

Emulador — Emulator

Carlos Alejandro Chiappini

ABSTRACT

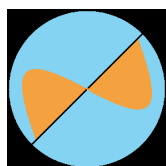
ENGLISH

It is a versatile circuit, with a novel configuration. Details. 1. DC negative feedback, which obviously also negatively feeds back the signal. 2. Two sensitive points, one with high impedance and the other with low impedance. The first works as an inverting input and the second as a non-inverting input. Where impedance is not an issue or it is possible to compensate for it, the emulator can be used as a remarkably simple and very pure op amp. 3. Supply voltage, gain and impedance are parameters that can easily be set to taste, giving the resistors the appropriate values. 4. The circuit configuration achieves that the output signal is completely identical to the input signal with respect to the shape. For this reason, distortion is negligible, including second harmonic distortion, typically rebellious in common circuits. 5. Used to preamplify microphones, it delivers remarkable quality audio, which the ear appreciates and recognizes as something never heard before.

ESPAÑOL

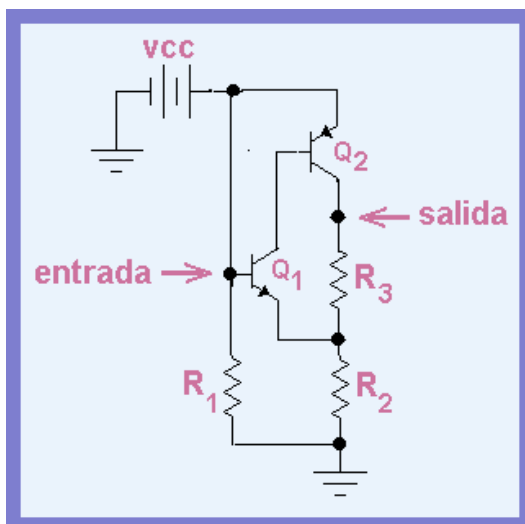
Es un circuito versátil, con una configuración novedosa. Detalles. 1. Realimentación negativa en corriente continua, que obviamente también realimenta negativamente la señal. 2. Dos puntos sensibles uno de impedancia alta y otro de impedancia baja. El primero funciona como entrada inversora y segundo como no inversora. Donde la impedancia no es problema o es posible puede compensarla, el emulador puede ser usado como un amplificador operacional notablemente simple y muy puro. 3. Tensión de alimentación, ganancia e impedancia son parámetros que fácilmente pueden ser establecidos a gusto, dando a los resistores los valores adecuados. 4. La configuración del circuito logra que la señal de salida sea completamente idéntica a la señal de entrada respecto a la forma. Por eso la distorsión es despreciable, incluida la distorsión por segunda armónica, típicamente rebelde en los circuitos habituales. 5. Usado para preamplificar micrófonos entrega un audio de calidad notable, que el oído agradece y reconoce como algo no escuchado antes. 6. Minimiza el consumo de batería, pues la corriente de reposo es inferior a $331 \mu A$.

Emulador - Emulator



Parte 1 - Propiedades

Para describir las propiedades esenciales es útil el circuito mínimo, mostrado en la figura siguiente.



- La señal en R_2 es la señal presente en el emisor de Q_1 . Lo único que hay entre el emisor y la entrada del circuito es la juntura base-emisor de Q_1 .
- ¿ Qué observaríamos poniendo un osciloscopio entre le base y el emisor de Q_1 ?
Encontraríamos una señal de amplitud despreciable comparada con la amplitud de la señal de entrada. En términos prácticos podemos admitir que la tensión de la juntura es constante mientras la señal de entrada es transmitida sin cambio al emisor. Algo similar a una varilla rígida que une dos puntos móviles. El movimiento es idéntico en ambos puntos. En ampitud, la señal en el emisor de Q_1 es idéntica a la señal de entrada.
- La corriente en el colector de Q_1 es muy pequeña, porque ese colector está conectado a la base de Q_2 . Entonces la corriente de emisor de Q_1 es igualmente pequeña.
- ¿ Cómo puede circular por R_2 una señal amplificada en corriente ? ¿ De dónde proviene la corriente adicional ? Del colector de Q_2 .
- ¿ Por qué la corriente de colector de Q_2 tiene la misma forma de la señal de entrada ?
Porque Q_2 está controlado por Q_1 , que se encarga de mantener en R_2 una forma de señal idéntica a la forma de entrada. Es decir que Q_1 logra que la corriente de colector de Q_2 tenga la misma forma que tiene la señal de entrada. Entonces por R_3 circula corriente con la misma forma y la misma fase que tiene la corriente en R_2 . Las amplitudes presentes en esos dos resistores se suman perfectamente en fase.
Consecuentemente el circuito amplifica corriente y tensión. La ganancia de tensión es calculable fácilmente.

Parte 2 - Ganancia de tensión

$$V_o = V_2 + V_3 \quad (1)$$

V_o → valor eficaz de la tensión de salida

V_2 → valor eficaz de la tensión en R_2

V_3 → valor eficaz de la tensión en R_3

$$V_i = V_2 \quad (2)$$

V_i → valor eficaz de la tensión en la entrada

La ganancia de tensión G_V se calcula dividiendo la tensión eficaz de salida por la tensión eficaz de entrada.

$$\text{Ganancia de Tensión} \rightarrow G_V = \frac{V_o}{V_i} \quad (3)$$

En (3) aplico (1) y (2) .

$$G_V = \frac{V_2 + V_3}{V_2}$$

Distribuyo la división

$$G_V = \frac{V_2}{V_2} + \frac{V_3}{V_2}$$

$$G_V = 1 + \frac{V_3}{V_2} \quad (4)$$

La diferencia entre la corriente que circula por R_2 y la corriente que circula por R_3 es insignificante, pues la corriente de base de Q_1 es insignificante. Eso permite admitir que por esos dos resistores circula la misma corriente i .

$$V_3 = i.R_3 \quad (5)$$

$$V_3 = i.R_2 \quad (6)$$

i \rightarrow corriente eficaz que circula por losm resistores r_3 y R_2

Aplico (5) y (6) en (4) . Después simplifico.

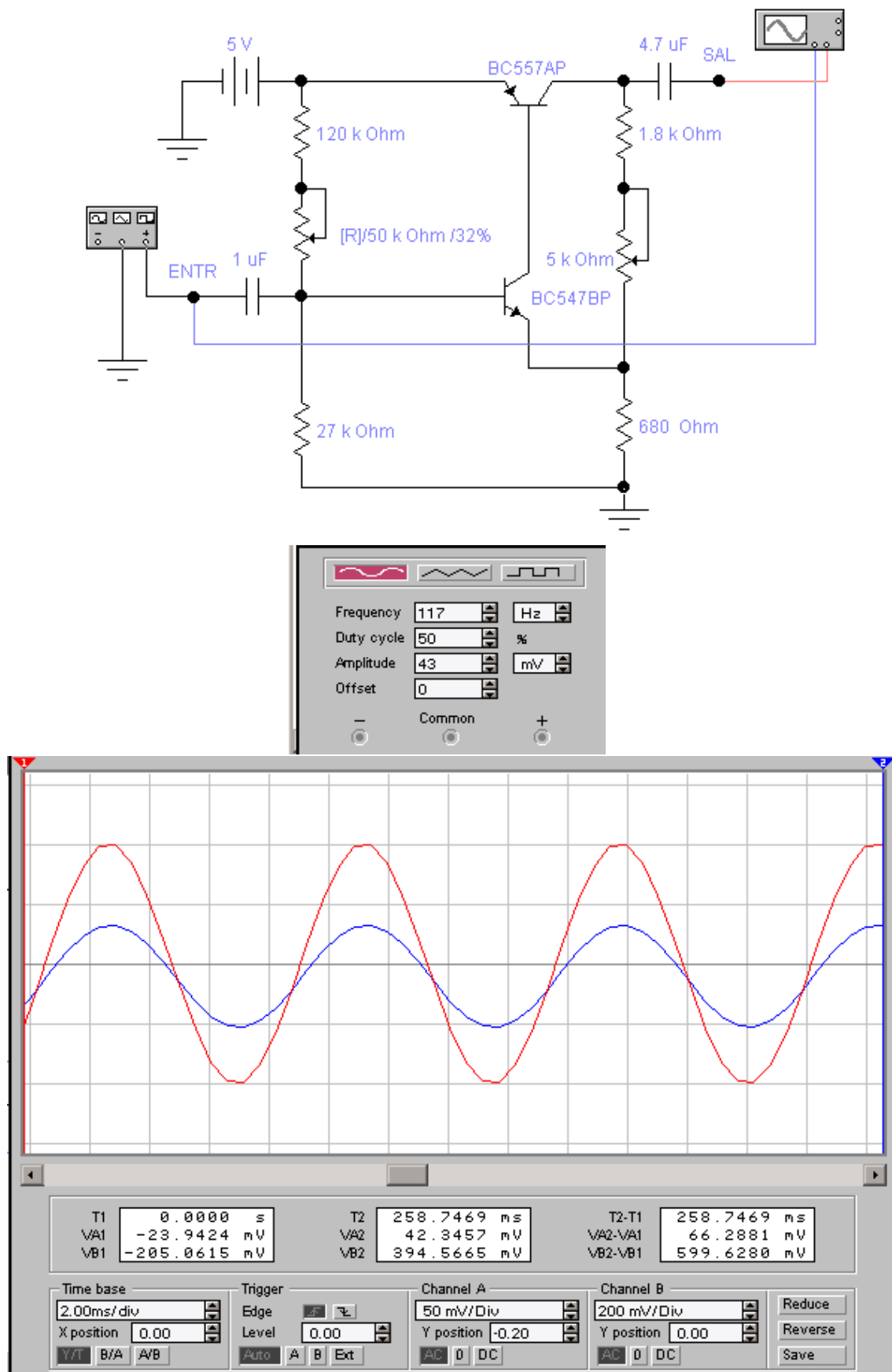
$$G_V = 1 + \frac{R_3}{R_2} \quad (7)$$

La ganancia de tensión no depende de las características de los transistores. Solamente depende del par de resistores R_3 y R_2 .
Lo mismo sucede cuando utilizamos un amplificador operacional.

Parte 2 - Circuito con valores calculados

- Los valores fueron calculados para alimentar con una tensión de 5 V .
- Recomiendo utilizar un regulador de 3 patas como LM7805, para mantener estable el punto de reposo y evitar el ruido que pueden producir otros tipos de alimentación.
- En caso de usar una batería de 9 V la duración será de muchos meses, tal vez más de un año porque el consumo total es 0,33 mA .
- Los valores indicados en el circuito mostrado en la página siguiente dan una ganancia de tensión de 20 dB (levemente mayor en realidad).

En el simulador Electronics Workbench el circuito exhibe el comportamiento siguiente.



- En orden descendente las imágenes corresponden respectivamente al circuito de corriente alterna, al generador de señal y al osciloscopio del simulador.

- En el generador está seleccionada la onda senoidal, con amplitud 43 mV .
- El trazo azul del osciloscopio corresponde a la señal de entrada. El trazo rojo a la señal de salida.
- En cada canal establecí una componente continua que facilite la medición de amplitud.
- La escala de amplitud del canal de entrada es 50 mV/Div . En el canal de salida es 200 mV/Div .
- Podemos medir amplitudes con regla sobre el monitor de la computadora y verificar que la amplitud de salida equivale a la amplitud de entrada multiplicada por 11 , que es la ganancia de tensión del circuito. Poniendo en la ecuación (7) los valores de R_3 y de R_2 tenemos lo siguiente.

$$G_V = 1 + \frac{R_3}{R_2} \quad (7)$$

$$G_V = 1 + \frac{6800 \Omega}{680 \Omega}$$

$$G_V = 1 + 10$$

$$G_V = 11 \quad (8)$$

Para expresar la ganancia de tensión en dB hacemos lo siguiente.

$$G_{V(dB)} = 20 \log 11 \quad (9)$$

$$\log 11 = 1,04139268515822504075019997... \quad (10)$$

Pongo en (9) el valor indicado en (10) .

$$G_{V(dB)} = 20 \cdot 1,04139268515822504075019997... = 20,8278537... \quad (11)$$

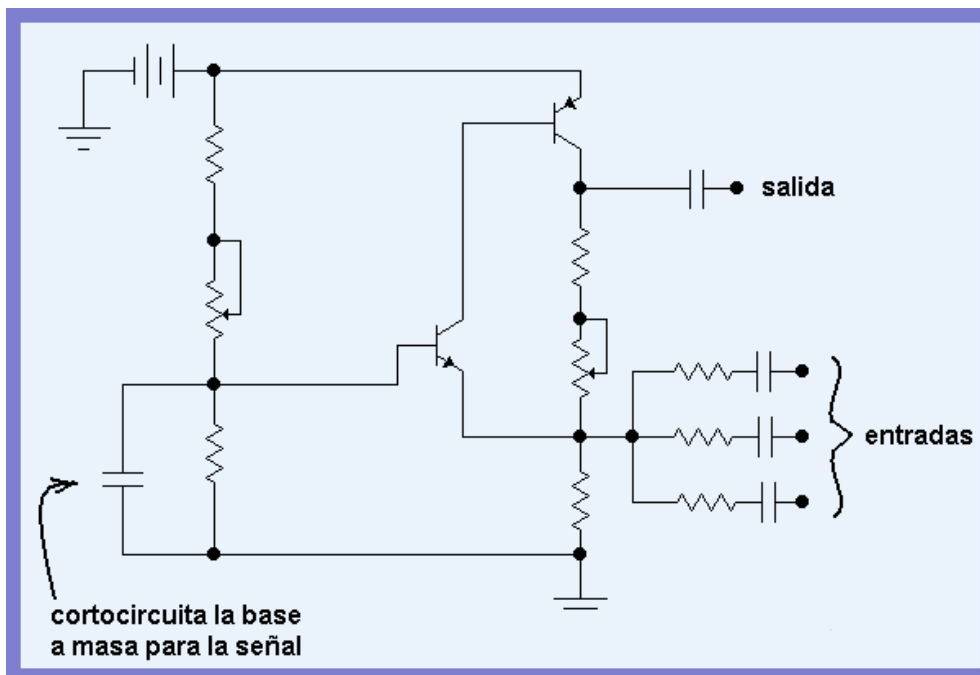
Casi 21 dB amplifica en tensión el circuito.

Parte 3 - Síntesis de las características

- Circuito sencillo, completamente acoplado en corriente continua, es decir con capacitores únicamente en la entrada y en la salida.
- Consumo total 0,33 mA que maximiza la duración de la batería y minimiza el ruido térmico de los transistores.
- Distorsión muy pequeña, irrelevante, incluida la distorsión por segunda armónica.
- Calidad de audio muy pura, ideal para micrófono electreto.
- Ganancia de tensión a gusto lograda en forma muy sencilla, dando a los resistores valores adecuados.

Parte 4 - Uso de la entrada no inversora

- Mezclador



- Es un mezclador con ganancia regulable.
- Configuración muy sencilla.
- La impedancia de cada entrada casi no difiere del valor del resistor correspondiente.
- Mezcla en forma pura, sin introducir ruido.
- Invierte la fase de la señal de salida.
- Permite disponer todas las entradas necesarias sin degradación mutua de las señales respectivas.
- Cuando los dispositivos conectados en las entradas no presentan diferencia de potencial entre vivo y masa, no requiere un capacitor en cada entrada. Un capacitor entre el emisor de Q_1 y el nodo donde se unen las entradas es suficiente.
- El audio mezclado tiene la misma calidad que ofrece el preamplificador presentado previamente.

Quilmes

Provincia de Buenos Aires

Argentina

21 de marzo de 2023