



USO DE RASPBERRY PI COMO SERVIDOR WEB PARA ACIONAMENTO MICROCONTROLADO DE CONVERSORES CC-CC

Laio Oriel Seman¹ – laioseman@gmail.com
Luiz Carlos Gili¹ – luizcarlosgili@gmail.com
Cleiton Gili¹ – cgilinet@gmail.com
Sérgio Vidal Garcia de Oliveira^{1,2} – sergio_vidal@ieee.org
Romeu Hausmann¹ – romeuh@furb.br

¹ Universidade Regional de Blumenau - FURB
Rua São Paulo, 3250 – Itoupava Seca
89030-000 – Blumenau – SC

² Universidade do Estado de Santana Catarina - UDESC
Campus Universitário Prof. Avelino Marcante, S/N – Bom Retiro
89223-100 – Joinville – SC

Resumo: A importância das práticas de laboratório no ensino de Eletrônica de Potência, mais especificamente na área de conversores estáticos já é um fator consolidado. Elas são, no entanto, prejudicadas pela falta de tempo disponível para conciliar a teoria e a experimentação ou ainda pelas limitações de infraestrutura. Como forma de amenizar essa situação, são por vezes propostos, kits para facilitar a criação de um modelo mental do estudante em relação à disciplina corroborando com a teoria de ensino de Papert. Porém, nos dias atuais, esses kits não devem ser apenas funcionais, eles devem ser de fácil manuseio e de alta portabilidade, por isso este trabalho busca levar a facilidade da interface WEB e a portabilidade do Raspberry PI a um kit de geração de sinais PWM para acionamento de conversores CC-CC.

Palavras-chave: Raspberry PI, educação engenharia, kit PWM, conversores CC-CC.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de conversores estáticos na Engenharia Elétrica continua sendo um desafio para os professores quanto à conciliação do tempo de atividades teóricas e atividades práticas. Para auxiliar neste ambiente, Seman, *et al.* (2013) propôs uma plataforma educacional, mostrada na Figura 1, para a geração dos pulsos de comando PWM de conversores CC-CC, abrangendo as principais topologias de conversores estáticos.

Apesar do bom desempenho da plataforma apresentada, um dos problemas encontrados foi a falta de mobilidade do aparato, que deveria ser conectado permanentemente em um computador via USB para obter seu correto funcionamento, conforme Figura 2.

Figura 1 – Plataforma proposta por Seman, *et al.* 2013.

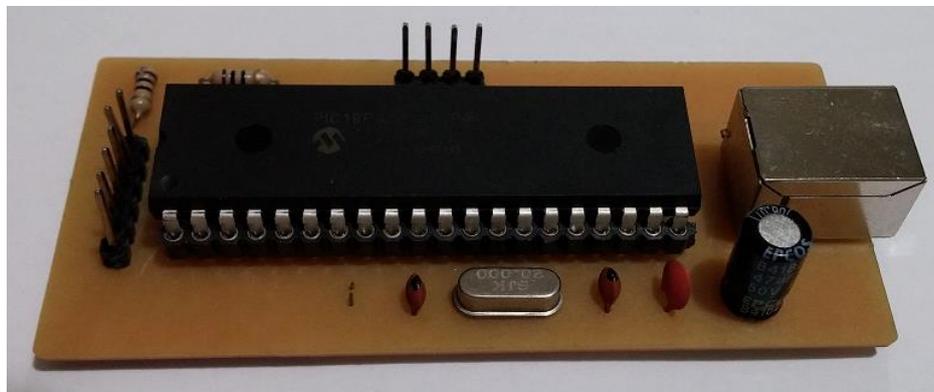
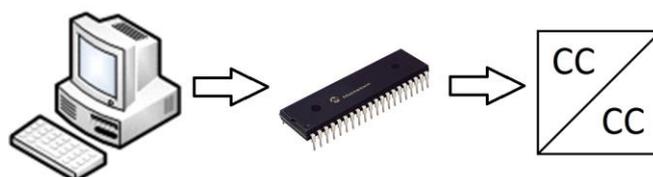
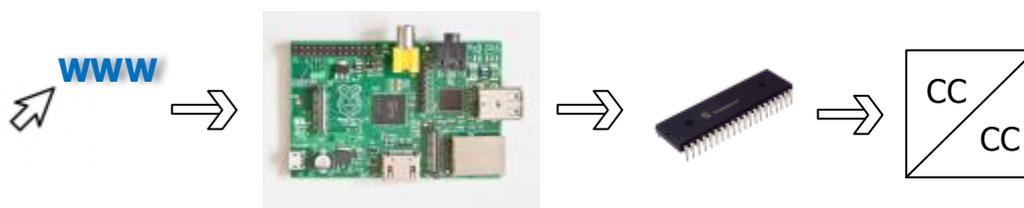


Figura 2 – Esquema de conexão para a plataforma da Figura 1 (SEMAN, *et al.* 2013).



Este trabalho propõem uma melhoria na plataforma anteriormente apresentada, substituindo o computador clássico por um dispositivo Raspberry PI funcionando como servidor WEB e responsável pela alimentação e conectividade com o microcontrolador. Deste modo, é possível tirar vantagem de todos os modos de geração de pulsos propostos por Seman, *et al.* (2013) através de qualquer dispositivo com acesso à internet capaz de renderizar páginas HTML com JavaScript. O novo esquema de conexão é representado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema de conexão da plataforma didática empregando Raspberry PI.



2. RASPBERRY PI

De forma resumida, o Raspberry PI (RPI, Figura 4) pode ser visto como um mini computador de dimensões equivalentes a um cartão de crédito equipado com processador ARM. A plataforma surgiu com o objetivo de ser um kit de desenvolvimento de baixo custo voltado a estudantes, e nos últimos anos vem ganhando notoriedade na comunidade de hobistas de programação e eletrônica (RASPBERRY PI FOUNDATION, 2014).

Figura 4 – Raspberry PI.



A plataforma passou através dos últimos meses por algumas revisões onde componentes foram adicionados e erros corrigidos, a última grande modificação ocorreu em outubro de 2012, onde a memória RAM foi aumentada de 256 pra 512MB. Na Tabela 1 estão listadas as características do modelo específico utilizado no projeto.

Tabela 1 – Característica do Raspberry PI modelo B anterior a outubro de 2012.

Componente	Modelo
SoC	Broadcom BCM2835
CPU	700 MHz ARM11 ARM1176JZF-S core
GPU	Broadcom VideoCore IV,OpenGL ES 2.0,OpenVG 1080p30 H.264 high-profile encode/decode
Memória	258 MB
Alimentação	700 mA (3,5W)

Apesar do tamanho reduzido, é possível rodar uma distribuição Linux completa em um RPi, estando entre as mais famosas adaptadas para a plataforma o Debian e o Arch Linux, sendo esta última a escolhida para o andamento deste projeto.

A opção pelo Arch Linux como distribuição do projeto ocorreu por ela ser leve, flexível e possuir além de uma comunidade ativa, também uma vasta documentação on-line que engloba desde informações básicas para o usuário iniciante, como parâmetros de configuração mais avançadas para usuários experientes (ARCH LINUX ARM, 2014).

3. INTERFACE WEB

A interface WEB hospedada no Raspberry PI, mostrada na Figura 5, tem como objetivo ser fácil e intuitiva ao estudante, expondo de maneira clara as principais opções do da plataforma para geração dos sinais PWM. Ela é gerada e manipulada por uma biblioteca da linguagem de programação Python, responsável por capturar os comandos definidos pelo usuário, e enviá-los através uma porta USB até o micro controlador conectado ao RPi.

Figura 5 – Tela geral da interface WEB.

The screenshot shows the PyPWM_web web interface. It features a dark header with the text 'PyPWM_{web}'. Below the header, there are three tabs: 'Genérico' (selected), 'Half-Bridge', and 'Full-Bridge'. The 'Genérico' tab contains the following settings: 'Frequência (kHz):' with a text input field containing '25.0', 'Razão Cíclica PWM1 (%):' with a text input field containing '50.0', and 'Razão Cíclica PWM2 (%):' with a text input field containing '50.0'. To the right of these settings are two checked checkboxes: 'Ativar PWM1' and 'Ativar PWM2'. A large 'OK' button is positioned below these checkboxes. Below the main settings area, there are two sub-sections: 'UP/DOWN' and 'Inversões'. The 'UP/DOWN' section has a checked checkbox for 'Pino 1 (PWM1)', and the 'Inversões' section has checked checkboxes for 'Pino 2 (P1A/PWM2)', 'Pino 3 (P1B)', 'Pino 4 (P1C)', and 'Pino 5 (P1D)'. A second 'OK' button is located to the right of the 'Inversões' section.

O primeiro modo de geração de pulsos disponível via interface WEB é denominado de “Genérico”, apresentado na Figura 6, nele o estudante pode gerar dois pulsos de mesma frequência, com razões cíclicas independentes.

Figura 6 – Modo “Genérico” de geração de pulsos.

This screenshot is identical to the one in Figure 5, showing the 'Genérico' mode configuration. It displays the same settings for frequency (25.0 kHz), duty cycle (50.0% for both PWM1 and PWM2), and the 'Ativar PWM1' and 'Ativar PWM2' checkboxes, along with the 'OK' button.

No segundo modo, denominado “Half-Bridge”, mostrado na Figura 7, são gerados dois pulsos complementares. Na interface cabe ao estudante definir a frequência, a razão cíclica (devido ao modo complementar, caso seja escolhida uma razão cíclica de 70%, um pulso ficará em 70% tempo ativo enquanto outro se manterá por apenas 30%) e um possível tempo morto entre eles para prevenir problemas de comutação. Em aplicações práticas, conversores half-bridge operam com razões cíclicas iguais e complementares, resultando em razões cíclicas menores que 50%.

Figura 7 – Modo de geração de pulsos “Half-Bridge”.

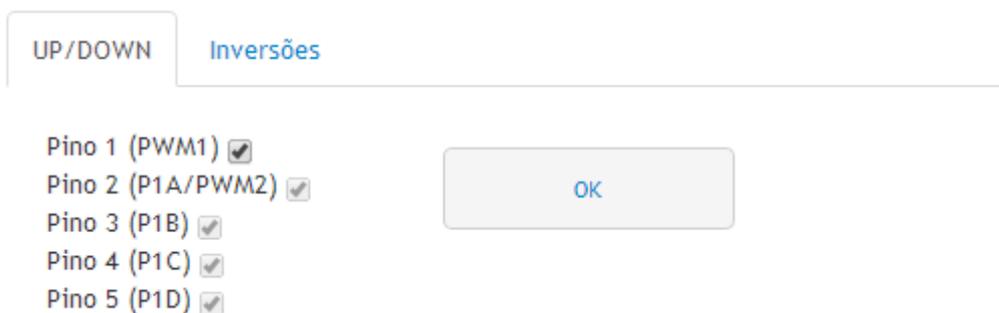
O terceiro modo, denominado “Full-Bridge” e apresentado na Figura 8, é responsável por controlar quatro pulsos de saída. O modo como estes pulsos são gerados tomam como base o acionamento de um motor CC, portanto apenas dois dos quatro pulsos são ativos por vez, podendo definir o sentido de rotação do motor em tempo real (através do botão “Inverter”).

Aqui é também disponibilizada ao aluno uma opção de aceleração e desaceleração para ser aplicada ao motor, ao mesmo tempo em que pode definir o tempo em que essa rampa de velocidade acontecerá.

Figura 8 – Modo de geração de pulsos “Full-Bridge”.

Como em cada modo de geração nem todos os pinos de saída são utilizados ao mesmo tempo, é disponibilizada ao usuário uma opção de usá-los como simples saídas (0 ou 5V), cabendo a ele selecionar quais deseja manter em nível alto e quais deseja manter zerados. A interface responsável por essas opções é representada na Figura 9.

Figura 9 – Ativação e desativação dos pinos excedentes.



UP/DOWN **Inversões**

Pino 1 (PWM1)

Pino 2 (P1A/PWM2)

Pino 3 (P1B)

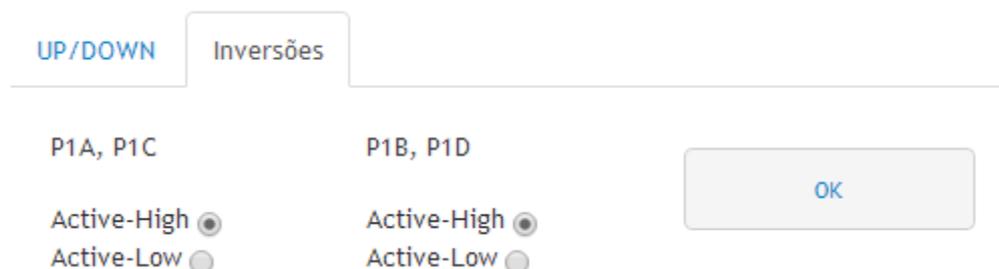
Pino 4 (P1C)

Pino 5 (P1D)

OK

A última opção disponível na interface, mostrada na Figura 10, diz respeito a inversão dos pinos. Através delas o usuário pode inverter completamente um dos pinos de saída, fator que pode permitir, por exemplo, o acionamento de conversores com entrada em corrente.

Figura 10 – Inversões dos pinos de saída.



UP/DOWN **Inversões**

P1A, P1C

Active-High

Active-Low

P1B, P1D

Active-High

Active-Low

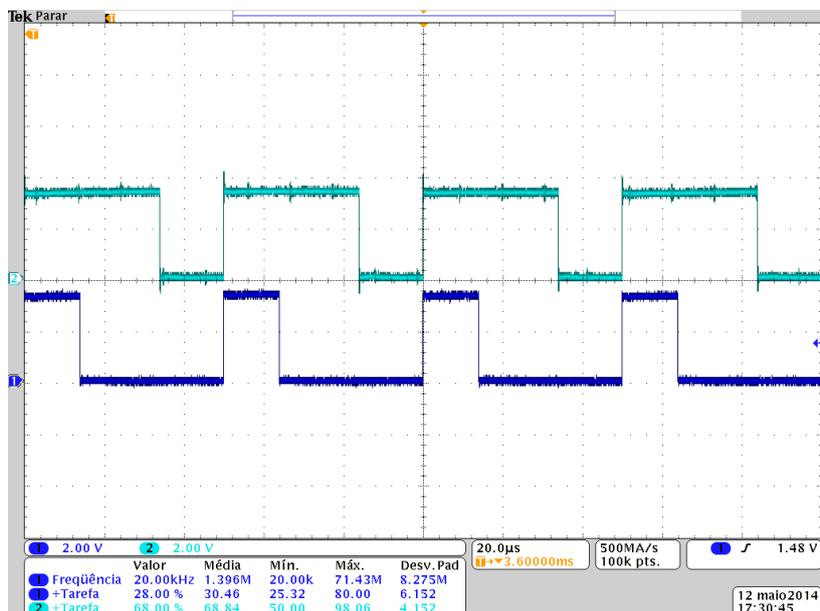
OK

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Como forma parcial de testar o funcionamento do kit comandado através da interface WEB, alguns tipos de comandos foram definidos e capturados com o auxílio do osciloscópio.

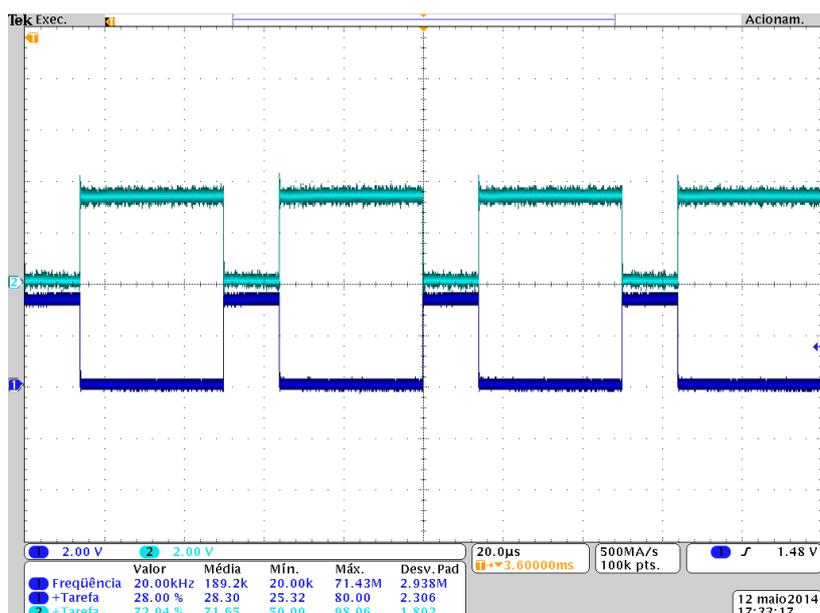
Na Figura 11 está representado o funcionamento no modo “Genérico”, onde são gerados dois pulsos de mesma frequência, com razões cíclicas diferentes. Os pulsos possuem frequência de 20kHz e razões cíclicas respectivas de 28% e 68%.

Figura 11 – Pulsos para o modo “Genérico”.



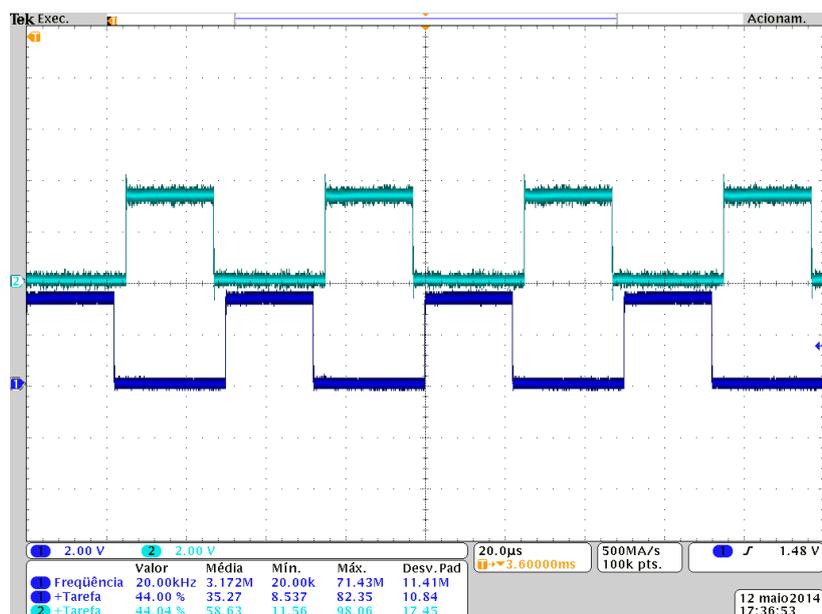
Já na Figura 12 o funcionamento no modo “Half-Bridge” é testado, gerando pulsos complementares. Mantendo a frequência de 20kHz os pulsos possuem agora razões cíclicas de 28% e 72%.

Figura 12 – Pulsos para o modo “Half-Bridge” sem tempo morto.



Por fim, na Figura 13 o modo “Half-Bridge” foi novamente testado, dessa vez fazendo uso da opção de tempo morto, onde o mesmo foi definido de forma exagerada para melhor visualização.

Figura 13 – Modo “Half-Bridge” com tempo morto.



4.1. Teste em conversor

Para testar a operação do kit ligado a um equipamento real, foi utilizado um conversor full-bridge com entrada em corrente, apresentado na Figura 14, contendo as especificações mostradas na Tabela 2 (BARBI, 2011; MOHAN *et al.*, 1995).

Figura 14 – Foto do protótipo boost full-bridge.

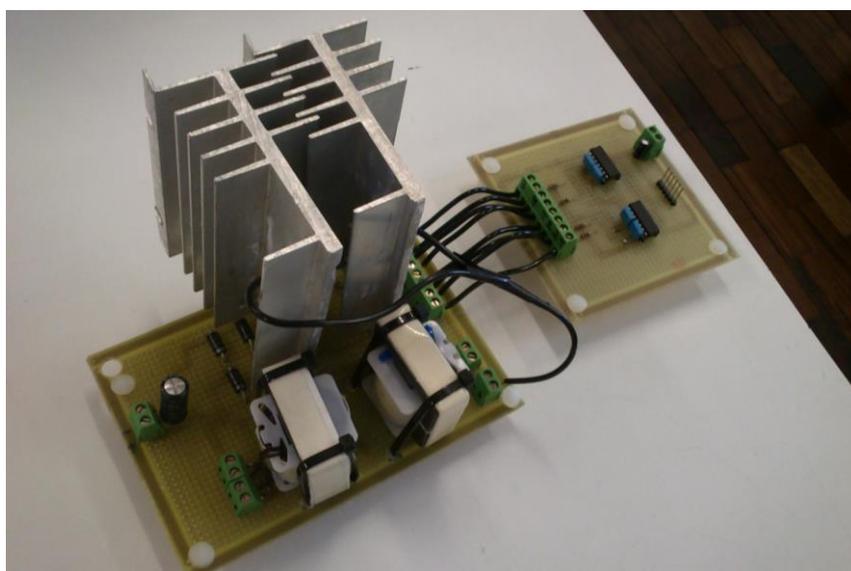
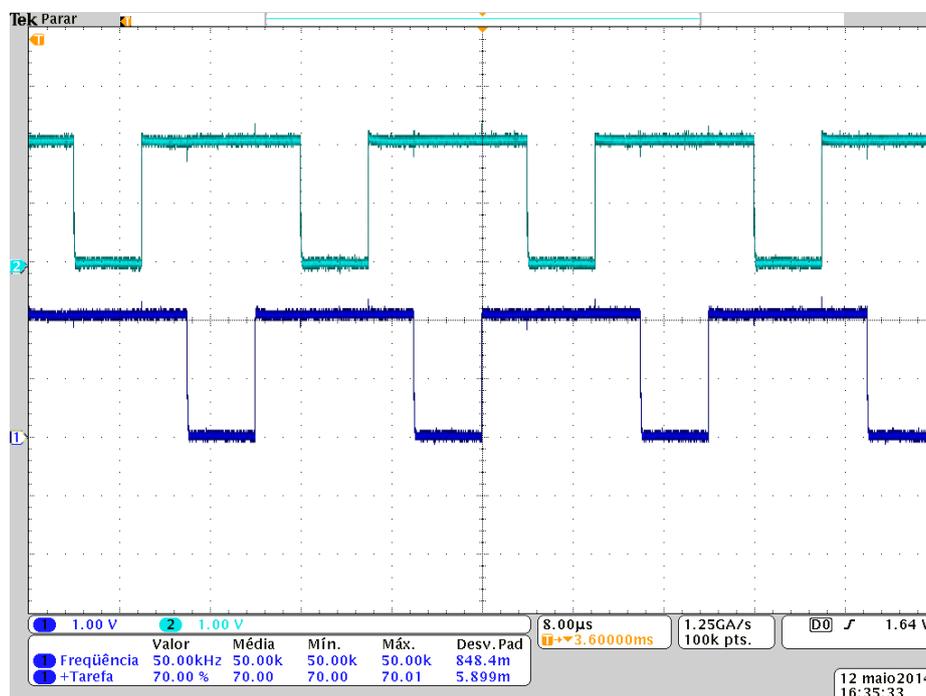


Tabela 2 – Especificações do conversor.

Característica	Valor
Tensão de entrada	34V
Tensão de saída	200V
Potência de saída	217W
Razão cíclica	70%
Ondulação de corrente	15%
Ondulação de tensão de saída	2%
Rendimento teórico	92%
Frequência de comutação	50kHz

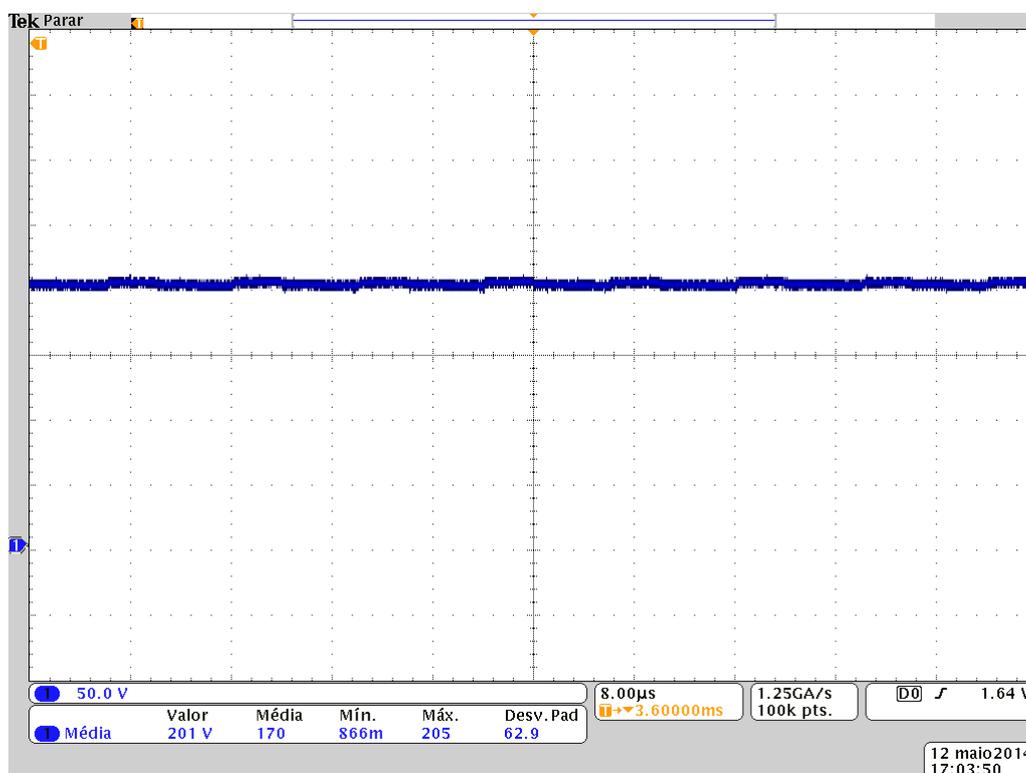
A Figura 15 representa os pulsos utilizados no acionamento do conversor, que foram gerados através do modo “Half-Bridge” em conjunto com as opções de inversão. Deste modo dois pulsos de mesma frequência, com razões cíclicas iguais (70%) e com uma defasagem de 180° foram obtidos.

Figura 15 – Pulsos de comando do conversor boost full-bridge.



Através da geração desses pulsos, foi possível obter a tensão de saída representada na Figura 16, com um valor médio de aproximadamente 200V.

Figura 16 – Tensão de saída do conversor.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi proposta e implementada a realização de uma interface WEB hospedada em um Raspberry PI para o kit elaborado por SEMAN, *et al.* 2013. Pode ser verificado neste caso que a plataforma RPi representa uma ferramenta poderosa capaz de auxiliar na criação de kits didáticos para o ensino de eletrônica de potência.

A praticidade trazida pela interface WEB também se destacou na realização do projeto, por permitir que o estudante possa, na ausência de um computador funcional no laboratório, controlar o kit através do seu próprio celular ou *tablet*.

Por fim, a funcionalidade da nova interface para controle do kit foi testada e comprovada através da montagem e acionamento de um conversor boost full-bridge.

6. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

ARCH LINUX ARM. Frequently Asked Questions. Disponível em: <
<http://archlinuxarm.org/support/faq>>. Acesso em: 01 abri. 2014.



BARBI, I. Eletrônica de potência: projetos de fontes chaveadas. Florianópolis: Ed do Autor, 2001.

MOHAN, N.; UNDELAND, T. M.; ROBBINS, W. P.. Power electronics: converters, applications, and design. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1995.

RASPBERRY PI FOUNDATION. Documentação. Disponível em: <<http://www.raspberrypi.org/help/>>. Acesso em: 09 abr. 2014.

SEMAN, L. O.; GILI, C.; GILI, L. C.; HAUSMANN, R. Kit Experimental de Conversores CC-CC Controlados Através de Interface USB Utilizando Software Livre sob GPLv3. Proceedings of International Conference on Engineering and Computer Education, v. 8, p. 268-272, 2013.

USING RASPBERRY PI AS A WEB SERVER FOR MICRO CONTROLLED DRIVE OF DC-DC CONVERTERS

Abstract: *The importance of laboratory practice in teaching power electronics, specifically in the area of static converters is already a consolidated factor. However, it is hampered by the lack of time available to conciliate theory and practice. As a way to help this situation are sometimes offered kits to facilitate the creation of a student's mental model in relation to the discipline corroborating the teaching theory of Papert. But nowadays, these kits should not only be functional, they must be easy to use and highly portable, so this work aims to bring the ease of the web interface and portability of the Raspberry PI to a kit to generate PWM signals for DC-DC converters.*

Key-words: *Raspberry PI, education in engineering, PWM kit, DC-DC static converters.*