Relatório Técnico — Sensor de Cor GY-33 (TCS34725)

Ana Beatriz Barbosa Yoshida — RA: 245609 — `@beatrizbarbosay`
Julio Nunes Avelar — RA: 241163 — `@JN513`
Turma EA701 — 2025S2

11 de Novembro de 2025

Repositório: `https://github.com/JN513/sensor_tcs34725_yoshida_avelar`

1 Escopo e Objetivos

O presente experimento teve como objetivo desenvolver um sistema embarcado capaz de detectar e identificar cores utilizando o sensor óptico **GY-33 (TCS34725)** acoplado à placa **BitDogLab**. O projeto foi implementado em linguagem **C/C++** utilizando o **Pico SDK**, explorando os recursos de comunicação digital **I2C** e controle de brilho via **PWM por hardware** do microcontrolador **RP2040**.

Os principais objetivos técnicos foram:

- Implementar comunicação I2C com o sensor TCS34725;
- Calibrar e ler os canais de cor (`R`, `G`, `B` e `C`);
- Converter os valores normalizados para os formatos RGB (0–255) e HSV;
- Controlar o LED RGB da BitDogLab via PWM;
- Classificar a cor dominante de acordo com faixas de matiz (Hue);
- Reproduzir a cor detectada no LED RGB, garantindo coerência visual.

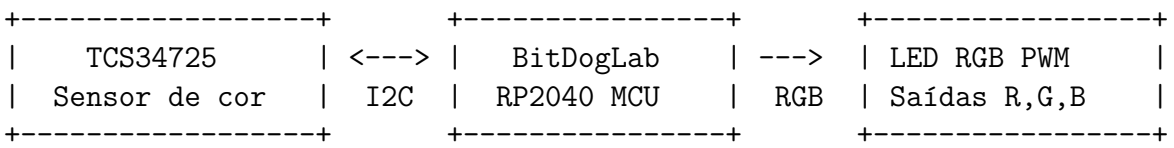
O sistema foi considerado funcional quando a cor reproduzida pelo LED correspondia à cor observada no objeto e a classificação textual coincidiu com o esperado.

2 Metodologia e Implementação

2.1 Arquitetura do Sistema

O sistema é composto por dois módulos principais:

1. **Sensor de cor (GY-33 / TCS34725)** — responsável pela leitura das intensidades de luz refletida nos canais vermelho, verde, azul e claro, comunicando-se com o microcontrolador via I2C.
2. **LED RGB da BitDogLab** — reproduz a cor detectada por meio de três canais PWM independentes (R, G e B).



2.2 Ligações Elétricas

Pino Sensor	GPIO BitDogLab	Função	Observação
VCC	3.3V	Alimentação	Compatível 3.3V–5V
GND	GND	Terra comum	—
SDA	GPIO0	I2C0 SDA	Dados
SCL	GPIO1	I2C0 SCL	Clock

O LED RGB integrado à BitDogLab utiliza os pinos:

$$\text{R} = \text{GPIO13}, \quad \text{G} = \text{GPIO11}, \quad \text{B} = \text{GPIO12}$$

Ajustes de brilho foram necessários para evitar mistura excessiva de branco.

2.3 Desenvolvimento de Software

O firmware foi desenvolvido utilizando o **Pico SDK v2.2.0**, com as seguintes bibliotecas:

- `hardware_i2c.h` — comunicação com o sensor;
- `hardware_pwm.h` — controle do LED RGB;
- `pico/stdlib.h` e `stdio.h` — depuração e temporização.

Fluxo lógico do programa:

1. Inicializa periféricos (UART, I2C e PWM);
2. Lê valores dos canais `R`, `G`, `B` e `C`;
3. Normaliza os dados com base no canal “clear”;
4. Converte os valores RGB para HSV;
5. Classifica a cor dominante de acordo com o matiz (Hue);
6. Atualiza o LED RGB via PWM;
7. Exibe no terminal a cor detectada e seu matiz.

2.4 Conversão RGB–¿HSV e Classificação de Cores

Foi implementado um algoritmo de conversão RGB–¿HSV para detecção perceptiva de cores. A classificação foi baseada em faixas de matiz (Hue):

Faixa de Hue (°)	**Cor Dominante**
0–15 ou >345	Vermelho
15–45	Laranja
45–70	Amarelo
70–160	Verde
160–200	Ciano
200–260	Azul
260–320	Roxo
320–345	Magenta

As faixas foram ajustadas empiricamente para melhorar a distinção entre tons intermediários.

2.5 Controle PWM do LED RGB

Cada canal foi configurado com frequência de 1 kHz e resolução de 16 bits. Os valores normalizados (0–255) são convertidos em *duty cycle* proporcional, invertido devido ao LED de ânodo comum. Foi realizada calibração manual para equilibrar o brilho entre canais.

3 Resultados e Análise

Os testes foram conduzidos sob iluminação branca ambiente. O sistema foi capaz de identificar e reproduzir as cores principais com boa correspondência entre leitura e exibição.

Cor Observada	**Hue (°)**	**Cor Detectada**	**RGB Reproduzido**
Garrafinha vermelha	∼5	Vermelho	(255, 0, 0)
Camisa verde	∼130	Verde	(0, 255, 0)
Camisa azul	∼230	Azul	(0, 0, 255)
Garrafinha amarela	∼55	Amarelo	(255, 255, 0)
Mesa branca	—	Branco/Cinza	(255, 255, 255)

Observações:

- Em tons claros, o LED tende ao branco ou cinza;
- A detecção de preto exigiu limiar mínimo no canal “clear”.

4 Dificuldades e Soluções

- **Brilho excessivo no LED RGB:** calibração de brilho para evitar saturação branca.
- **Limites imprecisos entre cores próximas:** ampliação das faixas de Hue.
- **Influência da iluminação ambiente:** padronização da luz de teste.
- **Sensibilidade desigual dos canais RGB:** compensação manual de ganho (redução no canal verde).

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

O projeto alcançou os objetivos propostos, demonstrando o funcionamento correto do sensor TCS34725 na detecção de cores. A integração entre leitura I2C, conversão HSV e controle PWM resultou em um sistema eficiente, didático e de boa responsividade.

Trabalhos futuros sugeridos:

- Implementar calibração automática com referência branca;
- Adicionar compensação de luminosidade ambiente (auto gain);
- Integrar exibição da cor detectada em display OLED;
- Expandir para reconhecimento de padrões multicoloridos;

6 Referências

- ams AG. *TCS34725 Color Light-to-Digital Converter with IR Filter — Datasheet.* Disponível em: `https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TCS34725.pdf`
- Raspberry Pi Foundation. *Pico SDK — C/C++ Development Guide.* Disponível em: `https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/`
- BitDogLab. *Documentação de Hardware — Mapeamento de GPIOs e periféricos.*
- Adafruit Industries. *TCS34725 Color Sensor Guide.* Disponível em: `https://learn.adafruit.com/adafruit-color-sensors`
- Repositório do projeto: `https://github.com/JN513/sensor_tcs34725_yoshida_avelar`