

DE LORENZO GROUP

AMPLIFICACION

DL 3155M14

GUIA TEORICA

Laboratorio **TIME**

*50 years
in the field of
technical
education*

CSQ

UNI EN ISO 9001
UNI EN ISO 9002



DE LORENZO

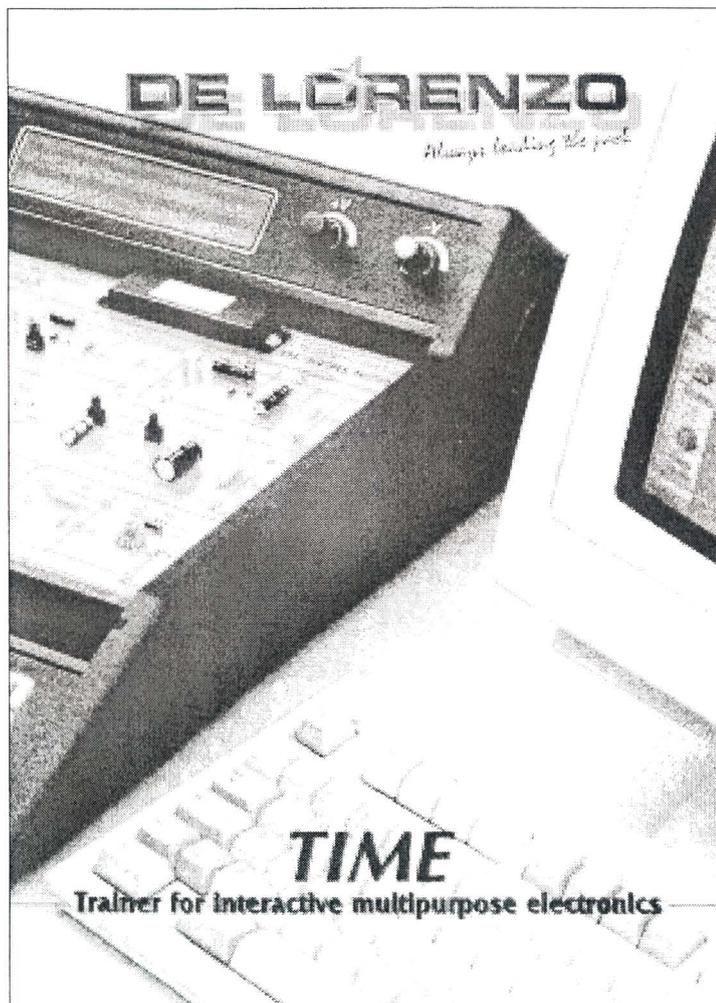
Always leading the pack

AMPLIFICACION

DL 3155M14

GUIA TEORICA

Laboratorio TIME



INDICE

LECCION 1

Concepto de amplificación lineal de corriente, tensión y potencia

Concepto de amplificación lineal
de corriente, tensión y potencia Pág. 3

LECCION 2

Amplificadores con bjt:
Configuraciones fundamentales

Configuraciones ec, cc y bc:
circuito y comportamiento Pág. 13
Conclusiones Pág. 25

LECCION 3

Estabilidad térmica de un amplificador lineal

Funcionamiento del amplificador
con o sin re Pág. 29
Recta de carga estática y dinámica Pág. 35

LECCION 4

- Clasificación de los amplificadores de potencia
- Amplificadores audio

| | | |
|-----------------------------------------------------|------|----|
| Preamplificador-estadio intermedio-estadio final | Pág. | 43 |
| Amplificadores de potencia de clase a | Pág. | 45 |
| Amplificadores de potencia de clase b | Pág. | 47 |
| Amplificadores de potencia de clase c | Pág. | 51 |

APENDICE

| | | |
|--------------------------------------------------|------|----|
| Preguntas de control | Pág. | 55 |
| Unidad 1 | Pág. | 55 |
| Unidad 2 | Pág. | 56 |
| Unidad 3 | Pág. | 57 |
| Unidad 4 | Pág. | 58 |
| Unidad 5 | Pág. | 59 |
| Respuestas exactas a las preguntas de control | Pág. | 60 |
| Respuestas a la simulación de averías | Pág. | 61 |
| Respuestas exactas a la simulación de averías | Pág. | 62 |

PREFACIO

TIME (Entrenador para Electrónica Interactiva Multipropósito) ha sido diseñada con el objetivo de suministrar al estudiante una excelente herramienta educativa, no sólo por el aprendizaje gradual de los principios teóricos básicos, explicados en cada módulo, sino también por evaluar el conocimiento práctico del estudiante, apuntando a un correcto entendimiento de toda la materia.

TIME se caracteriza por su versatilidad y adaptación a la continua evolución de la tecnología, estimulando las habilidades y la capacidad lógica del estudiante, a través de aplicaciones grupales e individuales y suministrando al profesor una herramienta eficiente respaldada por una innovadora metodología de enseñanza. El estudiante puede, de hecho, evaluar, explorar, experimentar directamente y asimilar fácilmente lo que esta estudiando.

Una peculiaridad de esta metodología de enseñanza es la subdivisión en módulos que reproducen circuitos reales correspondientes al tema a ser evaluado.

Cada módulo se completa con un Manual del Profesor y un Manual del Estudiante, estrictamente interconectados, para permitir al alumno un aprendizaje simple y gradual y al profesor una eficiente guía para planear los cursos.

El Manual del Profesor se subdivide en Lecciones organizadas de la siguiente manera:

- *identificación de los objetivos*
- *verificación de los requisitos previos requeridos*
- *contenidos*

Los objetivos del curso son definidos por el profesor, quien debe verificar el nivel de aprendizaje de los estudiantes y su conocimiento con el fin de establecer el camino educativo a seguir.

El Manual del Profesor ha sido integrado con un apéndice donde las preguntas evaluativas, planteadas a los alumnos para controlar su habilidad de aprendizaje, han sido incluidas junto con las respuestas a los errores simulados en los circuitos y los datos técnicos correspondientes a los componentes, fáciles de encontrar, usados en los experimentos.

El Manual del Estudiante se subdivide en unidades organizadas de la siguiente manera:

- *identificación de los objetivos*
- *verificación de los requisitos previos requeridos*
- *equipamiento necesario*
- *selección del camino educativo a seguir*
- *presentación de los procedimientos para la preparación y realización de los experimentos*
- *evaluaciones, durante los experimentos, para verificar si los estudiantes están aprendiendo*
- *análisis de los resultados*

Dentro de un cierto tiempo, el estudiante debe estudiar un circuito, entender la teoría pertinente, analizar las condiciones de operación y verificar, por medio de un equipo de instrumentos adecuados, la situación en diversos puntos de prueba del circuito.

*El Autor
G. Filella*

LECCION 1

Concepto de amplificación lineal de corriente, tensión y potencia

OBJETIVOS

Aprender:

- el concepto de amplificación
- la conversión de energía de la fuente de polarización a la señal de salida

Saber hacer:

- representar la amplificación gráficamente
- convertir en dB la potencia ganada
- análisis
- distinguir el comportamiento lineal y no lineal de un amplificador

REQUISITOS PREVIOS:

- estructura, funcionamiento y polarización del BJT
- capacidad para visualizar y medir las señales con el osciloscopio

CONTENIDO:

- concepto de amplificación lineal, corriente, tensión y potencia

CONCEPTO DE AMPLIFICACIÓN LINEAR DE CORRIENTE, TENSION Y POTENCIA

Las señales eléctricas que son generadas por los dispositivos son generalmente de escasa cuantía y por lo tanto prácticamente no se utilizan. Normalmente son señales de tensión a las que se ha asociado una cierta corriente, o viceversa, por lo que se puede hablar de potencia de la señal.

El problema del aumento de la cantidad de señal se resuelve con el amplificador, en particular con el transistor BJT, que tiene la posibilidad de dar una relación mayor de uno entre la señal de salida y la de entrada. Por lo tanto por amplificación debemos entender la manipulación de una señal que permite aumentar la amplitud (en tensión, corriente o potencia) sin alterar la forma de la señal misma.

Mantener la forma de la señal es una condición esencial desde el momento en que se asocia la información que posee la señal con la forma en el campo analógico.

El esquema de un amplificador es el siguiente

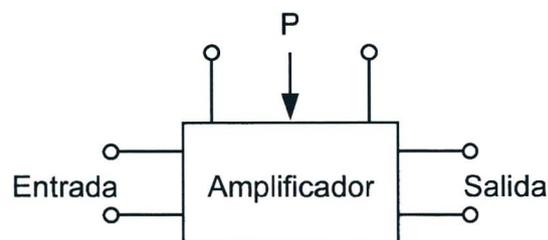


Fig. 14.1.1

y como se puede observar tiene 3 pares de bornes:

- 2 bornes de entrada a los que se les aplica la señal para amplificar;
- 2 bornes de salida donde es recogida la señal amplificada;
- 2 bornes para introducir potencia, una parte de la cual va a la señal de salida;

Desde el punto de vista del funcionamiento un amplificador puede estar esquematizado así:

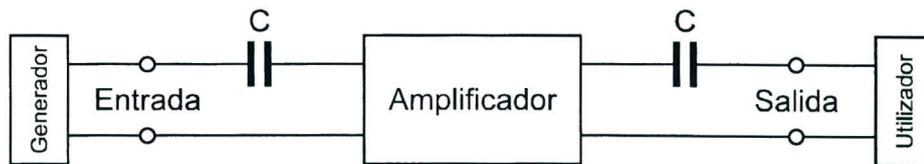


Fig. 14.1.2

La señal de poca cuantía es aplicada en la entrada mediante un generador adecuado, y es amplificado y transmitido al dispositivo de uso.

Los dos condensadores, en la entrada y en la salida respectivamente, son denominados como capacidades de bobinado.

Su función es la de bloquear el componente continuo que está siempre sobrepuesto a la señal alternativa y cuya entidad depende de las condiciones de funcionamiento del amplificador. Puesto que la impedancia entre los bornes de entrada de los diversos elementos es generalmente resistiva, se habla de amplificadores con bobinado RC.

Si no están los condensadores, se habla de amplificadores con bobinado directo.

En base a las características de la señal para amplificar, se definen los parámetros fundamentales de un amplificador:

a) amplificación de tensión:

$$A_v = \frac{U_o}{U_i}$$

donde U_o = tensión de salida
 U_i = tensión de entrada

b) amplificación de corriente:

$$A_i = \frac{I_o}{I_i}$$

donde I_o = corriente de salida
 I_i = corriente de entrada

c) amplificación de potencia:

$$A_p = \frac{P_o}{P_i}$$

donde P_o = potencia de salida
 P_i = potencia de entrada

d) impedancia de entrada:

$$Z_i = \frac{U_i}{I_i}$$

es la impedancia medida en los bornes de entrada del amplificador

e) impedancia de salida:

$$Z_o = \frac{U_o}{I_o}$$

es la impedancia que se ve en los bornes de salida creando un cortocircuito en la entrada.

Los parámetros A_v y A_i generalmente son magnitudes globales, es decir que las señales de salida tienen una fase opuesta con respecto a las de la entrada. En el caso de que estas señales estén en fase, vale la siguiente relación:

$$A_v \cdot A_i = \frac{U_o}{U_i} \cdot \frac{I_o}{I_i} = \frac{P_o}{P_i} = A_p$$

Se ha dicho que un requisito fundamental de la amplificación es el mantenimiento de la forma de la onda de la señal. Por lo tanto se habla de linealidad. Examinando las características de salida del BJT

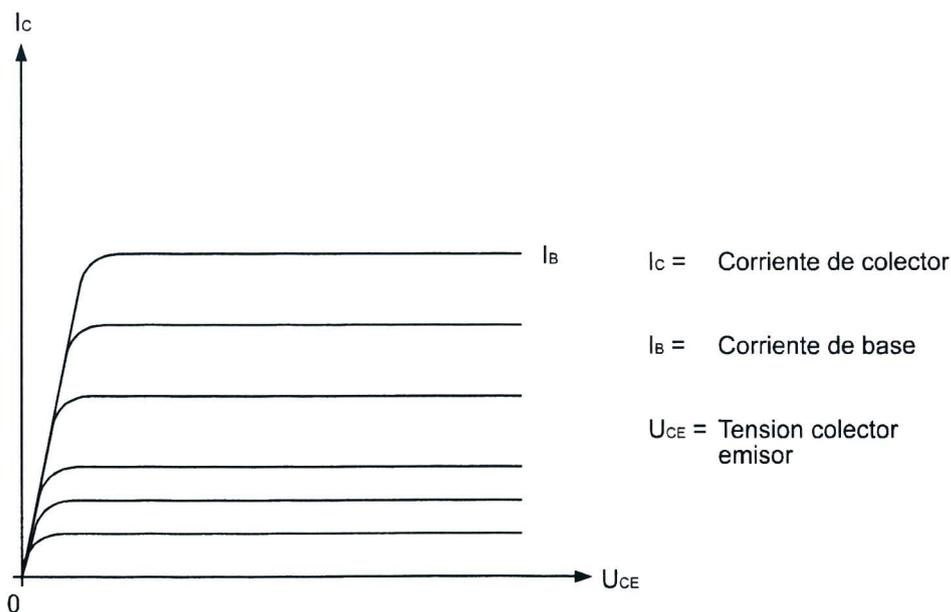


Fig. 14.1.3

se ve que sólo en los valores bien definidos de la zona activa el comportamiento es lineal. De hecho la linealidad significa que en las características de salida debería haber equidistancia entre las curvas a I_B constante, es decir que la ganancia intrínseca h_{FE} (se recuerda que $h_{FE} = I_c/I_B$) debería tener un valor constante.

Sin embargo la falta de linealidad hace que h_{FE} no sea constante y que algunas zonas de las características de salida con variaciones iguales de la corriente de base I_B no se correspondan con variaciones iguales de la corriente del conmutador I_c .

Se puede concluir que un BJT para ser un buen amplificador debe:

- 1 trabajar en el tramo lineal de las características y por lo tanto debe estar polarizado en la parte central de la zona activa;
- 2 presentar pequeñas variaciones de la corriente de salida para que las oscilaciones del punto de trabajo en la recta de carga estén contenidas en la zona de linealidad.

Así pues la señal de entrada no puede tener elongaciones de gran utilidad y tampoco el punto de trabajo debe sufrir desplazamientos indeseados.

Si estas dos situaciones se produjeran habría una amplificación no lineal.

Esto puede aclararse con un estudio gráfico de la amplificación, empezando por el esquema de un amplificador a BJT y un emisor común.

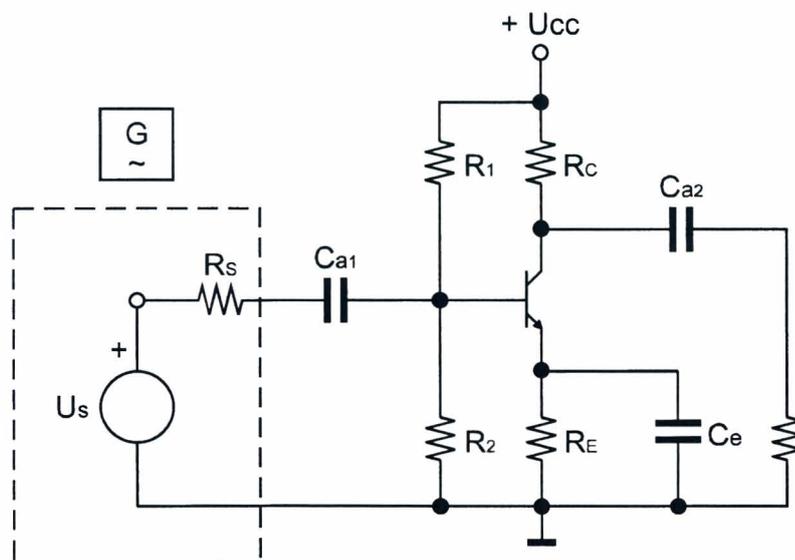


Fig. 14.1.4

Se alimenta con una señal de prueba sinusoidal y se consideran separadamente la malla de entrada y la malla de salida.

a) Malla de entrada:

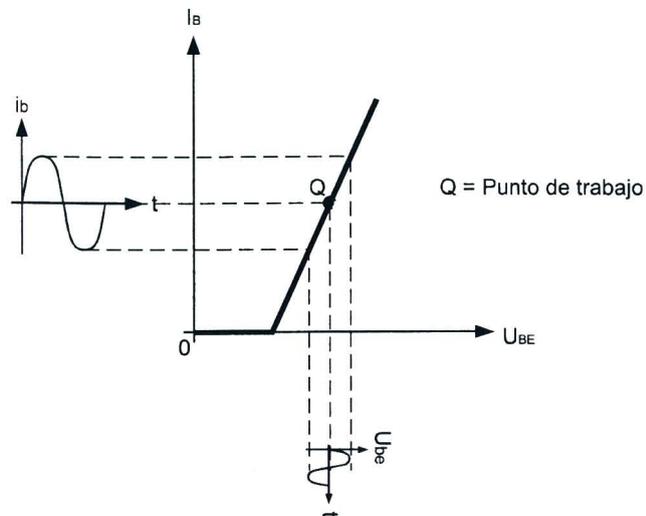


Fig. 14.1.5

la corriente I_B varía con la misma ley sinusoidal de la conexión BE, si esta conexión ha sido polarizada de manera que las elongaciones de la señal de entrada hayan mantenido el punto de trabajo por encima del valor fijado por la función.

b) Malla de salida:

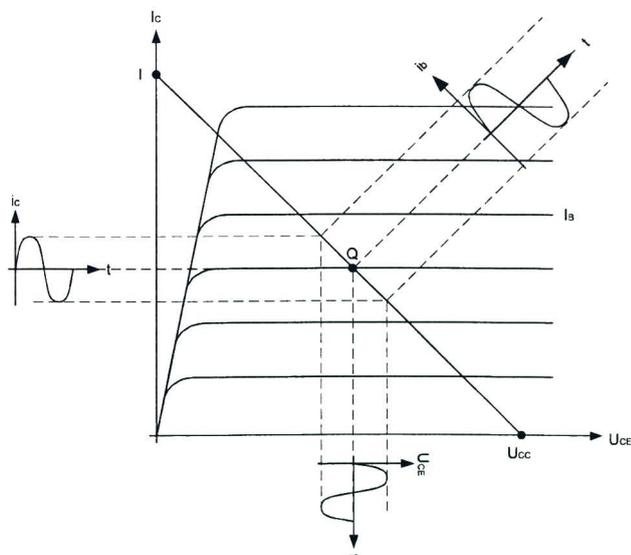


Fig. 14.1.6

Con la condición de que el punto de trabajo esté en la zona lineal de las características, las variaciones sinusoidales de la corriente de base provocarán siempre variaciones sinusoidales de la corriente del conmutador. La tensión U_{CE} también varía de manera sinusoidal pero con una fase opuesta a la de la señal de entrada.

La amplificación con tensión, corriente y potencia se mide en la mayor parte de los casos en unidades logarítmicas. La ventaja se basa en que los logaritmos con base 10 permiten usar amplios intervalos de variación de las magnitudes en juego.

Por ejemplo, si la relación entre tensión de salida y de entrada varía de 1 a 100.000, su logaritmo con base 10 varía de 1 a 5.

La unidad logarítmica usada es el decibelio [dB] que representa la décima parte del logaritmo de la relación de dos potencias.

Denominadas

P_o la potencia de salida

P_i la potencia de entrada

vale:

$$A_p \text{ [dB]} = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$$

De lo que deducimos que en la amplificación en dB de tensión y corriente, la potencia es proporcional al cuadrado de la tensión y al cuadrado de la corriente:

$$A_v \text{ [dB]} = 10 \log \frac{U_o^2}{U_i^2} = 10 \log \left(\frac{U_o}{U_i} \right)^2 = 20 \log \frac{U_o}{U_i}$$

$$A_v \text{ [dB]} = 10 \log \frac{I_o^2}{I_i^2} = 10 \log \left(\frac{I_o}{I_i} \right)^2 = 20 \log \frac{I_o}{I_i}$$

Si no se tiene una amplificación ($A = 1$), la expresión en dB vale 0 en cuanto $20 \log 1 = 0$.

Si la señal es menor que uno ($A < 1$), la expresión en dB será negativa.

La transferencia de energía a los estadios de amplificación tiene una importancia particular. Representar el estadio de amplificación según el esquema indicado en la figura:

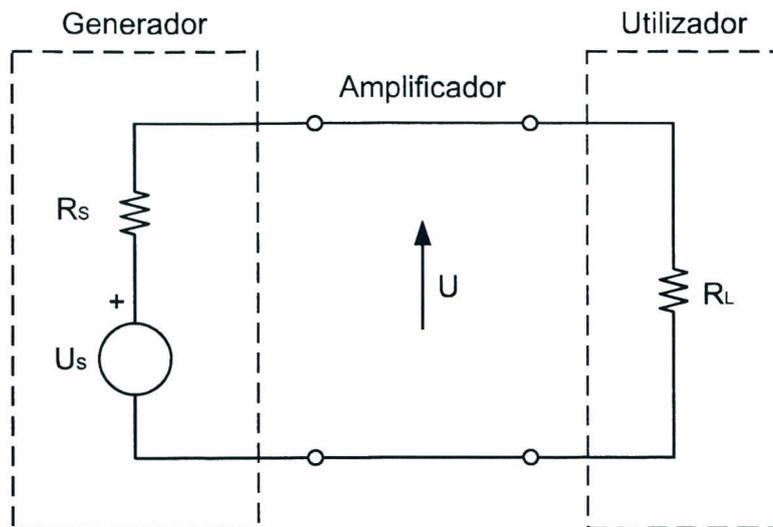


Fig. 14.1.7

y calcular la potencia depositada en la carga R_L

$$P_L = \frac{U^2}{R_L} = \frac{U_s^2 R_L}{(R_s + R_L)^2}$$

El cambio de potencia al variar la carga está indicado en la Fig. 14.1.8

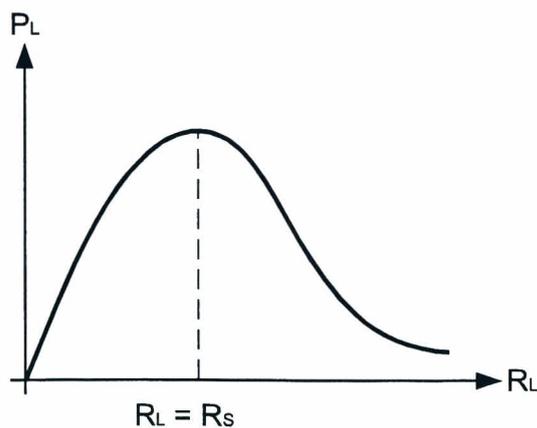


Fig. 14.1.8

y analíticamente se puede obtener que el valor máximo de P_L es alcanzado cuando $R_L = R_s$. Se dice que hay una adaptación energética entre el dispositivo de uso y el generador: mitad de la potencia suministrada por el generador es depositada en la carga y la otra mitad se disipa en R_s , con un rendimiento energético del 50%.

LECCION 2

Amplificadores con BJT: configuraciones fundamentales

OBJETIVOS

Aprender:

- cualitativamente las tres configuraciones en relación a la amplificación de tensión, corriente y potencia
- las diferencias entre R_{in} y R_{out} en las tres configuraciones

Saber hacer:

- distinguir las tres configuraciones desde el punto de vista del circuito
- reconocer la configuración del amplificador del examen de la respuestas a las señales aplicadas

REQUISITOS PREVIOS:

- conocimiento de la Clase 14.1

CONTENIDO:

- configuraciones EC, CC y BC: circuito y comportamiento

CONFIGURACIONES EC, CC Y BC: CIRCUITO Y COMPORTAMIENTO

Consideremos un estadio del amplificador con BJT, oportunamente polarizado, que esté alimentado por un generador de señal U_s con resistencia interna R_s y esté conectado a un dispositivo de uso R_L :

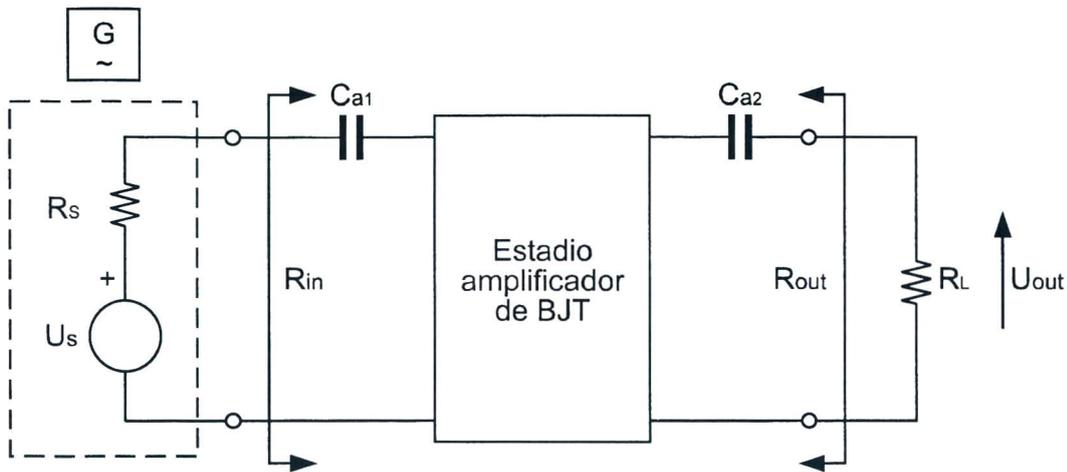


Fig. 14.2.1

Los condensadores C_{a1} y C_{a2} representan las capacidades de bobinado que evitan que el componente continuo de polarización se sobreponga a la señal. De este modo el punto de funcionamiento en reposo resulta ser independiente de R_s y R_L .

Para afrontar el estudio de la red de amplificación en las tres configuraciones fundamentales se hace referencia al circuito equivalente del BJT con parámetros híbridos:

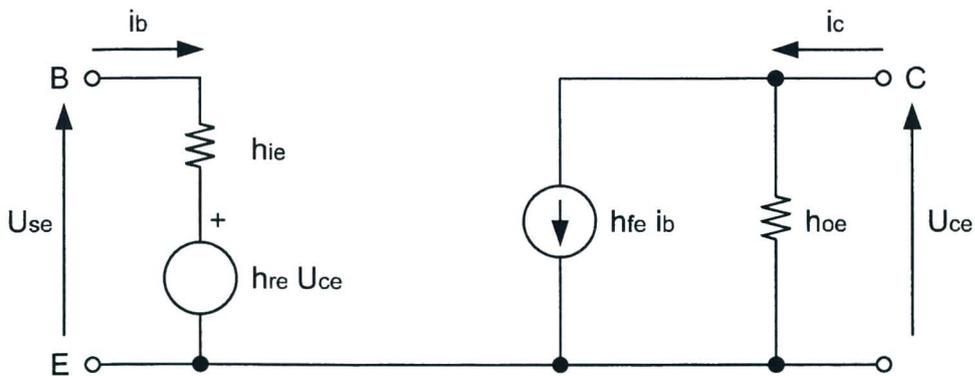


Fig. 14.2.2

Este modelo puede simplificarse si tenemos en consideración que h_{re} tiene un valor bajo, por lo que es irrelevante el generador $h_{re} V_{ce}$. Además la resistencia $1/h_{oe}$ también es irrelevante y con lo cual el circuito equivalente simplificado será:

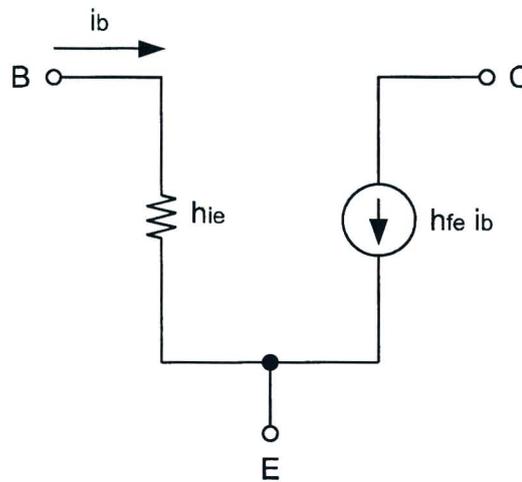


Fig. 14.2.3

Este modelo vale para todas las configuraciones y no depende del tipo de BJT que se ha usado (npn o pnp).

Incluso, para cada configuración, se supone que la red de polarización es la automática con divisor.

a) *Configuración con emisor común C_E*

El circuito completo presenta:

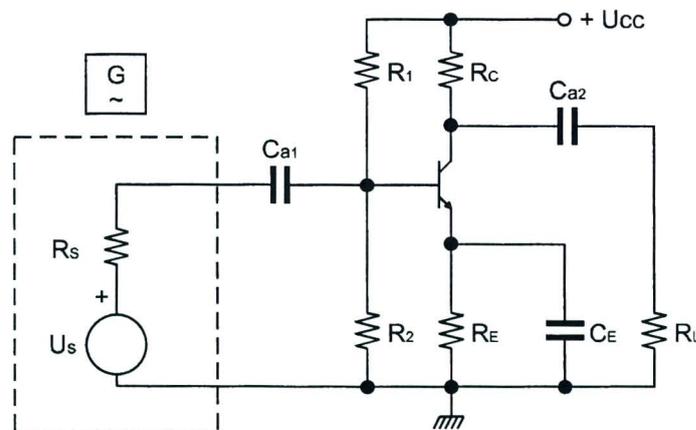


Fig. 14.2.4

- dos capacidades de bobinado C_{a1} y C_{a2}
- una capacidad de by-pass C_E que crea un cortocircuito en la resistencia del emisor R_E para la señal
- una carga de resistencia R_L
- dos resistencias de polarización R_1 y R_2 .

El estudio del circuito estático que se encarga del componente continuo de polarización, sirve sólo para localizar el punto de funcionamiento en reposo aunque no tenga ninguna utilidad para determinar los parámetros del amplificador.

Por lo tanto consideraremos el circuito dinámico para las variaciones de la señal U_s que se obtiene del circuito completo creando un cortocircuito en la batería de alimentación U_{cc} y en la capacidad C_{a1} , C_{a2} , C_E :

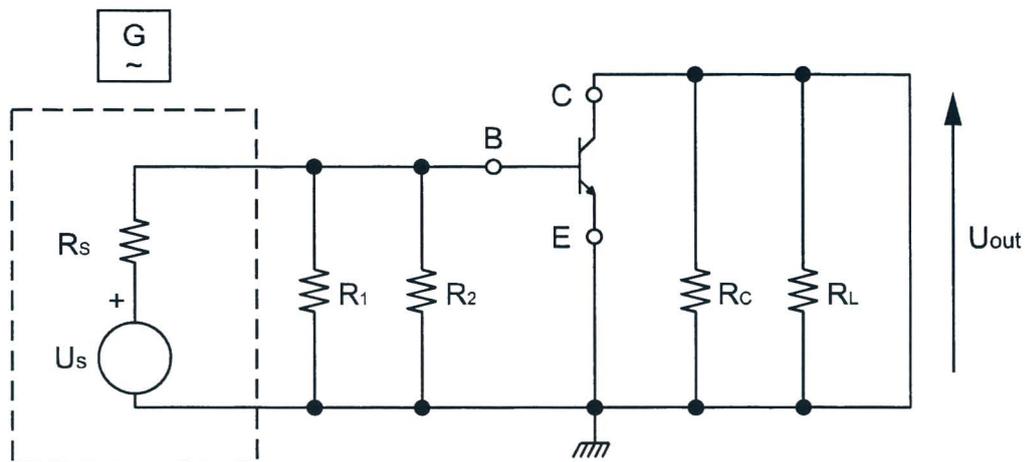


Fig. 14.2.5

Sustituimos ahora el modelo equivalente simplificado con parámetros híbridos en el circuito dinámico, sustituyendo R_B al paralelo R_1 , R_2 :

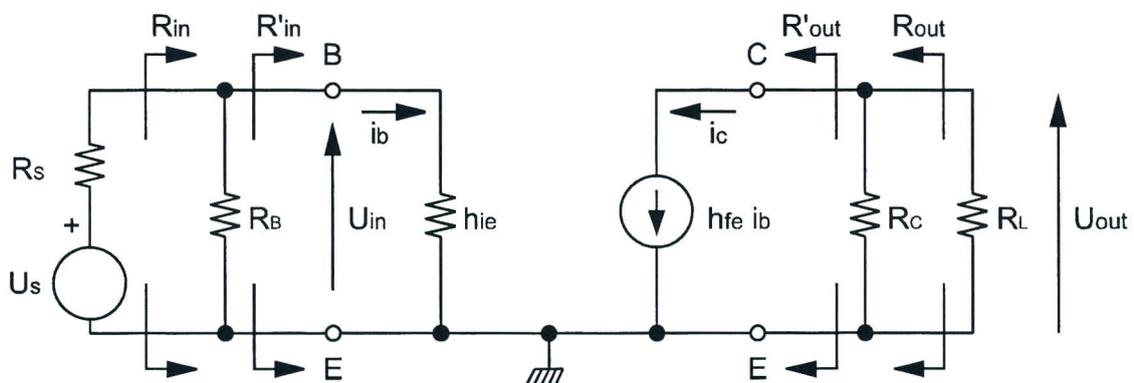


Fig. 14.2.6

Resulta sencillo calcular los parámetros de la amplificación por el circuito equivalente:

- Amplificación de corriente

$$A_i = \frac{-i_c}{i_b} = -\frac{h_f \cdot i_b}{i_b} = -h_{fe}$$

- Amplificación de tensión del BJT

se pone $R'_L = R_C // R_L$ e R'_{in} = resistencia de entrada del BJT

$$A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{U_{ce}}{U_{be}} = \frac{-i_c \cdot R'_L}{i_b \cdot R'_{in}} = A_i \cdot \frac{R'_L}{R'_{in}} = -h_{fe} \cdot \frac{R'_L}{R'_{in}}$$

- Amplificación de tensión total

Generalmente la tensión U_{in} presente en la entrada del BJT es menor que la tensión U_s que ha sido proporcionada por la fuente de la señal, a causa de la caída de tensión en la resistencia R_s . Por lo tanto la amplificación total es:

$$A_v = \frac{U_{out}}{U_s} = \frac{U_{out}}{U_{in}} \cdot \frac{U_{in}}{U_s} = A'_v \cdot \frac{R_{in}}{R_s + R_{in}} = -A'_v \cdot \alpha$$

donde α , es denominado como coeficiente de atenuación del circuito de entrada ya que representa el divisor de tensión, que está compuesto por R_s del generador y por la resistencia de entrada R_{in} del estadio preamplificador.

- Resistencia de entrada del BJT

Es la resistencia vista entre la base y el emisor R'_{in} :

$$R'_{in} = \frac{U_{in}}{i_b} = \frac{U_{be}}{i_b} = h_{ie}$$

- Resistencia de entrada del estadio amplificador

Es la resistencia vista en los terminales de la fuente de la señal:

$$R_{in} = R_{in} // R_B = h_{ie} // R_B = \frac{h_{ie} \cdot R_B}{h_{ie} + R_B}$$

- Resistencia de salida del BJT

Es la resistencia vista entre el conmutador y el emisor anulando así la fuente de la señal. Se pone $R'_s = R_s // R_B$ y teniendo en cuenta que si $U_s = 0$ también $i_b = 0$:

$$R_{out} = \frac{U}{h_{fe} \cdot i_b} = \frac{U}{0} = \infty$$

el resultado indica que R'_{out} tiene siempre un valor muy elevado, muy superior a $1/h_{oe}$ que de hecho no se ha tenido en cuenta.

- Resistencia de salida del estadio amplificador

Es la resistencia vista en los terminales de la carga R_L :

$$R_{out} = R'_{out} // R_C = R_C$$

- Amplificación de potencia

$$A_p = A_v \cdot A_i = A_v \cdot \alpha \cdot A_i = -h_{fe} \cdot \frac{R'_L}{R'_{in}} \cdot \alpha \cdot (-h_{fe}) = h_{fe}^2 \cdot \frac{R'_L}{R'_{in}} \cdot \frac{R_{in}}{R_s + R_{in}}$$

Si puede verificar que el valor máximo de la amplificación de potencia se realiza cuando $R_s = R'_{in}$ y $R_L = R'_{out}$.

b) *Configuración con conmutador común CC*

El esquema del circuito es el siguiente

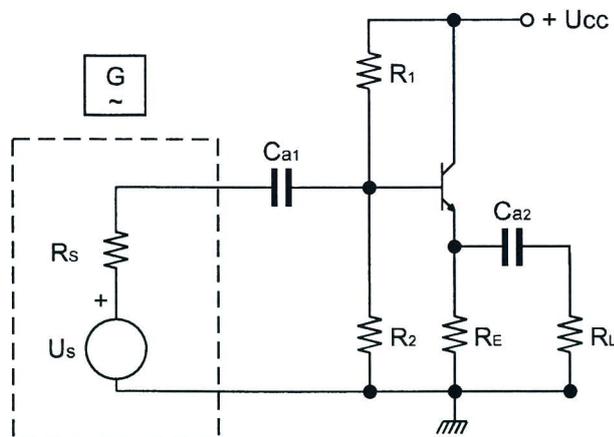


Fig. 14.2.7

se sustituye en el BJT el modelo equivalente simplificado con parámetros híbridos y considerando sólo el circuito dinámico, se obtienen los parámetros de la amplificación.

El circuito equivalente es:

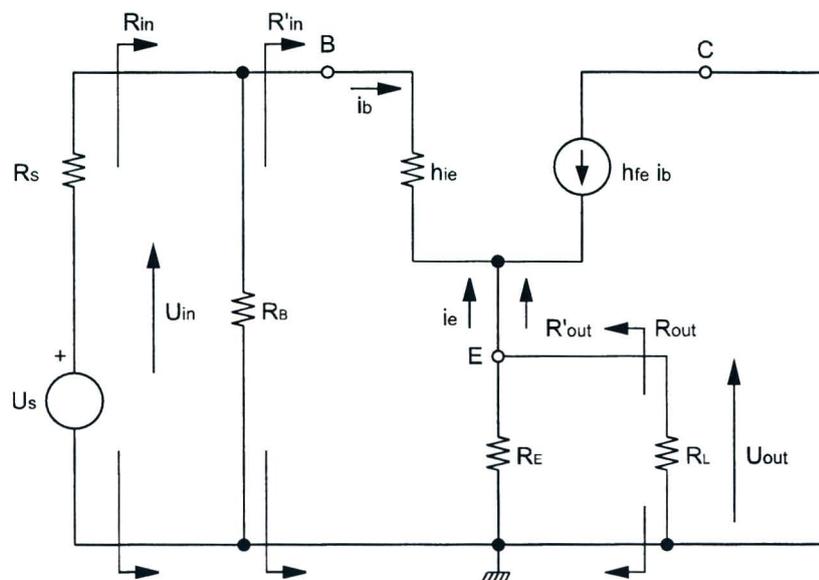


Fig. 14.2.8

donde $R_B = R_1 // R_2$

y además $R'_L = R_E // R_L$

- Amplificación de corriente

$$A_i = \frac{-i_e}{i_b} = \frac{i_b + h_{fe} i_b}{i_b} = 1 + h_{fe}$$

- Resistencia de entrada en el BJT

$$R_{in} = \frac{U_{in}}{i_b} = \frac{U_{bc}}{i_b} = \frac{h_{ie} i_b + (1 + h_{fe}) \cdot i_b R'_L}{i_b} = h_{ie} + (1 + h_{fe}) R'_L$$

- Resistencia de entrada del estadio amplificador.

$$R_{in} = R_{ib} // R_B = \frac{R'_{in} \cdot R_B}{R'_{in} + R_B}$$

- Amplificación de tensión del BJT

$$A'_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{U_{ec}}{U_{bc}} = \frac{-i_e R'_L}{i_b R'_{in}} = A_i \cdot \frac{R'_L}{R'_{in}} = (1 + h_{fe}) \cdot \frac{R'_L}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R'_L} \cong 1$$

- Amplificación de tensión total

$$A_v = \frac{U_{out}}{U_s} = \frac{U_{ec}}{U_{in}} \cdot \frac{U_{in}}{U_s} = A'_v \cdot \alpha$$

donde α es el coeficiente de atenuación de entrada. Por lo tanto A_v coincide con la ganancia de tensión del caso anterior.

- Resistencia de salida del BJT

Es la resistencia vista desde el punto E poniendo $U_s = 0$ e $R_B // R_s = R'_s$:

$$R'_{out} = \frac{U}{I} = \frac{(R'_s + h_{ie}) \cdot i_b}{(1 + h_{fe}) \cdot i_b} = \frac{R'_s + h_{ie}}{1 + h_{fe}}$$

aprovechando el siguiente circuito equivalente

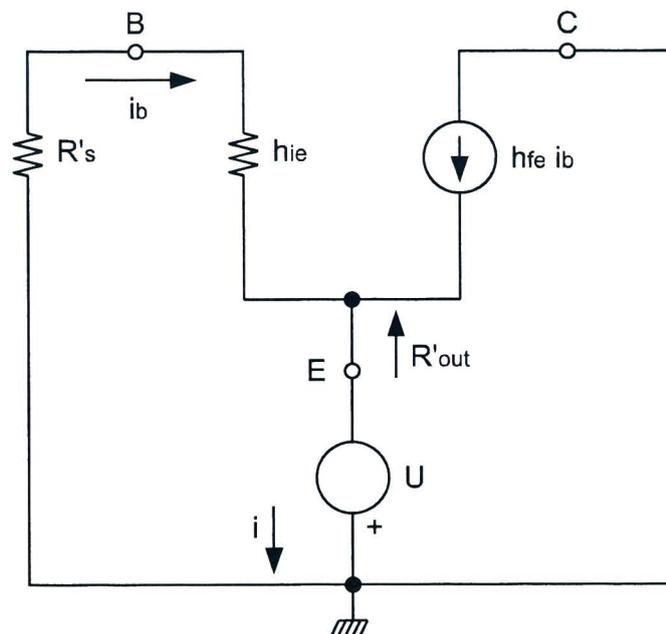


Fig. 14.2.9

- Resistencia de salida del estadio amplificador

Vale

$$R_{out} = R'_{out} // R_E$$

- Amplificación de potencia

También en esta configuración:

$$A_P = A_V A_i \cong 1 (1 + h_{fe}) a$$

OBSERVACION

Desde el momento en que $A'_v \cong 1$, no hay amplificación de tensión. Por lo tanto la señal de salida U_{out} resulta estar en fase y tener una amplitud prácticamente igual a la de la señal de entrada U_{in} .

Se puede decir que esta configuración tiende a reproducir en la salida la señal de entrada por lo que se denomina seguidor de emisor.

Además la resistencia R'_{in} tiene generalmente valores muy elevados mientras que R_{in} , tiene un valor mucho más bajo por la fuerte influencia de R_B .

Sin embargo la resistencia de salida R'_{out} adquiere valores de poca entidad de alguna decena de Ohmios.

Por estas características la configuración a CC es utilizada como estadio separador o buffer entre una fuente con una gran resistencia interna R_s y una carga R_L de bajo valor.

c) Configuración de base común C_B

El esquema del circuito es el siguiente:

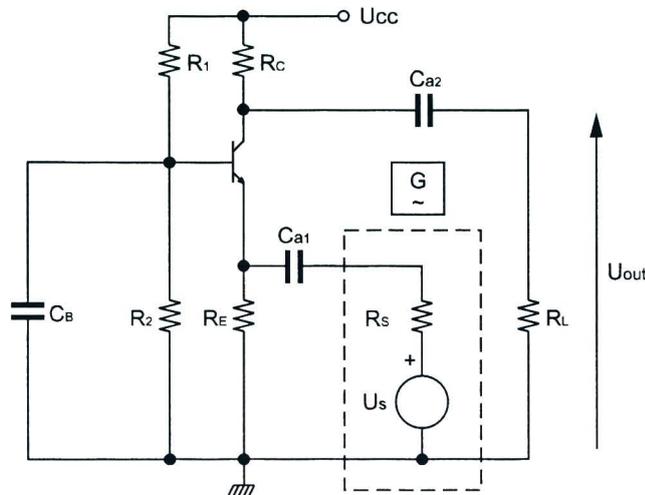


Fig. 14.2.10

donde C_{a1} y C_{a2} son las capacidades de bobinado entre la fuente y la carga, y C_{a2} tiene contemporáneamente la función de by-pass, poniendo dinámicamente a tierra la base. La capacidad C_B sirve para crear un cortocircuito en las resistencias de polarización R_1 y R_2 . Desde el momento en que el circuito estático de polarización es igual al de las configuraciones anteriores se considera que en el circuito equivalente simplificado con parámetros híbridos del circuito dinámico, no aparecen las resistencias de polarización ya que han tenido un cortocircuito por C_B :

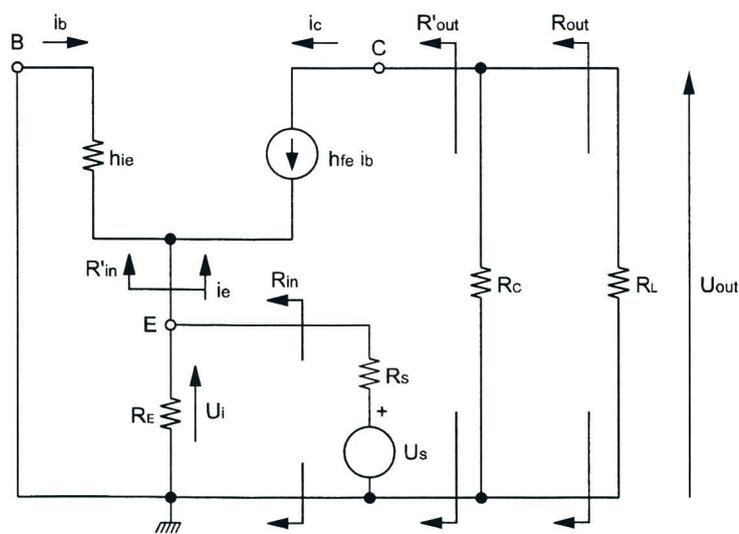


Fig. 14.2.11

Poner $R'_L = R_c // R_L$

- Amplificación de corriente

$$A_i = \frac{-i_c}{i_e} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b}{-(1 + h_{fe}) \cdot i_b} = \frac{h_{fe}}{1 + h_{fe}} \cong 1$$

- Resistencia de entrada al BJT

$$R'_{in} = \frac{U_{in}}{i_e} = \frac{U_{eb}}{i_e} = \frac{-h_{ie} \cdot i_b}{-(1 + h_{fe}) \cdot i_b} = \frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}}$$

- Resistencia de entrada del estadio amplificador

$$R_{in} = R'_{in} // R_E = \frac{R'_{in} \cdot R_E}{R'_{in} + R_E}$$

- Amplificación de tensión del BJT

$$A'_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{U_{cb}}{U_{eb}} = \frac{-i_c \cdot R_L}{i_e \cdot R'_{in}} = A_i \cdot \frac{R'_L}{R'_{in}} = \frac{h_{fe} \cdot R'_L}{h_{ie}}$$

- Amplificación de tensión total

$$A_v = A'_v \cdot \alpha$$

Todavía vale

- Resistencia de salida del BJT

Se considera para calcular R'_{out} el siguiente circuito equivalente

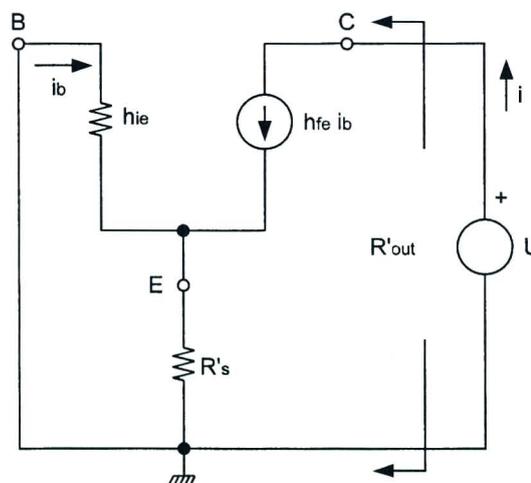


Fig. 14.2.12

donde $U_s = 0$ y $R'_s = R_E // R_s$

Vale:

$$R'_{out} = \frac{U}{i} = \frac{U}{h_{fe} \cdot i_b} = \frac{U}{0} = \infty$$

- Resistencia de salida del estadio amplificador

Vale obviamente

$$R_{out} = R'_{out} // R_C = R_C$$

- Amplificación de potencia:

Vale la relación general:

$$A_p = A_v \cdot A_i = A'_v \cdot \alpha \cdot A_i$$

OBSERVACION

La configuración no da una inversión de fase entre la salida y la entrada, y no realiza la amplificación de corriente. Se puede notar que, a parte del signo, la aplicación de tensión es igual a la de la configuración C_E .

CONCLUSIONES

Es útil realizar un cuadro resumen de la propiedad de las tres configuraciones fundamentales:

| Configuración | A_i | A_v | R'_{in} | R'_{out} |
|---------------|------------|------------|-----------|------------|
| C_E | alta | alta | media | alta |
| C_C | alta | $\simeq 1$ | alta | baja |
| C_B | $\simeq 1$ | alta | baja | ∞ |

Tab. 14.2.1

el examen de la tabla nos hace llegar a algunas consideraciones sobre la resistencia de entrada y salida:

- la resistencia vista desde el conmutador puede considerarse infinita por la potencia del generador ideal de corriente $h_{fe}i_b$ en el circuito del conmutador;
- la resistencia vista desde la base es alta porque la resistencia del emisor es multiplicada por el factor $(1 + h_{fe}) \cong h_{fe}$, desde el momento en que R_E es seguida por una corriente $(1+h_{fe})$ veces más grande de la de base;
- la resistencia vista desde el emisor es baja porque coincide con la resistencia equivalente del circuito de base dividida por el factor $(1 + h_{fe}) \cong h_{fe}$.

LECCION 3

Estabilidad térmica de un amplificador linear

OBJETIVOS

Aprender:

- el efecto de la resistencia R_E con señal
- la función de la capacidad C_E de by-pass para reducir la la disipación térmica en R_E
- la diferencia entre recta de carga estática y recta de carga dinámica

Saber hacer:

- saber representar gráficamente la recta de carga dinámica

REQUISITOS PREVIOS:

- saber que la temperatura del transistor modifica las coordenadas del punto de trabajo
- saber cómo incide la variación de temperatura en la variación de los parámetros
- saber obtener las ecuaciones de las mallas de entrada y salida de un amplificador con BJT

CONTENIDO:

- funcionamiento del amplificador con o sin R_E
- recta de la carga estática y dinámica

FUNCIONAMIENTO DEL AMPLIFICADOR CON O SIN R_E

Siendo BJT un elemento con dos conexiones, presenta dos parámetros que dependen de la temperatura de éstas.

La temperatura influye en la tensión base-emisor U_{BE} , la corriente de fuga I_{CB0} y la ganancia intrínseca de corriente h_{FE} . En práctica cuando se pasa de la condición de reposo a temperatura ambiente a la condición de trabajo, estos parámetros se modifican y provocan un desplazamiento del punto de trabajo Q del BJT.

Por lo tanto es necesario polarizar el BJT con redes que tengan en cuenta la variación de los parámetros al aumentar la temperatura y consigan garantizar dentro de ciertos límites la estabilidad del punto de trabajo en la zona lineal de las características de salida.

Con más detalle consideremos ahora las causas de las variaciones con el fin de definir los parámetros para la estabilidad térmica.

a) Variaciones de I_{CB0}

Desde el momento en que I_{CB0} representa la corriente inversa de saturación de la conexión CB que está polarizada inversamente, tiene variaciones al aumentar aproximadamente el doble de su valor la temperatura de la conexión cada 10°C . La relación analítica que expresa la dependencia I_{CB0} -temperatura es:

$$I_{CB0}(T_1) = I_{CB0}(T_0) \cdot 2^{\Delta T/10}$$

$I_{CB0}(T_0) =$ valor de la corriente inversa de saturación a la temperatura ambiente T_0 de 25°C .

$I_{CB0}(T_1) =$ valor de la corriente inversa de saturación a la temperatura de trabajo T_1

$\Delta T = T_1 - T_0 =$ variación de temperatura de conexión.

b) Variaciones de U_{BE}

Desde el momento en que U_{BE} es la caída de tensión en la conexión B - E que ha sido polarizada directamente y disminuye al aumentar la temperatura aproximadamente 25mV cada 10°C , de aumento de la temperatura.

La relación analítica es:

$$U(T_1) = U(T_0) - 2,5 (T_1 - T_0) 10^{-3}$$

c) Variaciones de h_{FE}

En BJT la corriente del conmutador I_C se debe a las cargas mayoritarias que impulsadas desde el emisor hacia la base, no se combinan con las cargas de signo opuesto a la base misma y se enlazan con el conmutador. Un aumento de temperatura da energía a las cargas y disminuyen las posibilidades de combinación, por lo que aumenta la corriente I_C .

Por lo tanto la ganancia estática de corriente

$$h_{FE} = I_C/I_B$$

aumenta de un valor aproximadamente igual al 1% en °C.

La variabilidad de estos parámetros lleva a la inestabilidad del punto de trabajo Q. Su estabilización puede obtenerse con particulares redes de polarización que hacen al punto Q independiente de los parámetros arriba indicados.

Se puede evaluar el grado de estabilidad alcanzado relativamente por el punto Q en la variación de los parámetros introduciendo oportunos coeficientes de los factores de estabilidad S.

Dicha I_{CQ} la corriente del conmutador relativa al punto Q, valen las relaciones:

$$S_{h_{FE}} = \frac{\Delta I_{CQ}}{\Delta h_{FE}} \quad \text{supuestos } U_{BE} \text{ e } I_{CB0} \text{ constantes}$$

$$S_{U_{BE}} = \frac{\Delta I_{CQ}}{\Delta U_{BE}} \quad \text{supuestos } h_{FE} \text{ e } I_{CB0} \text{ constantes}$$

$$S_{I_{CB0}} = \frac{\Delta I_{CQ}}{\Delta I_{CB0}} \quad \text{supuestos } h_{FE} \text{ e } U_{BE} \text{ constantes}$$

Para que I_{CQ} sea lo suficientemente estable, los valores de los factores de estabilidad deben ser los más bajos posibles.

El método de estabilización más común después de las variaciones de temperatura es la introducción de resistencia R_E en el ramo del emisor:

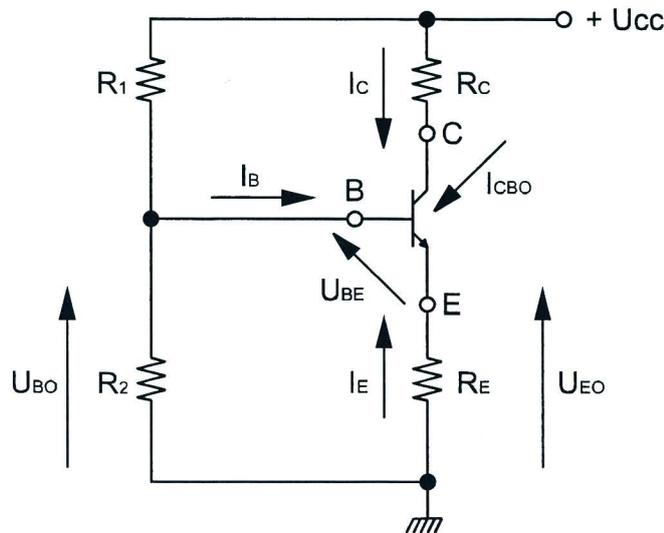


Fig. 14.3.1

El efecto de estabilización es producto de dos elementos

- el partidor $R_1 - R_2$, que sustituye a la resistencia de base R_B , mantiene casi constante el potencial U_{B0} incluso al variar la temperatura
- la resistencia R_E opera como reacción negativa entre la malla de entrada y la malla de salida, es decir lleva a la entrada los efectos de la salida de manera que la entrada pueda manipular y por lo tanto compensar las variaciones indeseadas de la salida.

Las variaciones de la salida por el efecto térmico pueden estar sintetizadas así:

- a) un aumento de temperatura provoca un aumento de I_{CBO} que lleva a su vez a un aumento de I_C según la relación

$$I_C = \beta I_B + (1 + \beta) I_{CBO}$$

donde $\beta \cong h_{FE}$ es la ganancia estática de corriente.

El aumento de I_C provoca una caída mayor de tensión U_{E0} en la resistencia del emisor R_E . Desde el momento en que el partidor $R_1 - R_2$ mantiene constante el potencial de base, se obtiene una disminución de la tensión B - E porque:

$$U_{B0} = U_{E0} + U_{BE}$$

Como consecuencia disminuye la corriente I_B y la ganancia h_{FE} obtenida de la relación I_C/I_B , y lleva también a una disminución de I_C .

- b) Si suponemos que la variación térmica introduce una variación de h_{FE} , el partidor $R_1 - R_2$ y la resistencia R_E actuarán todavía como estabilizadores con los mismos efectos analizados en el punto anterior.
- c) Consideremos ahora la disminución del potencial U_{BE} causado por un aumento de temperatura.

De la ecuación de la malla de entrada

$$U_{B0} = U_{E0} + U_{BE}$$

desde el momento en que U_{B0} es mantenido como constante por el partidor $R_1 - R_2$, puede compensarse la disminución de U_{BE} sólo por un aumento de la corriente I_B y como consecuencia de I_C , visto que se considera invariable su relación. El aumento de I_C provoca un aumento de la caída de tensión en R_E que sube el potencial del emisor para poder compensar la disminución de U_{BE} .

Se puede concluir que para contener las variaciones de I_C al variar la temperatura, basta con dimensionar oportunamente la resistencia R_E .

Aplicemos ahora una señal alternativa en el amplificador. La resistencia R_E es recorrida por un componente alterno de corriente, que produce una tensión alterna en sus cabos que se opone a su vez a la tensión del generador aplicado. El efecto es la inducción del componente alterno de la corriente de base con una consecuente disminución de la amplificación.

La solución para la disminución de la amplificación se basa en introducir en paralelo a la R_E la capacidad C_E , para que la reactancia X_{CE} lleve a un valor de impedancia mucho menor que R_E (por ejemplo, para las bajas frecuencias se puede asumir $X_{CE} \cong (1/10) R_E$).

Después de que C_E haya creado un cortocircuito en R_E para las señales alternas, la tensión alterna en R_E disminuirá y no influirá en la amplificación.

Sin embargo la capacidad C_E no influye en la estabilización térmica porque los componentes continuos o lentamente variables en el tiempo que se deben a las variaciones de temperatura, pasan a través de R_E y son bloqueados por la capacidad C_E .

El esquema completo del amplificador con el circuito para la estabilización térmica es el siguiente

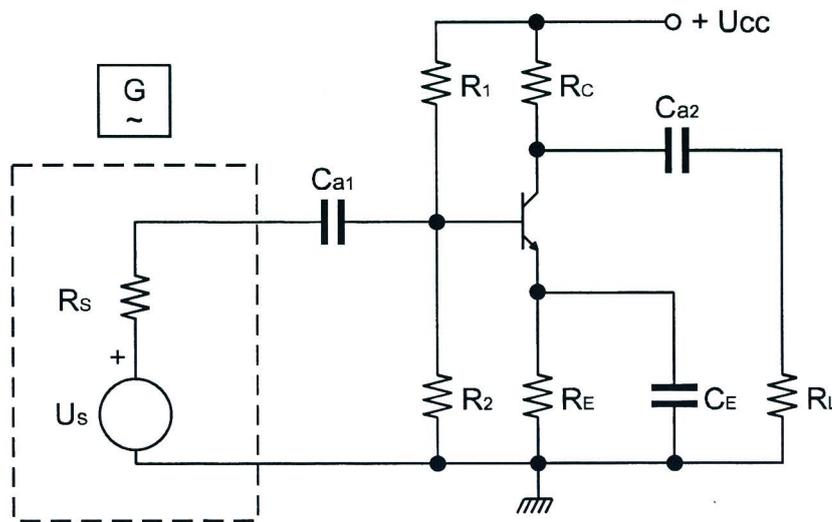


Fig. 14.3.2

RECTA DE CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA

A este punto, resulta claro decir que cuando se introduce una señal variable en el tiempo en una red de amplificación (cuyo elemento principal es un dispositivo polarizado en un determinado punto de trabajo Q), nos encontramos contemporáneamente de frente a componentes continuos causados por el circuito de polarización y a componentes variables causados por la señal. Por esta razón el estudio del amplificador está dividido en dos partes:

- estudio en régimen estático: interesan los componentes continuos y se considera el circuito de la Fig. 14.3.3

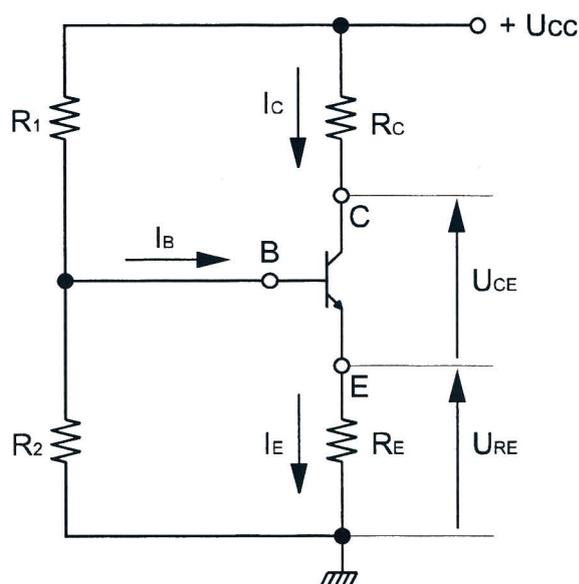


Fig. 14.3.3

Debemos notar que el circuito para el estudio en régimen estático coincide con el circuito de polarización, y por lo tanto está compuesto por elementos que son atravesados por los componentes continuos que intervienen en la determinación del punto de trabajo.

- estudio en régimen dinámico: interesan los componentes variables de la señal para amplificar, y el circuito que se debe considerar es el siguiente:

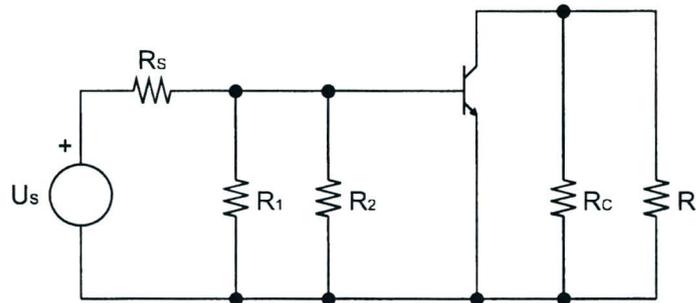


Fig. 14.3.4

El circuito está compuesto por los elementos que son atravesados por los componentes variables de la señal, y por los elementos que son atravesados por los componentes variables y los continuos.

Los condensadores de bobinado no aparecen desde el momento en que se consideran sólo los componentes de la señal.

El condensador de by-pass debe conectarse a tierra, suponiendo que haya un funcionamiento ideal del grupo $R_E - C_E$.

El borne de alimentación tiene un cortocircuito a tierra ya que el generador en continuo es un cortocircuito para los componentes variables de la señal.

Incluso podemos observar que:

$$R_B = \text{resistencia de base} = R_1 // R_2$$

$$R_P = R_C // R_L$$

Se sabe que el comportamiento de un componente no lineal como el BJT se representa gráficamente, trazando una recta de carga en las características de salida del componente: la intersección de la recta de carga con las características individua el punto de trabajo Q. Si se aplica este procedimiento al circuito estático y sucesivamente al dinámico se obtienen dos resultados diferentes.

Consideremos el circuito estático de la Fig. 14.3.3. La resistencia total de salida vale:

$$R_{TOT} = R_C + R_E.$$

Consideremos ahora el circuito dinámico de la Fig. 14.3.4. La resistencia total de salida vale

$$R'_{TOT} = R_p = R_C // R_L.$$

a) Realización de la recta de carga estática

Consideremos la ecuación de la malla de salida del circuito estático:

$$U_{CC} = U_{CE} + I_C (R_C + R_E)$$

donde no se tiene en cuenta I_B .

Representemos esta relación en un sistema de ejes con abscisa U_{CE} y ordenada I_C .

Por lo tanto se llega a:

$$I_C \cdot (R_C + R_E) = U_{CC} - U_{CE}$$

$$I_C = \frac{-U_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{U_{CC}}{R_C + R_E}$$

que es la propia expresión analítica de una recta $y = mx + q$, donde:

$$m = -\frac{1}{R_C + R_E}$$

$$q = \frac{U_{CC}}{R_C + R_E} = \text{intersección con el eje vertical}$$

Así pues el coeficiente angular es el recíproco de la R_{TOT} .

Por lo tanto sobre las características de salida se puede trazar la recta de carga estática que pasa por el punto de trabajo Q:

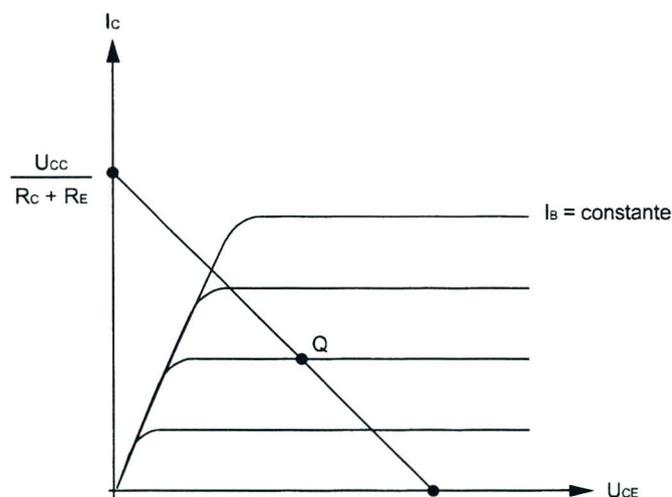


Fig. 14.3.5

b) Realización de la recta de carga dinámica

Teniendo el procedimiento anterior validez general, se puede decir que la recta de carga dinámica pasa por el punto de trabajo y tiene un coeficiente angular

$$m = \frac{1}{R_p}$$

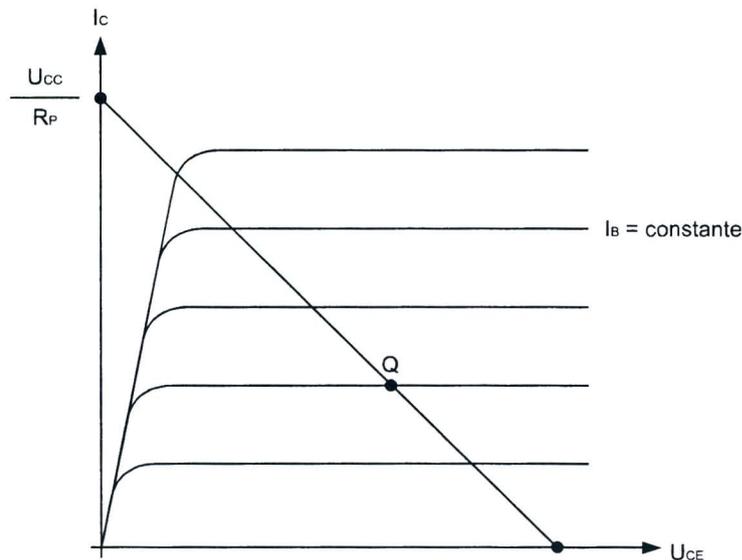


Fig. 14.3.6

La distinción entre recta de carga estática y recta de carga dinámica se basa en que cuando se aplica en la entrada del amplificador una señal alternativa, esta modifica la posición del punto de trabajo que se mueve en la recta de carga dinámica.

Si se tiene la agudeza de fijar el punto de trabajo en la parte central de la zona activa de las características y se prevé que las variaciones de la señal lo lleven al límite de la zona activa, también es necesario prever que el desplazamiento del punto de trabajo se realice a lo largo de la recta de carga dinámica.

Además debemos notar que desde el momento en que la recta de carga dinámica tenga siempre una inclinación mayor que la estática, permitirá una elongación más amplia que la señal, aunque el punto de trabajo se haya fijado más hacia la izquierda que hacia la parte central de la zona activa.

Por lo que concierne a la realización gráfica de la recta de carga dinámica, debemos considerar que estando compuesta la impedancia de la salida del circuito dinámico por el paralelo $R_c // R_L$, el punto de trabajo no puede moverse a lo largo de la recta de carga estática que ha sido trazada en base al valor de R_c .

La recta que es trazada en base al valor de $R_p = R_c // R_L$ siempre debe pasar por el punto Q. De hecho cuando la señal variable pasa por el valor cero, el amplificador se comporta como si sólo hubiera el componente continuo de corriente I_{C0} , y así de esta manera el punto de trabajo coincide con el de reposo.

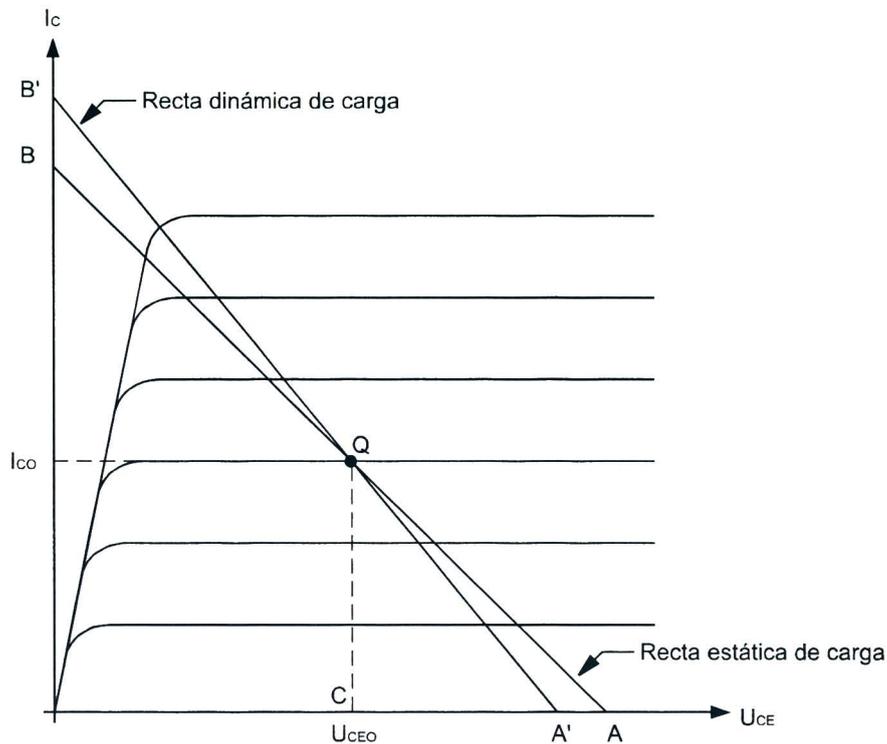


Fig. 14.3.7

Es necesario determinar el punto A' en el cual:

$$U'_A = U_{CE0} + R_p I_{C0}$$

De hecho el punto de trabajo de BJT coincide con A' cuando la variación de corriente alcanza el valor I_{C0} . Desde el momento en que en R_p se produce una caída de tensión $R_p I_{C0}$ (en el mismo instante), conlleva que el segmento C'A valga precisamente $R_p I_{C0}$.

LECCION 4

- Clasificación de los amplificadores de potencia - Amplificadores audio

❑ OBJETIVOS

Aprender:

- saber que existe una clasificación de los amplificadores en base a la potencia de la señal amplificada
- los criterios de esta clasificación

Saber hacer:

- explicar la definición de amplificador de señal y amplificador de potencia
- definir los tipos de funcionamiento de un amplificador de potencia
- exponer por escrito con la ayuda de gráficos la clasificación de los amplificadores de potencia
- reconocer a través de diagramas y formas de onda el tipo de funcionamiento de un amplificador de potencia

❑ REQUISITOS PREVIOS:

- lectura de las Lecciones 1, 2 y 3 de este Módulo

❑ CONTENIDO:

- preamplificador-estadio intermedio-estadio final
- amplificador de potencia de clase A
- amplificador de potencia de clase B
- amplificador de potencia de clase C

PREAMPLIFICADOR - ESTADIO INTERMEDIO - ESTADIO FINAL

En la teoría de la amplificación se distingue entre amplificadores de señal y amplificadores de potencia.

En los amplificadores de señal es amplificada una señal de tensión o corriente y también de potencia, aunque el dispositivo de uso tenga una absorción irrelevante.

En los amplificadores de potencia este dispositivo absorbe potencia por lo que la magnitud que interesa es la potencia asociada a la señal que se debe amplificar. Normalmente es necesario tener una extensión mínima de la señal de entrada que pocas veces es proporcionada por el generador. Por esta razón el amplificador de potencia es precedido por un amplificador de señal que aumenta de manera adecuada la amplitud.

Desde el momento en que la potencia es función de la tensión y de la corriente, y su valor es elevado hace que aumente también el valor de la tensión o de la corriente. Por lo tanto las variaciones del punto de trabajo Q interesan a una vasta zona de las características de salida, y esto nos presenta la hipótesis de linealidad de funcionamiento del elemento bipolar. Esto conlleva a que el estudio del amplificador no pueda ser conducido de la manera vista hasta ahora en base al análisis del circuito equivalente, aunque sí que es conducido por vía gráfica basándose en las características efectivas del BJT en examen.

El hecho de que el campo de las características no sea más linear determina una distorsión de la extensión de la señal. De hecho si la señal de entrada es alternativa, no lo es la de salida cuya forma resulta deformada.

Consideremos ahora un amplificador genérico de potencia introducido en una cadena de amplificación:

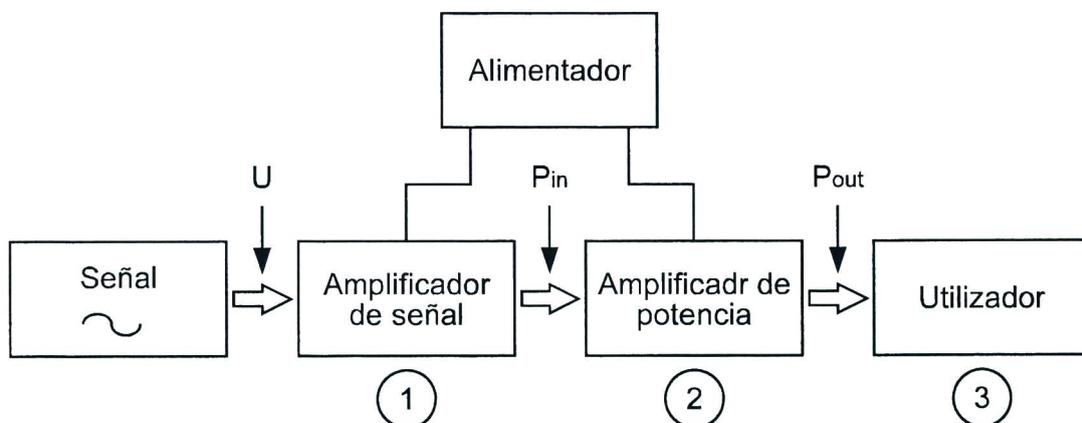


Fig. 14.4.1

La cadena presenta tres elementos muy distintos:

- 1 el preamplificador (también denominado estadio piloto o driver) que proporciona la extensión adecuada a la señal para amplificar en potencia.
- 2 el estadio intermedio donde se produce la amplificación de potencia
- 3 el estadio final cuya señal de mando debe tener una potencia elevada.

El estadio de preamplificación tiene las siguientes características:

- baja tensión de entrada (de algún mV)
- alta impedancia de entrada
- poco ruido (es el primer estadio de la cadena de amplificación y debe por lo tanto introducir una perturbación mínima)
- baja distorsión. Si el driver introduce distorsiones, son amplificadas en el estadio sucesivo.

Sin embargo los parámetros característicos del amplificador de potencia son los siguientes:

- rendimiento; es la relación entre la potencia que el amplificador cede a la carga y la potencia que le llega de la alimentación, y de la señal de mando

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

en el caso ideal, la potencia que sale es igual a la que entra pero en práctica $P_{out} < P_{in}$ por lo que

$$h < 1$$

La diferencia entre las dos potencias es la potencia disipada en el interior del amplificador en forma de calor. Ya se ha visto que un aumento de temperatura modifica el funcionamiento de los elementos no lineares como el BJT, empeorando así la calidad de trabajo.

- máxima transferencia de potencia; se entiende la cantidad de potencia transferida en la carga para minimizar las pérdidas. Por lo tanto se debe actuar para tener en la salida del amplificador de potencia una impedancia muy baja que sea irrelevante con respecto a la carga R_L .

Los amplificadores de potencia se subdividen en clases de funcionamiento en base a la polarización y a las condiciones de trabajo de los componentes activos, que constituyen el amplificador mismo, y también en base a la metodología con que se obtiene la amplificación de la potencia.

Ya se sabe que la amplificación depende del desplazamiento del punto de trabajo a lo largo de la recta de la carga dinámica. Por lo tanto se tiene una circulación de corriente de señal en la malla de salida del amplificador que depende de la posición del punto de trabajo.

La clase de funcionamiento está definida por la polarización del componente activo y por la circulación de corriente alternativa en la carga.

Las clases de funcionamiento son:

- clase A
- clase B
- clase C.

AMPLIFICADORES DE POTENCIA DE CLASE A

En esta clase el componente BJT está polarizado en la zona activa de las características y la corriente de salida circula por todo el período de la señal de entrada. Todos los amplificadores para señales débiles analizadas anteriormente son de clase A. Además esta clase aprovechándose de la zona lineal de las características, presenta una distorsión mínima pero también valores bajos de rendimiento por lo que la mayor parte de la potencia suministrada es disipada en el componente activo. Gráficamente la trayectoria en el tiempo de la señal de entrada y la de salida es

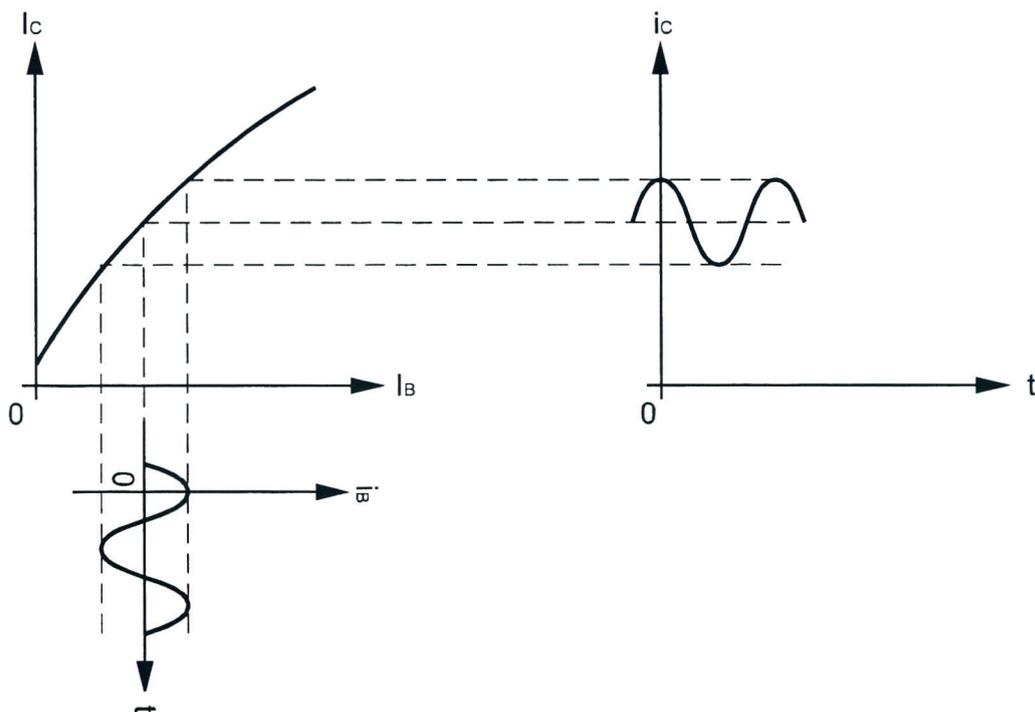


Fig. 14.4.2

Los amplificadores de clase A son usados normalmente para la amplificación de señales en el campo de frecuencias acústicas y generalmente son de baja frecuencia. Por ejemplo la carga es un altavoz que absorbe potencias de algún Watt.

Un ejemplo es el amplificador con conexión a push-pull (o en contrafase)

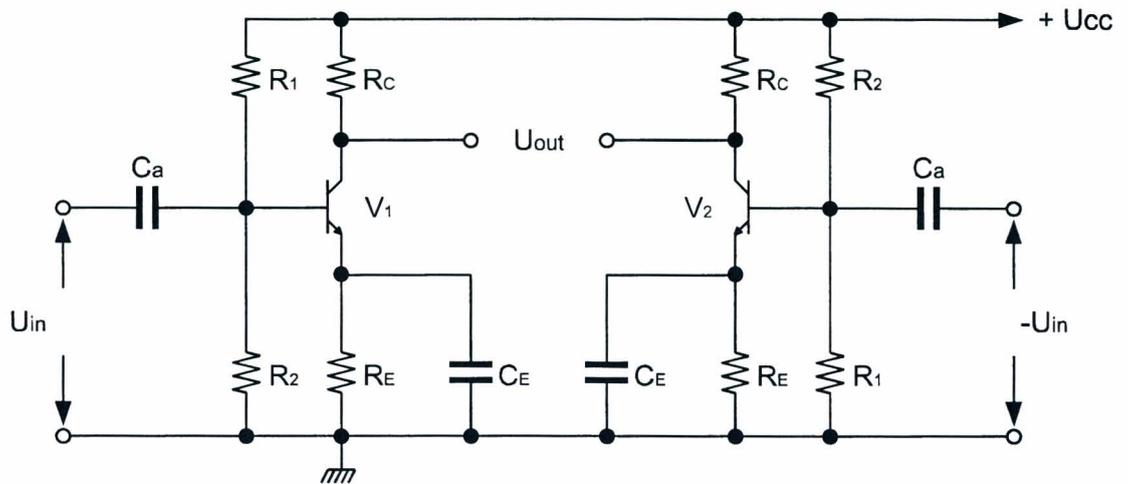


Fig. 14.4.3

Esta conexión consiste en conectar dos amplificadores iguales, alimentados por la misma batería U_{cc} . En cada entrada se mandan señales iguales con fase opuesta y se obtiene la señal amplificada entre los bornes de salida de los dos amplificadores.

En el conmutador del transistor V_2 se obtiene una señal amplificada con la misma extensión de la señal del conmutador del transistor V_1 . La señal de salida U_{out} es determinada por la diferencia entre los potenciales de los dos conmutadores:

$$U_{out} = U_{CE1} - U_{CE2} = -AU_{in} - AU_{in} = -2AU_{in}$$

donde A es la amplificación de cada amplificador.

Así pues se ve que la señal de salida tiene el doble de extensión que se tendría con un sólo amplificador.

AMPLIFICADORES DE POTENCIA DE CLASE B

En esta clase el componente activo es polarizado en la interdicción para que la corriente de salida circule sólo por medio período de la señal. De hecho si la señal de entrada es alternativa, en la malla de salida circulará corriente para los valores de la señal que lleven el componente hacia la saturación, mientras no se tiene circulación de corriente para los valores que lo llevan hacia la interdicción.

La clase B da distorsiones muy fuertes pero lleva a valores más altos que el rendimiento. Gráficamente el funcionamiento es el siguiente

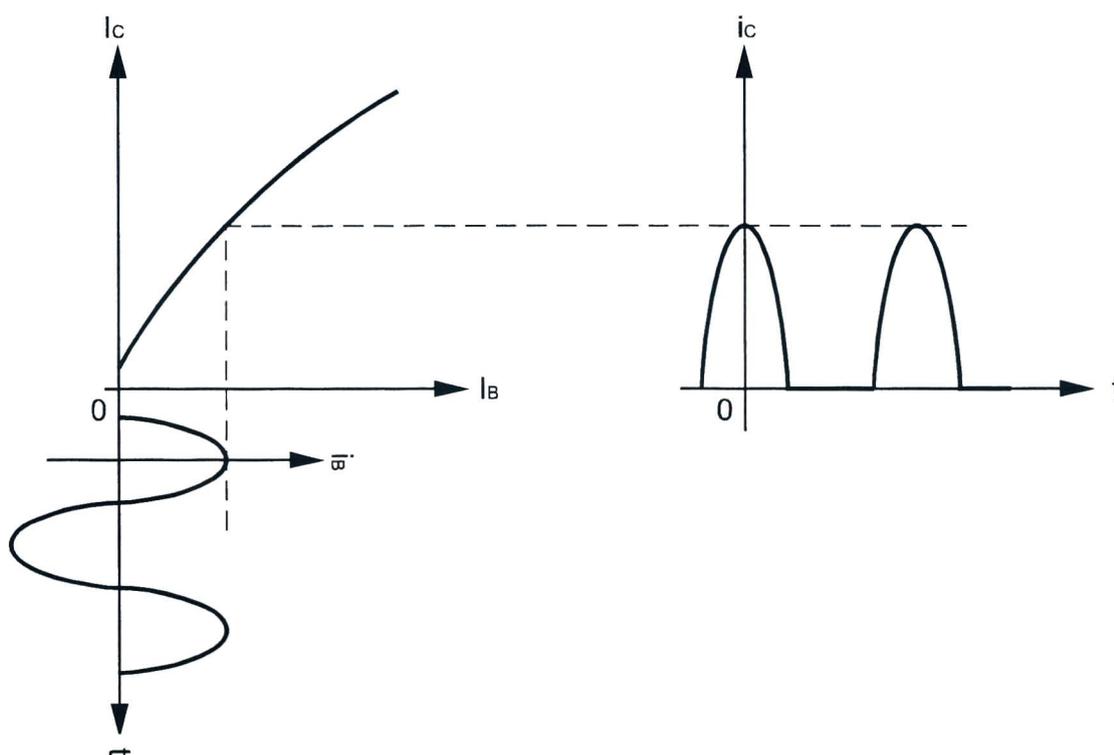


Fig. 14.4.4

Desde el momento en que en la clase B el componente va por una sólo semionda de la señal de entrada, es necesario usar al menos dos BJT (uno de los cuales actúa en una de las semiondas) para amplificar la señal entera.

La solución es el amplificador de simetría complementaria que puede esquematizarse así

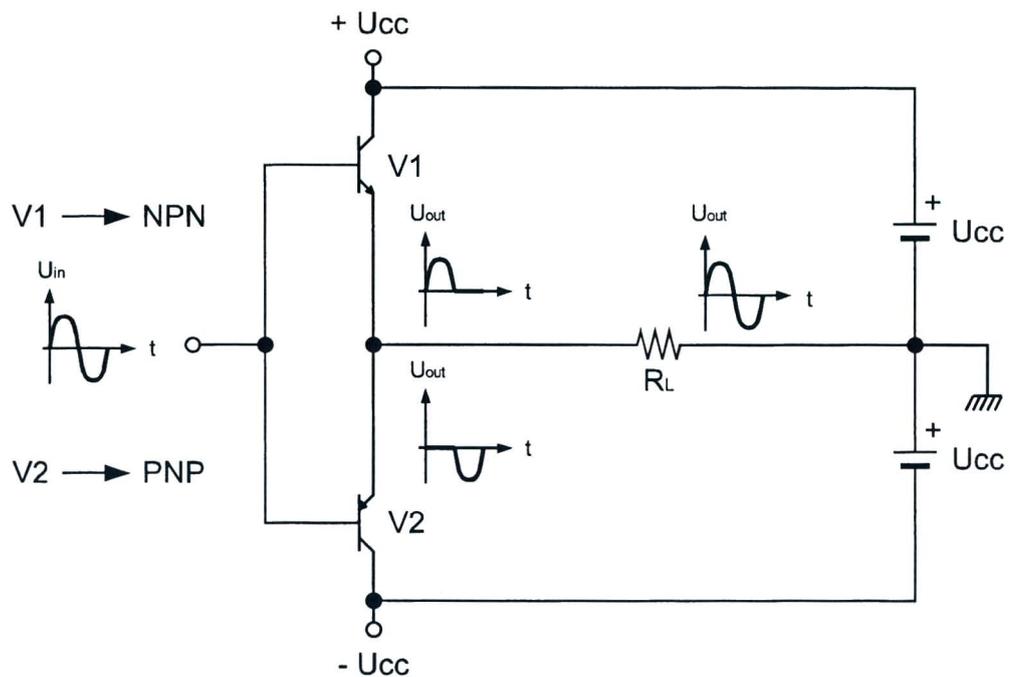


Fig. 14.4.5

donde V_1 y V_2 , siendo respectivamente NPN y PNP, son complementarios.

Se aplica la misma señal en las bases de los transistores V_1 y V_2 . En la clase B, V_1 conduce a la semionda positiva de la señal mientras que V_2 conduce a la semionda negativa. En la carga R_L , que es común a los dos emisores se registra la señal completa, porque R_L es recorrida por la corriente de la señal procedente de V_1 durante las semiondas positivas y por la corriente de señal procedente de V_2 durante las semiondas negativas.

El esquema de simetría complementario se aprovecha de una doble alimentación, aunque es una solución costosa y alguna vez difícil de realizar.

Si se opera en el campo de los amplificadores audio se pueden introducir capacidades oportunas para usar una única alimentación:

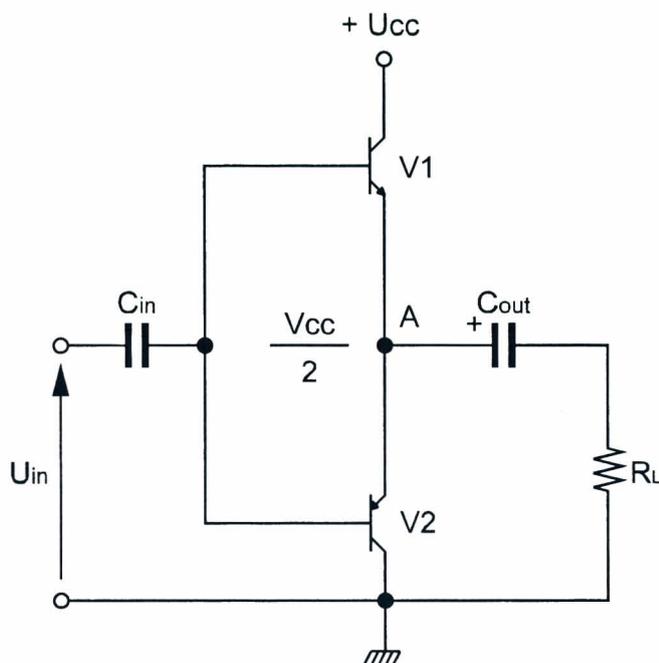


Fig. 14.4.6

Mientras que la semionda positiva conduce V₁, la corriente de señal recorre R_L a través de la capacidad C_{out} que está cargada en el potencial $U_{CC}/2$.

Cuando la semionda negativa conduce V₂, la corriente necesaria para el funcionamiento de V₂ no puede llegar de la alimentación ya que V₁ está en interdicción, pero es proporcionada por la carga acumulada en C_{out}. Debemos notar que el punto A está en el potencial intermedio entre la alimentación y la masa.

En los amplificadores audio el condensador C_{out} es particularmente importante porque bloquea cualquier componente continuo, que podría llegar a la carga sin la señal en el caso de un funcionamiento equivocado de un BJT (recordemos que si la carga es un altavoz, la circulación de la corriente continua daña la linealidad del funcionamiento).

AMPLIFICADORES DE POTENCIA DE CLASE C

En esta clase el elemento activo es polarizado después de la interdicción, y por lo tanto la corriente circula menos de medio período. De hecho en la malla de salida se tiene una circulación de la corriente sólo para valores más altos de la señal que llevan al componente hacia la saturación.

La clase C crea mucha distorsión pero un rendimiento más alto del 80% y tiene aplicación en el campo de las altas frecuencias.

Gráficamente se tiene:

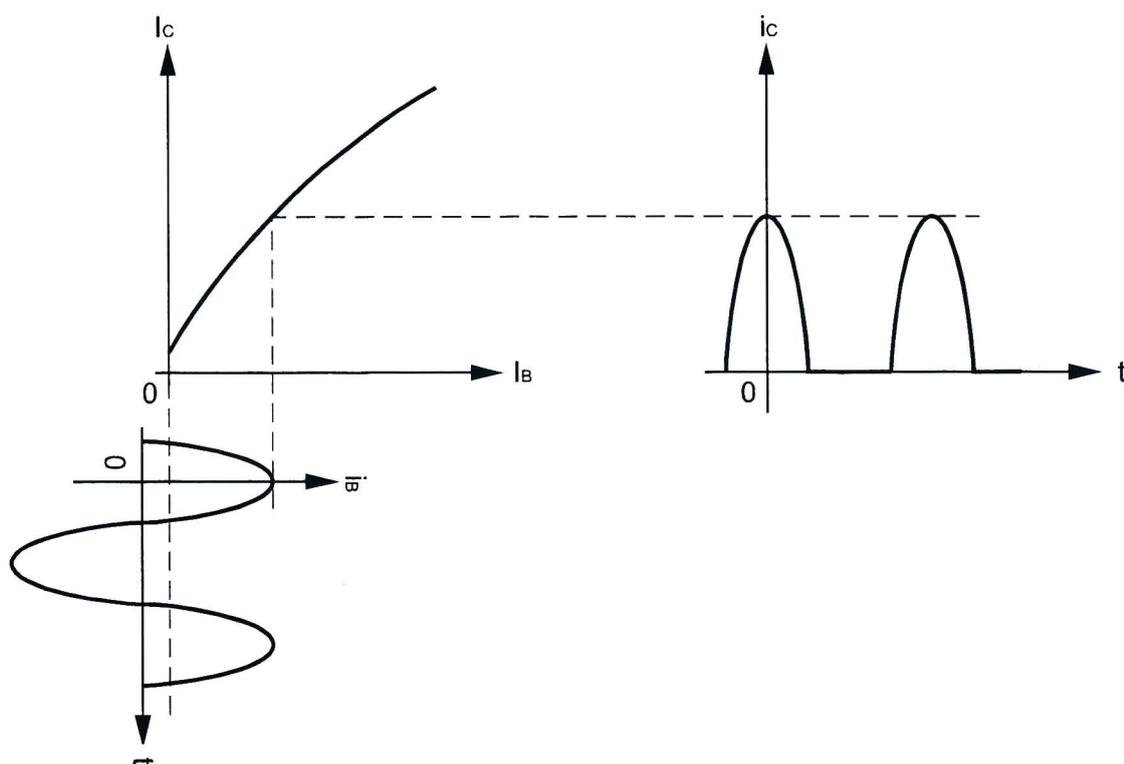


Fig. 14.4.7

El campo de aplicación de los amplificadores de clase C es principalmente el campo de las telecomunicaciones: las señales radio para ser transmitidas mediante antenas deben tener una frecuencia alta (de cientos de kHz a cientos de MHz), y deben tener asociada a una cierta potencia que depende del radio de acción del transmisor.

El esquema de funcionamiento de un amplificador de clase C es el siguiente (amplificador acordado LC):

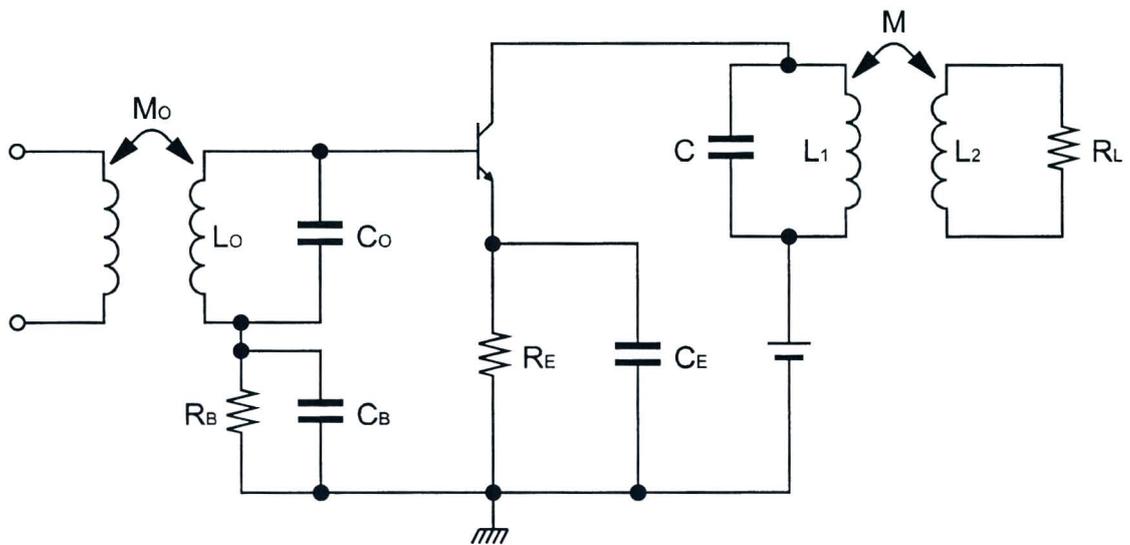


Fig. 14.4.8

Se supone que el circuito resonante acoplado a la carga esté acordado en la frecuencia f_r de la señal de entrada para presentar una impedancia elevada en la frecuencia f_r , y una impedancia muy pequeña para las frecuencias múltiples.

La consecuencia es que el componente de corriente en la frecuencia de acuerdo f_r da a los cabos del circuito resonante, una tensión alternativa.

APENDICE

Preguntas de Verificación

Respuestas correctas a las preguntas de verificación

Respuestas a la simulación de averías

Respuestas correctas a la simulación de averías

PREGUNTAS DE CONTROL**UNIDAD 1**

A) La amplificación de tensión es determinada por:

- 1) U_o/U_i
- 2) U_i/U_o
- 3) $U_i * U_o$

B) La amplificación de corriente A_i es determinada por:

- 1) I_i/I_o
- 2) I_o/I_i
- 3) $I_o * I_i$

C) La amplificación de potencia A_p es determinada por:

- 1) A_v/A_i
- 2) P_o/P_i
- 3) P_i/P_o

D) La amplificación $A_p = 100$ expresada en dB es igual a:

- 1) 2dB
- 2) 20dB
- 3) 40dB

UNIDAD 2

A) En la configuración con conmutador común la señal de entrada es aplicada entre:

- 1) B-GND
- 2) E-GND
- 3) B-E

B) La señal de salida de un amplificador con conmutador común está desfasado con respecto a la señal de entrada de:

- 1) 0°
- 2) 45°
- 3) 90°
- 4) 180°

C) La ganancia de tensión A_v de un amplificador con conmutador común es siempre:

- 1) $A_v > 1$
- 2) $A_v < 1$

UNIDAD 3

A) La ganancia A_i de un amplificador con base común es siempre:

- 1) $A_i > 1$
- 2) $A_i < 1$

B) La señal de salida de un amplificador con base común resulta estar desfasada con respecto a la de la entrada de:

- 1) 0°
- 2) 45°
- 3) 90°
- 4) 180°

C) La impedancia de entrada de un amplificador con base común es:

- 1) Muy baja
- 2) Alta
- 3) Muy alta

UNIDAD 4

A) La distorsión de la señal de salida es denominada:

- 1) Armónica
- 2) Amplitud
- 3) Crossover

B) El rendimiento teórico máximo de conversión del amplificador de clase B es igual a:

- 1) 25%
- 2) 78,5%
- 3) 100%

C) La eliminación de la distorsión de crossover puede obtenerse:

- 1) Añadiendo dos diodos de compensación
- 2) Aumentando la tensión de alimentación
- 3) Modificando los valores de R1 y R4

UNIDAD 5

A) La distorsión de crossover es típica de un amplificador en:

- 1) Clase A
- 2) Clase B
- 3) Clase C

B) El rendimiento teórico máximo de conversión del amplificador de clase C es igual a:

- 1) 25%
- 2) 78,5%
- 3) 100%

C) Si se dobla el valor de L1 la frecuencia de resonancia:

- 1) Aumenta
- 2) Disminuye
- 3) No cambia

RESPUESTAS EXACTAS A LAS PREGUNTAS DE CONTROL

| UNIDAD | PREGUNTA | RESPUESTA |
|---------------|-----------------|------------------|
| 1 | A | 1 |
| 1 | B | 2 |
| 1 | C | 2 |
| 1 | D | 3 |
| 2 | A | 1 |
| 2 | B | 1 |
| 2 | C | 2 |
| 3 | A | 2 |
| 3 | B | 1 |
| 3 | C | 1 |
| 4 | A | 3 |
| 4 | B | 2 |
| 4 | C | 1 |
| 5 | A | 2 |
| 5 | B | 3 |
| 5 | C | 2 |

RESPUESTAS A LA SIMULACIÓN DE AVERÍAS**UNIDAD 1**

- 1) C2 avería
- 2) R4 defectuosa (con pérdida)
- 3) R2 con cortocircuito
- 4) R3 interrumpida
- 5) R5 defectuosa (con pérdida)

UNIDAD 2

- 1) Base de V1 interrumpida
- 2) C1 defectuoso
- 3) R2 con cortocircuito
- 4) Conmutador de V1 interrumpido
- 5) Circuito sin alimentar

UNIDAD 3

- 1) R1 con cortocircuito
- 2) Circuito sin alimentar
- 3) Conmutador de V1 conectado a tierra
- 4) R3 con cortocircuito

UNIDAD 4

- 1) Emisor de V1 interrumpido
- 2) C1 defectuoso
- 3) R2 con cortocircuito
- 4) C2 con cortocircuito
- 5) Circuito sin alimentar

UNIDAD 5

- 1) L1 defectuoso (con pérdida)
- 2) Circuito sin alimentar
- 3) R1 interrumpida
- 4) R2 con cortocircuito

RESPUESTAS EXACTAS A LA SIMULACIÓN DE AVERÍAS

| UNIDAD | RESPUESTA |
|---------------|------------------|
| 1 | 4 |
| 2 | 4 |
| 3 | 5 |
| 4 | 1 |
| 5 | 4 |

BIBLIOGRAFÍA

- Millman: **Circuiti e sistemi microelettronici**
Boronghieri
- E. Cuniberti, L. De Lucchi,
B. De Stefano: **Elettronica**
Petrini
- T.L. Floyd: **Corso di elettronica**
Jackson
- G. Ricciarelli: **Elettronica e laboratorio**
Cupido, Potenza Picena, 1991

Rozzano, li 10/07/1999

© 1998 - 1999 DE LORENZO SRL - Printed in Italy - All right reserved

DE LORENZO SRL

V.le Romagna, 20 - 20089 Rozzano (MI) Italy

Tel. ++39 02 8254551 - Telefax ++39 02 8255181

E-mail: delorenzo@delorenzo.it

de.lorenzo@galactica.it

DE LORENZO

Viale Romagna, 20 - 20089 Rozzano (MI) Italy • Tel. +39 02 8254551 - Fax +39 02 8255181
E-mail: delorenzo@delorenzo.it

www.delorenzogroup.com