

Recibido 26 Ene. 2025

ReCIBE, Año 14 No. 1, Mzo. 2025

Aceptado 1 Mzo. 2025

Prototipo Para la Medición de la Luz en Laboratorios y Aulas (PMLLA)

Prototype for Light Measurement in Laboratories and Classrooms (PMLLA)

Francisco Javier Quintanilla Moreno¹

francisco.quintanilla@academicos.udg.mx

Jose Juan Meza Espinosa¹

jose.mespinosa@academicos.udg.mx

Blanca Lorena Reynoso Gomez¹

blanca.reynoso@academicos.udg.mx

¹ Universidad de Guadalajara. Centro universitario de ciencias exactas e ingenierías

Resumen

La iluminación en los espacios de trabajo es un tema que ha despertado el interés de los grupos de estudio debido a su impacto en diversos aspectos, que van desde el consumo de energía hasta la productividad, seguridad, salud y educación. En el ámbito educativo, se ha demostrado que la iluminación contribuye un 21% más al progreso de los estudiantes en comparación con otros factores ambientales. En ese sentido, en este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo innovador denominado Prototipo para la Medición y Monitoreo de la Luz en Laboratorios y Aulas (PMLLA). Este prototipo utiliza componentes electrónicos de última generación, como el ESP32, el sensor de temperatura BH1750, la pantalla OLED SSD1306, el teclado matricial 4x4 y el módulo de memoria microSD. El PMLLA ofrece una solución para medir de manera precisa, confiable e intuitiva la intensidad de la luz en entornos de trabajo como laboratorios y aulas. Además, el prototipo facilita el almacenamiento de datos, posibilitando análisis y evaluación continuo de los niveles de iluminación de los datos en entornos de laboratorios y aulas.

Palabras clave: Prototipo, Medición de luz, Laboratorios, Aulas, ESP32, Sensor de temperatura BH1750, Pantalla OLED SSD1306, Teclado matricial 4x4, Módulo de memoria micro SD Card, Micropython.

Abstract

Lighting in workspaces is a topic that has attracted the interest of think tanks due to its impact on various aspects, ranging from energy consumption to productivity, safety, health, and education. In the educational field, it has been shown that lighting contributes 21% more to student progress compared to other environmental factors. In that sense, this paper presents the development of an innovative prototype called Prototype for Measuring and Monitoring Light in Laboratories and Classrooms (PMLLA). This prototype uses state-of-the-art electronic components, such as the ESP32, the BH1750 temperature sensor, the SSD1306 OLED display, the 4x4 matrix keyboard and the microSD memory module. The PMLLA offers a solution to measure light intensity accurately, reliably and intuitively in working environments such as laboratories and classrooms. In addition, the prototype facilitates data storage, enabling continuous analysis and evaluation of lighting levels in laboratory and classroom environments.

Key words: Prototype, Light measurement, Laboratories, Classrooms, ESP32, BH1750 temperature sensor, OLED SSD1306 display, 4x4 matrix keypad, Micro SD Card module, Micropython.

Introducción

En la actualidad, la iluminación y la medición de la luz son importantes en diversos entornos, como ejemplo laboratorios y aulas, donde se requiere un control de la iluminación. Contar con herramientas eficientes y accesibles para llevar a cabo estas mediciones es de vital importancia poder guardar la información para medir que tan adecuada es la luminosidad para los académicos y los estudiantes.

En este artículo se presentará el desarrollo de un prototipo denominado Prototipo para la Medición de la Luz en Laboratorios y Aulas (PMLLA), el cual utiliza componentes electrónicos de última generación para brindar una solución en el ámbito de la medición de la iluminación.

El PMLLA se basa en el ESP32, un microcontrolador que tiene capacidades de conectividad y procesamiento de datos. Esta plataforma nos permite integrar diversos componentes y facilita la interacción con el prototipo a través de una interfaz intuitiva.

El sensor de temperatura BH1750, presente en el PMLLA, ayuda para medir la intensidad de la luz de manera precisa. Esto resulta fundamental en entornos donde se requiere un control estricto de la iluminación, como en laboratorios y aulas de estudio.

La pantalla OLED SSD1306 proporciona una visualización de los resultados obtenidos.

El teclado matricial 4x4 permite una interacción sencilla y práctica con el prototipo.

Para el almacenamiento de datos, el PMLLA cuenta con un módulo de memoria micro SD Card, el cual ofrece la capacidad necesaria para el registro de las mediciones de la iluminación.

En resumen, el PMLLA representa una solución para la medición de la iluminación en laboratorios y aulas. Su utilización de componentes electrónicos avanzados, como el ESP32, el sensor de temperatura BH1750, la pantalla OLED SSD1306, el teclado matricial 4x4 y el módulo de memoria micro SD Card ayudan a obtener mediciones para su posterior tratamiento.

A lo largo de este artículo se explorará en detalle el diseño, la programación y la implementación así como las funcionalidades del PMLLA, este prototipo aportará beneficios significativos y a un bajo costo a aquellos que requieren un control riguroso de la iluminación en laboratorios y aulas.

Trabajos Relacionados

En esta sección se resumen algunos de los trabajos tomados como ejemplo en los cuales algunas de sus partes fueron importantes a ser tomados en cuenta para el desarrollo del presente prototipo. Un medidor de consumo de luz, utilizando esp32 [1] nos muestra el proceso y desarrollo de un prototipo para medir el consumo de luz, además del esp32 utiliza un sensor SC-013 no invasivo, el propósito es mostrar el consumo de energía y que este sirva de base para un plan de ahorro, también utiliza un display para mostrar los valores obtenidos, de este artículo fue útil observar el uso de diferentes sensores en esp32, la diferencia es que utilizo el IDE de Arduino para el desarrollo del software.

En [2] nos muestra el desarrollo de una arquitectura IoT para la obtención y análisis de variables climáticas, de este cabe destacar el uso de diferentes sensores utilizados de forma explícita para este artículo y como la información obtenida es almacenada en una base de datos a través de un proceso de diferentes capas en la obtención de la información, en este caso la parte relevante es el proceso de almacenamiento de la información, en este caso se utiliza Arduino en hardware y software de la tarjeta embebida, en la cual están conectados diferentes sensores entre ellos un sensor wifi compatible con la tarjeta de desarrollo y que permite la comunicación con otras plataformas para el tratamiento de la información.

En su artículo [3] nos muestra el proceso de un sistema de monitoreo y obtención de datos de consumo y voltaje de datos de bajo costo, los cuales son transmitidos por un protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), el cual por medio de WiFi recibe información para almacenarla en una base de datos la cual es utilizada para monitorear y supervisar dicha información para tal efecto, utiliza un servidor con un Raspberry Pi con una base de datos Postgress y una terminal para la adquisición de datos con un esp32 y con sensores conectados al mismo, cabe destacar que de este artículo se tomó la parte de la información que se muestra en una pantalla Oled.

En este artículo [4] muestran el desarrollo de un sistema para mejorar la eficiencia en el consumo de luz en un ambiente interior, en el cual se resalta la importancia de tener el control del consumo de luz, y como a través del uso de IoT se puede lograr este propósito, la parte que tiene más relevancia es como utiliza módulos LDR para la adquisición de datos y como estos datos son procesados mediante comparaciones de parámetros, además el control de la iluminación se puede hacer mediante un teléfono celular con una aplicación desarrollada para este fin, de este artículo se puede tomar el desarrollo y medición de un ambiente de luz artificial y como compara el consumo con focos convencionales y como se logra reducir significativamente con el uso de focos LED y como se toma en cuenta los requerimientos de iluminación para en mejor medioambiente.

En su artículo [5] nos detalla el desarrollo y prueba de un prototipo no invasivo para la diabetes tipo 2, sin duda un desarrollo muy interesante y de actualidad, sin embargo para el desarrollo de este prototipo me pareció la parte del uso de una pantalla oled y el uso de una batería recargable, con lo cual el dispositivo se convierte en uno portátil, para así poder desplazarlo de lugar sin necesidad de una conexión, otra parte relevante fue la muestra de los resultados de la implementación y la justificación del algoritmo adoptado en este artículo.

Descripción del Sistema

La propuesta de desarrollo de un Prototipo para la Medición de la Luminosidad en Laboratorios y Aulas (PPMLLA) de bajo costo basado en el Internet de las Cosas (IOT), utilizando una arquitectura Esp32 en conjunto con diversos sensores que nos ayuden a lograr el desarrollo de dicho prototipo. El objetivo final será utilizar el prototipo en una aula o laboratorio sin necesidad de conectarlo a una toma de luz, al tomar la medida en luxes, se muestre el valor y esos valores los guarde en una microsd para su posterior tratamiento.

Componentes usados en el prototipo

Dentro de la familia de los esp32, existen diferentes modelos, solo se referenciara al modelo a ser usado en el prototipo:

Esp32 devkit V1

En el sitio <https://www.redgps.com/dispositivos-iot/doi-esp32>, nos menciona que esta placa es desarrollada por una empresa llamada DOIT, la cual incluye soporte Wifi, Bluetooth, entre otras características:

Modulo Sensor de Luz BH1750

Este sensor permite realizar mediciones de iluminancia en lux, a través de un bus de I2C, en su página: [6] nos describe las diferentes características del BH1750.

Información

El BH1750 es fabricado por la empresa Rohm Semiconductor, posee un conversor inverso de 16 bits, y entrega una salida digital en formato I2C.

La luminosidad del BH1750 se mide en Lux (lx), que es una unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación que equivale a un lumen /m². Se usa en fotometría y es un modelo estándar a la sensibilidad del ojo humano.

Teclado Matricial 4x4 (Tipo membrana)

De acuerdo a [6] está fabricado de botones de plástico y formado por una matriz de filas (L1, L2, L3, L4) y columnas (C1, C2, C3, C4), las teclas solo necesitan 8 pines digitales de conexión. Este teclado será útil para indicar la fuente, en este caso se puede capturar desde 0 hasta la palabra D, la cual pudiera indicar por ejemplo si a un salón se le denomina 0, eso indicaría todas las lecturas del mismo.

Pantalla Oled SSD1306

Referenciando a [6] Es una pequeña pantalla Imagen 4 de 128*64 , pixeles que permite controla cada pixel de forma individual, se puede usar en tipo SPI e I2C trabajar directamente con 5V, se recomienda utilizar un controlador de al menos 1K de RAM.

Módulo de Memoria Micro sd card

Almacena y puede leer información de una micro sd, lo hace mediante el modo SPI, soporta micro sd y micro SDHC, compatible con micro controladores y tarjetas de desarrollo.

Software

Para el desarrollo del programa se decidió utilizar Micropython en conjunto con el software Thonny, este lenguaje además de su gran aceptación en diferentes ámbitos, es utilizado cada día más en desarrollo de prototipos para diferentes áreas del conocimiento y en el uso de placas de desarrollo en conjunto con diversos componentes.

Armado del prototipo

Además de los componentes antes descritos de utilizaran dos protoboard. En la siguiente figura realizada en fritzing, se puede observar la ubicación y conexión del prototipo.

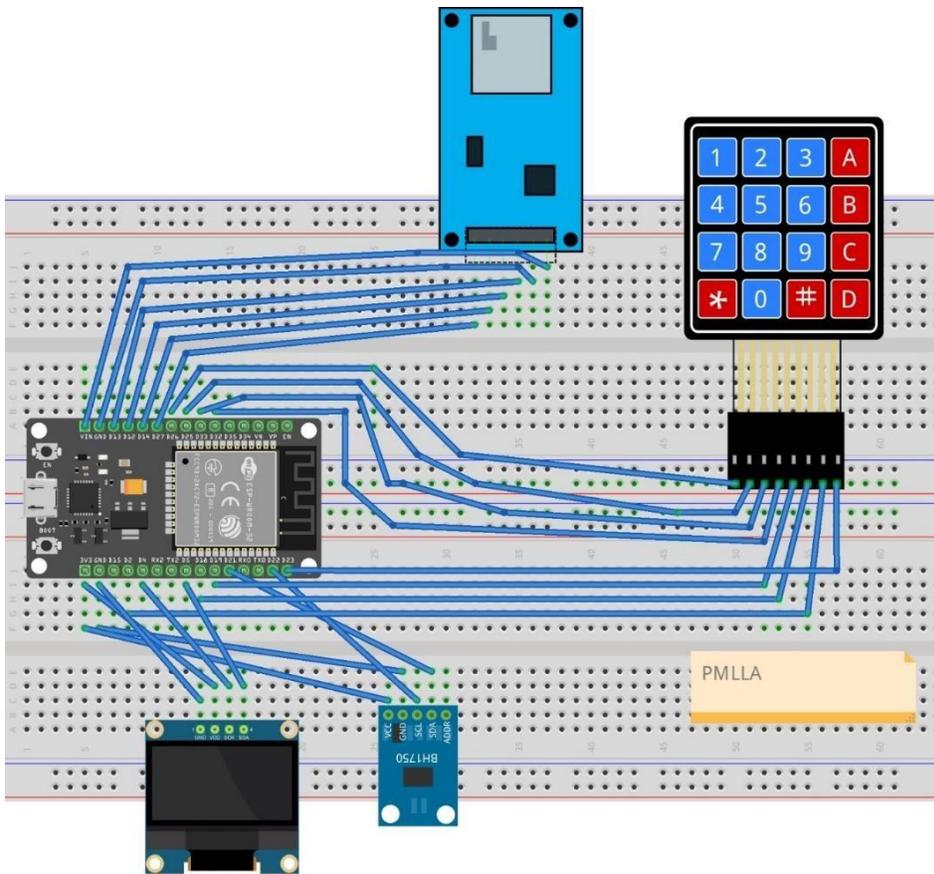


Imagen 1.- Prototipo para la Monitorización de Luz en Laboratorios y Aulas

Para el prototipo además de los componentes antes señalados, se utilizar además dos protoboard y cables tipo dupont para las conexiones.

En la imagen 1 se puede observar el armado de cada uno de los sensores, sin embargo antes de proceder al armado del prototipo, primero se armó cada componente aparte para probar su funcionamiento.

Armado y pruebas:

Se configuro Esp32 para que se pudiera utilizar Micropython, Para tal efecto se utilizó como apoyo el IDE Thonny el cual se encuentra disponible en: <https://thonny.org/>, en el sitio se encuentra para su descarga para Windows, Mac y Linux, en este caso se utilizara la versión de Thonny para Windows.

Una vez descargada e instalada se procederá a la configuración de esp32 para grabarle el software necesario para poder ejecutar Microphyton, el cual se encuentra un tutorial para tal efecto en: <https://www.youtube.com/watch?v=3YI2hgGaKy0>

Es solo uno de los videos que nos apoyan a configurar esp32 con el software para poder trabajar con Micripython y Thonny. La búsqueda en internet para tal efecto fue “configurando esp3 con Thonny”. Para poder configurar correctamente se debe de conocer la versión de esp32, para que la carga y el funcionamiento sea adecuado.

Como primera prueba para asegurarnos la funcionalidad se podrá utilizar el siguiente código:

```
1 #Inicio de código
2 # Librerias de necesarias
3 from machine import Pin
4 from time import sleep
5
6 #El Pin del led es el 2 que corresponde al GPIO2 de acuerdo con el
7 esp32 utilizado, ya que algunos no lo incluyen se podría conectar un
8 led al pin.
9
10 ledpin=2
11
12 # Se asigna a pinled la clase que se llamó al inicio con los
13 parámetros y se le indica que es de salida.
14
15 pinled = Pin(ledpin, Pin.OUT)
16
17 # Se crea un ciclo, que dejara de funciona mientras esté conectado
18 nuestro esp32
19
20 while True:
21 # Se enciende el led al enviar el calor 1
22 pinled.value(1)
23
24 # Se da un tiempo de espera de 1 mls.
25 sleep(1)
26 # Se apaga el led enviando el valor 0
27 pinled.value(0)
28 # Se da un tiempo de espera de 1 mls.
29 sleep(1)
30 #Fin de código
```

Código 1.- Prueba de funcionalidad inicial del prototipo

ESP32 y el sensor BH1550

Cuando se realizaron las pruebas individuales, ya se tenía armando el prototipo final, por lo tanto para las pruebas individuales se utilizaron otros sensores, en el caso del BH1750, al intentar en forma individual, la librería envió un error, después de estar observando se investigó y se encontró que existen hasta el momento de hacer pruebas dos tipos de sensores: El GY-30 y el GY-302, y cada uno funciona con su propia librería:

```
1 //inicia codigo
2 from machine import Pin, I2C from utime import sleep from bh1750302 import BH1750
3 i2c0_sda = Pin(21)
4 i2c0_scl = Pin(22)
5 i2c0 = I2C(0, sda=i2c0_sda, scl=i2c0_scl) bh1750 = BH1750(0x23, i2c0)
6 while True:
7     print(bh1750.measurement) sleep(1)
8 //termina código
9
10
11
12
```

Código 2.- Prueba del sensor de luz

ESP32 y Teclado Matricial 4x4 (Tipo membrana)

En las siguientes líneas se puede observar el código con el que se probó el teclado matricial:

```
1 // Inicia codigo
2 from kb4x4 import kb4x4 import time
3 kb = kb4x4()
4 while True:
5     x, is_long = kb.readkey() print('Boton: ', x) time.sleep(.2)
6 //Termina código
7
8
9
```

Código 3.- Prueba del teclado matricial

Pantalla Oled SSD1306 y esp32

Código de prueba para la pantalla Oled:

```
1// Inicia Código
2//Llamado a las librerías necesarias
3from machine import Pin, I2C
4from ssd1306 import SSD1306_I2C
5import time, esp32
6//Se carga en la variable la configuración de los pines del sensor
7i2c=I2C(sda=Pin(5), scl=Pin(4))
8//Se llama en la variable el objeto con la configuración
9oled=SSD1306_I2C(128, 32, i2c)
10while True:
11//Se imprime en la pantalla
12print('Prueba Oled SSD1306: ')
13oled.fill(0)
14oled.text('Prueba Oled ', 0,25)
15oled.show()
16//Tiempo de espera
17time.sleep(.5)
18//Fin del código
```

Código 4.- Prueba de la pantalla Oled

Esp32 y módulo de memoria MicroSD

Código de prueba para la tarjeta MicroSD:

```
1//Inicia Código
2//Llamado de librerías
3import os, time
4from machine import Pin, SoftSPI
5from sdcard import SDCard
6//Se le asigna a la variable la información de llamado del sensor con
7sus pines
8spi=SoftSPI(-1, miso=Pin(13), mosi=Pin(12), sck=Pin(14))
9cs=Pin(27)
10// Se llama al objeto en la variable
11sd=SDCard(spi, cs)
12vsf=os.VfsFat(sd)
13//Se abre el sensor
14os.mount(vsf, /sd)
15//Se lista de la microsd el directorio de archivos
16print('D. raiz:{}'.format(os.listdir()))
17//Fin del Código
```

Código 5.- Prueba de memoria MicroSD

Durante las pruebas individuales se usaron los mismo pines que será utilizado en el prototipo en conjunto.

Prueba de esp32 y PMLLA

```
1from machine import Pin, SoftI2C, Timer, RTC, SoftSPI
2from bh1750 import BH1750
3from ssd1306 import SSD1306_I2C
4import time, os, esp32, freesans20
5from sdcard import SDCard
6from writer_minimal import Writer
7from kb4x4 import kb4x4
8led=Pin(2, Pin.OUT)
9i2c1=SoftI2C(sda=Pin(4), scl=Pin(5))
10oled=SSD1306_I2C(128, 64, i2c1)
11#fondo=Writer (oled, freesans20)
12Spi=SoftSPI(-1, miso=Pin(13), mosi=Pin(12), sck=Pin(14))
13Cs=Pin(27)
14Sd=SDCard(spi, cs)
15vsf=os.VfsFat(sd)
16kb = kb4x4()
17os.mount(vsf, '/sd')
18i2c = SoftI2C(scl=Pin (22), sda=Pin(21))
19rtc=RTC()
20s = BH1750(i2c)
21kb=kb4x4()
22fecha=rtc.datetime()
23fecha1=str(fecha[0])+str(fecha[1])+str(fecha[2])+'+'+str(fecha[4])+':
24'+str(fecha[5])
25
26while True:
27s.set_mode(0x21)
28luminous=s.luminance(0x21)
29if int(luminos) > 299 and int(luminos) < 300:
30nl='DR'
31else:
32nl='FR'
33
34led.on()
35x, is_long = kb.readkey()
36pasow = x+ '+'+fecha1+' '+str(int (luminos))+' '+nl
37print(pasow)
38f=open('lux.txt', 'a')
39f.write('\r\n {} \r\n'.format(pasow))
40oled.fill(0)
41oled.text(x, 0,0)
42oled.text(fecha1, 0,20)
43oled.text(str(int (luminos)), 0,30)
44oled.text(nl, 0,40)
45oled.show()
46time.sleep(.5)
47led.off()
48break
```

Código 6.- Prueba en ESP32 del PMLLA

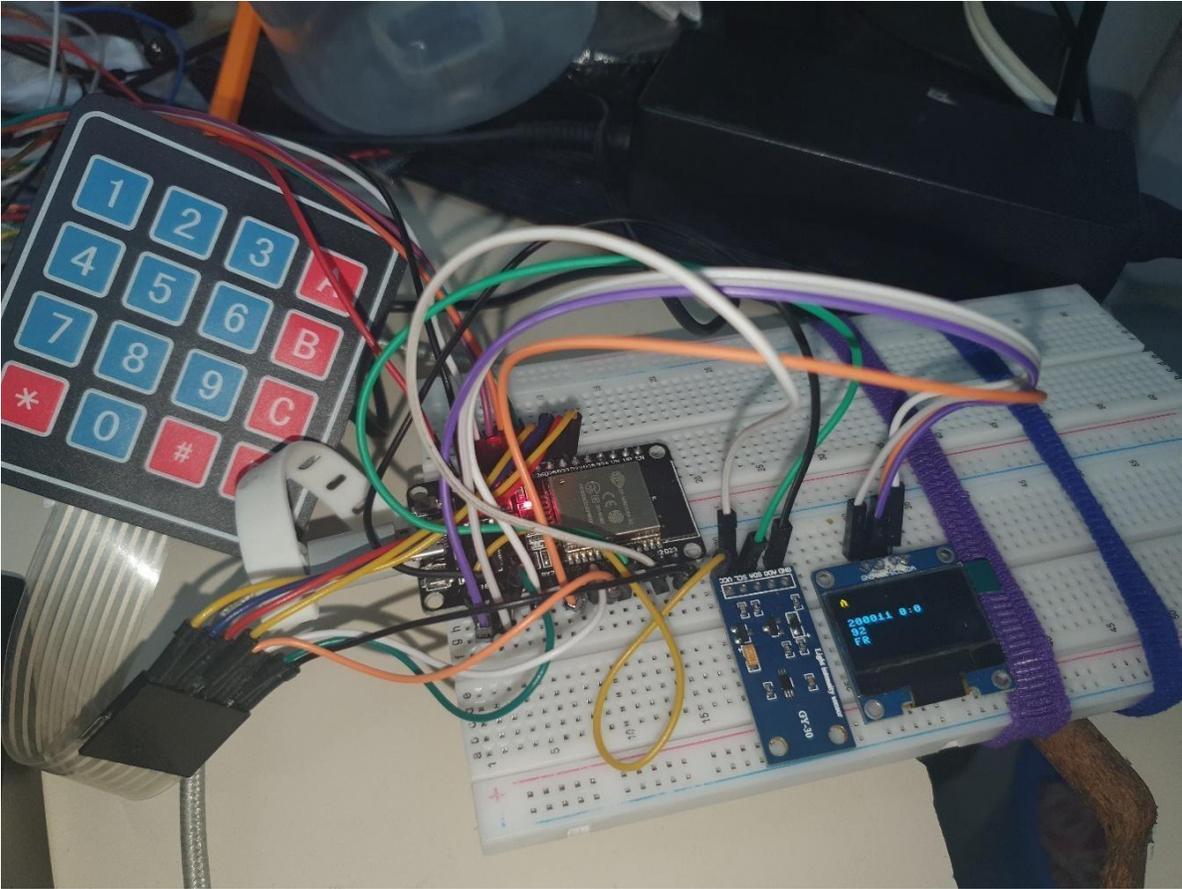
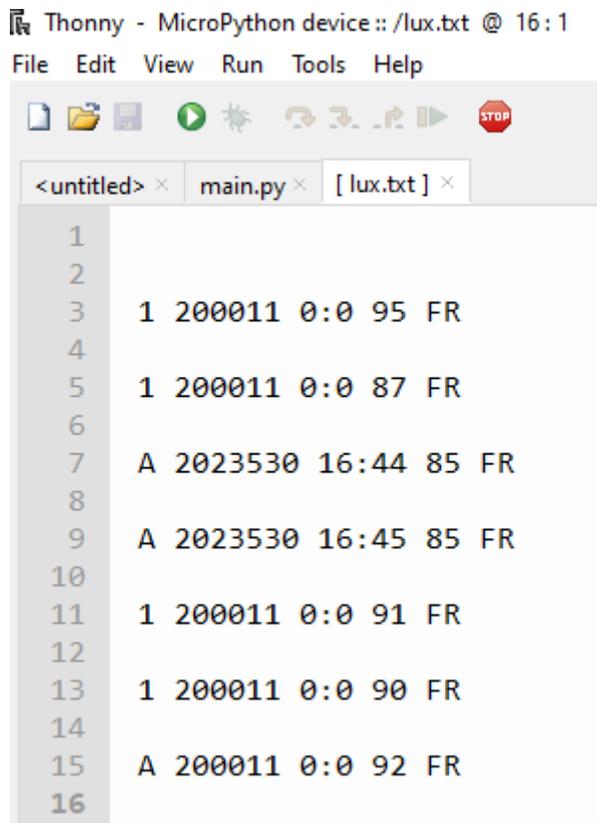


Imagen 2.- Pruebas del PMLLA

En la imagen 2 se puede observar el prototipo PMLLA funcionando, en el código 6 se encuentra el código de implementación, se hace mención porque para que pueda auto arrancar cuando se encienda el esp32, deberá tener el nombre de main.py. Otro aspecto relevante a destacar es que es muy importante al momento de estar conectando los pines a haga de manera correcta, de lo contrario se correrá el peligro de dañar los sensores.



```
Thonny - MicroPython device :: /lux.txt @ 16 : 1
File Edit View Run Tools Help
<untitled> × main.py × [ lux.txt ] ×
1
2
3 1 200011 0:0 95 FR
4
5 1 200011 0:0 87 FR
6
7 A 2023530 16:44 85 FR
8
9 A 2023530 16:45 85 FR
10
11 1 200011 0:0 91 FR
12
13 1 200011 0:0 90 FR
14
15 A 200011 0:0 92 FR
16
```

Imagen 3.- Ejemplo de la información que se graba al momento de ejecutar el programa en esp32 y se guarda la microSD.

En la imagen 3 se puede observar cómo se graba la información obtenida del programa. Prueba comparativas del PMLLA con el luxómetro PYLE modelo PLMT15, este último es un modelo comercial que se utiliza para hacer pruebas en otras investigaciones:
Prueba 1:
Esta prueba se realizó en un cuarto de 4 x 3 Mts, las mediciones se tomaron a una altura de 1.5, 3.00 de lo ancho en y de 1 del otro extremo y de frente 40 cms de la parte trasera y 2.6 de la parte delantera 1.9, en el cubículo w2-A, donde no existe luz natural.

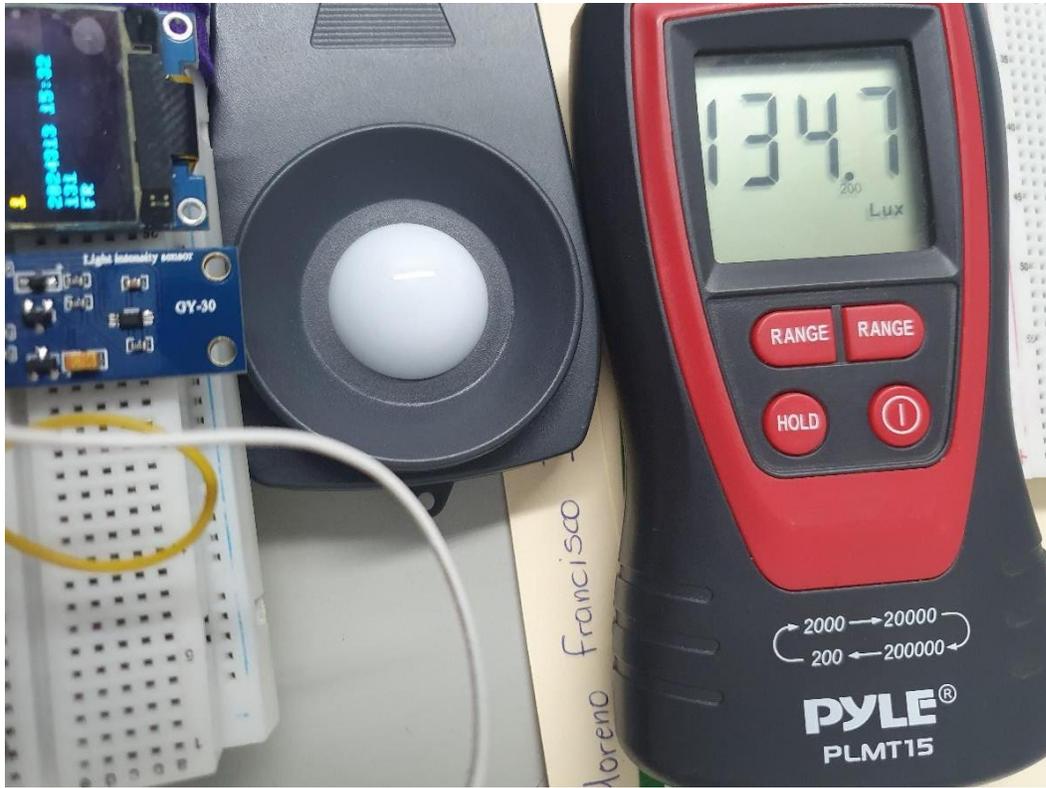


Imagen 4.- Prueba 1 PMLLA vs PLMT15

Como se puede observar en la Imagen 4 Prueba 1, en el luxómetro PLMT15 dio una medición de 134.7 y el prototipo PMLLA 131.



Imagen 5.- Prueba 2 PMLLA vs PLMT15

En la imagen 5, la foto se tomó en total oscuridad, por lo que la pantalla oled no es clara, en el caso de PMLT15 nos indica un lux de .2 y en el caso de PMLLA nos de 0, esta fue tomada en el mismo cuadrante de la primera.

En la Imagen 6 Prueba 3 PMLLA vs PLMT15, esta prueba se realizó en un cuadrante 1m x 3m x 1m de alto, ancho y largo. Del otro extremo y de frente 50 cm de la parte trasera y 2.6 m de la parte delantera 1.5 m.

En el siguiente texto se puede observar las mediciones que se guardaron en la microSD del prototipo.

1 2024313 15:32 131 FR

1 2024313 15:34 0 FR

1 2024313 15:37 127 FR

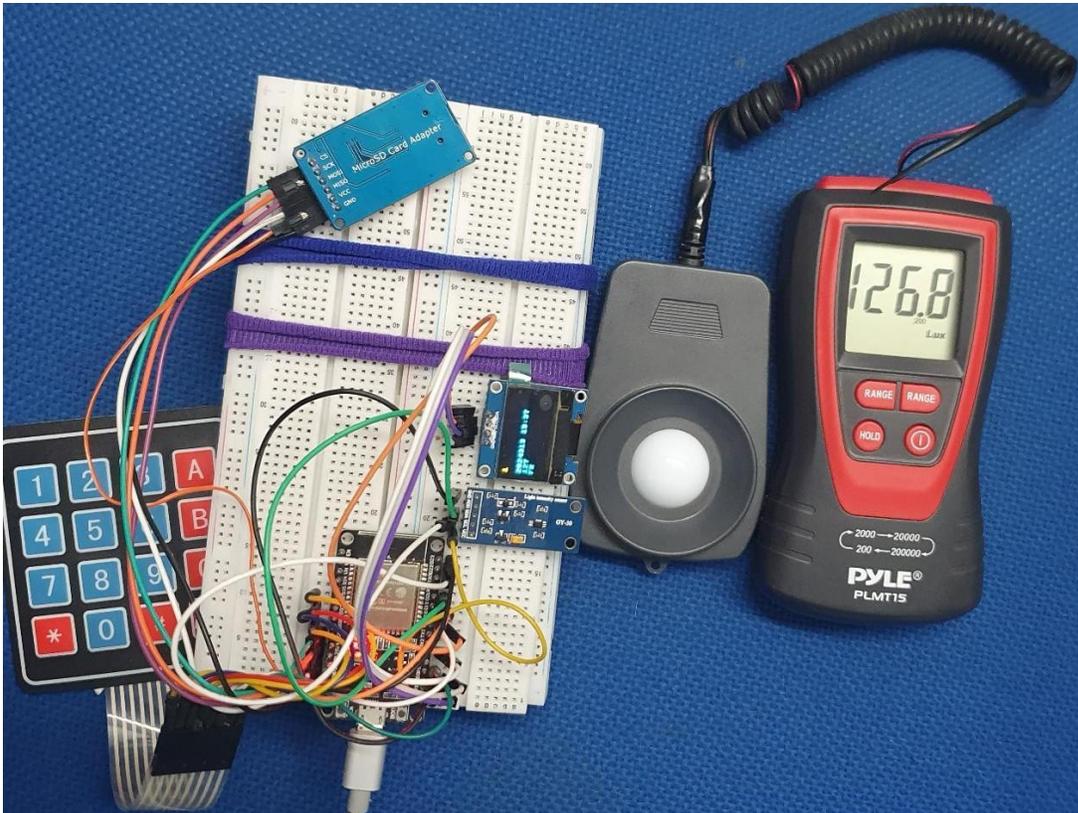


Imagen 6 .- Prueba 3 PMLLA vs PLMT15

Conclusión

El desarrollo del prototipo para la medición de la luz en laboratorios o aulas (PMLLA) utilizando el ESP32, el sensor de temperatura BH1750, la pantalla OLED SSD1306, el teclado matricial 4x4 y el módulo de memoria microSD Card apoyara en la medición a bajo costo en la medición de la luminosidad. Este prototipo ofrece una solución para medir la luz en entornos de laboratorio y salones de manera sencilla. El sensor de temperatura BH1750 nos proporciona mediciones de la intensidad de la luz. La pantalla OLED SSD1306 nos permite visualizar los resultados de manera clara y legible para la visualización de los datos obtenidos. El teclado matricial 4x4 ofrece una forma sencilla de interactuar con el prototipo. El módulo de memoria microSD nos brinda la capacidad de almacenar datos, lo que resulta especialmente útil para su posterior tratamiento.

En resumen, el prototipo para la medición de la luz en laboratorios y salones (PMLLA) utilizando el ESP32, el sensor de temperatura BH1750, la pantalla OLED SSD1306, el teclado matricial 4x4 y el módulo de memoria microSD es una herramienta que apoyara en la medición de la luminosidad.

En base a las dos últimas pruebas donde se procuró no tener ningún tipo de sombra que pudiera distorsionar la medición, que las medidas del PMLLA y del PLMT15 tiene poca variante, lo cual no afectaría en un caso de estudio usando PMLLA.

Trabajos futuros

Una vez desarrollado el prototipo faltaría afinarlo, por ejemplo perfeccionar la programación para que se obtenga la información de manera cíclica, ya que actualmente solo tiene una medición a la vez, configurar para que la información grabada tenga el formato para que sea trasladada a otra aplicación, por ejemplo una hoja de cálculo para realizar corridas estadísticas, una vez obtenida la información configurar un algoritmo para ver el estado de la luminosidad en laboratorios y aulas.

Otro desarrollo a futuro aplicando el prototipo sería el crear un prototipo de aula inteligente, donde de acuerdo a la variación de luz, la luminosidad se adapte automáticamente para que sea adecuada a los parámetros recomendados.

Bibliografía

- [1] D. T. Paul Stone Macheso, «ESP32 Based Electric Energy Consumption Meter,» *International Journal of Computer Communication and Informatics*, pp. 23-56, 2022.
- [2] E. A. Montoya Quiroga, «Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de,» *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, pp. 39-55, 2017.
- [3] M. T. I. Lawrence O. Aghenta, «Design and implementation of a low-cost, open source IoT-based SCADA,» *Electronic and Electrical Engineering*, pp. 57-86, 2019.
- [4] M. Y. Rafika Rizky Ramadhani, «Smart Room Lighting System for Energy Efficiency,» *International Journal of Artificial Intelligence & Robotics* (, pp. 48-58, 2022.
- [5] C. G. J. F. e. al, «Noninvasive Prototype for Type 2 Diabetes Detection,» *Hindawi*, vol. 2021, p. 12, 2021.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.