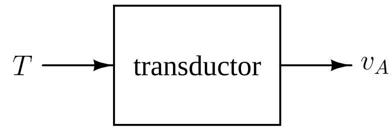
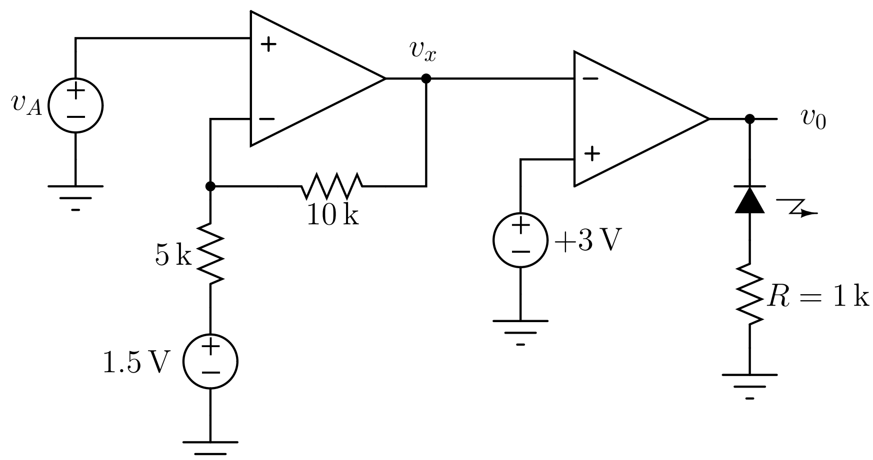
# 1. Problema

La figura siguiente muestra un transductor que convierte la temperatura $T$ de un sensor en la variable eléctrica $v_A$. La sensibilidad de este circuito es $0.02\,\mathrm{V/C}$ en el margen $[0, 100]\,\mathrm{C}$, y $v_A = 1\,\mathrm{V}$ cuando $T = 0\,\mathrm{C}$.




Conectamos la salida del transductor anterior al siguiente circuito. Este circuito usa dispositivos electrónicos con las características siguientes:

- Un **diodo LED** es un diodo que emite luz cuando conduce. La tensión en bornes de un LED cuando conduce suele ser mayor que la de un diodo convencional. El diodo LED del circuito de la figura tiene las características siguientes:
  - Máxima corriente: $40\,\mathrm{mA}$.
  - Tensión directa (tensión en bornes del diodo cuando conduce): $2\,\mathrm{V}$.
- Los **amplificadores operacionales** están alimentados (y saturan) con $\pm 15\,\mathrm{V}$. Su máxima corriente de salida es $\pm 20\,\mathrm{mA}$.




1. Dibuje $v_x$ en función de la temperatura para el margen $T \in [0, 100]\,\mathrm{C}$.
2. ¿Para qué margen de temperaturas $T \in [0, 100]\,\mathrm{C}$ está encendido el diodo LED?
3. ¿Qué potencia disipa el diodo LED cuando está encendido?
4. Suponga que $R = 400\,\Omega$. Determine $v_0$ cuando el diodo conduce.

## Solución

La tensión $v_x$ es lineal en el margen $T \in [0, 100]\,\mathrm{C}$. Para $T = 0\,\mathrm{C}$, $v_x = 0\,\mathrm{V}$. Y para $T = 100\,\mathrm{C}$, $v_x = 6\,\mathrm{V}$. El diodo conduce cuando el comparador satura negativamente, es decir, cuando $v_x > 3\,\mathrm{V}$. Por tanto, el diodo conduce si $T > 50\,\mathrm{C}$. Cuando el diodo está encendido disipa $P = (13\,\mathrm{mA}) \times (2\,\mathrm{V}) = 26\,\mathrm{mW}$.

Si $R = 400\,\Omega$, el operacional satura en corriente. Entonces, $v_0 = -10\,\mathrm{V}$.

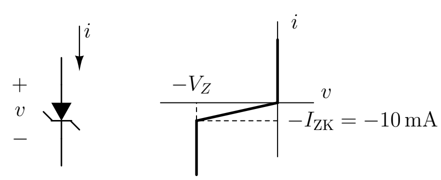
# 2. Problema

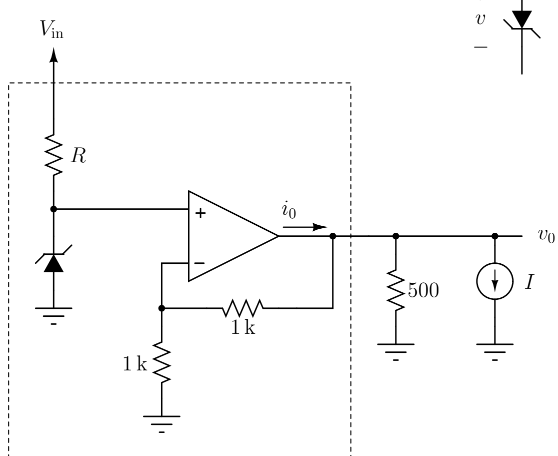
El circuito que está dentro de la línea a trazos es un **regulador de tensión**. Este circuito debe mantener constante la tensión $v_0$, independientemente del valor de la corriente $I$ y de la tensión de alimentación $V_{\text{in}}$.

En este problema queremos que $v_0 = 12\,\text{V}$ bajo las condiciones siguientes:

- La tensión de alimentación $V_{\text{in}}$ fluctúa entre $[20, 40]\,\text{V}$.
- La corriente $I$ está comprendida entre $[50, 100]\,\text{mA}$. Esta fuente de corriente con la resistencia en paralelo modela el circuito cuya tensión queremos mantener constante.
- El amplificador operacional usado está alimentado (y satura) a $\pm 15\,\text{V}$.
- El diodo zener tiene una tensión zener $V_Z$ y su corriente mínima en la región de regulación es $I_{\text{ZK}} = 10\,\text{mA}$ (ver figura). La máxima potencia del diodo debe estar limitada a $1\,\text{W}$.

1. ¿Qué tensión $V_Z$ debe tener el diodo?
2. ¿Qué máximo valor de $R$ debemos usar?
3. Determine la máxima corriente de salida $i_0$ del operacional.
4. Suponga que $R = 500\,\Omega$,
   *a*) ¿qué máxima potencia disipará la resistencia $R$ en este circuito?
   *b*) ¿qué **máxima potencia** disipará el diodo zener?
   *c*) Si el diodo tiene una resistencia zener $r_z = 10\,\Omega$, ¿qué máxima variación de tensión de salida, $\Delta v_0$, se obtiene?




## Solución

$V_Z = 6\,\text{V}$. Como la corriente mínima en el diodo es $10\,\text{mA}$, $14/R > 10\,\text{mA}$. Es decir, $R < 1.4\,\text{k}\Omega$. La máxima corriente de salida del operacional es

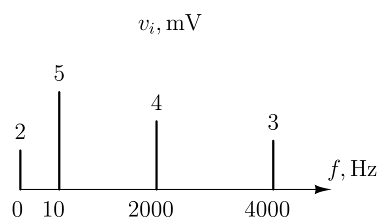
$$i_{0,\max} = \frac{12}{2\text{k}} + \frac{12}{500} + I_{\max} = 6 + 24 + 100 = 130\,\text{mA}.$$

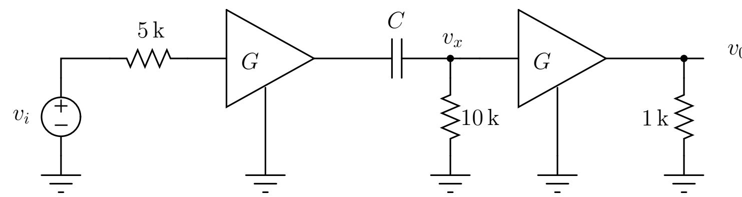
Si $R = 500\,\Omega$, la corriente máxima en el diodo es $i_z = 34/500 = 68\,\text{mA}$. Con esta corriente, la resistencia disipa $2.3\,\text{W}$ y el diodo, $410\,\text{mW}$. La tensión de salida no es constante debido a la resistencia del diodo. $\Delta v_0 = 2 \times \Delta i_z \times r_z = 2 \times (40\,\text{mA}) \times (10\,\Omega) = 800\,\text{mV}$.

# 3. Problema

La figura muestra un circuito amplificador y el espectro de la señal de entrada $v_i$ (unidades en $\mathrm{mV}$). Los dos amplificadores de tensión del circuito son idénticos y tienen las características siguientes: ganancia $G = 30\,\mathrm{V/V}$, resistencia de entrada $R_{\mathrm{in}} = 10\,\mathrm{k\Omega}$, y resistencia de salida $R_{\mathrm{out}} = 2\,\mathrm{k\Omega}$.

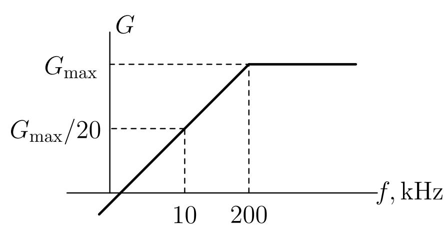
1. ¿Es un circuito paso-alto o paso-bajo? ¿por qué?
2. Determine la capacidad $C$ para que la frecuencia de corte del circuito sea $200\,\mathrm{Hz}$.
3. Dibuje el espectro amplitudes de la señal de salida del amplificador, $v_0$. Señale las cotas relevantes.




## Solución

El circuito es una red paso alto con frecuencia de corte $f_C = 1/(2\pi \times 7\,\mathrm{k} \times C) = 200\,\mathrm{Hz}$. Por tanto, $C \approx 110\,\mathrm{nF}$. La siguiente figura muestra la respuesta en frecuencia del circuito en escala logarítmica, donde $G_{\max} = 1000/7 \approx 143\,\mathrm{V/V}$. De la respuesta en frecuencia del circuito vemos que la ganancia a $10\,\mathrm{Hz}$ es $G_{\max}/20$. Por tanto, la señal de salida contiene tres armónicos, uno de $\approx 36\,\mathrm{mV}$ de amplitud a $10\,\mathrm{Hz}$, otro de $\approx 570\,\mathrm{mV}$ de amplitud a $2\,\mathrm{kHz}$, y otro de $\approx 430\,\mathrm{mV}$ a $4\,\mathrm{kHz}$.



# 4. Problema

Queremos diseñar el sistema de control de un robot de modo que encuentre la salida en una habitación con obstáculos. Para ello, el robot dispone de:

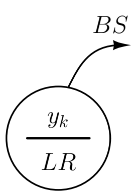
- **Un interruptor** $B$. Cuando $B = 1$, el robot se pone en marcha. Si $B = 0$, el robot se para (pasa a un estado de reposo).
- **Un sensor de contacto** $S$. Cuando el robot entra en contacto con un obstáculo, $S = 1$. Si no está en contacto, $S = 0$. El valor $S = 1$ se mantiene mientras el robot esté en contacto con un obstáculo.
- **Dos señales de control**: $L$ y $R$. Si $L = 1$ y $R = 0$, el robot gira a la izquierda, mientras que $L = 0$ y $R = 1$ lo hace girar a la derecha. Si $R = L = 0$ el robot se para. Y si $R = L = 1$, el robot avanza en línea recta.

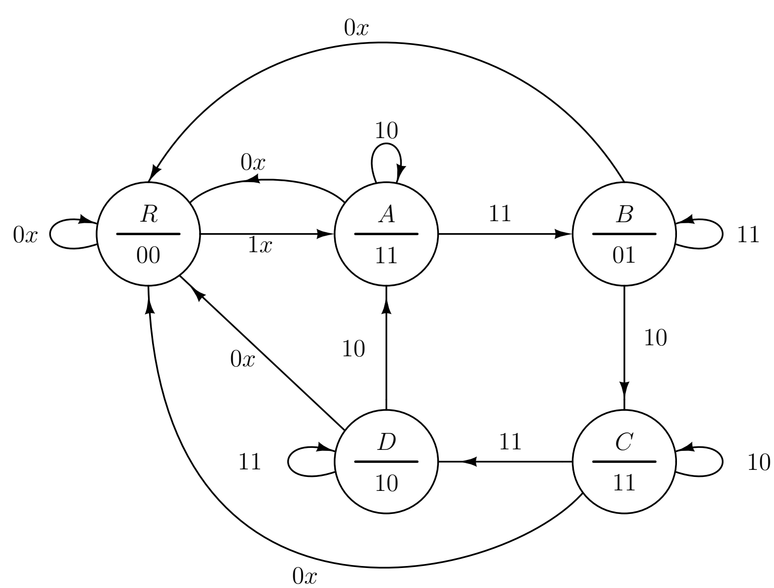
Cuando el robot se activa ($B = 1$) en la habitación, camina en línea recta. Cuando el robot entra en contacto con un obstáculo por primera vez, el robot debe girar a la derecha hasta que deje de estar en contacto con ese obstáculo. La siguiente vez que entra en contacto con un obstáculo deberá girar a la izquierda hasta que deje de estar en contacto con el obstáculo. Y así sucesivamente, alternando giros a derecha e izquierda. Cuando no esté en contacto con un obstáculo, debe seguir recto. Si ponemos el interruptor $B = 0$, el robot debe pararse.

1. Identifique las señales de entrada y salida del sistema secuencial.
2. Dibuje el diagrama de estados. Indique claramente el orden de las variables en el diagrama.

## Solución

El diagrama de estados del control del robot (modelo de Moore) es el mostrado en la figura. El sistema secuencial tiene cinco **estados**, donde $y_k$ representa el estado. El estado $R$ representa el estado de reposo del robot. El orden de las entradas es $BS$ y el orden de las salidas en los estados es $LR$.



# 5. Problema

Un instrumento de medida produce dos señales binarias de salida, $A$ y $B$. Estas señales solo pueden tomar los valores $(0, 1, 2)$ y, por tanto, estarán representadas por palabras de dos bits, $(A_1 A_0)$ y $(B_1 B_0)$. Queremos diseñar un circuito lógico combinacional que produzca las funciones $F_1$ y $F_2$. La función $F_1 = 1$ cuando $A = B$, y la función $F_2 = 1$ cuando $A > B$.

1. Escriba las tablas de verdad para las funciones $F_1$ y $F_2$.
2. Determine la función lógica simplificada de cada una de esas funciones.
3. Dibuje el circuito lógico para implementar la función lógica $F_1$.
4. Suponga ahora que ha diseñado correctamente los circuitos anteriores y que dispone de las funciones lógicas $F_1$ y $F_2$.
   *a*) Determine la función lógica que permite obtener la función $F_3 \equiv A < B$ (es decir, $F_3 = 1$ cuando $A < B$) usando solamente $F_1$ y $F_2$.
   *b*) Determine la función lógica que permite obtener la función $F_4 \equiv A \leq B$ (es decir, $F_4 = 1$ cuando $A \leq B$) usando solamente $F_1$ y $F_2$.

## Solución

Las tablas de verdad de las funciones $F_1$ y $F_2$ son:

**función $A = B$:**

$$F_1(A_1, A_0, B_1, B_0) = \sum m(0, 5, 10) + d(3, 7, 11, 12, 13, 14, 15) = \overline{A}_1\,\overline{A}_0\,\overline{B}_1\,\overline{B}_0 + A_0\,B_0 + A_1\,B_1$$

**función $A > B$:**

$$F_2(A_1, A_0, B_1, B_0) = \sum m(4, 8, 9) + d(3, 7, 11, 12, 13, 14, 15) = A_0\,\overline{B}_1\,\overline{B}_0 + A_1\,\overline{B}_1$$

1. La función $A < B$ es $F_3 = \overline{F_1 + F_2}$
2. La función $A \leq B$ es $F_4 = \overline{F}_2$