

DRIVER PARA LEDs DE ALTO BRILHO APLICADOS A UMA LÂMPADA TUBULAR

Vitor C. Bender¹, Mateus Schonardie², Maurício de Campos²

Departamento de Tecnologia - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI
Caixa Postal 560 – 98700-000 – Ijuí – RS
{vitor.bender, mateus.schonardie, campos}@unijui.edu.br

Resumo. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um *driver* para alimentação de LEDs (*light emitting diodes*) de alto brilho aplicados à uma lâmpada em formato tubular. O projeto baseia-se em um conversor *Buck*, escolhido por apresentar tensão de saída inferior a tensão de entrada, simplicidade e baixo custo do circuito, além de apresentar baixa ondulação na tensão de saída. Este conversor será responsável por alimentar uma carga composta por LEDs conectados em série, de forma que a corrente em todos os dispositivos seja a mesma, proporcionando brilho uniforme. São apresentados resultados de simulação validando a idéia proposta. Como proposta de trabalho futuro é apresentado o projeto da lâmpada e as suas vantagens, destacando-se a utilização das mesmas instalações requeridas por uma lâmpada fluorescente tubular.

Palavras-chave: Diodos emissores de luz, LEDs, Lâmpada Tubular, Conversor *Buck*.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a iluminação artificial de interiores está baseada em lâmpadas incandescentes e de descarga. Porém é contínuo o empenho em desenvolver lâmpadas mais eficientes e que proporcionem maior conforto visual. Os LEDs se tornaram a forma de iluminação mais promissora na atualidade, contemplando os requisitos citados anteriormente.

Os LEDs surgiram comercialmente por volta do ano de 1960. A primeira utilização dos LEDs foi como sinalizadores por apresentarem intensidades luminosas muito baixas (CERVI, 2005).

Porém com o desenvolvimento das técnicas de fabricação, são inúmeros os atributos que os LEDs possuem e, entre eles, está o fato da variação de cores, formas, tamanhos e potências, inclusive sendo utilizados para iluminação, devido à comprovação de uma eficácia

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

luminosa de 110 lumens/Watts (PHILIPS, 2009), somados a longa vida útil apresentada em comparação às lâmpadas fluorescentes.

Porém esses dispositivos não podem ser ligados diretamente a rede elétrica, portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de um circuito capaz de fornecer os níveis adequados de tensão e corrente para que os LEDs funcionem de forma satisfatória.

O objetivo deste trabalho é apresentar um sistema de iluminação que não provoque grandes mudanças nas instalações e luminárias já existentes. Dessa forma, é apresentado um sistema de iluminação que substitui as lâmpadas fluorescentes tubulares do tipo T12, por lâmpadas que utilizam LEDs alimentados através de um conversor *Buck*. O sistema utiliza a mesma luminária, pois a lâmpada proposta possui as mesmas dimensões que as lâmpadas fluorescentes já difundidas no mercado.

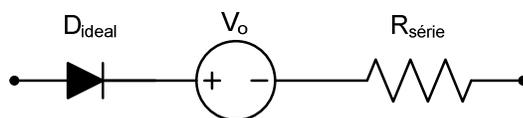
2. CARACTERÍSTICAS DOS LEDs

Os LEDs assemelham-se aos diodos tradicionais de junção P e N, permitindo a passagem da corrente elétrica em apenas um sentido e quando polarizados diretamente tem a capacidade de emitir luz, as tensões de condução dos LEDs de alto brilho variam entre 2,5V e 4V (PINTO, 2008).

A intensidade luminosa de um LED é diretamente proporcional a corrente de polarização do dispositivo, portanto, a variação da corrente implica na variação da luminosidade do LED.

A propagação de corrente, a partir dos contatos elétricos, é responsável por parte das perdas no LED. A camada P não possui uma alta condutividade elétrica, o que ocasiona um espriamento da corrente e gera perdas ôhmicas. Isso é diretamente refletido no modelo elétrico do LED, apresentado na Figura 1, com uma contribuição para o aparecimento de uma resistência em série intrínseca no modelo (SÁ JUNIOR, 2010).

Figura 1. Modelo elétrico simplificado do LED.



O fluxo luminoso de um LED é dirigido apenas para uma direção, diferentemente das lâmpadas convencionais que irradiam o fluxo para todas as direções fazendo com que grande

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

parte do fluxo luminoso seja perdido. Isso faz com que a eficácia luminosa dos LEDs seja superior a outras lâmpadas como apresentado na Tabela 1. Os diodos emissores de luz são bastante confiáveis, pois são resistentes a grandes variações de temperatura, a qual pode variar de -20°C até 120°C e são robustos suportando vibrações do ambiente aumentando a sua vida útil em comparação com outros tipos de lâmpadas (OLIVEIRA, 2007) como mostrado na Tabela 2.

Tabela 1 - Eficiência luminosa de diferentes tipos de lâmpadas.

<i>Tipo de Lâmpada</i>	<i>Eficácia Luminosa (lm/W)</i>
Incandescente	10 - 15
Halógenas	15 - 25
Mista	20 - 35
Vapor de Mercúrio	45 - 55
Fluorescente Tubular	55 - 75
Fluorescente Compacta	50 - 80
Vapor Metálico	65 - 90
Vapor de Sódio	80 - 140
LEDs	40 - 130

Fonte: (PINTO, 2008)

Tabela 2 - Comparativo da vida média de alguns tipos de lâmpadas.

<i>Tipo de Lâmpada</i>	<i>Vida Média (horas)</i>
LEDs ¹	100000
Vapor de Sódio ²	24000
Fluorescente Trifósforo T5	16000
Vapor Metálico	15000
Mercúrio	15000
Mista	10000
Fluorescente Compacta	8000
Halógena	2000
Incandescente	1000

Fonte: (PINTO, 2008);¹ (COOK, 2000);² (MARCHESAN, 2007)

Atualmente o fator que limita o emprego dos diodos emissores de luz é o custo elevado, comparado com outras fontes luminosas. No entanto, as pesquisas têm avançado e já existem dispositivos em que foi eliminada a safira, cristal que possui custo elevado, a safira será substituída pelo silício, material que apresenta baixo custo (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2008). Dessa forma a perspectiva futura é que os LEDs tenham custo mais reduzido ampliando as suas aplicações.

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

3. CONEXÃO E PROTEÇÃO DOS LEDs

Atualmente a luminosidade de um LED ainda é limitada para substituir uma lâmpada diretamente, de forma que eles necessitam ser ligados em grupos para produzir a iluminância desejada. As conexões dos LEDs podem ser de três tipos: conexão série, conexão paralela e conexão série-paralela. Neste projeto optou-se por conectar os LEDs em série, dessa maneira eles estão sujeitos a mesma corrente. Como a luminosidade do LED é diretamente proporcional a corrente de polarização direta, a conexão em série apresenta a vantagem de manter o mesmo brilho em todos os LEDs. Além disso, a tensão resultante é maior comparada com as outras formas de conexão, uma característica desejável evitando que o conversor tenha uma tensão de saída muito reduzida.

Porém, os LEDs estão sujeitos a falhas, que podem configurar-se em curto circuito ou circuito aberto, a formação de um curto circuito não apresenta maiores problemas, pois todos os LEDs continuarão funcionando exceto o que está em curto. Porém no momento que um LED formar um circuito aberto, esse passa a comprometer o funcionamento do restante do circuito, desligando os demais dispositivos.

Para evitar esse problema optou-se por utilizar a idéia proposta por Pinto (2008), utilizando DIACs (*Diode for Alternating Current*) em paralelo com um grupo de LEDs. No caso de falha de um dispositivo formando um circuito aberto, a tensão do conversor é aplicada aos terminais do DIAC em paralelo com o grupo de LEDs onde ocorreu a falha. Quando a tensão de disparo do DIAC é alcançada, ele conduz mantendo o caminho para a corrente alimentar os demais grupos de LEDs.

4. CONVERSOR PROPOSTO

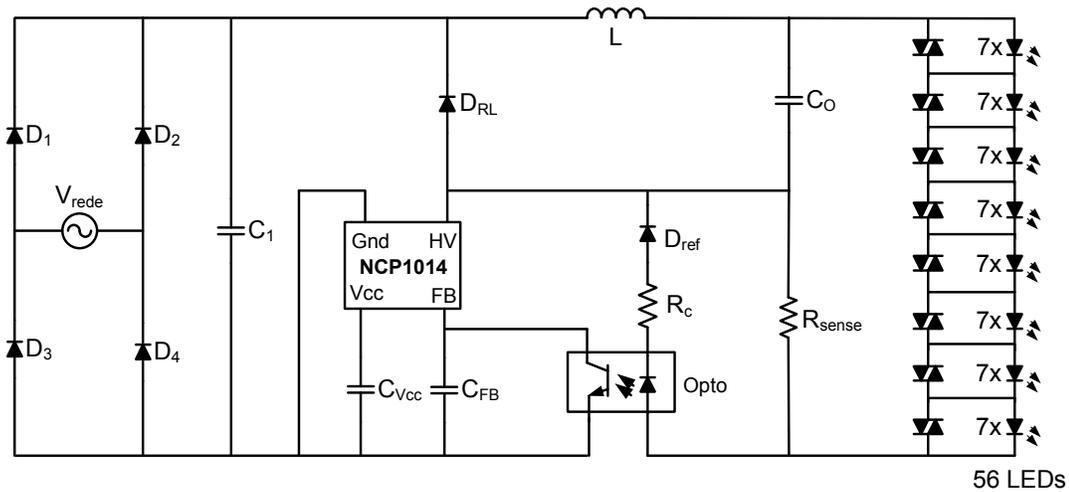
Neste projeto optou-se por utilizar o conversor *Buck*, por apresentar em sua saída uma tensão menor que a tensão de entrada, simplicidade e baixo custo do circuito, além de apresentar baixa ondulação na tensão de saída.

O conversor proposto é mostrado na Figura 2 e possui uma tensão de entrada de $220V_{\text{eficaz}}$ e tensão de saída de 187V em corrente contínua para alimentar 56 LEDs de alto brilho, os quais serão percorridos por uma corrente de 30mA.

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Figura 2. Conversor proposto.



A tensão de entrada é retificada pelos diodos D1-D4 e filtrada pelo capacitor C1, o CI (circuito integrado) NCP1014 da On Semiconductor[®] é o responsável pela comutação do conversor e pelo controle da corrente nos LEDs através de um terminal de realimentação (FB).

Este CI opera em alta frequência (100kHz) o que evita o ruído audível, além de ter baixo consumo, custo e tamanho reduzidos e necessita apenas de um capacitor C_{Vcc} responsável pela alimentação do CI.

No momento em que a chave está conduzindo a energia passa do terminal HV para o terminal Gnd da chave carregando o indutor L e o capacitor C_O além de alimentar a carga. Nesse momento do diodo D_{RL} encontra-se inversamente polarizado.

Quando a chave é aberta, a fonte pára de fornecer energia, o diodo D_{RL} é diretamente polarizado e a carga é alimentada com a energia armazenada no indutor formando uma roda livre com o diodo.

Dessa forma o conversor Buck opera em modo de condução descontínua (MCD). Isso é necessário, devido a uma característica do CI, o qual necessita de uma corrente de pico que seja de pelo menos 25% da corrente máxima admitida por ele. Caso o pico de corrente não seja atingido o CI entra em modo de espera e começa a comutar em baixa frequência, produzindo um ruído audível, o que é indesejável.

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Para que o conversor opere em MCD a corrente média (I_L) deve ser inferior a sua ondulação de corrente (ΔI_L) (ERICKSON, 2001), pela equação 1 define-se qual o valor do indutor.

$$L = \frac{E_{in_{min}} - E_{out}}{I_{pico}} * \frac{D_{max}}{f_s} \quad (1)$$

Onde:

E_{out} : tensão de saída;

$E_{in_{min}}$: tensão mínima de entrada do conversor;

D_{max} : razão cíclica máxima;

f_s : frequência de comutação da chave.

Foi encontrado o valor de 2mH para o indutor. Para a corrente de pico no interruptor foi encontrado o valor de 237mA estando dentro dos parâmetros estipulados pelo fabricante evitando que o CI entre em estado de espera..

O capacitor C_o tem a função de limitar a ondulação da tensão na carga, e é calculado pela equação 2, adotando-se um valor para ΔV de 500mV. O valor de C_o encontrado foi de 2,2 μ F.

$$C_o = \frac{E_{out} * (1 - D_{max})}{8 * \Delta V * L * f_s^2} \quad (2)$$

Onde:

E_{out} : tensão de saída;

D_{max} : razão cíclica máxima;

ΔV : oscilação na tensão de saída;

L : valor da indutância;

f_s : frequência de comutação da chave.

Foi especificado um valor máximo para a razão cíclica de 50%, de forma que não ocorra interferência subharmônica. Por outro lado a razão cíclica mínima acontece quando a tensão de entrada é máxima e a tensão de saída é mínima.

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

O controle da corrente nos LEDs é feito através de um resistor (R_{sense}) ligado em série com os LEDs. No instante em que a tensão sobre esse resistor varia por consequência da variação de sua corrente, o CI NCP 1014 altera a sua razão cíclica de forma a manter a tensão aplicada sobre o R_{sense} igual a de referência. O valor do resistor R_{sense} é dado pela equação 3:

$$R_{sense} = \frac{V_{opto+V_{Dref}}}{I_{LEDs}} \quad (3)$$

Onde:

R_{sense} : valor do resistor para controle da corrente;

V_{opto} : tensão de polarização do LED interno do optoacoplador;

V_{Dref} : tensão do diodo de referencia;

I_{LEDs} : corrente nos LEDs.

O resistor escolhido foi de 82Ω , valor reduzido para não interferir na eficiência do circuito.

5. RESULTADOS DE SIMULAÇÕES

A seguir são apresentados os resultados parciais de simulação para o conversor proposto.

Figura 3. Tensão no interruptor NCP1014.



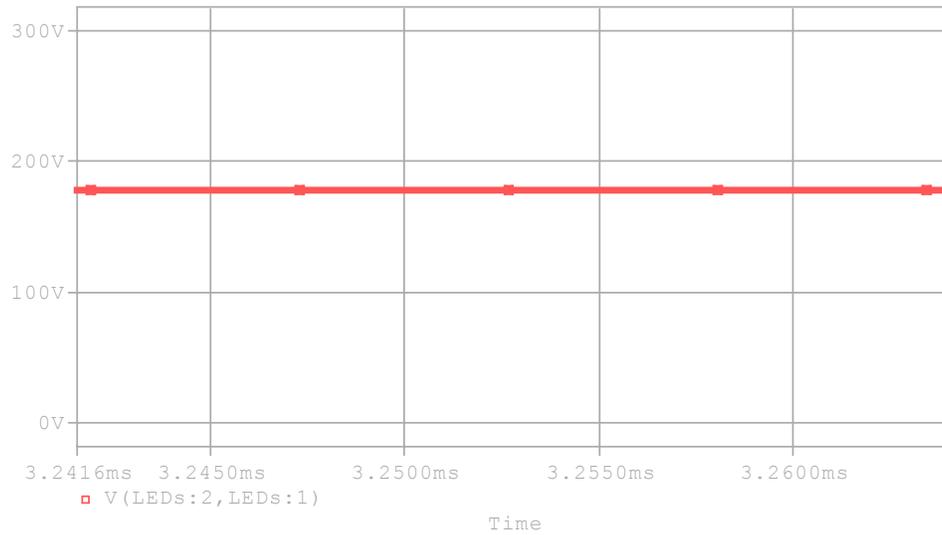
¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Figura 4. Corrente no interruptor NCP1014.



Figura 5. Tensão nos LEDs.



¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Figura 6. Corrente nos LEDs.

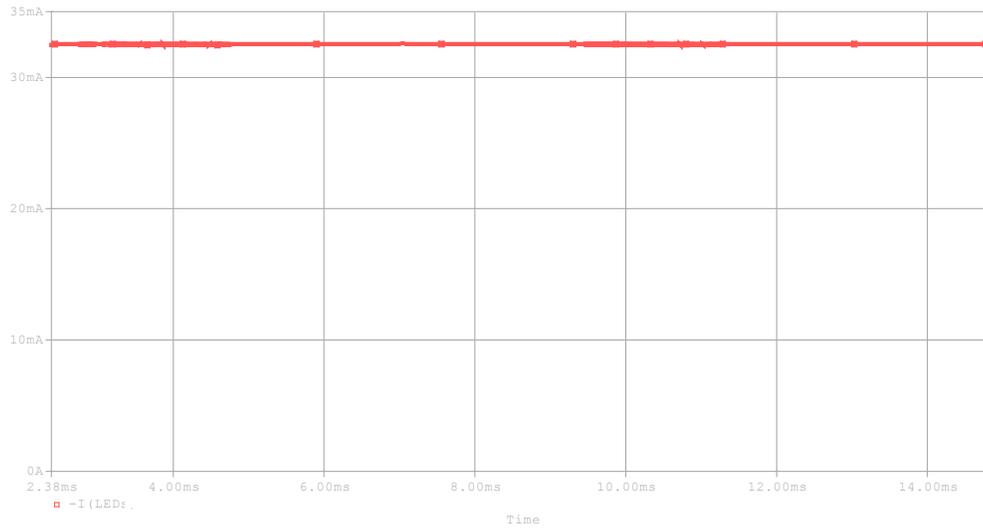
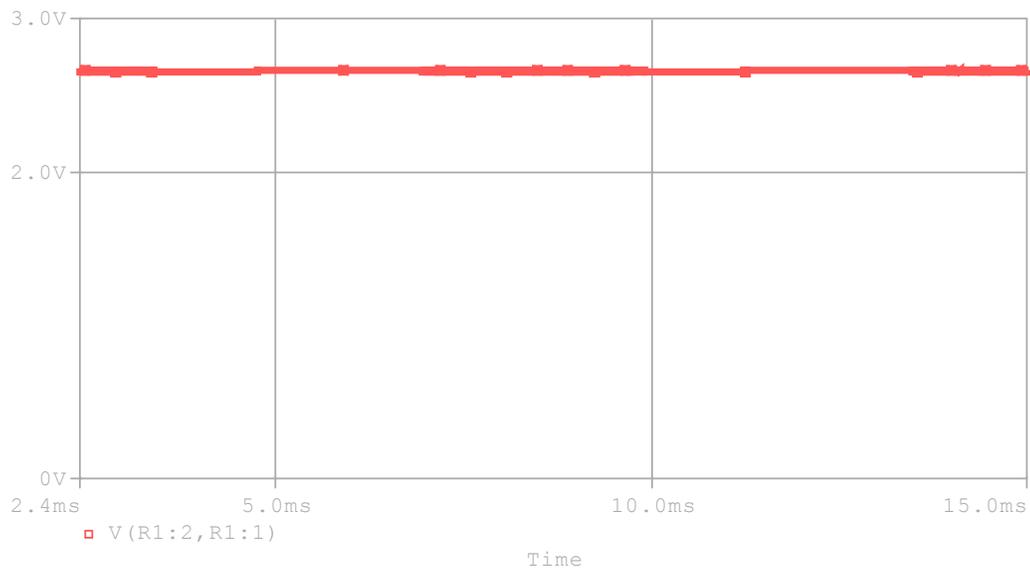


Figura 7. Tensão sobre o R_{sense} .



Os resultados foram aproximados daqueles atingidos nos cálculos de projeto, apresentando resultados satisfatórios e comprovando a viabilidade do projeto.

6. TRABALHO FUTUROS

Este projeto está em fase de testes, porém o projeto completo consiste na implementação prática desse circuito.

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

A lâmpada que será desenvolvida apresenta formato tubular com 1200mm de comprimento e 33mm de diâmetro, com soquetes G13, as mesmas dimensões de uma lâmpada fluorescente do tipo T12.

Esta lâmpada será composta por um conjunto de 112 LEDs, alimentados por dois conversores *Buck*. Como a vida útil dos LEDs é elevada, aproximadamente 100.000 horas, é provável que o conversor apresente defeito antes dos LEDs, dessa forma como existem dois conversores, no momento que um deles apresentar defeito, o outro continuará em funcionamento evitando com que toda a lâmpada se apague.

O projeto é atrativo, pois com ele pode-se utilizar as mesmas luminárias já utilizadas pelas lâmpadas fluorescentes tubulares, inclusive o mesmo soquete. Evitando grandes mudanças nas instalações elétricas existentes, e substituindo as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LEDs que são mais eficiente.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou o projeto de um conversor *Buck*, o circuito é simples e de baixo custo e permite a alimentação de 56 LEDs de alto brilho conectados em série.

As simulações feitas até o momento comprovaram os cálculos do projeto, de forma que a idéia proposta é viável para a implementação.

Os trabalhos futuros estão baseados na implementação prática de dois conversores *Buck* em conjunto, alimentando um total de 112 LEDs em uma lâmpada que possui as mesmas dimensões que uma lâmpada fluorescente T12.

BIBLIOGRAFIA

1. CERVI, M. **rede de iluminação semicondutora para aplicação automotiva**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 92. 2005.
2. COOK, B. **New developments and future trends in high - efficiency lighting**. [S.l.]: Engineering Science and education journal, 2000.
3. ERICKSON, R. W. **Fundamentals of Power Electronics**. 2. ed. New York: Kluwer Academic Publishers, 2001. 773 p.

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

4. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Inovação Tecnológica. **LEDs mais baratos:** eliminado componente mais caro em sua fabricação, 2008. Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 31 Março 2010.
5. MARCHESAN, T. B. **Integração de Conversores Estáticos Aplicados a Sistemas de Iluminação Pública**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 196. 2007.
6. OLIVEIRA, A. A. M. D. **Sistema de iluminação ditribuida utilizando LEDs acioandos por dois conversores Fly-back integrados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 92. 2007.
7. PHILIPS. LED na iluminação geral. [S.l.]: [s.n.], 2009.
8. PINTO, R. A. **Projeto e Implementação de Lâmpadas para Iluminação de Interiores empregando diodos emissores de luz (LEDS)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 129. 2008.
9. SÁ JUNIOR, E. M. **Estudo de estruturas de reatores eletrônicos para LEDs de iluminação**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 185. 2010.

¹ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

² Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica