

# Examen convocatoria ordinaria

(Duración: 2 horas 15 minutos)

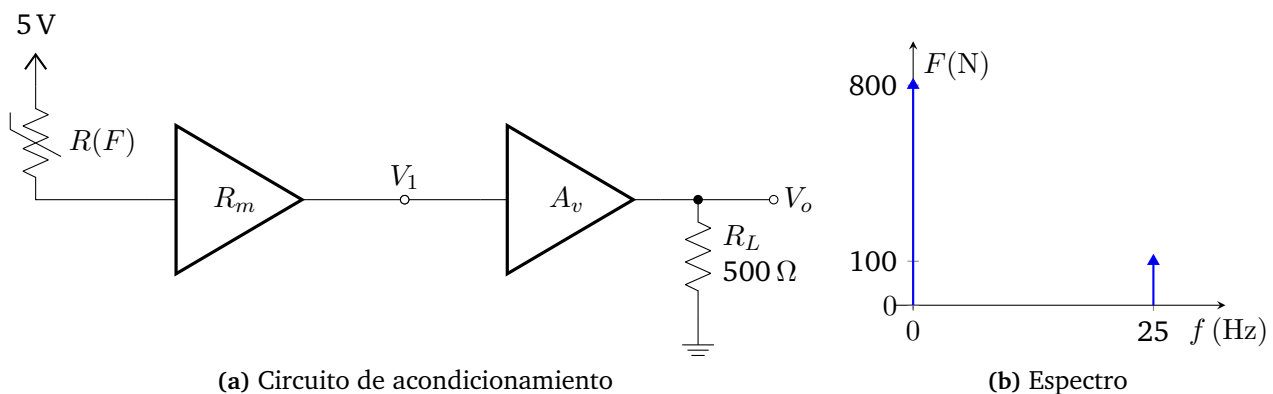
## Problema 1

En una aplicación industrial se necesita medir la fuerza aplicada sobre una plataforma. Para medirla se usa el sensor FLX-A502, que es un sensor resistivo cuya resistencia varía con la fuerza aplicada según la siguiente expresión:

$$R(F) = R_0 \cdot \frac{F_0}{F}$$

siendo  $R_0 = 35 \text{ k}\Omega$  y  $F_0 = 90 \text{ N}$ .

El circuito propuesto para acondicionar el sensor es el mostrado en la figura 1(a), en donde el primer amplificador es de transresistencia con  $R_m = 1000 \text{ V/A}$  y resistencia de salida  $R_{oR} = 10 \text{ k}\Omega$ ; y el segundo amplificador es de tensión con resistencia de entrada  $R_{iv} = 100 \text{ k}\Omega$  y resistencia de salida  $R_{ov} = 20 \Omega$ .

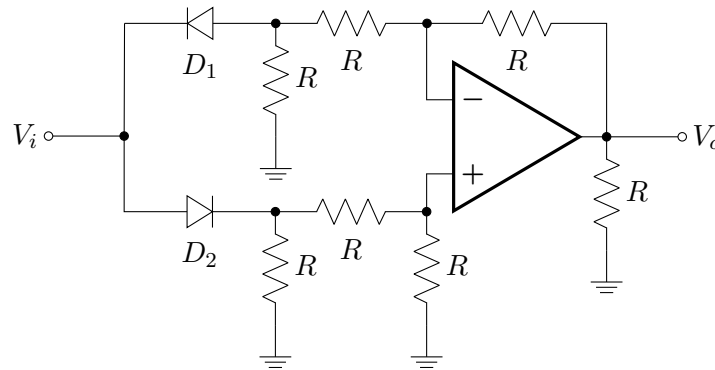


Para resolver el problema se pide:

1. Calcule el rango de variación de  $R(F)$  si el rango de medida de la fuerza varía entre 0 N y 1000 N.
2. Dibuje el esquema del circuito de acondicionamiento sustituyendo los amplificadores por sus circuitos equivalentes.
3. La resistencia de entrada del amplificador de transresistencia se puede elegir igual a 100 k $\Omega$ , 1 k $\Omega$  o 10  $\Omega$ . Indique qué valor elegiría y por qué.
4. Obtenga la expresión de  $V_1$  en función de la fuerza aplicada sobre el sensor. ¿Es esta relación lineal? ¿Se puede aproximar por una relación lineal?
5. Obtenga el rango de variación de  $V_1$  cuando la fuerza aplicada sobre el sensor varía entre 0 N y 1000 N.
6. Calcule el valor de la ganancia  $A_v$  para que la salida  $V_o$  valga 5 V cuando la fuerza aplicada sobre el sensor sea de 1000 N.
7. Al montar el circuito descubre que debido a las vibraciones de la máquina en la que se mide la fuerza, el espectro de dicha fuerza es el mostrado en la figura 1(b). Indique en qué parte del circuito se debería añadir un condensador para atenuar la señal debida a las vibraciones en 40 dB,

cómo se conectaría y su valor. Si puede conectarse en varios lugares, elija el lugar en el que la capacidad del condensador sea la más pequeña.

## Problema 2



En el circuito de la figura todas las resistencias son iguales y de valor  $R = 1 \text{ k}\Omega$ . Suponiendo que los diodos son ideales:

1. Calcule y represente la característica de transferencia entre  $V_o$  y  $V_i$ . Recuerde que ha de justificar adecuadamente el estado de conducción o corte de ambos diodos.
2. Teniendo en cuenta que el operacional es *rail to rail*<sup>1</sup> y que está alimentado a  $\pm 10 \text{ V}$ , calcule el rango de tensiones que puede tener la entrada  $V_i$  sin que sature la salida del circuito  $V_o$ .
3. Teniendo en cuenta que la corriente máxima del operacional es de  $\pm 10 \text{ mA}$ , calcule el rango de tensiones que puede tener la entrada  $V_i$  sin que sature la salida del circuito  $V_o$ .

## Problema 3

Los profesores de Electrónica han decidido diseñar un Circuito Digital de Evaluación que permita poner las notas a los alumnos automáticamente. Se dispone de una cámara dotada de IA, de modo que escanea el examen del alumno y da como salida la nota codificada con tres bits ( $d_2 d_1 d_0$ ). Las posibles notas son A, B, C, D y F donde las notas A y B corresponden a un aprobado, C a un suspenso que se puede salvar, y las notas D y F a un suspenso sin paliativos. La codificación de estas notas es: A=000, B=001, C=010, D=011 y F=100).

Solo si el alumno saca una nota de A o C, hará también un examen oral delante de la cámara sobre un problema propuesto y la cámara dará como salida un bit adicional (*Oral*), que será igual a 1 si supera el examen o 0 si no lo supera.

El Circuito Digital de Evaluación toma los cuatro bits de la cámara y producirá dos salidas a nivel alto: Aprobado y MH (Matrícula de Honor).

- Si la nota es A y supera el examen oral, estará Aprobado y tendrá una MH.
- Si la nota es A y no supera el examen oral, estará Aprobado y no tendrá una MH.
- Si la nota es B, estará Aprobado y no tendrá una MH.
- Si la nota es C y supera el examen oral, estará Aprobado y no tendrá una MH.

<sup>1</sup>Es decir que satura a las tensiones de alimentación.

- Si la nota es C y no supera el examen oral, o si la nota es D o F, estará Suspenso y no tendrá una MH.

Se pide:

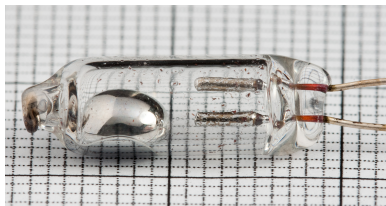
1. Escribir la tabla de verdad de las salidas del circuito.
2. Obtener las ecuaciones lógicas de las salidas simplificadas usando diagramas de Karnaugh.
3. El Circuito Digital de Evaluación se implementa mediante un microcontrolador ATmega328P. Indique el valor a escribir en los registros DDRB y PORTB en la inicialización del sistema. Para ello tenga en cuenta que las señales  $d_2, d_1, d_0$  se conectarán a PB6, PB5 y PB4 respectivamente, la señal *Oral* se conectará a PB7; y las salidas a los pines PB1 (Aprobado) y PB0 (MH). En la inicialización ambas salidas permanecerán apagadas.
4. Adicionalmente se desea que suene una sirena cuando el alumno obtenga una matrícula de honor. La sirena funciona a 220 V de alterna y consume una corriente de 200 mA. Diseñe el circuito a conectar a la salida MH para controlar la sirena. Para ello, si necesita un transistor puede usar el PN2222A, que soporta una corriente máxima de 500 mA a una tensión de 40 V. Suponga que la  $\beta$  mínima del transistor es de 75 y use un factor de seguridad de 4 para asegurar la saturación. Suponga también una tensión colector-emisor de saturación de 0,3 V y una tensión base-emisor en conducción de 0,7 V. Si necesita un relé puede usar el EC2-5NU que soporta una carga de 2 A a 250 V. La bobina del relé funciona a 5 V y tiene una resistencia de 178  $\Omega$ . El diseño ha de incluir el esquema eléctrico y el valor de todos sus componentes.

## Problema 4

La mayor conciencia de la sociedad sobre los peligros del cambio climático han provocado un auge en el uso de la bicicleta como medio de transporte en las ciudades. Para mejorar la seguridad de los ciclistas ha decidido diseñar un intermitente para la bicicleta. El sistema constará de dos diodos LED de alta potencia que incluyen ya un oscilador interno de forma que cuando se alimentan parpadean a una frecuencia de 2 Hz. Los LEDs se situarán en la parte trasera de la bicicleta, uno a la derecha (**led\_der**) y otro a la izquierda (**led\_izq**).

Para controlar el intermitente se dispone de dos pulsadores situados en el manillar, uno a la derecha (**pul\_der**) y otro a la izquierda (**pul\_izq**). Por último, para facilitarle la vida al usuario el sistema dispondrá también de dos interruptores de mercurio para detectar la inclinación de la bicicleta, de forma que cuando se termine de dar el giro el intermitente se apague automáticamente. Dichos sensores, mostrados en la figura siguiente,<sup>2</sup> consisten en un par de contactos dentro de una ampolla de vidrio en la cual hay una pequeña gota de mercurio. Cuando el sensor está en posición horizontal el contacto estará abierto, pero cuando el sensor se incline, la gota se desplazará y cerrará el contacto. Estos interruptores se colocarán a ambos lados del manillar, uno a la derecha (**mer\_der**) y otro a la izquierda (**mer\_izq**). El interruptor de la derecha se activará cuando la bicicleta gire a la derecha y se desactivará cuando esté en posición vertical. Lo mismo ocurrirá con el interruptor de la izquierda cuando la bicicleta gire a la izquierda.

<sup>2</sup>By Medvedev - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17141274>



Para simplificar el problema, todas las entradas y salidas serán activas a nivel alto.

El funcionamiento del circuito será el siguiente:

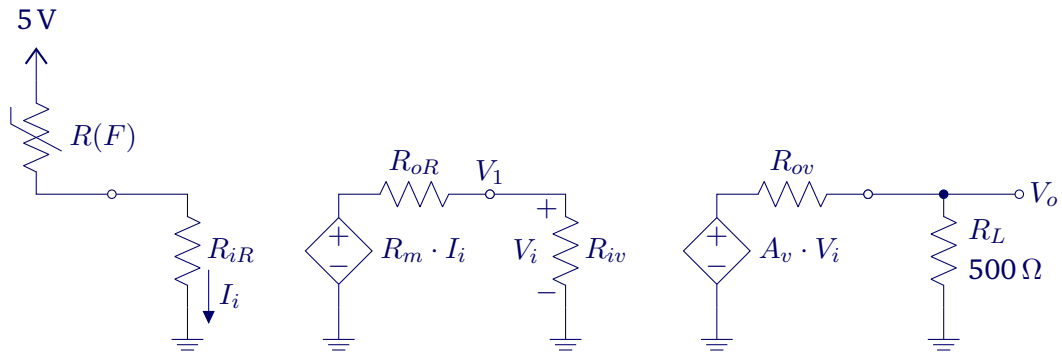
- En el arranque del sistema ambos intermitentes estarán apagados.
- Cuando se pulse el pulsador **pul\_der** se activará el intermitente derecho (**led\_der**).
- Si mientras está activo el intermitente derecho se vuelve a pulsar **pul\_der**, se apagará dicho intermitente.
- Si mientras está activo el intermitente derecho se detecta que la bicicleta se ha inclinado a la derecha y luego deja de detectarse esta inclinación, señal de que se ha completado el giro, el intermitente se apagará.
- El mismo comportamiento anterior se replicará para los giros a la izquierda:
  - Cuando se pulse el pulsador **pul\_izq** se activará el intermitente izquierdo (**led\_izq**).
  - Si mientras está activo el intermitente izquierdo se vuelve a pulsar **pul\_izq**, se apagará dicho intermitente.
  - Si mientras está activo el intermitente izquierdo se detecta que la bicicleta se ha inclinado a la izquierda y luego deja de detectarse esta inclinación, señal de que se ha completado el giro, el intermitente se apagará.
- Si mientras está activo el intermitente derecho se pulsa **pul\_izq** se apagará el intermitente derecho y se activará el izquierdo.
- Si mientras está activo el intermitente izquierdo se pulsa **pul\_der** se apagará el intermitente izquierdo y se activará el derecho.
- La pulsación de ambos pulsadores a la vez se considerará un error y se volverá al estado de reposo, con ambos intermitentes apagados.

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.  $R(0\text{ N}) = \infty$ ,  $R(1000\text{ N}) = 3,15\text{ k}\Omega$ ,
2. El circuito equivalente es el siguiente:



3. Como interesa que  $I_i$  dependa lo menos posible de  $R_{iR}$ . Como:

$$I_i = \frac{5 \text{ V}}{R(F) + R_{iR}}$$

Ha de cumplirse que  $R_{iR} \ll R(F)$ , por lo que se elige  $R_{iR} = 10 \Omega$ . En este caso se cumple que:

$$I_i \approx \frac{5 \text{ V}}{R(F)}$$

4. La expresión de  $V_i$  es:

$$V_i = \frac{5 \text{ V}}{R_0 F_0} R_m \frac{R_{iv}}{R_{iv} + R_{oR}} F = 1,4430 \cdot 10^{-3} \text{ V/N} \cdot F$$

5.  $V_1(0 \text{ N}) = 0 \text{ V}$  y  $V_1(1000 \text{ N}) = 1,4430 \text{ V}$ .

6.  $A_v = 3,6 \text{ V/V}$

7. El condensador ha de conectarse entre el punto  $V_1$  y tierra y su valor ha de ser de  $70,02 \mu\text{F}$ .

## Problema 2

1. Cuando  $V_i < 0 \text{ V}$  el diodo  $D_1$  conduce y el  $D_2$  está apagado. En esta situación  $V_o = -V_i$ . En cambio, cuando  $V_i > 0$  el diodo  $D_1$  está apagado y el  $D_2$  está encendido. En este caso  $V_o = 0,75 \cdot V_i$ .
2. El rango de tensión de entrada en este caso va desde  $-10 \text{ V}$  a  $13,33 \text{ V}$ .
3. Cuando tenemos en cuenta la saturación en corriente, el rango de entrada va desde  $-5 \text{ V}$  a  $10 \text{ V}$ .

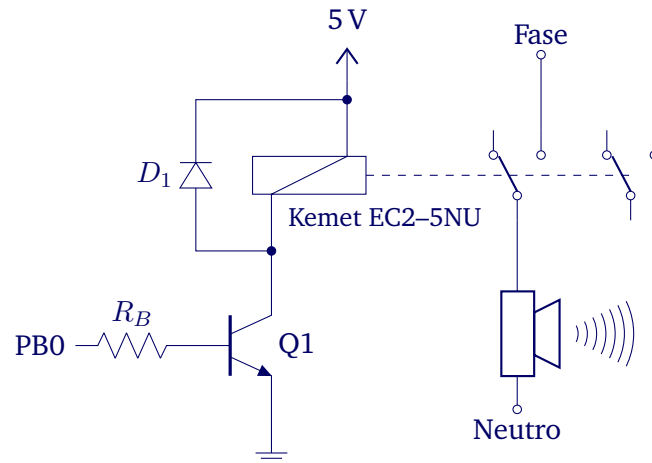
## Problema 3

1. Las ecuaciones lógicas, considerando que es imposible que el alumno haga el examen oral cuando su nota es distinta de A o C, son:

$$\begin{aligned}
 \text{Aprobado} &= \overline{d_2} \cdot \overline{d_1} + \text{Oral} \\
 MH &= \text{Oral} \cdot \overline{d_1}
 \end{aligned}$$

2. `DDRB = 0x03; PORTB = 0x0C;`

3. El circuito, en el que  $R_B = 3,05 \text{ k}\Omega$  es el siguiente:



## Problema 4

En la siguiente figura se muestra el diagrama de estados, en el que es necesario un detector de flanco para las entradas **pul\_der** y **pul\_izq**.

