

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

UN SISTEMA EMBEBIDO INICIAL PARA ADQUISICIÓN DE SEÑALES ECG, BASADO EN EL MICROCONTROLADOR ATMEGA328

**AN INITIAL EMBEDDED SYSTEM FOR ECG SIGNAL
ACQUISITION, BASED ON THE ATMEGA328
MICROCONTROLLER**

Leobardo Hernández González

Instituto Politécnico Nacional – ESIME, México

Pedro Guevara López

Instituto Politécnico Nacional – ESIME, México

Juan Antonio Flores Romero

Instituto Politécnico Nacional – ESIME, México

María Teresa Zagaceta Álvarez

Instituto Politécnico Nacional – ESIME, México

Ivon Yuliana González Ledesma

Instituto Politécnico Nacional – ESIME, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18723

Un Sistema Embebido Inicial para Adquisición de Señales ECG, basado en el Microcontrolador ATMEGA328

Leobardo Hernández González ¹lhernandezg@ipn.mx<https://orcid.org/0000-0002-4555-8695>Instituto Politécnico Nacional - ESIME
Culhuacan México**Pedro Guevara López**pguevara@ipn.mx<https://orcid.org/0000-0001-5373-1403>Instituto Politécnico Nacional - ESIME
Culhuacan México**Juan Antonio Flores Romero**juanantoniofloresromero123@gmail.comInstituto Politécnico Nacional - ESIME
Culhuacan México**María Teresa Zagaceta Álvarez**mzagaceta@ipn.mx<https://orcid.org/0000-0003-1084-8569>Instituto Politécnico Nacional – ESIME
Azcapotzalco
México**Ivon Yuliana González Ledesma**iygonzalezl@ipn.mx<https://orcid.org/0009-0008-8430-4509>Instituto Politécnico Nacional - ESIME
Culhuacan México

RESUMEN

La detección temprana de enfermedades cardiovasculares es muy importante para fortalecer la medicina preventiva, particularmente en contextos con recursos tecnológicos limitados. En este trabajo se muestra un sistema embebido que permite adquirir y visualizar señales electrocardiográficas (ECG), utilizando como componentes principales el microcontrolador ATMEGA328 y el sensor analógico AD8232. La propuesta se enfoca en una estructura portátil que sea económica y fácil de usar, pensada tanto para fines educativos como para aplicaciones clínicas básicas. El sistema facilita la lectura en línea de las señales eléctricas del corazón, su procesamiento elemental, y su despliegue inmediato en una pantalla LCD de 20x04 caracteres. Para ello, se programaron algoritmos simples que permiten identificar las ondas que componen un electrocardiograma y que son: P, QRS y T, así como calcular parámetros clave como son: la frecuencia cardíaca y el intervalo RR. La interfaz gráfica fue concebida con un enfoque práctico y de fácil interpretación visual, incorporando además una función de pausa que sirve para pausar temporalmente la señal para un análisis más detallado por parte del especialista médico. Las pruebas experimentales realizadas evidenciaron que el sistema es capaz de captar señales ECG con una calidad adecuada para su uso en contextos formativos y de exploración. El artículo también aborda algunas de las limitaciones del prototipo, como su dependencia de tres electrodos y la ausencia de almacenamiento permanente. No obstante, hay varias cosas que se pueden mejorar, como la integración futura de algoritmos más complejos y funciones de telemonitoreo. En conjunto, este desarrollo es un primer paso hacia herramientas asequibles para el monitoreo cardíaco, demostrando que es posible construir soluciones eficientes, económicas y funcionales a partir de microcontroladores de bajo consumo y sensores especializados.

Palabras clave: adquisición de señales, Arduino, electrocardiograma, microcontrolador ATMEGA328, sistema integrado

¹ Autor principal

Correspondencia: lhernandezg@ipn.mx

An Initial Embedded System for ECG Signal Acquisition, based on the ATMEGA328 Microcontroller

ABSTRACT

Early detection of cardiovascular disease is essential for strengthening preventive medicine, particularly in contexts with limited technological resources. This paper presents an embedded system that allows the acquisition and visualization of electrocardiographic (ECG) signals, using the ATMEGA328 microcontroller and the AD8232 analog sensor as its main components. The proposal focuses on a portable, accessible, and low-cost architecture designed for both educational purposes and basic clinical applications. The system facilitates the online reading of the heart's electrical signals, their basic processing, and their immediate display on a 20x04 character LCD screen. To this end, simple implementation algorithms were implemented to identify the waves that make up an electrocardiogram, namely P, QRS, and T, as well as to calculate key parameters such as heart rate and RR interval. The graphical interface was designed with a practical and easy-to-interpret visual approach, also incorporating a pause function that allows the signal to be momentarily stopped for more detailed analysis by the medical specialist. Experimental tests showed that the system is capable of capturing ECG signals of sufficient quality for use in training and examination contexts. The article also addresses some of the prototype's limitations, such as its dependence on three electrodes and the absence of permanent storage. However, clear opportunities for improvement are identified, such as the future integration of more complex algorithms and telemonitoring functions. Overall, this development represents a first step toward affordable tools for cardiac monitoring, demonstrating that it is possible to build efficient, economical, and functional solutions using low-power microcontrollers and specialized sensors.

Keywords: Arduino, electrocardiogram, embedded system, microcontroller ATMEGA328, signal acquisition

Artículo recibido 20 junio 2025

Aceptado para publicación: 23 julio 2025



INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares son una de las principales causas de enfermedad y muerte en todo el mundo, afectando a millones de personas sin importar su edad ni condición social (Flores Romero, 2024, p. 6). Por ello, la detección temprana de alteraciones cardíacas es necesaria para mejorar los diagnósticos y garantizar un tratamiento adecuado. En este sentido, la electrocardiografía (ECG) se ha consolidado como una herramienta básica, gracias a que es una técnica no invasiva, de bajo costo y ampliamente utilizada para identificar arritmias, bloqueos y episodios de isquemia (Flores Romero, 2024, pp. 20–22).

No obstante, en muchos ambientes clínicos y educativos hay barreras para acceder a equipos especializados de adquisición y análisis de señales ECG, principalmente por su alto costo, complejidad técnica o limitaciones en la infraestructura. Esta brecha tecnológica ha impulsado el desarrollo de soluciones más accesibles, portátiles y de bajo costo, capaces de realizar mediciones confiables de señales cardíacas en línea (Flores Romero, 2024, pp. 7–11). En este contexto, los microcontroladores como el ATMEGA328 y plataformas como Arduino han ganado popularidad por su bajo consumo energético, facilidad de uso y capacidad para llevar a cabo actividades de adquisición, procesamiento y visualización de señales biológicas (Flores Romero, 2024, pp. 27–28; World Health Organization, 2023). Por eso, en este trabajo se tiene como propósito principal el diseño de un sistema embebido inicial para la adquisición y análisis de señales ECG, utilizando el microcontrolador ATMEGA328 junto con el sensor de monitoreo de pulso cardíaco AD8232. El sistema fue concebido para realizar la detección básica de las ondas P, QRS y T, calcular parámetros fundamentales como la frecuencia cardíaca y mostrar los resultados en línea a través de una interfaz gráfica basada en una pantalla LCD 20x04. Además, se incorporó una función de pausa que permite al usuario detener momentáneamente el monitoreo para facilitar un análisis más detallado de la señal registrada por parte de un especialista médico (Flores Romero, 2024, pp. 32–37; Dey, Ghosh & Bhattacharya, 2018).

Este desarrollo se basa en tres aportes claves a la ingeniería biomédica. Primero, ofrece una herramienta de fácil acceso para instituciones educativas interesadas en enseñar los principios de instrumentación sin necesidad de altos costos. Segundo, permite realizar pruebas de monitoreo básico en zonas rurales o clínicas con recursos limitados. Y tercero, constituye una base escalable para futuras investigaciones



enfocadas en integrar algoritmos más sofisticados con el fin de automatizar la detección de eventos cardíacos (Flores Romero, 2024, pp. 11–12; Malik et al., 2019).

A partir de la introducción, este artículo propone una solución funcional, replicable y alineada con necesidades reales tanto del sector salud como del ámbito educativo. Se demuestra así que es posible desarrollar sistemas biomédicos eficientes a partir de componentes comerciales de bajo costo, sin sacrificar la calidad requerida para el análisis de señales cardíacas (Rangayyan, 2015).

Estado del arte

El uso de la electrocardiografía (ECG) para monitorear la actividad eléctrica del corazón ha sido una herramienta necesaria en la detección temprana de enfermedades cardiovasculares. Tradicionalmente, estos sistemas de adquisición de señales han estado ligados a equipos clínicos complejos y caros, que suelen incluir múltiples derivaciones, algoritmos de análisis avanzados y capacidades de almacenamiento o transmisión de datos. Todo esto ha dificultado su implementación en entornos educativos, rurales o con recursos limitados, donde tanto el costo como la infraestructura representan barreras significativas. Como respuesta a esta situación, en los últimos años han surgido múltiples iniciativas enfocadas en hacer más accesibles las tecnologías de monitoreo cardíaco, proponiendo soluciones portátiles, económicas y fáciles de implementar. Una de las aproximaciones más extendidas ha sido el uso de microcontroladores de propósito general como el ATMEGA328, combinados con sensores como el AD8232. Esta combinación ha permitido el desarrollo de sistemas embebidos capaces de adquirir, mostrar y analizar señales básicas de ECG (Flores Romero, 2024, pp. 6–12).

En sentido, el trabajo de Barreto et al. (2022) muestra que es viable utilizar el sensor AD8232 junto con placas Arduino para diseñar sistemas de telemetría cardíaca de bajo costo, aunque se señala la importancia de aplicar filtros digitales que reduzcan el ruido electromiográfico. De igual manera, Balbinot et al. (2021) desarrollaron un sistema portátil de adquisición ECG basado en el procesamiento de transformadas wavelets para detectar eventos cardíacos, logrando una notable precisión, aunque con un nivel de complejidad computacional elevado.

Flores Romero (2024) hace una revisión crítica de diversos desarrollos previos que emplean algoritmos como Pan-Tompkins, transformadas wavelet y técnicas de filtrado MTEO. Aunque destaca su alta precisión diagnóstica, también identifica limitaciones importantes relacionadas con el costo, la

dependencia de software propietario como MATLAB, y la falta de validación en entornos físicos reales (pp. 7–10). En varios de estos casos, también se observa la ausencia de interfaces intuitivas que faciliten la interpretación de resultados por parte de usuarios no especializados.

Por otro lado, Di Rienzo et al. (2020) propusieron un parche inalámbrico para monitoreo continuo a través de una conectividad Bluetooth, lo que representa un avance hacia sistemas vestibles, pero su implementación implica mayores requerimientos de energía y procesamiento. En la misma línea, Varon et al. (2019) han explorado el uso de redes neuronales profundas para mejorar la detección automática de arritmias, lo que abre nuevas posibilidades para la aplicación de inteligencia artificial en el análisis de señales biomédicas y detección temprana de patologías cardíacas.

De acuerdo a lo anterior, el presente trabajo se plantea como una alternativa intermedia que equilibra la simplicidad técnica con una funcionalidad práctica. Aunque no incorpora procesamiento avanzado ni conectividad inalámbrica, ofrece una plataforma sólida, clara y fácilmente replicable; ideal para fines educativos y para su uso como prototipo en investigaciones posteriores. A diferencia de otras soluciones que dependen solo de entornos de desarrollo computacional, aquí se integra una interfaz gráfica directamente en pantalla y se añade una función de pausa que mejora la experiencia del usuario (Flores Romero, 2024, pp. 35–37).

Este enfoque se alinea con los esfuerzos internacionales por desarrollar tecnologías biomédicas accesibles. De hecho, coincide con los lineamientos promovidos por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2023), que impulsan la creación de soluciones escalables para el primer nivel de atención médica, sobre todo en contextos donde la infraestructura es limitada.

Finalmente, vale la pena destacar algunos casos que reafirman la viabilidad de estas tecnologías. Por ejemplo, Bravo Zanoguera et al. (2020) diseñaron un sistema ECG portátil con AD8232 y Arduino, que incluye almacenamiento en microSD y conectividad Bluetooth, demostrando su utilidad fuera del ámbito clínico tradicional. De manera similar, Kamati (2024) implementó una pantalla TFT y elementos pasivos para filtrar el ruido en un sistema Arduino–AD8232, lo que respalda la elección de esta tipo de componentes por su claridad en la señal y facilidad de implementación.

METODOLOGÍA

El desarrollo del sistema embebido para la adquisición de señales ECG se llevó a cabo a través de una metodología experimental aplicada, estructurada en cuatro etapas principales: diseño y ensamble del hardware, programación del sistema embebido, procedimiento de adquisición y visualización y validación funciona. El enfoque de trabajo fue iterativo, permitiendo refinar cada componente del sistema conforme se identificaban mejoras en el prototipo inicial, cada etapa se describe a continuación.

Diseño y ensamble del hardware. La arquitectura del sistema se fundamentó en el uso del microcontrolador ATMEGA328, integrado en una placa Arduino Uno, conectado al sensor AD8232, especializado en la detección de señales eléctricas cardíacas. Este sensor se seleccionó por su bajo costo, bajo consumo de energía y facilidad de integración en plataformas abiertas. El sistema fue complementado con una pantalla LCD 20x04, que permitió la visualización directa de la señal ECG y los parámetros derivados. El ensamblaje del circuito incluyó la implementación de una entrada de monitoreo analógica para controlar el contraste de la pantalla y conexiones específicas a los pines digitales del microcontrolador, tal como se detalla en el diagrama electrónico incluido en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de conexión de AD8232, Arduino y electrodos en el cuerpo.



Programación del sistema. La programación se realizó utilizando el entorno Arduino IDE, en el lenguaje de programación C/C++. El código implementado fue estructurado en módulos que permitieron la adquisición de datos analógicos provenientes del sensor, el cálculo de parámetros fisiológicos como frecuencia cardíaca (HR) e intervalo RR, y la impresión de los resultados en la pantalla LCD. Se

incorporó una función de pausa que interrumpe temporalmente la adquisición para facilitar el análisis visual de la señal estática. Esta característica se habilita mediante un botón físico conectado a un pin digital del microcontrolador, permitiendo al usuario detener el monitoreo en momentos clave. La Figura 2 muestra un fragmento de código para la detección de la onda P.

Figura 2. Fragmento de código para detección de onda P.

```
// Detección de la onda P

if (ecgValue > pAverage + pThreshold && millis() - lastP > 200) {

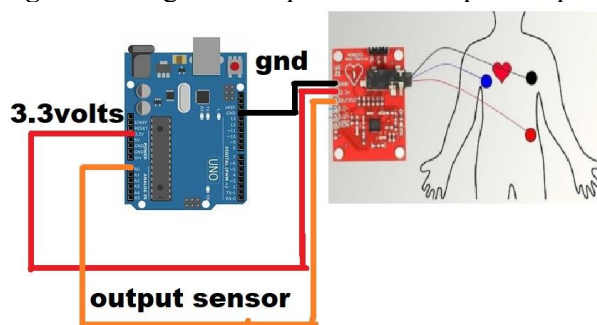
  lastP = millis();

  // Procesamiento de la onda P

  // ...}
```

Procedimiento de adquisición de señales. Para la toma de datos, se empleó una configuración de tres electrodos colocados en el pecho del sujeto: uno en la parte derecha (RA), otro en la parte izquierda (LA) y el tercero en la parte inferior (RL) como referencia. Esta disposición siguió la configuración estándar de derivación tipo Lead I, permitiendo capturar adecuadamente el eje horizontal del corazón. El sistema fue probado con usuarios en reposo, capturando la señal ECG en línea. Para el análisis gráfico, se utilizó el software PLX-DAQ, que permite visualizar los datos obtenidos desde Arduino directamente en una hoja de cálculo. En la Figura 3 se muestra las conexiones realizadas de manera esquemática

Figura 3. Diagrama del procedimiento para adquisición de señales.



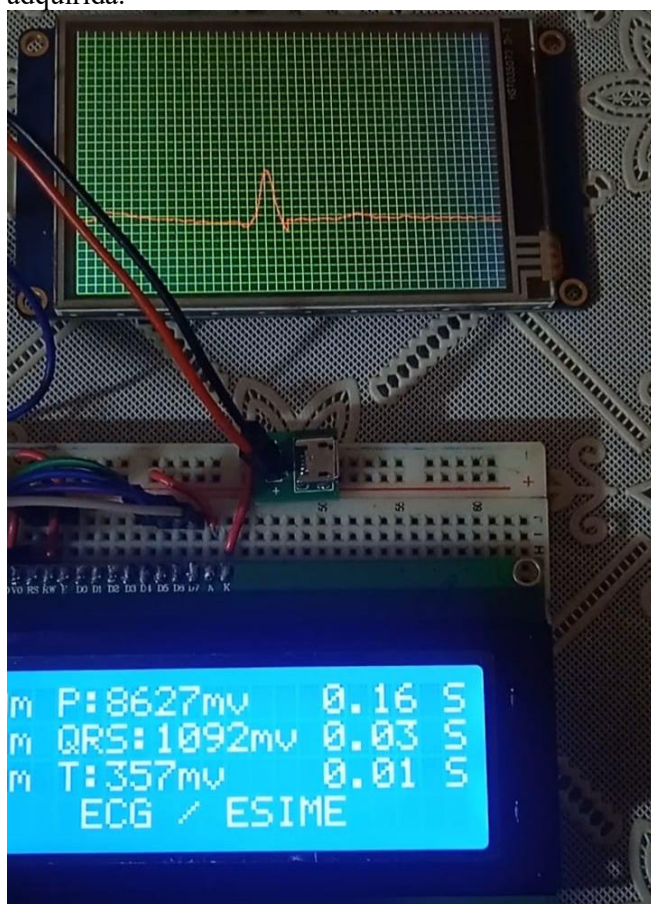
Visualización y validación funcional. La interfaz del usuario fue diseñada para mostrar los valores de HR y RR junto con la señal en línea. Esta información fue desplegada de manera clara en la pantalla LCD 20x04. Como se ilustra en la Figura 4, el sistema ofreció una lectura continua con buena estabilidad, siempre que las condiciones de reposo y contacto eléctrico fueran adecuadas. La validación del sistema se realizó de forma empírica, observando la consistencia en la detección del complejo QRS

y el cálculo de frecuencia cardíaca dentro de rangos fisiológicos normales. Aunque el sistema no está orientado a uso clínico profesional, los resultados obtenidos son consistentes con sistemas de entrenamiento y prototipado educativo. En la Figura 5 se observa la salida de la señal monitoreada y procesada por el microcontrolador en la pantalla del sistema.

Figura 4. Visualización y validación funcional. Se tiene la señal a medir, la adquisición, el procesamiento y la visualización de parámetros.



Figura 5. Visualización y validación funcional; Pantalla principal del sistema con la señal ECG adquirida.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este proyecto demostró ser funcional y eficiente para la adquisición, el procesamiento básico y la visualización en línea de señales electrocardiográficas. Su diseño, basado en el microcontrolador ATMEGA328 y el sensor AD8232, permitió captar las señales del corazón para identificar los principales componentes del ECG: las ondas P, el complejo QRS y la onda T. Durante las pruebas experimentales, se logró obtener una señal continua mediante el software PLX-DAQ, en la que los picos R se distinguieron con buena definición y sin distorsiones relevantes, validando así el uso del sensor AD8232 en aplicaciones básicas. El sistema también fue capaz de calcular parámetros fisiológicos clave como la frecuencia cardíaca (HR) y el intervalo RR, ambos obtenidos en línea y mostrados al usuario a través de una pantalla LCD de 20x04 caracteres. Uno de los elementos importantes del diseño es la incorporación de una función de pausa, que permite congelar la lectura en pantalla para facilitar la observación de la señal y sus parámetros.

El sistema mostró un buen desempeño siempre que hubiera una correcta colocación de los electrodos y condiciones de reposo durante la medición; aunque se detectó cierta sensibilidad al movimiento o al ruido muscular, sin embargo, estos factores no impidieron la identificación básica de los eventos.

Al comparar los resultados con trabajos previos, se observa que ofrece ventajas como su simplicidad de uso, bajo costo y la posibilidad de interactuar a través de una interfaz visual integrada. A diferencia de propuestas basadas únicamente en simuladores o software como MATLAB, este prototipo fue validado en un entorno físico real, lo que representa un paso más hacia aplicaciones prácticas.

En ese sentido, el sistema cumple su objetivo como herramienta inicial para la adquisición de señales ECG, siendo útil en contextos de formación académica y desarrollo de prototipos biomédicos. Su diseño modular permite su evolución hacia soluciones más robustas, agregando funciones como telemetría, almacenamiento permanente y análisis automático de señales.

CONCLUSIONES

Este trabajo muestra que es viable diseñar e implementar un sistema embebido funcional y económico para la adquisición de señales electrocardiográficas, empleando el microcontrolador ATMEGA328 y el sensor AD8232. A partir de una plataforma sencilla, fue posible capturar, procesar y visualizar en línea señales básicas del corazón, como las ondas P, QRS y T, además de parámetros fundamentales como la frecuencia cardíaca y el intervalo RR. Una de las fortalezas es su enfoque práctico y educativo; gracias al uso de componentes de bajo costo y fácil disponibilidad, se abre una valiosa oportunidad para que los centros educativos con recursos limitados puedan acceder a una herramienta útil para el aprendizaje del análisis de señales biomédicas. Por otra parte, su portabilidad y simplicidad lo posicionan como una alternativa funcional para el monitoreo preliminar en entornos clínicos no especializados.

La experiencia adquirida a lo largo de este desarrollo reafirma la importancia de combinar conocimientos en electrónica, programación y fisiología para generar soluciones con verdadero impacto social. Como trabajo futuro, se pueden tomar como referencia trabajos como los de Obeidat y Alqudah (2023), quienes desarrollaron un sistema basado en Raspberry Pi, lo que abre posibilidades para crear sistemas más robustos, aunque con mayores desafíos en consumo energético y diseño. También destacan las líneas de trabajo relacionadas con la integración de tecnologías IoT y capacidades de telemetría, dado que existe la facilidad con la que el sensor AD8232 puede emplearse en sistemas de bajo consumo para

monitoreo remoto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balbinot, A., Pacheco, C., & Marques, M. (2021). Low-cost ECG monitoring system using wavelet transform and Arduino. *Biomedical Engineering Online*, 20(1), 1–15.
- Barreto, C. A., Villalobos, G., & Rangel, C. (2022). Portable Arduino-based ECG acquisition system for educational use. *Sensors*, 22(3), 945.
- Bravo-Zanoguera, M., Cuevas-González, D., García-Vázquez, J. P., Avitia, R. L., & Reyna, M. A. (2020). Portable ECG System Design Using the AD8232 Microchip and Open-Source Platform. *Proceedings*, 42(1), 49.
- Dey, D., Ghosh, A., & Bhattacharya, S. (2018). A low-cost portable ECG monitoring system using Arduino and Android-based smartphone. *IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)*, 1–6.
- Di Rienzo, M., Rizzo, G., Parati, G., & Brambilla, G. (2020). Wearable sensors for cardiovascular monitoring: State-of-the-art and future challenges. *Sensors*, 20(20), 5720.
- Flores Romero, J. A. (2024). Desarrollo de un sistema de adquisición y procesamiento de señales eléctricas del corazón, utilizando un microcontrolador ATMEGA328 (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Culhuacán.
- Kamati, V. C. (2024). Arduino-Based Real-Time ECG Monitoring System for Heart Signal Visualization. *IJRASET*.
- Malik, M., Camm, A. J., Janse, M. J., Julian, D. G., & Frangin, G. (2019). *Dynamic electrocardiography* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Obeidat, Y. M., & Alqudah, A. M. (2023). An Embedded System Based on Raspberry Pi for Effective Electrocardiogram Monitoring. *Applied Sciences*, 13(14), 8273.
- Rangayyan, R. M. (2015). *Biomedical signal analysis: A case-study approach* (2nd ed.). Wiley-IEEE Press.



Varon, C., Testelmans, D., Buyse, B., & Van Huffel, S. (2019). A novel algorithm for the automatic detection of sleep apnea from single-lead ECG. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 66(1), 206–215.

World Health Organization. (2023). Cardiovascular diseases (CVDs).

