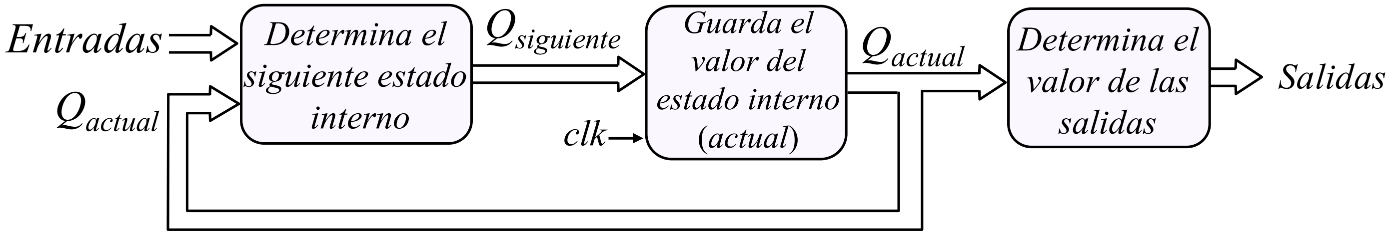
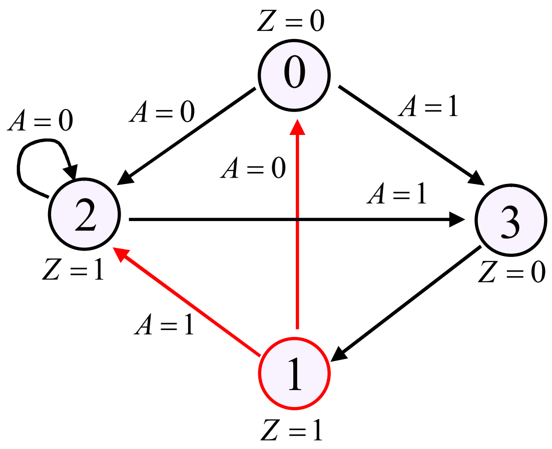
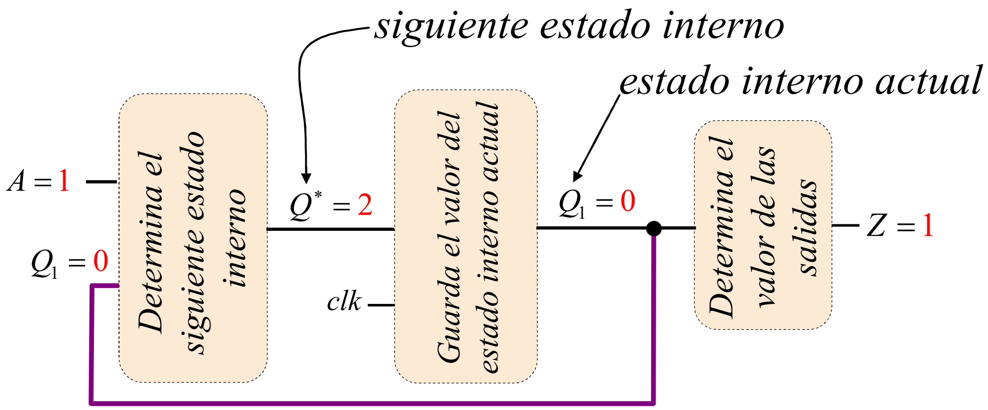
Implementación de un sistema secuencial de tipo Moore utilizando un μC



Ejemplo:





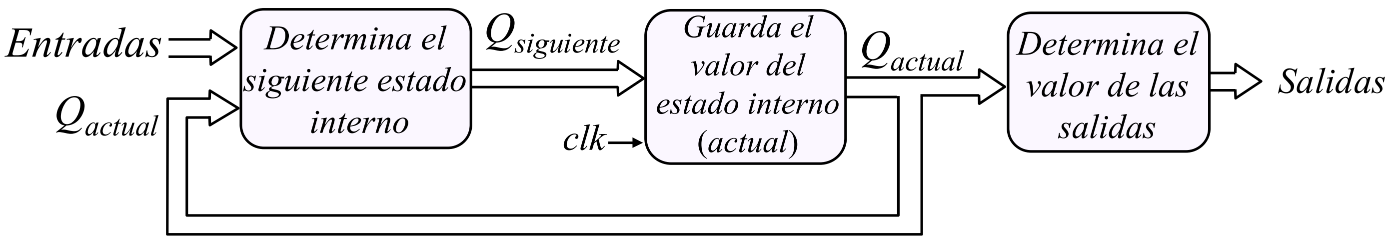
Si durante un periodo de la señal de reloj (*clk*) el sistema está en el estado $Q = 1$, se cumple que la salida es $Z = 1$ y:

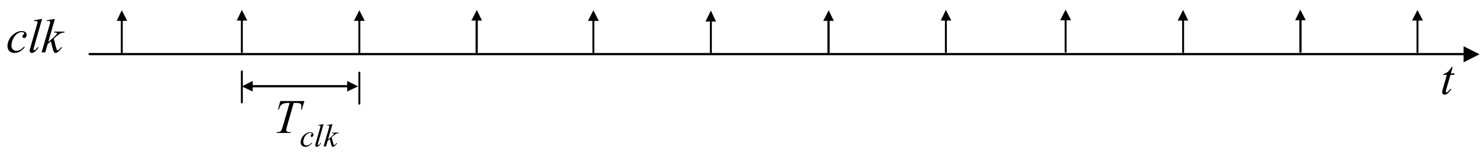
_ si $A = 0$, durante el siguiente periodo de *clk* el estado interno del sistema será el 0

_ si $A = 1$, durante el siguiente periodo de *clk* el estado interno del sistema será el 2

A la hora de implementar un sistema secuencial (síncrono) *utilizando un μC*, cuyo comportamiento se ha descrito siguiendo el *modelo de Moore*, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

▪ No es necesario sincronizar las entradas con los instantes en los que se actualiza el estado interno del sistema. Ya que con independencia del instante en el que cambien de valor, el μC nunca va a entrar en un estado *metaestable*.





↑ ≡ *instantes en los que se actualiza el valor del estado interno y de las salidas*

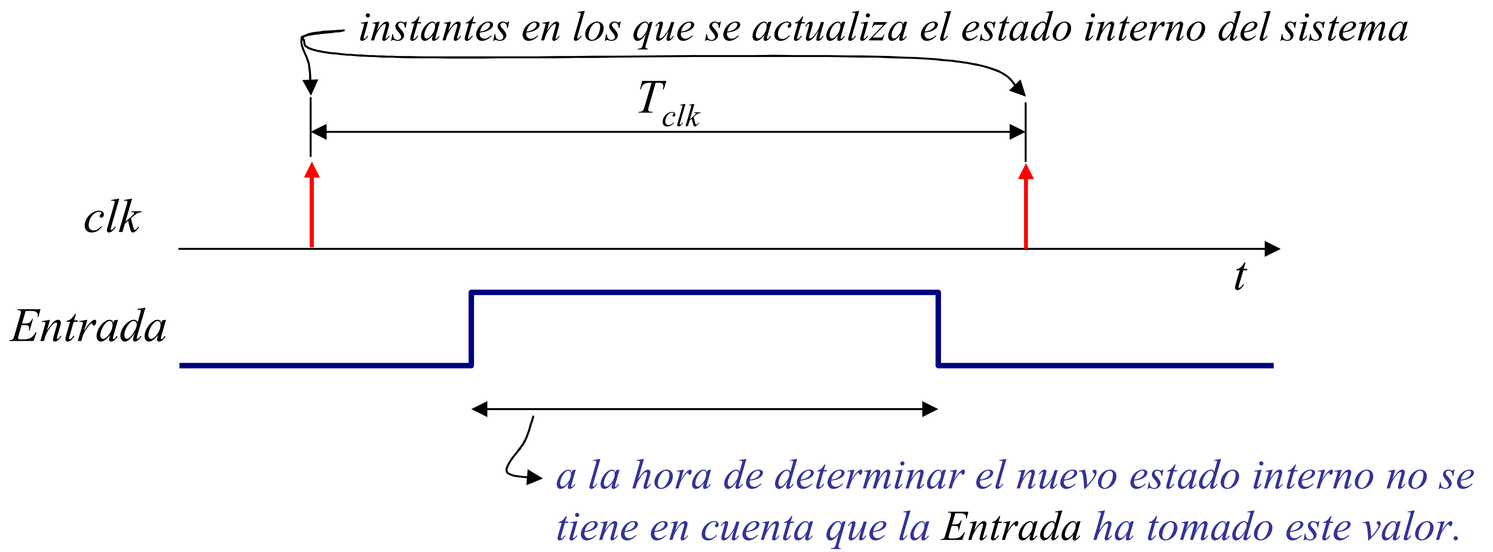
▪ A la hora de elegir el periodo (T_{clk}) con el que se actualiza el estado interno del sistema y como consecuencia de ello la salida (o salidas) del sistema hay que tener en cuenta lo siguiente:

1ª condición: En el caso de que la señal (o señales) de entrada pueda presentar rebotes, el valor de T_{clk} debe ser mayor que la duración de los rebotes o bien deben filtrarse los rebotes (analógicamente).

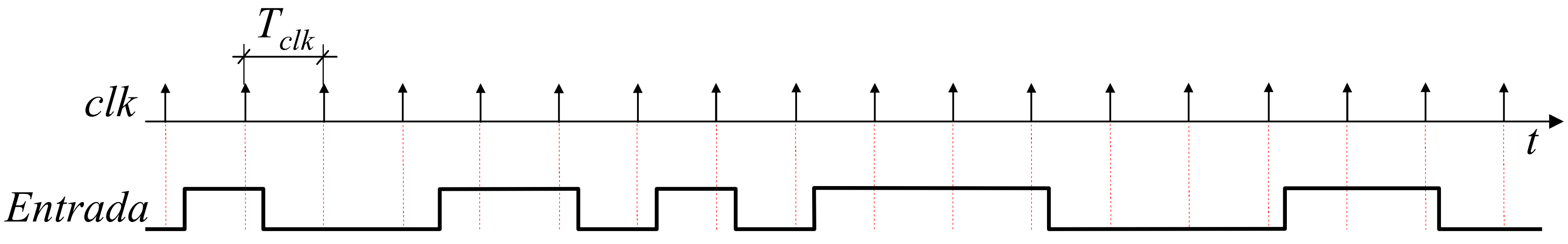
2ª condición: El valor de T_{clk} debe ser lo suficientemente pequeño como para que la señal (o señales) de entrada no cambie de valor más de 1 vez en un periodo (T_{clk}). De de no cumplirse esta condición el estado interno del sistema puede ignorar algunos de los valores de la señal (o señales) de entrada y por lo tanto no evolucionará de acuerdo con los mismos (ver ejemplo en la siguiente página).

Ejemplo:

1º caso: en el caso indicado en la parte inferior, el valor transitorio de la entrada (*Entrada* = 1) no es tenido en cuenta por el sistema (secuencial) a la hora de determinar el siguiente estado interno (del sistema). Esto es debido a que el tiempo durante el que la señal de entrada está a 1 es inferior al valor de T_{clk}, lo que hace *que en este ejemplo el sistema ignore que la señal de entrada se pone a* 1 *durante el intervalo de tiempo representado... para el sistema, la señal de entrada está siempre a* 0 *en el intervalo de tiempo representado*.



2º caso: en el siguiente ejemplo todos los valores (0s y 1s) que toma la señal de la entrada son detectados por el sistema (secuencial) y por lo tanto son tenidos en cuenta a la hora de determinar el nuevo estado interno (del sistema).



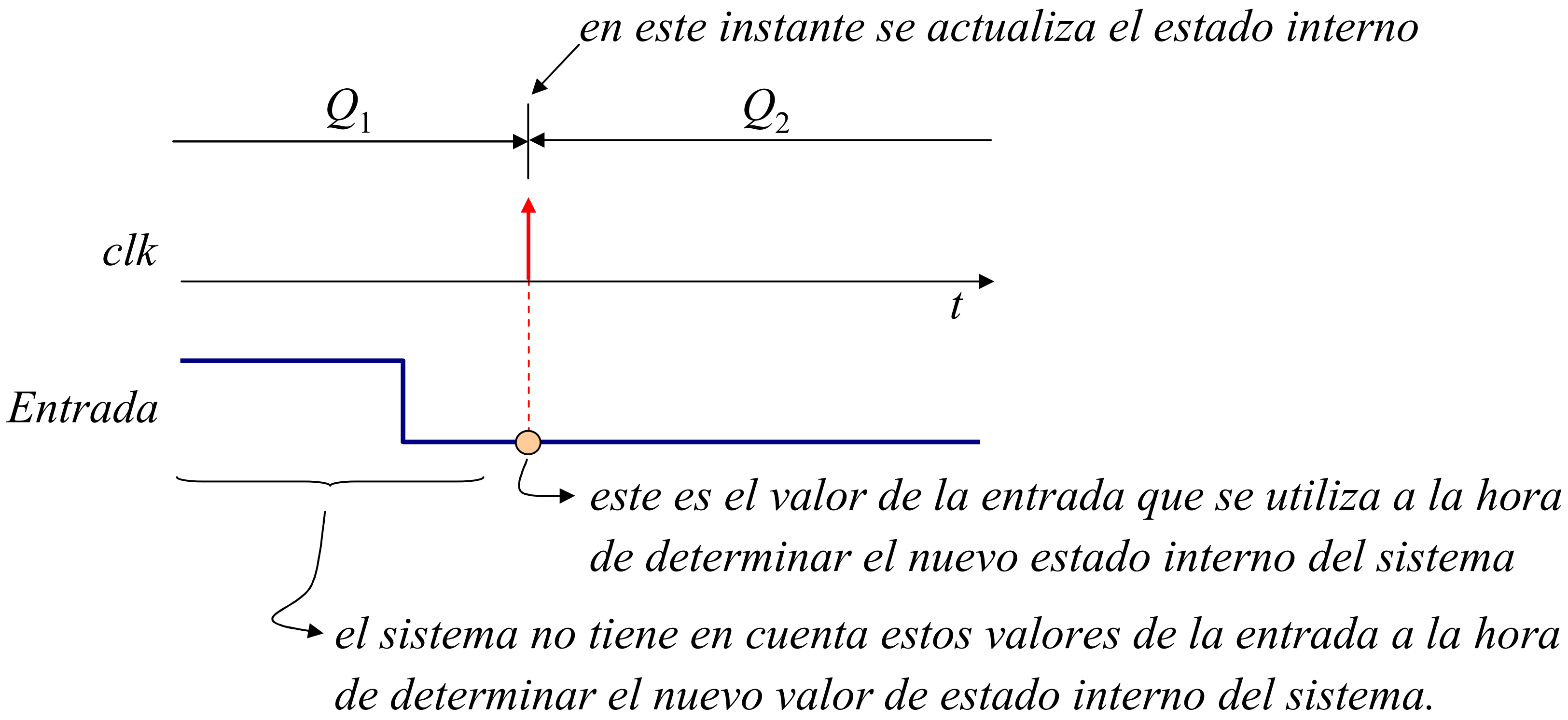
↑ ≡ *instantes en los que se actualiza el valor del estado interno y de las salidas*

Nota: el valor de T_{clk} debe elegirse de modo que sea inferior al tiempo mínimo que la entrada (o entradas) del sistema puede estar a 0 o a 1 (el menor de ambos tiempos mínimos). En la práctica, el valor máximo de T_{clk} se elige teniendo en cuenta:

_ Las características de la señal de entrada (o entradas)… teniendo en cuenta como se genera y cómo puede variar su valor a lo largo del tiempo.

_ El tiempo máximo que debe tardar el sistema en "*responder*" a un cambio de valor de su entrada (o entradas).

▪ El estado interno del sistema se actualiza cada T_{clk} segundos. Su nuevo valor se determina a partir del valor del estado interno actual y del valor que tiene la entrada (o entradas) en el instante en el que se produce la actualización del estado interno.

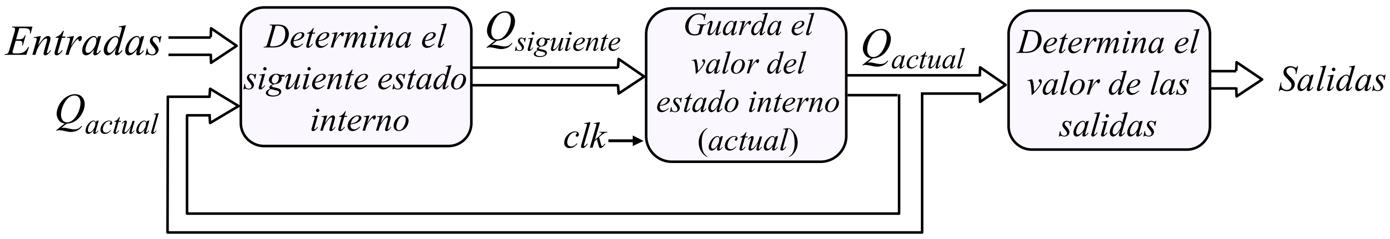


Cada T_{clk} segundos el μC debe de hacer lo siguiente:

1º: Determinar el valor del siguiente estado interno del sistema ($Q_{siguiente}$) a partir de su valor actual (Q_{actual}) y del valor que tenga la *Entada* (o *Entradas*) del sistema.

2º: Actualizar el valor del estado interno actual con el valor calculado en el paso anterior ($Q_{actual} = Q_{siguiente}$)

3º: Determinar el nuevo valor de la *Salida* (o de las *Salidas*) del sistema a partir del nuevo valor de Q_{actual} establecido en el paso anterior.



El proceso anterior se puede realizar en dos pasos:

1º: Determinar el *nuevo estado interno actual* (Q^2_{actual}) a partir del estado interno actual (Q^1_{actual}) y del valor que tenga la *Entada* (o *Entradas*) del sistema.

$$\left.\begin{aligned} Q_{siguiente} &= f(Q^1_{actual}, Entradas) \\ Q^2_{actual} &= Q_{siguiente} \end{aligned}\right\} \Rightarrow Q^2_{actual} = f(Q^1_{actual}, Entradas)$$

2º: Determinar el nuevo valor de la *Salida* (o de las *Salidas*) del sistema a partir del nuevo valor del estado interno actual establecido en el paso anterior.

$$Salidas = g(Q^2_{actual})$$

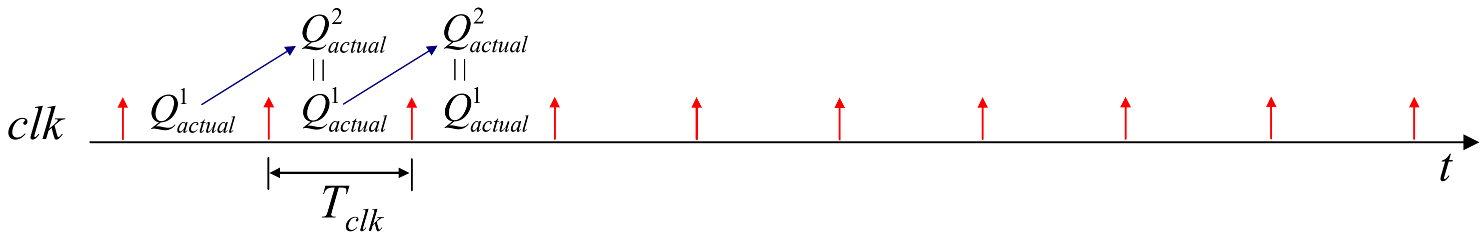
Unos comentarios:

_ A la hora de escribir el programa, el proceso anterior se puede realizar en un único paso consistente en que, cada T_{clk} segundos, se determina el nuevo estado actual (Q^2_{actual}) y el valor de la salida (o salidas) del sistema en función del estado interno durante el periodo anterior (Q^1_{actual}) y del valor de la entrada (o entradas) Es decir,

$$\left.\begin{array}{l} Q_{siguiente} = f(Q^1_{actual}, Entradas) \\ Q^2_{actual} = Q_{siguiente} \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} Q^2_{actual} = f(Q^1_{actual}, Entradas) \\ Salidas = g(Q^2_{actual}) = h(Q^1_{actual}, Entradas) \end{array}\right.$$

_ Se puede (*debe*) utilizar un *timer* para que establezca los instantes a lo largo del tiempo en los que se actualiza el estado interno y la *Salida* (o *Salidas*) del sistema [*Timer* 1].

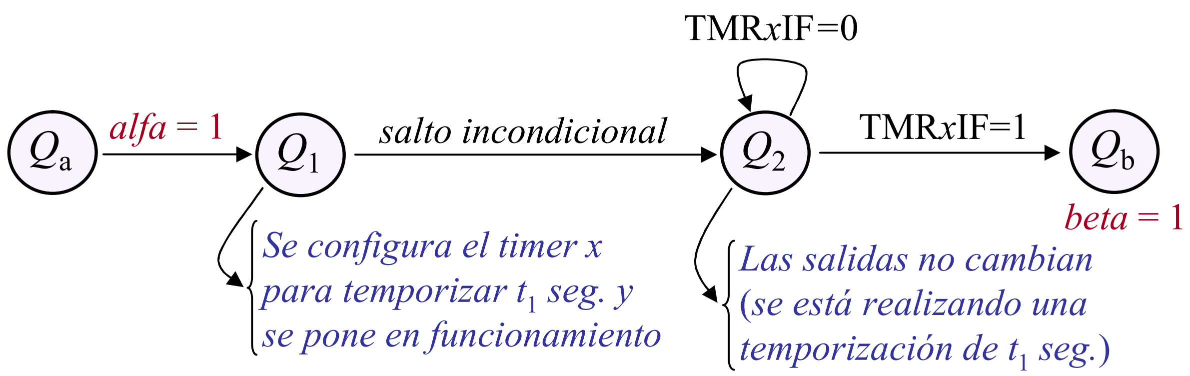
_ El cálculo del nuevo valor del estado actual y de la *Salida* (o *Salidas*) del sistema se *debe* realizar en la rutina de atención a la interrupción del *timer*.



Importante: en un modelo de *Moore*, el valor de la salida (o salidas) del sistema sólo depende del estado interno actual.

Como introducir una temporización en un modelo de Moore: a continuación se analiza como lograr que cuando una *entrada* *alfa* se pone a 1 el sistema espere t_1 segundos para poner una *salida* *beta* a 1. En función del valor de t_1 y de su relación con el tiempo T_{clk} que tarda en actualizarse el estado interno y la salida (o salidas) del sistema, en la práctica se pueden dar 2 casos:

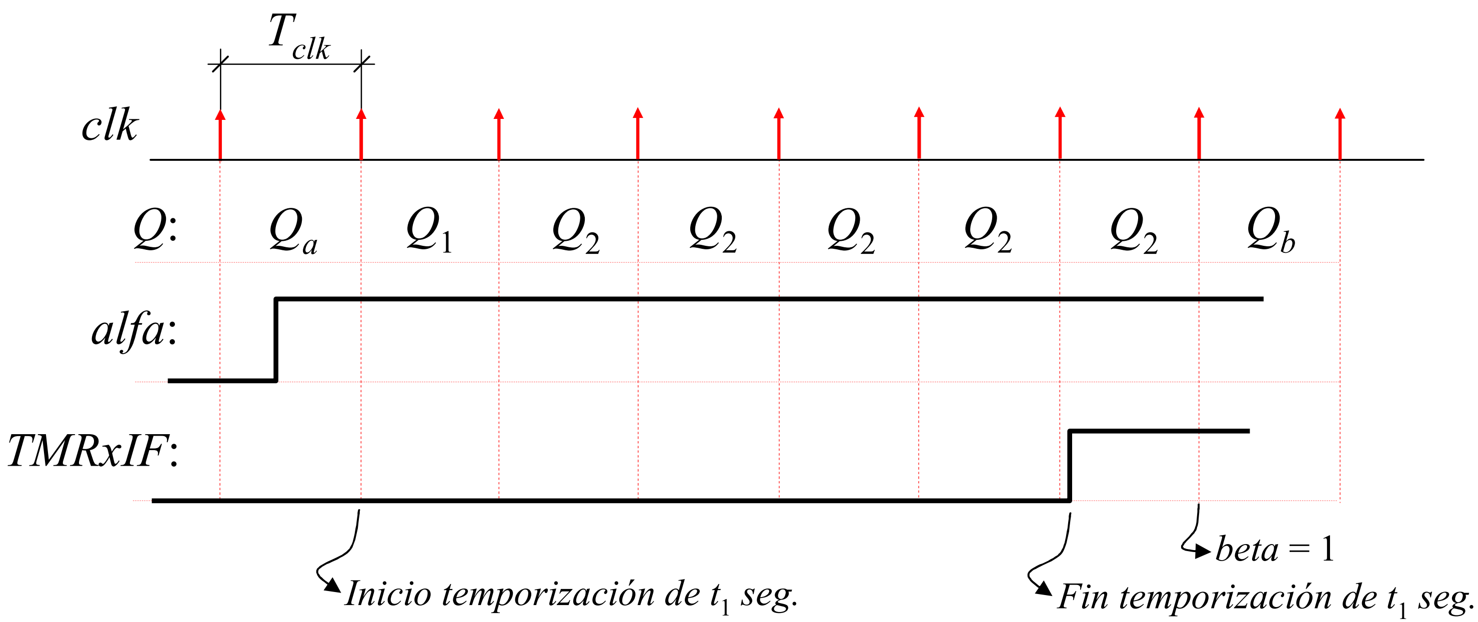
1º *caso*: se supone que t_1 es mucho mayor que T_{clk} y que el tiempo t_1 se puede medir con una única temporización del *timer x*.



Notas: *i*) *No es necesario que habilites las interrupciones del timer x…* <u>*no lo hagas*</u> !!!!.

ii) *Desde que el estado interno pasa a ser* Q_a, *el tiempo* <u>*máximo*</u> *que transcurre desde que la entrada alfa se pone a* 1 *hasta que la salida beta se pone a* 1 *es de* $t_1 + 2 \cdot T_{clk}$ *seg. y el tiempo* <u>*mínimo*</u> *es* $t_1 + T_{clk}$ *seg.*

Ejemplo para $t_1 = 5 \cdot T_{clk}$



2º *caso*: se supone que $t_1 = \lambda \cdot T_{clk}$, siendo λ un entero con un valor pequeño y T_{clk} el periodo con el que se actualiza el estado interno y la salida (o salidas) del sistema. En este caso se puede medir t_1 en función del número de periodos T_{clk} transcurridos.

Ejemplo: el diagrama de estados a implementar para que transcurran entre $3 \cdot T_{clk}$ seg. y $4 \cdot T_{clk}$ seg. desde que la entrada *alfa* se pone a 1, cuando el sistema está en el estado Q_a, hasta que la salida *beta* se pone a 1, puede ser el siguiente: