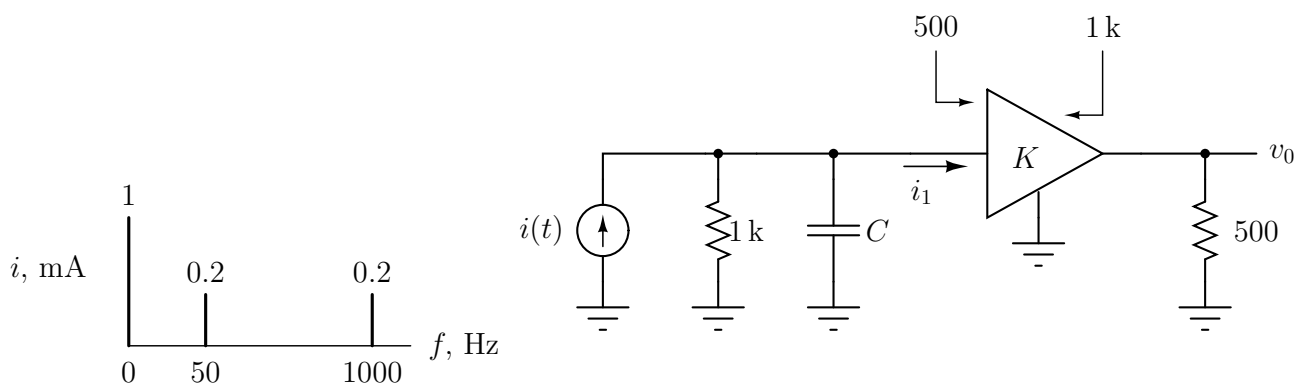


## 1. Problema

El circuito de la figura procesa la señal del generador  $i(t)$  cuyo espectro se muestra (unidades en mA). El circuito está formado por un filtro RC (con  $C = 4.8 \mu\text{F}$ ) y un amplificador de corriente-tensión. La ganancia del amplificador es  $K = 30 \text{ V/mA}$  y sus resistencias de entrada y salida se muestran en la figura.

**Nota:**  $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$ .

1. ¿Es un circuito paso alto o paso bajo? ¿Por qué?
2. Determine la frecuencia de corte  $f_0$  del circuito. **Sugerencia:** Dibuje el circuito equivalente del amplificador.
3. Dibuje la ganancia del circuito  $v_0/i$  en función de la frecuencia (diagrama de Bode de amplitudes). Señale las cotas relevantes.
4. Dibuje de forma aproximada el **espectro de amplitudes** de la corriente de entrada del amplificador  $i_1$ . Señale las amplitudes de todos los armónicos e ignore las fases.
5. Dibuje de forma aproximada el **espectro de amplitudes** de la señal de salida  $v_0$ . Señale las amplitudes de todos los armónicos e ignore las fases.



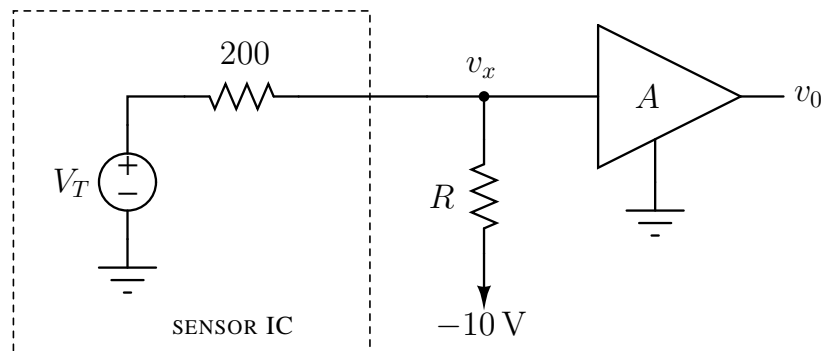
## 2. Problema

El circuito de la figura debe suministrar una tensión de salida  $v_0$  proporcional a la temperatura del sensor IC. Este sensor es modelado como una fuente de tensión  $V_T$  con resistencia de salida de  $200\ \Omega$ . Es lineal en el margen de  $T \in [0, 100]\text{ C}$ , donde  $T$  es la temperatura del sensor; su sensibilidad es  $0.05\text{ V/C}$ . Además,  $V_T = 1\text{ V}$  a  $T = 0\text{ C}$ .

El amplificador de tensión es ideal y tiene ganancia  $A$ . Tanto el sensor IC como el amplificador están conectados a una fuente de alimentación no mostrada en la figura.

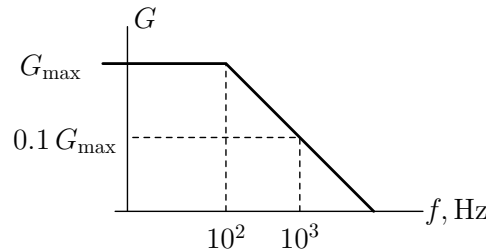
Queremos determinar los valores de  $R$  y  $A$  para que la tensión de salida  $v_0$  sea proporcional a la temperatura del sensor IC en el margen de  $T \in [0, 100]\text{ C}$  con una sensibilidad de  $0.1\text{ V/C}$ . Además, queremos que  $v_0 = 0\text{ V}$  cuando  $T = 0\text{ C}$ .

1. Dibuje la tensión  $V_T$  del sensor en función de la temperatura en el intervalo  $T \in [0, 100]\text{ C}$ .
2. Dibuje  $v_0$  en función de la temperatura en el intervalo  $T \in [0, 100]\text{ C}$ .
3. ¿Cuánto debe valer  $v_x$  si  $T = 0\text{ C}$ ? Explique el motivo.
4. ¿Para qué sirve  $R$ ? Determine su valor.
5. Con el valor de  $R$  calculado en el apartado anterior, dibuje la tensión  $v_x$  en función de la temperatura en el intervalo  $T \in [0, 100]\text{ C}$ .
6. ¿Para qué sirve el amplificador de salida del circuito? Determine su ganancia.
7. Diseñe la etapa amplificadora usando amplificadores operacionales. Suponga que usamos amplificadores operacionales que se alimentan a  $\pm 15\text{ V}$  y que su corriente de salida está limitada a  $\pm 20\text{ mA}$ . Especifique el valor de los componentes para que el amplificador operacional no sature. Demuestre que el amplificador operacional no satura con los valores elegidos.



## Solución 1

1. Es un circuito paso bajo. A altas frecuencias el condensador se cortocircuita, por lo que  $i_1(t) = 0$  y  $v_0 = 0$ . A bajas frecuencias  $C$  es un circuito abierto e  $i_1 = (2/3)i$  y, por tanto,  $v_0 \neq 0$ .
2. La frecuencia de corte es  $f_0 = 1/(2\pi\tau)$ , donde  $\tau$  es la constante de tiempo del circuito. La constante de tiempo es  $\tau = (1\text{ k}\Omega || 500) C = (1/3)\text{ k}\Omega \times 4.8\text{ }\mu\text{F} \approx 1.7\text{ ms}$ . Por tanto,  $f_0 \approx 100\text{ Hz}$ .
3. La respuesta en frecuencia del circuito corresponde a la de una **red paso-bajo de primer orden** con ganancia  $G$  a bajas frecuencias  $G_{\max} = (20/3)\text{ V/mA}$  y frecuencia de corte  $f_0 = 100\text{ Hz}$ .



4. El espectro de la corriente de entrada del amplificador está formado por un nivel medio de  $0.67\text{ mA}$ , un armónico en  $50\text{ Hz}$  de  $0.13\text{ mA}$  de amplitud y otro armónico en  $1000\text{ Hz}$  de  $0.013\text{ mA}$  de amplitud.
5. El espectro de salida está formado por un nivel medio de  $6.7\text{ V}$ , un armónico en  $50\text{ Hz}$  de  $1.3\text{ V}$  de amplitud y otro armónico en  $1000\text{ Hz}$  de  $0.13\text{ V}$  de amplitud. Este espectro es el de la corriente  $i_1$  del apartado anterior convertido a tensión por el factor  $30\text{ V/mA} \times 1/3 = 10\text{ V/mA}$ .

## Solución 2

Este circuito debe producir una tensión de salida proporcional a la temperatura del sensor en el margen de  $T \in [0, 100]^\circ\text{C}$ . Consta de dos etapas. (1) **Sumador**. El sensor suministra  $1\text{ V}$  a  $T = 0^\circ\text{C}$ . Como queremos que a esa temperatura  $v_0 = 0$ , el circuito sumador debe eliminar el offset del sensor. (2) **Amplificador**. Aumenta la sensibilidad del circuito al valor deseado.

1. La tensión del sensor es lineal en el margen de  $T \in [0, 100]^\circ\text{C}$ ,  $V_T \in [1, 6]\text{ V}$ .
2. La tensión de salida es lineal en el margen de  $T \in [0, 100]^\circ\text{C}$ ,  $v_0 \in [0, 10]\text{ V}$ .
3. La tensión de salida debe ser  $v_0 = 0$  en  $T = 0^\circ\text{C}$ . Es decir,  $v_x = 0$ .
4. El divisor resistivo se usa para que  $v_x = 0$  cuando  $T = 0^\circ\text{C}$ , eliminando el offset del sensor. Para ello,  $R = 2\text{ k}\Omega$ .
5. La tensión de entrada del amplificador  $v_x$  es lineal en el margen de  $T \in [0, 100]^\circ\text{C}$ ,  $v_x \in [0, 4.5]\text{ V}$ .
6. El amplificador se usa para ajustar la sensibilidad del circuito al valor deseado. Como  $v_0 = A v_x$ ,  $A = 2.2\text{ V/V}$ .
7. Usamos un amplificador no inversor de ganancia  $1 + R_2/R_1$ . Para evitar la saturación en corriente del operacional,  $i_{0,\max} = 15/(R_1 + R_2) < 20\text{ mA}$ . Si  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$  y  $R_2 = 1.2\text{ k}\Omega$ , conseguimos  $A = 2.2$  y garantizamos que el OP-AMP no sature en corriente.