

Día 2

Hemos realizado una revisión de las funciones principales que cumplen los transistores y los diodos en los receptores de televisión, tomando como premisa la de que los lectores conocen la teoría de ambas cosas, es decir de la televisión en sí y de los semiconductores, tal como lo advertimos en el introito del primer capítulo. Tal revisión habrá servido para repasar ambos temas y ahora podemos encarar en forma directa el análisis de las distintas etapas que componen un televisor, para estudiar los circuitos típicos y las conexiones que los vinculan a los transistores y los diodos, pero aquí conviene hacer un par de aclaraciones.

Una importante es que los receptores valvulares de diferentes marcas eran más parecidos entre sí que los transistorizados, porque las válvulas se utilizaban en montajes con pocas variantes. Los semiconductores admiten mayor cantidad de circuitos parciales y entonces cada diseñador introduce soluciones que difieren de otros proyectos, pero que responden a las pruebas y por tanto son adoptadas. Hemos elegido unos cuantos circuitos de los existentes en plaza y al ocuparnos de cada etapa podremos comprobar lo que acabamos de afirmar.

La otra aclaración es que la transistorización de los televisores no fue adoptada en forma integral sino que a medida que la existencia de semiconductores adecuados lo permitía se fueron incorporando etapas con semiconductores y en el caso del tema de la presente jornada aparecieron sintonizadores híbridos, es decir que tenían válvulas y transistores, hasta que comenzaron a fabricarse los actuales totalmente transistorizados. Es obvio que debemos ocuparnos de estos últimos y al explicar sus distintas etapas, ello servirá para la parte transistorizada de los híbridos antes mencionados.

EL SINTONIZADOR TRANSISTORIZADO

En televisión se adoptó como proceso de tratamiento de la señal captada el clásico superheterodino, vigente desde el año 1935 para los receptores de radio. Tal sistema consiste, sintéticamente, en mezclar la señal captada con otra producida por un oscilador local, con lo que se rebaja la frecuencia de la portadora a una cifra que se llama *intermedia* y que es fija para todas las estaciones captadas; en consecuencia, al ser diferentes las frecuencias de las portadoras, para tener una frecuencia intermedia fija debe alterarse la frecuencia del oscilador local al sintonizar. Por ello, el sintonizador debe tener dos circuitos de sintonía variable que se manejen en tandem o solidariamente. Esto es ya muy conocido pero debemos mencionarlo para analizar adecuadamente el sintonizador del televisor.

La primera cuestión que surge de lo que antecede es que al mezclar dos señales alternas se obtienen varias señales a la salida del mezclador: una es la que tiene una frecuencia igual a la suma de las dos mezcladas, otra es la que tiene una frecuencia igual a la diferencia entre ellas; hay también remanentes de señal de cada una de las dos frecuencias originales y pequeñas porciones de señales de frecuencias dobles, triples, etc. de las originales. Pero si aplicamos todo ese conjunto a un circuito sintonizado a la frecuencia diferencia, o sea la que hemos llamado intermedia, la única de las señales resultantes que será amplificada y seguirá su camino será esa frecuencia intermedia, especialmente si después de ese circuito sintonizado viene un amplificador de dos o más etapas sintonizadas a la famosa frecuencia intermedia (F.I.).

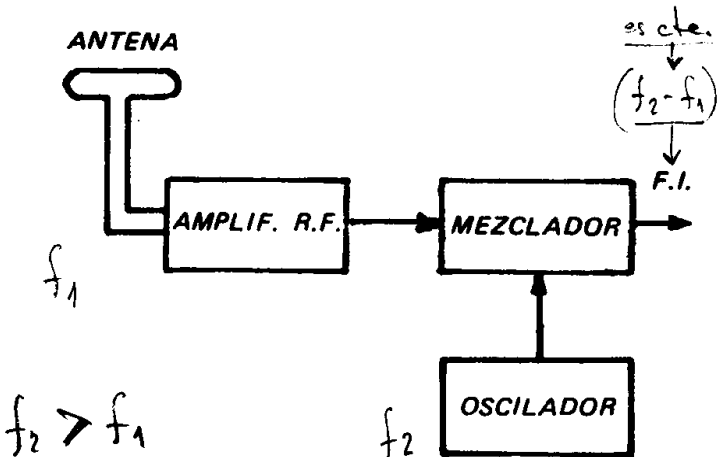
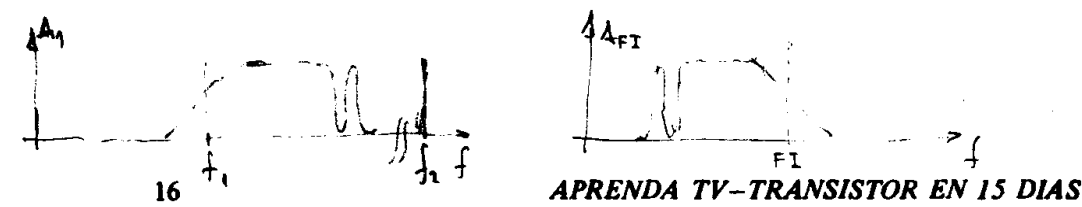


Fig. 21. – Diagrama en bloques del sintonizador de un televisor.

La otra cuestión es que la señal captada está modulada y precisamente ocurre en televisión que esa modulación lleva la información de imagen y sonido y por lo tanto debemos cuidar muy especialmente a la envolvente de modulación para extraerla después sin deformaciones. Como la modulación tiene el carácter de bandas laterales, o sea señales de frecuencias próximas a la de portadora extendidas hacia arriba y hacia abajo de ésta, no podemos hacer un tratamiento de este conjunto mediante circuitos de gran selectividad, porque los mismos cercenarían tales bandas laterales. O sea que el sintonizador del televisor debe amplificar sin estrechar la banda o, dicho en otras palabras, no debe ser muy selectivo. Debe ser de banda ancha. Posteriormente veremos que tal característica debe mantenerse, aunque en un grado un poco menor en el amplificador de esa señal de F.I. Todos estos problemas no son nuevos pues al estudiar radio y televisión se determina cuáles circuitos deben ser selectivos y cuáles no y hasta el grado de selectividad que deben tener.

Diagrama sintético

Podemos pasar ahora a analizar el diagrama sintético del sintonizador de un televisor, el cual mostramos en la figura 22. Vemos allí que la señal captada en la antena es aplicada a un amplificador de R.F. que debe ser de baja selectividad, por lo que dijimos antes. Tal señal amplificada se aplica a un circuito mezclador, el que recibe la señal del oscilador local. Este oscilador produce una señal sin modular, o sea de R.F. pura, cuya frecuencia es en todo momento mayor que la captada en la antena en una cantidad que hemos llamado "F.I." y que tiene cifras del orden de los 45 MHz. Del mezclador sale la señal de F.I. para ser aplicada al amplificador de F.I. que nos ocupará en el capítulo próximo.

Los sintonizadores híbridos que mencionamos comenzaron por usar transistores en las funciones de mezclador y oscilador local, por el problema que se presentaba para hacer amplificadores de banda ancha con transistores. Eso se ha resuelto e inclusive encontramos, especialmente en sintonizadores extranjeros, transistores especiales como los de efecto de campo en la etapa amplificadora de R.F.; de este caso nos ocuparemos más adelante.

La sintonía en los receptores de radio se hace mediante un capacitor variable con dos o tres secciones en tandem, usándose bobinas para cada banda de sintonización. En televisión, como hay un grupo de canales a sintonizar, se cambian las bobinas que corresponden a cada canal mediante una llave selectora múltiple y no se requiere capacitor variable. No obstante, para retocar la sintonía se emplea un pequeño variable en el oscilador local, lográndose así lo que se llama *sintonía fina*. Veremos que actualmente se comienzan a emplear para esa operación diodos de capacidad variable y entonces el ajuste de la sintonía fina se hace con pequeños potenciómetros.

Entonces, para considerar los sintonizadores transistorizados, en cada rectángulo del diagrama debemos suponer la existencia de un transistor, asociado a los componentes de polarización y acoplamiento, además de los elementos de sintonización y otros que aparecen en los circuitos completos.

Los circuitos parciales de cada una de las secciones del sintonizador serán analizados de inmediato, pero antes debemos hacer una reflexión sobre las frecuencias en juego en el interior de tal sintonizador, pues hemos hecho una muy somera mención de las mismas.

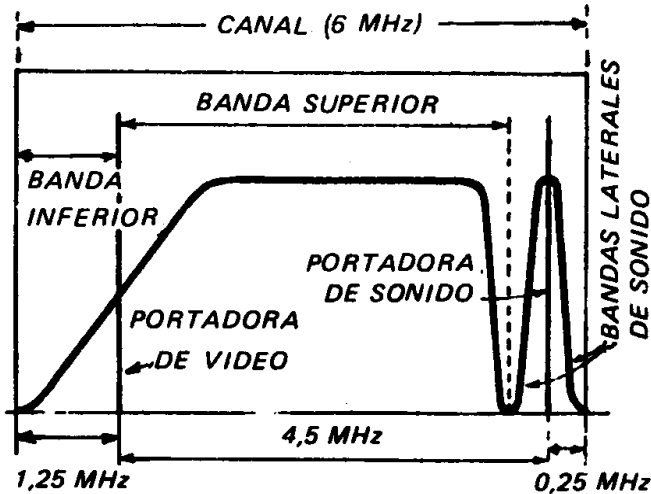


Fig. 22. – Gráfico de amplitudes y frecuencias en el sintonizador de un televisor.

Frecuencias en juego

Para poder analizar bien las distintas frecuencias que aparecen a la entrada, dentro del sintonizador y a la salida del mismo, hay que tomar el gráfico de la modulación de una señal de TV. Tal gráfico se muestra en la figura 22. Vemos allí que el ancho que se otorga a cada canal para ubicar las portadoras y las bandas laterales de imagen y sonido es de 6 MHz.

A una distancia de 1,25 MHz del borde inferior aparece la portadora de video, cuya amplitud es la mitad de la máxima que tienen las bandas laterales de video. A 4,5 MHz de esa portadora está la de sonido, que tiene modulación en frecuencia y cuyas bandas laterales cubren unos 200 KHz a cada lado de la portadora. Finalmente a 0,25 KHz de esa portadora de sonido se encuentra el borde superior del canal.

Ahora analicemos el caso particular de un canal cualquiera, supongamos el 13, cuyas frecuencias otorgadas son:

portadora video: 211,25 MHz

portadora sonido: 215,75 MHz

Y podemos tomar un televisor típico cualquiera en el cual la F.I. de video tenga una frecuencia de portadora de:

F.I. video: 44,75 MHz

El oscilador local debe generar, al sintonizar el canal 13, una frecuencia igual a la suma de la portadora de video en antena más la F.I. de video:

F.OSC.Local: $211,25 + 44,75 = 256$ MHz

Y ahora podemos calcular la frecuencia de la portadora de sonido en el canal de F.I. pues basta restar a la frecuencia del oscilador local la que tiene la portadora de sonido:

F.I. sonido: $256 - 215,75 = 40,25$ MHz

O sea que del sintonizador salen dos señales de F.I., una de video y otra de sonido, que están apartadas en frecuencia de 4,5 MHz que es, como sabemos, la frecuencia intermedia de audio después del canal de F.I. y que también separa a las portadoras en el gráfico de la figura 22. Pero hay un detalle muy importante con respecto a lo que ocurrió al mezclar las señales en el conversor: en la entrada la portadora de sonido tenía 4,5 MHz más que la portadora de video, mientras que a la salida, cuando ya vamos al canal de F.I., la portadora de video en la que tiene 4,5 MHz más de frecuencia. Esto no es una incongruencia, sino el resultado de usar para el proceso una sola señal del oscilador local para tratar las dos portadoras de antena. Pero como veremos más adelante, los gráficos de la modulación de la F.I. son similares al mostrado en

la figura 22, pero dados vuelta hacia adelante, pues el montículo que representa al sonido aparece a la izquierda y no a la derecha.

Etapa amplificadora de R.F.

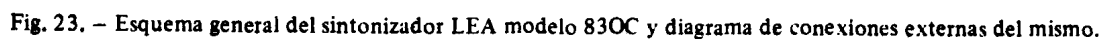
Para analizar en particular las tres secciones del sintonizador tomaremos como ejemplo los circuitos de tres sintonizadores transistorizados típicos que se encuentran incorporados a los televisores de nuestro medio. La figura 23 muestra el sintonizador LEA, modelo 830C. La figura 24 muestra el sintonizador FAPESA, modelo V5T3 y la figura 25 exhibe el sintonizador SONY, modelo TV 120TW. La diferenciación que aparece en estos tres circuitos es amplia y permite analizar las configuraciones de cada sección. Más adelante veremos un sintonizador de los llamados automáticos.

Para comenzar con la etapa amplificadora de R.F. analicemos los requisitos que debe cumplir, atendiendo a las modalidades que se presentan y a los defectos más comunes. Así podemos citar la ganancia, la relación de ondas estacionarias, el ruido y la intermodulación.

Comenzando con la ganancia, el problema que se presenta para fijar cifras y comprobarlas está en que las impedancias de entrada y de salida son cifras fuera de control del fabricante de sintonizadores. La entrada se supone siempre que será adaptable a la línea de 300 Ohms por ser la más común en los circuitos de antena. Cuando se instala un televisor con antenas colectivas, en las que se usa preferentemente una impedancia de 75 Ohms, el caso se resuelve con un balún de adaptación. Pero a la salida el problema es diferente, porque el armador utiliza un canal de F.I. de su gusto y la adaptación el sintonizador no siempre es perfecta. Por este motivo se ha preferido tomar la ganancia conjunta del sintonizador con el canal de F.I. acoplado.

El segundo aspecto a tener en cuenta se refiere a las ondas estacionarias. Es sabido que cuando se adaptan dos circuitos de diferente impedancia, se produce un reflejo de la señal en una medida que depende de la desadaptación de impedancias. Por las razones ya dadas sobre las líneas de entrada de antena, es comprensible que los sintonizadores se diseñan con una tolerancia sobre tal desadaptación y ello se fija mediante una cierta relación máxima permitida de ondas estacionarias que suele limitarse a un valor 4.

El problema de los ruidos se origina en la presencia de campos espúreos de R.F. en la zona de captación y en el interior del sintonizador. Los primeros se emisoran suficientemente con las entradas balanceadas con centro a masa, como son la mayoría de las entradas al sintonizador. Los segun-



EL SINTONIZADOR TRANSISTORIZADO

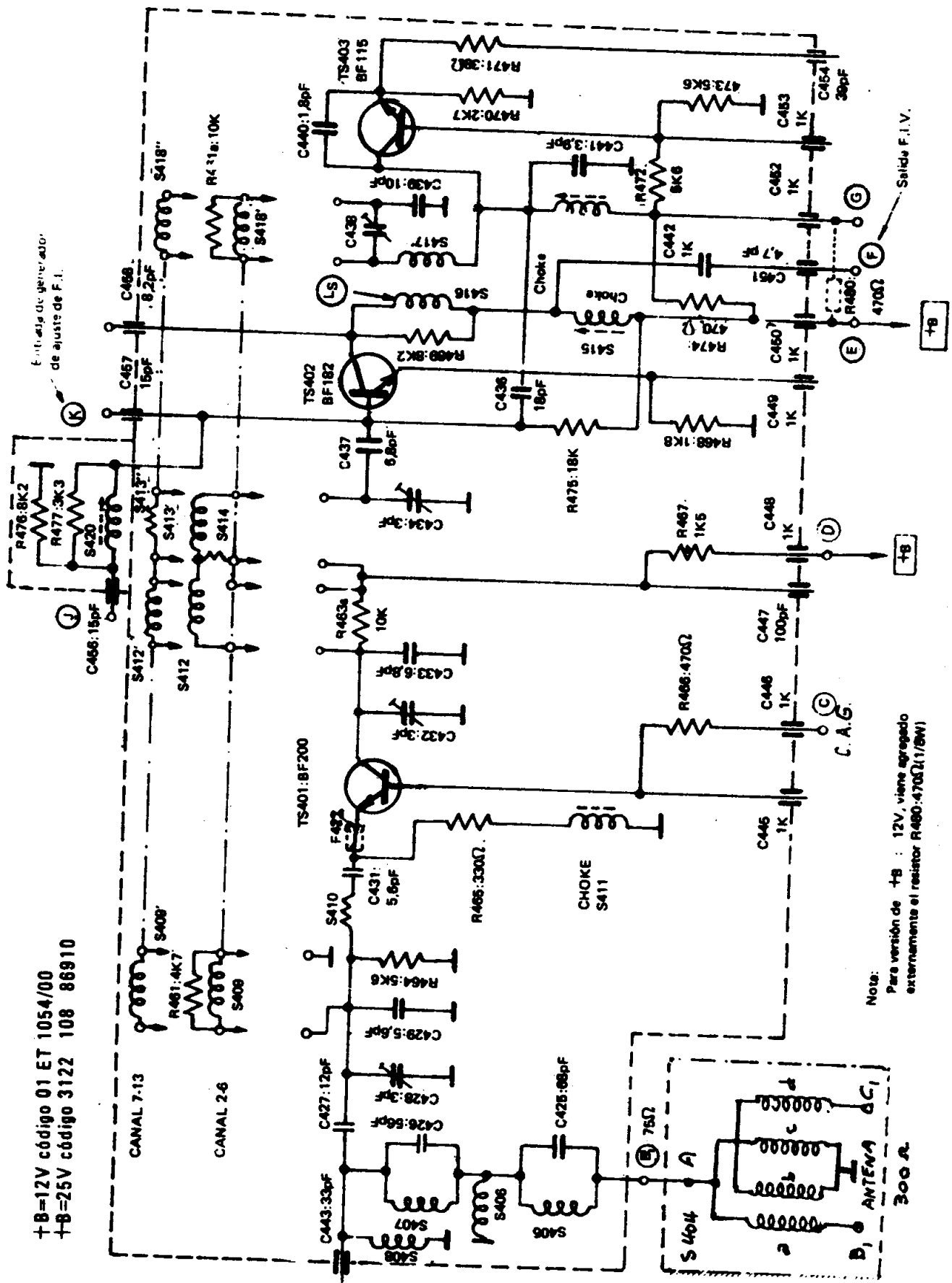
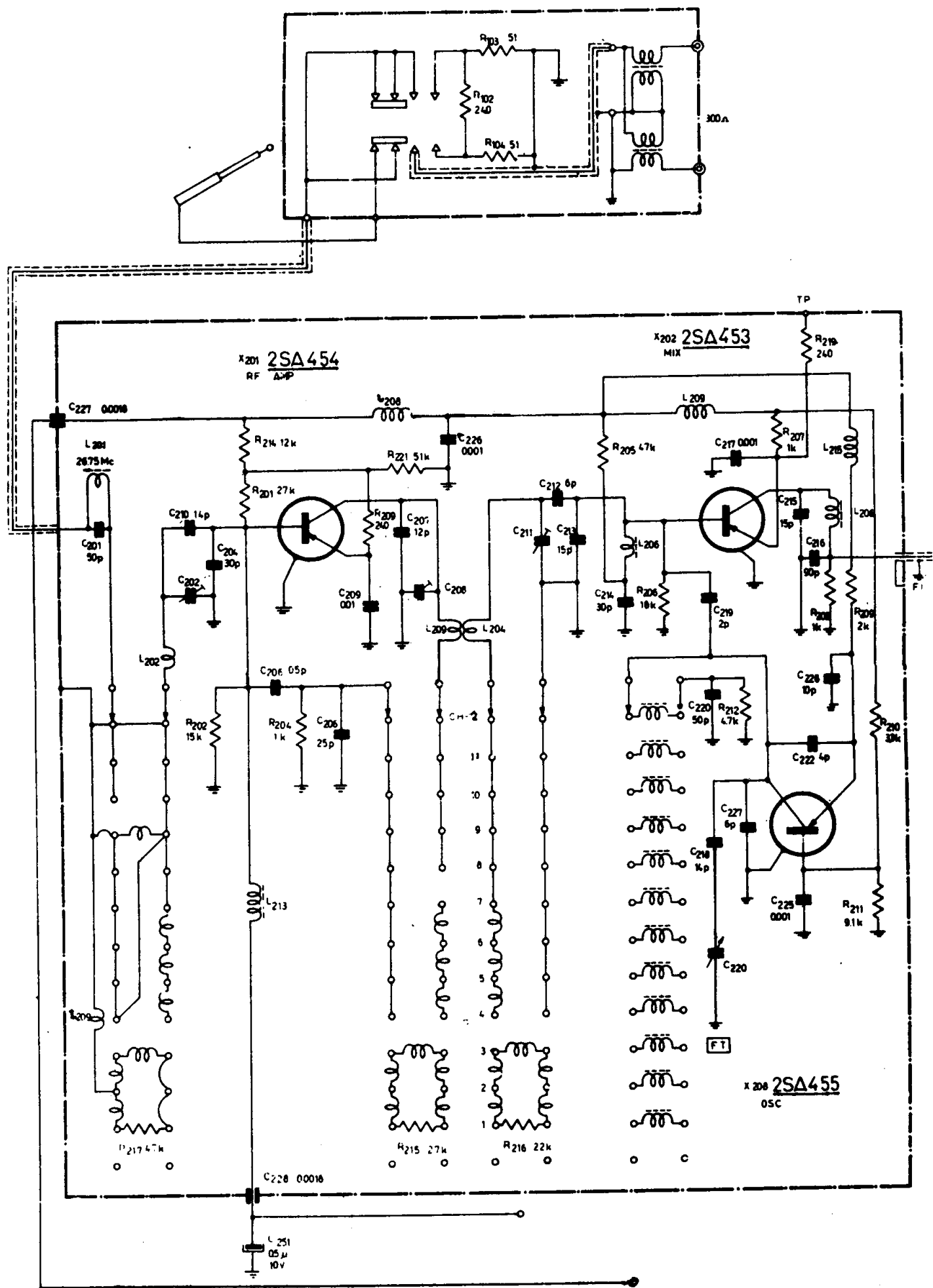


Fig. 24. Esquema general del sintonizador I-APESA modelo V5T3 con indicación completa de componentes para su identificación.



dos, llamados comunmente *ruidos blancos* porque se esparcen por todo el espectro de frecuencias, se ocasionan especialmente en los transistores por circulación de cargas. El remedio es reducir la ganancia hasta límites tolerables.

La intermodulación antes citada se produce al aplicar a un circuito señales de diferentes frecuencias y no ser lineal el comportamiento de tal circuito. En el caso de la entrada al sintonizador, tenemos allí las portadoras de video y de sonido del canal seleccionado, pero muy cerca están las portadoras de los canales vecinos. Como hemos dicho que el amplificador de R.F. se diseña con baja ganancia para no afectar la envolvente de modulación, se produce inevitablemente un cierto grado de intermodulación. La solución es la misma que para otros defectos: reducir la ganancia. Pero esa reducción debe ser proporcionada a la amplitud de la señal captada o sea menor para canales débiles y mayor para los fuertes.

Con las válvulas, el control automático de ganancia era sencillo mediante el C.A.G. pero con los transistores ocurría que mientras se usaron los de germanio no era simple el problema de controlar la ganancia. Eso motivó la demora en incorporar los transistores a la etapa de R.F. y se fabricaron numerosos sintonizadores híbridos. Posteriormente con los transistores de silicio y luego con la existencia de los tipos MOS-FET tal problema desapareció.

Después de estas consideraciones iniciales podemos analizar los circuitos de los amplificadores de R.F. en los sintonizadores exhibidos como modelos en las figuras 23, 24 y 25. Comencemos por el LEA que es similar al de la TEXAS. El transis-

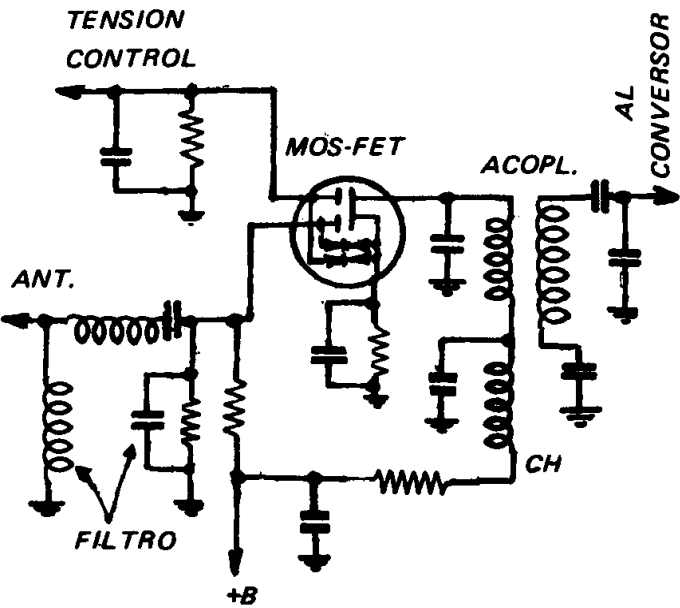


Fig. 26. - Esquema de aplicación de un tetrodo MOS-FET a una etapa amplificadora de R.F. del sintonizador.

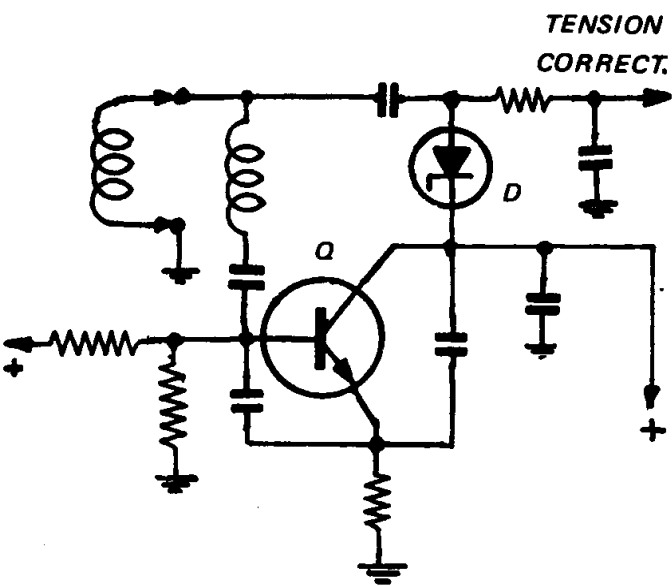


Fig. 27. - Montaje de un diodo de capacidad variable tipo varicap en el oscilador de un sintonizador de TV.

tor que en la figura 23 es el primero a la izquierda tiene montaje de emisor común (recordar figura 1) y usa filtro de entrada con divisores capacitivos.

En cambio en el sintonizador FAPESA de la figura 24, se emplea un amplificador de R.F. (el transistor TS401) en montaje de base común, del tipo que analizamos en la figura 8. Comparativamente puede decirse que el montaje de emisor común suministra mayor ganancia que el de base común pero el montaje de base común permite controlar mejor el manejo de señales débiles y el problema de la intermodulación y el ruido.

El sintonizador SONY de la figura 24 usa también el montaje de emisor común en su transistor 2SA454. El balún de entrada puede verse en la parte superior del esquema y en el de la figura 24 aparece abajo y a la izquierda. Todos los amplificadores terminan en un circuito sintonizado de acoplamiento al mezclador, cuyas bobinas se seleccionan mediante la llave selectora de cambio de canales. Las particularidades de los circuitos de entrada a la etapa de R.F. y de acoplamiento al mezclador pueden observarse en las figuras 23, 24 y 25.

El oscilador local y el mezclador

La mayoría de los osciladores para conversores de TV usan el montaje Colpitts (recordar figura 12) porque los capacidades en juego en los montajes de frecuencias muy altas colaboran en el grado de realimentación. Además el cambio de bobina se hace conmutando con la selectora solamente dos terminales, mientras que otros montajes requieren por lo menos tres. En los circuitos generales no es fácil identificar los capacitores en serie que forman el divisor capacitivo: Veamos: en la figura 24 el oscilador es el transistor BF115 y los

capacitores nombrados son el C440 y el C454. En el oscilador de la figura 25 el transistor oscilador es el 2SA455 y los capacitores son los C222 y C227; este último lleva en serie el variable C220 que realiza la función de sintonía fina, operación que en la figura 24 la cumple C438.

El acoplamiento entre el oscilador y el mezclador o conversor se realiza tomando señal del oscilador local e inyectándola en tal mezclador, al mismo tiempo que se aplica también señal proveniente del amplificador de R.F. Por ejemplo, en el conversor de la figura 23 la entrada a base del transistor T1407 recibe señal del amplificador de R.F. desde el punto 8 de la bobina de acoplamiento y a través del capacitor de 2,7 pF proveniente del oscilador. En el caso de la figura 25 la entrada a base del transistor mezclador BF182 recibe señal de R.F. desde la bobina S420 y desde el oscilador a través del capacitor C436. Y en la figura 25 el mezclador es el 2SA453 y recibe señal de R.F. desde la bobina L206 y del oscilador a través del capacitor C219.

Del conjunto mezclador, o también conversor como suele llamárselo, se obtiene la señal de F.I. que debe aplicarse al canal o amplificador correspondiente. Eso lo vemos en la figura 23 que muestra el transformador de salida L2-L3, de cuyo secundario se toma la señal de F.I. En la figura 24 la señal de F.I. se toma a través de C442 y en la 25 desde C216.

Amplificador con tetrodo MOS-FET

Para realizar montajes de amplificadores de R.F. con transistores especiales surgió de inmediato la idea de utilizar los de efecto de campo (FET) por su mayor impedancia de entrada (ver figura 15) pero ocurre que para amplificar corrientes de muy alta frecuencia tienen el inconveniente de su baja trasconductancia. Luego se probó de usar los FET de efecto de campo con envoltura de óxido (los MOS de la figura 16) pero presentaban muy alta capacidad entre los electrodos de salida. Finalmente se buscaron soluciones que permitieran aprovechar las ventajas de la alta impedancia del FET sin que perjudicaran los inconvenientes que presenta y tal búsqueda se orientó hacia la elección del circuito. Hay un amplificador clásico desde los tiempos de las válvulas al que se dio en llamar *cascode* que consistía en acoplar un amplificador de dos etapas en el cual la placa de la primera válvula se unía directamente al cátodo de la segunda, conectando a masa la grilla de esa segunda válvula. De tal modo el primer triodo funciona como adaptador de impedancias y la salida del segundo queda blindada por el efecto de la grilla a masa.

Llevando esto a la equivalencia con los transistores, se tomarían dos FET por su similitud con los triodos valvulares. Pero dado que hay electrodos directamente unidos entre sí y que la corriente es la misma en ambos FET, se hizo posible fabricar un par de MOS-FET con las conexiones internas ya hechas y así surgió el tetrodo MOS-FET que vemos incorporado al esquema de la figura 26.

Hay varios tetrodos de este tipo en la actualidad y su incorporación a los sintonizadores de TV en la función amplificadora de R.F. es cuestión de tiempo, pues las ventajas son evidentes. El circuito de amplificador que mostramos en la figura 26 pertenece a un sintonizador extranjero y se exhibe a título ilustrativo.

Oscilador con diodos varicap

Desde los comienzos de la televisión los sintonizadores tuvieron una selectora múltiple rotativa para el cambio de canales; con dicha llave se conmutaban las bobinas de la etapa de R.F. y del oscilador, en total tres juegos por canal. Cuando se incorporó el estado sólido a la TV se siguió con esa práctica y siempre fue un problema la ubicación del sintonizador en el televisor, por ser un implemento voluminoso que debía tener acceso desde el exterior del gabinete por requerir comando manual y no quedar lejos del amplificador de F.I. por llevar una conexión de unión que debe ser corta.

Los diodos de capacidad variable llamados *varicap* o *varactor* que tienen la propiedad de alterar su capacidad al aplicárseles tensiones ajustables permitieron realizar el comando a distancia del sintonizador y reemplazar el selector rotativo por una botonera. La sintonía fina se logra con pequeños potenciómetros que varían la tensión aplicada al varicap y como se manejan tensiones continuas la ubicación puede ser alejada.

La figura 27 muestra un circuito oscilador con varicap, en el cual se ha reemplazado el capacitor fijo de resonancia por el citado diodo. Hacia la derecha hay una conexión que recibe la tensión correctora, que es continua y variable a potenciómetro.

A título de ejemplo se muestra en la figura 28 el circuito completo de un sintonizador PHILIPS denominado MEMOMATIC que se ha incorporado a televisores de nuestro mercado y que tiene sintonía a botonera y ajuste fino individual para cada canal mediante pequeños potenciómetros junto al botón del canal respectivo. Estos potenciómetros son los de 100 Kohms que aparecen formando una columna en el centro del esquema. Obsérvese que tanto en el amplificador de R.F.,

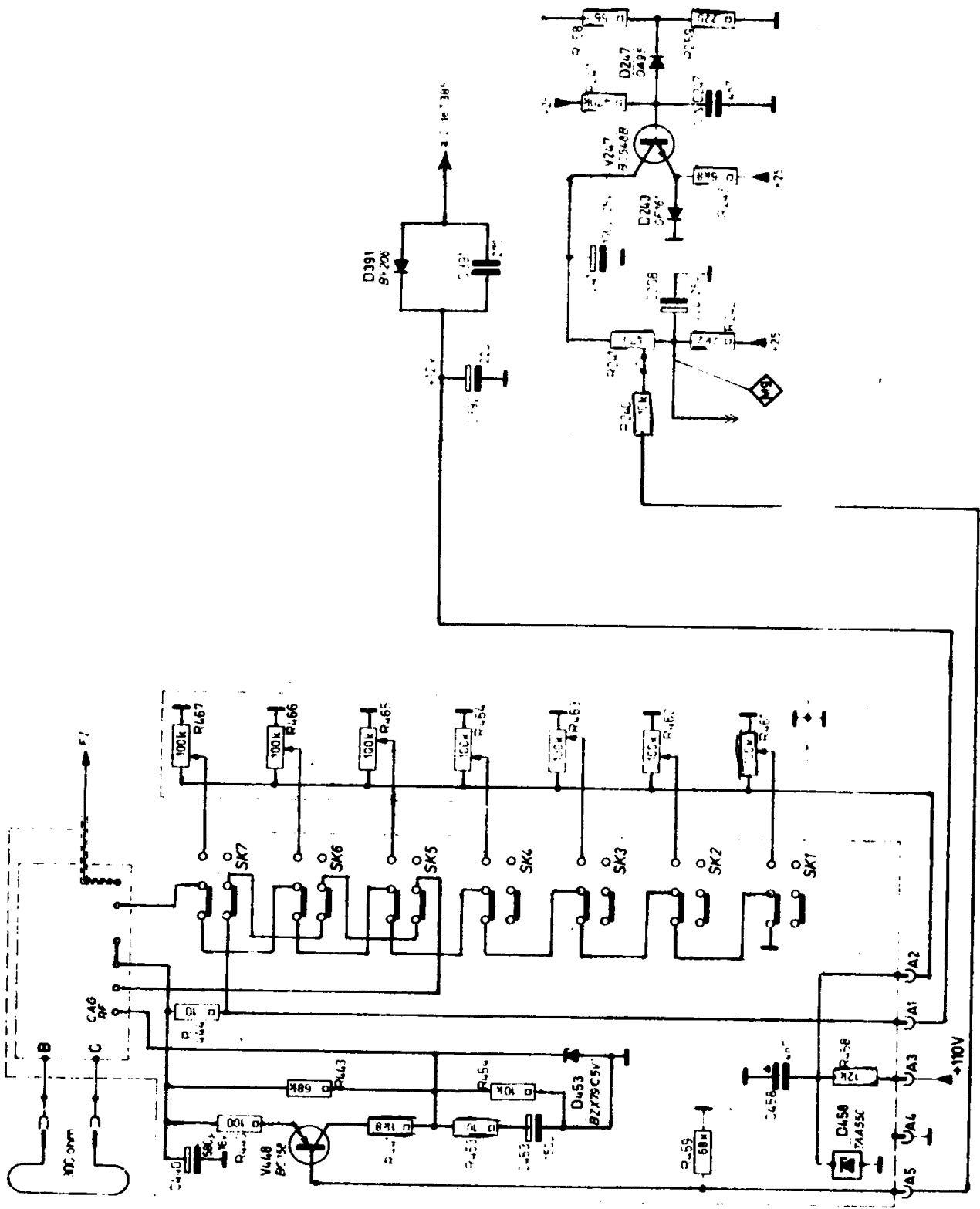


Fig. 28. - Esquema general del sintonizador automático PHILIPS denominado MEMOMATIC

transistor V448, como en el oscilador, transistor D243, se han reemplazado los capacitores fijos de resonancia por sendos diodos varicap.

Cabe hacer la aclaración de que las ventajas que presenta este montaje, como la de suprimir el selector rotativo cuyo desgaste se conocido y la comodidad de ubicar el sintonizador donde convenga, ya que el comando puede hacerse a distancia pue maneja corriente continua y no la de R.F., quedan empañadas por algunas desventajas que han retraído a los fabricantes para incorporarlo a sus televisores. Podría citarse el hecho de que la variación de capacidad de los varicap no es sufi-

ciente para abarcar todos los canales y que se ha recurrido a separar los altos de los bajos usando diodos independientes; además la dependencia de la capacidad frente a las variaciones de tensión no es muy precisa, lo que obliga a aumentar el ancho de banda. Y también debe mencionarse el hecho de que, dado que se logra sintonía por variación de una tensión de control, es indispensable que la tensión media de referencia sea estabilizada. La fuente estabilizada es obligada en los televisores de calidad pero no en los comunes. De todos modos tenemos en nuestra plaza televisores con sintonía automática; el futuro dirá su última palabra.