

Electrónica 2

Práctico 4 *Amplificadores de Potencia*

Los ejercicios marcados con ★ son opcionales. Además cada ejercicio puede tener un número, que indica el número de ejercicio del libro del curso (*Microelectronic Circuits, 4th. edition. Sedra/Smith.*) o una fecha, que indica en que prueba (examen o parcial) se planteó el ejercicio.

Objetivo: El objetivo general del presente práctico es familiarizar al estudiante con tres configuraciones básicas de etapas de potencia. Concretamente se estudian los tipos de configuraciones, A, B y AB, y sus ventajas y limitaciones. Dado que las etapas de potencia están pensadas para entregar cantidades elevadas de potencia, aparece en las mismas el problema del aumento de la temperatura. Algunos ejercicios muestran como se soluciona este problema.

Ejercicio 1.

Este problema presenta una implementación típica de una etapa de salida clase A con transistores bipolares. En él se analiza como interactúan en la potencia máxima que es posible entregar a la carga, la corriente de polarización y las limitaciones a la excursión en tensión.

El seguidor-emisor clase A es polarizado como se muestra en la figura 1 con $V_{cc} = 5V$, $R = RL = 1K\Omega$ y todos los transistores idénticos.

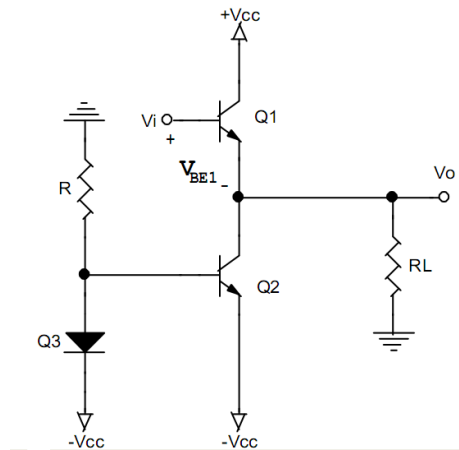


Figura 1

- (a) ¿Cuáles son los rangos máximos de tensión a la entrada y a la salida del circuito para que haya una operación lineal del mismo?

(b) ¿Cómo cambian estos valores si el área de juntura de Q3 pasa a ser ahora del doble del área de juntura de Q2?

(c) ¿Y si pasa a ser la mitad de Q2?

Ejercicio 2.

En este ejercicio se muestra la implementación con transistores MOS de la etapa de potencia clase A del Ejercicio 1.

Se considera un circuito source-follower como el de la figura 2. En dicho circuito todos los transistores son idénticos con $V_t = 1V$ y $\beta = 100mA/V^2$. Además $V_{cc} = 5V$ y $R = RL = 1k\Omega$. Repetir el análisis hecho en el Ejercicio 1 para este circuito.

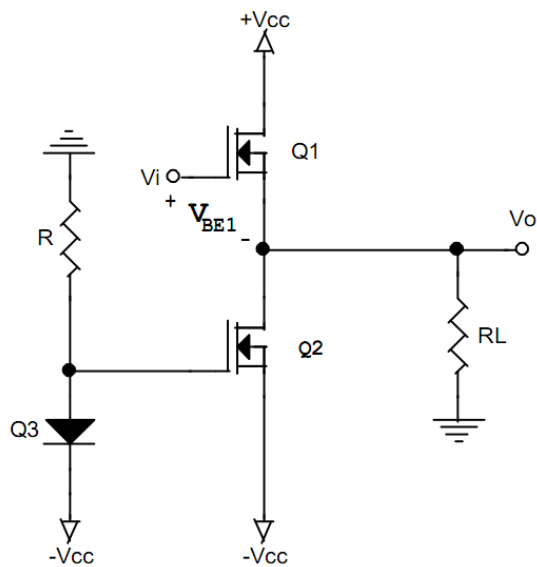


Figura 2

Ejercicio 3.

El objetivo de este ejercicio es familiarizar al estudiante en calcular la potencia disipada en los transistores para diferentes formas de onda.

Considere el funcionamiento del seguidor de la figura 3 para $R_L = V_{cc}/I$ cuando en su entrada se inyecta una onda cuadrada cuyo rango va desde $+V_{cc}$ a $-V_{cc}$ (despreciar V_{CEsat} y V_{BE1}).

- Para este caso graficar v_{o1} , i_{o1} y p_{D1} .
- Repetir lo anterior para una entrada cuadrada entre $+V_{CC}/2$ y $-V_{CC}/2$.
- ¿Cuál es la potencia media disipada en Q1 en cada caso?

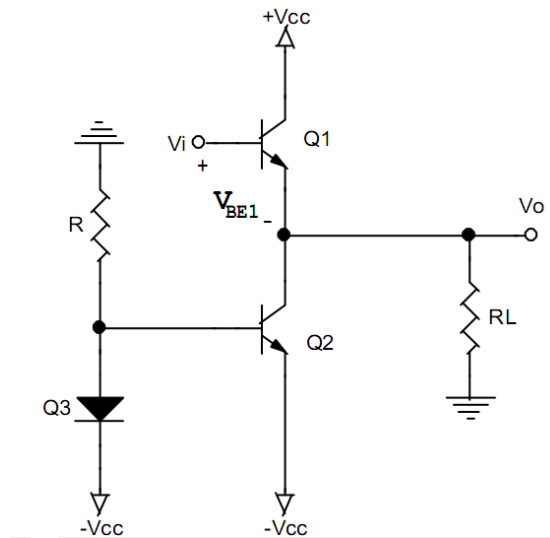


Figura 3

- (d) Comparar los resultados anteriores con los obtenidos para ondas sinusoidales de amplitud V_{CC} y $V_{CC}/2$.
- (e) ¿Cuáles son las pérdidas de potencia media del transistor Q2 en estos casos?

Ejercicio 4.

Este ejercicio muestra como varían la potencia disipada en los transistores y la entregada a la carga, en función de la amplitud de la tensión en una etapa clase B.

Una etapa de salida clase B opera con una fuente de $\pm 5V$.

- (a) Asumiendo transistores con $V_{BE} \simeq V_{CEsat} \simeq 0$ calcular cuál es la amplitud a la salida para maximizar la eficiencia de conversión de potencia.
- (b) ¿Cuál es la amplitud a la salida para maximizar la potencia disipada?
- (c) Si cada uno de los componentes puede entregar una potencia máxima de 1W y se desea usar un margen de seguridad de 2; ¿cuál es la mínima resistencia que puede usarse si se opera con la máxima amplitud de entrada?
- (d) Si se trabaja con la mitad de entrada que en la parte anterior; ¿cuál es la mínima carga que puedo usar?
- (e) ¿Cuál es la máxima potencia de salida que podemos obtener en ambos casos?

Ejercicio 5.

Este ejercicio busca mostrar al estudiante los órdenes de tensiones y corrientes que se deben manejar en amplificadores de potencias relativamente altas.

Una etapa de salida clase B es usada para entregar una potencia de 100W a una carga de 16Ω . La fuente debe estar 4V por encima de la amplitud máxima sinusoidal de la entrada. Determinar la mínima tensión de fuente requerida, la corriente de pico que debe entregar cada fuente así como la potencia entregada por las mismas y la eficiencia en la conversión de potencia. Hallar además la potencia máxima disipada por cada transistor para una entrada sinusoidal.

Ejercicio 6.

Este ejercicio muestra la implementación de una etapa de salida clase AB con su correspondiente polarización y las limitantes que se presentan para esta última.

Una etapa de salida clase AB como la de la figura 6 utiliza una red de polarización basada en diodos con la misma área de juntura que los transistores.

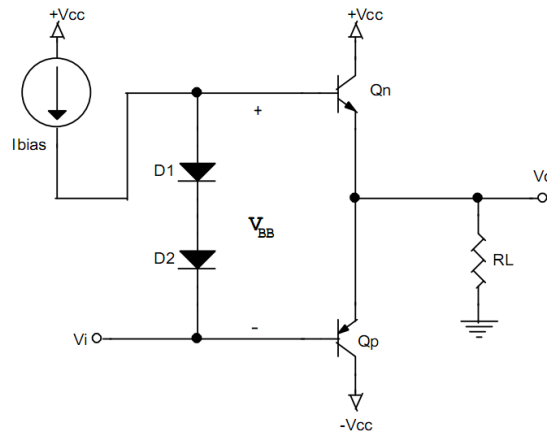


Figura 6

- Para $V_{cc} = 10V$, $I_{bias} = 0,5mA$, $RL = 100\Omega$, $\beta_N = 50$ y $|V_{CEsat}| = 0V$; ¿cuál es el corriente de reposo por los transistores?.
- ¿Qué valor de β_N es necesario para obtener un nivel de pico en la salida positivo igual al nivel de pico negativo, sin cambiar I_{bias} ?
- ¿Qué valor de I_{bias} es necesario para obtener lo mismo si β_N se mantiene en 50?
- ¿Cuánto pasa a valer la corriente de reposo para este valor de I_{bias} ?

Ejercicio 7.

Este problema y el siguiente ejercitan el trabajo con las ideas fundamentales de los modelos térmicos de los dispositivos de potencia.

Para un transistor de potencia se especifica una temperatura máxima de juntura de $130^\circ C$. Cuando opera a esta temperatura con un disipador, la temperatura

del encapsulado llega a los 90°C . Dicho encapsulado se une al disipador (cuya resistencia térmica es $\Theta_{SA}=0,1^{\circ}\text{C}/\text{W}$) a través de un aislador ("mica") cuya resistencia térmica es $\Theta_{CS}=0,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$.

- (a) ¿Cuál es la potencia disipada por el conjunto si la temperatura ambiente es de 30°C ?
- (b) ¿Cuál es la resistencia térmica juntura - encapsulado del transistor?

Ejercicio 8.

Un transistor con una temperatura máxima de juntura de 180°C puede disipar 50W cuando la temperatura de su encapsulado es de 50°C .

- (a) Si se conecta a un disipador de forma que la resistencia térmica entre este y el encapsulado es $\Theta_{CD}=0,6^{\circ}\text{C}/\text{W}$; ¿cuál es la temperatura que debe tener el disipador para asegurar una operación segura disipando 30W ?
- (b) Si la temperatura ambiente es 39°C ; ¿qué resistencia térmica debe tener el disipador para lograr esa temperatura?
- (c) Si cierto disipador de aluminio mecanizado ofrece una resistencia térmica de $4,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$ por cm; ¿qué largo debe tener el mismo para lograr el funcionamiento requerido en las partes anteriores?

Ejercicio 9.

El objetivo de este ejercicio es familiarizarse con las hojas de datos y el manejo de un amplificador integrado de potencia.

Se necesita utilizar un LM380 para manejar un parlante de 8Ω a la vez de limitar la disipación máxima del integrado a $1,5\text{W}$.

- (a) Utilizando las hojas de datos hallar la máxima tensión de la fuente de alimentación que puede ser utilizada.
- (b) Si el valor máximo de THD puede ser del 3%; ¿cuál es la máxima potencia que se puede entregar a la carga?
- (c) ¿Cuál es la máxima tensión sinusoidal de pico a la salida que hay que entregar para lograr esa potencia?

Ejercicio 10.

El objetivo de este ejercicio es analizar una variante de configuración de salida que provee una salida "en corriente" (alta R_o) en lugar de "en tensión" (baja R_o).

Para el circuito de la figura 10, asumiendo que todos los transistores tienen β grande, mostrar que $i_o = v_i/R$. Para $\beta = 100$; ¿en qué porcentaje se reduce i_o respecto a este valor?

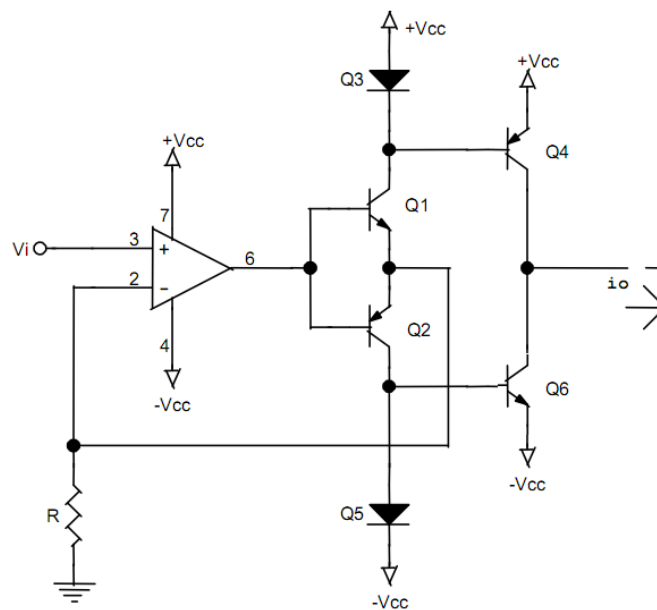


Figura 10

Ejercicio 11. (Segundo Parcial, Electrónica 2, 3/12/2003)

En el circuito de la figura 11:

- Determine R_2 y el mínimo I_{bias} que aseguren poder suministrar 4W de potencia a la carga y una tensión de 1.5V entre las bases de QN y QP.
- Determine la eficiencia de la etapa de salida cuando se suministran 4W a la carga.
- Determine la máxima potencia que deben disipar los transistores QN y QP para cualquier potencia entregada entre 0 y 4W.
- Determine cual es la máxima temperatura ambiente (T_{AMB}) a la que puede funcionar el circuito.
- A cada transistor QN y QP se le coloca un disipador capaz de disipar 4 mW/ $^{\circ}$ C por cada cm^2 de superficie. El disipador se supondrá acoplado a través de una resistencia térmica $\Theta_{CS}=0.5^{\circ}$ C/W. ¿Qué superficie debe tener cada disipador para que el circuito pueda funcionar a una temperatura ambiente máxima $T_{AMB}=40^{\circ}$ C ?

Datos:

$$V_{CC} = -V_{EE} = 10V; R_L = 8\Omega$$

$$Q1: V_{BE} = 0.6V \text{ si } I_C > 5mA; \beta \gg 1$$

$$R1 = 180\Omega$$

$$QN, QP: V_{BE} = 0.75V, \beta_{N,P} = 50$$

$$T_{jMAX} = 100^{\circ}C; \theta_{JC} = 2^{\circ}C/W; \theta_{CA} = 70^{\circ}C/W$$

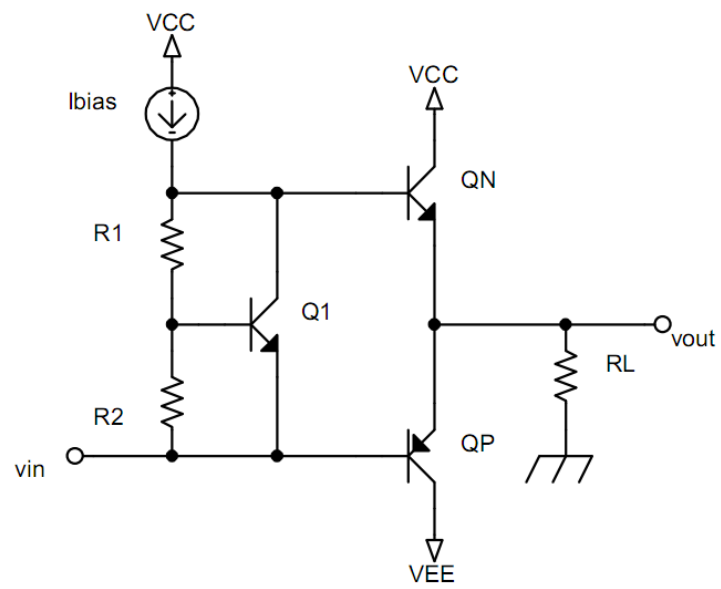


Figura 11

Solución

Ejercicio 1

(a) $-4.3 < V_o < 4.7$

(b) $-2.15 < V_o < 4.7$

(c) $-4.7 < V_o < 4.7$

Para V_i en todos los casos se suma 0.7.

Ejercicio 3

(c) $P_{D1} = 0W; P_{D2} = \frac{3 \cdot V_{CC} \cdot I}{4}$

(d) $P_{D1} = \frac{V_{CC} \cdot I}{2}; P_{D2} = \frac{7 \cdot V_{CC} \cdot I}{8}$.

(e) $P_D = V_{CC} \cdot I$

Ejercicio 4

(a) $\hat{V}_o = V_{CC}; \eta = \frac{\pi}{4} = 0.7854$

(b) $\hat{V}_o = \frac{2 \cdot V_{CC}}{\pi}; P_D^{max} = \frac{2 \cdot V_{CC}^2}{\pi^2 \cdot R_L}$.

(c) $R_L > 5\Omega$

(d) $R_L > 4.833\Omega$

(e) Caso 1: $P_L^{max} = 2.5W$. Caso 2: $P_L^{max} = 0.65W$.

Ejercicio 5

$V_{CC} > 61V; \hat{I}_o = 3.54A; P_F^+ = P_F^- = 68W; \eta = 0.73; P_{DN}^{max} = P_{DP}^{max} = 18W$

Ejercicio 6

(a) $I_R = \left[\frac{\beta_n + 1}{\beta_n + 2} \right] \cdot I_{bias} = 0.49mA$.

(b) $\beta_n > 199$

(c) $I_{bias} > 2mA$

(d) $I_{bias} = 1.96mA$

Ejercicio 7

- (a) $P_D = 100W$.
- (b) $\theta_{JC} = 0.4 \text{ }^\circ\text{C/W}$.

Ejercicio 8

- (a) $T_D = 84^\circ\text{C}$.
- (b) $\theta_{DA} = 1.5 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- (c) $l = 3\text{cm}$

Ejercicio 9

- (a) $V_S^{max} = 14V$
- (b) $P_L^{max} = 2W$
- (c) $\widehat{V}_o^{max} = 5.66V$

Ejercicio 10

Se reduce un 3 %.

Ejercicio 11

- (a) $R_2 = 120\Omega, I_{bias_{min}} = 30mA$
- (b) $\eta = 62.8\%$
- (c) $P_{DN}^{Max} = P_{DP}^{Max} = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 \cdot R_L} = 1.27W$
- (d) $T_{AMB}^{max} = 8.56^\circ\text{C}$
- (e) $Superficie = 5.59\text{cm}^2$