

## NOVAS TOPOLOGIAS DE CONVERSORES CC-CC MEIA-PONTE MEIA-ONDA PARA ILUMINAÇÃO DE ESTADO SÓLIDO

ALAN FERNANDO COELHO GARCIA<sup>1\*</sup>; ZITO PALHANO DA FONSECA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de Iniciação Científica Fundação Araucária, UEPG, Ponta Grossa-PR, alanfeg@hotmail.com;

<sup>2</sup>Ms. em Engenharia Elétrica, Prof., UEPG, Ponta Grossa-PR, zpfonseca@uepg.com;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho apresenta quatro novas topologias de conversores CC-CC para iluminação de estado sólido, apresentando a análise matemática de uma topologia e o resultado simulado, e cita os resultados simulados obtidos para as quatro topologias propostas e a relação de valores teóricos entre os componentes das topologias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conversores CC-CC, LEDs de potência, iluminação de estado sólido.

### NOVEL HALF-WAVE HALF-BRIDGE DC-DC CONVERTERS TOPOLOGIES FOR SOLID STATE LIGHTING

**ABSTRACT:** This work is about four new topologies of DC-DC converters for solid-state lighting, presenting a mathematical analysis of a topology and the simulated result, and the simulated results obtained for the four topologies proposed and the theoretical values among the components of the topologies.

**KEYWORDS:** DC-DC converters, power LEDs, solid-state lighting.

## INTRODUÇÃO

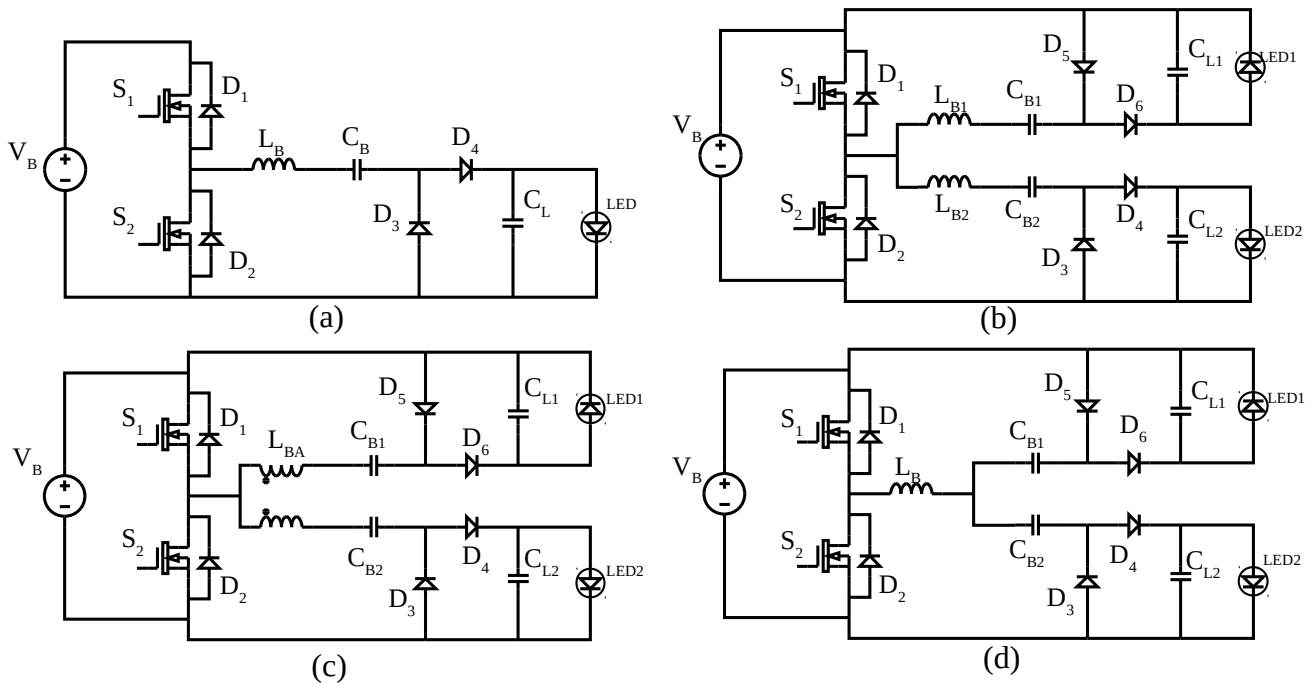
Dentre as diversas formas de fornecer energia a um LED de potência de forma a atingir satisfatoriamente suas condições operacionais, como reguladores lineares, conversores estáticos e conversores chaveados, os conversores chaveados destacam-se em relação aos demais (Fonseca, 2014). Tais conversores possibilitam a implementação de conversores de estágio único, onde a correção do fator de potência e a inversão são realizadas num único estágio, sendo estes de menor número de componentes que conversores de duplo estágio (Fonseca, 2014).

Os conversores de estágio único podem ser divididos em duas componentes de análise, sendo a primeira componente responsável pela correção do fator de potência, e a segunda componente sendo um conversor CC-CC responsável pela conversão da tensão de barramento na tensão necessária na saída (Postiglione, 2011).

Portanto, o desenvolvimento de novas topologias para conversores CC-CC visa diminuir o número de componentes, e manter elevadas a eficiência energética, e a vida útil do conversor.

As quatro topologias propostas neste artigo são apresentadas na figura 1.

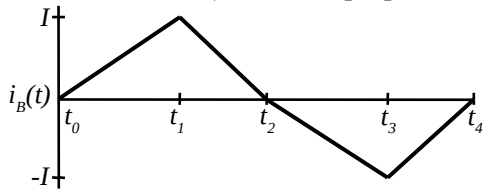
Figura 1. Topologias propostas: (a) Conversor CC-CC Meia-Ponte Meia-Onda, (b) Conversor CC-CC Meia-Ponte Meia-Onda Saída Balanceada, (c) Conversor CC-CC Meia-Ponte Meia-Onda Indutor Acoplado, (d) Conversor CC-CC Meia-Ponte Meia-Onda Indutor Único. Fonte: Autoria própria.



### ANÁLISE MATEMÁTICA

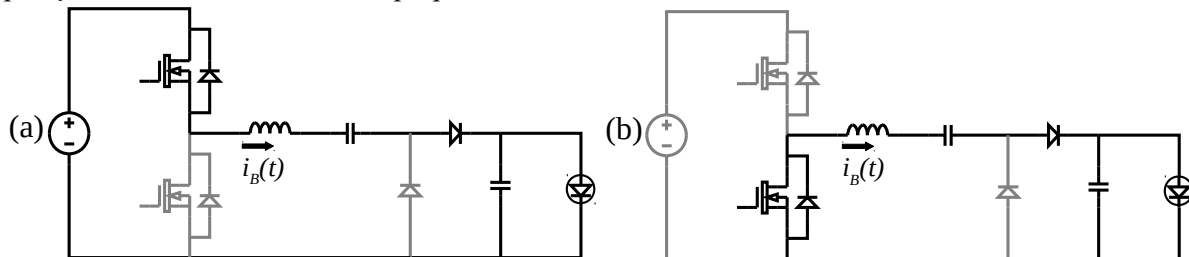
A análise é iniciada estudando a forma de onda da corrente ( $i_B$ ) e as etapas de operação do conversor. A análise a seguir diz respeito à topologia (a) da figura 1.

Figura 2. Forma de onda da corrente no conversor. Fonte: Autoria própria.



Onde,  $I$  é o valor de pico da corrente.  $T_n$  são os instantes de tempo durante um ciclo de período  $t_s$ , onde  $t_s$  é igual a  $t_4$ .

Figura 2.1. Etapas de operação do conversor em meio ciclo: (a) operação de  $t_0$  a  $t_1$ , (b) operação de  $t_1$  a  $t_2$ . Fonte: Autoria própria.



Para a análise matemática somente é necessário meio ciclo de operação. Então, considerando as figuras 2 e 2.1 pode-se iniciar os cálculos dos componentes.

### INDUTOR $L_B$

Pela definição de tensão em um indutor e utilizando a definição de integral, tem-se que,

$$\frac{V}{L} \int dt = \int di_L(t) \quad (1)$$

Então, executando a análise para a primeira ( $t_0-t_1$ ) e para a segunda etapa ( $t_1-t_2$ ), obtém-se

$$I = \frac{V}{L} t_1 \quad (1.1) \text{ e } I = \frac{-V}{L} (t_2 - t_1) \quad (1.2)$$

E utilizando Lei de Kirchhoff de Tensão e analisando ambas as malhas, obtém-se o valor da tensão no indutor ( $V_{LB}$ ) para cada etapa.

$$\text{Definindo a tensão no capacitor } C_B \text{ como } V_{CB} = \frac{(V_B - V_{LED})}{2} \quad (1.3)$$

E realizando as operações necessárias pode-se igualar as equações (1.1) e (1.2) e encontrar o valor de  $t_1$ ,

$$t_1 = \frac{(V_B + V_{LED})}{2V_B} t_2 \quad (1.4)$$

Substituindo  $t_1$  na equação (1.1), e realizando os cálculos, chega-se no valor do indutor  $L_B$  em termos de parâmetros de projeto,

$$L = \frac{(V_B^2 - V_{LED}^2)}{8V_B I f_S} \quad (1.5)$$

Onde,  $f_S$  é a frequência de chaveamento do conversor, e  $\tau$  é o inverso de  $f_S$  que vale  $2*t_2$ .

### CAPACITOR $C_B$

Pela definição de corrente em um capacitor e de integral, tem-se que,

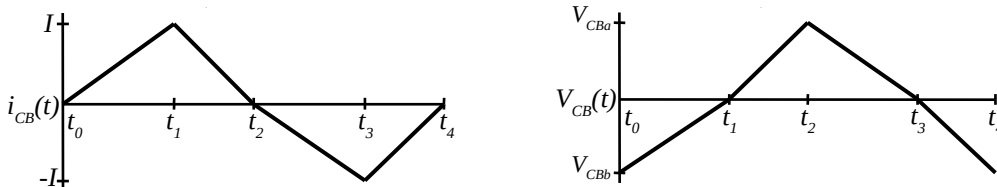
$$C \int dV_C(t) = \int i_C(t) dt \quad (2)$$

Então, analisando a corrente no capacitor  $C_B$  na primeira ( $t_0-t_1$ ), e na segunda etapa ( $t_1-t_2$ ), define-se as correntes por,

$$i_C(t) = \frac{I}{t_1} t \quad (2.1) \text{ e } i_{CB}(t) = I \left( \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} \right) \quad (2.2)$$

E analisando a figura 3 pode-se verificar a relação entre tensão ( $V_{CB}$ ) e corrente ( $i_{CB}$ ) no capacitor  $C_B$  em função do tempo durante o ciclo do conversor.

Figura 3. Formas aproximadas da tensão e corrente em função do tempo no capacitor. Fonte: Autoria própria.



Então, executando a análise para as duas etapas, obtém-se,

$$C \Delta V_{CB} = \frac{I}{2} t_1 \quad (2.3) \text{ e } C \Delta V_{CB} = \frac{I}{2} (t_2 - t_1) \quad (2.4)$$

Onde,  $\Delta V_{CB}$  é a diferença ( $V_{CB} - V_{CBb}$ ), ou seja, a amplitude de variação da tensão no capacitor  $C_B$ .

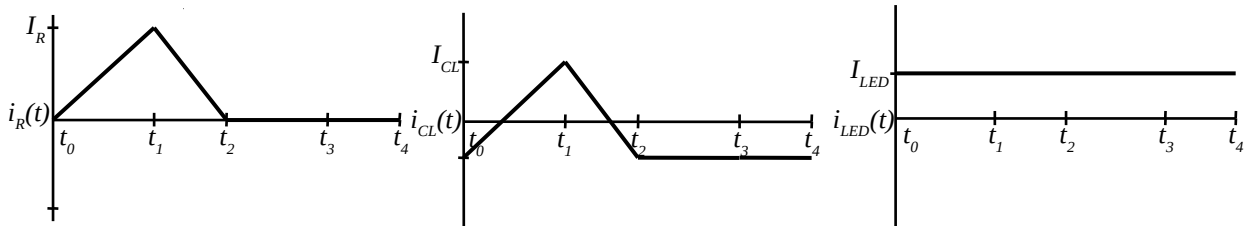
Igualando as equações (2.3) e (2.4), substituindo o valor encontrado de  $t_1$  na equação (2.3) e utilizando a relação entre  $t_2$ ,  $t_s$  e  $f_s$ , se obtém o valor do capacitor  $C_B$  em termos de parâmetros de projeto.

$$C = \frac{I}{8 \Delta V_{CB} f_s} \quad (2.5)$$

### CAPACITOR $C_L$

A análise de  $C_L$  é executada através da corrente retificada ( $i_R(t)$ ) que chega à carga, sendo esta dividida entre o capacitor  $C_L$  e o **LED**. Estas correntes são mostradas na figura 4.

Figura 4. Formas aproximadas de corrente: (a) corrente retificada, (b) corrente em  $C_L$ , (c) corrente no **LED**. Fonte: Autoria própria.



Onde,  $i_R(t) = i_{CL}(t) + I_{LED}$  (3) e  $I_R = I$  (3.1)

Realizando uma análise aproximada, obtém-se,  $I_{LED} = \frac{I}{4}$  (3.2) e  $I_{CL} = 3I_{LED}$  (3.3)

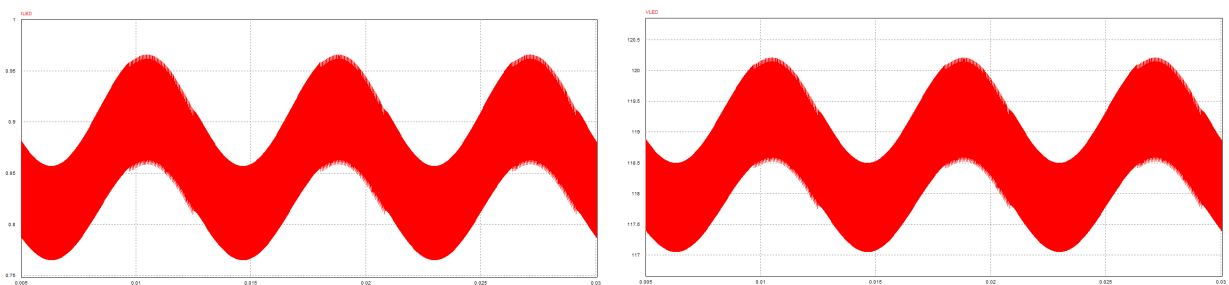
Então, executando os mesmos procedimentos de análise, e considerando o período de tempo onde a corrente é constante no capacitor  $C_L$  ( $t_2-t_4$ ), tem-se o valor do capacitor  $C_L$ ,

$$C = \frac{I_{LED}}{2 \Delta V_{CL} f_s} \quad (3.4)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As topologias propostas foram testadas por simulação e o resultado para a topologia (a) da figura 1 é apresentado na figura 5.

Figura 5. Resultados da simulação apresentando a corrente e a tensão sobre o **LED** na topologia meia-ponte meia-onda. Fonte: Autoria própria.



A tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados para análise e simulação.

Tabela 1. Parâmetros de projeto para as topologias.

| <b>Parâmetros de Projeto</b> |                            |                            |                           |                            |                            |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>V<sub>B</sub> (V)</b>     | <b>V<sub>LED</sub> (V)</b> | <b>I<sub>LED</sub> (A)</b> | <b>F<sub>s</sub> (Hz)</b> | <b>ΔV<sub>CB</sub> (%)</b> | <b>ΔV<sub>CL</sub> (%)</b> |
| 340 V                        | 120 V                      | 750mA                      | 50k Hz                    | 20%                        | 1%                         |

Os resultados obtidos por simulação para as quatro topologias apresentaram, praticamente, os mesmos valores de corrente e tensão, sendo o valor de corrente médio obtido pelas topologias de 863mA, e 118V de tensão, com uma variação em baixa frequência de, aproximadamente, 200mA para a corrente, e 3V para a tensão.

Apesar do valor médio da corrente simulado estar acima do valor projetado, cerca de 113mA, é possível atingir o valor parametrizado realizando ajustes nos valores dos componentes calculados, como aumentar o valor do indutor de 0,248mH, no caso da topologia (a) da figura 1, para 0,28mH e o valor do capacitor do LED de 6,25μF para 15μF, e, também, acaba diminuindo a amplitude das variações em baixa e alta frequência, o que implica em uma saída com maior linearidade para o LED.

Com relação as diferenças entre as topologias, a única está no valor do indutor, os demais componentes calculados durante a análise não alteram seus valores com relação à topologia, já o indutor apresenta um valor  $L$  para as topologias (a) e (b), e  $L/2$  para as topologias (c) e (d) da figura 1.

## CONCLUSÃO

As quatro topologias apresentam resultados satisfatórios, embora haja a necessidade de ajuste na simulação para correta adequação, tais diferenças entre os valores projetados e obtidos deve estar associada à metodologia de cálculo, e pequenas alterações nos valores dos componentes calculados produzem resultados satisfatórios.

Portanto, as topologias propostas possibilitam alternativas para a iluminação de potência, além de possuírem quantidade reduzida de componentes, e a análise simplificada apresentar bons resultados.

## AGRADECIMENTOS

À CNPq/Fundação Araucária pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

Fonseca, Z. P. Sistemas eletrônicos com elevado fator de potência de estágio único e sem capacitores eletrolíticos para acionar leds de potência. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

Postiglione, C. S. Estudo de Estruturas para Fontes de Alimentação de Estágio Único com Correção do Fator de Potência, Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.