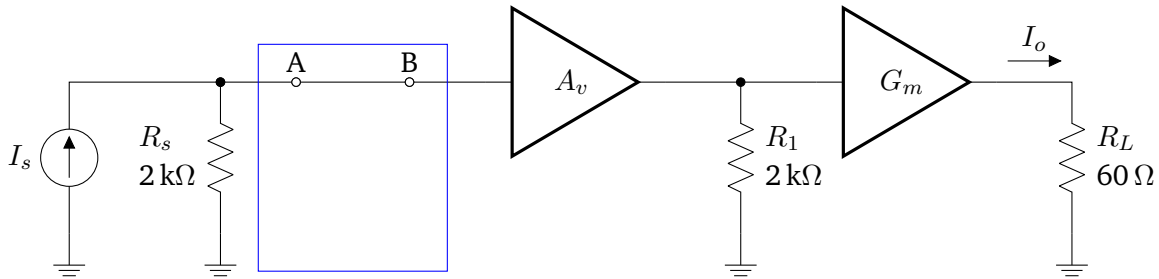


Examen convocatoria ordinaria

(Duración: 2 horas 15 minutos)

Problema 1

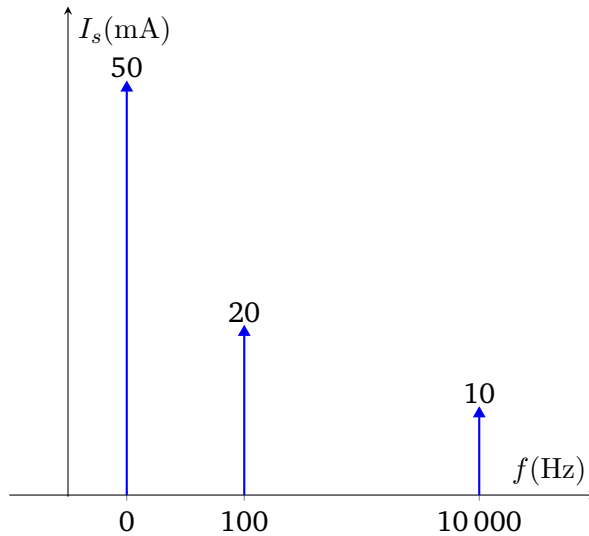
En el circuito de la figura tenemos dos amplificadores. El primero es un amplificador de tensión con ganancia de tensión en vacío $A_v = 10 \text{ V/V}$, resistencia de entrada $R_{iA} = 3 \text{ k}\Omega$ y resistencia de salida $R_{oA} = 1 \text{ k}\Omega$. El segundo es un amplificador de transconductancia, con una resistencia de entrada $R_{iG} = 2 \text{ k}\Omega$, resistencia de salida $R_{oG} = 30 \Omega$ y transconductancia $G_m = 0,002 \text{ A/V}$.



Se pide:

1. Determinar la expresión y el valor de la ganancia de corriente del circuito completo $\frac{I_o}{I_s}$

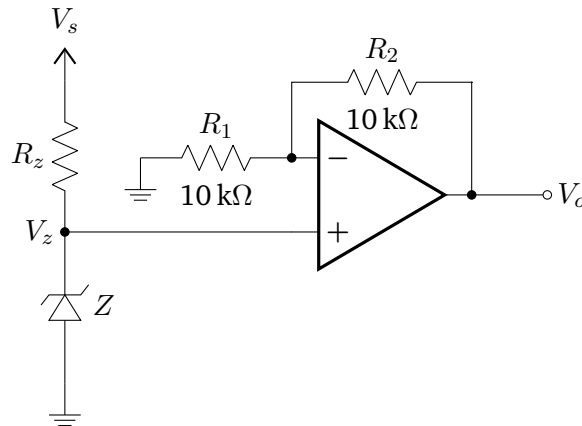
Si la señal de entrada I_s tiene el espectro mostrado en la figura siguiente, con fase cero en todos los armónicos:



2. Elimine ahora el cortocircuito entre los puntos A y B y sustitúyalo por un filtro (con el mínimo número de componentes), que atenúe el armónico de mayor frecuencia lo máximo posible, sin atenuar ni desfazar apreciablemente al resto. Ha de detallar el valor de los componentes empleados.
3. ¿Cómo será ahora la expresión de la señal de salida en el tiempo: $I_o(t)$?
4. Hallar la potencia entregada a la carga R_L , detallando la potencia debida a cada armónico y la debida a la componente continua.

Problema 2

Se dispone de un diodo Zener, cuya tensión de Zener es $V_{zo} = 5\text{ V}$ y su resistencia de Zener es $r_z = 10\ \Omega$. Por otra parte, para que funcione en su zona de regulación, la corriente mínima que debe de pasar el Zener debe de ser de 1 mA . Este Zener se conecta al circuito de la figura siguiente, en donde la tensión V_s puede variar entre los 10 y los 20 voltios.



Usando el modelo del Zener **ideal**:

1. Calcule el valor máximo de la resistencia R_z para que el Zener esté siempre en su zona de regulación.

Con el valor de R_z calculado en el apartado anterior:

2. Calcule la máxima potencia que disipará el diodo Zener.

Usando ahora el modelo del Zener de **batería más resistencia**:

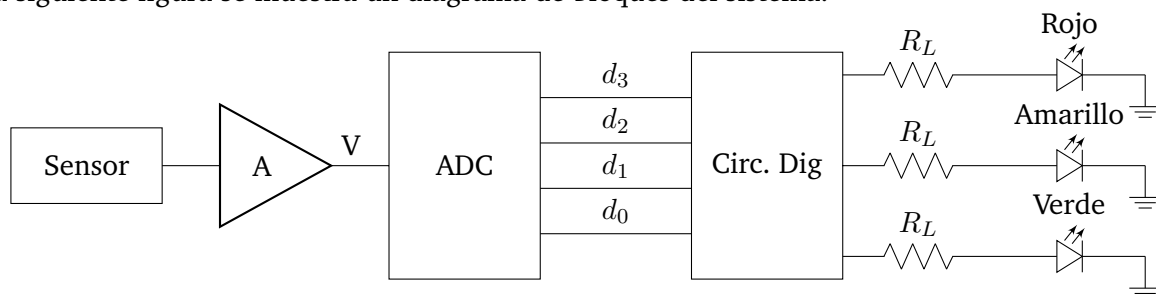
3. Calcule el rango de tensiones que habrá en V_z , teniendo en cuenta que la tensión V_s varía entre 10 y 20 voltios.

Suponga ahora que el operacional está alimentado entre 0 V y 20 V y satura a estos valores (operacional *rail to rail*). Suponga también que la corriente máxima a la salida del operacional es $\pm 20\text{ mA}$. Teniendo esto en cuenta, y siguiendo usando el modelo del Zener de **batería más resistencia**:

4. ¿Cuál es el rango de tensiones en V_o ?
5. Si conectamos una resistencia $R_L = 1\text{ k}\Omega$ entre V_o y tierra, ¿cuál es el rango de tensiones en V_o ?
6. Y si conectamos ahora una resistencia $R_L = 100\ \Omega$ entre V_o y tierra, ¿qué rango de tensiones tendremos en V_o ?

Problema 3

Para mejorar la seguridad en las bicicletas de carretera, se desea diseñar un dispositivo para avisar al ciclista cuando se acerque un coche por la parte de atrás. El dispositivo constará de tres LEDs: uno rojo que se iluminará cuando se detecte a un coche a menos de 15 m, uno amarillo que se encenderá cuando se detecte un coche a una distancia mayor o igual a 15 m y menor de 30 m y uno verde que se encenderá cuando la distancia al coche sea mayor o igual a 30 m o cuando no se detecte ningún coche. En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques del sistema.



Para medir la distancia del coche, se dispone de un sensor de distancia por ultrasonidos que se situará en la parte trasera de la bicicleta. Dicho sensor devuelve una tensión proporcional a la distancia a la que se encuentra el coche. El sensor da 0 V cuando la distancia sea de 0 m y tiene una sensibilidad $S = 0,01 \text{ V/m}$ y un rango de medida de 0 m a 50 m.

Como la sensibilidad del sensor es muy pequeña, en primer lugar ha de diseñar un circuito basado en el amplificador operacional TLC272 para conseguir una sensibilidad de $S = 0,1 \text{ V/m}$. El operacional se alimentará entre 0 V y 5 V, ya que su salida se va a conectar a un convertor analógico/digital que funciona a esa tensión. Por tanto, tenga en cuenta que el operacional satura a 0 V y a 4 V.

La salida del amplificador se conecta a un convertor analógico/digital de 4 bits, que devuelve un valor binario proporcional a la tensión de entrada. Así, cuando la tensión de entrada V esté en el intervalo $[0; 0,3)$ la salida del convertor será 0000, cuando esté en el intervalo $[0,3; 0,6)$, la salida del convertor será 0001, y así sucesivamente según la expresión:

$$\text{Si } n \cdot 0,3 \leq V < (n + 1) \cdot 0,3 \Rightarrow \text{Salida A/D} = n \text{ (en binario con 4 bits)}$$

Se pide:

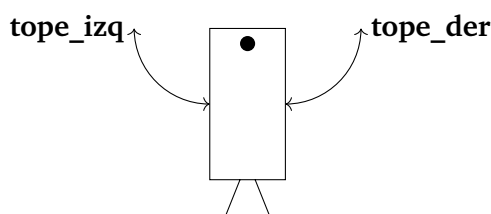
1. Diseñar el amplificador de tensión basado en el operacional TLC272 para ajustar la sensibilidad del sensor, indicando el valor de todos los componentes.
2. Diseñar un circuito digital que a partir de la salida del convertor ADC, que es el número binario de 4 bits d_3, d_2, d_1, d_0 , encienda los LEDs según las especificaciones del problema. Para ello ha de:
 - a) Escribir la tabla de verdad de las salidas del circuito.
 - b) Obtener las ecuaciones lógicas de las salidas simplificadas usando diagramas de Karnaugh.
 - c) El circuito digital se implementa mediante un microcontrolador ATmega328P. Indique el valor a escribir en los registros DDRB y PORTB en la inicialización del sistema. Para ello tenga en cuenta que las señales d_3, d_2, d_1, d_0 se conectarán a PB3, PB2, PB1 y PB0 respectivamente y los LEDs a los pines PB4 (Rojo), PB5 (Amarillo) y PB6 (Verde). En la inicialización los LEDs permanecieran apagados.
 - d) Calcular el valor de las resistencias R_L teniendo en cuenta que la caída de tensión en los LEDs es de 1,4 V y que la corriente que ha de pasar por ellos es de 10 mA.

Problema 4

Una empresa de seguridad le ha contratado para que diseñe el circuito de control de una cámara de vigilancia. Dicha cámara dispone de un motor que le permite girar a izquierda y derecha a dos velocidades: lenta y rápida. Para ello el motor dispone de tres entradas de control, cuyo funcionamiento se resume en el siguiente cuadro:

Motor_On	0. Motor parado
	1. Motor funcionando
Der_Izq	0. Movimiento a derecha
	1. Movimiento a izquierda
Len_Rap	0. Movimiento lento
	1. Movimiento rápido

Tal como se puede apreciar en la siguiente figura, La cámara se puede mover solamente un ángulo de 180°. Para detectar cuando ha llegado a cada uno de sus topes se dispone de dos finales de carrera: **tope_izq** y **tope_der**, que dan un 1 lógico cuando la cámara llega a su tope izquierdo o a su tope derecho respectivamente.



Para controlar el sistema se dispone de un botón (**On**), que da un 1 lógico cuando se pulsa. El funcionamiento del circuito será el siguiente:

- En el arranque del sistema la cámara estará en reposo.
- Cuando se pulse **On** la cámara comenzará a moverse a velocidad lenta.
- Cuando se vuelva a pulsar **On** la cámara pasará a moverse a velocidad rápida.
- La siguiente pulsación de **On** parará la cámara, repitiéndose el proceso indefinidamente.
- El movimiento de la cámara será el siguiente:
 - Cuando comience a moverse lo hará hacia la izquierda, salvo que la cámara esté situada en su tope izquierdo. En este caso, para no forzar el motor la cámara comenzará moviéndose hacia la derecha.
 - Cuando la cámara llegue al tope izquierdo, pasará a moverse hacia la derecha y cuando llegue al tope derecho pasará a moverse hacia la izquierda, repitiéndose el ciclo indefinidamente.¹

Diseñe el **diagrama de estados** del sistema, identificando claramente las entradas y salidas. Indique también claramente si en alguna de las entradas es necesario usar un **detector de flanco**.

¹Bueno, realmente se repetirá hasta que se pare la cámara.

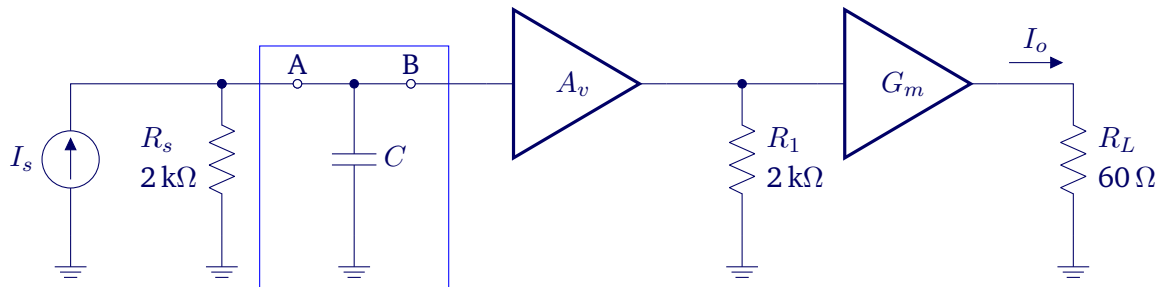
Soluciones

Problema 1

1. La ganancia es:

$$\frac{I_o}{I_s} = (R_s \parallel R_{iA}) \cdot A_v \cdot \frac{R_1 \parallel R_{iG}}{R_{oA} + R_1 \parallel R_{iG}} \cdot G_m \cdot \frac{R_{oG}}{R_{oG} + R_L} = 4 \text{ A/A}$$

2. Es necesario un filtro paso bajo con frecuencia de corte en 1 kHz. El circuito incluyendo el filtro es el siguiente:



y el valor del condensador es de 132,63 nF

3. $I_o = 200 \text{ mA} + 80 \text{ mA} \sin(2\pi 100 t) + 4 \text{ mA} \sin(2\pi 10\,000 t - \frac{\pi}{2})$

4. $P = 2,59 \text{ W}$ de los cuales $2,4 \text{ W}$ son debidos a la componente continua, 192 mW son debidos a la componente de 100 Hz y $480 \mu\text{W}$ son debidos a la componente de 10 kHz.

Problema 2

1. El valor máximo es: $R_z = 5 \text{ k}\Omega$

2. $P_z = 15 \text{ mW}$

3. La tensión varía entre $V_{z \min} = 5,01 \text{ V}$ y $V_{z \max} = 5,03 \text{ V}$.

4. Como el amplificador tiene ganancia 2, la tensión de salida varía entre 10,02 V y 10,06 V.

5. La corriente de salida varía entre 10,52 mA y 10,56 mA, por lo que no hay saturación en corriente y por tanto el rango de tensiones es el mismo del apartado anterior.

6. Ahora el operacional satura en intensidad y la tensión de salida es de 1,99 V, independientemente del valor de V_s .

Problema 3

1. Se necesita un amplificador no inversor con ganancia 10.

2. Las ecuaciones lógicas son:

$$R = \overline{d_3} \cdot \overline{d_2} + \overline{d_3} \cdot \overline{d_1} \cdot \overline{d_0}$$

$$A = \overline{d_3} \cdot d_2 \cdot d_0 + \overline{d_3} \cdot d_2 \cdot d_1 + d_3 \cdot \overline{d_2} \cdot \overline{d_1}$$

$$V = d_3 \cdot d_2 + d_3 \cdot d_1$$

3. `DDRB = 0x70; PORTB = 0x80;`

4. $R_L = 360 \Omega$

Problema 4

En la siguiente figura se muestra el diagrama de estados, en el que es necesario un detector de flanco para la entrada **On**.

On, tope_izq, tope_der
Motor_On, Der_Izq, Len_Rap

