
PRÁCTICA 3: AMPLIFICADOR MULTITAPAS

Sebastián De Valdenebro

e-mail: sebasdeval@javerianacali.edu.co

Jaime Andrés Iriarte

e-mail: iriarte@javerianacali.edu.co

Juan Felipe Penagos Angrino

e-mail: juanfepa0105@javerianacali.edu.co

RESUMEN: En el siguiente informe de laboratorio se ha llevado a cabo el montaje de un amplificador clase A de dos etapas con capacitores de acople y desacople, donde los transistores son de tipo Q2N2222 que se polarizan con una fuente de 12 Vdc. Durante la práctica se hallan los valores de ganancia de voltaje para la etapa 1, ganancia de voltaje para la etapa 2 y la ganancia total, potencia máxima entregada, eficiencia, v_{maxp} y v_{omaxp} . Con los datos obtenidos en los instrumentos de lectura, así como los arrojados por procedimientos teóricos y de simulación mediante el software PSPICE, se ha realizado una comparación entre los resultados, hallando porcentajes de error y llegando a múltiples conclusiones.

ABSTRACT: In the following laboratory report, the assembly of a two-stage class A amplifier with coupling and decoupling capacitors has been carried out, where the transistors are of type Q2N2222 that are polarized with a 12 Vdc source. During practice, the voltage gain values for stage 1, voltage gain for stage 2 and the total gain, maximum power delivered, efficiency, v_{maxp} and v_{omaxp} are found. With the data obtained in the reading instruments, as well as those obtained by theoretical and simulation procedures using the PSPICE software, a comparison has been made between the results, finding error percentages and reaching multiple conclusions.

Palabras clave: Amplificadores multietapa, ganancia, impedancia y acople.

keywords: Multistage amplifiers, gain, impedance and coupling

Objetivos

Como objetivo del laboratorio, se plantea hacer un proceso de consolidación de los conceptos teóricos adquiridos en el análisis, diseño y simulación de amplificadores con transistores BJT mediante el montaje y la implementación de un amplificador clase A de dos etapas. Con esto, se desea alcanzar destreza y conocer los valores reales de funcionamiento de los materiales y componentes usados en la práctica.

Introducción

En este informe de laboratorio se incluye un marco teórico referente a los amplificadores clase A de dos etapas, así como los resultados en términos de voltaje, corriente, ganancia, potencia y eficiencia arrojados por la práctica, los métodos teóricos y las simulaciones realizadas en PSPICE.

Marco teórico

Los amplificadores multietapa se pensaron inicialmente como solución a algunas aplicaciones que presentaban inconvenientes, por ejemplo, en referencia a la ganancia o impedancias requeridas cuando una solo etapa de amplificación era implementada. Gracias a esta idea, en la actualidad, gran parte de los amplificadores prácticos suelen presentar varias etapas, ya que su construcción resulta sencilla al ser solo la conexión entre amplificadores básicos. Dentro de los objetivos que se tienen en cuenta para la implementación de un amplificador multietapa se consideran la obtención de una mayor ganancia global, la adecuación de las impedancias de entrada y salida según la aplicación y la adaptación de la señal en términos de tensión, corriente, frecuencia, potencia, etc.

Para el montaje realizado en el laboratorio, se trabaja con un amplificador clase A de dos etapas, las cuales son una etapa de entrada (se encarga de adaptarse al generador de señal del circuito) y una etapa de salida (se encarga de adaptarse a la carga). Ambas etapas, estudiadas de manera independiente, se comportan como amplificadores clase A y presentan características de funcionamiento propias de esta configuración. Este montaje no incluye una etapa intermedia que proporcione una ganancia además de sus etapas de entrada y salida. Para el acople entre etapas, puede ser de tipo capacitivo, inductivo o directo. Para el montaje realizado en el laboratorio, se utiliza un acople capacitivo, que mediante el uso de condensadores permite aislar el circuito en DC y permite el paso de señales que entren en una determinada banda de frecuencias. Ya que el principal interés de implementar amplificadores multietapa es obtener una mayor ganancia total, es importante mencionar que para el cálculo de esta magnitud se realiza el producto entre las ganancias individuales de cada etapa del amplificador.

Procedimiento

Para el montaje del amplificador clase A de dos etapas se hizo uso de dos transistores BJT de tipo 2N2222, así como de tres condensadores, cada uno de 1 uF, resistencias y una fuente de voltaje DC como polarización. La Figura 1. presenta la composición del amplificador propuesto para el montaje, así como las conexiones entre los diferentes materiales y componentes de laboratorio.

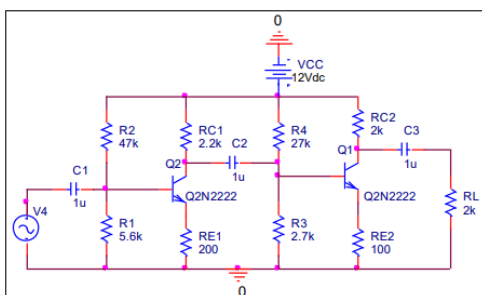


Figura 1. Diseño circuitual del amplificador clase A de dos etapas

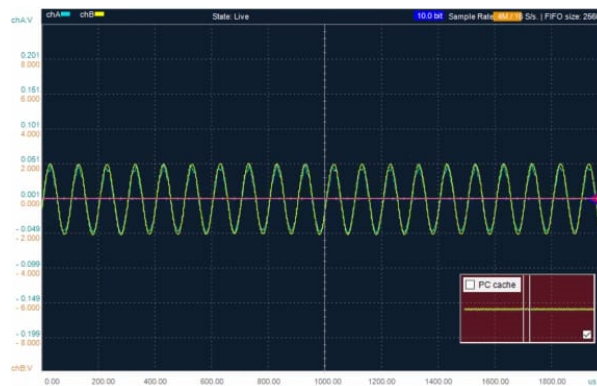
Algunas consideraciones tenidas en cuenta antes de llevar a cabo la prueba del montaje induciendo una corriente a través de él es la polarización de los capacitores y la configuración de los transistores acoplados. Ya que el capacitor es electrolítico y no cerámico, es importante tener en cuenta la posición de su terminal positivo y negativo a la hora de su implementación. Con respecto a los transistores acoplados, vemos que desde el colector de la etapa de entrada sale un capacitor de 1 uF que comparte nodo con la base de la etapa de salida. Es importante este acople capacitivo ya que es gracias al capacitor que la señal de entrada a la siguiente etapa presenta una frecuencia específica. Los resultados obtenidos al momento de la práctica se encuentran contenidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados prácticos del montaje 1

Av Total	41.87
Av Etapa 1	-5.2
Av Etapa 2	-8.05
PL	1.83 mW
n%	4.39
vomaxp	2.706 Vp
vimaxp	0.086 Vp

En la Gráfica 1. se muestra la gráfica de Vs y Vo con respecto al tiempo arrojada como lectura del

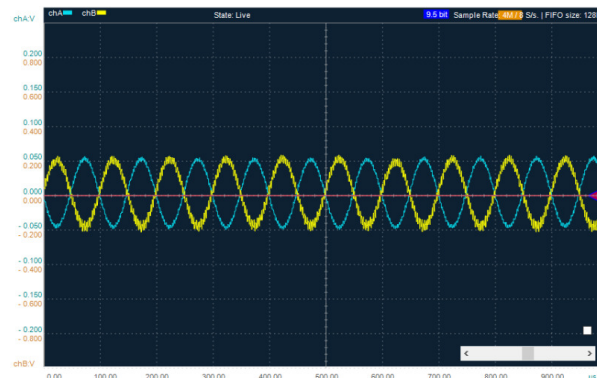
osciloscopio OSC48XX, incluido dentro de los kits de laboratorio brindado por la universidad, donde Vs es la señal del generador y Vo es la señal arrojada por la etapa de salida.



Gráfica 1. Vs (azul) y Vo (amarilla) vs tiempo - Av Total

En la Gráfica 1. las divisiones del eje y para el canal A (Vs) tienen un valor de 0.5 V, mientras que para el canal B (Vo) tiene un valor de 2 V.

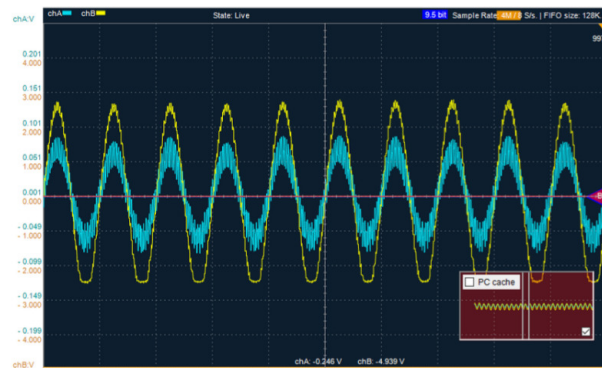
En la Gráfica 2. se muestra la gráfica de Vs y Vo con respecto al tiempo arrojada como lectura del osciloscopio OSC48XX, incluido dentro de los kits de laboratorio brindado por la universidad, donde Vs es la señal del generador y Vo es la señal arrojada por la etapa de entrada.



Gráfica 2. Vs (azul) y Vo (amarilla) vs tiempo - Av Etapa 1

En la Gráfica 2. las divisiones del eje y para el canal A (Vs) tienen un valor de 0.5 V, mientras que para el canal B (Vo) tiene un valor de 2 V.

Finalmente, en la Gráfica 3. se muestra la gráfica de Vimax y Vomax con respecto al tiempo arrojada como lectura del osciloscopio OSC48XX, incluido dentro de los kits de laboratorio brindado por la universidad, donde Vs es la señal máxima del generador a la cual Vo no presenta distorsiones.



Gráfica 3. Vimax (azul) y Vomax (amarilla) vs tiempo

En la Gráfica 3. las divisiones del eje y para el canal A (Vimax) tienen un valor de 0.5 V, mientras que para el canal B (Vomax) tiene un valor de 1 V.

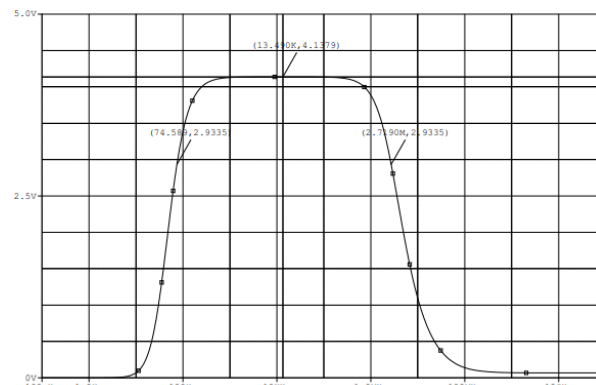
Resultados y análisis

Para la simulación del circuito presentado en la Figura 1. se utilizó el software de simulación PSPICE, acudiendo a las librerías necesarias para la obtención de todos los componentes del montaje. Los datos obtenidos por simulación se encuentran contenidos en la Tabla 2.

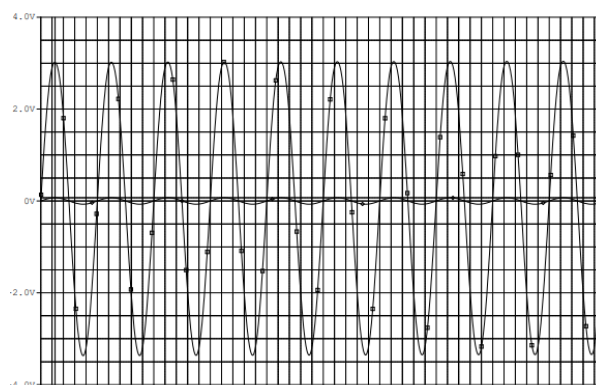
Tabla 2. Resultados simulados del montaje 1

ICQ1	2.581 mA
ICQ2	3.518 mA
Ancho de banda	2.719 MHz
Ai Total	93.573
Ai Etapa 1	-10.244
Ai Etapa 2	-8.499
Av Total	43.457
Av Etapa 1	-5.112
Av Etapa 2	-8.449
PL	2.568 mW
n%	6.083
vomaxp	3.042 Vp
vimaxp	0.07 Vp

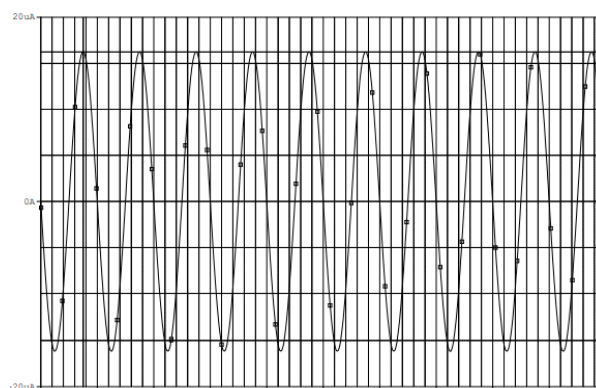
A continuación se presentan las gráficas resultantes de las simulaciones para la Figura 1, con las cuales se hallaron los valores simulados.



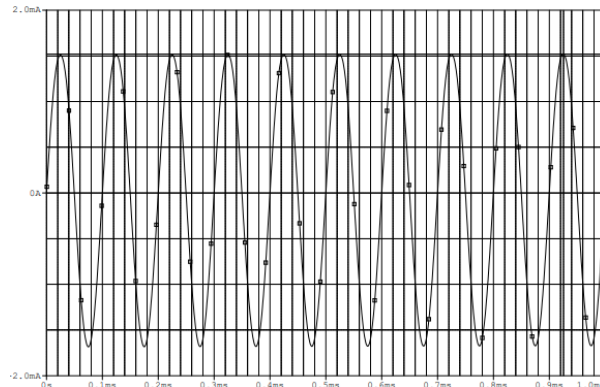
Gráfica 4. Ancho de banda simulado del montaje 1



Gráfica 5. Vomax vs. Vimax simulado del montaje 1



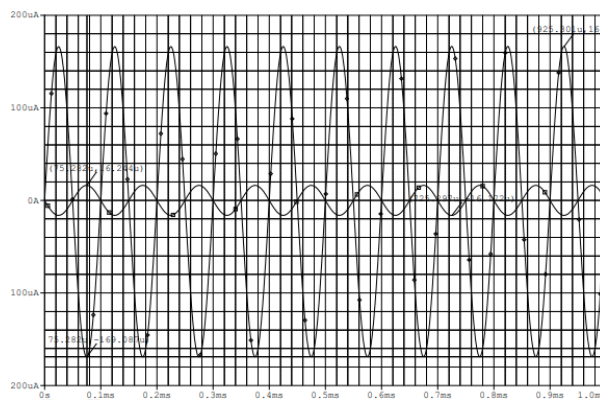
Gráfica 6. Iimax simulado del montaje 1



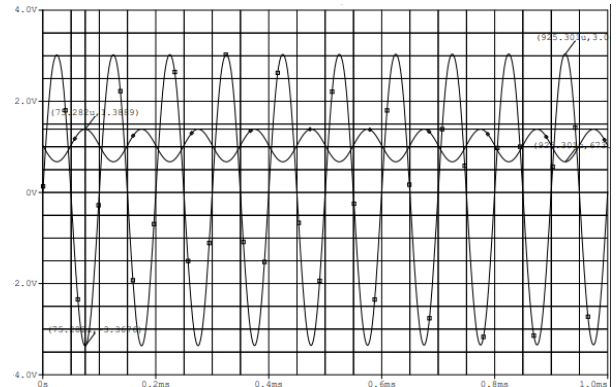
Gráfica 7. Iomax simulado del montaje 1



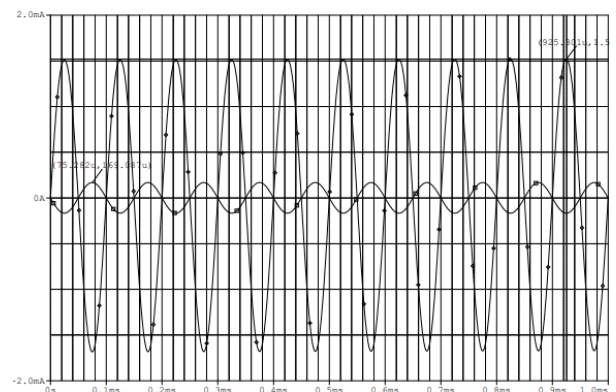
Gráfica 8. Vomax vs. Vimax (Etapa 1) simulado del montaje 1



Gráfica 9. Iomax vs. limax (Etapa 1) simulado del montaje 1



Gráfica 10. Vomax vs. Vimax (Etapa 2) simulado del montaje 1



Gráfica 11. Iomax vs. limax (Etapa 2) simulado del montaje 1

Para el análisis teórico del circuito presentado en la Figura 1. se hizo uso de los métodos aprendidos durante el curso. Para el análisis DC se consideran los capacitores de acople y desacople como circuitos abiertos y mediante LVK se realiza un análisis de la malla tanto externa como interna del montaje. El análisis DC debe de realizarse para cada una de las etapas del amplificador propuesto en el montaje. Los resultados obtenidos en el análisis DC se encuentran contenidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados teóricos del laboratorio (DC)

ICQ1	2.53 mA
ICQ2	3.47 mA
VCEQ1	5.928 V
VCEQ2	4.713 mA

Para el análisis AC se consideran los capacitores de acople y desacople como cortocircuitos, siendo necesaria la reflexión de impedancias para poder simplificar la representación del modelo híbrido del circuito. El análisis AC debe de realizarse para cada

una de las etapas del amplificador propuesto en el montaje. Los resultados obtenidos en el análisis AC se encuentran contenidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados teóricos del laboratorio (AC)

Zin	4.47 kΩ
Zout	2 kΩ
Ai Total	108.64
Ai Etapa 1	-10.62
Ai Etapa 2	-10.23
Av Total	48.64
Av Etapa 1	-5.23
Av Etapa 2	-9.3
PL	4.58 mW
n%	10.99
vomaxp	4.28 Vp
vimaxp	0.088 Vp

Una vez obtenidos los datos que se requieren para obtener un análisis completo del amplificador clase A de dos etapas, se procede con la comparación entre los valores teóricos, simulados y prácticos para así obtener los porcentajes de error y poder desarrollar un análisis y posteriormente las respectivas conclusiones. En la Tabla 5. se presentan las comparaciones entre los valores teóricos y prácticos, mientras que en la Tabla 6. se presentan las comparaciones entre los valores arrojados por simulación y los obtenidos en la práctica.

Tabla 5. Comparación entre los resultados prácticos y teóricos del laboratorio

	Práctica	Teórico	% error
Av Total	41.87	48.64	0.162
Av Etapa 1	-5.2	-5.23	0.006
Av Etapa 2	-8.05	-9.3	0.155
PL	1.83 mW	4.58 mW	1.503
n%	4.39	10.99	1.503
vomaxp	2.706 Vp	4.28 Vp	0.582

vimaxp	0.086 Vp	0.088 Vp	0.023
---------------	----------	----------	-------

Tabla 6. Comparación entre los resultados prácticos y simulados del laboratorio

	Práctica	Simulación	% error
Av Total	41.87	43.457	0.038
Av Etapa 1	-5.2	-5.112	0.017
Av Etapa 2	-8.05	-8.449	0.05
PL	1.83 mW	2.568 mW	0.403
n%	4.39	6.083	0.386
vomaxp	2.706 Vp	3.042 Vp	0.124
vimaxp	0.086 Vp	0.07 Vp	0.186

De las Tablas 5. y 6. se puede apreciar que vimaxp, Av Etapa 1, Av Etapa 2 y Av Total fueron los datos con menor porcentaje de error en comparación con la lectura obtenida por el osciloscopio en el laboratorio. Por otra parte, PL y n% presentan porcentajes de error mínimo del 38 %, lo que nos indica que si bien los voltajes máximos de entrada y las ganancias de voltaje en las etapas independientes y acopladas se respetan de acuerdo a los cálculos y simulaciones, factores como la potencia máxima entregada por la carga y eficiencia van ligados a las características físicas y funcionales de los componentes empleados para el montaje del circuito. También se debe decir que no se excluye la posibilidad de presentar errores de precisión al momento de tomar las medidas con los instrumentos utilizados durante el laboratorio. En referencia a las ganancias de voltaje y corriente que son magnitudes negativas, por medio de la simulación y las lecturas del osciloscopio se evidencia un desfase de aproximadamente 180 grados entre la señal de entrada y la señal de salida, lo cual justifica este resultado. Como la ganancia de todo amplificador clase A presenta este desfase, es lógico concluir que siempre se obtendrá una ganancia positiva cuando la cantidad de etapas acopladas de amplificador clase A sea par

Conclusiones

En la práctica y durante el proceso de redacción del informe respectivo, se logró con éxito la consolidación de los conceptos teóricos adquiridos en el análisis, diseño y simulación de amplificadores con transistores BJT. También se comprobó de primera mano que las características de diseño de los amplificadores clase A se mantienen para cada una de las etapas, independiente de cuántas se presenten en el modelo de amplificador multietapa y que como se

mostró durante las clases, la ganancia de un amplificador multietapa se puede calcular como el producto entre las ganancias de cada una de las etapas.

Referencias

- [1] Facultad de Ingeniería, “*Amplificadores Multietapa*”, Universidad de Deusto, pp. 3-5, 2015.
- [2] Departamento de Electrónica, “*Capítulo 5: Amplificadores Multietapa y Diferenciales*”, Universidad de Alcalá, pp. 3-6, 2017.