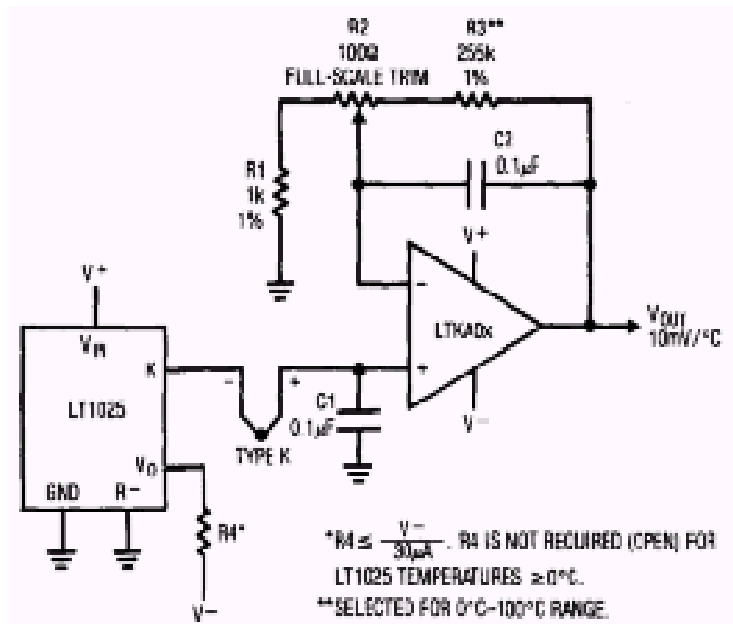


# PROYECTOS Y DISEÑOS

## LECCION 26



### PROYECTO DE UN RECEPTOR SUPERHETERODINO (PRIMERA PARTE)

## TEMA 1

INTRODUCCION (VER FIGURA 6 DONDE SE DA EL CIRCUITO COMPLETO)

A esta altura del curso ya estamos capacitados para efectuar el trabajo más creativo de la técnica, el diseño. Pero también hemos aprendido algo muy importante; y es que para llegar a nuestro objetivo, debimos esforzarnos, lección tras lección, resolviendo todos los ejercicios, que sin darnos cuenta, nos han ido preparando para que la ELECTRONICA ya no sea un misterio incomprensible para nosotros.

¿Porqué nuestra materia se llama PROYECTOS Y DISEÑOS?  
 El significado literal de proyectos es "propósito de hacer alguna cosa" y la de diseño es "descripción detallada o bosquejo de esa cosa"

Se podría decir que nuestro proyecto nos hizo llegar a comprender los temas correspondientes a este curso para poder efectuar el diseño de un RECEPTOR SUPERHETERODINO de onda media.

Como pudimos comprobar en los textos teóricos, básicamente una radio consiste en dos grandes bloques que contienen a los restantes. Uno de ellos es el encargado de "amplificar" las señales de audio, obtenidas del detector, en forma tal que pueden excitar el altoparlante, que es el último eslabón de la cadena del receptor, y es en definitiva el elemento que transmitirá el mensaje que el micrófono de la EMISORA capta del locutor o que se genera en una consola de grabaciones. Esta etapa, dado que deberá amplificar las señales de audiofrecuencia, se denomina AMPLIFICADOR DE AUDIO y para el diseño de la misma debemos recurrir a todos nuestros conocimientos adquiridos al respecto.

El otro gran bloque es el encargado de: seleccionar la emisora que deseamos escuchar, y de procesar la señal de radiofrecuencia, transformándola en la señal de audio. Esta etapa recibe el nombre de SINTONIZADOR.

Es así como actualmente pueden fabricarse módulos por separado de "sintonizadores" y de "amplificadores de audio".

Aunque básicamente todos los sintonizadores poseen iguales características, los hay muy sofisticados, y versátiles que pueden captar emisoras de países lejanos en variadas bandas de radiofrecuencias (onda corta).

Los "amplificadores de audio" no sólo están preparados para ser acoplados a sintonizadores de radio, sino que además pueden utilizarse para amplificar señales de audio provenientes del pick up de una bandeja giradiscos o de un grabador, o bien para cualquier tipo de equipo que detecte señales de audio. Básicamente estos amplificadores se caracterizan por la diversidad de potencias obtenibles y por su fidelidad.

Mientras que el criterio del diseño de los sintonizadores es: disminuir al máximo el ruido existente, ser selectivos y poseer una buena sensibilidad de captación, lo que se requiere de los amplificadores de audio, es la mayor fidelidad posible, a la potencia necesaria, o sea al gusto del consumidor. Todo esto por supuesto, está limitado por el costo y la aplicabilidad del equipo. A raíz de ello es que aparecen los SINTOAMPLIFICADORES donde en un mismo gabinete vienen incluidos el sintonizador y el amplificador de audio. Pero estos son difíciles de transportar y es allí donde se requiere el diseño de un "receptor portátil" que funcione a pilas y que se pueda usar también con la corriente alterna domiciliaria (ver lección 25).

Este será el receptor que diseñaremos como ejemplo. Por ser el primero, será sencillo pero no por ello menos eficiente

Para mayor comodidad y con fines didácticos, dividiremos el proyecto del "receptor superheterodino" en dos partes, a saber:



PARTE PRIMERA: DISEÑO DEL AMPLIFICADOR DE AUDIO.  
PARTE SEGUNDA: DISEÑO DEL SINTONIZADOR.

## TEMA 2

### PARTE PRIMERA: DISEÑO DEL AMPLIFICADOR DE AUDIO

#### ESPECIFICACIONES:

Tensión de batería : 6 Volts. (4 pilas de 1,5 Volts cada una).

Frecuencia máxima de trabajo : 5.000 Hertz. (audio).

Potencia máxima de salida : 300mW.

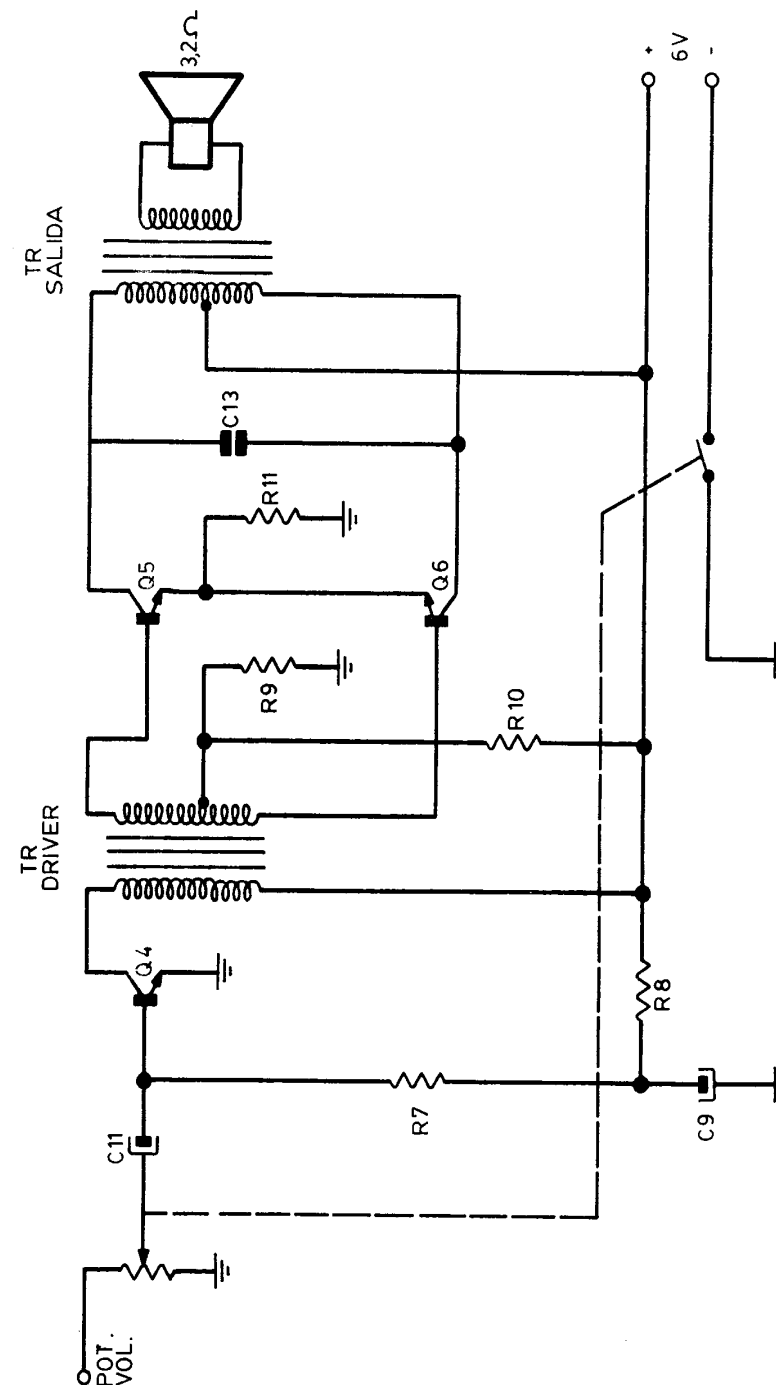
#### CIRCUITO PROPUESTO:

Salida en clase AB tipo Push-Pull (para parlante de 3,2 ohms de impedancia) .

Excitador del Push-Pull (preamplificador).

Control de volumen.

(fig. 1)



FIGURA

# TEMA 3

## FUNCION DE CADA COMPONENTE

- Tr. Salida: adapta la impedancia de salida del Push-Pull al parlante.
- $C_{13}$ : evita las oscilaciones parásitas que puedan originarse por la capacidad distribuida del bobinado primario del transformador de salida y asegura que no llegue RF a la salida del audio.
- $R_{11}$ : protege los transistores del Push-Pull asegurando que la corriente del colector de los mismos no sobrepase la limitación máxima y permite estabilizar la etapa para la C.C.
- $Q_5$  y  $Q_6$ : transistores del Push-Pull polarizados en clase AB.
- $R_9$  y  $R_{10}$ : Divisor resistivo de polarización de las bases de  $Q_5$  y  $Q_6$  que desarrolla en  $R_9$  una tensión levemente superior a la tensión de umbral de la juntura base-emisor, para evitar la distorsión por cruce.
- Tr. Driver: Adapta la impedancia de salida del excitador con la entrada de la etapa Push-Pull.
- $Q_4$ : Transistor excitador (preamplificador) Polarizado en clase A.
- $R_7$ : Polarización de base de  $Q_4$ .
- $R_8$  y  $C_9$ : atenuador de tensión para la base de  $Q_4$  y etapa sintonizadora y desacoplador respectivamente (filtro).
- $C_{11}$ : capacitor de acoplamiento a la entrada de la etapa de audio.
- $P1$ : Potenciómetro de Control de Volumen

# TEMA 4

## ELECCION DE LOS TRANSISTORES

Como se trata del diseño de un amplificador de audiofrecuencias los transistores deberán ser especiales para tal fin.

Por ello debemos consultar un manual de transistores, y de todos los que cumplan con la condición anterior, elegir los de baja y mediana potencia (300 a 400mW) no olvidando que se utilizan pilas en la fuente de alimentación. Elegiremos por ejemplo, todos aquellos cuya corriente de colector máxima no exceda los 200mA. La tensión máxima colector-emisor  $V_{CE}$  no es un factor limitativo ya que todos los transistores son para una máxima superior a 6V, que es la tensión de fuente a utilizar.

Damos a continuación una lista de los transistores que pueden utilizarse: para  $P_{m\acute{a}x}=300mW$   $I_{Cm\acute{a}x}=200mA$ .



2A97  
2A98  
2A238  
2A239  
BC107  
BC108  
BC109  
BC547  
BC548 y otros similares.

Todos ellos son de silicio, tipo NPN y para frecuencias de audio. Entre todos elegimos el BC107, cosa que hacemos al azar.

Las características más importantes del BC107 son:

GANANCIA DE CORRIENTE EN CONTINUA ( $h_{FE}$ ) con  $I_C=2mA$ , y  $V_{CE}=5V$

mínima= 110  
máxima= 220  
típica= 180

TENSION BASE-EMISOR CON  $I_C=2mA$  y  $V_{CE}=5V$ .

mínima= 550mV  
máxima= 700mV  
típica= 620mV

# TEMA 5

## CALCULO DEL TRANSFORMADOR DE SALIDA (VER FIGURA 2)

Para una potencia máxima de 300mW y una fuente de 6 Volts resulta:

$$V_{pico} = 6 \text{ Volts.}$$

$$P_{max} = 300mW.$$

$$I_{C \text{ pico}} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{V_{pico}} = \frac{300}{6}$$

Este valor constituye la máxima corriente que circulará por cada colector para entregar la máxima tensión pico sin distorsión.

De este modo, la impedancia del primario del transformador de salida es:

$$Z_p = \frac{V_{pico}}{I_{pico}} = \frac{6V}{50mA} = 0,050$$

$$Z_p = 120\Omega$$

como el parlante es de  $3,2\Omega$  resulta que:

$$Z_s = 3,2\Omega$$

De lo visto en la lección 20-ACOPLOAMIENTO ENTRE ETAPAS-es:

$$n = \frac{N_p^2}{N_s^2} = \frac{Z_p}{Z_s}$$

de donde en este caso resulta:

$$n = \sqrt{\frac{120\Omega}{3,2\Omega}} \approx 6:1$$

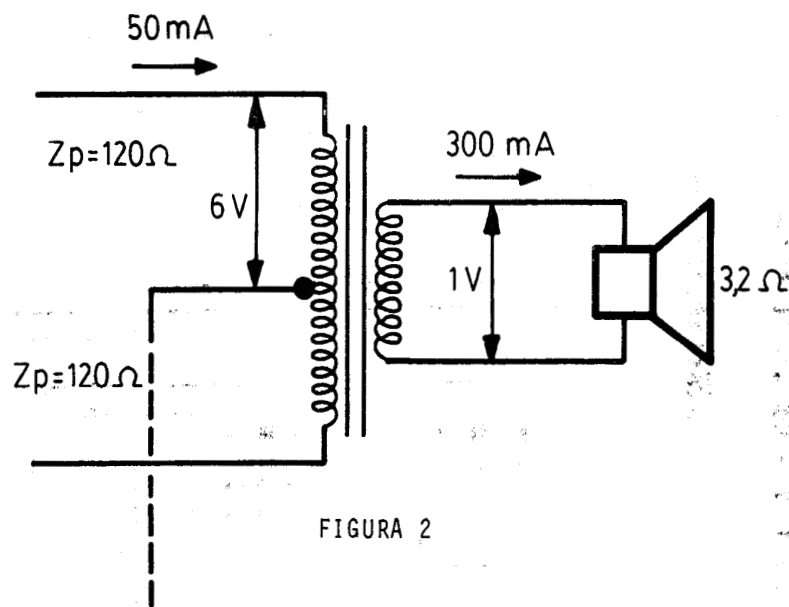


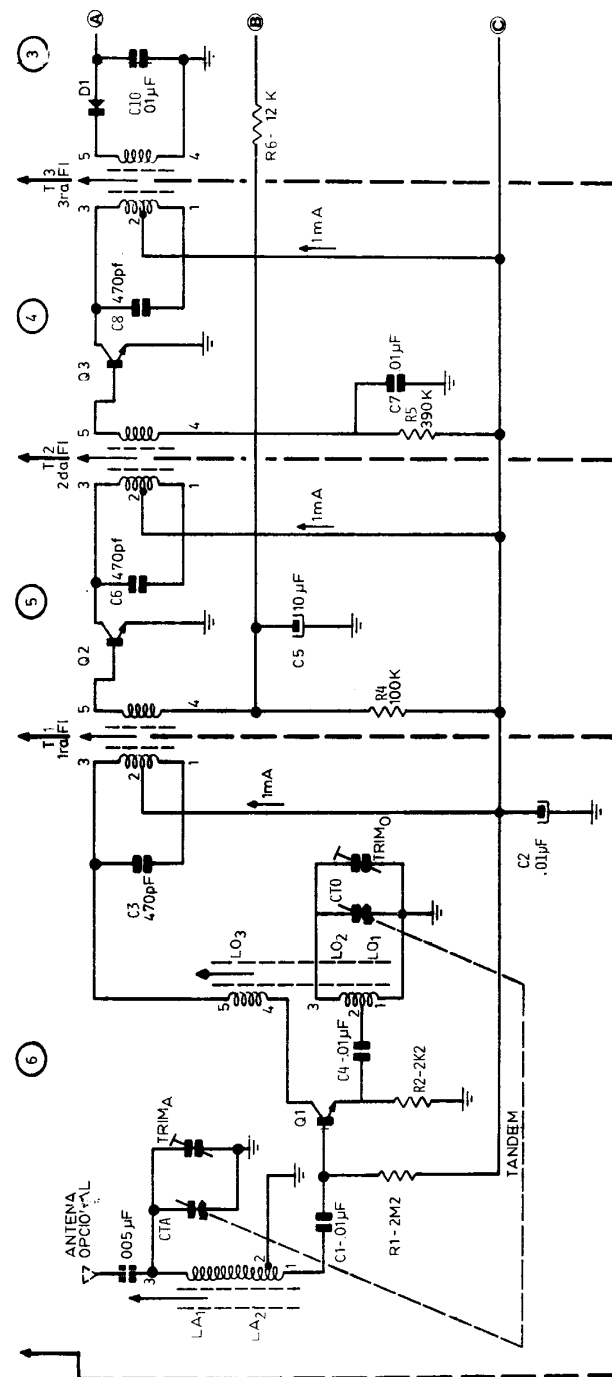
FIGURA 2

Esto significa que por cada vuelta del secundario hay 6 vueltas en el primario pero, como el transformador es con punto medio y actúa con cada transistor alternativamente el número de vueltas en el primario deberá duplicarse.

Así resulta, que cuando exista un pico máximo de 6 Volts de tensión en el primario, producido por una corriente de 50mA; habrá un pico de 1 Volt en el secundario, producido por una corriente de 300mA ya que la potencia deberá permanecer constante en el primario y en el secundario.

Evidentemente, lo que se ha hecho para transferir la máxima potencia al parlante, es elevar el valor de corriente que pasará por su bobina móvil.

## RECEPTOR SUPERHETERODINO SUPER H-2



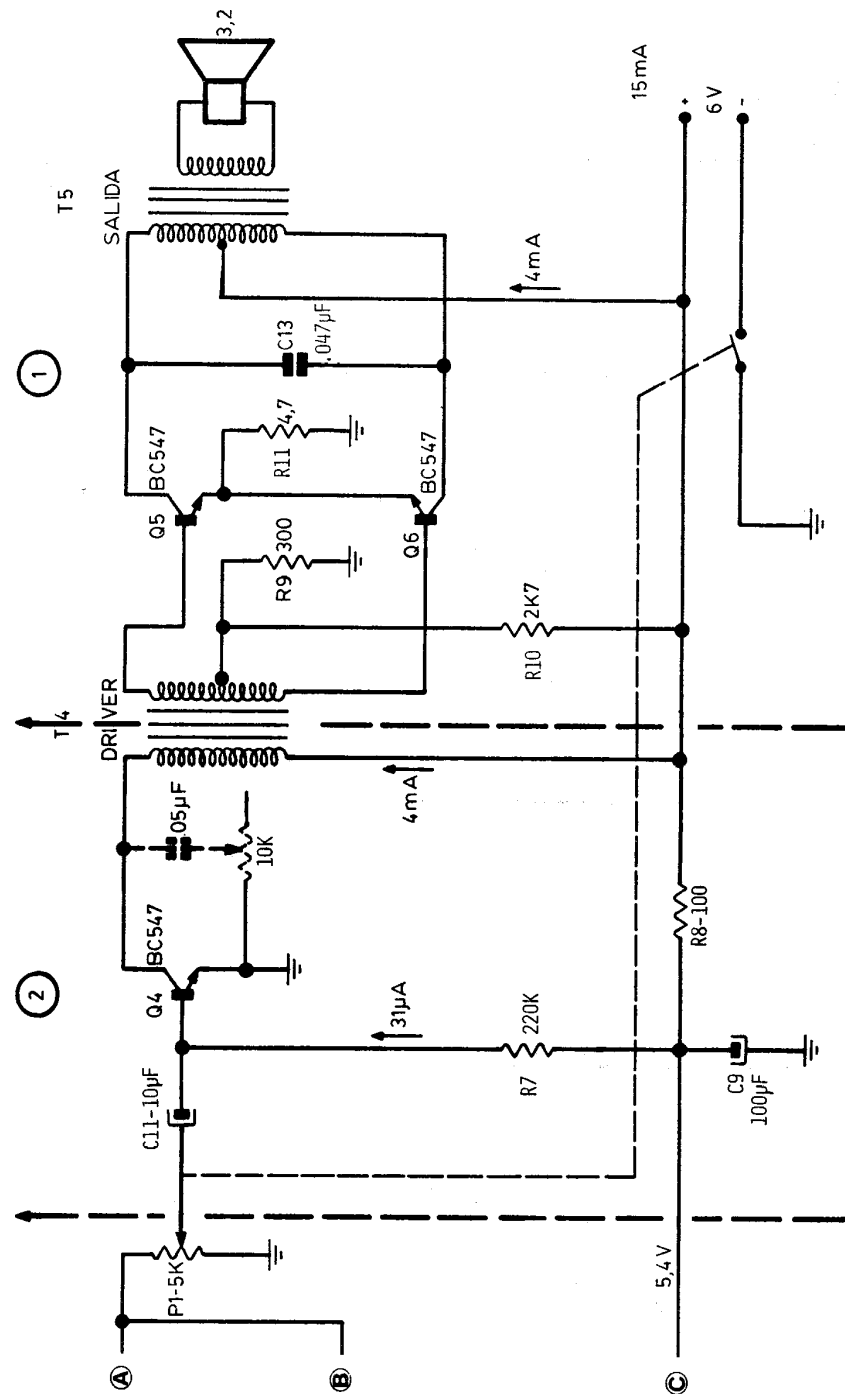


Fig. 6.- Circuito completo del receptor Superheterodino.

## TEMA 6

DIMENSIONAMIENTO DE C<sub>13</sub> (VER FIGURA 3)

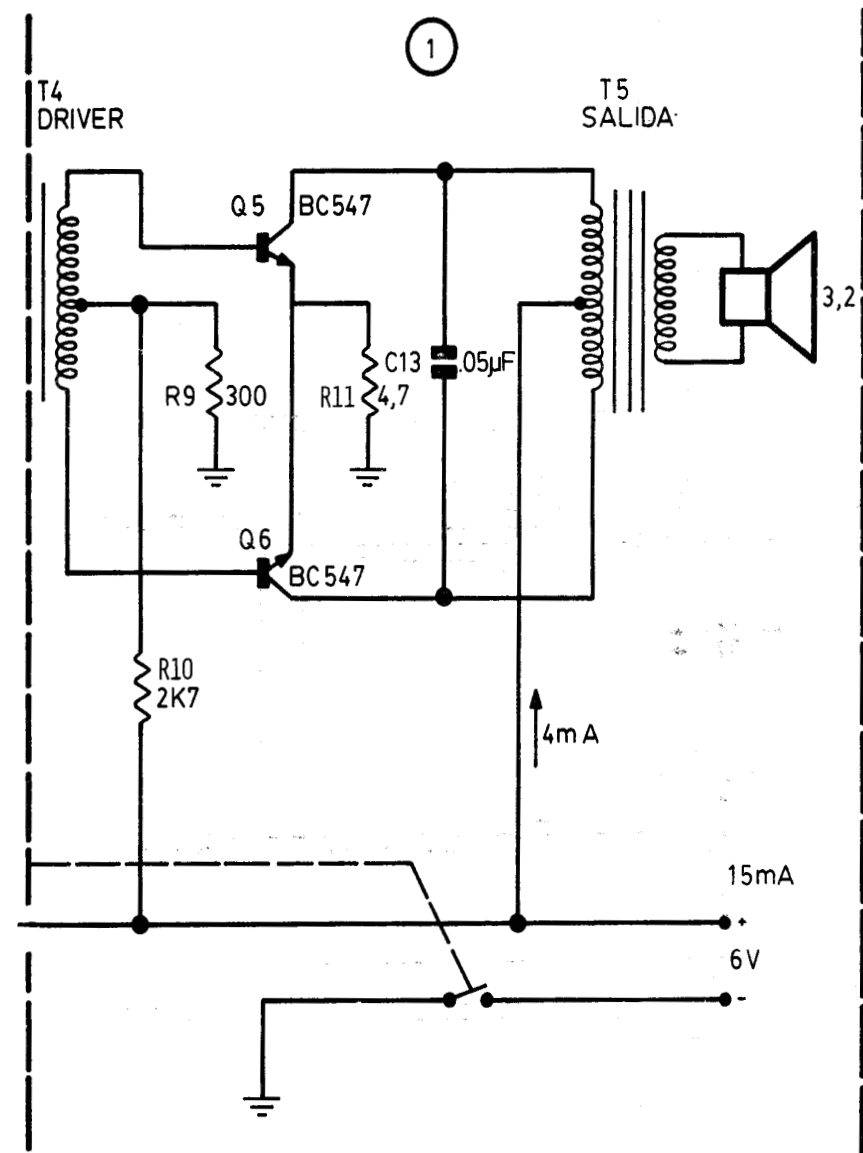


FIGURA 3

Para evitar la presencia de oscilaciones y señales mayores de 15.000Hz, límite práctico de las frecuencias audibles, se calcula  $C_{13}$  teniendo en cuenta también la impedancia primaria del transformador de salida ( $Z_p$ ), con la siguiente fórmula:

$$C_{13} = \frac{1}{2 \times \pi \times f_{\text{máx}} \times Z_p}$$

de este modo en nuestro caso resulta:

$$\begin{aligned} \text{máx} &= 15.000\text{Hz} \\ Z_p &= 2 \times 120\Omega = 240\Omega \end{aligned}$$

$$C_{13} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 15.000\text{Hz} \times 240\Omega} = 0,044\mu\text{F}$$

normalizado

$$C_{13} = 0,047\mu\text{F}$$

## TEMA 7

### DIMENSIONAMIENTO DE $R_{11}$

Para tener una seguridad del 100% de protección de los transistores, debemos asegurarnos que con  $I_{c_{\text{máx}}} = 200\text{mA}$  el transistor ( $Q_5$  ó  $Q_6$ ) esté saturado e  $I_c$  no pueda crecer más; de este modo la tensión  $V_{cc} = 6\text{V}$  deberá crecer en  $R_{11}$  totalmente.

luego:

$$R_{11} = \frac{6\text{V}}{200\text{mA}} = 30\Omega$$

Pero como se trata de la corriente de polarización de ambos transistores; para la misma caída, pero para el doble de corriente o sea 400mA, entonces  $R_{11}$  será la mitad del valor anterior, o sea:

$$R_{11} = 15\Omega$$

Este valor estaría bien si la corriente de reposo fuese elevada y estuviéramos cerca de la máxima admisible, pero, al trabajar en clase AB la corriente de reposo es muy baja comparada con la máxima.

Además, cuanto mayor es  $R_{11}$ , menor será el rendimiento de la etapa.

Como el valor pico de corriente elegido es de 50mA o sea, un 25% más de  $I_{c_{\text{máx}}}$ , con elegir  $R_{11}$  al 30% del valor anterior será suficiente, luego:

$$R_{11} = 0,3 \times 15\Omega = 4,5\Omega$$

normalizado  $R_{11} = 4,7\Omega$

## TEMA 8

### POLARIZACION DE $Q_5$ Y $Q_6$

La fig. 4, nos muestra un circuito simplificado de los transistores de salida. Si  $I_{c_{\text{pico}}} = 50\text{mA}$  conviene elegir una corriente de reposo de colector  $I_c = 2\text{mA}$  en base a la cual se dan todas las características del transistor BC107, y asegurarnos la clase AB (Baja corriente de reposo comparada con la  $I_{\text{pico}}$ ).

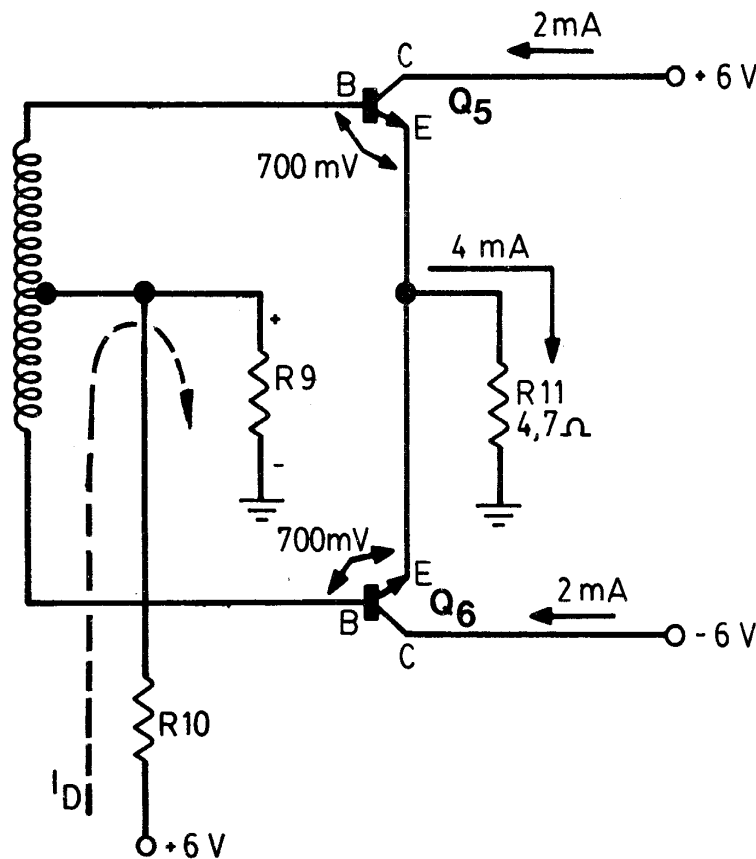


FIGURA 4

Conviene que la corriente en el divisor resistivo  $R_9$  y  $R_{13}$ , sea igual a  $I_c$  para que las variaciones de señal de entrada no modifiquen la impedancia de entrada a la etapa; de este modo:

$$I_D = 2\text{mA}$$

La tensión umbral  $V_{BE}$  elegida debe ser, la máxima dada por el manual y la que debe existir en  $R_9$ , ya que de este modo podemos evitar la distorsión por cruce para valores de  $V_{BE}$  más bajos.

De este modo:  $V_{BE\text{máx}} = 700\text{mV}$  y como  $I_D = 2\text{mA}$

resulta :

$$R_9 = \frac{700\text{mV}}{2\text{mA}} = 350\Omega$$

normalizado  $R_9 = 330\Omega$

El valor de  $R_{10}$  debe ser tal que por la ley de KIRCHHOFF sea:

$$V_{CC} = I_D R_9 + I_D R_{13}$$

en números  $6\text{V} = 2\text{mA} \times 330\Omega + 2\text{mA} \times R_{13}$

o bien  $6000\text{mV} = 660\text{mV} + \underbrace{2\text{mA} \times R_{13}}_{V_{R_{13}}}$

$$V_{R_{10}} = 6000\text{mV} - 660\text{mV} = 5340\text{mV}$$

luego  $R_{10} = \frac{5340\text{mV}}{2\text{mA}} = 2670\Omega$

normalizado  $R_{10} = 2700$

## TEMA 9

### CALCULO DEL TRANSFORMADOR DRIVER

Para la señal de C.A., el secundario del transformador Driver, ve a las resistencias  $R_9$  y  $R_{13}$  conectadas en paralelo, ya que los  $+6\text{V}_{CC}$ , resultan un cortocircuito a masa para la C.A. a través del camino de baja impedancia de las pilas, o en el caso de que se emplee un adaptador a la fuente de canalización, a través del electrolítico de desacople de la fuente. Entonces:

$$Z_s = \frac{R_9 \times R_{13}}{R_9 + R_{13}} = \frac{330 \times 2700}{330 + 2700}$$

de donde  $Z_s = 294\Omega$

Dado que el transistor excitador trabaja en Clase A le daremos el doble de corriente de reposo que al Clase AB, o sea:  $I_C = 4\text{mA}$  con  $V_{CE} = 6\text{V}$

De este modo la excursión de señal en el Driver será:

$$I_{\text{pico}} = 2\text{mA}$$

$$V_{CE\text{ pico}} = 3\text{V}$$

entonces:

$$Z_p = \frac{V_{CE\text{ pico}}}{I_C\text{ pico}} = \frac{3\text{V}}{2\text{mA}} = \frac{3\text{V}}{0,002}$$

$$Z_p = 1500\Omega$$

Operando del mismo modo que con el transformador de salida

$$n = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}} = \sqrt{\frac{1500\Omega}{294\Omega}}$$

$$n \approx 2,25:1$$

Ello significa que por cada vuelta del secundario hay 2,25 en el primario. Pero como debe duplicarse el número de vueltas en el secundario por su función alternativa, la relación será :

$$N = 2,25:2 \text{ con punto medio}$$

## TEMA 10

### POLARIZACION DE $Q_4$ (VER FIGURA 5)

Dado que  $I_C = 4\text{mA}$  en el excitador resulta:

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}}$$

$$I_B = \frac{4\text{mA}}{180} \approx 20\mu\text{A}$$



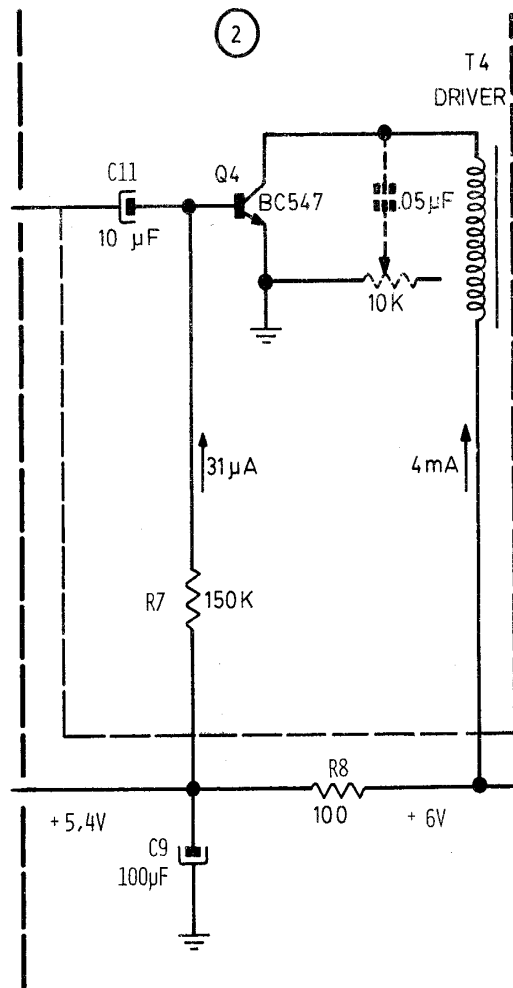


FIGURA 5

Haciendo que en  $R_8$  exista una caída de sólo el 10% de  $V_{cc}$  producida por el consumo del resto de las etapas que van hacia la antena del receptor (aceptable para no disminuir el rendimiento de fuente). Entonces en el capacitor de desacople  $C_9$  habrá una tensión de:

$$\begin{aligned} V_{C_9} &= V_{cc} - V_{R12} \\ &= 6V - 600mV \\ V_{C_9} &= 5,4V \end{aligned}$$

Esta es la tensión que se entrega al circuito de base.

Tomando como  $V_{BE} = 620mV$ , típica en el excitador resulta:

$$V_{R7} = 5,4V - 620mV$$

$$V_{R7} = 4780mV$$

y dado que  $I_B = 20\mu A$  resulta:

$$R_7 = \frac{4780mV}{20\mu A} = 239K\Omega$$

normalizando

$$R_7 = 220K\Omega$$

## TEMA 11

### DIMENSIONAMIENTO DE $R_8$ Y $C_9$

Consideramos una caída de 10% de la tensión de batería o sea 600mV, y como en el circuito total de la radio hay 3 etapas más a considerar que drenan sus corrientes de colector por la resistencia  $R_8$ . Suponiendo una corriente de 2mA por cada etapa que es lo normal resulta:

$$I_8 = 3 \times 2mA = 6mA.$$

que es la corriente en  $R_8$ , y como la tensión era 600mV, resulta:

$$R_8 = \frac{600mV}{6mA} = 100\Omega$$

normalizado

$$R_8 = 100\Omega$$

La constante de tiempo de  $C_9$  ha de ser tal que la frecuencia "más baja" del circuito vea una reactancia muy baja a través de  $C_9$  a masa.

Luego:

$$Z_{C_9} = R_8 \times C_9 = \frac{1}{2 f_{mín}}$$

pero  $f_{mín}$  es la frecuencia mínima de audio o sea 20c/s aproximadamente, entonces:

$$C_9 = \frac{1}{2\pi f_{mín} R_8} = \frac{1}{2\pi \times 20 \times 100}$$

$$C_9 = 79\mu F$$

normalizado

$$C_9 = 100\mu F$$

