

## ESTUDO E CONTROLE DE UM CONVERSOR CC-CC BUCK UTILIZANDO O CI SG3524

Paulo Eduardo M. Gonçalves<sup>1</sup>, Edson Italo Mainardi Junior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul – Três Lagoas - IFMS-MS

pejupia30@gmail.com, edson.mainardi@ifms.edu.br

### Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar o estudo e a modelagem considerando parâmetros não-lineares de um circuito abaixador de tensão do tipo Buck. O circuito Buck proposto é destinado à alimentação de dispositivos eletrônicos que necessitam ser alimentados com uma tensão contínua e invariante no tempo. No entanto, devido a alta característica flutuante da tensão de entrada dos sistemas físicos reais, se faz necessária a obtenção de um modelo que represente fielmente o conversor a fim de futuramente se poder propor um controlador robusto e dinâmico que considere em seu modelo as variações da tensão de entrada do sistema. A carga considerada na modelagem é um resistor e a fonte de alimentação de entrada é uma placa fotovoltaica.

**Palavras-chave:** Conversor CC-CC, Buck, SG3524, Modelagem não-linear.

### Metodologia e desenvolvimento

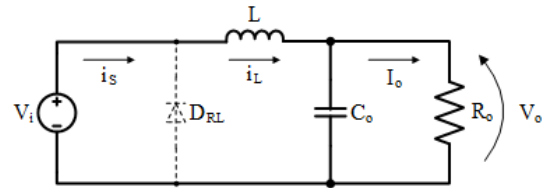
Sabendo que alguns recursos energéticos afetam diretamente o meio ambiente e também considerando esses recursos finitos, atualmente busca-se formas de substituir os mesmos por alternativas sustentáveis, e uma dessas alternativas, a que hoje está em um grande destaque pela sua abundância em todo planeta, é a energia solar.

O meio de coleta dessa energia é efetuado através de placas fotovoltaicas, as quais recebem as partículas de radiação solar que se chocam com os materiais da placa provocando o deslocamento de elétrons e assim produzindo uma tensão, que depende diretamente da quantidade de fótons sobre a placa. Logo, verifica-se que a tensão de saída é variante no tempo em razão da quantidade de fótons captadas ao longo de um período.

Considerando essa afirmação, a proposta desse trabalho é efetuar a modelagem eficiente de um conversor que seja capaz de propor em sua saída uma certa amplitude de tensão contínua, considerando na entrada do sistema, uma tensão constante advinda de placas fotovoltaicas.

Dessa forma, propõe-se a modelagem, considerando a não linearidade do indutor, de um conversor Buck CC-CC, o qual irá captar a tensão fornecida pelas placas, efetuar a correção de seu valor e, por fim, alimentar a carga com os parâmetros desejados. As Figuras 01 e 02 ilustram o modelo de um conversor Buck em operação. Mais especificamente, a Figura 01 ilustra o conversor Buck operando com a chave fechada e a Figura 02 ilustra o conversor operando com a chave aberta.

Logo, considerando a Figura 01 (chave fechada), temos que não haverá circulação de corrente no diodo e, dessa forma, o circuito se resume sem o diodo.



**Figura 1.** Conversor Buck CC-CC (Chave fechada) Fonte: Caio Moraes Moraes.

Aplicando a lei de Kirchoff das tensões, teremos que:

$$V_i - V_o - r_L \cdot i_L - V_L = 0, \quad (1)$$

sendo  $V_i$  a tensão de entrada do sistema;  $V_o$  a tensão de saída do circuito,  $r_L$  a resistência parasita do indutor e  $V_L$  definido como sendo a tensão no indutor. Relembrando que a tensão do indutor é dada por:

$$V_L = L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

e substituindo (2) em (1), teremos:

$$V_i - V_o - r_L \cdot i_L - L \frac{di}{dt} = 0. \quad (3)$$

Segundo, aplicando a Lei de Kirchoff para corrente (LKC), tem-se:

$$i_L = i_c + i_o \quad (4)$$

Novamente, relembrando que a corrente do capacitor é dada por:

$$i_c = C \frac{dv_o}{dt}. \quad (5)$$

Então, substituindo (5) em (4) teremos:

$$i_L = C \frac{dv_o}{dt} + i_o \quad (6)$$

Segundo, considere o circuito ilustrado na Figura 02 (chave aberta). Note que, para o circuito proposto a análise de corrente se resume exatamente aos mesmos parâmetros definido pela equação (4).

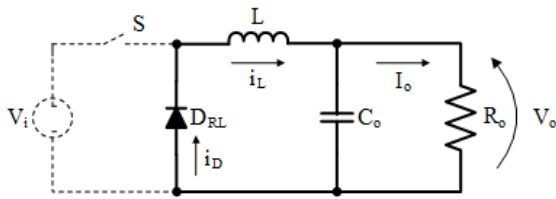


Figura 2. Conversor Buck CC-CC (Chave aberta) Fonte: Caio Moraes Moraes.

No entanto, aplicando a lei de Kirchoff das tensões (LKT), temos agora que:

$$V_L + r_L \cdot i_L + V_o = 0 \quad (7)$$

Substituindo (2) em (7) teremos:

$$L \frac{di}{dt} = -r_L \cdot i_L - V_o \quad (8)$$

Agora, definindo S(t) como a chave do sistema, sendo S(t)=1 chave fechada e S(t)=0 chave aberta, pode-se fazer uma relação entre as equações (3) e (8). Logo, tem-se a seguinte equação que define o modelo dinâmico do conversor:

$$S(t) \cdot V_i - V_o - r_L \cdot i_L = L \frac{di}{dt} \quad (9)$$

$$i_L = C \frac{dV_o}{dt} + i_o \quad (10)$$

De (9) e (10), observe que se obtêm a seguinte equação que define a indutância mínima (L<sub>min</sub>) do conversor (BARBI, Ivo; MARTINS, Denizar Cruz. 2007) :

$$L_{min} = \frac{V_{ent}}{(4 \cdot f \cdot \Delta i_L)} \quad (11)$$

sendo f a frequência de operação da chave S(t) e ΔiL o ripple de corrente.

Utilizando o mesmo procedimento de análise, da equação (9) e (10), tem-se que o capacitor pode ser dado por (BARBI, Ivo; MARTINS, Denizar Cruz. 2007) :

$$C = \frac{V_{ent}}{(31 \cdot f^2 \cdot L_{min} \cdot \Delta V_c)} \quad (12)$$

sendo ΔVc definida como sendo o ripple de tensão. Por fim, definindo D como sendo a razão cíclica de operação da chave S(t), segue que:

$$D = \frac{V_o (R_o + r_L)}{V_i R_o} \quad (13)$$

Note que a equação (13), razão cíclica de operação da chave S(t) considera em sua modelagem a variável rL, defendida anteriormente como sendo a resistência parasita do indutor. Destaca-se que essa modelagem foi abordada a fim de se obter um valor de tensão de saída (Vo) mais

próximo do valor real. Esse fato é considerado importante em circuitos de controle pois acarretará em um erro de regime nulo quando o conversor for elaborado para trabalhar em malha fechada, temática essa definida como sendo a continuidade do trabalho proposto.

Resultados

Através das equações definidas anteriormente, propõe-se o seguinte projeto de implementação exposto na Tabela 01.

Vi	Vo	D	R	C	L	f
24V	12V	0,67	15 Ω	10uF	2,41mH	10kHz

Tabela 1. – Parâmetros do projeto.

A Figura 3 a seguir ilustra o circuito de disparo da chave S(t) utilizando um CI SG3524. Os valores dos componentes associados ao circuito foram impostos a fim de obter na saída um sinal pulsado (PWM) com as especificações definidas na Tabela 01, a saber, f=10kHz e D=0,67.

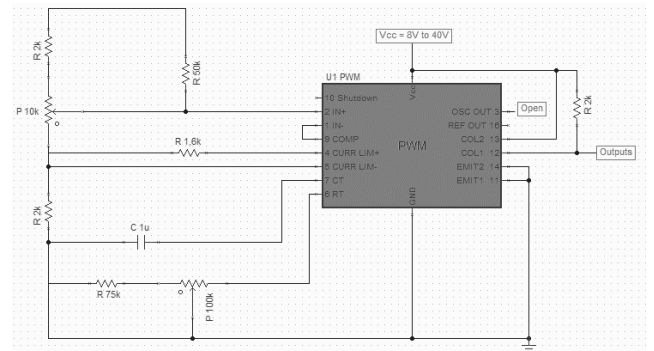


Figura 3. Circuito SG3524 para acionamento da chave.

Com os parâmetros da chave definidos, posteriormente o sinal advindo do circuito PWM, CI SG3524, foi acoplado a uma chave MOSFET (IRF740N) e então conectada ao circuito ilustrado na Figura 01. A Figura 04 ilustra o resultado do sinal de saída do controlador PWM, SG3524.

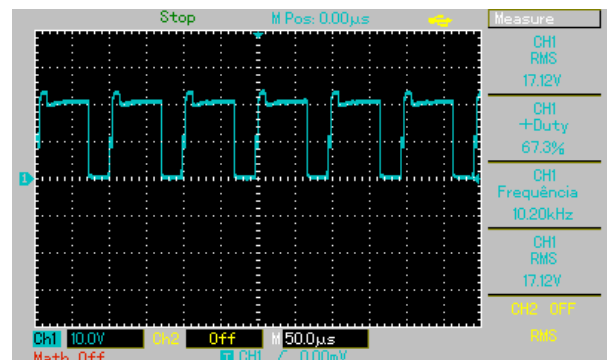
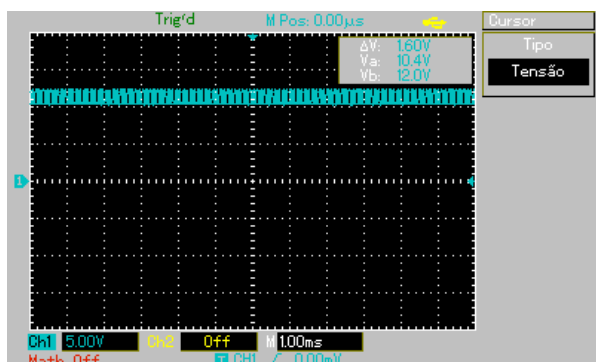


Figura 4. Sinal de saída do circuito controlador SG3524.

Note que a frequência obtida é de 10,20kHz com uma razão cíclica de 0,673. Seguindo, a Figura 05 ilustra o resultado da tensão de saída do conversor CC-CC Buck. Observe da Figura 05, que a tensão de saída Vo obtida foi de 12V, com uma variação máxima de tensão (ΔVc) de 1,60V.



**Figura 5.** Tensão de saída ( $V_o$ ) do conversor CC-CC Buck proposto controlado por um CI SG3524.

### Considerações Finais

O projeto apresentado ilustra a formulação e proposta de um circuito controlador para um sistema abaixador de tensão do tipo Buck. Através dos resultados apresentados pode-se observar que os valores alcançados com o circuito SG3524 foram satisfatórios. Baseados nos resultados apresentados, a continuidade do trabalho se propõe em considerar as variações flutuantes da tensão de entrada  $V_i$ , de modo que a tensão de saída  $V_o$  seja estável e constante em um valor de referência. Logo, a sequência de implementação do projeto proposto é a substituição do circuito SG3524 por um circuito de controle implementável através de um microcontrolador. Assim, destaca-se que o projeto pode contribuir para o desenvolvimento de medidas sustentáveis para o planeta, pois tem o intuito de ser utilizado para regular uma energia proveniente de recursos naturais e com sua facilidade, incentivar o uso da mesma.

### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq e ao IFMS pelo apoio e incentivo.

### Referências

BARBI, Ivo; MARTINS, Denizar Cruz. Conversores CC-CC básicos não-isolados. 2. ed. rev. Florianópolis: Edição dos Autores, P. 1 - 62, 2006.

Moraes, Caio; Análise do Conversor Buck em Condução Contínua. Eletrônica de Potência. Disponível em: <<https://eletronicadepotencia.com/analise-do-conversor-buck-em-mcc/>>. Acesso em: 25 abril 2019.

Portal Solar; Como Funciona o Pannel Solar Fotovoltaico – Placas Fotovoltaicas. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-pannel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 28 março 2019.

P. dos Santos, Rhonei, S. Garcia, Lucas; Controle do conversor cc-cc Buck utilizando comunicação entre o Arduino e Simulink. Disponível em: <[https://www.ufrgs.br/sbai17/papers/paper\\_100.pdf](https://www.ufrgs.br/sbai17/papers/paper_100.pdf)>. Acesso em: 28 março 2019.