

NōS

Oposiciones

TECNOLOGÍA

TEMA 68. Amplificación y adaptación de señales en los circuitos de control.

www.nosoposiciones.com

www.espazonos.com

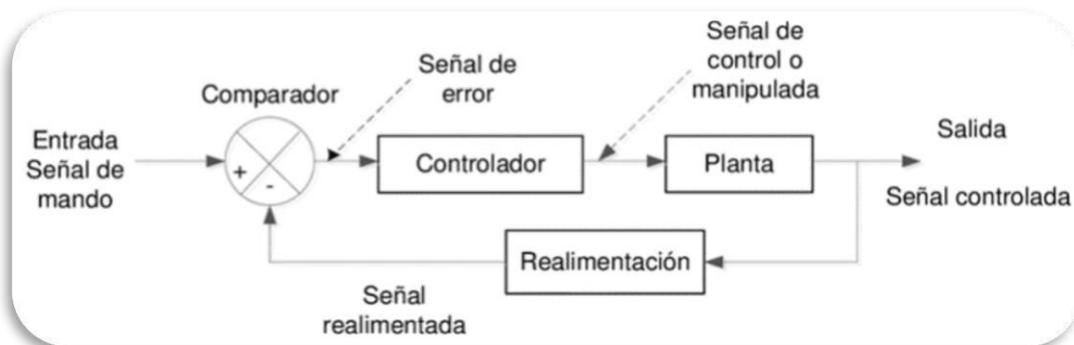
ÍNDICE DE CONTIDOS

1. Introducción.
2. Amplificadores.
 - 2.1. Clasificación de los amplificadores.
 - 2.1.1. Amplificadores con transistores.
 - 2.2. Amplificador en emisor común (EC).
 - 2.2.1. Descripción general.
 - 2.2.2. Modelo para señal de un amplificador en EC.
 - 2.3. Amplificador de tensión.
 - 2.3.1. Ganancia de tensión.
 - 2.3.2. Como predecir la ganancia de tensión.
 - 2.3.3. Amplificador en emisor común con resistencia de emisor sin desacoplar.
 - 2.3.4. Etapas en cascada.
 - 2.4. Amplificador de potencia.
 - 2.4.1. Descripción general.
 - 2.4.2. Límites para la excursión de señal.
 - 2.4.3. Funcionamiento de clase A.
 - 2.4.4. Limitación de potencia para un transistor.
 - 2.5. Amplificador operacional.
 - 2.5.1. Descripción general.
 - 2.5.2. Amplificador diferencial.
 - 2.5.3. Dos características de entradas.
 - 2.5.4. Análisis para señal de un amplificador diferencial.
 - 2.5.5. Tensión de offset de salida.
 - 2.5.6. Ganancia en modo común.
3. Filtros pasivos y activos.
 - 3.1. Definición y clasificación.
4. Conversores A/D y D/A.
 - 4.1. Introducción.
 - 4.2. Conversores digital/analógico.
 - 4.3. Conversores analógico/digital.

1. INTRODUCCIÓN

En este tema se describen los elementos de un sistema de control que realizan funciones de amplificación y adaptación de la señal de control, elementos muy importantes y comúnmente presentes en estos sistemas.

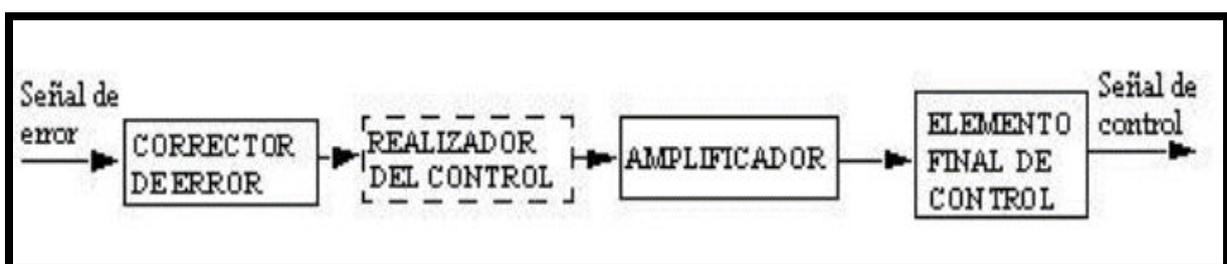
El diagrama de bloques de los componentes de un sistema de control con realimentación en general es el siguiente:



Este esquema es muy general, pero sirve para centrar la localización de los elementos que se describirán a lo largo del tema.

El bloque representado como CONTROLADOR, estará en general y dependiendo en cada caso del sistema a controlar, compuesto por los elementos necesarios para realizar la función de control, que consiste en obtener una señal de control a partir de Señal de error detectada. Esta señal de control será aplicada sobre el SISTEMA CONTROLADO para modificar su comportamiento y que presente una Señal de salida adecuada a la Señal de entrada (Señal de referencia).

Los elementos de los que puede estar compuesto el CONTROLADOR son los siguientes:



El elemento **CORRECTOR DE ERROR**, es el encargado de modificar la señal de error que le proporciona el detector de error con el fin de que la acción de control sobre el sistema sea más eficaz y presente mejores características en cuanto a precisión, estabilidad y tiempo de respuesta y sobreoscilaciones. Pueden ser de tipo: Todo o nada, proporcionales, proporcional-derivativo, proporcional-integrativo o proporcional derivativo-integrativo.

El **REALIZADOR DE CONTROL**, es el elemento que obtiene a partir de la señal de error que le llega, la señal de salida necesaria para que tras ser amplificada y adaptada se convierta en la señal de control del sistema. Es elemento que tiene el conocimiento necesario sobre el sistema a controlar, para saber que señal de control se debe aplicar para cada señal de error. Puede tener también conocimiento y utilizar el comportamiento pasado del sistema. Su implementación depende de la técnica que se emplee para realizar el control, en general será un programa de ordenador que utiliza un método de control adecuado (control predictivo, adaptativo, etc.).

El **AMPLIFICADOR** tiene como finalidad amplificar la señal de control, para que alcance un nivel suficiente para accionar el elemento final de control, los más usados suelen ser del tipo: neumático, eléctrico y electrónico, amplificadores de transistores, relés, tiristores y triacs.

EL **ELEMENTO FINAL DE CONTROL**, tiene como objetivo modificar la variable de entrada del sistema controlado. Las variables más utilizadas suelen ser del tipo intensidades de corriente eléctrica, cantidad de líquido o vapor, par aplicado a un eje. Se pueden utilizar: serboválvulas, motores, resistencias.

Existen otros elementos que también pueden estar presentes en los circuitos de control y que realizan adaptación de la señal: conversores Analógico/Digital, Digital/Analógico y filtros.

En el desarrollo de este tema se van a describir los elementos más representativos y de más utilización en los circuitos de control, profundizando en los aspectos más importantes: Amplificadores, conversores A/D, D/A y filtros.

2. AMPLIFICADORES

Son elementos comúnmente utilizados en circuitos de control, ya que usualmente la acción de control, se realiza utilizando señales de error de menor magnitud y de manejo fácil y cómodo.

Existe mucha variedad de amplificadores y aunque se realizara una clasificación general de todos ellos, se describirán en profundidad los tipos más representativos de amplificadores con transistores: amplificador en Emisor común, amplificador de tensión, amplificador de potencia y amplificador operacional.

2.1. Clasificación de los amplificadores.

Los amplificadores se pueden clasificar según las características de la señal de error que amplifican en:

- Amplificadores de continua.
- Amplificadores de alterna.

También se pueden clasificar dependiendo de los elementos que los componen:

- Amplificadores con Reles.
- Amplificadores magnéticos.
- Amplificadores con válvulas termoiónicas.

y los más utilizados:

- Amplificadores con transistores.

2.1.1. Amplificadores con transistores.

Los amplificadores con transistores son los más utilizados en la actualidad y también de los que más tipos hay. Se pueden clasificar:

Dependiendo del montaje:

- ✧ Montaje en emisor común
- ✧ Montaje de colector común
- ✧ Montaje de base común

Dependiendo del nivel de tensión que han de amplificar:

- Amplificadores de tensión: amplifican señal débil, se les llama también preamplificadores.
- Amplificadores de potencia: amplificadores de señal fuerte. Son amplificadores de corriente (manejan tensión baja e intensidad alta).

Dependiendo del acoplamiento entre etapas:

- Acoplamiento RC.
- Acoplamiento LC.
- Acoplamiento por transformador.
- Acoplamiento directo.

Dependiendo de la frecuencia de la señal:

- Amplificadores de corriente continua.
- Amplificadores de audiofrecuencia (20 Hz - 20 KHz).
- Amplificadores de videofrecuencia (30 Hz - 15 MHz).
- Amplificadores de radio frecuencia (20 KHz - cientos de MHz).

Dependiendo de las características estáticas de funcionamiento (el punto Q):

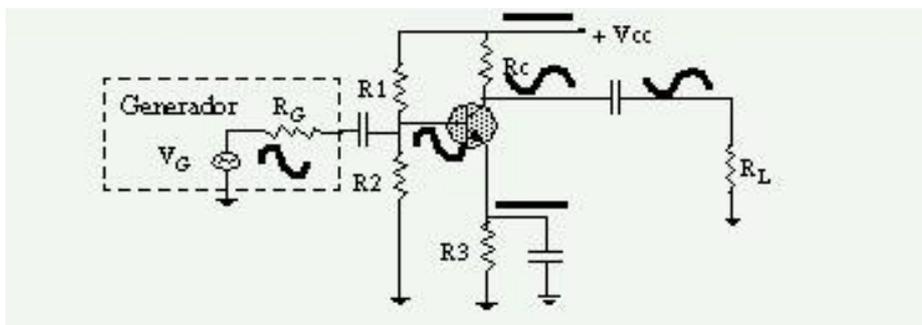
- Amplificadores de clase A.
- Amplificadores de clase B.
- Amplificadores de clase AB.

Al margen de esta clasificación se encuentra como tipo característico de amplificador, el AMPLIFICADOR OPERACIONAL, que posee características de varios de los tipos indicados, ya que es amplificador de continua, de alta ganancia que funciona desde los cero Hz hasta 1 MHz, y está compuesto normalmente por varias etapas amplificadoras acopladas.

2.2. Amplificadores en emisor común (EC).

2.2.1. Descripción general.

Se le llama así porque el emisor está a masa para señal. Tiene el siguiente circuito:



Las características principales son:

- Acoplo de la entrada: La tensión de entrada está acoplada mediante un condensador de entrada, a la base del transistor.
- Inversión de fase: La corriente de colector alterna es aproximadamente igual a la corriente de emisor alterna. Si aumenta la tensión de entrada, aumenta la corriente de colector, y por lo tanto disminuye la tensión en el colector, ya que hay más caída de tensión en la resistencia R_C .
- No hay alterna en el nudo de emisor: para señal un condensador se comporta como un cortocircuito y el emisor está a masa.
- No hay alterna en la línea de alimentación.

La forma más simple de estudiar el circuito consiste en dividir el análisis en dos partes: un análisis para continua y un análisis para señal. Aplicar el teorema de superposición. Este teorema se puede aplicar cuando el circuito tiene más de una fuente:

Para realizar el análisis de continua:

1. Anular el generador de señal.
2. Poner en circuito abierto todos los condensadores.
3. Analizar el circuito equivalente para continua.

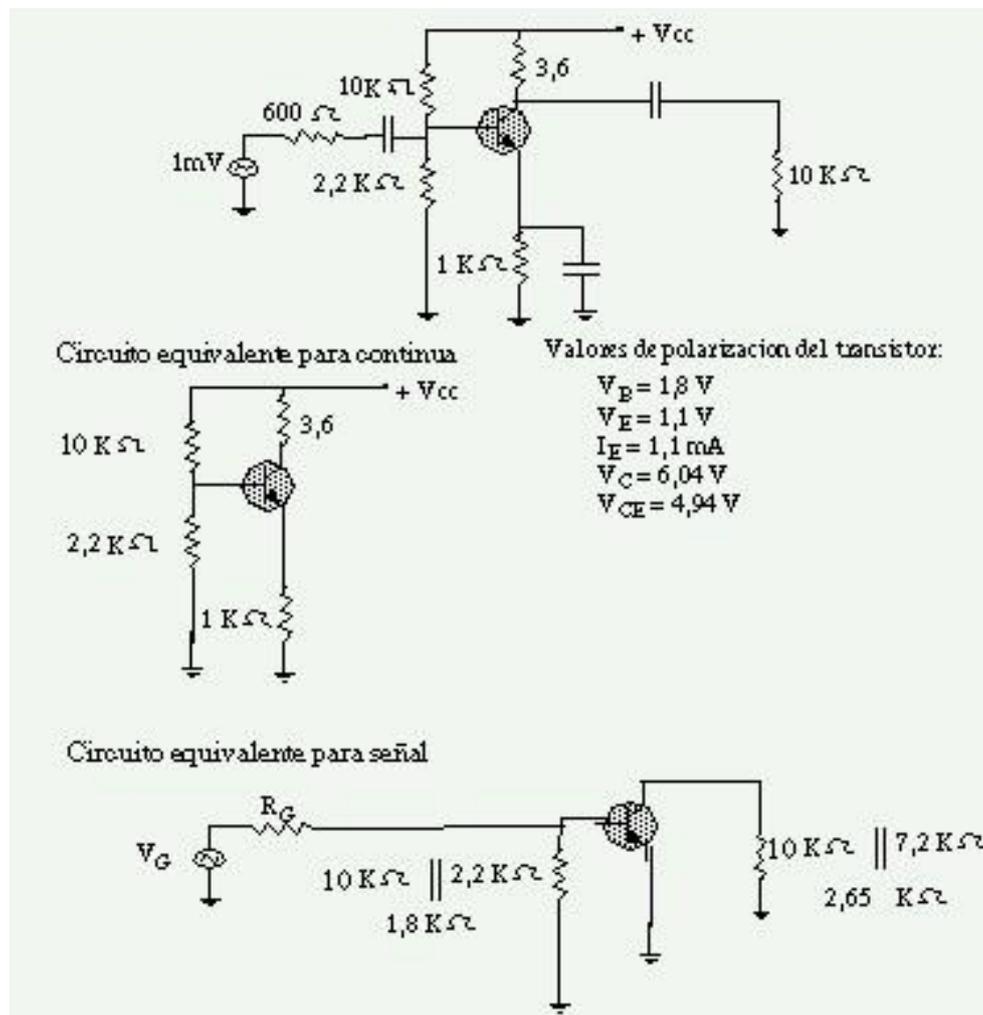
Para realizar el análisis de señal:

1. En el circuito original, anular todas las fuentes de alimentación.
2. Poner en cortocircuito todos los condensadores
3. Analizar el circuito equivalente para señal.

El resultado final del estudio es:

1. Sumar la corriente continua con la corriente de señal, para obtener la corriente total en cualquier rama.
2. Sumar la tensión de continua con la tensión de señal, para obtener la tensión total en cualquier nudo o entre valores extremos de cualquiera de las resistencias.

Tenemos un amplificador en EC, como el de la figura anterior, pero con datos reales.



2.2.2. Modelo para señal de un amplificador en EC.

A) GANANCIA

Ganancia de corriente continua

Se define como

$$\beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B}$$

Ganancia de corriente para señal

$$\beta = \frac{i_c}{i_b}$$

Las corrientes son los valores pico a pico.

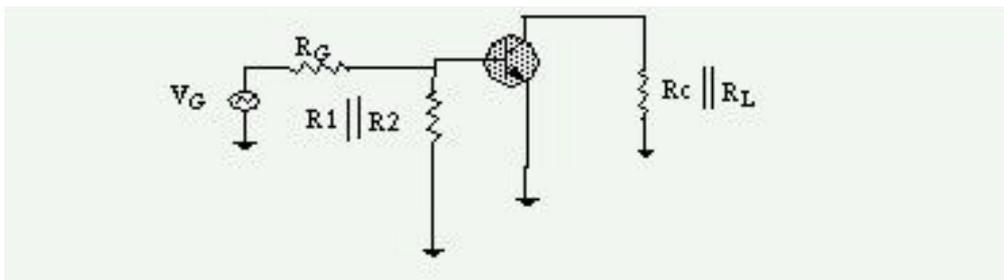
B) IMPEDANCIA DE ENTRADA DE LA BASE

Para obtener la impedancia de entrada de un amplificador se pueden emplear tres modelos:

Modelo para señal

Para hacer el estudio en señal se obtiene el circuito equivalente para señal, considerando: los condensadores se consideran cortocircuitos y las fuentes de alimentación de continua equivalen a masas.

Queda el siguiente circuito:



El terminal de la base absorbe corriente de la unión de R_G y R_1 en paralelo con R_2 , la base actúa como una resistencia equivalente a:

$$R_{CA} = \frac{v_b}{i_b}$$

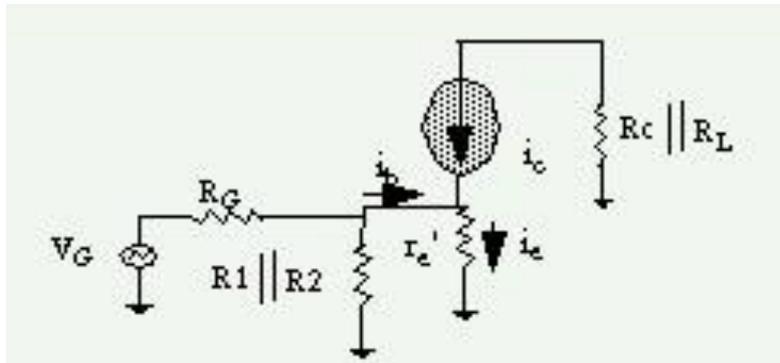
$$R_{CA} = Z_{entrada(base)}$$

v_b , valor pico a pico de tensión alterna en la base

i_b , valor pico a pico de la corriente alterna en la base

Modelo T

El esquema anterior es equivalente a una unión en T con una fuente de corriente en la parte superior y una resistencia para señal de emisor en la parte inferior. Este modelo funciona basando se en los comportamientos conocidos de las tensiones y las corrientes.



$$i_e = \frac{v_b}{r_e} \text{ Corriente de emisor alterna}$$

$$v_c = i_c r_c \text{ Tensión alterna en el colector } r_c \text{ resistencia para señal del colector } R_C || R_L$$

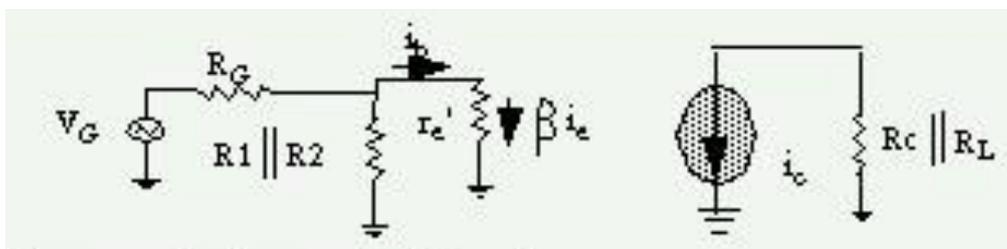
$$Z_{\text{entrada(base)}} = \frac{v_b}{i_b} \text{ donde } v_b = i_e r_e'$$

$$Z_{\text{entrada(base)}} = \frac{i_e r_e'}{i_b}$$

$$r_e' = \frac{25 \text{ mV}}{I_E}$$

Modelo II

Este modelo representa dos ramas paralelas



i_e/i_b es aproximadamente igual a β

$$Z_{\text{entrada(base)}} = \beta r_e'$$

C) IMPEDANCIA DE ENTRADA DE LA ETAPA

La impedancia de entrada de una etapa es el efecto combinado de las resistencias de polarización y la impedancia de entrada de la base:

$$Z_{entrada} = R1 \parallel R2 \parallel \beta r'_e$$

D) IMPEDANCIA PARA SEÑAL DEL COLECTOR

La impedancia para señal del colector sera:

$$Z_{colector} = Rc \parallel RL$$

E) PARAMETROS H

Son parámetros para señal en las hojas de características: hfe, hie, hre y hoe.

$$h_{fe} = \beta \text{ ganancia de corriente para señal}$$

$$r'_e = \frac{h_{ie}}{h_{fe}}$$

$$h_{re} = \text{ganancia inversa de tensión con la entrada en circuito abierto}$$

$$h_{oe} = \text{admitancia de salida con la entrada en circuito abierto}$$

2.3. Amplificadores de tensión.**2.3.1. Descripción general.**

La tensión del generador esta acoplada mediante un condensador de entrada a la base del transistor. Como el emisor está a masa para señal, toda la tensión alterna de la base aparece en el diodo de emisor. Cuando la corriente alterna del colector circula por la resistencia para señal del colector, produce una señal alterna que esta desfasada 180° respecto a la tensión de entrada. El condensador de salida acopla la tensión alterna del colector amplificada e invertida a la resistencia de carga. Como un condensador está en circuito abierto para continua y cortocircuito para señal, bloquea la tensión continua del colector, pero deja pasar la tensión alterna del colector.

2.3.2. Ganancia de tensión.

La tensión de entrada a un amplificador es la misma que la tensión de alterna en la base. La tensión de salida de un amplificador es la misma que la tensión alterna en la carga. La ganancia en tensión es igual a la tensión de salida dividida entre la tensión de entrada: $A = V_{sal}/V_{en}$.

2.3.3. Como predecir la ganancia de tensión.

La ganancia de tensión de un amplificador en EC debe ser igual a la resistencia para señal de colector dividida por la resistencia para señal del diodo emisor: $A = rc / r'_e$.

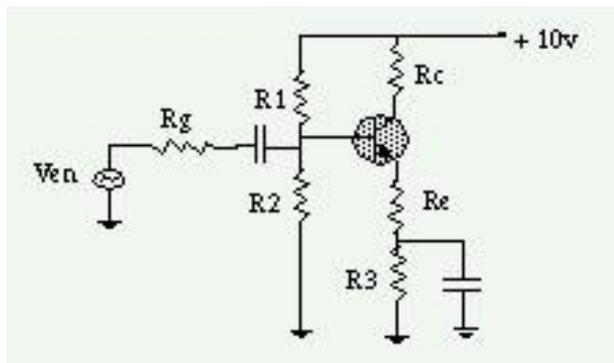
2.3.4. Amplificador en emisor común con resistencia de emisor sin desacoplar.

A veces la ganancia de tensión de un circuito debe ser constante a pesar de que haya cambios en la temperatura y en otras variables. Un método para estabilizar la ganancia de tensión consiste en utilizar una resistencia de realimentación en el circuito de emisor. La tensión en esta resistencia de realimentación se opone a la tensión de entrada, por lo que se presenta la realimentación negativa. Esta reduce la ganancia de tensión, pero mejora otras características del amplificador, como la estabilidad de la ganancia, la impedancia de entrada y la distorsión.

$$A = r_c / (R_e + r_e')$$

r_c resistencia de carga

r_e resistencia para señal de emisor



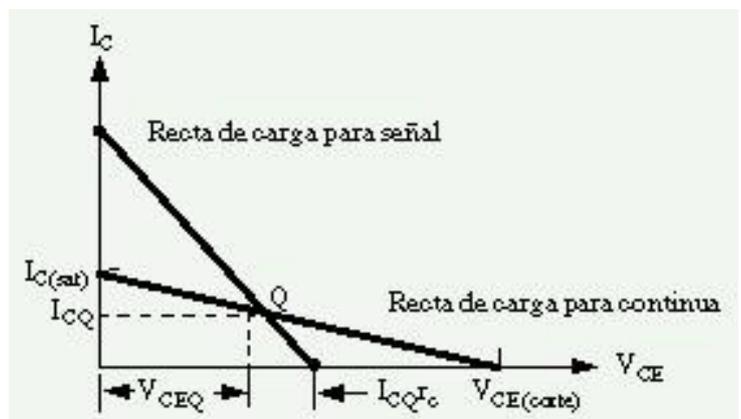
2.3.5. Etapas en cascada.

En un amplificador con dos etapas, cada una de las etapas amplifica la señal y la tensión final de salida es mucho mayor que con una sola etapa. Esto significa que la resistencia de entrada de la segunda etapa se convierte en la resistencia de carga de la primera etapa. La ganancia de tensión total de las etapas en cascada es igual al producto de las ganancias individuales de cada etapa.

2.4. Amplificador de potencia.

2.4.1. Descripción general.

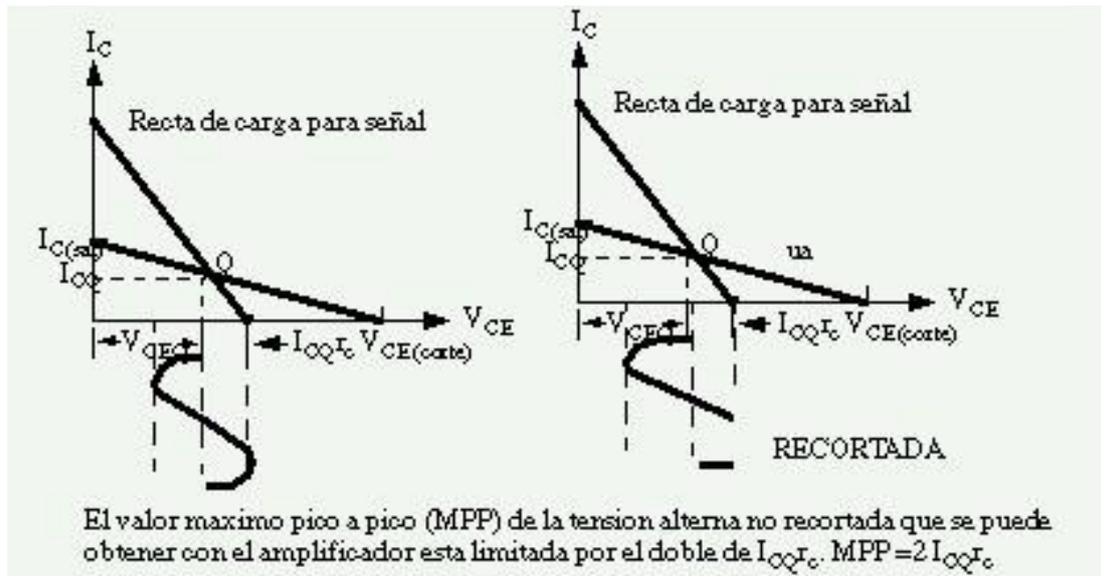
Un amplificador en EC tiene dos rectas de carga: una para continua y otra para señal. Las rectas de carga serán diferentes siempre que la resistencia para señal del colector sea distinta de la resistencia para continua del colector. Las rectas de carga pasan por el punto de trabajo para continua (punto Q). Por ese motivo I_{CQ} y V_{CEQ} son muy importantes en el funcionamiento con señales grandes.



La recta de carga para señal tiene una mayor pendiente que la recta de carga para continua si la resistencia de colector para señal es menor que la resistencia de colector para continua.

2.4.2. Límites para la excursión de señal.

Cuando la señal es grande, puede producirse un recorte en uno o en los dos semiciclos. Si el punto Q se haya en el centro de la recta de carga para continua, se produce primero el recorte de I_{Crc} . Si el punto Q se encuentra por encima del centro de la recta de carga para continua, se puede producir primero el recorte de V_{CEQ} (máxima variación hacia la izquierda), o bien de I_{Crc} (máxima variación hacia la derecha). Depende de cuál de los valores sea menor.



2.4.3. Funcionamiento en clase A.

El funcionamiento en clase A se produce cuando el transistor conduce durante todo el ciclo de señal sin entrar en saturación o en corte. El rendimiento del amplificador se define como la potencia de señal en la carga dividida entregada por la potencia entregada por la fuente de alimentación, todo multiplicado por 100. El rendimiento de un amplificador clase A es pequeño, en general muy por debajo del 25%.

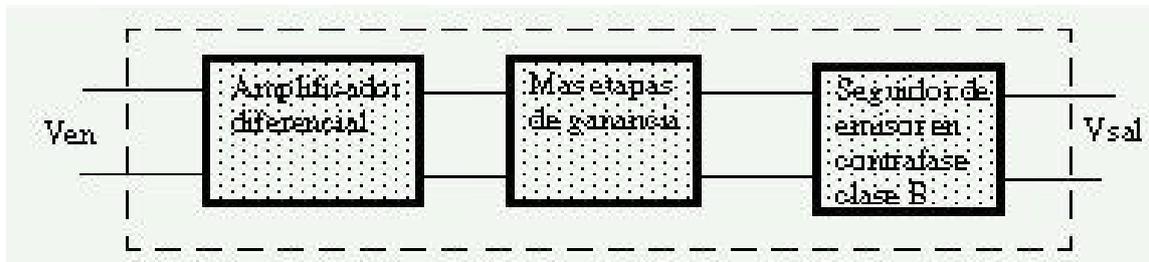
2.4.4. Limitación de potencia para un transistor.

La temperatura en la unión del transistor limita la potencia que un transistor puede disipar sin que se destruya. La temperatura del encapsulado se haya entre la temperatura de la unión y la temperatura ambiente. Los disipadores de calor permiten que el calor escape con mayor facilidad de un transistor, lo que hace que disminuya la temperatura de la unión.

2.5. Amplificador operacional.

2.5.1. Descripción general.

El diagrama de bloques de un amplificador operacional es el siguiente:

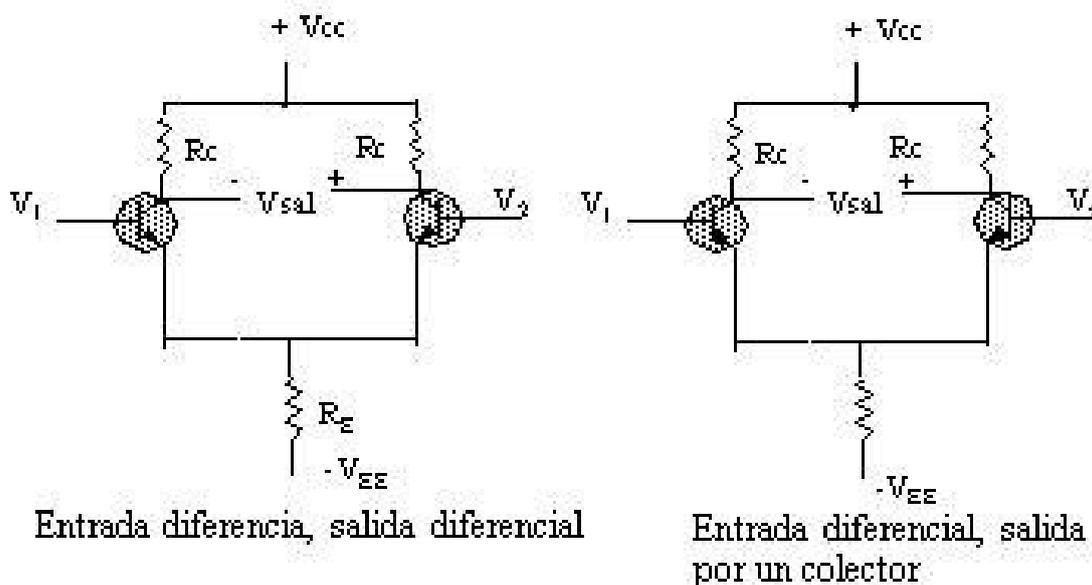


Las características de entrada del amplificador operacional, serán las de amplificador diferencial, y las de salida, las del seguidor de emisor. En general es propio de un amplificador operacional el tener:

- Impedancia de entrada elevada
- Alta ganancia
- Impedancia de salida pequeña.

2.5.2. Amplificador diferencial.

Un amplificador diferencia es la etapa de entrada de un amplificador diferencial. No tiene condensadores de acoplo ni desacoplo, lo que implica que está directamente acoplado. Por eso puede amplificar cualquier frecuencia incluyendo la señal continua, que es equivalente a una señal de frecuencia cero. La corriente de polarización en un amplificador diferencial se divide exactamente entre los transistores cuando estos son idénticos.



2.5.3. Dos características de entrada.

Cuando los dos transistores de un amplificador diferencial no son idénticos, las corrientes de base son diferentes. La corriente de offset de la entrada se define como la diferencia entre las dos corrientes de base. La corriente de polarización de entrada se define como el promedio de las dos corrientes de base. Las hojas de características indican los valores de estas corrientes.

2.5.4. Análisis para señal de un amplificador diferencial.

Al ser la corriente de polarización idealmente constante, un incremento en la corriente de emisor de un transistor, produce una disminución en la corriente de emisor del otro.

La tensión de entrada de señal entre las dos bases aparece en extremos de $2r_e'$. Por eso la ganancia diferencia de tensión de un amplificador diferencial es $A = RC/2r_e'$, mientras que la impedancia de entrada es:

$$Z_{entrada} = 2\beta r_e'$$

2.5.5. Tensión de offset de salida.

La tensión de offset de salida es cualquier desviación o cambio de la tensión ideal. Las dos causas de la tensión de salida son las diferencias de valores de V_{BE} y de I_{CE} . Cada una de estas causas independientes produce el equivalente de una tensión de entrada no deseada. El amplificador diferencial amplifica esas señales de entrada no deseadas y se obtiene la tensión de offset en la salida. Una forma de anular dicha tensión de offset es aplicar una tensión de entrada de la misma magnitud que la tensión de entrada no deseada, pero de signo contrario.

2.5.6. Ganancia en modo común.

La presencia de señales no deseadas puede producir tensiones iguales en cada base. El amplificador diferencial discrimina estas señales pues la ganancia de tensión en modo común es pequeña. El rechazo al modo común (CMRR) es la ganancia de tensión en modo diferencial dividida entre la ganancia de tensión en modo común. Cuanto más alto sea el CMRR, mejor.

3. FILTROS PASIVOS Y ACTIVOS

3.1. Definición y clasificación.

Es un elemento que produce la anulación de determinadas componentes de frecuencia de la señal de entrada. El filtro ideal no debe presentar atenuación ni desfase en las bandas de frecuencias que no debe alterar, en cambio debe producir una atenuación infinita de los componentes externos a su banda pasante. Las zonas correspondientes a atenuación nula y atenuación infinita están separadas por las denominadas frecuencias de corte o límites, dependientes de la configuración del filtro.

Posición de su banda pasante

De acuerdo con la posición de su banda pasante los filtros se pueden clasificar en:

- Paso bajo (PL): la banda pasante se extiende de la frecuencia nula hasta la frecuencia de corte.
- Paso alto (PH): la banda pasante se extiende desde la frecuencia de corte hasta la frecuencia infinita.
- Paso banda o pasa banda (PB): la banda pasante corresponde a las frecuencias acotadas entre dos frecuencias de corte.
- Para banda o corta banda (CB): su banda pasante comprende todas las medidas salvo las comprendidas en el intervalo existente entre dos frecuencias límites.

Diferencias filtro ideal/filtro real:

- ✓ La atenuación en la banda pasante no será nula.
- ✓ La atenuación en la banda no pasante no será infinita.
- ✓ La transición de la banda pasante a la no pasante será continua.

Amplificación de señal

Desde el punto de vista de amplificación de señal:

- **Filtro pasivo:** todos sus componentes son pasivos (no amplifican señal)
 - Características:
 - > Impedancia de entrada alta y de salida baja. Fácil conexión en cascada.
 - > Elimina inductancias que pueden ser simuladas con resistencias y condensadores. Son más baratos y eliminan efectos no deseados de las bobinas.
 - > Facilidad de amplificación.
 - > Facilidad de puesta a punto y regulación.
 - > Reducción de volumen del filtro, densa integración.
 - > Usados para alta frecuencia.
- **Filtro activo:** por lo menos un componente es activo.
 - Características:
 - > Necesidad de utilización de una o dos fuentes de alimentación.
 - > Limitación del margen dinámico de salida, por la posibilidad de saturar el amplificador.
 - > Mas inestables.
 - > Son filtros de baja frecuencia

4. CONVERTORES A/D Y D/A

4.1. Introducción.

En la mayoría de los casos resulta más conveniente efectuar las funciones de regulación y control de sistemas mediante técnicas digitales. Sin embargo, en muchos casos la señal disponible es analógica, ya que son muchos los transductores que poseen una salida eléctrica analógica, correspondiente a la magnitud medida. Ello obliga a tener que efectuar una conversión analógica/digital, que en otros casos permitirá la transmisión digital de una señal analógica lo que permite minimizar la distorsión producida por la imperfección del sistema de transmisión. Por otra parte, esta señal tratada o transmitida digitalmente puede ser necesario actuar de forma analógica sobre un controlador o actuador, o efectuar una representación analógica sobre un registrador, una pantalla etc., lo que obliga a la conversión inversa, la conversión digital/analógica.

Es necesario disponer de los elementos que realizan estas funciones, con unas características de velocidad y precisión adecuadas en cada caso.

4.2. Conversores digitales/analógicos.

Son elementos que reciben una información digital en forma de una palabra de n bits y la transforman en una señal analógica. Cada una de las 2^n combinaciones binarias de la entrada es convertida en 2^n niveles discretos de tensión (o corriente) de salida.

Las características que definen un conversor D/A son:

- Resolución que depende del número de bits de la entrada.
- Polaridad del conversor: unipolar o bipolar.
- Código digital de entrada, utilizado en la información.
- Código binario natural.
- Decimal Codificado en Binario (BCD).
- Tiempo de conversión: tiempo que se precisa para efectuar el máximo cambio de tensión de salida con un error menor al de su resolución.
- Tensión de referencia: Puede ser interna o externa. En el caso de la externa puede ser variable entre ciertos márgenes, la tensión de salida vendrá afectada por este factor, constituyendo un conversor multiplicador.

Tipos:

- ✓ Resistencias ponderadas.
- ✓ Redes de resistencias
- ✓ Por generación de impulsos.

4.3. Conversores analógicos/digitales.

Son elementos que transforman un nivel de tensión en información digital en un código determinado, con una precisión y una resolución dada.

Dado que el número de bits n que se obtiene del conversor es finito, el código de salida debe ser siempre el correspondiente al valor más cercano que puede expresarse mediante los n bits. La conversión digital efectúa una cuantificación de la entrada analógica, acotándola entre dos niveles consecutivos cuya distancia es precisamente el grado de resolución obtenido, que será igual a:

$$V_{max}/2^n$$

Tipos:

- ✓ **Conversión A/D directa:** Comparación con una tensión de referencia. Consiste en utilizar tantos comparadores como niveles de tensión se quiere discretizar y a partir de esta información codificar la palabra de salida. Está formado por $2^n - 1$ comparadores, una red de resistencias que permite obtener niveles de tensión equidistantes entre sí y el codificador que efectúa la conversión de los $2^n - 1$ estados de los comparadores a los n bits de salida del conversor.
- ✓ **Conversor A/D de rampa:** utiliza pasos intermedios.
- ✓ **Conversor de doble rampa:** Su conversión se hace en dos etapas, en la primera se realiza la integración de la tensión de entrada durante un tiempo fijo, y en la segunda se produce la descarga con pendiente fija, durante un tiempo que depende de la cantidad de carga acumulada.

