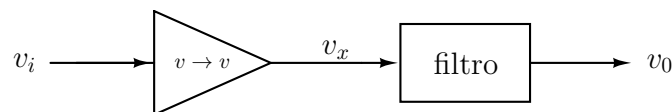


## 1. Problema

Un sensor suministra la señal  $v_i(t)$  cuyo espectro se muestra en la figura siguiente.



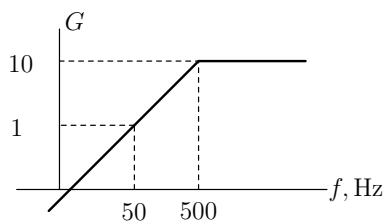
Queremos diseñar un circuito electrónico que amplifique (ganancia 10) la componente de 5 kHz de la señal  $v_i(t)$  y elimine la componente DC. Se propone el esquema de bloques que se ilustra en la figura siguiente.



- Etapa amplificadora.** Disponemos de amplificadores operacionales que se alimentan a  $\pm 15$  V y cuya corriente de salida está limitada a  $\pm 20$  mA.
  - Diseñe la etapa amplificadora. Especifique el valor de los componentes.
  - Compruebe que el amplificador no satura con la señal  $v_i(t)$  de la figura.
- Filtrado.** Diseñe un filtro RC sencillo que deje pasar sin atenuación apreciable la componente de 5 kHz. La componente de 30 Hz debe tener una atenuación mayor de 10. Especifique el valor de los componentes. Se dispone de condensadores de 16 nF.
- Dibuje el espectro de la tensión de salida  $v_0$  resultante. ¿Se han cumplido las especificaciones?

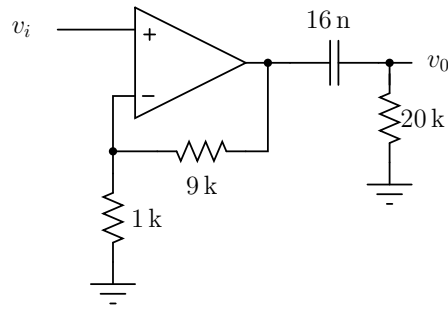
## Solución

- El circuito electrónico debe estar formado por un amplificador en serie con una red paso alto.
- La ganancia  $G$  del sistema electrónico a alta frecuencia debe ser 10. Si ponemos la frecuencia de corte en 500 Hz, la señal de 5 kHz pasa sin atenuación apreciable. La respuesta en frecuencia del sistema será:



Un circuito sencillo que cumple las especificaciones se muestra en la figura siguiente.

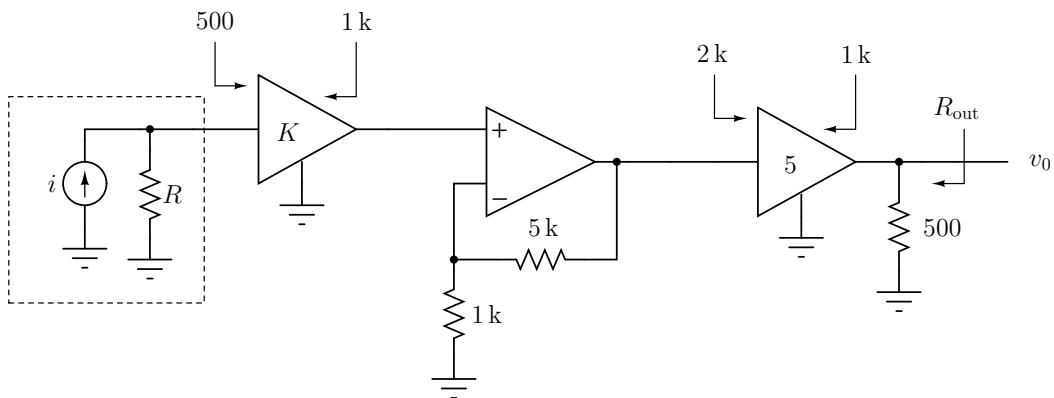
- A muy altas frecuencias, el condensador es un cortocircuito y la ganancia es 10.
- La frecuencia de corte del filtro es  $f_0 = 1/(2\pi \cdot 20k \cdot 16n) \approx 500$  Hz.
- La máxima tensión a la salida del operacional es 6 V, por lo que la máxima corriente de salida del operacional es 0.6 mA. Es decir, el operacional no satura.
- El espectro de salida está formado por una componente en 30 Hz de 60 mV de amplitud y otra componente en 5 kHz de 1 V de amplitud.



## 2. Problema

La figura muestra un circuito para amplificar la señal  $i(t)$  de una fuente (recuadro a trazos) con resistencia de salida  $R = 1\text{ k}\Omega$ . El circuito tiene tres etapas. La primera es un amplificador de corriente-tensión ( $K = 3\text{ V/mA}$ ), la segunda usa un amplificador operacional realimentado negativamente y la tercera es un amplificador de tensión-tensión con ganancia  $5\text{ V/V}$ . El OP-AMP está alimentado a  $\pm 15\text{ V}$ . Los amplificadores de tensión-tensión y de corriente-tensión tienen las resistencias de entrada y salida indicadas en la figura.

1. Determine la ganancia del circuito  $v_0/i$ .
2. ¿Qué resistencia de salida  $R_{\text{out}}$  tiene este circuito?
3. ¿Cambiaría la ganancia  $v_0/i$  si la resistencia de la fuente de señal fuese  $R = 10\text{ k}\Omega$ ? En caso afirmativo, determine la nueva ganancia. En caso negativo, indique el motivo.



## Solución

1. La corriente de entrada al amplificador de corriente es  $2/3$  partes de la corriente  $i$ . Entonces, la ganancia es

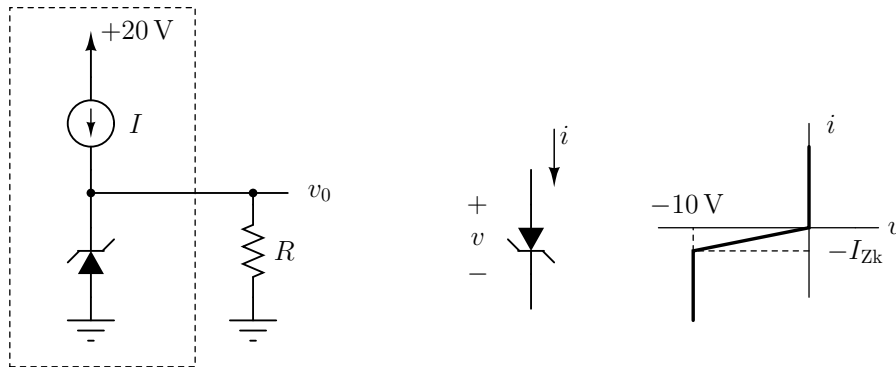
$$\frac{2}{3} \times K \times 6 \times 5 \times \frac{500}{1000 + 500} = 20\text{ V/mA}$$

2. La resistencia de salida es  $R_{\text{out}} = 500\Omega || 1\text{ k}\Omega \approx 333\Omega$ .
3. Ahora, como la resistencia de la fuente es mucho mayor que la resistencia de entrada del amplificador, casi toda la corriente  $i$  va a la entrada del amplificador. Por tanto, como la corriente de entrada del amplificador de corriente aumenta en un factor de  $3/2$ , la ganancia también lo hará. Ahora la ganancia es  $\approx 30\text{ V/mA}$ .

### 3. Problema

El circuito que está dentro de la línea a trazos es un **regulador de tensión**. Su objetivo es mantener constante la tensión en bornes de la resistencia  $R$ , independiente del valor de la corriente  $I$ . Esta resistencia representa la resistencia equivalente del circuito cuya tensión queremos mantener constante. El diodo zener del regulador tiene la característica tensión-corriente indicada, donde  $I_{Zk} = 10 \text{ mA}$ .

1. Determine el **margen de valores** de  $R$  para que  $v_0 = 10 \text{ voltios}$  si  $300 \text{ mA} \leq I \leq 400 \text{ mA}$ .
2. Escoja un valor de  $R$  del margen anterior. Para este valor,
  - a) Determine la **máxima potencia** que disipa el diodo.
  - b) Si el diodo tiene una resistencia zener  $r_Z = 5 \Omega$ , ¿cuánto cambia la tensión  $v_0$  si la corriente  $I$  aumenta de  $300 \text{ mA}$  a  $400 \text{ mA}$ ?



### Solución

El regulador funciona correctamente siempre que la corriente mínima en el diodo sea  $i_{Z,\min} \geq I_{Zk}$ . Es decir,

$$I_{\min} - \frac{10}{R} \geq I_{Zk} \quad \Rightarrow \quad R > 35 \Omega.$$

Si tomamos  $R = 40 \Omega$ , la corriente en el diodo estará comprendida entre  $[50, 150] \text{ mA}$ . La máxima potencia que disipa el diodo es  $P = (150 \text{ mA}) \times (10 \text{ V}) = 1.5 \text{ W}$ .

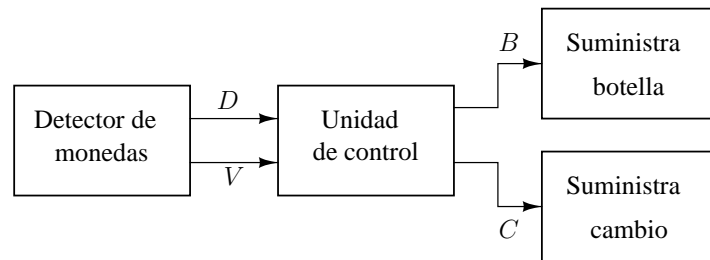
Si el diodo tiene  $r_Z = 5 \Omega$ , la tensión de salida  $v_0$  del regulador fluctuará:  $\Delta v_0 \approx 0.5 \text{ V}$ .

## 4. Problema

Queremos diseñar el sistema de control de una máquina que dispensa botellas de agua y que funciona con monedas. La máquina acepta monedas de 10 y 20 céntimos. La botella de agua cuesta 50 céntimos. La máquina no acepta más de 60 céntimos en cada compra. Por tanto, debe ser capaz de devolver el cambio, que como mucho debe ser de 10 céntimos.

La figura muestra el diagrama de bloques de la máquina dispensadora de botellas. El detector de monedas genera  $D = 1$  si depositamos una moneda de 10 céntimos y  $V = 1$  si depositamos una moneda de 20 céntimos. Estas señales permanecen activas mientras la moneda está cayendo por el detector. Además, supondremos que es físicamente imposible insertar dos monedas a la vez.

La unidad de control tiene dos salidas,  $B$  y  $C$ . La máquina dispensa la botella de agua cuando  $B = 1$  y devuelve una moneda de 10 céntimos cuando  $C = 1$ .



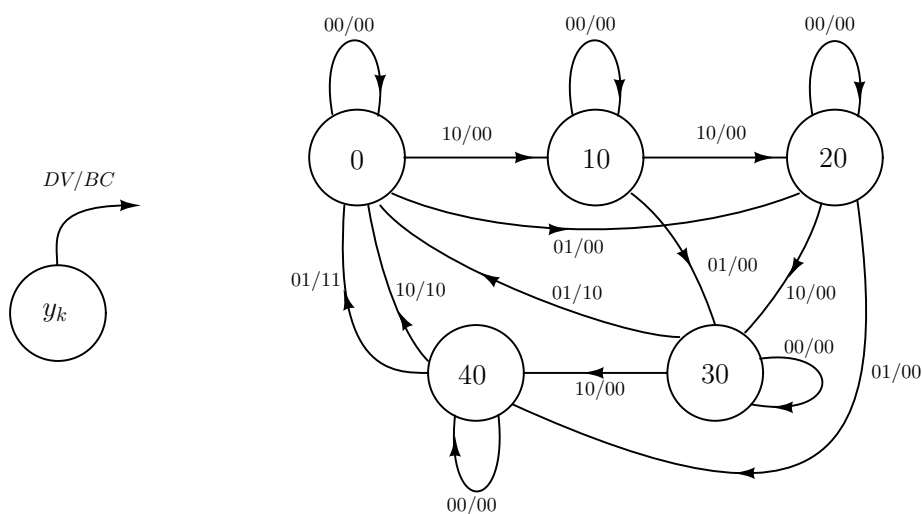
### Diseño:

1. Dibuje el diagrama de estados de la unidad de control de la máquina dispensadora de botellas. El orden de las variables en las transiciones de estado ha de ser  $DV$  para las entradas y  $BC$  para las salidas.
2. Justifique si es necesario usar el detector de flanco en alguna de las señales de entrada ( $D$ ,  $V$ ).

## Solución

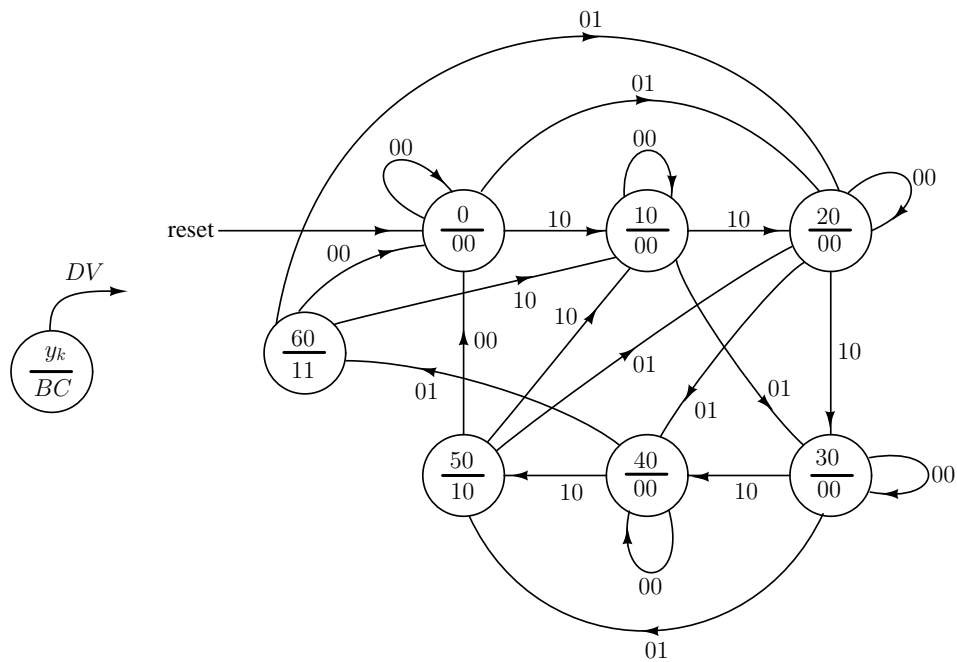
### Modelo de Mealy

El diagrama de estados del dispensador de botellas es el mostrado en la figura. El sistema secuencial tiene cinco **estados**, donde  $y_k$  representa la cantidad total insertada (en céntimos). El orden de las entradas/salidas en las transiciones de estado es  $DV/BC$ .



## Modelo de Moore

El diagrama de estados del dispensador de botellas es el mostrado en la figura. Los **estados**  $y_k$  del sistema secuencial representan la cantidad total insertada (en céntimos). La **salida** del sistema secuencial es una señal de dos bits  $BC$ . El orden de las entradas en las transiciones de estado es  $DV$ .

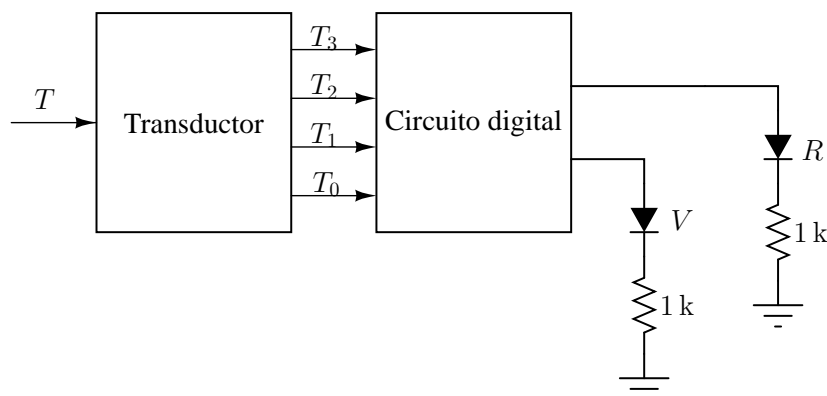


En ambos casos es necesario usar un detector de flanco en las dos señales de entrada  $D$  y  $V$ .

## 5. Problema

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

- Un transductor que mide la temperatura  $T$  en un frigorífico. Esta temperatura está siempre en el margen  $[0, 10]^\circ\text{C}$ . El transductor incorpora un conversor AD y suministra un número de cuatro dígitos codificado en binario  $T_3T_2T_1T_0$  que representa la **parte entera de la temperatura** del frigorífico y donde  $T_3$  es el dígito más significativo. Si, por ejemplo,  $T \in [4, 5)^\circ\text{C}$ , la salida del transductor es 0100.
- Un circuito digital. Es un circuito de lógica combinacional con dos salidas, alimentado a  $+5\text{ V}$ .
- Un conjunto de dos LEDs conectados a las salidas del circuito digital. La caída de tensión en los diodos cuando conducen es  $2\text{ V}$ .



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 verde ( $V$ ) debe encenderse cuando  $3 \leq T \leq 6^\circ\text{C}$ .
- El LED rojo ( $R$ ) debe encenderse cuando  $T \leq 2^\circ\text{C}$  o cuando  $T \geq 8^\circ\text{C}$ .

- Escriba la tabla de verdad para las dos variables de salida del circuito digital.
- Determine la función lógica simplificada para cada uno de los LED.
- Dibuje el circuito con puertas lógicas para el LED rojo.
- ¿Qué potencia disipa cada uno de los diodos? ¿Y las resistencias de  $1\text{ k}\Omega$ ?

## Solución

- Las tablas de verdad de los diodos son:

a) Verde:  $V = \sum m(3, 4, 5, 6) + d(11, 12, 13, 14, 15)$

b) Rojo:  $R = \sum m(0, 1, 2, 8, 9, 10) + d(11, 12, 13, 14, 15)$

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

- La función simplificada para el LED verde es  $V = \bar{T}_0T_2 + \bar{T}_1T_2 + T_0T_1\bar{T}_2$ .
- La función simplificada para el LED rojo es  $R = \bar{T}_2(\bar{T}_0 + \bar{T}_1)$ .
- Cada diodo disipa  $6\text{ mW}$ . Cada resistencia disipa  $9\text{ mW}$ .