

1. Circuito

El circuito amplificador propuesto se muestra en la siguiente gráfica.

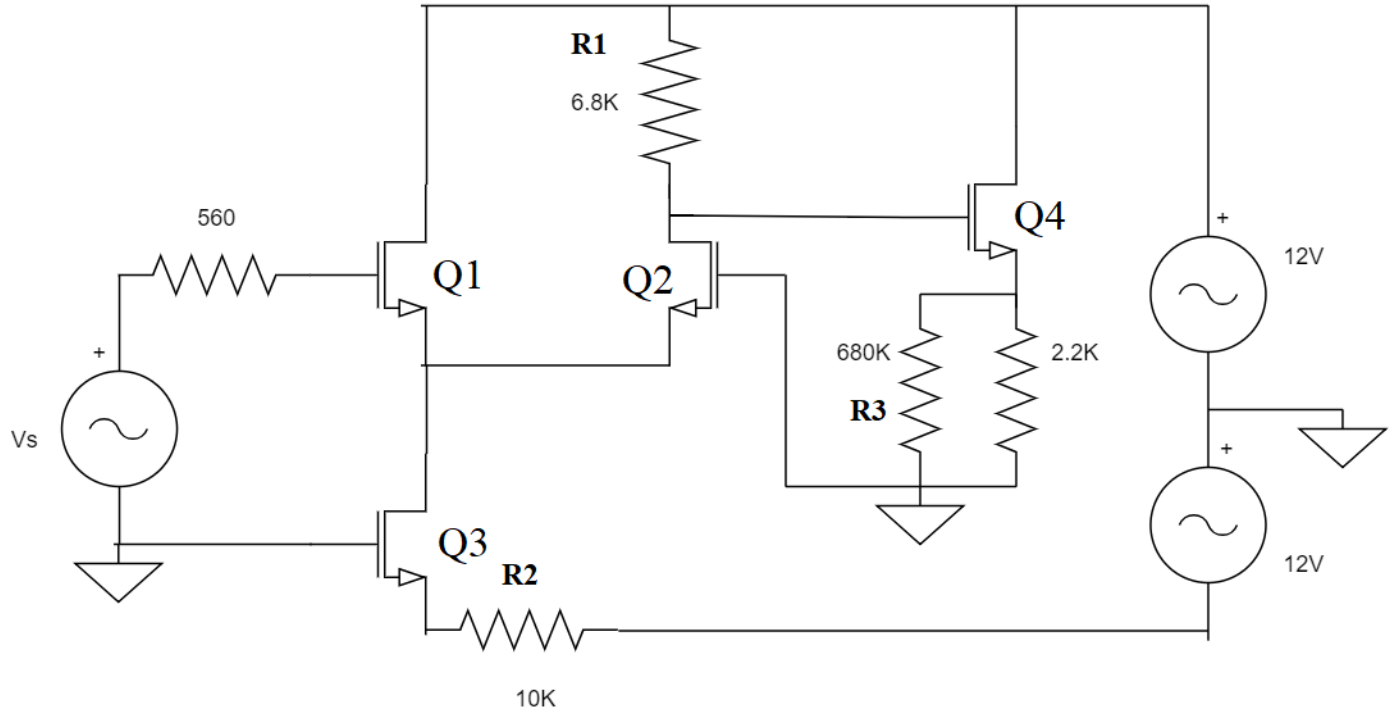


Figura 1: Circuito amplificador

El mismo está implementado con transistores N-MOS 2N7000, y consta de un par diferencial polarizado con un tercer transistor en la malla de entrada, cuya salida se conecta a la entrada GATE de un cuarto transistor, tomando la salida sobre el SOURCE. Debido a que los valores de resistencia disponibles no eran muy adecuados, solo pudo configurarse el circuito como se muestra, sin utilizar un capacitor de desacople para la carga de $2,2K\Omega$, por lo que la señal de salida estará montada sobre una continua.

Para la polarización, partimos de suponer lo siguiente:

- El transistor está en inversión fuerte : $V_{GS} > V_{TH}$
- El transistor está en saturación: $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$

Se sabe que:

$$I_D = \frac{1}{2} \cdot K' n \cdot \frac{W}{L} \cdot (V_{GS} - V_{TH})^2$$

Donde se llamará $\alpha = \frac{1}{2} \cdot K' n \cdot \frac{W}{L}$. Dado que su valor no es dado directamente por la hoja de datos, se toma un par $I_D(V_{DS})$ que se encuentre en la zona de saturación, para una V_{GS} determinada, de manera tal de poder despejar de la ecuación anterior. De la hoja de datos provista por OnSemiconductor, se toma el par $I_D = 0,8A$ y $V_{GS} = 7V$, y considerando también de dicho fabricante una tensión $V_{TH} = 1V$ se despeja de la ecuación anterior:

$$\alpha = \frac{I_D}{(V_{GS} - V_{TH})^2} = 22 \frac{mA}{V}$$

Siguiendo con el análisis de continua:

$$V_{TH} = 1V$$

$$\alpha = 22 \frac{mA}{V}$$

Como la malla de entrada es la misma $I_1 = I_2 = I$

Con la ecuación

$$V_{GS3} = V_{CC} - 2I.R_2$$

Y con

$$2I = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L} (V_{GS3} - V_{TH})^2 = \alpha (V_{GS3} - V_{TH})^2$$

$$0 = -4I^2 R_2^2 - (4(V_{CC} - V_{TH})R_2 + \frac{2}{\alpha}) + (V_{CC} - V_{TH})^2$$

Una vez que se obtuvo I se tiene V_{GS3}

$$V_{GS2} + V_{DS3} + 2I.R_2 - V_{CC} = 0$$

Análogamente con el valor de I se obtiene V_{GS2} y con ella se obtienen V_{DS3} , V_{DS1} y V_{DS2}

$$\sqrt{\frac{I}{\alpha}} = |V_{GS2} - V_{TH}|$$

$$V_{DS1} = 2V_{CC} + V_{DS3} + 2I.R_2$$

$$V_{DS2} = 2V_{CC} + I.R_1 + 2I.R_2$$

$$V_{GS4} = V_{CC} + I.R_1 + I_4(R_3 // R_L)$$

$$I_4 = \alpha (V_{GS4} - V_{TH})^2$$

1.1. Circuito incremental

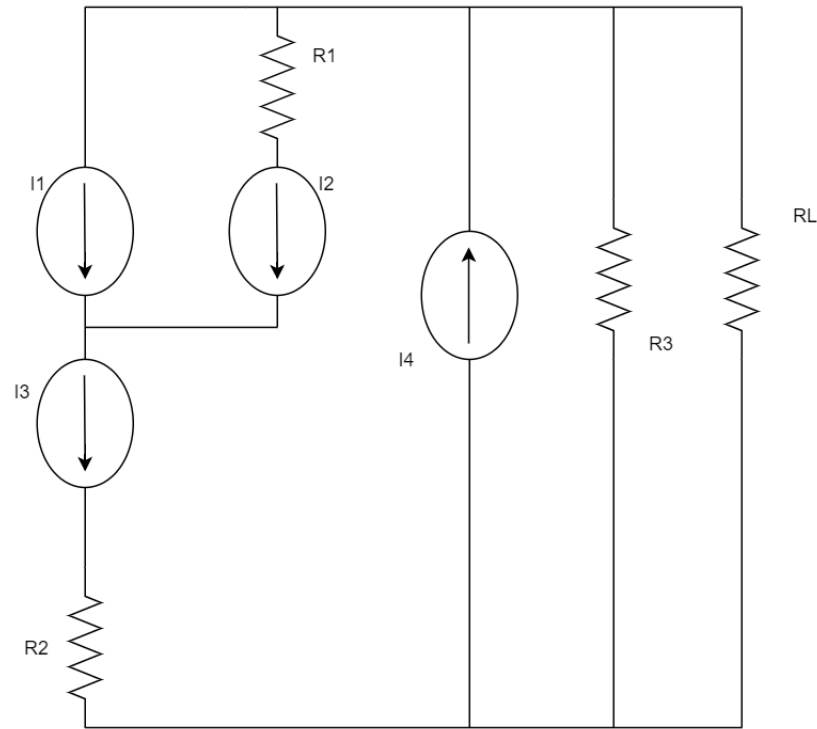


Figure 2: Circuito incremental

2. Simulación

Se simuló el circuito propuesto en LTSpice, utilizando un modelo adecuado del transistor implementado. En todos los casos se utilizó como señal de entrada una senoidal de $100mVp$ a una frecuencia de $3KHz$.

2.1. Ganancia de tensión AV

Con dicha señal de entrada se obtiene a la salida la forma de onda que se muestra a continuación.

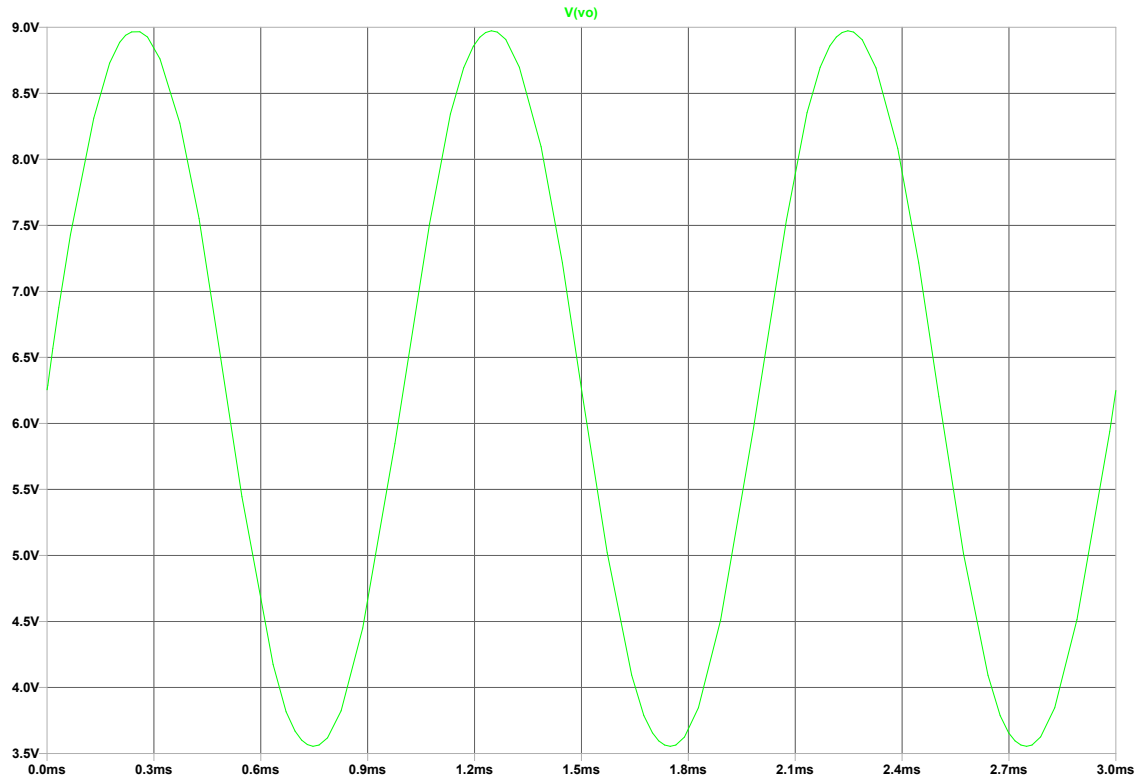


Figura 3: Señal de salida V_O

De donde se obtiene que la tensión pico de la señal sin el nivel continua es de $2,75Vp$. Por lo que calculando la ganancia de tensión simulada resulta:

$$AV = \frac{V_O}{V_I} = \frac{2,75V}{100mV} = 27,5$$

2.2. Ganancia de corriente AI

Para la ganancia de corriente, se mide la corriente a la entrada del circuito (que resulta muy pequeña dado que es el GATE de un transistor MOS) obteniendo $I_{Ip} = 8nA$, y se mide la corriente a la salida, obteniendo $I_{Op} = 1,2mA$ (sin el nivel de continua). Por lo que calculando la ganancia de corriente simulada resulta:

$$AI = \frac{I_O}{I_I} = \frac{1,2mA_p}{8nA_p} = 150000$$

2.3. Impedancia de entrada R_I

Para la impedancia de entrada, se calcula como:

$$R_I = \frac{V_I}{I_I} = \frac{100mV_p}{8nA_p} = 12,5M\Omega$$

2.4. Impedancia de salida R_O

Para la impedancia de salida, solamente se muestra la obtenida en forma simulada, dado que resulta muy pequeña y no pudo ser medida. Pasivando el generador de la entrada, sacando la carga y conectando un generador de prueba V_{op} y se mide la corriente que circula, obteniendo:

$$R_O = \frac{V_{op}}{I_{op}} = \frac{1V_p}{0,3A_p} = 3,3\Omega$$

3. Mediciones

3.1. Ganancia de tensión AV

A partir de inyectar una señal de $100mV_p$ a una frecuencia de $3KHz$, se midió la tensión de salida sobre la carga, obteniendo:

$$AV = \frac{V_O}{V_I} = \frac{1,38V_p}{99,7mV_p} = 13,8$$

3.2. Ganancia de corriente AI

Para la ganancia de corriente, se midió la diferencia de tensiones sobre la resistencia de 560Ω fija, obteniendo:

$$AI = \frac{I_O}{I_I} = \frac{630\mu A_p}{714nA_p} = 882,3\Omega.$$

3.3. Impedancia de entrada R_I

Tomando la corriente calculada en el punto anterior, se calcula la impedancia de entrada:

$$R_I = \frac{V_I}{I_I} = \frac{99,7mV_p}{714nA_p} = 140K\Omega.$$