

# CONTROLE MICROPROCESSADO DE POTÊNCIA DE LÂMPADA INCANDESCENTE COM ENTRADA DE SETPOINT VIA TECLADO EXTERNO

Adriana Monteiro Oliveira Britto<sup>1</sup>, Claussen Pires da Cruz Brito<sup>2</sup>, Cristiano André Santos de Jesus<sup>3</sup>, Elcimar Rocha<sup>4</sup>, Lucas Galvão<sup>5</sup>, Marco Rios<sup>6</sup>, Mario Pinheiro<sup>7</sup>, Pedro Ribeiro<sup>8</sup>, Rafael Santos<sup>9</sup>, Vagner Souza<sup>10</sup>, Vinicius Almeida<sup>11</sup>.

Area1 Faculdade de Ciência e Tecnologia – Curso de Engenharia Elétrica

## ÁREA1 - FTE – FACULDADE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

### GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**Resumo:** O objetivo deste artigo é apresentar o projeto de um sistema de controle de potência para uma lâmpada incandescente de 6 volts corrente contínua (vcc) através de um circuito eletrônico gradador PWM. O sistema é composto basicamente de um teclado numérico para ajuste da luminosidade, um circuito controlador, um conversor DC/DC, e fonte de alimentação.

**Palavras-chave:** Controle de Potência, Circuito Gradador PWM, Chopper.

**Abstract:** The objective of the article is to present the project of a system of potency control for an incandescent lamp of 6 volts current continues (vcc) through a circuit electronic gradador PWM. The system is composed basically of a number pad for adjustment of the brightness, a controlling

circuit, a converter DC/DC, and feeding source.

**Word-key:** Control of Potency, Circuito Gradador PWM, Chopper.

#### 1. Introdução

O controle de iluminação serve para controlar a intensidade com que uma lâmpada incandescente ilumina, o que é muito útil porque permite adequar a luz de um ambiente para cada cenário, proporcionando conforto, bem estar e economia. Em tempos de economia de energia elétrica, ter uma iluminação eficiente com o consumo necessário é um desafio que muitos engenheiros estão encontrando no seu dia-a-dia. Neste projeto apresentamos um controlador de iluminação usando um microcontrolador da série PIC16 (16F877A).

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: monteiro\_adriana@hotmail.com

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: cpcbrito@gmail.com

<sup>3</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: cristianoasj@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: elcimar\_ba@hotmail.com

<sup>5</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: lucasmelogalvao@hotmail.com

<sup>6</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: marco\_rios@bol.com.br

<sup>7</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: mariop@oi.com.br

<sup>8</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: eng.pedroribeiro@hotmail.com

<sup>9</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: rafaelasantos.1986@hotmail.com

<sup>10</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: vsousaee@hotmail.com

<sup>11</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – email: vca\_87@hotmail.com

<sup>12</sup> Professor Orientador, Coordenador Depto de Mecatrônica Área1 – Fanor – e-mail: lsilva@area1.edu.br

## 2. OBJETIVO

Este artigo apresenta o escopo do projeto de um sistema eletrônico para controle da intensidade luminosa de uma lâmpada incandescente, por meio da interface com um teclado. Em razão das funções de controle definidas por software, pode-se controlar a potência elétrica, de forma contínua, obtendo-se vários níveis de luminosidade em contraste aos habituais estados de ligado/desligado. É importante ressaltar que o projeto foi concebido com a intenção de programar um protótipo de cunho acadêmico de um controlador digital.

## 3. SISTEMA PROPOSTO

Propomos neste artigo, um controlador de iluminação que é totalmente programável, para controlar a taxa de luminosidade da lâmpada incandescente. O circuito possui um display que exibe o percentual de luminosidade que está sendo empregado.

Segue abaixo as principais características do sistema:

- Teclado numérico para ajuste do nível de luminosidade da lâmpada;
- Luminosidade exibida em display com escala de 0 a 100%, 0 para apagada e 100% para maior intensidade;
- Programação do nível em que a lâmpada irá acender. Dado gravado na EEPROM do PIC;
- Cérebro PIC16F877A;
- Lâmpada incandescente.

Como cérebro utilizamos o PIC 16F877A, que tem as seguintes características que nos interessam:

- Memória de Programa de 8 KB;
- Memória RAM de 368 bytes;

- EEPROM de 256 bytes;
- 8 Canais analógicos de 10 bits cada.

A Figura 1 representa o circuito eletrônico completo do projeto:

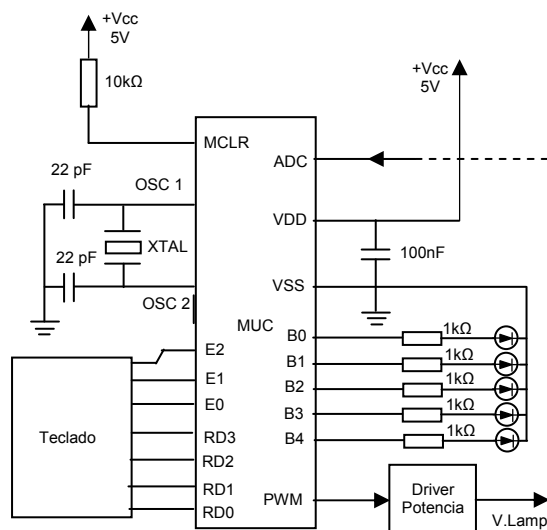


Figura 1: Esquema do circuito completo do sistema de controle de luminosidade.

Ao analisar o circuito eletrônico completo, percebe-se que este é formado pelos seguintes módulos: circuito de controle com saída PWM (Modulação por Largura de Pulso); circuito conversor DC/DC e sistema de alimentação, os quais estão descritos a seguir.

### 3.1 CIRCUITO DE CONTROLE COM SAÍDA PWM

Como a proposta prevê o controle via teclado numérico para acionamento dos níveis de luminosidade da lâmpada incandescente. O sinal para aumentar a intensidade da luminosidade da lâmpada será colocado na porta E0 e o sinal para diminuir a intensidade da luminosidade será colocado na porta E1 do MC que por sua vez obedecendo a uma lógica de programação que dará uma resposta de saída em PWM com modulação proporcional ao comando que foi imputado. Este sinal será injetado na entrada do conversor DC/DC (chopper) o

qual proporcionará um controle de potencia da carga (lâmpada incandescente) tendo como efeito à variação da sua luminosidade. Para fechar a malha de controle, o sinal que alimenta a carga realimentará o MC através da sua porta ADC (Conversor Analógico Digital).

Para um melhor entendimento do funcionamento do PWM, está é uma técnica de modulação para obtenção de resultados analógicos com meios digitais.

O controle digital é usado para criar uma onda quadrada de um sinal alternado entre ligado e desligado. Este modelo on-off pode simular tensões entre 100% (5 Volts) e 0% (0 Volts), alterando a parte do tempo do sinal gasto em relação ao período que o sinal possui. A duração relativa do "tempo" é chamada de largura de pulso. Para obter diferentes valores analógicos, muda-se, ou modula-se a largura de pulso. Se for repetir esse modelo on-off rápido o suficiente sobre uma carga, por exemplo, o resultado é integrativo, como se o sinal fosse uma tensão variando entre 0 e 5v controlando a potencia na carga. Essa tensão constante equivale à tensão média do sinal ao longo do tempo. Para uma onda quadrada com o "duty cycle" de 50%. A largura do pulso no nível 1 é igual a do nível 0. Isso significa que, se a amplitude do sinal é 5V, a saída será a tensão média em todo ciclo, que é 2.5V. É como ter uma tensão constante de 2.5V e para um "duty cycle" de 10% teria uma tensão média de 0.5V.

Na figura 2, as linhas verdes representam um período de tempo regular. Esta duração ou período é o inverso da frequência PWM. Considerando uma frequência PWM em cerca de 500Hz, as linhas verdes estarão representando um período de 2 milisegundos. Pode-se observar também na figura a variação da largura dos pulsos entre 0 e 100% da duração do período.

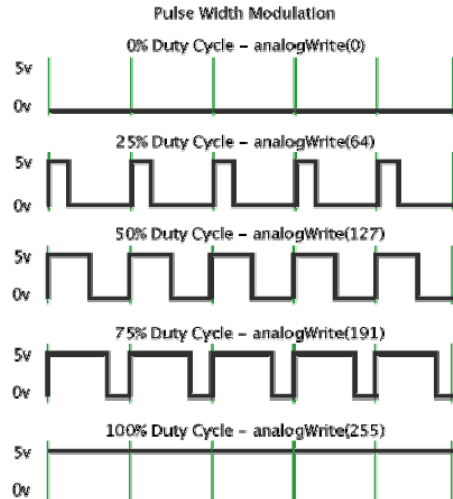


Figura 2: Gráfico representativo de sistema PWM.

### 3.2 ACIONAMENTO DA CARGA ATRAVÉS DE UM CIRCUITO CONVERSOR DC/DC

Esta etapa é um conversor DC/CC conhecido como Chopper usado para obter uma tensão DC variável a partir de uma fonte de tensão DC constante cujo valor médio de tensão de saída varia quando se altera a proporção do tempo no qual a saída permanece ligada à entrada.

O principio de funcionamento é baseado em uma chave ligada em série com uma fonte DC e a carga. A chave pode ser um transistor de potencia tipo TBJ (transistores bipolares de junção), um MOSFET (transistor de efeito de campo metal-oxido-semicondutor), um SCR (retificador controlado de silício) ou um transistor GTO (tiristores de desligamento por porta).

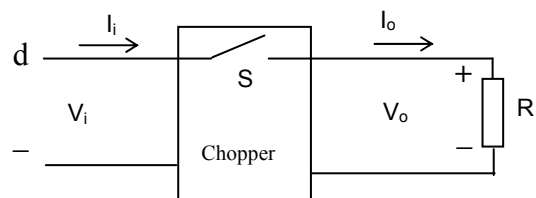


Figura 3: Chopper básico.

O referido circuito é acionado através de pulsos (PWM) injetados na base de um transistor tipo TBJ em configuração Darlington, cujo disparo ou condução

ocorre durante o tempo de nível alto do pulso. Sendo assim o TBJ conduzindo (lâmpada alimentada) e TBJ cortado (lâmpada desligada), de tal forma que a medida que variamos a largura do pulso alto variamos o tempo de condução do TBJ fornecendo mais ou menos energia para lâmpada, variando assim, a intensidade luminosa da mesma.

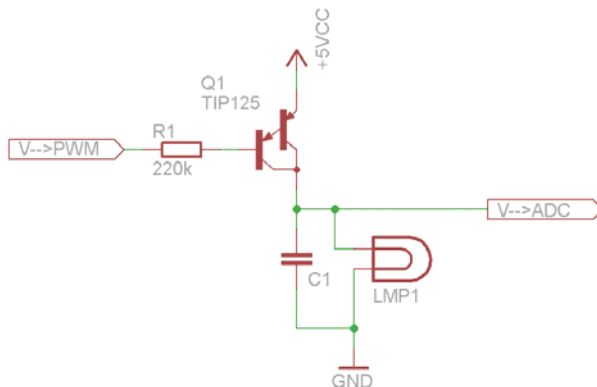


Figura 4: Circuito Conversor DC/CC.

### 3.3 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

Para este módulo foi escolhida uma fonte chaveada de desktop por apresentar as características de alimentação requeridas pelo sistema proposto: ter entrada de tensão alternada de 127 V (rede comercial), ser estabilizada e regulada, ter disponibilidade de potência suficiente e saída de tensão de 5 Vcc correspondente a tensão de operação do circuito do sistema de controle proposto no projeto.

A regulação do sistema funciona transformando a tensão de entrada não regulada em uma tensão de saída regulada. Os reguladores de tensão podem ser implementados com componentes discretos ou podem ser obtidos na forma de circuitos integrados (CI). Este último são, geralmente mais precisos, e tornam o circuito mais compacto por ocuparem menos espaço.

O alimentador será aplicado na entrada do circuito e será regulado pelo sinal de controle do teclado numérico. Quanto mais for incrementado o sinal,

mais corrente passará para o circuito, desta forma alimentando o microcontrolador, de maneira a gerar o sinal PWM na saída do mesmo.

### 3.4 SOFTWARE UTILIZADO

O Programa para controle do nível de luminosidade da lâmpada incandescente pode ser desenvolvido na linguagem Basic (MikroElektronika), baseado na versão 7.2 do compilador MikroBasic ou linguagem programação C. É importante ressaltar que o código fonte do programa será bem documentado, assim qualquer um pode compreender seu funcionamento. Após a lógica de programação pronta, devemos então gravar todos os dados na EEPROM do microcontrolador.

## 4. MODELAGEM MATEMATICA

Para avaliar o comportamento do circuito analógico mostrado na figura 5, composto basicamente de um capacitor e um resistor (lâmpada incandescente) se faz necessário fazer uma modelagem matemática do sistema físico para que seja obtida a equação de transferência e, de posse desta utilizar a ferramenta MATLAB, obtendo-se a constante K para controle do sistema.

Considerando que  $I^1 = I^2 + I^3$ :

$I^1$  = Corrente Inicial

$I^2 = C(dv/dt) = C (dx(t)/dt)$

Considerando tensão inicial como  $x(t)$ :

$I^3 = V/R = x(t)/R$

Logo,

$I(t) = I_c + I_r$

$I(t) = \{C dx(t)/dt\} + \{x(t)/R\} = \{RC dx(t)/dt\} + \{x(t)\}$

Aplicando Laplace:

$I(s) = R C s x(s) + x(s)$

$$x(s)/i(s) = 1 / (R C s + 1)$$

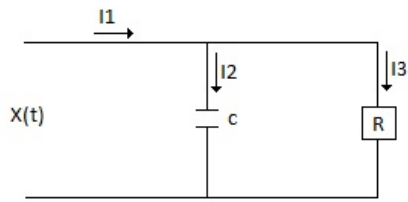


Figura 5: Modelagem do circuito.

Com a utilização do Matlab podemos ver na figura abaixo a resposta ao degrau do circuito modelado.

Através de medições foi possível encontrar o valor de  $12,5\Omega$  para a resistência do circuito.

Como a tensão de entrada do do mesmo é de 5V, podemos definir então:

$$f = 5\text{kHz} \rightarrow T = 1/f \rightarrow T = 0,2 \text{ ms}$$

Logo,

$$e^{[RT/C]} = 5V \rightarrow C = 15,54 \text{ mF}$$

Portanto, a função de transferência do circuito é dada por:

$$Y(s) = 1 / (0,194s + 1)$$

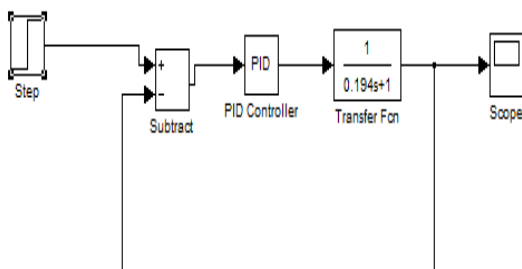


Figura 6: Diagrama de Blocos do Circuito.

Para a resposta ao degrau temos a seguinte expressão:

$$Y(s) = 1 / s(0,194s+1)$$

Com isso temos a seguinte saída em degrau:

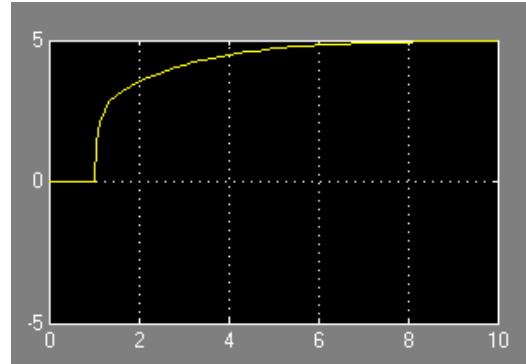


Figura 7: Gráfico da Resposta ao Degrau

## 5. CONCLUSÃO

Foi apresentado neste artigo o conjunto de módulos, os quais compõem um sistema para o controle da luminosidade de lâmpadas incandescentes via teclado numérico. Tivemos a oportunidade de montar um aparelho útil usando um microcontrolador, que serve como referência para projetos maiores.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 6022**: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 5 p.

AHMED, Asfaq. *Eletrônica de Potência*. 2001. 1 ed. São Paulo: Ed. Pearson Brasil, 2000.

HIRZEL, Timothy. **PWM**. Disponível em: < <http://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM> >. Acesso em: 4 abr. 2010.

Portal Saber Eletrônica. **Controlador de iluminação automatizado com PIC16F877A**. Disponível em: < <http://www.sabereletronica.com.br/secoes/liteira/1465> >. Acesso em: 5 abr. 2010.

Portal Eficiência Energética. **Controle de Potência com Dispositivos Eletrônicos**. Disponível em: < <http://www.webeficienciaenergetica.kit.net/controldepotencia> >. Acesso em: 5 abr. 2010.