

INTEGRANTES:

- Kevin joel Ledesma
D.N.I: 45.81.085 Email: Kevinledesma770@gmail.com
- Lautaro Horn
- Federico Nicolas Tapia
- Gabriel Jurado
- Santiago Espandrio

Docentes:

- MEDINA, Sergio
- BIANCO, Carlos
- ALEGRE, Marcos

Indice:

1. Objetivo e introducción
 - 1.1. introducción
 - 1.2. objetivo
2. conceptos médicos
 - 2.1. contracción muscular
 - 2.2. potencial de acción
 - 2.3. Electromiograma
3. Etapas EMG
 - 3.1. Amplificación Diferencial
 - 3.2. Filtrado de la señal
 - 3.2.1 Filtro pasa altos
 - 3.2.2 Filtro rechaza banda
 - 3.2.3 Filtro paso bajo
 - 3.3. Segunda amplificación
 - 3.4. Rectificador de onda completa
 - 3.5. Integrador
 - 3.6. Detector de envolvente
 - 3.7 Converso analógico-digital

4. Cálculos de las etapas EMG

4.1 Amplificador Diferencial

4.2 Filtro pasa altos

4.3 Filtro rechaza banda

4.4 Filtro pasa bajos

4.5 Segunda amplificación

4.6 Rectificador de onda completa

4.7 Integrador

4.8 Detector de envolvente

4.9 Conversor analógico-digital

1 Objetivo e introducción

1.1 Objetivo

El objetivo central de este proyecto es ofrecer una solución innovadora y significativa a las personas que padecen problemas de movilidad en las extremidades, un grupo que representa aproximadamente el 15% de la población mundial, es decir, alrededor de mil millones de personas. La meta es proporcionar una mejora sustancial en la calidad de vida de un segmento significativo de esta población, ofreciéndoles una mayor comodidad y bienestar en su vida diaria. Este proyecto pretende llenar un vacío en la vida de aquellos que antes carecían de un soporte para recuperar parte de su movilidad, mejorando así su autonomía y su capacidad para realizar tareas cotidianas.

1.2 Introducción

El presente proyecto tiene como propósito fundamental la implementación de un mecanismo diseñado para restaurar la función motora de la mano con la mayor naturalidad posible. Este logro será posible mediante la utilización de electrodos que captarán las señales nerviosas generadas en el brazo. Estas señales serán procesadas y amplificadas por un sistema electro muscular al que estarán conectados los electrodos.

Posteriormente, estas señales serán canalizadas hacia un microcontrolador, en este caso, una Raspberry Pi Pico. La elección de esta plataforma se basa en su incorporación de un convertidor analógico a digital (ADC) que optimiza el rendimiento y la precisión del sistema.

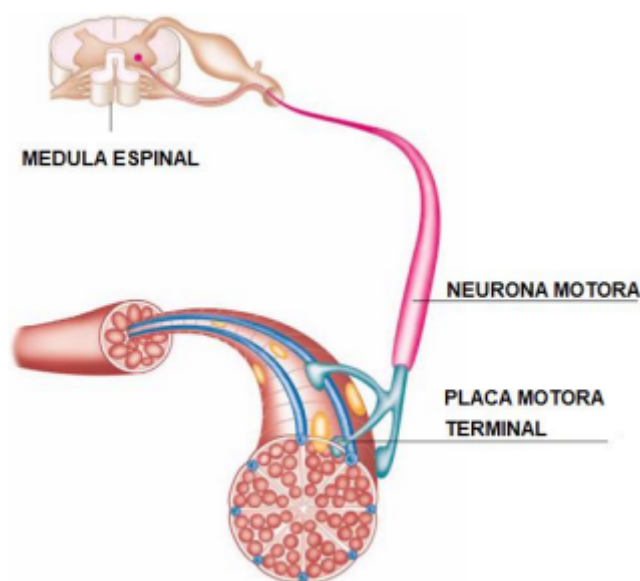
Una vez que la Raspberry Pi Pico haya convertido las señales, estas serán enviadas a los servomecanismos, los cuales desempeñarán un papel crucial en la manipulación de los dedos. El propósito final de este proyecto es restablecer la movilidad de la mano de manera que se asemeje lo más posible a una función normal.

2. Conceptos médicos

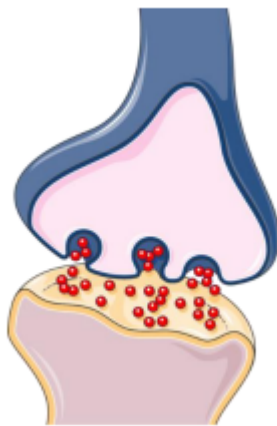
2.1 Contracción Muscular

Para la movilización del cuerpo se realiza una contracción y relajación de los músculos. A esto se denomina como “mecanismo de contracción muscular”. El cual se puede dividir en 3 fases:

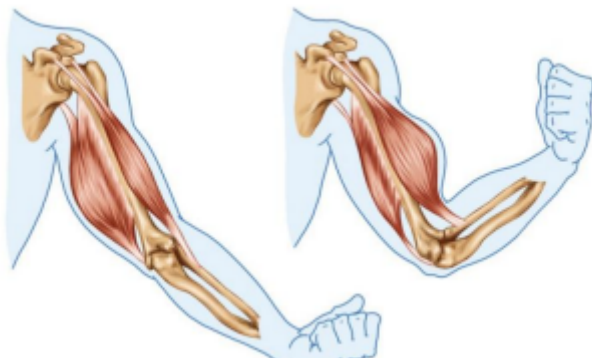
- La señal que genera un sistema nervioso se le denomina como “potencia de acción”, en el cual viaja en el sistema muscular a través de “neuronas motoras”, en palabras simples es un tipo de célula nerviosa. A la vez hay unas células nerviosas que se conectan con las neuronas motoras mediante uniones neuromusculares, en la cual cuando la señal llega a la unión muscular, la neurona motora libera un mensaje químico, el cual es un neurotransmisor llamado acetilcolina, la cual inicia una reacción química en el músculo



- Cuando el neurotransmisor es liberado se une a los receptores de la membrana muscular, esto produce un proceso molecular dividido en varias fases en la fibra muscular, en la cual las proteínas del musculo tienen la capacidad de reorganizarse entre si para acortarse o relajarse. Esto es debido a que cuando llega la acetilcolina a la membrana de las fibras musculares, se abren para la entrada de iones de sodio al citoplasma de la fibra muscular para liberar los iones de calcio almacenados lo que produce un cambio de las cadenas de proteínas logrando la contracción



- En la ultima etapa se detiene la estimulación de la neurona motora se interrumpe la reacción química revirtiendo la reacción y relajando el musculo

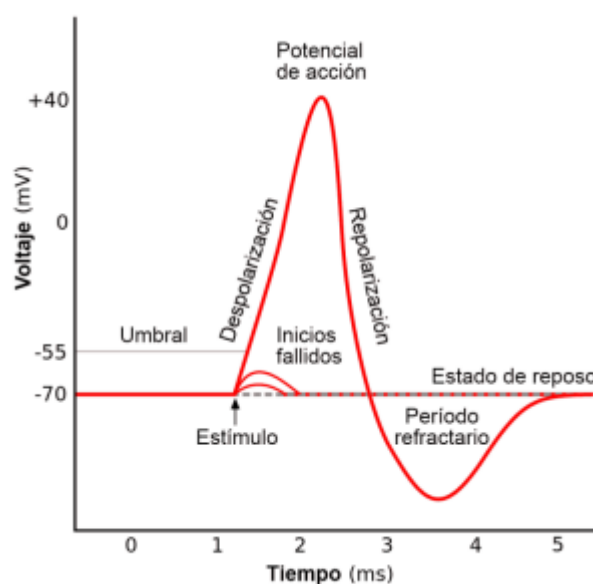


2.2 Potencial de acción

Se refiere como potencial de acción como una onda de descarga eléctrica que viaja a lo largo de la membrana celular que modifica a distribución de la carga eléctrica, en la cual el cuerpo lo utiliza para transportar información de un tejido a otro y en la cual las células del sistema nervioso son las que mas utilizan el uso de esta potencia eléctrica y que la utilizan para enviar mensajes entre la sinapsis a otros tejidos incluyendo los músculos.

La onda eléctrica se produce en el cono axónico y se transmite en toda la membrana celular hasta el final del axón y cuando esa onda eléctrica llega hasta el final del axón, produce la emisión de neurotransmisores hacia la membrana de la neurona postsináptica generando otro potencial de acción que termina en una contracción muscular. La etapa del potencial de acción tiene un total de seis fases:

- Potencial de reposo: No existen alteraciones que genere un potencial de acción, por lo cual la carga eléctrica tiene una base de -70mV
- Des-polarización: Hay una estimulación que genera un cambio en la neurona y este cambio es el suficiente para que los canales del final del axón se abra. Hay un mínimo de -65mV , aunque hay casos donde llegan a -40mV , además las bombas de sodio y calcio se desactivan
- Re-polarización: Es la fase en la cual la membrana y el potencial son cada vez más negativos
- Hiperpolarización: Debido a que la señal es cada vez más negativa, existe un punto en que la membrana y el potencial se hiperpolarizan llegando a un nivel de carga inferior a la del potencial de reposo, por lo cual las bombas de sodio y potasio se activan
- Potencial de reposo: Cuando se vuelve a activar estas bombas de sodio y potasio, la membrana y el potencial vuelve a un estado de reposo con una carga de -70mV
- Potencial de acción y liberación de neurotransmisores: El potencial de acción se transmite desde el cono axónico por el axón hasta los botones terminales donde se encuentran los canales de calcio, provocando que las vesículas que contienen los neurotransmisores se abran y emitan su contenido expulsando al espacio sináptico



2.3 Electromiograma

El Electromiograma es una prueba diagnostica sobre el sistema nervioso periférico y los músculos. Logrando diagnosticar enfermedades neuromusculares y siendo identificables mediante la intensidad de las señales musculares. Para la obtención de estas señales se deben de utilizar unos componente denominados “electrodos” tratándose de placas adheridas sobre la piel, mas específicamente en los nervio y músculos que reciben el impulso nervios.

Existen diversos estilos de electrodos, siendo tanto electrodos superficiales, como electrodos internos. Aunque en esta ocasión nos concentraremos en los de superficie, más específicamente los electrodos de superficie de placas metálicas. Siendo estas un botón metálico de contacto echo con cloruro de plata que se encuentran rellena de gel o pasta inductiva



Figura 5: electrodo de placas metálicas

3 Etapas EMG

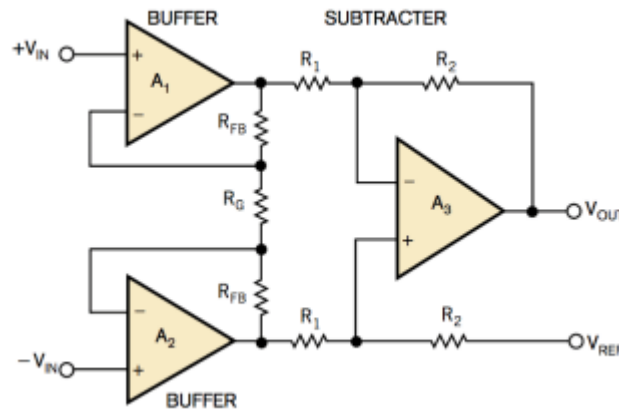
EL Electromiograma es capaz de captar señales con una amplitud máxima de 5mv, por lo cual debe de ser aumentada, para que se pueda utilizar. Ademas, debido a la cantidad de ruido con el que viene la señal, se debe de realizar una serie de filtros con el objetivo de atenuar este ruido consiguiendo el ruido más claro posible

IMAGEN 15

3.1 Amplificador diferencial

Esta etapa se basa en una amplificación diferencial, este tipo de amplificadores lo vamos a utilizar debido a que este tiene la capacidad de eliminar una parte del ruido mientras aplica una ganancia a la señal introducida, esto se logra mediante de la toma de una señal muscular en 2 puntos, restándose entre ellos, siendo la diferencia entre estas dos la señal que va a ser amplificada, provocando que una parte del ruido de la señal original sea eliminado.

Para lograr esta amplificación es necesario el uso de un amplificador de instrumentación el cual es un componente electronico formado por 3 amplificadores operacionales donde 2 son buffers de entrada no inversora que se encargan de alimentar al tercero el cual es un sumador restador, en el cual en este proyecto utilizamos un amplificador INA129



3.2 Filtrado

En esta etapa se filtran los cuales

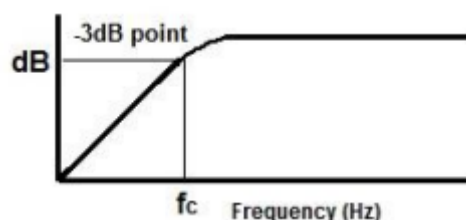
propósito diferente. Los filtros pueden tener varios tipos de diferencias, pero uno principal es la de ser pasivo o activo, los cuales se diferencian en los tipos de componentes que utiliza, aunque tambien se pueden dividir en ser de primer o segundo orden y esto viene determinado por la cantidad de condensadores que lo componen. Entre los de segundo y primer orden tienen una diferencia mas notable, debido a que los filtros de mayor grade tiene una mayor cantidad de ganancia de aplicar en la salida, mientras que los de primer orden no sobrepasan la cantidad de unidad

de la señal

incluyen 3 tipos de cada uno tiene un

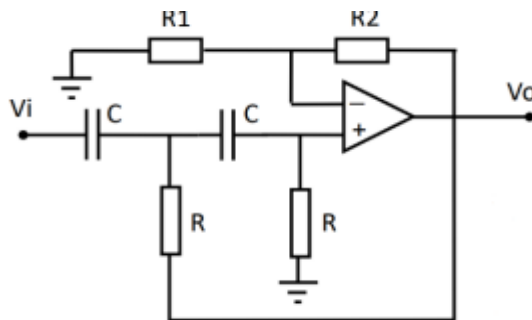
3.2.1 Filtro pasa alto

El filtro pasa alto se encarga de permitir el paso de señales cuya frecuencia sea mayor a la frecuencia de corte y atenúa las frecuencias menores a esta. Este tipo de filtros poseen varios tipos de estructuras y diversos tipos de filtros como los filtros RC y los RL, aunque en este caso utilizaremos un filtro pasa altos con una estructura sellen key de segundo orden para obtener una mayor ganancia de salida y con una estructura sellen key debido a que esto nos permite un calculo mas sencillo



Comportamiento del filtro

pasa alto

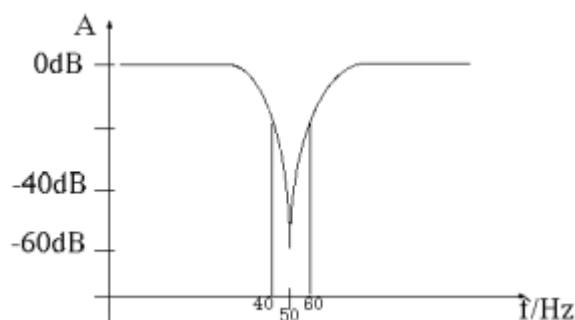


Estructura Sallen-key

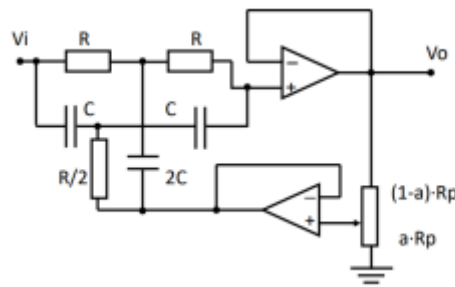
3.2.2 Filtro rechaza banda

Este filtro es utilizado para rechazar una frecuencia en particular, donde generalmente esta definida por un potenciómetro. Este filtro esta determinado por un factor de calidad Q , pero aunque este sea muy alto esto no implica que sea ideal debido a que la atenuación no queda limitada a una frecuencia en particular sino que también recoge las frecuencias dentro del ancho de banda de la frecuencia de corte. Existen varios tipos de filtros rechaza banda aunque se diferencian por el tipo de componentes que utilizan y por el tipo de estructura que presentan, aunque en este tipo de filtros no existen estructuras inferiores a 2 debido a que es un filtro resonante que necesita este tipo de complejidad.

En este caso utilizaremos uno de estructura Twin-T conformado por tres condensadores, tres resistencias y un potenciómetro para establecer el factor de calidad. Este tipo de estructura permite manejar valores altos de selectividad y la frecuencia central con una relativa facilidad



comportamiento del filtro rech



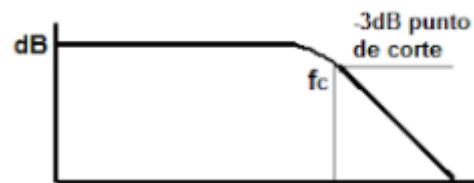
Estructura

Twin-T

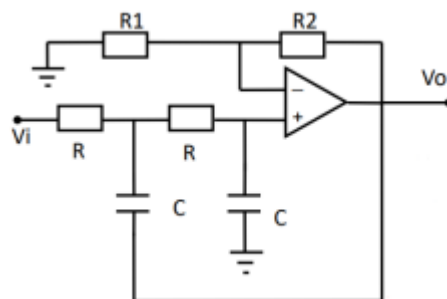
3.2.3 Filtro pasa bajos

Este filtro se encarga de atenuar las frecuencias mas altas que la frecuencia de corte y deja pasar frecuencias que estén por debajo de esta.

Al igual que los otros filtros, este tipo de filtro presenta varios tipos de filtros pasa bajos que solo cambian su estructura y los componentes que lo conforman. Aunque si son de primer orden y utilizan componentes pasivos, se destacan los filtros de primer orden RC y RL que solamente se conforman por componentes pasivos, aunque también existen los filtros pasa bajos activos de primer orden, segundo orden y de orden superior. Aque en nuestro proyecto utilizaremos un filtro de segundo orden y con una estructura sellen-key debido a su fácil calculo de ganancia



Comportamiento de filtro pasa bajo



Estructura

sallen-key

3.3 Segunda amplificación

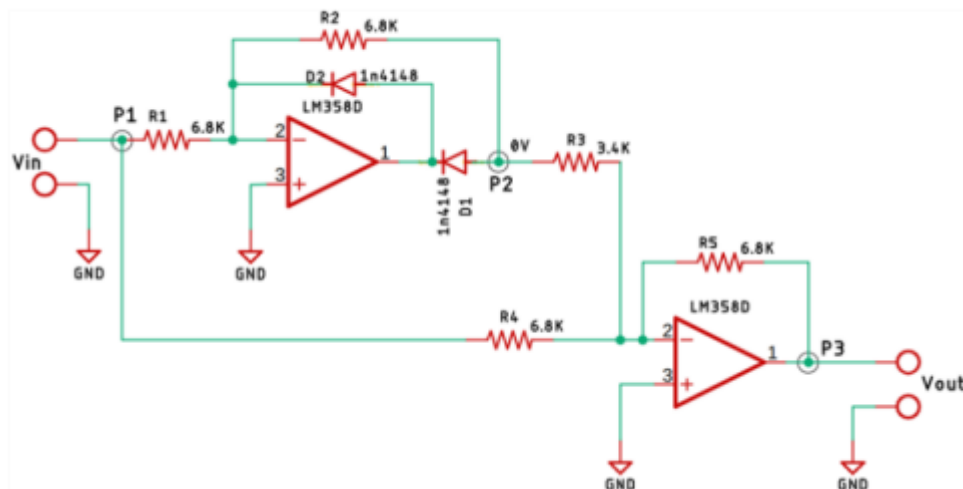
Después de realizar la amplificación diferencial y el filtrado de la señal para eliminar el máximo ruido posible, es necesario realizar una segunda amplificación para tener una

señal con una amplitud suficiente para poder analizarla y utilizada en una amplificación específica, aunque se debe de tener en cuenta que la ganancia no debe de superar la amplitud del voltaje máxima del microcontrolador, donde para realizar todo esto utilizaremos un amplificador no inversor

3.4 Rectificador de onda completa

El proyecto se basa en utilizar señales musculares a través de un microcontrolador, el cual solo tiene la capacidad de captar señales positivas, teniendo 2 soluciones las cuales son, agregar un offset a la señal elevándola a señales positivas, pero esto no es viable debido que el filtro pasa alto atenua las frecuencias bajas y elimina el voltaje de corriente continua. Aunque existe otra opción la cual es la de utilizar un rectificador de onda completa después de la segunda amplificación.

Existen varios tipos de rectificadores, pero nos vamos a concentrar al que utilizamos en este proyecto, el cual es un rectificador de precisión el cual se forma por 2 amplificadores operacionales, 2 diodos y 5 resistencias

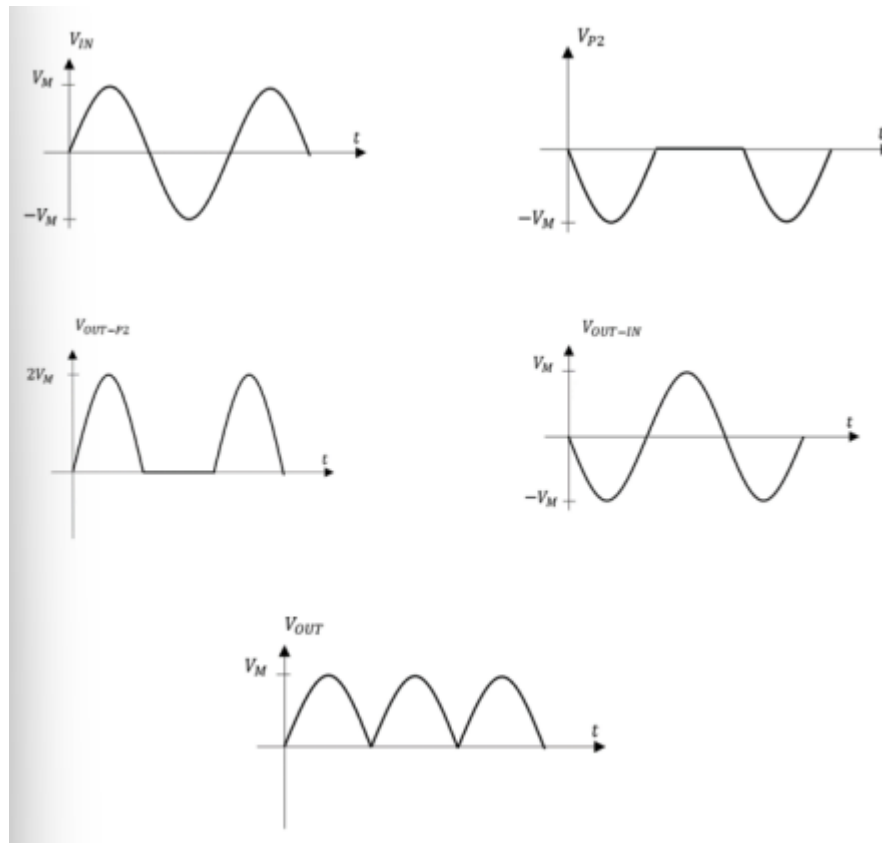


Su funcionamiento se basa en 2 etapas:

1- Semionda positiva: en este periodo se introduce la señal de entrada en Vin dando en la salida del primer amplificador como negativa, por lo cual el diodo D1 se polariza y la señal negativa llega a P2. Las ondas negativas se desfasan debido al sumador y amplificadas 2 veces obteniendo semiondas positivas donde su amplitud es el doble de Vin. Donde estas ondas llegan al sumador donde las resta las ondas formadas por $V_{out-in} - V_{out-P2}$ teniendo una semionda positiva

2-Semionda negativa: Debido a que el diodo 1 esta polarizado en sentido inverso provocando que la tensión de p2 sea 0. Haciendo aue D2 ponga en cortocircuito a R2 y por lo cual la ganancia sea 0. Durante la onda negativa la contribución de P2 al voltaje de salida es 0 por lo que nos quedamos solo con el valor de V_{out-in} que representa V_{in} desfasada en 180° y por lo cual es una semionda positiva

Etapas del rectificador de onda completa



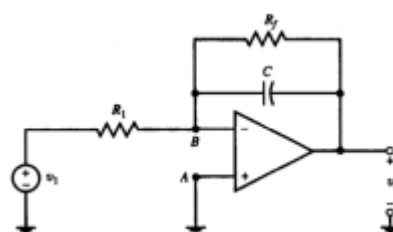
3.5

Integrador

El integrador se encarga de recoger el área de las señales enviadas por el musculo para poder ser utilizada de una manera mas sencilla en la tarea necesitada y donde para lograr este integrador es tan simple como agregar un condensador en la etapa previa al rectificador de onda, siendo añadido en paralelo a la resistencia del ultimo amplificador operacional

3.6 Detector de

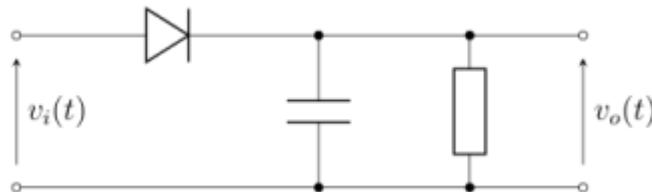
El detector envolvente
señal tras el rectificador de



envolvente

es el encargado de suavizar la
onda completa, donde su

funcionamiento se debe de tener en cuenta el ancho de banda de la señal filtrada. El detector de envolvente se compone por un diodo, un condensador y una resistencia, estos vendran definidos por la siguiente ecuacion: $BW = 1/R.C$



3.7 Conversor analógico-digital

La señal tratada y amplificada se debe de utilizar en un microcontrolador y donde para que esto suceda se debe de aplicar un converso analógico-digital (ADC), el cual se encarga de convertir esta señal analógica en una digital mediante un cuantificador y codificador en un código binario, aunque su resolución es determinada por el voltaje máximo del conversor y el numero de bits que tiene.

El ADC presenta varias etapas siendo la de muestreo, cuantificación y codificación. El muestreo es el proceso de tomar muestras de la señal en intervalos de periódicos, la cuantificación es la operación que aproxima una señal continua a una señal discreta y por ultimo el codificador es el proceso de conversion de cada valor de una señal discreta a digital

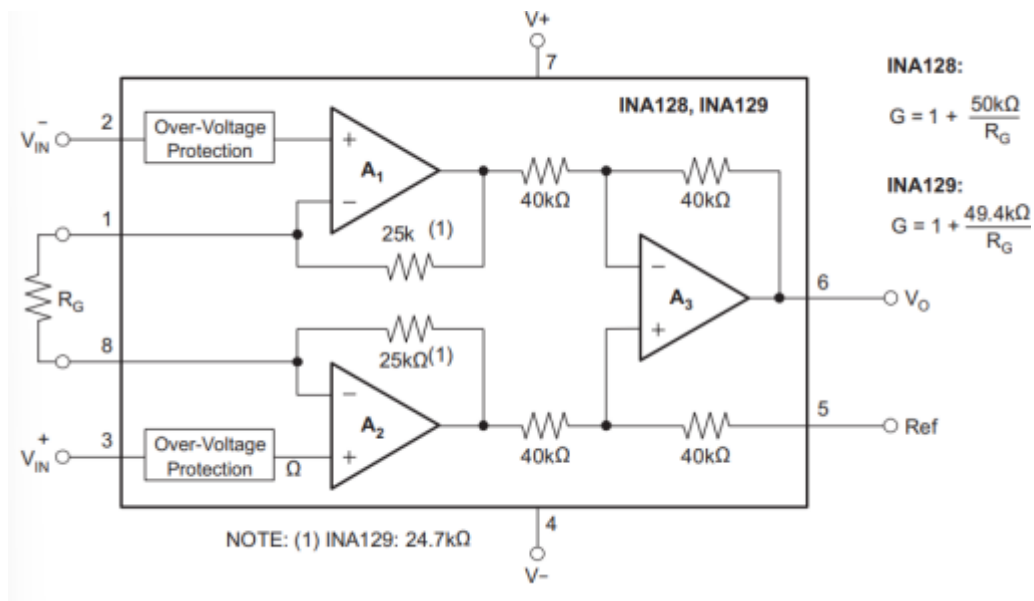
4 Cálculos de etapas EMG

4.1 Amplificación diferencial

El ina129 es simplemente un amplificación de instrumentación de presicion y con un bajo consumo diseñado por Texas Instruments, siendo utilizado comunmente en sensores termopares, en adquisicion de datos y en instrumentos medicos. Este presenta un voltaje de offset de 50uV como máximo, tiene entradas protegidas hasta +-40v y con un rango de fuente de +-2,25v hasta +-18v teniendo un calculo de la ganancia de $G = 1 + 49.4 k/ Rg$.

El ina 129 presentaq un circuito interno compuesto de 3 amplificadores operacionales, siendo 2 de estos buffers encargados de la amplificación y el tercero es presentado por un sumador restador

En nuestro caso buscábamos una ganancia cercana a unos 6 v/v por lo cual hicimos el siguiente calculo $R_G = 49.4 \text{ k} / 6 - 1 = 49.4 \text{ k} / 5 = 9880 \text{ ohm}$. Aunque si pasamos este valor de resistencia a uno comercial (10k) la ganancia nos da un total de 5,94 v/v



4.2 pasa alto

Filtro

En la parte 3.2 menciono que elijo un filtro pasa alto de segundo orden con estructura sellen-key que utiliza un amplificador operacional, en la cual dentro de toda la gama de los amplificadores operacionales elegimos el ADA4666-2, siendo un componente de Analog Device y formado por 2 amplificadores operacionales, siendo este un rail to rail en la entrada como en la salida y siendo optimizado para aplicaciones de baja potencia, este componente necesita una fuente de alimentación de 3v hasta 18v o una fuente doble de +-1,5v hasta +-9v, donde lo utilizamos principalmente por su amplio rango de alimentación.



Pines ADA4666-2



Ilustración real

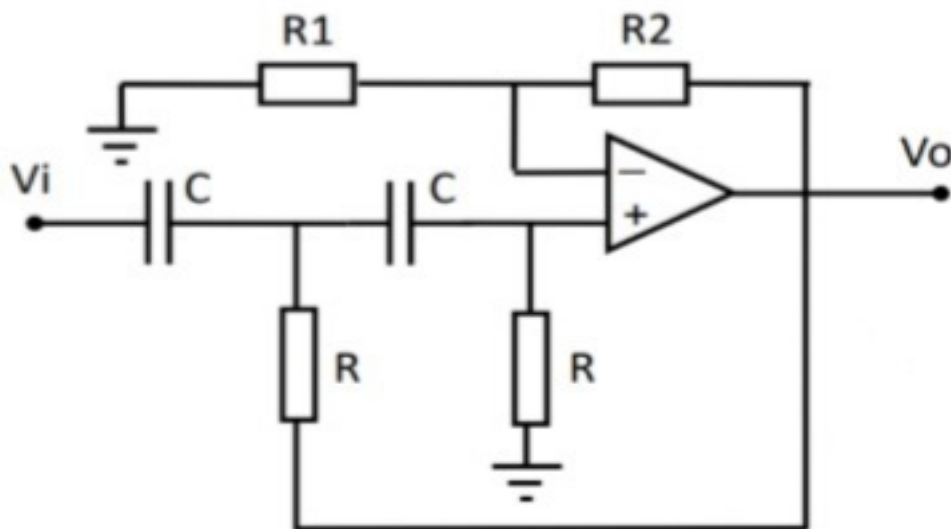
Debido a que el ruido que capta los electrodos se encuentran con una frecuencia de 50Hz, por lo cual seleccionamos 40hz como la frecuencia de corte del filtro. El calculo en general del filtro es

$$f_o = 1 / 2\pi RC \text{ y } K = 1 + R_2 / R_1$$

Se debe de establecer el valor de las resistencias o condensadores y para esta tarea utilizamos unos condensadores de 220nF haciendo que la cuenta quede de la siguiente manera:

$$R = 1 / 2 \cdot \pi \cdot f_o \cdot C = 1 / 40 \cdot 2 \pi \cdot 220 \times 10^{-9} = 18 \text{ k}\Omega$$

En los filtros activos se puede establecer la ganancia en función de los valores de las resistencias. Por ello, con el objetivo de aumentar la amplitud de la señal fase por fase, la ganancia del filtro paso alto será de 1.55 V/V. Teniendo en cuenta la ecuación que define esta ganancia, los valores de las resistencias serán: $K = 1 + R_2 / R_1 = 1.55 \text{ V/V} \rightarrow R_2 / R_1 = 0.55$ Si se establece un valor de $R_1 = 2.7 \text{ k}\Omega \rightarrow R_2 = 2.7 \text{ k} \cdot 0.55 = 1.5 \text{ k}\Omega$



4.3 Filtro rechaza banda

En la estructura Twin-T se utilizan 2 amplificadores operacionales y en la cual utilizaremos el ADA 4666-2. Este filtro lo utilizamos principalmente para eliminar parcialmente el ruido muscular de 50HZ, donde para determinar su frecuencia de corte es $\omega_o = 1/RC$.

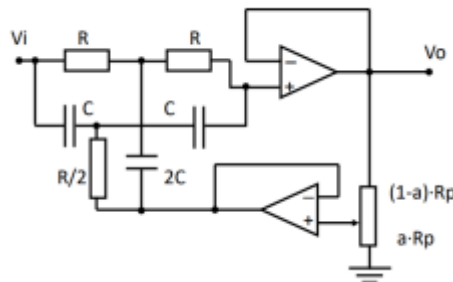
Como la frecuencia de corte es de 50Hz, se debe de seleccionar el valor de una resistencia o condensador siendo el otro dependiente del escogido y la frecuencia de corte, en el cual elegimos que los condensadores tengan un valor de 220nF

$f_0 = 1/2\pi RC \rightarrow R = 1/2\pi f_0 C \rightarrow R = 1/2 \pi \cdot 50 \cdot 220 \cdot 10^{-9} = 15k$. Por lo cual la frecuencia de corte sera $f_0 = 1/2\pi \cdot 15 \times 10^3 \cdot 220 \times 10^{-9} = 48 \text{ Hz}$

Para calcular la selectividad se necesita el ancho de banda y la frecuencia de corte por lo cual para definir la calidad necesitamos variar el potenciómetro, donde si el potenciómetro equivale a 330ohm, esto es $a = 0,967$ por lo cual el calculo queda de la siguiente manera:

$$Q = 1/4(1-0.967) = 7.57 \rightarrow Q = f_0 / BW \rightarrow BW = f_0 / Q = 48 / 7.57 = 7.68$$

El filtro rechaza banda a diferencia de otros tipos de filtro presnetta el singular caso de que su ganancia es unitaria



4.4 Filtro pasa bajos

El ultimo filtro a calcular es el filtro pasa bajos el cual presenta la función de atenuar señales de frecuencias superiores a la de corte establecida. Utilizando el mismo valor de condensadores que el filtro anterior , pero con una frecuencia de corte de 600hz el calculo de la resistencia es el siguiente

$$f_0 = 1/2\pi \cdot RC \rightarrow R = 1 / 2\pi \cdot f_0 \cdot C = 1 / 2\pi \cdot 600 \cdot 204 \times 10^{-9} = 1200\text{ohm}$$

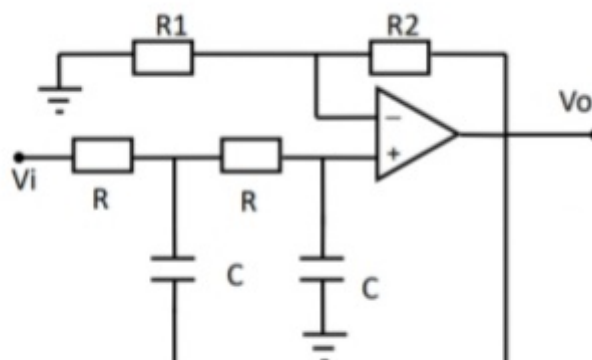
Teniendo en cuenta la resistencia podemos decir q la frecuencia de corte sera de:

$$f_0 = 1/2\pi \cdot RC = 1/2\pi \cdot 220 \times 10^{-9} \cdot 1.2 \times 10^3 = 602.85 \text{ Hz}$$

Tambien es necesario calcular la ganancia que e calcula de la siguiente manera: $K = 1 + R_2/R_1$

En el calculo se puede observar que la ganancia no puede ser menor que la unidad y la ganancia vendra determinada por la relacion entre R_1 y R_1 . Para tener como finalidad de tener la misma ganancia tanto en el filtro pasa alto como en el filtro pasa bajos, los valores de las resistencias vendran determinada por las de filtro pasa alto $R_1 = 2.7k$ y $R_2 = 1,5k$ por lo que la ganancia sera la siguiente:

$$K = 1 + R_2/R_1 = 1 + 1.5 \times 10^3 / 2.7 \times 10^3 = 1 + 0.55 = 1.55 \text{ V/V}$$



4.5 Segunda Amplificación

Ya teniendo todos los filtros que conforman el circuito EMG es necesario calcular la segunda amplificación, la amplificación se realiza mediante una serie de fases debido a que esto provoca una menor generación de ruido, en esta segunda amplificación volveremos a utilizar el amplificador operacional ADA4666-2 que utilizaríamos un amplificador no inversor, en el cual utilizaremos 2 resistencias y un amplificador operacional el cual sera un ADA4666-2 y 2 resistencias

Ya sabiendo que la ganancia no debe de superar la entrada del microcontrolador de unos 4,5v, la ganancia de la segunda amplificación sera de 63.06 V/V teniendo como calculo

$$G = 1 + R2 / R1 \rightarrow G - 1 = R2 / R1 \rightarrow R2 = (G - 1) \cdot R1 \rightarrow R2 = (63.06 - 1) \cdot R1 \rightarrow R2 = 62.06 \cdot R1$$

También hemos definido a la resistencia R1 como 56 ohm, debido que la resistencia R2 se encuentra establecida por un potenciómetro (10k)

4.6 Rectificador de onda completa

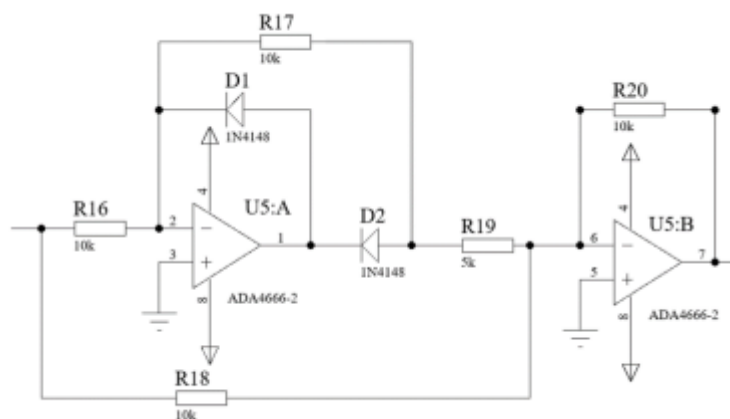
Esta fase se conforma de un total de 2 amplificadores operacionales (ADA 4666-2), 2 diodos y 5 resistencias. Donde mas específicamente utilizaremos unos diodos rectificadores, mas precisamente diodos 1N4148 debido a sus aplicaciones en baja corriente.

Para los cálculos hay que tener en cuenta que $R1 = R2 = R4 = R5 = R$ $R3 = R/2$

seleccionamos como R un valor de 10k por lo cual

$$R3 = 10K/2 = 5k$$

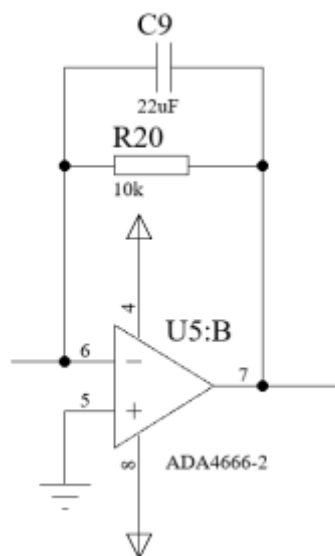
Mientras que la ganancia se calcula de la siguiente manera $G = R/R5 = 1v/v+$



4.7 Integrador

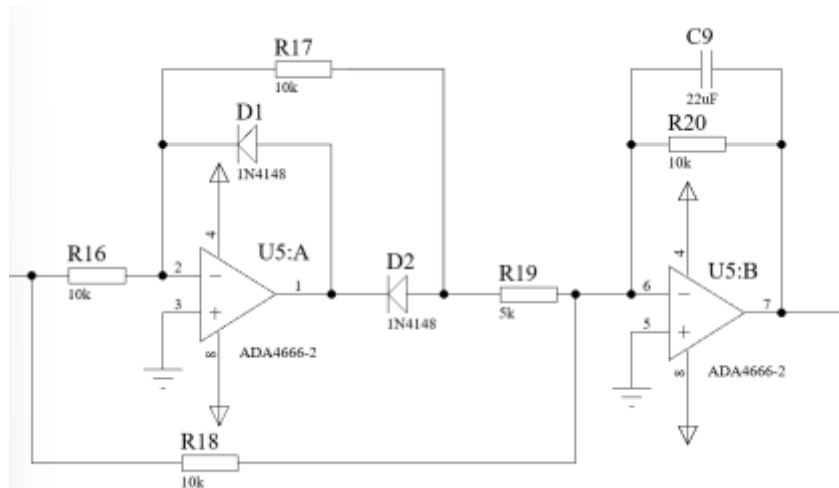
Ya teniendo los componentes del rectificador, es necesario establecer los componentes del integrador y para esto se debe de tener en cuenta que $V_{out} = -1/R_1 C \int V_{in} dt$, se puede determinar que el voltaje de salida del integrador, es dependiente de R_1 y del condensador C , donde para ahorra espacio el condensador sera incorporado del integrador en el segundo amplificador operacional del rectificador de onda completa, por lo que la resistencia utilizada sera la misma que fue utilizada en el rectificador. A través de un par de pruebas con condensadores de 3 diversos valores pude observar que el comportamiento de la señal con el condensador de 22uF es el adecuado debido a la facilidad que ofrece para establecer los rangos de movimiento con el sistema robotico

Integrador calculado



Rectificador junto a un

integrador



4.8 de envolvente

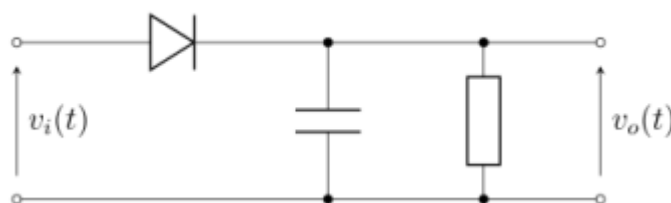
Detector

El detector de envolvente esta compuesto por un diodo, una resistancia y un condensador, donde el diodo utilizado sera nuevamente un 1n4148 y donde para la selecc3n de la resistancia y condensadores se debe de tener en cuenta la siguiente ecuaci3n: $BW = 1/R \cdot C$

Donde el ancho de banda de la se1al filtrada y amplificada queda finalmente entre los 40Hz y los 600Hz por el cual el ancho de banda sera de 560Hz

$$BW = 1 / R \cdot C \rightarrow R = 1 / BW \cdot C = 1 / 560 \cdot 220 \times 10^{-9} = 8k\Omega$$

Y aunque se hubiera podido seleccionar una resistancia de 8,2k Ω , por temas de comodidad hemos decidido trabajar con una de 10k Ω



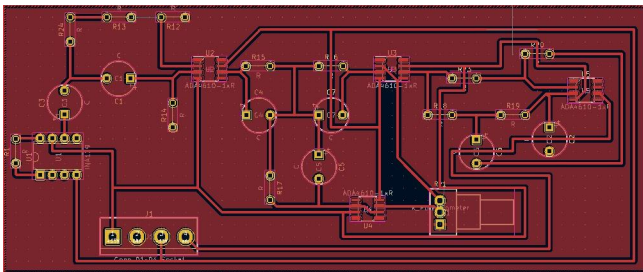
4.9 Conversor anal3gico-digital

Para la etapa del conversor anal3gico-digital se decidi3 de utilizar un microcontrolador que se encargue de hacer la conversi3n, debido a la facilidad de su uso en la aplicaci3n de se1ales tratadas. En cual en este caso vamos a utilizar un microcontrolador RP2040 de la Raspberry Pi Pico posee un convertidor de anal3gico a digital (ADC) con el cual toma una se1al anal3gica y la cambia a digital. Un ADC tiene dos caracter3sticas clave: su resoluci3n, medida en bits, y sus canales, o cu1ntas se1ales anal3gicas puede aceptar y convertir a la vez. El ADC en su Pico tiene una resoluci3n de 12 bits, lo que significa que

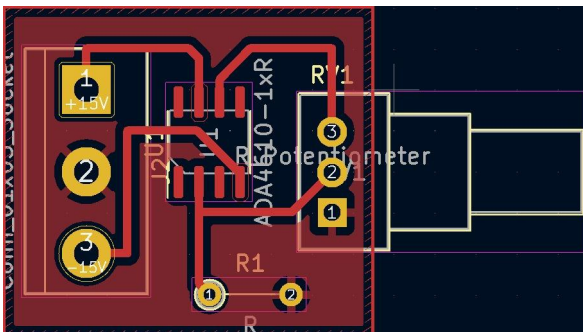
puede transformar una señal analógica en una señal digital como un número que va de 0 a 4095, aunque esto se maneja en MicroPython transformado a un número de 16 bits que va de 0 a 65.535, para que se comporte igual que el ADC en otros microcontroladores MicroPython. El microcontrolador RP2040 tiene cinco canales ADC en total, cuatro de los cuales están en los GPIO del chip: GP26, GP27, GP28 y GP29. Sin embargo en la tarjeta de la Raspberry Pi Pico solo tiene tres canales en los pines GPIO: GP26, GP27 y GP28, que también se conocen como GP26_ADC0, GP27_ADC1 y GP28_ADC2 para los canales analógicos 0, 1 y 2. También hay un cuarto canal ADC, que está conectado a un sensor de temperatura integrado en RP2040 y el quinto se puede usar para medir el voltaje VSYS en la placa.

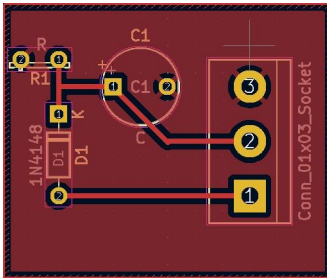
5. PCBs

Etapas de Filtrado y Amplificación

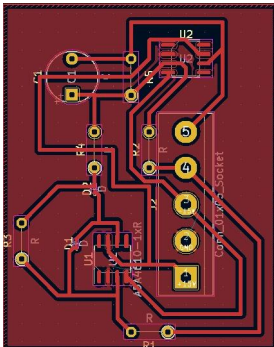


Segunda Amplificación





Rectificador de Onda



5.1 Mano 3D

La estructura de la mano del proyecto Midas la hicimos con impresión 3D podríamos haber usado otros elementos pero elegimos este por diversas razones:

La primera razón es que es más económico de producir por lo tanto más accesible para el presupuesto de la mayoría de los pacientes

Y la segunda razón es que gracias a la impresión 3D se puede conseguir una estructura muy liviana y por lo tanto cómoda para el paciente priorizando siempre el confort del usuario

El diseño fue realizado en Autocad 3D, basándonos en un diseño previo de una universidad de estados unidos, una vez realizado el diseño el siguiente paso fue imprimirlo para lo que utilizamos el programa Ultimaker Cura para la configuración de una óptima impresión para posteriormente imprimir cada pieza por separado en la impresora Weedo 3

Una vez que estaban impresas las piezas por separado las ensamblamos mediante pernos también hechos en impresión 3D y así terminamos con el resultado de una estructura sólida, liviana y económica.

