



**Circuitos Secuenciales:
Contadores, Registros de
Desplazamiento y Circuitos de
Disparo.**

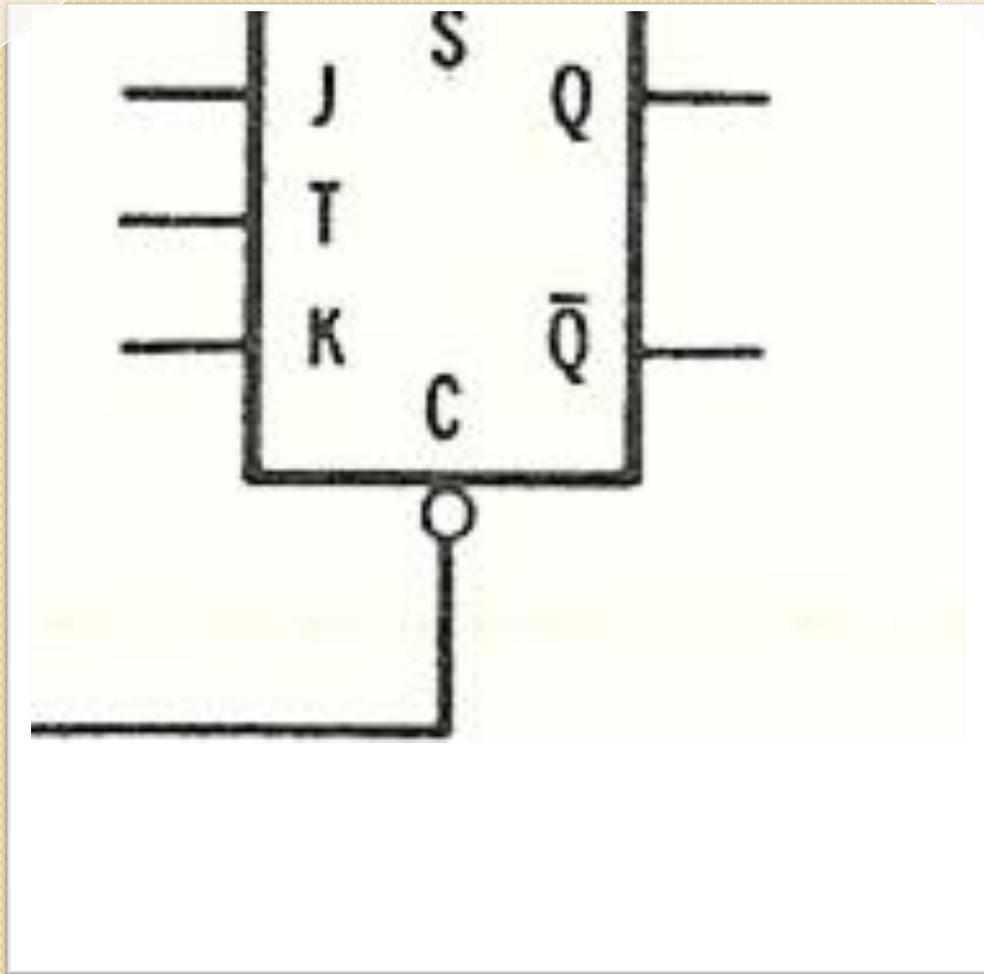
Tutorial de Electrónica Digital

Introducción

- En esta unidad se va a estudiar los circuitos secuenciales y el funcionamiento de los tipos más comunes de contadores y de registros de desplazamiento y se aprenderán algunas de sus aplicaciones.
- También se tratarán los circuitos de reloj, los de disparo y los disparadores de Schmitt, así como formas especiales de circuitos secuenciales que se usan ampliamente en el equipo digital.

Objetivos

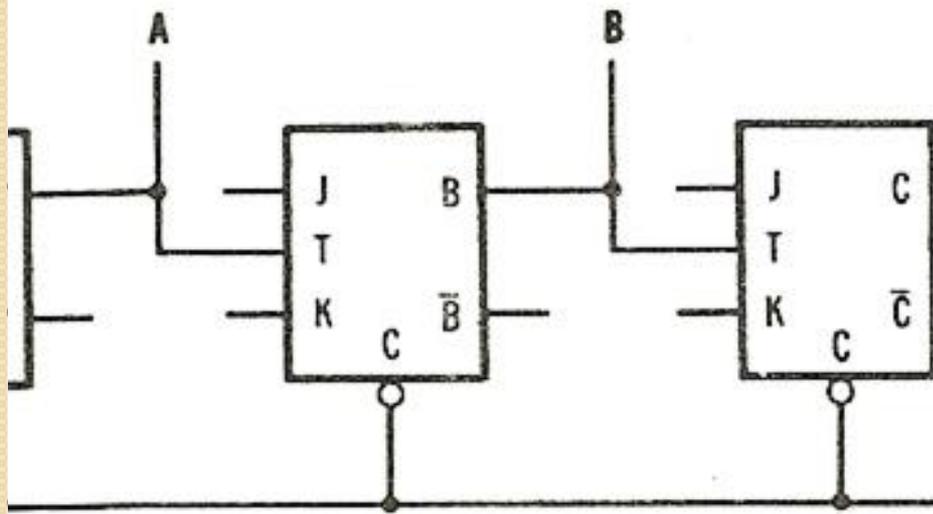
1. Definir los circuitos lógicos secuenciales
2. Nombrar los dos tipos más comunes de circuitos lógicos secuenciales.
3. Explicar el funcionamiento de los contadores binarios crecientes y decrecientes.
4. Explicar el funcionamiento de un contador decimal en codificación binaria BCD.
5. Mostrar como los contadores pueden reponerse y pre-establecerse.
6. Explicar el funcionamiento de un registro de desplazamiento.
7. Mostrar como los registros de desplazamiento se usan para realizar conversiones de serie en paralelo y de paralelo en serie.
8. Mostrar como los registros de desplazamiento se usan en función memoria.
9. Explicar el funcionamiento de los circuitos osciladores de reloj.
10. Explicar el funcionamiento de un circuito monodisparo y dar un ejemplo de su aplicación.



**Circuitos
Secuenciales
Básicos**

Circuitos Secuenciales Básicos

- Los circuitos secuenciales básicos se usan principalmente para almacenamiento y temporización. Un típico circuito lógico secuencial puede recordar una palabra binaria y manipular sus bits de tal manera que se efectúen diversas operaciones de contaje, desplazamiento, temporización, secuencia o retardo.
- El principal elemento lógico en un circuito secuencial es la *báscula* que se combina de diversas formas, solo y con puertas lógicas, para realizar muchos tipos diferentes de operaciones de memoria y temporización.
- Si bien hay gran variedad de formas de concebir circuitos lógicos secuenciales, dos de ellas se repiten una y otra vez en los sistemas digitales. Las dos clases más utilizadas son los **contadores** y los **registros de desplazamiento**. La mayoría de los circuitos lógicos secuenciales son de una u otra de estas clases.



Contadores binarios

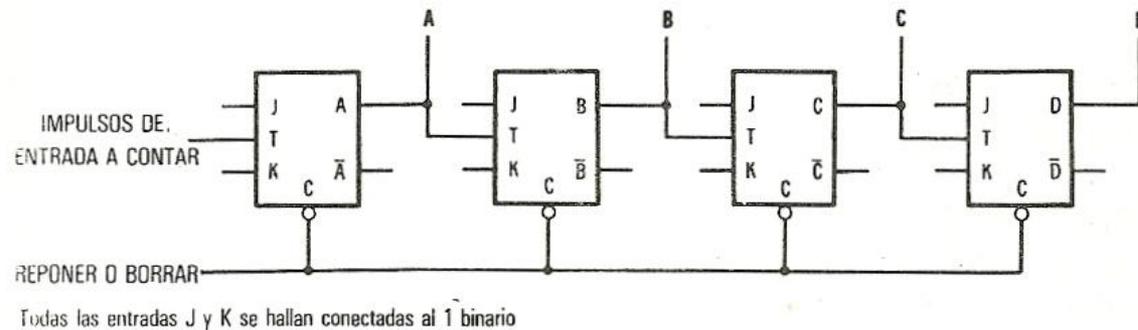
Conectadas al 1 binario

Contadores binarios

- Un contador es un circuito lógico secuencial que cuenta o acumula el número de impulsos de entrada y lo almacena como una palabra binaria.
- Al aplicarse los impulsos de entrada se incrementa el contador y el número binario allí almacenado cambia para reflejar el de impulsos que se ha recibido.
- Los contadores binarios se construyen generalmente con *básculas JK*. Se interconectan de tal manera que la salida de uno de ellos alimenta la entrada de tiempo del siguiente.

Contadores binarios

- En la figura se muestra un sencillo contador binario de 4 bits. Obsérvese que los impulsos de entrada que hay que contar se aplican a la báscula A.



- La salida normal de éste se halla conectada a la entrada de reloj (T) de la báscula B y así sucesivamente.
- Las entradas asíncronas de borrado de los circuitos se conectan conjuntamente para formar una entrada única de reposición con objeto de que el contador pueda iniciarse en 0000 antes de empezar la cuenta. Una entrada de 0 binario a la línea de reposición borra el contador. El circuito resultante es un contador de entradas que se producen como una cantidad binaria de 4 bits.

Contadores binarios

- El funcionamiento del contador binario de 4 bits se ilustra mejor con una tabla de verdad y un diagrama de tiempo.
- Si suponemos que el contador está inicialmente repuesto, el número almacenado al empezar será el 0000.

DECIMAL	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

- Cada vez que el borde posterior hacia el negativo de un impulso de entrada se presenta, el contador se incrementará.
- Después del impulso número 1, el contador almacenará el número binario 0001. Después el segundo impulso, tendrá la 0010. El contenido del contador indica el número de impulsos que se han presentado.

Contadores binarios

- El siguiente cronograma de tiempo muestra los impulsos de entrada que hay que contar y las salidas que se producen en cada báscula.

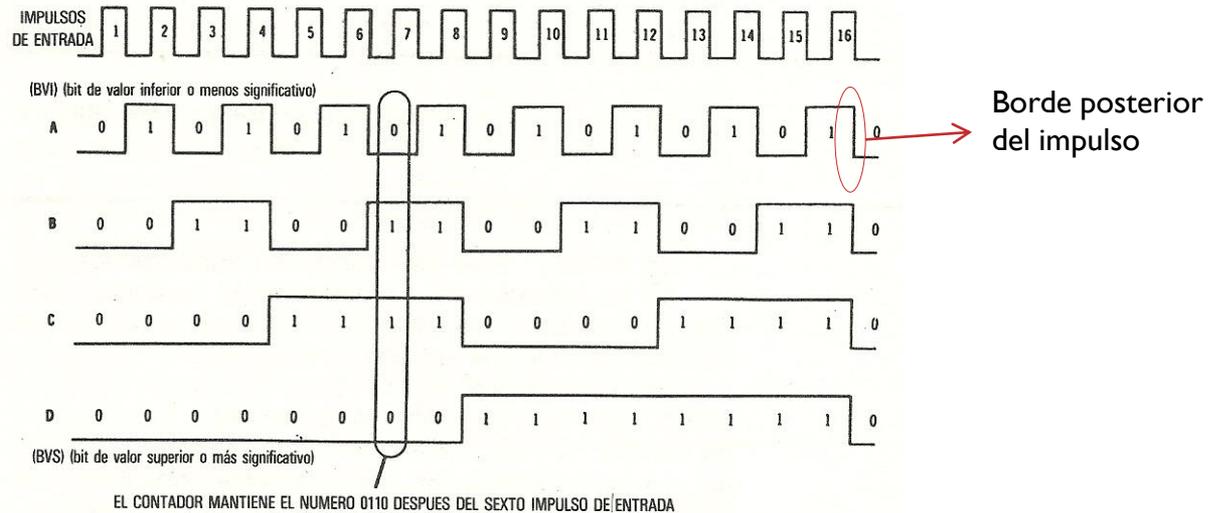


Fig. 8-3. Formas de onda del contador binario de 4 bits.

- Recuérdese que la báscula A almacena el bit menos significativo del número binario, mientras que el D almacena el más significativo.
- Adviértase que el cambio de estado tiene lugar con el borde posterior de los impulsos.

Contadores binarios

- Supongamos que el contador ha sido inicialmente borrado. Esto significa que la salida normal de cada báscula es inicialmente 0 binario.
- Cuando se presenta el borde posterior del impulso de entrada I, la báscula A basculará o se complementará y su salida será el 1 binario. El contador tiene ahora el número 0001.
- Cuando se presenta el borde posterior del segundo impulso, se vuelve a complementar la báscula A. Esta vez, cuando esta báscula cambia de estado, el borde posterior de su salida normal hace bascular la báscula B, estableciéndola. En este momento, el contador almacena el número 0010. Obsérvese esta condición en el cronograma de tiempos.

Contadores binarios

- Hay dos cosas importantes a señalar según se va siguiendo el funcionamiento del contador.
 1. Que con cada impulso de entrada el biestable A báscula.
 2. Cuando aparece el borde posterior de la salida de una de las básculas hace bascular al siguiente biestable en forma secuencial. Sin embargo, el borde positivo (delantero) de la señal en la salida de la báscula no afecta en la entrada de la siguiente y, por ello, las básculas sólo cambian de estado con el borde posterior o negativo de los impulsos de entrada.

Contadores binarios

- Al referirnos a los diagramas de temporización se advertirá que la figura ha registrado el número binario almacenado en la báscula durante cada periodo de tiempo.
- En los intervalos entre los impulsos de entrada, el contador contiene el número binario que indica el de impulsos ocurridos. Hay que observar las salidas normales de las **básculas** para conocer la cuenta. Pero téngase en consideración que aquella sólo es precisa si el contador estaba previamente repuesto “**reset**”. En otro caso, el número del contador no tendría nada que ver con el de los impulsos realmente aplicados.

Contadores binarios

- Con frecuencia es deseable empezar a contar a partir de un cierto número. En lugar de reponer o borrar el contador, poniendo a cero, nos gustaría aplicar un cierto valor primero y empezar el conteo a partir de él. Esto se logra pre-estableciendo el contador, que consiste en poner previamente un cierto número.
- Como la operación de reposición, el pre-establecimiento se hace con las entradas asíncronas de establecimiento “**set**” y borrado “**clear**” de las básculas. Recuérdese que en los tipos JK visto anteriormente, la aplicación momentánea de un 0 binario a la entrada C “clear” repone la báscula al 0 binario.

Contadores binarios

- Si la aplicación del 0 binario se hace a la entrada S “set” la báscula adopta el estado del 1 binario.
- Mediante circuitos puertas externos pueden las básculas establecerse “set” y reponerse “reset” para adoptar la condición adecuada.
- La siguiente figura 8-4 muestra los circuitos asociados con una báscula JK. Como impulso de pre-establecimiento se aplica el bit que se desea a la báscula que se va a pre-establecer. Una entrada 1 binario establecerá la báscula, y un 0 binario lo repondrá. Cuando se aplica un binario a la entrada, la báscula se pre-establece automáticamente al estado deseado.

Contadores binarios

- En el circuito previo en una báscula JK, supongamos un 1 binario como entrada de pre-establecimiento. La carga de la entrada normalmente es 0.

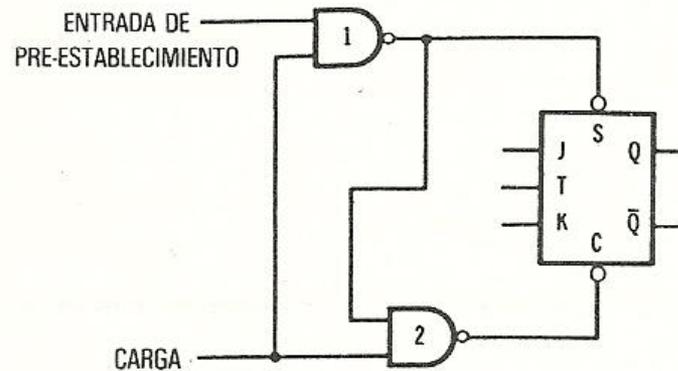


Fig. 8-4. Circuito previo en una báscula JK.

- Las salidas de las puertas 1 y 2 son el 1 binario, por lo que no tienen efecto en la báscula. Cuando la entrada se desplaza al 1 binario, la salida de la puerta 1 va hacia el nivel bajo, estableciendo "set" la báscula.
- La salida baja en la puerta 1 mantiene a la de la puerta 2 en su nivel alto, por lo que no afecta la entrada C.

Contadores binarios

- Cuando existe un circuito de carga o pre-establecimiento asociado con cada báscula en un contador, se le puede aplicar un determinado número binario en paralelo antes de la operación real de contaje.
- Con esta capacidad de pre-establecimiento pueden realizarse muchas operaciones aritméticas especiales.
- Ejemplo: Con un contador de 4 bits está pre-establecido con el número 0011, si se le aplica ocho impulsos el número de contador será de 1011, once en decimal.
- El número binario 0011 o 3 decimal, se almacena inicialmente en el contador. Después de ocho impulsos se ha formado el binario equivalente al 11 decimal.

Contadores binarios

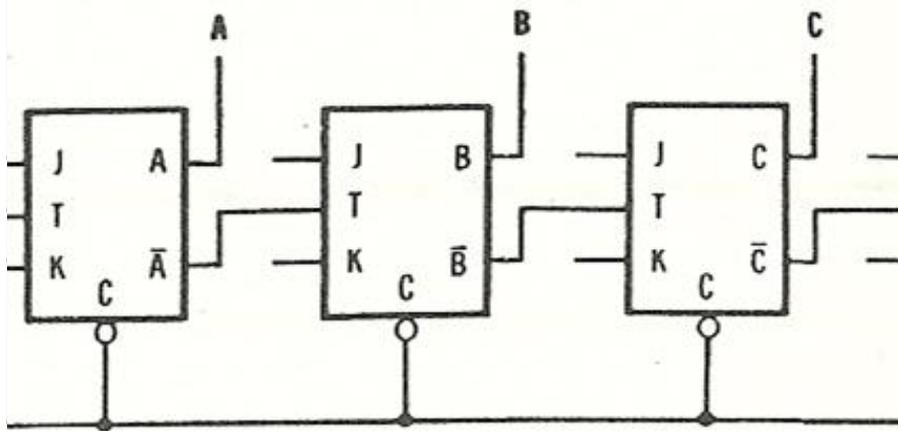
- Para obtener el número dado en bits en un contador binario sólo puede representar un valor máximo decimal que se determina por la fórmula $2^n - 1$; siendo n el número de contadores. Esta misma relación es aplicable a un contador binario. Dado que cada báscula del contador representa un bit de una palabra binaria, el tamaño de ella y la longitud del contador determinan su máxima capacidad de contaje.
- Por ejemplo: En el contador de 4 bits ilustrado anteriormente se puede contar hasta un máximo de $2^4 - 1 = 15$, lo que se confirma en la tabla de verdad expuesta anteriormente.

Contadores binarios

- Generalmente la capacidad del contador determina la máxima posibilidad de contaje necesaria. Una vez que es conocida, es posible determinar el número de básculas. Si dicha capacidad no es lo suficientemente grande, se presenta la condición de desbordamiento “**overflow**” que puede dar lugar a resultados incorrectos.
- Por ejemplo: Si la máxima necesidad de cuenta es de 1.000 y el contador solo alcanza hasta 511, es posible la condición de desbordamiento. Hasta dicha cantidad se tendrá una indicación precisa del número de impulsos presentados; al llegar el 512, sin embargo, el contador volverá a cero para seguir contando. Indudablemente que el contador no representará el número preciso de impulsos recibidos.

Contadores binarios

- Recuérdese que el contador puede asumir el número de estados discretos indicado por la expresión 2^n , donde n es el número de básculas del circuito. Para nuestro contador de 4 bits, el número total de estados es de $2^4 = 16$. Estos 16 estados, por supuesto, son los números binarios comprendidos entre el 0 (0000) y el 15 (1111). La máxima capacidad de contaje es el número total de estados que pueden representarse menos uno.



tradas J y K están conectadas al 1 binario

Un contador binario decreciente de 4 bi

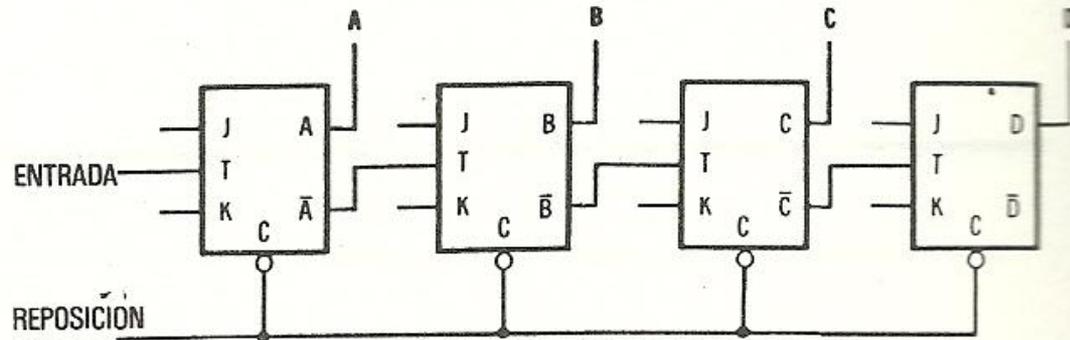
Contadores Decrecientes

Contadores Decrecientes

- Los contadores que hemos descrito hasta ahora pueden designarse como “**crecientes**”, ya que se incrementa. Es decir, el valor binario contado es aumentado en una unidad por cada impulso recibido.
- Los contadores crecientes se van incrementando simplemente hasta alcanzar el máximo valor de cuenta. A partir de entonces, el siguiente impulso recicla el contador a cero y comienza nuevamente la secuencia.
- También es posible construir un contador decreciente. Su funcionamiento es virtualmente idéntico a la del creciente. Sin embargo, en cada impulso de entrada se produce un decremento en la cuenta. Así pues, al presentarse un impulso, el valor binario almacenado en el contador se reduce en una unidad.

Contador Decrecientes

- En la siguiente figura se muestra un esquema eléctrico simplificado de un contador decreciente compuesto de báscula JK. La única diferencia con el creciente es que en lugar de conectar la salida normal, es la complementaria la que enlaza las básculas secuencialmente. Sin embargo, sigue siendo la salida normal la que se observa para determinar el número almacenado en el contador.

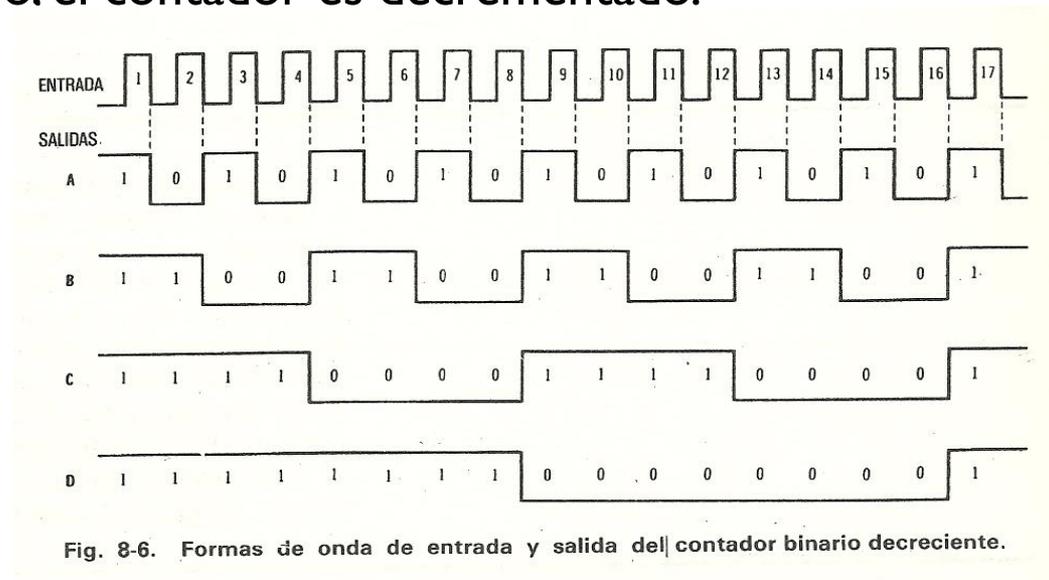


Todas las entradas J y K están conectadas al 1 binario

Fig. 8-5. Un contador binario decreciente de 4 bits.

Contador Decrecientes

- En la siguiente figura se muestra las formas de onda de un contador binario decreciente. Si suponemos que todas las básculas están inicialmente establecidas “set”, el número del contador es el 1111, o el binario equivalente al 15 decimal. A medida que aparece cada impulso de tiempo, el contador es decrementado.



- Como puede verse por las formas de onda, la secuencia de conteo es 15, 14, 13, 12, etc. Cuando el proceso de reducción llega al estado 0000, el contador se recicla a su máximo valor, el 1111, con la llegada del siguiente impulso de entrada.

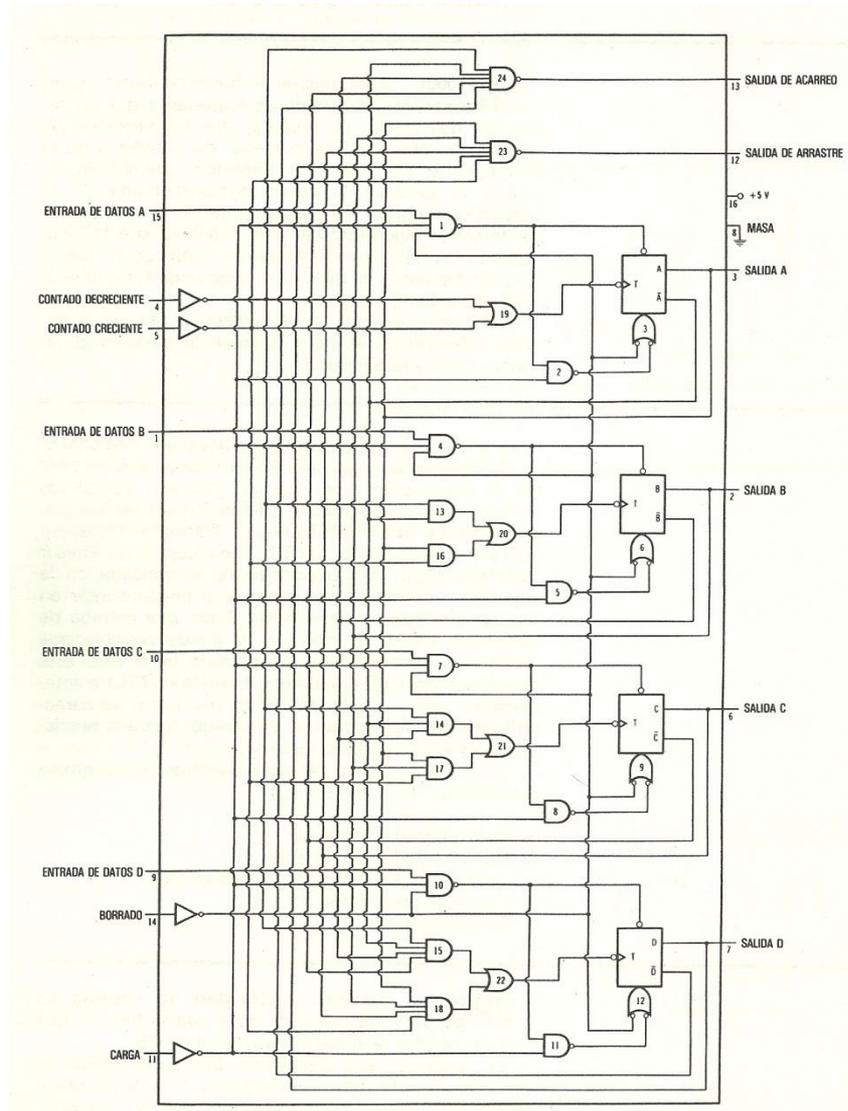
Contador Decrecientes

- Para analizar el funcionamiento de un contador decreciente es importante que se recuerden dos cosas:
 1. Que la báscula JK se accionan con el borde posterior de la señal o en la transición del 1 al 0 binario.
 2. Que el basculamiento lo produce la salida complementaria de la báscula precedente.
- Por consiguiente, las formas de onda de salida mostradas en la anterior diapositiva no son las que disparan las básculas en secuencia. Son, en su lugar, los complementos de tales formas de onda los que realmente basculan las básculas.

Contador Decrecientes

- No es generalmente necesario interconectar las básculas para formar contadores crecientes o decrecientes, ya que se preparan completos en los circuitos integrados (IC) funcionales de integración a Media Escala (MSI), Lógica Transistor Transistor (TTL) y en tecnología CMOS, o en Lógica de Emisor Acoplado (ECL).
- Un buen ejemplo se muestra en la siguiente figura: un contador de 4 bits que puede contar en sentido creciente y decreciente. Tiene una entrada de reposición “reset” y puede restablecerse desde una fuente externa en paralelo de 4 bits. Este dispositivo en lógica TTL e integración a media escala MSI contiene todas las características y posibilidades que se han considerado previamente en los contadores binarios.

Contador Creciente/ Decreciente



Contador binario creciente/decreciente a media escala MSI de 4 bits.

Contador Creciente/ Decreciente

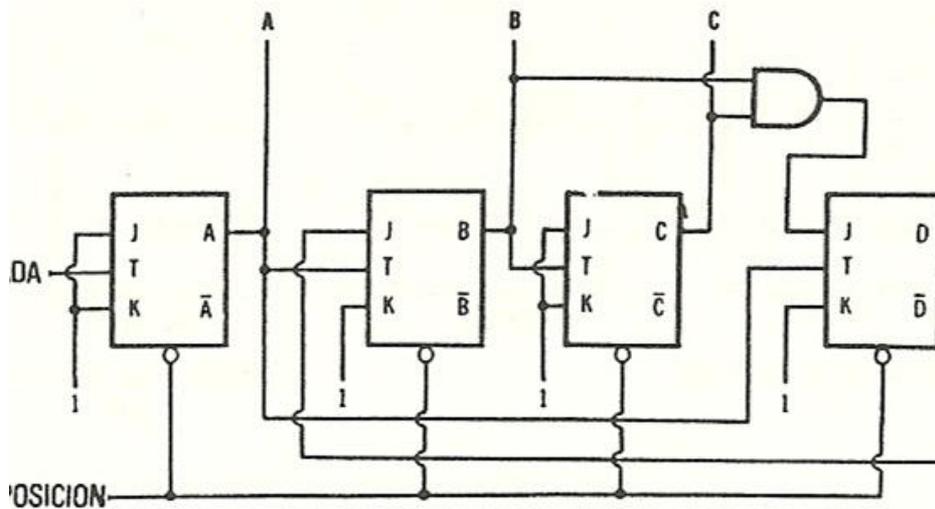
- El contador tiene cuatro bits, lo que da una máxima posibilidad de cuenta de 15.
- El contador está constituido por cuatro básculas JK: A, B, C y D. Las puertas 1 a la 12 constituyen los circuitos lógicos utilizados para las operaciones de reponer y pre-establecer. Para lo primero se aplica al contador un nivel de tensión correspondiente al 1 binario en la línea de entrada de borrado, lo que fuerza a las cuatro básculas a adoptar el estado del 0 binario.
- El contador se pre-establece al aplicar un número binario de 4 bits a la entrada de Datos. La entrada de Datos D corresponde al bit más significativo. Cuando la carga de la entrada se hace 0 binario, el número de entrada de 4 bits se almacena en las básculas.

Contador Creciente/Decreciente

- Los impulsos de entrada se conectan a la correspondiente del contador creciente o decreciente.
- En lugar de una sola entrada de contaje, este contador tiene dos separadas. Para incrementar el contador, los impulsos se aplican a la entrada ascendente, y a la decreciente en el otro caso.
- Este contador cambia de estado con el borde delantero del impulso de entrada aplicado.
- Posee salidas de arrastre negativo aritmético y arrastre que se utilizan para los contadores en cascada. Varios de estos contadores pueden conectarse de esta forma para proporcionar una capacidad de contaje tan alta como sea necesaria.

Contador Creciente/Decreciente

- La salida de arrastre se genera en la puerta 23 que analiza las salidas normales de las básculas. Cuando el contenido del contador es 1111, dicha salida de arrastre adquiere un nivel de tensión bajo. Si los contadores están conectados en cascada, el impulso de salida de arrastre se conecta a la entrada de contaje creciente del siguiente contador de la secuencia.
- La salida de acarreo se genera en la puerta 24 que analiza las salidas complementarias de las básculas. Cuando el contador se ha decrementado hasta el 0000, la salida de la puerta 24 se hace 0 binario. Para conectar en cascada estos contadores decrecientes, la salida de acarreo se conecta a la entrada de contaje decreciente del siguiente contador.



8-9. Un circuito contador bcd en integración a la escala (MSI).

**Contador de décadas
“BCD Counters”**

Contador de décadas “BCD Counters”

- Un contador de décadas BCD es una forma especial de contador binario que cuenta por decenas.
- Lo hace desde cero (0000) hasta nueve (1001) en el código estándar decimal en codificación binaria BCD.
- Debido a que el contador tiene estos diez estados se usa ampliamente cuando es necesario el citado código para conseguir una buena comunicación entre el hombre y la máquina.
- Los contadores BCD son muy utilizados en todo tipo de equipo electrónico. Son particularmente populares en los medidores y otros dispositivos que tienen una entrada o salida decimal. Los contadores digitales, los multímetros, constituyen un buen ejemplo.

Contador de décadas “BCD Counters”

- En la siguiente figura se muestra la secuencia de contaje estándar de un contador BCD.

DECIMAL	ESTADO DE CUENTA			
	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

RECICLADO

Fig. 8-8. Secuencia típica de un contador bcd creciente/decreciente.

- Como puede verse es la misma que los diez primeros estados de un típico contador binario de 4 bits. Cuando alcanza la cantidad de nueve, sin embargo, se recicla a cero con el nuevo incremento.

Contador de décadas “BCD Counters”

- El número más alto que puede quedar representado en un contador de “n” básculas es 2^n . Se necesitan cuatro para contar hasta diez. Con tres básculas es posible representar $2^3 = 8$ estados, que van desde el 0000 al 1111.
- Con cuatro básculas el número máximo de estados de estados es $2^4 = 16$, siendo del 0 al 15 la cantidad máxima representable. Se necesitan, pues, cuatro bits para constituir un contador BCD.
- Sin embargo, se usan circuitos especiales con las básculas JK para poder conseguir que el contador opere con decenas en lugar de hacerlo con grupos de 16.

Contador de décadas “BCD Counters”

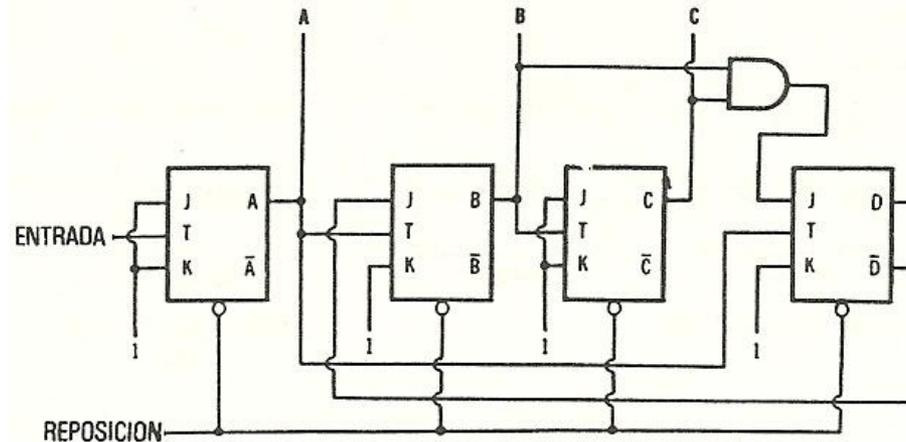


Fig. 8-9. Un circuito contador bcd en integración a media escala (MSI).

- Préstese igualmente atención al hecho de que la salida D negada vuelve a la entrada J del biestable B.
- La puerta AND y su conexión de realimentación controla el funcionamiento de las básculas de tal forma que el contaje se hace por decenas

Contador de décadas “BCD Counters”

- En la siguiente figura 8-10 se muestra las formas de onda de entrada y salida del contador decimal en código binario.

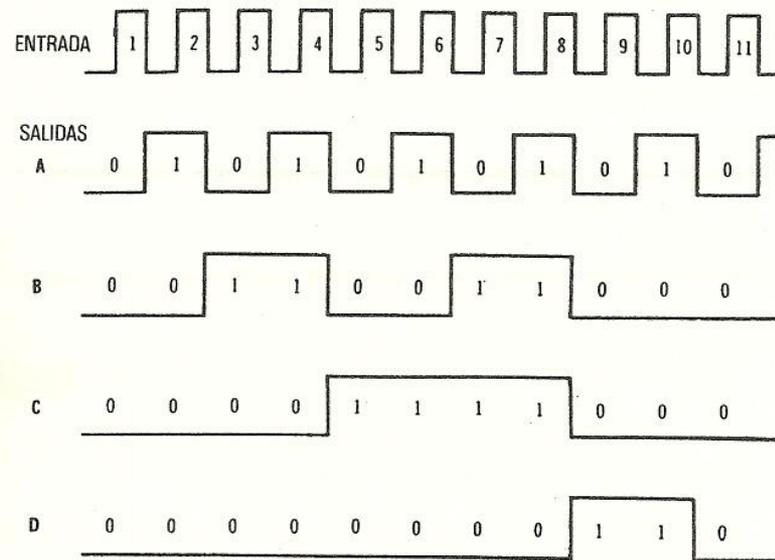


Fig. 8-10. Formas de onda de entrada y salida de un contador bcd.

- La entrada es simplemente un tren periódico de impulsos. Las cuatro señales de salida se derivan de las salidas normales de las básculas.
- El A corresponde al bit menos significativo y el D al más significativo, como es habitual.

Contador de décadas “BCD Counters”

- Cuando el contador alcanza su máximo valor de cuenta, el 1001 (9), se recicla a cero (0000) al llegar un nuevo impulso.
- El funcionamiento del contador en BCD, es esencialmente igual al contador binario típico, con unas pocas excepciones.
- Al contar desde 0000 hasta 0111 actúa como el binario; sin embargo, cuando llega el octavo impulso suceden algunas cosas especiales.
- Cuando la báscula se establece “set” inicialmente, creando el estado 1000, su estado D negado se hace 0 binario, forzando la entrada J de la báscula B a un nivel bajo de tensión. Esto impide que se establezca la siguiente vez que reciba una entrada procedente de la báscula A.
- Al presentarse el noveno impulso, se establece dicha báscula, creando el estado 1001. En este momento, las básculas B y C se reponen “reset”. Por consiguiente, la salida de la puerta AND que controla la entrada J a la báscula D es el 0 binario. Esto significa que la siguiente vez que bascule el biestable D se repondrá “reset”.

Contador de décadas “BCD Counters”

- Al aplicarse el décimo impulso de entrada se repone la báscula A. El borde posterior de la señal de salida de esta báscula hace que se reponga “reset” el biestable D. Ordinariamente dicho borde posterior cambiaría el estado de la báscula B, pero la salida D negada mantiene la entrada J en su nivel bajo. Por consiguiente, impide que dicha báscula se establezca “set”. El resultado es que al décimo impulso se repone el contador en 0000.
- Resulta un buen ejercicio verificar el estado de cada báscula con cada impulso de entrada del contador BCD si se desea comprender perfectamente su funcionamiento. Mediante el diagrama lógico y las forma de onda no habrá dificultad para conseguirlo.

Contador de décadas “BCD Counters”

- Existe una gran variedad de diferentes contadores BCD con circuitos integrados MSI.
- Los hay de contaje decreciente desde 1001 hasta 0000.
- También pueden lograrse combinaciones de contadores BCD crecientes y decrecientes. Algunos de los más elaborados circuitos integrados contienen circuitos para preestablecer un valor en el contador así como para reponerlo a cero.
- La mayoría de los contadores BCD pueden montarse en cascada de forma que acomoden valores superiores a 9.

Contador de décadas “BCD Counters”

- Mediante esta modalidad de conexión en cascada puede representarse cualquier valor decimal. Para ello, se necesita un contador BCD para cada dígito de los números con varios dígitos. Algunos de estos contadores BCD en circuitos integrados LSI (baja escala de integración) contienen de cuatro a seis década, e incluso más.
- En la siguiente figura se muestra tres contadores BCD en cascada. El contador BCD de entrada representa la posición de las unidades, el segundo la de las decenas y el tercero la de las centenas. Con este contador se pueden acomodar valores desde 000 hasta 999.

Contador de décadas “BCD Counters”

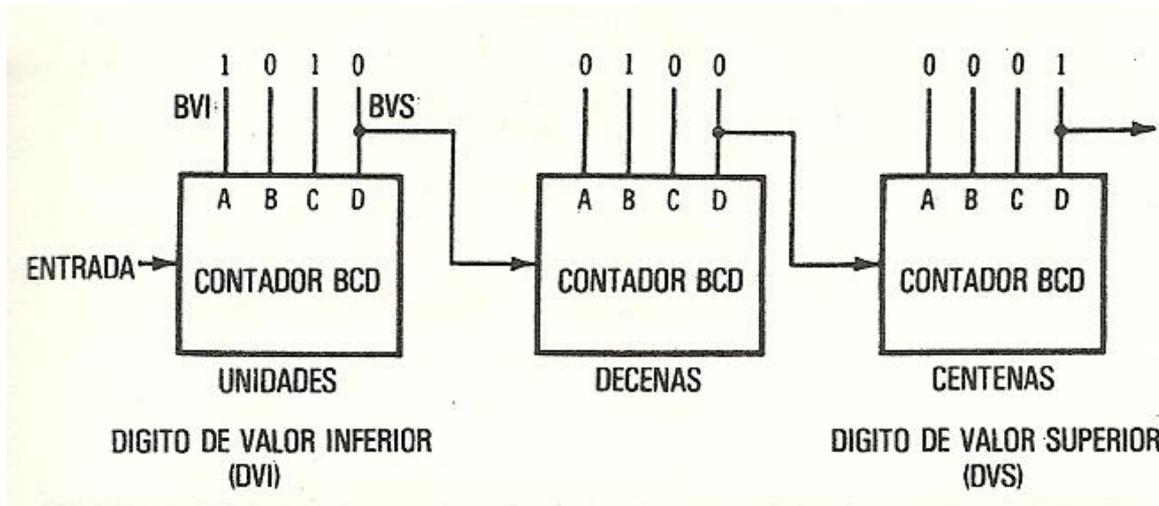


Fig. 8-11. Contadores bcd en cascada.

- Obsérvese las salidas del contador BCD. El contador de unidades o de entrada almacena el número 0101. El de decenas tiene 0010 y el de las centenas el 1000.
- Como resultado, la combinación en cascada contiene el valor decimal 825. Verifíquelo usted mismo observando la figura 8-11.

Contador de décadas “BCD Counters”

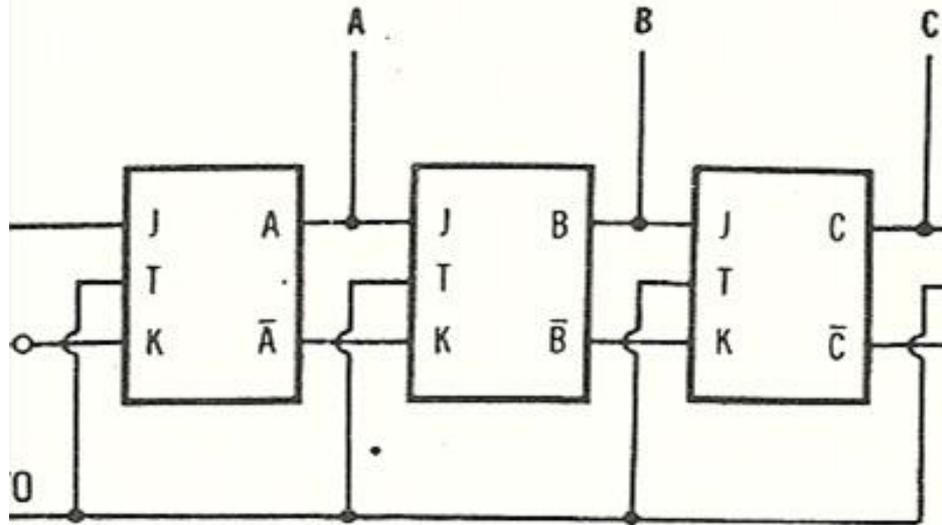
- Para almacenar el número 374 en el contador BCD de la figura anterior, las salidas DCBA de cada contador serán: 0011 0111 0100.
- Como cualquier otro contador, los contadores BCD pueden usarse como divisores de frecuencias.
- Un contador BCD genera un impulso de salida por cada diez de entrada.
- Por consiguiente estos contadores BCD son también divisores por 10.
- Si se aplica una señal de 200 KHz, a la salida del multivibrador D, el bit más significativo, tendrá una frecuencia que será un décimo de la entrada: $200 / 10 = 20$ KHz.

Contador de décadas “BCD Counters”

- El montaje en cascada de los contadores BCD permite magnitudes mayores de división de frecuencias.
- Dos contadores BCD dividen por 100.
- El de tres dígitos de la figura anterior divide por 1000. La magnitud del divisor viene determinada por 10^n , donde “n” es el número de contadores BCD montados en cascada.
- Ejemplos:
 - Tres contadores dividen por $10^3 = 1000$.
 - Si se tiene cuatro contadores BCD en cascada y la frecuencia de entrada es de 5 MHz la salida será 500 Hz. $5 \text{ MHz} = 5.000.000 \text{ Hz}$. Cuatro contadores BCD dividen por $10^4 = 10.000$; es decir: $5.000.000 / 10.000 = 500 \text{ Hz}$.

Contador de décadas “BCD Counters”

- Una de las características más importantes de un contador binario o contador BCD es su velocidad de contaje, que viene determinada por la frecuencia.
- Todos los contadores en circuitos integrados tienen un límite superior de contaje. Los típicos con TTL pueden alcanzar velocidades de hasta 50 MHz. Los contadores Schottky alcanzan hasta 125 MHz, Los ECL llegan hasta 1 GHz, y los de tecnología Metal-Oxido-Semiconductor Complementaria CMOS tiene un límite aproximado de 20 MHz.



Un registro de desplazamiento de 4 b

**Registadores de
Desplazamiento
“Shift Registers”**

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- Otra forma muy usada de circuito secuencial es el registro de desplazamiento. Como otros circuitos de este tipo, está constituido con básculas JK, por lo que pueden almacenar una palabra binaria.
- Los registros de desplazamiento son capaces de actuar como almacén temporal de memoria al transferir información de un lugar a otro en varios formatos.
- En la siguiente figura se muestra un registro de desplazamiento de 4 bits con báscula JK.
- Obsérvese que la salida normal y complementaria están conectadas a las entradas J y K del siguiente biestable.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

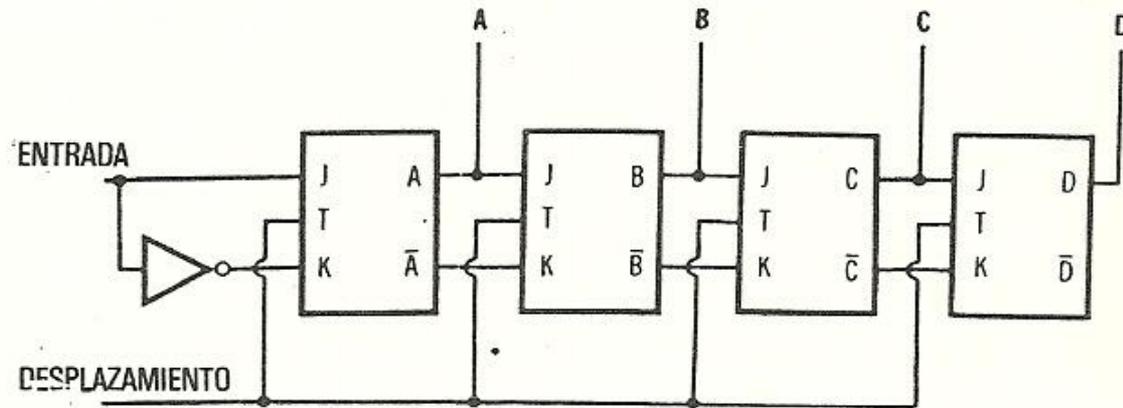


Fig. 8-12. Un registro de desplazamiento de 4 bits.

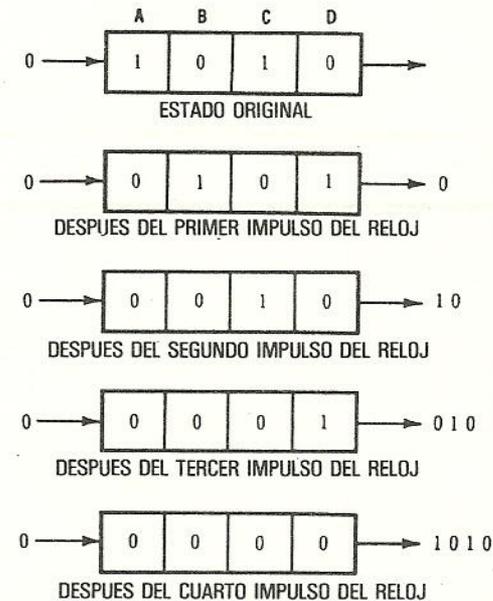
- La entrada única acepta datos en serie de una fuente externa. Apréciense igualmente que todas las líneas de reloj (T) están conectadas entre sí para formar una entrada de cambio.
- Todas las básculas están accionadas simultáneamente por una señal de reloj. Cuando esta señal de reloj se presenta los datos albergados en cada báscula se transfieren al siguiente en la cadena.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

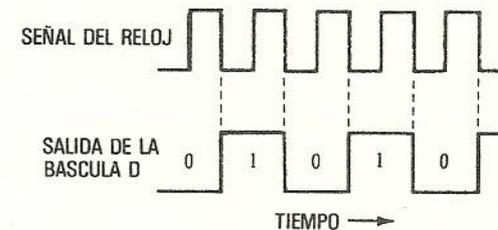
- Poniendo un ejemplo al registro de desplazamiento anterior, si se carga un bit externo en el biestable A, el almacenado en A pasa al biestable B, el de B pasa al C y el de C se transfiere al D. El efecto es desplazar la palabra binaria del registro una posición hacia la derecha por cada impulso de reloj.
- La siguiente figura proporciona una mejor ilustración de cómo funciona un registro de desplazamiento. Esta representación corresponde a un diagrama bloque simplificado de un registro de 4 bits, donde cada cuadrado figura una de las básculas.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- La entrada al registro de desplazamiento se conecta a un 0 binario. Cuando se presenta cuatro impulsos de reloj, puede observarse que el número binario almacenado en el registro se ha ido desplazando un bit hacia la derecha con cada uno de tales impulsos. Al mismo tiempo han entrado ceros binarios. Al fin de los cuatro impulsos ha desaparecido el número de 4 bits almacenado en el registro y éste sólo contiene ceros. Como puede observarse, la salida de la báscula D es una palabra de datos en serie, cual se muestra en la figura 8-13.



(A) Generación de una palabra de salida en serie



(B) Salida del registro de desplazamiento conteniendo el número 1010

Fig. 8-13. Funcionamiento de un registro de desplazamiento de 4 bits.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- En esta otra figura se ilustra cómo se carga un número binario en un registro de desplazamiento. Supongamos que su contenido es inicialmente cero y que a su entrada se conecta una fuente de datos binarios en serie. A medida que se van produciendo los impulsos de reloj se van cargando los datos binarios uno cada vez. Al final de los cuatro impulsos del reloj, la palabra binaria se halla contenida en el registro de desplazamiento.

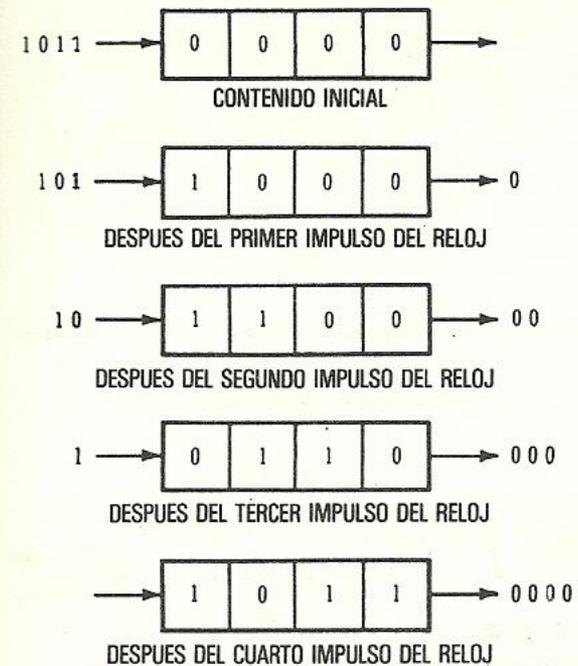
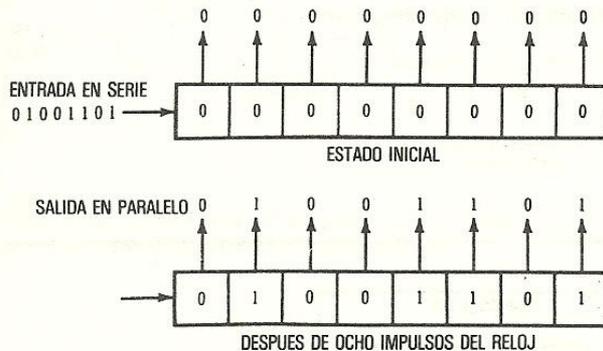


Fig. 8-14. Almacenado de una palabra de entrada serie en un registro de desplazamiento.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- Estos ejemplos ilustran claramente que la función principal del registro es la de manipular datos binario en serie. Puede servir para generar una palabra binaria en serie o aceptar y albergar las de este tipo.
- La principal aplicación de un registro de desplazamiento es la conversión de datos de un formato a otro: pasar datos en serie a paralelo o viceversa.
- En la siguiente figura se ilustra el paso de datos en serie a paralelo. Se introduce una palabra en serie de la que se puede hacer uso en paralelo en las salidas normales de los biestables.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”



(A) Serie a paralelo



(B) Paralelo a serie

Fig. 8-15. Conversión de datos.

- En la figura B se representa la conversión de paralelo a serie. Se pre-establece primeramente una palabra binaria en las básculas del registro de desplazamiento a partir de una fuente en paralelo. A continuación se aplica los impulsos de reloj y la palabra es transferida a razón de un bit con cada impulso en el formato serie. Obsérvese que la salida de datos se toma del biestable de la derecha.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- De igual forma que los contadores, los registros de desplazamiento existen en circuitos integrados MSI.
- Se pueden conseguir registros de 4 y 8 bits en TTL, en CMOS y en ECL. Muchos de ellos tienen unos circuitos previos que permiten la carga con una palabra de datos en paralelo. Algunos también disponen de una entrada de borrado.
- La frecuencia de la señal de reloj alcanza los 50 MHz.
- Igualmente puede disponerse de una forma especial de registro que permite el desplazamiento de los datos en ambas direcciones: izquierda /derecha, y que se designa registro de desplazamiento izquierda/derecha. Estos dispositivos pueden manejar los datos de múltiples formas.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- También hay registros de desplazamiento en integración a gran escala LSI con circuitos MOS. La mayoría de ellos son capaces de almacenar millares de bits. Tales registros se usan como memorias donde es posible acoger múltiples palabras binarias. Considérese, por ejemplo, un registro de desplazamiento de 256 bits. Supongamos que la palabra con la que estamos trabajando tiene una longitud de ocho bits. Se pueden recoger $256 / 8 = 32$ palabras completas de ocho bits. Tal como muestra la figura la entrada y salida están en serie.



Fig. 8-16. Un registro de desplazamiento en tecnología MOS de 256 bits utilizado para almacenar 32 palabras de ocho bits.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- Los dígitos BCD tiene cuatro bits; $256 / 4 = 64$. Dado que los registros de desplazamiento de gran longitud como los citados se usan como memorias, es fundamental que no se pierdan los datos a introducirse. Como se vio en los ejemplos anteriores, cuando una palabra binaria se desplaza para salir del registro, se pierde efectivamente. Este problema puede resolverse haciendo re-circular simplemente los datos en el registro. Ello se hace sencillamente conectando la salida del registro a su entrada, tal como se muestra en la figura 8-17, los datos están circulando constantemente al aplicarse los impulsos de reloj.

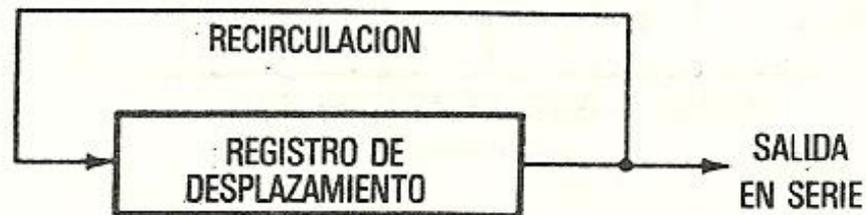


Fig. 8-17. Uso de la recirculación para retener los datos en un registro de desplazamiento.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- Para permitir la recirculación y la entrada de datos se emplean generalmente circuitos puerta especiales a la entrada de los registros de desplazamiento, tal como se muestra en la figura 8-18.
- Con la línea de control en la posición 0 binario se inhibe la puerta 2 y se ignoran los datos en serie de la fuente externa, a la vez que se habilita la puerta 1.
- Al aplicarse los impulsos del reloj, los datos de salida pasan por las puertas 1 y 3 realimentando la entrada del registro.

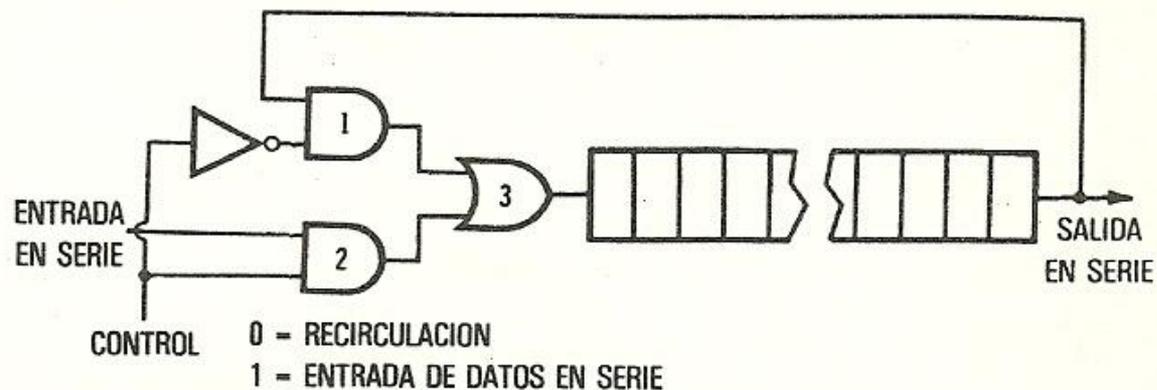


Fig. 8-18. Circuitos de control para la recirculación o la entrada de datos en serie.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- Si la línea de control está en 1 binario, la puerta 1 se inhibe y se impide la recirculación. Con ellos se permite la carga de nuevos datos procedentes de una fuente externa.
- Para encontrar una determinada palabra en la memoria de un registro en serie se usa un esquema de direccionado.

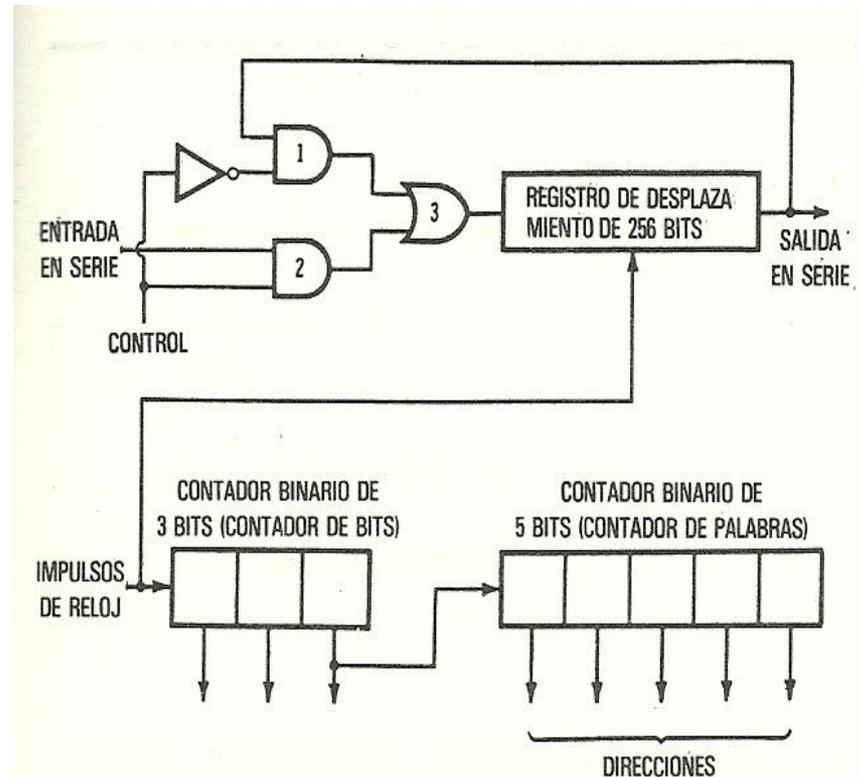


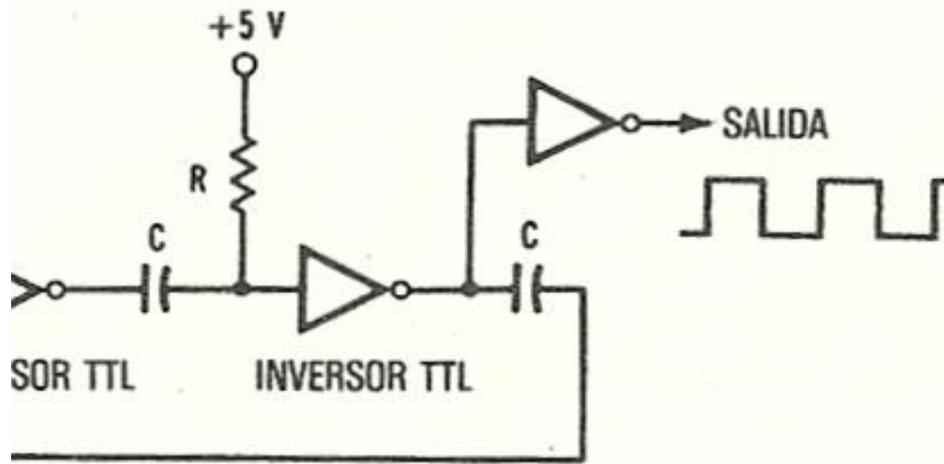
Fig. 8-19. Memoria en un registro de desplazamiento serie con circuitos de direccionado.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- Para conocer el número de bits y octetos se usan dos contadores binarios. El impulso de reloj se aplica al registro de desplazamiento y simultáneamente a un contador de 3 bits que cuenta en grupos de 8 ($2^3 = 8$) y a uno de 5 bits que cuenta por 32 ($2^5 = 32$).
- Esto se ilustra en la figura 8-19. El contador de 3 bits, al que se denomina contador de bits, cuenta el número de ellos en una palabra. Cuando se ha contado ocho impulsos de reloj se indica que se han desplazado ocho dígitos.
- El “contador de bits” activa a su vez al “contador de palabra”. Por cada ocho impulsos se incrementa el contador últimamente citado y cuando lo ha hecho 32 veces se recicla también, indicando que se han desplazado 32 palabras de ocho bits.

Registadores de Desplazamiento “Shift Registers”

- La salida del contador de palabras es la *dirección* donde se halla almacenada una determinada palabra binaria.
- Los 32 octetos almacenados en el registro de desplazamiento se designan como las palabras 0 (00000) hasta la 31 (11111). Supóngase que los dos contadores de la figura 8-19 están inicialmente repuestos “reset”. La dirección entonces es 00000. Esto significa que la palabra 0 está lista para ser recogida. Cuando ocurren ocho impulsos de reloj, la palabra ha sido desplazada completamente. Al final de estos ochos impulsos, el contador de palabras se incrementa una vez, haciendo la dirección igual a 00001. Ahora está señalando la palabra 1, la que está en disposición de ser extraída.



20. Circuito oscilador reloj constituido por un inversor astable.

Circuitos reloj y de un solo disparo

Circuitos reloj y de un solo disparo

- Los circuitos de reloj y de un solo disparo son elementos digitales que se utilizan en las aplicaciones secuenciales.
- Un circuito reloj es un generador de impulsos que produce un tren de ondas periódicas para activar otros circuitos secuenciales como contadores y registros.
- Virtualmente todos los circuitos digitales requieren una fuente estable de impulsos en forma de onda cuadrada para iniciar y temporizar todas las operaciones.
- El circuito reloj es la fuente que genera estos impulsos.

Circuitos reloj y de un solo disparo

- Un circuito reloj es un oscilador que, por supuesto, genera señales. El oscilador de reloj más generalizado es un multivibrador astable que se construye con inversores TTL o puertas lógicas conectas como tales inversores. Ver la figura 8-20.

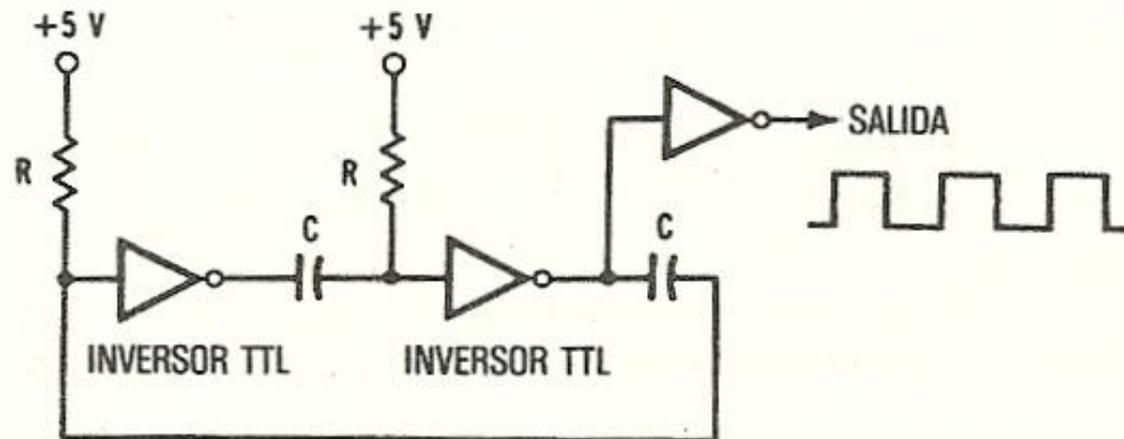


Fig. 8-20. Circuito oscilador reloj constituido por un multivibrador astable.

Circuitos reloj y de un solo disparo

- Los inversores se conectan entre sí a través de condensadores. Las resistencias polarizan a los inversores en la parte lineal de su características. Al cargarse y descargarse los condensadores a través de estas resistencia, el circuito genera una onda cuadrada continua.
- La frecuencia de la oscilación viene determinada por los valores de R y C.
- La mayoría de los osciladores con TTL producen frecuencias comprendidas entre 1 y 10 MHz.
- Se emplea otro inversor para aislar el circuito oscilador de la carga con objeto de mejorar la estabilidad de frecuencia y hacer que la forma de onda de salida sea una onda cuadrada limpia.

Circuitos reloj y de un solo disparo

- La frecuencia de oscilación de un oscilador astable no es particularmente precisa ni estable. Los valores de R y C determinan la frecuencia real, que puede variar dentro de un amplio campo debido a la tolerancia de los componentes.
- Las variaciones de temperatura y de tensión también hacen cambiar la frecuencia. Si bien en aplicaciones no críticas pueden tolerarse alguna inestabilidad, hay otras funciones que requieren una frecuencia precisa.
- En algún equipo digital el reloj proporciona la fuente de referencia precisa y estable que asegura una temporización exacta de las operaciones digitales.

Circuitos reloj y de un solo disparo

- La precisión se puede lograr con un oscilador de cristal de cuarzo que establece una precisa frecuencia del reloj. Su relativa insensibilidad a las variaciones de temperatura y tensión asegura una frecuencia estable.
- En la siguiente figura 8-21 se muestra un oscilador astable con cristal de cuarzo. Este componente sustituye uno de los condensadores.

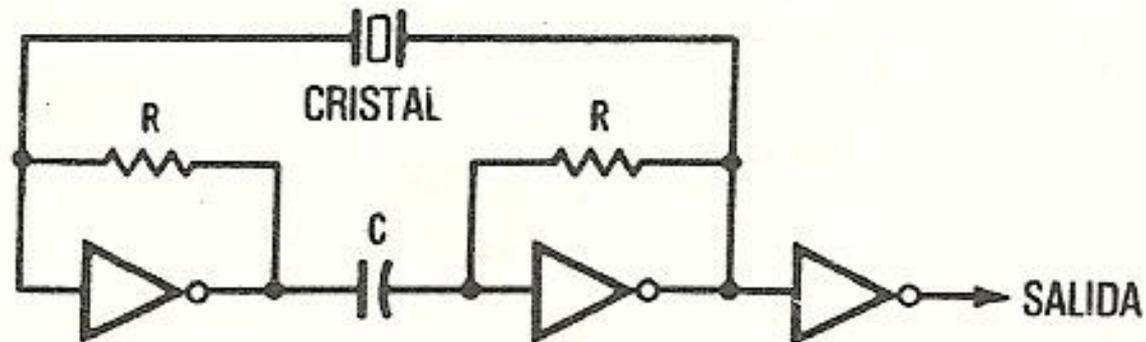


Fig. 8-21. Oscilador reloj a cristal

Circuitos reloj y de un solo disparo

- Las resistencias polarizan los inversores para la adecuada oscilación que viene determinada estrictamente por el cristal.
- El campo típico de frecuencias es de 1 a 10 MHz.
- Supongamos que el circuito de la figura 8-21 contiene un cristal de 1 MHz. La señal de salida será una onda cuadrada de esa frecuencia, como se muestra en la siguiente figura 8-22.
- El intervalo de tiempo entre impulsos es el periodo (T), que es recíproco de la frecuencia (f). $T = 1 / f$

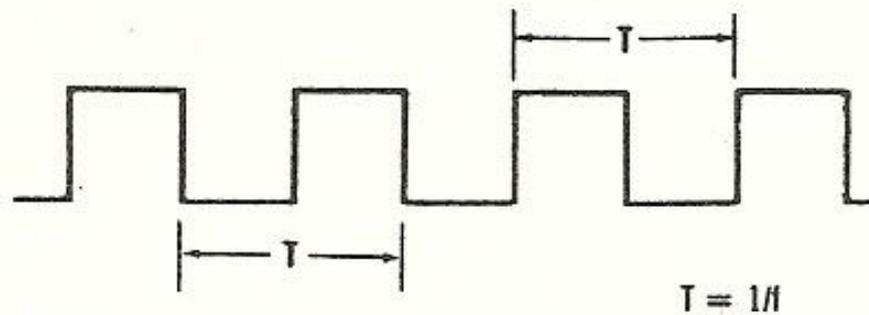


Fig. 8-22. Salida del reloj en onda cuadrada mostrando el período T .

Circuitos reloj y de un solo disparo

- El periodo puede medirse entre los bordes delanteros o traseros de la señal.
- Con una frecuencia de 1 MHz, el periodo es:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.000.000} = 0,000001 \text{ segundo, o } 1 \text{ microsegundo } (\mu\text{s})$$

- Una frecuencia de reloj de 1 MHz crea un intervalo de tiempo de un microsegundo (1 μs).
- También se puede determinar la frecuencia si se conoce el periodo ya que ambas magnitudes son recíprocas.
- Por ejemplo, si el periodo (T) es de 5 microsegundos, la frecuencia (f) es:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,000005} = 200.000 \text{ Hz o } 200 \text{ KHz.}$$

Circuitos reloj y de un solo disparo

- Otro circuito secuencial ampliamente utilizado es el de un *solo disparo* “os”. Genera un impulso de salida de duración fija cada vez que recibe una señal en la entrada y está constituido por un *multivibrador monoestable*. Cada vez que el circuito se activa se produce un impulso aislado de salida.
- En la siguiente figura 8-23 se muestra el diagrama bloque simplificado de un circuito integrado de un solo disparo.

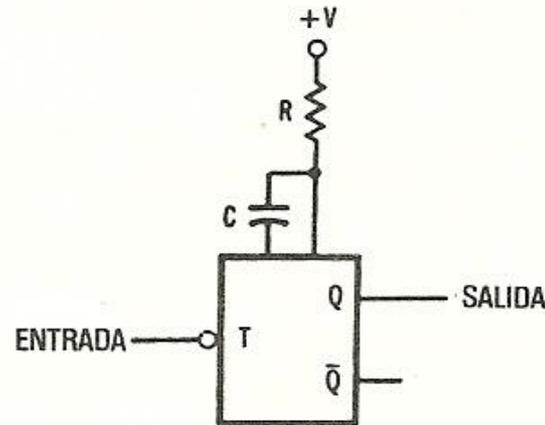


Fig. 8-23. Símbolo lógico de un circuito de disparo en circuito integrado.

Circuitos reloj y de un solo disparo

- Este circuito de solo un disparo, tiene una entrada y las salidas *normal* y *complementaria*.
- La duración del impulso de salida se determina por los valores de la *resistencia R* y el *condensador C* externos.
- Se genera un solo impulso de salida con el borde posterior (hacia negativo) de la señal de entrada.
- La siguiente figura 8-24 se representa las formas de onda típicas de entrada y salida. La duración del impulso de salida es t y puede variar entre unos pocos nanosegundos y varios segundos.

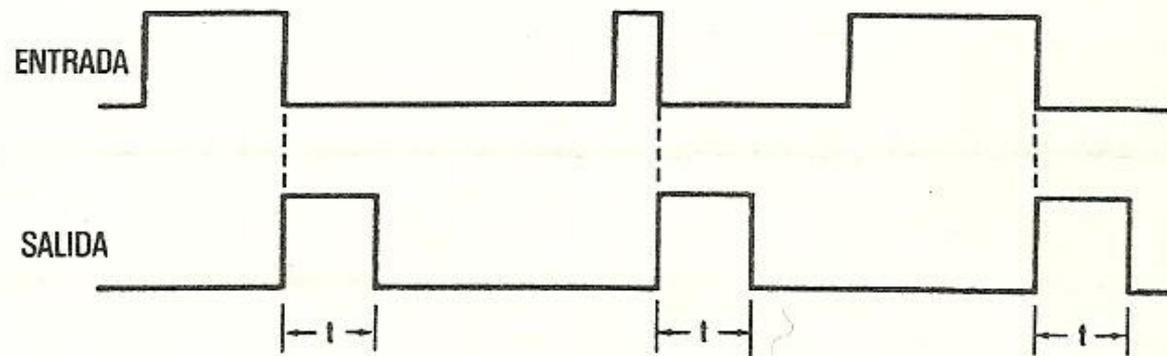
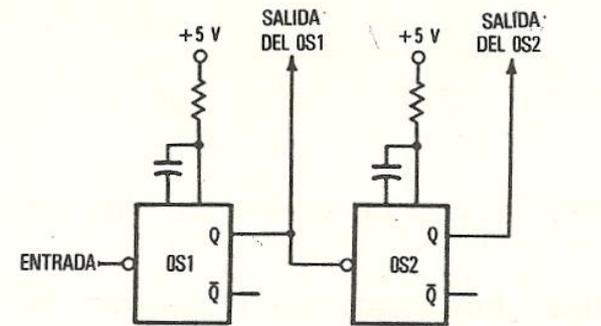


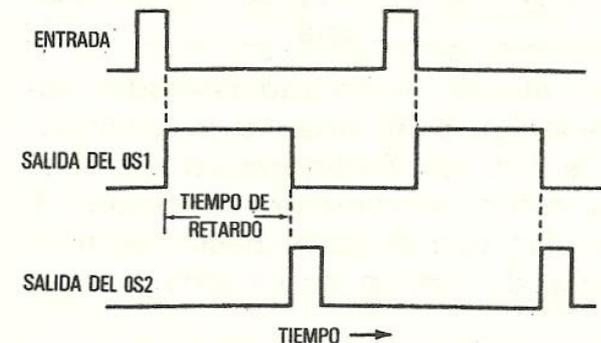
Fig. 8-24. Señales de entrada y salida de un circuito de disparo.

Circuitos reloj y de un solo disparo

- Los circuitos de disparo se utilizan siempre que se precisa un impulso de una determinada duración, aunque con más frecuencia sirven para generar retardos.
- En algunas aplicaciones digitales es necesario retrasar una señal digital con respecto a otra.
- En la siguiente figura 8-25 se muestra como puede retardarse un impulso.



(A) Circuito



(B) Forma de onda

Fig. 8-25. Empleo de los circuitos de disparo para producir el retardo de un impulso.

Circuitos reloj y de un solo disparo

- La señal que ha de retrasarse se emplea para accionar el circuito de disparo OS1.
- El impulso de salida de este disparador activa a su vez el OS2.
- El primero de los circuitos establece el tiempo de retardo mientras que el segundo sirve para regenerar el impulso de entrada.
- El efecto total es que la señal de entrada queda retardada en un tiempo igual a la duración del impulso generado por el primero de los circuitos de disparo.
- Estos circuitos de disparo son frecuentemente empleados en una variedad de operaciones de *temporización* y *secuenciado*. Si se conectan en cascada se pueden conseguir toda clase de funciones secuenciales y de retardo.



RESUMEN

**Resumen de la
Unidad**

Resumen de la Unidad

- Un circuito lógico que puede almacenar una palabra binaria y realiza operaciones de temporización se denomina circuito lógico **secuencial**.
- El principal elemento de un circuito lógico secuencial es una **báscula** o **biestable**.
- Los dos tipos más comunes de circuitos lógicos secuenciales de los sistemas digitales son los **contadores** y los **registros de desplazamiento**.
- Un contador registra el número de **impulsos de entrada** que le llegan y lo conserva como una palabra binaria.
- Los contadores binarios se construyen generalmente con básculas del tipo **JK**.

Resumen de la Unidad

- La reposición o “**reset**” del contador hace que las salidas de las básculas sea **0000**.
- Después de la aplicación de doce impulsos el contador almacena el número binario **1100**.
- El número almacenado en el contador se determina observando las salidas de las **básculas**.
- Las básculas sólo cambian de estado con el **borde posterior** o **negativo** de los impulsos de entrada.
- Antes de poder ser contados los impulsos, la mayoría de los contadores binarios han de ser repuestos “**reset**”.
- La aplicación de un número específico en un contador antes de hacerlo funcionar se denomina **pre-establecimiento**.

Resumen de la Unidad

- La báscula se pre-establece (**preset**) cuando la de carga de entrada se hace el **1** binario.
- Un contador binario de 4 bits está pre-establecido con el número binario **0011**, 3 en decimal. Si se le aplica ocho impulsos el número del contador será: **1011** = 11 decimal.
- Un contador binario de 3 bits tiene una capacidad máxima de conteo de $2^3 - 1 = 7$.
- Si la capacidad de cuenta en el contador no es de la magnitud necesaria, se presentará la condición de **desbordamiento**.
- El número mayor de estados que pueden representarse en un contador con cinco básculas es de $2^5 - 1 = 32 - 1 = 31$

Resumen de la Unidad

- Con cada impulso de entrada de un contador creciente, el valor de cuenta se **incrementa**.
- Los impulsos de entrada hacen que un contador decreciente se **decremente**.
- En un contador binario decreciente las entradas de tiempo de las básculas JK son activadas por la salida **complementaria** del biestable precedente.
- El número binario almacenado en un **contador decreciente** es el 1011, once en decimal. Si se le aplica tres impulsos de reloj, el nuevo valor del contador pasa a ser el 1000, ocho en decimal; $11-3 = 8$.

Resumen de la Unidad

- Para pre-establecer el contador se aplica un 0 binario a la entrada de carga.
- El contador se puede bascular, según sus características, con el borde delantero “*el que va hacia el positivo*” o con el borde posterior “*el que va hacia el negativo*”.
- Para lograr una capacidad de conteo de 4.095, se utilizan tres contadores de integración a media escala MSI. Tres contadores contienen $4 \times 3 = 12$ básculas, y $2^{12} - 1 = 4.095$.

Resumen de la Unidad

- Un contador BCD también se denomina contador de décadas o de modulo 10.
- Un contador BCD contiene cuatro biestables.
- Un contador BCD decreciente se preestablece inicialmente en 1000. Se aplica a la entrada un impulso, el estado del contador será de 0111.
- Para contar un valor máximo de 9999 se precisa conectar en cascada cuatro contadores BCD.
- La salida de un contador BCD es de 75 KHz, la entrada será de 750 KHz.; $75 \times 10 = 750$.
- Un registro de desplazamiento puede almacenar datos binarios.

Resumen de la Unidad

- Los datos en el registro de desplazamiento se mueven una posición a la derecha cuando se presenta un impulso de reloj.
- Los registros de desplazamiento se usan para generar y almacenar datos binarios en serie.
- La palabra entrada en serie queda disponible en paralelo después del número de impulsos de reloj.
- A medida que va saliendo la palabra binaria, va entrando, para ocupar el espacio de los respectivos bits, ceros binarios.
- Un registro de desplazamiento que pueda mover los datos en ambas direcciones se denomina **registro izquierda/derecha**.

Resumen de la Unidad

- Un registro de desplazamiento de 256 bits puede almacenar 64 dígitos decimales en codificación binario BCD.
- Los datos pueden ser retenidos en el registro a medida que son desplazados hacia fuera mediante un proceso de **recirculación**.
- Los contadores de bits y de palabras son repuestos originalmente, entonces si se producen 128 impulsos de reloj se obtiene una dirección de 10000.
- Un circuito de reloj genera un tren periódico de impulsos.
- Los valores de la resistencia y los condensadores del circuito reloj determina su frecuencia.

Resumen de la Unidad

- Para conseguir un oscilador preciso y estable se utiliza un cristal de cuarzo.
- La frecuencia de funcionamiento viene establecida por el cristal.
- Una frecuencia de reloj de 2 MHz produce un periodo de 500 nanosegundos. $T = 1/2.000.000 = 0,000005$ segundos, o 0,5 microsegundos o 500 nanosegundos.
- Un multivibrador monoestable o circuito de un disparo genera un impulso de salida cada vez que es activado.
- La aplicación principal de los circuitos de disparo es producir un retardo.



¿Lo sabes?

**Preguntas de
Autoevaluación**

Responda a las 10 preguntas siguientes. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 1. Un circuito que indica el número de impulsos de entrada expresado en una cantidad binaria se denomina:
 1. Báscula.
 2. Biestable.
 3. Contador.
 4. Registro de desplazamiento.

Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 2. La máxima capacidad de conteo de un contador binario de 6 bits es:
 1. 24.
 2. 48.
 3. 54.
 4. 63

Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 3. Un contador decreciente de 4 bits contiene el número 1101. ¿ Cuantos impulsos se requieren para lograr una cuenta de 0110 ?
 1. Cinco.
 2. Seis.
 3. Siete.
 4. Trece.

Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 4. El número máximo que puede aparecer en un contador BCD es:

1. 0110

2. 1001

3. 1010

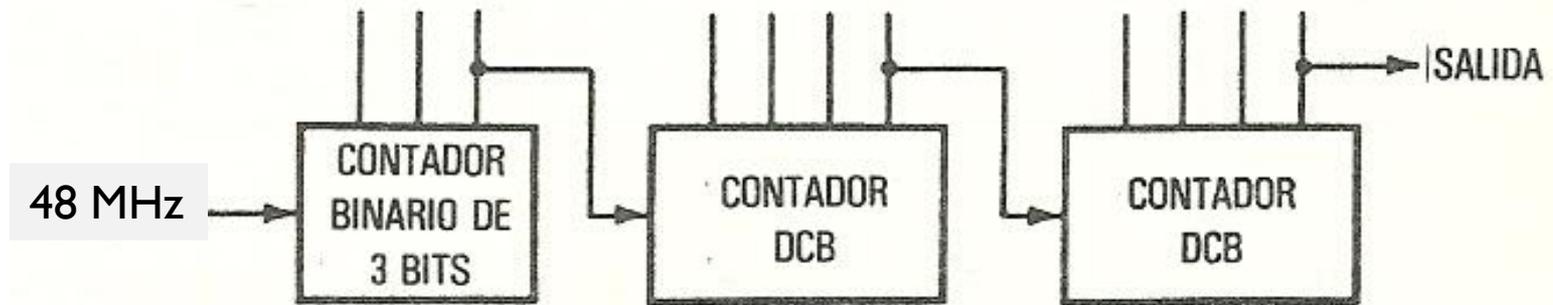
4. 1111

Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 5. El contador BCD se denomina también:
 1. De “set”.
 2. De realimentación.
 3. De décadas.
 4. De desplazamiento.

Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 6. La salida del divisor de frecuencias de la figura es de:
 1. 60 kHz.
 2. 100 kHz.
 3. 300 kHz.
 4. 600 kHz.



Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 7. Un registro de desplazamiento de 8 bits contiene el número 10101110. La entrada se conecta al 1 binario. Después de tres impulsos de reloj el registro contendrá el:

1. 10101111.

2. 10110101.

3. 11110101.

4. 11111010.

Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 8. Para realizar una conversión de paralelo a serie, un registro de desplazamiento debe ser primero:
 1. Desplazado cuatro veces.
 2. Cargado en serie.
 3. Repuesto “reset”.
 4. Pre-establecido “set”.

Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

- 9. Un circuito que genera los impulsos periódicos necesarios para el control de las operaciones en un circuito lógico se denomina:
 1. Circuito de cristal XT.
 2. Circuito de reloj.
 3. Circuito de retardo.
 4. Circuito de realimentación.

Responda a la siguiente pregunta. Pulse en la alternativa que crea que es la correcta.

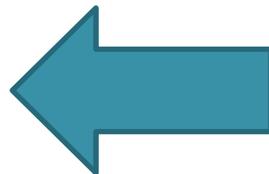
- 10. Un multivibrador monoestable se usa frecuentemente para hacer que un impulso de entrada se produzca algún tiempo más tarde. A este circuito se le denomina:
 1. Circuito de desplazamiento.
 2. Circuito de retardo.
 3. Circuito de direccionamiento.
 4. Circuito de establecimiento.



Fin de la presentación!

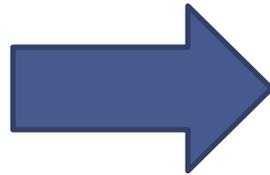
**Fin de la
presentación**

La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.



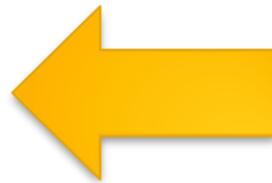
Volver

OK. La respuesta es correcta.



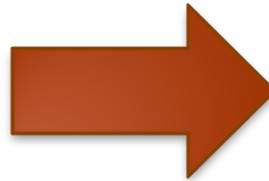
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



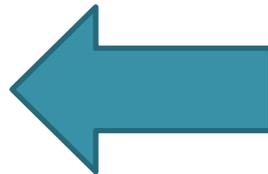
Volver

OK. La respuesta es correcta.



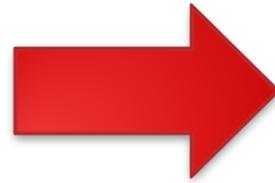
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



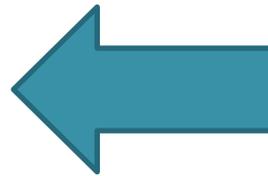
Volver

OK. La respuesta es correcta.



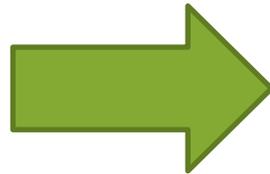
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



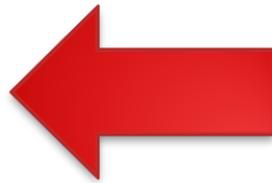
Volver

OK. La respuesta es correcta.



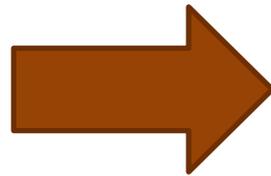
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



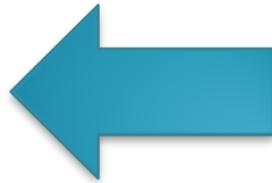
Volver

OK. La respuesta es correcta.



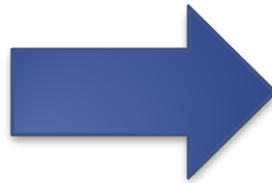
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



Volver

OK. La respuesta es correcta.



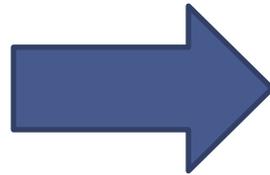
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



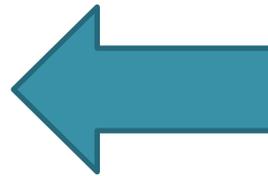
Volver

OK. La respuesta es correcta.



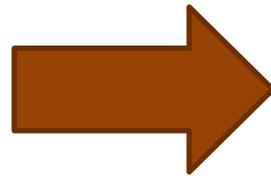
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



Volver

OK. La respuesta es correcta.



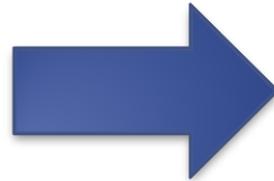
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



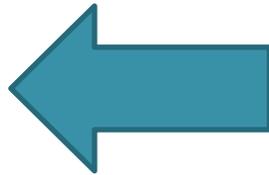
Volver

OK. La respuesta es correcta.



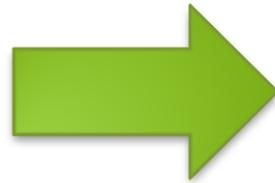
Siguiente pregunta.

**La Respuesta no es la correcta.
Vuelva a intentarlo de nuevo.**



Volver

OK. La respuesta es correcta.



Fin del cuestionario y Fin de la presentación.