

MICROCONTROLADORES

PROJETO

Luminária com intensidade controlada em lux

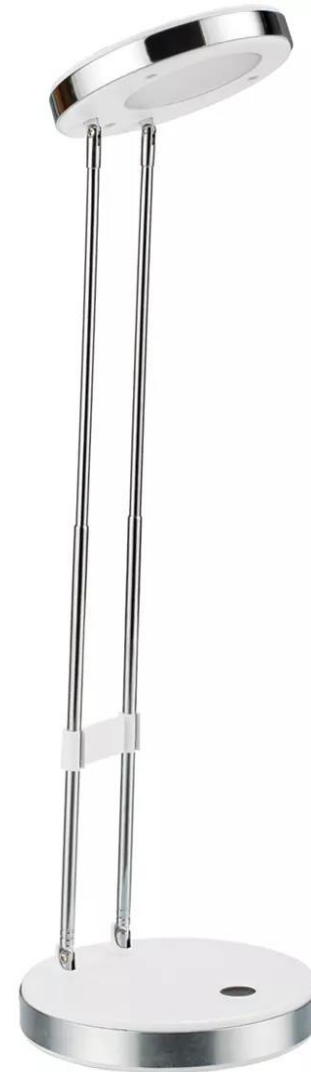
Marlon
Mateus

Tópicos

1. Proposta do Projeto
2. Materiais Utilizados
3. Diagrama do Projeto
4. Fototransistor
5. Resultados
6. Fluxograma & Implementação do código
7. Referências

Proposta do Projeto

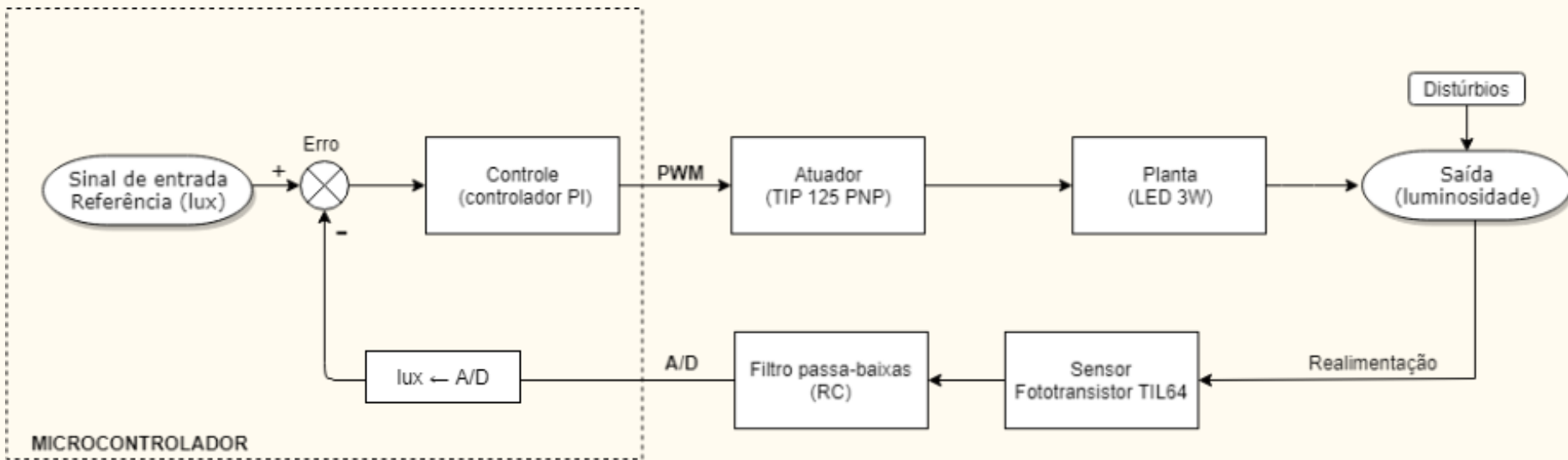
1. Construção de um sistema de iluminação controlado capaz de iluminar uma área de superfície, como uma mesa de estudos ou bancada de laboratório
2. Medir a luminosidade desse ambiente e realizar o processamento dessa grandeza física
3. Controlar a luminosidade de acordo com o valor (em lux) especificado pelo usuário



Materiais Utilizados

- Luminária extensível de mesa
- LED de 3 W como fonte de luz (especificado em 1000 lux para o projeto)
- Fototransistor TIL64 como sensor de luminosidade
- Microcontrolador MSP430G2553 da Texas Instruments
- Módulo de conversão A/D e PWM do microcontrolador
- Controlador digital do tipo PI (implementado em C)
- Atuador do LED (TIP125 PNP) com potência controlada por PWM
- Filtro RC
- Fonte de bancada
- Luxímetro para calibração do sistema

Diagrama do Projeto

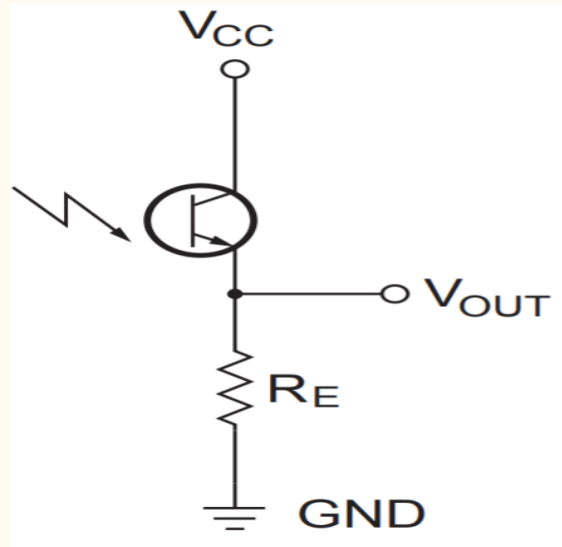
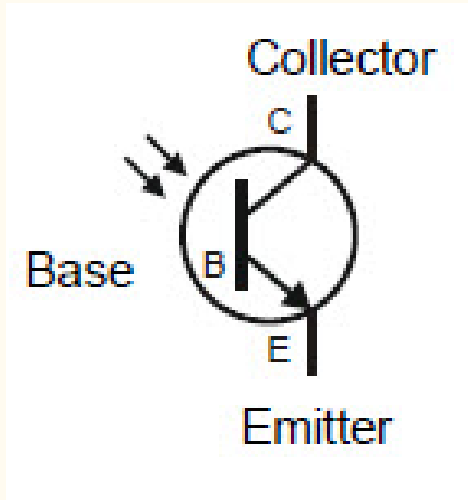


Para o usuário visualizar a luminosidade em **lux**, realizam-se testes com o luxímetro e tensões amostradas pelo A/D, variando a intensidade da luz emitida pela luminária. Dessa forma, se obtém uma equação de reta aproximada por linearização para ser implementada no firmware para a conversão das grandezas físicas:

$$\text{lux} = \kappa \cdot A/D$$

5

Fototransistor



- Apresenta maiores correntes que fotodiodos e resposta praticamente instantânea
- Relativamente mais baratos que circuitos integrados sensores de luz
- Fornecem nível de tensão que fotoresistores não são capazes de fornecer

[AGARWAL].

Para o cálculo do resistor R_E , foi utilizada a equação:
$$R_E = \frac{V_{CC} - (0,3 V)}{I_L}$$

Sendo V_{CC} a tensão entre GND e o coletor, I_L a corrente no coletor e 0,3 V a tensão V_{CE} de saturação do fototransistor. Desta forma, em V_{out} , o sinal é filtrado para então ocorrer a leitura no conversor A/D.

Resultados

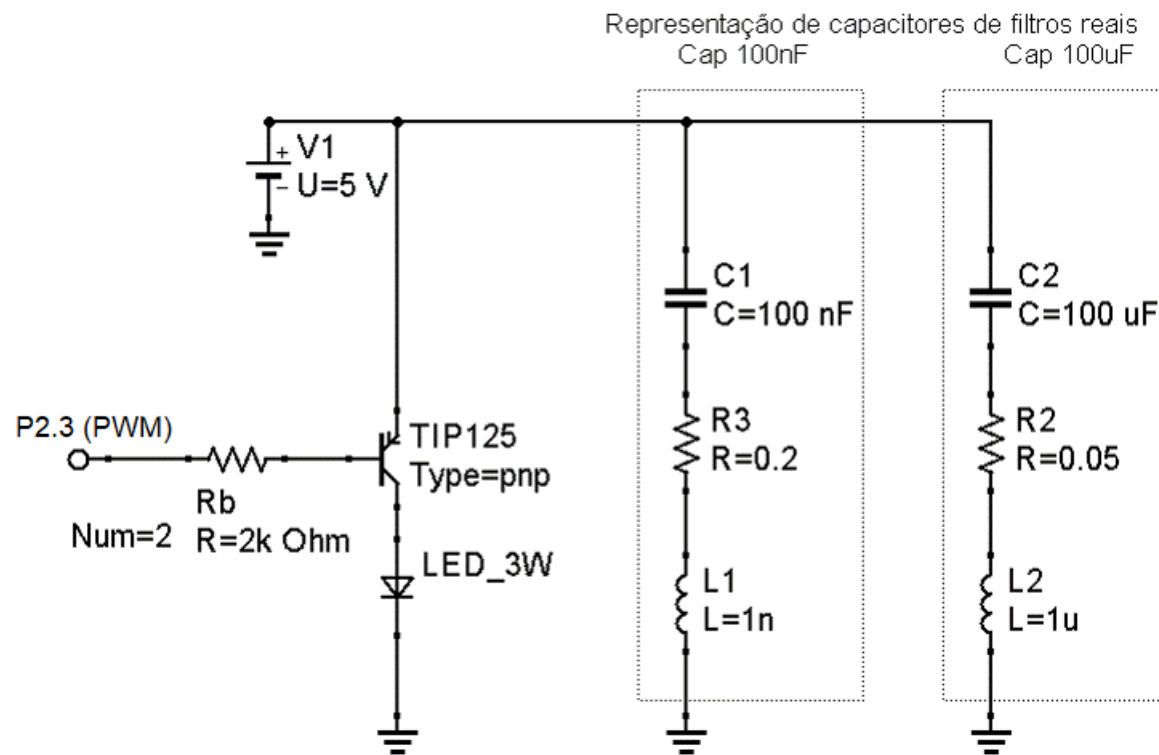
Variando-se a corrente fornecida ao LED em 5[V] DC pela fonte de bancada, obteve 1900 [lx] como fluxo luminoso máximo ao atingir na base do fototransistor produzindo uma corrente de circuito $I_L=0.39$ [mA]. Sendo assim, considerando 0,3[V] a queda de tensão do fototransistor e utilizando a Lei de Ohm:

$$V = R_E \cdot I_L \Rightarrow R_E = (3.6 - 0.3) / 0.39 \text{mA} \therefore R_E \approx 8 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

De acordo com o valor acima, utilizou-se um resistor $\frac{1}{4}$ [W] de valor comercial 8 [k Ω] $\pm 10\%$.



Figura: gráfico obtido pelas amostras *Lux* vs *A/D*



Foram utilizados capacitores de 100 [nF] e 100 [uF] em paralelo com alimentação e próximos do transistor para atenuar os ruídos gerados na rede de alimentação nos instantes de transição de chaveamento.

Figura: circuito de condicionamento do atuador com tratamento de ruídos

Foi projetado o filtro passa-baixa passivo de primeira ordem para atenuar ruídos da rede elétrica e integrar o sinal do circuito de aquisição representado na figura abaixo.

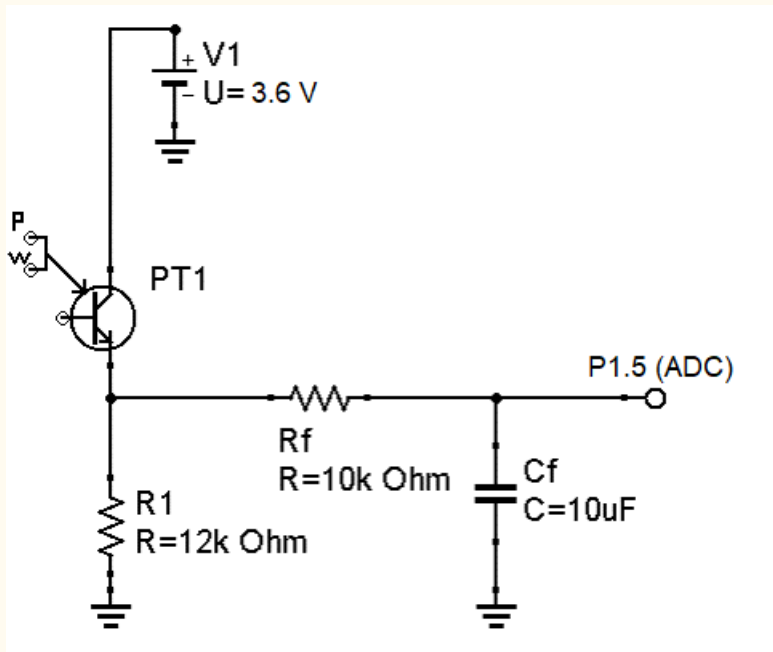


Figura: circuito de aquisição com filtragem para tratamento de ruídos

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_f \cdot C_f}$$

Fazendo $R_f=(10+12)$ [kΩ] e $C_f=10$ [μF], temos uma frequência de corte de aproximadamente 1,38 Hz. Sendo um filtro de 1ª ordem (-20dB/déc), a atenuação em 60 Hz será de, aproximadamente, 38,4 dB.

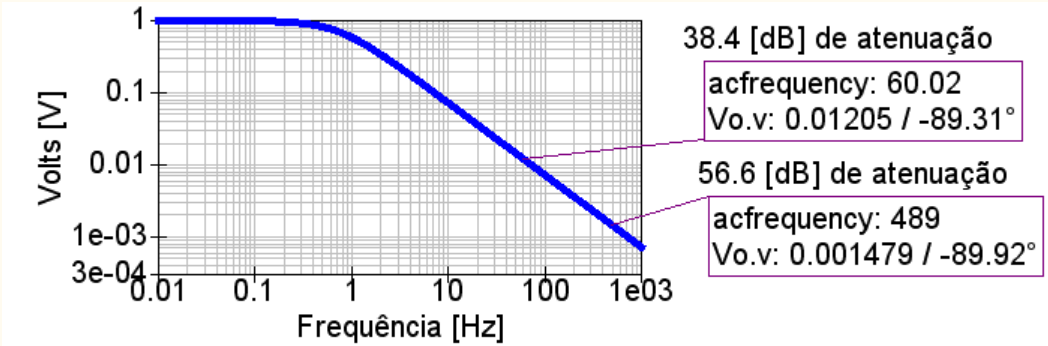


Figura: gráfico da resposta em frequência do filtro passa-baixas dimensionado

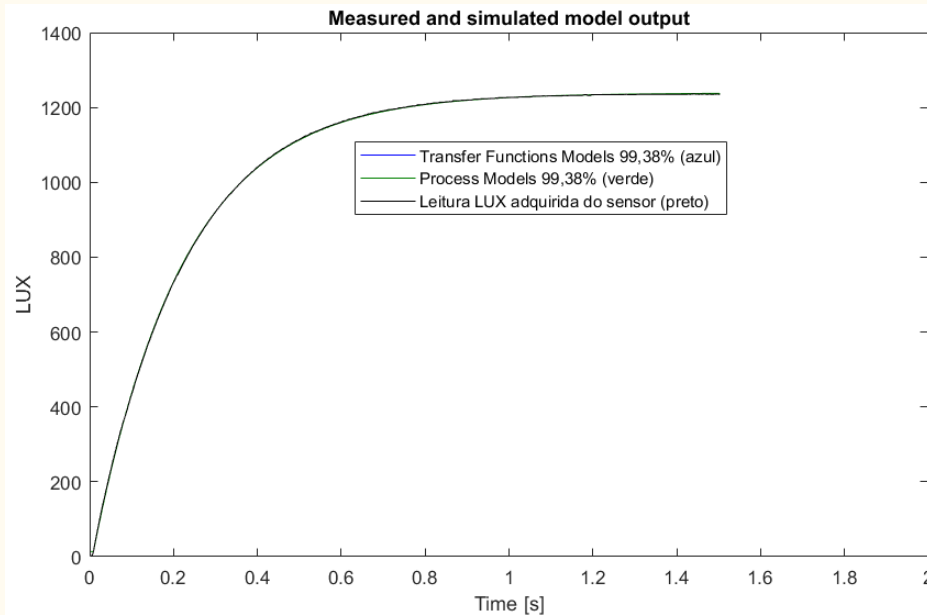


Figura 16: curva simulada obtida pelo *Process Models*, curva experimental LUX e curva obtida *Transfer Functions Models*

$$LUX(s) = \frac{4,8578}{0,21544s + 1}$$

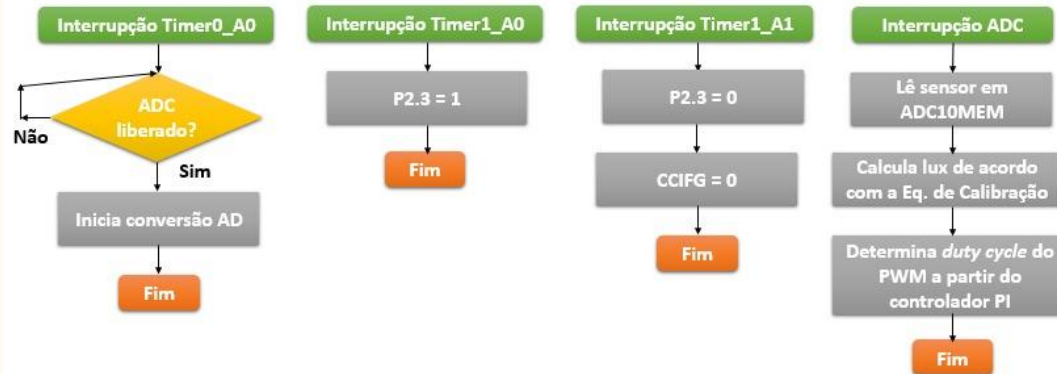
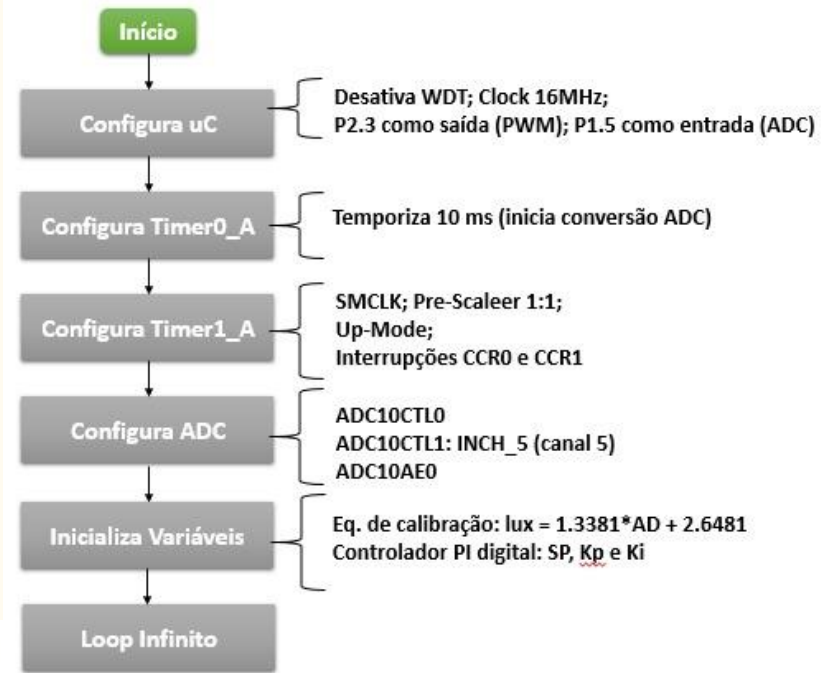
Sendo um sistema de 1ª ordem, o controlador do tipo PI é normalmente utilizado. Os coeficientes do controlador podem ser encontrados:

$$K_p \cong 4,1173$$

$$K_i \cong 0,1147$$

Ao implementar em código, foi feito um ajuste fino dos valores dos coeficientes para melhor desempenho do sistema, definindo $K_P=4$ e $K_i=0,17018$.

Fluxograma & Implementação do Código



Referências

- [1] AGARWAL, Tarun. TYPES OF PHOTODETECTORS. Disponível em:
<<https://www.elprocus.com/phototransistor-basics-and-advantages/>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- [2] BALBINOT, A. BRUSAMARELLO, V.J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas: 2. ed. Editora LTC, 2011.