

Teoría de Circuitos

Proyecto de fin de curso

Introducción

El presente proyecto consiste en la elaboración del Frontend Analógico de un fotopletismógrafo a partir de los conocimientos impartidos en el curso. Este dispositivo se utiliza para registrar la onda de pulso de presión arterial a partir de la variación de absorción de luz infrarroja en los vasos sanguíneos. Como se observa en la figura 1, la absorbancia es obtenida indirectamente a partir de la intensidad de luz recibida por el fotodetector, donde es traducida a corriente eléctrica. Sin embargo, esta corriente es muy pequeña para ser detectada directamente. Por este motivo es necesario un acondicionamiento de esta señal, la cual se denomina fotopletismograma (PPG¹).



Figura 1: Esquema de un fotopletismógrafo y su principio de funcionamiento.

El Frontend Analógico (AFE) es la parte del instrumento que interactúa directamente con la señal de interés, encargándose de acondicionarla para que pueda ser procesada con mayor precisión. Las tareas principales de un AFE son: filtrado, amplificado y aislamiento.

Objetivos

Objetivo general

Aplicar y afirmar los conocimientos desarrollados durante el cursado en la implementación de un circuito de un instrumento de medición de grado médico.

Objetivos específicos

- Tomar conocimiento sobre una técnica de medición sobre parámetros fisiológicos.
- Profundizar las habilidades de armado de circuitos adquiridas en el curso.
- Integrar y reforzar los conocimientos teóricos impartidos mediante la implementación de un circuito básico y la realización de mediciones.

¹Del inglés: Photoplethysmogram.

Materiales

- Analog Discovery 2.
- Multímetro digital.
- Protoboard.
- Sensor CYN70.
- Amplificadores LM741.
- Resistencias y capacitores varios.
- Potenciómetros y/o presets.

Procedimiento

El proyecto propuesto se divide en 3 etapas:

1. Caracterización de la señal cruda de PPG.
2. Implementación del AFE, con el fin de visualizar el pulso PPG según las especificaciones propuestas.
3. Elaboración de informe registrando la experiencia desarrollada y defensa oral con presentación.

Hito 1: Caracterización de la señal cruda de PPG

Para determinar el filtrado y amplificación del AFE, es necesario caracterizar la señal. Para lograrlo se propone utilizar el sensor infrarrojo CYN70, con su correspondiente circuito de polarización, como se muestra en la figura 2.

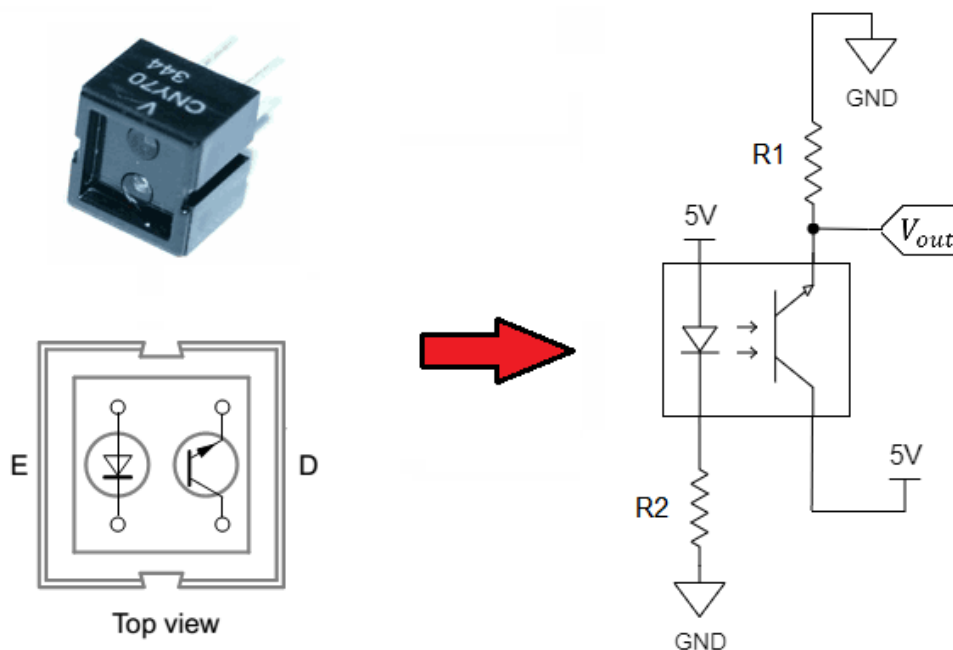


Figura 2: Conexión del sensor infrarrojo CYN70.

Implementar el circuito de la figura 2 considerando $R1 = 10k\Omega$ y $R2 = 180\Omega$. Obtener los siguientes valores de la señal:

- Valor de voltaje pico a pico.

- Período².

Realizar una breve investigación bibliográfica revelando las características de la señal y contrastar con los valores medidos. Tener en cuenta que los valores medidos serán aproximados y que dependerán de la persona que se someta a la lectura, la posición del dedo sobre el sensor, características de la piel, entre otras.

Hito 2: Implementación del Frontend Analógico

Dado que la señal de PPG es muy pequeña y contiene elementos que no son de interés para el estudio (comúnmente conocidos como ruido), es necesario contar con una etapa de amplificación para mejorar su resolución en amplitud y con una etapa de filtrado para resaltar las características más deseables de la señal. En la figura 3 se muestra un circuito para cumplir con los propósitos mencionados.

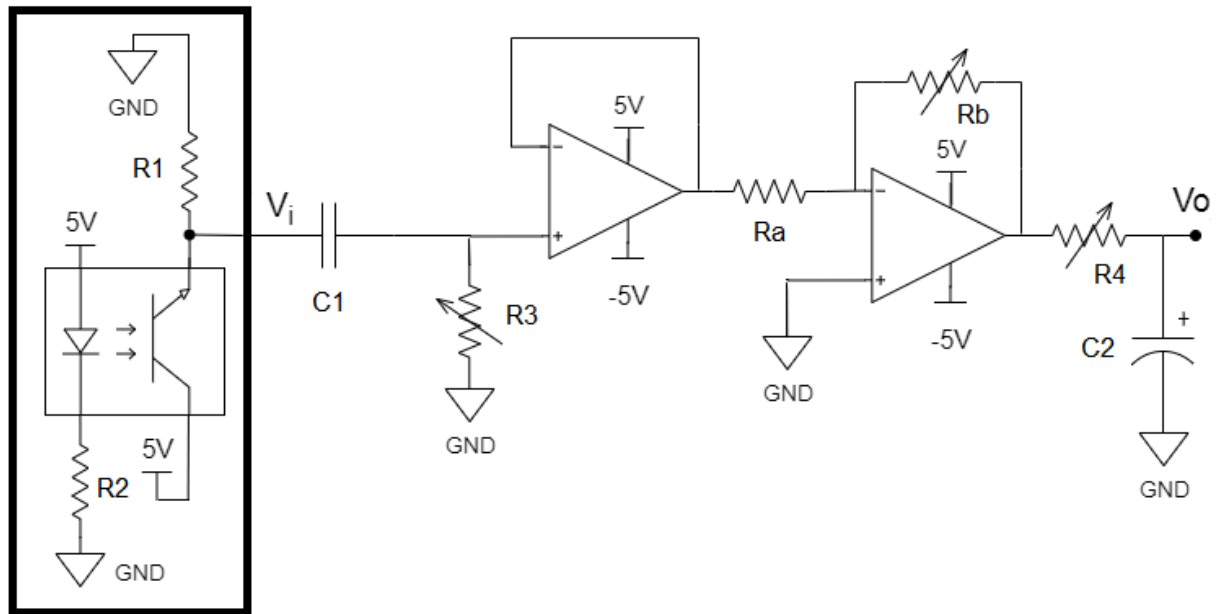


Figura 3: Frontend Analógico del fotoplethysmógrafo.

a. Diseño y armado del circuito

Implementar el circuito de la figura 3 teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Utilizar un capacitor cerámico para $C1 = 1\mu F$ y uno electrolítico para $C2 = 47\mu F$.
- Calcular los valores de $R3$ y $R4$ para que la frecuencia de corte inferior sea de 1 Hz y la frecuencia de corte superior de 30 Hz.
- Determinar los valores de Ra y Rb para que la amplitud de la señal de salida (V_o) esté comprendida entre 1 y 1.5 V.

Una vez determinados los valores de los componentes realizar las siguientes actividades:

1. Dividir el circuito en bloques según su función (filtro o amplificador) y hallar la función de transferencia de cada uno.
2. Hallar la función de transferencia total del circuito y graficar el diagrama de bode.
3. Contrastar la señal de entrada con la procesada (V_o) y sacar conclusiones sobre lo que se observa.
4. En caso de que se deforme la morfología de la señal ajuste la/s frecuencia/s de corte que crea necesaria.

²Tener en cuenta que la señal es cuasiperiódica.

b. Visualización del pulso cardíaco

Diseñar un circuito comparador con umbral ajustable mediante un divisor resistivo y colocar a la salida un led con una resistencia en serie de 220Ω . El led se debe encender al ritmo de la onda registrada, como se ilustra en la figura 4.

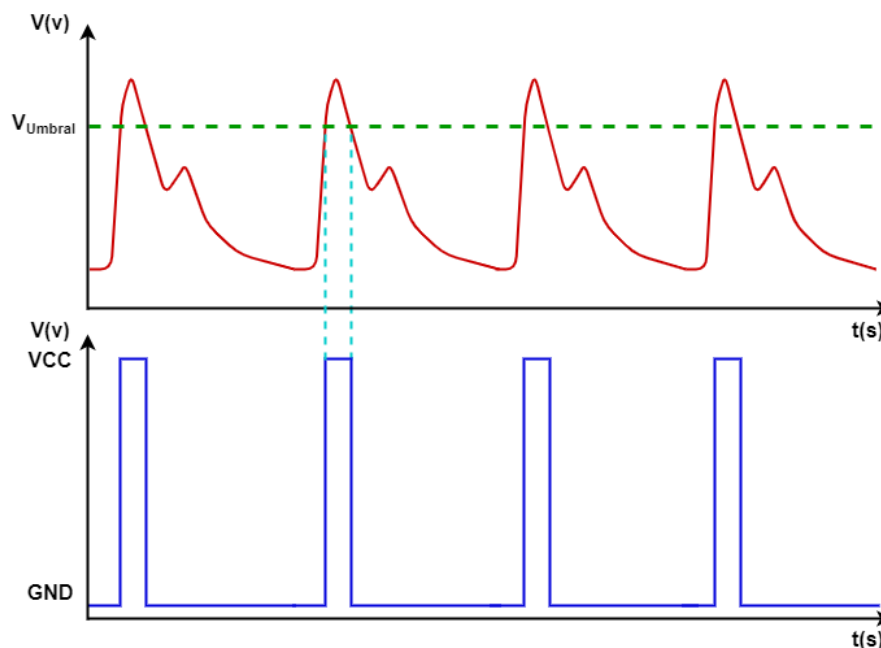


Figura 4: Generación de un pulso digital para encender un led al ritmo cardíaco.

Cronograma tentativo - Febrero 2025

Las actividades a continuación mencionadas **son instancias obligatorias**. Una inasistencia sin previo aviso ni debidamente justificada al cuerpo docente implicará la posibilidad de perder la instancia de examen. Las instancias propuestas son:

- **29/01:** Presentación de la letra.
- **07/02:** Revisión del Hito 1 y consulta.
- **14/02:** Revisión del Hito 2 y consulta.
- **19/02:** Entrega del informe final.
- **20/02:** Defensa oral.

Aclaraciones

- No es necesario llegar a la instancia de control con el hito completamente terminado, pero si se recomienda reportar un alto grado de avance y cumplimiento de los requisitos.
- No es necesario entregar ninguna documentación, son instancias de control y consulta. No obstante, se recomienda mostrar avances en la escritura del informe.
- En caso de ser necesarias consultas entre instancias de control, se deberán coordinar con el cuerpo docente.
- En caso de que se cumpla con el hito antes de la instancia de revisión, se sugiere continuar con las siguientes actividades para ganar tiempo.

Entrega e instancia de defensa

Informe

El informe a entregar debe contener las siguientes secciones:

- **Carátula:** con la correspondiente información (nombre de la carrera, logo, autor/es, nombre de la asignatura, etc.).
- **Abstract:** un resumen sobre todo lo realizado en el transcurso del proyecto.
- **Marco teórico:** desarrollar brevemente lo investigado en el hito 1.
- **Procedimiento y resultados:** explicación junto con imágenes de la experiencia realizada y los resultados obtenidos.
- **Conclusiones:** sintetizar lo aprendido con el desarrollo de la experiencia.
- **Bibliografía:** libros, artículos y/o links utilizados. Se sugiere colocar no más de 4.

Importante

Se sugiere que el informe no supere una extensión de 8 hojas, sin incluir la carátula.

Defensa

La defensa deberá estar apoyada con una presentación en diapositivas y la exposición oral deberá tener una duración aproximada de 20 minutos. Se debe incluir un **video demostrativo** para ahorrar tiempo y evitar complicaciones en la instancia. El video debe tener una duración entre 1 y 3 minutos, donde se muestre el circuito en funcionamiento, los instrumentos de medición y la medición que se esté llevando a cabo.

Luego de la presentación se abrirá un espacio de preguntas abarcando cuestiones conceptuales sobre el trabajo desarrollado y sobre los temas vistos durante el curso.