

UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA “SAN PABLO”
UNIDAD ACADÉMICA REGIONAL LA PAZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**SISTEMA MODULAR DE MEDICIÓN Y GRABADO
DIGITAL DE BIO-SEÑALES**

**Proyecto de grado presentado para la obtención del Grado de
Ingeniería Mecatrónica**

Por: RODRIGO SEBASTIAN MENDOZA TEJADA

Tutor: GUILLERMO SAHONERO ALVAREZ

La Paz-Bolivia

Noviembre, 2019

DEDICATORIA

La dedicatoria es opcional y cada autor podrá determinar la distribución del texto en la página, se sugiere esta presentación. En ella el autor dedica su trabajo en forma especial a personas y/o entidades.

Por ejemplo:

A mis padres

o

La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.

Albert Einstein

AGRADECIMIENTOS

Esta sección es opcional, en ella el autor agradece a las personas o instituciones que colaboraron en la realización de la tesis o trabajo de investigación. Si se incluye esta sección, deben aparecer los nombres completos, los cargos y su aporte al documento.

Resumen

El resumen es una presentación abreviada y precisa (la NTC 1486 de 2008 recomienda revisar la norma ISO 214 de 1976). Se debe usar una extensión máxima de 15 renglones. Se recomienda que este resumen sea analítico, es decir, que sea completo, con información cuantitativa y cualitativa, generalmente incluyendo los siguientes aspectos: objetivos, diseño, lugar y circunstancias, objetivo del estudio, intervención, mediciones y principales resultados, y conclusiones. Al final del resumen se deben usar palabras claves tomadas del texto (mínimo 3 y máximo 7 palabras), las cuales permiten la recuperación de la información.

Palabras clave: (máximo 10 palabras, preferiblemente seleccionadas de las listas internacionales que permitan el indizado cruzado).

Línea de investigación: (máximo 1 o 2 renglones en que se establezca la línea de investigación a la que pertenece el proyecto de grado).

Abstract

Es el mismo resumen pero traducido al inglés. Se debe usar una extensión máxima de 12 renglones. Al final del Abstract se deben traducir las anteriores palabras claves tomadas del texto (mínimo 3 y máximo 7 palabras), llamadas keywords. Es posible incluir el resumen en otro idioma diferente al español o al inglés, si se considera como importante dentro del tema tratado en la investigación, por ejemplo: un trabajo dedicado a problemas lingüísticos del mandarín seguramente estaría mejor con un resumen en mandarín.

Keywords: palabras clave en inglés(máximo 10 palabras, preferiblemente seleccionadas de las listas internacionales que permitan el indizado cruzado)

Research area: texto en inglés (máximo 1 o 2 renglones en que se establezca la línea de investigación a la que pertenece el proyecto de grado).

Notación

Esta sección es opcional, dado que existen disciplinas que no manejan símbolos y/o abreviaturas.

Se incluyen símbolos generales (con letras latinas y griegas), subíndices, superíndices y abreviaturas (incluir sólo las clases de símbolos que se utilicen). Cada una de estas listas debe estar ubicada en orden alfabético de acuerdo con la primera letra del símbolo.

Símbolo	Término
I_{\max}	Corriente máxima[A]
α	tasa de aprendizaje
λ_i	Autovalor i

Glosario

Abreviatura	Término
DP	Deep Learning - Aprendizaje profundo
$FCEM$	Fuerza contraelectromotriz
RAM	Random Access Memory - Memoria de Acceso Aleatorio

Índice

0.1. Marco Referencial	1
1. Marco Referencial	2
1.0.1. Introducci3n	2
1.0.2. Planteamiento del problema	2
1.1. Marco Teorico	4
2. Marco Te3rico	5
2.0.1. Estado del Arte [obj especificos]	5
2.0.2. Fundamentos Te3ricos	6
2.1. Marco Practico	8
3. Marco Pr3ctico	9
3.0.1. Esquema general del proyecto	9
3.0.2. Etapa n	9
3.0.3. Herramientas	9
3.0.4. Resultados y Discusi3n	9
3.1. Marco Conclusivo	9
4. Marco Conclusivo	10
4.0.1. Conclusiones	10
4.0.2. Recomendaciones	10
4.0.3. Trabajo futuro*	10
Bibliograf3a	11
A. Anexo: Nombrar el anexo A de acuerdo con su contenido	12
B. Anexo: Nombrar el anexo B de acuerdo con su contenido	13
C. Anexo: Nombrar el anexo C de acuerdo con su contenido	14

Índice de figuras

Índice de tablas

[11pt]article [utf8]inputenc [T1]fontenc graphicx grffile longtable wrapfig rotating [normalem]ulem
amsmath textcomp amssymb capt-of hyperref pdfauthor=rodri, pdftitle=, pdfkeywords=, pdf-
subject=, pdfcreator=Emacs 27.0.50 (Org mode 9.2.3), pdflang=English

Índice

0.1. Marco Referencial

CAPÍTULO 1

Marco Referencial

1.0.1. Introducci3n

Las bioseñales son originadas por la actividad eléctrica generada por un ser viviente. Estas pueden ser impulsos como los generados por la sinapsis del cerebro. Las señales más conocidas y estudiadas son: las provenientes del EEG. Estas señales pueden ser medidas por medio de electrodos colocados en la superficie de la piel más cercana al origen de la señal. Las señales relacionadas al latido del corazón [6]; tanto de origen biológico como no biológico. En las bioseñales, los artefactos presentes suelen ser de la misma o incluso mayor magnitud que la señal de interés. Una forma de evitar estas interferencias es emplear amplificadores diferenciales como parte del dispositivo electrónico del dispositivo de adquisición [17]. Pero además, en conjunto, se utiliza una cantidad de electrodos que sea suficiente para el uso [8].

Por otro lado, existen dos tipos de usuarios que emplean y manipulan dispositivos de adquisición de bioseñales: los usuarios de BAS:

Investigadores y desarrolladores de tecnologías. Estos emplean los dispositivos BAS para crear interfaces con computadores que asocian patrones en las bioseñales con intenciones del usuario. Cada vez que el usuario interactúa con el computador. En esta aplicación, pueden haber múltiples asociaciones de actividades resultando en múltiples acciones (como la activación de un motor de imágenes) de la mano izquierda y la mano derecha [4]; y finalmente asociar estas actividades con acciones específicas.

Practicantes de ciencias como la medicina y psicología para el diagnóstico, rehabilitación, monitoreo; así como el estudio de la naturaleza y comportamiento de las señales. En el caso de la medicina, puede ser crítico en algunos aparatos diagnosticar enfermedades o trastornos en el sueño.

No obstante, todos los casos se ven afectados por el número de electrodos disponibles debido a que la actividad cerebral se da simultáneamente en múltiples lugares. Mientras mayor sea la cantidad de electrodos, se obtendrán mejores resultados. Un ejemplo de esto son los estudios de polisomnografía, donde es necesario contar con... [2].

1.0.2. Planteamiento del problema

La medición de bioseñales requiere hardware especializado ya que por naturaleza es una tarea compleja. Estos dispositivos son muy sensibles a las interferencias de la actividad eléctrica que se encuentran en un ambiente de mucho ruido e interferencias. Para lograr una medición efectiva se deben implementar circuitos analógicos que eliminen el ruido de fondo de las señales de interés con respecto al ruido (SNR).

Medir las señales EEG requieren hardware aun más especializado ya que es la menor de las bioseñales, pues su magnitud promedio es de $100 \mu V$ [7]. Mientras, el ruido se mantiene al mismo nivel que en todas las bioseñales por lo que se requieren mayor tratamiento. Si bien el diseño es simple e igual para cada canal, cada uno requiere un procesamiento – procesamiento analógico.

Los dispositivos para EEG que cumplen requerimientos de estandarización internacional son inaccesibles para los grupos de investigación. Los costos se elevan para cumplir requerimientos y recomendaciones de instituciones.

El costo del hardware causa que exista menos cantidad de desarrollo de neurociencia a nivel mundial.

Este campo de la ciencia se mantiene contraído ya que existen pocas personas capaces de hacer investigaciones fidedignas. En resultado el mercado se mantiene pequeño ocasionando que los proveedores de equipos de bioelectroencefalografía.

Para reducir los costos se suele sacrificar alguno de los siguientes 3 aspectos: Uno, la cantidad de canales. Esto es evidente por lo mencionado anteriormente; cada canal requiere un número de componentes necesarios para tratar la señal de manera analógica. Dos, software e interfaz. Para mantener la rentabilidad y bioseñales; sin embargo, pocos dispositivos como el openBCI [ref] cuentan con los medios necesarios integrados para poder ser adaptados.

La poca variedad en productos dificulta la optimización de costos en función de la aplicación. Esto causa que el uso

Definición del problema

Medir bioseñales EEG es una tarea bastante compleja, por lo que las máquinas que las captan deben cumplir la tarea con costo reducido y a la vez la variedad de productos del tipo BAs para EEG en el rango menor a los 1000 USD es muy baja ya que como lo es la flexibilidad, compatibilidad y facilidad de uso del hardware y software. Esto supone dificultades en especial para los BAs para EEG que cuentan con las capacidades necesarias para múltiples tipos de señales e incluso bioseñales, pero no cuentan con los medios necesarios integrados en su diseño para poder ser adaptados. Además, las máquinas de hardware como software para los usuarios que no están involucrados en el desarrollo tecnológico.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema modular que permita medir y grabar digitalmente bioseñales EEG.

Objetivos específicos

Medir, grabar y visualizar bioseñales EEG en vivo de manera digital en 2 canales independientes. Validar las mediciones e implementar un sistema modular. Diseñar un sistema de protección contra descargas electrostáticas. Desarrollar

Justificación

El proyecto se ve entonces justificado con motivo de reducir la brecha de conocimiento al generar más documentación respecto a las mismas e incrementar la investigación al proveer de una alternativa que, por fin, el aporte académico en un punto de vista conceptual brindar un formato más sencillo y práctico para la neurociencia, producto de la aplicación y documentación que se van a generar. En el área técnica aporta un enfoque a la manera de reproducir para aplicaciones que requieren el uso de un sistema de medición de este tipo. Del punto de vista de dispositivos de adquisición de señales analógicas a digitales con una precisión y robustez muy elevada.

Limites y Alcances

Límites

Si bien este proyecto apunta a cumplir ciertos niveles de estándares internacionales IFCN, no se llevara a cabo ningún proceso de certificación. *No se evaluará el alcance del proyecto en la comunidad de código abierto, se limitará a una unidad y un tipo específico de protocolo. No se optimizará la comunicación con websockets.*

Alcances

1. Accesible
 - Código Abierto, Documentación amplia. Proporcionarlos de forma sencilla y breves manuales en repositorios de código abierto y ser expansible. El sistema debe poder cumplir con las tareas más requeridas para tener una no debe limitar la expansión en funcionalidades ni capacidades.
2. Flexible/potenciable
 - Diseñar modular con compatibilidad con EEG, ECG, EMG, EOG para variar la magnitud de amplificación.
 - Diseñar flexible. El diseño debe ser capaz de ser modificado sin tener completo conocimiento sobre todo el diseño para adaptarse a su funcionamiento y aumentar sus capacidades más a medida que se van haciendo cambios.
3. Numero de entradas expansible. El sistema original implementado medir hasta 2 canales digitales; sin embargo el sistema debe ser capaz de aumentar el número de entradas hasta al menos 24 canales con el intercambio o adición de nuevos módulos.

Facilidad de uso (amigable)

- Requerimiento de cero programación. Tanto la configuración inicial como el uso del dispositivo deben poder llevarse a cabo sin necesidad de programación.
- Seguridad
- Protección contra descargas ESD al circuito. El sistema debe contar con protección de descargas electrostáticas que físicamente limite la energía total.

1.1. Marco Teorico

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

2.0.1. Estado del Arte [obj específicos]

Electrónico

1. PWR - ESD
2. Analógico
 3. OPA
 - a) INA
 4. ADC
 5. ESD

Digital

1. SPI, I2C, Serial
2. MCU (ESP, teensy)

Modular

1. CH[spl]
2. DRL
3. ADC+MCU
4. PWR

Analógico

1. INA CMMR_i120db (laser trimmed)
2. ADC 24bits

Comunicación

1. SPI, I2C, Serial
2. BT, WIFI
 - a) HTTP, MQTT, WS, CoAP

Software

1. Engine
2. BD
3. GUI
4. Com protocol
5. (broker - mqtt)
6. SQL, Mongo, Cassandra, TimeSeries

Neurosky

ModularEEG

Emotivoc

OpenBCI

Tecnico

Modular

2.0.2. Fundamentos Teóricos

ciencia investigada para desarrollar

- Electrodo (tipos)
 - Activo
 - Pasivo
 - Materiales
- Impedancia
- Potencia
- Virtual GND
- ESD

- ESD/DC-DC
- Filtros
 - BP
 - Notch
- INA
 - CMRR
 - 3 vs 2 opa
 - rail-rail
 - slew rate
- Gain basic opa
 - PGA
- ADCS
 - bits
 - spi
 - diff
 - clock
- MCU
 - wifi, bt
 - lua - esp
 - Arduino
- COM Protocol
 - TCP
 - Ws, CoAP
 - MQTT
- Software engine
 - Protocol interface
- Server
 - (Broker)
 - DB

- GUI
- PWA
- API and other tech

Impedancia - aplicado

NO EXPLICAR Q ES BODE

EXPLICAR ANCHO DE BANDA

2.1. Marco Practico

CAPÍTULO 3

Marco Práctico

3.0.1. Esquema general del proyecto

3.0.2. Etapa n

Requerimientos

Cálculos y Dimensionamiento

Desarrollo

3.0.3. Herramientas

Hardware

Software

3.0.4. Resultados y Discusión

Análisis de costos

3.1. Marco Conclusivo

CAPÍTULO 4

Marco Conclusivo

- 4.0.1. Conclusiones
- 4.0.2. Recomendaciones
- 4.0.3. Trabajo futuro*