



**Universidad
Autónoma de
Guadalajara**

Electromiógrafo (EMG).

Maestro: PhD. Edgar Omar Lara Alemán

Ismael Mendoza García - 4570543

Diciembre - 2020

Ing. Electrónica biomédica

Índice

Introducción	1
Justificación.....	1
Objetivo	2
Alcance.....	2
Marco teórico	3
Unidades EMG y composición.....	4
Unidad motora (UM).....	4
Fibras musculares.....	4
Dendrita de la UM.....	5
Axón de la UM.....	5
Desarrollo de la propuesta (Metodología).	6
Datos	6
Diagrama de bloques.....	6
Etapa 1 Preamplificación y eliminación de ruido.....	7
Etapa 2 Filtro pasa-banda.....	7
Etapa 3 Filtro Notch rechaza-banda	8
Etapa 4 Amplificación.....	8
Etapa 5 Rectificación	9
Imagen del circuito en protoboard.....	9
Diagrama del circuito	10
Simulación y resultados virtuales.	11
Simulación etapa 1	11
Simulación etapa 2.....	11
Simulación etapa 3	11
Simulación etapa 4.....	12
Simulación etapa 5	12
Simulaciones del circuito reales	13
Filtro Pasa - Banda.....	13
Filtro Notch.....	14
Amplificador	15
Rectificador.....	16
Material empleado y costos	17
Conclusión.....	18
Referencias bibliográficas	19

Introducción

La electromiografía es un examen muy utilizado en la ciencia médica para conocer la salud del sistema neuromotor, entre otros tantos usos que puede tener esta para el desarrollo de proyectos biomédicos.

La captación de las señales eléctricas producidas por los músculos durante una contracción muscular se conoce como electromiografía. Estas señales son generadas por el intercambio de iones a través de las membranas de las fibras musculares debido a una contracción muscular.

Lo que la gente considera normalmente un músculo (por ejemplo, el bíceps de los brazos) consta de miles de células individuales, envueltas en tejido conectivo. Como las células musculares tienen una forma elongada, con frecuencia se llaman fibras. Las fibras musculares están dispuestas en haces llamados fascículos, que se encuentran envueltos en tejido conectivo.

La electromiografía (EMG) consiste básicamente en la adquisición, registro y análisis de la actividad eléctrica generada en nervios y músculos a través de la utilización de electrodos (superficiales, de aguja, implantados). Las mediciones extraídas de EMG proporcionan una información valiosa acerca de la fisiología y los patrones de activación muscular.

Justificación

Todo lo que nos rodea lo percibimos a través de los Cinco Sentidos, siendo ellos el Tacto, la Vista, el Olfato, el Gusto y el Oído, pero cada uno de ellos está controlado no solo por los Órganos Sensoriales, sino su conexión de estos al Sistema Nervioso, y a su vez éste está conectado a nuestro Cerebro, que se encarga de analizar los Datos que éste le envía y nos brinda una Información de nuestro entorno.

Tal como si fuera un Circuito Eléctrico o bien un medio de comunicación entre el cual se envían distintos mensajes de distintas partes de nuestro organismo, la presencia del Sistema Nervioso es esencial para nuestro organismo, permitiendo no solo la Percepción, sino también actuando como control, coordinación y funcionamiento de nuestros Órganos Vitales, funcionando en este caso de forma automática.

Nuestro proyecto se enfoca en analizar, una pequeña parte de este vasto circuito del cual estamos formados, utilizando conocimientos adquiridos durante este curso. Cumpliendo así un paso más hacia nuestro campo laboral.

La función del EMG como aparato de equipo médico puede ser vital para el análisis y diagnóstico de una persona que puede llegar a presentar inconveniencias con su capacidad de moverse, ya sea cualquiera de sus extremidades, y con la elaboración del EMG se puede

corroborar el buen funcionamiento de la conexión de nervios en el cuerpo de una forma no invasiva e indolora.

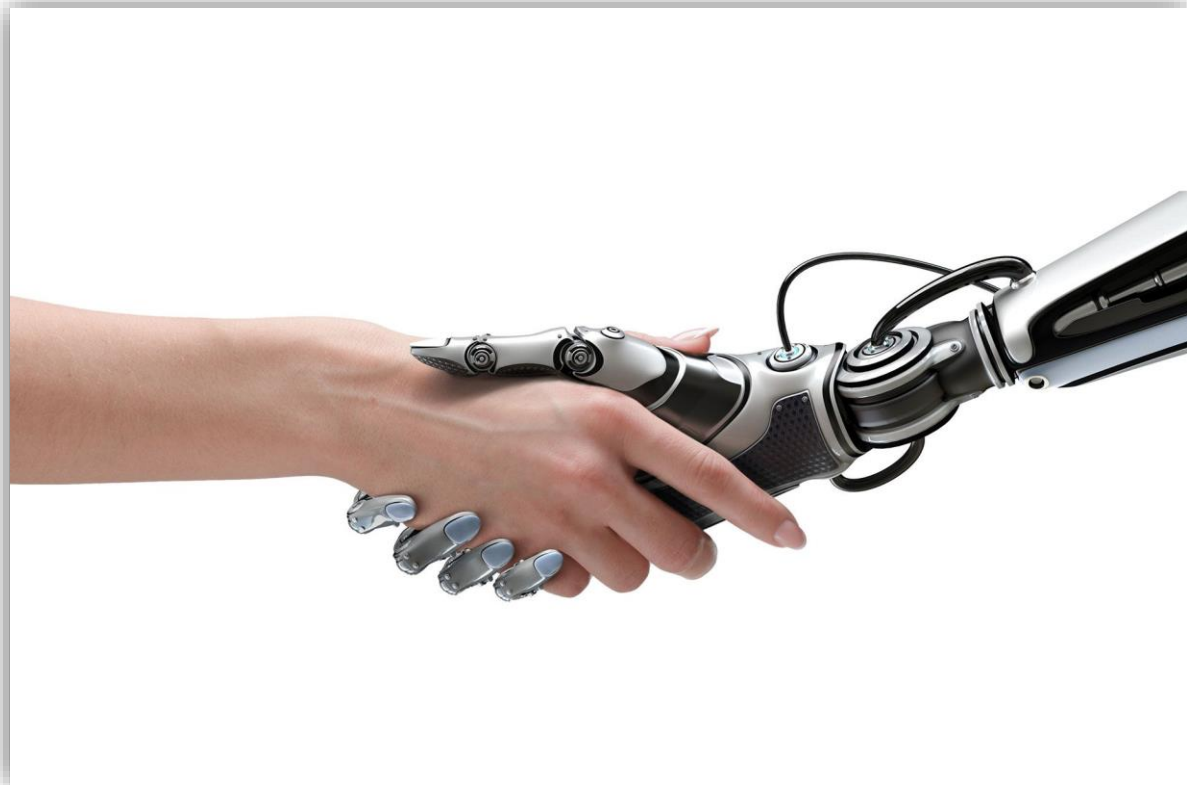
Objetivo

Desarrollar un EMG que permita una amplificación más allá de una interpretación de la señal obtenida de una persona, creando así una futura implementación de esta señal en una prótesis de brazo con la función de flexión y extensión.

Alcance

Realizar este proyecto es solo la base en la curva de aprendizaje para avanzar a prótesis robóticas manejadas mediante electromiografía, conforme al avance del proyecto podremos hacer más exacta la filtración de las señales biológicas para poder manejar servomotores con precisión en dichas prótesis.

Ya si no es en prótesis una segunda opción sería en la ayuda del ser humano creando brazos robóticos que eliminen el desequilibrio del pulso muscular teniendo así más precisión, ya si no es para cirugía, para controlar maquinas en la industria con el simple movimiento de una mano.



Marco teórico

La electromiografía (EMG) es un procedimiento de diagnóstico que se utiliza para evaluar la salud de los músculos y las células nerviosas que los controlan (neuronas motoras). Los resultados de la electromiografía pueden revelar una disfunción nerviosa, una disfunción muscular o problemas con la transmisión de señales de nervios a músculos.

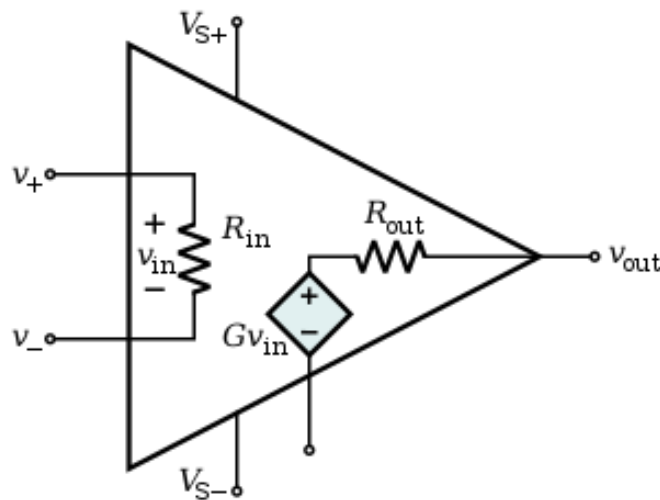
Las neuronas motoras transmiten señales eléctricas que hacen que los músculos se contraigan. En la electromiografía se utilizan dispositivos diminutos denominados electrodos para traducir estas señales en gráficos, sonidos o valores numéricos que después interpreta un especialista.

Durante una electromiografía con aguja, un electrodo de aguja que se introduce directamente en un músculo registra la actividad eléctrica en ese músculo.

En un estudio de conducción nerviosa, otra parte de la electromiografía, se utilizan los electrodos adheridos a la piel (electrodos de superficie) para medir la velocidad y la intensidad de las señales que se desplazan entre dos o más puntos.

Los amplificadores operacionales son, dispositivos compactos activos y lineales de alta ganancia, diseñados para proporcionar la función de transferencia deseada. Un amplificador operacional (A.O.) está compuesto por un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida, como se describe más adelante. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia): $V_{out} = G \cdot (V_+ - V_-)$.

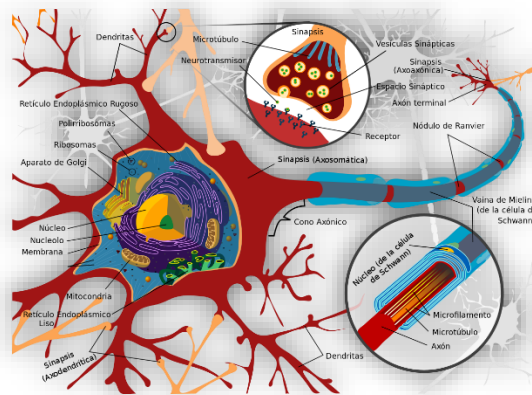
Estos dispositivos se caracterizan por ser contruidos en sus componentes más genéricos, dispuestos de modo que en cada momento se puede acceder a los puntos digamos «vitales» en donde se conectan los componentes externos cuya función es la de permitir al usuario modificar la respuesta y transferencia del dispositivo.



Unidades EMG y composición

Unidad motora (UM)

La unidad de control funcional y estructural del músculo esquelético es la unidad motora. Corresponde a un sistema formado por una neurona motora y las fibras musculares que ella inerva. En los diferentes músculos el número de unidades motoras varía según las características funcionales del músculo.



Fibras musculares

La fibra muscular es la célula del tejido muscular. Los músculos están formados por la unión de estas células que constituyen unidades contráctiles cuya función es brindarle su capacidad de movimiento.

Las fibras musculares se dividen en 3 tipos: Lentas o rojas, intermedias y rápidas o blancas. También se les denomina tipo I, tipo IIA y tipo IIB respectivamente.

Los músculos están formados en su composición por esa variedad de tipos de fibras. Pero en proporción a la utilidad del músculo. Por ejemplo, los músculos posturales presentan mayor cantidad de fibras de contracción lenta, mientras que los músculos de fuerza y velocidad tienen más fibras de contracción rápida.

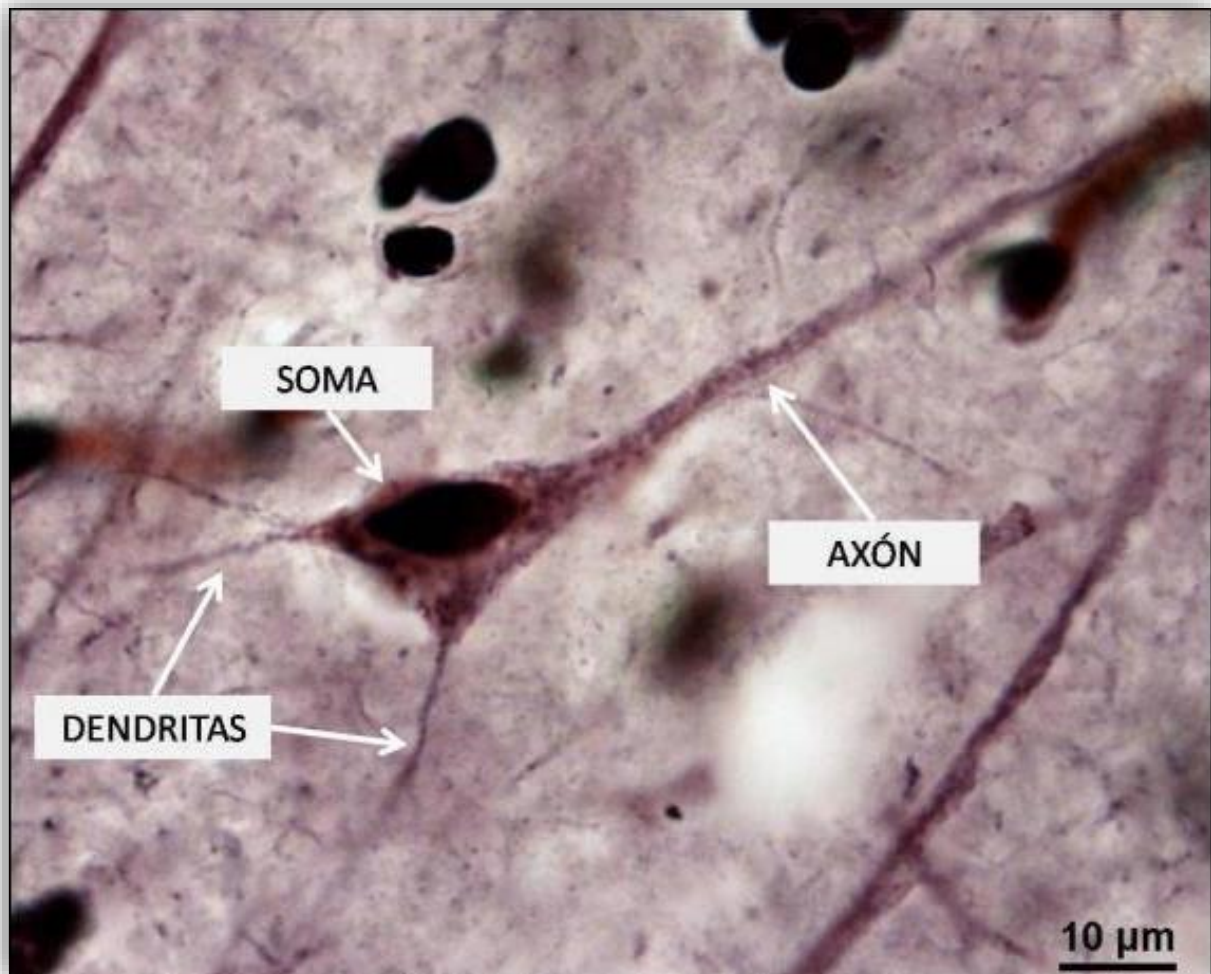


Dendrita de la UM

Esta unida al cuerno ventral o anterior de la espina dorsal y es la unión que tiene la UM al cuerno.

Axón de la UM

La motoneurona se ramifica a las fibras musculares por medio de su axón o cuerpo de la sinapsis quien permite el envío de señales eléctricas a los músculos. Cuando se llega a conectar o unir a las fibras individuales, se llega a tomar el término de inervación.

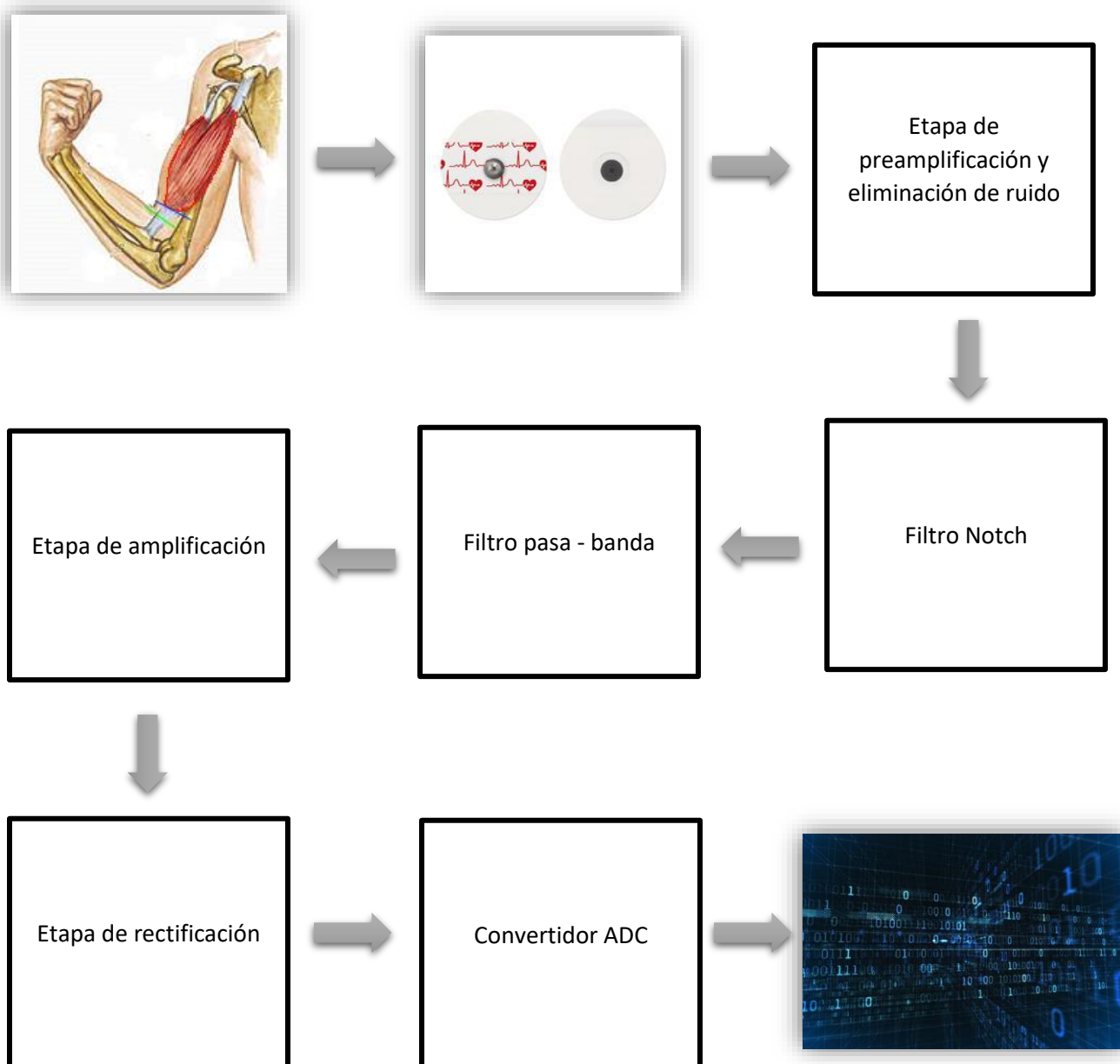


Desarrollo de la propuesta (Metodología).

Datos

- Las señales producidas por el musculo varían en frecuencias desde los 20Hz hasta aproximadamente 300Hz
- El voltaje promedio en contracción de un musculo varia de entre los 60 μ V hasta los 130 μ V
- Para el circuito emplearemos capacitores de 1 μ f

Diagrama de bloques



Etapa 1 Preamplificación y eliminación de ruido

Para la eliminación de ruido utilizaremos un OpAmp de instrumentación INA114 como el que se muestra en la imagen 3 del cual obtendremos una preamplificación de 455.54 veces el voltaje de entrada.

Desarrollo matemático:

$$455.54 = 1 + \frac{50K\Omega}{RG}$$

$$RG = \frac{50K\Omega}{455.54 - 1}$$

$$RG = 110\Omega$$

Resistencia comercial más cercana =
 $220 \parallel 220 = 110\Omega$

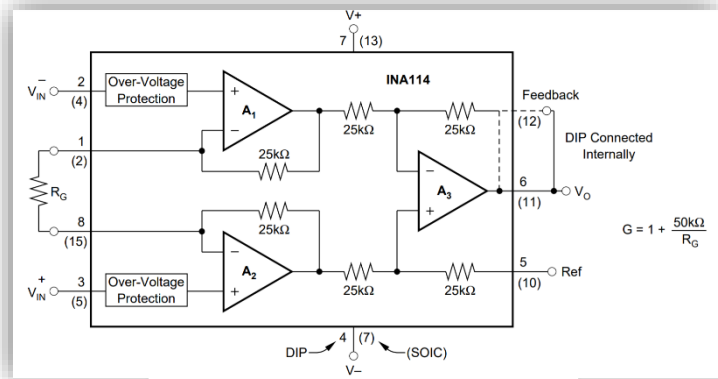


Imagen 1

Etapa 2 Filtro pasa-banda

Para obtener la señal de contracción del musculo aislaremos las frecuencias que van desde los 20Hz hasta los 300Hz con pasa-banda de primer orden en el que emplearemos amplificadores AD620.

Calculo filtro pasa – bajas

$$W_c = 600\pi \frac{rad}{s}$$

$$RL = \frac{1}{600\pi * 1\mu} = 530.51\Omega$$

Resistencia comercial más cercana = 470Ω

Frecuencia de corte ajustada = 312.06Hz

Calculo filtro pasa – altas

$$W_c = 40\pi \frac{rad}{s}$$

$$RH = \frac{1}{40\pi * 1\mu} = 7.95K\Omega$$

Resistencia comercial más cercana = 8.2KΩ

Frecuencia de corte ajustada = 19.40Hz

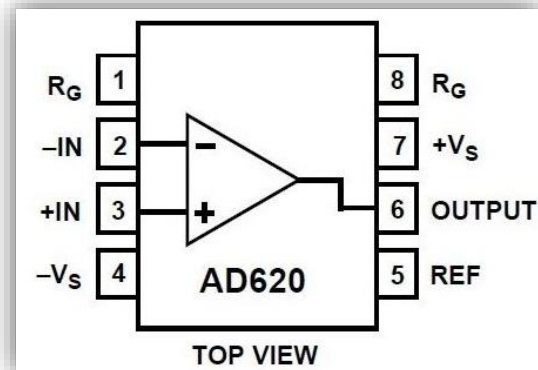


Imagen 2

Etapa 3 Filtro Notch rechaza-banda

En esta etapa utilizaremos un filtro Notch para eliminar aún más el ruido, utilizando un rechaza banda en las frecuencias de ruido que son de 60Hz (Para eliminar el ruido causado por equipo electrónico conectado a un tomacorriente), permitiendo pasar de forma más limpia la señal de los 20Hz a los 300Hz que son los considerados para el Electromiógrafo.

$$W_0 = 120\pi$$

$$R = \frac{1}{1\mu * 120\pi} = 2.65K\Omega$$

$$Q = \frac{60Hz}{1} = 60$$

$$K = \frac{\left[\left(\frac{1}{60}\right) - 4\right]}{2} = 2$$

Considerando $R_B = 1K$

$$R_A = \frac{1k}{0.99} = 1.01K\Omega$$

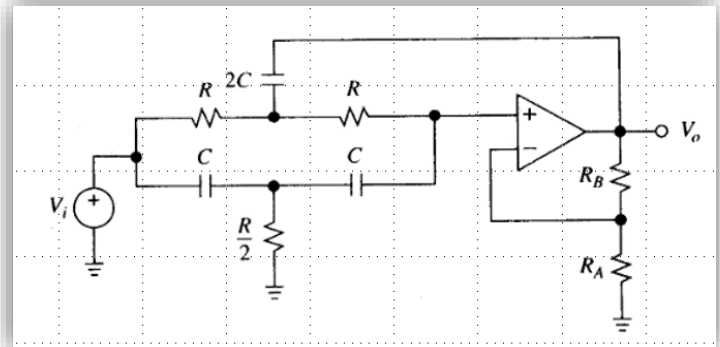


Imagen 3

Etapa 4 Amplificación

Para esta última etapa que sería la de amplificación utilizaremos un Amplificador inversor, con una ganancia de $G = 39$

$$R_i = 1K\Omega$$

$$R_f = 39K\Omega$$

Resistencia de corrección

$$R_i || R_f = 976.9 = 1K\Omega \text{ (Resistencia comercial más cercana)}$$

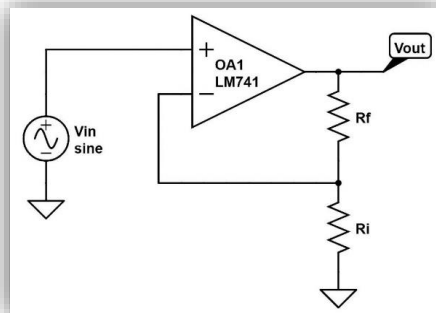


Imagen 4

Etapa 5 Rectificación

Para la etapa de rectificación, usaremos una configuración de rectificador de precisión de media onda como el mostrado en la imagen 6 empleando un diodo 1N4148.

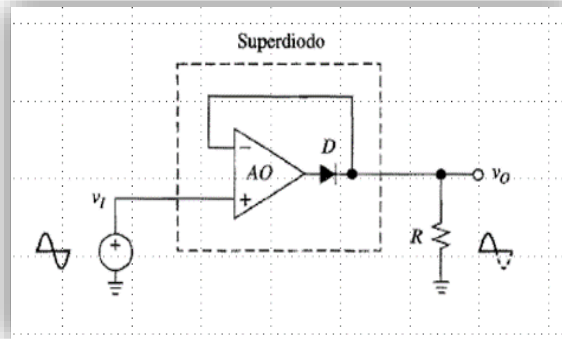


Imagen 5

Ganancia total del circuito $G = 1003.356$

Imagen del circuito en protoboard

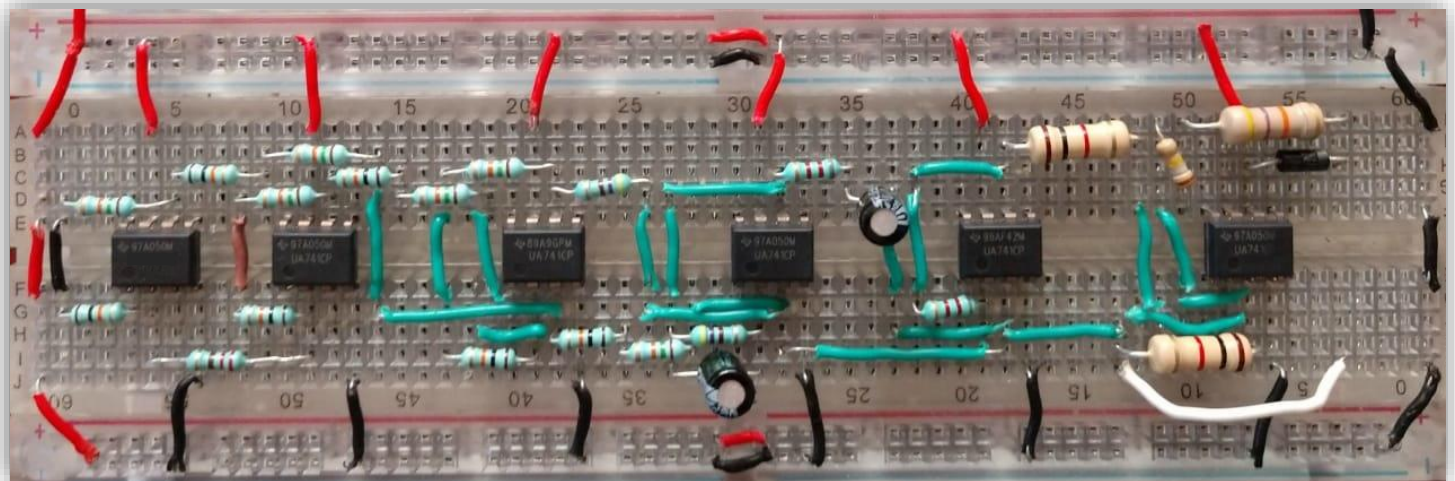


Diagrama del circuito

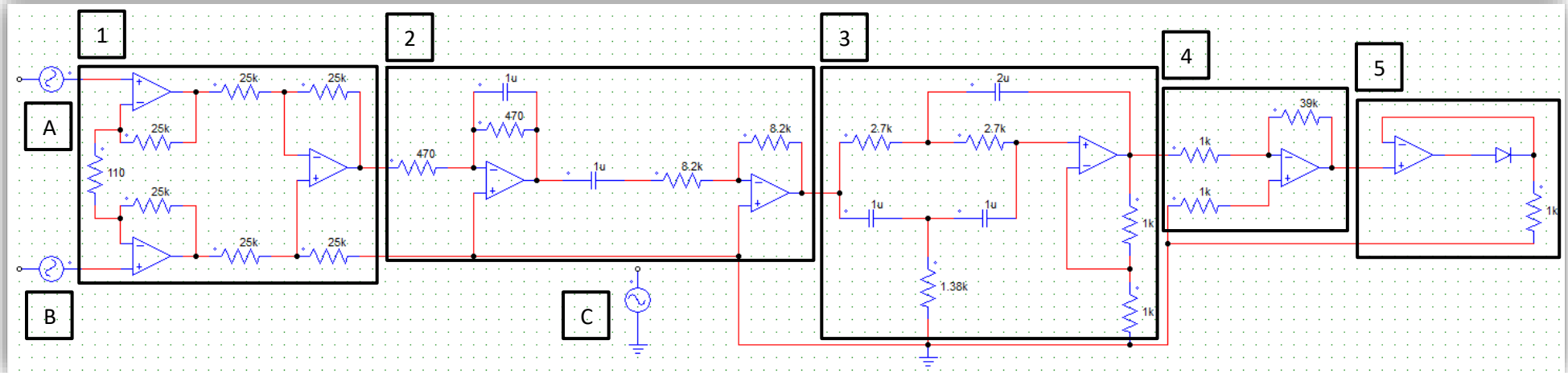


Imagen 6

Etapa 1 Preamplificación y eliminación de ruido

Etapa 2 Filtro Pasa - Banda

Etapa 3 Filtro Notch Rechaza – banda (Eliminación de ruido eléctrico)

Etapa 4 Amplificador

Etapa 5 Rectificador de precisión (Señal de salida)

Electrodos A y B (Electrodos conectados al musculo)

Electrodo C (Electrodo de referencia)

Simulación y resultados virtuales.

Simulación etapa 1

Señal de salida del amplificador de instrumentación.

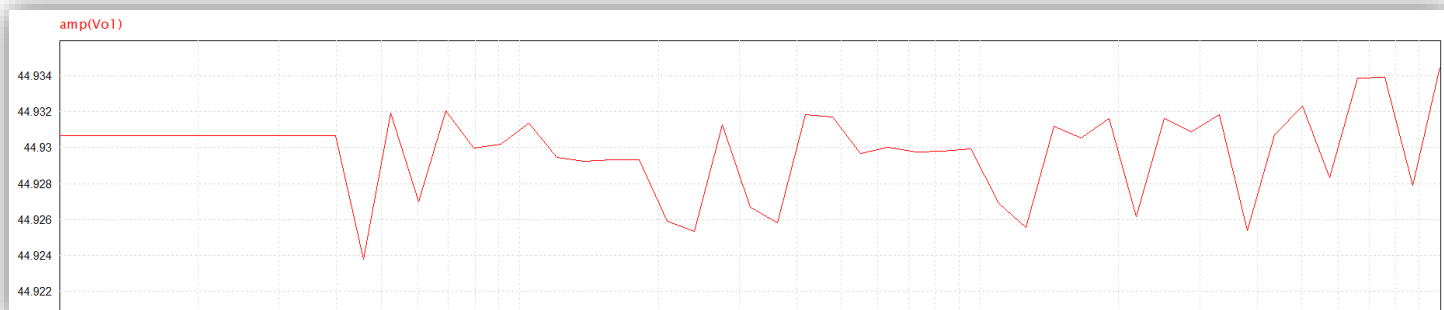


Imagen 8

Simulación etapa 2

Señal de salida del filtro Notch

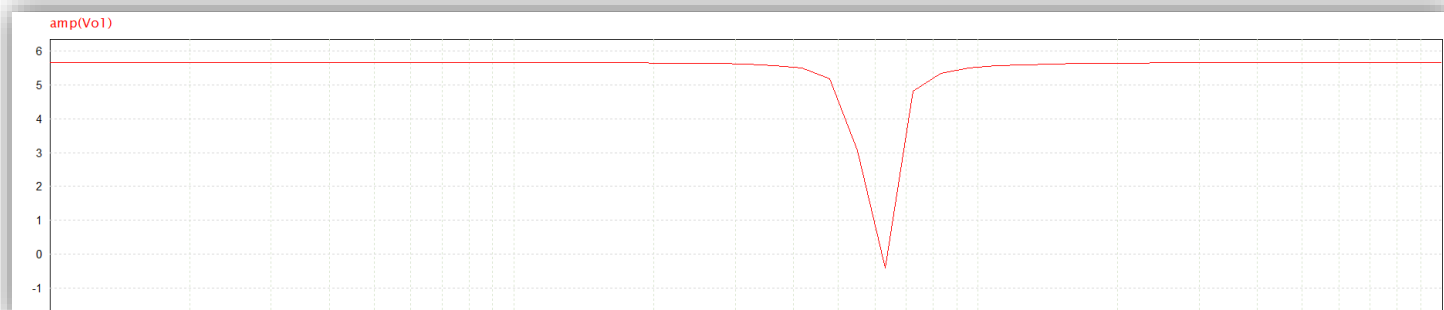


Imagen 9

Simulación etapa 3

Señal de salida del filtro pasa - banda



Imagen 10

Simulación etapa 4

Señal de salida Amplificador

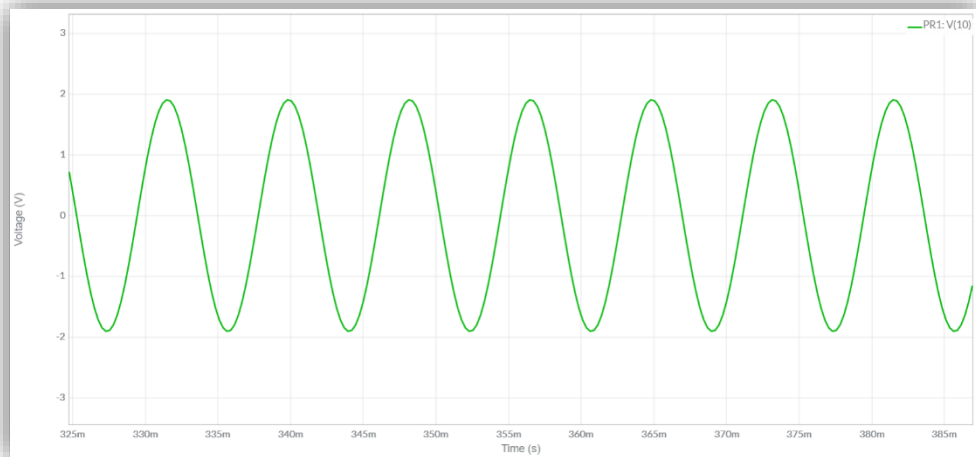


Imagen 11

Simulación etapa 5

Señal de salida del rectificador de precisión

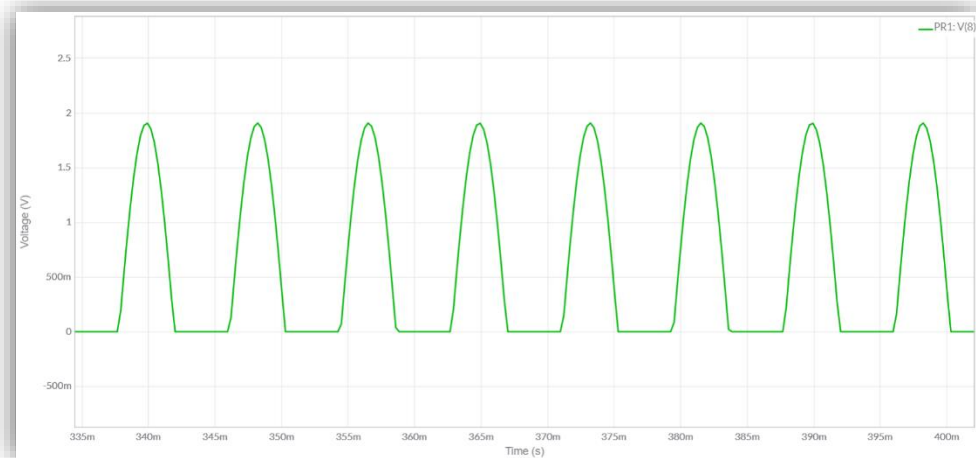


Imagen 12

Simulaciones del circuito reales

Las simulaciones se realizaron con un osciloscopio marca Tektronix

Filtro Pasa - Banda

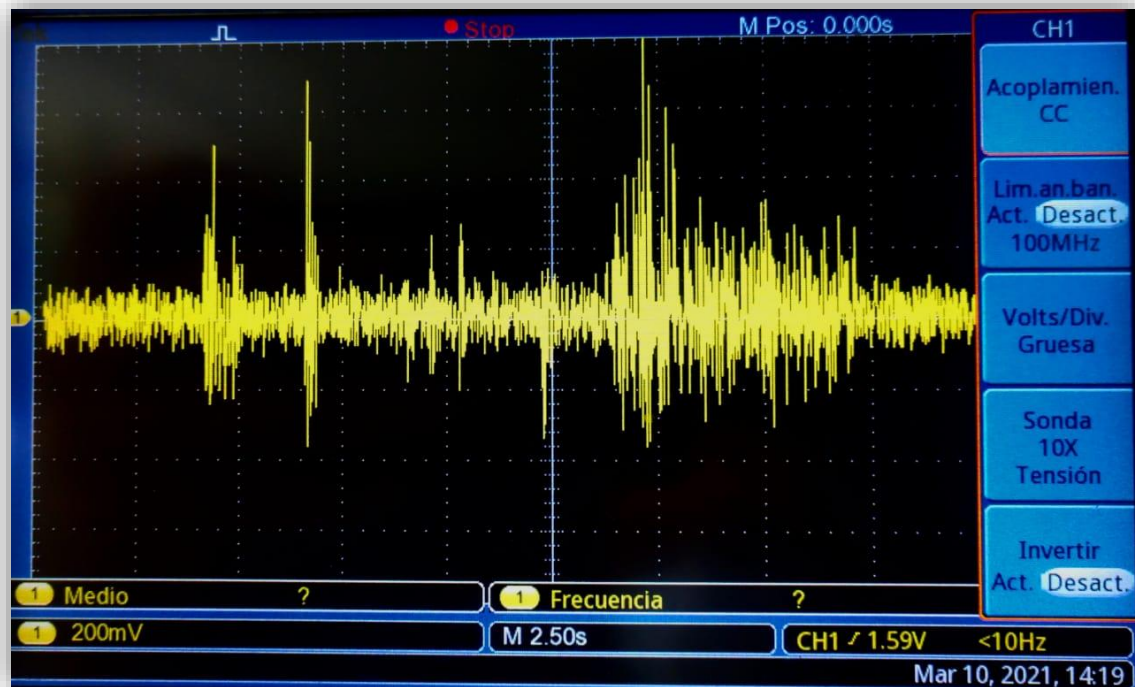


Imagen 13

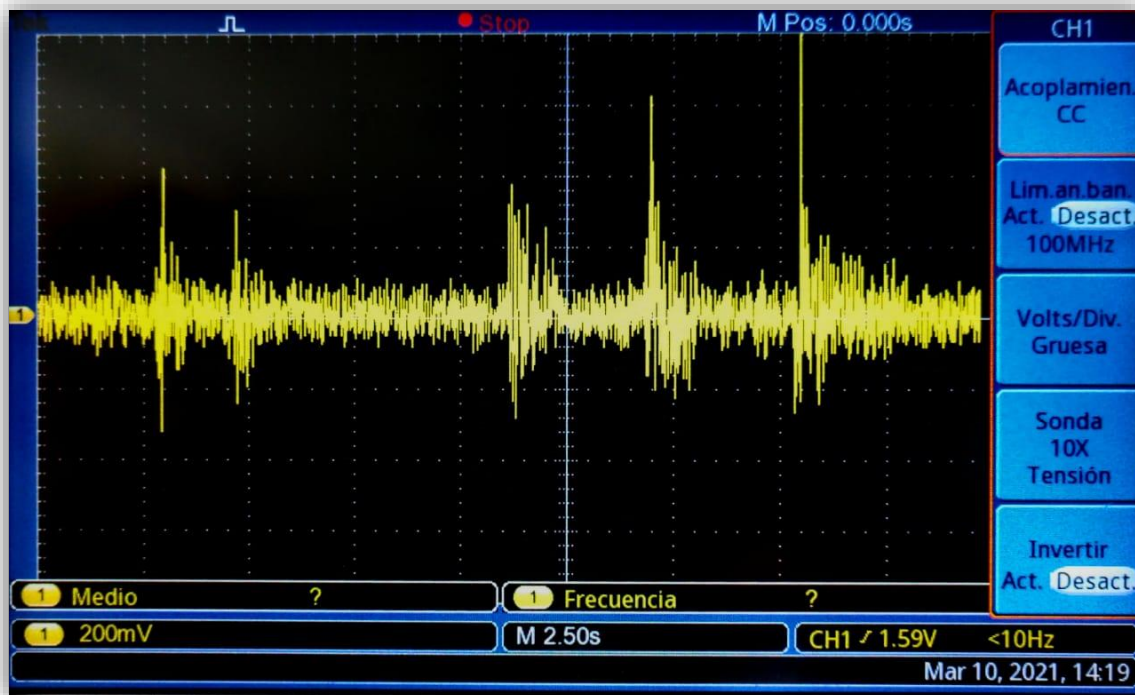


Imagen 14

Filtro Notch

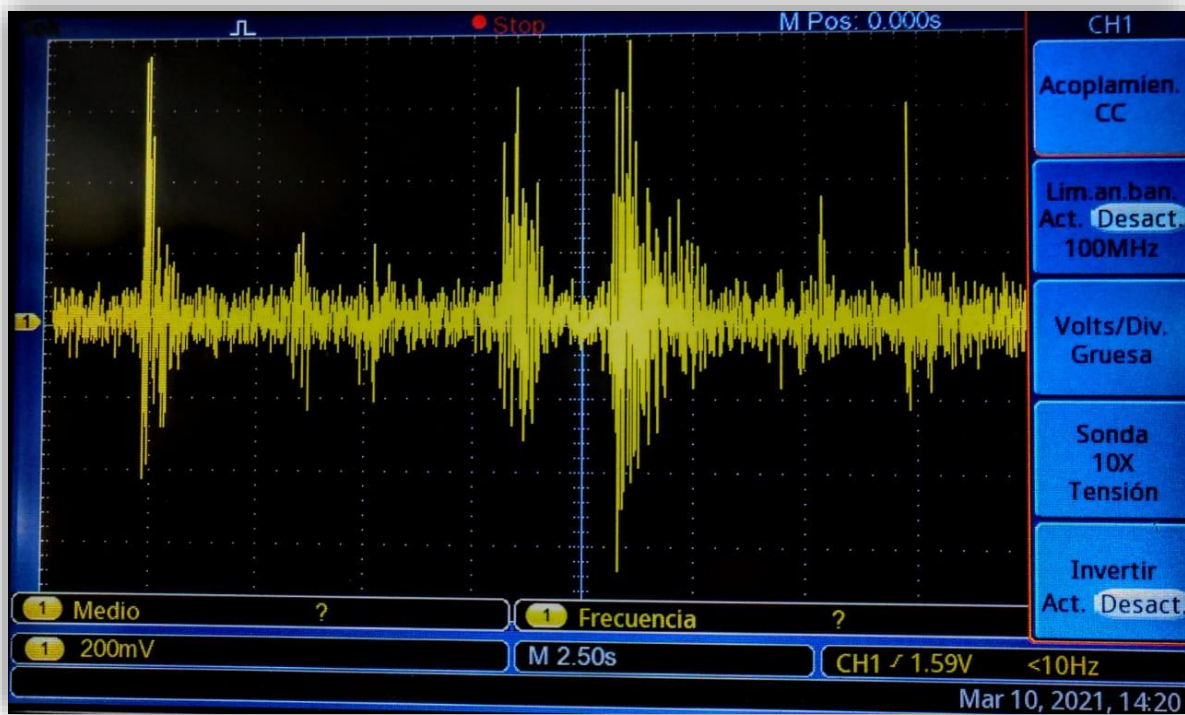


Imagen 15

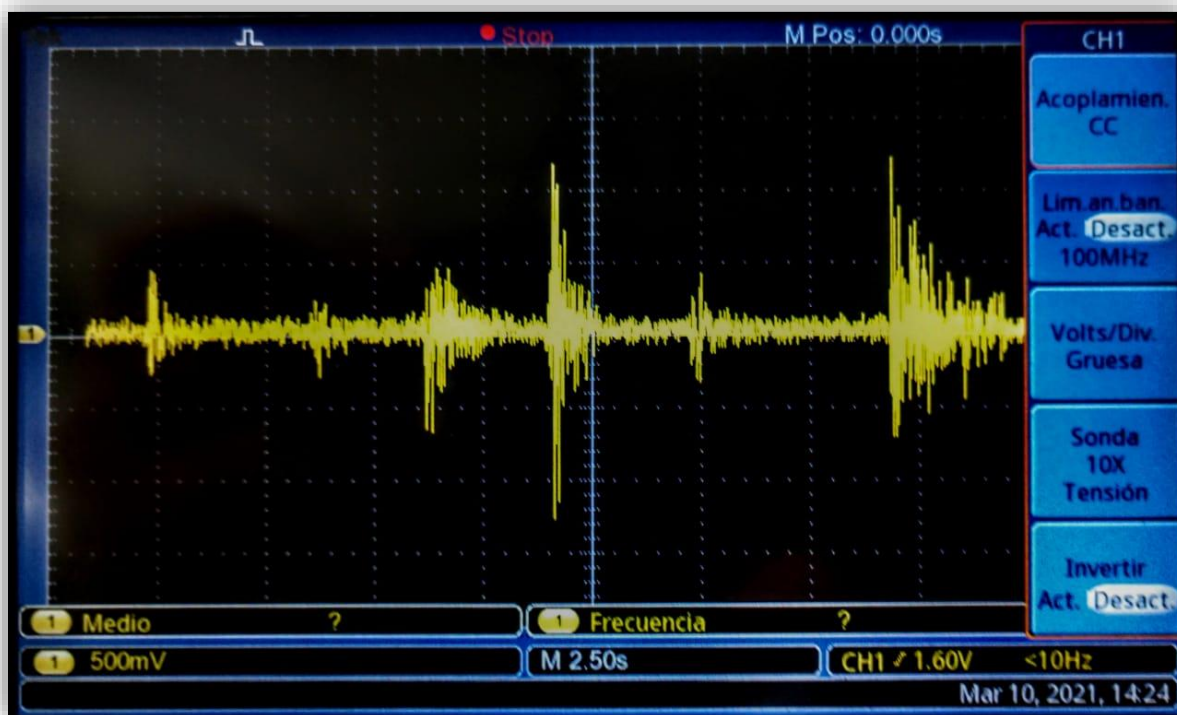


Imagen 16

Amplificador

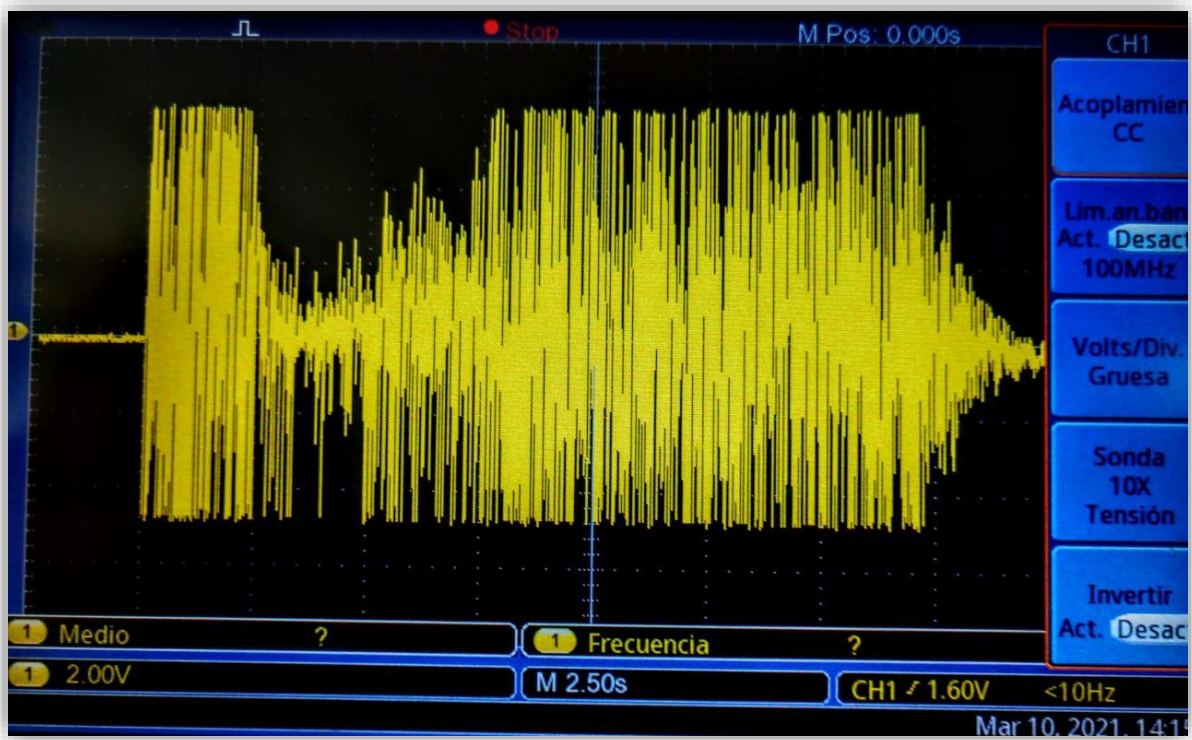


Imagen 17



Imagen 18

Rectificador

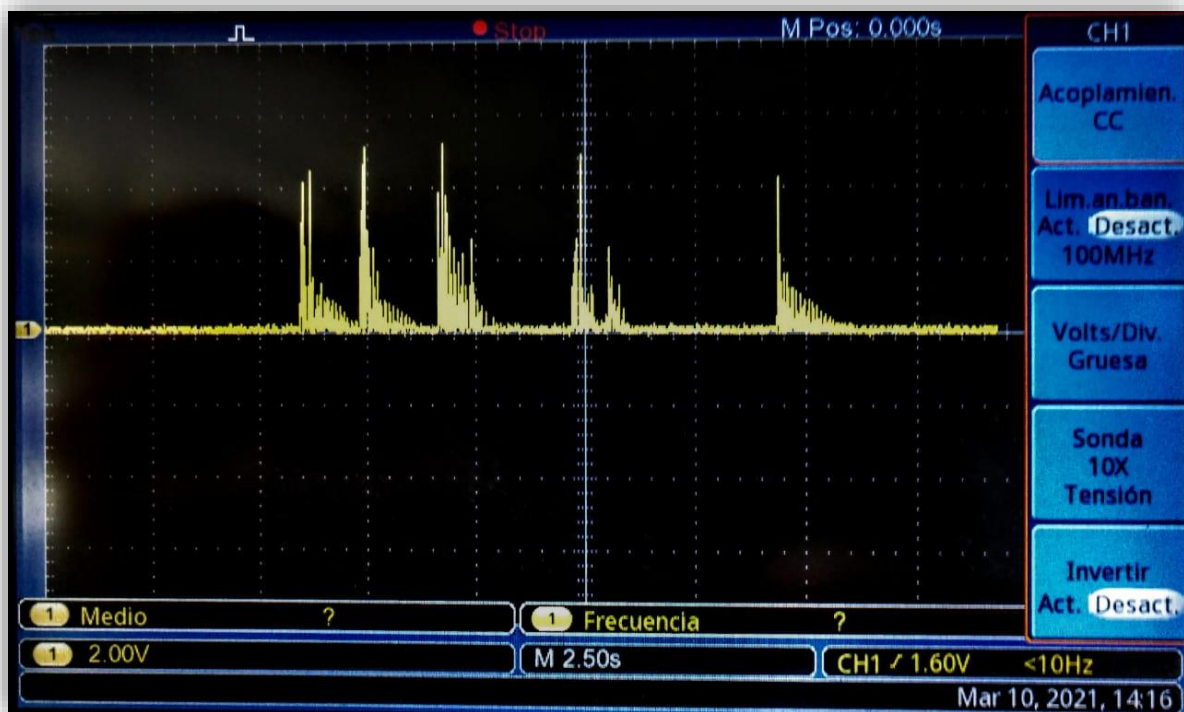


Imagen 19

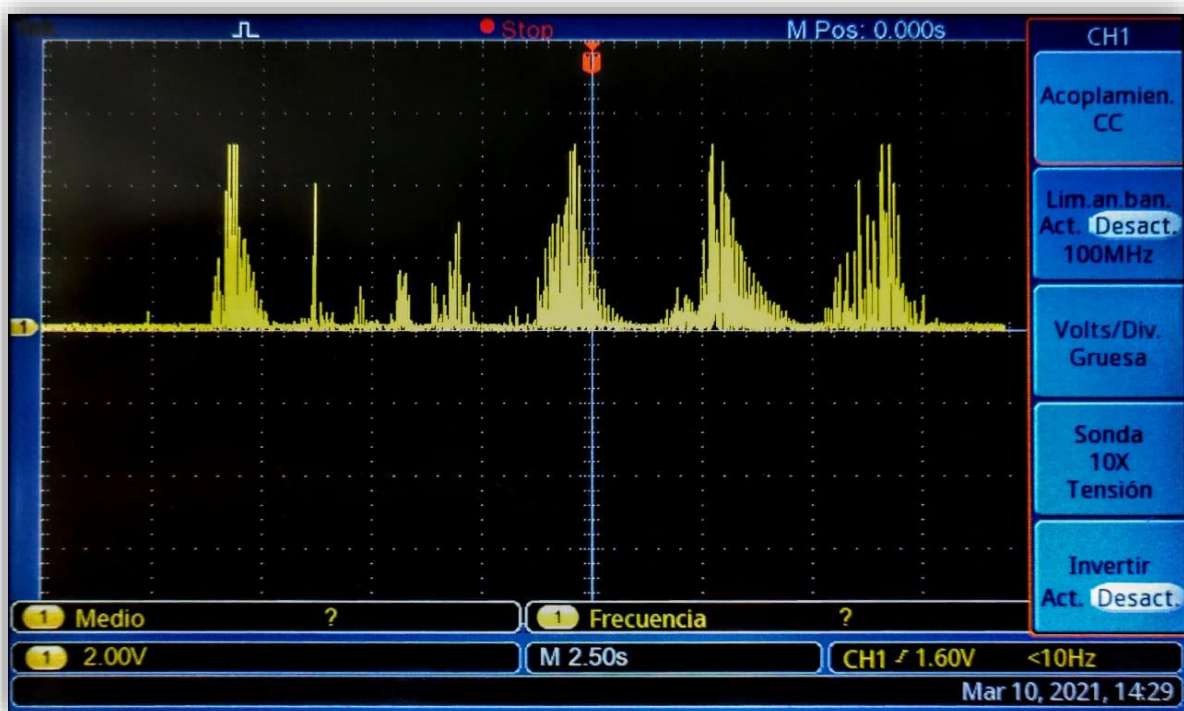


Imagen 20

Material empleado y costos

- Resistencias varias
 - 2 - $8.2K\Omega$
 - 2 - 470Ω
 - 5 - $1K\Omega$
 - 2 - 220Ω
 - 1 - $39K\Omega$
 - 1 - 820Ω
 - 2 - $2.7K\Omega$
 - 1 - 560Ω
 - Total aprox. = \$35.00
- OpAmp
 - 1 - INA114
 - 5 - UA741
 - Total aprox. = \$175.00
- Diodo
 - 1 - 1N4148
 - Total aprox. = \$2.00
- Alimentación
 - 8 - baterías AA
 - Total aprox. = \$87.00
- Capacitores
 - 6 - $1\mu f$
 - Total aprox. = \$24.00
- Electrodo
 - 12 - Bio Protech
 - Total aprox. = \$39.00
- Total aproximado del proyecto = \$362.00

Conclusión.

Ismael Mendoza García

El proyecto trajo algunas complicaciones desde el inicio puesto que muchas de las configuraciones pese a funcionar perfectamente de forma simulada, al pasar ya estos circuitos calculados a la práctica real su función generalmente no era la esperada, la filtración de ruido es algo complicada puesto que siempre se obtienen respuestas muy turbulentas, el proyecto tiene mucho futuro visto desde mi perspectiva, quizá para ahora ya haya muchas prótesis robóticas en el mercado, pero al estar comenzando en este camino es posible que podamos ver algo que los demás aun no vean y podamos innovar un día, como saberlo, lo principal al momento seria filtrar las señales musculares aún más y buscar motores cada vez más pequeños, precisos y fuertes, después lo ideal sería buscar la forma más eficiente de la cual alimentar el proyecto y paso a paso crear una prótesis que valga la pena y sea de utilidad en las personas que lo requieren, regresándoles la autonomía, ¿Y porque no? Quizá hasta ayudándoles a ser mejores de lo que eran antes.

Referencias bibliográficas

1. Flores Rivera, M. A., & Mojica Estrada, J. L. (6 de Octubre de 2020). *https://www.pardell.es/*. Obtenido de <https://www.pardell.es/electromiografo.html>
2. Andes, U. d. (s.f.). *Universidad de los Andes*. Obtenido de <https://www.uandes.cl/microscopico/tejido-nervioso/>
3. Digi-Key, E. d. (14 de 05 de 2020). *Digi-Key*. Obtenido de <https://www.digikey.com.mx/es/articles/analog-basics-part-2-delta-sigma-adcs-how-to-exploit-digital-capabilities>
4. Fisioonline. (12 de 2019). *Fisioonline*. Obtenido de <https://www.fisioterapia-online.com/glosario/dendrita-de-la-neurona>
5. Loza, D. (2005). *DALCAME grupo de investigación biomedica*. Obtenido de <http://www.dalcame.com/emg.html#.X8aEXWgzZPZ>
6. Ortiz, P. J. (29 de 08 de 2011). *Fisiologi*. Obtenido de https://www.fisiologoi.com/paginas/A_SENALES/01_ANA_SEN_INTRODUCCION.html
7. Services, D. o. (2 de 04 de 2020). *MedlinePlus*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/electromiografia-y-estudios-de-conduccion-nerviosa/>
8. Téllez, D. J. (02 de 2005). *OMCETPAC*. Obtenido de <http://www.postpoliomexico.org/NeuronaMusculoUnidadMotora/NeuronaMusculoUnidadMotora.html>
9. Villar, P. (10 de 08 de 2020). *ingmecafenix*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/servomotor/>