

Diseño de Placas y Programación de Sistemas Integrados

Autor 1: Klisver Javier Reyes. Autor 2: Miguel Ángel Aguirre. Autor 3: Juan José Chacón.
 Javier.reyes@utp.edu.co, miguel.aguirre12@utp.edu.co, juan.chacon@utp.edu.co
 Facultad de Ingenierías, Programa de Ingeniería Electrónica.
 Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Resumen – Este documento presenta el diseño de un sistema con un módulo ESP32 para medir la temperatura, humedad y controlar el medio ambiente con un refrigerador. El diseño es implementado en el Software Altium Designer utilizando una PCB de material FR4. La placa de circuito impreso contiene cuatro etapas; un convertidor DC-DC, una interfaz de potencia y la etapa de control con el ESP32. Adicionalmente, la PCB consta de un conector tipo USB C y un conector para el actuador.

Índice de Términos – Actuador, control, ESP32, PCB, sensor.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito del diseño y desarrollo de soluciones tecnológicas, se presenta un proyecto que aborda la medición precisa de la presión atmosférica y la regulación de la temperatura mediante un actuador específico, en particular, un actuador de enfriador. Este informe documenta el proceso de creación de una PCB (placa de circuito impreso) personalizada basada en el módulo ESP32. La PCB, como elemento central en la ejecución de este proyecto, desempeña un papel fundamental al permitir la interconexión de los componentes clave del sistema, garantizando su funcionamiento coordinado y eficiente.

II. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

En la figura 1, se presenta el diagrama de bloques del diseño de la PCB. En síntesis, este consta de un convertidor de voltaje DC- DC de 12 a 3.3V, una interfaz de control de potencia que emplea un puente H L298N, un microcontrolador ESP32 y un sensor de presión BMP280.

Como se puede apreciar, el convertidor DC-DC, con salida de 3.3 V, alimentan el ESP32 y el sensor de presión. Estos últimos dos elementos están interconectados mediante los pines SDA y SCL para comunicación I2C. El conector USB tipo C permite la programación y transmisión de datos a través de una consola serie.

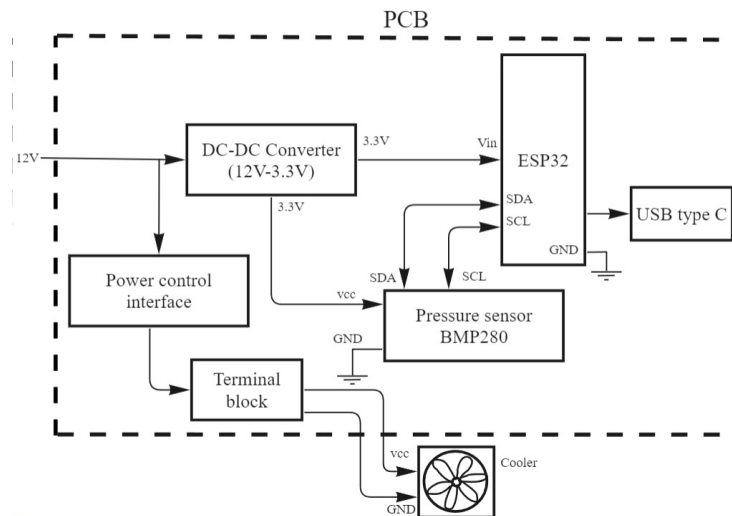


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.

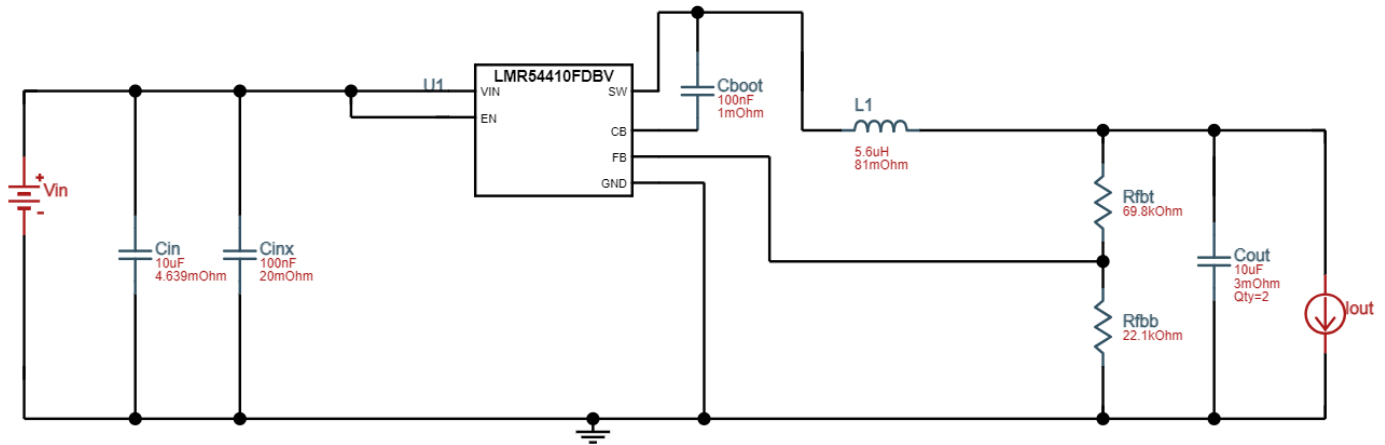


Figura 2. Convertidor DC-DC diseñado.

A continuación, se describe a detalle el diseño de cada uno de los bloques de la figura 1.

Convertidor DC-DC

Para el diseño de esta fuente fue necesario tener en cuenta el voltaje y corriente de alimentación del microcontrolador y el sensor BMP280 (los cuales fueron extraídos de la hoja de datos de cada elemento [1][2], cuyos valores están en la tabla 1. También fue necesario conocer el voltaje de entrada del circuito (12V) y el nivel de tensión al cual se requería llegar (3.3V).

Tabla 1. Características del ESP32 y BMP280.

Dispositivo	Voltaje de alimentación	Corriente de alimentación	Potencia
ESP32	3.3V	0.5 A	1.65 W
BMP280	3.3V	4.2 μ A	13.86 μ W
Total	3.3V	0.5 A	1.65 W

Teniendo estos datos, se empleó el software en línea proporcionado por Texas Instruments, llamado “*WEBENCH® POWER DESIGNER*” para la creación del convertidor. Este circuito se muestra en la figura 2.

Bornera

Teniendo en cuenta las características del actuador proporcionado [4], las cuales son:

- Voltaje: 12 V
- Corriente: 1.88 A
- Potencia: 22.52 W

Se eligió una bornera que pudiese soportar las magnitudes descritas anteriormente. La elección de este elemento fue una bornera producida por la empresa Würth Elektronik, y tiene número de referencia 691103110002. Puede soportar hasta 120

V y 10 A [5].

Interfaz de control de potencia

En esta etapa se utiliza para controlar el motor del actuador. El elemento que realiza dicha acción es el puente H L298N. Como se puede observar en la figura 3, este elemento tiene dos voltajes de alimentación: 5 y 12 V. El segundo voltaje se obtiene mediante la fuente externa proporcionada, mientras que la tensión de 5V se obtiene mediante la implementación de un regulador de voltaje 7805. Los pines a cargo de proporcionar el sentido de giro al motor del actuador son los pines 6, 5 y 7.

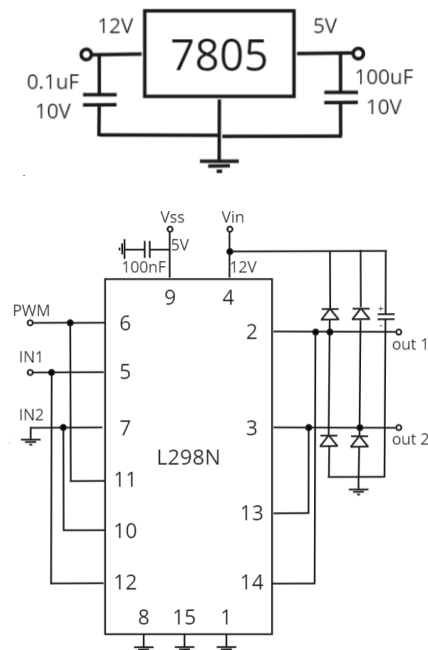


Figura 3. Configuración del puente H y regulador de voltaje 7805.

Sistema de alimentación del ESP32

Se cuenta con un amplificador operacional en configuración comparador. Por su terminal no inversor ingresa el voltaje de alimentación del USB, es decir, 5V. por el terminal inversor se ingresa el voltaje de salida del convertidor de 3.3V. Por otro lado, el +VCC está conectado a los 3.3V del convertidor, mientras que el -VCC está conectado a la referencia del sistema.

El terminal de salida del comparador está conectado a la compuerta de un MOSFET de enriquecimiento tipo P (FDN340P), el cual tiene la función de conducir o no paso de corriente a través de del drenaje, para alimentar el ESP32 mediante el pin 3.3V presente en el microcontrolador. La fuente del MOSFET también está conectada al voltaje de 3.3V que arroja el convertidor.

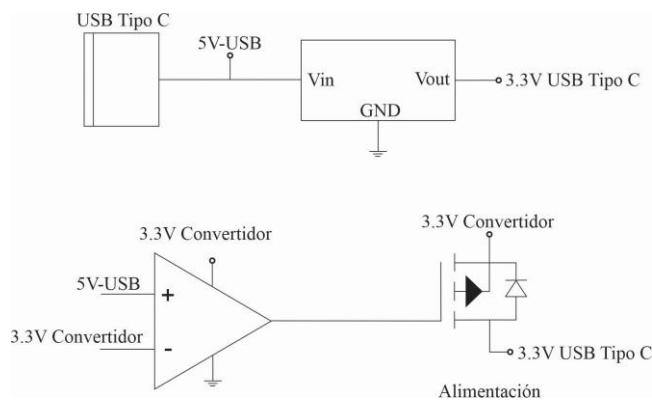


Figura 4. Sistema de alimentación ESP32.

Conector USB tipo C y sistema de alimentación ESP32:

El sistema de alimentación del ESP32, representado en la Figura 4, desempeña un papel crítico al asegurar la entrega de energía adecuada al ESP32. Este sistema comprende un amplificador operacional y un MOSFET de tipo P.

El amplificador operacional se emplea como comparador entre la tensión de salida del conector USB tipo C y la del convertidor DC-DC que proporciona una salida de 3.3V, ambas fuentes de suministro para el ESP32. Esta etapa del proceso de alimentación del ESP32 opera en dos modos distintos:

1. Cuando tanto el conector USB-C como el convertidor de 3.3V están conectados, el amplificador operacional selecciona el positivo. En consecuencia, la salida del amplificador suministra una tensión de 3.3V del convertidor, que posteriormente se enruta al Gate del MOSFET.
2. En el caso de que el conector USB-C esté desconectado pero el convertidor de 3.3V permanezca conectado, el amplificador operacional selecciona el negativo. En este escenario, la salida del amplificador suministra 0V, lo que

se transmite al Gate del MOSFET.

Una vez que la señal pasa a través del amplificador operacional, el MOSFET asume la responsabilidad de regular la entrega de voltaje desde el convertidor de 3.3V al ESP32 cuando el conector USB-C no está conectado. En caso contrario, el ESP32 se alimenta exclusivamente con los 3.3V provistos por el conector USB tipo C.

Este diseño del sistema de alimentación se ha implementado con el objetivo de salvaguardar al ESP32 contra posibles daños causados por un suministro de voltaje excesivo.

Header para depuración.

Adicionalmente, el sistema diseñado cuenta con un Header de 2.54 mm para depuración. En la siguiente figura se presenta el diagrama de conexión.

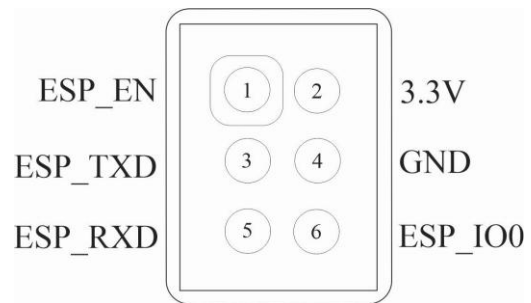


Figura 5. Header 2x3 de 2.4 mm.

En la tabla 1 se describen los pines del Header de la figura 5.

Pin	Nombre	Uso
1	ESP_EN	Habilitar (restablecer) el pin en el tablero destino.
2	3.3V	3.3V suministrados a la placa de destino por el programador. 600 mA mínimo.
3	ESP_TXD	Pin Tx en la tarjeta de destino. Rx en el programador.
4	Tierra	Puntos en común entre el programador y la tarjeta de destino.
5	ESP_RXD	Pin Rx en la tarjeta destino. Tx en el programador.
6	ESP_IO0	GPIO0 en la tarjeta de destino.

Tabla 1. Pines del Header 2x3 de 2.4 mm.

III. CÁLCULO DE LAS PISTAS

A continuación, se describe el cálculo del tamaño de las pistas a la entrada y salida de la etapa de potencia, así como también para el par diferencial empleado en la conexión del conector tipo C.

Tamaño de las pistas a la entrada y salida de la interfaz de

control de potencia.

Parámetro	Valor
V	12 V
I	4 A
P	48 W

Tabla 2. Parámetros eléctricos a la entrada de la etapa de control de potencia.

De acuerdo con los parámetros de la tabla 2, se calcula el tamaño de las pistas de la PCB con la herramienta Saturn PCB Design. El cálculo de las pistas se muestra en la figura 5.

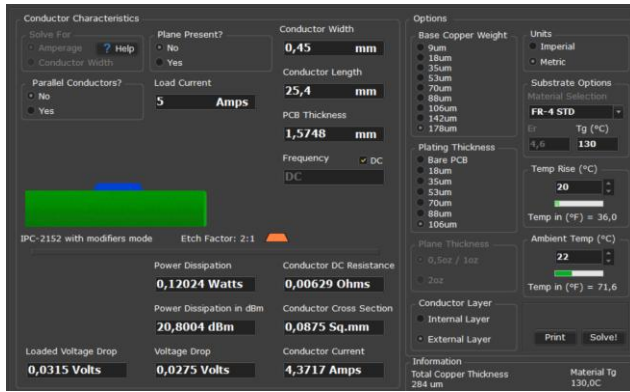


Figura 5. Tamaño de las pistas para la corriente de la tabla 2.

Tamaño de las pistas del par diferencial

En la figura 6 se muestra la impedancia para el par diferencial empleado para la conexión del conector USB. A partir de este valor Altium, proporciona el tamaño que debe tener la pista para garantizar dicha impedancia. Este tamaño se muestra en la figura 6.

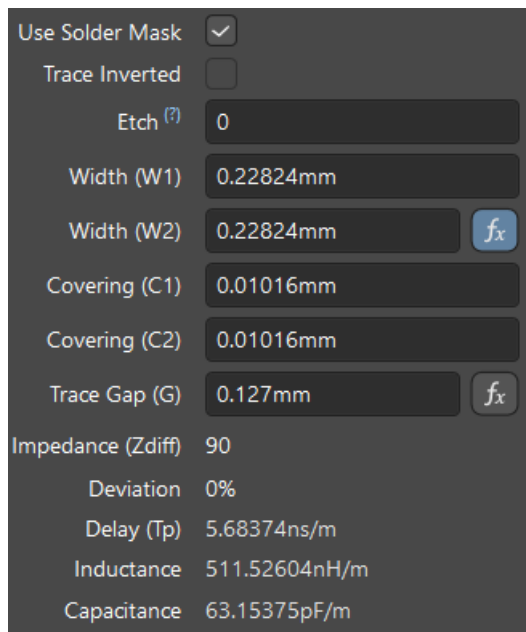


Figura 6. Impedancia del par diferencial.

IV. SIMULACIONES

En la figura 7 se presenta el esquemático principal que contiene cada una de las etapas del sistema diseñado.

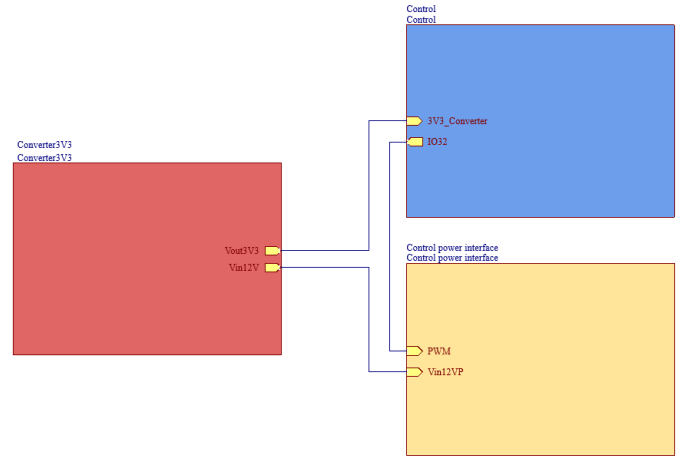


Figura 7. Etapas del sistema para medición de temperatura y humedad.

En la figura 7, el bloque en color rojo representa un convertidor de 12 Vdc a 3.3Vdc, el color azul la etapa de control y el bloque en color amarillo la interfaz del control de potencia.

Convertidor DC-DC de 12V a 3.3V

En la figura 8 se presenta el esquemático del convertidor DC-DC. Los parámetros eléctricos se enseñan en la tabla 3.

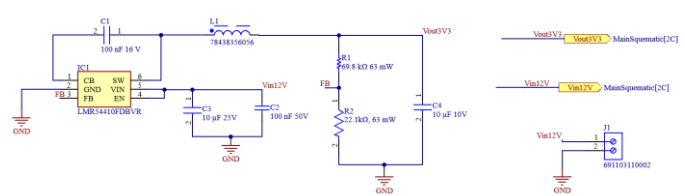


Figura 8. Esquemático del convertidor DC-DC.

Parámetro	Valor
V_{in}	12 V
V_{out}	3.3 V
I_{out}	0.5 A
P_{out}	1.65 W

Tabla 3. Parámetros del convertidor de la figura 8.

Etap de control

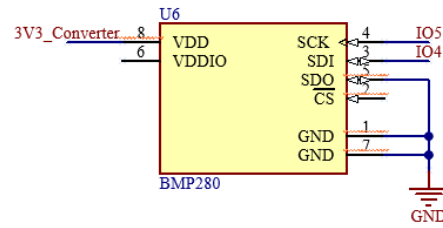
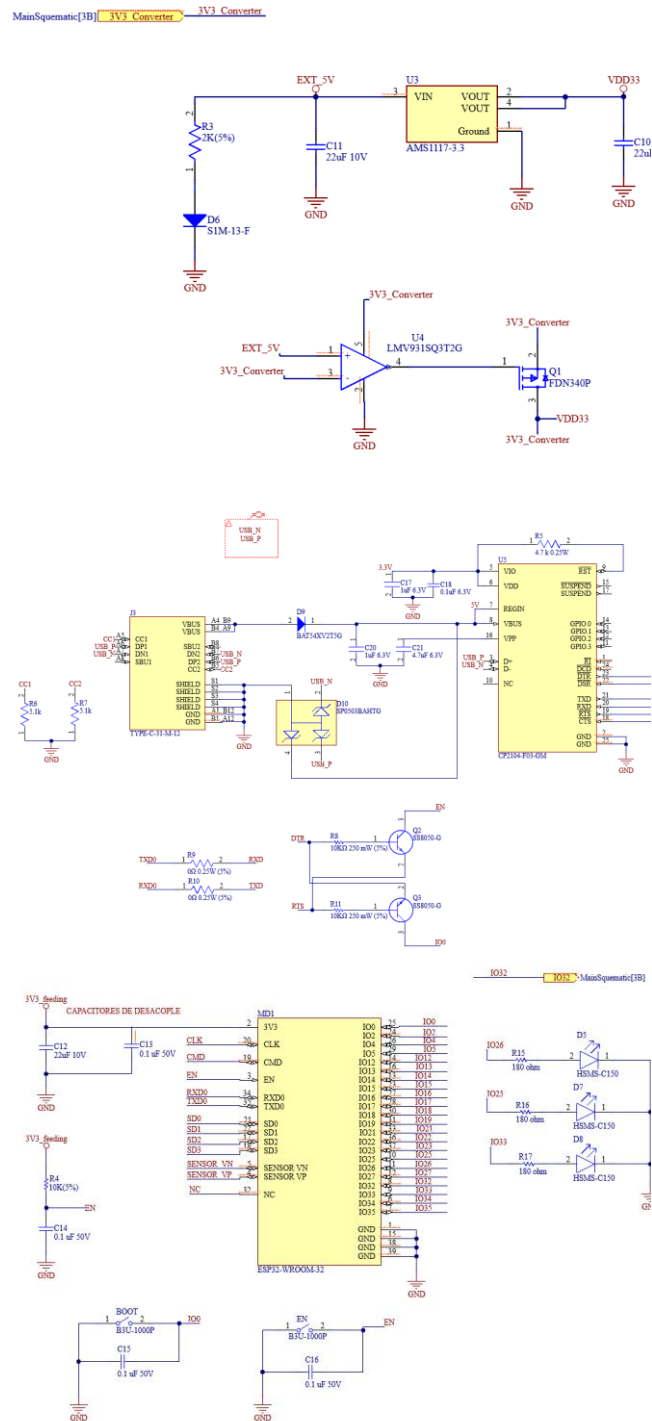


Figura 9. Esquemático de la etapa de control.

Interfaz de control de potencia

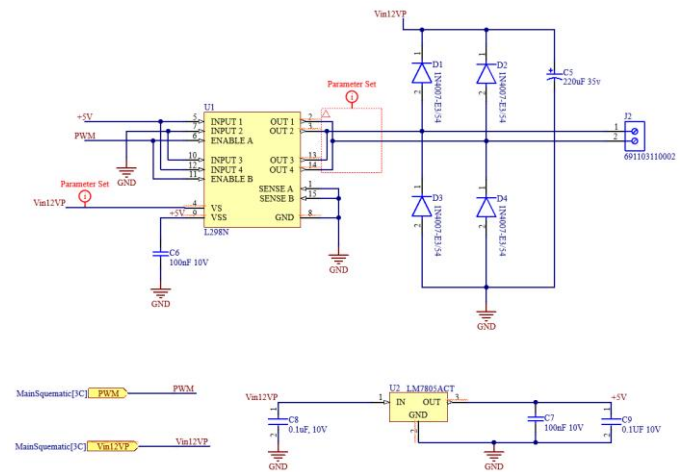


Figura 10. Esquemático de la interfaz de control de potencia.

Sistema de medición de temperatura, humedad y control del medio ambiente.

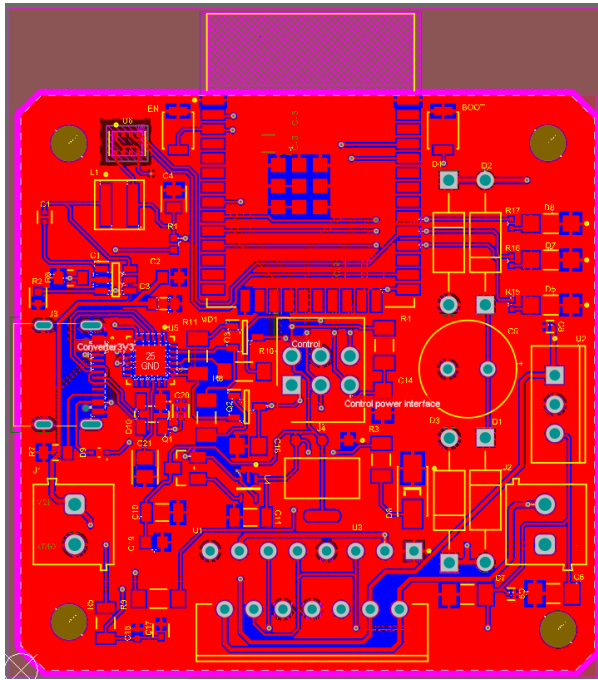


Figura 11. Diagrama del sistema en 2D.

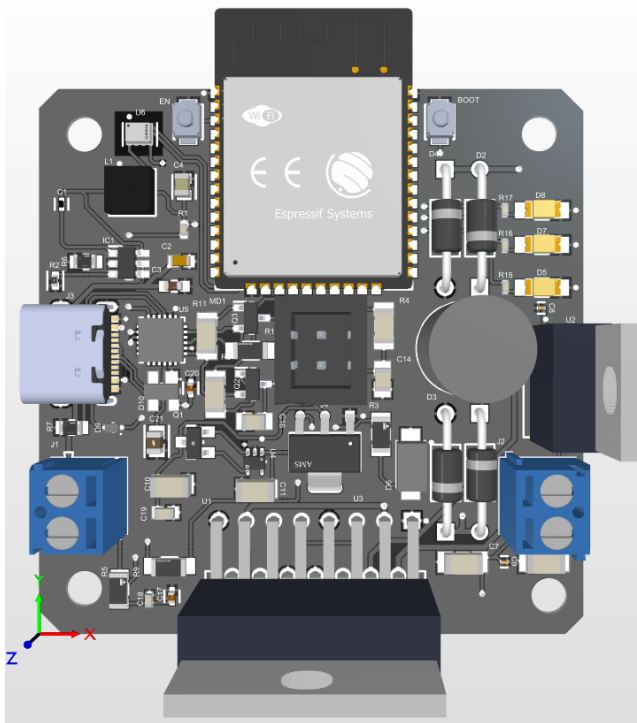


Figura 12. Diagrama del sistema en 3D.

REFERENCES

- [1] BMP280 digital pressure sensor - adafruit industries. Disponible en: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf> (Fecha de acceso: 1 de noviembre del 2023).
- [2] Alldatasheet.com (no date) ESP32-WROOM-32 PDF, ESP32-WROOM-32 description, ESP32-WROOM-32 Datasheet, ESP32-WROOM-32 view ::: Alldatasheet :::, ALLDATASHEET. Disponible en: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1148026/ESPRESSIF/ESP32-WROOM-32.html> (Fecha de acceso : 1 de noviembre del 2023).
- [3] Power designer. Disponible en : <https://webench.ti.com/power-designer/switching-regulator?powerSupply=1> (Fecha de acceso : 1 de noviembre del 2023).
- [4] FDD1-17251CBLW32. Disponible en : https://www.qualtekusa.com/images/Fans/pdf_files/FDD1-17251.pdf (Fecha de acceso : 1 de noviembre del 2023).
- [5] MIDCS07339-1.pdf. Disponible en : <https://datasheet.ciiva.com/pdfs/VipMasterIC/IC/SGST/SGST-S-A0009691890/SGST-S-A0009691890-1.pdf?src-supplier=IHS+Markit> (Fecha de acceso : 1 de noviembre del 2023).