

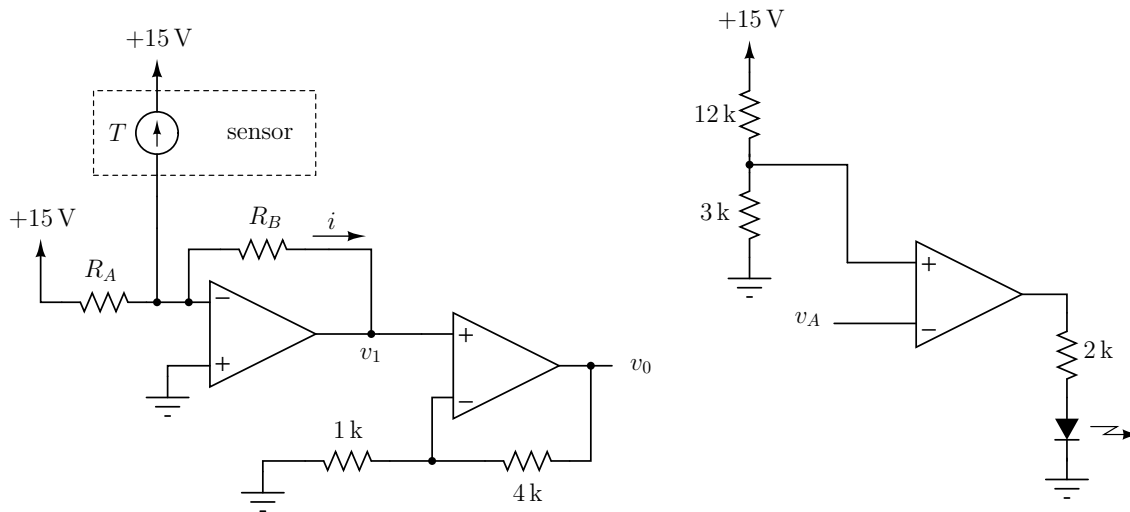
1. Problema

La figura muestra dos circuitos independientes. El circuito de la izquierda debe suministrar una tensión de salida v_0 proporcional a la temperatura T de un sensor. Este sensor es modelado como una **fente de corriente ideal**. Proporciona una corriente, en μA , numéricamente igual a la temperatura T en grados Kelvin. Por ejemplo, a 250 K suministra $250 \mu\text{A}$, etc.

Nota: $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

Los amplificadores operacionales de los circuitos están alimentados a $\pm 15 \text{ V}$.

1. Considere el **circuito de la izquierda**. Este circuito debe (1) suministrar una tensión de salida v_0 **lineal** con la temperatura, que valga $v_0 = 0 \text{ V}$ cuando $T = 300 \text{ K}$, y (2) tener una sensibilidad de 100 mV/K .
 - a) Dibuje v_0 para el margen de temperaturas $[250, 350] \text{ K}$.
 - b) ¿Qué valor debe tener v_1 si $T = 300 \text{ K}$? ¿Y la corriente i ? Use esta información para obtener el valor de R_A .
 - c) Con el valor de R_A obtenido en el apartado anterior, ¿qué valor tiene i cuando $T = 350 \text{ K}$? ¿Y la tensión v_1 ? Use esta información para obtener R_B .
 - d) Compruebe que el circuito diseñado cumple las especificaciones cuando $T = 250 \text{ K}$.
2. Suponga ahora que conectamos la salida v_0 del circuito de la izquierda con la entrada v_A del circuito de la derecha. ¿Para qué valores de T en el margen de temperaturas $[250, 350] \text{ K}$ está encendido el diodo LED?



Solución 1

1. Este circuito debe producir una tensión de salida proporcional a la temperatura del sensor en el margen de $T \in [250, 350] \text{ K}$. Consta de dos etapas. (1) **Sumador de corriente**. El sensor suministra $300 \mu\text{A}$ a $T = 300 \text{ K}$. Como queremos que a esa temperatura $v_0 = 0$, el circuito sumador debe eliminar el offset del sensor. (2) **Amplificador** de ganancia 5 V/V . Aumenta la sensibilidad del circuito al valor deseado.
 - a) La tensión de salida es lineal en el margen de $T \in [250, 350] \text{ K}$, $v_0 \in [-5, +5] \text{ V}$. Además, $v_0 = 0 \text{ V}$ para $T = 300 \text{ K}$.
 - b) La tensión de salida debe ser $v_0 = 0$ para $T = 300 \text{ K}$. Es decir, $v_1 = 0 \Rightarrow i = 0$. Por tanto, $R_A = 50 \text{ k}\Omega$.
 - c) Para $T = 350 \text{ K}$, $i = -50 \mu\text{A}$. Además, como a esa temperatura $v_0 = 5 \text{ V} \Rightarrow v_1 = 1 \text{ V}$. Por tanto, $R_B = 20 \text{ k}\Omega$.
 - d) Para $T = 250 \text{ K}$, $i = +50 \mu\text{A} \Rightarrow v_1 = -1 \text{ V}$ y, por tanto, $v_0 = -5 \text{ V}$
2. El circuito de la derecha compara la tensión de entrada v_A con 3 V . Si $v_A < 3 \text{ V}$, el amplificador operacional está saturado positivamente y el diodo LED conduce. Por tanto, si $T < 330 \text{ K}$, el diodo LED está encendido.

2. Problema

El amplificador de tensión del circuito de la figura tiene las características siguientes: $R_{in} = 5\text{ k}\Omega$, $R_{out} = 1\text{ k}\Omega$ y ganancia de tensión A .

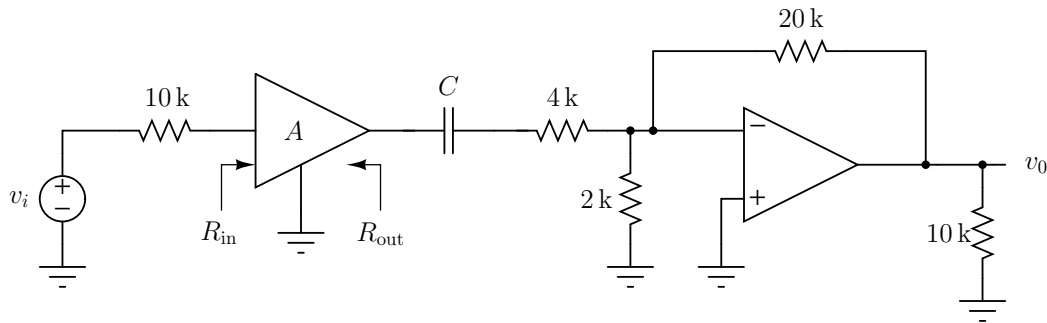
Se realizan las medidas siguientes:

- Si la tensión de entrada es senoidal de 5 mV de amplitud y de **muy alta frecuencia**, la salida es senoidal de 150 mV de amplitud y de la misma frecuencia.
- Si la señal de entrada v_i es senoidal de 100 mV de amplitud y frecuencia angular $\omega = 10^3\text{ rad/s}$, la salida es senoidal de 300 mV de amplitud y de la misma frecuencia.

1. Determine la ganancia A .

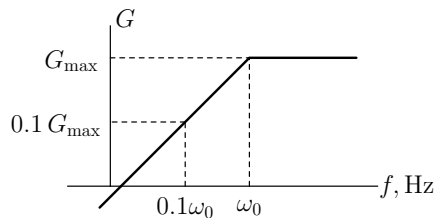
Sugerencia: Use el circuito equivalente de los amplificadores.

2. Obtenga el valor de la capacidad C



Solución 2

1. El circuito es una red paso alto. A muy bajas frecuencias el condensador es un circuito abierto y $v_0 = 0$. A muy altas frecuencias C es un cortocircuito y, por tanto, $v_0 \neq 0$.
2. La frecuencia angular de corte del circuito es $\omega_0 = 1/\tau$, donde τ es la constante de tiempo del circuito: $\tau = (1\text{ k} + 4\text{ k})C$.
3. La ganancia del circuito a muy alta frecuencia es $-4A/3$. En el diagrama de Bode de amplitudes $G_{\max} = 4A/3$.



De la información suministrada sabemos que:

1. A muy altas frecuencias, una tensión senoidal de entrada de 5 mV de amplitud produce una señal de salida senoidal de 150 mV de amplitud y de la misma frecuencia. Es decir, $G_{\max} = 30\text{ V/V}$. Por tanto, $|A| = 22.5\text{ V/V}$.
2. Además, para una señal senoidal de entrada de 100 mV de amplitud y frecuencia angular $\omega = 10^3\text{ rad/s}$, la salida es senoidal de 300 mV de amplitud y de la misma frecuencia. Pero como esta señal es 10 veces menor que la amplitud que debería obtenerse a muy alta frecuencia, la frecuencia angular de corte es $\omega_0 = 10^4\text{ rad/s}$. Como $\omega_0 = 1/\tau \Rightarrow C = 20\text{ nF}$.

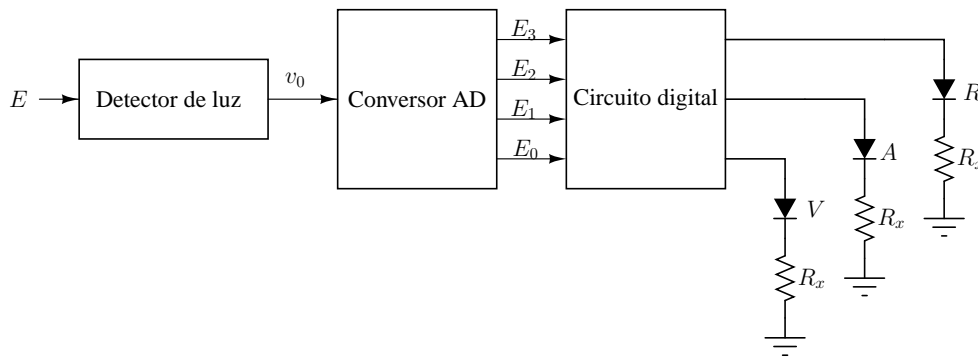
3. Problema

El diagrama de bloques de la figura consta de cuatro circuitos:

- Un circuito para detectar la componente artificial de la intensidad luminosa (que denominamos E) de un recinto, similar al diseñado en el laboratorio. Este circuito produce una señal continua v_0 en el margen de $[0, 3.9]$ V. Su **sensibilidad** es 2 mV/lx . Además, $v_0 = 0 \text{ V}$ cuando $E = 0 \text{ lx}$.
- Un conversor analógico-digital (AD) de **cuatro bits**. Este circuito está alimentado a $+5 \text{ V}$. La característica de transferencia del conversor se muestra en la página siguiente. El eje horizontal representa la tensión analógica de entrada, v_0 en este caso. La salida es el código binario $E_3 E_2 E_1 E_0$ que aparece en el eje vertical. E_3 es el bit de mayor peso. Puede observarse que, por ejemplo, si $v_0 \in (1.25, 1.25 + \Delta)$, donde $\Delta = 5/16 \text{ V}$, la salida del conversor AD es 0100.
- Un circuito digital. Es un circuito de lógica combinacional con tres salidas, alimentado a $+5 \text{ V}$.
- Un conjunto de tres LEDs conectados a las salidas del circuito digital. La caída de tensión en los diodos cuando conducen es 2 V .

El **objetivo** de este problema es diseñar un circuito digital de lógica combinacional que encienda uno (y solo uno) de los LEDs cuando se cumplan las condiciones siguientes:

- El LED rojo (R) debe encenderse cuando $E \geq 1500 \text{ lx}$.
- El LED amarillo (A) debe encenderse cuando $850 \text{ lx} \leq E \leq 1300 \text{ lx}$.
- El LED verde (V) debe encenderse cuando $E \leq 700 \text{ lx}$.



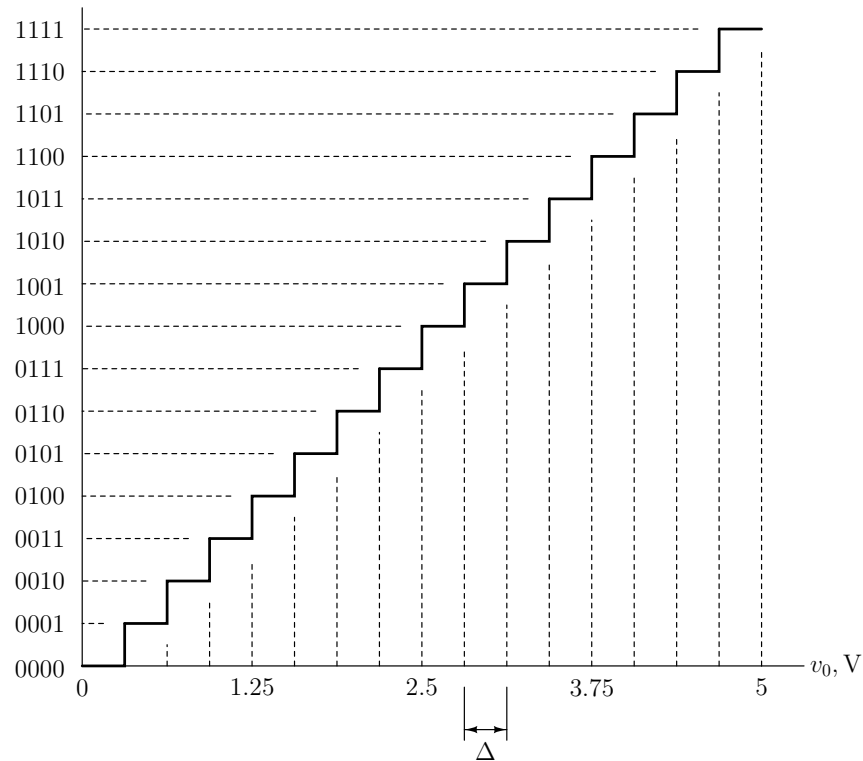
- Determine los umbrales de la tensión v_0 para los que deben encenderse los diodos LED.
- Use la característica de transferencia del conversor AD para determinar el número binario correspondiente a cada uno de los umbrales anteriores.
- Escriba la tabla de verdad para las tres variables de salida del circuito digital.
- Determine la función lógica simplificada para el LED rojo (R) y dibuje el circuito con puertas lógicas resultante.
- Determine el valor de R_x para que la corriente en cada diodo LED sea menor que 5 mA .

Solución 3

- Los umbrales de tensión son:

- El LED rojo (R) debe encenderse cuando $v_0 \geq 3 \text{ V}$.
- El LED amarillo (A) debe encenderse cuando $1.7 \leq v_0 \leq 2.6 \text{ V}$.
- El LED verde (V) debe encenderse cuando $v_0 \leq 1.4 \text{ V}$.

salida conversor AD: ($E_3 E_2 E_1 E_0$)



2. La salida $E_3 E_2 E_1 E_0$ del conversor AD para cada uno de los márgenes anteriores es:

- El LED rojo (R) debe encenderse cuando $E_3 E_2 E_1 E_0 \geq 1001$.
- El LED amarillo (A) debe encenderse cuando $0101 \leq E_3 E_2 E_1 E_0 \leq 1000$.
- El LED verde (V) debe encenderse cuando $E_3 E_2 E_1 E_0 \leq 0100$.

3. Las tablas de verdad de los diodos son:

- Rojo: $R = \sum m(9, 10, 11, 12) + d(13, 14, 15)$
- Amarillo: $A = \sum m(5, 6, 7, 8) + d(13, 14, 15)$
- Verde: $V = \sum m(0, 1, 2, 3, 4) + d(13, 14, 15)$

donde $m()$ representa minitérminos y $d()$ representa minitérminos de condiciones libres.

4. La función simplificada para el LED rojo es $R = E_3 (E_0 + E_1 + E_2)$.

5. $R_x > 600 \Omega$.

4. Problema

Queremos diseñar el circuito lógico de un cambio secuencial para un vehículo de tres velocidades. El conductor dispone de:

- Una **palanca** P que tiene dos posiciones: **punto muerto** ($P = 0$) y **marcha** ($P = 1$).
- Un **selector de velocidades** formado por dos **pulsadores**, S y B , que permiten cambiar secuencialmente las velocidades del coche. Cada pulsador tiene dos posiciones. Cuando activamos un pulsador, $S = 1$ (o $B = 1$). De lo contrario, $S = 0$ (o $B = 0$).

La **salida** del sistema secuencial es una señal de dos bits que representa las velocidades del vehículo (primera = 01, segunda = 10, tercera = 11) y el punto muerto = 00.

Las características del cambio secuencial son las siguientes:

- Si la palanca se pone en la posición de punto muerto ($P = 0$), el cambio pasa a (o permanece en) **punto muerto**, independientemente de la marcha en que se encuentre o del selector de velocidades.
- Si el vehículo está en **punto muerto** y ponemos la palanca en la posición $P = 1$, el vehículo se pone en **primera**.
- Si la palanca está en la posición de marcha ($P = 1$) y pulsamos S ($S = 1$), el cambio salta a una velocidad superior. Por ejemplo, pasa de **primera a segunda**. Una vez en **tercera**, pulsar S no modifica el selector de velocidades.
- Si la palanca está en la posición de marcha ($P = 1$) y pulsamos B ($B = 1$), el cambio salta a una velocidad inferior. Por ejemplo, pasa de **tercera a segunda**. Una vez en **primera**, pulsar B no modifica el selector de velocidades.
- El sistema digital no modifica la velocidad del vehículo si activamos simultáneamente los dos pulsadores S y B .

Diseño:

- Dibuje el diagrama de estados del cambio secuencial. El orden de las entradas en las transiciones de estado ha de ser P, S, B .
- Justifique si es necesario usar el detector de flanco en alguna de las señales de entrada (P, S, B).

Solución 4

El diagrama de estados del cambio secuencial es el mostrado en la figura. Los **estados** y_k del sistema secuencial son N (punto muerto) y el número decimal correspondiente a la velocidad. La **salida** del sistema secuencial es una señal de dos bits $S_1 S_0$. El orden de las entradas en las transiciones de estado es P, S, B . El símbolo x representa **no importa**.

Es necesario usar detector de flanco en las señales de entrada S y B , pero no en P .

