



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE COMPUTO



El par diferencial (o amplificador diferencial)

NOMBRE DEL ALUMNO: GARCÍA QUIROZ GUSTAVO IVAN

GRUPO: 4CV1

MATERIA: ELECTRONICA ANALOGICA

NOMBRE DEL PROFESOR: MARTINEZ GUERRERO JOSE ALFREDO

FECHA: 11/05/2023

Tabla de contenido

Introducción	3
Concepto	4
Operación básica	4
Modos de operación de señal	6
Entrada diferencial por una sola terminal.....	6
Entradas diferenciales por las dos terminales.....	7
Entradas en modo común	7
Razón de rechazo en modo común.....	8
Bibliografía	10

Introducción

Los amplificadores diferenciales se implementan, por lo general, con un circuito básico de dos transistores llamado par diferencial o par de cola larga. Este circuito se implementó originalmente usando un par de tubos de vacío. El circuito funciona de la misma manera para todos los dispositivos de tres terminales con ganancia de corriente. Los puntos de polarización del circuito de resistencia de cola larga se determinan en gran parte por la ley de Ohm y en menor medida, por las características de los componentes activos.

El par de cola larga se desarrolló a partir del conocimiento anterior de las técnicas del circuito push-pull y de los puentes de medición. Un circuito temprano, que se asemejaba mucho a un par de cola larga fue publicado por el neurólogo británico Bryan Matthews en 1934, y parece probable que esto estaba destinado a ser un verdadero par de cola larga, pero fue publicado con un error de dibujo. El circuito par de cola larga definido más temprano apareció en una patente presentada por el inventor británico Alan Blumlein en 1936. A finales de la década de 1930, la topología fue bien establecida y ha sido descrita por varios autores como Franklin Offner (1937), Otto Schmitt (1937) y Jan Friedrich Toennies (1938) y se utilizó en particular para la detección y medición de los impulsos fisiológicos.

El par de cola larga se utilizó con gran éxito en los comienzos de la informática británica, más notablemente en el computador Pilot ACE y posteriores, el EDSAC de Maurice Wilkes, y probablemente otros diseñados por personas que trabajaron con Blumlein o sus compañeros. El par de cola larga tiene muchos atributos como un interruptor: es, en gran medida, inmune a las variaciones de los tubos usados (y de los transistores, en la actualidad), de alta ganancia, con estabilidad de ganancia, impedancia de entrada alta, impedancia de salida media/baja, buen recortador de señal, no inversor y grandes excursiones de la tensión de salida. Una desventaja que tuvo, en su versión de tubos de vacío, es que la excursión de voltaje de salida (típicamente ± 10 a 20 V) fue superpuesta a una tensión continua de 200 V o algo menos, requiriendo atención en el acoplamiento de señal, por lo general alguna forma de acoplamiento de corriente continua en banda ancha. En muchos equipos de este tiempo se trató de evitar este problema mediante el uso de la lógica de impulsos solamente mediante acoplamiento en corriente alterna, que les hizo muy grandes y demasiado complejos (en el caso de la computadora ENIAC, fueron usados 18.000 tubos de vacío para una calculadora de 20 dígitos) o no fiables. Los circuitos de acoplado en corriente continua se convirtieron en la norma después de la primera generación de computadoras de tubos de vacío.

Par diferencial

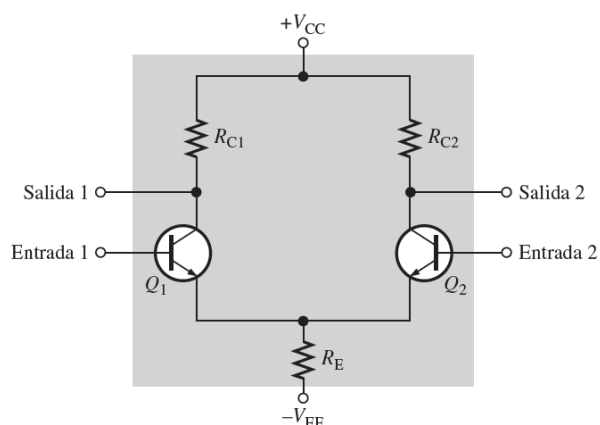
Concepto

El amplificador diferencial o el par diferencial esta compuesto por dos transistores idénticos, que en su salida se obtendrá la diferencia de las señales aplicadas en sus entradas respecto a tierra.

Un amplificador diferencial en un amplificador BJT que produce salidas que son una función de la diferencia entre dos voltajes de entrada. El amplificador diferencial tiene dos modos de operación básicos: en modo diferencial (en el cual dos entradas son diferentes) y en modo común (en el cual las dos entradas son iguales).

Operación básica

El circuito de un amplificador diferencial básico (amp-dif) es el siguiente.



El siguiente razonamiento corresponde a la figura del circuito de un amplificador diferencial básico, es un análisis básico en cd de la operación del amplificador diferencial. En primer lugar, cuando ambas entradas están conectadas a tierra (0 V), los emisores están a 0.7 V, como se indica en la figura. Se supone que los transistores son idénticos gracias a un cuidadoso control del proceso durante su fabricación, de tal suerte que las corrientes en cd en sus emisores son iguales cuando no hay señal de entrada. Así pues:

$$I_{E1} = I_{E2}$$

Como ambas corrientes en los emisores se combinan por medio de R_E ,

$$I_{E1} = I_{E2} = \frac{I_{R_E}}{2}$$

$$I_{R_E} = \frac{V_E - V_{EE}}{R_E}$$

Con base en la aproximación de que $I_C \cong I_E$

$$I_{C1} = I_{C2} \cong \frac{I_{R_E}}{2}$$

Como ambas corrientes en los colectores y ambos resistores en éstos son iguales (cuando el voltaje de entrada es cero),

$$V_{C1} = V_{C2} = V_{CC} - I_{C1}R_{C1}$$

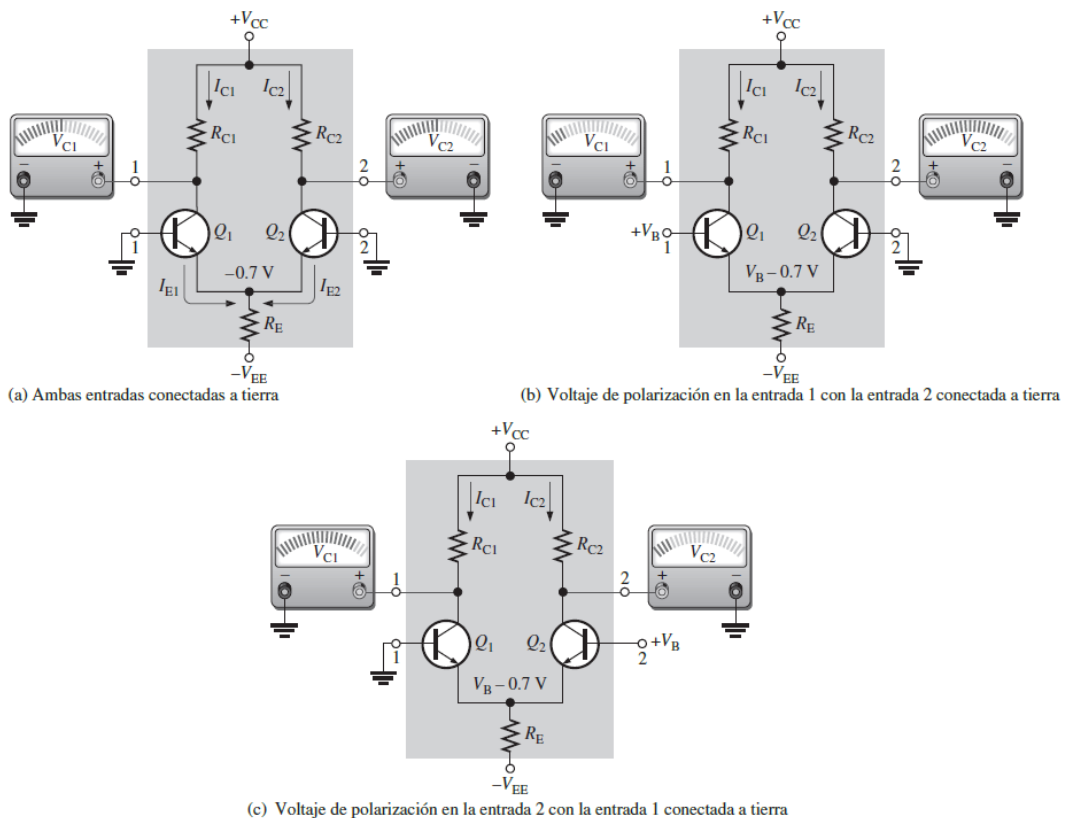
A continuación, la entrada 2 se deja conectada a tierra y se aplica un voltaje de polarización positivo a la entrada 1. El voltaje positivo en la base de Q_1 incrementa a I_{C1} y eleva el voltaje en el emisor a

$$V_E = V_B - 0.7 V$$

Esta acción reduce la polarización en directa (V_{BE}) de Q_2 porque su base se mantiene a 0 V (tierra),

lo que hace que I_{C2} disminuya. El resultado neto es que el incremento de I_{C1} provoca una reducción

de V_{C1} y la reducción de I_{C2} provoca un incremento de V_{C2} , como se muestra.



Por último, la entrada 1 se conecta a tierra y se aplica un voltaje de polarización positivo a la entrada 2. El voltaje de polarización positivo hace que Q_2 conduzca más, por lo que I_{C2} se incrementa. Además, el voltaje en el emisor se eleva. Esto reduce la polarización en

directa de Q_1 , puesto que su base se mantiene conectada a tierra y hace que I_{C1} disminuya. El resultado es que el incremento de I_{C2} produce una reducción de V_{C2} y la reducción de I_{C1} provoca un incremento de V_{C1} , como se muestra.

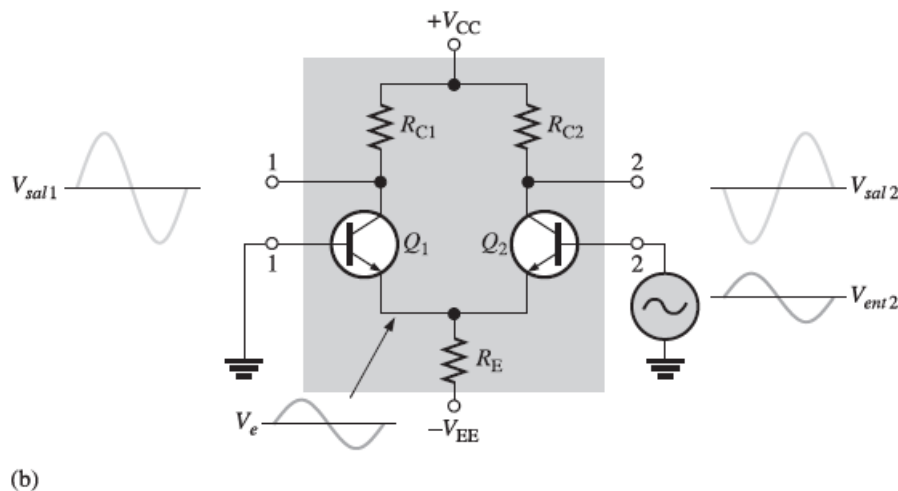
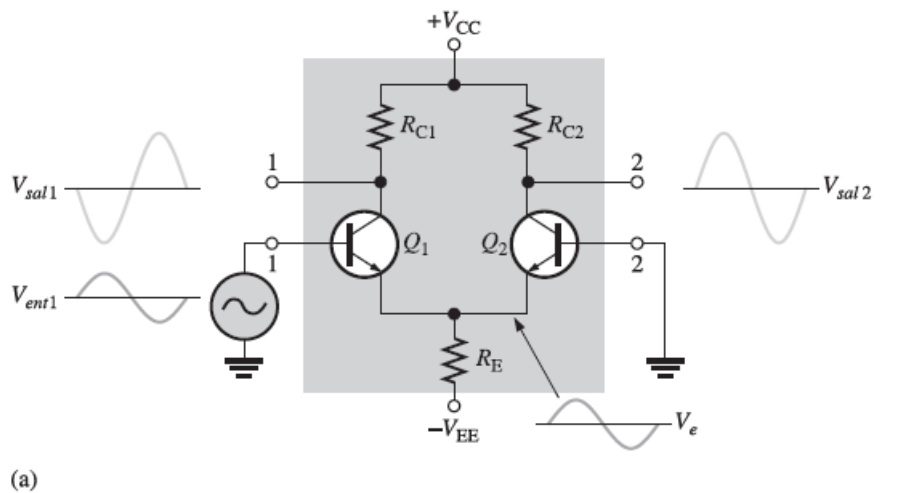
Modos de operación de señal

Entrada diferencial por una sola terminal

Cuando un amplificador diferencial opera con esta configuración de entrada, una entrada está conectada a tierra y el voltaje de señal se aplica sólo a la otra entrada, como muestra la figura (a). En el caso en que el voltaje de señal se aplique a la entrada 1, como en la parte (a), aparece un voltaje de señal amplificado invertido en la salida 1, como se muestra.

Asimismo, un voltaje de señal aparece en fase en el emisor de Q_1 . Como los emisores de Q_1 y Q_2 son comunes, la señal en el emisor se convierte en la entrada de Q_2 , el que funciona como amplificador en base común. Q_2 amplifica la señal y aparece no invertida, en la salida 2. Esta acción se ilustra en la parte (a).

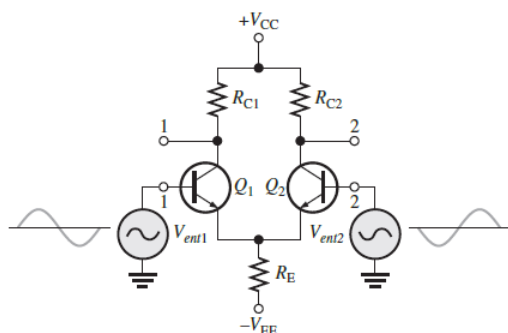
En el caso en que la señal se aplique a la entrada 2 con la 1 conectada a tierra, como en la figura (b), aparece un voltaje de señal amplificada invertida en la salida 2. En esta situación, Q_1 actúa como amplificador en base común y aparece una señal amplificada no invertida en la salida 1.



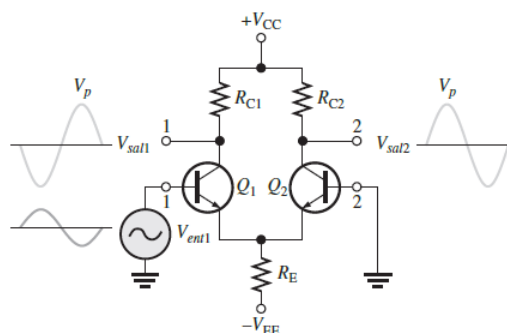
Entradas diferenciales por las dos terminales

En esta configuración, se aplican dos señales de polaridad opuesta (desfasadas) a las entradas, como muestra la siguiente figura en la parte (a). Cada entrada afecta las salidas, como se verá en el siguiente análisis.

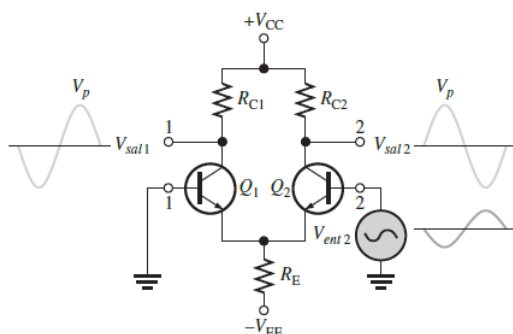
La figura (b) muestra las señales de salida debido a que la señal en la entrada 1 que actúa sola como entrada por una sola terminal. La figura (c) muestra las señales de salida producidas por la señal en la entrada 2 que actúa sola como entrada por un solo extremo. Se observa en las partes (b) y (c) que las señales en la salida 1 son de la misma polaridad. Lo mismo es cierto para la salida 2. Si se sobreponen ambas señales de salida 1 y ambas señales de salida 2, se obtienen las señales de salida totales, como muestra la figura (d).



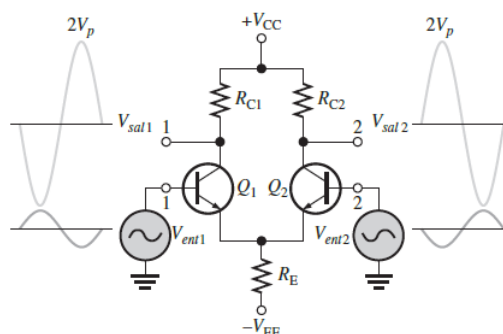
(a) Entradas en modo común (180° fuera de fase)



(b) Salidas debidas a V_{ent1}



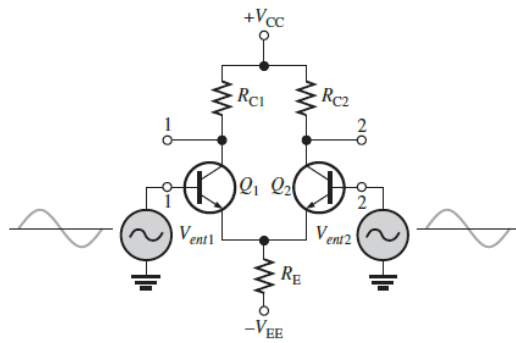
(c) Salidas debidas a V_{ent2}



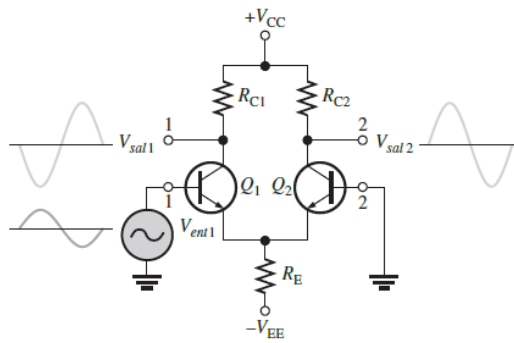
(d) Salida total

Entradas en modo común

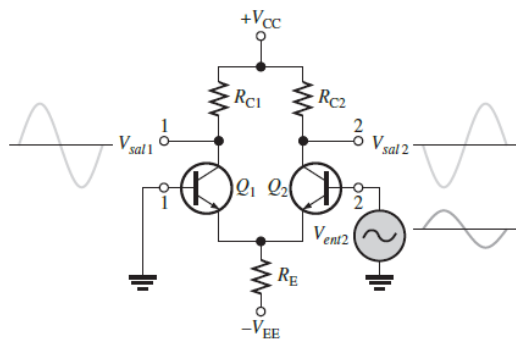
Uno de los aspectos más importantes de la operación de un amplificador diferencial se pone de manifiesto cuando se considera la condición en **modo común** en la que se aplican dos voltajes de señal de la misma fase, frecuencia y amplitud a las dos entradas, como muestra la siguiente figura en la parte (a). De nueva cuenta, la operación básica se entiende si se considera que cada señal de entrada actúa sola.



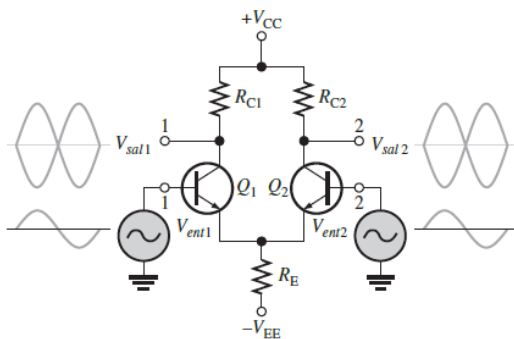
(a) Entradas en modo común (en fase)



(b) Salidas debidas a V_{ent1}



(c) Salidas debidas a V_{ent2}



(d) Salidas debidas a V_{ent1} y V_{ent2} se cancelan porque son iguales en amplitud pero opuestas en fase. Las salidas resultantes son de 0 V de ca.

La figura (b) muestra las señales de salida producidas por la señal de la entrada 1 y la figura (c) muestra las señales de salida producidas por la señal de la entrada 2. Se observa que las señales correspondientes en la salida 1 son de polaridad opuesta; también lo son las de la salida 2. Cuando se aplican señales de entrada a ambas entradas, las salidas se superponen y se cancelan, y el resultado es un voltaje de salida cero, como muestra la figura (d). Esta acción se llama *rechazo en modo común*. Su importancia radica en la situación en la una señal no deseada aparece comúnmente en ambas entradas de un amplificador diferencial. Rechazo en modo común significa que esta señal no deseada no aparecerá en las salidas ni distorsionará la señal deseada. Las señales en modo común (ruido) en general son el resultado de la captación de energía irradiada en las líneas de entrada de líneas adyacentes, la línea de alimentación de 60 Hz u otras fuentes.

Razón de rechazo en modo común

Aparecen señales deseadas en una sola entrada o con polaridades opuestas en ambas líneas de entrada. Estas señales deseadas son amplificadas y aparecen en las salidas como previamente se describió. Las señales no deseadas (ruido) que aparecen con la misma polaridad en ambas líneas de entrada en esencia son eliminadas por el amplificador diferencial y no aparecen en las salidas. La medida de la capacidad de rechazar señales en modo común es un parámetro llamado **CMRR (razón de rechazo en modo común)**. Idealmente, un amplificador diferencial produce una ganancia muy alta con las señales deseadas (por una sola terminal o por las entradas diferenciales) y ganancia cero con señales en modo común. Los amplificadores prácticos, sin embargo, sí presentan una muy pequeña ganancia en modo común (casi siempre mucho menor que 1), al mismo tiempo que producen una alta ganancia de voltaje diferencial (en general de varios miles). Mientras

más alta sea la ganancia diferencial con respecto a la ganancia en modo común, mejor será el desempeño del amplificador diferencial en función del rechazo de señales en modo común. Esto sugiere que una buena medida del desempeño de un amplificador diferencial al rechazar señales no deseadas en modo común es el cociente de la ganancia de voltaje diferencial $A_{v(d)}$ entre la ganancia en modo común, A_{mc} . Este cociente es la razón de rechazo en modo común, CMRR.

$$\text{CMRR} = \frac{A_{v(d)}}{A_{mc}}$$

Mientras más alta sea la CMRR, mejor. Un valor muy alto de CMRR significa que la ganancia diferencial $A_{v(d)}$ es alta y que la ganancia en modo común A_{mc} es baja. La CMRR a menudo se expresa en decibels (dB) como

$$\text{CMRR} = 20 \log \left(\frac{A_{v(d)}}{A_{mc}} \right)$$

Bibliografía

Amplificador diferencial. (s/f). Ecured.cu. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de

https://www.ecured.cu/Amplificador_diferencial

Floyd, T. L. (2008). *Dispositivos electrónicos 8ED*.

Wikipedia contributors. (s/f). *Amplificador diferencial*. Wikipedia, The Free Encyclopedia.

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Amplificador_diferencial&oldid=148129419