

Día 1

La electrónica abarca una cantidad de ramas, cada una de las cuales se ha desarrollado aceleradamente y ocupa un lugar destacado en el mundo moderno. La televisión es una de esas ramas y la difusión que alcanzó no necesita ser mencionada. En nuestro medio tiene casi tres décadas y en otros países algo más y ya tenemos emisiones que cubren el mundo entero para receptores de color, con programas muchas veces captados por pequeñas cámaras portátiles. El transistor es también un elemento importante en la electrónica y reemplazó a las válvulas en los receptores de radio, pero tardó algunos años en hacer lo mismo con los televisores. La razón de tal demora fue que la industria ocupó ese tiempo en perfeccionar al transistor para hacerlo apto para las complejas funciones y extremas exigencias que debía cumplir. Todavía son mayoría en el mundo los televisores a válvulas pero con el correr del tiempo irán desapareciendo, porque el consumo de cada uno de ellos es seis veces mayor que los que tienen transistores.

Así llegó el momento de incorporar a esta colección un tomo que trate sobre los televisores transistorizados, pero no podemos tratar en un mismo libro la teoría de la televisión, la de los transistores y explicar además los circuitos de TV que funcionan con transistores, si no queremos hacer un tomo con muchos cientos de páginas. Nos ocuparemos del tercer tema solamente, pues la mayoría de los lectores ya conoce las teorías de la televisión y de los transistores o puede leerla anticipadamente en los numerosos libros que hay en plaza, entre ellos los dos tomos de esta colección que se mencionan en la contratapa del presente libro. Con tal aclaración, abordemos la primera jornada de labor.

FUNCIONES DE LOS TRANSISTORES EN TV

Si hacemos una ligera comparación entre un receptor de radio y uno de TV encontraremos como enorme diferencia que en el primero hay varios transistores, no menos de cinco o seis, pero casi todos cumplen funciones amplificadoras y uno sólo de ellos realiza funciones algo más complejas en el oscilador local. En un televisor hay diversas secciones, como son los amplificadores de R.F. y de F.I., los generadores de barrido y la sincronización de los mismos, la sección de audio con su discriminador, el generador de A.T. para el tubo de imagen, los controles automáticos de ganancia y de frecuencia, los supresores de ruidos y algunos otros circuitos con funciones especiales que veremos oportunamente. Es lógico pensar que para estudiar un televisor a transistores hay que conocer bien el funcionamiento de estos componentes, su variedad constructiva y las funciones que pueden cumplir.

Las razones expuestas obligan a hacer una revisión de las distintas funciones que puede cumplir un transistor en un circuito y, aunque parecen más simples, los diodos sólidos que no hemos mencionado antes pero que encontramos en importante cantidad en cualquier televisor. Asimismo, se necesita identificar a cada tipo de transistor con la función a cumplir, pues no puede usarse en un circuito de potencia un simple transistor amplificador de bajas corrientes ni en un oscilador de frecuencias del orden de cientos de Megahertz un transistor destinado a circuitos de audio. Oportunamente se mencionarán estas características y las limitaciones que tiene cada uno.

Y para completar el panorama que se abre ante nosotros digamos que en los televisores a válvulas se encuentran muchos circuitos, pero las diferencias entre ellos no son tan importantes como las que aparecen en los circuitos de TV a transistores

entre los que no encontramos dos iguales. Esta circunstancia obliga a agruparlos por la similitud de las soluciones circuitales y no por el trazado mismo de esos circuitos.

El transistor amplificando

Tal como ocurría cuando se estudiaba el funcionamiento de las válvulas, se considera como la más simple a la función *amplificadora* en los transistores. Claro está que dentro de la misma hay muchas variantes casi todas encuadradas por las magnitudes en juego. El amplificador a transistor más simple es el que muestra la figura 1 que es un preamplificador de audio: analicemos este circuito y puntualizar cuestiones muy importantes.

Sabemos que hay dos clases de transistores según la disposición interna de las substancias semiconductoras que lo integran: el PNP y el NPN. Esas substancias pueden ser el germanio y el silicio; el agregado al germanio de pequeñas porciones de arsénico le dan posibilidad de tener cargas negativas libres y entonces tenemos un semiconductor negativo. Si agregamos indio lo que se consigue es un excedente de cargas positivas y esto le da tal nombre al semiconductor. Si apilamos dos trozos de germanio negativo intercalando uno de positivo tenemos el transistor NPN y si los trozos externos son de germanio positivo y el central es negativo, tenemos el transistor PNP. Similares consideraciones pueden hacerse con el semiconductor silicio. En los símbolos de los transistores se representa al transistor colocando una flecha en la rayita que representa el emisor, entrante para el transistor positivo o PNP y saliente para el negativo NPN. El de la figura 1 es por consiguiente un tipo PNP.

Continuemos repasando la teoría del transistor. El PNP debe llevar polaridad positiva en el emisor, justamente representado por la rayita con la flecha; luego la batería debe conectarse con su polo po-

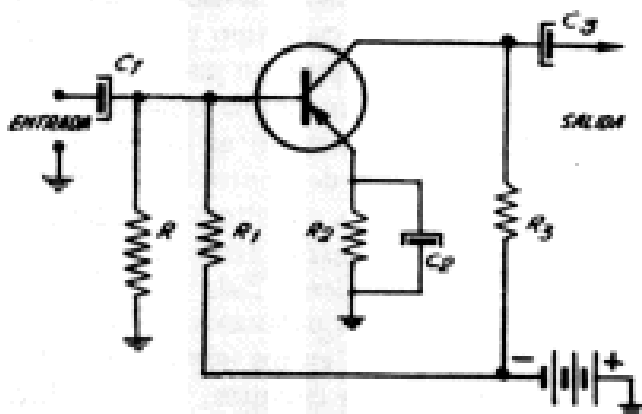


Fig. 1. - Esquema básico de un amplificador de tensión a transistor. Se emplea un tipo PNP.

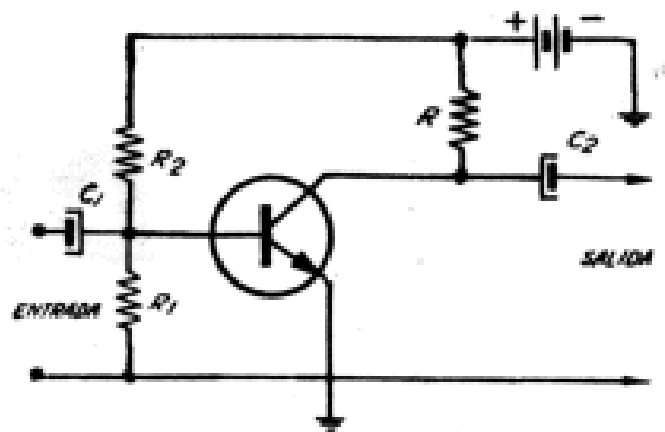


Fig. 2. - Esquema básico de un amplificador que emplea un transistor tipo NPN.

sitivo hacia ese emisor y en la figura 1 eso se logra conectando a masa el positivo de la batería y el emisor, este último a través del resistor R_2 . El colector, representado por la rayita sin flecha, lleva polaridad negativa, lo que se consigue conectándolo al polo negativo de la batería a través del resistor R_3 . La base, representada por la raya más gruesa, en los transistores PNP lleva también polaridad negativa, pues la misma coincide siempre con la polaridad del colector. Entonces el resistor R_1 de base va al polo negativo, pero como la tensión de base es menor que la de colector se usa casi siempre un divisor de tensión, agregando el resistor R . De este modo la serie formada por R y R_1 queda derivada sobre el total de la batería y a la base le toca una parte de la tensión total, parte que se conoce perfectamente consultando las características de cada transistor que suministra la fábrica.

El transistor es un elemento que trabaja con corrientes distintas en sus electrodos. La corriente de base desarrolla una tensión a través de R_1 y la de colector la desarrolla a través de R_3 . Como la segunda corriente es mayor que la primera obtenemos el efecto amplificador al tener mayor tensión en el resistor de salida que en el de entrada. El resto del circuito lo forman los capacitores con funciones bien conocidas: el C_1 aísla la polaridad y valor de la tensión en la etapa previa de distintos valores que hay en la base del transistor que tenemos en la figura. El C_2 tiene idénticas funciones y corresponde a la etapa siguiente. El C_3 anula en forma apreciable la caída de tensión que se produce para la señal alterna en el resistor R_3 de emisor, cosa que ocasionaría una pérdida de amplificación de la etapa. Como el circuito de la figura 1 se supone que es para audio, los capacitores son electrolíticos.

Pasemos ahora a la figura 2 que nos muestra una etapa amplificadora similar a la anterior, solo que

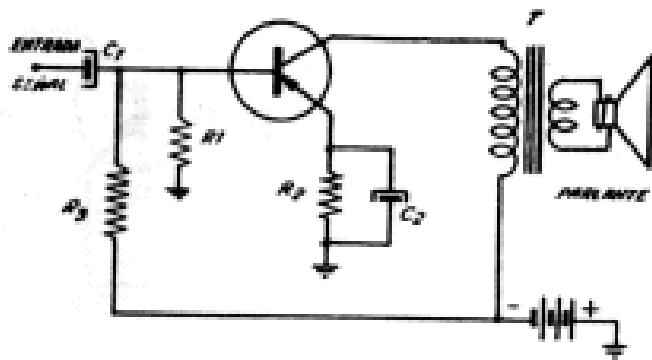


Fig. 3. - Amplificador de potencia que emplea un transistor trabajando en clase A.

aquí vemos un transistor NPN. En efecto, el emisor tiene la flechita hacia afuera y entonces este electrodo debe llevar polaridad negativa: se lo conecta a masa y el polo negativo de la batería también. El colector, rayita sin la flecha, lleva polaridad positiva y entonces el resistor de carga R se conecta a dicho polo de la batería. La base se polariza mediante un divisor de tensión que se forma con los resistores R_1 y R_2 derivados sobre los extremos de la batería y con valores adecuados para que la tensión de base sea la indicada por la fábrica. El resto del circuito no presenta variantes respecto del anterior y ambos circuitos suelen llamarse amplificadores de tensión a pesar de que el transistor es un amplificador de corriente; ocurre que con la inserción de los resistores en los circuitos de base y de colector se obtienen tensiones entre extremos de los mismos al paso de las corrientes de esos dos electrodos.

Amplificación de potencia

De la función amplificadora descripta antes derivan casi todas las otras funciones que cumplen los transistores. Si para una etapa amplificadora utilizamos un transistor capaz de manejar una fuerte corriente de colector y aplicamos esa corriente a un elemento reproductor electroacústico, se producirá la transformación consiguiente de energía y el parlante producirá sonido en el aire.

Tomemos un circuito clásico como ejemplo: el de la etapa de salida de un receptor de radio, tal como se lo ve en la figura 3. El transistor PNP empleado desarrolla una fuerte corriente de colector, a la cual se la hace pasar por el primario del transformador T . Como el transistor amplifica la señal alterna aplicada a la base se producen variaciones en la amplitud de la corriente de colector, que no será continua pura sino que tendrá alteraciones que siguen permanentemente a la amplitud de esa señal alterna o sea la señal de audio. Tales variaciones inducen una tensión en el secundario del trans-

formador, la que se aplica a la bobina móvil del parlante y el cono del mismo vibra produciendo la onda sonora.

Veamos los valores en juego; la etapa amplificadora mostrada trabaja en clase A, así llamada porque se reproduce el ciclo completo de la señal de audio en la variaciones de la corriente de colector. Esta clase de amplificación da bajo rendimiento, el que es del orden del 30%. Entonces, si la tensión de la batería es de 9 Volts y la corriente normal de colector es de 0,6 Amper, el producto nos da la potencia absorbida por la etapa: $9 \times 0,6 = 5,4$ Watts. Si sacamos el 30% de esa cifra nos queda: $5,4 \times 0,3 = 1,62$ Watts. Quiere decir que esta etapa entregará al parlante una potencia máxima de 1,6 Watts aproximadamente.

Para obtener potencias mayores se usan disposiciones de mejor rendimiento, una de las cuales se ve en la figura 4 que muestra un montaje en clase B con simetría complementaria. En la misma cada transistor trabaja con medio ciclo de la señal y se usa un transistor PNP y otro NPN, de modo que aplicando señal a la entrada, los dos transistores trabajan a destiempo por su diferente polaridad, amplificando cada uno medio ciclo de la señal de audio y entregando el parlante el ciclo completo a la salida. Obsérvese que si bien este montaje se puede realizar con un transformador de salida como el de la figura 3, la tendencia actual es suprimir ese elemento y el acople se hace directo a través de un capacitor.

Debido al mayor rendimiento de la clase B, se obtiene mayor potencia con el mismo consumo. Es común utilizar tensiones de 12 Volts en etapas de salida de este tipo usadas en televisores, y suponiendo una corriente de consumo igual a la

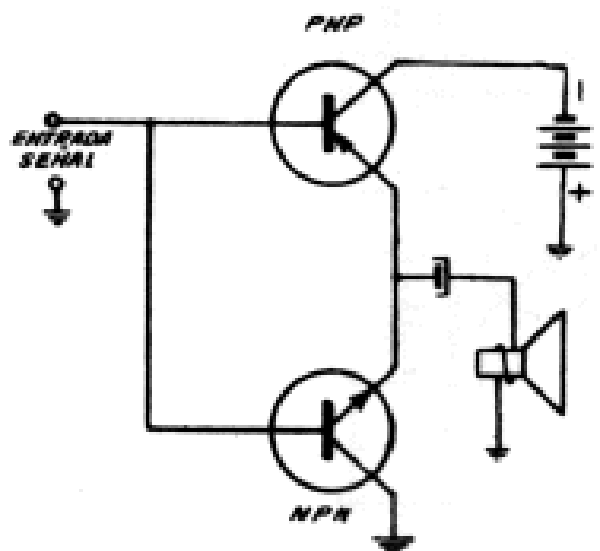


Fig. 4. - Amplificador de potencia con transistores trabajando en clase B con simetría complementaria.

anterior tenemos una potencia absorbida de $12 \times 0,6 = 7,2$ Watts. Si aplicamos el factor rendimiento tenemos: $7,2 \times 0,6 = 4,32$ Watts potencia más que suficiente para un televisor.

Los circuitos de amplificación de potencia para audio son muy variados, según veremos, pero también se usan etapas de potencia en otras secciones del televisor. Tal es el caso del amplificador de la señal de video y los amplificadores de los circuitos de deflexión o barrido. Sus configuraciones son bastante diferentes a las mostradas en las figuras 3 y 4 y las veremos al ocuparnos de esas secciones en particular, aunque se mantienen los principios ya comentados.

Amplificación de R.F.

Las señales de televisión irradiadas al espacio tienen portadoras con frecuencias desde medio hasta dos centenares de Megahertz, para los canales llamados de V.H.F. (very high frequency) o sea muy altas frecuencias que son los comunes que van del 2 al 13. Existen también emisiones de U.H.F. (ultra high frequency) que corresponden a los canales de ultrafrecuencias y que tienen portadores de centenares de MHz. Para trabajar en tales frecuencias debieron diseñarse transistores especiales y este es uno de los detalles que demoró la transistorización de los televisores. Como en TV se usan los receptores superheterodinos, inmediatamente de captada la señal de muy alta frecuencia se rebaja la misma hasta cifras menores y así obtenemos dos señales: una que corresponde a la señal de video y otra a la de sonido, ambas extraídas de la modulación de la portadora captada. En los primeros televisores la F.I. de video tenía frecuencias comprendidas entre 20 y 30 MHz pero actualmente se usan cifras dobles a las mencionadas. La F.I. de audio es de 4,5 MHz. Los transistores para trabajar con estas frecuencias no son tan especiales y existen desde hace ya varios años.

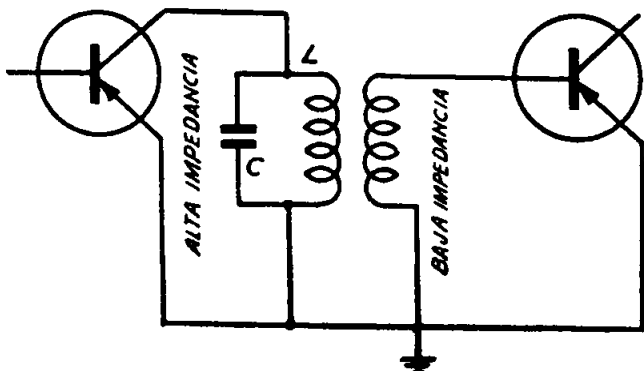


Fig. 5. — Amplificador de R.F. con acoplamiento a la etapa siguiente mediante bobina de baja impedancia.

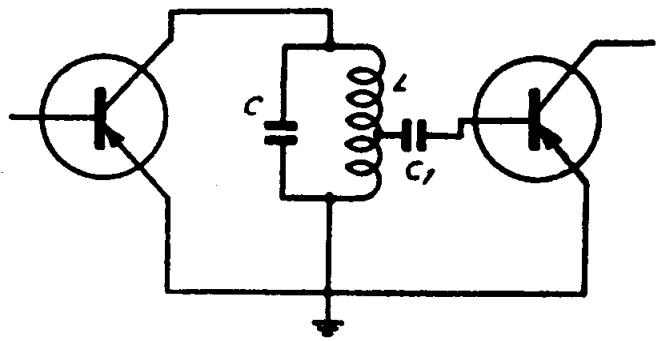


Fig. 6. — Amplificador de R.F. con acoplamiento tomando una derivación de la bobina de alta impedancia.

Un problema muy importante en la amplificación de R.F. con transistores es el de las impedancias en juego. El transistor es básicamente un elemento de bajas impedancias internas debido a su construcción, al revés de lo que ocurría con las válvulas. Pero ocurre que para amplificar señales se debe obtener ganancia pero sin perder la selectividad, es decir la aptitud para amplificar solamente la señal de la frecuencia elegida y no otras de frecuencias próximas. Se impone entonces el uso de circuitos sintonizados, especialmente los de sintonía en paralelo, los que se caracterizan por tener muy alta impedancia en resonancia. Entonces, debe acoplarse un circuito de alta impedancia a un transistor que presenta baja impedancia interna y eso se traduce en una enorme pérdida de la ganancia.

Así las cosas podemos comenzar a ver los circuitos empleados y la manera como se soluciona el problema planteado. La figura 5 nos muestra un transistor amplificando señales de R.F. El circuito sintonizado de acoplamiento tiene un primario formado por la bobina L y el capacitor C , con resonancia en paralelo por lo que resulta de alta impedancia. Acoplado este conjunto al colector del transistor, el problema no es muy grande porque la impedancia interna de ese lado del transistor no es tan baja como la del lado de base, que corresponde a la etapa siguiente, o sea al segundo transistor. Allí debemos tener un circuito de baja impedancia y en este caso se lo logró evitando sintonizar la bobina secundaria.

Otra solución se muestra en la figura 6, donde en lugar de colocar una bobina secundaria se acopla la base del segundo transistor a un punto de baja impedancia de la bobina L a través del capacitor C_1 . El primer transistor amplifica la señal cuya frecuencia coincide con la de resonancia de L con C y el segundo transistor toma esa señal amplificada a través de C_1 .

Una tercer variante se muestra en la figura 7, donde el conjunto resonante está formado por la

bobina L y los capacitores en serie C_1 y C_2 . En estos casos el ajuste de resonancia suele hacerse mediante un núcleo deslizable en la bobina. Haciendo C_2 mucho mayor que C_1 , la impedancia entre sus terminales será baja y allí puede acoplarse la base del segundo transistor sin inconvenientes. En los circuitos que analicemos más adelante veremos cual de las variantes mencionadas se aplicó, pues ello es optativo para la fábrica.

Los tres amplificadores de R.F. mostrados no contienen los elementos de polarización de los electrodos de los transistores, para no complicar las figuras. Tales elementos son similares a los que se colocaban en los amplificadores vistos anteriormente y sus valores típicos se verán en los circuitos reales de televisores que mostraremos más adelante.

Y para terminar con las explicaciones referentes a amplificadores, conviene hacer una interesante aclaración: estudiando la teoría de los transistores

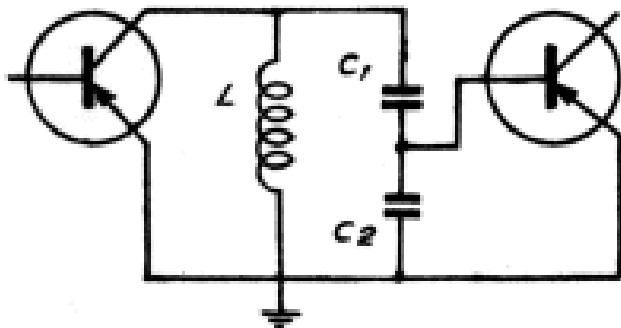


Fig. 7. - Acoplamiento entre etapas del amplificador de R.F. mediante un divisor capacitivo.

se conoce que en los montajes amplificadores hay tres variantes llamadas amplificadores de *emisor común o a masa*, de *base común o a masa* y de *colector común o a masa*. Ello se explica diciendo que la entrada de señal ocupa un electrodo y la salida otro; el tercer electrodo queda libre y recibe el nombre de común o a masa antes dado. Por ejemplo, todos los amplificadores que vimos en las figuras 1 a 7 eran de emisor común por tener la entrada de señal en base y la salida en colector.

La figura 8 nos muestra el montaje con base común o a masa, en el cual la entrada de señal se hace por emisor y la salida por colector. Las polarizaciones de los electrodos cumplen con las condiciones conocidas, pues tratándose en este caso de transistor PNP el emisor va positivo y la base y colector negativos. En el caso de la base esta polaridad no se ve tan clara pero el resistor R_2 está para eso: al paso de la corriente de base se produce en R_2 una caída de tensión que hace menor la tensión en su extremo superior, o sea menos posi-

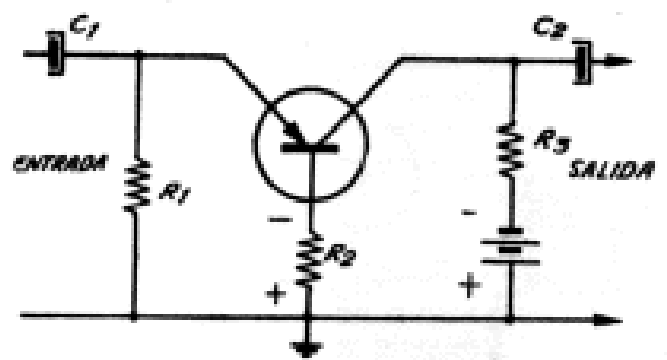


Fig. 8. - Amplificador de tensión en montaje de base común. Nótese la diferencia con el de la figura 1 que corresponde al montaje de emisor común.

tiva que en el extremo inferior; luego, el extremo superior se considera negativo con respecto al extremo inferior. Desde el punto de vista funcional, en este montaje las señales de entrada y salida tienen la misma fase, porque a aumentos de valor instantáneo en emisor corresponden aumentos simultáneos de valores instantáneos en colector. En el montaje con emisor a masa las señales de entrada y salida tienen fase invertidas.

Finalmente veamos en la figura 9 el montaje con colector común o a masa. Aquí la entrada de señal se produce en la base y la salida se toma del circuito de emisor. Las polarizaciones cumplen las normas ya dadas como se puede observar en la figura, que tiene un transistor PNP. Este circuito no suministra amplificación y parecería inútil, pero si se observa que las señales de entrada y de salida aparecen como estando en serie, se produce algo así como una inversión entre el colector y la base, lo que eleva la impedancia interna de ésta.

O sea que este montaje tiene la propiedad de elevar la impedancia de base y reducir la impedancia de colector. Sus aplicaciones están restringidas a los casos en que tal propiedad sea indispensable.

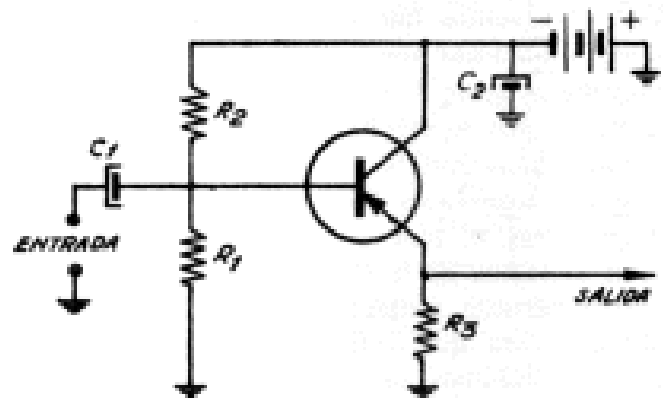


Fig. 9. - Amplificador a transistor en montaje de colector común.

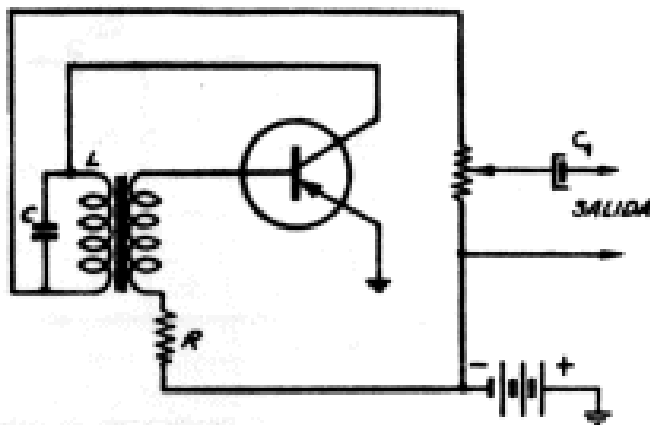


Fig. 10. - Oscilador de baja frecuencia a transistor en montaje autoexcitado o tipo Meissner.

Osciladores

Otras de las funciones importantes del transistor en TV es la de formar parte de circuitos osciladores. Conviene aclarar que un oscilador es un montaje generador de señales alternas, cuya frecuencia depende de las magnitudes de los elementos que contiene. O sea que si acoplamos entre sí una inductancia y una capacidad, tal como sería la bobina L y el capacitor C de la figura 10, ellos resuenan a un cierto valor de frecuencia, precisamente a la llamada frecuencia de resonancia del conjunto. Desde el punto de vista eléctrico puro, el capacitor se carga con la fuente y se descarga sobre la bobina, la cual por efecto electromagnético genera una tensión, la que carga al capacitor y éste vuelve a descargarse sobre la bobina y así siguiendo. Parecería que ya tenemos un oscilador, pero ocurre que la circulación de corriente por los conductores produce calentamiento y la pequeña energía disponible se amortigua rápidamente y la oscilación desaparece. Para mantener tales oscilaciones aplicamos el conjunto resonante a un transistor, amplificamos levemente la energía oscilante y la reinyectamos a la entrada, con lo cual se compensa la amortiguación.

Entonces vemos que el circuito contiene una segunda bobina que tomando energía por vía electromagnética desde L la aplica a la base del transistor; éste, por su efecto amplificador, la entrega con mayor magnitud al circuito de colector y de allí la aplicamos a la entrada o sea a L . R está para polarizar la base y C_1 sirve para aislar la tensión continua de la etapa siguiente. El potenciómetro permite tomar parte o toda la tensión oscilante o sea que actúa en forma similar al control de volumen en los receptores de radio. Como este circuito lo suponemos para baja frecuencia, como sería el caso de un oscilador para el barrido vertical en el televisor, el par de bobinas

lleva un núcleo de hierro, el capacitor C de resonancia tiene un valor más bien alto y el de salida C_1 es electrolítico.

Si se tratara de un circuito oscilador para frecuencias altas, como serían las del barrido horizontal por ejemplo, el circuito toma el aspecto que muestra la figura 11. Como vemos es muy similar al anterior.

Bien, los osciladores de realimentación por acoplamiento inductivo directo se llaman tipo Meissner o autoexcitados. Ahora veremos una variante muy usada en TV que se denomina Colpitts, cuyo circuito muestra la figura 12. En primer lugar observamos que la tensión para amplificar con el transistor se toma del punto central de una serie de dos capacitores C , de tal manera que dosificando sus valores se puede tomar fácilmente una fracción conocida de la tensión total presente en la bobina L . La reinyección se hace desde el colector hacia la bobina y de allí mismo se toma la señal de salida, intercalando el clásico capacitor de aislación.

Pero hay otra variante en la configuración del circuito que ofrecemos para que se note la diferencia: el transistor tiene montaje de base común, pues la señal entra por el emisor y sale por el colector.

Los circuitos vistos en las figuras 10 y 11 eran de emisor común.

Multivibradores

Puede obtenerse oscilación sin recurrir a circuitos sintonizados, acoplando dos etapas amplificadoras e inyectando a la entrada de la primera parte de la salida de la segunda. Como la señal producida no tiene una frecuencia dada por un conjunto resonante, se obtiene una señal compuesta de innumerables armónicas y eso le da el nombre de multivibrador que tiene el dispositivo. Para fijar

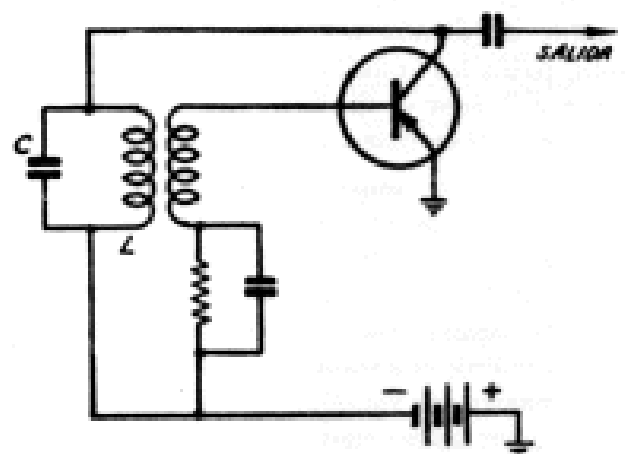


Fig. 11. - Oscilador de alta frecuencia a transistor en montaje Meissner

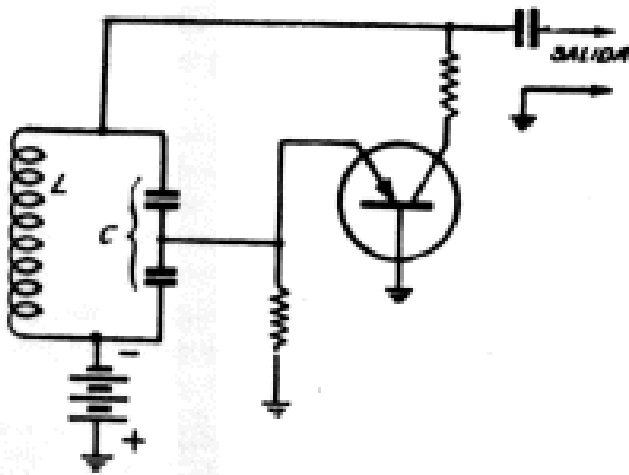


Fig. 12. - Oscilador a transistor en montaje tipo Colpitts.

una frecuencia que predomine sobre las otras hay que inyectar un impulso de control en la entrada del primer transistor, cosa que se hace en los generadores de barrido de los televisores.

Como ejemplo típico de un multivibrador aplicable en TV mostramos el circuito de la figura 13. Para evitar la reinyección de señal se recurre a un simple expediente: se usa un resistor común para los dos emisores con lo que la señal presente en uno de ellos resulta automáticamente aplicada al otro y ello produce la realimentación requerida. Los dos transistores son del tipo NPN y el montaje es de emisor común tal como en la mayoría de los amplificadores. Los valores están dados para los transistores 201 de la Texas que es la diseñadora de este circuito.

Bloqueo y saturación

En los circuitos transistorizados comunes de receptores y amplificadores los valores de los componentes se dimensionan adecuadamente para obtener funcionamiento normal y estable, dentro de las características de trabajo de cada transistor. Pero en los televisores se recurre con frecuencia a montajes que aparentan anomalía pero que permiten lograr efectos necesarios que tendremos oportunidad de estudiar en el resto del libro.

Veamos la base de tales situaciones tomando un circuito cualquiera de los vistos, por ejemplo el que tenemos en la figura 1. El emisor se polariza con potencial positivo mientras que la base y el colector llevan polaridad negativa, según corresponde a un transistor PNP. Si por cualquier medio damos al emisor polaridad negativa, si su valor es menor que la tensión negativa de base, subsiste el funcionamiento o sea que se mantiene la conducción de corriente emisor-colector. Pero en cuanto la polaridad negativa del emisor supera a la de base,

ocurre que la base se hace positiva respecto del emisor y cesa la conducción de corriente: se dice que el transistor queda *bloqueado*.

El bloqueo también puede producirse si damos a la base polaridad contraria a la que le corresponde. En el caso del transistor PNP si polarizamos la base positivamente pero con valor menor que la tensión positiva de emisor, el funcionamiento continúa, pero si la base se hace más positiva que el emisor al transistor se bloquea.

En transistores NPN, caso de la figura 2, el emisor tiene polaridad negativa. El bloqueo se produce si la aplicamos una polaridad positiva que en cifras supere a la positiva de base, pues en ese caso la base quedaría negativa respecto al emisor. O sea que si en cualquiera de los tipos de transistores se altera la polaridad normal de la base, sea la directamente aplicada o sea la que resulta al referirla a la polaridad del emisor, el transistor se bloquea. Esta situación no debe considerarse anormal, ya que muchas veces se la busca intencionalmente, como veremos más adelante.

Otro estado especial del transistor es el de *saturación*. La corriente a través del mismo, sea en el sentido colector-emisor (NPN) o emisor-colector (PNP) puede fluctuar entre un valor cero (bloqueo) y un valor máximo (saturación). A partir de este último estado, aunque aumente la tensión de colector no se logra que aumente la corriente circulante.

Veremos en los capítulos próximos una cantidad de dispositivos que aprovechan las situaciones expuestas para los transistores, pero, para adelantar algo, trataremos de inmediato el efecto compuerta.

Efecto llave o compuerta

Hasta aquí hemos visto a los transistores en una función netamente amplificadora, pues hasta en los osciladores realizaban esa misión para entre-

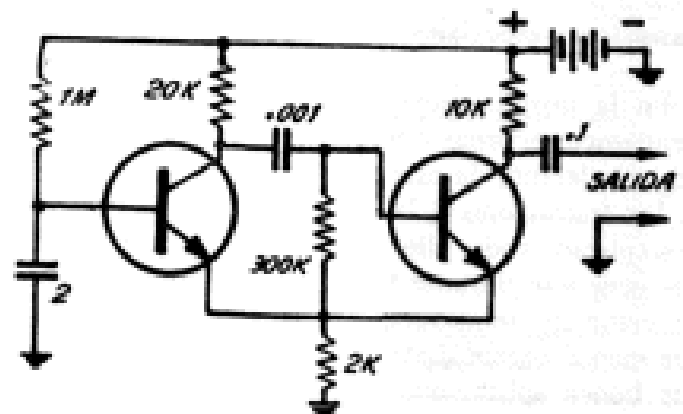


Fig. 13. - Esquema básico de un multivibrador a transistores. La realimentación se produce por usar un resistor común a los emisores.

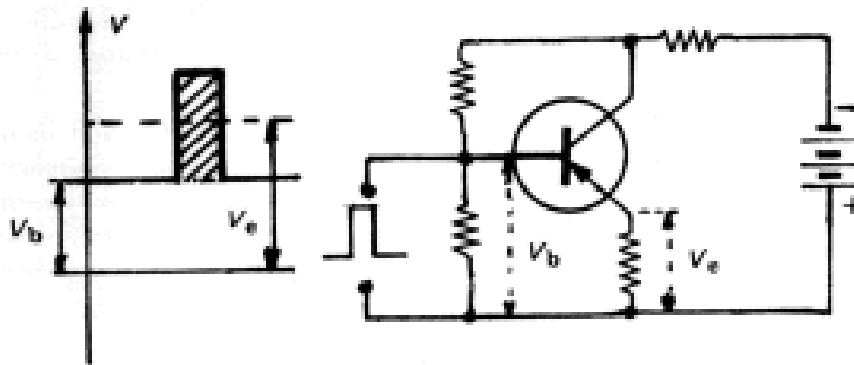


Fig. 14. - Funcionamiento del transistor como llave o compuerta.

tener las oscilaciones y compensar la amortiguación de las mismas. Hay otras funciones que deben cumplir los transistores en TV y ahora nos ocuparemos de una muy importante: la llave o compuerta.

La figura 14 nos muestra un transistor PNP que tiene sus resistores de polarización de manera que el colector tiene tensión negativa, la base también pero de menor valor y el emisor lleva polaridad positiva, como corresponde. Todavía no aplicamos a la base ninguna señal externa. El transistor conduce corriente desde emisor a colector y en el resistor de emisor la corriente circulante provoca una caída de tensión que tiene su positivo en el extremo inferior y su positivo en el superior. Esta caída, de acuerdo a los valores programados para el circuito da al emisor una polarización V_e negativa que supera a la de base V_b y por ende el transistor queda bloqueado y no conduce corriente.

En ese momento aplicamos a la base un pulso externo positivo que se superpone a la tensión de base, tal como se ve en el gráfico de la izquierda. Con ello la base adquiere una tensión que supera a la de emisor y el transistor se desbloquea y comienza a conducir. O sea que ese pulso actúa como una llave que cierra el circuito y comienza la conducción. Se dice que es un efecto compuerta y tiene numerosas aplicaciones en televisión, como veremos.

Transistores especiales

En la introducción al presente capítulo recomendamos recordar o adquirir conocimientos previos a la lectura de este libro, referentes a la teoría de los transistores y la televisión. Es obvio que si se explicara todo ello además de los temas que nos ocuparán durante todo el desarrollo resultaría un volumen desmesurado. Recordamos esto porque mencionaremos algunos transistores especiales que tienen aplicaciones en TV pero no estudiaremos analíticamente su funcionamiento.

Comencemos por los transistores de efecto de campo (FET, del inglés field effect transistor). Se trata de una barra de germanio negativo envuelta

por un cilindro de germanio positivo. La batería se conecta entre los extremos de la barra denominándose fuente (S: source) al extremo negativo y drenaje (D: drain) al positivo. La envoltura se polariza positivamente. Los electrones fluyen desde S hacia D y ese flujo se controla con la tensión en la compuerta o envoltura (G: gate). Como la fuente y la compuerta tienen polarizaciones inversas en su región de contacto, la resistencia en el mismo es grande, del orden de los Megohms, mientras que la resistencia entre la compuerta y el drenaje, con polaridades coincidentes, es baja.

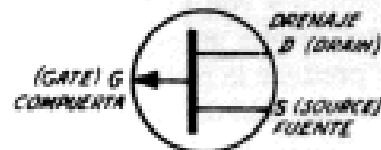


Fig. 15. - Símbolo típico del transistor de efecto de campo (FET).

Surge de inmediato la conveniencia de usar este tipo de transistor en amplificadores de alta frecuencia, donde se quiere evitar el amortiguamiento de los circuitos sintonizados que presentan de por sí alta impedancia. La figura 15 muestra el símbolo de los transistores de efecto de campo del tipo que hemos mencionado.

Técnicas posteriores lograron evitar la obligación de usar germanio N o P con el simple artificio de insertar una lámina de material aislante entre ambos elementos, material que se eligió como un óxido, dando origen al transistor MOS (metal-óxido-semiconductor). El material separador lleva

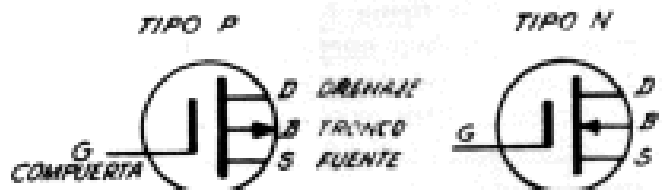


Fig. 16. - Símbolos de los dos tipos de transistores llamados MOS-FET.

una conexión al exterior, generalmente a masa. Los transistores de este tipo se llaman *MOS-FET* y sus símbolos para ambas polaridades se ven en la figura 16.

Otro transistor especial de aplicación en televisión es el llamado *monojuntura*. Se trata de un diodo al cual se le inserta un electrodo de control. Constructivamente se trata de una barra de silicio *N* en cuya parte central se incrusta una juntura *PN* que corresponde al emisor. La fuente se conecta a los extremos de la barra, denominándose bases a los mismos; B_1 es el extremo negativo y B_2 el positivo. La figura 17 nos muestra un circuito para apreciar lo que hemos dicho. Veamos lo que ocurre en el gráfico de la figura 18.

Hay una tensión crítica *OB* de emisor que es del orden de 3V, por debajo de la cual fluye una pequeña corriente inversa *OA*, pero cuando se supera esa cifra límite, punto *C*, se produce la polarización directa y fluye corriente directa según el gráfico *CDF*. La porción *CD* es la de resistencia

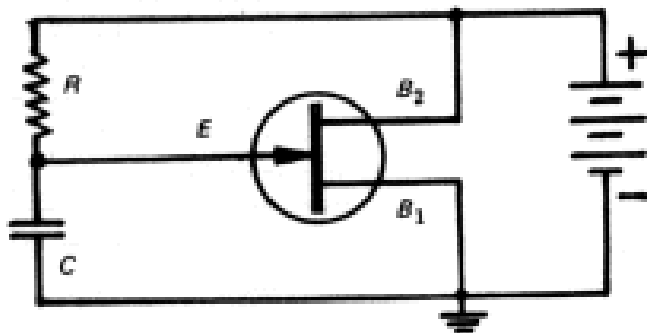


Fig. 17. - Uno de los esquemas de montaje del transistor monojuntura.

negativa y la *DF* es la de saturación. En el caso del circuito de la figura 17 el capacitor se carga lentamente a través del resistor. Cuando la tensión en *C* alcanza el valor de disparo se produce la descarga rápida y todo esto nos recuerda de inmediata a las formas de onda diente de sierra tan usadas en televisión. Además sirve para multivibradores, generadores de impulsos, divisores de frecuencia, detectores de fase, etc.

Diodos rectificadores

Ya antes de la popularización de los transistores existían los diodos o elementos de conductividad direccional, es decir que dejan pasar corriente en un solo sentido. Estos diodos sólidos reemplazaron a las válvulas rectificadoras y poco a poco fueron apareciendo diodos capaces de manejar tensiones y corrientes cada vez más elevadas. Para circuitos de corrientes débiles y tensiones ba-

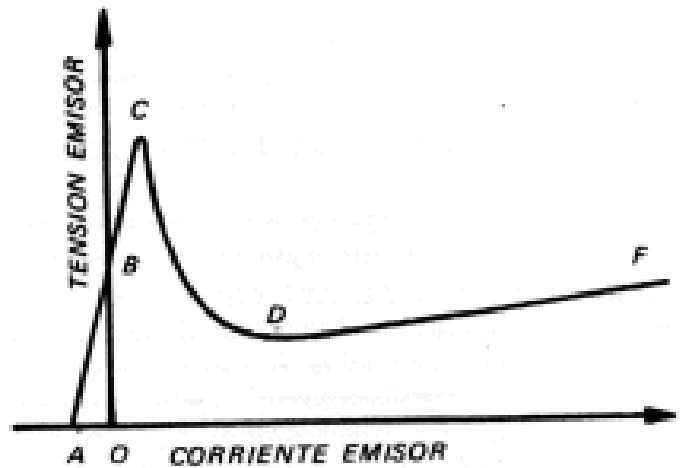


Fig. 18. - Curva que muestra las características de trabajo del transistor monojuntura.

jas se usan los pequeños diodos de germanio y para cifras más altas de cualquiera de los dos parámetros se emplean los de silicio, llamados *silicones*. Constructivamente tienen una juntura semiconductor similar a las que tienen los transistores, pero solamente una, de modo que presentan baja resistencia para un sentido de corriente que produzca polaridades coincidentes en la juntura y muy alta resistencia para el sentido contrario. Esas cifras no son absolutas, es decir que las resistencias en ambos sentidos no son cero e infinito pero en la práctica funcionan bien como rectificadores.

El circuito de aplicación se ve en la figura 19 donde el diodo se representa con un triángulito que corresponde al ánodo y una rayita transversa que corresponde al cátodo. Si aplicamos una tensión alterna en *AB*, y dado que el cátodo es la polaridad positiva a la salida, circulará corriente en *R* desde el + hacia el - cuando se aplique ánodo tensión positiva, o sea solamente durante medio ciclo de la tensión alterna. Durante el medio ciclo en el cual el ánodo queda negativo sólo circulará una muy pequeña corriente inversa que no se toma en cuenta. La corriente resultante a través de *R* es entonces pulsante y circula duran-

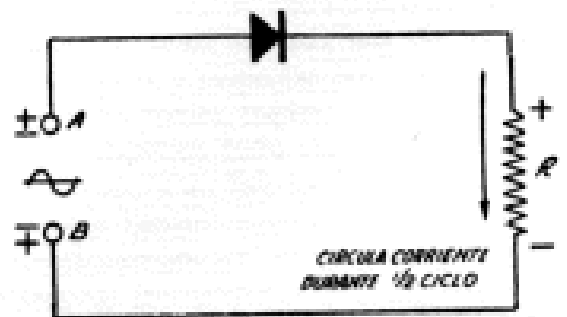


Fig. 19. - Esquema para rectificar una tensión alterna obtener una corriente pulsante mediante un diodo sólido

la mitad del tiempo a intervalos cuyo número coincide con la frecuencia de la tensión alternada aplicada. Para la tensión de la red industrial, se producen 50 pulsos por segundo y hay 50 intervalos de igual duración que los pulsos sin circulación.

Si se quiere tener una corriente continua constante se mejora el circuito dado con el de la figura 20. La conexión del capacitor C permite que el mismo se cargue durante los semiciclos de trabajo del diodo y se descargue sobre R durante los semiciclos de reposo. Dimensionando convenientemente el circuito se logra circulación de corriente continua a través de R .

Son numerosas las aplicaciones de los diodos en los televisores y oportunamente iremos comprobando su inclusión en los circuitos de alimentación, detección de video, discriminadores de audio, y muchas otras. Para los diodos se especifica la máxima corriente que lo atraviesa y la llamada máxima tensión inversa de cresta (VPI, Volts de

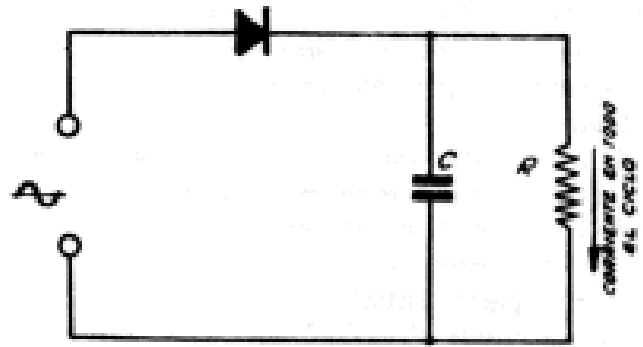


Fig. 20. - Esquema para obtener corriente continua durante todo el ciclo de la tensión alterna aplicada.

pico inverso) que es la suma de la continua a la salida y el valor de cresta de la alterna aplicada. Esto es así porque cuando la alterna tiene su semiciclo negativo, entre electrodos del diodo resulta aplicada la suma de la tensión de pico alterna y la de carga del capacitor, o sea los dos valores antes mencionados.

