

Modelagem Matemática de um Conversor Buck

Ayoanma C. de Azevedo **Erick F. da Costa*** **João Lucas de O. Torres**
Vandilberto P. Pinto

Curso de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Ceará – Campus Mucambinho Sobral – Rua Estanislau Frota, S/N – Centro CEP: 62010-560 Sobral – Ceará

E-mail: ayoanma.c@hotmail.com erickfrotac@gmail.com joao.lucas.torres@gmail.com
vandilberto@yahoo.com.br

RESUMO

Conversores são amplamente utilizados em projetos de circuitos eletrônicos. Em muitos casos é necessário rebaixar uma tensão, como no caso da bateria de um celular que tem uma tensão maior que a dos componentes que esta precisa alimentar. Em outros casos é necessário elevar a tensão, como nos casos de chips que alimentam uma placa de circuito. Este projeto foca a modelagem matemática do conversor Buck, um conversor DC-DC abaixador.

O conversor Buck converte um nível de tensão contínua para uma tensão também contínua, porém com um nível menor. Este circuito é composto por um indutor, um capacitor, um resistor, um diodo e uma chave que pode ser implementada por um transistor. A Figura 1 (a) mostra o circuito do conversor Buck de forma simplificada. Com o chaveamento, a tensão vista pela carga é a tensão média da onda gerada pelo chaveamento. Dessa forma, o duty cycle (D) do chaveamento controla a tensão vista pela carga. O duty cycle é dado por:

$$\text{Eq.01} \quad D = V_o/V_s$$

Onde: D = Dutycycle, V_o = Tensão média (Tensão vista pela carga), V_s = Tensão de alimentação.

As duas posições da chave podem ser substituídas por um botão e um diodo, como na Figura 1 (b) e (c). Quando a chave está fechada a fonte (V_s) alimenta o circuito, carregando o capacitor e alimentando a carga. Deve-se observar que o nesse intervalo de chave fechada o diodo está em corte. A Figura 1 (b) mostra a energização do circuito para a chave fechada.

Quando a chave abre, a fonte de tensão deixa de alimentar a carga, porém o indutor atua forçando a corrente a permanecer constante. O capacitor descarrega fazendo a corrente passar pelo diodo fechando a malha, como pode ser visto na Figura 1 (c).

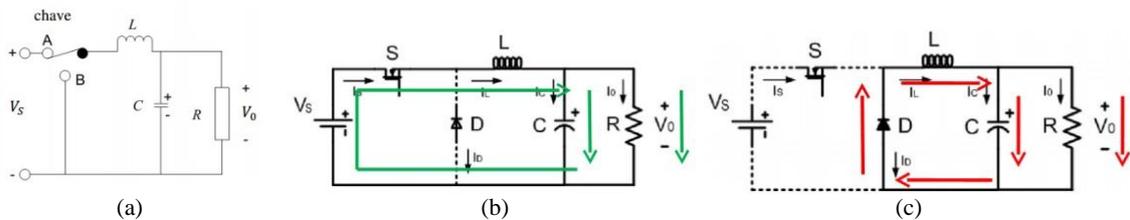


Figura 1 – (a) Circuito Simplificado do Conversor Buck e suas Etapas de Chaveamento: (b) Diodo em Corte e (c) Diodo em Condução.

Relacionando Eq. 01 com as equações de corrente no indutor e tensão no capacitor, assim como mostrado em [1], chega-se a:

$$\text{Eq. 02} \quad L \geq \frac{D(1-D)V_s}{\Delta I_L f_c} \quad [\text{H}]$$

$$\text{Eq. 03} \quad C \geq \frac{\Delta I_L}{8\Delta v_c f_c} \quad [\text{F}]$$

Onde: L = indutância, ΔI_L = variação na corrente do indutor, f_c = frequência de chaveamento, C = capacitância, Δv_c = variação na tensão de saída.

Analisando Eq. 02 pode-se observar que há uma relação entre o indutor, o duty cycle e a tensão de alimentação. Como esses três elementos têm valores fixados, consequentemente o valor da tensão na carga também será fixo. Dessa forma, um conversor Buck apresenta valores

fixos para tensão de entrada e tensão de saída, pois o mesmo depende dos componentes do circuito.

Um conversor Buck normalmente tem valores fixos de entrada e saída de tensão. Foi escolhido o modelo matemático de Vopérian, pois este lineariza o sistema, simplificando a matemática do Buck e fazendo com que a tensão de saída seja controlável em uma determinada faixa e não mais fixa. Neste modelo considerou-se a tensão de entrada constante e o duty cycle variável. A função de transferência para esse sistema, segundo [2], é dada pela Eq.04.

$$Eq.04 \quad J(s) = \left[V_g \cdot \frac{R}{(R+R_{se}) \cdot L \cdot C} \right] \frac{(R_{se} \cdot C) \cdot s + 1}{\left\{ s^2 + \left[\frac{(R \cdot R_L + R \cdot R_{se} + R_L \cdot R_{se}) \cdot C + L}{(R+R_{se}) \cdot L \cdot C} \right] s + \left[\frac{R+R_L}{(R+R_{se}) \cdot L \cdot C} \right] \right\}}$$

Para a implementação do circuito, alguns valores do projeto devem ser definidos. Estes são: frequência de chaveamento (f_c) = 30 kHz; potência de saída (P_o) = 15 W; tensão de entrada (V_s) = 24 V; carga média (virtual) = 12,15 Ω ; duty cycle médio = 56,25%; tensão de saída média = 13,5 V; variação máxima de corrente no indutor (ΔI_L) = 0,33 A; Variação máxima da tensão na saída (ΔV_o) = 0,83 V. Estes valores são definidos pelos objetivos do projeto.

A partir das definições acima, chega-se aos valores de indutância e capacitância pela Eq.02 e Eq.03. Através destas equações chegou-se a $L > 0.5966 \text{ mH}$ e $C > 13.02 \mu\text{F}$. Foram então utilizados um indutor de 3.3 mH e um capacitor de 33 μF . A partir dos valores calculados e dos valores definidos, desprezando as resistências parasitas, chega-se a Eq. 05 da função de transferência a partir da Eq. 04:

$$Eq.05 \quad J(s) = \frac{3,102 \times 10^8}{s^2 + 3159s + 2,585 \times 10^7}$$

A Figura 4 (a) mostra a simulação do circuito Buck rebaixando a tensão a 56,25% do valor imposto (24 V). A Figura 4 (b) mostra a leitura do osciloscópio feita a partir do circuito montado. Como o tempo de transitório é muito pequeno (milissegundos), não é possível vê-lo no osciloscópio.

Em posse da função de transferência é possível posteriormente utilizar um controlador para reduzir o overshoot, modificar o tempo de acomodação e não perder a referência quando imposto a distúrbios.

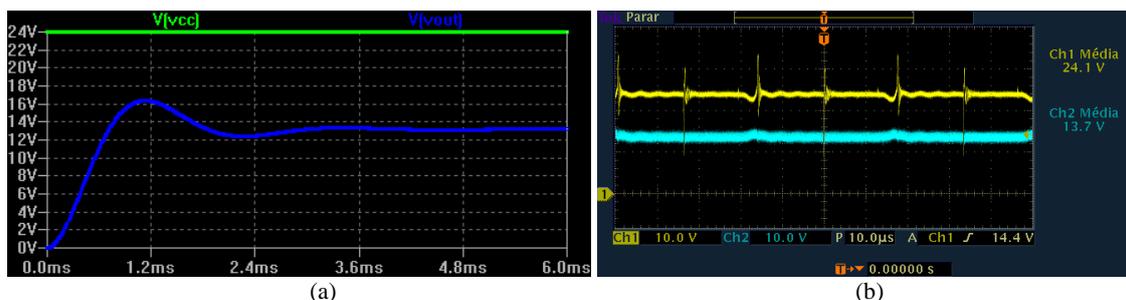


Figura 2 – (a) Sinal de Entrada (24 V) e (b) Sinal de Saída (13,5 V) do Conversor Buck.

Palavras-chave: Modelagem Matemática, Conversor Buck, Eletrônica de Potência.

Referências Bibliográficas

- [1] B. M. Silveira, "Design and Assembling of a Buck Converter", Trabalho de Monografia, Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- [2] V.Vopérian, "Simplified Analysis of PWM Converters using Model of PWM Switch – Part I: Continuous Current Mode.", IEEE Transactions on Aerospace and Electronics Systems, vol. 26, no. 3, Maio/1993.