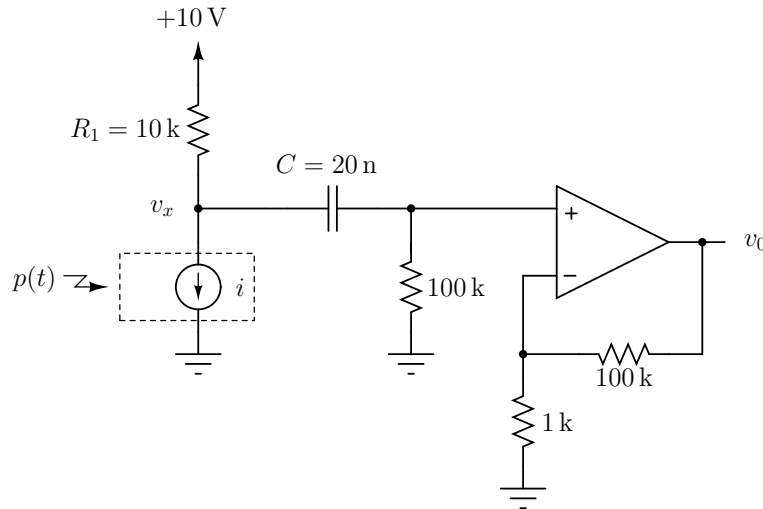


## 1. Problema

El circuito de la figura se usa para amplificar la señal de un micrófono, modelado por la fuente de corriente ideal  $i$ . Esta corriente es función de la presión acústica  $p(t)$  (medida en pascuales, Pa). La presión acústica tiene dos componentes,  $p(t) = P_0 + \Delta p(t)$ , donde  $P_0$  es el valor medio de presión y  $\Delta p(t)$  representa las fluctuaciones de la presión sonora, que es la señal acústica que queremos analizar. La corriente en el micrófono es  $i = I + \Delta i(t)$ , donde  $I$  es la corriente en ausencia de señal acústica y  $\Delta i(t)$  son los cambios de corriente en el micrófono debidos a la señal acústica. Es decir,  $\Delta i(t)$  es proporcional a  $\Delta p(t)$ .



En este problema la corriente media en el micrófono es  $I = 0.5 \text{ mA}$  y su sensibilidad es  $10 \mu\text{A/Pa}$ . El amplificador operacional está alimentado a  $\pm 10 \text{ V}$ .

Si la señal acústica es senoidal de  $2 \text{ kHz}$  y amplitud  $0.1 \text{ Pa}$ ,

1. Dibuje el espectro de la corriente  $i$  del micrófono. Señale las cotas relevantes.
2. El circuito tiene una constante de tiempo. ¿Es paso alto o paso bajo? Justifique su respuesta. ¿Qué frecuencia de corte tiene el circuito?
3. Suponga ahora que elegimos  $C$  para que la frecuencia de corte del circuito sea  $f_C = 200 \text{ Hz}$ .
  - a) ¿Qué valor debe tener  $C$ ?
  - b) Dibuje  $v_x(t)$  (en función del tiempo) señalando las cotas relevantes.
  - c) Determine de forma aproximada la tensión en bornes del condensador.
  - d) Dibuje  $v_0(t)$ . ¿Está en fase con  $i(t)$ ?
  - e) Suponga que añadimos un armónico de  $50 \text{ Hz}$  y  $0.05 \text{ Pa}$  a la señal sonora. Determine el espectro de amplitudes de la señal de salida.

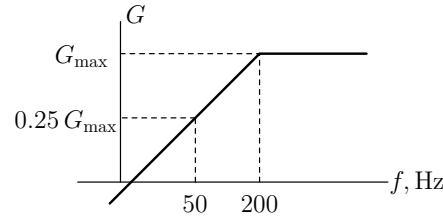
## Solución

La corriente del micrófono tiene dos componentes:  $0.5 \text{ mA}$  de DC y  $1 \mu\text{A}$  en  $2 \text{ kHz}$ . La corriente  $i$  es filtrada por una red paso-alto de frecuencia de corte  $f_C \approx 70 \text{ Hz}$ .

Si queremos que la frecuencia de corte sea  $f_C = 200 \text{ Hz}$ , debemos usar una capacidad  $C \approx 7 \text{ nF}$ . Entonces,  $v_x$  tiene una componente DC de  $5 \text{ V}$  y una componente AC de  $9 \text{ mV}$  a  $2 \text{ kHz}$  de frecuencia. La tensión en bornes del condensador es  $5 \text{ V}$  (DC).

La señal de salida  $v_0$  es senoidal en contrafase con  $i$ . Su valor medio es nulo y su amplitud es  $900 \text{ mV}$  a  $2 \text{ kHz}$ .

Al añadir un armónico a la señal acústica, la corriente del micrófono contiene un nuevo armónico, una señal senoidal de 50 Hz y  $0.5 \mu\text{A}$ . La siguiente figura muestra la respuesta en frecuencia del circuito en escala logarítmica, donde  $G_{\max} = 0.9 \text{ V}/\mu\text{A}$ . De la respuesta en frecuencia del circuito vemos que la ganancia a 50 Hz es  $0.25 G_{\max}$ . Por tanto, la señal de salida contiene dos armónicos, uno de 112 mV de amplitud a 50 Hz y otro de 900 mV a 2 kHz.

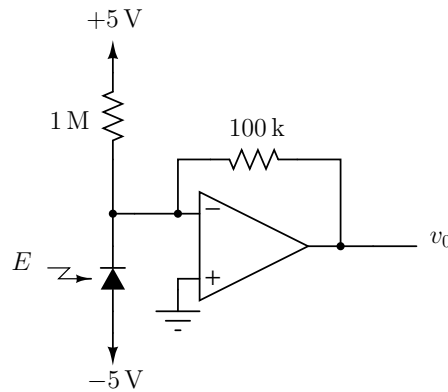


## 2. Problema

La figura muestra un circuito para medir la intensidad luminosa  $E$  de un recinto. Usa un fotodiodo que es lineal en el margen  $E \in [50, 8000] \text{ lx}$ , con una sensibilidad de  $10 \text{ nA/lx}$ . La corriente inversa del diodo es  $I_P = 10 \mu\text{A}$  para  $E = 500 \text{ lx}$ .

El amplificador operacional está alimentado (y satura) a  $\pm 5 \text{ V}$ ; su máxima corriente de salida es  $\pm 10 \text{ mA}$ .

1. Dibuje  $v_0$  en función de la intensidad luminosa en el margen  $[500, 1000] \text{ lx}$ .
2. ¿Qué máxima intensidad luminosa puede detectarse con este circuito?
3. Suponga que conectamos un instrumento de medida a la salida del circuito. ¿Qué mínimo valor debe tener la resistencia de entrada  $R_{\text{in}}$  del instrumento cuando la tensión  $v_0$  es máxima?



## Solución

La tensión de salida está comprendida entre  $[0.5, 1] \text{ V}$ . La máxima intensidad luminosa que se puede detectar corresponde a  $5 \text{ V}$  a la salida y, por tanto,  $55 \mu\text{A}$  en el diodo. Es decir,  $E_{\max} = 5000 \text{ lx}$ . La mínima resistencia que podemos conectar a la salida es

$$10 \text{ mA} > \frac{5}{R_{\text{in}}} + \frac{5}{100 \text{ k}} \Rightarrow R_{\text{in}} > 502.5 \Omega \approx 500 \Omega$$