

MONTAGEM E IMPLEMENTAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM CONVERSOR CC-CC BUCK VIA CI SG3524

Camila N. Gaspar¹, Edson Italo Mainardi Junior¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul – Três Lagoas - IFMS-MS
camila_1468@outlook.com, williancurto@hotmail.com, edson.mainardi@ifms.edu.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar o estudo e desenvolvimento de uma fonte chaveada em corrente contínua, com intuito de apresentar uma solução para dispositivos que necessitam de uma alimentação em tensão contínua. A fonte chaveada é alimentada por uma fonte de tensão constante e o modelo de fonte escolhido é o abaixador de tensão, também conhecido como conversor Buck. A carga a ser alimentada na saída será um resistor de alta potência, o qual faz o papel de um notebook. Destaca-se que esse conversor possui característica de produção barata e acessível de fácil introdução ao mercado e, com o foco em consumidores mais conscientes sobre a conservação do meio ambiente, uma vez que a fonte pode ser acoplada a fonte de energia ecológicas, tais como a geração através de placas fotovoltaicas. Para fins de análise é utilizado o simulador Psim (versão estudantil), osciloscópio e multímetro.

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

Metodologia e desenvolvimento

O projeto proposto neste artigo tem o intuito de modelar matematicamente e implementar uma fonte chaveada abaixadora de tensão em corrente contínua em malha aberta utilizando um controlador conhecido como SG3524. Logo, ressalta-se que a fonte chaveada, por ser alimentada por uma fonte de tensão contínua, pode então ser alimentada por uma fonte de energia renovável, por exemplo, placas fotovoltaicas. No entanto, a fim de realizar o controle de energia entre entrada e saída do sistema, propõe-se nesse estudo o uso de um conversor do tipo Buck. Logo, realizando uma análise do circuito do conversor Buck CC-CC, temos que inicialmente 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:

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

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

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

Substituindo (2) em (1), teremos:

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

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:

$$i_C = C \frac{dv_C}{dt}. \quad (5)$$

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

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

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).

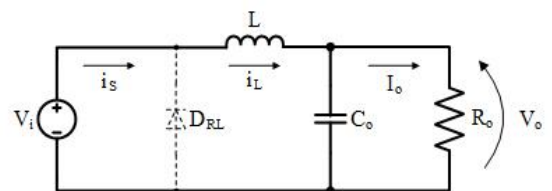


Figura 1. Conversor Buck CC-CC (Chave fechada) Fonte: Caio Moraes Moraes.

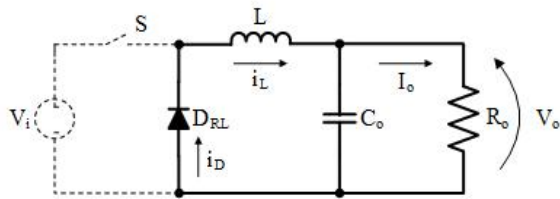


Figura 2. Conversor Buck CC-CC (Chave aberta) Fonte: Caio Moraes Moraes.

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

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

Substituindo (2) em (7) teremos:

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

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:

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

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

De (9) e (10), realizando algumas manipulações algébricas obtêm a seguinte equação que define a indutância mínima (L_{min}) do conversor (BARBI, Ivo; MARTINS, Denizar Cruz. 2007):

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

sendo f a frequência de operação da chave S(t) e Δi_L 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):

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

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:

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

Rearranjando a equação (13), observe que:

$$V_o = \frac{D \cdot V_i \cdot R_o}{R_o + rL} \quad (14)$$

Note que as equações (11)-(14) consideram em sua modelagem a variável Vi, definida anteriormente como sendo a tensão de entrada da fonte chaveada. Assim, destaca-se que essa modelagem foi abordada a fim de se verificar que a tensão de saída (Vo) da fonte chaveada depende exclusivamente dos parâmetros de projeto elencados pelas equações (11)-(13). Assim, variações em Vi, ocasionaram diretamente variações na tensão de saída Vo. 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 Vo, independente das variações na tensão de entrada. Desse modo, essa temática é definida como sendo a continuidade do trabalho proposto.

Resultados

A fim de analisar o funcionamento da fonte chaveada proposta, considere as equações definidas anteriormente e 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 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=10kHz e D=0,67.

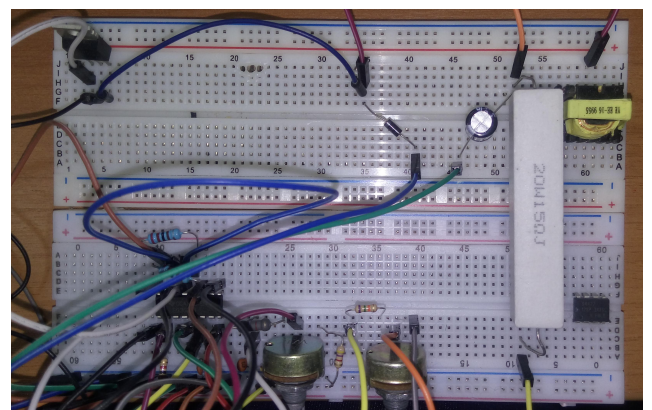


Figura 3. Implementação de um conversor Buck via SG3524 para acionamento da chave.

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.

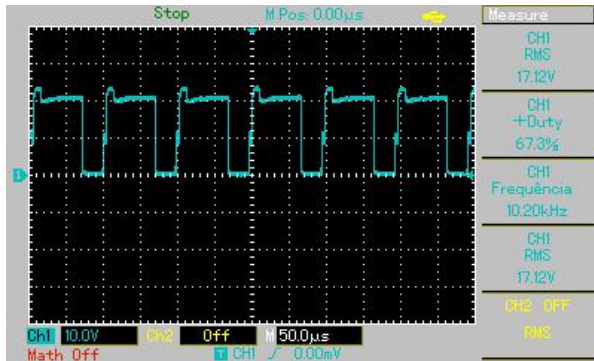


Figura 4. Sinal de saída do circuito controlador SG3524.

Note que a frequência obtida é de 10,20kHz 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 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.

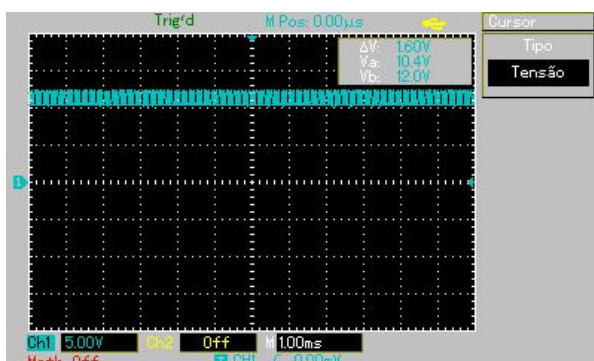


Figura 5. Tensão de saída (V_o) do conversor CC-CC Buck proposto controlado por um CI SG3524.

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