

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

Willian Curto Ferreira¹, Murilo M. Frigo¹, Edson Italo Mainardi Junior¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul – Três Lagoas - IFMS-MS
williancurto@hotmail.com, murilo.frigo@ifms.edu.br, edson.mainardi@ifms.edu.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar o estudo e desenvolvimento de um conversor CC-CC do tipo Buck, com intuito de apresentar uma solução para dispositivos que necessitam de uma alimentação em tensão contínua. A carga a ser alimentada na saída será um resistor de alta potência, o qual faz o papel de um dispositivo eletrônico. Destaca-se que esse conversor possui característica com o foco em consumidores mais conscientes sobre a conservação do meio ambiente, uma vez que a fonte de entrada a acoplada pode advir de fontes de energia ecológicas, tais como a geração através de placas fotovoltaicas. Para fins de análise dos resultados é utilizado o osciloscópio e multímetro.

Palavras-chave: Conversor CC-CC, Buck, SG3524, Fonte chaveada.

Metodologia e desenvolvimento

Sabendo que alguns recursos energéticos afetam o meio ambiente e que um dia irão acabar, buscamos formas de substituir os mesmos por alternativas sustentáveis, e uma dessas alternativas, que hoje está em um grande destaque pela sua abundância em todo planeta, é a energia solar. Assim, o projeto proposto neste artigo tem o intuito de modelar matematicamente e implementar um conversor CC-CC do tipo Buck em malha aberta utilizando um controlador conhecido como SG3524. Logo, ressalta-se que o conversor CC-CC, por ser alimentado por uma fonte de tensão contínua, pode então ser alimentada por uma fonte de energia renovável, por exemplo, placas fotovoltaicas. Ademais, realizando uma análise do circuito do conversor Buck CC-CC, temos que o conversor pode ser representado conforme ilustra a Figura 01, sendo a chave de operação do circuito considerada fechada. Assim, através da lei de Kirchoff das tensões, teremos que:

$$V_i - V_o - rL \cdot i_L - L \frac{di_L}{dt} = 0, \quad (1)$$

sendo V_i a tensão de entrada do sistema; V_o a tensão de saída do circuito, rL a resistência

parasita do indutor, i_L definido como sendo a corrente no indutor e L a indutância.

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

$$i_L = C \frac{dV_o}{dt} + i_o, \quad (2)$$

Sendo, C definido como a capacitância e i_o a corrente que circula na carga do circuito proposto. Posteriormente, 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 (2).

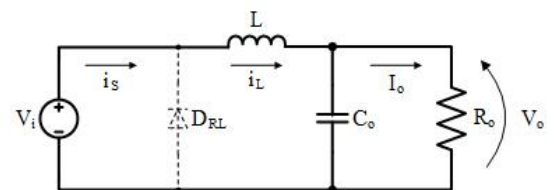


Figura 1. Conversor Buck CC-CC (Chave fechada) Fonte: Caio Moraes Moraes.

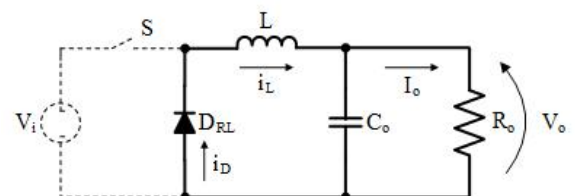


Figura 2. Conversor Buck CC-CC (Chave aberta) Fonte: Caio Moraes Moraes.

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

$$L \frac{di_L}{dt} = -rL \cdot i_L - V_o \quad (3)$$

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 (1) e (3). Logo, tem-se a seguinte equação que define o modelo dinâmico do conversor:

$$S(t) \cdot V_i - V_o - rL \cdot i_L = L \frac{di_L}{dt} \quad (4)$$

$$i_L = C \frac{dV_o}{dt} + i_o \quad (5)$$

De (4) e (5), obtêm a seguinte equação que define a indutância mínima (L_{\min}) do conversor (BARBI, Ivo; MARTINS, Denizar Cruz. 2007):

$$L_{\min} = \frac{V_i}{(4 * f * \Delta iI)} \quad (6)$$

sendo f a frequência de operação da chave $S(t)$ e ΔiI o ripple de corrente. Utilizando o mesmo procedimento de análise, da equação (4) e (5), tem-se que o capacitor pode ser dado por (BARBI, Ivo; MARTINS, Denizar Cruz. 2007):

$$C = \frac{V_i}{(31 * f^2 * L_{\min} * \Delta V_c)} \quad (7)$$

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

$$D = \frac{V_o (R_o + rL)}{V_i R_o} \quad (8)$$

Rearranjando a equação (8), observe que:

$$V_o = \frac{D * V_i * R_o}{R_o + rL} \quad (9)$$

Note que a equação (9) considera em sua modelagem a variável V_i , definida anteriormente como sendo a tensão de entrada da fonte. Assim, destaca-se que essa modelagem foi abordada a fim de se verificar que a tensão de saída (V_o) da fonte depende exclusivamente da tensão de entrada da fonte. Assim, variações em V_i , ocasionaram diretamente variações na tensão de saída V_o . Esse fato é considerado importante na análise de sistemas de controle uma vez que em circuitos reais de operação necessita-se de um valor fixo de tensão de saída V_o , independente das variações na tensão de entrada. Desse modo, essa temática é definida como sendo a continuidade do trabalho proposto.

Resultados

Considere o seguinte projeto de implementação exposto na Tabela 01.

V_i	V_o	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 a fonte chaveada proposta. O circuito de disparo da chave foi

efetuado 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, $f=10\text{kHz}$ e $D=0,67$.

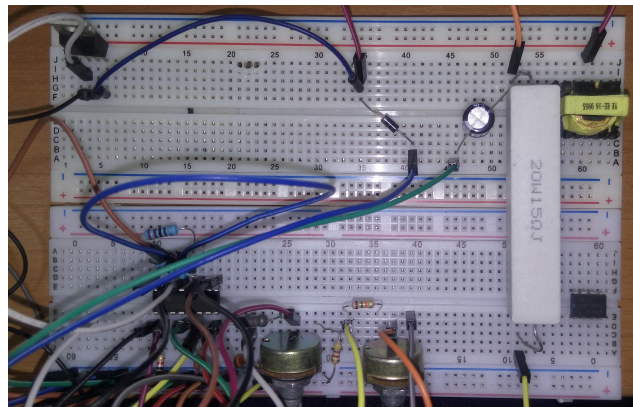


Figura 3. Implementação de um conversor Buck via SG3524 para acionamento da chave.

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

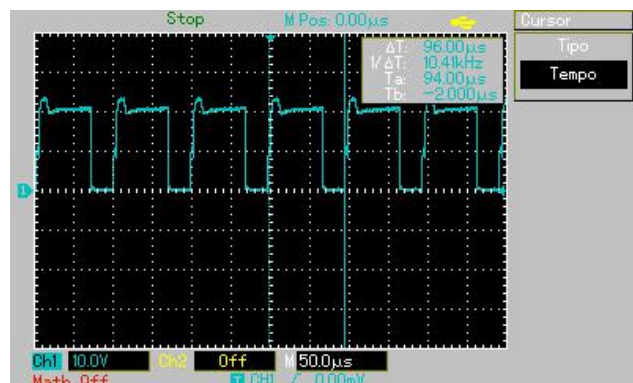


Figura 4. Sinal de saída do circuito controlador SG3524.

Note que a frequência obtida é de 10,43kHz 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 V_o obtida foi de 12V, com uma variação máxima de tensão (ΔV_c) de 1,60V.

Considerações Finais

O projeto apresentado ilustra a formulação e proposta de um circuito controlador para uma fonte chaveada 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. Ademais, esse projeto visa 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.

comunicação entre o Arduino e Simulink. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/sbai17/papers/paper_100.pdf>. Acesso em: 28 março 2019.

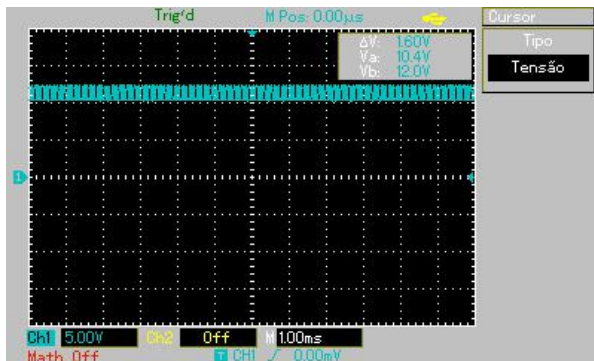


Figura 5. Tensão de saída (V_o) do conversor CC-CC Buck proposto controlado por um CI SG3524.

Agradecimentos

Agradecemos 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 Painel Solar Fotovoltaico – Placas Fotovoltaicas. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 28 março 2019.

P. dos Santos, Rhonei, S. Garcia, Lucas; Controle do conversor cc-cc Buck utilizando