

Unidad Didáctica
Contadores

FONDO  FORMACION

Programa de Formación abierta Flexible

Obra colectiva de FONDO FORMACION

Coordinación *Servicio de Producción Didáctica de FONDO FORMACION
(Dirección de Recursos)*

Diseño y maquetación *Servicio de Publicaciones de FONDO FORMACION*

© FONDO FORMACION - FPE

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otro método, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Depósito Legal AS -1953-2001

Unidad Didáctica Contadores

Los circuitos electrónicos digitales capaces de realizar el cómputo de los impulsos que reciben en su entrada, se denominan “contadores”.

Los contadores digitales están formados por cadenas de biestables realimentados de diversas formas, según el tipo de aplicación.

Se suelen utilizar normalmente como circuitos básicos en otros circuitos digitales más complejos, debido a su gran campo de aplicaciones (operaciones de proceso, medición, adquisición de datos, temporización,...). Por ello vamos a ocuparnos de su estudio en esta unidad.

En esta unidad, veremos los siguientes contenidos:

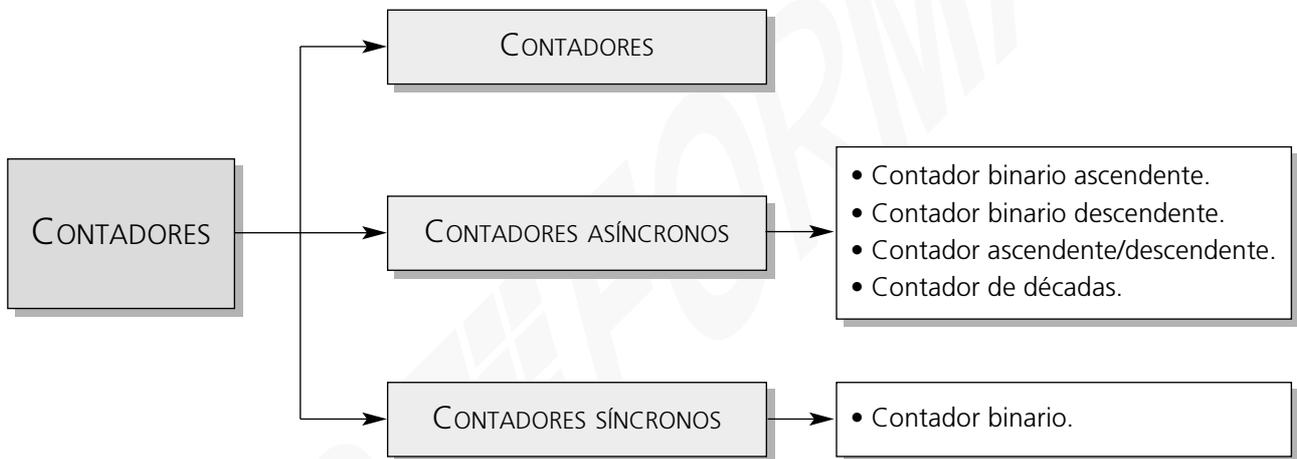
- Contadores.
- Contadores asíncronos.
- Contadores síncronos.

Tus objetivos

Al finalizar el estudio de esta unidad, deberías ser capaz de:

- Enumerar diferentes tipos de contadores.
- Diferenciar tipos de contadores atendiendo al circuito de reloj.
- Analizar el funcionamiento de circuitos contadores.
- Implementar contadores síncronos y asíncronos.

Esquema de estudio



Contadores

Los contadores son una aplicación típica de los biestables. Existen muchas variantes de contadores y todos se fabrican mediante los biestables tipo J-K, R-S, T y D.

Podemos hacer con ellos una clasificación general dividiéndolos en **asíncronos** y **síncronos**.

En los contadores síncronos, todos los biestables cambian de estado simultáneamente, mientras que en los asíncronos, cambia de estado un flip-flop*, este cambio activa un segundo, y así sucesivamente.

Se pueden diseñar contadores que cuenten hasta cualquier número sólo con hacer que el módulo* de conteo sea el número deseado.

Un contador puede contar hacia arriba, hacia abajo, o hacer ambas cosas.

Contadores asíncronos

En ellos, las entradas de reloj que gobiernan los biestables que componen el contador no actúan simultáneamente, sino de forma secuencial.

1. Contador binario ascendente asíncrono

El contador asíncrono binario es el más simple de todos. En la figura 1 puedes ver su constitución. Es un contador binario porque es capaz de contar un número de impulsos igual a 2^n , siendo n el número de biestables de la cadena.

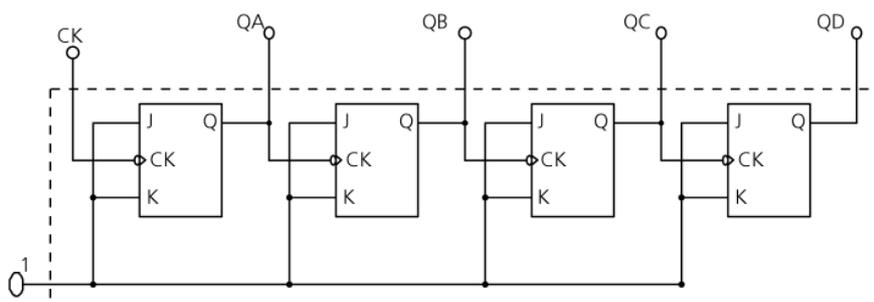


Fig. 1: Contador asíncrono ascendente.

Si te fijas en la figura 1, puedes ver que los pulsos se van introduciendo en el circuito por la entrada de reloj, la salida del primer biestable es la entrada de reloj del segundo, y así sucesivamente, hasta el último biestable de la cadena.

Las entradas J y K de los biestables están conectadas a 1 lógico, en consecuencia, cada vez que se aplique un impulso de reloj en el flanco de bajada del mismo, el biestable cambiará de estado.

El primer biestable cambia en el flanco de bajada del primer impulso de reloj, con lo cual su salida se pone a 1 lógico.

Con el segundo impulso de reloj, el primer biestable vuelve a cambiar, haciendo que su salida se ponga a 0 lógico. A su vez, hace que el segundo biestable se modifique, poniendo en su salida un 1 lógico. Esto significa que la salida del primer biestable actúa como reloj del segundo.

Asimismo, la salida del segundo biestable funciona como reloj del tercero: cada vez que se produzca un cambio de nivel alto a nivel bajo, el tercer biestable variará de estado. La situación se repite para el cuarto biestable.

En la figura 2, puedes ver el cronograma* donde se aprecia la respuesta del circuito, suponiendo que los tiempos de retardo sean nulos.

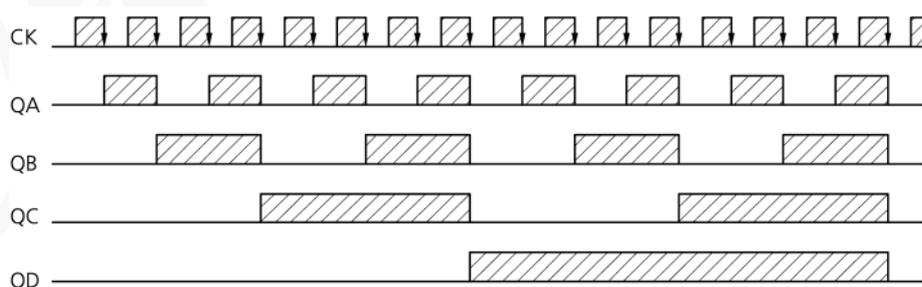


Fig. 2: Cronograma del contador binario asíncrono ascendente.

Inicialmente los biestables estaban a nivel de 0 lógico y después del impulso 16, el circuito volverá a su situación inicial. Como ves, la secuencia de conteo va desde 0000, pasando por todos los estados binarios, hasta 1111, para volver de nuevo a 0000.

Este contador presenta una relativa lentitud debido a que los biestables conmutan en serie y, por tanto, los retardos de cada biestable se van acumulando. La transición más larga se produce cuando todos los biestables cambian de estado; esto sucede cuando se pasa del valor 1111 al 0000. En este caso, el retardo es la suma de todos los retardos.

Esta es la frecuencia máxima que debe tener el reloj para que el circuito funcione de acuerdo con las previsiones. Si la frecuencia del reloj fuese mayor que la limitada por los retardos del circuito, el contador no funcionaría correctamente, ya que los biestables no tendrían de tiempo para realizar las transiciones.

2. Contador binario descendente asíncrono

En este tipo de contador el procedimiento es similar, pero ahora las entradas de reloj de los biestables vienen dadas por el valor de la salida complementada del biestable que le precede –como puedes ver en la figura 3.

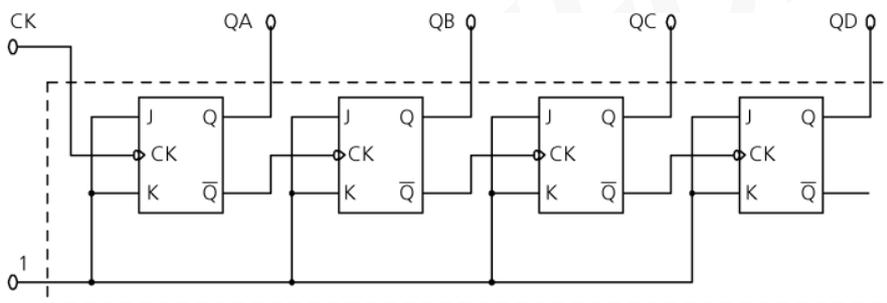


Fig. 3: Contador binario descendente asíncrono.

En la figura 4, puedes ver el cronograma correspondiente a este tipo de contador.

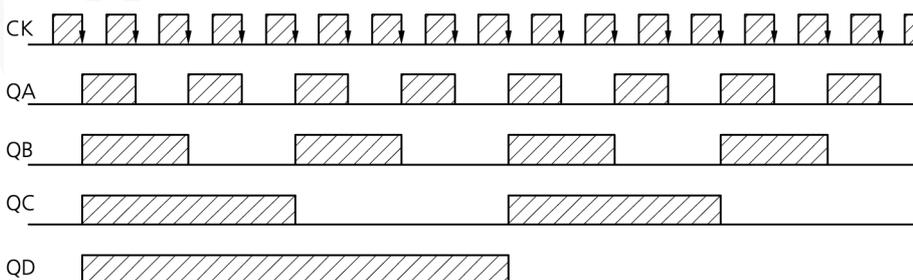


Fig. 4: Cronograma del contador asíncrono binario descendente.

Fíjate cómo, en este caso, al iniciar los pulsos de reloj, todas las salidas se pone a 1 lógico y, a medida que se van introduciendo pulsos, el circuito va descontando hasta completar la secuencia.

3. Contador ascendente/descendente asíncrono

En la figura 5 puedes ver un contador que realiza las funciones de los dos anteriores; es decir, cuenta hacia arriba y hacia abajo (en terminología inglesa decimos que es un contador *up/down*). Para ello, lleva una circuitería lógica auxiliar que nos permite elegir el tipo de conteo que queremos realizar: si queremos contar hacia arriba, ponemos en la línea U/D un 1 lógico; y si deseamos hacerlo hacia abajo, ponemos un 0 lógico.

También lleva una entrada de puesta a cero (*reset*), que debemos poner a nivel lógico alto para iniciar el conteo.

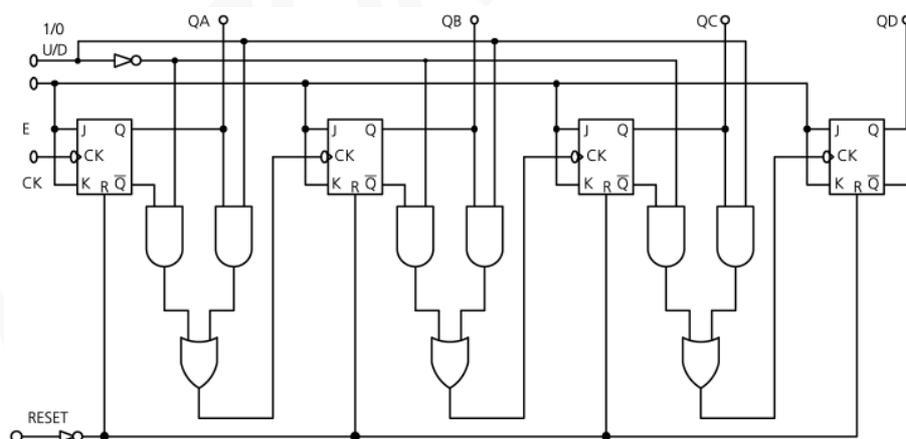
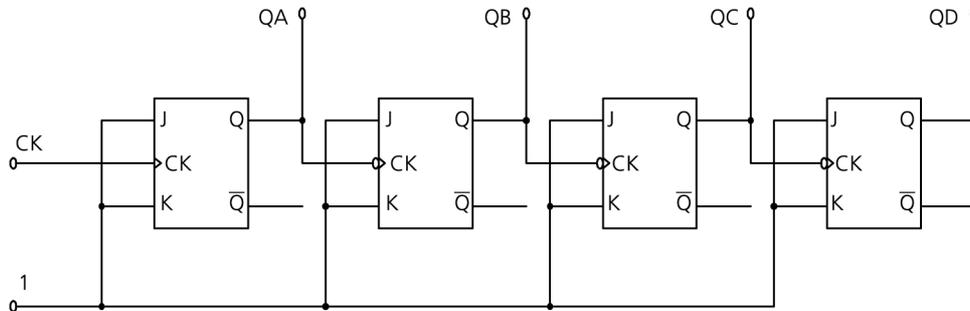


Fig. 5: Contador asíncrono ascendente/descendente.

Dispone además de una línea de habilitación E (*enable*), que va conectada a las entradas de los biestables y que debemos poner a 1 lógico para que funcione correctamente. Si esta entrada la ponemos a 0 lógico, una vez comenzado el conteo, éste se detendrá.

ACTIVIDAD 1

Dibuja el cronograma del contador asíncrono ascendente de la figura siguiente:



4. Contador de décadas asíncrono

No sólo se pueden hacer contadores que cuenten un número de pulsos que sean potencias de dos; también se pueden realizar contadores del número de pulsos que deseemos. Para ello debemos alterar la secuencia de conteo eliminando los pulsos de conteo que sobran.

Si en los contadores vistos hasta ahora deseamos que cuenten solamente hasta once, debemos realizar un circuito auxiliar que impida que los biestables pasen por los estados 1100, 1101, 1110 y 1111; es decir, debemos cortar la secuencia para que, una vez contado el último pulso deseado –en este caso el once–, el contador vuelva al estado 0000.

Para realizar un contador de décadas tenemos que hacer que el circuito pase del estado 9 al estado 0. Como hemos dicho, vamos a alterar la secuencia de conteo eliminando así los pulsos que sobran.

El circuito auxiliar combinacional que hay que introducir debe detectar el último pulso y, una vez detectado, debe actuar sobre los biestables para saltar los estados no deseados y volver al inicio de la secuencia.

Para la realización de este tipo de contadores hay que tener en cuenta el tipo de biestable utilizado y se deben aprovechar las entradas asíncronas para forzar a los biestables a la situación deseada.

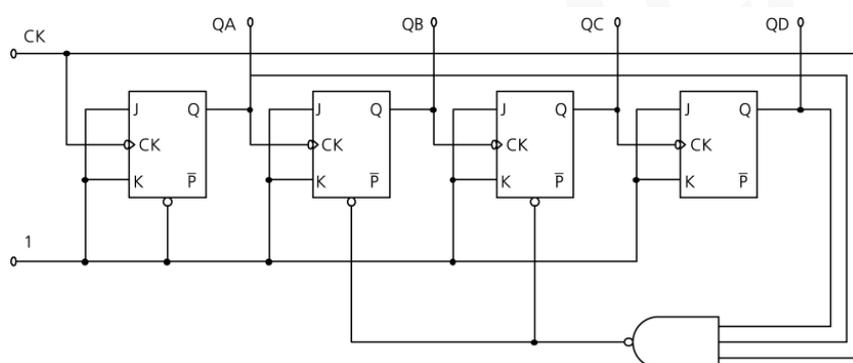


Fig. 6: Contador de décadas asíncrono.

En la figura 6, puedes ver un contador que cuenta hasta diez estados con sólo añadir una puerta NAND, que recoge de la combinación N-1 los estados lógicos a 1 junto con la señal de reloj. Cuando aparezca un 0 lógico en la salida de esta puerta, activará las entradas asíncronas de **preset** de los biestables que en esa combinación tengan en su salida un 0 lógico, para ponerlos a nivel alto.

De esta forma, hemos pasado de la combinación N-1 a la última (todo unos), para que el siguiente pulso de reloj pase a la combinación de inicio.

En la figura 7, puedes ver que el contador, al llegar al estado 1001, pone momentáneamente la salida en la combinación 1111, para pasar de nuevo al estado 0000 antes del siguiente pulso de reloj.

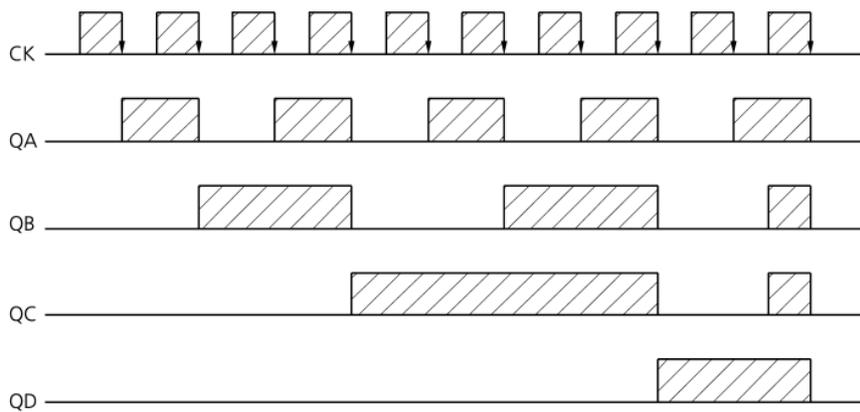


Fig. 7: Cronograma de un contador de décadas asíncrono.

Como ves por el cronograma, los nueve primeros estados son idénticos al contador binario, pero la transición del estado 9 al estado 0 produce inestabilidades transitorias momentáneas debido a los retardos.

Otra forma de implementar el contador de décadas es la que aparece en la figura 8.

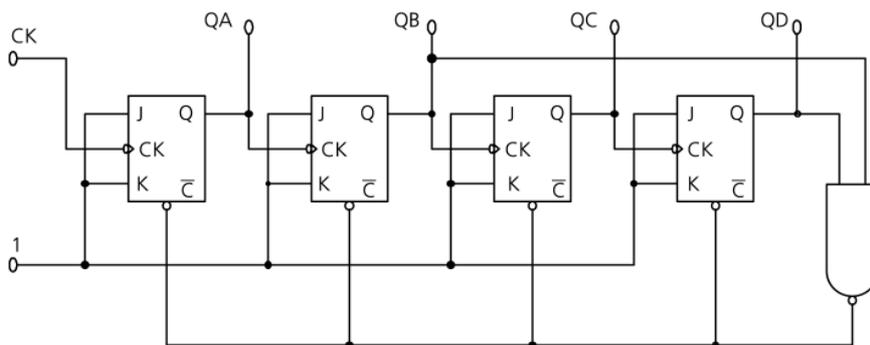


Fig. 8: Contador de décadas.

Mediante este circuito hacemos que el contador siga la secuencia hasta la combinación 10.

Fíjate en la figura 9 que, al llegar la combinación 1010, mediante la activación de la puerta NAND, inmediatamente se hace que el contador pase a la combinación 0000, ya que en este caso la puerta ataca a las entradas asíncronas de **clear** de todos los biestables.

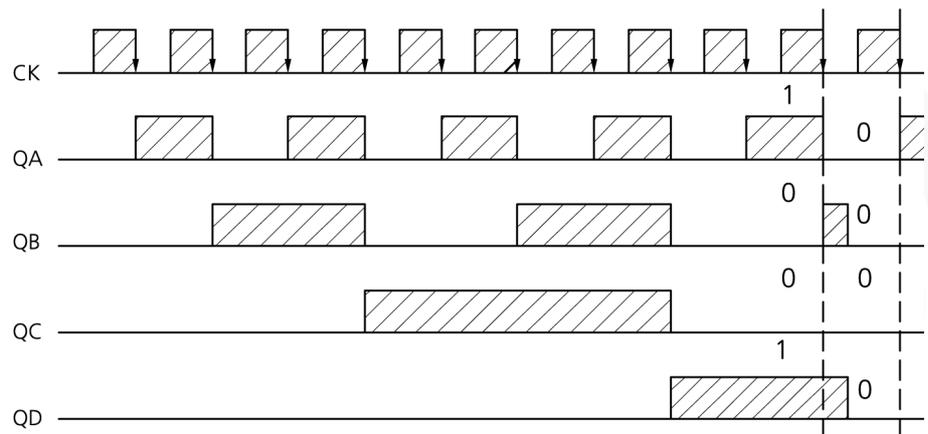


Fig. 9: Cronograma de contador asíncrono de décadas.

Los contadores de décadas se emplean frecuentemente, dado que la salida del contador se puede aplicar a un decodificador de BCD/7 segmentos para su visualización. Si quisieramos realizar un conteo mayor, colocaremos otro circuito contador de décadas enlazado con el primero, de tal forma que se siga la secuencia.

En la figura 10 ves un circuito que puede realizar el conteo desde 0 hasta 99. Observa que consta de dos bloques funcionales semejantes y, en el segundo, el reloj es la señal del cuarto biestable; por tanto, los cambios en el segundo bloque se hacen cada diez pulsos del primero.

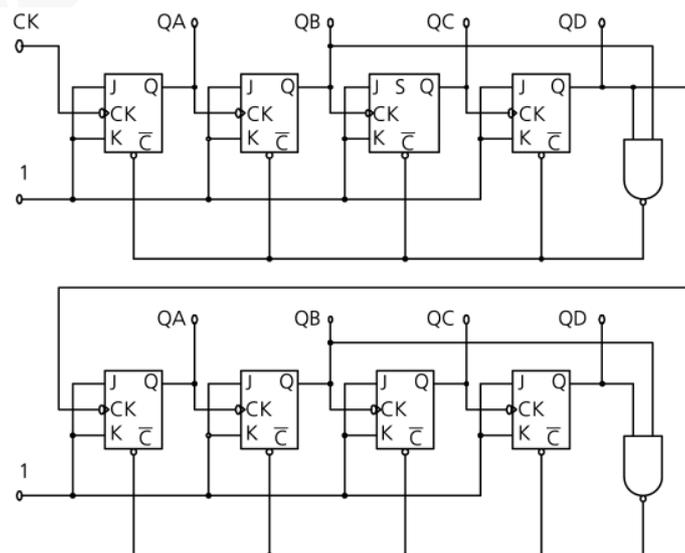


Fig. 10: Contador de 00 a 99.

ACTIVIDAD 2

Dibuja el circuito lógico de un contador asíncrono ascendente de módulo 8.



Contadores síncronos

En este tipo de contadores se aplica la señal de reloj a todos los biestables a la vez, lo que permite trabajar a unas frecuencias mayores.

Para la implementación de este tipo de circuitos se realiza una tabla de verdad donde, por una parte, se ponen como entradas los estados deseados por los que ha de pasar el contador y, como salidas, se ponen los estados lógicos que deben presentarse en las entradas de los biestables para obtener dichos estados.

Contador binario síncrono

En la figura 11 puedes ver un contador síncrono, ya que todos los biestables cambian a la vez, debido a que a todos les llega la señal de reloj al mismo tiempo; por consiguiente no hay estados intermedios con salidas transitorias o incorrectas.

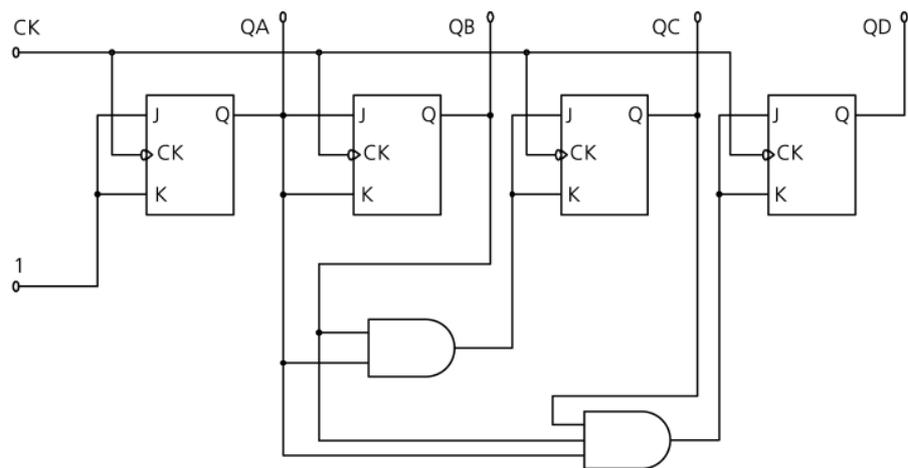


Fig. 11: Contador síncrono con acarreo paralelo.

El funcionamiento del circuito es el siguiente:

Con el primer impulso de reloj solamente cambia de estado el primer biestable, debido a que sus entradas están conectadas a un 1 lógico. Con el siguiente impulso de reloj, las entradas J y K del segundo biestable se encuentran a 1 lógico, por lo que cambia de estado pasando de 0 a 1, mientras que el primer biestable que tenía un 1 pasa a cero. En el tercer impulso, cambian los dos primeros biestables, poniendo en salida la combinación 0011. Al cuarto impulso de reloj, la primera puerta tiene un 1 lógico en las entradas J y K del tercer biestable, con lo cual éste cambia de estado, pero también lo hacen los dos anteriores, por lo que en salida aparece la combinación 0100. El proceso continúa hasta completar la secuencia con la llegada de la combinación 1111, para pasar de nuevo a 0000.

Fíjate que el reloj está presente en todos los biestables a la vez y lo que varía es el estado de las entradas J y K. Éstas unas veces están a 1 lógico y otras veces a cero, debido a la forma de conexión de las puertas, que reciben las entradas de la salida de los biestables anteriores.

Como ves, el número de entradas a las puertas va aumentando conforme se aumenta el número de biestables. Sin embargo, una amplificación excesiva del contador puede resultar un problema a la hora de la realización, debido, entre otras cosas, al *fan-out* de las puertas.

Hay otro tipo de contador síncrono con **acarreo serie** que es más simple, pero presenta el inconveniente de que es algo más lento que el anterior, ya que los retardos de las puertas son acumulativos.

En la figura 12, puedes ver un contador síncrono con acarreo serie.

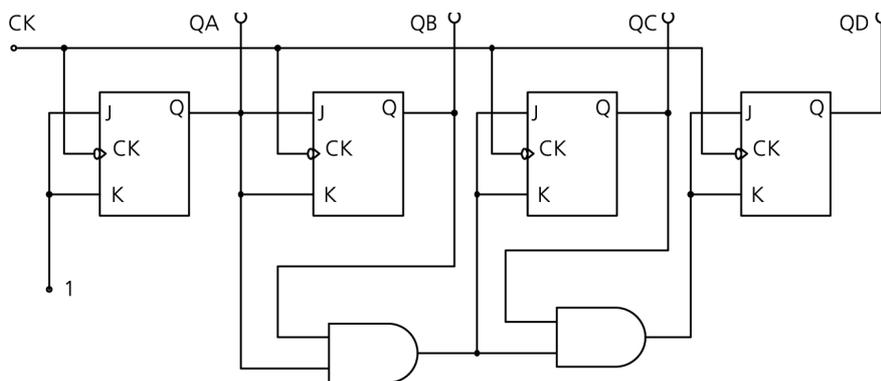


Fig. 12: Contador síncrono con acarreo serie.

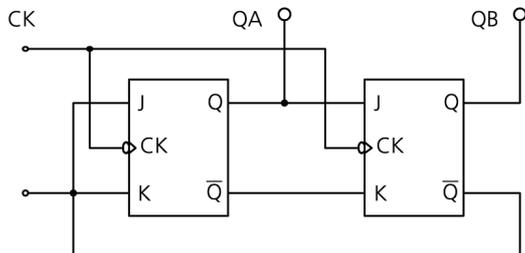
Observa que ahora las puertas tienen el mismo número de entradas, lo cual reduce la complejidad del circuito.

Si consideras que has concluido el estudio de esta unidad, intenta responder a las siguientes cuestiones de autoevaluación.

Cuestiones de autoevaluación

1

Dibuja el cronograma del siguiente contador:



2

Completa el texto con las siguientes palabras.

síncronos, diagramas, contadores, distintas, paralelo, biestables, módulo, digitales

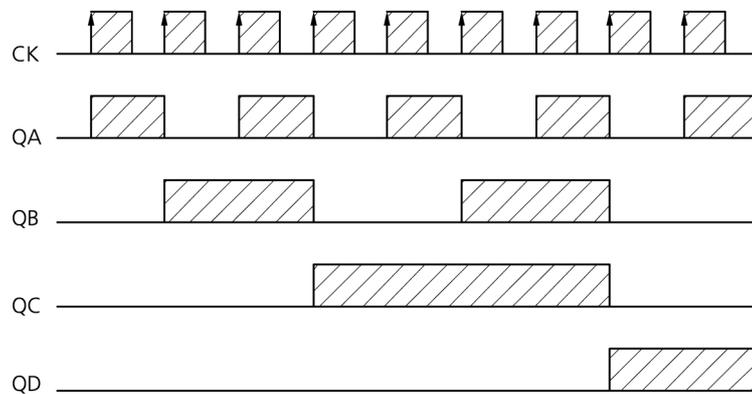
Los contadores están formados a base de Los asíncronos son relativamente lentos. Los contadores pueden ser con acarreo serie y con acarreo El de un contador nos indica el número de combinaciones de salida que presenta. Los de tiempo nos permiten visualizar de forma simple el funcionamiento de un contador.

Respuestas a las actividades

R

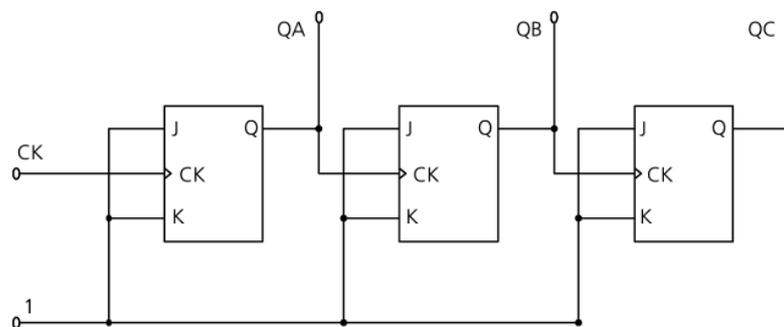
ACTIVIDAD 1

El cronograma del contador asíncrono ascendente es:

**R**

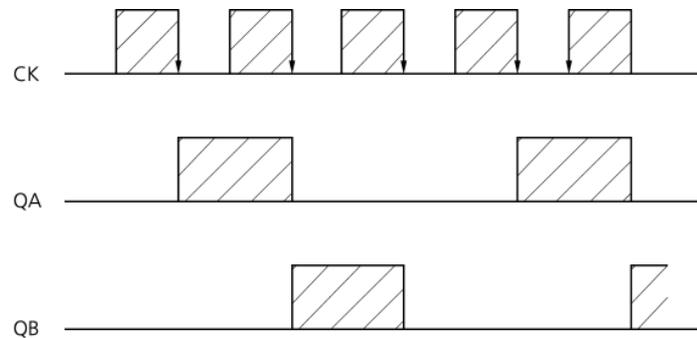
ACTIVIDAD 2

El circuito lógico de un contador asíncrono ascendente de módulo 8, es:



Respuestas a las cuestiones de autoevaluación

1 El diagrama de tiempos del circuito es:



2 El texto debe quedar así:

Los contadores **digitales** están formados a base de **biestables**. Los **contadores** asíncronos son relativamente lentos. Los contadores **síncronos** pueden ser con acarreo serie y con acarreo **paralelo**. El **módulo** de un contador nos indica el número de combinaciones de salida **distintas** que presenta. Los **diagramas** de tiempo nos permiten visualizar de forma simple el funcionamiento de un contador.

Resumen de Unidad

- Contadores** Los contadores digitales están formados por cadenas de biestables realimentados. Podemos clasificarlos en **asíncronos** y **síncronos**.
- Un contador puede contar hacia arriba, hacia abajo o hacer ambas cosas. También podemos conseguir que cuenten hasta cualquier número, haciendo que el módulo de conteo sea el número deseado.
- Contadores asíncronos** En los contadores asíncronos, el reloj sólo llega hasta al primer biestable y la salida de éste hace de reloj para el biestable siguiente.
- Estos son relativamente lentos debido a que los retardos de cada biestable son acumulativos.
- Contadores síncronos** En los contadores síncronos, todos los biestables están conectados al reloj.
- Los hay con **acarreo en serie** y **en paralelo**. Los primeros son más rápidos, pero resultan más complicados de realizar.
- Contador binario** Es aquel que es capaz de contar un número de impulsos igual a 2^n siendo n el número de biestables de la cadena. Es el más simple de todos. Puede ser **síncrono** o **asíncrono**.
- Cronograma** Mediante los cronogramas visualizamos el funcionamiento de los contadores.
- Contador de décadas** El circuito es de módulo diez; por tanto del estado 9 ha de pasar al estado 0. Esto lo hacemos alterando la secuencia de conteo, para eliminar los estados que sobran mediante un circuito auxiliar combinacional.
- En los contadores de décadas asíncronos se producen inestabilidades transitorias.

Notas



Notas



Notas



Notas



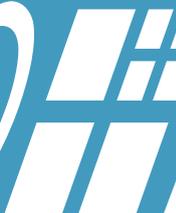
Vocabulario

Cronograma: es una forma gráfica de representar las acciones de un sistema secuencial. También se denomina diagrama de tiempos.

Flip-flop: se denomina así al biestable.

Módulo: es el número de estados sucesivos por los que ha de pasar el contador hasta que realiza una secuencia. Si decimos que un contador es de módulo 5 es que va a tener cinco combinaciones distintas a su salida.



FONDO  FORMACION