

Control Embebido de LEDs RGB direccionables usando una tarjeta ESP32

Santiago Herrera Guevara¹

Ruth Noemi Arriaga Carrizosa¹

Ana Pamela Ochoa Moya¹

Regina Mejia Manuel¹

Ximena Ramírez Vega¹

Juan Carlos Herrera Lozada, Dr.²

¹ Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería Textil

² Instituto Politécnico Nacional - Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo

sherrera2200@alumno.ipn.mx
pamyboo@gmail.com

santoscocoy.herrera@gmail.com
regis.mejiam@gmail.com
jlozada@ipn.mx

rnoemi15flor@gmail.com
bichinvega13@gmail.com

Referencia de este artículo [1].

RESUMEN

Este trabajo aborda el uso de un anillo WCMCU-2812B-16 basado en LEDs RGB WS2812B dentro de un esquema de control embebido programado en una tarjeta ESP32 convencional, con la intención de emplearlo en desarrollos posteriores orientados a tecnología wearable. Se implementaron un barrido secuencial y una secuencia tipo semáforo, mediante los cuales fue posible comprobar la actualización del arreglo, la propagación de datos y el funcionamiento estable del módulo utilizando una sola línea de control. Esta configuración resulta adecuada para prototipos portátiles por su tamaño reducido y por la facilidad con que puede integrarse a una prenda o accesorio. Aunque en este caso se empleó una tarjeta ESP32 estándar, el mismo planteamiento puede adaptarse a versiones más compactas o a placas diseñadas específicamente para aplicaciones wearable.

ABSTRACT

This work examines the use of a WCMCU-2812B-16 ring based on WS2812B RGB LEDs within an embedded control scheme implemented on a standard ESP32 board, with the aim of applying it to future wearable technology developments. Two basic tests were carried out, a sequential sweep and a traffic light pattern, which allowed verification of the array update, data propagation, and stable operation of the module using a single data line. This configuration is suitable for portable prototypes due to its compact size and the ease with which it can be integrated into garments or accessories. Although a conventional ESP32 board was used in this study, the same approach can be applied to smaller variants or boards specifically designed for wearable applications.

1. Introducción

En el desarrollo de proyectos de electrónica aplicada, particularmente en áreas como textiles inteligentes, accesorios wearables (vestibles), dispositivos portátiles o sistemas de señalización discreta, es común emplear arreglos de LEDs RGB direccionables. Estos módulos simplifican la creación de efectos luminosos y permiten integrar indicadores visuales compactos en prototipos que requieren bajo consumo y una distribución eficiente del cableado. Para este tipo de aplicaciones resulta conveniente utilizar LEDs WS2812B, los cuales incorporan un controlador digital interno que facilita su manejo desde una sola línea de datos mediante tarjetas como el ESP32, entre muchas otras, que combina buena capacidad de procesamiento con conectividad inalámbrica, bajo consumo y un tamaño reducido adecuado para sistemas portátiles.

El LED WS2812B es un LED RGB fabricado por *Worldsemi* que integra en su encapsulado un controlador encargado de interpretar una señal digital a 800 kHz. Cada dispositivo ajusta la intensidad luminosa de los canales rojo, verde y azul en un rango de 0 a 255, y transmite internamente los datos restantes hacia el siguiente LED de la cadena cuando se conectan juntos. Esta arquitectura permite construir tiras, anillos, paneles o matrices completas utilizando únicamente una línea de datos, lo que reduce el cableado y simplifica el diseño físico del arreglo.

Diversos fabricantes ensamblan estos LEDs en arreglos de distinto tipo. Uno de los más conocidos es el *NeoPixel Ring de Adafruit*, un módulo circular de 16 LEDs basado en *WS2812B* o en variantes compatibles. Su diseño compacto facilita la visualización de secuencias radiales y efectos luminosos, por lo que es común en proyectos educativos y en prototipos portátiles. Este mismo anillo suele encontrarse en el mercado nacional de componentes bajo la nomenclatura genérica WCMCU-2812B-16, que identifica su versión comercial no asociada directamente a una marca específica.

El módulo incorpora cuatro pines principales: VCC y GND para la alimentación, así como DI (entrada de datos) y DO (salida de datos). El pin DI recibe la señal enviada por el microcontrolador y define el color e intensidad de cada LED dentro del arreglo, mientras que el pin DO permite encadenar varios anillos transmitiendo los datos restantes hacia módulos adicionales. Esta disposición de pines es típica de los LEDs WS2812B y se mantiene en la mayoría de sus variantes y configuraciones comerciales.

En la Figura 1 es posible observar el anillo WCMCU-2812B-16 utilizado en el desarrollo de este proyecto.



Figura 1. LED WS2812B y módulo comercial WCMCU-2812B-16 (frontal y posterior).

Para operar este tipo de módulos es necesario utilizar una biblioteca compatible con el protocolo WS2812B. En Arduino IDE puede instalarse la biblioteca *Adafruit NeoPixel* desde el administrador de librerías, la cual permite definir el número total de LEDs, el formato de color y el pin asignado para la línea de datos.

Cabe hacer mención que aunque existen arreglos de mayor tamaño o con distribuciones más complejas, el anillo de 16 LEDs resulta adecuado para aplicaciones wearables debido a su consumo moderado, tamaño compacto y facilidad de integración en superficies textiles o dispositivos portátiles.

2. Prueba de barrido secuencial en el anillo de 16 LEDs

Una forma sencilla de comprobar el funcionamiento del módulo consiste en realizar un barrido secuencial sobre cada LED del arreglo. Esta prueba permite observar cómo se propaga la información a lo largo del anillo y verificar que cada dispositivo responde en el orden esperado. Además de confirmar que la comunicación entre el ESP32 y el módulo es correcta, el barrido ayuda a detectar posibles fallas en las conexiones, variaciones en la alimentación o errores de direccionamiento antes de implementar patrones más elaborados. Este procedimiento también sirve como punto de partida para construir animaciones circulares, indicadores visuales o efectos dependientes del estado del sistema.

El programa mostrado en la Figura 2 realiza un recorrido sencillo por los 16 LEDs del anillo, asignando a cada uno un color amarillo de intensidad moderada. La idea es observar cómo avanza la instrucción a lo largo del arreglo y confirmar que el módulo está respondiendo de manera adecuada. En este proceso intervienen dos funciones clave: *setPixelColor()* y *show()*. La primera función permite indicar qué LED se va a modificar y qué color debe adoptar, utilizando valores RGB definidos con la función *Color()*. La segunda, *show()*, envía esa información acumulada hacia el módulo para que el cambio se refleje físicamente. El pin DI del módulo se conecta al pin 4 de la tarjeta ESP32. El anillo funciona con 5 V. Obsérvese el diagrama de conexión de la Figura 3, que es el que propiamente se utilizó en este proyecto.

```
1 #include <Adafruit_NeoPixel.h>
2
3 #define PIN_DI    4
4 #define NUM_LEDS 16
5 #define RETARDO   500
6
7 Adafruit_NeoPixel Anillo(NUM_LEDS, PIN_DI, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
8
9 void setup() {
10   Anillo.begin();
11   Anillo.clear();
12 }
13
14 void loop() {
15   Anillo.clear();
16
17   for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {
18     Anillo.setPixelColor(i, Anillo.Color(120, 120, 0)); // Amarillo moderado
19     Anillo.show();
20     delay(RETARDO);
21   }
22 }
```

Figura 2. Programa para el barrido secuencial implementado en Arduino IDE.

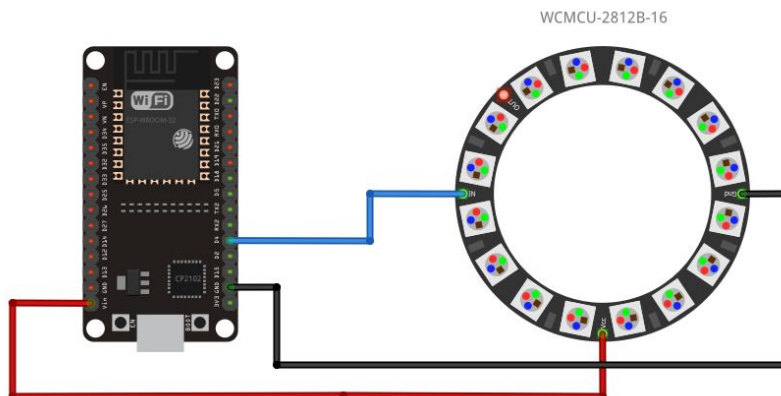


Figura 3. Diagrama de conexión entre la tarjeta ESP32 y el anillo WCMCU-2812B-16.

En la Figura 4 se muestra el barrido secuencial en funcionamiento sobre el anillo de LEDs.



Figura 4. Barrido secuencial en el módulo WCMCU-2812B-16.

3. Secuencia tipo semáforo

Para ilustrar una animación un poco más completa puede implementarse una secuencia tipo semáforo. Este ejemplo combina tres estados de color, tiempos de espera más largos y un parpadeo previo al cambio, lo que permite revisar cómo responde el anillo cuando se actualiza de forma uniforme. En la Figura 5 se muestra el programa correspondiente. La estructura se apoya en un par de funciones auxiliares: una aplica el color elegido a todos los LEDs y la otra genera un parpadeo del estado verde antes de pasar al estado ámbar. Con esto, la parte principal del programa sólo indica la secuencia verde – ámbar - rojo y el tiempo que debe permanecer cada fase, manteniendo el código fácil de ajustar a otras aplicaciones similares sin necesidad de cambios drásticos.

```
1 #include <Adafruit_NeoPixel.h>
2
3 #define PIN_DI 4
4 #define NUM_LEDS 16
5 #define RETARDO 2
6
7 Adafruit_NeoPixel Anillo(NUM_LEDS, PIN_DI, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
8
9 void setup() {
10   Anillo.begin();
11   Anillo.clear();
12 }
13
14 void loop() {
15   EncenderColor(0, 150, 0); // Verde
16   delay(15000);
17
18   ParpadeoVerde(9); // Aviso de transición
19
20   EncenderColor(150, 150, 0); // Ámbar
21   delay(3000);
22
23   EncenderColor(150, 0, 0); // Rojo
24   delay(15000);
25 }
26
27 void EncenderColor(int R, int G, int B) {
28   for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {
29     Anillo.setPixelColor(i, Anillo.Color(R, G, B));
30     Anillo.show();
31     delay(RETARDO);
32   }
33 }
34
35 void ParpadeoVerde(int veces) {
36   for (int k = 0; k < veces; k++) {
37     bool encendido = (k % 2 == 1);
38
39     for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {
40       if (encendido)
41         Anillo.setPixelColor(i, Anillo.Color(0, 150, 0));
42       else
43         Anillo.setPixelColor(i, Anillo.Color(0, 0, 0));
44
45       Anillo.show();
46       delay(RETARDO);
47     }
48
49     delay(300);
50   }
51 }
52
```

Figura 5. Programa para el semáforo.

El diagrama de conexión mostrado en la Figura 3 se mantiene para la programación del semáforo. La Figura 6 presenta el semáforo en funcionamiento.



Figura 6. Funcionamiento del semáforo diseñado.

4. Conclusiones

El uso del módulo WCMCU-2812B-16 permitió comprobar que los LEDs direccionables basados en WS2812B pueden integrarse sin mayor dificultad a una tarjeta ESP32 estándar, utilizando únicamente una línea de datos y una alimentación de 5 V. Las pruebas realizadas, el barrido secuencial y la secuencia tipo semáforo, muestran que este tipo de módulos responde bien a cambios de color, tiempos de espera y actualizaciones uniformes, lo que resulta suficiente para aplicaciones básicas de iluminación o señalización en prototipos portátiles.

Aunque para este trabajo se empleó un ESP32 en su versión convencional; existen variantes más compactas en peso y tamaño, como la tarjeta ESP32 MINI, por ejemplo, y otras plataformas similares orientadas a proyectos de bajo consumo o dispositivos vestibles. Estas opciones facilitan integrar el arreglo LED en superficies textiles o estructuras más limitadas en espacio, manteniendo el mismo principio de operación.

Como trabajo a futuro, este enfoque se ampliará para que las secuencias del anillo no dependan únicamente de patrones preprogramados, sino que respondan a alguna variable real, como el movimiento, la luz ambiente, la temperatura corporal u otra señal. También se analizará el consumo energético en configuraciones portátiles y la posibilidad de integrar el arreglo en e-textiles, de manera que estos indicadores visuales puedan incorporarse de forma directa en prendas o accesorios.

Referencias bibliográficas

Adafruit Industries. NeoPixel Ring – 16 x WS2812B 5050 RGB LED with Integrated Drivers. Disponible en: <https://www.adafruit.com/product/1463>.

Adafruit Industries. Adafruit NeoPixel Library (v1.10.6) – Github Repository. Disponible en: https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel.

Worldsemi. WS2812B Intelligent Control LED Datasheet. Disponible en: <http://www.world-semi.com>.

Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. Disponible en: <https://www.espressif.com>.

A. Alves, A. Santos, R. Morais and J. Mendes. 2020. "WS2812B RGB LED characterization for low-cost distributed sensing applications," IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT).

M. Chiu, K.-H., & Tsai, M.-C. 2017. "Design and implementation of programmable LED wearable display." IEEE International Conference on Applied System Innovation (ICASI).

Referencia del artículo

Herrera, S., Arriaga, R., Ochoa, A., Mejia, R., Ramírez, X. & Herrera, J. (enero – febrero, 2026). Control Embebido de LEDs RGB direccionables usando una tarjeta ESP32. *Boletín UPIITA año 19, (112) 2026.*
<https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/1103-cyt-numero-112/2471-control-embebido-de-leds-rgb-direccionables-usando-una-tarjeta-esp32>