

ESTUDO DE CONVERSOR DC-DC DE ULTRABAIXA POTÊNCIA PARA CAPTAÇÃO DE ENERGIA RF

Bruno Gottsfritz Silva¹, Rodrigo Trevisoli Doria²
^{1,2} Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI
 bgottsfritz@gmail.com; rtdoria@fei.edu.br

Resumo: O projeto visa o estudo da aplicação de um conversor DC-DC *Boost*, amplamente utilizado em alta potência, na coleta de energia a partir de sinais de radiofrequência (RF), possibilitando a alimentação de sensores *IoT* (*Internet of Things*). Com base em simulações realizadas no *software* PSIM, observou-se as fraquezas da montagem tradicional quando aplicados parâmetros eletrônicos encontrados em ultrabaixa potência. Com base nesses resultados, propõe-se mudanças de componentes para adequar o funcionamento do circuito.

1. Introdução

A eletrônica revolucionou como se vive em sociedade com a crescente exponencial dos transistores, presentes em até bilhões de unidades dentro de um único circuito integrado. O poder de processamento aliado ao desenvolvimento tecnológico possibilitou a globalização e despona atualmente na conectividade de dispositivos.

A internet das coisas ou *IoT* (*Internet of Things*) é considerada o próximo estágio da internet por apresentar os conteúdos da web totalmente interpretáveis e comunicativos para máquinas, sem interferência humana, nomeada Web 3.0 ou Web Semântica [1]. Essa tecnologia possui a aplicabilidade para revolucionar o controle e extração de dados dos ambientes mais diversos, podendo impactar em 2025 cerca de 11 trilhões de dólares [2].

Um dos desafios encontrados para a aplicação de dispositivos com essa tecnologia é a forma de alimentação, principalmente, quando uma rede de sensores deve ser aplicada em um local remoto, como uma fazenda, por exemplo, fomentando a pesquisa por alternativas sustentáveis.

A radiofrequência (RF) é proveniente de transmissões de áudio, televisão, internet e entre outros, compreendidas no intervalo de 3 kHz a 300 GHz de frequência. A coleta desse tipo de energia apresenta-se como solução para as aplicações citadas pela grande concentração no meio urbano, pelo aumento constante de dispositivos que a emitem e por sua coleta poder ser realizada em qualquer horário.

A Figura 1 apresenta o sistema necessário para coletar a energia citada [3]. A transmissão de RF ocorre por meio de ondas eletromagnéticas. Quando o sinal encontra uma antena compatível, essa densidade de potência transmitida é captada. Um parâmetro importante da construção dessas antenas é o ganho, que quando menor, melhor é a capacidade da antena de coletar os sinais de outras direções.

O bloco de *Impedance Matching* é projetado para ser compatível com a antena extraindo eficiência máxima na banda de frequência desejada. Essa eficiência resulta em

alcance máximo, consumo mínimo de energia e aquecimento reduzido [4].

O retificador é responsável por converter a tensão alternada obtida em tensão contínua. O último bloco é o conversor *Boost*, objeto de estudo desse projeto para multiplicar a tensão de entrada na saída, viabilizando a aplicação dessa coleta para alimentação de sensores.

A primeira abordagem do estudo é analisar qual a tensão de entrada e saída do conversor. O valor de entrada corresponde à tensão obtida após o retificador. De acordo a literatura, esta tensão deve apresentar valor efetivo da ordem de 0,4 V [5]. Para a tensão de saída, buscou-se um sensor de temperatura de baixa tensão, adequado a aplicação, sendo a carga do sistema. Este sensor permite tensão de alimentação em um intervalo de 1,4 a 2,75 V com corrente de 20 a 44 μ A [6].

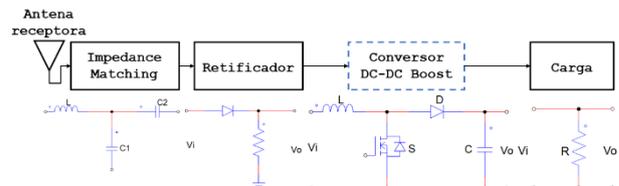


Figura 1 – Fluxograma dos circuitos para coleta por radiofrequência, com destaque ao conversor *Boost*.

Com esses parâmetros determinados, é possível calcular o valor dos componentes que serão utilizados. O conversor *Boost* é composto por um indutor, um diodo, um transistor e um capacitor em paralelo com a carga que será alimentada. O transistor opera como chave a partir de um sinal PWM, correspondente ao parâmetro k , nomeado como ciclo de trabalho, dado pela equação 1, onde V_s é a tensão de entrada e V_a a tensão de saída.

$$k = 1 - \frac{V_s}{V_a} \quad (1)$$

Os aspectos de ΔI_l e ΔV_c são os valores de variação apresentados na corrente do indutor e na tensão do capacitor. Por conta dos baixos valores obtidos pela radiofrequência, considerou-se 4 μ A e 1 mV, respectivamente.

Com a definição destes parâmetros é possível determinar os valores de indutor e capacitor necessários utilizando as equações 2 e 3.

$$L = \frac{V_s \times k}{\Delta I_l \times f_s} \quad (2)$$

$$C = \frac{I_a \times k}{\Delta V_c \times f_s \times V_a} \quad (3)$$

O parâmetro f_s é a frequência da chave, ou seja, a frequência de operação do transistor. Considerou-se 25 kHz para os cálculos por utilizarmos um transistor

MOS no estudo inicial desse conversor. No caso da primeira avaliação, está considerando o caso de alimentação mínima do sensor, ou seja, corrente de saída (I_a) como 20 μA e tensão de saída (V_a) como 1,4V.

Dessa forma, obtém-se um capacitor de 408 nF e um indutor de 2,89 H. Por fim, calculou-se a carga (R_o), dividindo a tensão de saída (V_a) pela corrente de saída (I_a), resultando em 70 k Ω .

2. Resultados Parciais

Nesse estudo, utilizou-se o PSIM como simulador e adicionou-se os parâmetros reais dos componentes em fases de teste para analisar o impacto.

A Figura 2 apresenta a montagem do circuito com a configuração calculada para a alimentação mínima do sensor.

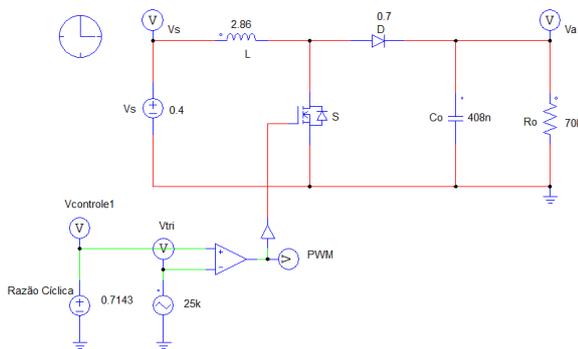


Figura 2 – Circuito Conversor Boost DC-DC para cenário de alimentação mínima do sensor.

A simulação desse circuito com componentes ideais, resulta em uma saída de 1,4 V sobre a carga. Na Figura 3, tem-se a simulação considerando o diodo com uma queda de 0,7V, diminuindo pela metade a tensão de saída e a corrente na carga.



Figura 3 – Formas de onda da tensão e da corrente sobre o Resistor de Carga (R_o), com diodo real.

Quando se considera um transistor MOS real, ou seja, se adiciona uma queda de 0,7V para simular a tensão de limiar presente em um dispositivo real, obtém-se resultados impraticáveis na simulação do circuito, como pode-se analisar na Figura 4, onde se pode observar uma corrente da ordem de 30 nA sobre a resistência de carga.



Figura 4 – Formas de onda da tensão e da corrente sobre o Resistor de Carga (R_o), com diodo e transistor real.

3. Conclusões

Neste trabalho, foram efetuadas simulações de um conversor DC-DC *boost* para captação de energia RF, a partir das quais notou-se que os componentes tradicionais não são aplicáveis para o circuito operando com baixas tensões. Dessa forma, planeja-se substituí-los por componentes com tecnologias atuais que diminuam as perdas, como o diodo Schottky, para diminuição da tensão de condução sobre o diodo, e o transistor UTBB, que dispõe de tensões de limiar menores que os convencionais. Planeja-se também utilizar um simulador do tipo SPICE, para avaliação crítica dos resultados obtidos e a escolha dos componentes do circuito.

4. Referências

- [1] WHITMORE, Andrew; AGARWAL, Anurag; XU, Li. **The Internet of Things—A survey of topics and trends**. Information Systems Frontiers, v. 17, 2014.
- [2] FGV, Portal. **Impacto da 'Internet das Coisas' na sociedade**. [S.l.: s.n.], fev. 2017. <https://portal.fgv.br/noticias/professor-direito-rio-analisa-impacto-internet-coisas-sociedade>. (Acessado em 07/07/2022).
- [3] TRAN, Le-Giang; CHA, Hyouk-Kyu; PARK, Woo-Tae. **RF power harvesting: a review on designing methodologies and applications**. Micro and Nano Systems Letters, v. 5, dez. 2017.
- [4] GOVIND, Anitha. **Antenna Impedance Matching—Simplified**. [S.l.: s.n., s.d.], Abracon LLC. <https://abracon.com/uploads/resources/Abracon-White-Paper-Antenna-Impedance-Matching.pdf>.
- [5] SHINOHARA, N. **Wireless Power Transfer via Radiowaves**. [S.l.]: Wiley, 2014.
- [6] ON SEMICONDUCTOR. **Low Voltage, High Accuracy Temperature Monitor with I2C Interface NCT218**. [S.l.], dez. 2021. Rev. 3.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pelo empréstimo de equipamentos ou softwares.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 03/2022 a 02/2023.