



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

---

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
ELECTRÓNICA FUNDAMENTAL**

**TRABAJO 2 PARCIAL**



**INTEGRANTES**

OÑA ERICK

PONCE CAMILO

QUICHIMBO ANDREA

TIPAN KAREN

**INGENIERO:** ING. DANNI RODRIGO DE LA CRUZ GUEVARA

**CARRERA:** INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TEMA:** CIRCUITO AMPLIFICADOR DE AUDIO

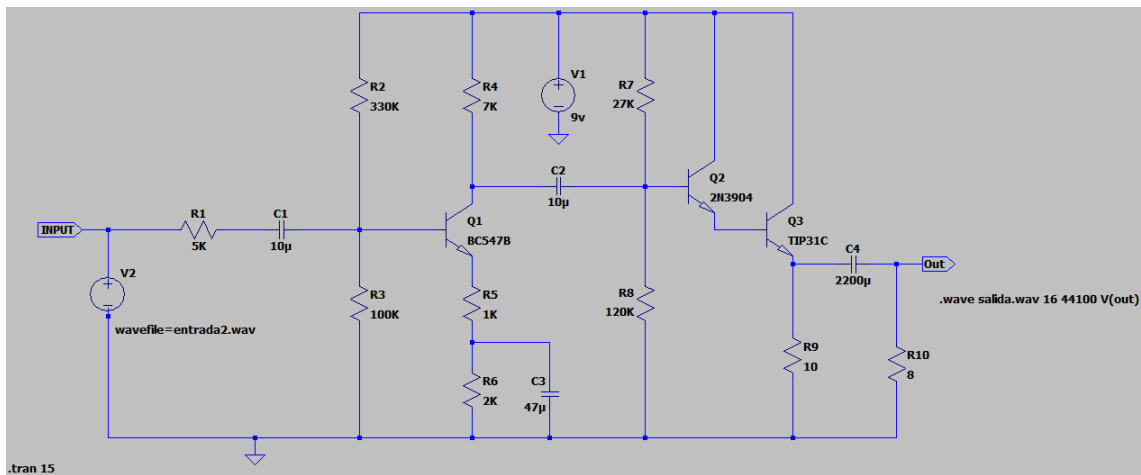
**NRC:** 9981

**SANGOLQUÍ, 20 DE ENERO DEL 2022**

**UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y**  
**TELECOMUNICACIONES**  
**ELECTRÓNICA FUNDAMENTAL**

**CIRCUITO AMPLIFICADOR DE AUDIO**

**1.- Diseño de un circuito amplificador de audio**



**2.- Desarrollo**

Teniendo en cuenta que nuestra bocina tiene las siguientes características

$$P = 3W, R = 8\Omega$$

Escogimos una fuente de voltaje  $V_{cc} = 9V$  para evitar que el sistema se sature.

La corriente máxima de la fuente  $V_{cc}$  será de:

$$I^2 = \frac{P}{R}$$

$$I^2 = 1A$$

**Según los transistores utilizamos los betas:**

- Transistor 2N3904  $\beta=200$
- Transistor Tip31C  $\beta=60$
- Transistor BCF547  $\beta=350$
- Beta Darlington=  $B_d=(200)(60)=12000$

**Cálculo de las resistencias**

Se asume ganancia de 1 ya que como nos queda en la configuración colector común por teoría la ganancia debe ser menor o igual a 1.

$$AV = 1$$

$$re = \frac{52 \text{ mV}}{I_E} = \frac{52 \text{ mV}}{500 \text{ mA}} = 0.104$$

$$AV = RE || RL \div (re + RE || RL)$$

**Despejando RE**

$$\frac{1}{RE} = \left( \frac{1}{AV} - 1 \right) * \frac{RL}{RE} - 1$$

$$RE = \left( \frac{-1}{8\Omega} \right)^{-1}$$

$$RE = 8\Omega$$

- Un valor comercial cercano a  $8 \Omega$  es  $10 \Omega$  así que esa será nuestra (RE)

R8 Y R9 son las resistencias del circuito de polarización por divisor de tensión y ahora para hallarlas se realizará lo siguiente:

La corriente de la base de Q2 es:

$$IRD = \frac{ICD}{\beta d} = \frac{I_{C02} + I_{C03}}{12000} = 42.3 \mu A$$

Entonces:

$$Io = 10 - IBd = 10 * 42.3 \mu A = 423 \mu A$$

La tensión en la base Q2 es:

$$VBd = VBE d = 5 + 1.4 = 6.4 \text{ v}$$

Por lo tanto:

$$R8 = \frac{64 \text{ v}}{0.423 \text{ mA}} = 22.857 \text{ k}\Omega$$

- Un valor comercial cercano a  $22.857 \text{ k}\Omega$  es  $27 \text{ k}\Omega$  así que esa será nuestra (R8)

Ahora para R9:

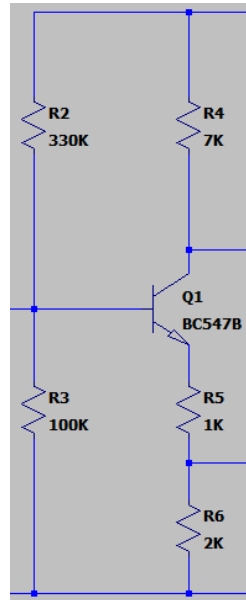
$$R9 = \frac{VCE - VEd}{Io} = \frac{9 - 6.4}{0.423 \text{ mA}} = 92.857 \text{ k}\Omega$$

- Un valor comercial cercano a  $92.857 \text{ k}\Omega$  es  $120 \text{ k}\Omega$  así que será nuestra (R9)

## Circuito por divisor de tensión

Esta configuración es muy utilizada como fuente de corriente, también se conoce como circuito amplificador, la idea principal de este circuito es proporcionar una corriente de colector (y emisor) constante e independiente del  $\beta$  y de la temperatura.

Circuito:



Para el análisis en DC debemos tener en cuenta que los capacitores actúan como circuito abierto. Como primera instancia debemos realizar los respectivos cálculos: Vamos a calcular el  $V_{th}$  y  $R_{th}$  para poder seguir haciendo el cálculo de los parámetros.

$$V_{th} = \frac{V_{cc} * R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}$$
$$V_{th} = \frac{100 * 10^3 * 330 * 10^3}{R_{b1} + R_{b2}}$$
$$V_{th} = 6.96 V$$

Para la resistencia tenemos que:

$$R_{th} = \frac{R_{b1}}{R_{b2}}$$
$$R_{th} = 76.7 k\Omega$$

Obteniendo  $V_{th}$  y  $R_{th}$  podemos armar el circuito para poder sacar el punto de operación Q.

Vamos hacer la primera ecuación con ayuda de nuestro circuito.

$$-V_{th} + R_{th} * I_B + V_{BE} + R_E * I_E = 0$$

Sabemos que:

$$V_{BE} = 0.7 V$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_E = \beta * I_B$$

Entonces:

$$I_E = \beta * I_B + I_B$$

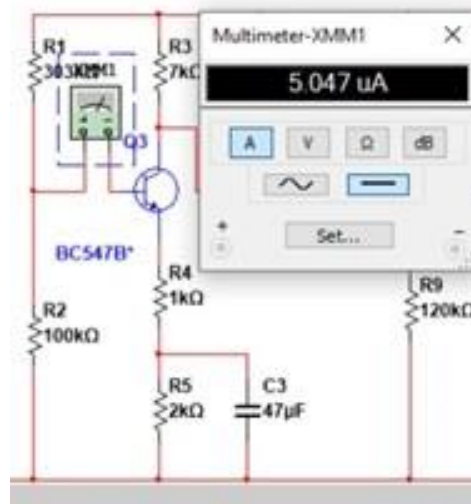
$$I_C = (\beta + 1) * I_B$$

$$-9 + 76.7 K\Omega - I_B + 0.7 + 3 K\Omega * (\beta + 1) * I_B = 0$$

$$I_B = \frac{6.96 - 0.7}{8.25 K\Omega + 3 K\Omega (350 + 1)}$$

$$I_B = 5.3 \mu A$$

Comprobamos la corriente de la base



Al darnos cuenta que es similar a la calculada procedemos a realizar los demás cálculos con certeza de que están correctos

$$I_C = \beta * I_B$$

$$I_C = 350 * 5.3 \mu A$$

$$I_C = 443.2 mA$$

$$I_E = (\beta + 1) * I_B$$

$$I_E = (351)(5.3 \mu A)$$

$$I_E = 439.4 mA$$

Una vez que conseguimos las corrientes procedemos a calcular los voltajes

- Para el voltaje del emisor:

$$V_E = R_E * I_E$$

$$V_E = (3K\Omega)(439.4 mA)$$

$$V_E = 1.31 V$$

- Para el voltaje de base:

$$V_B = V_E + V_{BE}$$

$$V_B = 1.31v + 0.7v$$

$$V_B = 2.01 v$$

- Para el voltaje del colector:

$$V_C = v_{cc} - I_C * R_C$$

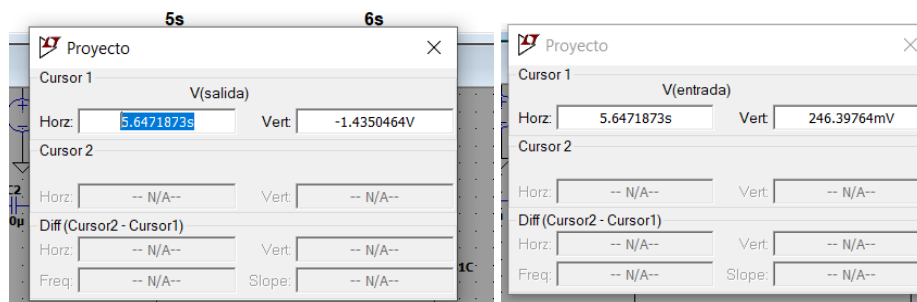
$$V_C = 9v - (443.2mA * 7K\Omega)$$

$$V_C = 5.6v$$

## ANÁLISIS EN AC

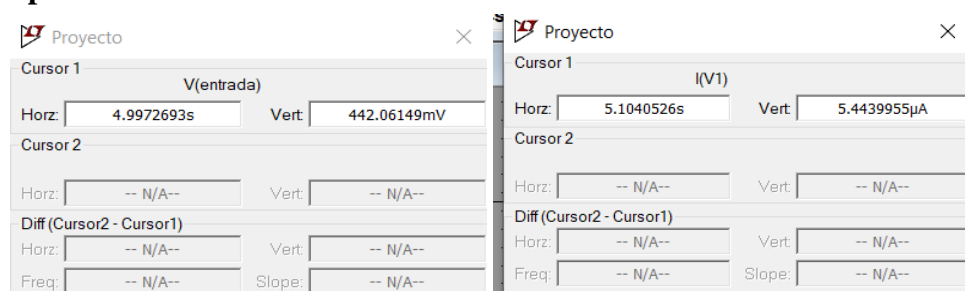
- **Ganancia de voltaje**

Debido al circuito implementado la ganancia devoltaje debe ser mayor a 1 por lo cual realizando los cálculos obtenemos:



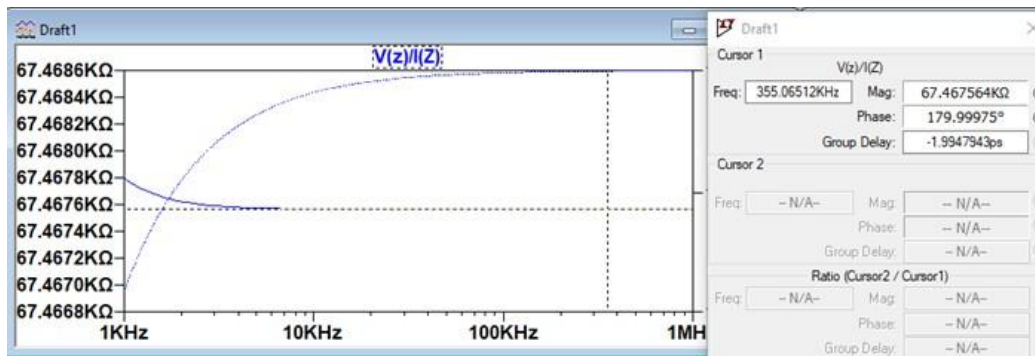
$$A_V = 5.80$$

- **Impedancia de entrada**

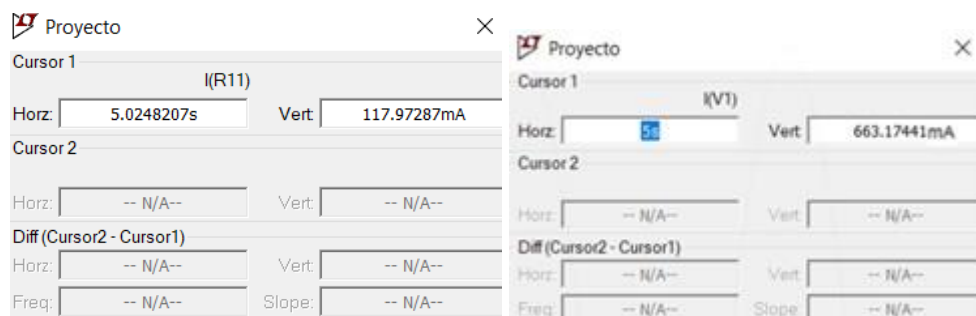


$$Z_{in} = 81.26k\Omega$$

- Gráfica de la impedancia de entrada



- Ganancia de corriente

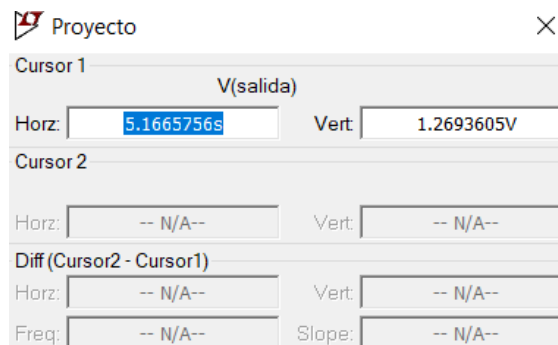


$$A_i = 5.62$$

- Impedancia de salida

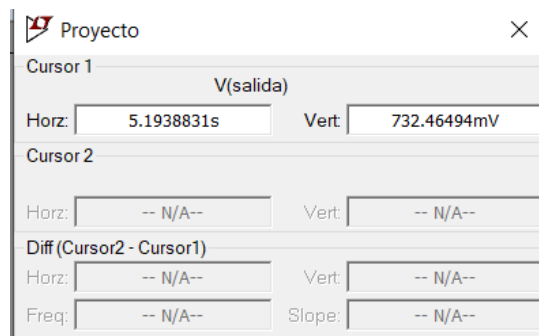
$$Z_o = 0.8\Omega$$

Medimos el Voltaje de salida sin la carga



$$V_o = 1.26, \text{ sacamos la mitad, } V_o = 1.26/2 = 0.63 \text{ [V]}$$

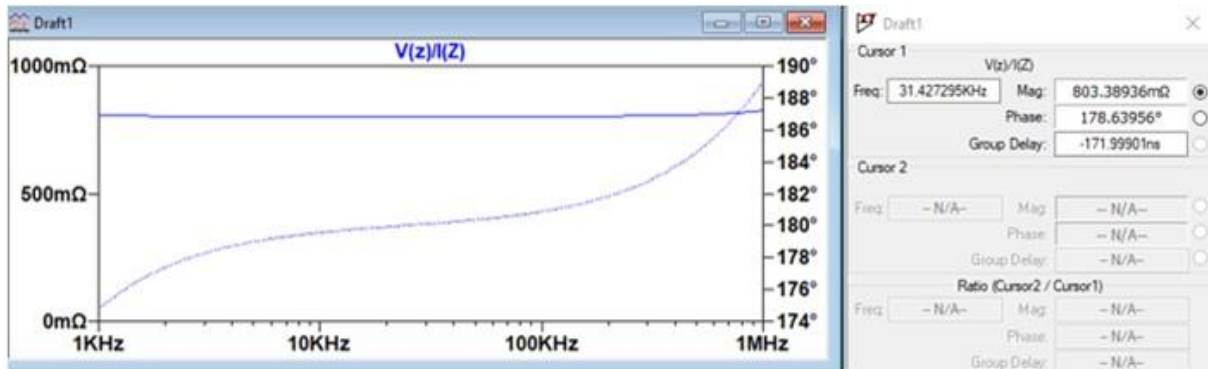
Cambiamos la RL por la Zo calculada y medimos nuevamente el voltaje de salida



$$V_o = 0.732 \text{ V}$$

Como tenemos un valor aproximado a la mitad en la salida podemos afirmar que nuestra  $Z_o$  es correcta

- Gráfica de la impedancia de salida



- Calculo de capacitores

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_{min}} = 10\mu f$$

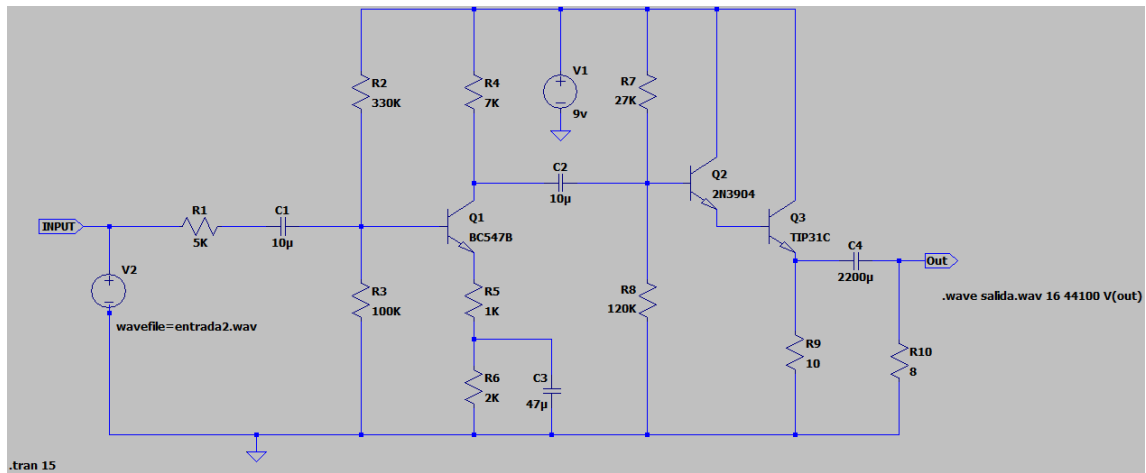
$$C_2 = \frac{1}{2\pi f_{min}} = 10\mu f$$

$$C_3 = \frac{1}{2\pi f_{min}} = 47\mu f$$

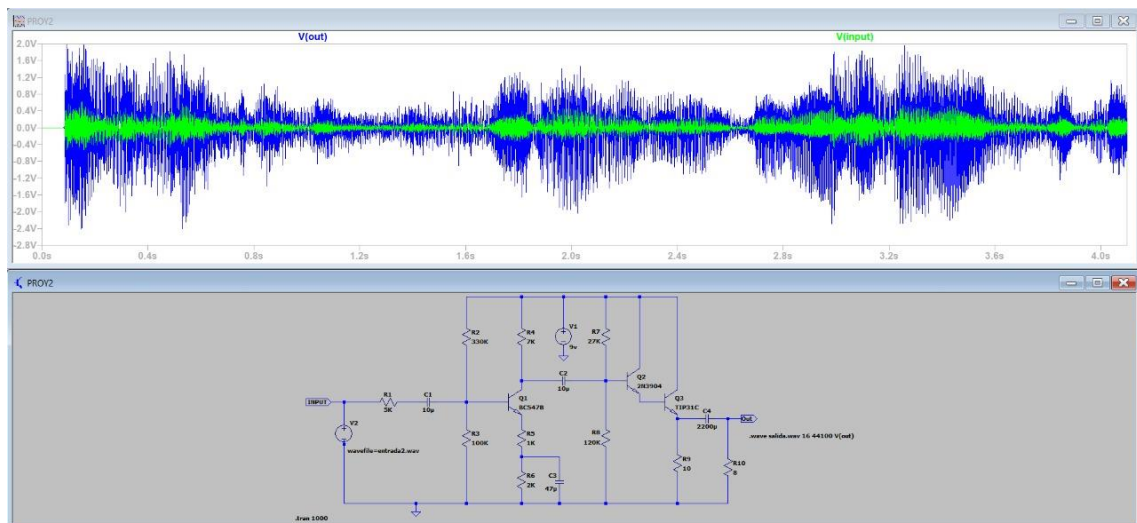
$$C_4 = \frac{1}{2\pi f_{min}} = 2200\mu f$$



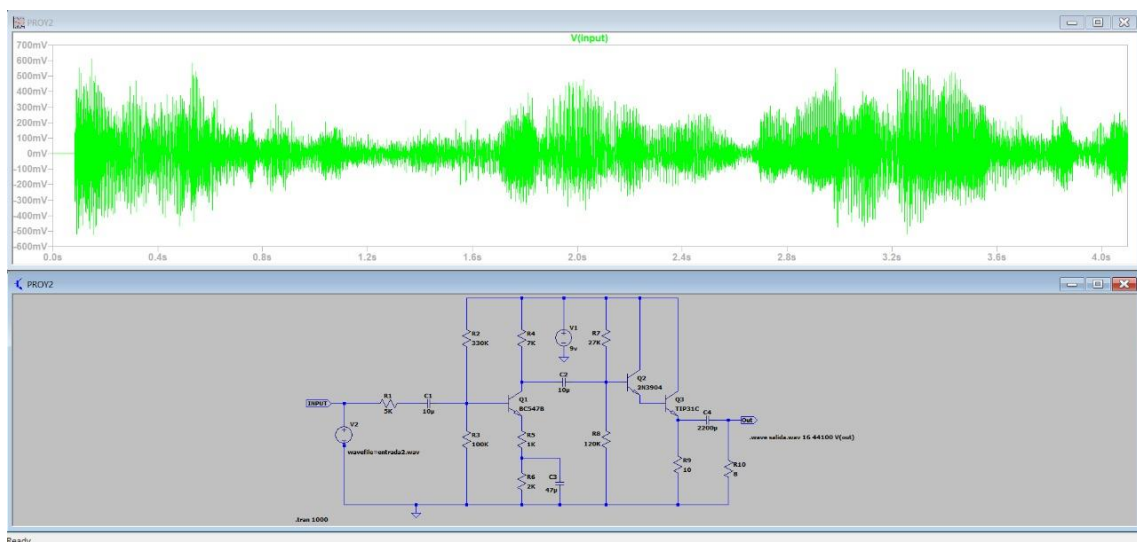
### 3.- Simulación



- Señal entada vs Señal de salida



- Entrada de señal de Audio





- Salida de señal de Audio

