

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Diseñar e implementar un control de corriente y temperatura para diodos láseres de alta corriente ($>1A$) con tecnología Hytek, un sistema embebido de bajo costo e interfaz gráfica para el usuario.

Dualock Fonseca Monge B42629

Gokeh Ávila Blanco B50747

II Semestre 2023

4 de diciembre de 2023

Índice

1. Semana 1	4
2. Semana 2	5
2.1. Objetivos	5
2.2. Contactar al profesor guía. Fecha: 21/08/2023	5
2.3. Primer reunión con Jaime Cascante. Fecha 23/08/2023	5
2.4. Investigación sobre los controlador Hytek. Fecha 26/08/2023	5
2.5. Selección de Software de Diseño de PCB. Fecha 26/08/2023	5
3. Semana 3	6
3.1. Objetivos	6
3.2. Creación de repositorio de Git. Fecha: 29/08/2023	6
3.3. Visita al laboratorio. Fecha: 30/08/2023	6
3.4. Descarga e instalación de Circuit Maker. Fecha: 2/09/2023	6
4. Semana 4	7
4.1. Objetivos	7
4.2. Herramientas de gestión de proyectos. Fecha: 5/09/2023	7
4.3. Segunda reunión con el profesor Jaime en el eLab para hablar más sobr el proyecto. Fecha: 6/09/2023	7
4.4. Creación de Repositorio en JIRA: 7/09/2023	7
5. Semana 5	8
5.1. Objetivos	8
5.2. Tabulación de las principales características técnicas del Hy6340 Fecha: 15/09/2023 - De 2p.m a 4p.m	8
5.3. Estudio de diseño de PCBs en circuit maker. Fecha: 16/09/2023 Y 17/09/2023 - De 10:00am a 6:00pm ambos días	9
6. Semana 6	10
6.1. Objetivos	10
6.2. Creación de la librería en KiCAD con el símbolo del Hy6340 Fecha: 20/09/2023 - De 2p.m a 5p.m	10
7. Semana 7	11
7.1. Objetivos	11
7.2. Continuación del estudio de diseño de PCBs en circuit maker. Fecha: 23/09/2023 - De 1:00pm a 8:00pm Y 24/09/2023 - De 11:00am a 7:00pm	11
7.3. Creación de la librería en KiCAD con el símbolo del Hy6340 Fecha: 27/09/2023 - De 11a.m a 1p.m	11
7.4. Visita al laboratorio programada para discutir sobre el diseño y realizar pruebas 29/09/2023 - De 2 p.m a 6p.m	11

8. Semana 8	12
8.1. Objetivos	12
8.2. Reunión para cambiar simulador para el diseño del PCB. 2/10/2023 6:30p.m a 10:00p.m	12
8.3. Aprender a usar Kicad para diseño de PCBs. 3/10/2023 6:30p.m a 10:00p.m y 5/10/2023 6:30p.m a 10:00p.m	12
8.4. Trabajar el diseño del Hytek5640. 7/10/2023 1:00p.m a 8:00p.m	12
8.5. Tabular las características técnicas y condiciones de operación Hy5640. Dualok 6/10/2023 2p.m a 4p.m	12
9. Semana 9	16
9.1. Objetivos	16
9.2. Visitar el laboratorio para probar los circuitos diseñados. 13/10/2023 7:30p.m a 9:30p.m	16
9.3. Inicio del diseño del PCB para el diseño en cuestión. 14/10/2023 - De 10:00a.m a 8:00p.m	16
10.Semana 10	17
10.1. Objetivos	17
10.2. Reunión para acordar la compra de componentes para armar el circuito. 17/10/2023 7:30p.m a 9:30p.m	17
10.3. Simulación de los circuitos de alimentación	17
10.4. Reunión para agregar la implementación del Multirailing en el diseño. 18/10/2023 - De 6:00p.m a 10:00p.m	20
10.5. Planeamiento para ir al laboratorio el día viernes 20 de Octubre para realizar el circuito físico. 20/10/2023 - De 3:00p.m a 6:00p.m	21
10.6. Tabla de Componentes:	21
10.7. Asistencia al laboratorio con el fin de conectar el circuito en la protoboard. 20/10/2023 - De 4:00p.m a 7:00p.m	21
10.8. Creación del diseño completo en Kicad con los reguladores y los controladores. 22/10/2023 - De 2:00p.m a 6:00p.m	23
11.Semana 11	24
11.1. Objetivos	24
11.2. Circuito de alimentación. 24/10/2023 - De 4:00p.m a 8:20p.m	24
11.3. Arduino. 23/10/2023 - De 6:00p.m a 9:00p.m	25
11.4. Circuito de alimentación. 27/10/2023 - De 3:00p.m a 9:00p.m	25
11.5. Realizar las pruebas de laboratorio para ambos controladores	25
12.Semana 12	27
12.1. Objetivos	27
12.2. Conexión del Hytek 6340. 30/10/2023 - De 4:00p.m a 8:00p.m	27
12.3. Conexión del Hytek 5640 y pruebas con el Hytek 6340. 1/11/2023 - De 3:00p.m a 9:00p.m	27
12.4. Diseño del PCB. 5/11/2023 - De 2:00p.m a 11:30p.m	28
12.5. Creación del documento para el manual. 6/11/2023 - De 6:00p.m a 7:00p.m	29

13.Semana 13	30
13.1. Objetivos	30
13.2. Debug del controlador 5640. 6/10/2023 de 3:00p.m a 8:00p.m Y 7/10/2023 de 4:00p.m a 8:00p.m	30
13.3. Continuación del PCB. 8/11/2023 - De 3:00p.m a 9:00p.m	30
14.Semana 14	31
14.1. Objetivos	31
14.2. Visita al laboratorio. 17/11/23 - 4:00pm a 8:00pm	31
14.3. Ajustes en los diseños.	31
14.4. Simulación del sensor de temperatura en tinkercad	31
15.Semana 15	34
15.1. Objetivos	34
15.2. Creación de la gráfica Iout vs Vref. 24/11/2023 - 9:00am a 10:00am	34
15.3. Simulación del sensor de corriente. 24/11/2023 - 12:00pm a 3:00pm	35
16.Semana 16	36
16.1. Objetivos	36
16.2. Conclusión del manual. 29/11/2023 - 4:00 p.m a 8:00pm y 2/12/2023 - 1:00pm a 6:00pm	36
16.3. Pinouts del Arduino. 1/12/2023 - 7:00pm a 9:00pm	36
16.4. Actualización del proyecto en git. 30/11/2023 de 1:00pm a 4:00pm	37
16.5. Conclusión del póster electrónico. 3/12/2023 - 8:00am a 1:00pm	37

1. Semana 1

Durante esta semana no se trabajó, solamente se realizó la asignación de proyectos. Se decidió trabajar en conjunto y se revisaron algunos de los proyectos disponibles.

2. Semana 2

2.1. Objetivos

- Contactar al profesor Jaime Cascante para obtener una asignación del proyecto eléctrico.
- Realizar una investigación exhaustiva de hojas de datos de circuitos integrados Hytek relevantes.
- Investigar sobre software de uso gratuito para la creación del PCB.

2.2. Contactar al profesor guía. Fecha: 21/08/2023

Se contactó al profesor Jaime Cascante y se acordó realizar una reunión. El profesor dio luz verde a la idea de trabajar un grupo de dos personas para un mismo proyecto.

2.3. Primer reunión con Jaime Cascante. Fecha 23/08/2023

Se visitó el laboratorio eLab, donde se discute con el profesor guía los objetivos y alcance del proyecto. El profesor espera que se pueda poner a funcionar el controlador y explica que la idea es diseñar un PCB para mandarlo a fabricar, ya que el uso de alta corriente puede quemar una protoboard, además comenta que la documentación que existe es escasa.

2.4. Investigación sobre los controlador Hytek. Fecha 26/08/2023

Se realizó una investigación de documentos como hojas de datos y aplicaciones utilizando tecnología Hytek. Durante la recopilación de datos, se observó que la documentación de los controladores Hytek HY5640 y HY6340 es muy limitada. Se logró obtener documentos de aplicación (aunque no necesariamente de uno de estos dos controladores) y la hoja de datos del HY5640, sin embargo esta no contiene ejemplos de configuraciones eléctricas del controlador.

2.5. Selección de Software de Diseño de PCB. Fecha 26/08/2023

Se investigaron los diferentes software de uso gratuito para realizar el diseño del PCB populares, como KiCad, Eagle, EasyEDA, Circuit Maker y luego de una evaluación de la facilidad de uso, las capacidades de diseño y las opiniones de la comunidad para cada software se decide trabajar con Circuit Maker como primer opción y KiCAD en caso de que Circuit Maker presente algún problema específico para este diseño.

3. Semana 3

3.1. Objetivos

- Crear un repositorio en Git para agregar documentación, referencias y código del proyecto eléctrico.
- Visitar el laboratorio y trabajar en conjunto para diseñar un primer avance del prototipo.
- Descargar e instalar Circuit Maker en las diferentes máquinas que se van a utilizar durante el proyecto.

3.2. Creación de repositorio de Git. Fecha: 29/08/2023

Se creó un repositorio de GitHub para tener un controlador de versiones para la codificación de la interfaz en Arduino, este se encuentra disponible en:

<https://github.com/Dualock/Controlador-de-corriente-y-temperatura-Hytek>

3.3. Visita al laboratorio. Fecha: 30/08/2023

Se visitó el laboratorio para comenzar a diseñar un primer avance del prototipo, sin embargo no se nos permitió acceder debido a que el profesor guía aún no ha enviado la lista oficial de estudiantes con permiso a utilizar el laboratorio a la oficina de administración de ingeniería eléctrica.

3.4. Descarga e instalación de Circuit Maker. Fecha: 2/09/2023

El primer de septiembre, se solicitó una activación de cuenta para poder descargar y utilizar el software de forma gratuita, pero hasta este día llega el correo de confirmación, lo que permite descargar e instalar Circuit Maker.

4. Semana 4

4.1. Objetivos

- Investigar sobre herramientas de planificación de proyectos que implementen metodología Agile y crear un proyecto en dicha herramienta.
- Asistir a la reunión convocada por el profesor guía.

4.2. Herramientas de gestión de proyectos. Fecha: 5/09/2023

Se realizó una investigación sobre las metodologías ágiles y se determinó que la aplicación de Kanban es la más adecuada para el proyecto actual debido a su enfoque en el flujo de trabajo continuo.

Se decide trabajar con JIRA por ser una herramienta popular y altamente usada en el mercado laboral, además se determina que con el plan gratuito es más que suficiente para el proyecto en cuestión. Se realiza además una revisión de la documentación oficial de JIRA disponible en <https://confluence.atlassian.com/jira>.

4.3. Segunda reunión con el profesor Jaime en el eLab para hablar más sobre el proyecto. Fecha: 6/09/2023

Se asistió a una reunión en el eLab con el profesor Jaime y los otros compañeros que están trabajando con él para entender mejor los objetivos esperados con el proyecto.

4.4. Creación de Repositorio en JIRA: 7/09/2023

Se configuró un repositorio en JIRA con una estructura que refleja la metodología Kanban y se invitó al equipo a unirse. Se comenzó a gestionar las tareas del proyecto de manera ágil, lo que permitirá un seguimiento más efectivo y una respuesta más ágil a los cambios y desafíos a medida que surgen.

5. Semana 5

5.1. Objetivos

- Tabular las características técnicas y condiciones de operación del Hy6340

5.2. Tabulación de las principales características técnicas del Hy6340 Fecha: 15/09/2023 - De 2p.m a 4p.m

Durante la semana 5 del proyecto, se trabajó en la recopilación de información esencial relacionada con el controlador Hy6340. Esto incluyó la tabulación de las principales características técnicas y condiciones típicas de operación de este dispositivo. Las características físicas del controlador Hy6340, como su tamaño y dimensiones, fueron registradas en una tabla para una fácil referencia en futuros diseños. Además, se creó una tabla detallada que especifica los pines y sus respectivas funciones en el controlador.

Tabla 1: Medidas del controlador Hy6340

Medida	Pulgadas	Centímetros
Ancho	0.950	2.413
Largo (Hasta los pines)	1.200	3.048
Largo (Carcasa completa)	1.430	3.6322
Profundidad de pines	0.300	0.762

Tabla 2: Características técnicas y condiciones de operación Hy6340

Especificación	Pines	Tipo	Valor
Voltaje de alimentación negativa (VEE)	9, 10, 11, 16	Entrada	9V a 15V
Enable(EN)	7	Entrada	conectado VEE (apagado), conectado a GND o abierto (encendido)
Tierra(GND)	18, 19, 20	Entrada	Voltaje de referencia común o tierra
Modulación(MOD)	21	Entrada	0.01A a 1A con VEE +3 V (1.5A con aire acondicionado forzado)
Realimentación óptica (FB)	22	Entrada	Si FB es menor que MOD, incrementa Iout Si FB es mayor que MOD, decrementa Iout
Corriente del diodo láser (Iout)	12, 13, 14	Salida	0 a 1A (1.5 con aire acondicionado forzado)
Salida de referencia	8	Salida	VEE +5V con una corriente menor que 100mA
Temperatura de operación	-	Condiciones de operación	-20°C to +100°C
Temperatura de almacenamiento	-	Condiciones de operación	-65°C to +150°C

Esta información será fundamental para el diseño de circuitos y placas de circuito impreso que involucren el controlador Hy6340.

5.3. Estudio de diseño de PCBs en circuit maker. Fecha: 16/09/2023 Y 17/09/2023 - De 10:00am a 6:00pm ambos días

Se instaló la aplicación de circuit maker y se empezó un tutorial de diseños de PCBs en utilizando el mismo donde se repasaron conceptos de electrónica importantes a la hora de diseñar un PCB.

6. Semana 6

6.1. Objetivos

- Comenzar con la creación del esquemático y los símbolos del Hy6340 en KiCAD o Circuit Maker

6.2. Creación de la librería en KiCAD con el símbolo del Hy6340 Fecha: 20/09/2023 - De 2p.m a 5p.m

Se dio comienzo a la creación de una librería en KiCAD para almacenar los símbolos de los esquemáticos de los controladores Hy6340 y Hy5640, ya que estos no están disponibles en las librerías de KiCAD. Por el momento, solo se ha completado la creación del símbolo para el controlador Hy6340. Tanto la librería como el símbolo están disponibles en el repositorio de github, específicamente en la dirección <https://github.com/Dualock/Controlador-de-corriente-y-temperatura-Hytek/tree/main/KiCAD%20PCB>. Estos símbolos permitirán una representación precisa del controlador en nuestros diseños esquemáticos y el footprint para diseñar el PCB.

7. Semana 7

7.1. Objetivos

- Realizar un esquemático a mano y en KiCAD con la configuración del Hy6340.
- Realizar las primeras pruebas de laboratorio.
- Continuar la investigación sobre el uso de ambos software.

7.2. Continuación del estudio de diseño de PCBs en circuit maker. Fecha: 23/09/2023 - De 1:00pm a 8:00pm Y 24/09/2023 - De 11:00am a 7:00pm

Se continuo con el tutorial de diseños de PCBs y se hicieron unos diseños de practica, para ver la funcionalidad de la herramienta circuit maker.

7.3. Creación de la librería en KiCAD con el símbolo del Hy6340 Fecha: 27/09/2023 - De 11a.m a 1p.m

Se realizó un análisis de la configuración del circuito del controlador Hy6340. De las conexiones necesarias para garantizar su funcionamiento. Además, se trabajó en la creación del esquemático en KiCAD para representar el circuito del Hy6340. Este esquemático servirá como una referencia a medida que avanza el proyecto. El objetivo principal de este esquemático es proporcionar una guía clara y visual de cómo se deben realizar las conexiones en el laboratorio. Con esta referencia en mano, se pueden llevar a cabo las conexiones prácticas en el laboratorio.

7.4. Visita al laboratorio programada para discutir sobre el diseño y realizar pruebas 29/09/2023 - De 2 p.m a 6p.m

Se acordó la visita al laboratorio para el día siguiente a la entrega de esta bitácora, eventualmente se actualizará esta sección.

8. Semana 8

8.1. Objetivos

- Cambiar de simulador para el diseño de la PCB.
- Aprender a diseñar PCB en Kicad.
- Tabular las características técnicas y condiciones de operación Hy5640.
- Iniciar el diseño del Hytek 5640, hacer un esquemático a mano y en Kicad.

8.2. Reunión para cambiar simulador para el diseño del PCB. 2/10/2023 6:30p.m a 10:00p.m

Se realizó una sesión de Microsoft Teams para acordar qué otro simulador se podía usar para realizar el diseño y emulación del PCB. En dicha reunión se concluyó que la mejor opción era Kicad ya que ahí se estaba realizando la emulación del Hytek6340, por lo que ya se tenía el componente diseñado.

8.3. Aprender a usar Kicad para diseño de PCBs. 3/10/2023 6:30p.m a 10:00p.m y 5/10/2023 6:30p.m a 10:00p.m

Cada integrante estudio por separado una serie de tutoriales sobre el diseño de PCBs en Kicad para aprender a usarlo.

8.4. Trabajar el diseño del Hytek5640. 7/10/2023 1:00p.m a 8:00p.m

Se trabajó el diseño del Hytek5640, donde se logró llegar a un diseño preliminar.

8.5. Tabular las características técnicas y condiciones de operación Hy5640. Dualok 6/10/2023 2p.m a 4p.m

Tabla 3: Pines de entrada

Especificaciones	Pines	Valor
VDD (Voltaje de referencia) suministra la tensión a la circuitería interna	8	5V a 20V
GND (Voltaje de referencia)	11 y 12	Tierra
VS (voltaje de alimentación) de la circuitería de potencia	10	3V a 12V

Tabla 4: Componentes externos de configuración

Componente	Conectado entre los pines	Especificaciones
RCC (Resistor de corriente de enfriamiento)	1 y 2	Potenciometro para limitar la corriente maxima en el ciclo de enfriamiento. Se pueden diseñar utilizando la gráfica
RCH (Resistor de corriente de calentamiento)	1 y 3	Potenciometro para limitar la corriente maxima en el ciclo de calentamiento. A menudo se limita el valor maximo de corriente de calentamiento hasta un 30 % menos que la corriente de enfriamiento. $I_{Hmax} = 0.7 I_{Cmax}$. Se puede diseñar utilizando la gráfica
RG (Resistor de ajuste de ganancia)	5 y 6	Resistor que controla la respuesta en frecuencia del lazo de realimentacion. No suele ser necesario ya que el Hy5640 implementa un resistor interno de 10Mohm
RT (Termistor)	6 y 7	Termistor conectado fisicamente al TEC, normalmente se utiliza un termistor Dale 1M1002 de 10kohm
RL y CL (Red de Estabilidad del Lazo)	3 y 5	Capacitor y potenciometro conectados en serie, se utilizan para estabilizar el lazo de realimentación del TEC. Se requiere conocer el tiempo térmico constante (lo que dura el TEC en alcanzar un 66 % de su temperatura final) para dar valores a RC
RS (Resistor de ajuste de temperatura)	1 y 7	Potenciometro para controlar la temperatura a la que debe funcionar el TEC. La resistencia del termistor debe igualar la resistencia del resistor de ajuste de temperatura cuando el circuito esté estabilizado. Es decir que siempre RT debe tratar de igualar a RS. Utilizando un termistor dale 10k se puede diseñar esta resistencia utilizando la gráfica.
TEC (Enfriador termoelectrico)	9 y 13	Es la carga del controlador, lo que se desea controlar. El cable conductor de corriente de enfriamiento se conecta al pin 9 y el cable conductor de la corriente de calentamiento se conecta al pin 13. Si $R_T > R_S \Rightarrow$ Fluye corriente maxima de enfriamiento del pin 9 al 13 Si $R_T < R_S \Rightarrow$ Fluye corriente maxima de calentamiento del pin 13 al 9

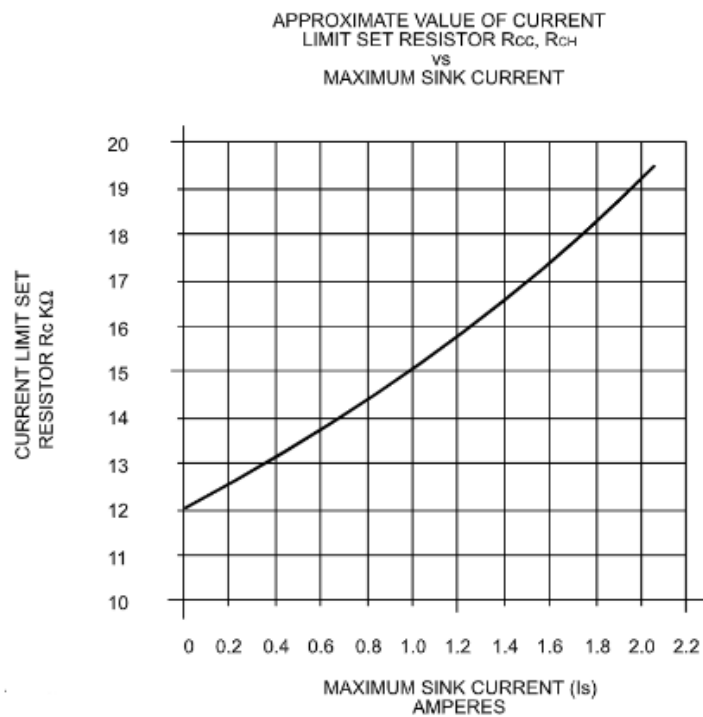


Figura 1: Gráfica de variación de R_{CC} y R_{CH} de acuerdo a la corriente deseada

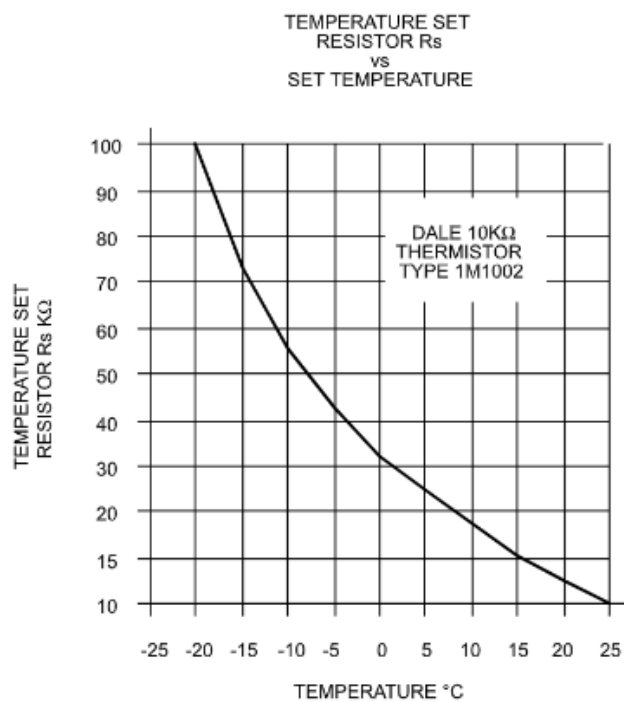


Figura 2: Gráfica de variación del coeficiente de temperatura del termistor de 10k

TYPICAL RESISTOR
AND CAPACITOR VALUES
FOR VARIOUS THERMAL
TIME CONSTANTS

THERMAL TIME CONSTANT T (SECONDS)			
	R _L	C _L	R _g
1	10 MΩ	0.1 μF	100KΩ to 10MΩ ↓
2	20 MΩ	0.1 μF	
3	3 MΩ	1.0 μF	
5	4.7 MΩ	1.0 μF	
10	10 MΩ	1.0 μF	
15	15 MΩ	1.0 μF	
20	20 MΩ	1.0 μF	

TABLE 1

Figura 3: Tabla de valores típicos de RL y CL de acuerdo al tiempo térmico constante

9. Semana 9

9.1. Objetivos

- Visitar el laboratorio para probar los circuitos diseñados.
- Iniciar con el diseño del PCB.

9.2. Visitar el laboratorio para probar los circuitos diseñados. 13/10/2023 7:30p.m a 9:30p.m

Se acordó visitar el laboratorio el día 13 de Octubre por la tarde con el objetivo de armar el circuito y hacer las pruebas necesarias, sin embargo, no se logró el objetivo ya que el laboratorio no contaba con muchos de los componentes necesarios, específicamente con los reguladores LM337 y LM317. Por lo que solo se pudo montar una parte pequeña del circuito en una Protoboard. Y se hizo una lista inicial de componentes necesario que no encontramos en el laboratorio.

9.3. Inicio del diseño del PCB para el diseño en cuestión. 14/10/2023 - De 10:00a.m a 8:00p.m

No se pudo iniciar ya que no se logró concretar la prueba del circuito en el laboratorio por lo explicado en el punto anterior.

10. Semana 10

10.1. Objetivos

- Simular el circuito de alimentación para el multirail del PCB
- Hacer la lista y compra de los componentes necesarios para el circuito.
- Tener una consulta virtual con Jaime Cascante para evacuar posibles dudas y que nos de el visto bueno sobre el diseño.
- Concluir con el diseño del circuito.

10.2. Reunión para acordar la compra de componentes para armar el circuito. 17/10/2023 7:30p.m a 9:30p.m

Se creó una reunión de Microsoft Teams con el fin de obtener una lista de componentes necesarios para armar el circuito ya que en el laboratorio no hay algunos de ellos. También se habló de algunos aspectos que nos hacían falta del diseño como por ejemplo la forma en que pensamos alimentar el circuito ya que contamos con dos controladores que ocupan tensiones distintas, por lo que discutimos el tema de utilizar un Multirailing para alimentar varios componentes con una fuente de poder. Además se contactó al profesor Jaime Cascante vía Telegram para pedirle una consulta virtual con el fin de evacuar algunas dudas del diseño.

10.3. Simulación de los circuitos de alimentación

Para alimentar el controlador Hy6340 se planteo utilizar 2 reguladores de tensión LM337 ya que se requieren 2 entradas de tensión, la entrada de modulación para controlar la corriente del láser y el voltaje de alimentación negativo VEE. Se piensa alimentar el circuito con -15V y por medio de dos reguladores de tensión negativa se obtienen fijos -12V para la entrada VEE y una tensión ajustable en el rango $[VEE, VEE+3V]$, con la configuración.

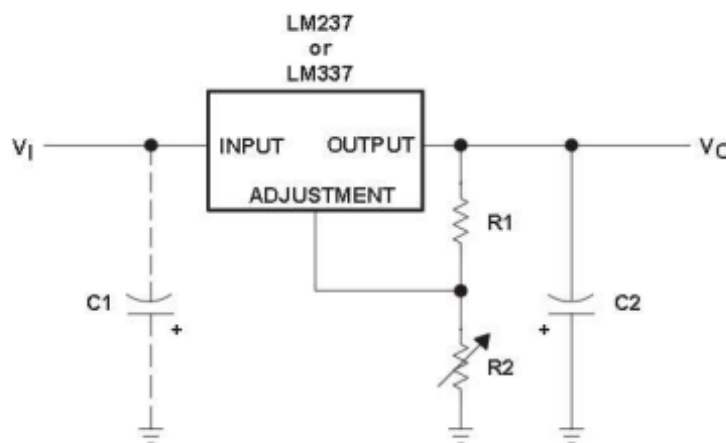


Figura 4: Configuración del regulador LM337

Según la hoja del fabricante, la resistencia R1 es típicamente 120Ω y se ajusta el potenciómetro para obtener una tensión de salida adecuada, para obtener VEE, se utiliza una resistencia fija R2 para obtener una tensión fija de -12V en VEE, utilizando la fórmula.

$$R_2 = R_1 \left(\frac{-V_{out}}{-V_{ref}} - 1 \right) \quad (1)$$

$$R_2 = 120 \left(\frac{-12V}{-1,25} - 1 \right) = 1032\Omega \quad (2)$$

Para la entrada MOD, se ocupa que el rango máximo de tensión vaya de [-12V,-9V].

$$R_2 = 120 \left(\frac{-9V}{-1,25} - 1 \right) = 744\Omega \quad (3)$$

Por lo tanto, el potenciómetro debe operar en el rango de [744Ω, 1032Ω]

Luego para alimentar el controlador Hy5640 se plantea utilizar dos reguladores de tensión positiva LM317, para las entradas Vs y VDD.

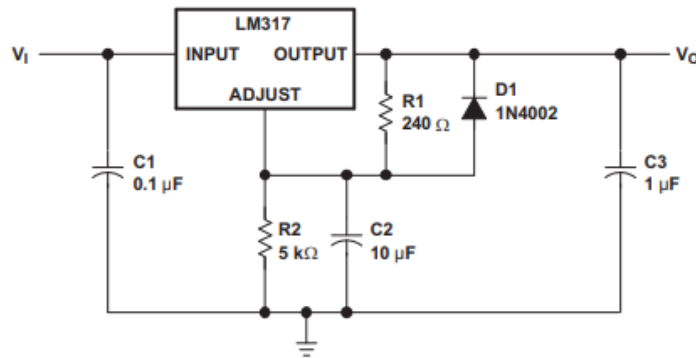


Figura 5: Configuración del regulador LM317

Se decide utilizar 9V de tensión de alimentación (VDD) y 5V de tensión (VS). Se calcularon los valores de las resistencias para obtener tensiones de 5V (para VS) y 9V (para VDD), utilizando la formula.

$$R_2 = R_1 \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right) \quad (4)$$

El fabricante da el valor típico de 240Ω, entonces para un VDD de 9V

$$R_2 = 240 \left(\frac{9V}{1,25} - 1 \right) = 1488\Omega \quad (5)$$

Y se quiere un Vs que esté en el rango [3V,12V] y que no sea 1.5V mayor que la temperatura máxima del TEC, se decide que la tensión Vs, va a ser de 5V.

$$R_2 = 240 \left(\frac{5V}{1,25} - 1 \right) = 744\Omega \quad (6)$$

Se realizaron simulaciones en LTSpice, debido a que en el laboratorio no habían reguladores de tensión y los resultados fueron los esperados.

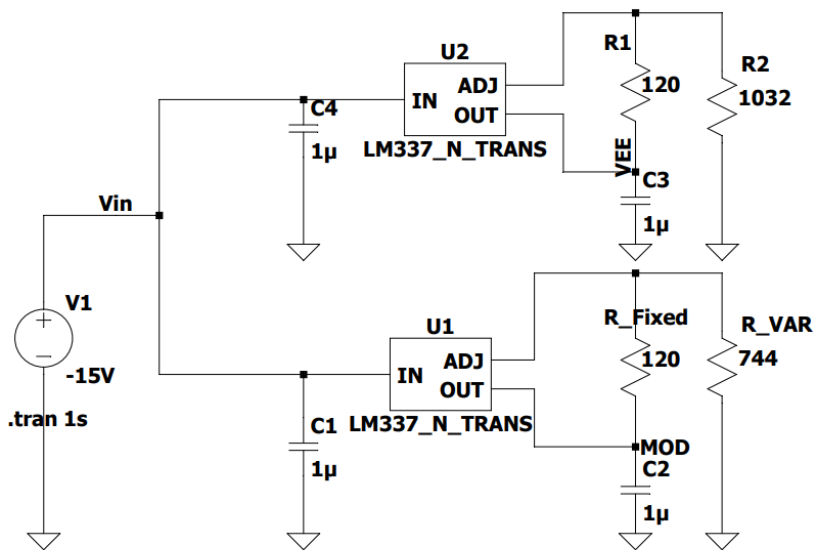


Figura 6: Configuración de alimentación de Hy6340

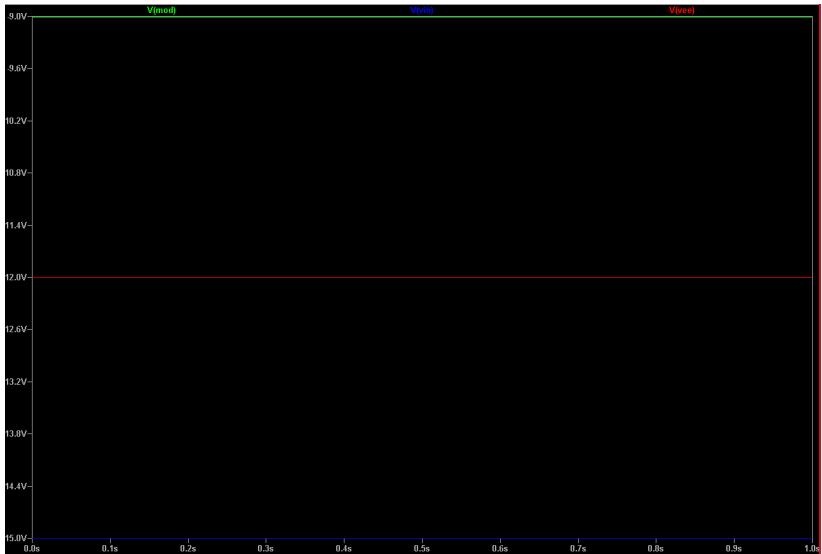


Figura 7: Configuración de alimentación de Hy6340

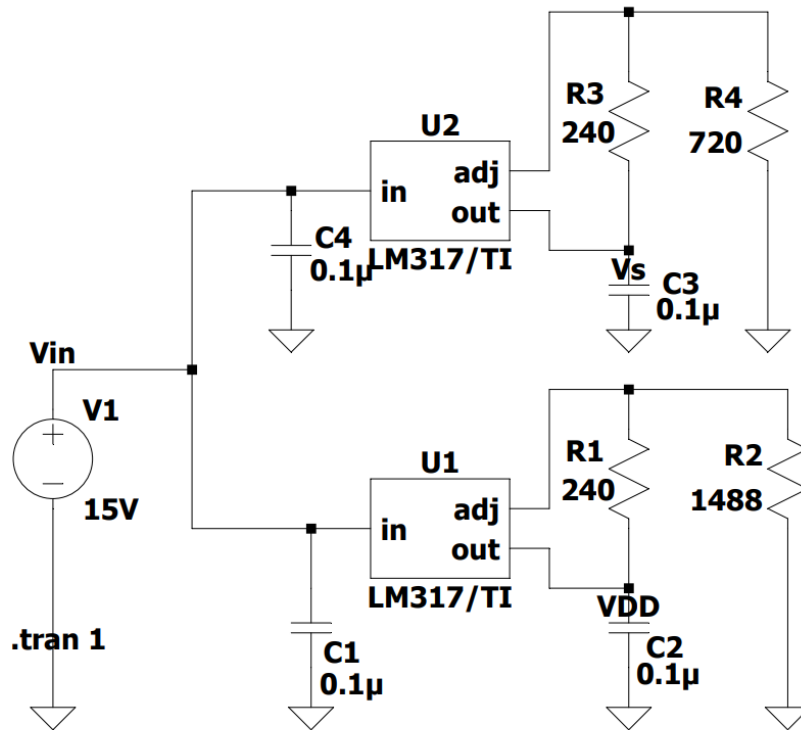


Figura 8: Configuración de alimentación de Hy5640

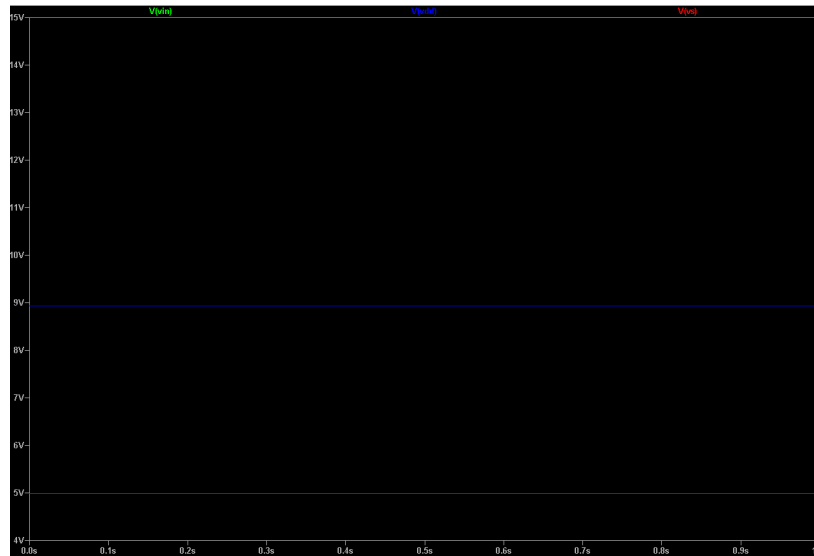


Figura 9: Configuración de alimentación de Hy5640

10.4. Reunión para agregar la implementación del Multirailing en el diseño. 18/10/2023 - De 6:00p.m a 10:00p.m

De nuevo se creo una reunión de Microsoft teams con el objetivo de agregar el Multirailing al circuito para ver su funcionamiento. Por otro lado se recibió contestación por parte del profesor

Jaime Cascante para la realización de una consulta virtual por Zoom, donde él accedió a tenerla el día 19/10/2023 a las 11:00a.m.

10.5. Planeamiento para ir al laboratorio el día viernes 20 de Octubre para realizar el circuito físico. 20/10/2023 - De 3:00p.m a 6:00p.m

Se irá al laboratorio el día 20 de Octubre con el fin de armar el circuito en la Protoboard y hacer las mediciones necesarias.

10.6. Tabla de Componentes:

Tabla de Componentes			
Hytek5640	Componente	Valor	Cantidad
	Capacitores	0.1uF	4
	Resistencias	240 Ω	2
	Resistencias	720 Ω	1
	Resistencias	1488 Ω	1
	LM317	-	2
Hytek6340	Capacitores	1uF	4
	Resistencias	120 Ω	2
	Resistencias	1032 Ω	1
	Resistencias	744 Ω	1
	LM337	-	2

10.7. Asistencia al laboratorio con el fin de conectar el circuito en la protoboard. 20/10/2023 - De 4:00p.m a 7:00p.m

Se asistió al laboratorio con el fin de conectar el circuito en la protoboard y hacer las pruebas necesarias. Se logró conectar una parte de los reguladores sin embargo no la totalidad del circuito, por lo cual se le pidió autorización al profesor Jaime Cascante para poder ir el Sábado, pero no tuvimos contestación del mismo. A su vez se realizaron pruebas con las fuentes del laboratorio para poder obtener la tensión de alimentación deseada.

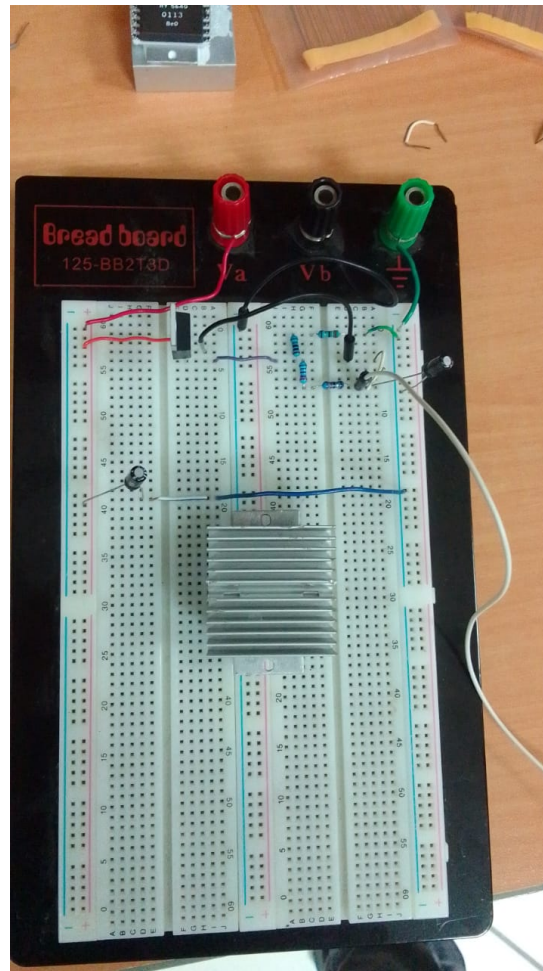


Figura 10: Primera parte del circuito.



(a) Tensión 1



(b) Tensión 2

Figura 11: Pruebas a la fuente del laboratorio.

10.8. Creación del diseño completo en Kicad con los reguladores y los controladores. 22/10/2023 - De 2:00p.m a 6:00p.m

Se realizó una reunión de Microsoft Teams con el objetivo de conectar todo el diseño en Kicad ya que la sección de los reguladores se probó en LTSpice. Por otro lado, se trabajó en una protoboard virtual en TinkerCad con el objetivo de tener el circuito armado con la misma lógica del diseño para que a la hora de llegar al laboratorio sea solo cuestión de tomar esa referencia y hacerlo en la protoboard física.

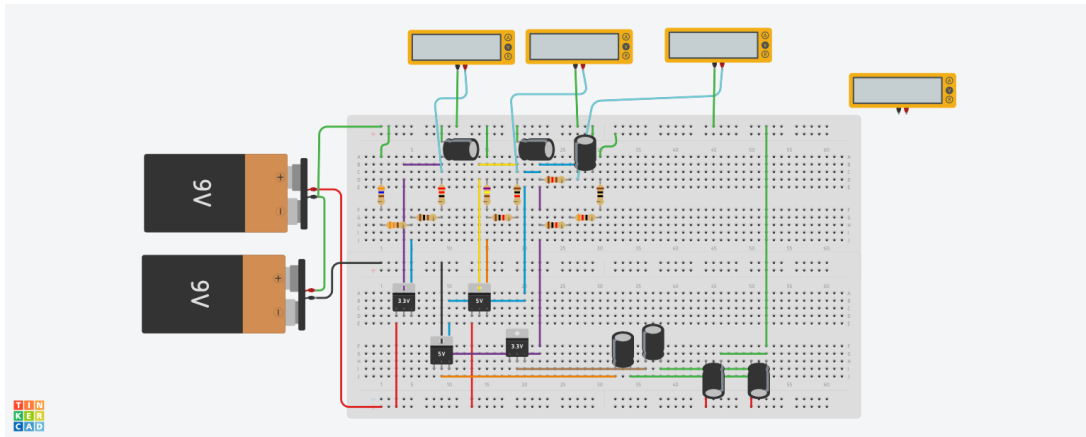


Figura 12: Conexiones en Tinkercad.

11. Semana 11

11.1. Objetivos

- Terminar de armar el circuito de alimentación en el laboratorio
- Concluir el diseño de los componentes de configuración del Hy5640: RS, RT, RL, CL
- Realizar las pruebas de laboratorio para ambos controladores
- Comenzar a programar el arduino para que muestre la corriente y temperatura medidas

11.2. Circuito de alimentación. 24/10/2023 - De 4:00p.m a 8:20p.m

Ambos integrantes asistieron al laboratorio para continuar con la implementación del circuito de alimentación, la implementación de dicho circuito de alimentación quedó casi lista pero se presentaron algunos inconvenientes ya que no se estaba logrando obtener las tensiones buscadas.

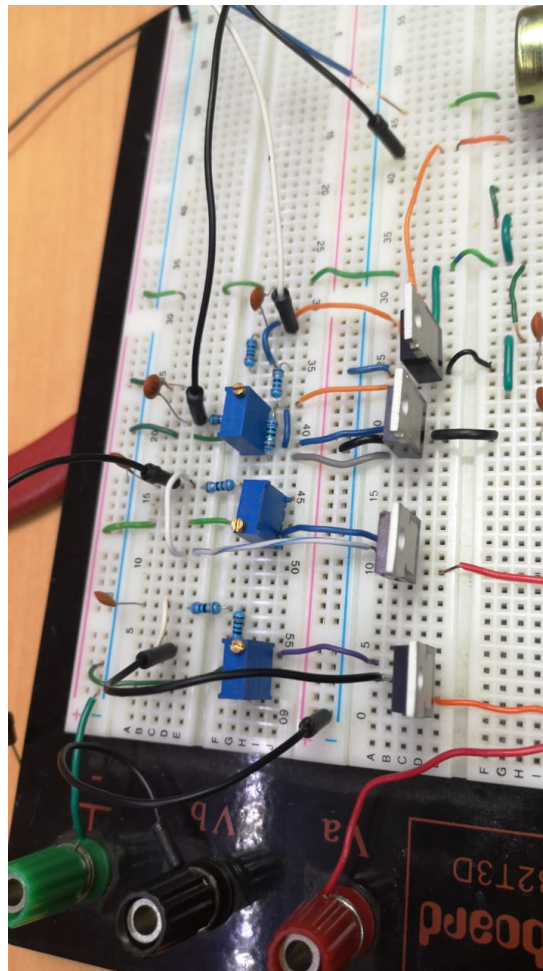


Figura 13: Circuito de alimentación con errores de conexión

11.3. Arduino. 23/10/2023 - De 6:00p.m a 9:00p.m

Por medio de una sesión de Microsoft Teams ambos integrantes continuaron investigando cuál podía ser la manera más óptima para implementar la parte del sensor de corriente y temperatura, que tipo de Arduino se pensaba utilizar y se inicio con el proceso de instalación del software para Arduino para dar inicio con el código.

11.4. Circuito de alimentación. 27/10/2023 - De 3:00p.m a 9:00p.m

Ambos integrantes asistieron al laboratorio para dar solución al circuito de alimentación. Se logró solucionar algunas conexiones mal realizadas previamente y se lograron obtener las tensiones buscadas.

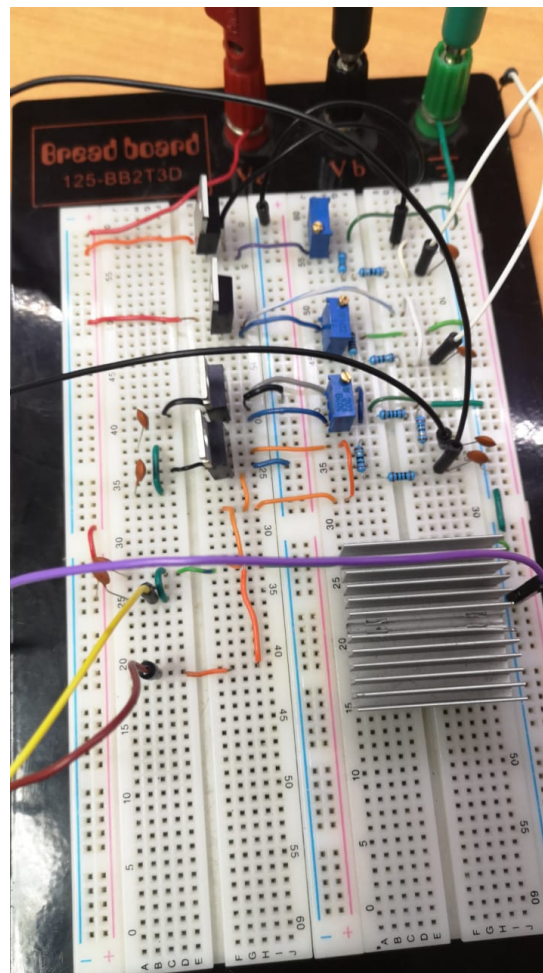


Figura 14: Circuito de alimentación funcional

11.5. Realizar las pruebas de laboratorio para ambos controladores

Ambos integrantes trabajaron conjuntamente para implementar el diseño completo con ambos controladores como se muestra en la figura 15, a su vez se terminaron de diseñar los parámetros del Hy5640, de modo que

$$I_C = 1A$$

Como la corriente de calentamiento debe ser 30 % menor que la corriente de calentamiento, según la hoja del fabricante, entonces

$$I_H = 0,7I_C = 0,7A$$

Utilizando la gráfica 1 se obtiene que

$$R_{CH} \approx 14,5k$$

$$R_{CC} \approx 15k$$

para obtener estos valores de corriente de enfriamiento y calentamiento, luego se utiliza un resistor de 10k para modelar el TEC y un potenciómetro de 100k para modelar la variación de temperatura del termistor según la gráfica 2. Como no tenemos forma de saber el tiempo térmico constante se supone uno de 5 segundos, por lo que se utilizaron los valores típicos correspondientes

$$RL = 4,7M\Omega$$

$$CL = 1\mu F$$

Por ultimo, la resistencia de ajuste de temperatura RS, utilizando la gráfica 2, se ajusta para que la temperatura se ajuste a 10°, aproximadamente

$$Rs \approx 18k$$

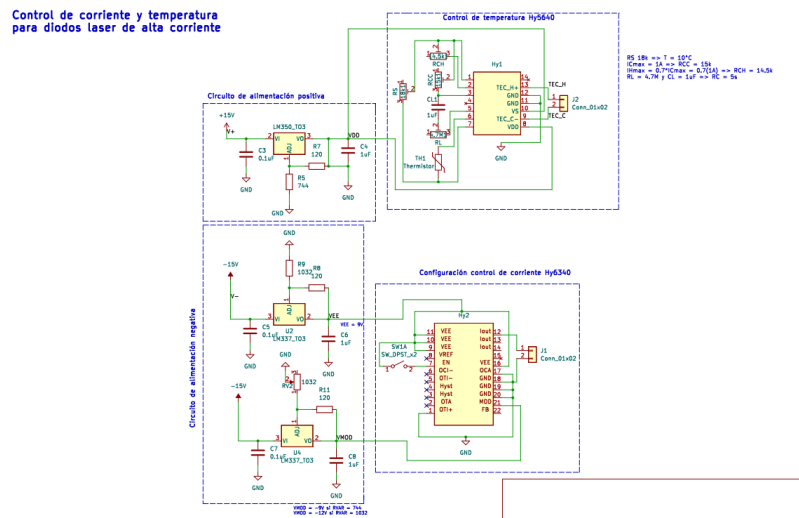


Figura 15: Esquemático del circuito completo en KiCAD

12. Semana 12

12.1. Objetivos

- Comenzar a preparar el manual de uso
- Resolver las conexiones mal hechas en el circuito de alimentación.
- Utilizar los modelos de termistor y TEC para probar las configuraciones de RS, RT, CL, RL del Hy5640
- Comenzar a diseñar el PCB

12.2. Conexión del Hytek 6340. 30/10/2023 - De 4:00p.m a 8:00p.m

Ambos integrantes asistieron al laboratorio para realizar la conexión del controlador Hytek 6340 en una protoboard aparte, y también se midieron las tensiones entregadas por los reguladores de tensión que se habían diseñado previamente.

12.3. Conexión del Hytek 5640 y pruebas con el Hytek 6340. 1/11/2023 - De 3:00p.m a 9:00p.m

Ambos integrantes asistieron al laboratorio para realizar la conexión del controlador Hytek 5640 en una protoboard aparte, la conexión del Hytek 6340 se pasó a la misma protoboard donde están los reguladores de tensión. Se realizaron pruebas con el Hytek 6340. Se logró controlar la corriente del modelo de 2 diodos y un resistor de 1 ohm, sin embargo, el control parece ser opuesto al de la hoja del fabricante, de modo que al variar la tensión de modulación, la corriente de salida es mínima en VEE+3 y se nota una corriente máxima, por el momento, en VEE. Es necesario realizar más pruebas en el 6340 para agregar la información correcta al manual de uso de este controlador. El controlador de temperatura no parece estar funcionando y es necesario hacer una última visita al laboratorio para solucionar los posibles problemas de conexión, mientras que se trabaja en posibles errores de diseño

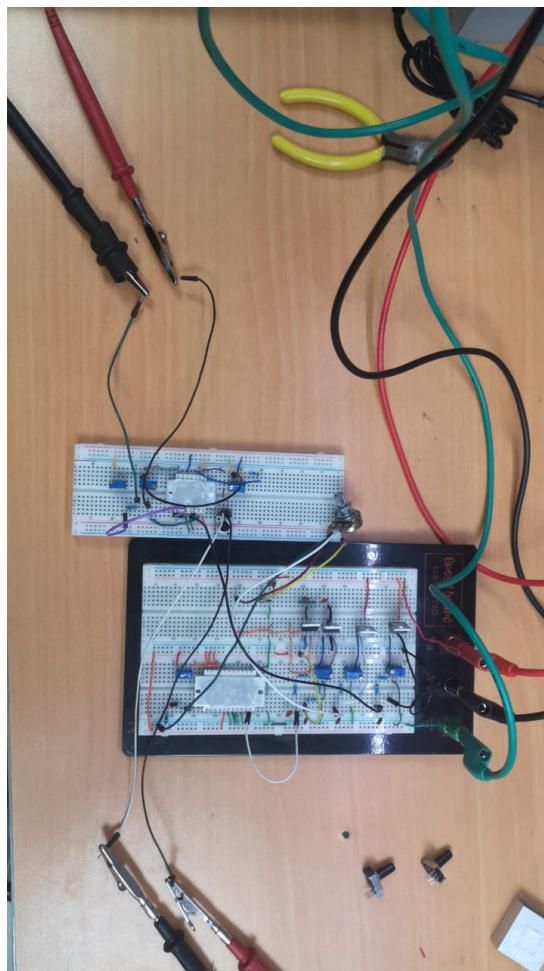


Figura 16: Implementación completa del circuito

12.4. Diseño del PCB. 5/11/2023 - De 2:00p.m a 11:30p.m

Ambos integrantes trabajaron en el diseño del PCB en un llamada de Microsoft Teams, este día se seleccionaron los footprints de los componentes, se diseñaron los footprints del Hytek6340 y del Hytek5640, todo esto se realizó utilizando KiCAD, además, se hizo el place de los componentes en la placa en KiCAD para luego que solo hiciera falta realizar el routing.

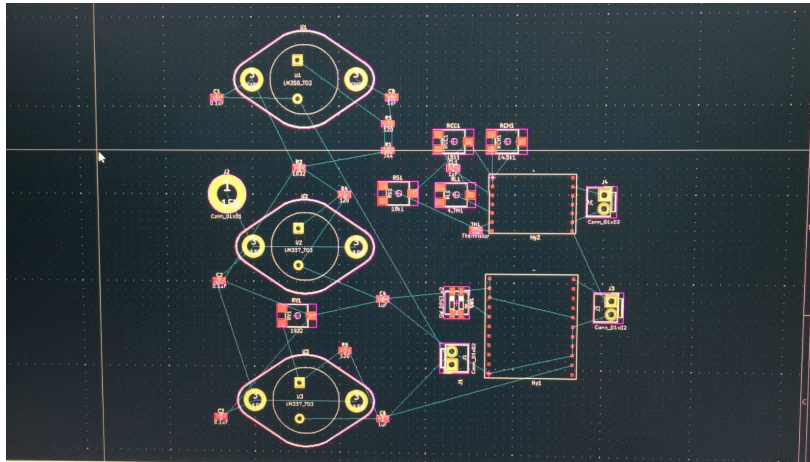


Figura 17: Diseño incompleto del PCB

12.5. Creación del documento para el manual. 6/11/2023 - De 6:00p.m a 7:00p.m

Se creó un documento en overleaf para ir elaborando el manual, sin embargo se decidió no comenzar porque falta pulir algunos detalles y tomar las últimas medidas

13. Semana 13

13.1. Objetivos

- Concluir con el diseño del PCB.
- Continuar con el manual.
- Concluir con el diseño de los sensores en Arduino

13.2. Debug del controlador 5640. 6/10/2023 de 3:00p.m a 8:00p.m Y 7/10/2023 de 4:00p.m a 8:00p.m

Se realizó un análisis de continuidad en los cables del circuito de control de temperatura, ya que al conectarlo y encender las fuentes, no reacciona en absoluto, como si no le llegara corriente. Se encontró un cable sin continuidad y se reemplazó, sin embargo, aún sigue sin mostrar el comportamiento esperado. Se espera que al aumentar el valor resistivo, del potenciómetro que modela el termistor, con respecto al potenciómetro de ajuste (R_s), fluya corriente máxima de calentamiento ($I_{HMAX} = 0,7A$) del pin 13 al 9 en la resistencia que modela al TEC y que dicha corriente se invierta si el valor resistivo del potenciómetro disminuye por debajo de ese R_s y fluya ($I_{CMAX} = 1A$). Ambos integrantes asistieron al laboratorio para realizar un debug sobre el controlador Hytek 5640 ya que el mismo no estaba teniendo el comportamiento deseado, no se logró llegar a la raíz del error.

13.3. Continuación del PCB. 8/11/2023 - De 3:00p.m a 9:00p.m

Mediante una reunión de Microsoft Teams ambos integrantes trabajaron en el routing del PCB para concluir con el mismo.

14. Semana 14

14.1. Objetivos

- Realizar la última visita al laboratorio para tomar varios datos de medición de corriente.
- Terminar la simulación en TinkerCAD del sensor de temperatura para la interfaz de Arduino.
- Realizar los últimos ajustes con los diseños de los Hytek.

14.2. Visita al laboratorio. 17/11/23 - 4:00pm a 8:00pm

Se asistió al laboratorio con el fin de obtener mediciones de corriente del controlador Hytek 6340, para así poder graficar el comportamiento de la corriente y poder realizar un análisis más amplio, así como corroborar el funcionamiento del controlador.

14.3. Ajustes en los diseños.

Con el fin de continuar trabajando en el diseño del PCB se tuvieron que hacer ciertos ajustes en el esquemático del circuito, esto por cuestiones de los Footprints de los elementos físicos que se estaban utilizando en el laboratorio, principalmente con los reguladores de tensión y con los potenciómetros y Trimmers. Dichos cambios se pueden observar en la siguiente figura 18:

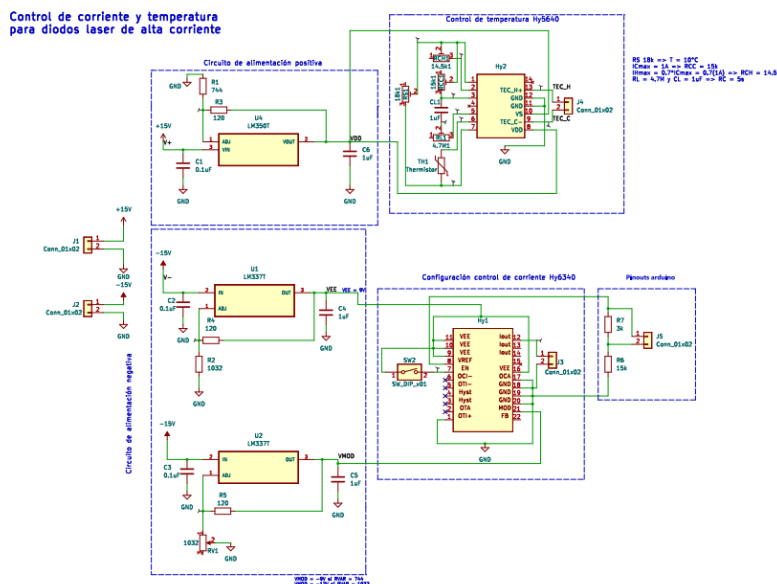


Figura 18: Actualización del esquemático del circuito

14.4. Simulación del sensor de temperatura en tinkerCAD

Se realizó inicialmente una simulación en TinkerCAD, para esto se conecta una pantalla LCD y con el uso de un potenciómetro, se simula el comportamiento del termistor dale 10k.

A partir de la gráfica de temperatura que provee el fabricante del Hy5640 2 se obtienen los pares ordenados mas visibles (T,R) para codificar métodos numéricos y obtener una ecuación que relacione la resistencia con la temperatura. Entre los métodos elegidos están:

- **Ecuación de Steinhart-hart:** Consiste en tomar 3 valores de resistencia del termistor y la temperatura medida

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C [\ln(R)^3] \quad (7)$$

Para hallar los valores de A, B y C. Se requiere solucionar el sistema de ecuaciones 3x3

$$\begin{bmatrix} 1 & \ln(R_1) & \ln^3(R_1) \\ 1 & \ln(R_2) & \ln^3(R_2) \\ 1 & \ln(R_3) & \ln^3(R_3) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{T_1} \\ \frac{1}{T_2} \\ \frac{1}{T_3} \end{bmatrix} \quad (8)$$

- **Ecuación del coeficiente beta:** Para utilizar la ecuación del parámetro beta, se requieren dos valores de resistencia del termistor y de temperatura medida

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{\beta} \ln\left(\frac{R_T}{R_0}\right) \quad (9)$$

Para calcular el parámetro beta, se usan los dos pares ordenador (T,R) y se resuelve para beta la ecuación

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (10)$$

Los datos utilizados fueron los siguientes

Tabla 5: Datos obtenidos de resistencia y temperatura

Valores medidos	R k Ω	T C ^o
R1 T1	10	25
R2 T2	25	5
R3 T3	100	-20

Para agilizar el proceso, se calcularon los parámetros para el termistor NTC 10k A, B, C y β de ambos métodos, utilizando el software en línea <https://www.thinksrs.com/downloads/programs/therm%20calc/ntccalibrator/ntccalculator.html>

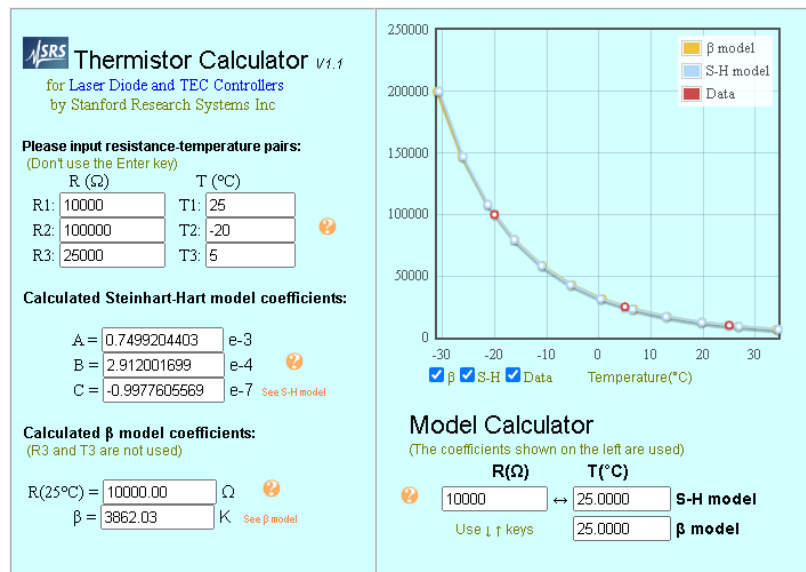
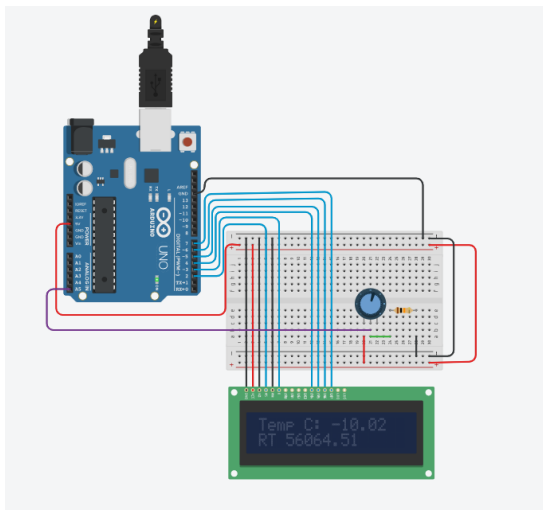
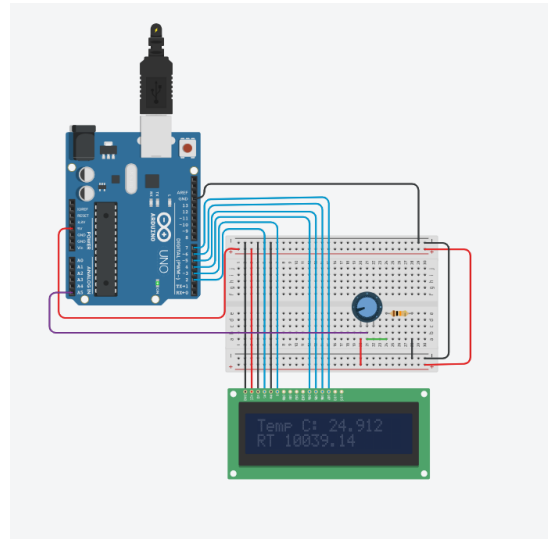


Figura 19: Cálculo de los parámetros de ambos modelos

Con estos valores, se decide utilizar la ecuación del parámetro beta en el código para convertir la resistencia medida en el potenciómetro a temperatura. Se logró modelar correctamente el comportamiento del termistor de 10k como se muestra en la siguiente figura, donde se modela mediante un potenciómetro, la variación de resistencia del termistor y se muestra la temperatura respectiva.



(a) Medición 1



(b) Medición 2

Figura 20: Simulación de sensor de temperatura Arduino

15. Semana 15

15.1. Objetivos

- Completar la simulación en TinkerCAD del sensor de corriente.
- Tabular las mediciones I_{out} , V_{ref} y V_{MOD} y realizar una gráfica para obtener una ecuación de I_{out} en función de V_{ref} .
- Iniciar el diseño del póster electrónico.

15.2. Creación de la gráfica I_{out} vs V_{ref} . 24/11/2023 - 9:00am a 10:00am

Con los resultados obtenidos para la corriente medida con el controlador Hytek 6340 en semana 14 se pueden observar en las siguientes gráficas que describen el comportamiento de dicha corriente:

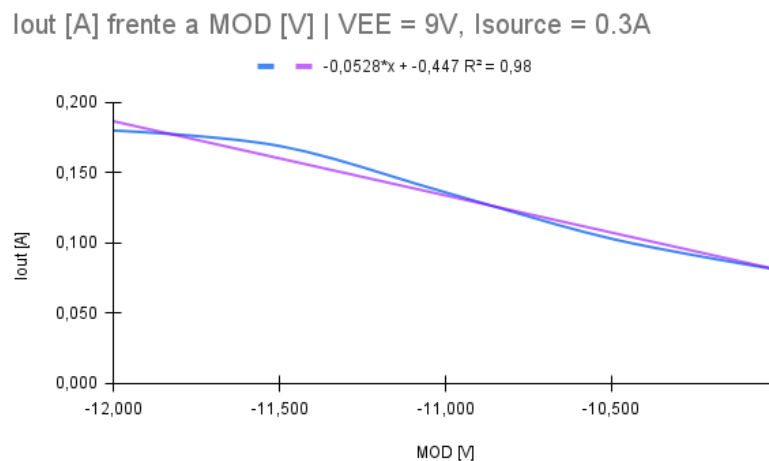


Figura 21: Gráfica I_{out} vs MOD

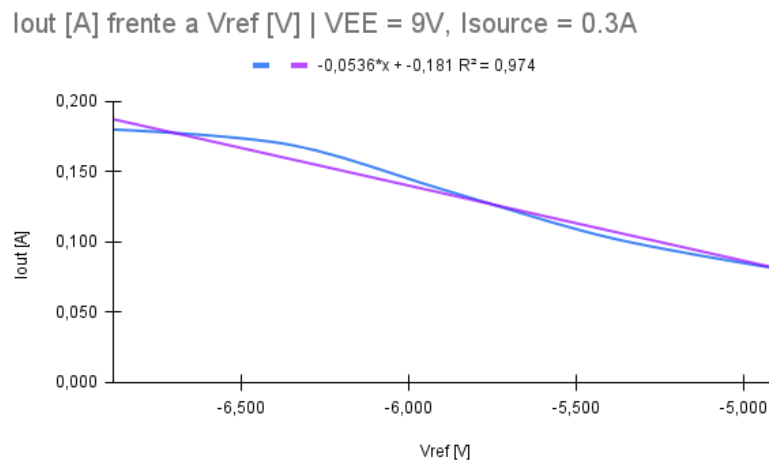


Figura 22: Gráfica I_{out} vs V_{ref}

15.3. Simulación del sensor de corriente. 24/11/2023 - 12:00pm a 3:00pm

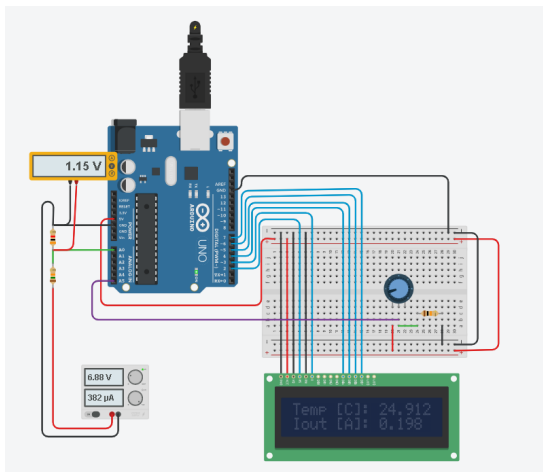
Para realizar un sensor de corriente en TinkerCAD para el Hy6340, se utilizó el pín 8 del controlador, llamado Vref, esta salida se relaciona directamente con la corriente de salida Iout, entonces queda sencillo leer Vref en el arduino y realizar la conversión internamente con código de Vref a Iout. En TinkerCAD, se agrega una fuente de tensión para simular la tensión de salida Vref y un divisor de tensión, ya que arduino recibe tensiones de 5V máximo. Se utiliza una resistencia de 15k y otra de 3k para reducir la tensión de entrada en factor de 1/6

$$V_{medida} = V_{in} \left(\frac{3k}{3k + 15k} \right) = V_{in} \frac{1}{6} \quad (11)$$

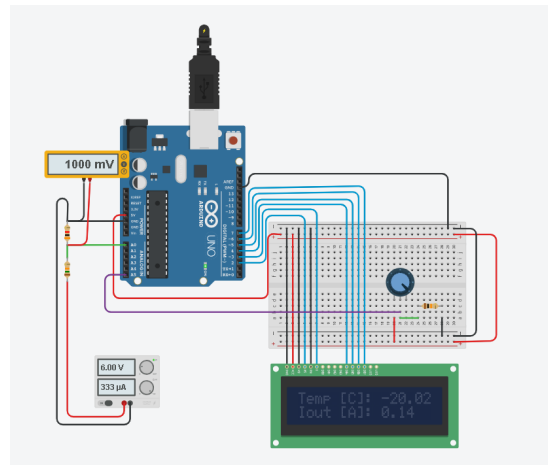
Luego, dentro del código, simplemente se multiplica la tensión medida en un factor de 6 y se obtiene la lectura deseada. Con este valor, se procede a calcular la corriente de salida del diodo láser con la ecuación obtenida de 22

$$I_{out} = -0,0536 * (V_{ref}) - 0,181 \quad (12)$$

Así se logra realizar mediciones coherentes aunque no tan precisas en algunos puntos, como se puede ver en la imagen 22



(a) Medición 1



(b) Medición 2

Figura 23: Simulación de sensor de corriente y temperatura en Arduino

16. Semana 16

16.1. Objetivos

- Concluir el manual.
- Agregar los pinouts de Arduino al esquemático.
- Actualizar el proyecto en git.
- Concluir el póster electrónico.

16.2. Conclusión del manual. 29/11/2023 - 4:00 p.m a 8:00pm y 2/12/2023 - 1:00pm a 6:00pm

Se trabajó en la creación de un manual que sintetizara todo lo realizado en el proyecto y que reflejara la funcionalidad del mismo, así como los pasos que se siguieron para lograr los distintos objetivos.

16.3. Pinouts del Arduino. 1/12/2023 - 7:00pm a 9:00pm

Se concluyó con el routing del PCB, se actualizaron los Footprints de los Hytek diseñados, se cambiaron los Footprint para capacitores y resistencias y se agregaron los pinouts para el Arduino. El diseño ya finalizado del PCB se puede ver en las siguientes imágenes 24 y 25:

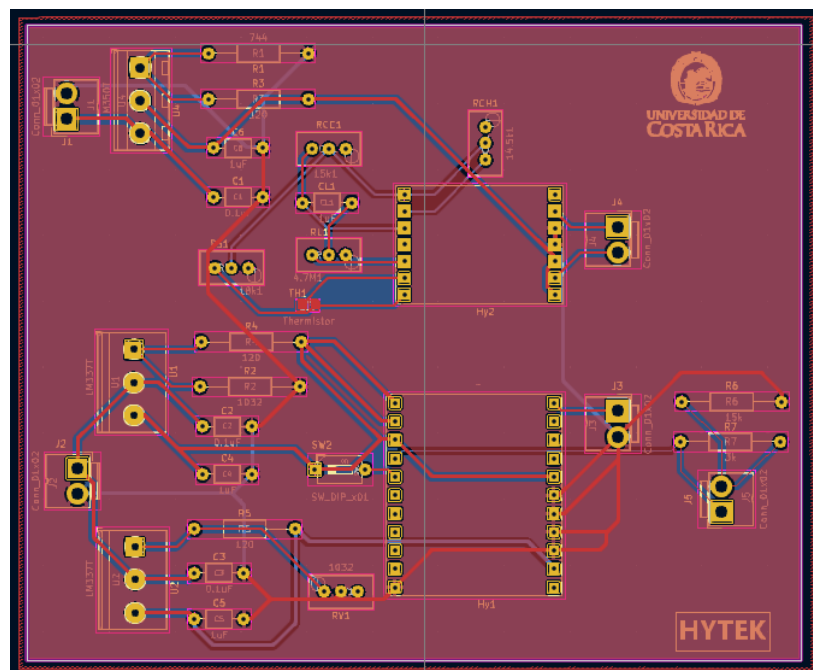


Figura 24: Routing completo del PCB

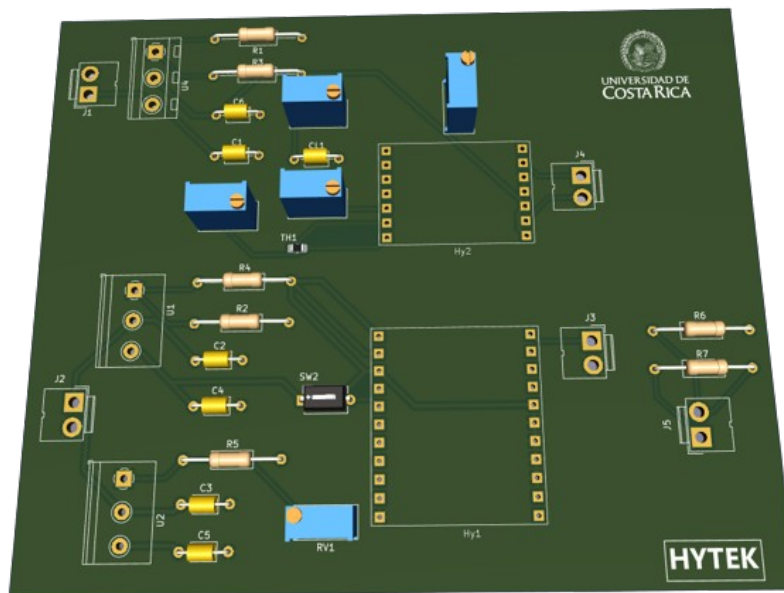


Figura 25: Visualización en 3D del diseño

16.4. Actualización del proyecto en git. 30/11/2023 de 1:00pm a 4:00pm

Se trabajó en realizar la documentación del sensor de corriente, se subió a git el código, imágenes y el readme.md. A su vez se subieron las actualizaciones del PCB con sus respectivas imágenes a git.

16.5. Conclusión del póster electrónico. 3/12/2023 - 8:00am a 1:00pm

Se trabajó en la creación del póster electrónico del proyecto, haciendo uso de las imágenes tomadas a lo largo del proyecto y del proyecto ya concluido. Se diseñó con la intención de mostrar los resultados finales del proyecto.