



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



ESTRATÉGIA DE DIMMING PELO INTERRUPTOR PARA DRIVER DE LEDS COM ALTO FATOR DE POTÊNCIA E TENSÃO DE ENTRADA UNIVERSAL

Carlos C. Conrad

Acadêmico do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Maria
caceconrad@gmail.com

Renan Duarte

Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria
renan.duarte@gedre.ufsm.br

Marco A. Dalla Costa

Professor do Departamento de Processamento de Energia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria
marcodc@gedre.ufsm.br

Resumo. Este trabalho apresenta o projeto e implementação de um driver para lâmpadas LED tubulares baseado no conversor Flyback de estágio único, com alto fator de potência e step-dimming diretamente através do interruptor. O algoritmo de dimerização do conversor garante 2 níveis de potência (normal e dimerizado) constantes na carga LED e conserva a qualidade de energia requerida pela norma internacional para equipamentos eletrônicos IEC 61000-3-2, que limita a amplitude das harmônicas de corrente emitidas na rede. O microcontrolador utilizado é da família MSP430, da Texas Instruments. Nos testes com carga nominal, o protótipo apresentou um fator de potência de 0,994 e THD de 5,83%, com uma eficiência de 85% quando em 90 V, e os valores de 0,84 e 9,01% para 240 V, com um rendimento de 76,7%.

Palavras-chave: Driver de LED, Conversor Flyback, Step-dimming.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia presente nos Diodos Emissores de Luz (LEDs) tem sido amplamente difundida e utilizada. Dentre suas aplicações, encontram-se o uso para iluminação pública, luzes de trânsito, faróis de carros, lanternas e iluminação residencial [1]. Além disso, sua eficácia luminosa também tem aumentado, alcançando valores maiores até do que aqueles de lâmpadas de sódio de alta pressão e de iodetos metálicos [2]-[4]. Sua substituição em detrimento de tecnologias mais antiquadas está sendo extremamente positiva, uma vez que o LED possui inúmeras vantagens, em comparação às tecnologias citadas, como maior vida útil, menor tamanho, economia de energia, resposta rápida e menor impacto ambiental [5], [6].

Entretanto, o acionamento das lâmpadas de LED não pode ser realizado sem a utilização de um circuito de *driver*, pois é necessária uma garantia de corrente de saída constante para evitar cintilação na luz.

Entre os circuitos de *driver* mais comuns na indústria, encontram-se os conversores *Buck*, *Buck-Boost*, *Flyback*, *SEPIC* e outros [7].

Nesse contexto, o trabalho propõe um circuito de *driver* para lâmpadas LED tubulares de 22 W agregando a funcionalidade de *step-dimming* (dimerização “por passo” – que é a possibilidade de mudar o nível de iluminação proveniente da lâmpada) através somente do interruptor convencional da instalação elétrica.

2. TOPOLOGIA SUGERIDA

Devido ao baixo custo, e também pela facilidade em corrigir o fator de potência, optou-se pela utilização de um conversor *Flyback* de estágio único. O conversor (não-isolado, nesta aplicação, para simplificar os circuitos auxiliares) possui entrada universal (90-240 V) e opera em modo de condução descontínua. O esquemático do conversor, juntamente com o controlador e o filtro de entrada, pode ser visualizado na Fig. 1.

3. CONTROLE E *STEP-DIMMING*

A principal dificuldade em implementar o *dimming*, ou variação da intensidade luminosa, em *drivers* de LEDs é a necessidade de agregar periféricos na instalação elétrica, como TRIACs [8]. Outra possibilidade é a de implementar uma estratégia de comunicação com o *driver*, de modo a enviar o comando de dimerização, através de protocolos do tipo DALI ou então

via Wi-Fi ou Bluetooth [9]-[11].

A estratégia de *step-dimming* difere das anteriores por não necessitar nenhuma modificação na instalação elétrica. Ela depende do *driver* exposto detectar quando o usuário desliga e liga o interruptor em um tempo determinado e entender esta ação como um comando de dimerização. Esse raciocínio, no entanto, só é possível pela presença do circuito visto na Fig. 2.

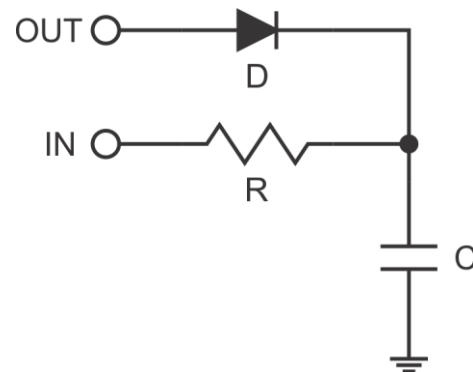


Fig. 2. Circuito auxiliar para *dimming*

O circuito da Fig. 2 tem a função de armazenar, baseado na energia do capacitor, um valor binário que é interpretado pelo microcontrolador como sendo a condição para executar o próximo passo de dimerização. Ou seja, se a energia do capacitor for suficientemente grande quando o interruptor for novamente acionado, o microcontrolador saberá que a lâmpada esteve recentemente ligada, e passará à leitura da memória *flash* que contém o estado anterior da medida de iluminação. Essa lógica permite, através do armazenamento na memória *flash* do último

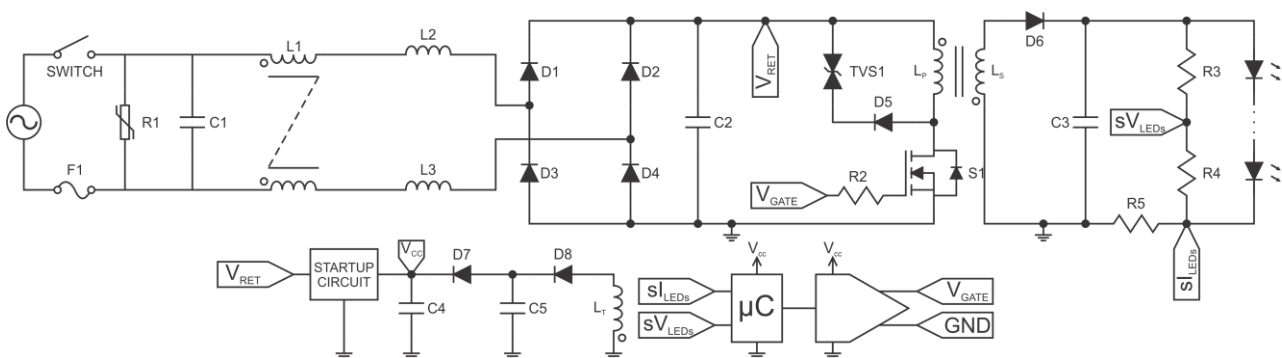


Fig. 1. Esquemático do circuito

estado de nível de luminosidade, uma quantidade n de níveis de dimerização, onde n é o espaço da memória do controlador alocado para tal função.

Para simplificar, na Fig. 3 é apresentado um fluxograma do algoritmo descrito nos parágrafos anteriores.

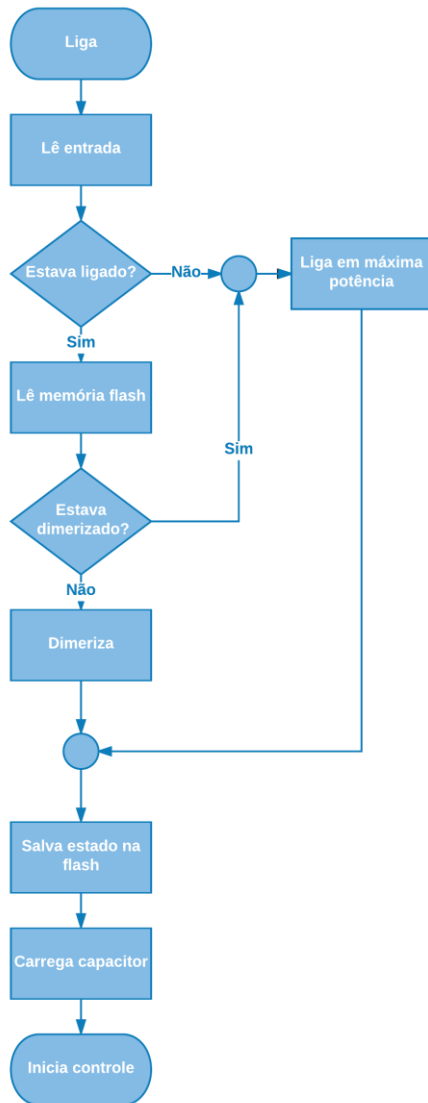


Fig. 3. Fluxograma de funcionamento do *dimming*

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

No Quadro 1 estão contidos os resultados obtidos para o teste de Fator de Potência e THD do conversor, para os níveis de tensão em potência nominal e dimerizado, mínimo e máximo, respectivamente.

Quadro 1. Resultados de FP e THD

	90 V		240 V	
	Nom	Dim	Nom	Dim
FP	0,994	0,97	0,84	0,287
THD	5,83%	5,44%	9,01%	32,2%

No Quadro 2, por vez, são exibidas a potência de entrada/saída e o rendimento para os níveis de tensão em potência nominal e dimerizado, mínimo e máximo, respectivamente.

Quadro 2. Potência de entrada/saída e rendimento

	90 V		240 V	
	Nom	Dim	Nom	Dim
P_{IN}	22,56	11,08	22,78	11,27
P_{OUT}	19,23	9,37	17,47	4,8
η	85,24%	84,57%	76,7%	42,6%

Como se pode observar, obteve-se um rendimento de 85%, quando operando em 90 V. Além disso, o *driver* é aprovado na norma internacional IEC 61000-3-2, que limita a amplitude das harmônicas de corrente injetadas na rede.

O processo de dimerização da lâmpada, com 2 níveis, pode ser acompanhado na Fig. 4, na qual é mostrada uma aquisição em um intervalo de tempo de 10 segundos, em que a lâmpada é ligada em potência nominal, dimerizada, ligada novamente e mais uma vez dimerizada.

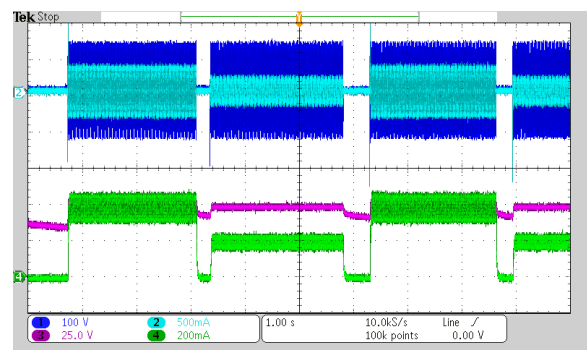


Fig 4. Amostra do funcionamento da dimerização

Na Fig. 4, são mostradas as formas de onda da tensão de entrada (em azul,

100V/div) e corrente de entrada (ciano, 500mA/div) na parte superior da imagem, enquanto são mostradas a tensão de saída (rosa, 25V/div) e corrente de saída (verde, 200mA/div) abaixo.

5. CONCLUSÃO

A dimerização por passo proposta tem robustez proporcional à resolução do microcontrolador empregado.

Também, apesar de apresentar um baixo rendimento, em consequência da natureza do conversor escolhido, é notável destacar que a proposta se mostra econômica e prática, pois não necessita de mudança na instalação elétrica da construção e gera um impacto significativo na economia de energia, caracterizando assim um bom investimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UFSM pela estrutura e a Eletro Zagonel LTDA pelo suporte durante a realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- [1] X. Xie *et al.*, “A Novel Output Current Estimation and Regulation Circuit for Primary Side Controlled High Power Factor Single-Stage Flyback LED Driver,” *IEEE Trans. Power Electronics*, vol. 27, no. 11, Nov. 2012, pp. 4602-4612.
- [2] M.-H. Chang, D. Das, P. V. Varde, and M. Pecht, “Light emitting diodes reliability review,” *Microelectron. Rel.*, vol. 52, no. 5, pp. 762–782, Mai. 2012.
- [3] M. Cole and T. Driscoll, “The lighting revolution: If we were experts before, we’re novices now,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 50, no. 2, pp. 1509–1520, Mar./Abr. 2014.
- [4] M. Cole, H. Clayton, and K. Martin, “Solid state lighting: The new normal in

lighting,” in *Proc. 2014 IEEE Petroleum Chem. Ind. Conf.-Brasil*, Ag. 2014, pp. 194–202.

- [5] X. Qu, S.C. Wong and C.K. Tse, “Color control system for RGB LED light sources using junction temperature measurement,” in *The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Nov. 2007, Taipei, Taiwan, pp. 1788-1798.
- [6] J.P.M.G. Linnartz *et al.*, “Communications and Sensing of Illumination Contributions in a Power LED Lighting System,” in *Proc. IEEE ICC*, 2008, pp. 5396-5400.
- [7] A. Shrivastava, B. Singh and S. Pal, “A Novel Wall-Switched Step-Dimming Concept in LED Lighting Systems using PFC Zeta Converter,” *IEEE Trans. Ind. Electronics*, vol. 62, no. 10, Out. 2015, pp. 6272-6283.
- [8] S.W. Tsai *et al.*, “Control IC for TRIAC Dimming LED Driver with Quasi-Resonant Flyback Converter,” in *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition*, 2016, pp. 1-8.
- [9] T.J. Liang, J.F. Huang and P.K. Yadav, “Design and Implementation of Dimmable LED Control Circuit with DALI Protocol,” in *IEEE International Conference on Power and Energy*, 2016, pp. 121-126.
- [10] Y.E. Wu and K.C. Huang, “Smart Household Environment Illumination Dimming and Control,” *Journal of Display Technology*, vol.11, no. 12, Dez. 2015, pp. 997-1004.
- [11] S.A. Mahajan and S.D. Markande, “Design of Intelligent System for Indoor Lighting,” in *International Conference on Computing Communication Control and automation*, 2016, pp. 1-4.