

Parede LED de Baixo Custo para Estúdio Fotográfico: Controle PWM com ESP32 e Integração Alexa

Namem Rachid J. Neto¹, Carlos M. O. M. Silva¹, Henrique S. Cunha¹,
Ana Beatriz S. Amaral¹, Pedro F. B. Costa¹, Matheus T. Cunha¹,
Guilherme B. Souza¹, Eduardo Vinicius¹

¹ FabLab Maker – Departamento de Computação (DCOM) – Campus Cuiabá
Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) – Cuiabá – MT – Brasil

{c.miguel, namem.rachid, p.fernandes}@estudante.ifmt.edu.br

{schuindt.anabeatriz, henriquesevdacunha, mathiago,

guilherme.s.gs, eduardo.ciniciusac}@gmail.com

Abstract. Professional LED panels for photography studios can exceed R\$ 3,000.00, limiting access for small studios. This work presents a low-cost LED wall (1.80 m × 2.00 m) using LED strips on metallic reflective insulation sheets, controlled by an ESP32 via PWM through IRLZ44N MOSFETs, with manual adjustment via KY-040 rotary encoder and OLED display, and Amazon Alexa voice integration through the Espalexa library. Built at the IFMT FabLab Maker for approximately R\$ 516.00, the prototype achieved over 82 % cost reduction compared to commercial alternatives and has been in active use in a commercial studio.

Resumo. Painéis LED profissionais para estúdio fotográfico podem ultrapassar R\$ 3.000,00, limitando o acesso de pequenos estúdios. Este trabalho apresenta uma parede de iluminação LED de baixo custo (1,80 m × 2,00 m), construída com faixas de LED sobre lâminas de isolante térmico refletivo, controlada por um ESP32 via PWM por meio de transistores MOSFET IRLZ44N, com ajuste manual por encoder rotativo KY-040 e display OLED para visualização do estado, além de integração por voz com a Amazon Alexa via biblioteca Espalexa. Desenvolvido no FabLab Maker do IFMT por aproximadamente R\$ 516,00, o protótipo alcançou redução superior a 82 % em relação às alternativas comerciais e encontra-se em uso ativo em um estúdio fotográfico comercial.

1. Introdução

A iluminação é fator determinante para a qualidade de imagens em estúdios fotográficos, impactando temperatura de cor, uniformidade luminosa e controle criativo [Schubert 2006]. Faixas de LED consolidaram-se como alternativa eficiente às lâmpadas tradicionais, com maior vida útil e controle preciso de intensidade. Contudo, painéis LED profissionais são comercializados no mercado nacional por valores superiores a R\$ 3.000,00, tornando-os inacessíveis para fotógrafos autônomos e pequenos estúdios. Soluções baseadas em microcontroladores de baixo custo, combinadas a assistentes de voz, permitem construir equipamentos funcionais com fração desse custo [Amazon 2024]. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma parede de iluminação LED de baixo custo para estúdio fotográfico com

controle de intensidade via PWM pelo ESP32, ajuste manual por *encoder* rotativo com realimentação visual em *display* OLED, e integração à Amazon Alexa via biblioteca Espalexa [Schwinne 2020], operando em rede local sem dependência de nuvem.

2. Materiais e Métodos

O protótipo foi desenvolvido no FabLab Maker do IFMT *Campus* Cuiabá por cinco discentes do Departamento de Computação (DCOM). O *firmware* foi escrito em C/C++ na Arduino IDE (v2.x) com o *ESP32 Arduino Core*.

2.1. Componentes Utilizados

O Quadro 1 lista os componentes e custos.

Tabela 1. Componentes do protótipo e custos de referência

Componente	Qtd.	Custo (R\$)
ESP32 DevKit v1	1	45,00
Kit IRLZ44N – 10 unidades (2 usadas)	1 kt	14,00
Faixa de LED 12 V 4000 K (rolo 5 m)	6	270,00
Fonte automotiva 12 V 40 A	1	120,00
Lâminas de isolante térmico refletivo	2	35,00
<i>Encoder</i> rotativo KY-040	1	4,00
<i>Display</i> OLED 0,96" I2C	1	13,00
Cabos e conectores	–	15,00
Total		~516,00

Fonte: Autores (2025)

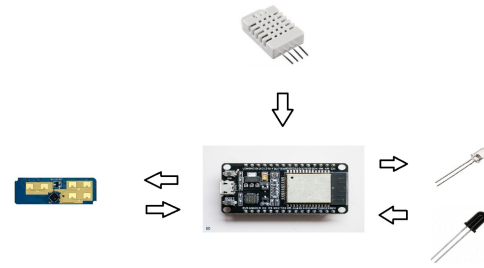
O **ESP32** integra Wi-Fi nativo e periférico LEDC para PWM de alta resolução [Espressif Systems 2023]; o **IRLZ44N** é um MOSFET canal N com *gate* de nível lógico, acionado pelos 3,3 V do ESP32, suportando até 47 A e 55 V [Vishay Siliconix 2019]. O *encoder* **KY-040** permite ajuste manual de brilho e o *display* **OLED 0,96"** exibe o percentual de intensidade em tempo real. As **lâminas de isolante refletivo** atuam como estrutura e superfície de reflexão, maximizando o aproveitamento luminoso sem custo adicional de difusores.

2.2. Construção da Estrutura

A parede (1,80 m × 2,00 m) é composta por duas lâminas de isolante refletivo fixadas verticalmente. As 20 faixas de LED (30 m no total) foram posicionadas horizontalmente em espaçamento uniforme com adesivo dupla face, favorecendo distribuição homogênea da luz. Os cabos são roteados até uma caixa de controle externa que abriga fonte, MOSFETs, ESP32, *encoder* e *display*. A Figura 1 exibe a parede montada, em operação e o diagrama do circuito.



(a) Parede montada e em operação.



(b) Diagrama do circuito de acionamento.

Figura 1. Protótipo: estrutura física (a) e circuito (b). Fonte: Autores (2025).

2.3. Firmware, Controle Manual e Integração Alexa

O periférico LEDC opera a 5 kHz para eliminar *flickering* em fotografias com altas velocidades de obturador. O sistema oferece duas interfaces de controle: (1) **manual**, via KY-040 – cada pulso ajusta o brilho em 5 %, com valor exibido no OLED; e (2) **por voz**, via Espalexa, que emula um dispositivo Philips Hue na rede local sem nuvem [Schwinne 2020]. O valor de brilho retornado (0–255) é mapeado ao ciclo de trabalho do PWM pela Equação 1, onde 8191 é a resolução máxima de 13 *bits* do LEDC. Cada MOSFET controla 10 faixas em paralelo, dividindo a corrente estimada de 15 A entre dois canais.

$$\text{duty} = \frac{\text{brightness}}{255} \times 8191 \quad (1)$$

3. Resultados e Discussão

O protótipo encontra-se em uso ativo em estúdio fotográfico comercial. O controle por voz mostrou-se responsivo em rede local com latência imperceptível, enquanto o *encoder* KY-040 conferiu agilidade nos ajustes manuais durante as sessões e o OLED

eliminou a necessidade de verificar o estado pelo aplicativo. As faixas de 4.000 K sobre a superfície refletiva produziram iluminação suave e homogênea, adequada para fotografia de retrato e produto. O custo total de aproximadamente R\$ 516,00 representa economia superior a 82 % em relação à solução comercial equivalente, comercializada por mais de R\$ 3.000,00; diferentemente da maioria dos painéis comerciais, o protótipo opera sem dependência de nuvem e oferece controle tanto por voz quanto por *encoder* físico. O vídeo demonstrativo está disponível em: <https://youtube.com/shorts/jLE3Z3OEFPM?si=88YM2pVPMYHQ6UFH>.

4. Considerações Finais

Este trabalho desenvolveu uma parede LED de baixo custo para estúdio fotográfico, integrando controle PWM via ESP32, ajuste manual por *encoder* com realimentação em OLED e integração à Alexa em rede local, totalizando R\$ 516,00 e redução superior a 82 % frente às alternativas comerciais. A principal dificuldade foi o dimensionamento do circuito de potência, resolvida pela divisão em dois canais MOSFET independentes. Como trabalhos futuros, pretende-se adicionar canal bicolor (3.000 K / 6.000 K), implementar painel *web* embarcado no ESP32 e integrar sensor de luminosidade para ajuste automático de intensidade.

Declaração de Uso de IA Generativa

Este trabalho utilizou a ferramenta Claude (Anthropic) como auxílio na estruturação e revisão textual. Todo o conteúdo técnico foi desenvolvido e fornecido pelos autores, que assumem total responsabilidade pelas informações apresentadas.

Referências

- Amazon (2024). Alexa Smart Home – Developer Documentation. Amazon Developer Portal. Disponível em: <https://developer.amazon.com/en-US/alexa/smart-home>. Acesso em: mar. 2025.
- Espressif Systems (2023). *ESP32 Series Datasheet*. Version 3.7. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf. Acesso em: mar. 2025.
- Schubert, E. F. (2006). *Light-Emitting Diodes*. Cambridge University Press, Cambridge, 2 edição.
- Schwinne, C. (2020). Espalexa: ESP8266/ESP32 Alexa Library. GitHub. Disponível em: <https://github.com/Aircoookie/Espalexa>. Acesso em: mar. 2025.
- Vishay Siliconix (2019). *IRLZ44N Power MOSFET Datasheet*. Disponível em: <https://www.vishay.com/docs/91371/irlz44n.pdf>. Acesso em: mar. 2025.