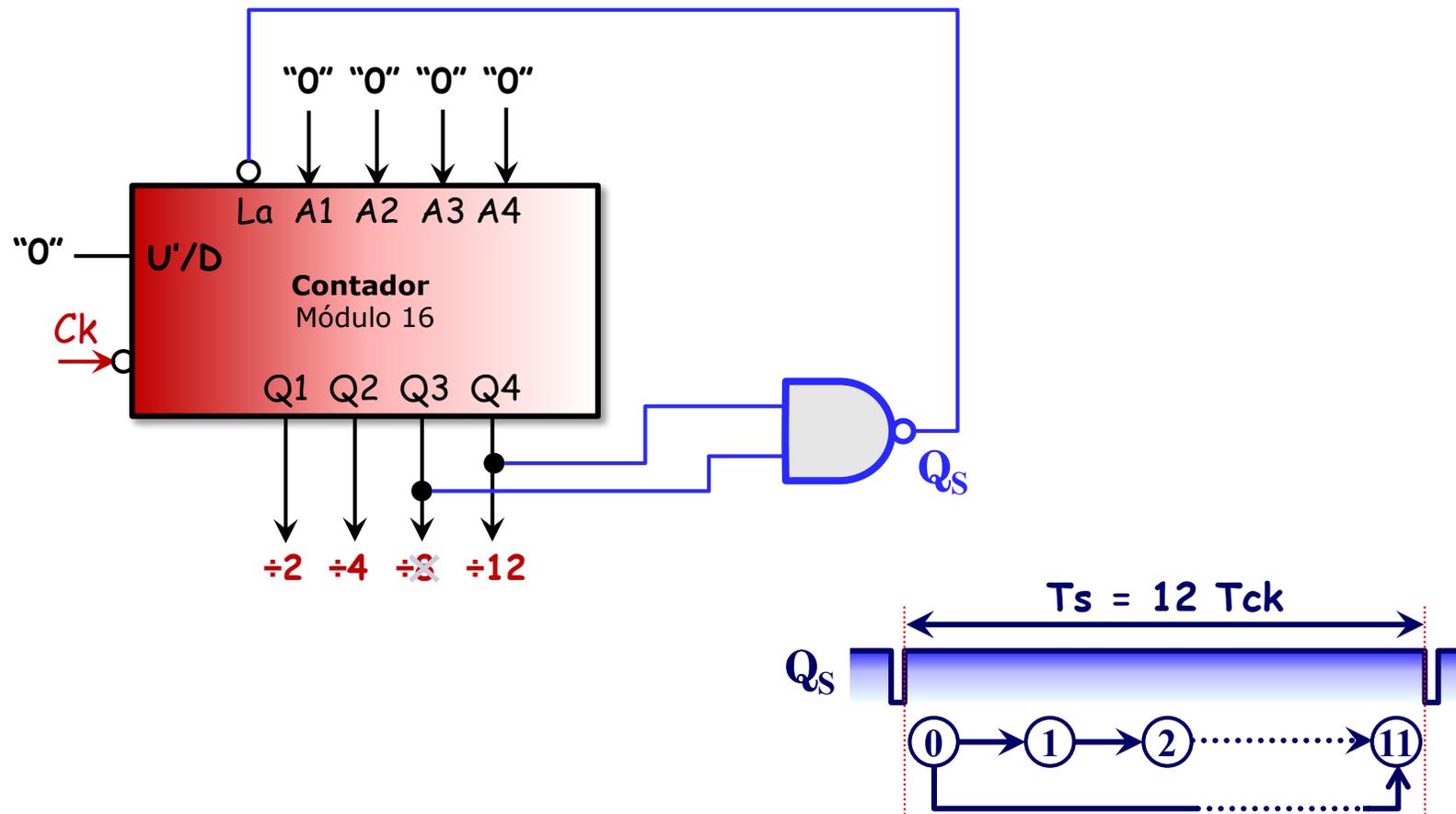
$$T_2 = \overline{Q_0^+} \overline{Q_1^+}$$



EL CONTADOR SÍNCRONO TRUNCADO INTEGRADO

ASCENDENTE DE MÓDULO 12

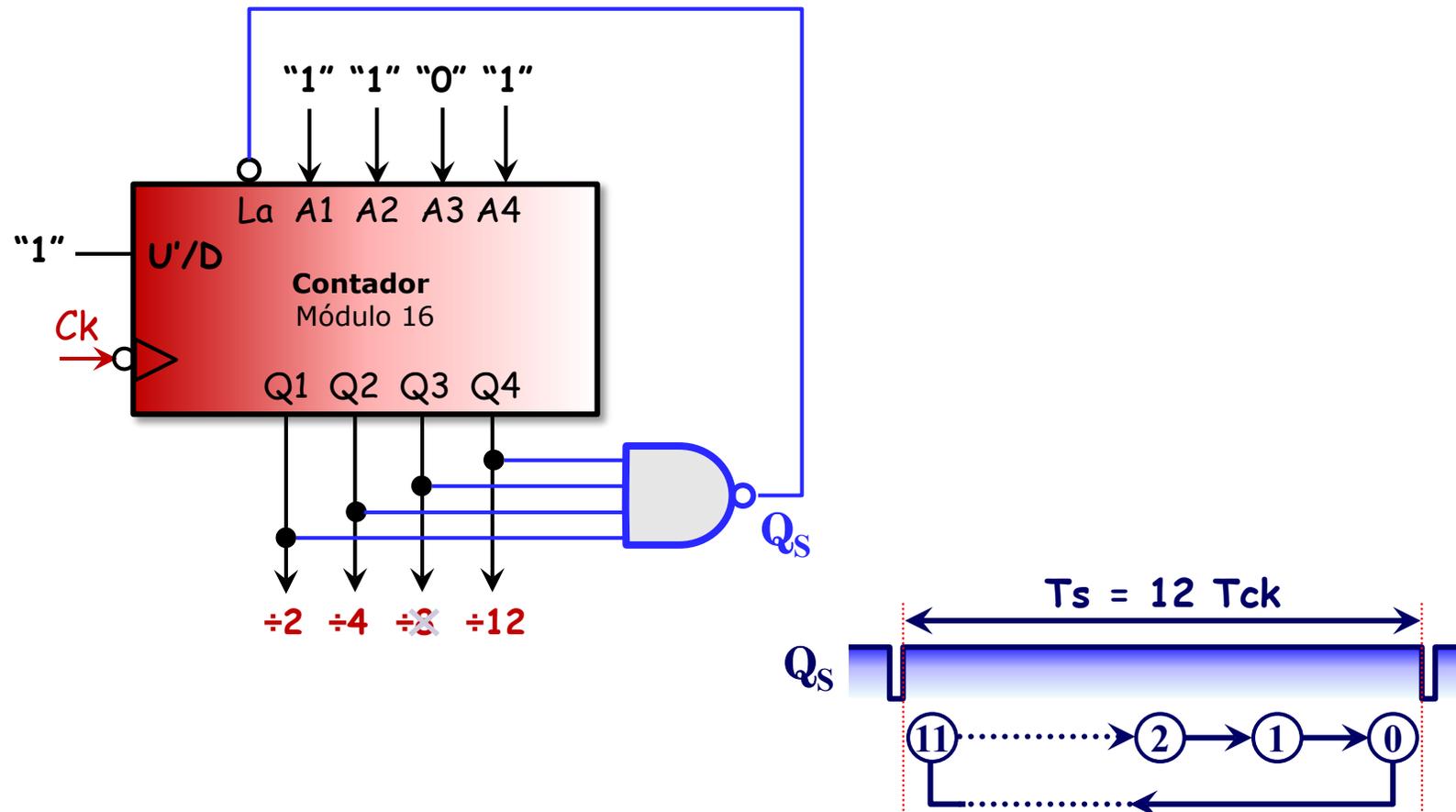
- ◇ El cronograma es idéntico a un contador asíncrono truncado ya estudiado



EL CONTADOR SÍNCRONO TRUNCADO INTEGRADO

DESCENDENTE DE MÓDULO 12

- ◇ El cronograma es idéntico a un contador asíncrono truncado ya estudiado



CONCLUSIONES

- ◇ Los contadores asíncronos son, sin duda, los más simples de los contadores binarios, porque requieren la menor cantidad de componentes para producir un conteo determinado, sin embargo tienen problemas.
- ◇ Los problemas de los **contadores de asíncronos** son causados por los retardos de propagación acumulados de los FF; esto es, los FF no cambian todos los estados simultáneamente en sincronización con los pulsos reloj.
- ◇ Estas limitaciones se superan con los **contadores síncronos** en los que todos los FF se activan simultáneamente (en paralelo) mediante los pulsos de entrada del reloj.

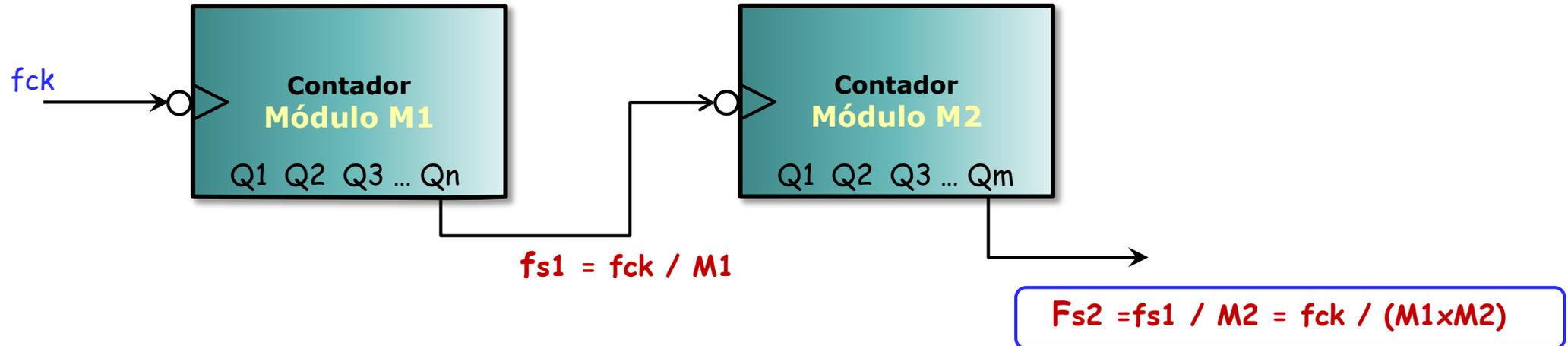


5.1.7. EXTENSION DE LOS CONTADORES

EXTENSIÓN DE LOS CONTADORES

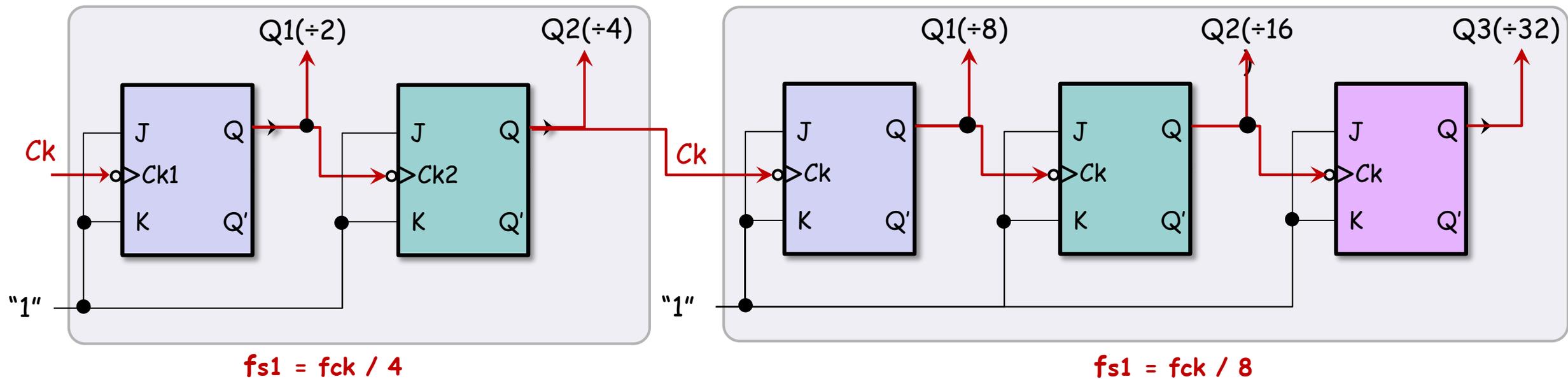
PRODUCTO DE MÓDULOS/FACTORES DE DIVISIÓN

- ◇ Los contadores se pueden combinar para obtener un nuevo contador con mayor número de estados de cuenta que los originales
 - ⊖ Ejemplo: un contador de módulo 256 (8bits) se puede construir a partir de dos contadores módulo 16 (4 bits)



EXTENSIÓN DE LOS CONTADORES

CONTADOR ASÍNCRONO DE MÓDULO 32

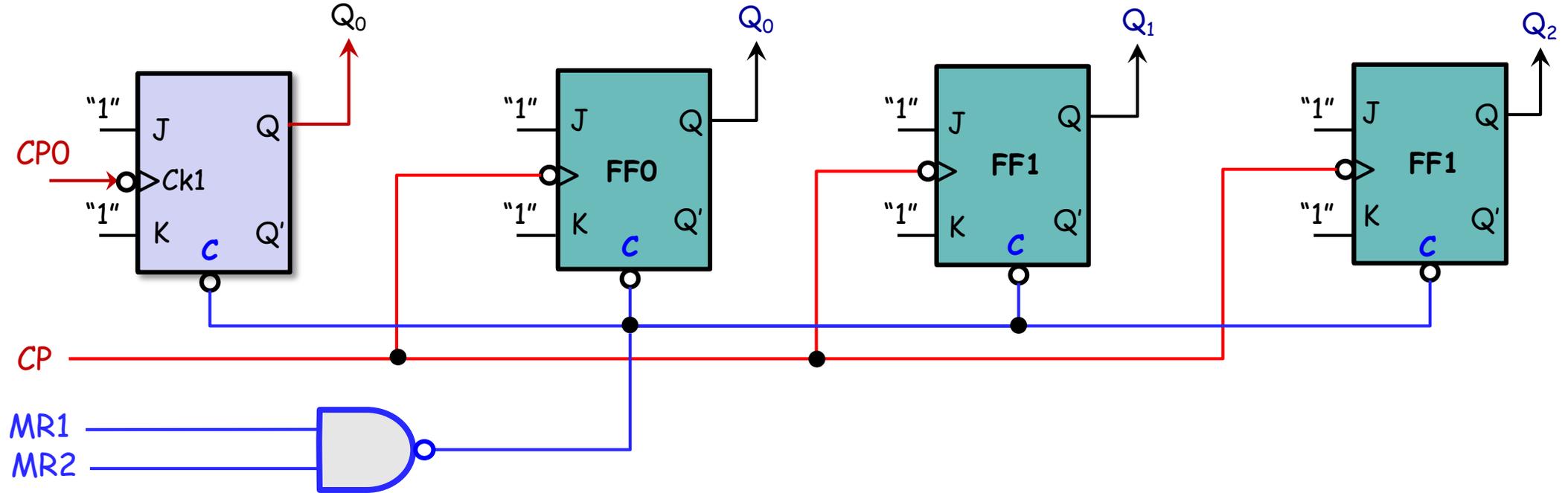


$$Fs2 = fs1 / M2 = fck / (M1 \times M2)$$

EL CONTADOR DE DÉCADAS 7493

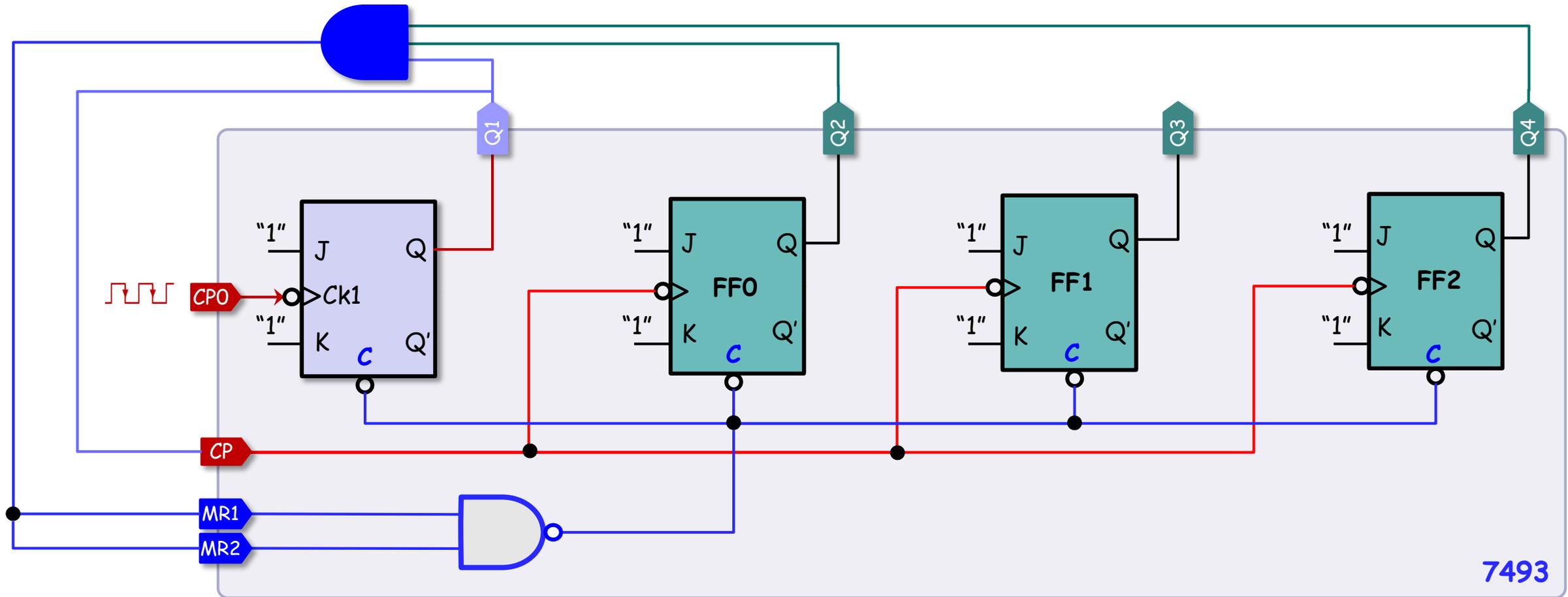
CONTADOR EXTENDIDO FORMADO POR DOS CONTADORES DE MOD-2 Y MOD-8

- ◇ 7493 está constituido internamente por cuatro flip flops que forman un contador de módulo 2 y otro de módulo 8, aislados entre sí
 - ⊖ Dispone de un Reset a cero común



CONTADOR DE MÓDULO 11

IMPLEMENTACIÓN CON EL 7493



7493



**FINAL DE
FUNDAMENTOS DE COMPUTADORES
TEMA 5: CIRCUITOS INTEGRADOS SECUENCIALES
5.1 CONTADORES**