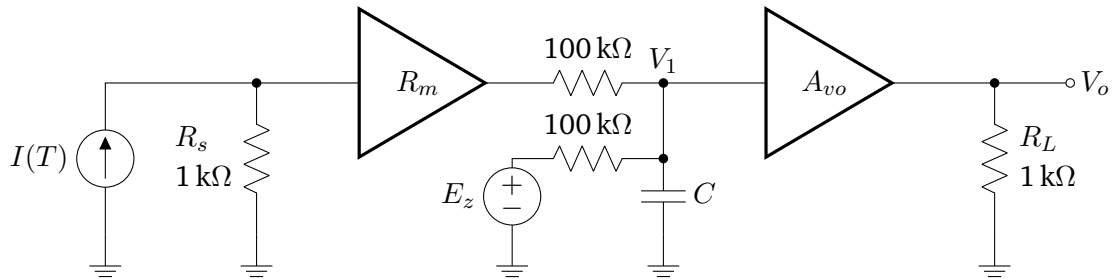


Examen convocatoria extraordinaria

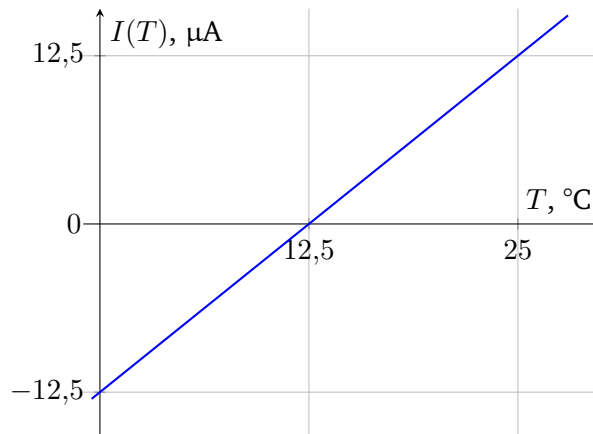
(Duración: 2 horas 15 minutos)

Problema 1

En el circuito de la figura tenemos dos amplificadores. El primero es un amplificador de transresistencia con resistencia de entrada $R_{iR} = 10\ \Omega$, resistencia de salida $R_{oR} = 1\ \text{k}\Omega$ y transresistencia en circuito abierto $R_m = 80\ \text{V}/\text{mA}$. El segundo es un amplificador de tensión, con una resistencia de entrada $R_{iV} = 100\ \text{k}\Omega$, resistencia de salida $R_{oV} = 0\ \Omega$ y una ganancia de tensión en vacío que se calculará más adelante A_{vo} .



La fuente de intensidad $I(T)$ modela un sensor de temperatura cuya característica se muestra en la siguiente figura:



Se pide:

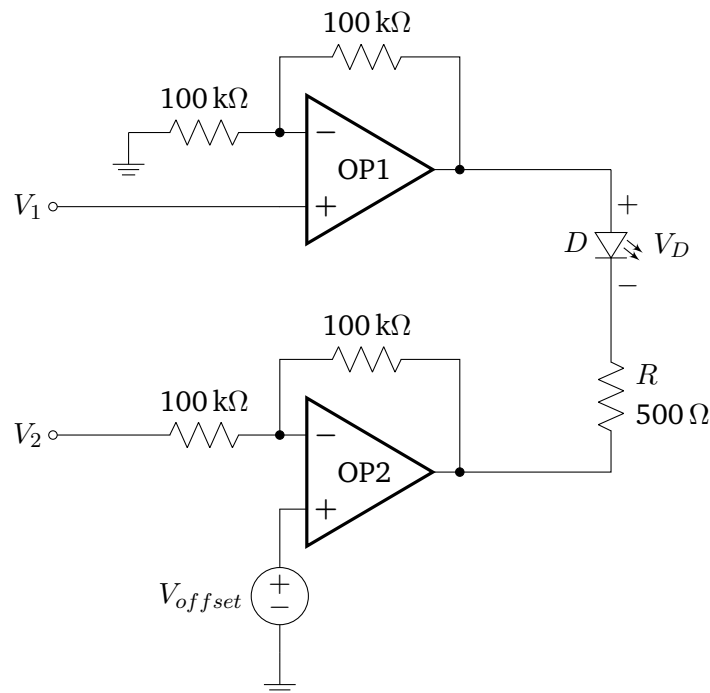
1. A partir de la característica del sensor mostrada en la figura anterior, obtenga la expresión que relaciona la intensidad $I(T)$ con la temperatura T .
2. Resulta que por un mal apantallamiento de los cables del sensor, a la entrada del circuito aparece un ruido de 10 kHz. Para atenuarlo se ha añadido al circuito el condensador C . Indique el tipo de filtro que se forma al añadir este condensador y el valor que ha de tener el condensador para atenuar el ruido presente en V_1 en 40 dB.¹
3. Obtenga ahora la expresión de la tensión V_1 en función de la temperatura T , despreciando el ruido de 10 kHz.
4. Calcule el valor de E_z para que la tensión V_1 sea 0 V cuando la temperatura T sea de 0 °C.

¹Es decir, el ruido ha de ser 40 dB menor que el que habría si el condensador no estuviera presente.

5. Calcule el valor de A_{vo} para que cuando $T = 25^\circ\text{C}$ la tensión de salida sea $V_o = -5\text{ V}$.
6. Diseñe el amplificador de tensión mediante un amplificador operacional (y las resistencias que considere necesarias, obviamente).

Problema 2

En el siguiente circuito, el diodo LED tiene una caída de tensión en conducción de $V_{Don} = 1,6\text{ V}$ y soporta una potencia máxima de $P_{max} = 0,1\text{ W}$. Por otro lado los operacionales tienen una tensión de saturación de $\pm 5\text{ V}$ y una corriente de saturación $I_{o\max} = \pm 100\text{ mA}$.



Usando el modelo de **diodo con caída constante**:

1. Si $V_{offset} = 0\text{ V}$, $V_1 = 1\text{ V}$ y $V_2 = 1\text{ V}$, indique el modo de funcionamiento del diodo D (*on* u *off*), la tensión en bornes del diodo V_D y la corriente que pasa por él.
2. Si $V_{offset} = 0\text{ V}$, $V_1 = -1\text{ V}$ y $V_2 = 1\text{ V}$, indique el modo de funcionamiento del diodo D (*on* u *off*), la tensión en bornes del diodo V_D y la corriente que pasa por él.
3. Si $V_{offset} = 0\text{ V}$, $V_1 = 1\text{ V}$ y $V_2 = 1\text{ V}$, y la resistencia en serie con el diodo vale ahora $R = 5\ \Omega$, indique el modo de funcionamiento del diodo D (*on* u *off*), la tensión en bornes del diodo V_D , la corriente que pasa por él y si le pasará algo al diodo.
4. Si $V_{offset} = 1\text{ V}$, $V_1 = 1\text{ V}$ y $V_2 = 1\text{ V}$, y mantenemos $R = 5\ \Omega$, indique el modo de funcionamiento del diodo D (*on* u *off*), la tensión en bornes del diodo V_D , la corriente que pasa por él y si le pasará algo al diodo.

Problema 3

Se desea realizar un sistema digital que identifique las propiedades de un número de 4 bits en **formato BCD**, de manera que se identifique si el número es par, impar y/o primo. Para ello, siga los siguientes pasos:

1. Elabore la tabla de verdad del sistema. Tenga en cuenta que el 0 no se considera ni par ni impar, y que por convenio el 1 no se considera número primo.
2. Utilice diagramas de Karnaugh para obtener las ecuaciones lógicas simplificadas.
3. Dibuje el circuito lógico de cada una de las salidas.

Para implementar este sistema, contamos con el microcontrolador ATMEGA328P al que conectaremos una serie de interruptores para introducir el número y diodos LED para las diferentes salidas. En la figura 1 se muestra un esquema (incompleto) del circuito diseñado. Además, al final del problema se muestra el código (también incompleto) del programa para implementar el sistema.

A continuación se pide:

4. Teniendo en cuenta que la V_{Don} de los diodos LED, dependiendo del fabricante varía entre 1,4 V y 1,6 V, calcule el valor de las resistencias R1, R2 y R3 para que en el peor caso la corriente sea de al menos 10 mA.

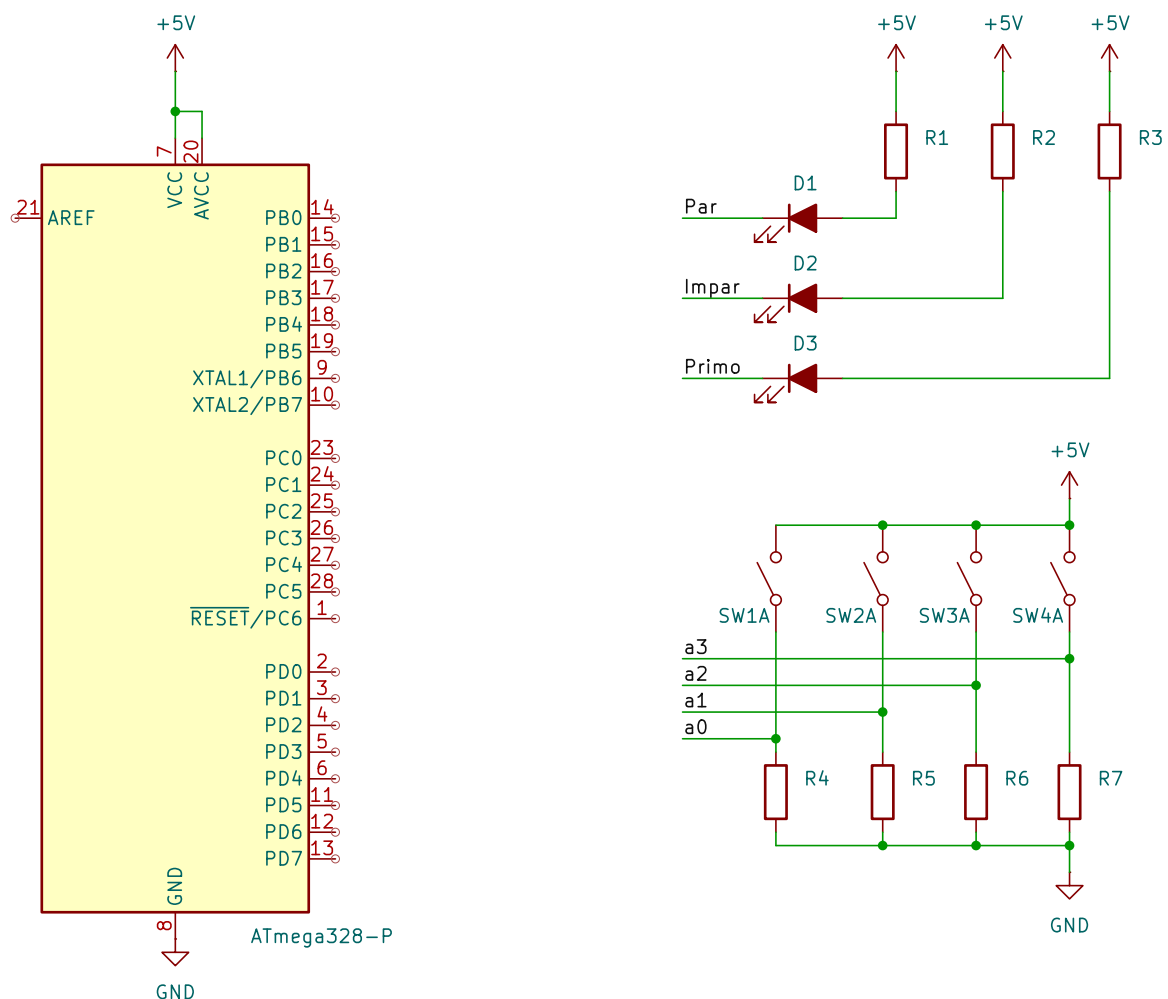


Figura 1. Esquema del circuito (por completar)

5. Conectar sobre el esquema de la figura 1, cada uno de los componentes con la patilla del microcontrolador correspondiente, teniendo en cuenta la configuración que se realiza en el código mostrado a continuación.
6. Completar el código con las ecuaciones lógicas y la configuración de las salidas.

```
#include <Arduino.h>

#define P (4) // Número Par
#define I (5) // Número Impar
#define PR (6) // Número Primo
#define SW4 (2)
#define SW3 (3)
#define SW2 (4)
#define SW1 (5)

int main(void) {
    // Declaración de variables
    uint8_t a3, a2, a1, a0;
    uint8_t p, i, pr;
    // Inicialización
    DDRB = (1 << P) | (1 << I) | (1 << PR);
    PORTB = 0xFF;
    DDRC = 0x00;
    PORTC = ~(1 << SW4) | (1 << SW3) | (1 << SW2) | (1 << SW1));

    while (1) {
        // Lectura de las entradas
        a3 = ((PINC >> SW4) & 0x1);
        a2 = ((PINC >> SW3) & 0x1);
        a1 = ((PINC >> SW2) & 0x1);
        a0 = ((PINC >> SW1) & 0x1);
        // Ecuaciones lógicas
        p =
        i =
        pr =
        // Actualización salidas
        if (p == 1) {
            // Enciendo el LED correspondiente
        }else {
            // Apago el LED correspondiente
        }
        if (i == 1) {
            // Enciendo el LED correspondiente
        }else {
            // Apago el LED correspondiente
        }
        if (pr == 1) {
            // Enciendo el LED correspondiente
        }else {
            // Apago el LED correspondiente
        }
    }
}
```

Problema 4

Diseñe un contador digital de secuencia arbitraria de dos bits. El contador dispone, además del reset y del reloj de 1 Hz, de los siguientes elementos:

- Un pulsador I/P para iniciar y parar la cuenta.
- Un interruptor S/\overline{B} para indicar si la cuenta es ascendente ($S/\overline{B} = 1$) o descendente ($S/\overline{B} = 0$).

El comportamiento de la máquina de estados será el siguiente:

- Inicialmente el contador tendrá el valor 0.
- Si se pulsa el botón I/P el contador empezará a contar. La siguiente pulsación hará que el contador pare, manteniendo el valor de la cuenta en la salida. Si se vuelve a pulsar, el contador continuará la cuenta desde el último valor, y así sucesivamente.
- Si el interruptor S/\overline{B} es uno, el contador se incrementa en cada ciclo de reloj. Si en cambio S/\overline{B} está a 0, el contador se decrementa en cada ciclo de reloj.
- La secuencia que ha de seguir el contador, cuando cuenta en sentido ascendente, es 0, 2, 1, 3, 0, 2, 1, 3... Obviamente la cuenta en sentido descendente será 0, 3, 1, 2, 0, 3, 1, 2, 0...
- Si se pulsa el reset del sistema, el contador pasará al valor inicial (0) y no empezará a contar hasta que se pulse el botón I/P .

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**.

Soluciones

Problema 1

1. La expresión es:

$$I(T) = -12,5 \mu\text{A} + 1 \mu\text{A}/^\circ\text{C} \cdot T$$

2. El filtro formado por el condensador es un paso bajo. Para atenuar el ruido en 40 dB, la frecuencia de corte ha de ser de 100 Hz y el condensador ha de ser de $C = 47,59 \text{ nF}$.

3. Aplicando superposición es fácil obtener que:

$$V_1 = 0,3348 \cdot E_z - 0,3278 \text{ V} + 0,02622 \text{ V}/^\circ\text{C} \cdot T$$

4. Como a 0°C $V_1 = 0 \text{ V}$, la ecuación anterior se convierte en:

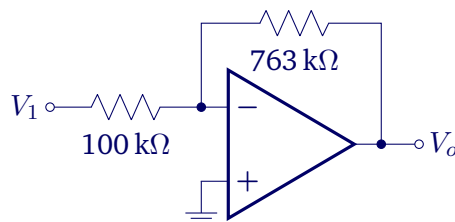
$$0 = 0,3348 \cdot E_z - 0,3278 \text{ V} \Rightarrow E_z = 0,98 \text{ V} \approx 1 \text{ V}$$

5. Con el valor de E_z obtenido en el apartado anterior, la expresión de V_1 pasa a ser:

$$V_1 = 0,02622 \text{ V}/^\circ\text{C} \cdot T$$

con lo que a 25°C $V_1 = 0,6557 \text{ V}$. Por tanto, como queremos que a esa temperatura $V_o = -5 \text{ V}$, la ganancia del amplificador ha de ser de $A_{vo} = -7,6255 \text{ V/V}$.

6. Obviamente hay que diseñar un amplificador en configuración inversora con resistencia de entrada $100\text{ k}\Omega$ y ganancia $-7,63\text{ V/V}$:



Problema 2

1. El diodo está en conducción, $V_D = 1,6\text{ V}$ e $I_D = 2,8\text{ mA}$
2. El diodo está apagado, $V_D = -1\text{ V}$ e $I_D = 0$
3. El diodo conduce, luego $V_D = 1,6\text{ V}$ pero si calculamos I_D obtenemos 280 mA que los operacionales no pueden dar. Por tanto los operacionales entrarán en saturación y la corriente por el diodo será $I_D = 100\text{ mA}$. Con esa corriente la potencia disipada por el diodo es de $P_D = 160\text{ mW}$. Como esta potencia es mayor que la potencia máxima del diodo (100 mW), el pobre diodo morirá en acto de servicio.
4. El diodo ahora está apagado, pues $V_D = 1\text{ V}$, que es inferior a su tensión de conducción $1,6\text{ V}$. La corriente es obviamente cero.

Problema 3

1. La suma de minitérminos para cada salida es:

$$\begin{aligned} Par &= \sum_{a_3 a_2, a_1 a_0} (2, 4, 6, 8) \\ Impar &= \sum_{a_3 a_2, a_1 a_0} (1, 3, 5, 7, 9) \\ Primo &= \sum_{a_3 a_2, a_1 a_0} (2, 3, 5, 7) \end{aligned}$$

Los términos 10 a 15 son condiciones libres (X) ya que un dígito BCD solo puede tener valores entre 0 y 9.

2. Las ecuaciones lógicas son:

$$\begin{aligned} Par &= a_1 \cdot \overline{a_0} + a_3 \cdot \overline{a_0} + a_2 \cdot \overline{a_0} \\ Impar &= a_0 \\ Primo &= a_2 \cdot a_0 + \overline{a_2} \cdot a_1 \end{aligned}$$

3. Los circuitos se deducen fácilmente de las ecuaciones anteriores.
4. El caso más desfavorable ocurrirá cuando el LED tenga una caída mayor, con lo que $R_1 = R_2 = R_3 = 340\text{ }\Omega$.

5. Las señales Par, Impar y Primo se conectan a los pines PB4, PB5 y PB6 respectivamente. Por otro lado, las señales a3 a a0 se conectan a los pines PC2, PC3, PC4 y PC5 respectivamente.

6. El código queda:

```

// Ecuaciones lógicas
p = ((a1 & ~a0) | (a3 & ~a0) | (a2 & ~a0)) & 1
i = a0
pr = ((a2 & a0) | (~a2 & a1)) & 1
// Actualización salidas
if (p == 1) {
    PORTB &= ~(1<<P)           // Enciendo el LED correspondiente
}else {
    PORTB |= (1<<P)             // Apago el LED correspondiente
}
if (i == 1) {
    PORTB &= ~(1<<I)           // Enciendo el LED correspondiente
}else {
    PORTB |= (1<<I)             // Apago el LED correspondiente
}
if (pr == 1) {
    PORTB &= ~(1<<PR)          // Enciendo el LED correspondiente
}else {
    PORTB |= (1<<PR)            // Apago el LED correspondiente
}
  
```

Problema 4

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

