

Sensores

Taller 3

Andres Bernal 7003748

Santiago Gayón 7003880

Docente Paola Castiblanco

Ingeniería Mecatrónica

Universidad Militar Nueva Granada

2023

## Parte 1. Sensores Efecto Hall

1. Utilizando un sensor Hall, diseñe un circuito análogo de tal forma que cuando el campo magnético esté comprendido entre 1500 y 2000 G la salida esté en estado ON y que si se sale de este rango se emita una alarma (visual o acústica), busque una referencia comercial del sensor y utilice su valor de sensibilidad con alimentación a 5V. Implemente simulación

Solución:

Valores componentes: rango de voltaje de operación sensor efecto hall: 2,1v a 2.8v, ganancia: - 20, resistencias para los divisores de voltaje: 1,2k 22k 12k y 8.2k, resistencias para el operacional: 20k y 180k

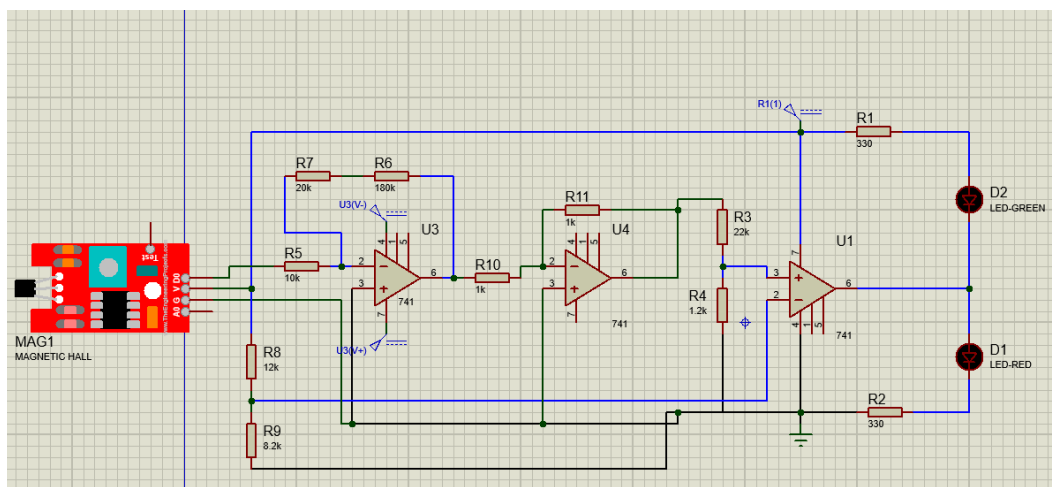
Para el diseño del circuito se tuvo en cuenta un sensor de efecto hall de referencia SS49E el cual opera de 2,7 a 6,5 v del cual se utilizó según el ejercicio 5v y tiene una sensibilidad de 1,4 mV/Gauss valor necesario para realizar los cálculos respectivos para la amplificación, teniendo en cuenta la información anterior se utilizan ecuaciones:

$A = (-R_f/R_0)$ : esta ecuación sale ya que se implementa un amplificador inversor el cual va unido a la salida del sensor, al reemplazar por los valores queda:  $A = (-200k/10k)$ : -20, la resistencia de 200k al no ser comercial se utilizó dos resistencias en serie con valores de 20k y 180k.

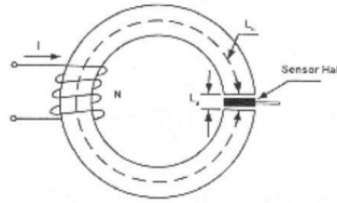
A la salida del primer operacional se obtiene un voltaje de -42 voltios por lo que se adiciona otro inversor de ganancia 1 para dejar el voltaje de 42 voltios, al ser un nivel alto de voltaje se realiza un divisor de voltaje para dejar un rango de funcionalidad de 2,1v o mayor que corresponde a 1500 G.

Para realizar el sistema de alarma se implementa un operacional configurado como comparador, teniendo esto en cuenta para la señal de referencia se utilizó de igual manera un divisor de voltaje alimentado a 5v con valores de 12k y 8.2k, la salida de voltaje corresponde a 2v lo que es menor a la medición de campo de referencia.

El sistema de comparacion consiste en que si la señal que le llega del sensor es mayor a 2.1 v este prendera un led de color rojo lo que significa que se encuentra entre 1500 y 2000 G de lo contrario el led de color verde estara prendido significando que la medicion es menor a 1500 G.



2. Se desea construir un amperímetro con un rango entre 0 y 3A, para esto se realiza el montaje mostrado en la figura, conformado por un núcleo de ferrita y un sensor Hall (buscar referencia comercial). Se conoce que el voltaje Hall es de 3.5V cuando está a 3A. Determinar el número de espiras necesarios.



Solución:

Para determinar el número de espiras se utilizan las ecuaciones de la ley de Faraday y la ley de Ampere, junto con las especificaciones del sensor Hall A3114, la sensibilidad del sensor 2.5 mV/Gauss, las leyes anteriores se utilizan para encontrar la relación entre el flujo magnético y el número de espiras, se establece que la fuerza electromotriz inducida en un circuito es igual al cambio en el flujo magnético a través del circuito dividido por el tiempo.

Se implementan las siguientes ecuaciones:  $\Phi = B \cdot A$ ,  $I = V_{Hall} / R_s$ ,  $B = \mu_0 \cdot N \cdot I / L$ , donde:

B: densidad de flujo magnético.

A: área transversal del núcleo de ferrita.

$\Phi$ : flujo magnético.

I: corriente del conductor.

$V_{Hall}$ : voltaje Hall.

$R_s$ : resistencia del conductor.

$\mu_0$ : permeabilidad magnética del vacío.

N: número de espiras.

L: longitud del núcleo de ferrita.

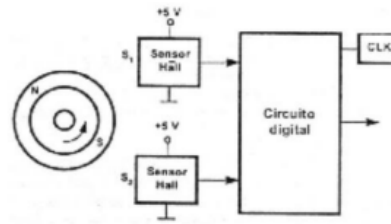
Con respecto a lo anterior, para el ejercicio planteado el estudiante asume que el área del núcleo de ferrita es de 18 cm<sup>2</sup> o 0.0018 m<sup>2</sup> con una longitud de 4 cm o 0.04 m y k como 1, para hallar la cantidad de espiras se debe reemplazar los valores de la densidad del flujo magnético y la corriente del conductor quedando así:

$$\Phi = (\mu_0 \cdot N \cdot I \cdot A) / L \quad V_{Hall} = K \cdot I \cdot B \quad \Phi = (\mu_0 \cdot N \cdot I \cdot A) / L = (V_{Hall} / K) \cdot (L / (\mu_0 \cdot N \cdot A))$$

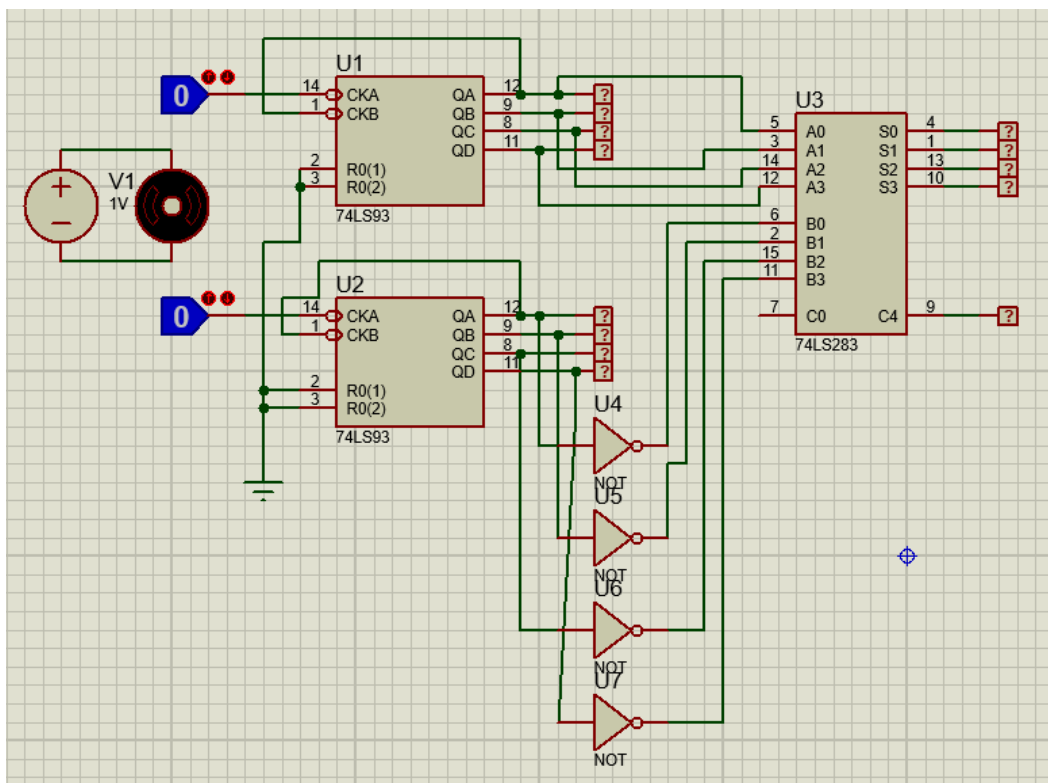
Quedaron así la ecuación para hallar la cantidad de espiras:

$N = (V_{Hall} \cdot L) / (K \cdot \Phi \cdot A)$  y al reemplazar valores queda:  $N = (3,5 \cdot 0,04) / (1 \cdot 0,0018 \cdot 3) = 10,37$ , con esto se tiene que se necesitan una cantidad de 10 espiras, este valor varía dependiendo de los datos usados.

3. En la figura se muestra el diseño de un mecanismo para detectar el sentido de giro de un imán en anillo, utilizando dos sensores de efecto Hall de salida digital. Proponga el circuito de interfaz digital necesarios para determinar el sentido de rotación del imán.



Desarrollo:



Gracias al circuito presentado, se puede tener una forma visual de reconocer el sentido de giro del motor, ya que cada sensor aumenta la cuenta de cada uno de los contadores, y al restar estos valores podemos observar que al girar en las manecillas del reloj, el acarreo se mantiene positivo, por lo que no varía, sin embargo, si gira en el sentido contrario, este acarreo variará cada vez que se active cada sensor, generando una señal.

## Parte 2. Termopares 1.

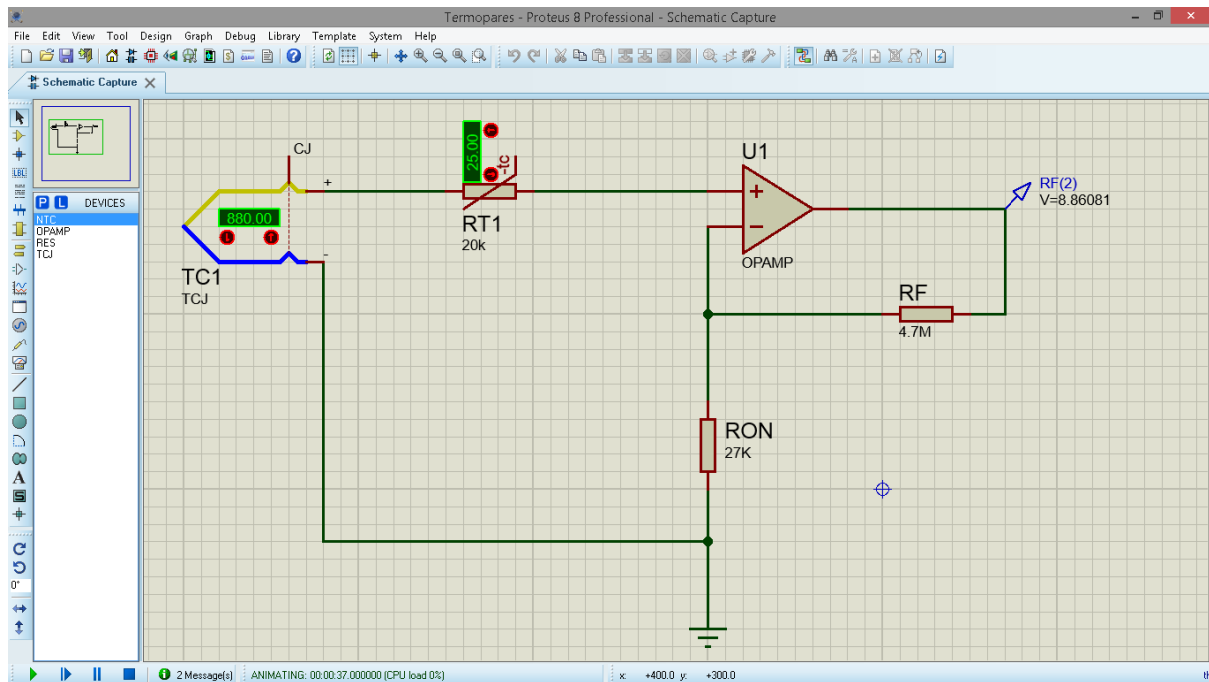
1. Diseñe el circuito de acondicionamiento para un termopar tipo J (seleccione una aplicación comercial y a partir de esta obtenga rangos de temperatura y voltaje de salida), empleando una NTC para la compensación por unión fría (Seleccione una referencia comercial y obtenga sus datos del datasheet). Implemente la simulación.

Solución:

Se seleccionó el uso industrial para un horno industrial, que tienen un rango de temperatura de entre 0°C a 1200°C. El termopar tipo J produce una tensión de salida de aproximadamente 50 microvoltios por grado Celsius, por lo tanto:

$$50 \frac{mV}{^{\circ}C} * 1200^{\circ}C = 60mV$$

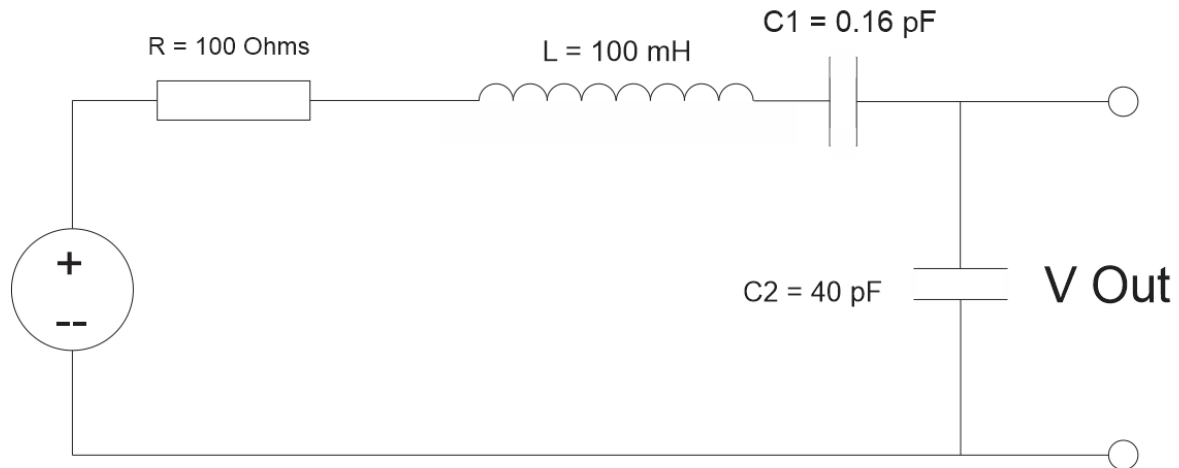
Para compensar la unión fría, necesitamos una NTC que tenga una resistencia que varíe con la temperatura. Para este ejemplo, usaremos la NTC EPCOS B57236S0509M000, que tiene una resistencia nominal de 5 kOhm a 25 °C y una constante de temperatura negativa (NTC) de -4.4%/°C.



## Parte 3. Sensores Piezoeléctricos

1. Determinar la respuesta frecuencial de un sensor piezoeléctrico cuyo equivalente eléctrico incluye una resistencia de 100Ω, una inductancia de 100mH y dos capacidades de 0.16pF y 40pF. Dibuje su equivalente, calcule y grafique su frecuencia de resonancia

Solución:



$$Z_{total} = R + j\omega L + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C1} + \frac{1}{j\omega C2}}$$

$$C_p = \frac{C1 * C2}{C1 + C2} = \frac{0.16pF * 40pF}{0.16pF + 40pF} = 0.1579pF$$

$$|Z_{total}| = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C_p})^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C_p}}{R}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\frac{\omega(100mH) - 1}{\omega(0.158pF)}}{100\Omega}$$

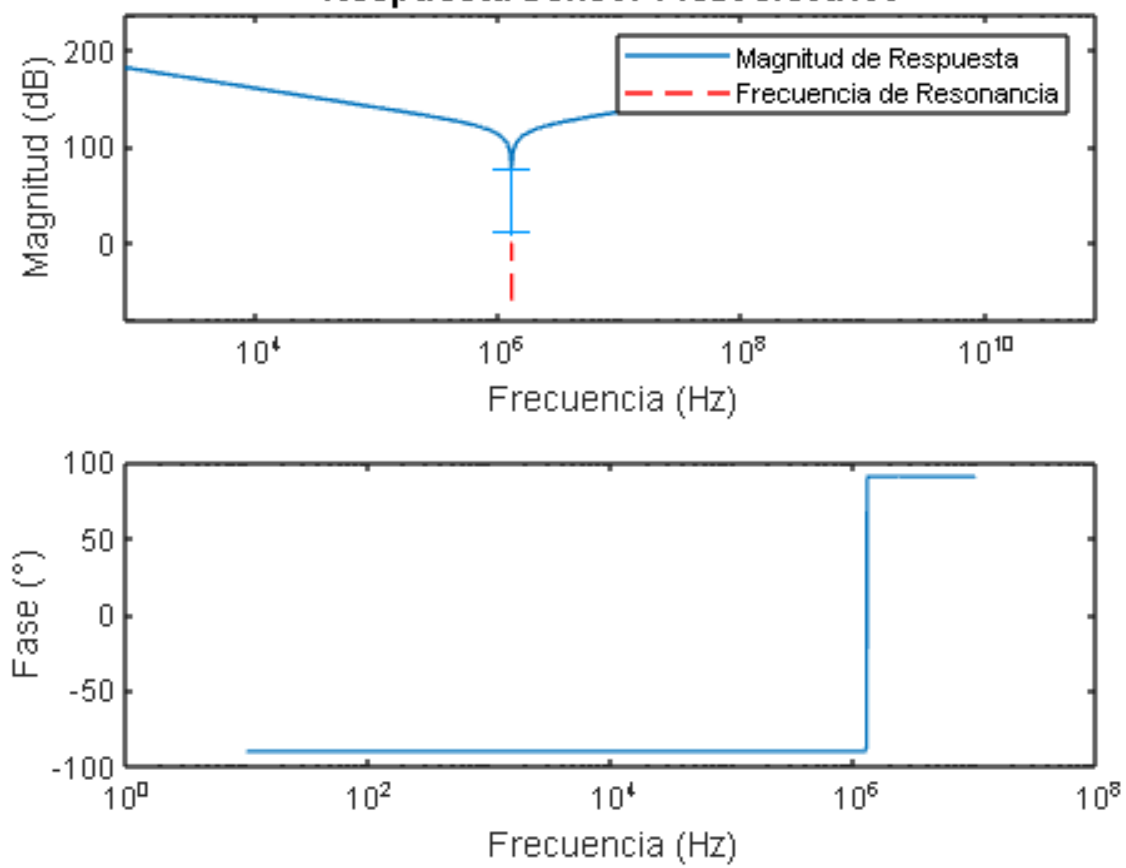
Siendo esta última la ecuación por la que podemos definir los valores que tome el sensor según el ángulo de fase dado. Por ejemplo, El ángulo de fase a 10 kHz es: -89.05 grados

Frecuencia de resonancia:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi * \sqrt{L * C_p}}$$

$$F_0 = \frac{1}{2\pi * \sqrt{100e^{-3}H * 0.16e^{-12}F}} \approx 178.9kHz$$

### Respuesta Sensor Piezoeléctrico



2. Se tiene un sensor de aceleración piezoeléctrico dinámico (buscar referencias comerciales y extraer: sensibilidad, capacidad, rango de frecuencias), el cable de medida tiene una capacidad de 100pF/m y una longitud de 30cm. Si el amplificador se constituye de solo una etapa con un único sistema operacional y tiene una capacidad de entrada de 12pF, una resistencia de entrada de 1000MΩ y una ganancia 2000. Determine la salida del amplificador cuando el sensor está sometido a una aceleración de  $0.4\sin(1000t)$  m/s<sup>2</sup>. Realice las gráficas de caracterización y salida en Matlab

Solución:

Para el ejercicio planteado se tomó el sensor Honeywell 142AX las cuales según el datasheet cuenta con las siguientes características: Sensibilidad de 5 mV/g, capacidad de 5 pF, rango de frecuencias de 0.5 Hz a 10 kHz, para poder determinar la salida del amplificador se debe calcular primero la carga capacitiva del circuito esto comprende de  $C_t = C_s + C_c + C_a$ ,  $C_t$ : carga capacitiva total,  $C_s$ :carga capacitiva del sensor,  $C_c$ :carga capacitiva del cable,  $C_a$ :carga capacitiva entrada del amplificador.

Al reemplazar por los valores tenemos que:  $C_t = 5 \text{ pF} + (100\text{pF/m} \cdot 0,3\text{m}) + 12\text{pF} = 47\text{pF}$ , el resultado del cálculo anterior se implementa para hallar la impedancia de entrada del circuito la cual tiene la siguiente ecuación:  $Z_{in} = R_{in} + j / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_t)$  al reemplazar valores queda:  $Z_{in} = 1000 \text{ M}\Omega + j / (2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 47\text{pF}) \rightarrow 1000 \text{ M}\Omega + j 3.65 \text{ M}\Omega$ , con los datos dados en el ejercicio se tiene que:

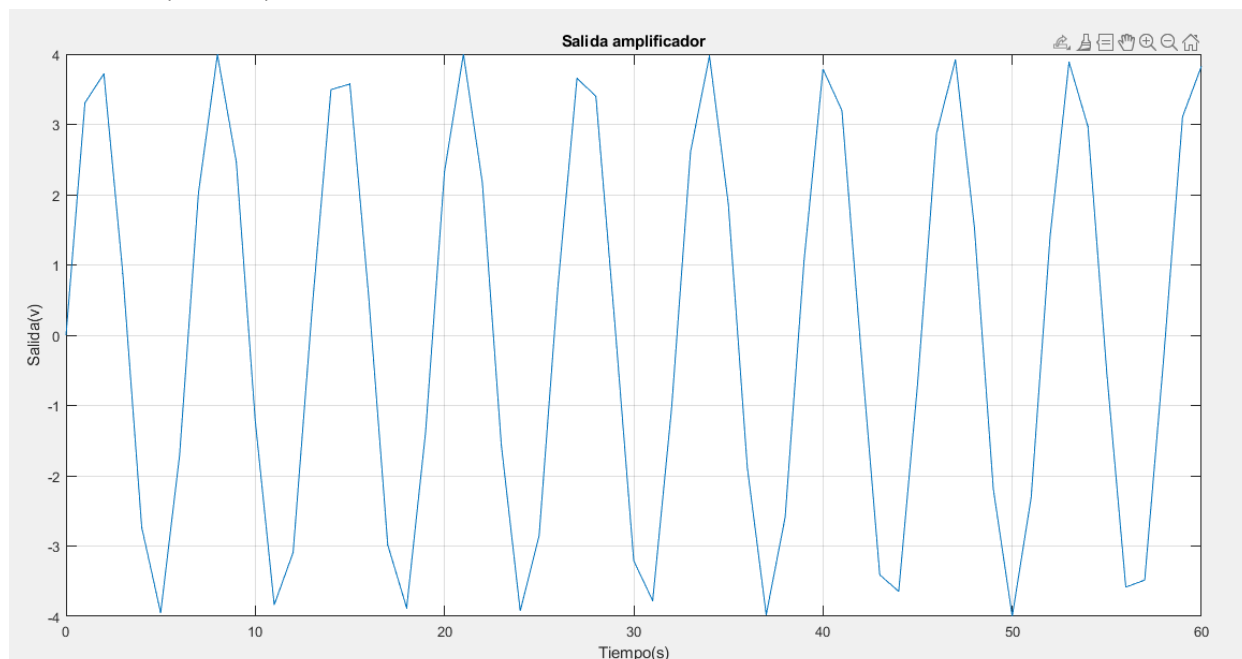
$$V_{out} = A \cdot V_{in}$$

$$V_{in} = 0.4 \cdot \sin(1000 \cdot t) \cdot 5 \text{ mV/g}$$

$$V_{in} = 2 \cdot \sin(1000 \cdot t) \text{ mV}$$

$$V_{out} = 2000 \cdot V_{in}$$

$$V_{out} = 4 \cdot \sin(1000 \cdot t) \text{ V}$$



Referencias Datasheet

<https://static.chipdip.ru/lib/165/DOC001165559.pdf> (SS49E)



<https://www.transcat.ca/media/pdf/Endevco-2221F-PE-Accelerometer-Data-Sheet.pdf> (Honeywell  
142AX)

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/328019/EPCOS/B57236S0509M000.html> (NTC)