



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE
RECOLECCIÓN DE DATOS DE CO₂, TEMPERATURA, HUMEDAD Y
RADIACIÓN UV PARA LAS ÁREAS VERDES DE LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: DARWIN PATRICIO ALVARADO ARCE
RONALDO ANDRE JARAMILLO ZAMBRANO ING.

TUTOR: PATRICIO FERNANDO URGILES ORTIZ PH.D.

Cuenca – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Darwin Patricio Alvarado Arce con documento de identificación N° 0706042348 y Ronaldo Andre Jaramillo Zambrano con documento de identificación N° 0706441656; mani-festamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 4 de agosto del 2023

Atentamente,



Darwin Patricio Alvarado Arce
0706042348



Ronaldo Andre Jaramillo Zambrano
0706441656

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Darwin Patricio Alvarado Arce con documento de identificación N° 0706042348 y Ronaldo Andre Jaramillo Zambrano con documento de identificación N° 0706441656, ex-presamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politecnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Tecnico: "Diseño e implementación de un dispositivo de recolección de datos de CO₂, temperatura, humedad y radiación UV para las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana", el cual ha sido desarrollado para optar por el titulo de: Ingeniero Mecatrónico, en la Universidad Politecnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politecnica Salesiana.

Cuenca, 4 de agosto del 2023

Atentamente,

Darwin Patricio Alvarado Arce

0706042348

Ronaldo Andre Jaramillo Zambrano

0706441656

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Patricio Fernando Urgiles Ortiz con documento de identificación N° 0102137593, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CO_2 , TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACIÓN UV PARA LAS ÁREAS VERDES DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, realizado por Darwin Patricio Alvarado Arce con documento de identificación N° 0706042348 y Ronaldo Andre Jaramillo Zambrano con documento de identificación N° 0706441656, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 4 de agosto del año 2023

Atentamente,



Ing. Patricio Fernando Urgiles Ortiz Ph.D

0102137593

Dedicatoria

Darwin Alvarado

Le dedico el resultado de este trabajo a mis padres Rosa y Patricio, que pese a todas las dificultades económicas me apoyaron en mis estudios y estuvieron para mí en los momentos malos y en los menos malos. Jamás me faltó un consejo de mi madre y quiero agradecerle por ser el mayor ejemplo que me dio la vida.

A mi hermana Celia, que fue siempre una fuente de inspiración para poder salir adelante con mis estudios y jamás me dejó solo a lo largo de este largo trayecto. A mis hermanas Patricia y Jackeline, que siempre se preocuparon de mi bienestar a pesar de la distancia.

Finalmente, le dedico a mi grupo cercano de compañeros que formaron parte del proceso universitario, estoy seguro de que sin su apoyo jamás hubiera conseguido el objetivo final.

Ronaldo Jaramillo

El presente trabajo lo quiero dedicar principalmente a mis padres Fulvio y Sara, que me han ayudado para que yo logre cumplir este objetivo en mi vida. Su amor, comprensión y aliento constante han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes. Su apoyo inquebrantable ha sido fundamental para alcanzar este logro y, por ello, les dedico mi tesis con amor y respeto.

Cada logro que alcanzo es también un logro suyo, pues han sido parte integral de mi crecimiento y aprendizaje. Siempre estaré agradecido por el amor y el sacrificio que han hecho para que yo hoy pueda estar aquí. A mis adorados hermanos, gracias por ser mis cómplices y compañeros de vida. Nuestros lazos familiares son un tesoro que valoro más que cualquier otro.

Agradecimientos

Darwin Alvarado

Agradezco profundamente a mis padres Rosa y Patricio que, gracias al amor, apoyo, paciencia y comprensión que me han brindado, me he convertido en la persona que soy hoy en día, sin ellos jamás hubiera sido posible lograr cada una de las metas que me he propuesto, gracias a mi madre que estaba dispuesta a desvelarse en los días que me tocaba llegar tarde a la casa después de largas jornadas de estudio.

Me gustaría además agradecer a mi hermana Celia y cuñado Richard por haberme brindado mucho apoyo para poder continuar con mis estudios, en su hogar jamás faltó cariño y un buen consejo.

Finalmente, quiero agradecer a Jennifer, Ronaldo, Wilson y José, mis compañeros más cercanos en la universidad, por haberme apoyado en todo y demostrarme que existen grandes amigos.

Ronaldo Jaramillo

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos, principalmente a Dios, por ofrecerme salud para cumplir mis objetivos. A mis papás Fulvio y Sara, les debo más de lo que las palabras pueden expresar. Desde el inicio de esta travesía, han estado a mi lado, brindándome su apoyo inquebrantable, su aliento constante y su amor incondicional. Sus sacrificios y esfuerzos han allanado el camino para que pueda perseguir mis sueños y alcanzar esta hermosa etapa en mi vida.

Agradezco sinceramente a mis amigos y compañeros de clase, quienes compartieron conmigo momentos de estudio, risas y desafíos. Juntos hemos superado dificultades y celebrado nuestros logros, creando recuerdos que guardaré para siempre en mi corazón.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XIII
Abstract	XIV
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. Descripción del problema	2
2.3. Importancia y alcances	2
2.4. Delimitación	3
2.4.1. Espacial o geográfica	3
2.4.2. Temporal	3
2.4.3. Sectorial o institucional	3
2.5. Problema General	3
2.6. Problemas Específicos	4
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo general	4
3.2. Objetivos específicos	4
4. Hipótesis	5
4.1. Hipótesis general	5
4.2. Hipótesis específicas	5
5. Marco Teórico	5
5.1. ¿Qué es un datalogger?	5
5.2. Los microprocesadores	7
5.2.1. ESP32-WROOM-32	7
5.3. Sensores	8
5.3.1. MG811	9

5.3.2.	Humedad y temperatura (dht22)	10
5.3.3.	Sensor de luz ultravioleta (VELM 6070)	11
5.4.	Módulo GPS (Neo 8m)	12
5.5.	Pantalla LCD 20x4	13
5.6.	Internet de las cosas	13
6.	Marco metodológico	15
6.1.	Diseño de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV.	15
6.1.1.	Análisis de los parámetros ambientales y selección de los sensores del dispositivo	15
6.1.2.	Selección del microcontrolador del dispositivo	18
6.1.3.	Pantalla LCD para mostrar el valor de los parámetros ambientales en tiempo real	19
6.1.4.	Calibración de los sensores	20
6.1.5.	Programación del sensor MG811	20
6.1.6.	Programación del sensor DHT22	21
6.1.7.	Programación del sensor VELM 6070	22
6.1.8.	Programación de la pantalla LCD	23
6.1.9.	Conexión de los componentes mediante una protoboard	24
6.2.	Implementación de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV.	25
6.2.1.	Diseño de una PCB para instalar los componentes electrónicos.	25
6.2.2.	Diseño de la alimentación de 5 voltios	26
6.2.3.	Diseño de las conexiones con el sensor MG811	26
6.2.4.	Diseño de las conexiones con el sensor DHT22	27
6.2.5.	Diseño de las conexiones con el sensor VELM6070	28
6.2.6.	Diseño de las conexiones con la pantalla LCD	29
6.2.7.	Diseño de las conexiones con el módulo GPS NEO 8M	29
6.2.8.	Consumo energético del dispositivo.	30
6.2.9.	Diseño de las conexiones de todos los componentes de la placa	31
6.2.10.	Diseño de una caja para proteger los componentes electrónicos	32
6.3.	Implementación de un módulo GPS para conocer la ubicación exacta del dispositivo.	32
6.3.1.	Programación del módulo GPS	33

6.4.	Implementar el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube.	33
6.4.1.	Envío de los datos a la nube	34
6.4.2.	Interfaz gráfica en la plataforma Thingsboard	35
6.4.3.	Interfaz gráfica en la plataforma ThingSpeak	36
7.	Resultados	38
7.1.	Diseño de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV.	39
7.2.	Implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV.	41
7.3.	Implementar un módulo GPS para conocer la ubicación exacta del dispositivo.	44
7.4.	Implementar el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube.	45
8.	Conclusiones	49
9.	Recomendaciones	50
	Referencias	52
	ANEXOS	53
	Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica	53
	Anexo B: Operacionalización de Variables	55
	Anexo C: Código en Arduino IDE	56
	Anexo C: Planos de la caja del dispositivo	62
	Anexo C: Datasheet de todos los componentes usados	65

Lista de Tablas

- 1. Consumo energético. 31
- 2. Matriz de consistencia 54
- 3. Variable dependiente 55

Lista de Figuras

1.	Proceso de registro de datos	6
2.	Microcontrolador Esp 32.	8
3.	Sensor de dióxido de carbono (MG811)	10
4.	Sensor de temperatura y humedad (dht22).	11
5.	Sensor de radiación UV (VELM 6070)	12
6.	Módulo GPS Neo-8m.	12
7.	Pantalla LCD 20x4.	13
8.	Concepto de IoT	14
9.	Estructura y circuito de pruebas	16
10.	Curva de sensibilidad del sensor	17
11.	Diagrama de bloques del sensor VEML6070	18
12.	Diagrama de bloques del ESP32 VROOM 32	19
13.	Lectura de valor bruto de tensión y Concentración de CO_2 en ppm	21
14.	Lectura de valor de temperatura en grados Celsius y los niveles de humedad en porcentaje de 0 a 100	22
15.	Lectura de valor de radiación UV	23
16.	Código de como visualizar los datos en la pantalla lcd.	23
17.	Esquema de conexiones de los sensores con el módulo ESP32	24
18.	Circuito armado en Protoboard	25
19.	Esquema de la alimentación de la PCB	26
20.	Esquema de conexiones sensor MG811	27
21.	Esquema de conexiones sensor DHT22	28
22.	Esquema de conexiones sensor VELM6070	28
23.	Esquema de conexiones pantalla LCD	29
24.	Esquema de conexiones módulo GPS NEO 8M	29
25.	Diagrama de bloques general.	30
26.	Esquema de conexiones de todos los componentes de la placa	31
27.	Caja del dispositivo	32
28.	Programación módulo GPS	33
29.	Conexión del dispositivo a una red Wifi	34
30.	Conexión del dispositivo a ThingsBoard	35
31.	Interfaz en la plataforma Thingsboard	36
32.	Valores de Humedad y Temperatura en la plataforma Thingspeak	37

33.	Valores de CO_2 y radiación UV en la plataforma Thingspeak	38
34.	Diagrama de red.	39
35.	Diagrama de flujo sobre programación de sensores.	40
36.	Resultados obtenidos en el monitor serial de arduino.	41
37.	Diseño final de la placa electrónica.	42
38.	Diseño final de la caja de protección.	43
39.	Resultados del dispositivo armado en la caja de protección.	44
40.	Ubicación en tiempo real del dispositivo.	45
41.	Interfaz gráfica en ThingsBoard para visualizar los datos ambientales.	46
42.	Interfaz gráfica en ThinSpeak para visualizar los datos ambientales.	47
43.	Interfaz gráfica en ThinSpeak para descargar datos en formato Excel.	48
44.	Parámetros deseados para descargar.	49

Resumen

El siguiente trabajo de titulación plantea el diseño e implementación de un dispositivo de recolección de datos de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV para las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana con el fin de que sea usado por estudiantes y docentes con fines prácticos o de investigación.

Los sensores usados son el MG811 de CO_2 , el DHT22 de temperatura y humedad, el VEML6070 de radiación UV. A su vez, el microcontrolador seleccionado para la programación de todos los componentes es el ESP32-VROOM y finalmente se implementó un módulo GPS NEO-8M para poder conocer la ubicación exacta del dispositivo.

Como resultados se ha obtenido el nivel de partículas por millón(ppm) del CO_2 , el nivel de temperatura ($^{\circ}C$), el porcentaje de humedad en el ambiente, y los índices de radiación UV según la escala internacional. Finalmente, se ha implementado el envío de datos en dos plataformas IOT las cuales son Thingsboard y Thingspeak.

La interfaz gráfica en las plataformas IOT nos permiten monitorizar en tiempo real los datos enviados por nuestro dispositivo, y a su vez la plataforma Thingspeak cuenta con una herramienta de Mathwork la cual permite la integración del software MATLAB directamente con la interfaz, permitiendo el uso y análisis de los datos.

Palabras clave: Microcontrolador, IOT, Thingsboard, Thingspeak.

Abstract

This project proposes the design and implementation of a datalogger of CO_2 , temperature, humidity and UV radiation for the green areas of the Politecnica Salesiana University in order to be used by students and teachers for investigation or practical purposes.

The sensors used are the MG811 of CO_2 , the DHT22 of temperature and humidity, the VEML6070 of UV radiation. The microcontroller selected for the programming of all the components is the ESP32-VROOM and a NEO-8M GPS module was implemented to determine the exact location of the device.

As results, the level of particles per million (ppm) of CO_2 , the temperature level ($^{\circ}C$), the percentage of humidity in the environment, and the UV radiation indexes according to the international scale have been obtained.

Finally, the data sending has been implemented in two IOT platforms, Thingsboard and Thingspeak. The graphical interface in the IOT platforms allow us to monitor in real time the data sent by our device, and in addition the Thingspeak platform has a Mathwork tool which allows the integration of MATLAB software directly with the interface, allowing the use and analysis of the data.

Keywords: Datalogger, Microcontroller, IOT, Thingsboard, Thingspeak.

1. Introducción

Actualmente, existen sin número de sensores que nos permiten monitorizar los parámetros del medio ambiente, tales como sensores que detectan los niveles de CO_2 en el aire, los niveles de precipitación por lluvias, la radiación PAR, radiación UV, temperatura, humedad, etc.

Los dispositivos de recolección de datos que cuentan con varios de estos sensores tienen grandes aplicaciones tanto industriales como con fines de investigación. Un registrador de datos es un componente clave en la construcción de un sistema de telemetría, ya que las mediciones de la actividad de un objeto y la recuperación de los datos de medición se puede hacer de forma remota (Munandar y Syamsi, 2014) .

En el caso del presente trabajo se realizará el diseño e implementación de un dispositivo de recolección de datos con el propósito académico de los alumnos y profesores de la universidad politécnica Salesiana.

2. Problema

2.1. Antecedentes

A lo largo de los últimos años se han diseñado dispositivos con el fin de captar señales obtenidas del medio físico por sensores, existiendo una gran variedad de dispositivos de recolección de datos, entre ellos encontramos los datalogger. (Chicangana Cifuentes, 2012) en su trabajo de titulación para físico en la Universidad del Valle propone un datalogger que sirve para medir y registrar señales de voltaje que varían de forma lenta y el registro de datos es de forma automática, por lo que se construyó un microcontrolador que se encuentra conformado: por una memoria no volátil que posee 513 kbyte la cual sirve para almacenamiento de datos, también cuenta con un amplificador de voltaje donde la ganancia es programable y un puerto serial que sirve para comunicarse.

También en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Teknologi Mara (UITM) de Malasia en el trabajo de titulación 'Design and Development of an Arduino Based Data Logger for Photovoltaic Monitoring System' en donde los estudiantes (Mahzan, Omar, Rimon, Noor, y Rosselan, 2017) realizaron el diseño de un registrador de datos general para el sistema de monitorización fotovoltaica (FV) que pueda almacenar datos masivos de los canales de entrada en una memoria de gran capacidad. Utilizan la placa Arduino Mega 2560 junto con el chip ATmega2560. Para monitorizar los parámetros relacionados, se utiliza un sistema fotovoltaico de 240 W en el que los parámetros eléctricos se introducen en los canales de

entrada del registrador de datos. El sistema convierte los datos en bruto adquiridos en una entrada digital para la adquisición de datos y los almacenará en una tarjeta SD. El registrador de datos también está equipado con el chip DS1307 Real Time Clock (RTC) para el registro de datos en la tarjeta SD cada vez que se produce el proceso de registro.

En la ciudad de Cuenca también se han diseñado dispositivos que buscan cumplir con la recolección de datos y enviarlos a los usuarios, es por eso que el Departamento de Ciencias de la Computación de Universidad de Cuenca con los estudiantes (Veintimilla, Cisneros, y Capelo, 2014) realizaron el diseño que implica implementar un datalogger para la transmisión de datos con sensores remotos de lluvia con una red de tipo GPRS, con el fin de tener una base datos con registro de lluvias, por medio de un celular serán generados y enviados esta información.

2.2. Descripción del problema

Se ha detectado una necesidad de dispositivos o servicios en la Universidad Politécnica Salesiana que puedan ofrecer datos en tiempo real de parámetros ambientales que puedan ser utilizados por los estudiantes y docentes con fines prácticos o de investigación.

En la carrera de Ingeniería Ambiental es necesario tener acceso a datos de los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV, esto es debido a que los estudiantes manejan estos datos en sus prácticas de laboratorio, y actualmente la carrera no cuenta con un dispositivo que permitan realizar estas mediciones de forma técnica, siendo común ver a alumnos en las áreas verdes tomando datos como son el dióxido de carbono mediante métodos tradicionales sin uso de ningún tipo de tecnología.

La necesidad que tiene la carrera de ambiental es de dispositivos para que los estudiantes y docentes puedan obtener datos ambientales y que los mismos puedan ser instalados con facilidad en cualquier lugar de nuestro entorno, es por eso que se ha planteado el desarrollo de este dispositivo, en conjunto con el grupo de Investigación de Ingeniería Biomédica (GIIB), con proyección a que dicho equipo pueda ser instalado en cualquier lugar que se lo necesite y subir los datos a una plataforma Iot para que los mismos sean interpretados.

2.3. Importancia y alcances

La propuesta de realizar un dispositivo de recolección de datos de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV para la Universidad Politécnica Salesiana pretende crear un antecedente para la construcción de dispositivos que puedan generar a la vez un servicio para el

usuario, en este caso se ha tomado las áreas verdes de la universidad para poder monitorear las condiciones de las mismas. Un dispositivo como el que se pretende diseñar es importante, ya que permite a los usuarios registrar datos y poder monitorizarlos en tiempo real, sin necesidad de estar en el lugar, ya que se pretende mostrar los mismos en una plataforma IoT.

El proyecto toma cabida en la Universidad Politécnica Salesiana, y se debe tener en cuenta que es posible una implementación en cualquier lugar, como puede ser en los parques de la ciudad o mediante este dispositivo y el servicio que ofrece crear un mapeo de los índices de contaminación del aire, la humedad, temperatura y radiación UV que hay en sectores estratégicos de la ciudad.

También se debe remarcar que el proyecto se desarrolla junto con el Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica (GIIB) y la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, esto debido a que se ha detectado una deficiencia a la hora de realizar proyectos o trabajos de titulación de dicha carrera, ya que no cuentan con los recursos tecnológicos para la toma de datos en ciertos parámetros del medio ambiente.

2.4. Delimitación

2.4.1. Espacial o geográfica

El proyecto se llevará a cabo en la Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, de manera específica en áreas verdes de lugares estratégicos de la universidad.

2.4.2. Temporal

Se considera aproximadamente un tiempo estimado de 400 horas para realizar el trabajo de titulación.

2.4.3. Sectorial o institucional

El proyecto será realizado en la Universidad Politécnica Salesiana.

2.5. Problema General

¿Es posible diseñar e implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Es factible el diseño de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana?
- ¿Es posible implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana?
- ¿Es posible implementar un módulo GPS para conocer la ubicación exacta del dispositivo?
- ¿Es posible implementar el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.

3.2. Objetivos específicos

- Diseñar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Implementar un módulo GPS para conocer la ubicación exacta del dispositivo.
- Implementar el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube.

4. Hipótesis

4.1. Hipótesis general

- El diseño e implementación de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.

4.2. Hipótesis específicas

- Se diseñará un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Se implementará un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Se implementará un módulo GPS que permitirá conocer la ubicación del dispositivo.
- Se implementará el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube.

5. Marco Teórico

5.1. ¿Qué es un datalogger?

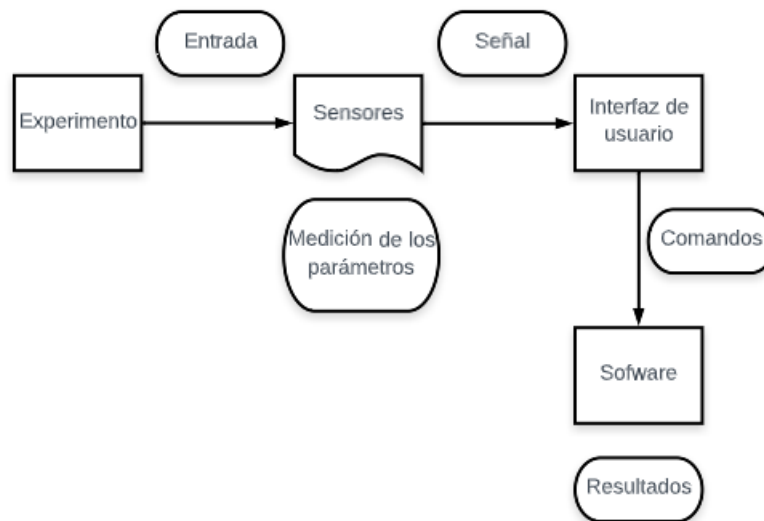
Un Datalogger se considera un dispositivo electrónico que puede registrar medidas, en función del tiempo, por parte de un sensor. Cada dato obtenido en las mediciones va almacenando en una memoria externa, el cual tendrá un formato donde se presentará la hora y fecha, generalmente estos dispositivos no son de gran tamaño, van a hacer alimentados con baterías y se componen por un microcontrolador, una memoria donde serán acumulados los diferentes datos y también los sensores que generan los datos, casi siempre se utiliza la computadora como interfaz para sistematizar al dispositivo y poder obtener la información recogida por el dispositivo (González Macías y Estrada Roque, s.f.).

El datalogger se considera una herramienta valiosa cuando existe la necesidad de recolectar datos de forma continua, sin importar condiciones y sin tener que encontrarnos en el sitio. Los administradores de edificios, consultores ambientales, los investigadores, los auditores de energía, ellos confían en los datos obtenidos, debido a su facilidad de uso, este sistema cuenta con mucha robustez y la ventaja que los datos vienen en función de la fecha y hora en los datos fueron tomados.

Los datalogger utilizan tecnologías digitales, como microprocesadores avanzados, sensores de estado sólido y software completo, como podemos observar en la figura 1, que maximizan la precisión. Al no haber ninguna pieza móvil que se desgaste y con un potente software de compensación, los datalogger censan con mayor precisión durante periodos de tiempo más largos. Gracias a su tamaño reducido y su portabilidad, también pueden acercarse a zonas críticas en donde otro tipo de equipos más grandes no tendrían acceso (Badhiye, Chatur, y Wakode, 2011).

Figura 1

Proceso de registro de datos



Nota : *Se muestra un diagrama de flujo de como es el proceso de registro de datos de un datalogger. Diagrama de autoría propia.*

El concepto de registrador de datos(datalogger) y el funcionamiento es descrito en detalle

por (Kalsi, 2018) , el cual nos dice que un registrador de datos significa un sistema de registro de datos completo, que va a hacer versátil y flexible, para hacerlo usa aplicaciones muy diversas, ya que los requisitos específicos cambian simplemente configurando un programa adecuado. Puede medir la salida eléctrica de cualquier tipo de transductor y registrar el valor automáticamente.

5.2. Los microprocesadores

Un microprocesador se considera un componente de integración, el cual va a hacer capaz de realizar operaciones lógicas y aritméticas a los datos obtenidos en el registro. En general, se utilizarán para realizar un sistema en el cual las funciones que son lógicas no serán realizadas por medio de la interconexión de unas secuencias de circuitos, esto se realizará por medio de unas secuencias de instrucciones que forman un programa, mediante este se va almacenando en la memoria del semiconductor. La flexibilidad del sistema construido de esta manera es enorme en comparación con los circuitos lógicos cableados, ya que la función cambia al cambiar el programa. Estos cambios pueden hacerse en parte para cumplir con nuevas condiciones o en su totalidad para nuevas operaciones

En el año 1971, las personas podían elegir solo mediante dos posibilidades para lograr resolver los problemas que se generan de control, también una, o un computador medio de una lógica cableada. Entonces la aparición de estos microprocesadores logró ofrecer una alternativa más, dado que se va a inserta entre los dos sectores considerados, así podremos disminuir los costos y facilitar la forma de realizar estos sistemas de control, mediante estos dispositivos (D’Inca, 1982)

5.2.1. ESP32-WROOM-32

El ESP32-WROOM-32 es un popular módulo de microcontrolador habilitado para wifi y Bluetooth desarrollado por Espressif Systems. Se basa en el sistema de un chip (SoC) ESP32 y se usa ampliamente en varias aplicaciones de IoT (Internet de las cosas).

Microcontrolador: El módulo está alimentado por el chip ESP32-D0WDQ6, que integra un procesador de 32 bits de doble núcleo que funciona hasta a 240 MHz. También incluye una variedad de periféricos, como pines GPIO (entrada/salida de propósito general), SPI (interfaz periférica en serie).

Conectividad wifi: El ESP32-WROOM-32 admite wifi, lo que le permite conectarse a redes inalámbricas y acceder a Internet.

Conectividad Bluetooth: también incluye compatibilidad con Bluetooth 4.2 y Bluetooth Low Energy (BLE), lo que permite la comunicación inalámbrica con otros dispositivos Bluetooth.

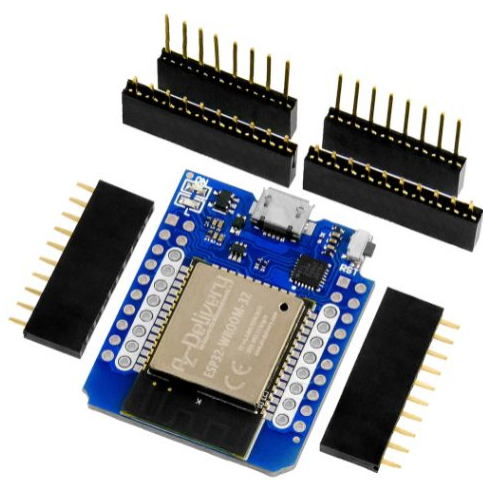
Memoria y Almacenamiento: El módulo cuenta con 520 KB de SRAM (Memoria Estática de Acceso Aleatorio) y 4 MB de memoria flash para almacenamiento de programas.

Administración de energía: el ESP32-WROOM-32 incluye varios modos de ahorro de energía, lo que le permite operar de manera eficiente en aplicaciones de bajo consumo. También es compatible con el funcionamiento con batería, lo que lo hace adecuado para dispositivos portátiles y alimentados por batería.

Entorno de desarrollo: Espressif Systems proporciona un extenso kit de desarrollo de software (SDK) para programar el módulo ESP32-WROOM-32. Admite lenguajes de programación como C y C++, y marcos de desarrollo como Arduino y MicroPython. El SDK proporciona bibliotecas y ejemplos para diversas funcionalidades, lo que simplifica el proceso de desarrollo (Moreno Hernández, 2020)

Figura 2

Microcontrolador Esp 32.



Nota : *Microcontrolador Esp-wroom-32 (Moreno Hernández, 2020).*

5.3. Sensores

Un sensor, también denominado entrada, es un dispositivo que detecta una acción o estímulo externo y responde en consecuencia. En otras palabras, nos permite percibir información del

entorno físico que nos rodea. Un sensor es encargado de medir una cantidad física y la va a convertir en una señal eléctrica, la cual va a hacer entendida por un microcontrolador. Estos sensores pueden ser clasificados como digitales o analógicos según los datos que se obtienen a la salida y se utilizan generalmente en el desarrollo de sistemas robóticos. interfaces físicas y entre muchos proyectos más (Ramírez, Jiménez, y Carreño, 2014).

5.3.1. MG811

El sensor tiene su funcionamiento, el cual se basa en un chip llamado MG-811, este es encargado de captar la concentración de CO_2 que existe en el entorno. Este sensor trabaja enviando un voltaje que es señal analógica, el cual desciende cuando existe mayor concentración de CO_2 en el entorno. También cuenta con un potenciómetro que sirve para determinar la alarma o el valor de corte cuando detecte CO_2 , la que será transmitida por medio de un pin. De igual forma cuenta con la función de recuperar la medición realizada, por medio de la salida analógica

Dicho sensor se puede considerar bastante sensible al CO_2 . Su funcionamiento se encuentra diseñado para 5 V. Algunas características del funcionamiento del sensor.

- La alimentación es de 5 V.
- Tiene una salida Analógica (2.7 a 4.1 V)
- Rango de detección: 350 - 10000 ppm.
- Consumo energético 140 ± 20 mA.
- Un pin digital de salida (Alarma).
- Tiene un circuito de precalentamiento.
- Sus dimensiones son de 32x42 mm.
- El tiempo que tiene para realizar la captura: inferior a 20 segundos (Valdez-Muñoz, 2021).

Figura 3

Sensor de dióxido de carbono (MG811)



Nota : Sensor de dióxido de carbono (Valdez-Muñoz, 2021)

5.3.2. Humedad y temperatura (dht22)

El presente sensor capta los niveles de temperatura y humedad, tiene características, ya que su señal es calibrada, por lo que tiene estabilidad y fiabilidad. También cuenta con un microcontrolador que posee 8 bits, ofrece una alta calidad, con respuesta rápida y un precio bajo a los beneficios que posee. El rango de temperatura media es entre 20 y 95 por ciento y el de temperatura el rango es de 0 °C y 50 °C. Tiene un protocolo de comunicación por medio de un hilo, entonces la integración para proyectos es sencilla y rápida.

Sensor de temperatura utiliza un termistor para calcular la temperatura ambiente. Un termistor es un componente cuya resistencia eléctrica cambia con la temperatura. En este caso, el termistor del DHT22 es un termistor negativo de coeficiente de temperatura (NTC), lo que equivale que su resistencia desciende a medida que asciende la temperatura.

Para medir la humedad relativa, el DHT22 emplea un higrómetro capacitivo. El higrómetro capacitivo mide la humedad al detectar los cambios en la capacitancia de un material sensible a la humedad. Cuando la humedad aumenta, el material se expande ligeramente, lo que afecta la capacitancia del sensor.

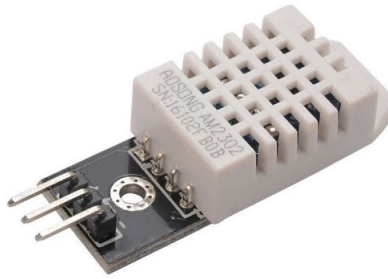
Los cambios en la resistencia del termistor y la capacitancia del higrómetro se convierten en señales eléctricas proporcionales a la temperatura y la humedad. Estas señales se procesan internamente mediante un convertidor analógico a digital (ADC) dentro del sensor, lo que resulta en valores digitales precisos de temperatura y humedad

Especificación:

- Consumo de energía: 2.5 mA.
- Temperatura para operar: -40 a 80 °C.
- Dimensiones: 14x18x5.5 mm.
- Salida digital (Iraceburu González, 2014).

Figura 4

Sensor de temperatura y humedad (dht22).



Nota : *Sensor de temperatura y humedad (dht22) (Satya, Oktiawati, Fahrurrozi, Prisyanti, y cols., 2020).*

5.3.3. Sensor de luz ultravioleta (VELM 6070)

El VEML6070, fabricado por Vishay, es un sensor capaz de captar luz UV, con interfaz de protocolo I2C, posee la función de reconocer activo (ACK), por medio de la configuración de ventanas de umbral, permitiendo que el sensor transmita un mensaje de alerta UV.

Especificación:

- Voltaje de funcionamiento 2.7 a 5.5 V.
- Sensibilidad en espectro UV: 320 - 410 nm.
- Dimensiones: 14 mm x 13 mm x 3 mm.
- Peso: 0.5 g.
- Temperatura de operación: -40 a 85 °C.

- Tipo de salida: bus I2C (Ishizumi y Gouko, 2019).

Figura 5

Sensor de radiación UV (VELM 6070)



Nota : *Sensor de radiación UV (Ishizumi y Gouko, 2019).*

5.4. Módulo GPS (Neo 8m)

El GPS cuenta con sistema de navegación por medio de satélite, el cual proporciona coordenadas geográficas precisas. El sistema posee una constelación de satélites en órbita en los alrededores de la Tierra que transmiten señales a los receptores GPS. Los receptores, como el NEO-M8N, usa dichas señales para evaluar su posición, velocidad y tiempo. Su voltaje de funcionamiento es de 3.3 a 6 V (Osorio, Vargas, y Aguirre, 2010a).

Figura 6

Módulo GPS Neo-8m.



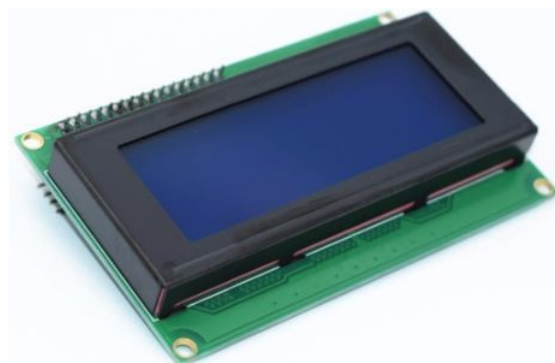
Nota : *Modulo GPS Neo-8m (Indri Hapsari Raharja, Tonny, y Hollanda Arief, 2021).*

5.5. Pantalla LCD 20x4

Las pantallas de cristal líquido (LCD) son dispositivos electrónicos que utilizan propiedades ópticas de los cristales líquidos para mostrar información visual en forma de texto o gráficos. La notación “20x4” se refiere al tamaño de la pantalla LCD en términos de su capacidad para mostrar caracteres. En este caso, “20” indica la cantidad de caracteres por línea y “4” representa la cantidad de líneas que puede mostrar la pantalla. La pantalla LCD 20x4 consta de una matriz de píxeles organizada en 20 columnas y 4 filas, lo que le permite mostrar hasta 20 caracteres en una línea y hasta 4 líneas de texto. Retroiluminación: Muchas pantallas LCD 20x4 cuentan con retroiluminación para mejorar la visibilidad en entornos con poca luz. Caracteres: La pantalla puede mostrar caracteres alfanuméricos, símbolos y otros caracteres especiales. Comunicación: Puede utilizar interfaces como paralelo (por ejemplo, interfaz HD44780) o seriales (por ejemplo, I2C, SPI) para la comunicación con el microcontrolador (Salas Jiménez, 2019).

Figura 7

Pantalla LCD 20x4.



Nota : *Pantalla LCD 20x4 (Salas Jiménez, 2019).*

5.6. Internet de las cosas

Internet es la integración de redes que están interconectadas por protocolos TCP/IP, permiten servir a la gran mayoría de las personas en todo el mundo. Estas redes pueden ser, públicas, privadas, gubernamentales, comerciales, entre muchas más.

Internet de las cosas está madurando y continúa siendo el concepto más reciente y más publicitado en el mundo de TI. Durante la última década, el término Internet de las cosas

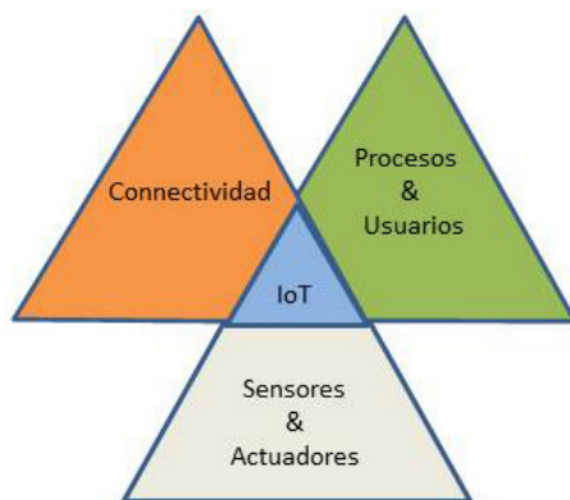
(IoT) ha atraído la atención cuando se proyecta la determinada visión de una infraestructura, la cual posee objetos físicos en el internet, que permite la conectividad en cualquier momento y en cualquier lugar para cualquier cosa y no solo para cualquiera. El Internet de las cosas se considera, red global que puede comunicarse entre humanos, humanos y cosas y cosas a cosas, que es cualquier cosa en el mundo al proporcionar una identidad única a cada cosa. La IoT describe que cualquier objeto puede ser conectado y puede comunicarse de forma inteligente, por medio de computadoras, teléfonos, entre otros.

El Internet de las cosas hace referencia cuando existe una codificación y conexión en red de objetos y cosas cotidianos para que sean legibles individualmente por máquinas y rastreables en Internet. Gran parte del contenido existente en Internet de las cosas se ha creado a través de etiquetas RFID direcciones y codificaciones IP vinculadas a una red EPC (Código de producto electrónico)(Haras y Skotnicki, 2018).

IoT puede ser considerado una combinación de actuadores y sensores, los cuales son capaces de generar y captar información digitaliza y adicionarla en redes bidireccionales, aptos para transmitir todos los datos para que puedan ser usados por una gran cantidad de diferentes servicios y usuarios finales(Salazar y Silvestre, 2016).

Figura 8

Concepto de IoT



Nota : *En el siguiente esquema se puede observar la relación que forma el internet de las cosas.*

6. Marco metodológico

6.1. Diseño de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV.

Para el diseño del dispositivo de recolección de datos de los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV para las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana, se realizó el análisis de los parámetros ambientales que serán censados para posteriormente hacer la selección de los sensores.

6.1.1. Análisis de los parámetros ambientales y selección de los sensores del dispositivo

Para el diseño del dispositivo de recolección de datos se han propuesto sensores basados en los parámetros ambientales que requieren la universidad para la realización de prácticas e investigaciones, basándonos en la revisión bibliográfica de los siguientes parámetros ambientales para su medición.

- Dióxido de carbono (CO_2).

Conocer las emisiones de CO_2 es muy importante, puesto que son la principal causa del calentamiento global. Es importante mencionar que él CO_2 se mide en partículas por millón (ppm) y que existe como un gas menor en la atmósfera terrestre en una concentración de aproximadamente 400 ppm por volumen (Zilio, 2008).

- Humedad.

La humedad está directamente relacionada con la cantidad de moléculas de agua que pueden encontrarse en alguna sustancia o entorno. Nuestro dispositivo tiene como objetivo el censado de la humedad en la atmósfera (humedad relativa) la cual hace referencia a la presencia de moléculas de agua o vapor en el aire (Corona, Abarca, y Mares, 2014).

- Temperatura.

Existen varios procedimientos que nos ayudan a obtener los valores de temperatura en el medio ambiente, los cuales dependen de las condiciones, tipo de elemento o el objeto que será medido (Corona y cols., 2014). La temperatura puede medirse en unidades de grados de una escala estándar, en nuestro caso usaremos la escala de grados Celsius ($^{\circ}C$).

- Radiación UV.

La radiación UV se encuentra en el medio ambiente por una fuente natural como el sol. La radiación que llega a la tierra proveniente del sol, se encuentra en las regiones del espectro electromagnético del infrarrojo, visible y ultravioleta(Bohórquez-Ballén y Pérez Mogollón, 2007). Es importante mencionar que la Radiación ultravioleta sea de tipo A, B o C es medida en nanómetros (nm).

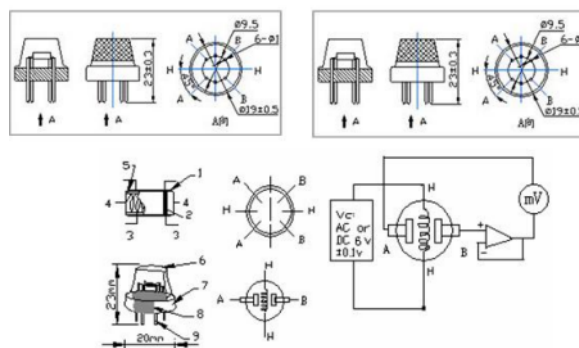
Una vez hemos analizado los parámetros medioambientales, se han propuesto los siguientes sensores para el diseño, los cuales se han seleccionado tomando en cuenta ciertos factores como su robustez, rangos y escalas de medición y finalmente que tengan compatibilidad con cualquier microcontrolador encontrado en la industria. A continuación se describen los sensores seleccionados:

- Sensor MG811 de CO_2 .

Este sensor es de grado industrial y está diseñado para detectar dióxido de carbono en el medio ambiente. Cuenta con un circuito de acondicionamiento de señal integrado para amplificar la señal de salida y un circuito de calefacción integrado para calentar el sensor. El MG811 es muy sensible al CO_2 y menos sensible al alcohol y al CO.

Figura 9

Estructura y circuito de pruebas.



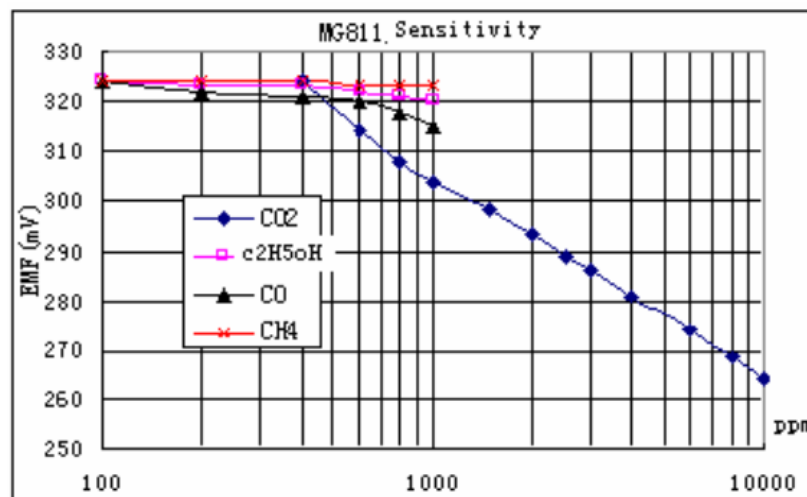
Nota : En la figura se puede observar las dimensiones y circuito de pruebas del MG811.

El sensor MG811 está basado en el principio de funcionamiento de células de electrolito sólido, lo cual da una salida en el rango de 100-600 mV (350-10000 ppm de CO_2). La

capacidad de suministro de corriente de la célula es bastante limitada, por lo que se requiere un circuito de acondicionamiento de señal entre el sensor y la entrada ADC del microcontrolador (de Paz Menéndez, 2015). La característica más sobresaliente de este sensor es que la tensión de salida del módulo disminuye a medida que aumenta la concentración de CO_2 como se puede ver en la curva de sensibilidad del sensor presentada a continuación.

Figura 10

Curva de sensibilidad del sensor



Nota : En la siguiente imagen se puede observar la curva de sensibilidad del sensor mediante la relación de mV y ppm.

- Sensor DHT22 de temperatura y humedad.

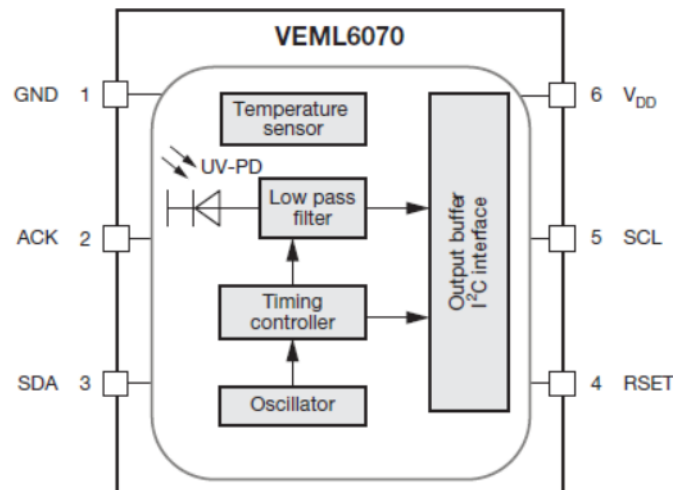
El DHT22 es un sensor digital que integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos. Utiliza una exclusiva técnica de captación de señales y tecnología de detección de humedad que garantizan su fiabilidad y estabilidad. Sus elementos están conectados a un chip de ordenador de 8 bits. Cada sensor es calibrado en fábrica para obtener unos coeficientes de calibración grabados en su memoria OTP, asegurando alta estabilidad y fiabilidad a lo largo del tiempo (Liu, 2013).

- Sensor VEML 6070 de radiación UV.

Este pequeño sensor es la opción más adecuada para poder censar la radiación de los rayos UV en cualquier microcontrolador. El VEML6070 de Vishay tiene un verdadero sensor de radiación UV A y un ADC controlado por I2C que toma las lecturas y las integra durante un tiempo aproximado de 60 a 500ms. El VEML6070 tiene una interfaz I2C mucho más simple para que pueda ser ejecutado en los microcontroladores más pequeños con facilidad. El VEML6070 incorpora un fotodiodo, amplificadores y circuitos analógicos /digitales en un solo chip. La adopción de la tecnología Filtron™ UV proporciona lo mejor sensibilidad espectral para cubrir la detección del espectro UV. El fotodiodo pin incorporado del VEML6070 ofrece sensibilidad espectral de 280 nm a 400 nm.

Figura 11

Diagrama de bloques del sensor VEML6070



Nota : *En la siguiente imagen se puede observar EL Diagrama de bloques del sensor VEML6070 presentado en su datasheet*

6.1.2. Selección del microcontrolador del dispositivo

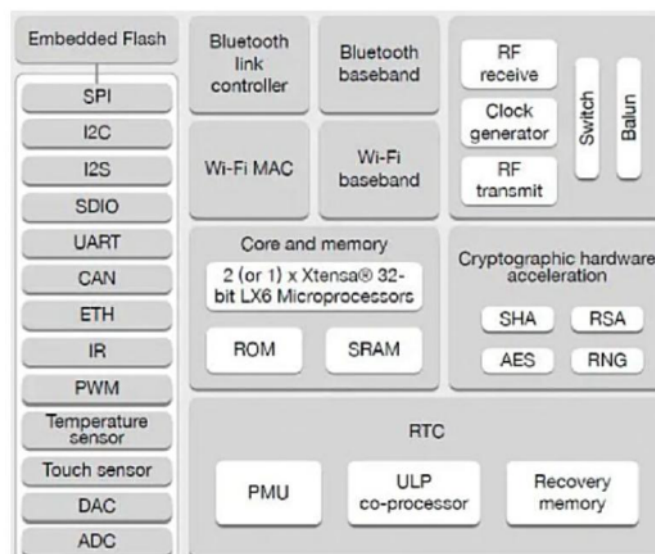
Una vez escogido los sensores para el diseño del dispositivo de recolección de datos, el siguiente paso es seleccionar un microcontrolador que sirva para hacer la conexión y programación con todos los sensores.

Como se había mencionado con anterioridad, los sensores necesitan conexiones digitales, analógicas e I2C para su conexión con cualquier microcontrolador y es por eso que se ha seleccionado a la placa de desarrollo ESP32 WROOM 32.

El ESP32 es un chip que cuenta con conectividad Wifi y Bluetooth integrada, tiene una buena potencia computacional, entradas analógicas y digitales, RTC y el soporte para diferente tipo de comunicaciones como lo son SPI, I2C, I2S, etc. (Bertoleti, 2019). A continuación, en la figura 9 se observa el diagrama de bloques del ESP32 WROOM 32.

Figura 12

Diagrama de bloques del ESP32 WROOM 32



Nota : En la siguiente imagen se puede observar EL Diagrama de bloques del ESP32 WROOM 32

Una vez seleccionado el microcontrolador se tiene que programar los sensores usando el entorno de desarrollo integrado de Arduino (Arduino IDE) para lo cual se debe comenzar por la calibración de los sensores.

6.1.3. Pantalla LCD para mostrar el valor de los parámetros ambientales en tiempo real

Para que se pueda visualizar los valores obtenidos por los sensores de forma práctica en el dispositivo se ha tomado la decisión de incorporar una pantalla LCD. La principal diferencia entre las opciones a elegir, es el tamaño y en la conexión. La elección final ha sido la de un

LCD de 20x4, ya que de esta forma se podría mostrar la información de los 4 parámetros ambientales propuestos. Además, consta de un módulo I2C en la que un micro actúa como maestro y se comunica con el resto de periféricos como esclavos, compartiendo las conexiones marcadas como SDA y SCL. El principio de funcionamiento es el siguiente: El maestro manda el dato por el bus y la dirección del periférico al que va destinado. Por eso, cada periférico solo puede tener una dirección única para evitar el conflicto.

6.1.4. Calibración de los sensores

Sensor MG811

Existen muchas formas de calibrar el sensor MG811, sea ajustando sus potenciómetros analógicos, los cuales regulan su salida de voltaje y posteriormente comparando el valor de ppm que obtenemos con una muestra de otro sensor, o el que escogimos en nuestro caso una calibración realizada por Software.

Se realiza un proceso de regresión logarítmica con el fin de encontrar la relación entre el valor analógico leído y el valor real, que en nuestro caso vendría en partículas por millón (ppm). Como podemos observar en la figura 9 el fabricante nos proporciona la curva de funcionamiento logarítmica y bajo distintas condiciones de operación más no la ecuación correspondiente.

El último paso que realizamos para comprobar la validez de nuestros datos es ubicar nuestro sensor en condiciones normales y extremas. Se sabe que en la atmósfera, el CO_2 , se encuentra en una concentración de unas 400 ppm que puede aproximarse al mínimo de concentración que nuestro sensor MG-811 es capaz de medir, y la máxima concentración medible es de 10.000 ppm tal y como se indica en su hoja de características. Es por ello que, nuestro sensor deberá medir aproximadamente esa concentración en condiciones normales. Sin embargo, para obtener las 10.000 ppm, se deberá conseguir la concentración máxima de CO_2 , para lo cual pusimos nuestro sensor en una funda y respiramos reiteradamente y suministramos gas en la funda obteniendo el aproximado de 10000 ppm.

6.1.5. Programación del sensor MG811

Para la programación del sensor MG811 se debe tomar en cuenta que el sensor podría utilizarse leyendo el valor bruto de tensión o la concentración de CO_2 en ppm. En la figura 4 se muestra la programación para los dos tipos de lectura. Es importante mencionar que se hace uso de la librería MG811-Máster, la cual es de código libre y nos sirve para poder hacer lectura de todos los parámetros del sensor haciendo uso del entorno Arduino IDE.

Figura 13

Lectura de valor bruto de tensión y Concentración de CO₂ en ppm

```
void read_ppm(void) {
  ppm = co2_read();
  if (print_hum_temp == 1) {
    Serial.print(ppm);
    Serial.println("ppm");
  }
}

float co2_raw(void) {
  uint8_t i = 0;
  float buff = 0;
  for (i = 0; i < 10; i++) {
    buff += analogRead(CO2PIN);
    delay(20); // 20ms
  }
  buff /= i;
  return (buff * 3.3) / 4095.0;
}
```

Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el programa para la lectura de datos del sensor MG811*

6.1.6. Programación del sensor DHT22

Para usar el sensor DHT22 se utiliza la librería DHT de Adafruit. Para usar esta librería también se necesita instalar la librería Adafruit Unified Sensor. Para leer la temperatura y la humedad del sensor DHT22, usaremos los parámetros y códigos basados en dicha librería.

Figura 14

Lectura de valor de temperatura en grados Celsius y los niveles de humedad en porcentaje de 0 a 100

```
void read_hum_temp(void) {
  // Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
  // Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
  hum = dht.readHumidity();
  // Read temperature as Celsius (the default)
  temp = dht.readTemperature();

  if (print_hum_temp == 1) {
    Serial.print(hum);
    Serial.print("%\t");
    Serial.print(temp);
    Serial.print("°C\t");
  }
}
```

Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el programa para la lectura de los valores de temperatura y humedad del sensor DHT22*

6.1.7. Programación del sensor VELM 6070

El VEML6070 de Vishay tiene un verdadero sensor de luz UV y un ADC I2C integrado que se encarga de realizar lecturas e integrarlas en aprox. 60 ms a 500 ms. Se ha decidido mostrar los valores de radiación UV en la escala internacional del índice UV, que se ajusta a las pautas internacionales para el informe de mediciones ultravioleta (UVI) establecidas por la Organización Mundial de la Salud.

Figura 15

Lectura de valor de radiación UV

```
void read_uv(void) {  
  uv_level = uv.readUV();  
  if (print_hum_temp == 1) {  
    Serial.print("UV light level: ");  
    Serial.print(uv_level);  
    Serial.print("\t");  
  }  
}
```

Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el programa para la Lectura de valor de radiación UV*

6.1.8. Programación de la pantalla LCD

Para la programación de la pantalla lcd, el primer paso es incluir la librería “LiquidCrystal.I2C.h” y se la declara de forma que en la programación se entienda que tiene una resolución de 20 caracteres por 4 líneas. después se imprimen los datos como se muestra en la figura 17.

Figura 16

Código de como visualizar los datos en la pantalla lcd.

```
lcd.begin(20, 4);  
lcd.init();  
lcd.backlight();  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Humedad:");  
lcd.setCursor(15, 0);  
lcd.print("%");  
lcd.setCursor(9, 0);  
lcd.print(hum);  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Temp:");  
lcd.setCursor(6, 1);  
lcd.print(temp);
```

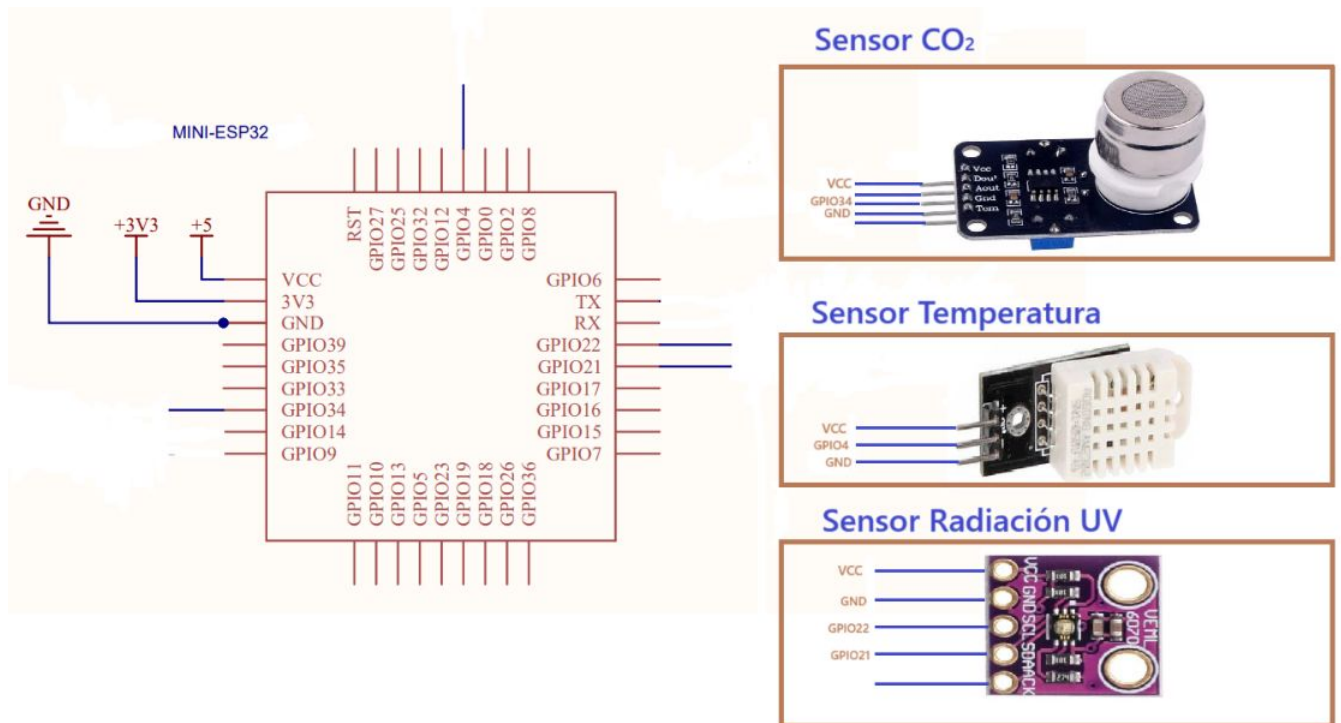
Nota : *En la siguiente imagen se puede ver el código de como visualizar los datos en la pantalla lcd.*

6.1.9. Conexión de los componentes mediante una protoboard

Para poder conectar todos los componentes y probar su funcionamiento en una protoboard lo primero que se realiza es la selección de los pines que tendrá asignada nuestra placa ESP32 a cada sensor y módulo que vamos a utilizar, en donde hemos determinado el siguiente esquema de conexiones: Es importante tener en cuenta que el Sensor MG811 es analógico y necesita un puerto de ese tipo, el sensor de temperatura y humedad dht22 tiene un pin digital y finalmente el sensor de radiación UV también es digital. Las conexiones de los sensores con nuestro ESP32 es la siguiente.

Figura 17

Esquema de conexiones de los sensores con el módulo ESP32



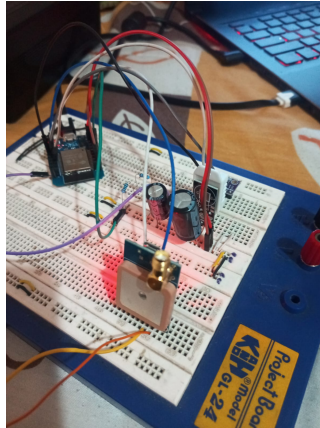
Nota : En la siguiente imagen se puede ver el Esquema de conexiones de los sensores con el módulo ESP32

Una vez definidos todos los pines de conexión procedemos a armar un circuito simple en la protoboard para probar el funcionamiento de los sensores con nuestra programación, es importante mencionar que el sensor MG811 necesitó de una fuente de 5v externa y de una

espera de 2 horas para que el módulo se caliente y envíe datos con mayor exactitud.

Figura 18

Circuito armado en Protoboard



Nota : En la siguiente imagen se puede ver el armado del circuito en Protoboard para probar el funcionamiento de los sensores

6.2. Implementación de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV.

6.2.1. Diseño de una PCB para instalar los componentes electrónicos.

Para lograr la implementación del dispositivo en las áreas verdes de la UPS necesitamos darle robustos al mismo, para lo cual se ha tomado la decisión de diseñar una placa de circuito impreso que nos servirá para que los componentes estén conectados a un mismo entorno seguro y a su vez que el armado del dispositivo sea más limpio de cableado.

Uno de los requisitos de diseño para nuestra placa de circuito impreso es que tenga alimentación de una fuente de 5 voltios, ya que el sensor MG811 en su datasheet nos indica que ese es su voltaje para un correcto funcionamiento; a su vez hemos tenido en cuenta que la implementación de un módulo GPS y una pantalla LCD también necesitan de esa alimentación.

Para el diseño de la PCB se ha usado el Software Altium 365 el cual es la plataforma de diseño de productos electrónicos basada en la nube que une el diseño del PCB, el MCAD, entre otros.

Para obtener el ancho de la pista de la PCB se ha utilizado el programa en línea h

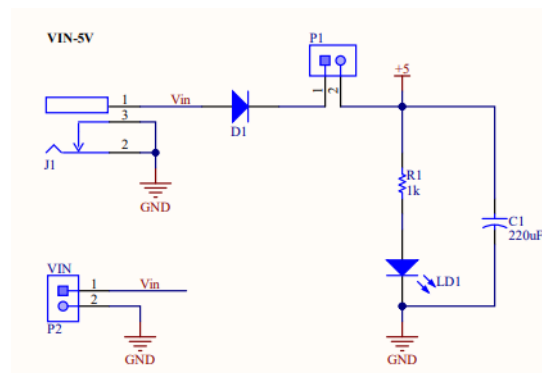
6.2.2. Diseño de la alimentación de 5 voltios

La alimentación de 5 voltios para placa se usa un diodo en la entrada de la alimentación de corriente, esto debido a que permite que la corriente fluya en una dirección, pero no permite a la corriente fluir en la dirección opuesta.

Otro componente que se ha agregado en este caso en puntos estratégicos de la placa es un capacitor el cual nos ayuda a eliminar el ruido y sirve para nivelar el sistema, ya que almacena la energía sobrante cuando el voltaje aumenta. Luego, cuando está en equilibrio, la energía se libera.

Figura 19

Esquema de la alimentación de la PCB



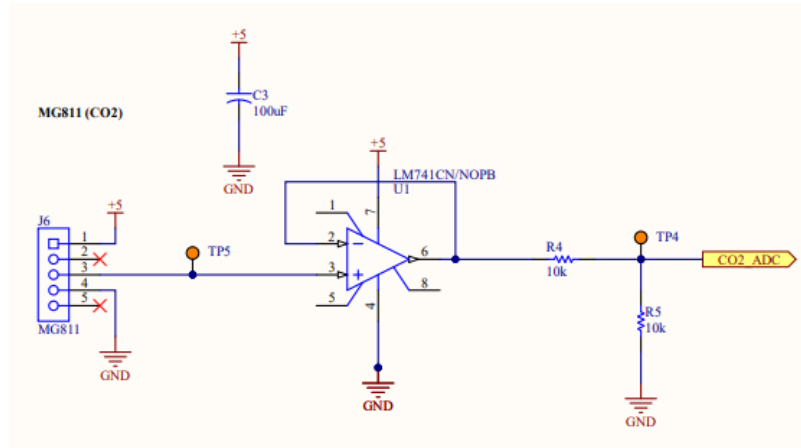
Nota : En la siguiente imagen se puede observar el esquema de la alimentación de 5v para la PCB

6.2.3. Diseño de las conexiones con el sensor MG811

El sensor MG811 al ser analógico estará conectado a un pin de tipo ADC de nuestro módulo ESP32. Se debe tomar en cuenta que este sensor trabaja con una alimentación de 5 voltios para su correcto funcionamiento, e internamente tiene un circuito de subida de tensión, por lo que su señal de salida se aproxima a 4.5 voltios, es por eso que se ha hecho un partidor de tensión con el fin de que la señal que entre al ESP32 no supere los 3.3 voltios.

Figura 20

Esquema de conexiones sensor MG811



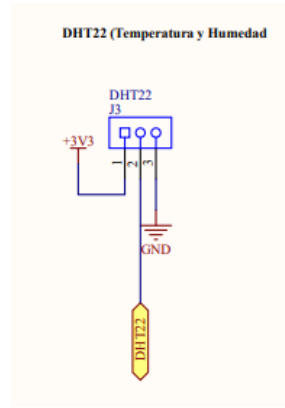
Nota : En la siguiente imagen se puede observar el esquema de conexiones del sensor MG811

6.2.4. Diseño de las conexiones con el sensor DHT22

Para el sensor DHT22 se tiene que conectar el pin de alimentación a 3.3 V, ya que es el voltaje con el que opera el sensor, el pin del medio va conectado a nuestra placa ESP32, ya que el sensor utiliza un único hilo para enviar datos, y finalmente el tercer pin va conectado a tierra. Es importante mencionar que el pin digital de nuestro sensor se conecta directamente debido a que el mismo cuenta con una resistencia interna.

Figura 21

Esquema de conexiones sensor DHT22

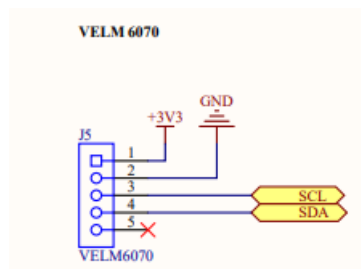


Nota : En la siguiente imagen se puede observar el esquema de conexiones del sensor DHT22

6.2.5. Diseño de las conexiones con el sensor VELM6070

Figura 22

Esquema de conexiones sensor VELM6070

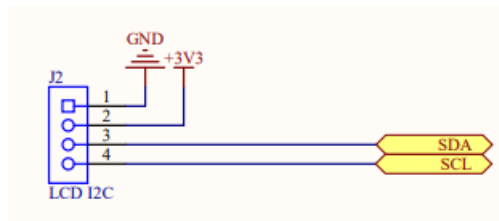


Nota : En la siguiente imagen se puede observar el esquema de conexiones del sensor VELM6070

6.2.6. Diseño de las conexiones con la pantalla LCD

Figura 23

Esquema de conexiones pantalla LCD

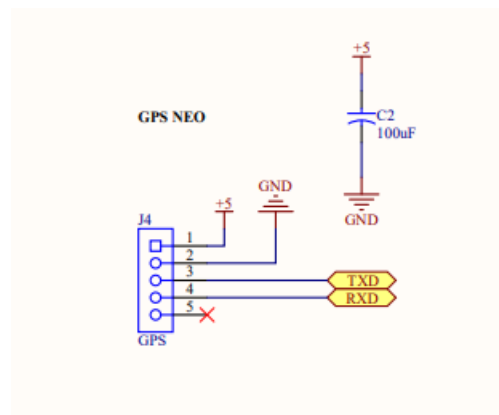


Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el esquema de conexiones pantalla LCD*

6.2.7. Diseño de las conexiones con el módulo GPS NEO 8M

Figura 24

Esquema de conexiones módulo GPS NEO 8M

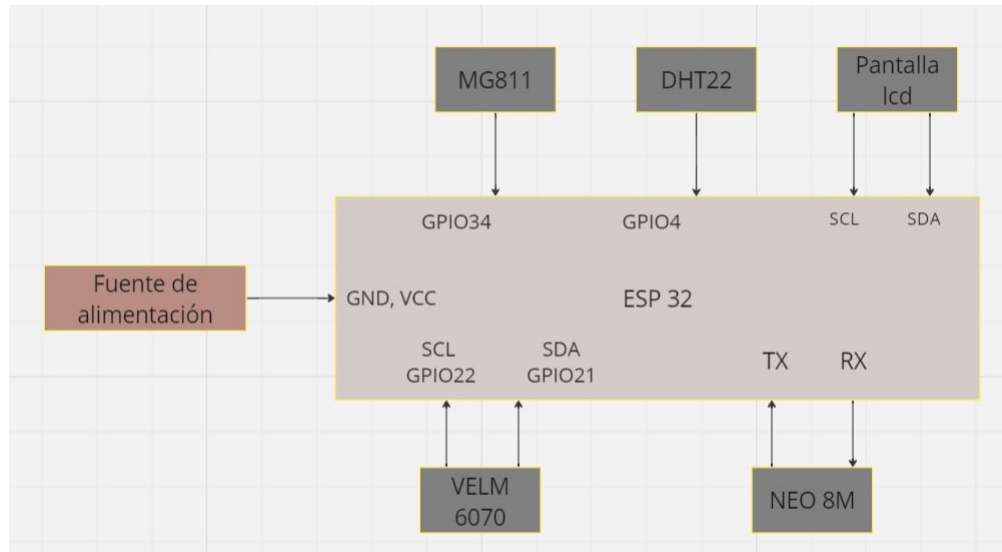


Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el esquema de conexiones módulo GPS NEO 8M*

En el diseño del hardware se toma en cuenta, los recursos a utilizar del esp32, en la figura 27 muestra el diagrama de bloques del sistema de monitoreo de datos ambientales.

Figura 25

Diagrama de bloques general.



Nota : En la siguiente imagen se puede observar el diagrama de bloques del sistema de monitoreo.

6.2.8. Consumo energético del dispositivo.

El consumo energético de un dispositivo es un factor importante que afecta la eficiencia, la sostenibilidad, la durabilidad, los costos operativos y la experiencia del usuario. Tanto los fabricantes como los usuarios tienen interés en reducir el consumo de energía para obtener dispositivos más eficientes y amigables con el medio ambiente.

Tabla 1

Consumo energético.

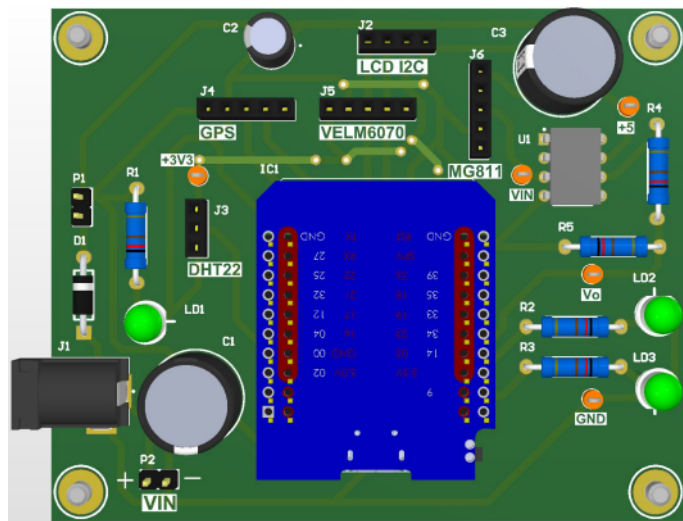
Componentes	Consumo W (V*A)	Consumo en W por 24 horas
Esp 32	0.33 W	7.92 W
Mg811	0.7 W	16.8 W
Dht22	0.00825 W	0.198 W
Velm 6070	0.0165 W	0.396 W
Neo 8m	0.5 W	12 W
Pantalla Lcd	0.01	0.24 W
Consumo total por 24 horas		37.554 W

Nota: En la tabla se observa el consumo energético del dispositivo en un día.

6.2.9. Diseño de las conexiones de todos los componentes de la placa

Figura 26

Esquema de conexiones de todos los componentes de la placa



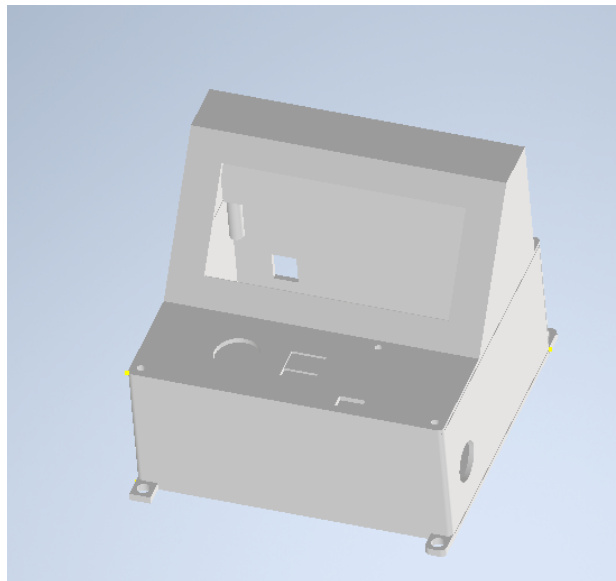
Nota : En la siguiente imagen se puede observar el esquema de conexiones de todos los componentes de la placa

6.2.10. Diseño de una caja para proteger los componentes electrónicos

Para que todos los componentes de nuestro dispositivo estén ubicados de una forma definida por nosotros y estén correctamente protegidos, se ha diseñado una caja en donde estarán ubicados todos los componentes. Para el diseño de la caja se ha usado el Software Inventor y hemos hecho uso de la tecnología de impresión 3D para obtener nuestra caja construida en plástico.

Figura 27

Caja del dispositivo



Nota : En la siguiente imagen se puede observar diseño final de la caja del dispositivo realizada en Inventor.

6.3. Implementación de un módulo GPS para conocer la ubicación exacta del dispositivo.

El sistema de posicionamiento Global (GPS) requiere de una triangulación, la altitud, longitud y latitud de un objeto sobre la superficie de la tierra. El sistema de posicionamiento Global GPS mide el tiempo t que tarda la señal en llegarle (Osorio, Vargas, y Aguirre, 2010b).

Debido a que nuestro dispositivo estará ubicado en exteriores y expuesto a condiciones ambientales se ha escogido el módulo GPS NEO-8M el cual utiliza la recepción simultánea

de hasta tres sistemas Global Navigation Satellite System (GPS/Galileo junto con BeiDou o GLONASS), reconoce varias constelaciones simultáneamente y proporciona una precisión de posicionamiento sobresaliente en escenarios en los que participan cañones urbanos o señales débiles.

6.3.1. Programación del módulo GPS

Los GPS NEO-8 cuenta con una interface de comunicación UART, SPI, DDC (I2C) y USB. Está preparado para trabajar con los protocolos NMEA, UBX binary y RTCM. La conexión es sencilla, alimentamos el módulo conectando Vcc y Gnd , a 5 V y Gnd de nuestro ESP32, para posteriormente conectar los pines TXD Y RXD de comunicación. El código para la lectura de los valores de latitud, longitud y altitud es el siguiente.

Figura 28

Programación módulo GPS

```
void read_gps(void) {
  while (SerialGPS.available() > 0) {
    gps.encode(SerialGPS.read());
    Serial.print("Lat: "); Serial.print(gps.location.lat(), 6);
    Serial.print("Long: "); Serial.print(gps.location.lng(), 6);
    Serial.print("Alt:"); Serial.println(gps.altitude.meters());
  }
}
```

6.4. Implementar el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube.

Uno de los objetivos del dispositivo de recolección de datos es que se pueda tener acceso a los mismos con facilidad, es por eso que se hace uso de plataformas IOT para el envío de los datos obtenidos por nuestros sensores. Hemos tenido en consideración dos plataformas de uso gratuito para el envío de los datos, las cuales son Thingsboard y Thinkspk, las cuales tienen entornos similares, pero tienen diferentes integraciones para un posible análisis de datos, como por ejemplo en la plataforma Thinkspk al ser parte de MathWork cuenta con una conexión directa para el uso de los datos con el Software Matlab.

6.4.1. Envió de los datos a la nube

Para el envío de datos a una plataforma IOT se hace uso de las características que nos ofrece el ESP32, ya que puede interactuar con otros sistemas para proporcionar funcionalidad wifi y Bluetooth a través de sus interfaces SPI / SDIO o I2C / UART. Para nuestra aplicación haremos uso del Wifi 802.11b/g/n HT40 con el que cuenta. La programación para el envío de datos a la plataforma Thingsboard es la siguiente.

Figura 29

Conexión del dispositivo a una red Wifi

```
// WiFi
const char* ssid = "celdarwin";
const char* password = "12345678";

// See https://thingsboard.io/docs/getting-started-guides/helloworld/
// to understand how to obtain an access token
// #define TOKEN "mtlrUbbPOKLlmCCM2D7m" //
// #define TOKEN "8JJT4TEwyzPK8NYLCcz7"
#define TOKEN "Mp6CzCw67f1NG0RVbiGQ" // Ronaldo
#define THINGSBOARD_SERVER "demo.thingsboard.io"
```

Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el código para que el dispositivo ESP32 se conecte a una red WIFI*

Figura 30

Conexión del dispositivo a ThingsBoard

```
if (!tb.connected()) {
  // Connect to the ThingsBoard
  Serial.print("Connecting to: ");
  Serial.print(THINGSBOARD_SERVER);
  Serial.print(" with token ");
  Serial.println(TOKEN);
  if (!tb.connect(THINGSBOARD_SERVER, TOKEN)) {
    Serial.println("Failed to connect");
    return;
  }
  Serial.println("\nThingsBoard Connected :)");
}
```

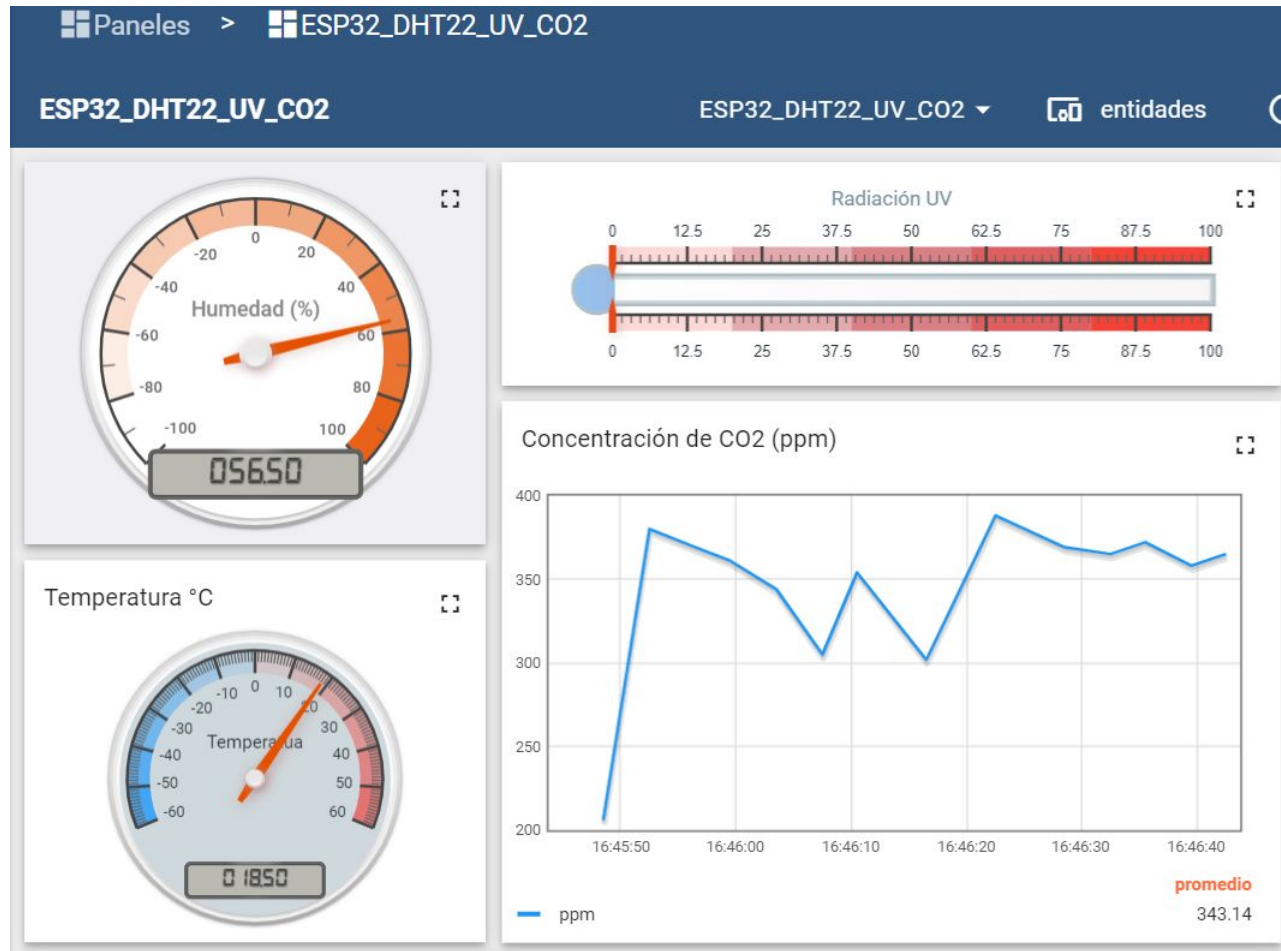
Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el código para que el dispositivo establezca conexión con la plataforma ThingsBoard*

6.4.2. Interfaz gráfica en la plataforma Thingsboard

La plataforma que se usa para la visualización de datos es Thingsboard, la cual es una plataforma IoT de código abierto para la recopilación, el procesamiento, la visualización y la gestión de dispositivos de datos.

Figura 31

Interfaz en la plataforma Thingsboard



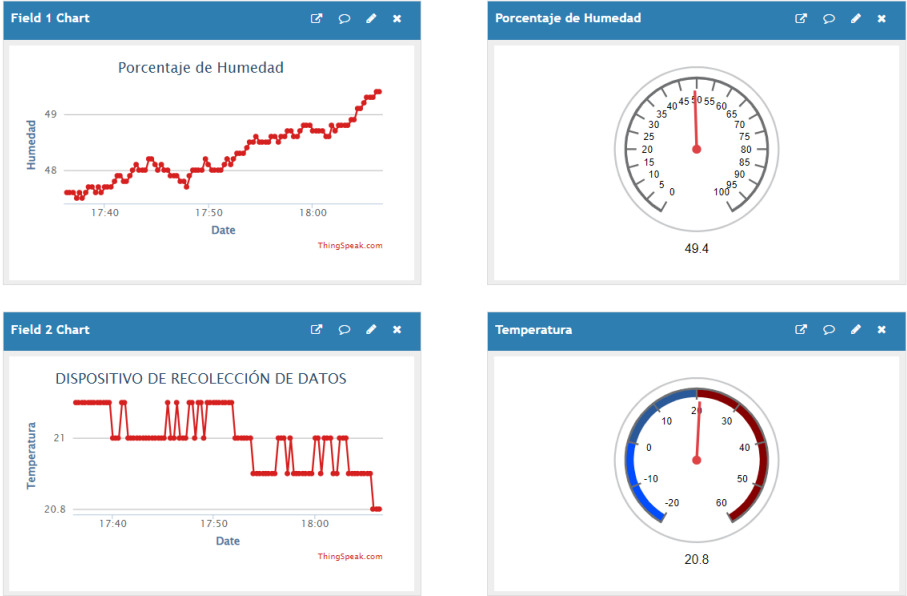
Nota : En la siguiente imagen se puede observar como se muestran los parámetros ambientales de nuestro dispositivo en tiempo real

6.4.3. Interfaz gráfica en la plataforma ThingSpeak

Otra plataforma que se ha usado es ThingSpeak, la cual es una plataforma IoT de código abierto para la recopilación, el procesamiento, la visualización y la gestión de dispositivos de datos. Esta cuenta con la ventaja de que podemos descargar los datos directamente a Excel y también tiene conexión directa con MATLAB para el uso de los datos.

Figura 32

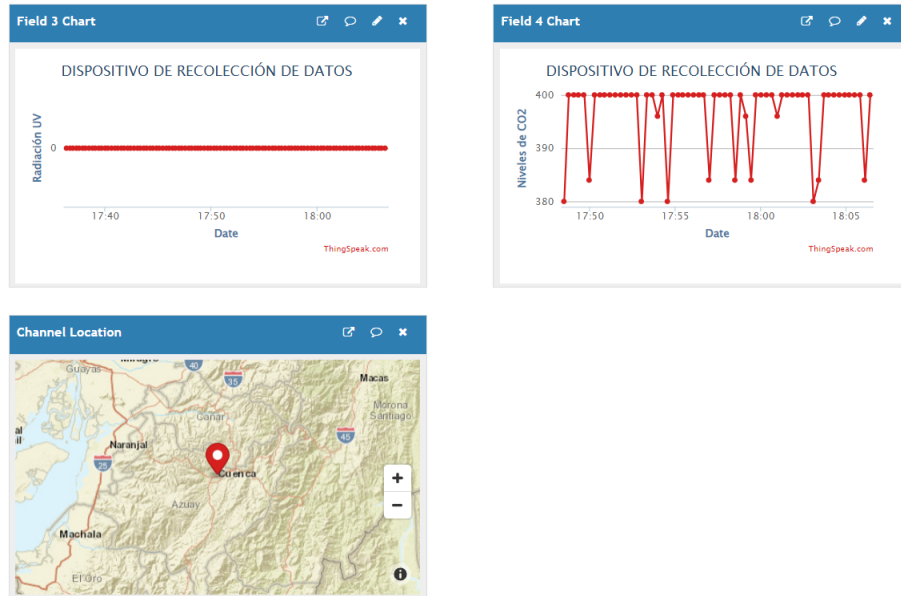
Valores de Humedad y Temperatura en la plataforma Thingspeak



Nota : En la siguiente imagen se puede observar como se estan mostrando los valores de la temperatura y humedad en tiempo real

Figura 33

Valores de CO_2 y radiación UV en la plataforma Thingspeak



Nota : En la siguiente imagen se puede observar como se estan mostrando los valores de la CO_2 , radiación UV y la ubicación del dispositivo en tiempo real

7. Resultados

El dispositivo implementado consta de varios sensores como son: MG811, DHT22 Y VELM 6070, los cuales pretenden analizar los niveles ambientales de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV para la Universidad Politécnica Salesiana, con fines de prácticas en laboratorios o de investigaciones. El sistema de monitoreo implementado se puede observar en la figura 33.

Figura 34

Diagrama de red.



Nota : En la siguiente imagen se puede observar como se establecio el diarama de red.

7.1. Diseño de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV.

Realizado el análisis correspondiente para elegir el sensor adecuado para la recolección de datos ambientales como son, CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV para las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.

Fue implementado sensor MG811 gracias a que puede proporcionar mediciones continuas o periódicas de los niveles de CO_2 en el aire. Esto permitirá monitorear la concentración de CO_2 en tiempo real y detectar cambios significativos.

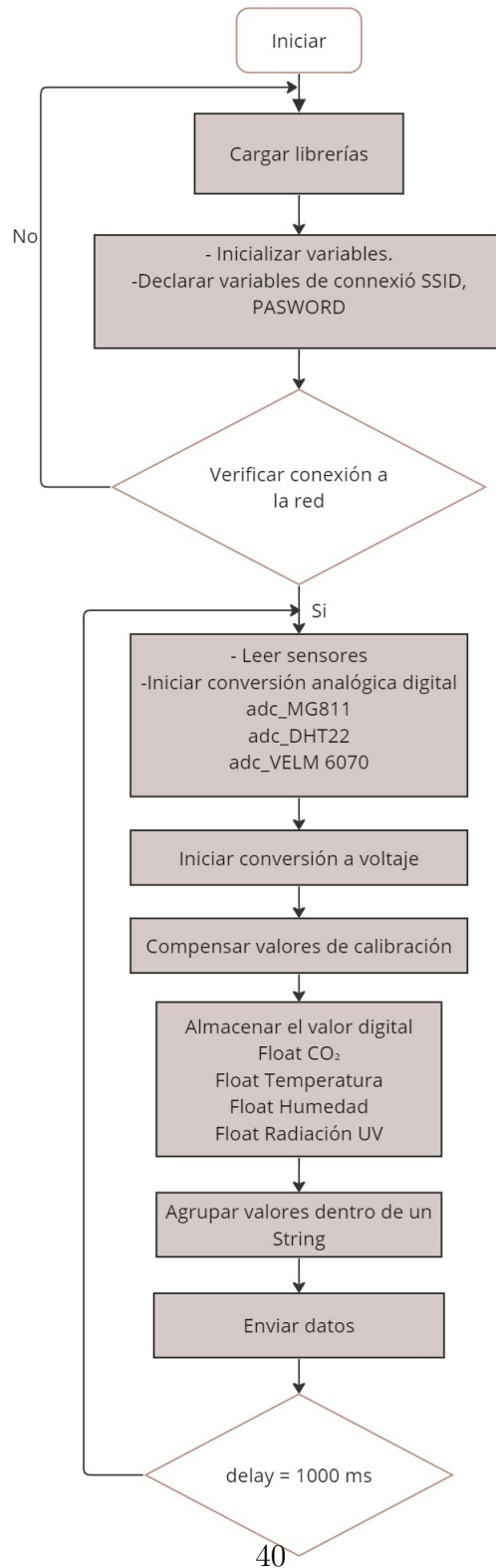
El DHT22 es conocido por su facilidad de uso y bajo consumo de energía, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren una monitorización constante y prolongada de la temperatura y humedad.

El VELM 6070 es el sensor apto para medir la radiación UV por su facilidad de uso y bajo consumo de energía.

En la figura 34 se observa el diagrama de flujo especificando cada paso que se realizó para la programación de los sensores y visualización de los parámetros obtenidos.

Figura 35

Diagrama de flujo sobre programación de sensores.

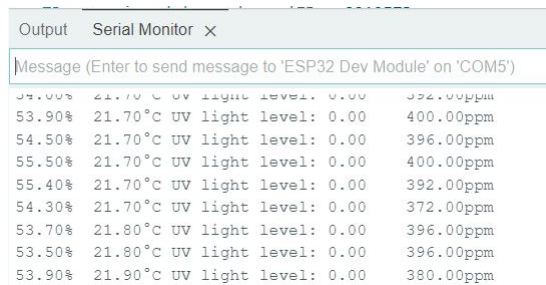


Nota : *En la siguiente figura se puede observar el diagrama de flujo sobre programación de sensores.*

Una vez programados los sensores en el programa Arduino IDE, con el microcontrolador Esp32 y subido el programa, obtuvimos los datos esperados en el monitor serial, el primer dato corresponde a la humedad, el segundo a la temperatura, el tercero a la radiación UV y el último al CO_2 , lo que se observa en la figura 38.

Figura 36

Resultados obtenidos en el monitor serial de arduino.



Output	Serial Monitor	x
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM5')		
54.00%	21.70 °C	UV light level: 0.00
53.90%	21.70 °C	UV light level: 0.00
54.50%	21.70 °C	UV light level: 0.00
55.50%	21.70 °C	UV light level: 0.00
55.40%	21.70 °C	UV light level: 0.00
54.30%	21.70 °C	UV light level: 0.00
53.70%	21.80 °C	UV light level: 0.00
53.50%	21.80 °C	UV light level: 0.00
53.90%	21.90 °C	UV light level: 0.00

Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el resultado final de los datos obtenidos en el monitor serial de arduino.*

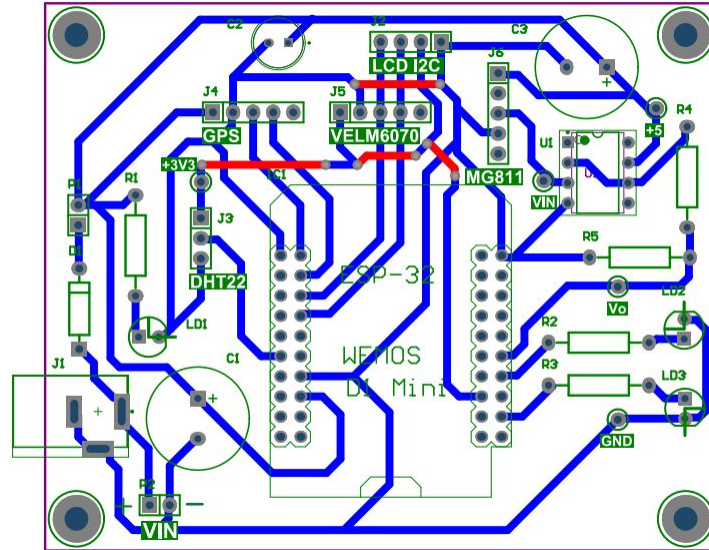
7.2. Implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV.

Se diseñó el dispositivo para la medición de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en el entorno de la universidad.

El resultado final del diseño de la placa electrónica se podrá observar en la figura 39, donde se muestra como están distribuidas las conexiones para cada elemento que componen la placa, de igual forma la alimentación.

Figura 37

Diseño final de la placa electrónica.

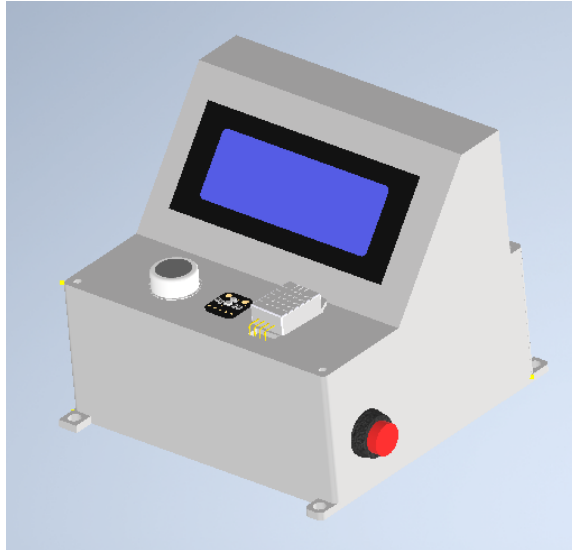


Nota : En la siguiente imagen se puede observar el diseño final de la placa electrónica.

El resultado final del diseño mecánico que dará protección a los componentes eléctricos se muestra en la figura 40, donde se observa la distribución adecuada para que los sensores generen datos confiables.

Figura 38

Diseño final de la caja de protección



Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el diseño final de la caja de protección para la parte electrónica.*

El dispositivo permitirá el monitoreo continuo de los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en tiempo real. Esto brinda la capacidad de obtener datos actualizados y precisos sobre las condiciones ambientales en un entorno específico. El dispositivo estará equipado con sensores de alta calidad y calibrados adecuadamente para medir con precisión los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV. Esto garantiza la confiabilidad de los datos recopilados y facilita un análisis más preciso de las condiciones ambientales. El dispositivo de recolección de datos incluirá capacidad de almacenamiento para guardar los registros recopilados. Esto permitirá tener un historial de datos para análisis posteriores, comparaciones de tendencias a lo largo del tiempo y referencias futuras.

En la figura 41 se observa la caja de protección armada con los elementos electrónicos, la cual puede ser colocada en cualquier lugar por su fácil adaptabilidad.

Figura 39

Resultados del dispositivo armado en la caja de protección.



Nota : *En la siguiente imagen se puede observar el resultado final del dispositivo armado en la caja de proyección.*

7.3. Implementar un módulo GPS para conocer la ubicación exacta del dispositivo.

Al implementar el módulo GPS permitirá obtener datos de ubicación geográfica exacta para cada punto de monitoreo. Esto es útil para identificar la ubicación específica donde se registran los datos y facilita el análisis espacial de las variables ambientales. En la figura 42 se puede observar la ubicación exacta donde se encuentra el dispositivo.

Figura 40

Ubicación en tiempo real del dispositivo.



Nota : En la siguiente imagen se puede observar donde se encuentra ubicado el dispositivo.

7.4. Implementar el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube.

El sistema de monitoreo se diseñó para proporcionar una interfaz de usuario intuitiva y accesible, desde la cual los usuarios pueden visualizar los datos recopilados en tiempo real, generar informes y realizar análisis de tendencias. El sistema de monitoreo desarrollado en esta tesis proporciona una plataforma efectiva para recopilar y analizar datos de CO_2 , temperatura, humedad Y radiación UV. Los resultados obtenidos ayudan a comprender las relaciones entre estas variables y pueden ser utilizados para tomar decisiones informadas en relación con la gestión ambiental y la salud humana. En la figura 43 se puede observar en la plataforma ThingsBoard el resultado de los datos enviados, donde cualquier persona con conexión a internet pueden tener acceso.

Figura 41

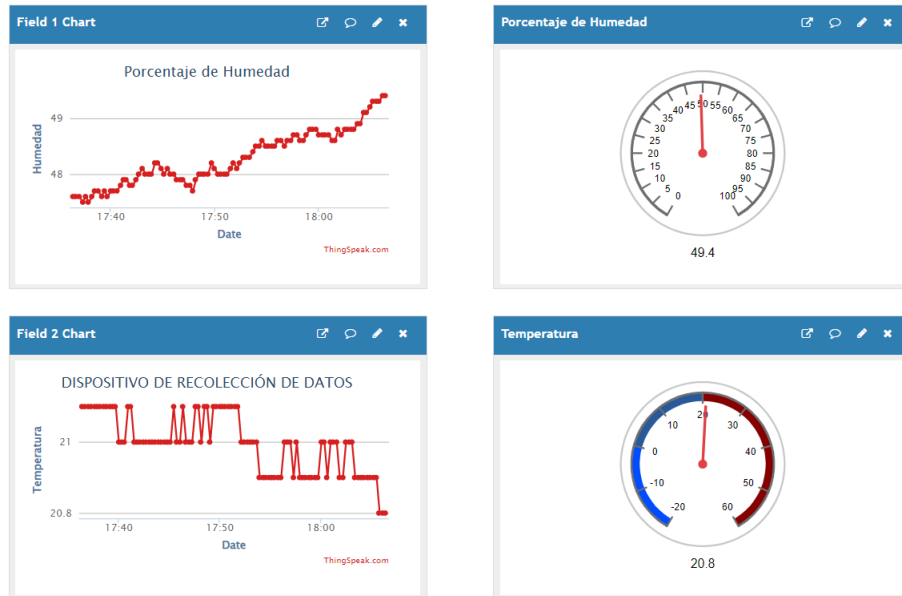
Interfaz gráfica en ThingsBoard para visualizar los datos ambientales.



Nota : En la siguiente imagen se puede observar los datos ambientales.

Figura 42

Interfaz gráfica en ThingSpeak para visualizar los datos ambientales.



Nota : *En la siguiente imagen se puede observar los datos ambiente en la nube ThingSpeak.*

Para descargar los datos en un formato Excel es ingresa en el siguiente apartador que se muestra en la figura 45.

Figura 43

Interfaz gráfica en ThingSpeak para descargar datos en formato Excel.



Nota : En la siguiente figura se puede observar el apartado en la nube ThingSpeak para descargar los datos en formato Excel.

Podemos descargar el historial del parámetro ambiental deseado como se muestra en la figura 46.

Figura 44

Parámetros deseados para descargar.



The image shows a dialog box titled "Export recent data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains a list of parameters to be exported, each with a corresponding download link in green text.

Parameter	Download Link
DISPOSITIVO DE RECOLECCIÓN DE DATOS Channel Feed:	JSON XML CSV
Field 1 Data: Humedad	JSON XML CSV
Field 2 Data: Temperatura	JSON XML CSV
Field 3 Data: Radiación UV	JSON XML CSV
Field 4 Data: Niveles de CO2	JSON XML CSV
Field 5 Data: Latitud	JSON XML CSV
Field 6 Data: Longitud	JSON XML CSV
Field 7 Data: Altitud	JSON XML CSV

Nota : *En la siguiente figura se puede observar que parámetros ambientales se desea descargar.*

8. Conclusiones

El diseño del dispositivo de recolección de datos permitió la lectura de los niveles de CO_2 en ppm, los niveles de temperatura en $^{\circ}C$, el porcentaje de humedad relativa en el ambiente y los niveles de radiación UV según la escala internacional.

El uso de un módulo ESP32 fue fundamental para la lectura correcta de los sensores, ya que tiene múltiples entradas analógicas y digitales, a su vez cuenta con una solución de Wi-Fi 802.11b/g/n HT40 integrada y certificada que proporciona no solo la radio inalámbrica, sino también un procesador integrado con interfaces para conectarse con varios periféricos a través de sus interfaces SPI / SDIO o I2C / UART.

Las lecturas de CO_2 en ppm obtenidas por el sensor MG811 mejoraron considerablemente después de su calibración, lo que permitirá que los datos obtenidos tengan un porcentaje de error más bajo y sean confiables a la hora de ser usados por estudiantes y docentes con fines prácticos o de investigación.

La construcción de un prototipo del dispositivo de recolección de datos fue posible gracias al diseño de una placa de circuito impreso(PCB) en el Software Altium, la cual permitió la

integración de todos los componentes electrónicos, así como la alimentación de todo nuestro sistema mediante una fuente externa conectada a la corriente.

La integración de todos los elementos físicos del dispositivo se ha realizado mediante el diseño de una caja, la cual cumple la función de proteger los circuitos internos de condiciones como agua y polvo, como también de posibles golpes. Se usó la técnica de impresión 3D para la construcción de la caja y se usó el material PLA.

El uso de un módulo GP como el NEO-8M permitió que se pueda ver la ubicación exacta del dispositivo mediante la interfaz en las plataformas IOT.

El diseño y desarrollo de la interfaz gráfica tanto en la plataforma Thingsboard como Thingspeak ha facilitado la visualización de los datos en tiempo real, así como su posterior análisis mediante la descarga de los mismos y el uso del Software MATLAB.

9. Recomendaciones

Actualmente, el dispositivo está diseñado para implementación en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana, pero se podría aplicar a cualquier ambiente abierto como parques, rutas de entrenamiento, entre otros.

Antes de implementar el dispositivo en el campo, asegurar de calibrar adecuadamente los sensores para garantizar mediciones precisas y confiables. Además, realizar pruebas de verificación para confirmar que los datos recopilados son precisos y consistentes con las condiciones ambientales reales.

Antes de utilizar el sensor MG811 en una aplicación específica, es importante realizar una calibración inicial. Esto implica exponer el sensor a un ambiente conocido de CO_2 y ajustar el potenciómetro de calibración en el sensor para que proporcione lecturas precisas en ese nivel de concentración.

Al encender el dispositivo, darle un tiempo suficiente para precalentarse antes de tomar medidas precisas. Esto podría llevar varios minutos.

Crear una interfaz de usuario en la nube que sea fácil de usar y que permita una visualización clara de los datos ambientales recopilados. Una interfaz intuitiva facilitará el acceso y el análisis de los datos por parte de los usuarios.

Finalmente, investigar sobre sensores más avanzados y precisos para medir las variables ambientales. La tecnología de sensores sigue evolucionando, y el uso de dispositivos más sofisticados puede mejorar la calidad de los datos recopilados.

Referencias

- Badhiye, S. S., Chatur, P., y Wakode, B. (2011). Data logger system: A survey. *International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering (IJCTEE)*, 24–26.
- Bertoletti, P. (2019). *Proyectos con esp32 y lora*. Editora NCB.
- Bohórquez-Ballén, J., y Pérez Mogollón, J. F. (2007). Radiación ultravioleta. *Ciencia y Tecnología para la salud Visual y Ocular*, 5(9), 97–104.
- Chicangana Cifuentes, J. (2012). Diseño y construcción de un datalogger.
- Corona, L., Abarca, G., y Mares, J. (2014). Sensores y actuadores: aplicaciones con arduino. *México: Grupo Editorial Patria*.
- de Paz Menéndez, A. (2015). Desarrollo de un sistema de sensores para la detección de sustancias peligrosas. *Universidad Autónoma de Madrid*.
- D’Inca, C. O. F. (1982). Los microprocesadores. *Revista de la Universidad de Mendoza*.
- González Macías, E., y Estrada Roque, J. A. (s.f.). Datalogger.
- Haras, M., y Skotnicki, T. (2018). Thermoelectricity for iot—a review. *Nano Energy*, 54, 461–476.
- Indri Hapsari Raharja, G., Tonny, S., y Hollanda Arief, K. (2021). *Rancang bangun instrumen pengukur tinggi muka air laut menggunakan gps neo 8m* (Tesis Doctoral no publicada). Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Iraceburu González, J. (2014). Desarrollo e implementación de una red inalámbrica de sensores de temperatura y humedad.
- Ishizumi, N., y Gouko, M. (2019). Famileaf: Flowerpot robot for dementia prevention. En *2019 international symposium on intelligent signal processing and communication systems (ispacs)* (pp. 1–2).
- Kalsi, H. S. (2018). *Electronic instrumentation, 3e*. Tata McGraw-Hill Education.
- Liu, T. (2013). Digital-output relative humidity & temperature sensor/module dht22 (dht22 also named as am2302). *Aosong Electronics*. [En línea]. Disponible: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22>.
- Mahzan, N. N., Omar, A., Rimon, L., Noor, S. M., y Rosselan, M. (2017). Design and development of an arduino based data logger for photovoltaic monitoring system. *Int. J. Simul. Syst. Sci. Technol*, 17(41), 15–1.
- Moreno Hernández, R. (2020). *Desarrollo de una aplicación iot para la gestión de un hogar inteligente mediante el protocolo mqtt y sistemas en chip (soc) esp32* (Tesis Doctoral no publicada). Universitat Politècnica de València.
- Munandar, D., y Syamsi, D. (2014). Data logger management software design for maintenance

- and utility in remote. En *2014 the 1st international conference on information technology, computer, and electrical engineering* (pp. 74–78).
- Osorio, J. A. C., Vargas, J. A. M., y Aguirre, F. A. M. (2010a). Implementación de un sistema de posicionamiento global utilizando el módulo gps sirfstariii. mti-6 de starsnav. *Scientia et technica*, 2(45).
- Osorio, J. A. C., Vargas, J. A. M., y Aguirre, F. A. M. (2010b). Implementación de un sistema de posicionamiento global utilizando el módulo gps sirfstariii. mti-6 de starsnav. *Scientia et technica*, 2(45).
- Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., y Carreño, J. M. (2014). *Sensores y actuadores*. Grupo Editorial Patria.
- Salas Jiménez, H. J. (2019). Pecera automatizada, monitorizada por pantalla lcd y por móvil via bluetooth, basada en la plataforma arduino.
- Salazar, J., y Silvestre, S. (2016). Internet de las cosas. *Techpedia. České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická*.
- Satya, T. P., Oktawati, U. Y., Fahrurrozi, I., Prisyanti, H., y cols. (2020). Analisis akurasi sistem sensor dht22 berbasis arduino terhadap thermohygrometer standar. *Jurnal Fisika dan aplikasinya*, 16(1), 40–45.
- Valdez-Muñoz, J. (2021). Desarrollo e implementación de redes neuronales para acondicionamiento de sensores lm35, sharp y mg811 utilizando matlab y pic16f877a. *Revista Ciencia*, 1.
- Veintimilla, J. E., Cisneros, F., y Capelo, P. (2014). Diseño e implementación de un datalogger par a la transmisión de información de sensores remotos de lluvia por medio de una red gsm o gprs. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 27(2).
- Zilio, M. I. (2008). Emisiones de dióxido de carbono en américa latina. un aporte al estudio del cambio climático. *Economía y sociedad*, 14(22), 133–161.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

Tabla 2

Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es posible diseñar e implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana?	Diseñar e implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.	El diseño e implementación de un dispositivo de recolección de datos permitirá medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.		
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es factible el diseño de un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana?	Diseñar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.	Se diseñará un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.	-VI: CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV. -VD: Diseño dispositivo	Microprocesadores, Arduino, sensores.
¿Es posible implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana?	Implementar un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.	Se implementará un dispositivo de recolección de datos para medir los niveles de CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV en las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana.	-VI: CO_2 , temperatura, humedad y radiación UV. -VD: Construcción dispositivo	MG811, temperatura, humedad, radiación UV.
¿Es posible implementar un módulo GPS para conocer la ubicación exacta del dispositivo?	Implementar un módulo GPS para conocer la ubicación del dispositivo.	Se implementará un módulo GPS que permitirá conocer la ubicación del dispositivo	-VI: Ubicación. -VD: Módulo GPS	Módulo GPS
¿Es posible implementar el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube?	Implementar el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube.	Se implementará el monitoreo de los datos obtenidos a través de una plataforma en la nube.	-VI: Monitoreo de IoT datos. -VD: IoT	

Nota: La matriz de consistencia que se presentada permite identificar la vinculación existente entre las variables y los objetivos y su relación con el marco teórico referencial.

Anexo B: Operacionalización de Variables

La tabla 3 presenta la operacionalización de la variable dependiente: tiempo de operación.

Tabla 3

Variable dependiente.

VARIABLE DEPENDIENTE: TIEMPO DE OPERACIÓN				
Dimensiones	Definiciones	Indicador	Magnitud	Instrumento de medición o Fuente
	Definición conceptual: Permite determinar la duración que tendrá el diseño del dispositivo de recolección de datos.			
Diseño y construcción del dispositivo	Definición operacional: Es la duración en minutos que tarda el operario en diseñar el dispositivo de recolección de datos, colocando todos los componentes como es GPS, IoT, ya visualizando los datos en la nube.	Tiempo	Segundos	Cronómetro

Nota: La tabla detalla los conceptos de las dimensiones de la variable dependiente usadas en el proyecto de investigación, proyectadas al proceso de diseño y construcción del dispositivo de recolección de datos, cada variable puede tener diferentes dimensiones y todas ellas deben ser medibles.

La tabla 3 presenta la operacionalización de la variable independiente: tiempo de operación.

Anexo C: Código en Arduino IDE

```

#include "DHT.h"
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_VEML6070.h>
#include <MG811.h>
#include <ThingsBoard.h>
#include <WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>
// #include <types.h>
#include "TinyGPS++.h";
#include "HardwareSerial.h";
#include <Wire.h>
#include "RTCLib.h"
#include "CO2Sensor.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
CO2Sensor co2Sensor(34, 0.99, 100);

// Defines
#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT22
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

int pulsante = 27;
// WiFi
const char* ssid = "CELERITY_JARAMILLO";
const char* password = "1823317@Jaramillo";

#define TOKEN "Mp6CzCw67f1NG0RVbiGQ"
#define THINGSBOARD_SERVER "demo.thingsboard.io"
unsigned long channelID = 2219573;
const char* WriteAPIKEY = "HJ32N3MFYWR7088W";

// Variables
float hum = 0.0, temp = 0.0;
float uv_level = 0.0;
float ppm = 0.0;
float latitud = -2.8865589;
float longitud = -78.9889382;

// Constant
const char print_hum_temp = 1;

// Initialize DHT sensor.
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
// Initialize UV sensor
Adafruit_VEML6070 uv = Adafruit_VEML6070();

```



```

// Initialize ThingsBoard client
WiFiClient espClient;
// Initialize ThingsBoard instance
ThingsBoard tb(espClient);

WiFiClient Client;
TinyGPSPlus gps;
HardwareSerial SerialGPS(1);

// Functions
void read_hum_temp(void);
void read_uv(void);
void read_gps(void);
void read_ppm(void);

void setup() {
  // Initialize serial comunitation
  pinMode(pulsante, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(115200);
  co2Sensor.calibrate();
  delay(1000);

  // Initialize WiFi
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.println("\nConnecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(100);
  }
  Serial.println("\nWiFi Connected :)");

  // Init DHT sensor
  dht.begin();

  // Init UV sensor
  uv.begin(VEML6070_1_T); // pass in the integration time constant

  ThingSpeak.begin(Client);

  if (!tb.connected()) {
    // Connect to the ThingsBoard
    Serial.print("Connecting to: ");
    Serial.print(THINGSBOARD_SERVER);

```

```

    Serial.print(" with token ");
    Serial.println(TOKEN);
    if (!tb.connect(THINGSBOARD_SERVER, TOKEN)) {
        Serial.println("Failed to connect");
        return;
    }
}
Serial.println("\nThingsBoard Connected :)");

SerialGPS.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);
}

void loop() {

    read_hum_temp();
    read_uv();
    read_ppm();

    tb.sendTelemetryFloat("hum", hum );
    tb.sendTelemetryFloat("temp", temp);
    tb.sendTelemetryFloat("uv", uv_level);
    tb.sendTelemetryFloat("ppm", ppm);
    tb.sendTelemetryFloat("latitud",latitud);
    tb.sendTelemetryFloat("longitud", longitud);

    tb.loop();
    read_gps();

    ThingSpeak.setField (1, hum);
    ThingSpeak.setField (2, temp);
    ThingSpeak.setField (3, uv_level);
    ThingSpeak.setField (4, ppm);
    ThingSpeak.writeFields (channelID, WriteAPIKEY);

    tb.loop();

    read_gps();

    delay(1000);
    int estado = digitalRead(pulsante);
    if (estado == 0) {
        lcd.begin(20, 4);
        lcd.init();
        lcd.backlight();
        lcd.setCursor(0, 0);
    }
}

```

```

    lcd.print("Humedad:");
    lcd.setCursor(15, 0);
    lcd.print("%");
    lcd.setCursor(9, 0);
    lcd.print(hum);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Temp:");
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.print(temp);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("Grados C");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("UV:");
    lcd.setCursor(4, 2);
    lcd.print(uv_level);
    lcd.setCursor(10, 2);
    lcd.print("%");
    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print("CO2:");
    lcd.setCursor(4, 3);
    lcd.print(ppm);
    lcd.setCursor(10, 3);
    lcd.print("ppm");
}else {
    lcd.noDisplay();
    lcd.noBacklight();
}
}

void read_hum_temp(void) {
    hum = dht.readHumidity();
    temp = dht.readTemperature();

    if (print_hum_temp == 1) {
        Serial.print(hum);
        Serial.print("%\t");
        Serial.print(temp);
        Serial.print("°C\t");
    }
}

void read_uv(void) {
    uv_level = (uv.readUV())/10;

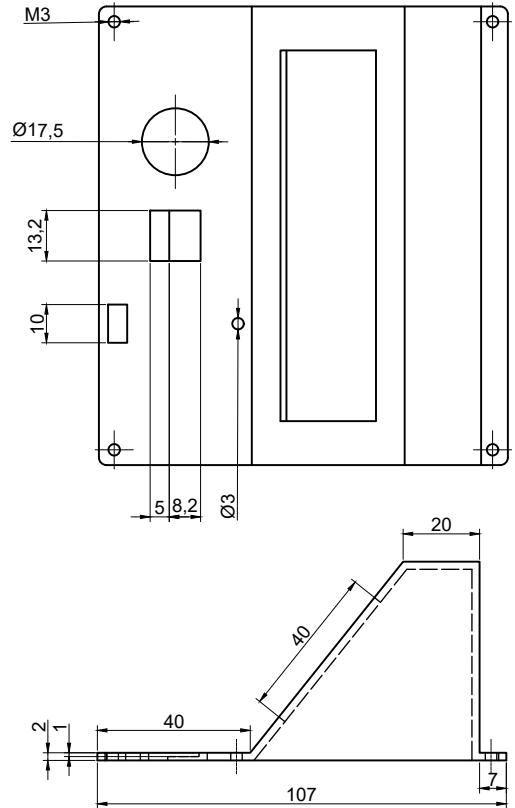
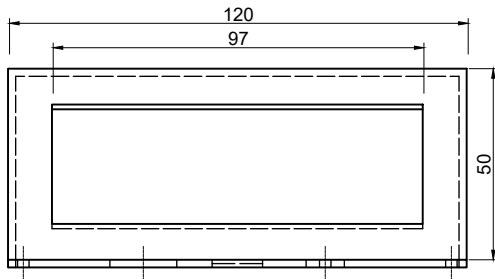
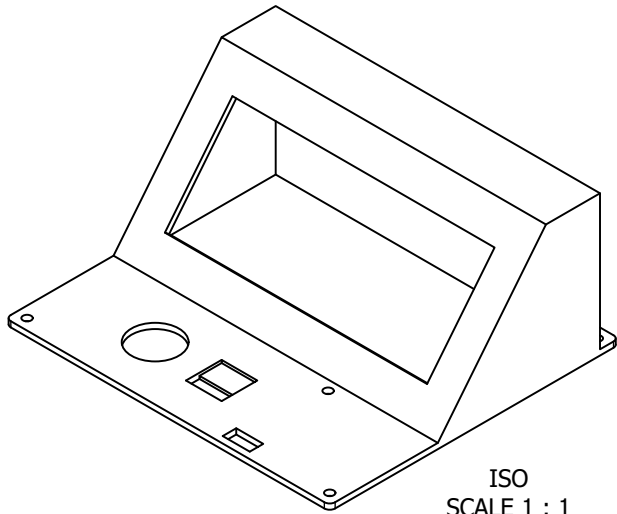
```

```
    if (print_hum_temp == 1) {
        Serial.print("UV light level: ");
        Serial.print(uv_level);
        Serial.print("\t");
    }
}

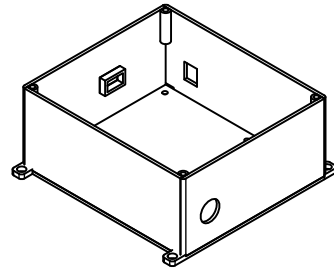
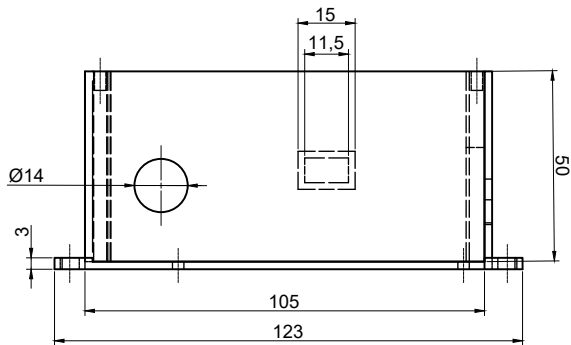
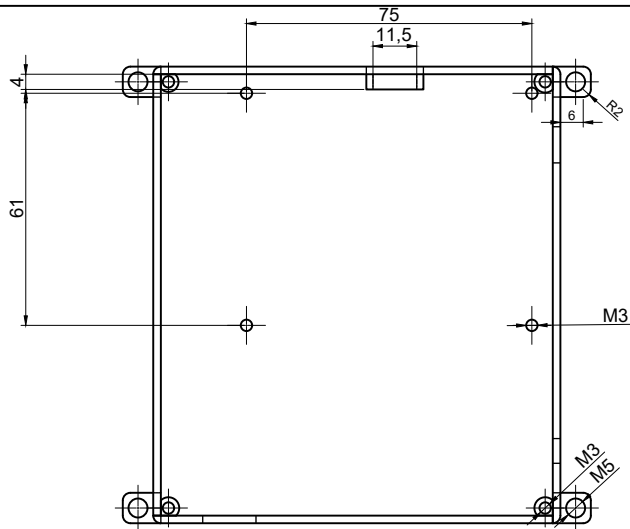
void read_ppm(void) {
    ppm = co2Sensor.read();
    if (print_hum_temp == 1) {
        Serial.print("CO2: ");
        Serial.print(ppm);
        Serial.print("ppm\t");
    }
}

void read_gps(void) {
    while (SerialGPS.available() > 0) {
        gps.encode(SerialGPS.read());
        latitud = gps.location.lat();
        longitud = gps.location.lng();
        Serial.print("Lat: "); Serial.print(latitud, 6);
        Serial.print("Long: "); Serial.print(longitud, 6);
        Serial.print("Alt:"); Serial.println(gps.altitude.meters());
    }
}
```

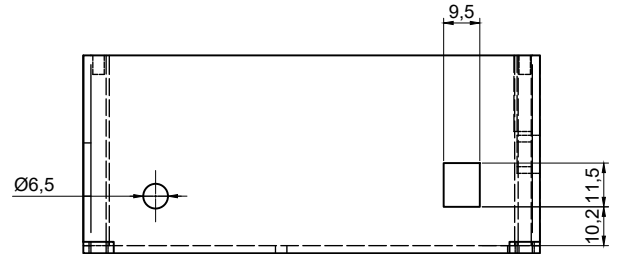
Anexo D: Planos de la caja del dispositivo



-----	1	Tapa del dispositivo		PLA	ISO 216	-----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
		Dibujado	20/07/2023 Darwin Alvarado			
		Comprobado	31/07/2023 Ing. F. Urgiles			
Escala:	Lámina:	IMPRESIÓN 3D				
1:1	CAV 02					



ISO
SCALE 1 / 2



----	1	Base del dispositivo		PLA	ISO 216	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado	20/07/2023	Darwin Alvarado				
Comprobado	31/07/2023	Ing. F. Urgiles				
Escala:	1:1	Lámina:	CAV.01	IMPRESIÓN 3D		

Anexo F: Datasheet de todos los componentes usados

MG811 CO2 Sensor

Features

- Good sensitivity and selectivity to CO2
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

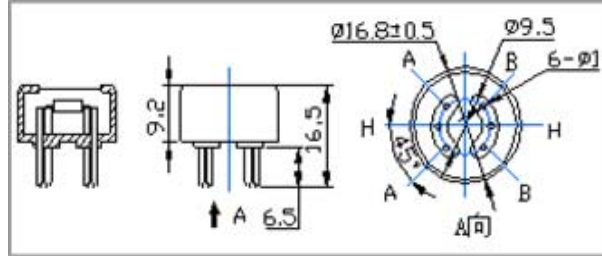
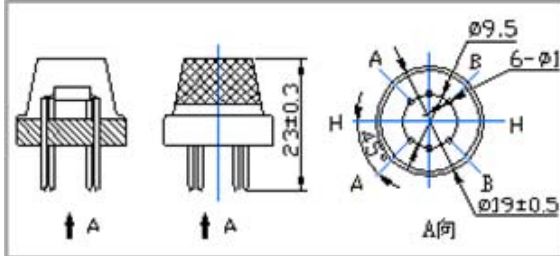
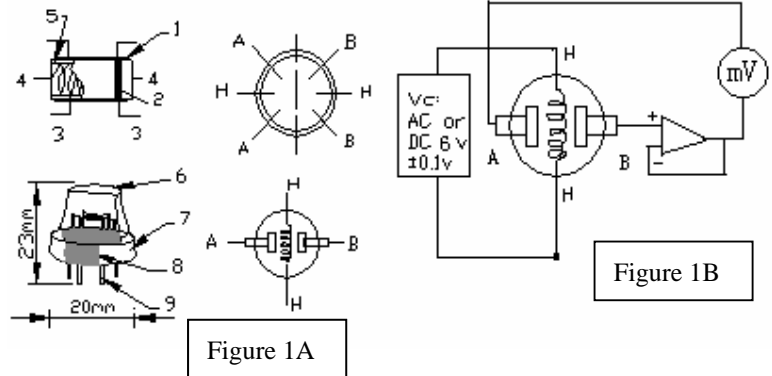
Application

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO2 concentration Detection



Structure and Testing Circuit

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, It composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer stainless net (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9).



Working Principle

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle, It is composed by the following solid cells :

Air, Au|NASICON|| carbonate|Au, air, CO2

When the sensor exposed to CO2, the following electrodes reaction occurs :

Cathodic reaction : $2Li + + CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- = Li_2CO_3$

Anodic reaction : $2Na+ + 1/2O_2 + 2e^- = Na_2O$

Overall chemical reaction : $Li_2CO_3 + 2Na + = Na_2O + 2Li + + CO_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nernst's equation: :

$$EMF = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

$P(CO_2)$ —CO2--- partial Pressure E_c —Constant Volume R —Gas Constant volume

T — Absolute Temperature (K) F —Faraday constant

From Figure 1B, Sensor Heating voltage supplied from other circuit, When its surface temperature is high enough, the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal, and its result accord with Nernst's equation. In sensor testing, the impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ, Its testing

current should be control below 1pA.

Specifications :

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
V_H	Heating Voltage	6.0±0.1 V	AC or DC
R_H	Heating Resistor	30.0±5%Ω	Room Temperature
I_H	Heating Current	@200mA	
P_H	Heating Power	@1200mW	
T_{ao}	Operating Temperature	-20...+50°C	
T_{as}	Storage Temperature	-20...+70°C	
□ EM F	Output	30—50mV	350—10000ppm CO2

Sensitivity :

Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

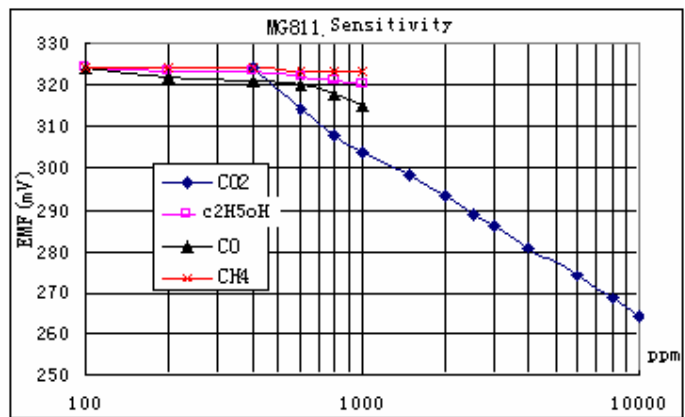
Conditions:

Tem : 28℃、

RH : 65%、

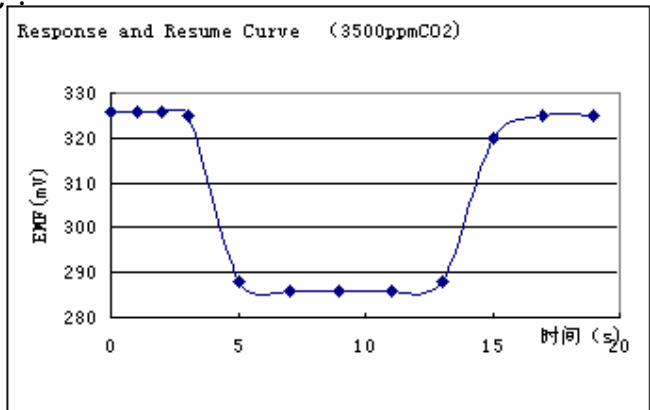
Oxygen : 21%

EMF: sensor EMF under different gas and concentration.

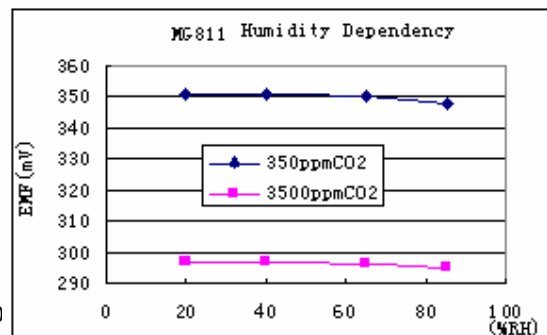
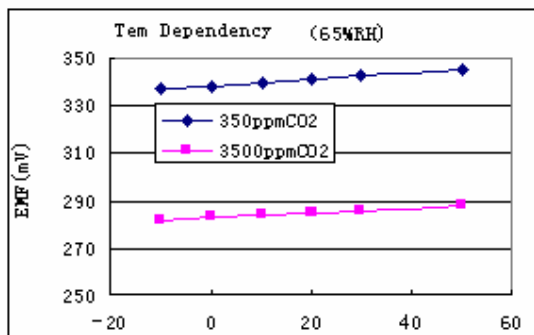


Response and Resume Characteristic :

Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.

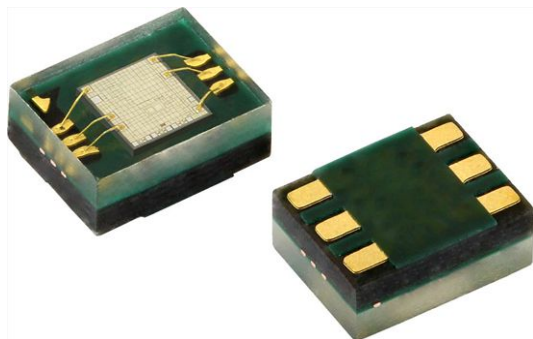


Temperature and Humidity Dependency :





UVA Light Sensor With I²C Interface



DESCRIPTION

VEML6070 is an advanced ultraviolet (UV) light sensor with I²C protocol interface and designed by the CMOS process. It is easily operated via a simple I²C command. The active acknowledge (ACK) feature with threshold windows setting allows the UV sensor to send out a UVI alert message. Under a strong solar UVI condition, the smart ACK signal can be easily implemented by the software programming.

VEML6070 incorporates a photodiode, amplifiers, and analog / digital circuits into a single chip. VEML6070's adoption of Filtron™ UV technology provides the best spectral sensitivity to cover UV spectrum sensing. It has an excellent temperature compensation and a robust refresh rate setting that does not use an external RC low pass filter. VEML6070 has linear sensitivity to solar UV light and is easily adjusted by an external resistor. Software shutdown mode is provided, which reduces power consumption to be less than 1 μA. VEML6070's operating voltage ranges from 2.7 V to 5.5 V.

FEATURES

- Package type: surface mount
- Dimensions (L x W x H in mm): 2.35 x 1.8 x 1.0
- Integrated modules: ultraviolet sensor (UV), and signal conditioning IC
- Converts solar UV light intensity to digital data
- Excellent UV sensitivity and linearity via Filtron™ technology
- Excellent performance of UV radiation measurement under long time solar UV exposure
- Excellent temperature compensation
- High dynamic detection resolution
- Standard I²C protocol interface
- Support acknowledge feature (ACK)
- Immunity on fluorescent light flicker software shutdown mode control
- Package: OPLGA
- Temperature compensation: -40 °C to +85 °C
- Floor life: 168 h, MSL 3, according to J-STD-020
- Output type: I²C bus
- Operation voltage: 2.7 V to 5.5 V
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912



APPLICATIONS

- Solar UV indicator
- Cosmetic / outdoor sport handheld product
- Consumer products

PRODUCT SUMMARY

PART NUMBER	OPERATING VOLTAGE RANGE (V)	I ² C BUS VOLTAGE RANGE (V)	PEAK SENSITIVITY (nm)	RANGE OF SPECTRAL BANDWIDTH $\lambda_{0.5}$ (nm)	OUTPUT CODE
VEML6070	2.7 to 5.5	1.7 to 5.5	355	± 20	16 bit, I ² C

Note

(1) Adjustable through I²C interface

ORDERING INFORMATION

ORDERING CODE	PACKAGING	VOLUME (1)	REMARKS
VEML6070	Tape and reel	MOQ: 2500 pcs	2.35 mm x 1.8 mm x 1.0 mm

Note

(1) MOQ: minimum order quantity

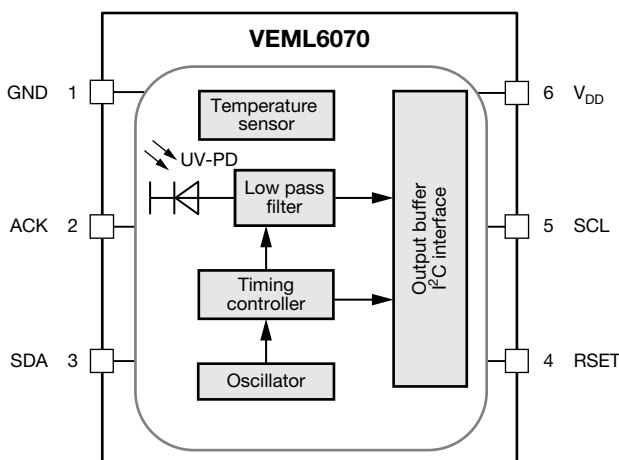
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	MAX.	UNIT
Supply voltage		V _{DD}	0	6.0	V
Operation temperature range		T _{amb}	-40	+85	°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)					
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	MAX.	UNIT
Supply voltage		V_{DD}	2.7	5.5	V
Operation temperature range		T_{amb}	-40	+85	$^{\circ}\text{C}$
I ² C bus operating frequency		$f_{(I2CCLK)}$	10	400	kHz

PIN DESCRIPTIONS			
PIN ASSIGNMENT	SYMBOL	TYPE	FUNCTION
1	GND	I	Power supply ground, all voltage are reference to GND
2	ACK	O (open drain)	Acknowledge pin
3	SDA	I / O (open drain)	I ² C digital serial data output to the host
4	RSET		Light reading adjustment, connect a resistor to GND
5	SCL	I	I ² C digital serial clock input from the host
6	V _{DD}	I	Supply voltage

BLOCK DIAGRAM



BASIC CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply operation voltage		V_{DD}	2.7	-	5.5	V
Supply current	$R_{SET} = 240\text{ k}\Omega$ (1)(2)	I_{DD}	-	100	250	μA
I ² C signal input	Logic high	V_{IH}	1.5	-	V_{DD}	V
	Logic low	V_{IL}	-	-	0.8	
Peak sensitivity wavelength		λ_p	-	355	-	nm
Range of spectral sensitivity		$\lambda_{0.1}$	320	-	410	nm
UVA sensitivity	$R_{SET} = 240\text{ k}\Omega$, $IT = 1T$ (3)		-	5	-	$\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{step}$
Maximum UVA detection power	$R_{SET} = 240\text{ k}\Omega$, $IT = 1T$ (3)		-	-	328	mW/cm^2
Dark offset	$R_{SET} = 240\text{ k}\Omega$, $IT = 1T$ (3)		0	1	5	steps
Output offset	$R_{SET} = 240\text{ k}\Omega$, $IT = 1T$ (1)(4)		-	2	-	steps
Shutdown current	Light condition = dark (1)	I_{DD}	-	1	15	μA

Notes

- (1) Test condition: $V_{DD} = 3.3\text{ V}$, temperature: $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (2) Light source: solar light source
- (3) Test using 365 nm UVA LED
- (4) Ambient light intensity = 500 lx



I ² C TIMING CHARACTERISTICS (T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)						
PARAMETER	SYMBOL	STANDARD MODE		FAST MODE		UNIT
		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
Clock frequency	f(SMBCLK)	10	100	10	400	kHz
Bus free time between start and stop condition	t(BUF)	4.7	-	1.3	-	μs
Hold time after (repeated) start condition; after this period, the first clock is generated	t(HDSTA)	4.0	-	0.6	-	μs
Repeated start condition setup time	t(SUSTA)	4.7	-	0.6	-	μs
Stop condition setup time	t(SUSTO)	4.0	-	0.6	-	μs
Data hold time	t(HDDAT)		3450	-	900	ns
Data setup time	t(SUDAT)	250	-	100	-	ns
I ² C clock (SCK) low period	t(LOW)	4.7	-	1.3	-	μs
I ² C clock (SCK) high period	t(HIGH)	4.0	-	0.6	-	μs
Detect clock / data low timeout	t(TIMEOUT)	25	35	-	-	ms
Clock / data fall time	t(F)	-	300	-	300	ns
Clock / data rise time	t(R)	-	1000	-	300	ns

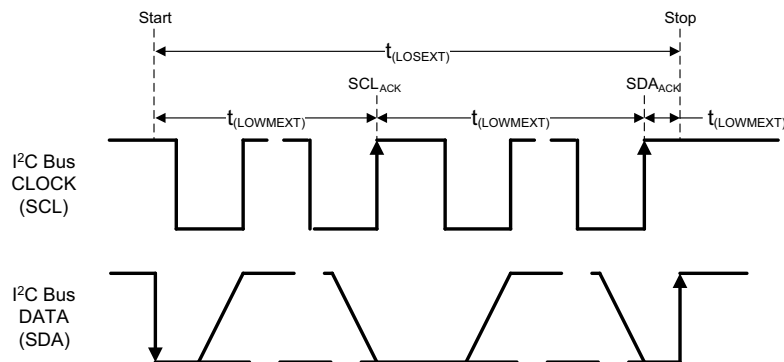
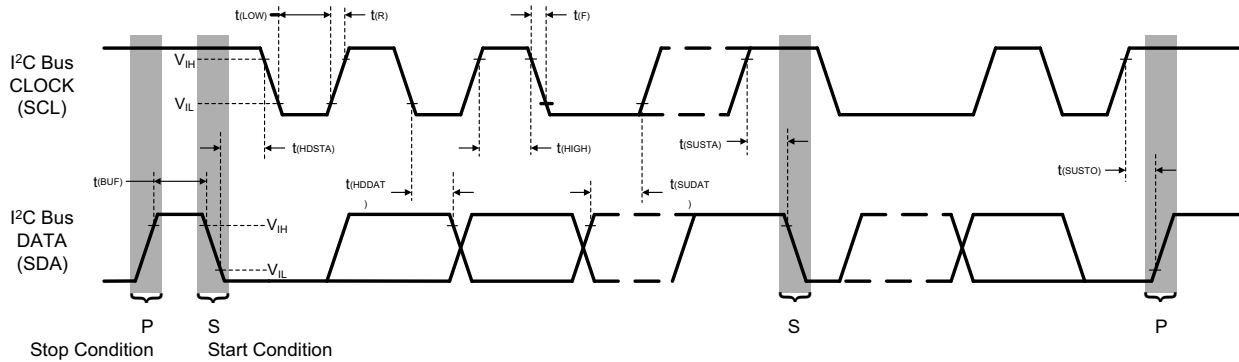


Fig. 1 - I²C Timing Diagram



PARAMETER TIMING INFORMATION

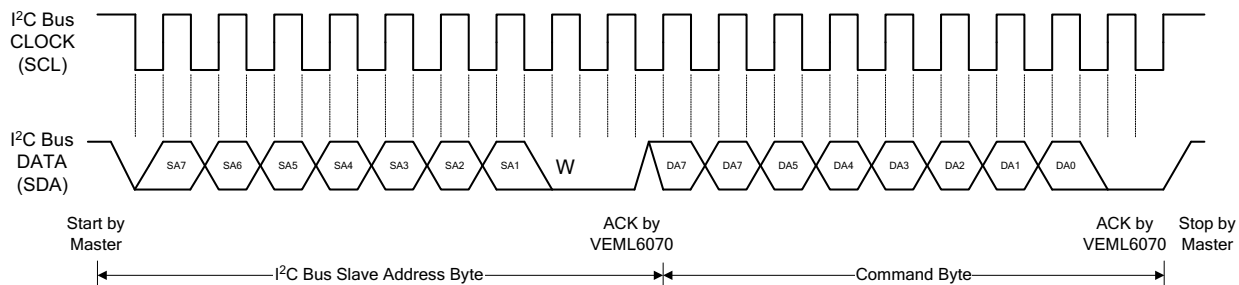


Fig. 2 - Timing for Send Byte Command Format

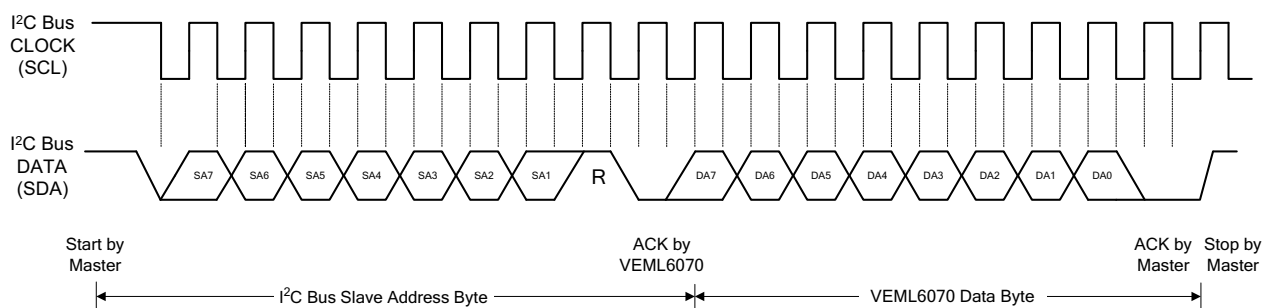


Fig. 3 - I2C Timing for Receive Byte Command Format

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

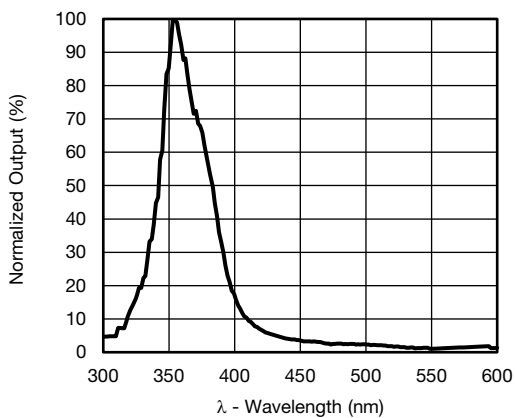


Fig. 4 - Normalized Spectral Response

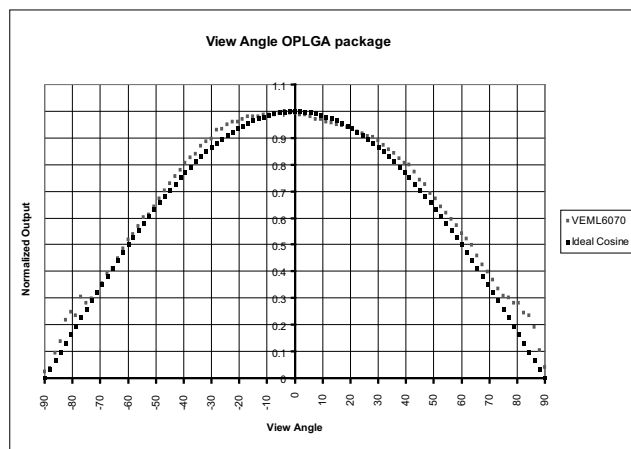


Fig. 5 - Normalized Output vs. View Angle

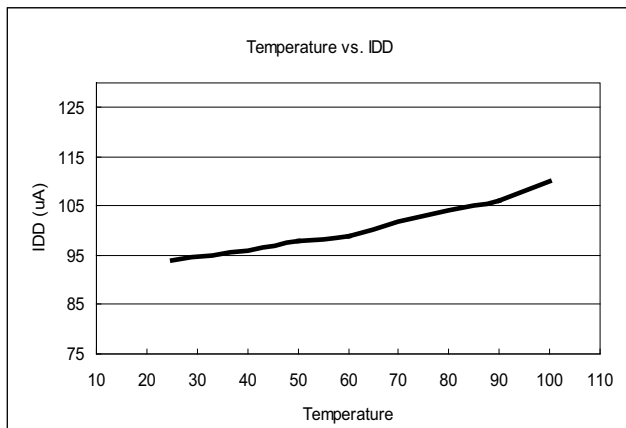


Fig. 6 - I_{DD} vs. Temperature

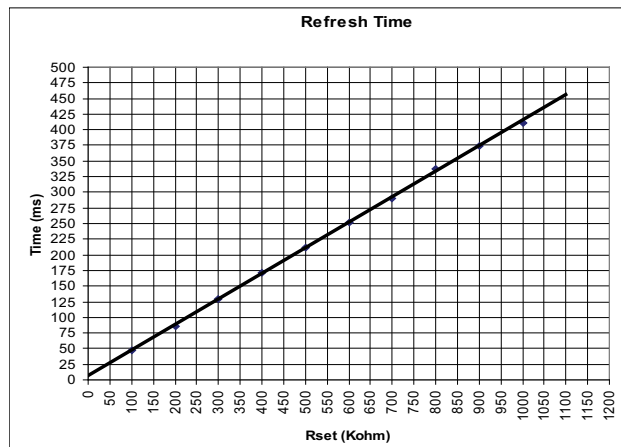


Fig. 7 - Refresh Time

APPLICATION INFORMATION

Pin Connection with the Host

VEML6070 is a cost effective solution for ultraviolet light sensing with I²C interface. The standard serial digital interface easily accesses “UV light intensity” digital data.

The additional capacitor near the V_{DD} pin is used for power supply noise rejection. For the I²C bus design, the pull-up voltage refers to the I/O of the baseband due to the “open drain” design. The pull-up resistors for the I²C bus design are recommended to be 2.2 kΩ. The circuit diagram as an example is shown in figure 8.

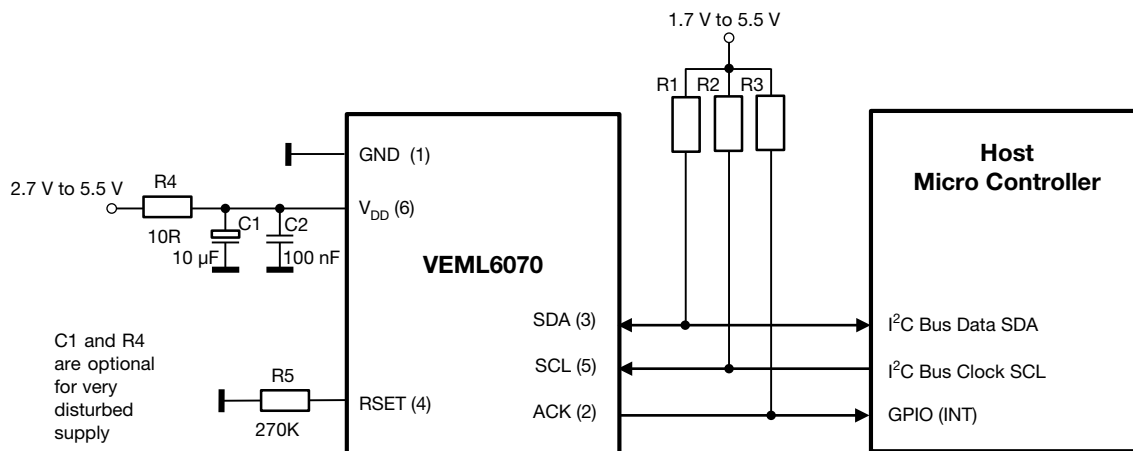


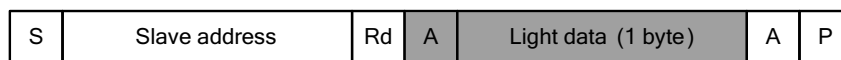
Fig. 8 - Hardware Pin Connection Diagram



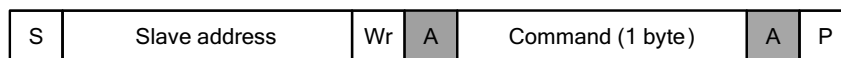
Digital Interface

VEML6070 contains a 8-bit command register written via the I²C bus. All operations can be controlled by the command register. The simple command structure enables users to easily program the operation setting and latch the light data from VEML6070. In figure 9, VEML6070 I²C command format description for reading and writing operation between the host and VEML6070 are shown. The white sections indicate host activity and the gray sections indicate VEML6070's acknowledgement of the host access activity.

Receive byte → read data from UVS



Send byte → write command to UVS



S = start condition
 P = stop condition
 A = acknowledge
 Shaded area = VEML6070 acknowledge

Fig. 9 - VEML6070 Command Protocol

Slave Address and Function Description

The VEML6070 has one slave address used for write functions (command) and two slave addresses used for read functions (UV data LSB and MSB).

The 7-bit address for write functions is 38h = 0111000x resulting in a 70h = 01110000 8-bit address. The 7-bit addresses for read functions are 38h = 0111000x for the UV Data LSB and 39h = 0111001x for the UV data MSB. This results in a 71h = 01110001 and 73h = 01110011 8-bit address, respectively. The 7-bit address 39h should not be used for a write function.

Command Register Format

VEML6070 provides a command to set device operations and sensitivity adjustment. This command is 8-bit long and includes 4 parameter groups for programming. The command format descriptions and register setting explanations are shown in tables 1 and 2.

TABLE 1 - COMMAND REGISTER BITS DESCRIPTION							
COMMAND FORMAT							
Reserved		ACK	ACK_THD	IT		Reserved	SD
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	ACK	THD	IT1	IT0	1	SD
DESCRIPTION							
Reserved		Reserved					
ACK		Acknowledge activity setting					
ACK_THD		Acknowledge threshold window setting for byte mode usage					
IT		Integration time setting					
SD		Shutdown mode setting					



TABLE 2 - REGISTER TABLE SETTING				
BITS SETTING	DESCRIPTION		BITS SETTING	DESCRIPTION
Reserved	Set initial value to (0 : 0)		(IT1 : IT0) ⁽¹⁾	(0 : 0) = ½T (0 : 1) = 1T (1 : 0) = 2T (1 : 1) = 4T
ACK	0 = disable		Reserved	Set initial value to 1
	1 = enable			
ACK_THD	0 = 102 steps		SD	0 = disable
	1 = 145 steps		1 = enable	

Note

⁽¹⁾ Please refer to table 4, “Example of Refresh Time and R_{SET} Value Relation”

Data Access

VEML6070 has 16-bit resolution to give high resolution for light intensity sensing. Examples of the application setting are shown in table 3.

TABLE 3 - DATA ACCESS DESCRIPTION																
VEML6070 16-BIT DATA BUFFER																
Data bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Sequence 1	←-----→															
Sequence 2									←-----→							

Notes

- Slave addresses (8 bits) for data read: 0x71 and 0x73
- Data reading sequence for the host:
 - Set read command to 0x73, read MSB 8 bits of 16 bits light data (sequence 1)
 - Set read command to 0x71, read LSB 8 bits of 16 bits light data for completing data structure (sequence 2)

Initialization

VEML6070 needs to be initialized while the system’s power is on. The initialization includes two major steps: (1) clear ACK state of UVS and (2) fill the initial value, 06 (HEX), into the 0x70 addresses. After the initialization is completed, VEML6070 can be programmable for operation by write command setting from the host. VEML6070 initialization is recommended to be completed within 150 ms.

Acknowledge Activity

VEML6070 provides a function for sending an acknowledge signal (ACK) to the host when the value of sensed UV light is over the programmed threshold (ACK_THD) value. The purpose of the ACK signal is similar to the interrupt feature which informs the host once the sensed data level goes beyond the interrupt threshold setting. VEML6070 has two ACK threshold values, 102 steps and 145 steps.

There are two methods of driving acknowledge condition and read / write command to VEML6070:

- (1) If the host implements the INT function, it performs a modified received byte operation to disengage VEML6070’s acknowledge signal and acknowledge alert response address (ARA), 0x18 (Hex). A command format for responses to an ARA is shown in Fig. 10.

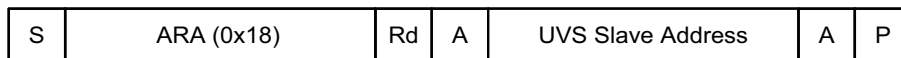


Fig. 10 - Command Format for Responds to an ARA

- (2) If the host does not implement this feature, it should periodically access the ARA or read ARA before setting each read / write command.



The behavior of an ACK signal is similar to the INT definition in I²C specification. For the hardware circuit design, this pin connects to an INT pin or GPIO pin of the MCU. The threshold ACK_THD definition is based on the sensitivity setting of VEML6070.

The ACK or UVI interrupt function allows the UVI sensing system to perform data pooling based on the interrupt event. The system sensor manager does not need to do continual data pooling and this significantly reduced the MCU loading. The ACK signal can also be used as a trigger event for popping up a warning UVI message.

Refresh Time Determination

VEML6070's refresh time can be determined by the R_{SET} value. Cooperating with the command register setting, the designer has a flexible way of defining the timing for light data collection. The default refresh time is 1T, (IT1 : IT0) = (0 : 1). If the R_{SET} value is changed, the default timing changes and the other parts in the register table also change by comparing itself with the default timing (refer to figure 7).

Table 4 is an example of two R_{SET} resistors that show the timing table that the system designer can use a flexible way to determine the desired refresh time.

TABLE 4 - EXAMPLE OF REFRESH TIME AND R _{SET} VALUE RELATION			
REGISTER	SETTING	REFRESH TIME	
		R _{SET} = 300 kΩ	R _{SET} = 600 kΩ
(IT1 : IT0)	(0 : 0) = ½T	62.5 ms	125 ms
	(0 : 1) = 1T	125 ms	250 ms
	(1 : 0) = 2T	250 ms	500 ms
	(1 : 1) = 4T	500 ms	1000 ms

The designer can decide the refresh timing range requirement first, then choose an appropriate R_{SET} value for the timing range, and then write the correct value for the system application via I²C protocol.



PACKAGE INFORMATION in millimeters

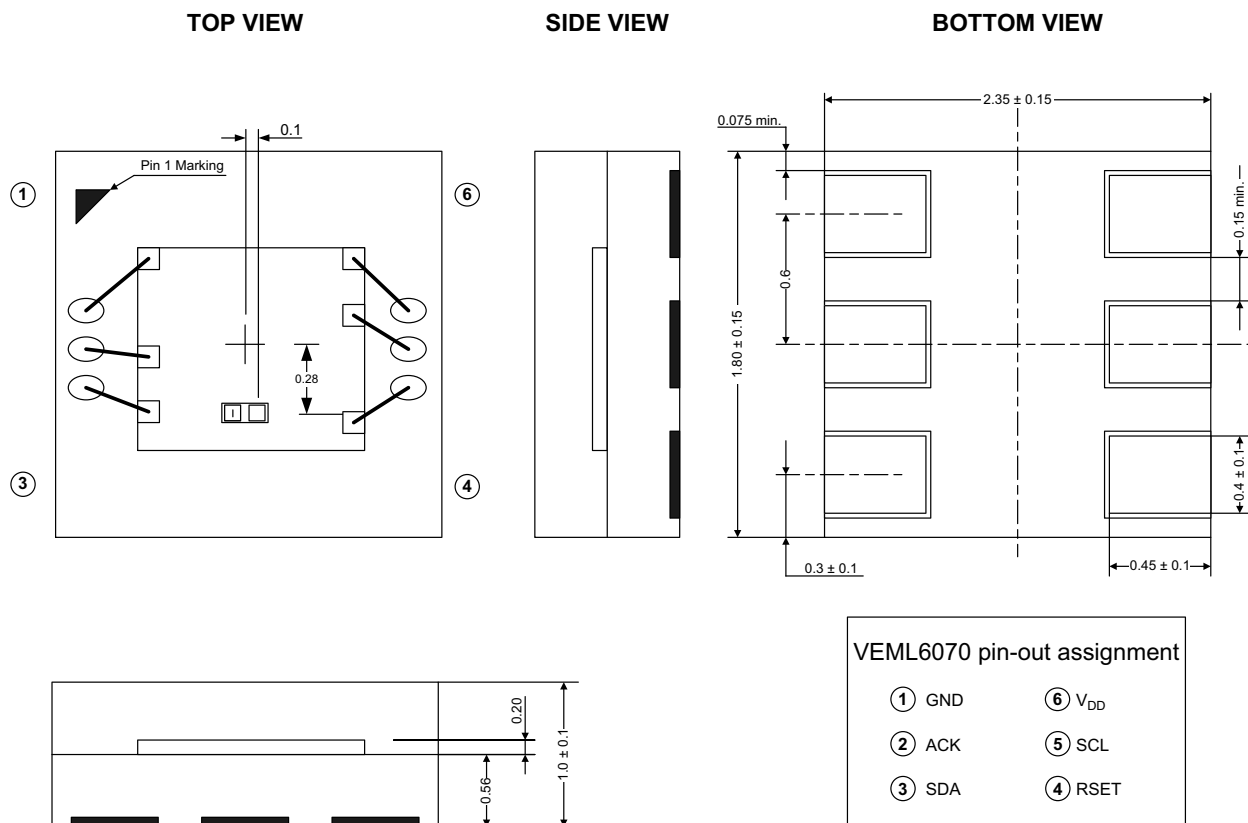


Fig. 11 - VEML6070 A3OP Package Dimensions

RECOMMENDED FOOTPRINT

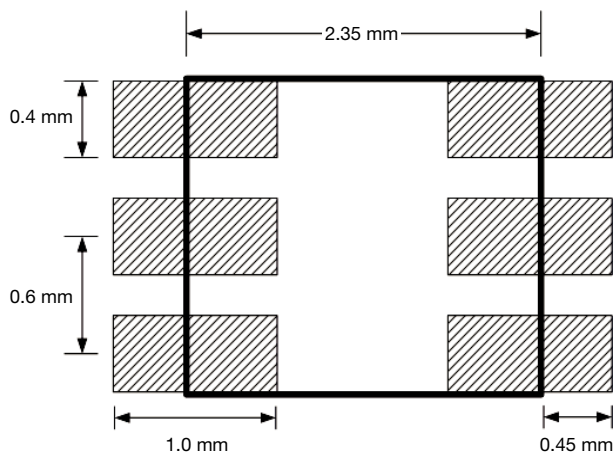


Fig. 12 - VEML6070 OPLGA PCB Layout Footprint

APPLICATION CIRCUIT BLOCK REFERENCE

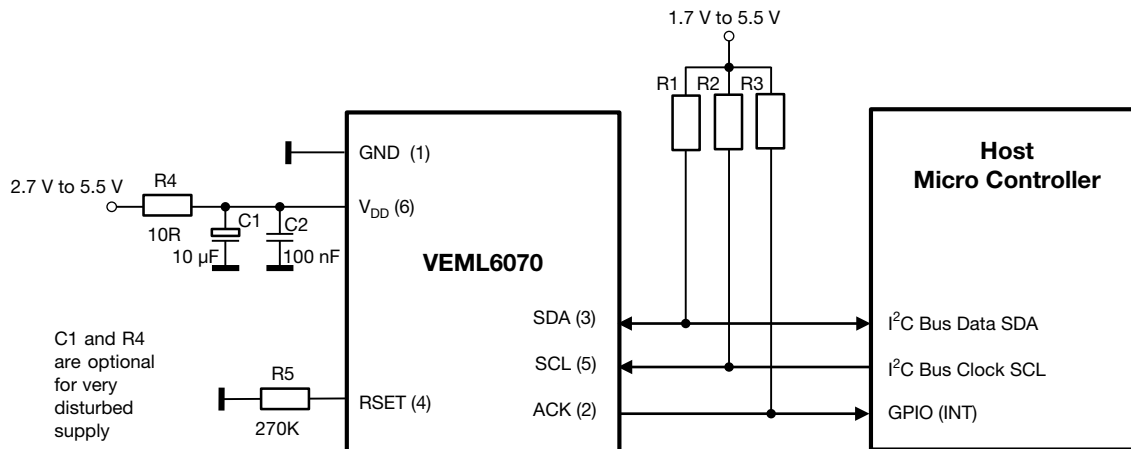


Fig. 13 - VEML6070 Application Circuit

Notes

- V_{DD} range: 2.7 V to 5.5 V
- The pull-up voltage for I²C bus is referring to the I/O specification of baseband

RECOMMENDED STORAGE AND REBAKING CONDITIONS				
PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
Storage temperature		5	50	°C
Relative humidity		-	60	%
Open time	Rebaking process should be done when aluminized envelope reopened	-	168	h
Total time	From the date code on the aluminized envelope (unopened)	-	12	months
Rebaking	Tape and reel: 60 °C	-	22	h
	Tube: 60 °C	-	22	h

RECOMMENDED INFRARED REFLOW

Soldering conditions are based on J-STD-020 C definition.

1. After opening the tape and reel, IR reflow process should be done
2. IR reflow profile conditions

IR REFLOW PROFILE CONDITION			
PARAMETER	CONDITIONS	TEMPERATURE	TIME
Peak temperature		255 °C + 0 °C / - 5 °C (max.: 260 °C)	10 s
Preheat temperature range and timing		150 °C to 200 °C	60 s to 180 s
Timing within 5 °C to peak temperature		-	10 s to 30 s
Timing maintained above temperature / time		217 °C	60 s to 150 s
Timing from 25 °C to peak temperature		-	8 min (max.)
Ramp-up rate		3 °C/s (max.)	-
Ramp-down rate		6 °C/s (max.)	-

3. Recommend Normal Solder Reflow is 235 °C to 255 °C

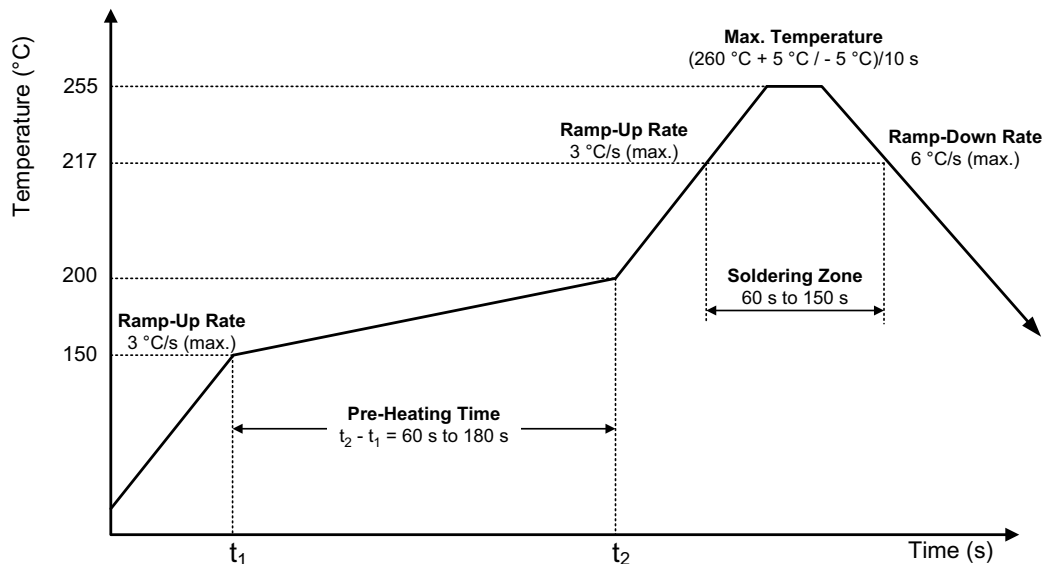


Fig. 14 - VEML6070 A3OP Solder Reflow Profile Chart

RECOMMENDED IRON TIP SOLDERING CONDITION AND WARNING HANDLING

1. Solder the device with the following conditions:
 - 1.1. Soldering temperature: 400 °C (max.)
 - 1.2. Soldering time: 3 s (max.)
2. If the temperature of the method portion rises in addition to the residual stress between the leads, the possibility that an open or short circuit occurs due to the deformation or destruction of the resin increases.
3. The following methods: VPS and wave soldering, have not been suggested for the component assembly.
4. Cleaning method conditions:
 - 4.1. Solvent: methyl alcohol, ethyl alcohol, isopropyl alcohol
 - 4.2. Solvent temperature < 45 °C (max.)
 - 4.3. Time: 3 min (min.)



TAPE PACKAGING INFORMATION in millimeters

DIMENSION OF CARRIER TAPE

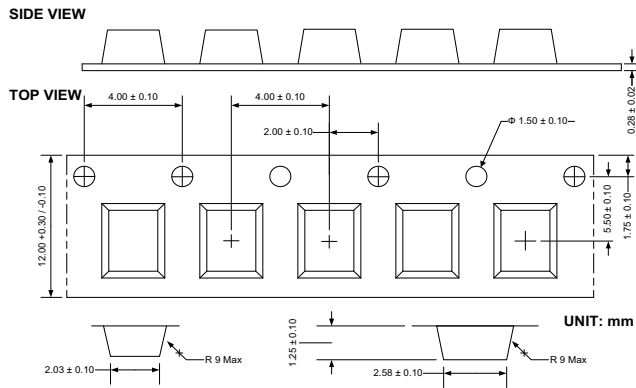


Fig. 15 - VEML6070 A3OP Package Carrier Tape

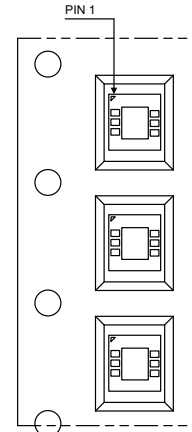


Fig. 16 - Taping Direction

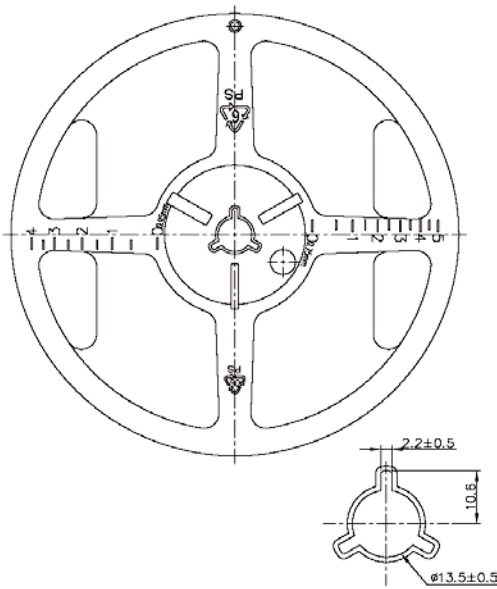
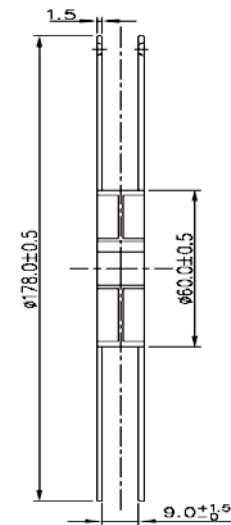


Fig. 17 - Reel Dimension





Disclaimer

ALL PRODUCT, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN OR OTHERWISE.

Vishay Intertechnology, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained in any datasheet or in any other disclosure relating to any product.

Vishay makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of the products for any particular purpose or the continuing production of any product. To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and / or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Vishay's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Except as expressly indicated in writing, Vishay products are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications or for any other application in which the failure of the Vishay product could result in personal injury or death. Customers using or selling Vishay products not expressly indicated for use in such applications do so at their own risk. Please contact authorized Vishay personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

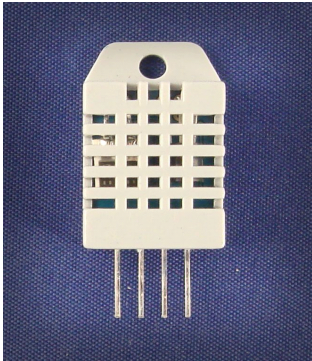
Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module AM2303



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated
- * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal
- * Outstanding long-term stability
- * Extra components not needed
- * Long transmission distance
- * Low power consumption
- * 4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

AM2303 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements are connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable AM2303 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	AM2303
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor & DS18B20 for detecting temperature
Measuring range	humidity 0-100%RH; temperature -40~125Celsius

Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

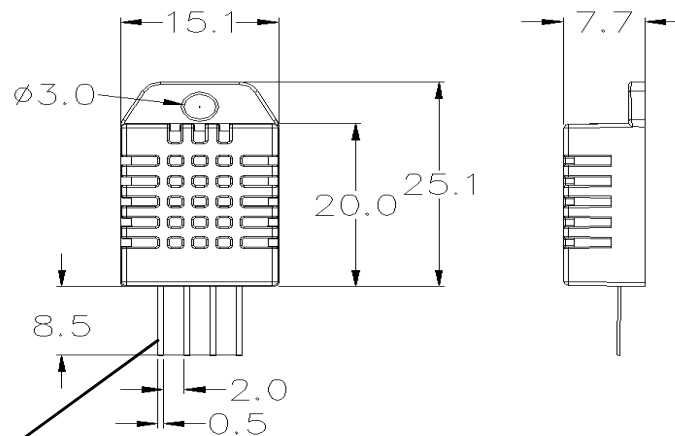
http://www.aosong.com

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Accuracy	humidity +/-2%RH(Max +/-5%RH);	temperature +/-0.2Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +/-1%RH;	temperature +/-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+/-0.3%RH	
Long-term Stability	+/-0.5%RH/year	
Sensing period	Average: 2s	
Interchangeability	fully interchangeable	

4. Dimensions: (unit---mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	NULL
4	GND

5. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and AM2303, it costs 5mS for single time communication.

Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

http://www.aosong.com

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.

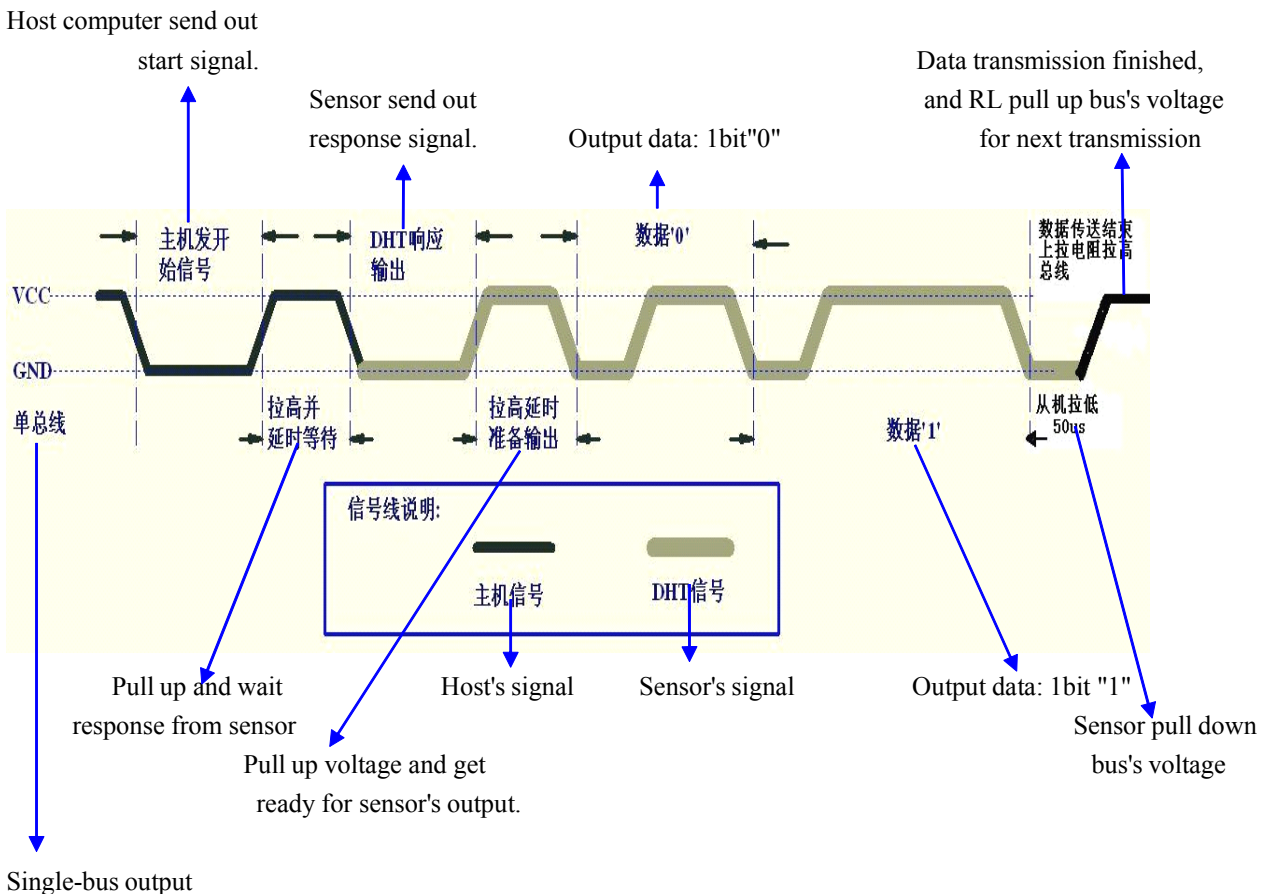
AM2303 send out higher data bit firstly!

DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum

If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

When MCU send start signal, AM2303 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishes sending the start signal, AM2303 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature information to MCU. Without start signal from MCU, AM2303 will not give response signal to MCU. One start signal for one time's response data that reflect the relative humidity and temperature information from AM2303. AM2303 will change to low-power-consumption-mode when data collecting finish if it don't receive start signal from MCU again.

1) Check bellow picture for overall communication process:



Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

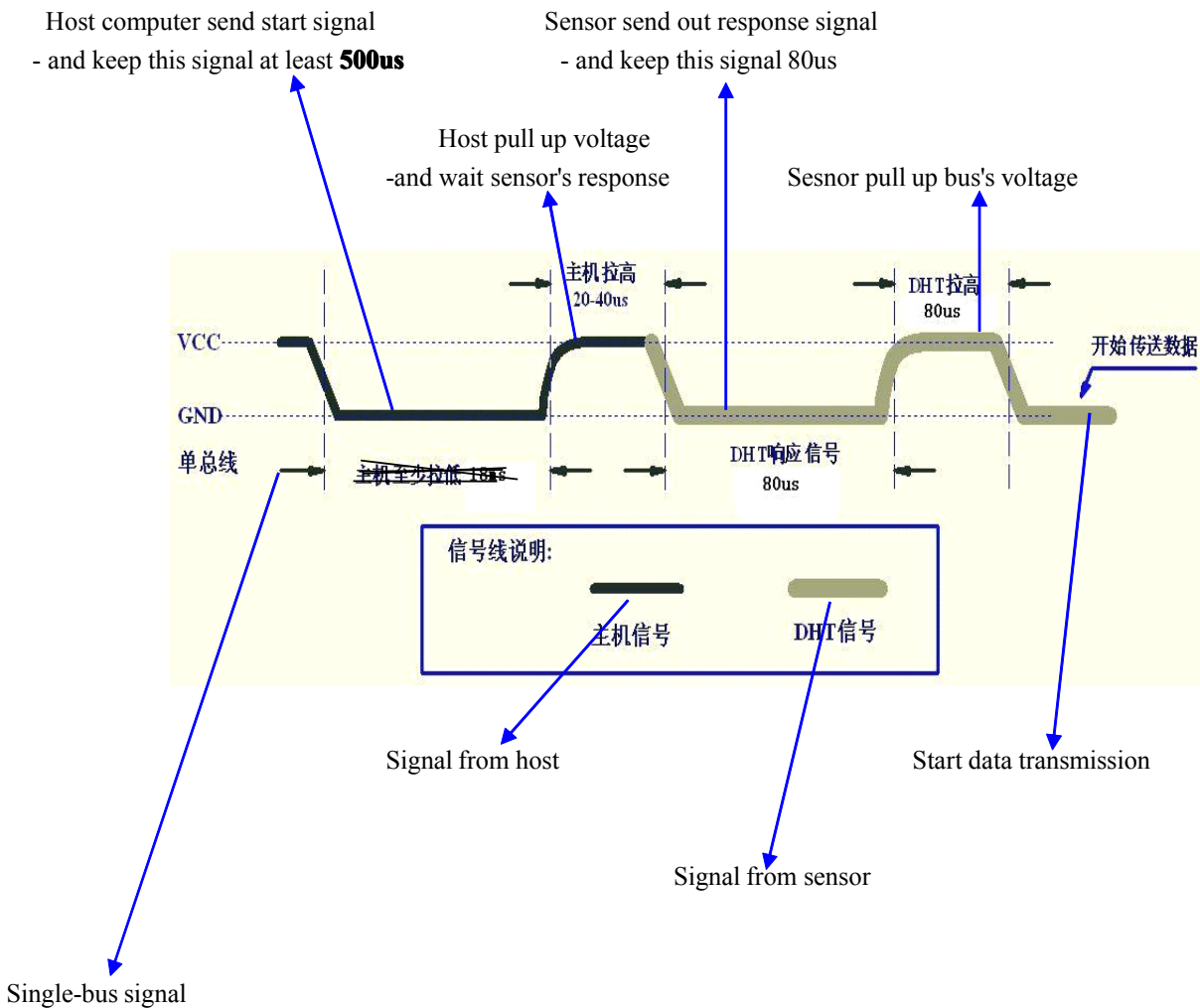
Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

2) Step 1: MCU send out start signal to AM2303

Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and AM2303 begin, program of MCU will transform data-bus's voltage level from high to low level and this process must beyond at least 18ms to ensure AM2303 could detect MCU's signal, then MCU will wait 20-40us for AM2303's response.

Check bellow picture for step 1:



Step 2: AM2303 send response signal to MCU

When AM2303 detect the start signal, AM2303 will send out low-voltage-level signal and this signal last 80us as response signal, then program of AM2303 transform data-bus's voltage level from low to high level and last 80us for AM2303's preparation to send data.

Check bellow picture for step 2:

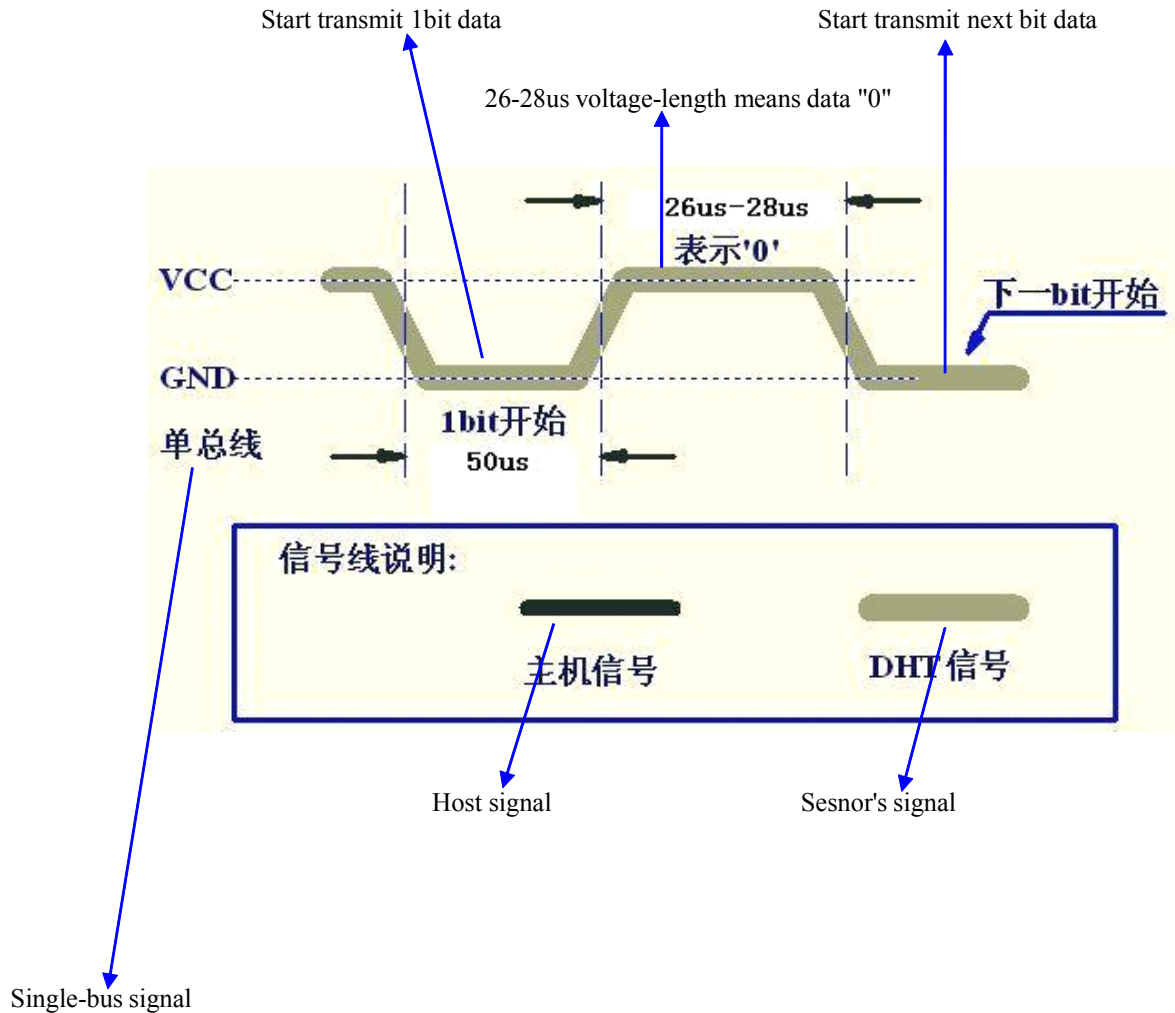
Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China



Step 3: AM2303 send data to MCU

When AM2303 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0".

Check bellow picture for step 3:

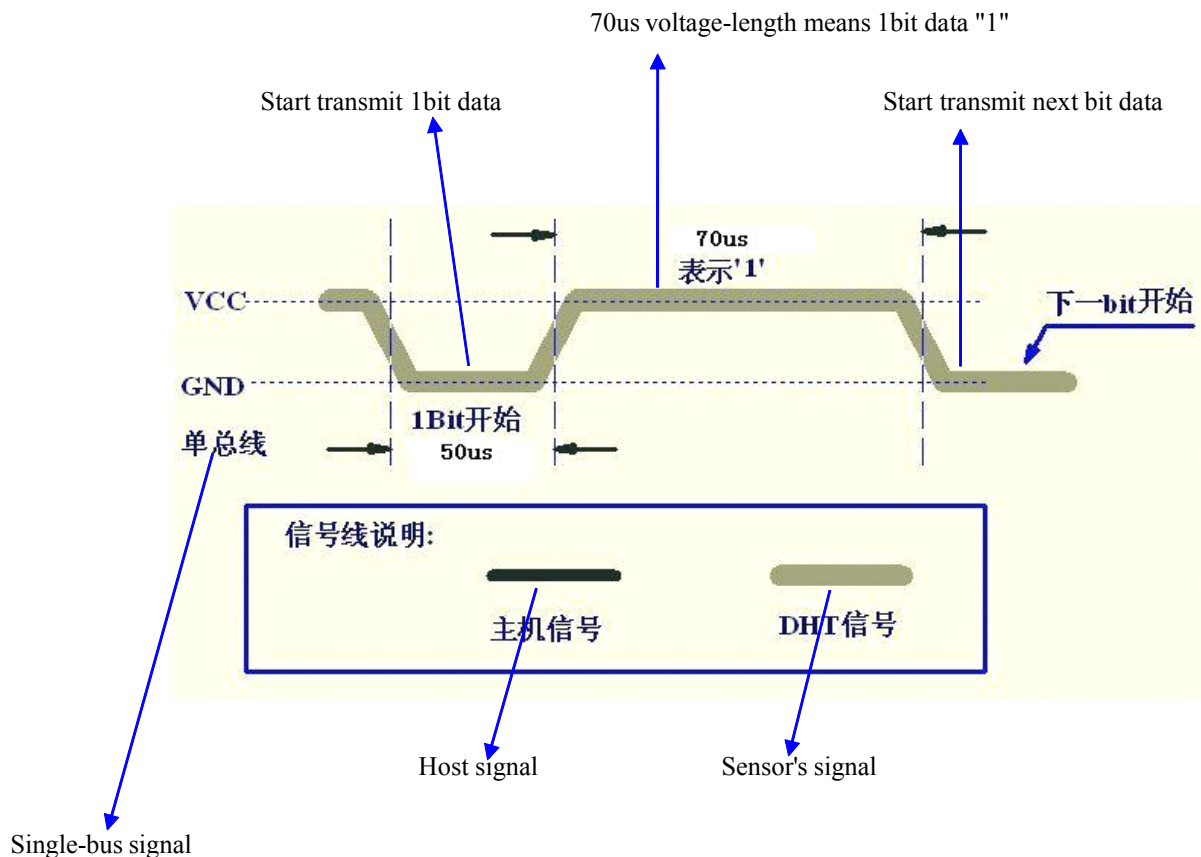
Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

http://www.aosong.com

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China



If signal from AM2303 is always high-voltage-level, it means AM2303 is not working properly, please check the electrical connection status.

6. Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	5.5	V
Current supply	Measuring	1.3	1.5	2.1	mA
	Average	0.5	0.8	1.1	mA
Collecting period	Second	1.7		2	Second

*Collecting period should be : >1.7 second.

7. Attentions of application:

(1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT11 sensor

Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere AM2303's sensitive-elements and debase AM2303's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the AM2303 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the AM2303 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

AM2303 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase AM2303's performance.

(6) Attentions to connection wires


The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

* Welding temperature should be bellow 260Celsius.

* Avoid using the sensor under dew condition.

* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of AM2303 may cause personal injury.




ESP32-WROOM-32

Datasheet



Version 2.9
Espressif Systems
Copyright © 2019



About This Document

This document provides the specifications for the ESP32-WROOM-32 module.

Revision History

For revision history of this document, please refer to the [last page](#).

Documentation Change Notification

Espressif provides email notifications to keep customers updated on changes to technical documentation. Please subscribe at www.espressif.com/en/subscribe.

Certification

Download certificates for Espressif products from www.espressif.com/en/certificates.

Disclaimer and Copyright Notice

Information in this document, including URL references, is subject to change without notice. THIS DOCUMENT IS PROVIDED AS IS WITH NO WARRANTIES WHATSOEVER, INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY, NON-INFRINGEMENT, FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, OR ANY WARRANTY OTHERWISE ARISING OUT OF ANY PROPOSAL, SPECIFICATION OR SAMPLE.

All liability, including liability for infringement of any proprietary rights, relating to use of information in this document is disclaimed. No licenses express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights are granted herein. The Wi-Fi Alliance Member logo is a trademark of the Wi-Fi Alliance. The Bluetooth logo is a registered trademark of Bluetooth SIG.

All trade names, trademarks and registered trademarks mentioned in this document are property of their respective owners, and are hereby acknowledged.

Copyright © 2019 Espressif Inc. All rights reserved.

Contents

1 Overview	1
2 Pin Definitions	3
2.1 Pin Layout	3
2.2 Pin Description	3
2.3 Strapping Pins	4
3 Functional Description	6
3.1 CPU and Internal Memory	6
3.2 External Flash and SRAM	6
3.3 Crystal Oscillators	6
3.4 RTC and Low-Power Management	7
4 Peripherals and Sensors	8
5 Electrical Characteristics	9
5.1 Absolute Maximum Ratings	9
5.2 Recommended Operating Conditions	9
5.3 DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)	9
5.4 Wi-Fi Radio	10
5.5 BLE Radio	11
5.5.1 Receiver	11
5.5.2 Transmitter	11
5.6 Reflow Profile	12
6 Schematics	13
7 Peripheral Schematics	14
8 Physical Dimensions	16
9 Recommended PCB Land Pattern	17
10 Learning Resources	18
10.1 Must-Read Documents	18
10.2 Must-Have Resources	18
Revision History	19

List of Tables

1	ESP32-WROOM-32 Specifications	1
2	Pin Definitions	3
3	Strapping Pins	5
4	Absolute Maximum Ratings	9
5	Recommended Operating Conditions	9
6	DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)	9
7	Wi-Fi Radio Characteristics	10
8	Receiver Characteristics – BLE	11
9	Transmitter Characteristics – BLE	11

List of Figures

1	ESP32-WROOM-32 Pin Layout (Top View)	3
2	Reflow Profile	12
3	ESP32-WROOM-32 Schematics	13
4	ESP32-WROOM-32 Peripheral Schematics	14
5	Discharge Circuit for VDD33 Rail	14
6	Reset Circuit	15
7	Physical Dimensions of ESP32-WROOM-32	16
8	Recommended PCB Land Pattern	17

1. Overview

ESP32-WROOM-32 is a powerful, generic Wi-Fi+BT+BLE MCU module that targets a wide variety of applications, ranging from low-power sensor networks to the most demanding tasks, such as voice encoding, music streaming and MP3 decoding.

At the core of this module is the ESP32-D0WDQ6 chip*. The chip embedded is designed to be scalable and adaptive. There are two CPU cores that can be individually controlled, and the CPU clock frequency is adjustable from 80 MHz to 240 MHz. The user may also power off the CPU and make use of the low-power co-processor to constantly monitor the peripherals for changes or crossing of thresholds. ESP32 integrates a rich set of peripherals, ranging from capacitive touch sensors, Hall sensors, SD card interface, Ethernet, high-speed SPI, UART, I²S and I²C.

Note:

* For details on the part numbers of the ESP32 family of chips, please refer to the document [ESP32 Datasheet](#).

The integration of Bluetooth, Bluetooth LE and Wi-Fi ensures that a wide range of applications can be targeted, and that the module is all-around: using Wi-Fi allows a large physical range and direct connection to the Internet through a Wi-Fi router, while using Bluetooth allows the user to conveniently connect to the phone or broadcast low energy beacons for its detection. The sleep current of the ESP32 chip is less than 5 μ A, making it suitable for battery powered and wearable electronics applications. The module supports a data rate of up to 150 Mbps, and 20 dBm output power at the antenna to ensure the widest physical range. As such the module does offer industry-leading specifications and the best performance for electronic integration, range, power consumption, and connectivity.

The operating system chosen for ESP32 is freeRTOS with LwIP; TLS 1.2 with hardware acceleration is built in as well. Secure (encrypted) over the air (OTA) upgrade is also supported, so that users can upgrade their products even after their release, at minimum cost and effort.

Table 1 provides the specifications of ESP32-WROOM-32.

Table 1: ESP32-WROOM-32 Specifications

Categories	Items	Specifications
Certification	RF certification	FCC/CE-RED/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
	Wi-Fi certification	Wi-Fi Alliance
	Bluetooth certification	BQB
	Green certification	RoHS/REACH
Test	Reliability	HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD
Wi-Fi	Protocols	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)
		A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4 μ s guard interval support
	Frequency range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	Protocols	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
	Radio	NZIF receiver with -97 dBm sensitivity
		Class-1, class-2 and class-3 transmitter
		AFH

Categories	Items	Specifications
	Audio	CVSD and SBC
Hardware	Module interfaces	SD card, UART, SPI, SDIO, I ² C, LED PWM, Motor PWM, I ² S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
	On-chip sensor	Hall sensor
	Integrated crystal	40 MHz crystal
	Integrated SPI flash	4 MB
	Operating voltage/Power supply	3.0 V ~ 3.6 V
	Operating current	Average: 80 mA
	Minimum current delivered by power supply	500 mA
	Recommended operating temperature range	-40 °C ~ +85 °C
	Package size	(18.00±0.10) mm × (25.50±0.10) mm × (3.10±0.10) mm
	Moisture sensitivity level (MSL)	Level 3

2. Pin Definitions

2.1 Pin Layout

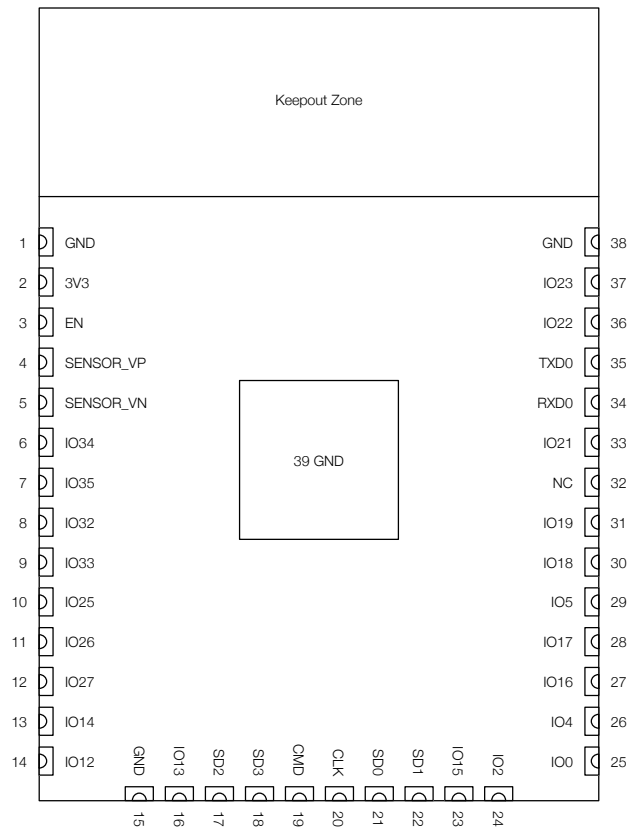


Figure 1: ESP32-WROOM-32 Pin Layout (Top View)

2.2 Pin Description

ESP32-WROOM-32 has 38 pins. See pin definitions in Table 2.

Table 2: Pin Definitions

Name	No.	Type	Function
GND	1	P	Ground
3V3	2	P	Power supply
EN	3	I	Module-enable signal. Active high.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8

Name	No.	Type	Function
IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	Ground
IO13	16	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SCK/CLK*	20	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDI/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TXD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO23	37	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	Ground

Notice:

* Pins SCK/CLK, SDO/SD0, SDI/SD1, SHD/SD2, SWP/SD3 and SCS/CMD, namely, GPIO6 to GPIO11 are connected to the integrated SPI flash integrated on the module and are not recommended for other uses.

2.3 Strapping Pins

ESP32 has five strapping pins, which can be seen in Chapter 6 Schematics:

- MTDI
- GPIO0
- GPIO2
- MTDO
- GPIO5

Software can read the values of these five bits from register "GPIO_STRAPPING".

During the chip's system reset release (power-on-reset, RTC watchdog reset and brownout reset), the latches of the strapping pins sample the voltage level as strapping bits of "0" or "1", and hold these bits until the chip is powered down or shut down. The strapping bits configure the device's boot mode, the operating voltage of VDD_SDIO and other initial system settings.

Each strapping pin is connected to its internal pull-up/pull-down during the chip reset. Consequently, if a strapping pin is unconnected or the connected external circuit is high-impedance, the internal weak pull-up/pull-down will determine the default input level of the strapping pins.

To change the strapping bit values, users can apply the external pull-down/pull-up resistances, or use the host MCU's GPIOs to control the voltage level of these pins when powering on ESP32.

After reset release, the strapping pins work as normal-function pins.

Refer to Table 3 for a detailed boot-mode configuration by strapping pins.

Table 3: Strapping Pins

Voltage of Internal LDO (VDD_SDIO)					
Pin	Default	3.3 V		1.8 V	
MTDI	Pull-down	0		1	
Bootling Mode					
Pin	Default	SPI Boot		Download Boot	
GPIO0	Pull-up	1		0	
GPIO2	Pull-down	Don't-care		0	
Enabling/Disabling Debugging Log Print over U0TXD During Bootling					
Pin	Default	U0TXD Active		U0TXD Silent	
MTDO	Pull-up	1		0	
Timing of SDIO Slave					
Pin	Default	Falling-edge Sampling Falling-edge Output	Falling-edge Sampling Rising-edge Output	Rising-edge Sampling Falling-edge Output	Rising-edge Sampling Rising-edge Output
MTDO	Pull-up	0	0	1	1
GPIO5	Pull-up	0	1	0	1

Note:

- Firmware can configure register bits to change the settings of "Voltage of Internal LDO (VDD_SDIO)" and "Timing of SDIO Slave" after bootling.
- The module integrates a 3.3 V SPI flash, so the pin MTDI cannot be set to 1 when the module is powered up.

The strapping pins need a setup and hold time before and after the EN signal goes high. For details please refer to Section Strapping Pins in [ESP32 Datasheet](#).

3. Functional Description

This chapter describes the modules and functions integrated in ESP32-WROOM-32.

3.1 CPU and Internal Memory

ESP32-D0WDQ6 contains two low-power Xtensa® 32-bit LX6 microprocessors. The internal memory includes:

- 448 KB of ROM for booting and core functions.
- 520 KB of on-chip SRAM for data and instructions.
- 8 KB of SRAM in RTC, which is called RTC FAST Memory and can be used for data storage; it is accessed by the main CPU during RTC Boot from the Deep-sleep mode.
- 8 KB of SRAM in RTC, which is called RTC SLOW Memory and can be accessed by the co-processor during the Deep-sleep mode.
- 1 Kbit of eFuse: 256 bits are used for the system (MAC address and chip configuration) and the remaining 768 bits are reserved for customer applications, including flash-encryption and chip-ID.

3.2 External Flash and SRAM

ESP32 supports multiple external QSPI flash and SRAM chips. More details can be found in Chapter SPI in the [ESP32 Technical Reference Manual](#). ESP32 also supports hardware encryption/decryption based on AES to protect developers' programs and data in flash.

ESP32 can access the external QSPI flash and SRAM through high-speed caches.

- The external flash can be mapped into CPU instruction memory space and read-only memory space simultaneously.
 - When external flash is mapped into CPU instruction memory space, up to 11 MB + 248 KB can be mapped at a time. Note that if more than 3 MB + 248 KB are mapped, cache performance will be reduced due to speculative reads by the CPU.
 - When external flash is mapped into read-only data memory space, up to 4 MB can be mapped at a time. 8-bit, 16-bit and 32-bit reads are supported.
- External SRAM can be mapped into CPU data memory space. Up to 4 MB can be mapped at a time. 8-bit, 16-bit and 32-bit reads and writes are supported.

ESP32-WROOM-32 integrates a 4 MB SPI flash, which is connected to GPIO6, GPIO7, GPIO8, GPIO9, GPIO10 and GPIO11. These six pins cannot be used as regular GPIOs.

3.3 Crystal Oscillators

The module uses a 40-MHz crystal oscillator.

3.4 RTC and Low-Power Management

With the use of advanced power-management technologies, ESP32 can switch between different power modes.

For details on ESP32's power consumption in different power modes, please refer to section "RTC and Low-Power Management" in [ESP32 Datasheet](#).

4. Peripherals and Sensors

Please refer to Section Peripherals and Sensors in [ESP32 Datasheet](#).

Note:

External connections can be made to any GPIO except for GPIOs in the range 6-11. These six GPIOs are connected to the module's integrated SPI flash. For details, please see Section 6 Schematics.

5. Electrical Characteristics

5.1 Absolute Maximum Ratings

Stresses beyond the absolute maximum ratings listed in Table 4 below may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and do not refer to the functional operation of the device that should follow the [recommended operating conditions](#).

Table 4: Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
VDD33	Power supply voltage	-0.3	3.6	V
I_{output}^1	Cumulative IO output current	-	1,100	mA
T_{store}	Storage temperature	-40	150	°C

1. The module worked properly after a 24-hour test in ambient temperature at 25 °C, and the IOs in three domains (VDD3P3_RTC, VDD3P3_CPU, VDD_SDIO) output high logic level to ground. Please note that pins occupied by flash and/or PSRAM in the VDD_SDIO power domain were excluded from the test.
2. Please see Appendix IO_MUX of [ESP32 Datasheet](#) for IO's power domain.

5.2 Recommended Operating Conditions

Table 5: Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
VDD33	Power supply voltage	3.0	3.3	3.6	V
I_{VDD}	Current delivered by external power supply	0.5	-	-	A
T	Operating temperature	-40	-	85	°C

5.3 DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Table 6: DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
C_{IN}	Pin capacitance		-	2	-	pF
V_{IH}	High-level input voltage		$0.75 \times VDD^1$	-	$VDD^1 + 0.3$	V
V_{IL}	Low-level input voltage		-0.3	-	$0.25 \times VDD^1$	V
I_{IH}	High-level input current		-	-	50	nA
I_{IL}	Low-level input current		-	-	50	nA
V_{OH}	High-level output voltage		$0.8 \times VDD^1$	-	-	V
V_{OL}	Low-level output voltage		-	-	$0.1 \times VDD^1$	V
I_{OH}	High-level source current ($VDD^1 = 3.3\text{ V}$, $V_{OH} \geq 2.64\text{ V}$, output drive strength set to the maximum)	VDD3P3_CPU power domain ^{1, 2}	-	40	-	mA
		VDD3P3_RTC power domain ^{1, 2}	-	40	-	mA
		VDD_SDIO power domain ^{1, 3}	-	20	-	mA

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
I_{OL}	Low-level sink current ($V_{DD}^1 = 3.3\text{ V}$, $V_{OL} = 0.495\text{ V}$, output drive strength set to the maximum)	-	28	-	mA
R_{PU}	Resistance of internal pull-up resistor	-	45	-	$k\Omega$
R_{PD}	Resistance of internal pull-down resistor	-	45	-	$k\Omega$
V_{IL_nRST}	Low-level input voltage of CHIP_PU to power off the chip	-	-	0.6	V

Notes:

1. Please see Appendix IO_MUX of [ESP32 Datasheet](#) for IO's power domain. VDD is the I/O voltage for a particular power domain of pins.
2. For VDD3P3_CPU and VDD3P3_RTC power domain, per-pin current sourced in the same domain is gradually reduced from around 40 mA to around 29 mA, $V_{OH} \geq 2.64\text{ V}$, as the number of current-source pins increases.
3. Pins occupied by flash and/or PSRAM in the VDD_SDIO power domain were excluded from the test.

5.4 Wi-Fi Radio

Table 7: Wi-Fi Radio Characteristics

Parameter	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Operating frequency range <i>note1</i>	-	2412	-	2484	MHz
Output impedance <i>note2</i>	-	-	<i>note 2</i>	-	Ω
TX power <i>note3</i>	11n, MCS7	12	13	14	dBm
	11b mode	17.5	18.5	20	dBm
Sensitivity	11b, 1 Mbps	-	-98	-	dBm
	11b, 11 Mbps	-	-89	-	dBm
	11g, 6 Mbps	-	-92	-	dBm
	11g, 54 Mbps	-	-74	-	dBm
	11n, HT20, MCS0	-	-91	-	dBm
	11n, HT20, MCS7	-	-71	-	dBm
	11n, HT40, MCS0	-	-89	-	dBm
	11n, HT40, MCS7	-	-69	-	dBm
Adjacent channel rejection	11g, 6 Mbps	-	31	-	dB
	11g, 54 Mbps	-	14	-	dB
	11n, HT20, MCS0	-	31	-	dB
	11n, HT20, MCS7	-	13	-	dB

1. Device should operate in the frequency range allocated by regional regulatory authorities. Target operating frequency range is configurable by software.
2. For the modules that use IPEX antennas, the output impedance is 50 Ω . For other modules without IPEX antennas, users do not need to concern about the output impedance.
3. Target TX power is configurable based on device or certification requirements.

5.5 BLE Radio

5.5.1 Receiver

Table 8: Receiver Characteristics – BLE

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Sensitivity @30.8% PER	-	-	-97	-	dBm
Maximum received signal @30.8% PER	-	0	-	-	dBm
Co-channel C/I	-	-	+10	-	dB
Adjacent channel selectivity C/I	$F = F_0 + 1 \text{ MHz}$	-	-5	-	dB
	$F = F_0 - 1 \text{ MHz}$	-	-5	-	dB
	$F = F_0 + 2 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 - 2 \text{ MHz}$	-	-35	-	dB
	$F = F_0 + 3 \text{ MHz}$	-	-25	-	dB
	$F = F_0 - 3 \text{ MHz}$	-	-45	-	dB
Out-of-band blocking performance	30 MHz ~ 2000 MHz	-10	-	-	dBm
	2000 MHz ~ 2400 MHz	-27	-	-	dBm
	2500 MHz ~ 3000 MHz	-27	-	-	dBm
	3000 MHz ~ 12.5 GHz	-10	-	-	dBm
Intermodulation	-	-36	-	-	dBm

5.5.2 Transmitter

Table 9: Transmitter Characteristics – BLE

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
RF transmit power	-	-	0	-	dBm
Gain control step	-	-	3	-	dBm
RF power control range	-	-12	-	+9	dBm
Adjacent channel transmit power	$F = F_0 \pm 2 \text{ MHz}$	-	-52	-	dBm
	$F = F_0 \pm 3 \text{ MHz}$	-	-58	-	dBm
	$F = F_0 \pm > 3 \text{ MHz}$	-	-60	-	dBm
$\Delta f_{1\text{avg}}$	-	-	-	265	kHz
$\Delta f_{2\text{max}}$	-	247	-	-	kHz
$\Delta f_{2\text{avg}}/\Delta f_{1\text{avg}}$	-	-	-0.92	-	-
ICFT	-	-	-10	-	kHz
Drift rate	-	-	0.7	-	kHz/50 μs
Drift	-	-	2	-	kHz

5.6 Reflow Profile

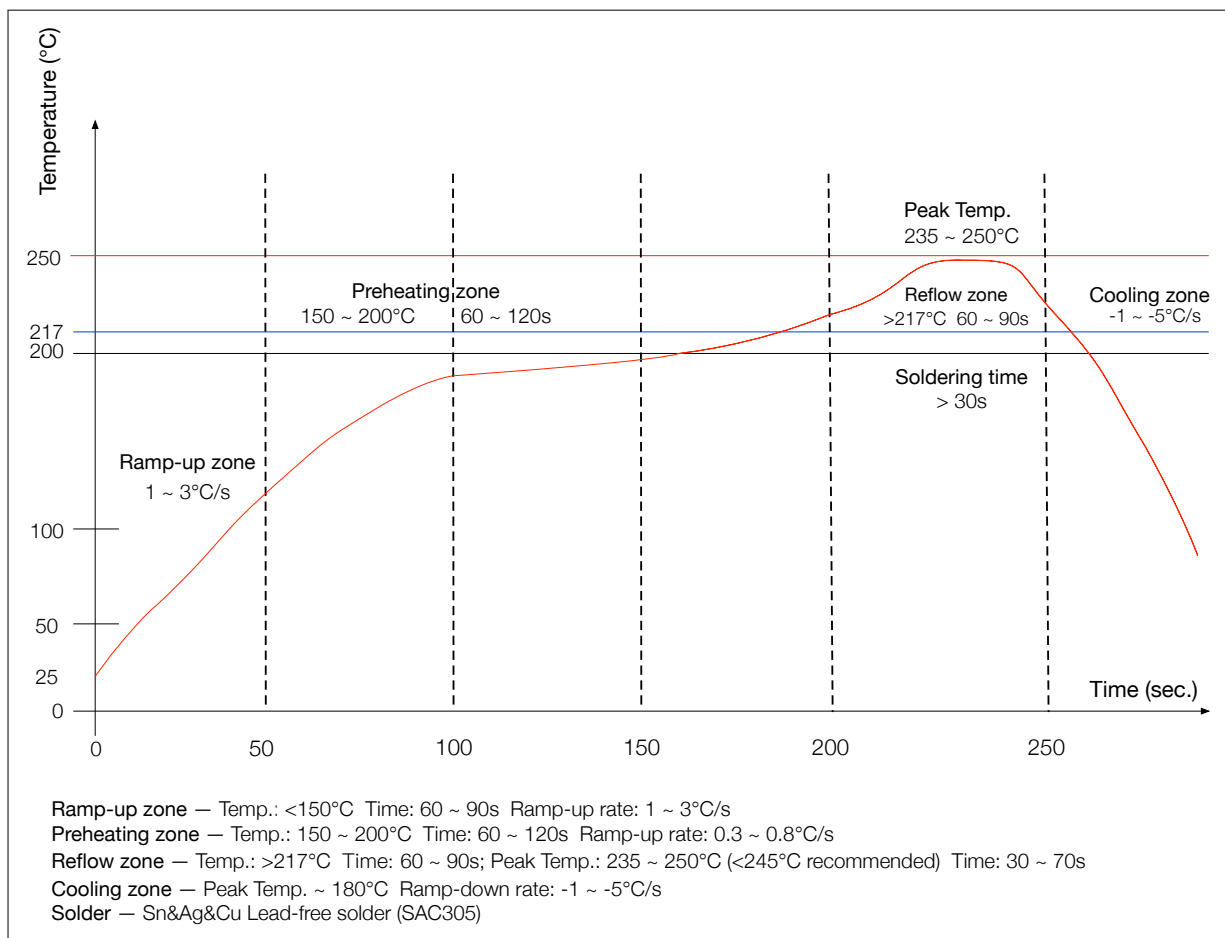


Figure 2: Reflow Profile

6. Schematics

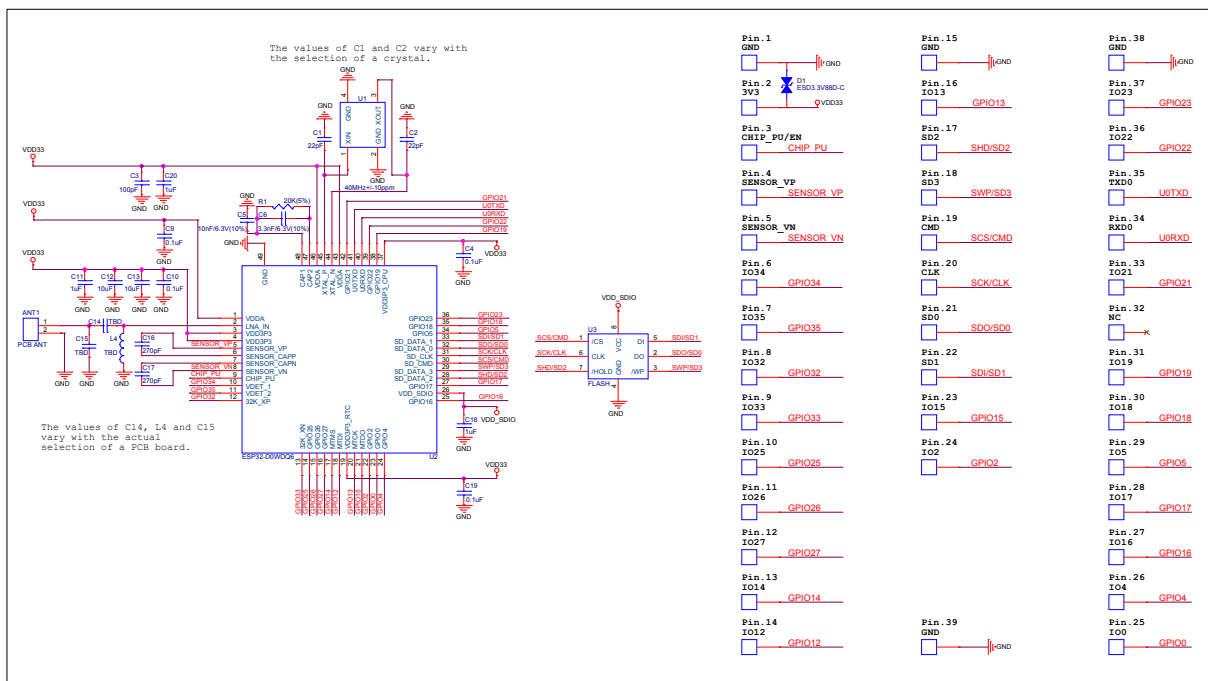


Figure 3: ESP32-WROOM-32 Schematics

7. Peripheral Schematics

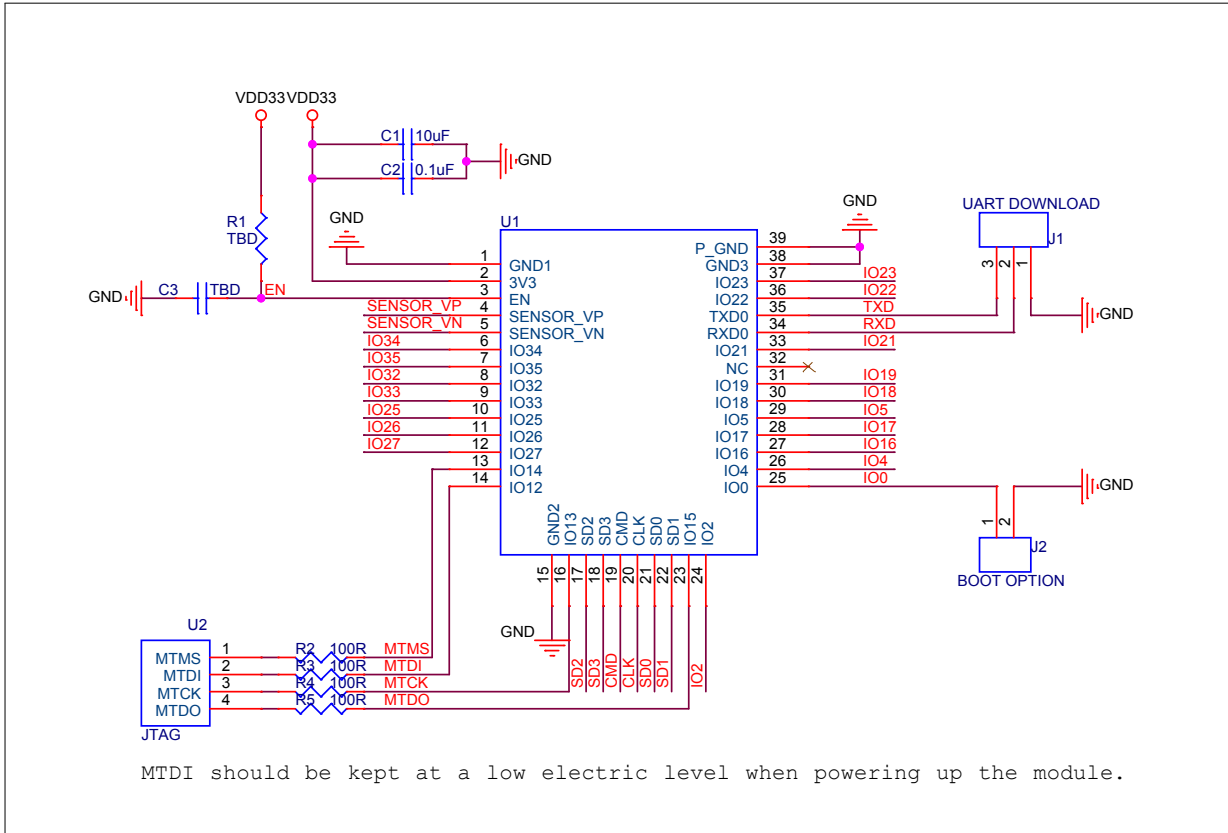


Figure 4: ESP32-WROOM-32 Peripheral Schematics

Note:

- Soldering Pad 39 to the Ground of the base board is not necessary for a satisfactory thermal performance. If users do want to solder it, they need to ensure that the correct quantity of soldering paste is applied.
- To ensure the power supply to the ESP32 chip during power-up, it is advised to add an RC delay circuit at the EN pin. The recommended setting for the RC delay circuit is usually $R = 10\text{ k}\Omega$ and $C = 0.1\ \mu\text{F}$. However, specific parameters should be adjusted based on the power-up timing of the module and the power-up and reset sequence timing of the chip. For ESP32's power-up and reset sequence timing diagram, please refer to Section *Power Scheme* in [ESP32 Datasheet](#).

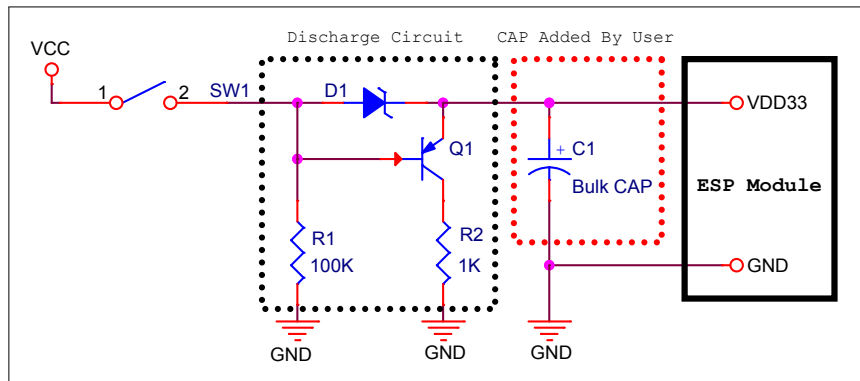


Figure 5: Discharge Circuit for VDD33 Rail

Note:

The discharge circuit can be applied in scenarios where ESP32 is powered on and off repeatedly by switching the power rails, and there is a large capacitor on the VDD33 rail. For details, please refer to Section *Power Scheme* in [ESP32 Datasheet](#).

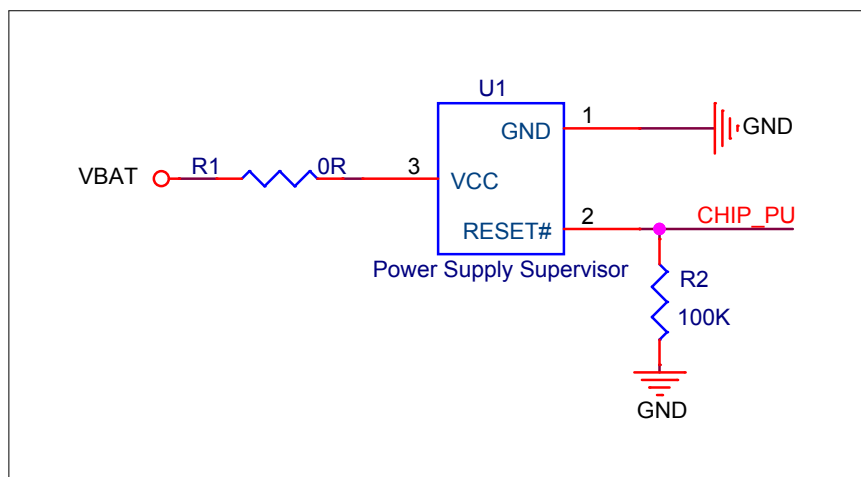


Figure 6: Reset Circuit

Note:

When battery is used as the power supply for ESP32 series of chips and modules, a supply voltage supervisor is recommended to avoid boot failure due to low voltage. Users are recommended to pull CHIP_PU low if the power supply for ESP32 is below 2.3 V.

8. Physical Dimensions

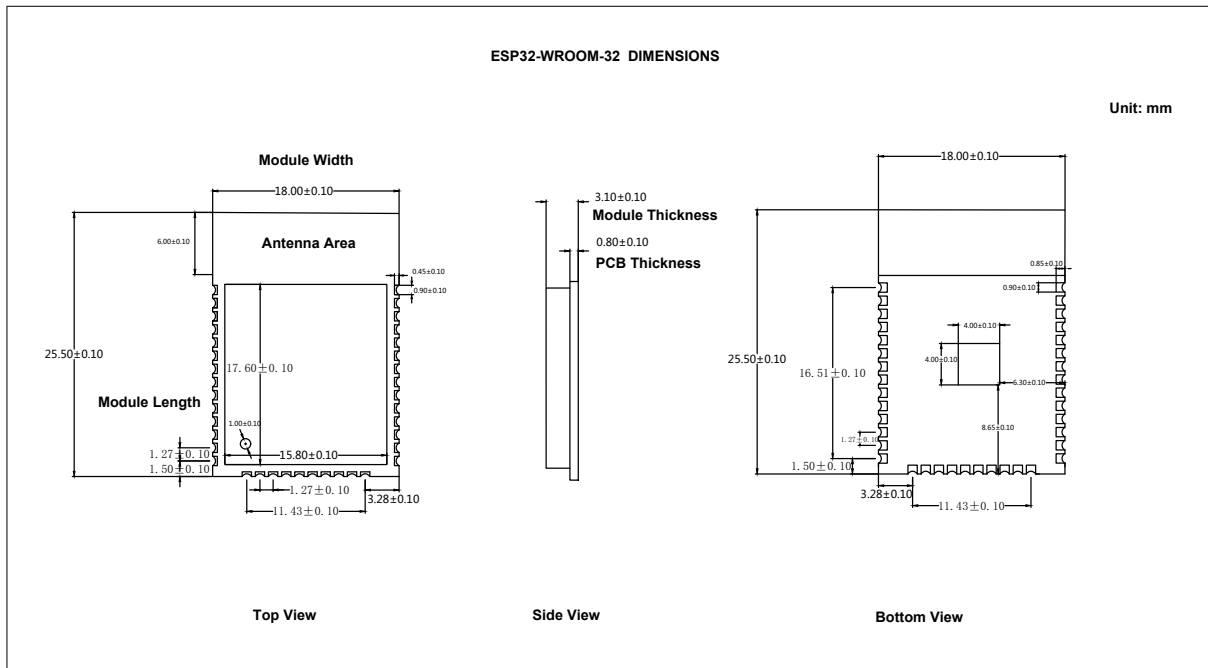


Figure 7: Physical Dimensions of ESP32-WROOM-32

9. Recommended PCB Land Pattern

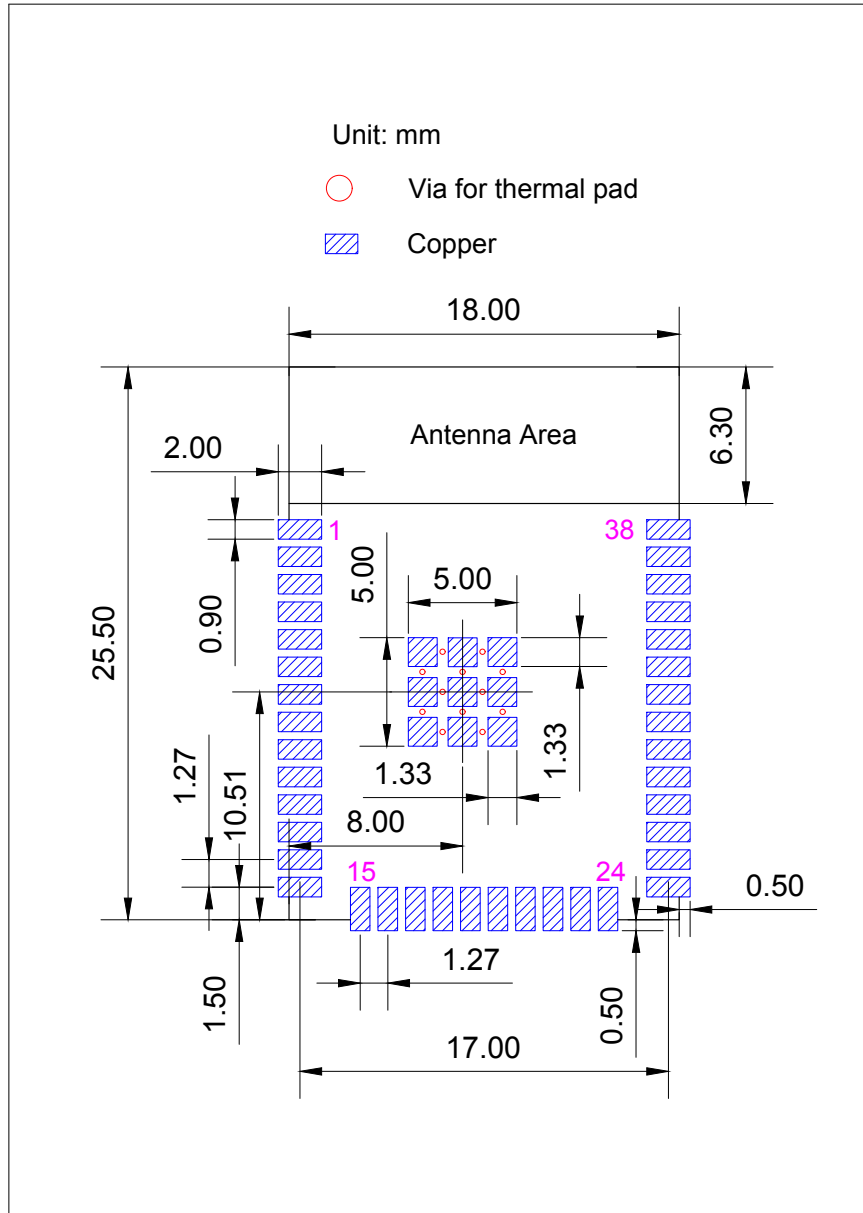


Figure 8: Recommended PCB Land Pattern

10. Learning Resources

10.1 Must-Read Documents

The following link provides documents related to ESP32.

- [ESP32 Datasheet](#)
This document provides an introduction to the specifications of the ESP32 hardware, including overview, pin definitions, functional description, peripheral interface, electrical characteristics, etc.
- [ESP-IDF Programming Guide](#)
It hosts extensive documentation for ESP-IDF ranging from hardware guides to API reference.
- [ESP32 Technical Reference Manual](#)
The manual provides detailed information on how to use the ESP32 memory and peripherals.
- [ESP32 Hardware Resources](#)
The zip files include the schematics, PCB layout, Gerber and BOM list of ESP32 modules and development boards.
- [ESP32 Hardware Design Guidelines](#)
The guidelines outline recommended design practices when developing standalone or add-on systems based on the ESP32 series of products, including the ESP32 chip, the ESP32 modules and development boards.
- [ESP32 AT Instruction Set and Examples](#)
This document introduces the ESP32 AT commands, explains how to use them, and provides examples of several common AT commands.
- [Espressif Products Ordering Information](#)

10.2 Must-Have Resources

Here are the ESP32-related must-have resources.

- [ESP32 BBS](#)
This is an Engineer-to-Engineer (E2E) Community for ESP32 where you can post questions, share knowledge, explore ideas, and help solve problems with fellow engineers.
- [ESP32 GitHub](#)
ESP32 development projects are freely distributed under Espressif's MIT license on GitHub. It is established to help developers get started with ESP32 and foster innovation and the growth of general knowledge about the hardware and software surrounding ESP32 devices.
- [ESP32 Tools](#)
This is a webpage where users can download ESP32 Flash Download Tools and the zip file "ESP32 Certification and Test".
- [ESP-IDF](#)
This webpage links users to the official IoT development framework for ESP32.
- [ESP32 Resources](#)
This webpage provides the links to all available ESP32 documents, SDK and tools.

Revision History

Date	Version	Release notes
2019.09	V2.9	<ul style="list-style-type: none"> • Changed the supply voltage range from 2.7 V ~ 3.6 V to 3.0 V ~ 3.6 V; • Added Moisture sensitivity level (MSL) 3 in Table 1 <i>ESP32-WROOM-32 Specifications</i>; • Added notes about "Operating frequency range" and "TX power" under Table 7 <i>Wi-Fi Radio Characteristics</i>; • Updated Section 7 <i>Peripheral Schematics</i> and added a note about RC delay circuit under it; • Updated Figure 8 <i>Recommended PCB Land Pattern</i>.
2019.01	V2.8	Changed the RF power control range in Table 9 from -12 ~ +12 to -12 ~ +9 dBm.
2018.10	V2.7	Added "Cumulative IO output current" entry to Table 4: Absolute Maximum Ratings; Added more parameters to Table 6: DC Characteristics.
2018.08	V2.6	<ul style="list-style-type: none"> • Added reliability test items the module has passed in Table 1: ESP32-WROOM-32 Specifications, and removed software-specific information; • Updated section 3.4: RTC and Low-Power Management; • Changed the module's dimensions from (18±0.2) mm x (25.5 ±0.2) mm x (3.1±0.15) mm to (18.00±0.10) mm x (25.50±0.10) mm x (3.10±0.10) mm; • Updated Figure 8: Physical Dimensions; • Updated Table 7: Wi-Fi Radio.
2018.06	V2.5	<ul style="list-style-type: none"> • Changed the module name to ESP32-WROOM-32; • Deleted Temperature Sensor in Table 1: ESP32-WROOM-32 Specifications; • Updated Chapter 3: Functional Description; • Added Chapter 8: Recommended PCB Land Pattern; <p>Changes to electrical characteristics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Updated Table 4: Absolute Maximum Ratings; • Added Table 5: Recommended Operating Conditions; • Added Table 6: DC Characteristics; • Updated the values of "Gain control step", "Adjacent channel transmit power" in Table 9: Transmitter Characteristics - BLE.
2018.03	V2.4	Updated Table 1 in Chapter 1.
2018.01	V2.3	Deleted information on LNA pre-amplifier; Updated section 3.4 RTC and Low-Power Management; Added reset circuit in Chapter 7 and a note to it.
2017.10	V2.2	Updated the description of the chip's system reset in Section 2.3 Strapping Pins; Deleted "Association sleep pattern" in Table "Power Consumption by Power Modes" and added notes to Active sleep and Modem-sleep; Updated the note to Figure 4 Peripheral Schematics; Added discharge circuit for VDD33 rail in Chapter 7 and a note to it.
2017.09	V2.1	Updated operating voltage/power supply range updated to 2.7 ~ 3.6V; Updated Chapter 7.
2017.08	V2.0	Changed the sensitivity of NZIF receiver to -97 dBm in Table 1; Updated the dimensions of the module; Updated Table "Power Consumption by Power Modes" Power Consumption by Power Modes, and added two notes to it;

Date	Version	Release notes
		Updated Table 4, 7, 8, 9; Added Chapter 8; Added the link to certification download .
2017.06	V1.9	Added a note to Section 2.1 Pin Layout; Updated Section 3.3 Crystal Oscillators; Updated Figure 3 ESP-WROOM-32 Schematics; Added Documentation Change Notification.
2017.05	V1.8	Updated Figure 1 Top and Side View of ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32).
2017.04	V1.7	Added the module's dimensional tolerance; Changed the input impedance value of 50Ω in Table 7 Wi-Fi Radio Characteristics to output impedance value of $30+j10\Omega$.
2017.04	V1.6	Added Figure 2 Reflow Profile.
2017.03	V1.5	Updated Section 2.2 Pin Description; Updated Section 3.2 External Flash and SRAM; Updated Section 4 Peripherals and Sensors Description.
2017.03	V1.4	Updated Chapter 1 Preface; Updated Chapter 2 Pin Definitions; Updated Chapter 3 Functional Description; Updated Table Recommended Operating Conditions; Updated Table 7 Wi-Fi Radio Characteristics; Updated Section 5.6 Reflow Profile; Added Chapter 10 Learning Resources.
2016.12	V1.3	Updated Section 2.1 Pin Layout.
2016.11	V1.2	Added Figure 7 Peripheral Schematics.
2016.11	V1.1	Updated Chapter 6 Schematics.
2016.08	V1.0	First release.