

MOREIRA, Josemar de Souza <sup>[1]</sup>, SANTOS, Maikon Lorrان <sup>[2]</sup>, CARMO, Wellington José do <sup>[3]</sup>, SOUZA, Rodrigo de Castro e <sup>[4]</sup>

MOREIRA, Josemar de Souza; et.al. Projeto e Construção de um Conversor Didático CC-CC Buck. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 02, Vol. 03, pp. 157-165, Fevereiro de 2018. ISSN:2448-0959

## Contents

- RESUMO
- INTRODUÇÃO
- DESENVOLVIMENTO
- CIRCUITO PWM
- CIRCUITO DRIVER
- CIRCUITO DO CONVERSOR
- RESULTADOS
- CONCLUSÃO
- BIBLIOGRAFIA

## RESUMO

O presente artigo consiste no projeto e construção de um conversor didático CC-CC Buck operando em modo de condução contínua. A partir dos dados pré-definidos de tensão, potência de saída, ondulação máxima e frequência, foram dimensionados os componentes do circuito. Simulações realizadas em software, permitiram verificar a funcionalidade do circuito para posterior montagem prática do conversor. As formas de onda do circuito real, obtidas por meio de um osciloscópio são apresentadas neste trabalho.

Palavras-Chave: Conversor Buck, Circuito, Frequência, Potência, Mosfet, Transistor.

## INTRODUÇÃO

Conversores CC-CC, são elementos conversores de corrente contínua em corrente contínua reduzindo ou elevando os níveis de tensão na saída. Possuem diversas aplicações em carregadores de baterias, acionamento de motores CC, circuitos de veículos, fontes chaveadas entre outros.

Existem várias topologias de conversores CC-CC, dentre elas está o conversor Buck. Este conversor disponibiliza uma tensão de saída menor que a tensão de entrada, ou seja, é um abaixador de tensão. No presente trabalho, são apresentadas as etapas necessárias para a criação de um conversor didático CC-CC Buck. Os circuitos Driver e PWM, são apresentados neste trabalho devido a sua significativa importância para o acionamento do mosfet.

## DESENVOLVIMENTO

A partir das especificações da Tabela 1, calculou-se a corrente, razão cíclica e a potência de saída do conversor buck (Equações 1, 2 e 3 respectivamente), bem como o indutor, capacitor (Equações 4 e 5). A escolha do diodo e do mosfet deu-se em função das especificações do datasheet que atendem aos valores pré-definidos da Tabela 1. A carga mínima que atende as especificações do projeto é de  $5.6 \Omega$  com uma potência máxima de 10W.

Tabela 1 – Parâmetros para o conversor Buck a ser construído.

$V_i$	$V_o$	$f_s$	$P_o$	$\Delta V_o$	$\Delta V$ (5%)	$\Delta I$ (5%)
12 V	6 V	25 kHz	10 W	5 %	0,3 V	53 mA

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} = \frac{6}{5,6} = \mathbf{1,071\ A} \quad (1)$$

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{6}{12} = \mathbf{0,5} \quad (2)$$

$$P_o = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{6^2}{5,6} = \mathbf{6,42\ W} \quad (3)$$

Portanto para o indutor:

$$L = \frac{V_o * (V_i - V_o)}{\Delta I_L * f_s * V_i} = \frac{6 * (12 - 6)}{0,053 * 25k * 12} = \mathbf{2,26\ mH} \quad (4)$$

Para o capacitor:

$$C = \frac{V_o * (V_i - V_o)}{L * f^2 * 8 * \Delta V_o * V_i} = \frac{6 * (12 - 6)}{2,264m * 25k^2 * 8 * 0,3 * 12} = \mathbf{1\ \mu F} \quad (5)$$

## CIRCUITO PWM

O circuito PWM foi desenvolvido com o uso do LM555, devido a sua estabilidade e boa precisão para ajuste da frequência. A frequência de operação do circuito é obtida pela Equação 6.

$$f = \frac{1,44}{(R1 + 2R2) * C1} \quad (6)$$

Na Figura 1, tem-se o circuito em questão. A configuração com diodos e um potenciômetro, permite a variação do ciclo de trabalho sem variar a frequência. Para este projeto o ciclo de trabalho varia entre 20 % e 85 %. A frequência de chaveamento escolhida foi de 25 kHz.

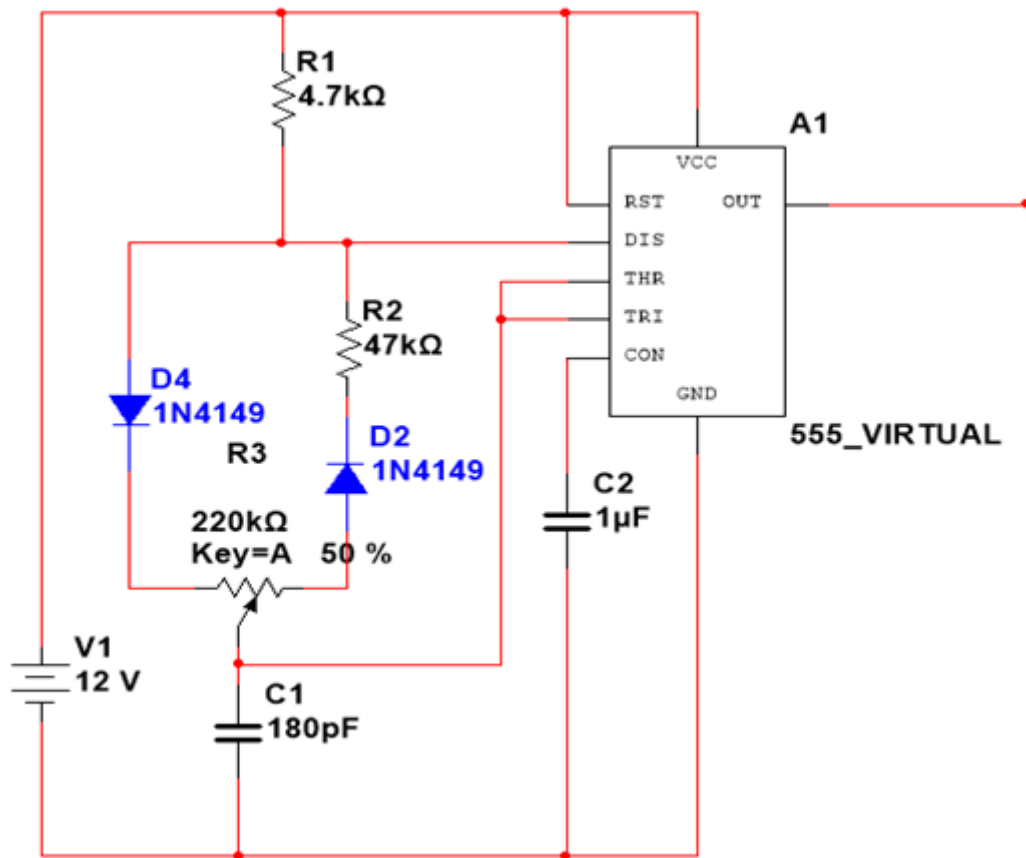


Figura 1 - Circuito PWM com ciclo de trabalho variável.

Os valores dos componentes usados no circuito são:

$$R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 47 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 180 \text{ pF}$$

$$C_2 = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

$$D_2 = D_4 = 1\text{N}4149$$

### CIRCUITO DRIVER

O circuito driver é necessário para que a tensão no gate do mosfet atinja o valor especificado pelo fabricante para acionamento do mesmo. Além disso, um resistor de coletor e outro de base são necessários, para obter um ganho de tensão na saída do driver. A saída em questão encontra-se entre o resistor  $R_5$  e o terminal de coletor do transistor, onde é ligado o gate do mosfet. Os componentes utilizados neste circuito são, um transistor BC 337, um resistor de base  $R_4 = 1\text{ k}\Omega$  e um resistor de coletor  $R_5 = 330\text{ }\Omega$

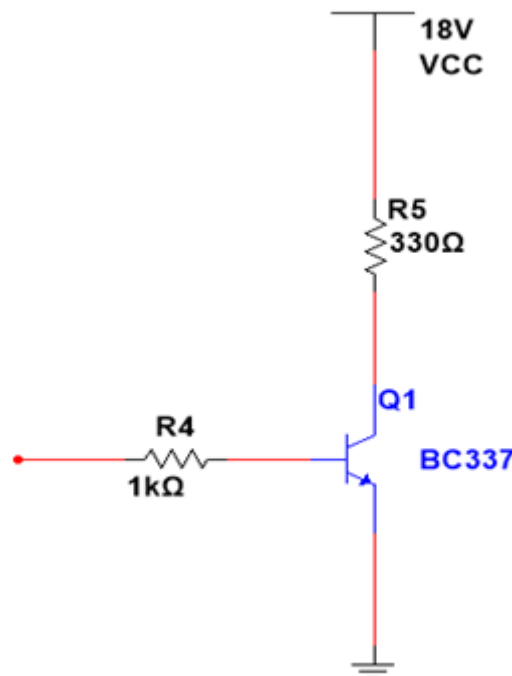


Figura 2 – Circuito driver.

### CIRCUITO DO CONVERSOR

O conversor é composto por um mosfet IRF 540, que será alimentado com 12 V, chaveando à uma frequência de 25 kHz proveniente do circuito PWM através do driver; um diodo MUR 820; um capacitor eletrolítico de 2,2  $\mu\text{F}$  e 25 V; um indutor construído em núcleo de ferrite tipo E, com fio AWG 21 cuja indutância é de 2 mH e resistência interna de 0,35  $\Omega$ .

A resistência interna do indutor, provoca uma queda de tensão de 0,5 V, enquanto o diodo possui queda de 0,75 V, além da queda de tensão de 0,11 V causada pela resistência de chaveamento do mofet  $R_{ds(on)} = 0,077 \Omega$ , totalizando uma perda de 1,36 V. Logo a tensão máxima na saída é próxima de 8,84 V, com a razão cíclica máxima de 85 %.

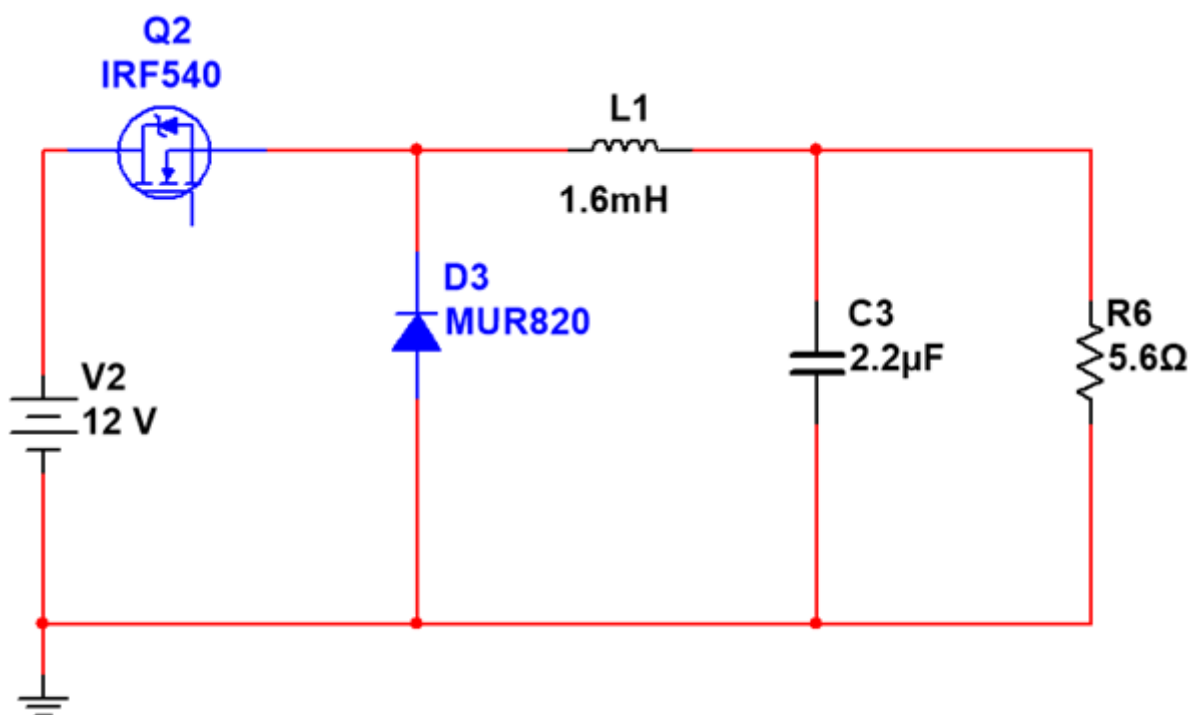


Figura 3 - Conversor Buck 12 V para 6 V.

Na Figura 4a, tem-se o circuito projetado no software Eagle. Já na Figura 4b, tem-se a placa de circuito em cobre.

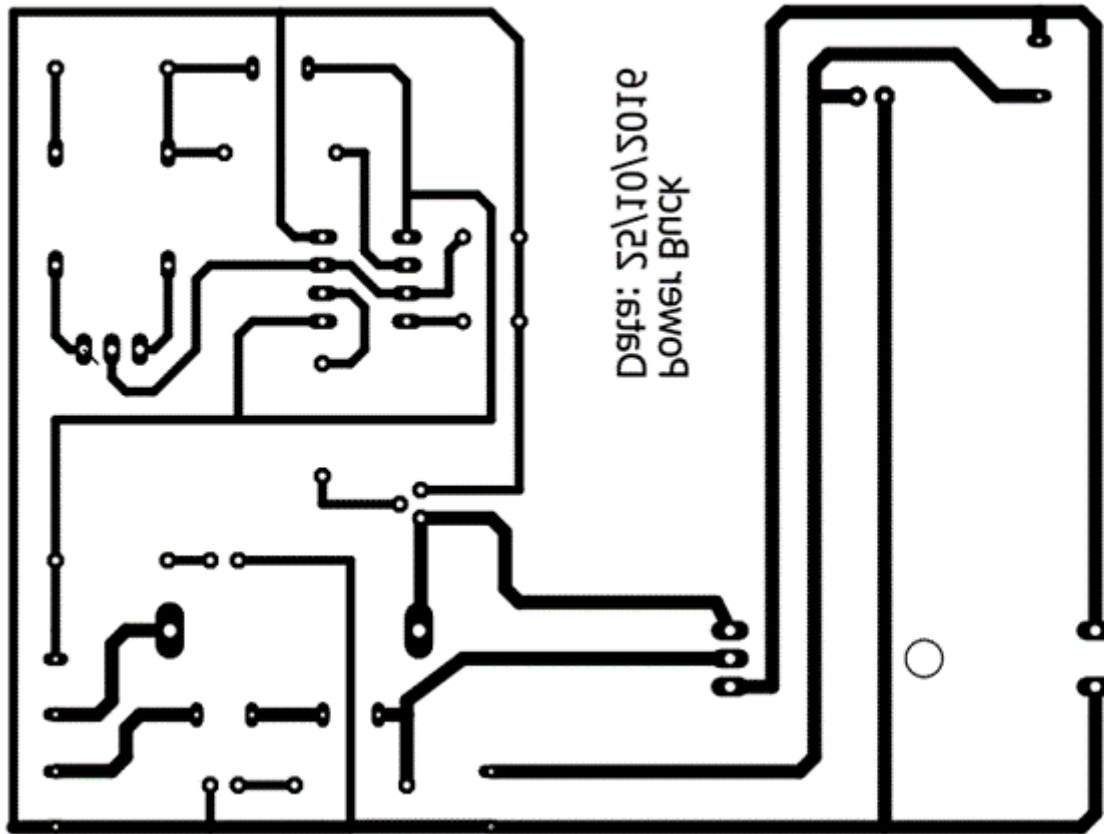


Figura 4 – Circuito projetado em software.

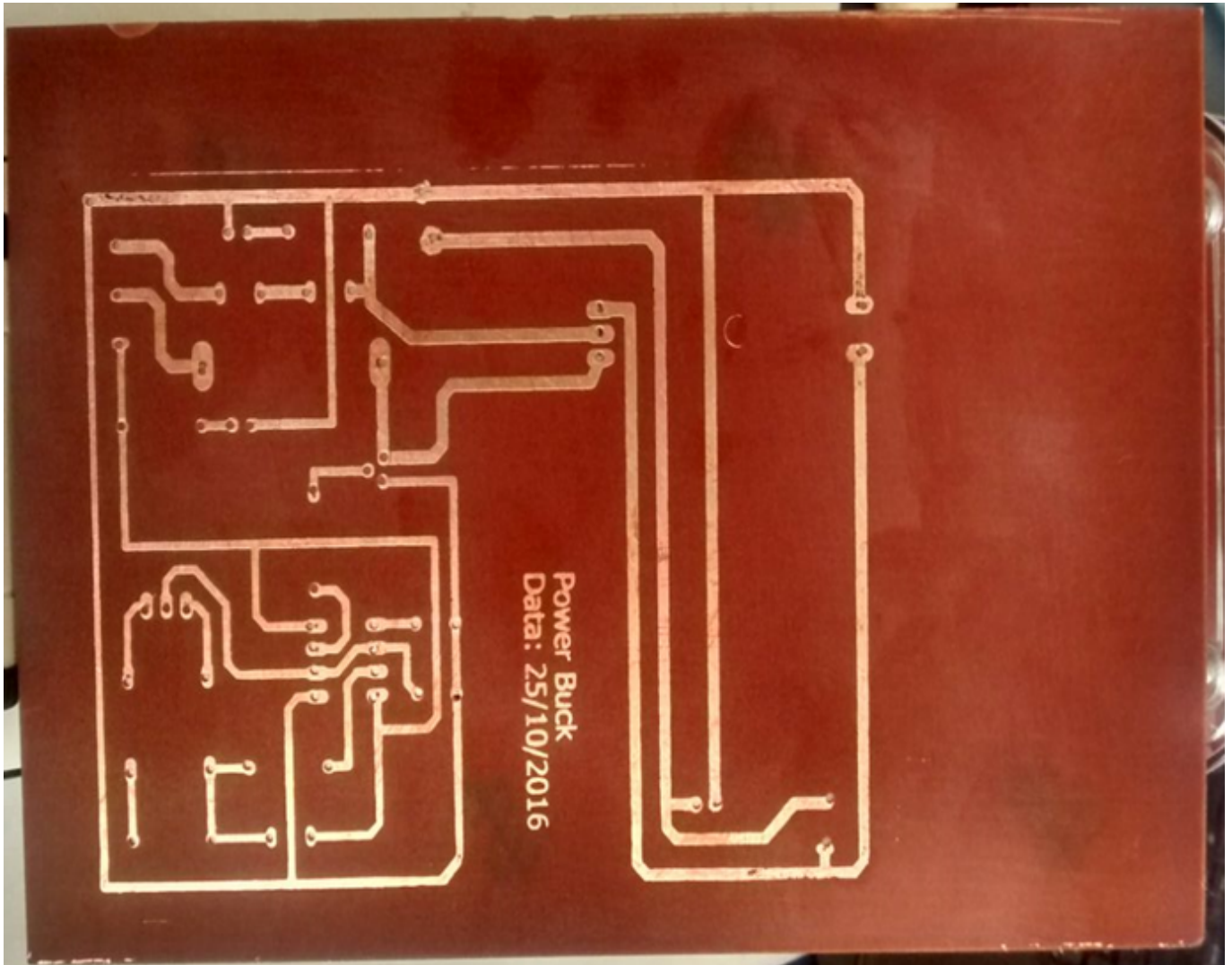


Figura 5 - Placa do conversor Buck.

Já na Figura 6, é apresentado o projeto completo com os circuitos PWM, circuito driver e conversor Buck, com todos os componentes já soldados.



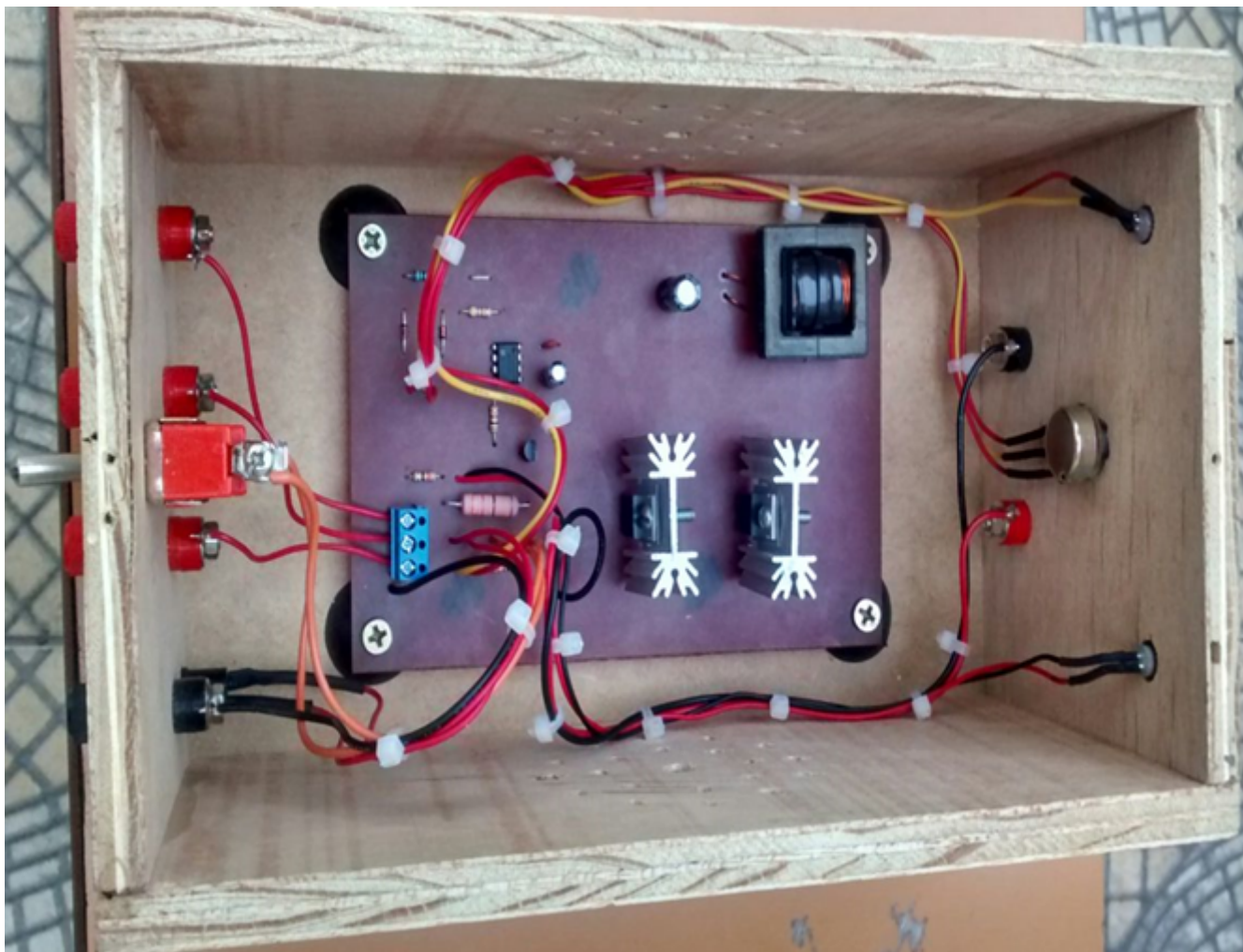


Figura 6 – PWM, circuito driver e conversor Buck soldados na placa.

Algumas implementações foram realizadas, visando tornar o projeto mais completo. São elas a adição de um fusível, chave liga/desliga, led's de indicação para o circuito PWM e para o conversor, além de uma caixa para acomodação do projeto. Na Tabela 2, tem-se todos os materiais utilizados para a elaboração deste projeto.

Tabela 2 – Lista de matérias.

Componentes / Materiais	Quantidade
Transistor Mosfet de Potência IRF9540	1
Chave Alavanca KN-1021 ON-OFF	1
Led 5mm Vermelho Difuso	1

Led 5mm Verde Difuso	1
Suporte para LED 5mm Preto	2
Resistor MR25 47 KOhms	1
Resistor MR25 4.7 KOhms	1
Potenciômetro. 3T WH-148-1 L20 220k	1
Resistor CR25 1 KOhms	1
Resistor CR25 ¼W 330Ohms	1
Porta Fusível BLX-1 tampa preta 5×20	1
CI LM555CN	1
Capacitor ELCO 250V 1uF	1
Diodo de Alta Velocidade 1N4148	2
Capacitor de Disco 50V 180pF	1
Capacitor ELCO 63V 2,2uF	1
Diodo retificador Ultra Rápido MUR820	1
Dissipador NT003-25 sem furo	2
Borne p/ pino Banana médio Preto	2
Borne p/ pino Banana médio Vermelho	4
Transistor BC337	1
Fusível de vidro 250V 5×20 2A	2
Par de Núcleo NEE-30/15/7-IP12R	1
Carretel E30/15/7 10 Horizontal	1
Resistor Porcelana 15W 5,6 Ohms	1
Cooler 12V 0,1ª 5×5 mm	1
Abraçadeira de Nylon 100 mm	25
Boner de encaixe 12,6 mm 3 conexões	1
Conector Sindal 2,5 mm	2
Suporte para placa preto 25mm	4

## RESULTADOS

Na Figura 7, tem-se os sinais de tensão e corrente de saída do circuito, obtidos por um

osciloscópio, para 50 % da razão cíclica, sendo a tensão 5,21 V e a corrente 0,894 A.

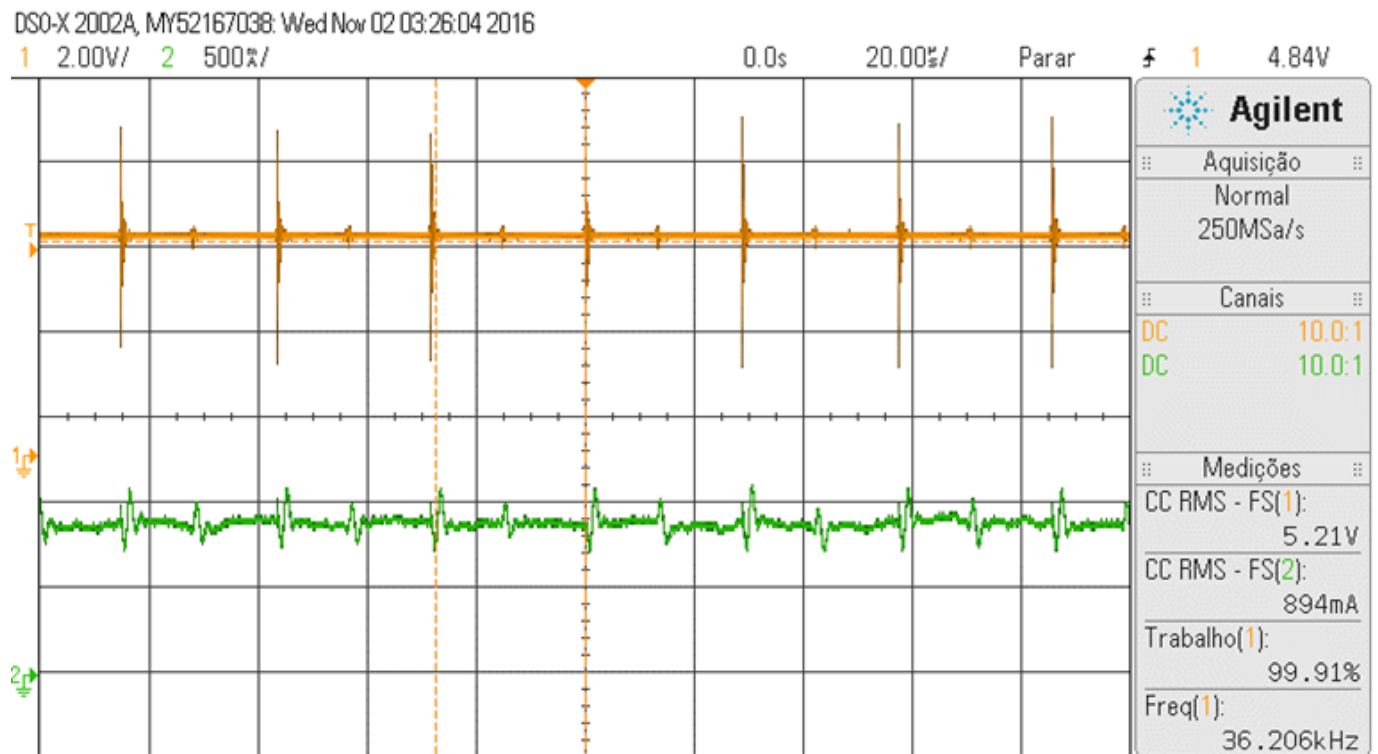


Figura 7 - Sinais de tensão e corrente de saída com 50 % da razão cíclica.

Na Figura 8 tem-se os sinais de tensão e corrente de saída projetados, sendo a tensão 6,19 V e a corrente 1,07 A.

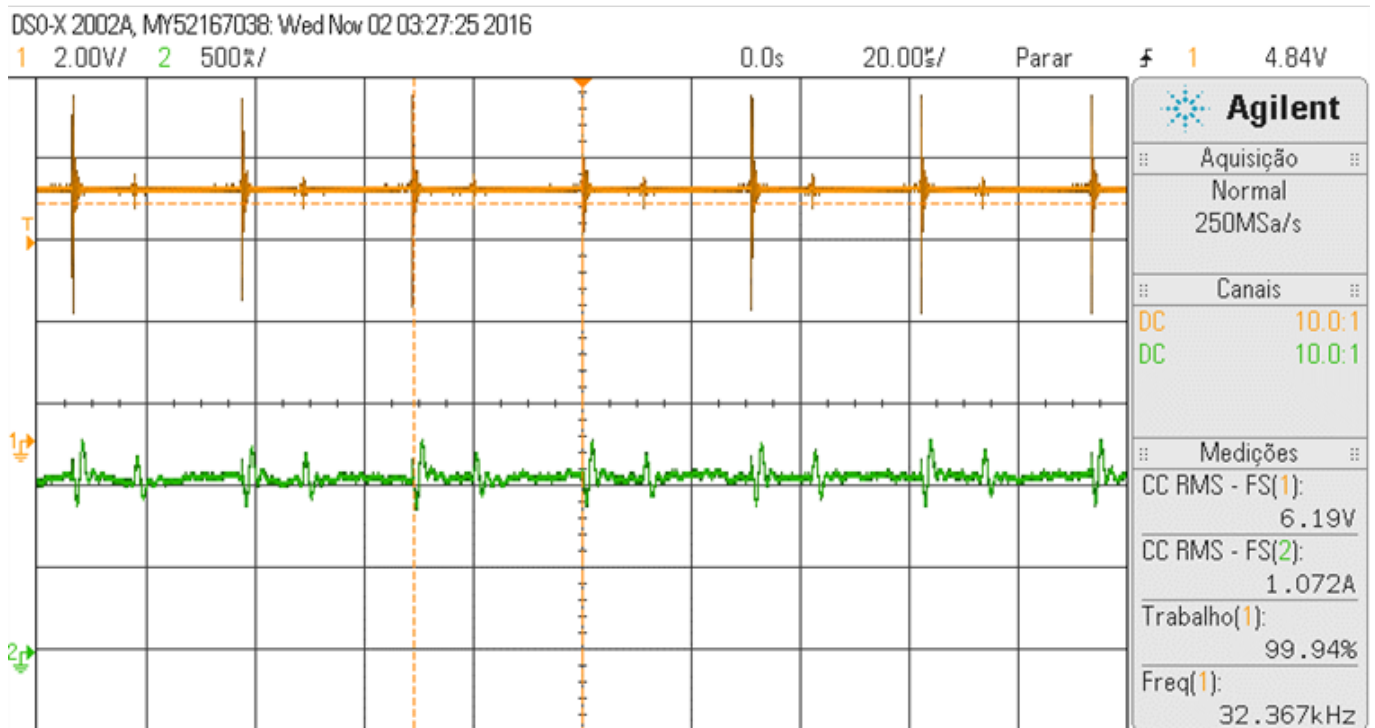


Figura 8 - Sinais de tensão e corrente de saída especificadas no projeto.

Na Figura 9, tem-se os sinais de tensão e corrente máximos na saída do conversor, sob a condição de máxima carga, sendo a tensão 8,06 V e a corrente 1,47 A.

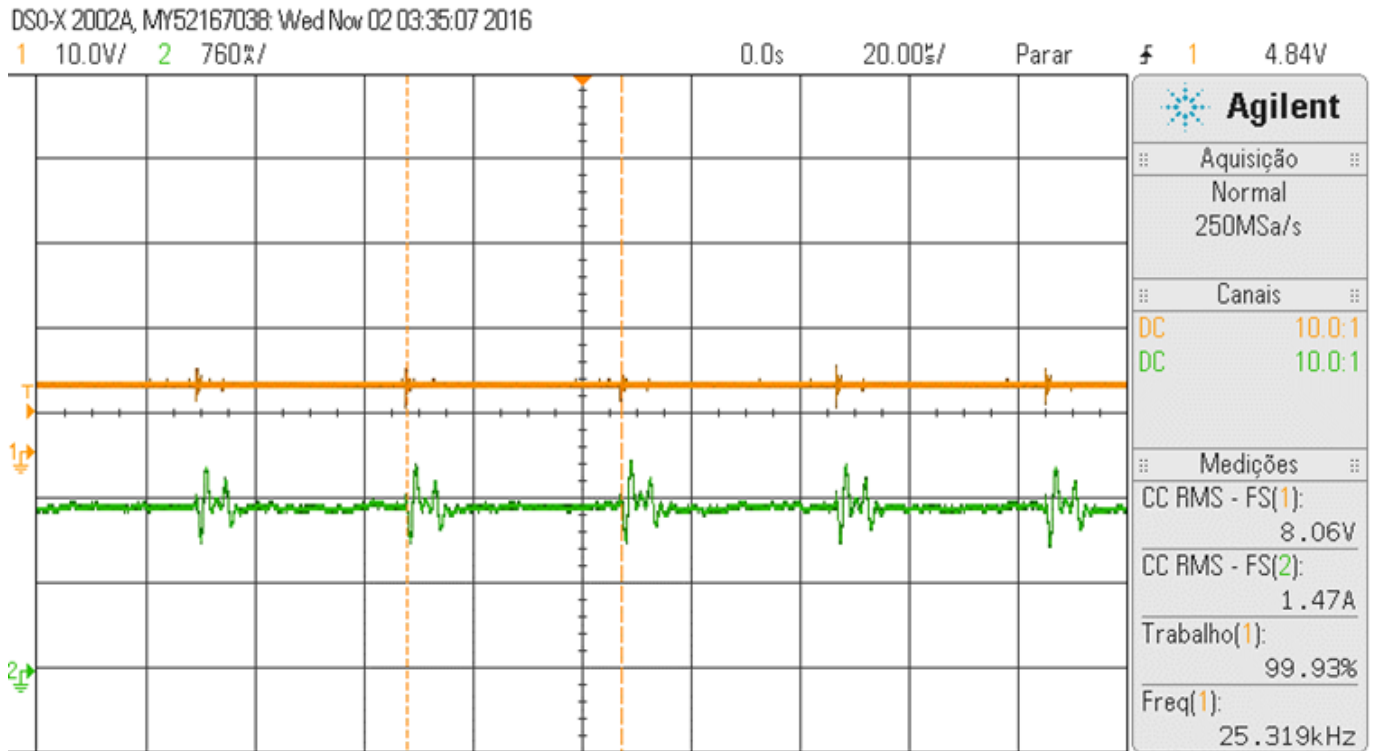


Figura 9 - Tensão e corrente máximas.

Na Figura 10, tem-se as oscilações de tensão e corrente na saída do conversor, sendo a variação de tensão 65,2 mV e a variação de corrente 51,2 mA.

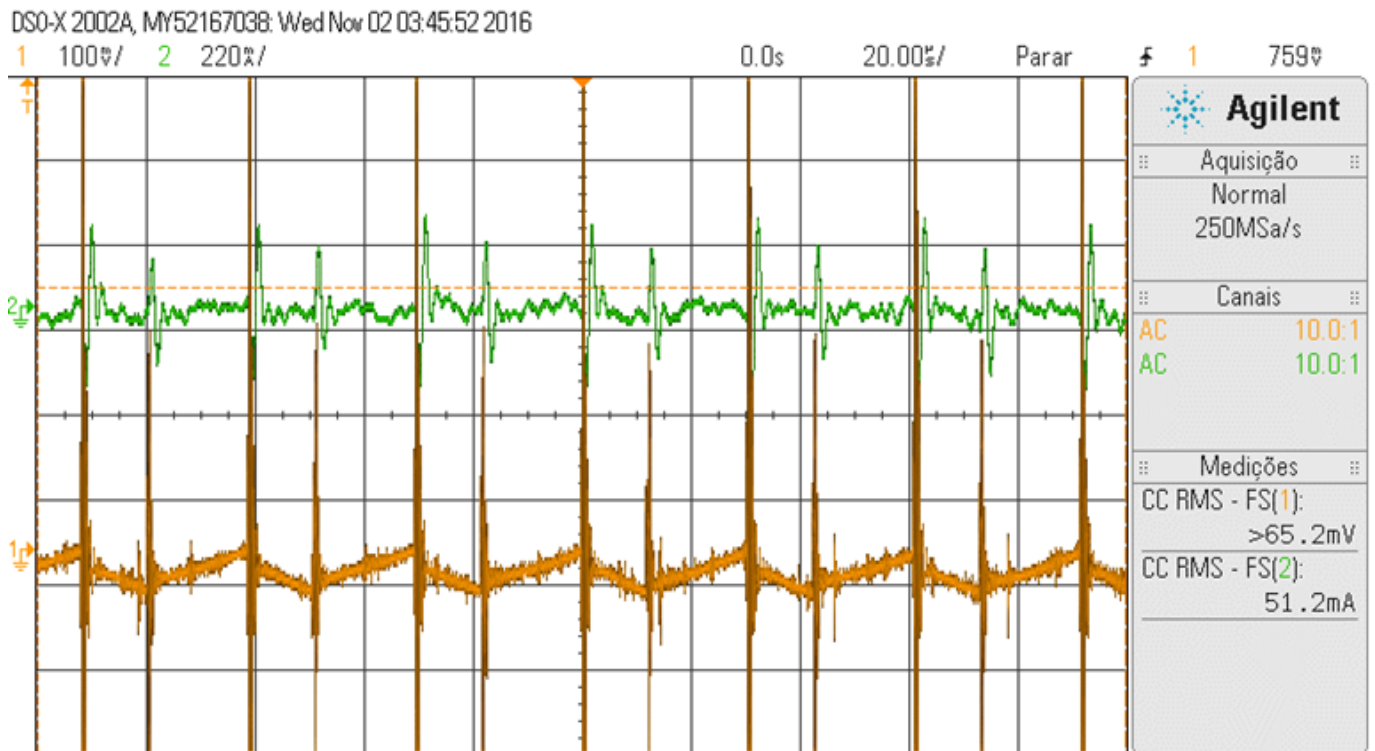


Figura 10 - Oscilação da tensão e corrente de saída do circuito.

## CONCLUSÃO

Com 50 % da razão cíclica, a tensão de saída foi inferior ao valor projetado, isto ocorre devido as perdas por chaveamento do mosfet, além das quedas de tensão no diodo e no indutor. Para se obter na saída a tensão e a corrente de projeto (Figura 8), fez-se necessário que a razão cíclica fosse ajustada para 64 %, compensando assim as perdas do circuito. As medições obtidas com o uso do osciloscópio mostram que as oscilações de tensão e corrente do conversor, estão dentro das variações máximas calculadas, sendo 300 mV para tensão e 53 mA para corrente. O projeto do conversor CC-CC Buck apresentou bom funcionamento para aplicações didáticas de eletrônica.

## BIBLIOGRAFIA

BARBI, Ivo; FONT, Carlos Henrique Illa; ALVES, Ricardo Luis. *Projeto físico de indutores e transformadores*. INEP, 2002.

EXE, PSIM®. Versão 8.0.3 Programa de simulação de Circuitos Elétricos e Eletrônicos.

MULTISIM. Versão 12.0 Programa de simulação de Circuitos Elétricos e Eletrônicos.

<sup>[1]</sup> Bacharel em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de São João del Rei – MG

<sup>[2]</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de São João del Rei – MG

<sup>[3]</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de São João del Rei – MG

<sup>[4]</sup> Bacharel em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de São João del Rei – MG