

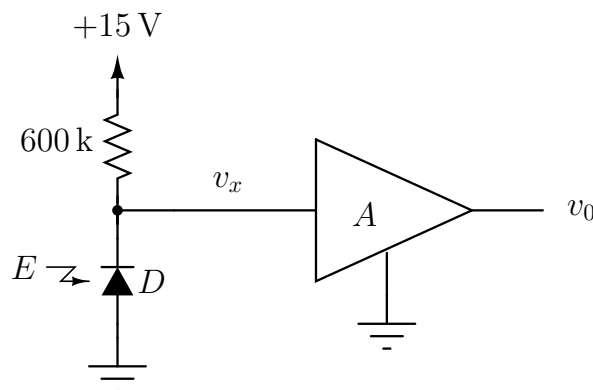
1. Problema

El circuito de la figura se usa para medir la intensidad luminosa E en una sala. Usa un fotodiodo D como sensor y un amplificador de tensión. El amplificador de tensión es ideal y su ganancia es $A = 3 \text{ V/V}$.

El fotodiodo tiene una **sensibilidad** de 20 nA/lx . Además, la corriente en el fotodiodo es $10 \mu\text{A}$ cuando $E = 500 \text{ lx}$.

La intensidad luminosa E en el sensor tiene un nivel medio de 1000 lx , y un armónico de 100 lx de amplitud y frecuencia de 100 Hz .

1. Dibuje la corriente en el diodo en función del tiempo. Señale las cotas relevantes.
2. Dibuje la tensión $v_x(t)$. Señale las cotas relevantes. ¿Está en fase con la corriente en el diodo?
3. Dibuje la tensión de salida $v_0(t)$ en función del tiempo. Señale las cotas relevantes.
4. ¿Qué sensibilidad tiene el circuito? Indique el signo.
5. Diseñe la etapa amplificadora usando amplificadores operacionales. Suponga que usamos amplificadores operacionales que se alimentan (y saturan) a $\pm 15 \text{ V}$ y que su corriente de salida está limitada a $\pm 10 \text{ mA}$.
 - a) Especifique el valor de los componentes para que el amplificador operacional no sature. Demuestre que el amplificador operacional no satura con los valores elegidos.
 - b) Si conectamos una resistencia a la salida (entre v_0 y tierra) de $1 \text{ k}\Omega$, ¿saturará el amplificador? En caso afirmativo, determine la tensión de salida v_0 . En caso negativo, explique el motivo.



2. Problema

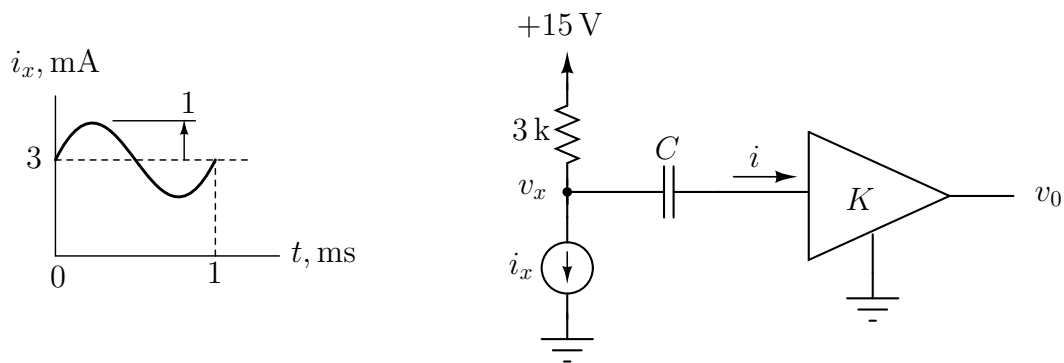
La fuente de corriente $i_x(t)$ del circuito de la figura modela un sensor. La figura muestra también la corriente del sensor en función del tiempo.

El circuito se usa para procesar la señal del sensor. Usa un **amplificador de corriente-tensión** con las siguientes características: ganancia $K = 2 \text{ V/mA}$, resistencia de entrada $R_{\text{in}} = 500 \Omega$ y resistencia de salida $R_{\text{out}} = 100 \Omega$.

1. Suponga que $C = 450 \text{ nF}$.

- Si la corriente $i(t)$ es la respuesta del circuito, ¿es un circuito paso alto o paso bajo? ¿Qué frecuencia de corte tiene?
- Dibuje $i(t)$ en función del tiempo. Señale las cotas relevantes. Indique en la gráfica si $i(t)$ está en fase (o no) con la señal $i_x(t)$.
- Dibuje las señales $v_x(t)$ y $v_0(t)$ en función del tiempo. Señale las cotas relevantes. Indique en las gráficas de $v_x(t)$ y $v_0(t)$ si están en fase (o no) con la señal $i_x(t)$.

2. Suponga ahora que $C = 4.5 \text{ nF}$. ¿Cambiará $i(t)$? En caso afirmativo, dibuje $i(t)$ y $v_0(t)$ en función del tiempo. En caso contrario, explique el motivo.



Solución 1

El circuito es un transductor que convierte la intensidad luminosa E en la tensión v_0 .

1. La corriente $i(t)$ tiene un nivel medio de $20 \mu\text{A}$ y una componente AC de $2 \mu\text{A}$ de amplitud y 100 Hz.
2. La tensión $v_x(t)$ tiene un nivel medio de 3 V y una componente AC de 1.2 V de amplitud y 100 Hz. La señal $v_x(t)$ está en contrafase con $i(t)$.
3. La señal de salida $v_0(t) = 3 v_x(t)$.
4. La sensibilidad del circuito es $\Delta v_0 / \Delta E = -36 \text{ mV/lx}$.
5.
 - a) Usamos un amplificador no inversor de ganancia $1 + R_2/R_1$. Para evitar la saturación en corriente del operacional, $i_{0,\text{max}} = 15/(R_1 + R_2) < 10 \text{ mA}$. Si $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ y $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, conseguimos $A = 3$ y garantizamos que el OP-AMP no sature en corriente pues $i_{0,\text{max}} = 5 \text{ mA}$.
 - b) Si conectamos una resistencia a la salida (entre v_0 y tierra) de $1 \text{ k}\Omega$, el amplificador operacional satura en corriente. La máxima tensión de salida V_0 se obtiene de la siguiente expresión:

$$10 \text{ mA} = V_0/3 \text{ k} + V_0/1 \text{ k} \quad \Rightarrow \quad V_0 = 7.5 \text{ V}$$

Solución 2

1. Caso $C = 450 \text{ nF}$.
 - a) El circuito es una red paso alto. A muy bajas frecuencias el condensador es un circuito abierto, $i = 0$ y, por tanto, $v_0 = 0$. A muy altas frecuencias C es un cortocircuito y $v_0 \neq 0$. La constante de tiempo del circuito es $\tau = (3 \text{ k} + R_{\text{in}}) C$. Por tanto, la frecuencia de corte del circuito es $f_0 = 1/(2\pi\tau) = 100 \text{ Hz}$. Para frecuencias $f > f_0$ el condensador se puede aproximar por un cortocircuito. La componente DC no pasa.
 - b) Denominamos $i_x = I_m + \Delta i_x$, donde I_m y Δi_x son las componentes DC y AC de i_x , respectivamente. A muy altas frecuencias ($f > f_0$), $i \approx -\Delta i_x \times 3 \text{ k}/(3 \text{ k} + R_{\text{in}}) = -0.86 \Delta i_x$. Es decir, $i(t)$ es senoidal sin componente DC. Su amplitud es 0.86 mA y su frecuencia, 1 kHz . La corriente i está en contrafase con i_x (como puede apreciarse en el signo negativo).
 - c) La corriente $i(t)$ es amplificada por el amplificador. Por tanto, $v_0 = K i = -1.7 (\text{V/mA}) \times \Delta i_x$. Es decir, $v_0(t)$ es senoidal sin componente DC. Su amplitud es 1.7 V y su frecuencia, 1 kHz . La tensión v_0 está en contrafase con i_x .
 - d) La tensión $v_x(t)$ es la suma de las tensiones a la entrada del amplificador y el condensador. En el condensador hay una caída constante de 6 V . A la entrada del amplificador hay una tensión alterna de $0.86 \text{ mA} \times R_{\text{in}} = 0.43 \text{ V}$ de amplitud y 1 kHz de frecuencia. Por tanto, $v_x(t)$ es la suma de una componente DC ($+6 \text{ V}$) y AC (0.43 V de amplitud y 1 kHz de frecuencia). La tensión v_x está en contrafase con i_x .
2. Caso $C = 4.5 \text{ nF}$. Ahora la frecuencia de corte es 10 kHz . La figura siguiente muestra la respuesta en frecuencia asintótica para este caso. En la figura, $G(f) = |v_0/\Delta i_x|$ y $G_{\text{max}} = 1.7 \text{ V/mA}$. En consecuencia, la señal de salida es senoidal de 0.17 V de amplitud a 1 kHz . La corriente en el condensador, $i(t)$, es también senoidal de $86 \mu\text{A}$ de amplitud a 1 kHz .

