

# DISEÑO DE UN AMPLIFICADOR CLASE A CON INDUCTANCIA DE CHOQUE

Juan José Restrepo Rosero, Manuel Alejandro Orejuela, David Alejandro Dorado

*Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Cali  
Santiago de Cali, Valle del Cauca*

juanjorestrepo@javerianacali.edu.co

manuelalejo@javerianacali.edu.co

anacali.edu.co

alejodoradog@javerianacali.edu.co

**Resumen**—Para la siguiente práctica de laboratorio se realizaron los análisis teóricos del circuito para el diseño de un amplificador clase A con inductancia de choque, teniendo en cuenta ciertos requerimientos los cuales fueron comparados con la simulación la cual se realizó con el software Pspice con el fin de verificar que los valores de los componentes electrónicos fueran los necesarios para cumplir con los requerimientos planteados, para finalmente implementar el circuito y así ver su respuesta en el laboratorio.

**Palabras clave**—Ganancia, eficiencia, excursión, potencia, carga

**Abstract**— For the following practice the theoretical analysis of the circuit design of a Class A amplifier inductance shock was made, keeping in mind certain requirements which were compared with the simulation which was performed with the Pspice software in order to verify that the performed values of the electronic components are the necessary to meet the set requirements, to finally implement the circuit and visualize its behavior in the laboratory.

**Keywords**—Gain, efficiency, excursion, power, load

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se puede apreciar una amplia variedad de dispositivos amplificadores en donde cada uno de ellos tiene un diseño distinto y utilizado para una operación específica. Entre los amplificadores más comunes se encuentran: amplificadores de sonido, amplificadores de potencia e inversores de voltaje. Uno de los componentes más importantes e influyentes en la

electrónica de la historia es el transistor, el cual por diversas aplicaciones como por ejemplo la de amplificador; es por eso que en esta práctica se diseña con un tipo de configuración y polarización que permitiera la transferencia de potencia a una carga conectada.

## II. OBJETIVOS

- Consolidar los conceptos teóricos adquiridos en el análisis, diseño y simulación de amplificadores con transistores BJT
- Analizar el comportamiento de un amplificador en clase A con inductancia de choque mediante el análisis en DC y AC.
- Verificar mediante simulación del circuito de amplificador conceptos como excursión máxima simétrica, ganancia de voltaje, ganancia de corriente, eficiencia y punto de operación.
- Comparar los resultados obtenidos en la práctica con los de simulación y la parte teórica.

## III. MARCO TEÓRICO

### Amplificador clase A.

Es un amplificador que posee etapas de potencia consumidoras de corrientes altas y continuas de una fuente de alimentación, independiente de una señal de inductancia de choque. [1].

### Características.

Este tipo de amplificador presenta inconvenientes a la hora de emitir calor sin embargo los transistores poseen a la salida una temperatura fija y sin alteraciones, también se sabe que la señal del transistor de salida modula tanto el voltaje como la corriente de salida. [2].

Para el diseño de este tipo de amplificador se emplearán las siguientes ecuaciones:

### Corriente de colector para Máxima Excursión Simétrica:

$$I_{cQ} = \frac{V_{cc}}{R_{ac} + R_{dc}} \quad (1)$$

### Criterio para Máxima Transferencia de potencia:

$$R_C = R_L \quad (2)$$

### Criterio para Máxima Transferencia de potencia:

$$R_E \leq 0.1 R_C \quad (3)$$

### Ganancia de voltaje:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_s} \quad (4)$$

### Ganancia de corriente:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_s} \quad (5)$$

### Criterio de estabilidad de polarización:

$$R_B = 0.1 \beta R_E \quad (6)$$

### Corriente de base:

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} \quad (7)$$

### Resistencias de polarización:

$$R_1 = \frac{R_B}{1 - \frac{V_{bb}}{V_{cc}}} \quad (8)$$

$$R_2 = \frac{R_B * V_{cc}}{V_{bb}} \quad (9)$$

### Resistencias DC y AC:

$$R_{AC} = R_L \quad (10)$$

$$R_{DC} = R_E \quad (11)$$

### Potencia:

$$P_{dc} = \frac{V_{cc}^2}{2 R_L} \quad (12)$$

$$P_L = \frac{I_{cq}^2 R_L}{2} \quad (13)$$

### Eficiencia:

$$\eta\% = \frac{P_L}{P_{dc}} \quad (14)$$

$R_{AC}$  es  $Z$  en malla de salida en AC

Para máxima transferencia de potencia

$$R_C = R_L = 1\text{ K}\Omega$$

Para máxima eficiencia

$$R_E \leq 0.1 R_C$$

$$R_E = 100\ \Omega$$

#### IV. DISEÑO, ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTO

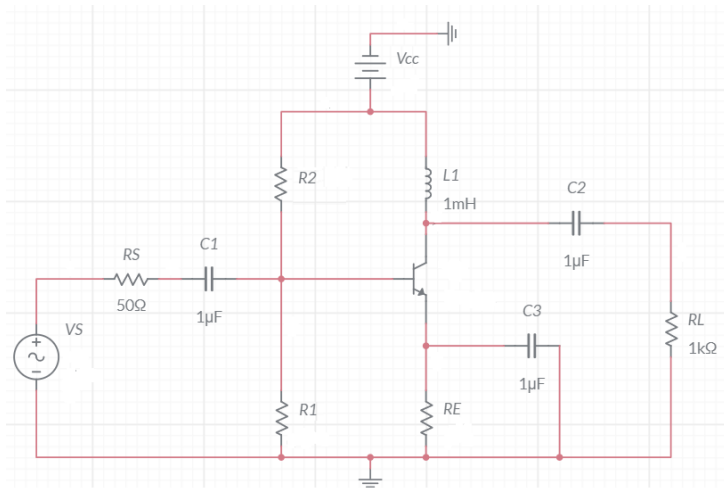


Imagen 1. Amplificador.

Consideramos la información que nos brindan:

$$P_L = 20\text{ mW}$$

$$R_L = 1\text{ K}$$

$$\beta = 100$$

Por M.E.S

$$I_{cQ} = V_{CC} / R_{DC} + R_{AC}$$

$R_{DC}$  es  $Z$  en malla de salida en DC

Análisis DC

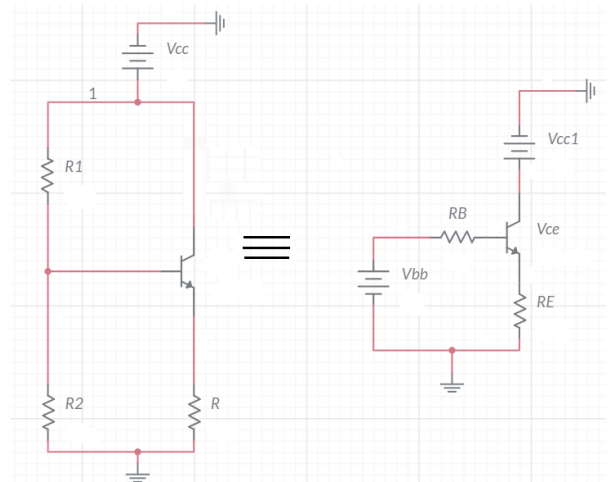


Imagen 2. Transformación con resistencia Thevenin.

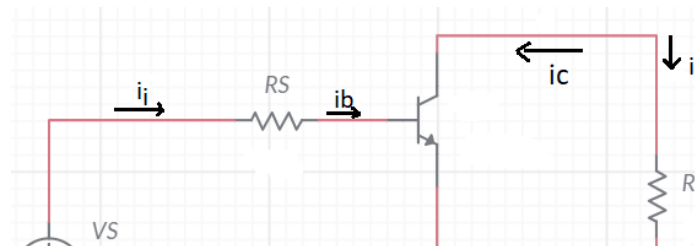
$$V_{bb} = V_{CC} (R_1 / (R_1 + R_2))$$

$$R_b = (R_1 R_2) / (R_1 + R_2)$$

$$I_c = \beta I_b$$

$$R_{DC} = R_E = 100\ \Omega$$

Imagen 3. Circuito para análisis en AC.



### Análisis AC

$$i_c = -i_o$$

$$R_{AC} = R_L = 1\text{ K}\Omega$$

$$V_{cc} = I_{cQ}(R_{DC} + R_{AC})$$

$$P_L = i_o^2 (R_L/2)$$

$$i_o = \sqrt{2P_L/R_L} = 6,32\text{ mA}$$

Por MES

$$I_c = I_{cQ} \text{ e } I_o = -I_c$$

$$I_i = I_{cQ} = |-6,32\text{ mA}| = 6,32\text{ mA}$$

$$V_{cc} = 6,32\text{ mA} \times (100 + 1\text{ k})$$

$$V_{cc} = 6,957\text{ V} \approx 7,0\text{ V}$$

LVK en malla de entrada en DC:

$$V_{BB} = I_{cQ} \times \left(\frac{R_B}{\beta} + R_E\right) + V_{BE}$$

$$= 6,32\text{ mA} \times \left(\frac{1\text{ k}}{100} + 100\right) + 0,7\text{ V}$$

$$= 1,4\text{ V}$$

$$R_B = 0,1 \times \beta \times R_E = 1000\Omega$$

$$R_1 = \frac{R_B}{1 - \frac{V_{BB}}{V_{CC}}} = 1,25\text{ K}\Omega$$

$$R_2 = R_B \frac{V_{CC}}{V_{BB}} = 5\text{ K}\Omega$$

Modelo híbrido:

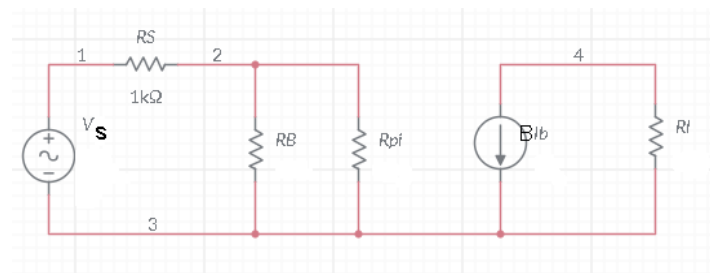


Imagen 4. Circuito con transistor en el modelo híbrido.

$$r_{\pi} = 411,4\Omega$$

$$i_o = -\beta i_b$$

$$V_o = -\beta i_b \times R_L$$

$$V_S = i_b \left[ (1,41139)R_S + R_{\pi} \right]$$

$$i_i = \frac{i_b(R_{\pi} + R_B)}{R_B}$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_S} = \frac{-\beta \times R_L}{(1,41139)R_S + R_{\pi}} = -207,48$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i}$$

$$i_b = \frac{i_i \times R_B}{R_B + R_{\pi}}$$

$$i_i = \frac{i_b \times (R_B + R_{\pi})}{R_B}$$

$$A_i = \frac{-\beta \times R_B}{(R_B + R_{\pi})} = -70,85$$

$$Z_{in} = (R_B // R_{\pi}) \times R_S = 341,47$$

$$Z_{out} = \infty$$

Potencia carga:

$$P_{oc} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} = 0,0245 = 24,5\text{ mV}$$

$$P_L = 20\text{ mV}$$

$$n\% = \frac{20\text{ mV}}{24,5\text{ mV}} \times 100\% = 81,63\%$$

Recta de carga DC

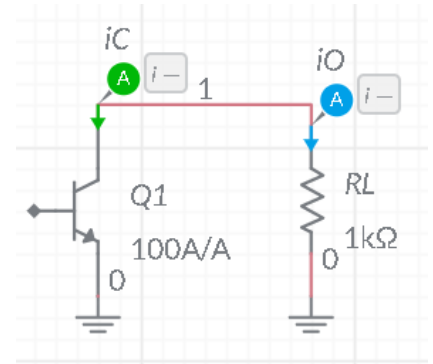
$$I_{cQ} = 6,32 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{cQ} = 6.368V$$

### Valores máximos

$$V_{CEQ} \text{ MAX } (I_{cQ} = 0) = V_{CC} = 7.0V$$

$$I_{cQ} \text{ MAX } (V_{CE} = 0) = V_{CC} = \frac{V_{CC}}{R_E} = 70 \text{ mA}$$



$$i_{c \text{ max}} = I_{cQ}$$

$$V_{o \text{ max}} = i_{o \text{ max}} \times R_L$$

$$= -i_{c \text{ max}} \times R_L$$

$$= -I_{cQ} \times R_L$$

$$= 6,32V$$

### Gráfico de la Recta de carga

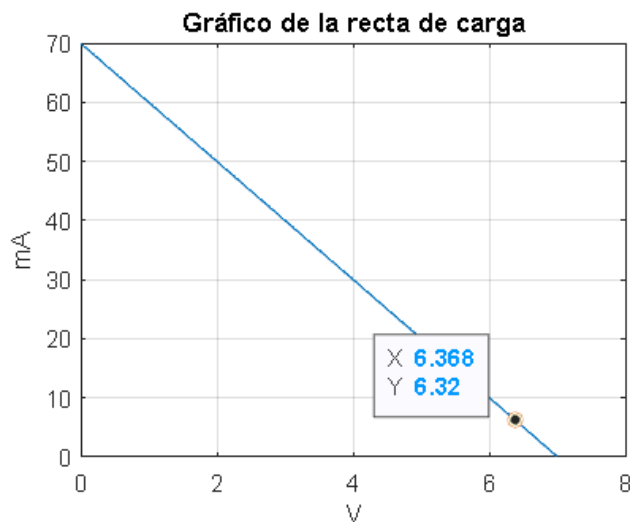


Gráfico 1. Recta de carga y punto operacional Q.

Dado que el punto Q se encuentra por debajo de MES, se concluye que el caso a analizar es el número 2

Finalmente hallamos Vimax teniendo en cuenta Vomax y la ganancia de voltaje Av

$$V_{imax} = \frac{V_{omax}}{|A_v|} = \frac{6,32V}{|-207,48|}$$

$$= 0,03046 = 30,46 \text{ mV}$$

### Análisis por Simulación:

Al realizar la simulación del circuito en Pspice se pudo obtener los valores de las ganancias de Voltaje y de Corriente (Av y Ai) al igual que las frecuencias de corte para hallar el ancho de banda del amplificador.

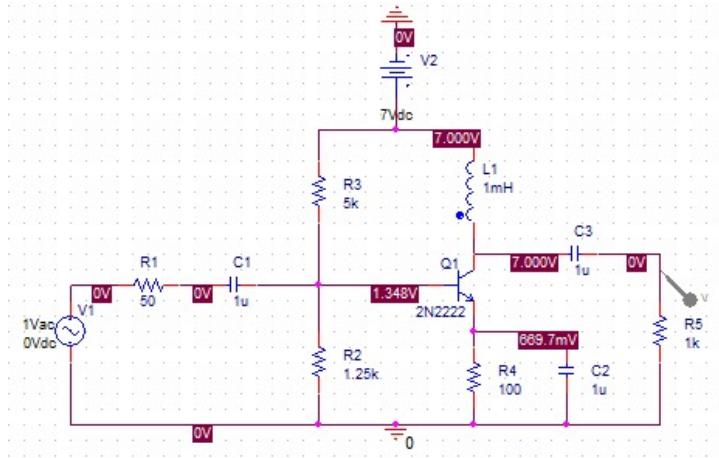


Imagen 5. Mediciones del circuito en simulador.

Para calcular los puntos de corte de las frecuencias altas y bajas de la ganancia de Voltaje ( $f_H$  y  $f_L$  respectivamente), se realizó de la siguiente manera

$$\frac{AV}{\sqrt{2}} = 127.99 \approx 128$$

Después, por medio de la gráfica arrojada de la ganancia de voltaje, se buscó dicho valor calculado anteriormente para la coordenada de y, con el fin de encontrar las frecuencias que arrojaban una amplitud de 128



Imagen 5. Ganancia de voltaje simulado.

Los valores de las frecuencias de corte halladas fueron:

$$f_H = 2.9585 \text{ MHz}$$

$$f_L = 146.324 \text{ kHz}$$

Por lo tanto, el ancho de banda (BW por sus siglas en inglés) es el siguiente:

$$BW = f_H - f_L = 2.81 \text{ MHz}$$

Así mismo, se obtuvo la gráfica de la ganancia de corriente ( $A_i$ ) como se puede ver a continuación:

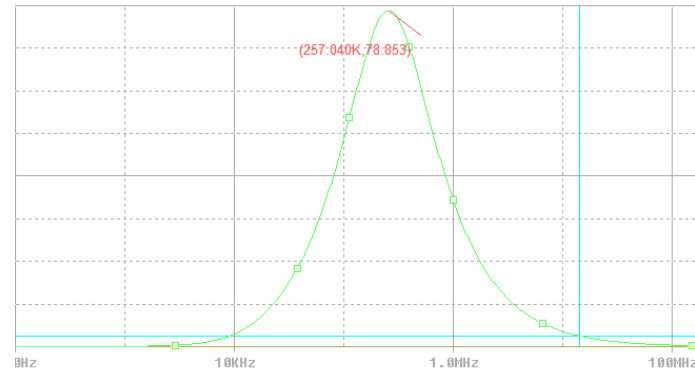


Imagen 6. Ganancia de corriente simulado.

## Materiales para la práctica en el laboratorio

A continuación se presentan los elementos y herramientas que serán usadas para el diseño y posteriormente la puesta en práctica de este ejercicio.

- Generador de señal
- Osciloscopio
- Protoboard
- Multímetro
- Fuente DC
- Resistencias
- Inductancia Transistores
- Condensadores
- Orcad Pspice

## Resultados prácticos y comparación:



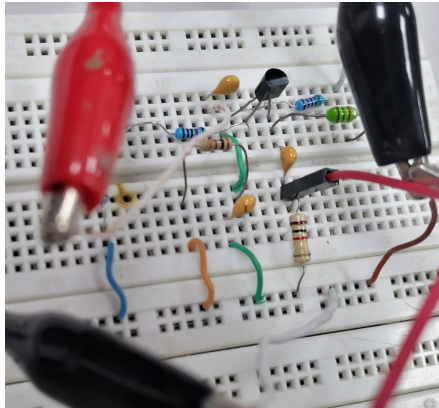


Tabla 2. Contraste de los datos mediante el error relativo

En primer lugar, el error porcentual de PL es de 25.8%, en este caso podemos afirmar que el error no es muy alto, sino más bien medio-bajo. Por lo que la potencia en la carga y la potencia promedio es similar a la esperada teóricamente.

Por otro lado, el voltaje de salida máximo sí fue bastante similar al esperado, en este caso se tuvo un error de 13.87%, sin embargo, se debe tener en cuenta el voltaje de entrada, el cual resultó tener una gran variación en cuanto a lo esperado del análisis teórico

	Datos de la práctica	Datos teóricos
PL	14.58 mW	19,65 mW
Vomax	5,4 V	6,27 V
Vimax	72 mV	30,43 mV
Av	-100	-207,48
$\eta\%$	32.9 %	82.98%

Tabla 2. Recopilación de datos de la teoría y la práctica.

En la anterior tabla se pueden observar los datos tomados en la práctica en el laboratorio y también los correspondientes al análisis teórico. A continuación analizaremos estos resultados y el contraste que podemos inferir de ellos, haciendo uso del cálculo de los errores:

	Error Relativo (Practica - Teoría)
PL	25.80%
Vomax	13.87%
Vimax	136.60%
Av	51.80%
$\eta\%$	60.35%

## REFERENCIAS

- [1] Savant C. Roden M. Carpenter G. Diseñoelectrónico. Circuitos y sistemas
- [2] Boylestad R. Nashelsky L. Electrónica teoría de circuitos

## V. CONCLUSIONES

- Gracias a la realización de la práctica, se hizo una comparación entre estos y los valores obtenidos teóricamente, donde se notó brechas en algunos casos, además se verificaron algunos conceptos de la simulación.
- Se consolidó la teoría vista en clase sobre los amplificadores BJT y se fortalecieron en

especial las habilidades en el diseño de estos mismos.