

ELECTRÓNICA AVANZADA 1

Práctica de Laboratorio 4

AMPLIFICADORES DE POTENCIA

El objetivo general de la práctica es diseñar, construir y caracterizar un amplificador de potencia integrado, y una etapa de salida clase AB con transistores de potencia y componentes discretos, según el esquema de la Figura 1, utilizando equipamiento estándar de laboratorio.

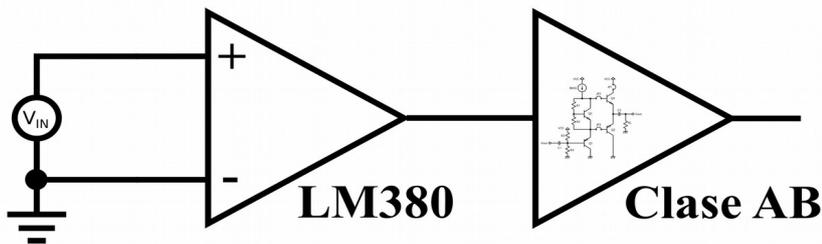


Figura 1: diagrama de bloques

Se deberán realizar los cálculos y simulaciones en forma previa, mientras que las medidas correspondientes se realizarán en clase de laboratorio. Al final de este documento se detalla el contenido requerido para el informe que deberá entregarse en forma previa a la realización de la práctica. Uno de los objetivos de las prácticas de laboratorio es contrastar la teoría y modelos con la realidad. En este sentido es más importante que el alcanzar en las medidas los requerimientos pedidos con gran precisión, el entender el posible origen de las diferencias entre lo esperado, simulado y medido.

La defensa se realizará **solamente** utilizando equipamiento estándar: fuente dc de alimentación, osciloscopio y generador de señales. Los estudiantes deberán traer el circuito diseñado en esta práctica listo para ser probado. El docente solicitará a cada estudiante particular realizar alguna medida, esperando que sea capaz de realizar dicha tarea en forma fluida y sin errores. También deben traer los netlist o esquemáticos utilizados para simular el circuito en LTspice, el cual podría ser solicitado por el docente si lo considera necesario.

I) Diseño

Amplificador integrado de potencia

Objetivo: diseñar un amplificador de potencia basado en el integrado LM380.

Requerimientos:

- Entregar una potencia de 1 W sobre una carga de $R_L = 8 \Omega$.
- Mínima tensión de alimentación necesaria para garantizar una distorsión armónica total menor (THD) al 3 %.
- Dimensionar los condensadores de desacople de la entrada (capacidad y tensión máxima del mismo) para tener una frecuencia de corte inferior de 20 Hz.

Observar que ambas entradas del LM380 deben estar desacopladas en continua mediante un condensador, tanto la entrada que va tierra en señal, como la otra donde se aplicará señal.

Para el diseño realizado:

- Para la mínima tensión calculada anteriormente calcular la eficiencia, la potencia entregada por la fuente de alimentación y la potencia disipada por el integrado.
- Demuestre que no es necesario utilizar disipador en el integrado.

Amplificador integrado de potencia + etapa de salida clase AB

Objetivo: diseñar una etapa de salida clase AB con multiplicador de V_{BE} para aumentar la potencia entregada a la carga del circuito anterior de acuerdo al circuito de la Figura 2.

El seguidor implementado por Q1 se agrega para poder probar la etapa de salida clase AB separada de la primer etapa utilizando un generador de señales directamente y para darle un camino a tierra a la corriente en continua.

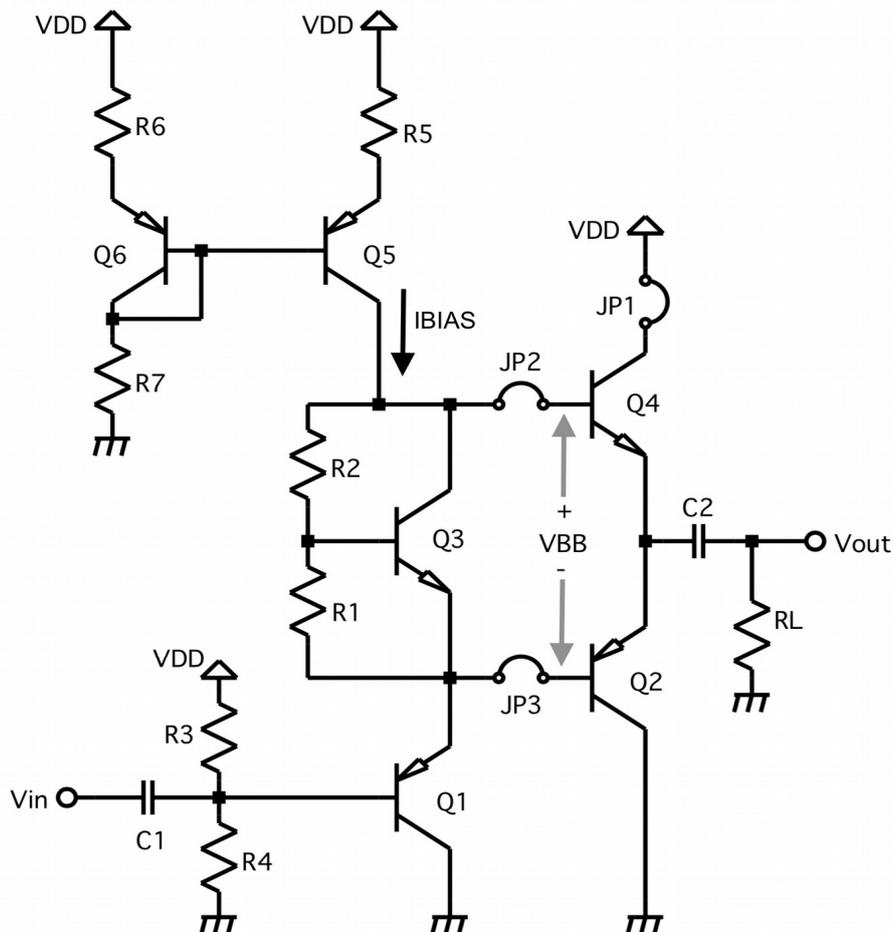


Figura 2: Etapa de salida clase AB

Requerimientos:

- El amplificador integrado de potencia seguido de la etapa de salida clase AB deben entregar una potencia de 4 W sobre una carga de $R_L = 8 \Omega$.
- Frecuencia de corte inferior menor de 20 Hz. Tener en cuenta que es posible que la frecuencia quedé determinada por C2 y R_L . Verificar que el capacitor seleccionado soporte la máxima tensión de pico a la cuál debe operar.
- Para Q2 y Q4 se utilizarán transistores de potencia TIP 41/42.
- Implementar R1 con un preset multivuelta en serie con una resistencia fija. La resistencia fija debe dimensionarse para fijar un límite superior a la diferencia de voltaje entre las bases de Q2 y Q4 (V_{BB}), de modo tal de no quemar Q2 y Q4 (diseñar para tener como máximo $V_{BB} = 2V$).
- Utilizar el mismo valor de alimentación para el LM380 y para la etapa de salida clase AB. Para ello deben tomarse en cuenta cuál es valor máximo de alimentación que soporta el LM380.
- La etapa de salida clase AB debe concebirse para ser colocada a la salida del amplificador integrado de potencia.

Para el diseño realizado:

- Calcular la mínima tensión de alimentación necesaria para lograr un correcto funcionamiento.
- Para esta tensión calcular la eficiencia, la potencia entregada por la fuente de alimentación y la potencia disipada por cada transistor.
- Determine si es necesario utilizar disipador en los transistores.

II) Armado

- Construir un circuito impreso (PCB) para montar el circuito.
 - Se sugiere implementar en un único PCB el amplificador integrado de potencia y etapa de salida clase AB.
 - Se debe permitir la desconexión completa (por ejemplo mediante headers y jumpers) de la etapa de salida AB, de modo tal que cada una de las etapas pueda ser medida de forma independiente. En particular, cuando se caracterice el LM380, la etapa de salida AB debe quedar sin alimentación y sin señal de entrada.
 - Prever mecanismos para desconectar los transistores de salida Q2 y Q4, de modo tal de poder testear de forma separada la fuente de corriente y el multiplicador de V_{BE} . Para ello se sugiera la colocación de los headers JP1, JP2 y JP3 (Ver Figura 2).
 - Q2, Q3 y Q4 deben estar en contacto térmico para evitar corridas térmicas. Para esto puede ser necesario utilizar una mica o algún otro material similar que provea de conductividad térmica y aislamiento eléctrico.
 - En caso de necesitar disipador, se recomienda que los transistores montados en el disipador se conecten al PCB mediante cables.
 - Para el LM380, se recomienda colocar el condensador de Bypass con un valor de 470 nF (ver Figura 15 de la hoja de datos).
 - Colocar 2 condensadores de filtrado entre V_{cc} y tierra en el PCB para evitar caídas en la fuente de alimentación por picos de corriente: uno electrolítico mayor a 470 μF (ubicado en el pin de entrada de V_{cc}) y otro cerámico de

algunos cientos de nF (ubicado lo más cerca posible del pin de alimentación del integrado).

- Se recomienda colocar las resistencias de emisor R5 y R6 en la fuente de corriente cuyo valor puede estar entre 5 y 10 Ω . Además de mejorar la resistencia de salida, compensa el mismatch de los transistores y actúa como realimentación negativa para compensar diferencias en la corriente por diferencias de temperatura.
- Estudiar en detalle la sección de medidas a realizar para incluir pines, headers o componentes auxiliares que faciliten la caracterización del circuito.
- Implementar el circuito de forma tal que sea fácil y cómodo la medición de las diferentes señales (dejar distancias razonables entre componentes).
- Soldar todos los componentes en el PCB.
 - Utilizar zócalo para el LM380
 - Para la carga RL deberá utilizarse una resistencia (verificar la potencia máxima que ésta sea capaz de disipar) o un parlante de la potencia adecuada. En caso de usar una resistencia se sugiere que estén soldadas en el PCB, y utilizar una que pueda disipar al menos 2 W para probar el LM380 y otra que pueda disipar al menos 5 W para probar la etapa de salida clase AB.
 - Verificar que se cumple con la potencia máxima que pueden disipar todas las resistencias.
 - Verificar que se cumple con la tensión máxima que soportan los capacitores.
 - Verificar el correcto montaje de todos los condensadores electrolíticos (el pin positivo del condensador debe conectarse a la mayor tensión en continua).

3) Medidas (durante laboratorio)

Amplificador integrado de potencia

Conecte solamente la etapa entrada con el amplificador integrado de potencia (la etapa de salida clase AB debe estar desconectada y sin alimentación). JP1, JP2 y JP3 deben estar abiertos. Para este circuito mida:

1. Con un voltímetro se tomarán las medidas de tensión en continua de los puntos relevantes del circuito.
2. Excursión de salida y potencia entregada a la carga. Utilizando la mínima tensión de alimentación calculada, se inyectará una señal sinusoidal en banda pasante y con el osciloscopio se medirá la máxima amplitud que puede tomar la señal de salida sin presentar distorsión. Se verificará si la potencia entregada a la carga es la solicitada.
3. Ganancia y las frecuencias de corte superior e inferior.

Etapa de salida clase AB

Conecte solamente la etapa de salida clase AB (la etapa entrada con el amplificador integrado de potencia debe estar desconectada y sin alimentación). JP1, JP2 y JP3 deben estar abiertos. Para este circuito mida:

1. Con un voltímetro se tomarán las medidas de tensión en continua de los puntos relevantes del circuito (incluyendo la fuente de corriente y el circuito multiplicador de V_{BE}).
2. Verificar el correcto funcionamiento de la fuente de corriente.
3. Verificar el correcto funcionamiento del circuito multiplicador de V_{BE} , y mida el valor máximo y mínimo de voltaje de continua que se puede generar entre las bases de Q2 y Q4 (V_{BB}). **Ajuste el preset multivuelta para V_{BB} en el valor mínimo.**

Poner jumpers en los headers JP1, JP2 y JP3:

4. Volver a tomar las medidas de tensión en continua de los puntos relevantes del circuito (incluyendo la fuente de corriente y el circuito multiplicador de V_{BE}).
5. Conectar un generador a la entrada de la etapa de salida clase AB (recordar que se debe desacoplar con el condensador C1). Observar si se tiene distorsión por cruce por 0. En caso de tener, subir el valor del multiplicador de V_{BE} , **lentamente**, hasta que se elimine la distorsión. **Realizar este ajuste con precaución.**
6. Excursión de salida y potencia entregada a la carga. Utilizando la mínima tensión de alimentación calculada, se inyectará una señal sinusoidal en banda pasante y con el osciloscopio se medirá la máxima amplitud que puede tomar la señal de salida sin presentar distorsión. Se verificará si la potencia entregada a la carga es la solicitada.

Amplificador integrado de potencia + etapa de salida clase AB

Conecte el amplificador integrado de potencia¹ y la etapa de salida clase AB con JP1, JP2 y JP3 cerrados. Para este circuito mida:

1. Con un voltímetro se tomarán las medidas de tensión en continua de los puntos relevantes del circuito.
2. Excursión de salida, potencia entregada a la carga y eficiencia. Utilizando la mínima tensión de alimentación calculada, se inyectará una señal sinusoidal en banda pasante y con el osciloscopio se medirá la máxima amplitud que puede tomar la señal de salida sin presentar distorsión. Se verificará si la potencia entregada a la carga y la eficiencia es la solicitada.
3. Ganancia y las frecuencias de corte superior e inferior.

4) Informe

En el informe se deberán utilizar los mismos nombres para los componentes que los presentados en la Figura 2. El informe deberá contener las siguientes secciones donde se debe explicar de forma clara y concisa lo solicitado en el orden aquí establecido. **Anexe al informe todos los cálculos realizadas para obtener todos los diseños, y todos los cálculos que haya realizado para responder las preguntas del informe.** Al final del informe, y en otro anexo, los estudiantes pueden agregar cualquier otra información que consideren relevante.

¹ Notar que en este caso no se conecta el generador cuyo valor de continua es 0 V sino que se está conectando la salida del LM380 cuyo valor de continua es aproximadamente $V_{CC}/2$. La entrada de la etapa de salida también estará a un valor de aproximado $V_{CC}/2$ (si por ejemplo se toma $R3 = R4$) por lo cual, para determinar el montaje del condensador se deberán tomar en cuenta los valores de continua relevados en los puntos anteriores.

1. Diseño
 - a. Responda las siguientes preguntas:
 - i. ¿Qué características tienen las etapas de salida clase A, B y AB? ¿Qué ventajas y desventajas?
 - ii. ¿Qué es la distorsión por cruce por cero? ¿Cómo puede evitarse?
 - iii. ¿Qué es la corrida térmica? ¿Cómo puede evitarse?
 - b. Indique los valores de los componentes utilizados para el amplificador integrado de potencia.
 - c. Indique los valores de los componentes utilizados para la etapa de salida clase AB (R1 a R7, C1, C2 y otros componentes que se haya agregado).
 - d. Indique la mínima tensión de alimentación necesaria para lograr el correcto funcionamiento del amplificador integrado de potencia y de la etapa de salida clase AB.
 - e. Indique la eficiencia, la potencia entregada por la fuente de alimentación y la potencia disipada por cada componente relevante de cada etapa del circuito.
 - f. Indique si es necesario agregar disipadores y a qué componentes.
 - g. Incluya un diagrama esquemático del circuito donde se detalle cómo realizar las conexiones en cada parte de la práctica. Este diagrama debe indicar claramente cómo conectó cada componente, y dónde va utilizar el generador de señales, el osciloscopio y la fuente de alimentación.
2. Simulación (para cada etapa y el circuito completo)
 - a. Punto de operación: indique en una tabla los resultados de simulación, y los obtenidos a partir del cálculo teórico.
 - b. Multiplicador de V_{BE}
 - i. Verificar el funcionamiento del multiplicador de V_{BE} corroborando que los valores mínimo y máximo de V_{BB} son los adecuados.
 - ii. Incluya una señal de salida donde se aprecie la distorsión por cruce por cero (por ejemplo cortocircuitando las bases de Q2 y Q4, $V_{BB} = 0$ V)
 - iii. Calcule la THD, antes (con $V_{BB} = 0$ V) y después de ajustar el multiplicador de V_{BE} ,
 - c. Excursión de salida y potencia entregada a la carga (análisis .TRAN):
 - i. Incluya una señal de salida donde se aprecie la distorsión por corte y saturación de los transistores Q2 y Q4.
 - ii. Incluya una señal de salida con la máxima excursión posible.
 - iii. En una tabla compare la excursión de salida simulada y calculada teóricamente, incluyendo las expresiones teóricas utilizadas y el cálculo.
 - iv. Fundamente en no más de 200 palabras las posibles causas de la diferencia.
 - d. Respuesta en frecuencia (análisis .AC)
 - i. Incluya diagrama de bode.
 - ii. Indique en una tabla la ganancia, frecuencia de corte inferior y frecuencia de corte superior simuladas, y calculadas teóricamente.
 - iii. En no más de 200 palabras compare los resultados obtenidos con los esperados teóricamente y las simulaciones, y explique las diferencias encontradas.