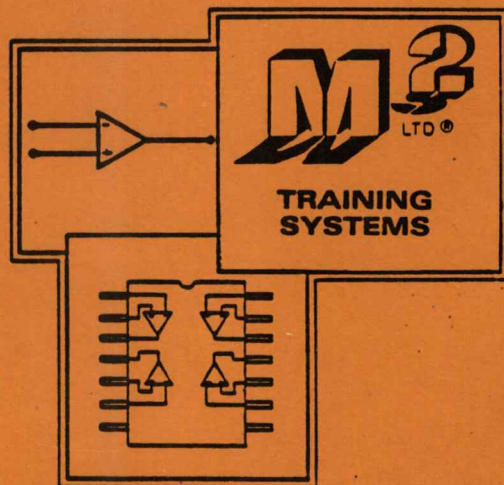


# INSTRUMENTACION Y CONTROL

AMPLIFICADORES  
TRANSISTORIZADOS  
Cuaderno del Estudiante



# **I**NSTRUMENTACION **Y** **C**ONTROL

**C**uaderno del **E**studiante

**AMPLIFICADORES  
TRANSISTORIZADOS**

**Pertenece a:** \_\_\_\_\_

**Instructor:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_



Derechos Reservados por M<sup>2</sup>LTD.  
y NUS Training Corporation

Se prohíbe terminantemente la copia,  
duplicación o transmisión de esta  
publicación en parte o en su totalidad  
sin obtener autorización escrita de  
M<sup>2</sup> LTD. y NUS Training Corporation.

Impreso en la Empresa Editorial  
Universidad Nacional de Colombia  
Abril 1990

## INDICE

<u>Segmento No.</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
1	<b>Fundamentos de Amplificadores</b> .....	1-2
	1. Estructura del Amplificador .....	1-3
	2. Curvas Características de los Transistores .....	1-8
	3. Amplificación .....	1-11
	Repaso del Segmento .....	1-19
2	<b>Circuito de Emisor Común</b> .....	2-1
	1. Punto de Funcionamiento y Linealidad .....	2-3
	2. Componentes Agregados al Circuito de Emisor Común .....	2-6
	3. Amplificación .....	2-10
	Repaso del Segmento .....	2-14
3	<b>Circuito del Colector Común</b> .....	3-1
	1. Los Componentes y la Polarización de un Circuito de Colector Común .....	3-2
	2. Amplificación .....	3-4
	Repaso del Segmento .....	3-7
4	<b>Circuito de Base Común</b> .....	4-1
	1. Componentes y Polarización de un Circuito de Base Común .....	4-2
	2. Amplificadores .....	4-4
	Repaso del Segmento .....	4-7
5	<b>Amplificadores de Etapas Múltiples</b> .....	5-1
	1. Acoplamiento .....	5-3
	2. Amplificación .....	5-7
	3. Repaso del Segmento .....	5-16

# INDICE (conclusión)

<u>Segmento No.</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
6	<b>Investigación de Amplificadores .....</b>	6-1
	1. Pruebas Iniciales en la unidad .....	6-2
	2. Inspección Visual .....	6-3
	3. Pruebas de la Señal en Componentes	
	Específicos .....	6-4
	Repaso del Segmento .....	6-6
	<b>GLOSARIO .....</b>	G-1
	<b>APENDICE .....</b>	A-1

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<u>Figura</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
1-1	Circuito amplificador transistorizado .....	1-3
1-2	Transistor correctamente polarizado en un circuito amplificador .....	1-4
1-3	Caminos de la corriente en un circuito amplificador transistorizado .....	1-6
1-4	Distribución de la corriente a través del transistor .....	1-7
1-5	Curva característica del colector .....	1-8
1-6	Curva característica de transferencia .....	1-10
1-7	Circuito amplificador transistorizado en estado de reposo .....	1-11
1-8	Señal de entrada en el máximo valor positivo y señal de salida en el máximo valor negativo .....	1-12
1-9	Señal de entrada y señal de salida que regresan a sus valores de estado de reposo .....	1-13
1-10	Señal de entrada en el máximo valor negativo y señal de salida en el máximo valor positivo .....	1-14
1-11	Un ciclo completo .....	1-14
1-12	Curva característica de transferencia - Ganancia de corriente .....	1-16
2-1	Circuito de emisor común .....	2-2
2-2	Curva característica del colector .....	2-3
2-3	Curva característica de transferencia que muestra la relación lineal entre $I_B$ e $I_C$ .....	2-4
2-4	Curva característica en la que se comparan los puntos de funcionamiento de las partes no lineal y lineal de la curva .....	2-5

LISTA DE ILUSTRACIONES (continuación)

<u>Figura</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
2-5	Componentes agregados al circuito de emisor común .....	2-6
2-6	Circuitos de emisor común con valores de polarización .....	2-8
2-7	Circuito de emisor común mostrando la entrada y la salida .....	2-10
2-8	Ondas sinusoidales del voltaje de entrada y salida de un circuito de emisor común .....	2-12
2-9	Curva característica de transferencia en la que se muestra la ganancia de corriente en un circuito de emisor común .....	2-13
3-1	Circuito de colector común .....	3-2
3-2	Caminos de la corriente a través de un circuito de colector común .....	3-3
3-3	Ondas sinusoidales del voltaje de entrada y salida del circuito de colector común .....	3-4
4-1	Circuito de base común .....	4-1
4-2	Caminos de la corriente en un circuito de base común .....	4-3
4-3	Ondas sinusoidales del voltaje de entrada y salida en un circuito de base común .....	4-5
4-4	Curva característica de transferencia para un circuito de base común .....	4-6
5-1	Acoplamiento por capacitancia .....	5-4
5-2	Acoplamiento por transformador .....	5-5
5-3	Acoplamiento directo .....	5-6
5-4	Amplificador de etapas múltiples y diagrama esquemático .....	5-8
5-5	Onda sinusoidal de voltaje en el terminal de entrada .....	5-9
5-6	Onda sinusoidal de voltaje en la entrada de la primera etapa .....	5-10

## LISTA DE ILUSTRACIONES (conclusión)

<u>Figura</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
5-7	Onda sinusoidal de voltaje en la salida de la primera etapa .....	5-11
5-8	Onda sinusoidal de voltaje en la entrada de la segunda etapa .....	5-12
5-9	Onda sinusoidal de voltaje en la salida de la segunda etapa .....	5-13
5-10	Onda sinusoidal de voltaje en el terminal de salida .....	5-14
6-1	Diagrama en bloque de un amplificador típico de etapas múltiples .....	6-2
6-2	Tarjetas de circuito dañadas .....	6-3
6-3	Amplificador de dos etapas y diagrama esquemático .....	6-4
A-1	Curva característica de transferencia - operación clase A .....	A-2
A-2	Señal de entrada aumentada .....	A-2
A-3	Curva característica de transferencia - operación clase B .....	A-4
A-4	Curva característica de transferencia - operación clase C .....	A-5
A-5	Curva característica de transferencia - operación clase AB .....	A-6



**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**  
**AMPLIFICADORES TRANSISTORIZADOS**

**PROLOGO**

Los circuitos amplificadores transistorizados son una combinación de resistores, condensadores y transistores que reciben una señal eléctrica en su entrada y distribuyen una versión aumentada y sin distorsión de esa señal en su salida. El circuito amplificador transistorizado es uno de los circuitos electrónicos más comunes en los sistemas de instrumentación y control. Las plantas industriales emplean diferentes configuraciones de amplificadores transistorizados para fines específicos, porque cada configuración proporciona diferentes características de amplificación. Generalmente, los técnicos de electrónica tienen la responsabilidad de instalar, cambiar e investigar los circuitos amplificadores.

En esta unidad de capacitación se examinan en detalle tres de las configuraciones más comunes de amplificadores transistorizados. Estas son: circuito de emisor común, circuito de colector común, y circuito de base común.

Los amplificadores transistorizados también se clasifican como clase A, clase B, clase C, o clase AB, según la relación entre la señal de entrada aplicada y la señal de salida que se obtiene. Esta unidad de capacitación se concentra en los amplificadores que funcionan bajo las especificaciones de clase A, en la cual las señales de salida tienen una relación proporcional a las señales de entrada. El apéndice A de este texto incluye información sobre las características de los amplificadores de clase B, clase C, y clase AB.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5**

**SEGMENTO 1 - FUNDAMENTOS DE AMPLIFICADORES**

**OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO**

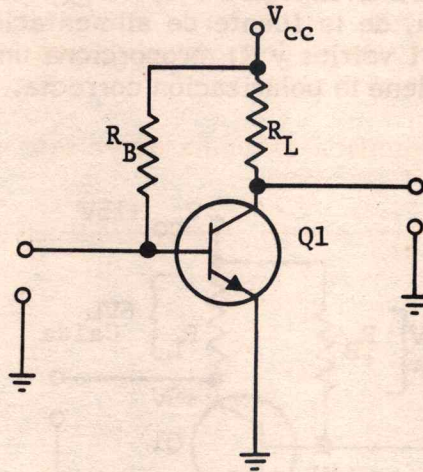
- Identificar los componentes principales de la mayoría de los circuitos amplificadores transistorizados.
- Explicar cómo se polariza un transistor en un circuito amplificador transistorizado.
- Describir las trayectorias de la corriente y distribución de la corriente a través de un circuito amplificador transistorizado.
- Definir "estado de reposo."
- Definir "punto de funcionamiento."
- Describir el proceso de amplificación en un circuito amplificador transistorizado.
- Explicar lo que significa ganancia de voltaje, de corriente y de energía.

**(VEA EL SEGMENTO 1 DE LA VIDEOCINTA)**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**

**1. Estructura del Amplificador**

Aunque los amplificadores transistorizados adoptan diversas configuraciones, la mayoría de los circuitos amplificadores están similarmente contruidos y funcionan bajo los mismos fundamentos. La figura 1-1 es una representación esquemática de un circuito amplificador transistorizado común. El circuito consta de tres componentes principales: un transistor NPN (Q1), un resistor ( $R_B$ ), el cual determina el potencial de polarización para la base de Q1, y un resistor o resistencia de carga del colector ( $R_L$ ), que establece el potencial de polarización del colector y desarrolla la señal de salida. El circuito recibe su potencial de una fuente de alimentación que no aparece en el dibujo. Las letras  $V_{CC}$  representan el potencial positivo para el circuito. El potencial positivo se aplica al colector de Q1 a través de  $R_L$ . El potencial negativo de la fuente de alimentación se aplica al emisor de Q1 a través de tierra (conexión que es común a todo circuito).



**Figura 1-1. Circuito amplificador transistorizado**

**NOTAS**

---

---

---

---

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO UNIDAD 5 - SEGMENTO 1

### Polarización de los Transistores en un Circuito Amplificador Transistorizado

Para que el amplificador pueda desempeñar su función, tiene que disponerse de un flujo de corriente por el circuito. El establecimiento de este flujo a través del circuito amplificador es la primera etapa del proceso de amplificación. Esto se logra mediante la adecuada polarización del transistor en el circuito. Cuando el transistor tiene la polarización apropiada, la unión del emisor base tiene polarización directa y la unión de colector base tiene polarización inversa - a un potencial próximo a su voltaje de irrupción (el valor del potencial requerido para superar la región de agotamiento de polarización inversa, lo cual permite el flujo de corriente a través de la unión de colector base).

En los circuitos amplificadores transistorizados, la polarización correcta del transistor está determinada por los valores de las resistencias. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 1-2, si  $V_{CC}$  recibe 15 voltios positivos (con respecto a tierra, de la fuente de alimentación,  $R_B$  proporciona una caída de voltaje de 11 voltios y  $R_L$  proporciona una caída de voltaje de 6 voltios, entonces Q1 tiene la polarización correcta.

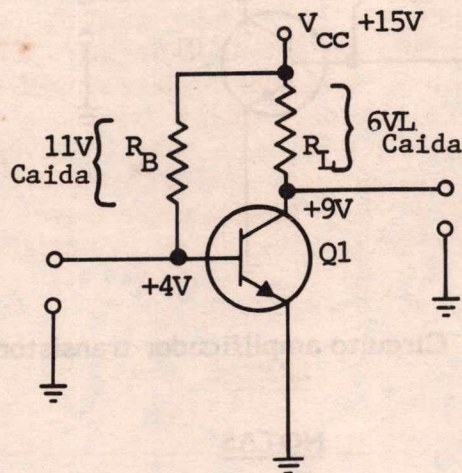


Figure 1-2. Transistor correctamente polarizado en un circuito amplificador

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**

Como el circuito amplificador que se muestra en la figura 1-2 es un circuito en paralelo, la caída de voltaje en cada ramal del circuito tiene que ser igual al voltaje de la fuente (15 voltios). Por lo tanto, la unión del emisor base proporciona una caída de voltaje de 4 voltios (porque  $R_B$  baja 11 voltios), y las uniones de emisor-base-colector juntas proporcionan una caída de voltaje de 9 voltios (porque  $R_L$  baja 6 voltios). Esto es así porque 4 voltios positivos se aplican a la base, con respecto al potencial negativo aplicado al emisor, y la unión de emisor base tiene polarización directa.

El colector está a 9 voltios positivos, o 5 voltios positivos en relación a la base (a +4 voltios). De modo, que la unión de colector base tiene polarización inversa. El potencial positivo aplicado al colector (9 voltios) es relativamente grande con respecto al potencial negativo aplicado al emisor. Este cantidad, aplicada al colector, aproxima a éste a su voltaje de irrupción, lo cual es un elemento clave para el establecimiento del flujo de corriente a través del circuito.

Caminos de la Corriente y Distribución de la Corriente en un Circuito Amplificador Transistorizado

Cuando el transistor en un circuito amplificador transistorizado tiene la polarización correcta, como se muestra en la figura 1-2, la corriente continua circula a través del circuito por dos caminos (la corriente es continua porque resulta de un voltaje aplicado de corriente continua.) Como la corriente circula del potencial negativo al potencial positivo, los caminos de la corriente a través del circuito amplificador, según se aprecia en la figura 1-3, son (1) desde tierra, a través del emisor, a través de la unión de emisor base, a través de la base, a través de  $R_B$ , y hasta  $V_{CC}$  (flechas punteadas); y (2) desde tierra, a través del emisor, a través de la unión de emisor base, a través de la base, a través de la unión de colector base, a través del colector, a través del  $R_L$ , y hasta  $V_{CC}$  (flechas sólidas).

NOTAS

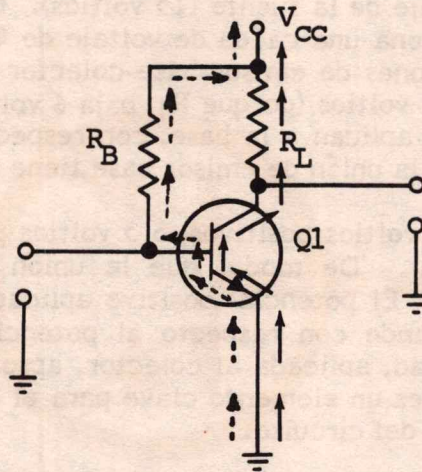
---

---

---

---

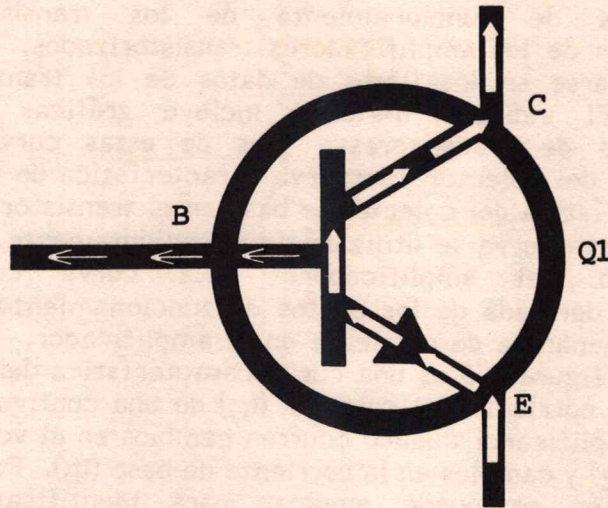
**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**



**Figura 1-3. Caminos de la corriente en un circuito amplificador transistorizado**

Como se muestra en la figura 1-4, la mayor parte de la corriente circula a través de Q1 desde el emisor por el colector; solamente una pequeña parte de la corriente circula del emisor a través de la base. La corriente se establece y distribuye de esta forma a través del transistor debido al potencial positivo relativamente grande que se aplica al colector. Como la unión del emisor base tiene polarización directa, la corriente circula con facilidad desde el emisor a la base. El potencial positivo grande que se aplica al colector atrae la mayor parte de los electrones que circulan a la base. Esta corriente hace abrir la unión del colector base, lo cual permite que la corriente fluya a través del colector. La mayor parte de la corriente circula del emisor a través del colector, y solo una pequeña porción de corriente circula a través de la base.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**



**Figura 1-4. Distribución de la corriente a través del transistor**

Cuando el transistor se polariza de la manera descrita anteriormente, se dice que está en "estado de reposo." El término "estado de reposo" se refiere a las condiciones existentes en un circuito amplificador transistorizado cuando tiene la debida polarización y está conduciendo. Los valores de los potenciales de polarización aplicados al transistor determinan en este momento el "punto de funcionamiento" del circuito. El término "punto de funcionamiento" corresponde al valor de la salida de un circuito amplificador transistorizado cuando no tiene una señal aplicada: En el ejemplo, el valor es de 9 voltios.

**NOTAS**

---

---

---

---

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5 - SEGMENTO 1

#### 2. Curvas Características de los Transistores

Los fabricantes de transistores proporcionan información referente a las características de funcionamiento de los transistores y a las configuraciones de los amplificadores transistorizados. Esta información puede encontrarse en los libros de datos de los transistores y en los manuales. El indicado material incluye gráficas llamadas curvas características de transistores. Dos de estas curvas son la curva característica del colector y la curva característica de transferencia. La curva característica del colector se basa en el transistor que se emplea en el circuito. Esta curva se utilizará aquí conjuntamente con los puntos de funcionamiento del amplificador. La curva característica de transferencia, derivada de los puntos de funcionamiento, se emplea para relacionar la ganancia de corriente en el amplificador. El ejemplo que se muestra en la figura 1-5 es una curva característica del colector. Ilustra cómo varía la corriente del colector ( $I_C$ ) de una configuración específica de circuito amplificador cuando ocurren cambios en el voltaje del colector al emisor ( $V_{CE}$ ) y cambios en la corriente de base ( $I_B$ ). Por consiguiente, la gráfica también se puede emplear para identificar los puntos de funcionamiento del transistor bajo condiciones específicas.

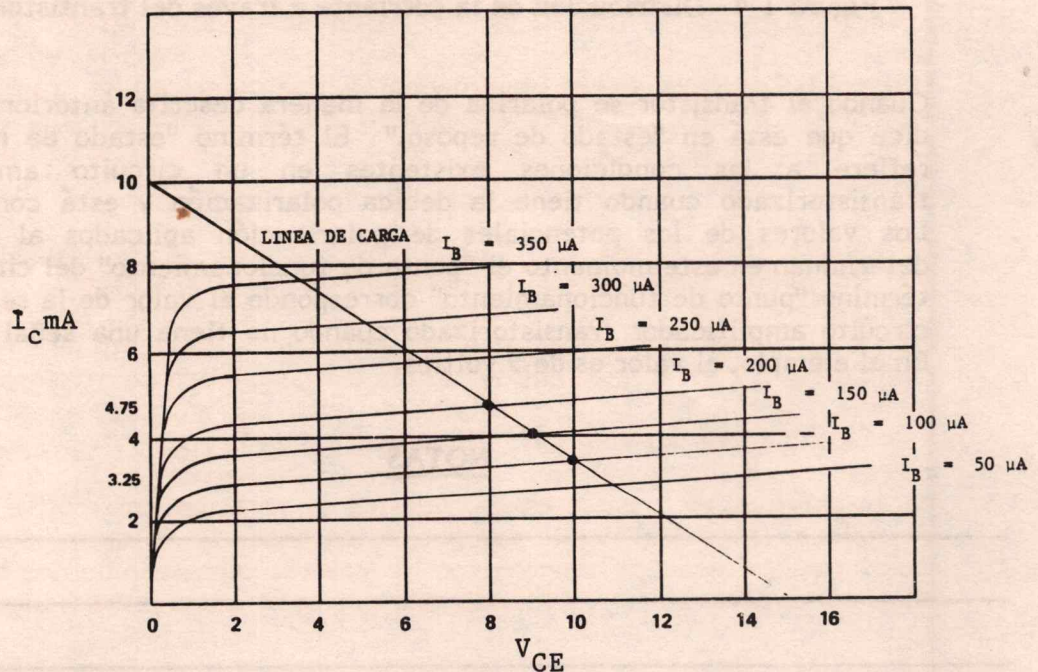


Figura 1-5. Curva característica del colector

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5 - SEGMENTO 1

El eje vertical de la gráfica en la figura 1-5 da el valor de la corriente del colector ( $I_C$ ), en miliamperios (mA). El eje horizontal da los valores del voltaje del emisor al colector ( $V_{CE}$ ), en voltios. Las curvas en la gráfica se denominan familia de curvas características; representan los valores de  $I_C$  y  $V_{CE}$  que corresponden a los diversos valores de la corriente de base ( $I_B$ ). Esta corriente de base se mide en microamperios ( $\mu A$ ). La línea diagonal se llama línea de carga y representa los puntos de funcionamiento posibles en relación a un valor específico de resistencia de carga. El punto de intersección de la línea de carga con las curvas de la corriente de base es el punto de funcionamiento para cada valor de  $I_B$ .

Cualquier punto en una de las curvas de  $I_B$  relaciona tres condiciones de funcionamiento importantes: (1) corriente de base, (2) voltaje del colector al emisor, y (3) la corriente del colector resultante. Por ejemplo, piense que la gráfica en la figura 1-5 es la curva característica para el circuito amplificador en las figuras de 1-1 hasta 1-3. Si  $V_{CE}$  y  $R_B$  resultan en un valor de 150 microamperios para la corriente de base, el voltaje del emisor al colector es de 9 voltios y la corriente del colector es de 4 miliamperios. El punto en el cual la línea de carga intercepta los 150 microamperios en la curva de  $I_B$  (punto A) es el punto de funcionamiento de este circuito bajo las condiciones específicas de estado de reposo dadas ( $V_{CC} = +15$  e  $I_C = 10$  mA). Si se utiliza  $V_{CC}$  o  $I_B$  en un circuito diferente, tanto el punto de funcionamiento como el valor de  $I_C$  pueden cambiar. Los fabricantes de transistores recomiendan que se polaricen los transistores en los circuitos amplificadores de manera que el punto de funcionamiento caiga cerca de la línea de carga para así evitar una distorsión de la señal de salida.

La gráfica en la figura 1-6 es un ejemplo de una curva característica de transferencia. Las curvas características de transferencia ilustran la relación entre la corriente de base ( $I_B$ ) y la corriente del colector ( $I_C$ ), la cual a su vez es la relación entre un cambio en la corriente de entrada y un cambio en la corriente de salida. Estas curvas pueden construirse según los valores de  $I_B$  y  $I_C$  determinados por las curvas características correspondientes del colector. En la gráfica en la figura 1-6 el eje vertical representa a  $I_C$  y el eje horizontal representa a  $I_B$ . La curva característica de transferencia muestra la relación entre  $I_B$  e  $I_C$ . Por ejemplo, si  $I_B$  es de 150 microamperios, entonces  $I_C$  es de 4 miliamperios. Estos valores están de acuerdo con los valores correspondientes de  $I_B$  e  $I_C$  en la curva característica del colector que se muestra en la figura 1-5.

SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5 - SEGMENTO 1

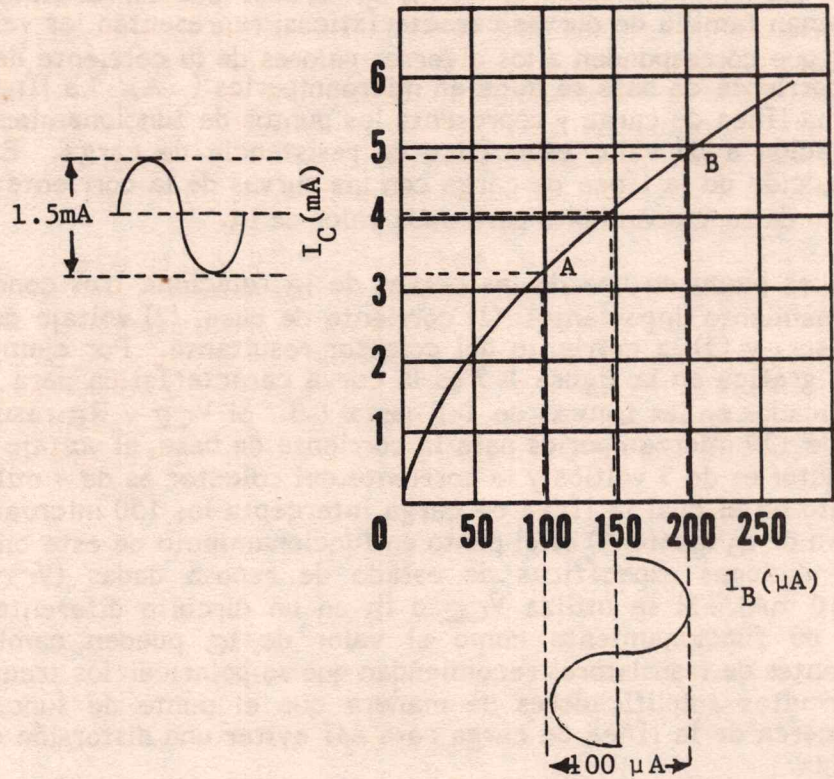


Figura 1-6. Curva característica de transferencia

NOTAS

---

---

---

---

---

---

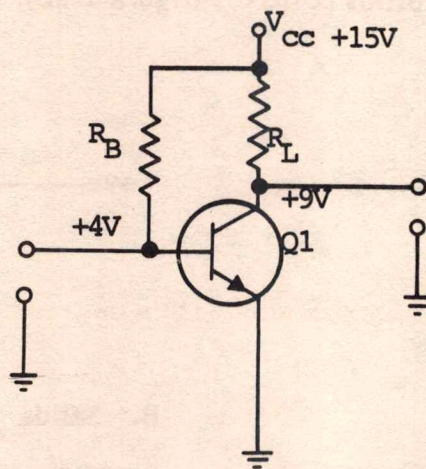
---

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**

**3. Amplificación**

Como se mencionó anteriormente, el circuito amplificador transistorizado es un circuito que recibe una señal eléctrica en su entrada y que en la salida saca una señal más grande y sin distorsión. Esta amplificación de la señal es lo que se denomina amplificación o ganancia. Es decir, es la proporción del cambio entre una señal de entrada y una señal de salida en un circuito amplificador. Los cambios en la señal de salida son ocasionados por una señal variable que se aplica a la entrada del circuito.

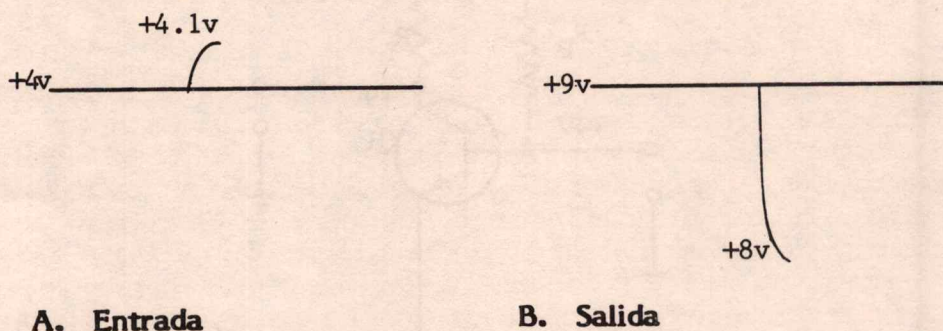
En el ejemplo que sigue, se aplica una señal de corriente alterna al circuito amplificador transistorizado representado por el diagrama esquemático que se muestra en la figura 1-7. La señal de entrada se representa por una onda sinusoidal de voltaje con un valor de pico a pico de 0.2 voltio (valores máximos de 0.1 voltio positivo y 0.1 voltio negativo). La señal de entrada se aplica a la base del transistor Q1. Otra onda sinusoidal de voltaje se utiliza para representar la señal de salida, que se toma del colector.



**Figura 1-7. Circuito amplificador transistorizado en estado de reposo**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**

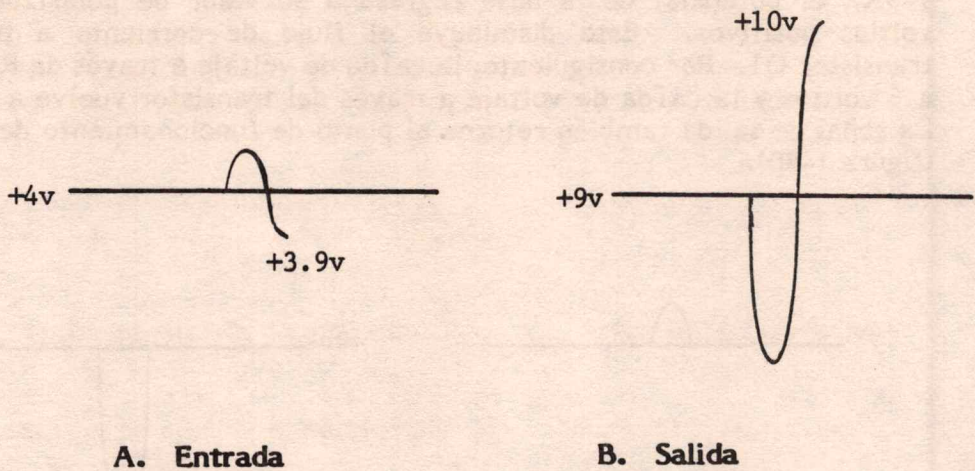
Cuando la señal de entrada aplicada a la base de Q1 alcanza su valor máximo de 0.1 voltio positivo (figura 1-8A), el potencial positivo aplicado a la base aumenta a 4.1 voltios positivos (el valor de la señal de entrada de 0.1 voltio positivo más el valor de polarización de la base que es +4 voltios). Esto incrementa la diferencia de potencial entre el emisor y la base, de manera que el flujo de corriente aumente a través de la unión de emisor base. A medida que la corriente aumentada circula por la unión de emisor base, es atraída al potencial positivo grande que se aplica al colector (de la misma manera que los electrones fueron atraídos al colector durante la polarización). Esta corriente hace que la unión de colector base se abra aumentando por consiguiente el flujo de corriente a través del camino de corriente de emisor-base-colector y continuando a través del resistor  $R_L$ . Si, por ejemplo, el aumento en corriente hace aumentar la caída de voltaje a través de  $R_L$  hasta 7 voltios, entonces la caída de voltaje a través de las uniones de emisor-base-colector disminuye a 8 voltios. Por lo tanto, el voltaje aplicado al colector disminuye de 9 voltios positivos (el punto de funcionamiento) a 8 voltios positivos. Como la salida esta conectada en paralelo con el transistor, tendrá el mismo voltaje que el voltaje aplicado al colector. Así, la señal de salida de 9 voltios positivos a 8 voltios positivos (figura 1-8B).



**Figura 1-8. Señal de entrada en el máximo valor positivo  
y señal de salida en el máximo valor negativo**

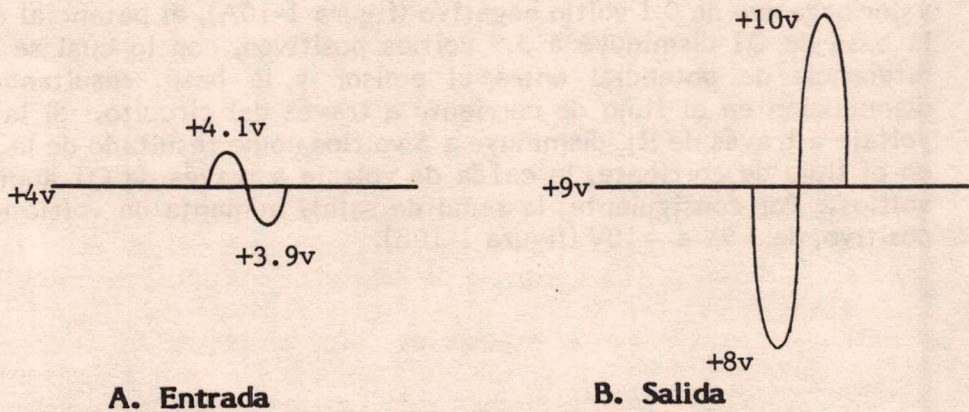


**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**



**Figura 1-10. Señal de entrada en el máximo valor negativo y señal de salida en el máximo valor positivo**

Las señales completas de entrada y salida mostradas en la figura 1-11 indican cómo funciona el proceso de amplificación. La onda sinusoidal del voltaje de entrada tiene un valor de pico a pico de 0.2 voltio, mientras que la onda sinusoidal del voltaje de salida tiene un valor de pico a pico de 2 voltios.



**Figura 1-11. Un ciclo completo**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**

Las ondas sinusoidales empleadas en este ejemplo ilustran la amplificación en términos del voltaje o tensión, es decir, de la ganancia del voltaje. Dicha ganancia de voltaje es la proporción entre el cambio en el voltaje de entrada y el del voltaje de salida en un circuito amplificador. El voltaje de ganancia de un circuito amplificador puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{\Delta V \text{ Salida}}{\Delta V \text{ Entrada}}$$

$$\text{Donde: } \Delta V \text{ Salida} = \text{Cambio en el voltaje de salida}$$

$$\Delta V \text{ Entrada} = \text{Cambio en el voltaje de entrada}$$

El circuito amplificador en el ejemplo que se acaba de ver tiene una ganancia de voltaje de 10. La onda sinusoidal del voltaje de entrada tiene un cambio de 0.2 voltio de pico a pico y la onda del voltaje de salida tiene un cambio de 2 voltios de pico a pico.

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{\Delta V \text{ Salida}}{\Delta V \text{ Entrada}}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{2V}{0.2V}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = 10$$

Además de la ganancia de voltaje, los amplificadores transistorizados también producen una ganancia de corriente porque los cambios en el voltaje ocurren como resultado de los cambios en el flujo de corriente a través del circuito. La ganancia de corriente puede ilustrarse mediante la utilización de una curva característica de transferencia (figura 1-12). Por ejemplo, de asumir que el voltaje de polarización de la base del circuito amplificador representado en la figura 1-7 resulta en una corriente de base de 150 microamperios en el punto de funcionamiento, entonces el valor pico a pico de 0.2 voltio de la señal de entrada producirá un cambio de 100 microamperios de pico a pico en la corriente de base.

SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5 - SEGMENTO 1

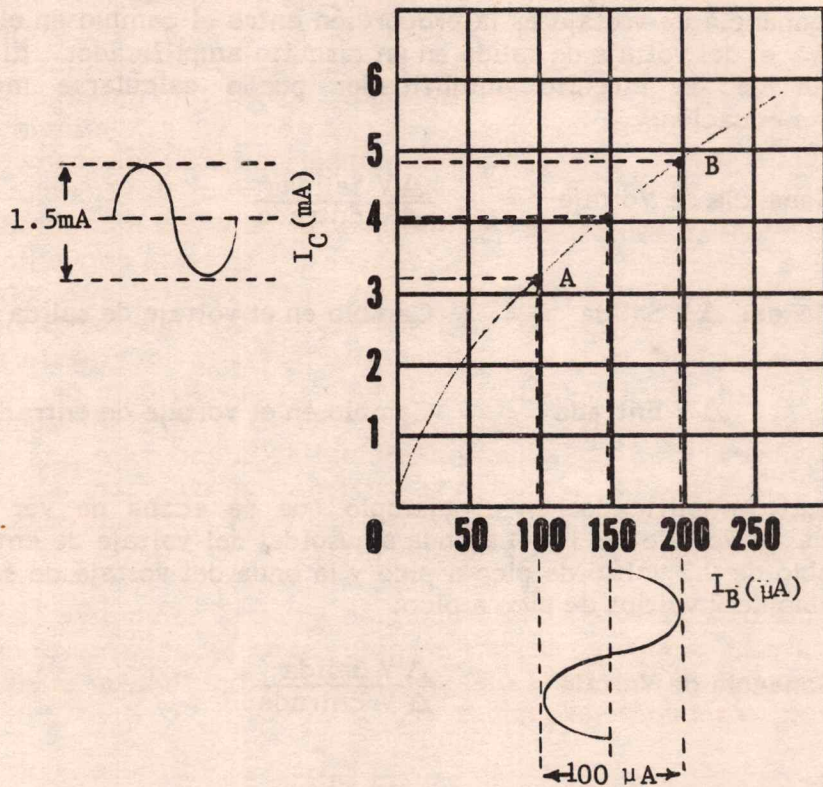


Figura 1-12. Curva característica de transferencia - ganancia de corriente

NOTAS

---

---

---

---

---

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5 - SEGMENTO 1

La gráfica en la figura 1-12 muestra que el estado de reposo de la entrada es de 150 microamperios y el estado de reposo en la salida es de 4 miliamperios (4000 microamperios). Si un cambio de 100 microamperios alrededor del punto de funcionamiento de la base de 150 microamperios en estado de reposo hace que  $I_B$  varíe entre 100 microamperios y 200 microamperios, esto ocasionará un cambio de 1.5 miliamperios (1500 microamperios) en  $I_C$  - de 3.25 miliamperios (3250 microamperios) a 4.75 miliamperios (4750 micoramperios). La figura 1-12 incluye una onda sinusoidal entre los puntos 100 microamperios y 200 microamperios debajo del eje  $I_B$  para indicar el cambio de pico a pico en la corriente que ha sido causado por la señal de entrada. Si las líneas verticales se continúan hacia arriba desde los puntos 100 microamperios y 200 microamperios en el eje de  $I_B$ , éstos interceptan la curva característica de transferencia en los puntos A y B. Para encontrar el cambio en la corriente del colector, siga las líneas horizontales desde los puntos A y B a la izquierda, donde interceptan el eje  $I_C$ . La onda sinusoidal de la corriente a la izquierda del eje  $I_C$  representa un cambio en la corriente del colector. La corriente del colector varía entre 3.25 miliamperios y 4.75 miliamperios y tiene un cambio de pico a pico de 1.5 miliamperios.

Ganancia de corriente es la proporción entre el cambio en la corriente de entrada y el cambio en la corriente de salida de un circuito amplificador. La ganancia de corriente de un circuito amplificador puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ganancia de Corriente} = \frac{\Delta I \text{ Salida}}{\Delta I \text{ Entrada}}$$

$$\text{Donde: } \Delta I \text{ Salida} = \text{Cambio en el corriente de salida}$$

$$\Delta I \text{ Entrada} = \text{Cambio en el corriente de entrada}$$

El circuito amplificador asociado con la gráfica en la figura 1-12 tiene una ganancia de corriente de 15 porque la corriente de entrada ( $I_B$ ) tiene un cambio de pico a pico 100 microamperios y la corriente de salida ( $I_C$ ) tiene un cambio de pico a pico de 1.5 miliamperios (1,500 microamperios).

$$\text{Ganancia de Corriente} = \frac{\Delta I \text{ Salida}}{\Delta I \text{ Entrada}}$$

$$\text{Ganancia de Corriente} = \frac{1,500 \mu\text{A}}{100 \mu\text{A}}$$

$$\text{Ganancia de Corriente} = 15$$

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO UNIDAD 5 - SEGMENTO 1

Como los circuitos amplificadores transistorizados proporcionan una ganancia de voltaje y de corriente, también producen una ganancia de energía o potencia. La ganancia de potencia proporcionada por el circuito amplificador puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ganancia de Potencia} = \frac{\Delta P \text{ Salida}}{\Delta P \text{ Entrada}}$$

Donde:  $\Delta P$  Salida = Cambio en el potencia de salida

$\Delta P$  Entrada = Cambio en el potencia de entrada

Como la potencia de un circuito puede calcularse si se multiplica el voltaje por la corriente, la ganancia de potencia de un circuito amplificador transistorizado también puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ganancia de Potencia} = \text{Ganancia de Voltaje} \times \text{Ganancia de Corriente}$$

Por consiguiente el circuito amplificador en el ejemplo que aquí se trata tiene una ganancia de potencia de 150, porque la ganancia de voltaje es de 10 y la ganancia de corriente de 15.

$$\text{Ganancia de Potencia} = \text{Ganancia de Voltaje} \times \text{Ganancia de Corriente}$$

$$\text{Ganancia de Potencia} = 10 \times 15$$

$$\text{Ganancia de Potencia} = 150$$

Diferentes configuraciones de los circuitos amplificadores transistorizados proporcionan diferentes clasificaciones de ganancia de voltaje, corriente y potencia. De allí que diferentes configuraciones pueden usarse para propósitos específicos. Por ejemplo, una configuración que proporciona una gran ganancia de corriente puede emplearse para habilitar corriente a dispositivos que requieran una entrada alta de corriente, tales como relevadores o motores sincrónicos.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**

**REPASO DEL SEGMENTO**

1. ¿Qué es un circuito amplificador transistorizado?

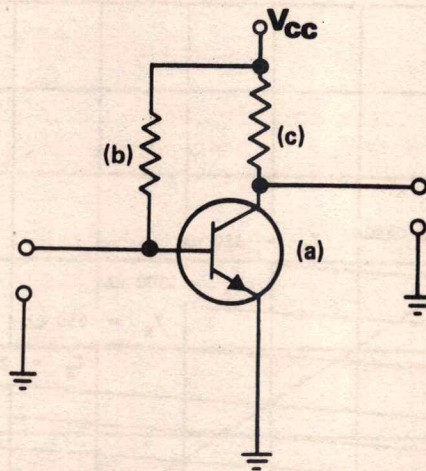
---

---

---

---

2. Identifique los componentes principales del amplificador transistorizado representado a continuación.



- a. \_\_\_\_\_  
b. \_\_\_\_\_  
c. \_\_\_\_\_

3. Cuando el transistor está polarizado correctamente, la unión del emisor base tiene polarización (a) \_\_\_\_\_ y la unión del colector base tiene polarización (b) \_\_\_\_\_.  
(directa, inversa)  
(directa, inversa)

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**

REPASO DEL SEGMENTO (continuación)

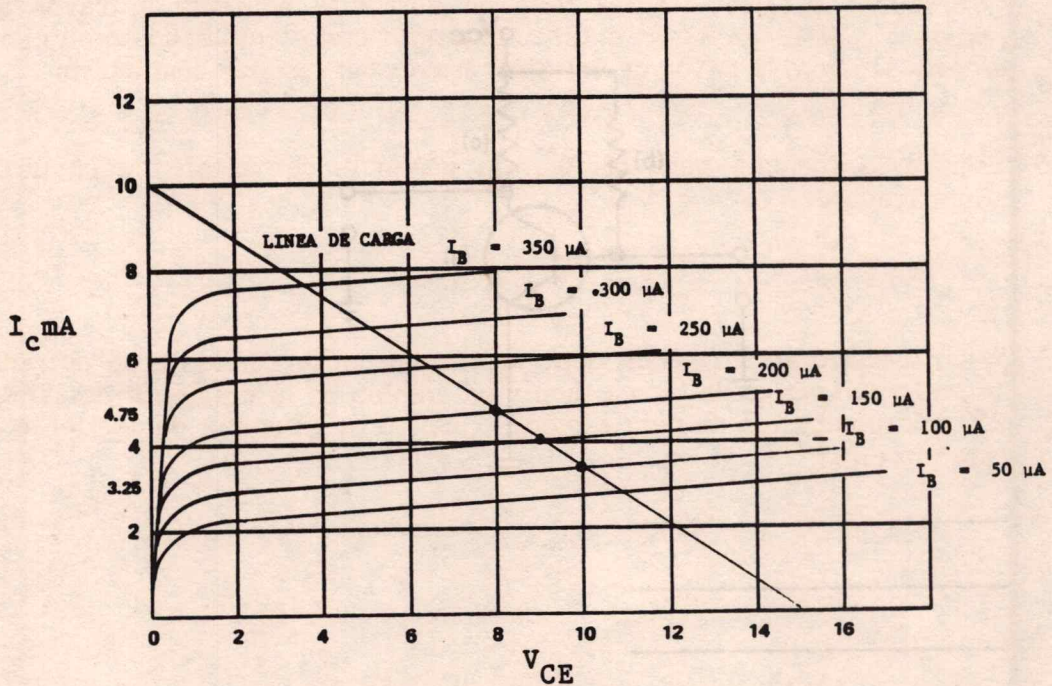
4. Defina el término "estado de reposo."

---

---

---

5. En la curva característica del colector mostrada a continuación, el punto A es el \_\_\_\_\_ del circuito.



**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 1**

REPASO DEL SEGMENTO (conclusión)

6. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.

Si el potencial aplicado a la base de Q1 en el circuito amplificador que se ha empleado como ejemplo en esta sección aumenta positivamente como resultado de una señal de corriente alterna, el flujo de corriente a través del circuito

- a. Aumentará
  - b. Disminuirá
  - c. Permanecerá igual
7. ¿Verdadero o falso? Si el flujo de corriente aumenta a través de la resistencia de carga  $R_L$  en el circuito amplificador empleado como ejemplo en esta sección, la caída de voltaje a través del resistor disminuirá.
8. Escriba la fórmula para calcular la ganancia de voltaje de un circuito amplificador.
9. Si un circuito amplificador tiene un cambio en la corriente de entrada de 100 microamperios de pico a pico y un cambio en la corriente de salida de 250 microamperios de pico a pico, ¿Cuál es la ganancia de corriente para este circuito?

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5**

**SEGMENTO 2 -CIRCUITO DE EMISOR COMUN**

**OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO**

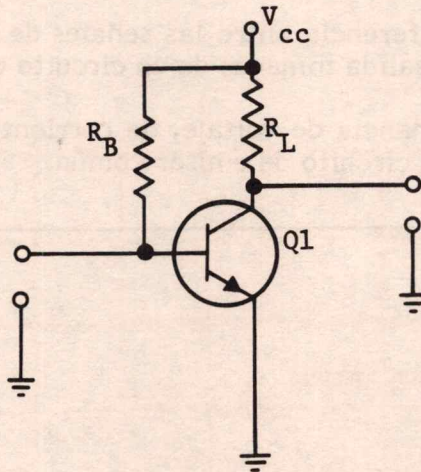
- Identificar los componentes de un circuito de emisor común.
- Explicar cómo se protege al circuito de emisor común contra las variaciones indeseables en el flujo real y potencial de corriente.
- Describir el proceso de amplificación en un circuito de emisor común.
- Describir la diferencia entre las señales de entrada aplicadas y las señales de salida tomadas de un circuito de emisor común.
- Explicar la ganancia de voltaje, de corriente, y de potencia en términos de un circuito de emisor común.

**(VEA EL SEGMENTO 2 DE LA VIDEOCINTA)**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

**RESUMEN DEL SEGMENTO**

El circuito amplificador transistorizado que se examinó en el segmento 1, y que se muestra nuevamente en la figura 2-1, comúnmente se denomina circuito de emisor común. A esta instalación o configuración del circuito se le da dicho nombre debido a que el emisor del transistor en el circuito es común a la entrada y salida. Es decir, el emisor, la entrada y la salida están conectados a tierra. Como el emisor está conectado a tierra, la instalación también puede llamarse un circuito de emisor a tierra.

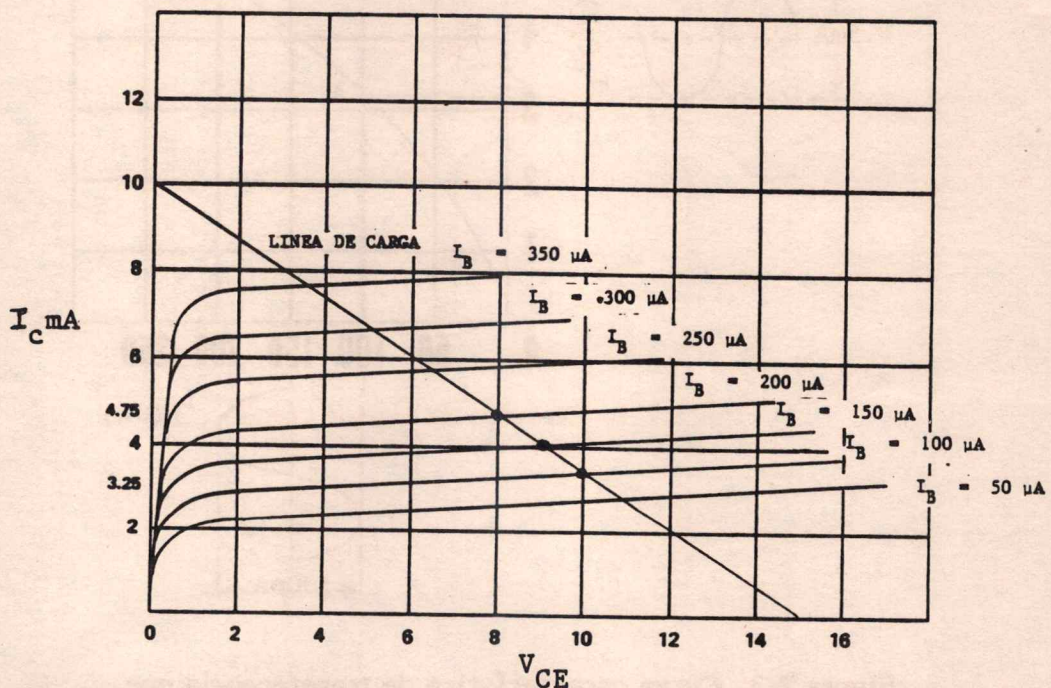


**Figura 2-1. Circuito de emisor común**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

**1. Punto de Funcionamiento y Linealidad**

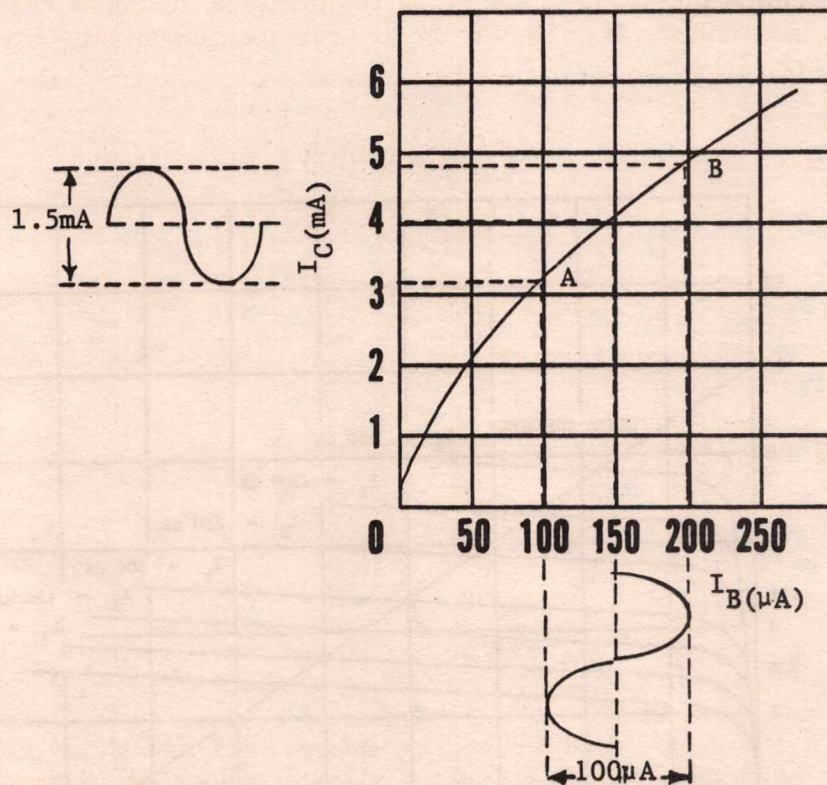
Cuando el circuito de emisor común mostrado en la figura 2-1 está polarizado correctamente y en estado de reposo, la diferencia de potencial entre el emisor y la base ( $V_{EB}$ ) del transistor Q1 tiene un valor constante. El valor constante de  $V_{EB}$ , a su vez, determina un valor constante de la corriente de base ( $I_B$ ) y de la corriente del colector ( $I_C$ ). Estos valores fijan el punto de funcionamiento del circuito de emisor común, como se muestra en la curva característica del colector en la figura 2-2. Si, como se ilustra en la figura,  $V_{EB}$  fija el punto de funcionamiento de  $I_B$  a 150 microamperios, quiere decir que  $I_C$  tiene un valor de 4 miliamperios (4000 microamperios).



**Figura 2-2. Curva Característica del Colector**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

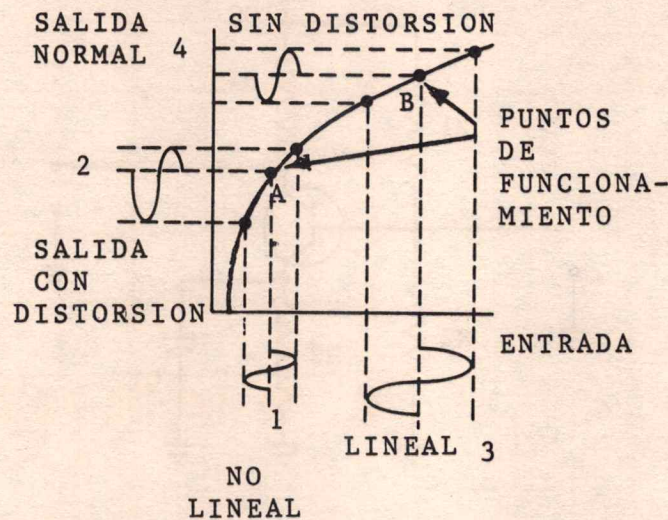
La figura 2-3 muestra que si una señal de entrada variable aplicada al circuito ocasiona un cambio pico a pico de 100 microamperios en  $I_B$ , habrá un cambio pico a pico de 1.5 miliamperios en  $I_C$ . La curva característica de transferencia indica una relación lineal entre  $I_B$  e  $I_C$  y el punto A y el punto B. Sin embargo, la onda sinusoidal de la corriente de salida mostrada en la figura tiene el mismo aspecto que la onda sinusoidal de la corriente de entrada. Por consiguiente, un cambio en  $I_B$  resulta en un cambio proporcional en  $I_C$ .



**Figura 2-3. Curva característica de transferencia que muestra la relación lineal entre  $I_B$  e  $I_C$**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

La figura 2-4 muestra una curva característica que no es totalmente lineal. Si el punto de funcionamiento está en una parte no lineal de la curva (punto A), el resultado será una señal de salida deformada o con distorsión que es indeseable para esta aplicación. Si la señal de entrada (Número 1) en la gráfica es una onda sinusoidal normal por todo el punto de funcionamiento, la señal de salida (Número 2) sufre una distorsión, debido a las características del transistor. Sin embargo, si la señal de entrada (Número 3) es una onda sinusoidal normal por todo el punto de funcionamiento, la señal de salida desarrollada a través de la parte lineal de la curva es una onda sinusoidal sin distorsión o normal, en la salida (Número 4). Por este motivo es necesario fijar el punto de funcionamiento del circuito amplificador en la parte lineal de su curva característica. También es necesario conservar un punto de funcionamiento estable.



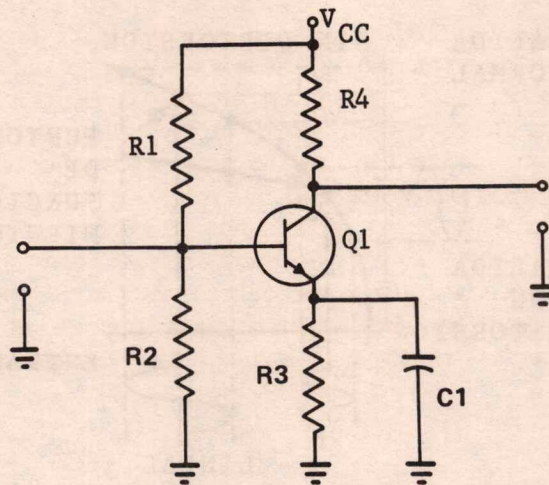
**Figura 2-4. Curva característica en la que se comparan los puntos de funcionamiento de las partes no lineal y lineal de la curva**

Hay varios factores que pueden hacer que un circuito amplificador produzca una señal de salida con distorsión. Por ejemplo, variaciones en la temperatura y en las señales de entrada pueden causar cambios indeseables en los voltajes de polarización y en el flujo de corriente en estado de reposo, lo cual, a su vez, puede causar cambios en los puntos de funcionamiento.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

**2. Componentes Agregados al Circuito de Emisor Común**

En la figura 2-5 se han agregado tres componentes adicionales al circuito básico de emisor común que se mostrara anteriormente. Los componentes adicionales son las resistencias o resistores R2 y R3, y un condensador de derivación, C1. La función principal de los resistores es la de proteger al circuito contra variaciones indeseables en el potencial y en el flujo de corriente durante el proceso de amplificación. Sin embargo, R2 y R3 también afectan la polarización del circuito, y R3 protege al circuito contra los aumentos indeseables del flujo de corriente en estado de reposo debidos a aumentos de la temperatura. En el circuito que se muestra aquí, el resistor  $R_B$  del circuito básico se identifica como R1, y el resitor  $R_L$  se ha convertido en R4.



**Figura 2-5. Componentes agregados al circuito de emisor común**

El resistor R2 se agrega al circuito en serie con el resistor de la base. Los resistores R1 y R2 forman un divisor de voltaje que establece el potencial de polarización aplicado a la base de Q1. Por ejemplo, si la fuente de energía fija a V<sub>CC</sub> a 15 voltios positivos con respecto a tierra y R1 proporciona una caída de voltaje de 11 voltios, quiere decir que R2 baja 4 voltios. La caída de voltaje a través de R2 determina el valor del potencial aplicado a la base. Por consiguiente, en este ejemplo se aplica a la base un potencial de 4 voltios positivos con respecto a tierra. Es decir, que las caídas de voltaje a través de R1 y R2 determinan la polarización que fija el punto de funcionamiento de la base.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

El resistor R3, agregado al circuito entre tierra y el emisor de Q1, cumple tres propósitos. Primero, la caída de voltaje a través de R3 establece el potencial de polarización aplicado al emisor. La polarización directa de la unión emisor base es, por consiguiente, ligeramente diferente a la del circuito básico mostrado en la figura 2-1, en la que el potencial negativo se aplicó al emisor directamente a través de tierra. Por ejemplo, si R3 proporciona una caída de voltaje de 3.3 voltios, entonces el potencial aplicado al emisor es de 3.3 voltios positivos. Como el potencial de polarización aplicado a la base es de 4 voltios positivos con respecto a tierra, la diferencia de potencial entre la base y el emisor es de 4 voltios menos 3.3 voltios, o sea, 0.7 voltio. En la mayoría de los circuitos transistorizados la diferencia entre el potencial aplicado al emisor y el potencial aplicado a la base normalmente es entre 0.6 y 0.8 voltios.

El segundo propósito de R3 es ayudar a fijar el potencial de polarización aplicado al colector de Q1. La caída de voltaje a través del resistor o resistencia de carga conjuntamente con la caída de voltaje a través de R3 determinan el potencial del colector. En el ejemplo mostrado en la figura 2-6, VCC ha sido fijado a 15 voltios positivos con respecto a tierra, R3 proporciona una caída de voltaje de 3.3 voltios, y R4 produce una caída de voltaje de 6 voltios. Las uniones de emisor-base-colector proporcionan una caída de voltaje de 5.7 voltios (3.3 V más 6 v mas 5.7 V es igual a 15 V). El voltaje aplicado al colector se calcula mediante la suma de las caídas de voltaje a través de R3 y Q1. De modo que el potencial aplicado al colector es 9 voltios positivos con respecto a tierra (3.3 V más 5.7 V). La unión de colector base tiene polarización inversa porque el colector (a 9 voltios positivos) es más positivo que la base (a 4 voltios positivos).

NOTAS

---

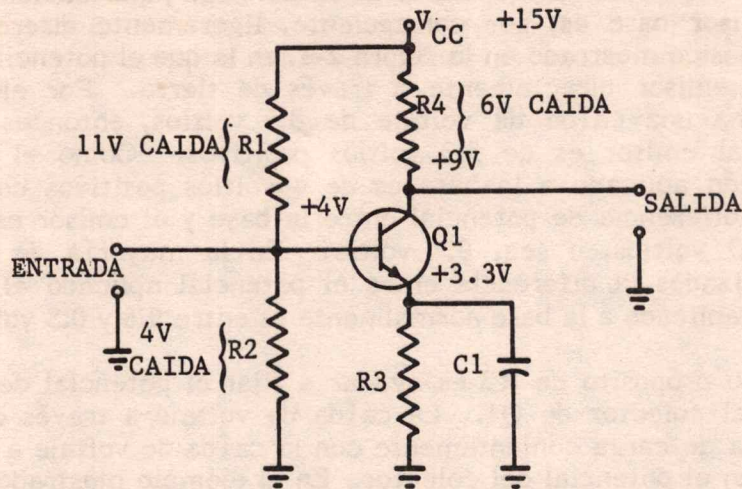
---

---

---

---

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**



**Figura 2-6. Circuitos de emisor común con valores de polarización**

La tercera función de  $R3$  es la de proteger al circuito contra el embalamiento térmico que es el flujo de corriente excesivo causado por el calor. Los transistores son sumamente sensibles a las variaciones en temperatura: si la temperatura aumenta, el flujo de corriente aumenta. El flujo de corriente en sí produce calor y éste a su vez ocasiona un aumento en la temperatura mediante el cual se obtiene más flujo de corriente. Por ejemplo, cuando un circuito de emisor común está polarizado correctamente y en estado de reposo, la corriente circula a través del circuito. Esta corriente produce calor que causa cambios indeseables en el flujo de corriente durante el estado de reposo del transistor. Como se mencionó anteriormente,  $V_{EB}$  fija el punto de funcionamiento del circuito. Por lo tanto, si  $V_{EB}$  cambia, el punto de funcionamiento también cambia y puede resultar en una señal de salida con distorsión. Sin embargo, como  $R3$  está en serie con  $Q1$ , un aumento de corriente a través del emisor hace que la caída de voltaje a través de  $R3$  aumente. La diferencia de potencia entre el emisor y la base se reduce porque  $R3$  fija el potencial aplicado al emisor. Como resultado, el flujo de corriente a través de todo el transistor disminuye, parando la tendencia del flujo de corriente a aumentar a más del valor deseado debido a cambios en la temperatura.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

El tercer componente agregado al circuito de emisor común es el condensador de derivación C1. Su función consiste en proporcionar a una señal de corriente alterna un camino de baja impedancia a tierra. C1 permite que los cambios en el flujo de corriente causados por la señal de entrada variable pasen por alto a R3 y sigan a tierra.

**NOTAS**

---

---

---

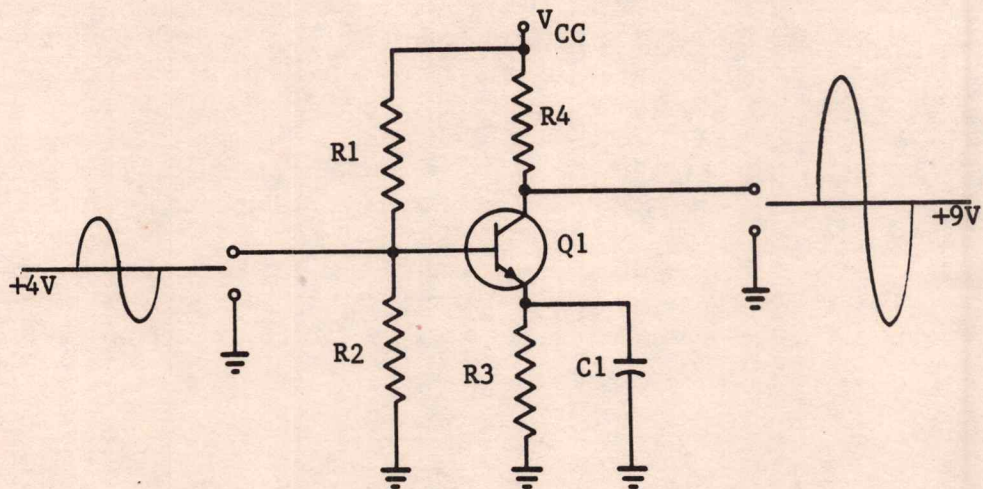
---

---

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

**3. Amplificación**

En el ejemplo siguiente la amplificación de una señal de corriente alterna se examina en detalle con los componentes adicionales incluidos en el circuito de emisor común. Como se muestra en la figura 2-7, la señal de entrada se aplica a la base de Q1 y la señal de salida se toma del colector.



**Figura 2-7. Circuito de emisor común mostrando la entrada y la salida**

Cuando la señal de entrada es aplicada, su valor queda superpuesto sobre el voltaje en la base de Q1. Es aquí donde el resistor R2 desempeña su función de amplificación. Durante la amplificación, R2 mantiene el punto de funcionamiento del voltaje de polarización de la base, porque el voltaje de corriente continua aplicado a la base es igual a la caída de voltaje a través de R2. La caída de voltaje a través de R2 permanece constante porque no hay cambio en el flujo de corriente a través de R2 que haya sido causado por la señal de entrada de corriente alterna. Si R2 no se incluyera en el circuito, a medida que cambiara la caída de voltaje a través de R1 como reacción a los cambios en el flujo de corriente a través del camino de emisor-base, el potencial de polarización aplicado a la base también variaría, lo que a su vez alteraría el punto de funcionamiento.

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

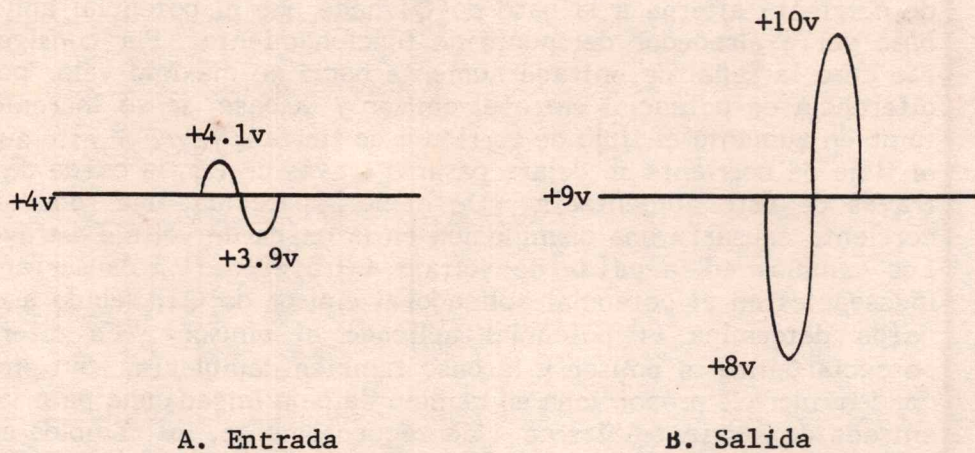
### UNIDAD 5 - SEGMENTO 2

Como R2 está incluido en el circuito, la aplicación de la señal de entrada de corriente alterna a la base de Q1 hace que el potencial aplicado a la base varíe alrededor del punto de funcionamiento. Por consiguiente, en ese caso la señal de entrada aumenta hacia su máximo valor positivo, la diferencia de potencial entre el emisor y la base, se ve incrementada, y también aumenta el flujo de corriente de tierra a  $V_{CC}$ . Si este aumento en el flujo de corriente se dejara pasar a través de R3, la caída de voltaje a través de éste aumentaría. De manera parecida, una reducción en la corriente causaría una disminución en la caída de voltaje a través de R3. Los cambios en la caída de voltaje a través de R3 causarían cambios indeseables en el potencial aplicado al emisor de Q1, debido a que dicha caída determina el potencial aplicado al emisor. La diferencia de potencial entre el emisor y la base también cambiaría. Sin embargo, el condensador C1 proporciona un camino de baja impedancia para la señal de entrada de corriente alterna. Consecuentemente, los cambios en el flujo de corriente ocasionados por la señal de entrada variable se derivan alrededor de R3. De este modo, el único cambio en la diferencia de potencial entre el emisor y la base ocasionado por la señal de entrada ocurre en la base.

Cuando se agregan R2, R3, y C1 al circuito de emisor común, un aumento en la diferencia de potencial entre el emisor y la base resulta en un aumento en el flujo de corriente a través del circuito que es proporcional al incremento en la señal de entrada. De igual forma, una reducción en la diferencia de potencial entre el emisor y la base resulta en una reducción en el flujo de corriente a través del circuito que es proporcional a la reducción de la señal de entrada.

Las ondas sinusoidales de voltaje mostradas en la figura 2-8 representan la señal de entrada aplicada a la base y la señal de salida tomada del circuito de emisor común. La señal de salida, que se vuelve del colector, se mueve en sentido negativo cuando la señal de entrada se torna positiva y en sentido positivo cuando la señal de entrada se torna negativa, es decir, que las señales de entrada y salida están fuera de fase por  $180^\circ$ . El flujo de corriente a través del circuito aumenta cuando la señal de entrada se torna positiva. A medida que se incrementa el flujo de corriente del colector de Q1 a través de la resistor de carga R4, la caída de voltaje a través de R4 también aumenta. Cuando la caída de voltaje a través de R4 aumenta, el voltaje en el colector decrece. De igual manera, el flujo de corriente a través del circuito disminuye cuando la señal de entrada se torna negativa. Cuando el flujo de corriente disminuye a través del colector y a través de R4 también disminuye el voltaje a través de R4 y aumenta el voltaje aplicado al colector. Esta "inversión de fase" es característica de un circuito de emisor común.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

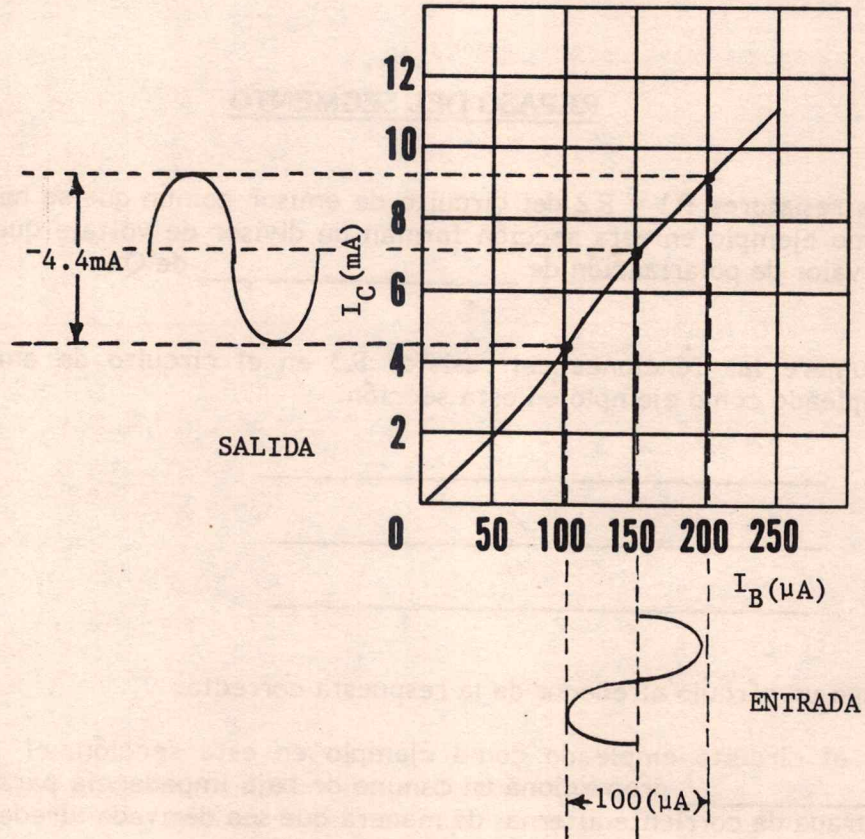


**Figura 2-8. Ondas sinusoidales del voltaje de entrada y salida de un circuito de emisor común**

La figura 2-8 también muestra que la instalación del circuito de emisor común proporciona ganancia de voltaje. Como el voltaje en el colector siempre es mayor que el voltaje en la base, el cambio en el voltaje de la salida es mayor que el cambio en el voltaje de la entrada.

La curva característica de transferencia en la figura 2-9 indica la ganancia de corriente en un circuito de emisor común. El eje horizontal es  $I_B$ , que representa la señal de entrada aplicada a la base. El eje vertical es  $I_C$ , que representa la salida tomada del colector. Como la señal de entrada es aplicada a la base y la de salida es tomada del colector, el circuito de emisor común proporciona una gran ganancia de corriente. El flujo de corriente es mayor a través del camino de emisor a colector que a través del de emisor base. Por consiguiente, el cambio en la corriente a través del colector siempre es mayor que el cambio en la corriente a través de la base.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**



**Figura 2-9. Curva característica de transferencia en la que se muestra la ganancia de corriente en un circuito de emisor común**

Como la configuración o instalación del circuito de emisor común proporciona ganancia de voltaje y de corriente, también produce ganancia de potencia. Para este tipo de configuración es típico tener clasificaciones para la ganancia de voltaje, de corriente y de potencia de los circuitos de emisor común (que son determinadas por los fabricantes de los transistores).\*

---

\*El apéndice B de este cuaderno incluye una comparación de la ganancia de voltaje, de corriente, de potencia, y de inversión de fase producida por las tres configuraciones típicas de amplificadores transistorizados que se tratan en esta unidad. En el Apéndice también se incluyen comparaciones de la impedancia de entrada con la impedancia de salida.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

**REPASO DEL SEGMENTO**

1. Los resistores R1 y R2 del circuito de emisor común que se han empleado como ejemplo en esta sección forman un divisor de voltaje que determina un valor de polarización de \_\_\_\_\_ de Q1.
  
2. Enumere las funciones del resistor R3 en el circuito de emisor común empleado como ejemplo en esta sección.
  - a. \_\_\_\_\_
  - b. \_\_\_\_\_
  - c. \_\_\_\_\_
  
3. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.

En el circuito empleado como ejemplo en esta sección, el \_\_\_\_\_ proporciona un camino de baja impedancia para la señal de entrada de corriente alterna, de manera que sea derivada alrededor de

  - a. Resistor R3, transistor Q1
  - b. Resistor R2, condensador C1
  - c. Condensador C1, resistor R3
  - d. Condensador C1, resistor R4
  
4. En el circuito de emisor común empleado como ejemplo en esta sección, a medida que la señal de entrada se torna positiva, la diferencia de potencial entre el emisor y la base \_\_\_\_\_  
(aumenta/disminuye)

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 2**

REPASO DEL SEGMENTO (conclusión)

5. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.

En un circuito de emisor común, a medida que la señal de entrada se torna positiva, la señal de salida

- a. Se vuelve positiva
- b. Se vuelve negativa
- c. Permanece igual

6. ¿Por qué la configuración de circuito de emisor común proporciona una ganancia de voltaje?

---

---

---

7. ¿Verdadero o falso? La instalación o configuración de circuito de emisor común proporciona una ganancia de corriente debido a que el cambio en la corriente a través de la base es mayor que el cambio en la corriente a través del colector.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5**

**SEGMENTO 3 - CIRCUITO DE COLECTOR COMUN**

**OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO**

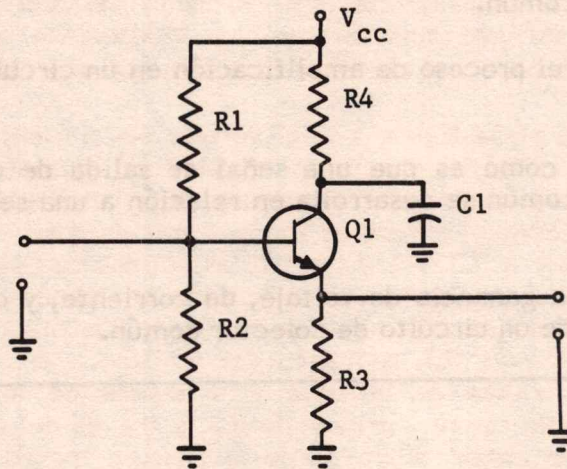
- Identificar los componentes de un circuito de colector común.
- Explicar cómo se polariza el transistor en un circuito de colector común.
- Describir el proceso de amplificación en un circuito de colector común.
- Describir como es que una señal de salida de un circuito de colector común se desarrolla en relación a una señal de entrada aplicada.
- Explicar la ganancia de voltaje, de corriente, y de potencia en términos de un circuito de colector común.

**(VEA EL SEGMENTO 3 DE LA VIDEOCINTA)**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 3**

**1. Los Componentes y la Polarización de un Circuito de Colector Común**

La figura 3-1 es un diagrama esquemático que representa un circuito de colector común. El circuito consta de un transistor NPN (Q1), un divisor de voltaje polarizador (resistores R1 y R2), un resistor de carga (R3), un resistor estabilizador (R4), y un condensador de derivación (C1).



**Figura 3-1. Circuito de colector Común**

Al igual que en la configuración de emisor común, la entrada se aplica a la base del circuito del colector común pero la salida se toma del emisor, en vez de tomarse del colector. Este circuito se denomina circuito de colector común porque el colector es común a la entrada y salida del circuito. En otras palabras, el colector, la entrada y la salida están conectados a tierra. Como el colector está conectado a tierra, la configuración también puede llamarse un circuito de colector a tierra. Adicionalmente, puede denominarse como seguidor del emisor porque la señal de salida se toma del emisor.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 3**

Como la señal de salida en un circuito de colector común se toma del emisor, el resistor R3, que es el resistor de carga para esta configuración, desarrolla la señal de salida. (La señal de salida en el circuito de emisor común fue desarrollada por la caída de voltaje a través del resistor.) El resistor R4 proporciona la función estabilizante que fue realizada por R3 en el circuito de emisor común. El resistor R4 produce una caída de voltaje que limita los aumentos en el flujo de corriente y evita un embalamiento térmico. El condensador C1 proporciona un camino de baja impedancia para la señal de corriente alterna, pasando por alto el resistor R4, y evitando así que ocurran cambios indeseables en la diferencia de potencial entre la base y el colector causados por una señal variable.

Como se muestra en la figura 3-2, el voltaje de la fuente y el potencial de polarización del circuito de colector común son iguales a los del circuito de emisor común tratado anteriormente.  $V_{CC}$  está a 15 voltios positivos con respecto a tierra. La base es fija a 4 voltios positivos, el colector a 9 voltios, y el emisor a 3.3 voltios positivos - todos con respecto a tierra. El transistor Q1 está debidamente polarizado de manera que el circuito se encuentra en estado de reposo. La corriente continua constante circula desde tierra, a través R3, a través del emisor, a través de la unión de emisor base, a través de la base y a través de R1 a  $V_{CC}$  (flechas punteadas); y desde tierra a través de R3, a través del emisor, a través de la unión de emisor base, a través de la base, a través de de la unión de colector base, a través del colector y a través de R4 a  $V_{CC}$  (flechas sólidas).

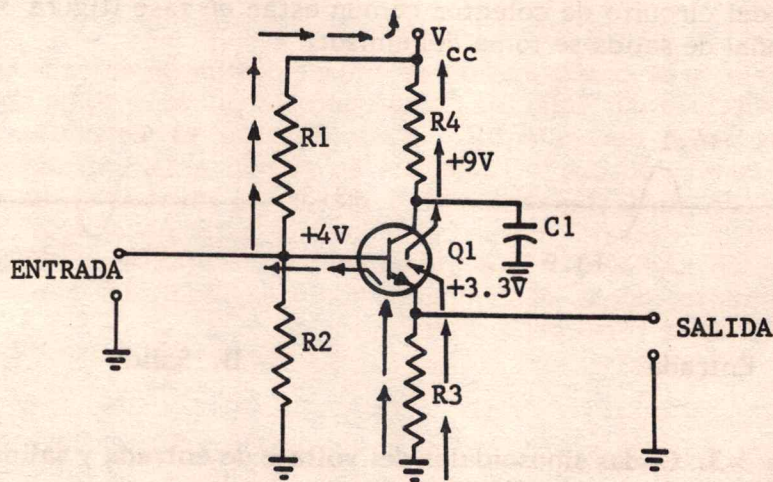


Figura 3-2. Caminos de la corriente a través de un circuito de colector común

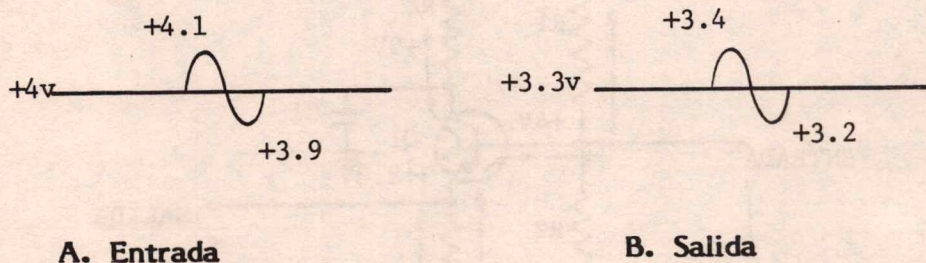
**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 3**

**2. Amplificación**

Debido a las diferencias estructurales, el circuito de colector común tiene características de amplificación diferentes a las del circuito de emisor común. El siguiente examen del proceso de amplificación en el circuito de colector común ilustra estas diferencias.

Cuando la señal de entrada se aplica a la entrada del circuito de colector común su valor queda superpuesto sobre el voltaje de corriente continua aplicado a la base de Q1. El resistor R2 mantiene el punto de funcionamiento de entrada, como lo hizo en el circuito de emisor común. Así, a medida que aumenta la señal de entrada hacia su máximo valor positivo, la diferencia de potencial entre el emisor y la base se incrementa proporcionalmente, y el flujo de corriente aumenta a través del circuito. La diferencia de potencial entre el emisor y la base disminuye cuando la señal de entrada se torna negativa, haciendo que decrezca el flujo de corriente a través del circuito.

Como ocurre en el circuito de emisor común, un aumento en el flujo de corriente a través del circuito de colector común hace que se incremente la caída de voltaje a través del resistor de carga (R3). Igualmente, una disminución del flujo de corriente resulta en una reducción en la caída de voltaje. Como la caída de voltaje a través de R3 determina el potencial aplicado al emisor, a medida que la señal de entrada se torna positiva, el potencial aplicado al emisor aumenta; y a medida que la señal se torna negativa, el potencial aplicado al emisor disminuye. Las señales de entrada y salida del circuito de colector común están en fase (figura 3-3), debido a que la señal de salida se toma del emisor.



**Figura 3-3. Ondas sinusoidales del voltaje de entrada y salida del circuito de colector común**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 3**

Las ondas sinusoidales de voltaje mostradas en la figura 3-3 también ilustran otra diferencia del circuito de colector común. Mientras que el de emisor común proporciona una gran ganancia de voltaje (como se trató en el segmento 2), el circuito de colector común proporciona una ganancia de voltaje de menos de 1. Una ganancia de casi 1 normalmente se denomina "unidad." Esto ocurre en un circuito de colector común porque la señal de salida se toma del emisor. Cuando se aplica una señal de entrada al circuito, un cambio en corriente, proporcional al cambio en diferencia de potencial entre el emisor y la base, circulará a través de  $R_3$ . Como resultado, la caída de voltaje a través de  $R_3$  cambia proporcionalmente.

Aunque el circuito de colector común tiene una ganancia de voltaje menor que el circuito de emisor común, sí ofrece una ganancia de corriente mayor. Como toda la corriente circula a través del emisor en el circuito de colector común, el emisor recibe todos los cambios en corriente producidos por la señal de entrada. Cuando la señal de entrada se toma del emisor, la ganancia de corriente es máxima. La curva característica de transferencia en la figura 3-4 muestra la ganancia de corriente alta que ocurre en el circuito del colector común. El eje horizontal continúa siendo  $I_B$ , porque la señal de entrada todavía se aplica a la base. Sin embargo, el eje vertical ahora es la corriente del emisor ( $I_E$ ), porque la señal de salida se toma del emisor.

NOTAS

---

---

---

---

---

SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5 - SEGMENTO 3

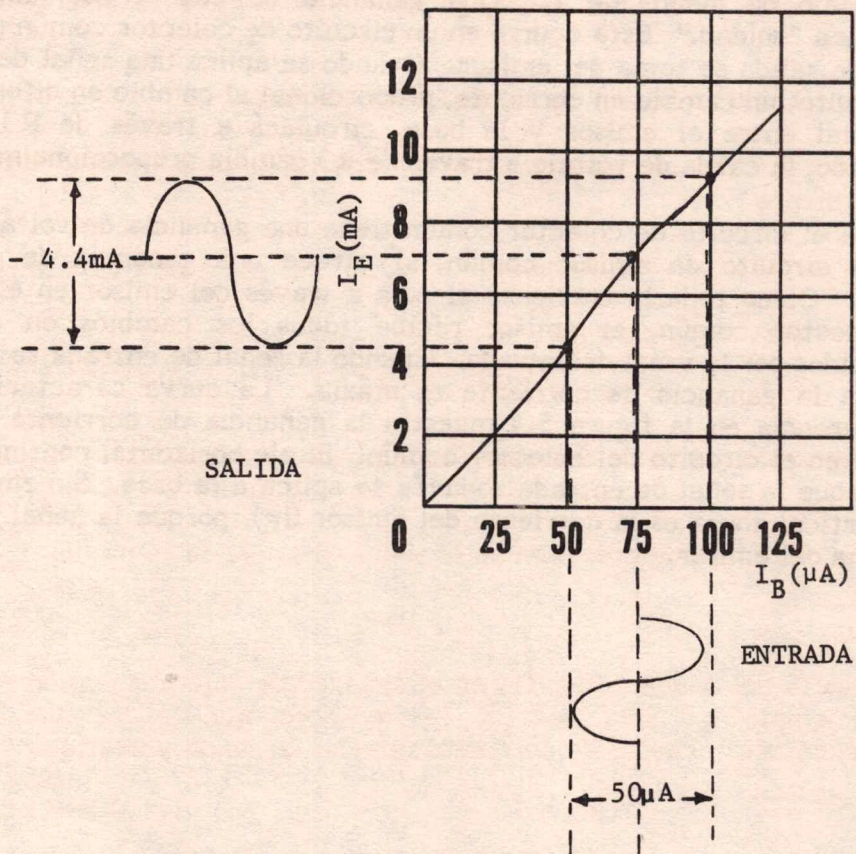


Figura 3-4. Curva característica de transferencia para un circuito de colector común

La combinación de poca ganancia de voltaje y de gran ganancia de corriente proporcionada por el circuito del colector común, produce una ganancia de potencia que es menor que la ganancia de potencia del circuito de emisor común.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 3**

**REPASO DEL SEGMENTO**

1. ¿Verdadero o falso? El resistor R3 en el circuito de colector común empleado como ejemplo en este segmento es un resistor estabilizante.
  
2. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.  
  
El resistor R4 del circuito de colector común empleado como ejemplo en este segmento
  - a. Es un resistor estabilizante
  - b. Es un resistor de carga
  - c. Es un resistor de polarización de base
  - d. Determina el valor de potencial aplicado al emisor Q1
  
3. En un circuito de colector común, la señal de salida se toma del \_\_\_\_\_.
  
4. El propósito del condensador C1 en el circuito de colector común empleado como ejemplo en esta sección, es proporcionar un camino de baja impedancia para la señal de corriente alterna, pasando por alto a \_\_\_\_\_.
  
5. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.  
  
A medida que la señal de entrada se torna positiva en el circuito de colector común, la diferencia de potencial entre el emisor y la base
  - a. Disminuye
  - b. Aumenta
  - c. Permanece igual

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 3**

REPASO DEL SEGMENTO (conclusión)

6. En el circuito de colector común, a medida que la señal de entrada se vuelve positiva, la señal de salida se torna (positiva/negativa).
  
7. La ganancia de voltaje de un circuito de colector común es (mayor/menor) que la ganancia de voltaje del circuito de emisor común.
  
8. ¿A qué se debe que el circuito de colector común produzca máxima ganancia de corriente?

---

---

---

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5**

**SEGMENTO 4 - CIRCUITO DE BASE COMUN**

**OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO**

- Identificar los componentes de un típico circuito de base común.
- Explicar cómo se polariza el transistor en un circuito de base común.
- Describir el proceso de amplificación en un circuito de base común.
- Describir cómo se desarrolla una señal de salida del circuito de base común, con respecto a la señal de entrada aplicada.
- Explicar la ganancia de voltaje, de corriente y de potencia en términos de un circuito de base común.

**(VEA EL SEGMENTO 4 DE LA VIDEOCINTA)**

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO UNIDAD 5 - SEGMENTO 4

### 1. Componentes y Polarización de un Circuito de Base Común

La figura 4-1 es un diagrama esquemático que representa un circuito de base común. Aunque esta instalación parece ser muy diferente a la del emisor común y del colector común, funciona de acuerdo a los mismos principios básicos. El circuito de base común representado en la figura 4-1 consta de un transistor NPN (Q1), un divisor de voltaje de polarización (resistores R1 y R2), un resistor estabilizador (R3), un resistor de carga (R4) y un condensador de derivación (C1).

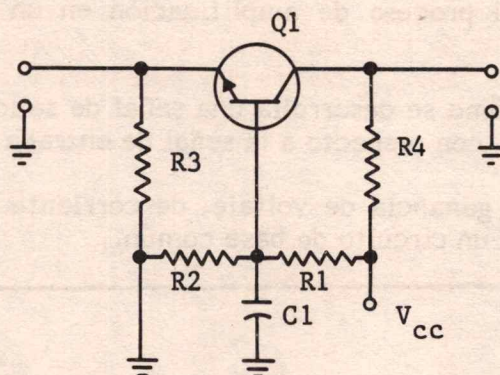
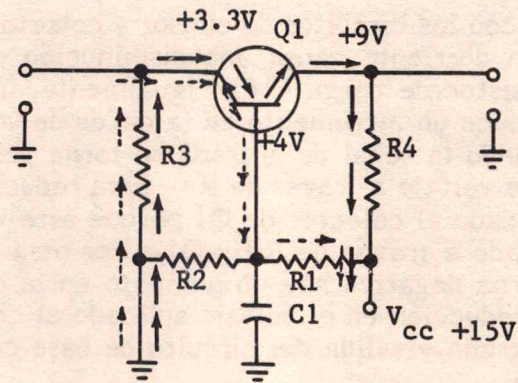


Figura 4-1. Circuito de base común

En un circuito de base común, la entrada se aplica al emisor de Q1 y la salida se toma del colector. Por consiguiente, la base es común a la entrada y salida del circuito. A ese hecho se debe que el circuito se llame circuito de base común. Como la base de Q1 está conectada a tierra, el circuito también puede llamarse circuito de base a tierra. El resistor R3 desarrolla una caída de voltaje que limita aumentos indeseables en el flujo de corriente causados por el calor. El resistor R4 desarrolla la señal de salida y el condensador C1 regresa la señal de entrada a tierra, haciendo que el único cambio en diferencia de potencial ocurra en la entrada del emisor.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 4**

Como se muestra en la figura 4-2, los mismos valores de polarización empleados en los ejemplos de emisor común y colector común son aplicables al circuito de base común.  $V_{CC}$  es de 15 voltios positivos con respecto a tierra. La caída de voltaje a través de  $R_2$  fija la base a 4 voltios positivos con respecto a tierra, y la caída de voltaje a través de  $R_3$  fija el emisor a 3.3 voltios positivos con respecto a tierra. La caída de voltaje a través de  $R_3$  y  $Q_1$  fijan el colector a 9 voltios positivos con respecto a tierra. Cuando se polariza correctamente, la corriente de estado de reposo circula así a través del circuito de base común (como se muestra en la figura 4-2): desde tierra a través de  $R_3$ , a través del emisor, a través de la unión de emisor base, a través de la base, y a través de  $R_1$  a  $V_{CC}$  (flechas punteadas); y desde tierra a través de  $R_3$ , a través del emisor, a través de la unión de emisor base, a través de la base, a través de la unión de colector base, a través del colector, y a través de  $R_4$  a  $V_{CC}$  (flechas sólidas).



**Figura 4-2. Caminos de la corriente en un circuito de base común**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 4**

**2. Amplificadores**

Como la señal de entrada se aplica al emisor y se toma del colector, el circuito de base común tiene características de amplificación que son diferentes a los del circuito de emisor común y el circuito de colector común. Estas diferencias se ilustran al examinar el proceso de amplificación en el circuito de base común.

Cuando la señal de entrada se aplica a la entrada del circuito de base común, su valor queda superpuesto sobre el potencial de corriente continua del emisor. A medida que la señal aumenta hacia su máximo valor positivo, añadiendo al voltaje del emisor, la diferencia del potencial entre el emisor y la base disminuye porque el potencial del emisor aumenta. Por consiguiente, el flujo de corriente disminuye. Cuando la señal de entrada se torna negativa, la diferencia de potencial entre el emisor y la base aumenta, causando un aumento en el flujo de corriente a través del circuito.

Como ocurre con los circuitos de emisor y colector comunes, una reducción en el flujo de corriente causa una disminución en la caída de voltaje a través del resistor de carga ( $R_4$ ). Igualmente, un aumento en el flujo de corriente produce un incremento en la caída de voltaje a través de  $R_4$ . De modo que cuando la señal de entrada se torna positiva, hay una reducción en la caída de voltaje a través de  $R_4$ . Esta reducción causa un aumento en el voltaje aplicado al colector de  $Q_1$  porque este voltaje es establecido por el voltaje bajado a través de  $R_3$  y  $Q_1$ . Por otra parte, cuando la señal de entrada se torna negativa hay un aumento en la caída de voltaje a través de  $R_4$  y una reducción en el voltaje aplicado al colector. Por lo tanto, las señales de entrada y salida del circuito de base común están en fase entre sí (figura 4-3).

**NOTAS**

---

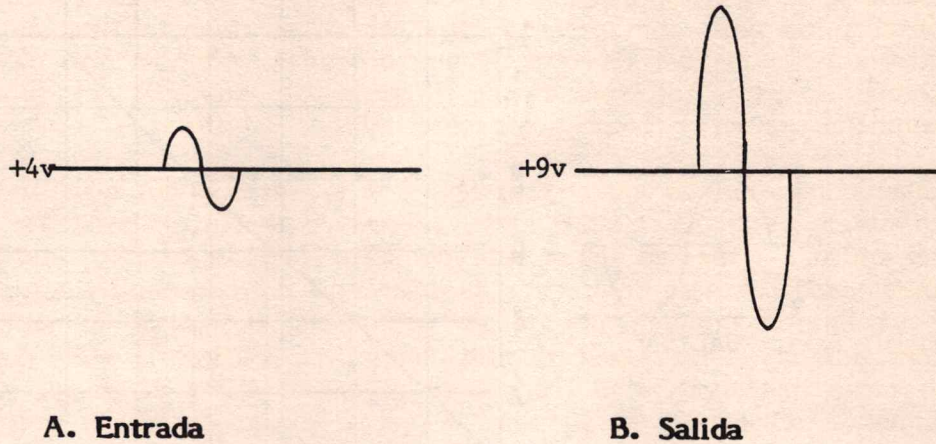
---

---

---

---

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 4**

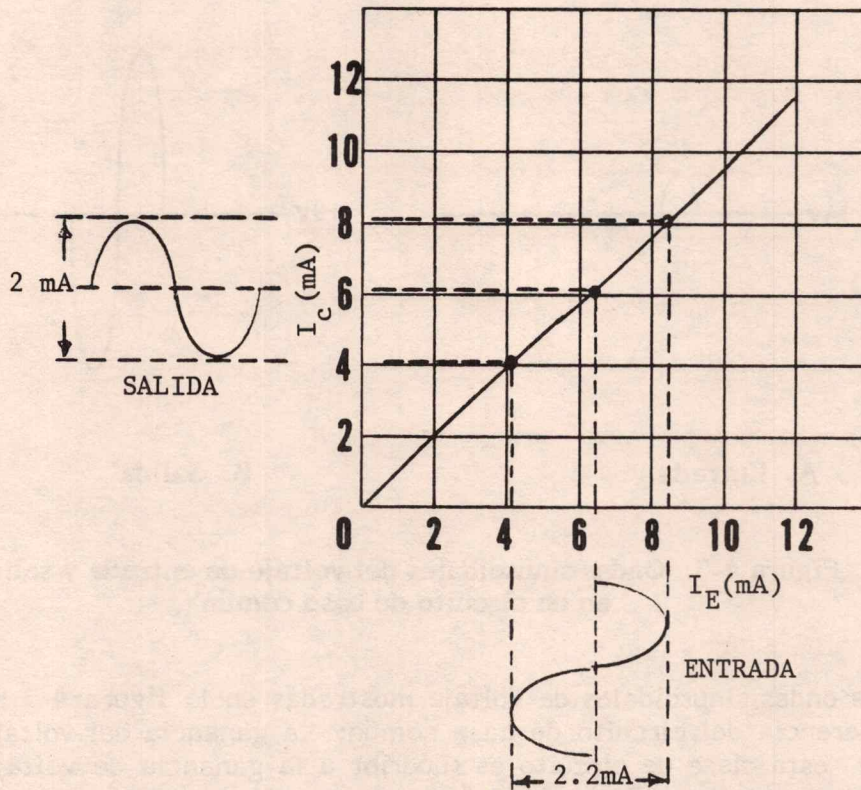


**Figura 4-3. Ondas sinusoidales del voltaje de entrada y salida en un circuito de base común**

Las ondas sinusoidales de voltaje mostradas en la figura 4-3 ilustran otra diferencia del circuito de base común: la ganancia de voltaje producida por esta clase de circuito es superior a la ganancia de voltaje producida por un circuito de emisor común o uno de colector común. La diferencia de potencial relativamente grande entre el emisor y el colector en el circuito de base común causa cambios máximos en el flujo de corriente a través del resistor de carga  $R_4$ . Los cambios en el flujo de corriente a través de  $R_4$  a su vez causan cambios proporcionales en la caída de voltaje a través de  $R_4$  y en el voltaje de potencial aplicado al colector. Por consiguiente, la ganancia de voltaje en el circuito de base común es alta.

Aunque el circuito de base común produce una alta ganancia de voltaje, solamente produce una ganancia de corriente 1, porque el colector recibe casi todos los cambios de corriente que pasan a través del emisor. Aunque la ganancia de corriente normalmente es menos que 1, la mayoría de fabricantes clasifican la ganancia de corriente de los amplificadores de base común como "unidad". La curva característica de transferencia en la figura 4-4 muestra la relación entre la corriente del emisor y la del colector y la ganancia de corriente en un circuito de base común. El eje vertical es la corriente de salida,  $I_C$ , y el eje horizontal es la corriente de entrada  $I_E$ .

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 4**



**Figura 4-4. Curva característica de transferencia para un circuito de base común**

Debido a los valores de la ganancia de corriente y la ganancia de voltaje, el circuito de base común tiene una ganancia de potencia que es superior a la ganancia de potencia producida por el circuito de colector común.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 4**

**REPASO DEL SEGMENTO**

1. Escriba los componentes del circuito de base común que se empleó como ejemplo en esta sección.
  - a. \_\_\_\_\_
  - b. \_\_\_\_\_
  - c. \_\_\_\_\_
  - d. \_\_\_\_\_
  - e. \_\_\_\_\_
  
2. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.

En un circuito de base común, la señal de entrada se toma de

  - a. El emisor
  - b. La base
  - c. El colector
  - d. El resistor o resistencia
  
3. ¿Verdadero o falso? En el circuito de base común, a medida que la señal de entrada se torna negativa, la diferencia de potencial entre el emisor y la base aumenta.
  
4. Cuando se aplica una señal a la entrada de un circuito de base común, su valor se aplica a \_\_\_\_\_ del transistor.
  
5. Las señales de entrada y salida de un circuito de base común están \_\_\_\_\_  
(en fase/fuera de fase)

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 4**

REPASO DEL SEGMENTO. (conclusión)

6. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.

El circuito de base común proporciona una ganancia de corriente que es

- a. Superior que a la del circuito de colector común
- b. Menos de uno
- c. Mas que uno
- d. Igual a la del circuito de emisor común

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5**

**SEGMENTO 5 - AMPLIFICADORES DE ETAPAS MULTIPLES**

**OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO**

- Definir "impedancia."
- Definir "acoplamiento."
- Explicar los tres métodos de acoplamiento típicos que se emplean en los circuitos amplificadores de etapas múltiples.
- Identificar los componentes y las etapas de un amplificador de etapas múltiples.
- Explicar el proceso de amplificación de etapa a etapa en un circuito amplificador de etapas múltiples.

**RESUMEN DEL SEGMENTO**

Cuando el circuito amplificador se utiliza por si sólo para amplificar una señal comúnmente se le llama un amplificador de una sola etapa. Cada configuración proporciona diferentes ganancias de corriente, de voltaje y potencia, así como también proporciona una impedancia diferente. Otra característica de los circuitos amplificadores transistorizados es que diferentes configuraciones tienen diferentes clasificaciones de impedancia. La impedancia es la suma vectorial de la resistencia y reactancia o, dicho de otra forma, es la oposición total al flujo de corriente en un circuito de corriente alterna. La impedancia se mide en ohmios.

Puesto que cada configuración de los amplificadores transistorizados tiene una terminación diferente en cuanto a los terminales de entrada y salida al transistor, cada configuración tiene diferentes impedancias de entrada y salida. La impedancia de entrada y de salida del circuito amplificador es afectada por otros componentes del circuito, tales como los resistores y condensadores. Si se cambia el valor de ohmios de un resistor en un circuito, por ejemplo, la impedancia del circuito también cambia. Las impedancias de entrada y de salida son determinadas por el diseño del circuito y normalmente son proporcionadas por el fabricante.

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO UNIDAD 5 - SEGMENTO 5

### RESUMEN DEL SEGMENTO (conclusión)

La impedancia tiene un efecto directo sobre la transferencia de energía entre un circuito amplificador y otro, y entre un circuito amplificador y el componente que los siga en el camino de una señal. Si no se igualan la impedancia de salida y la impedancia de entrada de una etapa del amplificador con relación a otra etapa, puede ocurrir cierta pérdida de la señal. Para obtener una máxima transferencia de energía entre las etapas de amplificación, la impedancia de entrada del circuito amplificador o del componente tiene que ser igual, o lo más parecida posible a la impedancia de salida del circuito o componente que la precede en el recorrido de la señal. Por ejemplo, en un sistema estereofónico, el amplificador principal del stereo está constituido por varios circuitos amplificadores. Para poder lograr la transferencia máxima de energía, o la transferencia completa de la señal, desde la salida del amplificador a la entrada de otro componente, tal como el parlante, la impedancia de la salida del amplificador tienen que ser igual a la impedancia del parlante.

Este proceso de igualar impedancias es un factor esencial para lograr la máxima transferencia de energía entre circuitos amplificadores. Las diferentes configuraciones de circuitos amplificadores, que tienen diferentes clasificaciones de impedancia, se pueden emplear para lograr la igualdad de las impedancias. En otras palabras, un circuito que tiene una impedancia de entrada alta y una impedancia de salida baja puede conectarse con un circuito de impedancia de salida alta y con otro circuito de impedancia de entrada baja. Este igualamiento de impedancias permite una mayor transferencia de energía entre los dos circuitos de la que ocurriría si se conectaran directamente.

Los fabricantes de transistores han establecidos clasificaciones promedio de impedancia de entrada y salida para cada circuito amplificador transistorizado. Esta información puede encontrarse en los libros de datos y en los manuales de los transistores.

Los amplificadores de una sola etapa sirven para determinadas aplicaciones. Sin embargo, en algunas situaciones, estos amplificadores pueden no proporcionar suficiente ganancia. En tales casos, se utiliza un amplificador de etapas múltiples, el cual es un circuito amplificador que consta de dos o más amplificadores de una sola etapa que están conectados.

**(VEA EL SEGMENTO 5 DE LA VIDEOCINTA)**

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5 - SEGMENTO 5

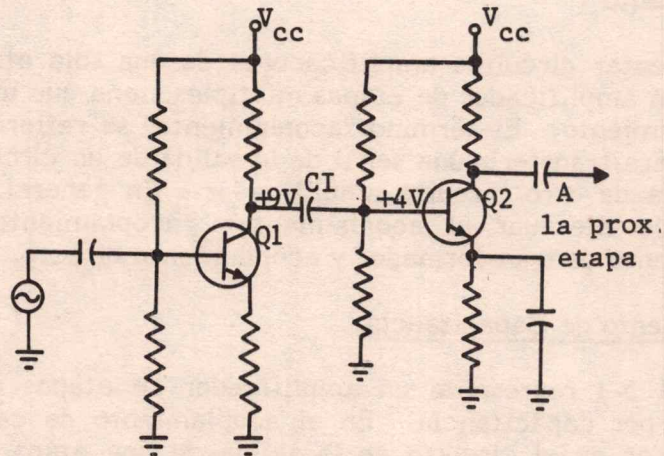
#### 1. Acoplamiento

Para conectar circuitos amplificadores de una sola etapa de manera que formen un amplificador de etapas múltiples tiene que utilizarse un método de acoplamiento. El término "acoplamiento" se refiere al proceso que se emplea para transferir una señal de la salida de un circuito amplificador a la entrada de otro circuito amplificador. En general, hay tres métodos básicos de efectuar el acoplamiento: acoplamiento de capacitancia, acoplamiento de transformador y acoplamiento directo.

##### Acoplamiento de Capacitancia

La figura 5-1 representa un amplificador de etapas múltiples que está acoplado por capacitancia. En el acoplamiento de capacitancia, hay un condensador en el circuito de la salida de una etapa y la entrada de la próxima. El condensador bloquea la corriente constante y pasa la corriente variable por el camino de la señal. Por consiguiente, cuando el amplificador de etapas múltiples se acopla por capacitancia, una señal variable pasará de una etapa a la próxima; sin embargo, la señal de estado de reposo en la salida de la primera etapa no afectará la próxima etapa. El bloqueo de la salida de señal constante de la primera etapa sirve para mantener el punto de funcionamiento de la entrada de la próxima. Por ejemplo, en la figura 5-1, el voltaje de estado de reposo en la salida de la primera etapa es de 9 voltios positivos con respecto a tierra, y el voltaje de estado de reposo en la entrada de la próxima etapa es de 4 voltios positivos con respecto a tierra. Si una señal variable se aplica a la entrada de la primera etapa la señal se amplifica y es sobreimpuesta sobre el voltaje constante en la salida de esa etapa. A medida que la señal continúa por el su recorrido, el condensador bloquea la señal del voltaje de salida constante de 9 voltios y pasa solamente la señal de salida variable. La señal variable luego queda sobreimpuesta sobre la señal de voltaje constante de 4 voltios en la entrada de la próxima etapa. El acoplamiento por capacitancia es muy útil cuando se tienen que amplificar señales variables. Sin embargo, este tipo de acoplamiento tiene una reacción deficiente a las señales de baja frecuencia, de modo que generalmente no se utiliza en los circuitos con amplificación de baja frecuencia.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

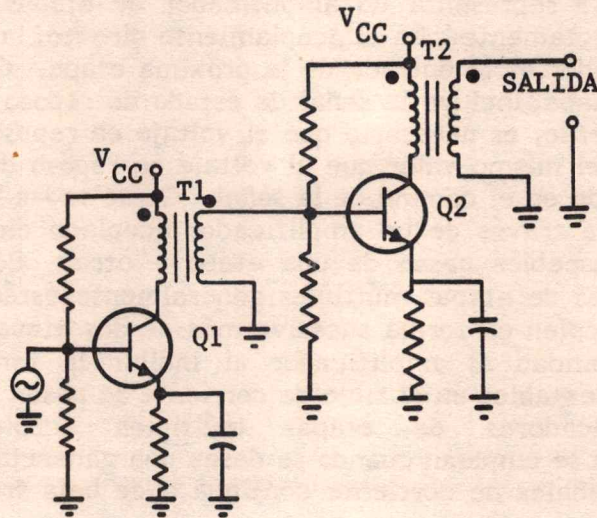


**Figura 5-1. Acoplamiento por capacitancia**

Acoplamiento por Transformador

La figura 5-2 representa un amplificador de etapas múltiples acoplado por transformador. En el acoplamiento por transformador hay un transformador en el circuito entre las etapas del amplificador. Los transformadores también bloquean las señales constantes y dejan pasar las señales variables. Como el transformador requiere de un campo magnético que se ensancha y desvanece alrededor de la bobina primaria para inducir un potencial en la secundaria, solamente el cambio en la señal de salida de la primera etapa (causado por una señal de entrada variable) será inducido en la bobina secundaria del transformador. La bobina secundaria se conecta a la entrada de la segunda etapa. A medida que la señal variable pasa de la bobina primaria a la bobina secundaria la señal es transferida a la entrada de la segunda etapa. Únicamente la señal variable queda sobrepuesta sobre la entrada de la segunda etapa.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**



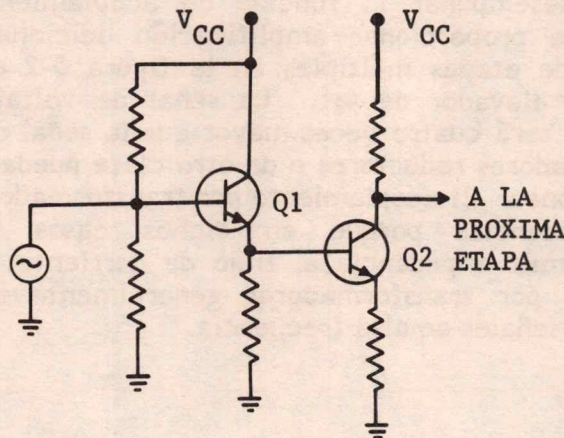
**Figura 5-2. Acoplamiento por transformador**

Además de desempeñar la función de acoplamiento el transformador también puede proporcionar amplificación adicional. Por ejemplo, el amplificador de etapas múltiples en la figura 5-2 está acoplado con un transformador elevador de 4:1. La señal de voltaje de salida de este transformador será cuatro veces mayor que la señal de voltaje de entrada. Los transformadores reductores o de otro clase pueden ser empleados para otras aplicaciones. El acoplamiento por transformador tiene mala reacción a altas frecuencias porque en dichos casos los transformadores proporcionan más impedancia al flujo de corriente. De manera que los acoplamientos por transformadores generalmente no se emplean para amplificar las señales de alta frecuencia.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

Acoplamiento Directo

La figura 5-3 representa un amplificador de etapas múltiples que está acoplado directamente. En el acoplamiento directo, la salida de una etapa del amplificador es la entrada de la próxima etapa. Cuando la señal pasa de etapa a etapa, incluye la señal de estado de reposo y la señal variable. Por consiguiente, es necesario que el voltaje en reposo de entrada de una etapa tenga el mismo valor que el voltaje en reposo de salida de la etapa que le precede en el camino de la señal. Como todas las variaciones de la señal pasan a través de un amplificador acoplado directamente, aún los cambios indeseables pasan de una etapa a otra. Por este motivo, los amplificadores de etapas múltiples generalmente están hechos de manera que no se acoplen en forma sucesiva más de dos etapas. Esta limitación agrega estabilidad al amplificador al inhibir la tendencia de que los aumentos indeseables en el flujo de corriente se pasen de una etapa a otra. Los amplificadores de etapas múltiples acoplados directamente generalmente se emplean cuando se desea una ganancia de corriente alta o cuando las señales de corriente continua o de baja frecuencia tienen que amplificarse.



**Figura 5-3. Acoplamiento directo**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

**2. Amplificación**

La figura 5-4A muestra un amplificador transistorizado de dos etapas. La figura 5-4B es el diagrama esquemático para ese amplificador, el cual consta de dos circuitos de emisor común que se acoplan por capacitancia. Cada etapa consta de un transistor NPN (Q1 y Q2); resistores de polarización (R2 y R3; y R7 y R8), que forman un divisor de voltaje que establece el punto de funcionamiento de entrada para cada transistor; un resistor estabilizador (R5 y R10), un condensador de derivación (C3 y C6) y un resistor de carga (R4 y R9). Hay una señal de entrada variable acoplada a la entrada de la primera etapa por el condensador de acoplamiento C1. La señal de salida de la primera etapa está acoplada a la entrada de la segunda por el condensador de acoplamiento C2. Los resistores R1, R6 y R11, son resistores productores de señal. Las caídas de voltaje desarrolladas a través de los resistores R1 y R6 determinan las señales que se aplican a la base de cada transistor. El resistor R11 desarrolla la señal para la salida.

**NOTAS**

---

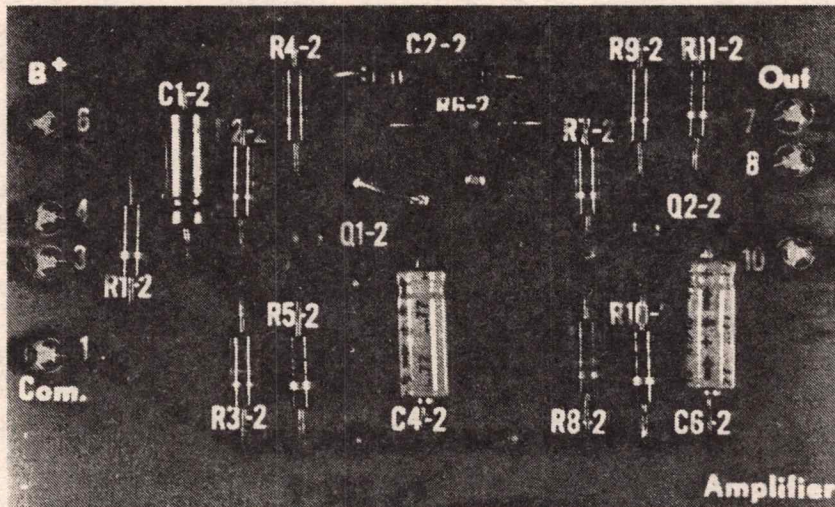
---

---

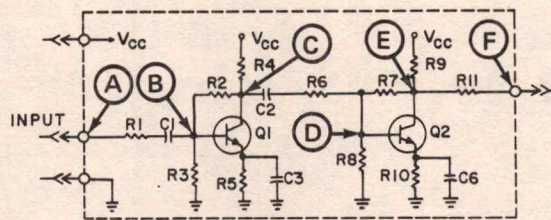
---

---

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**



**A. Amplificador**



**B. Diagrama esquemático**

**Figura 5-4. Amplificador de etapas múltiples y diagrama esquemático**

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO UNIDAD 5 - SEGMENTO 5

Una forma de ver cómo funciona el amplificador transistorizado es trazando o siguiendo la señal a través del circuito y observando qué le ocurre a esa señal. Puede emplearse un generador de señales para que proporcione una señal de entrada variable al circuito que se va a examinar. También puede utilizarse un osciloscopio para ver las ondas sinusoidales de voltaje producidas a lo largo del camino de la señal. En el siguiente ejemplo, se traza una señal de 1000 hercios a través del amplificador mostrado en la figura 5-4. Las ondas sinusoidales de voltaje en el osciloscopio se emplean para mostrar el voltaje en los puntos de entrada y salida a lo largo del camino por donde pasa la señal del amplificador. Estos puntos están rotulados A, B, C, D, E y F en el diagrama esquemático.

El primer punto en donde se prueba la señal es en el terminal de entrada al amplificador (punto A en el diagrama). La figura 5-5 muestra la onda sinusoidal del osciloscopio. El osciloscopio se ha colocado para que lea 0.05 V por división. En el punto A, el osciloscopio lee una onda sinusoidal con el valor de pico a pico de aproximadamente 0.01 voltio.

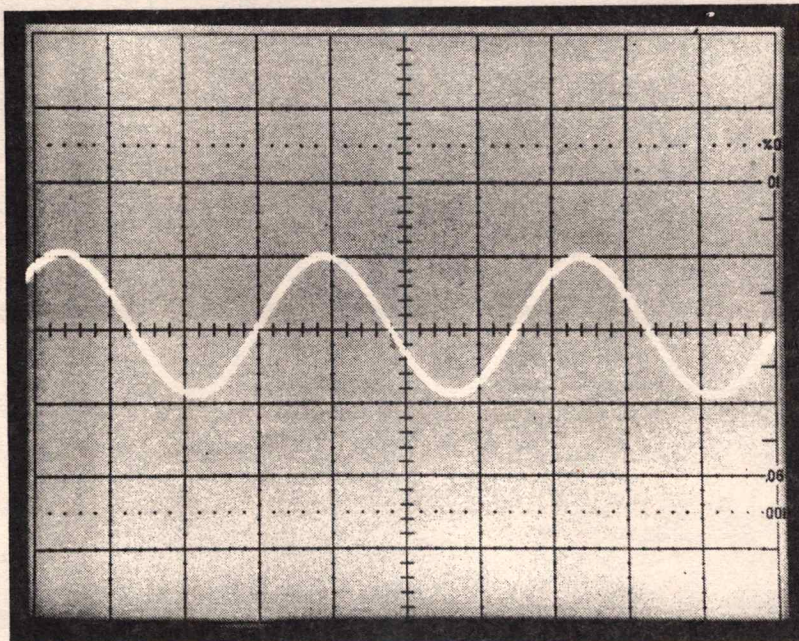
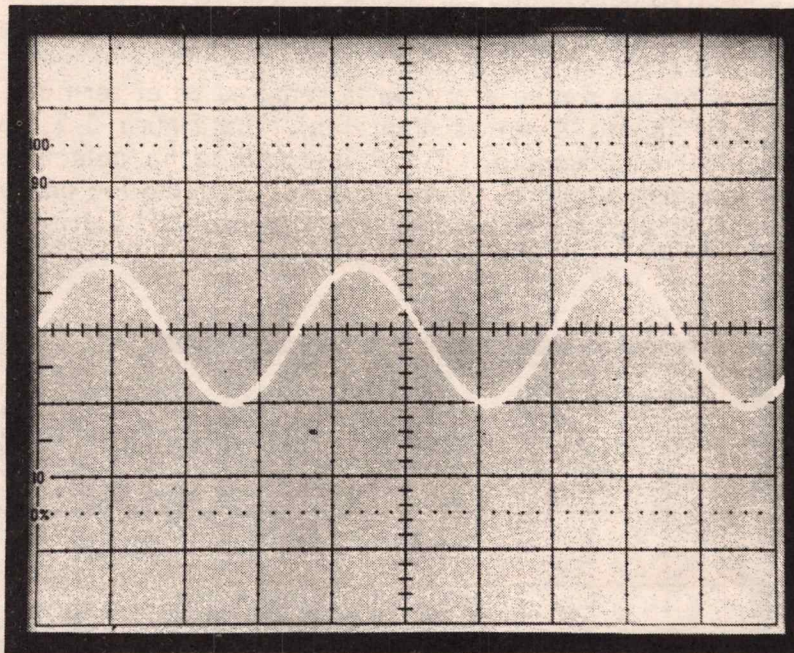


Figura 5-5. Onda sinusoidal de voltaje en el terminal de entrada

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

El próximo punto que se examina es la entrada de la primera etapa del amplificador (punto B en el diagrama.) Este punto es la base del transistor Q1 porque se trata de un circuito de de emisor común. La onda sinusoidal en la figura 5-6 representa la indicación del osciloscopio en este punto; tiene el mismo valor pico a pico de aproximadamente 0.1 voltio. Nuevamente, el osciloscopio se ha colocado para que lea 0.05 V por división.

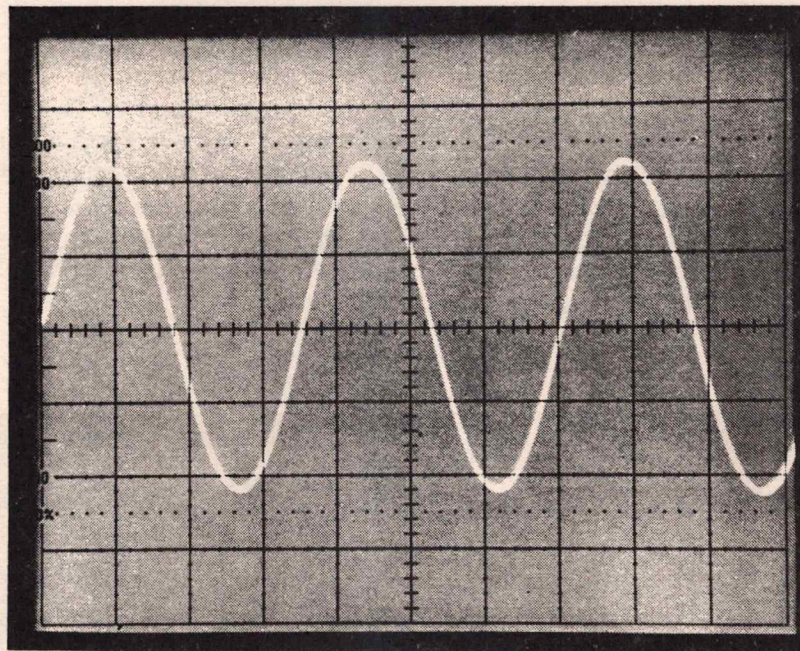


**Figura 5-6. Onda sinusoidal de voltaje en la entrada de la primera etapa**

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5 - SEGMENTO 5

El tercer punto de prueba es en la salida de la primera etapa (punto C en el diagrama esquemático). Este punto es el colector de Q1. La figura 5-7 muestra la onda sinusoidal en este punto. El osciloscopio se ha colocado para que lea 0.2 V por división. Como el transistor Q1 ha amplificado la señal, su valor de pico a pico ahora es de aproximadamente 0.9 voltios.



**Figura 5-7. Onda sinusoidal de voltaje en la salida de la primera etapa**

El valor pico a pico de la señal de entrada de 0.1 voltio y el valor pico a pico de la señal de salida de 0.9 voltio, pueden emplearse para calcular la ganancia de voltaje de esta etapa de la amplificación.

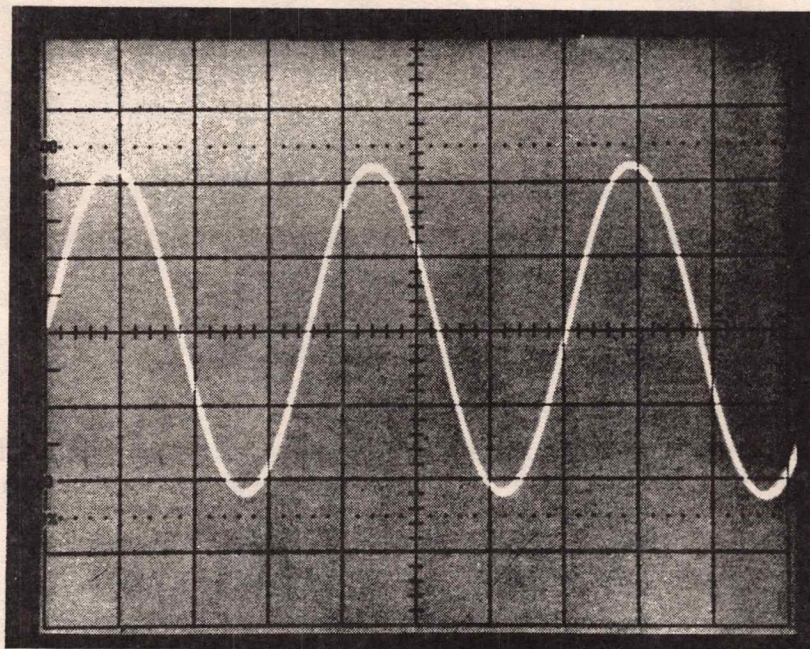
**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{\Delta V \text{ Salida}}{\Delta V \text{ Entrada}}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{0.9 \text{ V}}{0.1 \text{ V}}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = 9$$

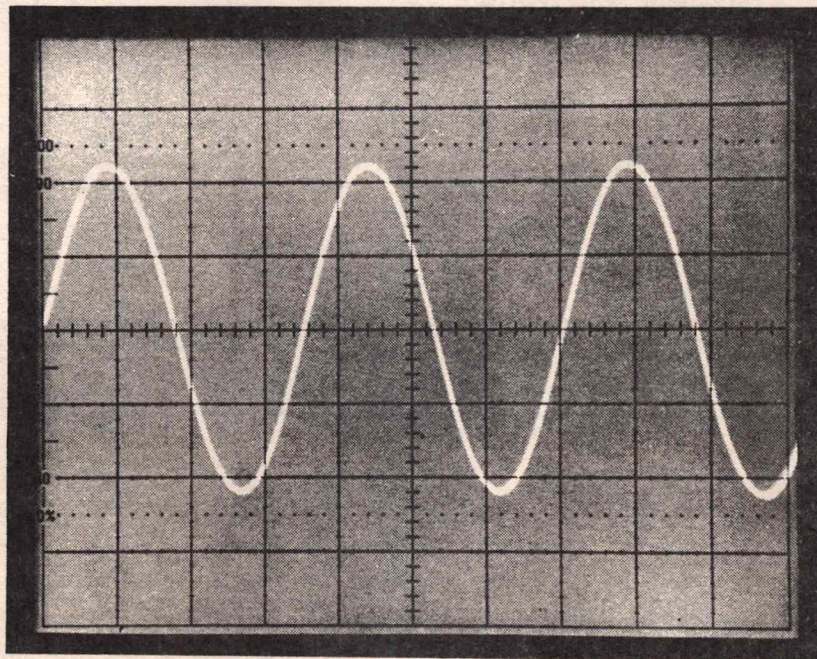
Siguiendo el recorrido de la señal, el próximo punto de examen es la entrada la segunda etapa del amplificador (punto D en el diagrama esquemático), en la base del transistor Q2. La figura 5-8 muestra la onda sinusoidal de voltaje en este punto, en donde la lectura del osciloscopio indica 0.9 voltio pico a pico. El osciloscopio nuevamente está colocado para que lea 0.2 V por división. Esta indicación muestra que el condensador C2 ha desarrollado su función -ha pasado solamente la señal variable de 0.9 voltio a la entrada de la segunda etapa.



**Figura 5-8. Onda sinusoidal de voltaje en la entrada de la segunda etapa**

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO UNIDAD 5 - SEGMENTO 5

La salida de la segunda etapa de amplificación (punto E en el diagrama esquemático), o sea el colector del transistor Q2, es el próximo punto de prueba. La figura 5-9 muestra la onda sinusoidal de voltaje en este punto, que tiene un valor pico a pico de 9 voltios. El osciloscopio está colocado para leer 2 V por división.



**Figura 5-9. Onda sinusoidal de voltaje en la salida de la segunda etapa**

El transistor Q2 ha amplificado la señal de un valor de entrada pico a pico de 0.9 voltio a un valor de salida pico a pico de 9 voltios, de manera que la ganancia para la segunda etapa de amplificación puede calcularse de la siguiente manera:

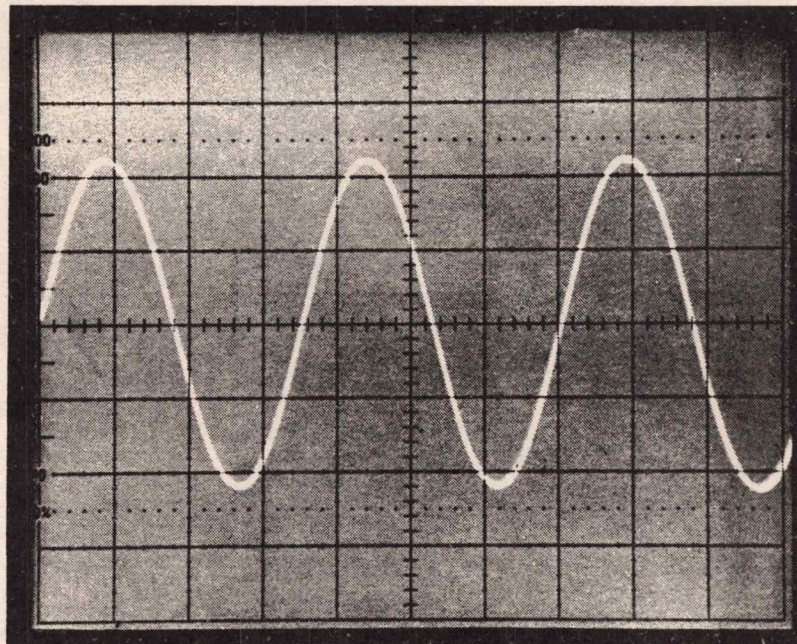
**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{\Delta V \text{ Salida}}{\Delta V \text{ Entrada}}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{9 \text{ V}}{0.9 \text{ V}}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = 10$$

Para completar el seguimiento de la señal se toma una medida del osciloscopio en el terminal de salida del circuito (punto F en el diagrama esquemático). La figura 5-10 muestra la onda sinusoidal de voltaje en este punto, con un valor pico a pico de 9 voltios. El osciloscopio nuevamente se coloca para que lea 2 V por división.



**Figura 5-10. Onda sinusoidal de voltaje en el terminal de salida**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

La ganancia de voltaje de todo el amplificador de dos etapas puede calcularse por una de las dos ecuaciones siguientes:

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \text{Ganancia de Voltaje de la Primera Etapa} \times \text{Ganancia de Voltaje de la Segunda Etapa}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = 9 \times 10$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = 90$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{\Delta V \text{ Salida (2da Etapa)}}{\Delta V \text{ Entrada (1era Etapa)}}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{9 \text{ V}}{0.1 \text{ V}}$$

$$\text{Ganancia de Voltaje} = 90$$

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

**REPASO DEL SEGMENTO**

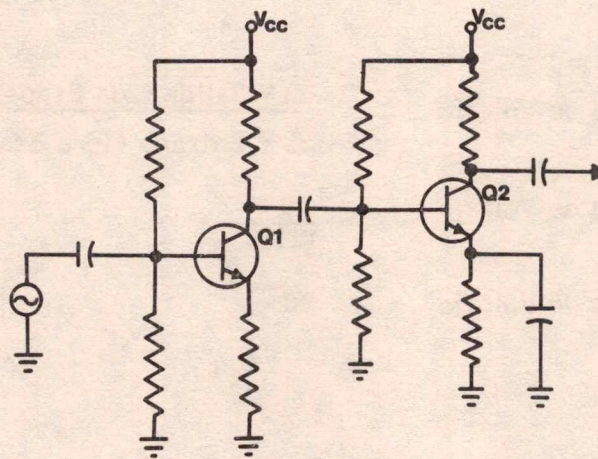
1. ¿Que es acoplamiento?

---

---

---

2. ¿Que método de acoplamiento se emplea en el circuito que se muestra a continuación?



Respuesta: \_\_\_\_\_

3. Enumere los tres métodos básicos de acoplar amplificadores

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 5**

REPASO DEL SEGMENTO (conclusión)

4. Si el cambio en la entrada de voltaje de la primera etapa de un amplificador de dos etapas es de 0.7 V y el cambio de voltaje en la salida de la segunda etapa es 7 V, ¿de cuánto es la ganancia de voltaje total en el amplificador?

5. Escriba las dos ecuaciones para calcular la ganancia de voltaje en un amplificador de dos etapas.

a. \_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5**

**SEGMENTO 6 - INVESTIGACION DE AMPLIFICADORES**

**OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO**

- Describir las pruebas de voltaje iniciales en la unidad que se hace para la investigación de amplificadores transistorizados.
- Identificar los problemas con las tarjetas o tableros de circuito mediante inspecciones visuales.
- Describir el procedimiento típico para investigar un amplificador transistorizado de etapas múltiples.

**RESUMEN DEL SEGMENTO**

La investigación de amplificadores transistorizados es un proceso lógico que se sigue paso por paso. Se ahorrará tiempo si se tiene un conocimiento general de los posibles defectos que puede tener el amplificador y se está alerta a las señales de daño total en el circuito o a los defectos de alguna o componentes específicos. Esto, además ayudará a los técnico a localizar el origen de los problemas en forma eficiente. Hay muchos y diferentes procedimientos para la investigación. En este segmento, se examina un método de investigación. El ejemplo que se trata en este cuaderno es diferente al que se ha mostrado en la videocinta. Debe mencionarse que cada planta generalmente sigue métodos de investigación determinados por las necesidades y reglamento de dicha planta. Se recomienda que los técnicos consulten con sus supervisores para identificar los métodos de investigación preferidos en sus plantas.

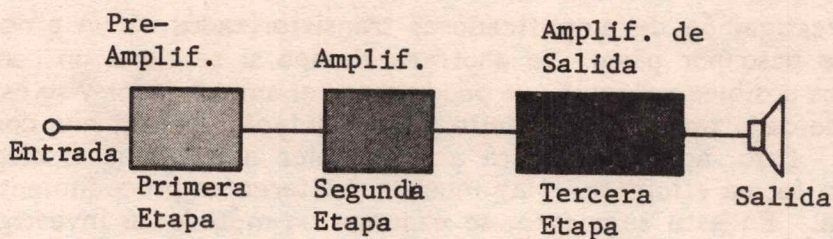
**(VEA EL SEGMENTO 6 DE LA VIDEOCINTA)**

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO UNIDAD 5 - SEGMENTO 6

### 1. Pruebas Iniciales en la Unidad

Generalmente el primer paso en cualquier investigación consiste en hacer pruebas iniciales del voltaje de salida en el sitio donde está la unidad para poder aislar el problema. Esto puede hacerse con un osciloscopio o con otro equipo de prueba de voltaje. Esta prueba inicial generalmente concreta el problema a un tablero o tarjeta del circuito, la cual entoces puede retirarse de la unidad para probarla más extensamente.

La figura 6-1 es un diagrama en bloque de un amplificador típico de etapas múltiples. El amplificador consta de tres etapas: (1) un pre-amplificador (primera etapa), (2) un amplificador (segunda etapa), y (3) un amplificador de salida (tercera etapa) que está acoplado al parlante. Cuando se hacen las pruebas de voltaje iniciales de este tipo de amplificador se obtendrán mejores resultados si se comienza entre el amplificador de salida y el parlante. Desde ese punto se retrocede por el camino de la señal, tomando medidas entre la tercera etapa y la segunda, entre la segunda etapa y la primera, y entre la primera etapa y la entrada.



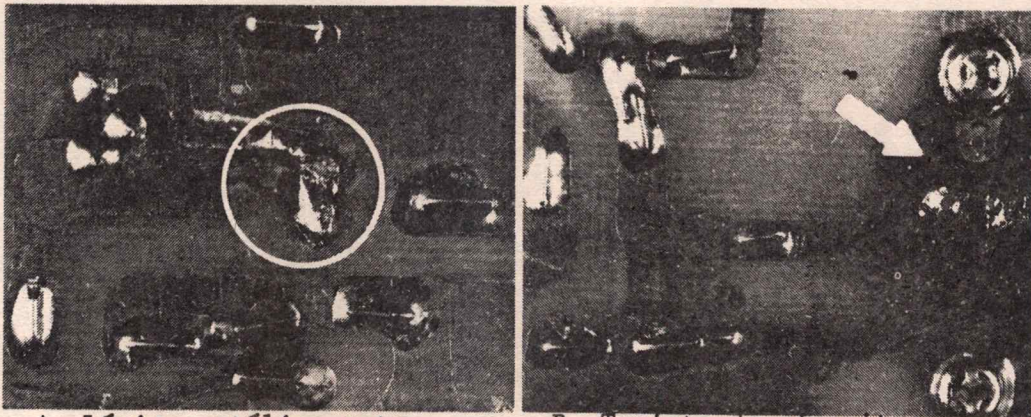
**Figura 6-1. Diagrama en bloque de un amplificador típico de múltiples etapas**

Las pruebas iniciales de voltaje en el amplificador que se utiliza en este ejemplo, prueban las entradas y salidas de cada etapa para determinar si hay una pérdida de la señal en alguna parte del recorrido de la señal. Por ejemplo, digamos que se han tomado medidas del voltaje de la señal con un osciloscopio hasta la salida de la primera etapa. Y no hay salida de señal en este punto. Si el osciloscopio muestra una señal del voltaje cuando se toma una medida entre la entrada de la tarjeta de circuito (un tablero aislado con componentes conectados por papel metálico conductor) y la primera etapa, lo más probable es que haya un defecto en alguna parte de la primera etapa del amplificador. La tarjeta de circuito para esta etapa entonces puede retirarse de la unidad y el problema puede aislarse aún más hasta que se encuentre una causa específica.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5 - SEGMENTO 6**

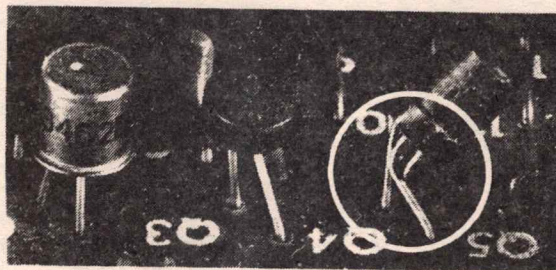
**2. Inspección Visual**

Una vez que se ha retirado la tarjeta de circuito de la unidad, se debe hacer una inspección visual para identificar daños evidentes. La figura 6-2 muestra unas tarjetas de circuito defectuosas que han dejado de funcionar como resultado de los problemas que se pueden identificar con una inspección visual.



A. Lámina metálica rota  
(alambre abierto)

B. Tarjeta de circuitos  
quemada o de color  
alterado



C. Conductores doblados en contacto

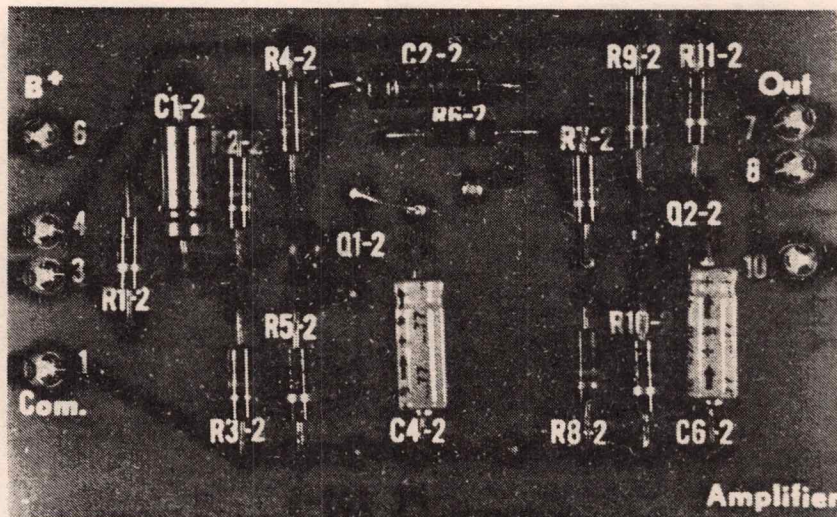
**Figura 6-2. Tarjetas de circuito dañadas**

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5 - SEGMENTO 6**

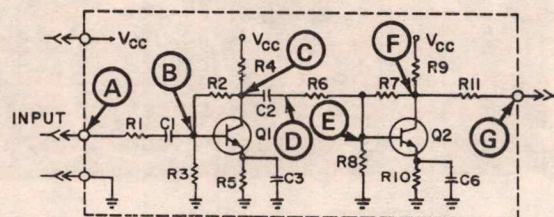
**3. Pruebas de la Señal en Componentes Específicos**

Si una inspección de la tarjeta de circuito defectuosa no revela el problema, el próximo paso en el proceso de investigación consiste en hacer pruebas de la señal para determinar si hay un componente defectuoso en el circuito. Estas pruebas pueden hacerse con un osciloscopio.

El circuito mostrado en la figura 6-3 es el mismo amplificador de dos etapas que se examinó en el segmento 5. Después de determinar que la tarjeta era el origen del problema, ésta tendría que retirarse de la unidad.



**A. Tarjeta de Circuito**



**B. Diagrama Esquemático**

**Figura 6-3. Amplificador de dos etapas y esquemático**

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5 - SEGMENTO 6

Para los fines de este ejemplo, asuma que se aplica una señal a la entrada del circuito con un generador de señales y que se utiliza un osciloscopio para probar la señal de voltaje (en la forma de una onda sinusoidal) en diversos puntos del circuito. La utilización del diagrama esquemático facilita el seguimiento del paso de la señal.

La prueba de la señal típicamente comienza en la salida de la tarjeta del circuito y luego retrocede por el camino de la señal hasta que se localiza el problema. Para este ejemplo, asuma que las pruebas de la señal se han hecho en la salida de la tarjeta del circuito (punto G en el diagrama esquemático), en la salida de la segunda etapa del amplificador (punto F en el diagrama esquemático), y en la entrada de la segunda etapa (punto E en el diagrama esquemático), y el osciloscopio no ha mostrado una señal en ninguno de los puntos.

Si no hay señal desde el punto E en el diagrama esquemático, hay una posibilidad de que el condensador de acomplamiento C2 esté defectuoso. Si este es el caso, la señal no hubiera llegado a la entrada de la segunda etapa (punto E). Por consiguiente, el próximo paso es hacer una prueba de la señal en la salida de C2 (punto D). Si el osciloscopio aún no muestra señal, tendrán que hacerse pruebas de las señales en la salida de la primera etapa (punto C en el diagrama esquemático) y en la entrada de la primera etapa (punto B en el diagrama esquemático). Si no hay señal en la salida de la primera etapa (punto C) pero si la hay en la entrada de la primera etapa (punto B), esto es una indicación que el transistor Q1 está defectuoso: la señal de entrada pasa a la entrada de la primera etapa pero se pierde antes de llegar a la salida. El próximo paso consiste en retirar el transistor del circuito y probarlo para determinar si tiene que cambiarse.

Cuando un componente ha sido identificado como la causa del funcionamiento defectuoso, el componente debe cambiarse si es necesario. Luego debe hacerse una prueba final de la señal para verificar que se ha eliminado el problema. Esta prueba final de la señal debe incluir medidas en el punto donde ocurrió la pérdida de la señal y en la salida de la tarjeta del circuito. En este ejemplo, las indicaciones del voltaje se tomarían en la salida de Q2 (punto C en el diagrama esquemático) y en el terminal de salida de la tarjeta del circuito (punto G en el diagrama esquemático).

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO  
UNIDAD 5 - SEGMENTO 6**

**REPASO DEL SEGMENTO**

1. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.

Generalmente, el primer paso en la investigación de un amplificador transistorizado es

- a. Hacer una inspección visual de la tarjeta de circuito dañada.
  - b. Hacer una prueba de voltaje preliminar de voltaje en la unidad para concretar el problema a una tarjeta.
  - c. Retirar la tarjeta de circuito defectuosa de la unidad
  - d. Hacer pruebas de la señal en la salida y entrada de cada etapa del circuito
2. ¿Verdadero o falso? Después de que se ha retirado la tarjeta de circuito de la unidad, el próximo paso en la investigación consiste en hacer una inspección visual de la tarjeta.
3. Cuando se hace una prueba de la señal en un amplificador defectuoso de etapas múltiples, que se ha retirado de la unidad, es mejor comenzar en (a) \_\_\_\_\_ y (b) \_\_\_\_\_ a lo largo del camino de la señal.  
(avanzar/, retroceder)

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**

**GLOSARIO**

Los siguientes términos se aplican al estudio de amplificadores transistorizados y se definen en ese contexto.

- Acoplamiento - Proceso que se emplea para transferir una señal de la salida de un circuito amplificador a la entrada de otro.
- Acoplamiento directo - Método de acoplar amplificadores en el cual la salida de una etapa se conecta directamente a la entrada de la etapa siguiente.
- Acoplamiento por capacitancia - Método de acoplar amplificadores en el cual se coloca un condensador entre la salida de una etapa y la entrada de la siguiente etapa para transferir una señal entre las dos etapas.
- Acoplamiento por transformador - Método de acoplar amplificadores en el cual se coloca un transformador entre la salida de una etapa y la entrada de la siguiente etapa para transferir una señal entre las dos etapas.
- Amplificación - Proporción entre los valores de la señal de salida y la señal de entrada de un dispositivo; también llamada ganancia.
- Amplificador - Dispositivo que recibe una señal en su entrada y entrega una señal mayor, sin distorsión en su salida.
- Amplificador clase A - Amplificador en el cual el punto de funcionamiento se establece de manera que haya corriente del colector durante todo el ciclo de la señal de entrada (360°).

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**

GLOSARIO (continuación)

- |                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
| Amplificador clase AB        | - | Amplificador en el cual el punto de funcionamiento se establece de manera que haya corriente del colector para más de la mitad pero menos que todo el ciclo de la señal de entrada (entre $180^\circ$ y $360^\circ$ ). |
| Amplificador clase B         | - | Amplificador en el cual el punto de funcionamiento se establece de manera que haya corriente del colector por aproximadamente la mitad del ciclo de la señal de entrada (aproximadamente $180^\circ$ ).                |
| Amplificador clase C         | - | Amplificador en el cual el punto de funcionamiento se establece de manera que haya corriente del colector para mucho menos de la mitad del ciclo de la señal de entrada (menos de $180^\circ$ ).                       |
| Amplificador de carga        | - | Circuito amplificador que consta de dos o más circuitos amplificadores de una etapa conectados entre sí.   |
| Amplificador transistorizado | - | Circuito transistorizado que recibe una señal eléctrica en su entrada y entrega una versión aumentada y sin distorsión de esa señal en la salida.  |
| Circuito de base común       | - | Circuito amplificador transistorizado en el cual la señal de entrada se aplica al emisor, la señal de salida se toma del colector, y la base es común a los terminales de entrada y salida.                            |
| Circuito de colector común   | - | Circuito amplificador transistorizado en el cual la señal de entrada se aplica a la base, la señal de salida se toma del emisor y el colector es común a los terminales de entrada y salida.                           |

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**

GLOSARIO (continuación)

Circuito de emisor común	-	Circuito amplificador transistorizado en el cual la señal de entrada se aplica a la base, la señal de salida se toma del colector, y el emisor es común a los terminales de entrada y salida.
Común	-	Puntos de un circuito que se conectan juntos. Los puntos comunes de un circuito frecuentemente se representan por los símbolos de tierra.
Diferencia de potencial	-	La diferencia en voltaje de dos puntos en un circuito - normalmente positivo y negativo.
Embalamiento térmico	-	Flujo de corriente excesivo causado por el calor.
Estado de reposo	-	Condición que existe en un circuito amplificador cuando está conduciendo corriente continua, como resultado de la debida polarización pero sin tener una señal aplicada.
Ganancia	-	Véase amplificación
Ganancia de corriente	-	Proporción entre los cambios en la corriente de salida y la corriente de entrada de un circuito amplificador.
Ganancia de potencia	-	Proporción entre los cambios en la potencia de salida y la potencia de entrada de un circuito amplificador; el producto de la ganancia de voltaje y la ganancia de corriente.
Ganancia de voltaje	-	Proporción entre los cambios en el voltaje de salida y el voltaje de entrada de un circuito amplificador.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**

GLOSARIO (continuación)

- |                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
| Igualación de impedancia | - | Proceso de hacer que la impedancia de salida de un circuito corresponda a la impedancia de entrada del siguiente circuito.  |
| Impedancia               | - | Suma vectorial de la resistencia y reactancia; oposición total al flujo de corriente en un circuito de corriente alterna.   |
| Línea de carga           | - | Línea diagonal en una curva característica del transistor, la cual representa los posibles puntos de funcionamiento para un valor específico de resistencia de carga.                     |
| Lineal                   | - | La parte recta en una curva característica del transistor donde un cambio en la señal de entrada causa un cambio proporcional en la señal de salida.                                      |
| Polarización directa     | - | El potencial de polarización que permite el flujo de corriente a través de una unión PN: potencial negativo aplicado al material tipo N y potencial positivo aplicado al material tipo P. |
| Polarización inversa     | - | Potencial de polarización que inhibe el flujo de corriente a través de una unión PN: potencial positivo aplicado al material tipo N y potencial negativo aplicado al material tipo P.     |
| Punto de funcionamiento  | - | El valor del voltaje aplicado en estado de reposo y la corriente que se obtiene del transistor en un circuito amplificador.   |

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**

GLOSARIO (conclusión)

- |                      |   |
|----------------------|---|
| Región de irrupción  | - El alcance o los límites del voltaje de polarización inversa que puede aplicarse a una unión PN para permitir que la corriente siga aumentando a través de la unión, sin dañarla, después de haber alcanzado el voltaje de irrupción. |
| Transistor NPN       | - Transistor bipolar que contiene dos elementos tipo N (polos) y un elemento tipo P.  |
| Voltaje de irrupción | - El valor del voltaje que se requiere para superar la resistencia de una unión PN con polarización inversa.  |

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5

#### APENDICE A: CLASIFICACION DE AMPLIFICADORES

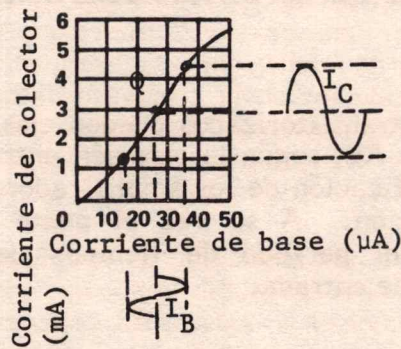
Los amplificadores transistorizados pueden clasificarse como de clase A, clase B, clase C, o clase AB, según la relación entre su señal de entrada y su señal de salida. La clasificación de los amplificadores la determina el punto de funcionamiento u operación. A su vez el punto de funcionamiento de un amplificador determina el período de tiempo que circula la corriente del colector durante el ciclo de entrada.

#### OPERACION CLASE A

Esta unidad de capacitación se concentra en los amplificadores de clase A. Para la operación de clase A, los puntos de funcionamiento se seleccionan de manera que caigan sobre la parte lineal o recta de las curvas características de transferencia. La selección de un punto de funcionamiento en el centro de la parte lineal de la curva de transferencia del amplificador afecta el flujo de corriente del colector durante todo el ciclo de entrada.

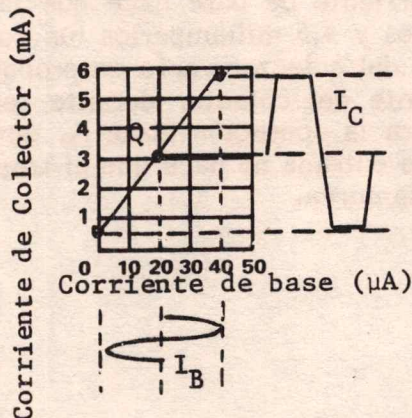
La figura A-1 muestra una curva de transferencia y las señales correspondientes de entrada y salida para un amplificador que esta funcionando bajo las especificaciones de la clase A. La corriente de base es la entrada y la corriente del colector es la salida. El punto de funcionamiento (Q) esta centrado en la parte lineal de la curva correspondiente a 25 microamperios de corriente de base y 3 miliamperios de corriente del colector. Una señal de entrada que hace que la corriente de base varíe alrededor del punto de funcionamiento entre 15 microamperios y 35 microamperios se muestra abajo del eje  $I_B$ . La variación de 20 microamperios en la corriente de base hace que la corriente del colector varíe entre 1.5 miliamperios y 4.5 miliamperios (un cambio de 3 miliamperios pico a pico). La corriente del colector varía en proporción directa al flujo de corriente de base y corriente del colector durante todo el ciclo de entrada. Estos son los requisitos para la operación clase A, también llamada operación lineal. Note que la señal de entrada no hace que el transistor funcione más allá de las partes no lineales de la curva.

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**



**Figura A-1. Curva característica de transferencia - operación clase A**

El amplificador clase A es uno en el cual el punto de funcionamiento se establece de manera que haya corriente del colector durante todo el ciclo de la señal de entrada ( $360^\circ$ ). La distorsión en los amplificadores clase A normalmente ocurre por una señal de entrada demasiado grande o un cambio en el punto de funcionamiento que se debe a cambios en la polarización. Por ejemplo, si la señal de entrada del circuito representado por la gráfica en la figura A-1 se aumentara para que produjera un cambio en la corriente de base de máximo 20 microamperios (40 microamperios pico a pico) la señal podría representarse como se muestra en la figura A-2.



**Figura A-2. Señal de entrada aumentada**

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5

Los valores de  $I_B$  en la curva característica de transferencia en la figura A-2 muestran que para un aumento de 20 microamperios en la corriente de base, la corriente del colector aumenta de 3 miliamperios a 5.7 miliamperios. Una reducción de 20 microamperios en la corriente de base resulta en una reducción del colector de 2.7 miliamperios. La corriente del colector aumenta 2.7 miliamperios y disminuye 2.7 miliamperios para cambios iguales en la corriente de base.

En la figura A-2 hay una reducción de los picos en las ondas de la corriente del colector que se debe a la operación cerca del corte y su saturación. El corte describe el punto en el cual el transistor no conduce, en el extremo bajo de la curva, porque la unión emisor base tiene polarización inversa. La saturación describe el punto donde está conduciendo el transistor en su margen máximo posible, en el extremo derecho superior de la curva de transferencia. Como el transistor está conduciendo todo lo que puede un aumento en la señal de entrada no conseguirá una salida mayor.

Cuando la señal de entrada se aumenta hasta el punto en que empuja al transistor más allá del corte y la saturación, ocurre un recorte de los picos de la señal de salida y la salida adquiere la forma de ondas cuadradas. La forma de onda de la corriente de colector ya no tiene la misma forma que la señal que causó el cambio en la corriente de base. Esta condición se llama distorsión. La señal de entrada es demasiado grande y el amplificador está siendo "forzado", es decir, la señal de entrada hace que el amplificador conduzca más o menos de su capacidad de diseño. En el amplificador clase A, para que haya una salida máxima con distorsión mínima, la señal de entrada no debe empujar al transistor a sus regiones no lineales de su curva característica de transferencia.

#### OPERACION CLASE B

Para ciertas aplicaciones, la transferencia de la señal de entrada total (como en los amplificadores clase A) no es deseable. La manipulación de la transferencia de la señal se logra mediante el cambio del punto de funcionamiento a la parte no lineal de la curva característica del transistor. Al mover el punto de funcionamiento a la parte no lineal de la curva se limita el flujo de corriente durante parte del ciclo.

## SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO

### UNIDAD 5

La figura A-3 muestra una curva característica de transferencia para el mismo amplificador que se empleó en el ejemplo anterior. Sin embargo, el amplificador ahora está funcionando según las especificaciones de clase B. Como se muestra en la figura, la operación clase B requiere que se seleccione el punto de funcionamiento en el extremo inferior de la curva característica. Este punto es aproximadamente el punto de corte de la corriente del transistor - el punto donde el transistor no conduce. Si la señal de entrada causa un cambio de 40 microamperios en la corriente de base en una alternación, un cambio de 5.25 milimaperios en la corriente del colector circula por el colector durante solamente la mitad del ciclo de entrada ( $180^\circ$ ). La onda sinusoidal de la corriente del colector muestra el efecto de "recorte" causado por la operación del transistor en el alcance de corte de la corriente del colector. Estos son los requisitos para el funcionamiento de clase B.

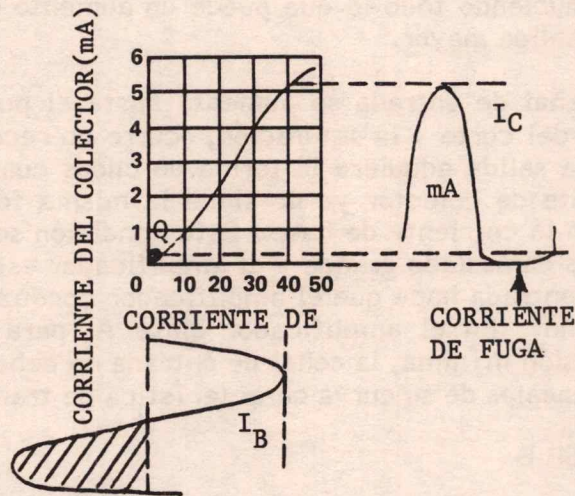


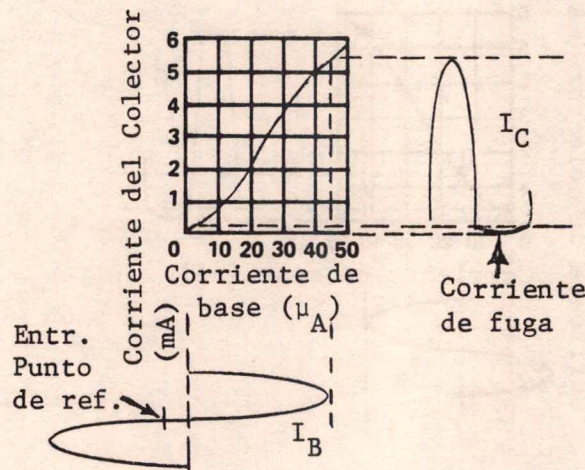
Figura A-3. Curva característica de transferencia - operación clase B

El amplificador clase B es uno en el cual el punto de funcionamiento se establece de manera que haya corriente de colector por casi la mitad del ciclo de entrada (aproximadamente  $180^\circ$ ).

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**

**OPERACION CLASE C**

Para la operación clase C, el punto de funcionamiento selecciona más mucho abajo del punto de corte del colector ( a la izquierda del valor  $I_B$  de salida). Como se muestra en la figura A-4, el resultado de colocar más abajo el punto de funcionamiento del punto de corte del colector es que la corriente del colector circula por menos de la mitad de la señal de entrada. Por consiguiente, el ciclo de salida aparece en la forma de una pulsación. El voltaje de la señal de entrada tiene que ser suficientemente grande para superar el punto de corte por lo menos durante parte del ciclo. La figura A-4 muestra una señal de entrada que causa un cambio de aproximadamente 40 microamperios en la corriente de base. En este caso este valor es suficientemente grande para afectar el flujo de corriente por parte del ciclo, satisfaciendo así los requisitos operacionales de la clase C.



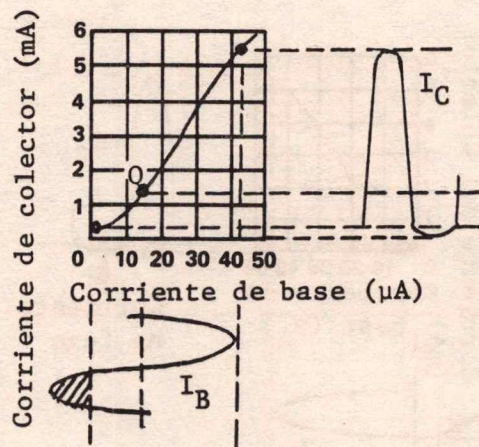
**Figura A-4. Curva característica de transferencia - operación clase C**

Un amplificador de clase C es uno en el cual el punto de funcionamiento se establece de manera que hay corriente del colector por mucho menos de la mitad del ciclo de la señal de entrada (menos de  $180^\circ$ ).

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**

**OPERACION CLASE AB**

Para la operación clase AB, el punto de funcionamiento se establece en alguna parte entre el punto de corte y el centro de la parte lineal de la curva. La figura A-5 muestra la curva característica del amplificador cuando éste está funcionando de acuerdo a las especificaciones de la clase AB. Si se coloca el punto de funcionamiento entre el punto de corte y el centro de la curva se consigue corriente del colector por más de la mitad del ciclo de entrada, pero menos que todo el ciclo de entrada. Las formas de onda de la corriente en la figura muestran que la corriente circula por más de la mitad del ciclo (toda la mitad positiva del ciclo y parte de la mitad negativa).



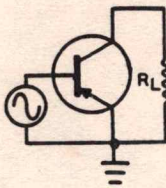
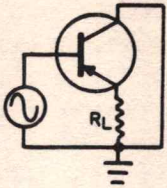
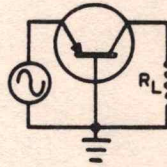
**Figura A-5. Curva característica de transferencia -  
operación clase AB**

Un amplificador de clase AB es uno en el cual el punto de funcionamiento se establece de manera que haya corriente del colector por más de la mitad del ciclo de la señal de entrada pero menos que todo el ciclo (entre 180° y 360°).

**SISTEMAS ELECTRONICOS Y EQUIPO**  
**UNIDAD 5**

**APENDICE B: COMPARACION DE LAS CONFIGURACIONES DE CIRCUITOS AMPLIFICADORES**

Las siguientes comparaciones de las tres configuraciones básicas de los amplificadores transistorizados son promedios aproximados que han sido adquiridos de varias pruebas llevadas a cabo por fabricantes de transistores. Los valores de las ganancias de potencia, voltaje y corriente no tienen unidades de medición.

CONFIGURACIONES BASICAS DE CIRCUITOS			
			
	Emisor Común	Colector Común	Base Común
Ganancia de Potencia	Alta 10,000	Baja 35	Mediana 500
Ganancia de Voltaje	Mediana 300	Baja 0.98 (unidad)	Alta 500
Ganancia de Corriente	Mediana 35	Alta 36	Baja 0.98 (unidad)
Impedancia de Entrada	Mediana 1,000Ω	Alta 350 KΩ	Baja 30Ω
Impedancia de Salida	Mediana 50 KΩ	Baja 500Ω	Alta 1 MΩ
Inversión de Fase	180°	0°	0°
Aplicación	Universal - Apropiado para casi todas la aplicaciones.	Relevador de motor sincrónico; amplificador de aislamiento; igualamiento de impedancia.	Amplificador RF de alta frecuencia; regulador de voltaje.

