

Laboratorio de Sensores y Acondicionamiento de Bioseñales

Hito 1- Práctica 1. Calibración sensores de presión para aplicaciones biomédicas

Pareja 1 – Felipe Ruiz Bernal y Laura Sánchez Garzón

Epígrafes 3 y 4- Diagrama de bloques del sistema y estudio teórico-práctico inicial

1. Acerca de la galga extensiométrica.

1.1. ¿Es necesario alimentar el sensor?

No, es un sensor pasivo que varía su resistencia en proporción a la presión a la que está sometido.

1.2. ¿Cuál es el alcance de la medida de presión medido en bares? ¿Cuál es el rango de la escala en ohmios a la salida del sensor para la máxima presión? ¿Y para la mínima?

Entendiendo alcance como la diferencia entre los extremos del campo de medida, sabiendo que el rango óptimo varía entre los 0,007 y los 7 bar, su alcance es de 6.993 bares. Para la máxima presión óptima, se obtiene una resistencia de 1kΩ y para la mínima se obtiene una resistencia de 10MΩ con un error de +2% en ambas.

2. Acerca del MCP6242

2.1. Complete la tabla que se adjunta con algunas de sus características típicas más relevantes. Estos parámetros, así como cualquier otro que pudiera ser necesario debe ser capaz de encontrarlos en la hoja de datos (datasheet) facilitada para alguna de las tensiones de uso recomendadas por el fabricante.

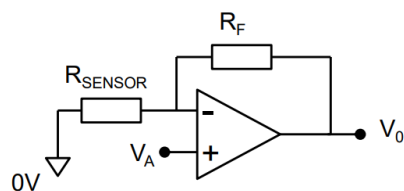
Ref.	Rango Alimentación	Entrada		Salida		GBWP
		TIPO	V _{CM} (V)	TIPO	V _{OutputSwig}	
MCP6242	V _{DD} = 1.8V to + 5.5V V _{SS} = GND	Diferencial	V _{SS} - 0.3 to V _{DD} + 0.3 V	Simple (single)	V _{SS} + 35 to V _{DD} - 35 mV	typ: 550 KHz

3. Acerca del circuito de acondicionamiento

3.1. Analice el circuito de acondicionamiento propuesto para demostrar que la salida es proporcional a la presión ejercida en el sensor.

El circuito tiene la configuración de amplificador diferencial no inversor donde la salida de este viene dada por la siguiente expresión:

$$V_o = V_a \cdot \frac{R_{\text{sensor}} + R_f}{R_{\text{sensor}}}$$



Con esto se demuestra que la salida es proporcional a la entrada.

3.2. Calcule el circuito de acondicionamiento (RF y VA) para que se cumpla que:

- Si $P = 0.007 \text{ bar}$ ($R_{\text{SENSOR}} = 10 \text{ M}\Omega$) $\rightarrow V_0 = 0.25 \text{ V}$
- Si $P = 7 \text{ bar}$ ($R_{\text{SENSOR}} = 1 \text{ k}\Omega$) $\rightarrow V_0 = 5 \text{ V}$

Se resuelve el siguiente sistema de ecuaciones

$$0.25 = V_{in} \cdot \frac{1 \cdot 10^6 + R_f}{1 \cdot 10^6}$$

$$5 = V_{in} \cdot \frac{1 \cdot 10^3 + R_f}{1 \cdot 10^3}$$

$$R_f = \frac{9500000}{499} = 19.038 \text{ K}\Omega$$

$$V_a = \frac{2495}{9999} = 0.2495 \text{ V}$$

3.3. Suponiendo un comportamiento lineal en todo el rango de actuación, ¿cuál es la sensibilidad del sensor junto con el amplificador operacional en mV/bar?

$$\text{Sensibilidad} = \frac{5000 - 250}{7 - 0.007} \frac{\text{mV}}{\text{bar}} = 679,25 \frac{\text{mV}}{\text{bar}}$$

3.4. Con la configuración anterior fijada, indique cómo podría incrementar la sensibilidad en un factor 5 sin añadir nuevos circuitos integrados al circuito.

Si queremos multiplicar la sensibilidad por 5, podemos multiplicar el voltaje de salida por 5, lo que se traduce en meter otro amplificador no inversor a la salida con esa ganancia. Gracias a que estamos usando el MCP6242, que trae consigo otro amplificador integrado, no hace falta añadir otro circuito integrado. Sin embargo, la salida que queremos después de amplificarla por 5 no va a poder ser conseguida, ya que el voltaje de alimentación máximo que soporta este dispositivo no es mayor a 5.5V, y saturará al sobrepasarlo.

Power Supply					
Supply Voltage	V_{DD}	1.8	—	5.5	V

Ya que en dos etapas no se resuelve, se podría proponer realizarlo en una sola etapa, y modificar R_f :

$$25 = 0.2495 \cdot \frac{1 \cdot 10^3 + R_f'}{1 \cdot 10^3} \rightarrow R_f' = \frac{59375000}{619} = 95920.84 \Omega$$

$$V_a' = 0.2476 = \frac{2476}{9999} \text{ V}$$

3.5. En base a la respuesta anterior y con los valores de tensión que se obtenían en la primera etapa, ¿cuál sería el rango de valores de tensión obtenido en la segunda etapa? ¿Cuál sería ahora la nueva sensibilidad?

Idealmente, si no se llegase a la saturación debido a que la máxima alimentación permitida des de 5.5V, la nueva sensibilidad sería de:

$$Sensibilidad_{ideal} = \frac{25000 - 1250}{7 - 0.007} \frac{mV}{bar} = 3396.25 \frac{mV}{bar}$$

Ya que el rango de tensiones sería el rango original (0.25 a 5)V, por una ganancia de 5, siendo entonces el rango [1.25:25]V.

Sin embargo, sabiendo que la máxima alimentación (y consigo, máximo V_o), es de 5.5V, por tanto, se obtiene una sensibilidad real de:

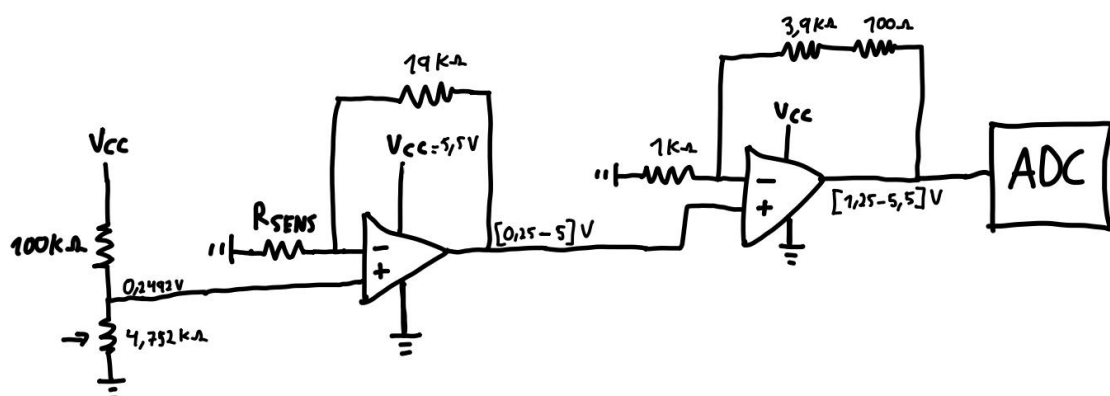
$$Sensibilidad_{real} = \frac{5500 - 1250}{7 - 0.007} \frac{mV}{bar} = 607.75 \frac{mV}{bar}$$

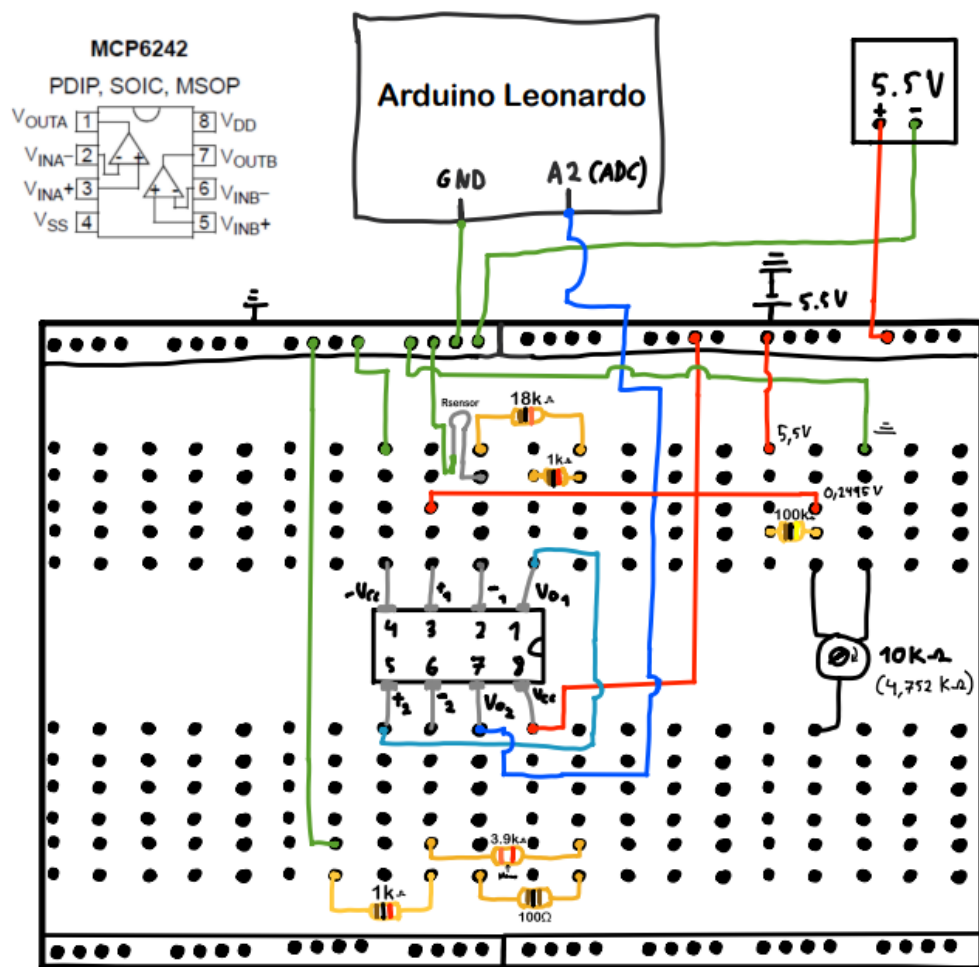
Una sensibilidad bastante menor a la que se querría obtener. El rango de tensiones en este caso será de [1.25:5.5]V, porque la menor tensión de alimentación permitida es tierra, y la máxima, 5.5V (recordar que se trata de un rail-to-rail).

Acerca del Sistema de Medida completo

4.1. Diseñe el esquema de conexiones completo que incluya los elementos analizados en las cuestiones previas que considere necesarios, así como la placa Arduino para procesar la medida realizada en cada una de las etapas del sistema. Este esquema debe valer como guía y ayuda para su implementación en la protoboard. En el esquema y para cada elemento señale sólo los terminales que participan en el diseño, debe tener en cuenta que:

- Como objetivo de diseño, debe minimizar el número de fuentes de alimentación utilizadas y debe tratar de obtener la máxima resolución que sea posible.
- Para los valores de las resistencias seleccionadas utilice aquellos disponibles en el laboratorio (ver carpeta en Moodle).





Para obtener la máxima sensibilidad, se ha utilizado el segundo circuito integrado que trae consigo el MCP6242. Se trata de dos amplificadores diferenciales no inversores, seriados. Dado que el enunciado exige que se utilicen las mínimas fuentes de alimentación posible, se parte de una pila que entrega 5.5V de máximo, y tierra, y para obtener la V_A , que se calculó previamente que debía ser de 0.2492V, se ha realizado un divisor de tensión, con el que pasar de esos 5.5V a 0.2492V. Se ha tratado de lograr dicha aproximación utilizando las resistencias ofrecidas en el laboratorio, pero se obtenía un error mayor del 1%, por lo que se ha optado por utilizar un potenciómetro con el que poder aproximar lo máximo posible. La R_{sensor} será el sensor con el que se trabaje en el laboratorio y R_F dos resistencias disponibles en el laboratorio puestas en serie ($1K + 18K$). La salida de este primer circuito, será la entrada del segundo. Para lograr una ganancia de 5 con este segundo amplificador, se han utilizado resistencias disponibles en el laboratorio ($R_1=1K\Omega$ y $R_2=3.9K\Omega + 100\Omega$). La salida, se conectará al Arduino Leonardo (pin A2) y su tierra, a la misma tierra a la que se han conectado todos los componentes del circuito.