

MONITOREO MUSCULAR (ELECTROMIOGRAFO)

Yurley Eliana Lopez Franco, Juan Manuel Perlaza Franco, John Fernando Velasco Angulo

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

UNIDAD CENTRAL DEL VALLE

2025-2

Resumen - Este proyecto tiene como propósito instrumentar un electromiógrafo, capaz de identificar alguna dificultad en el grupo muscular que se evalúe, a través de la captura, transmisión y análisis de señales electromiográficas. Para lograr este objetivo, se plantea en primer lugar el diseño de un sistema de adquisición de señales, que garantice la captura precisa y confiable de la actividad eléctrica generada por los músculos. Posteriormente se envía en tiempo real los datos obtenidos hacia un dispositivo de visualización, como un monitor. Asimismo, se desarrollará una interfaz de usuario intuitiva, que facilite la visualización, el análisis y el almacenamiento de las señales, permitiendo una interpretación eficiente para la detección de posibles alteraciones musculares. Finalmente, se llevará a cabo la validación experimental del prototipo en diferentes grupos musculares, con el fin de comprobar la calidad de la señal adquirida y la eficacia del sistema en condiciones reales de uso. De esta manera, el proyecto busca aportar una herramienta tecnológica innovadora que favorezca el diagnóstico temprano de problemas musculares y apoye tanto a profesionales de la salud como a investigadores en el área biomédica.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la actividad eléctrica muscular mediante electromiografía EMG, ha sido una herramienta fundamental para el diagnóstico médico, rehabilitación neuromuscular y análisis biomecánico del movimiento humano. Este equipo permite analizar señales eléctricas generadas por fibras musculares, ayudando a identificar alteraciones musculares, evaluando el estado de recuperación del músculo o determinar el nivel de fatiga muscular, principalmente de un deportista o pacientes sometidos a grandes esfuerzos físicos. Este proyecto propone el diseño e instrumentación de un electromiógrafo inalámbrico, siendo este mismo la reducción de lo que hoy en día conocemos como el electromiógrafo tradicional; capaz de cumplir las mismas funciones, como lo son captar, transmitir y analizar señales electromiográficas de distintos grupos musculares. Este sistema se compone de un

componente de detección de señales musculares utilizando electrodos superficiales, así mismo un circuito amplificador y de filtrado, un módulo de transmisión inalámbrica que envía datos en tiempo real.

Con esto se busca ofrecer una herramienta innovadora que contribuya con la detección de alteraciones en los ámbitos médicos y deportivos, permitiendo demostrar la viabilidad de implementar estas tecnologías portátiles, promoviendo la integración de la ingeniería electrónica y las ciencias de la salud para beneficio del bienestar humano.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un electromiógrafo que permita identificar de manera inalámbrica los problemas musculares en cualquier parte del cuerpo.

Objetivos específicos

- Diseñar el sistema de adquisición de señales electromiográficas que permita captar la actividad eléctrica de los músculos de manera precisa y confiable.
- Implementar un módulo de transmisión inalámbrica que envíe en tiempo real las señales obtenidas a un dispositivo de visualización (computador o aplicación móvil).
- Desarrollar una interfaz de usuario que facilite la visualización, análisis y almacenamiento de las señales musculares para la identificación de posibles alteraciones.
- Validar el funcionamiento del prototipo mediante pruebas experimentales en diferentes grupos musculares, verificando la calidad de la señal y la eficacia del sistema.

III. ANTECEDENTES

La electromiografía (EMG) ha sido una herramienta fundamental en el estudio de la actividad eléctrica de los músculos, evolucionando desde equipos analógicos con limitaciones de movilidad hasta sistemas modernos de monitoreo en tiempo real. Durante los años 2000, la integración de técnicas de inteligencia artificial (IA) y machine learning permitió mejorar la interpretación de las señales, aplicándose en la detección temprana de fatiga y lesiones musculares. En la década del 2010, la EMG se consolidó en campos como la biomecánica deportiva, la rehabilitación neuromuscular y la ergonomía laboral, ampliando su impacto tanto en la salud como en el rendimiento físico. Un hito importante fue el legado del investigador Carlo J. De Luca, quien hasta su fallecimiento en 2016 contribuyó con más de 300 publicaciones científicas y fundó Delsys Inc., empresa líder mundial en sensores EMG. Finalmente, en la década de 2020 hasta la actualidad, los avances en wearables, transmisión inalámbrica y big data han permitido desarrollar electromiografos cada vez más compactos y precisos, capaces de monitorear la fatiga muscular en tiempo real en atletas, pacientes en procesos de rehabilitación y trabajadores en entornos de alta demanda física, lo que posiciona a la EMG como una tecnología clave en la medicina personalizada y el análisis del movimiento humano.

IV. METODOLOGÍA

• Investigación

Se recopila información sobre las distintas implementaciones actuales de electromiografía EMG, como están siendo implementadas en el campo médico y deportivo, buscando la manera de optimizar todos estos procesos; tomando en cuenta parámetros como la frecuencia y la amplitud de la señal, como lo son de 10-500 Hz y 0,1-5 mV respectivamente. Con esto se define la amplificación necesaria y las etapas para lograr el desarrollo del dispositivo deseado.

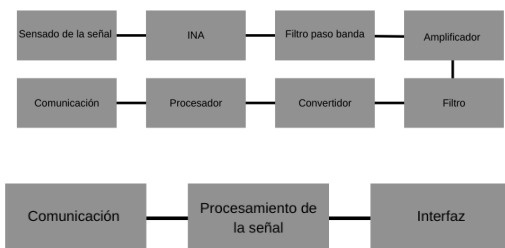


Fig. 1. Diagrama de bloques.



Fig. 2. Esquema de distribución de PCB.

• Diseño de hardware

Inicialmente se estructura el esquemático del circuito, adaptándose a las especificaciones de cada componente, con las características que se visualizó anteriormente y simplificando a conveniencia el diagrama de bloques diseñado en la sección anterior.

En la figura 3 tenemos el esquemático de detección, el cual está diseñado para utilizar electrodos de superficie para captar y acondicionar la señal eléctrica generada por los músculos.

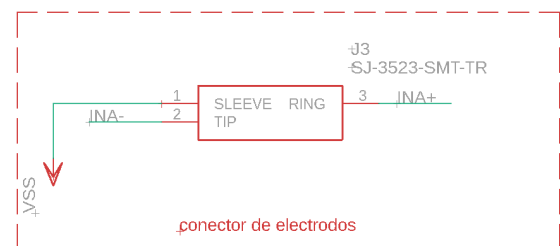


Fig. 3. Esquemático de detección.

Se implementa un módulo de amplificación (Fig.4) que permite amplificar la señal EMG.

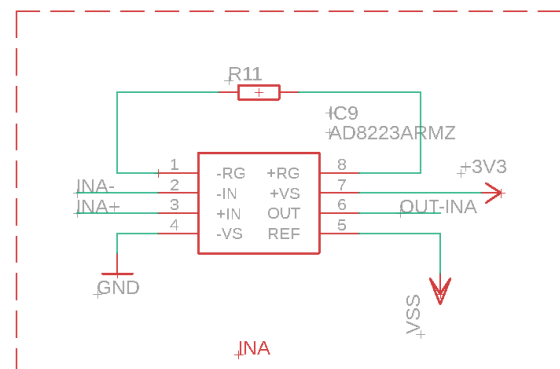


Fig. 4. Esquemático del amplificador de instrumentación.

Posteriormente en la figura 5 se implementa el esquemático de filtros, en donde se usa un filtro paso

bajo para eliminar parte del ruido y frecuencias fuera del rango de nuestro interés.

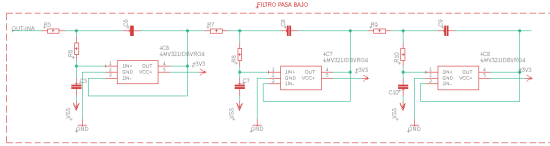


Fig. 5. Esquemático del filtro paso bajo.

Tenemos el esquemático de la ESP-32 en la figura 6, el cual está encargado de digitalizar la señal acondicionada mediante un convertidor analógico-digital integrado en el mismo microcontrolador para su procesamiento y transmisión.

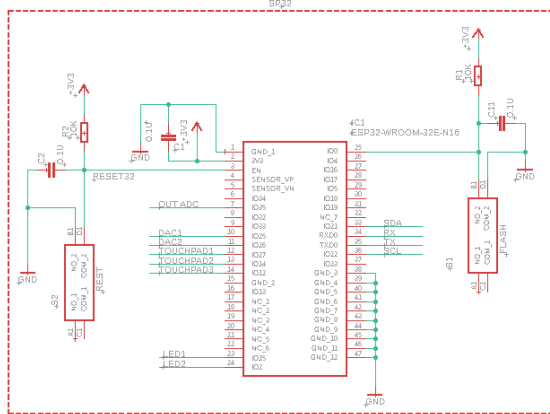


Fig. 6. Esquemático de la ESP-32.

En la figura 7 está el esquema de alimentación y regulación del prototipo, teniendo en cuenta que para que nuestro dispositivo sea totalmente portátil es necesario una batería que sea estable, permitiendo que nuestro dispositivo funcione de manera autónoma sin depender de una conexión directa a la red eléctrica. Adicionalmente cuenta con un sistema para recargar la batería cuando esta se encuentre con un nivel bajo de energía, por último tenemos el circuito para regular el voltaje a 3,3v y mantenerlo fijo, esto es necesario para el correcto funcionamiento del resto del montaje.

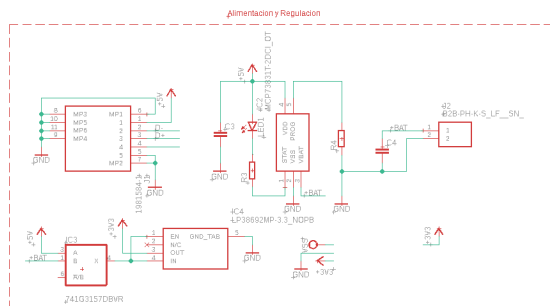


Fig. 7. Esquemático de alimentación y regulación.

Por último en la figura 8 se tiene el esquemático de la pantalla OLED, la cual permite visualizar los datos obtenidos por el dispositivo, la cual es la misma que va ser transmitida.

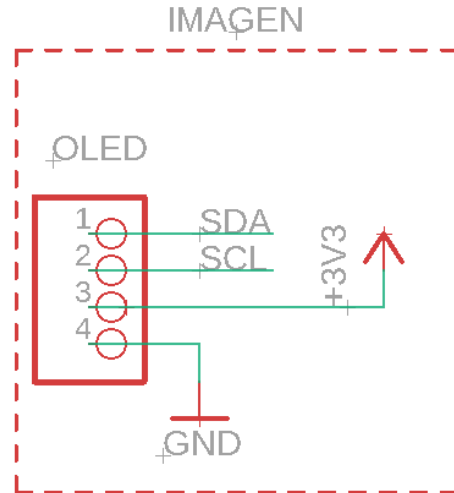


Fig. 8. Esquemático de conexión pantalla OLED.

Finalmente tenemos el esquemático completo en la figura 9.

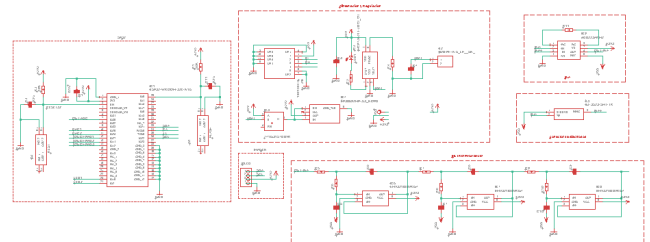


Fig. 9. Esquemático completo.

- **Implementación**
- **Transmisión inalámbrica**
- **Desarrollo de interfaz**
- **Pruebas experimentales**

V. RESULTADOS

VI. CONCLUSIONES

VII. ANEXOS

Misión:

Nuestra misión es diseñar, fabricar y ofrecer un electromiógrafo portátil, de alta precisión y accesibilidad, para el monitoreo muscular en entornos deportivos, de rehabilitación y clínicos. Buscaremos la satisfacción de las necesidades de entrenadores

personales, fisioterapeutas, médicos especialistas y ante todo de los pacientes, brindando una herramienta que optimice los procesos de evaluación y seguimiento, reduciendo los tiempos de los resultados y el costo de estos.

Nos comprometemos con la excelencia, la innovación constante y el diseño enfático hacia el bienestar de los usuarios, manteniendo una ejecución efectiva para asegurar una rentabilidad sostenible que permita contribuir al talento humano tanto como a la tecnología, mientras nos posicionamos como una opción que marque la diferencia en frente del comercio de los dispositivos biomédicos.

Visión:

Ser un sistema confiable en la aplicación de la electromiografía portátil que transforma la forma en la cual los deportistas y asistentes médicos entienden y optimizan el rendimiento físico. Aspiramos a convertirnos en una parte fundamental para las carreras de deportistas de alto rendimiento ayudando a la prevención de lesiones y la rehabilitación, de igual manera expandiéndonos para generar un impacto en el sector de la salud y el bienestar de la población general.