

## APLICATIVO ANDROID COM CONECTIVIDADE BLUETOOTH PARA GERAÇÃO DE SINAIS PWM ATRAVÉS DE FPGA

**Laio Oriel Seman**<sup>1</sup> – laioseman@gmail.com  
**Luiz Carlos Gili**<sup>1</sup> – luizcarlosgili@gmail.com  
**Cleiton Gili**<sup>1</sup> – cgilinet@gmail.com  
**Sérgio Vidal Garcia de Oliveira**<sup>1,2</sup> – sergio\_vidal@ieee.org  
**Romeu Hausmann**<sup>1</sup> – romeuh@furb.br

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

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

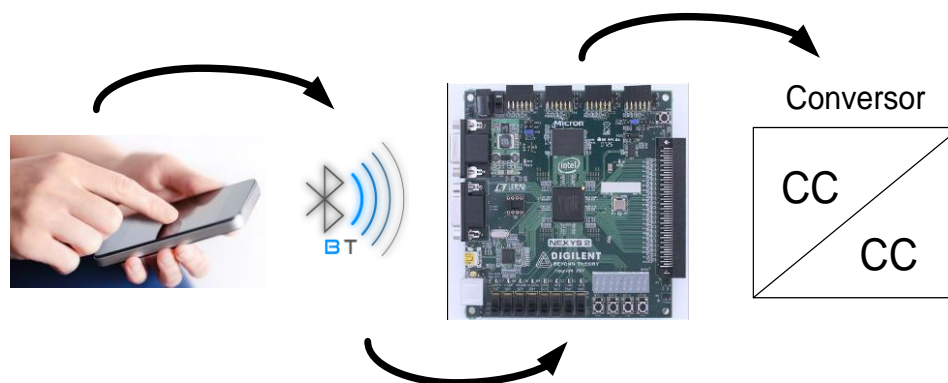
**Resumo:** Já é consolidado o conhecimento quanto a necessidade de exemplos práticos nas aulas de engenharia, mas especificamente neste caso na eletrônica de potência, pois ajuda a vivenciar o conhecimento adquirido através de aulas teóricas. Assim a fixação do conhecimento se torna mais simples e eficaz, mas nem sempre o aluno tem tempo hábil durante o semestre para construir todos os conversores e acioná-los, por este motivo propõem-se uma plataforma didática para facilitar as atividades práticas das aulas. Um aplicativo para android com comunicação bluetooth foi desenvolvido com o intuito de realizar o interfaceamento com um conversor CC-CC, pois em tempos que a tecnologia está na palma da mão, por que não utilizá-la a favor do aprendizado? Assim, com um telefone celular com android o aluno pode gerar os sinais para seu conversor. Resultados experimentais para um conversor boost full-bridge são apresentados.

**Palavras-chave:** FPGA, educação engenharia, kit PWM, conversores CC-CC.

### 1. INTRODUÇÃO

O ensino de conversores estáticos na Engenharia Elétrica continua sendo um desafio aos professores quanto a conciliar o tempo de atividades teóricas com atividades práticas. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um kit didático para auxiliar o aprendizado nas aulas de eletrônica de potência. Será utilizado um FPGA (*Field Programmable Gate Array*) para gerar os sinais de PWM (*Pulse Width Modulation*) para o conversor CC-CC Boost full bridge. Ele também fará a conexão via *bluetooth* com um sistema android, onde se realizará os ajustes do PWM para acionar o conversor, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Esquema de conexão.



Este trabalho busca gerar uma ferramenta poderosa para o aluno, pois em uma aula sobre conversores é estudado a fundo o seu funcionamento, mas a parte de geração de sinais para acioná-lo é visto de forma simples, coisa que não acontece na realidade, pois se o aluno não tiver um conhecimento de programação está simples tarefa pode se tornar mais complexa que o próprio conversor, é, contudo, importante destacar que existem também as soluções analógicas que empregam circuitos integrados dedicados para a realização desta função. Por isso foi desenvolvido um programa para geração de sinais genéricos, que se comunica através do *bluetooth* com o FPGA que gera os comandos.

## 2. FPGA

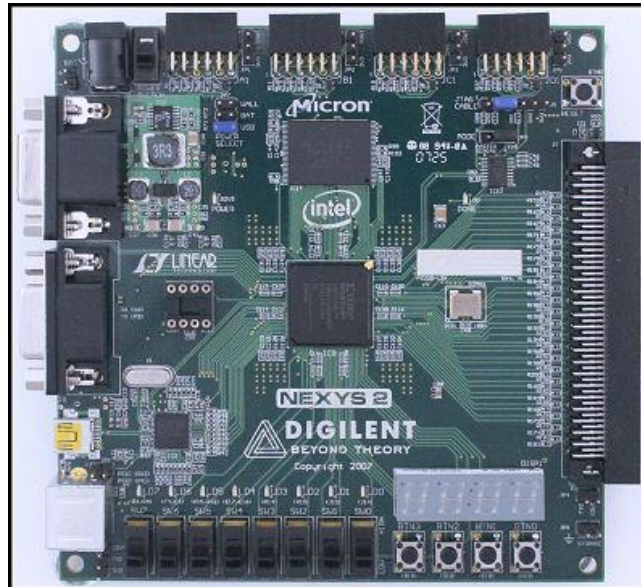
A tecnologia FPGA continua a ganhar impulso, e o mercado mundial de FPGA vem crescendo de US\$ 1,9 bilhões em 2005 para US\$ 2,75 bilhões em 2010. Desde sua invenção em 1984 pela Xilinx, os FPGAs passaram de um simples chip de lógica personalizada até realmente substituir circuitos integrados de aplicações específicas para processamento de sinais e aplicações de controle (NATIONAL INSTRUMENTS, 2011).

FPGA são várias portas reconfiguráveis de silício semelhantes a uma matriz, onde possuem capacidade de se interligarem de acordo com configuração desejada. Esta configuração é feita através de uma programação dirigida a hardware.

Os FPGA estão em ascensão no mercado pois combinam a melhor parte de sistemas baseados em processador e de circuitos integrados de aplicações específicas (*application-specific integrated circuits* – ASIC), pois tem grande confiabilidade e velocidade de temporização por *hardware* onde se pode fazer funções em paralelo, mas não exigem grande volume como na utilização de circuitos integrados dedicados.

Para gerar os sinais de comandos e receber os sinais via *bluetooth* para este projeto utilizou-se a plataforma de desenvolvimento da Digilent Nexys 2, que possui o FPGA Spartan 3E da Xilinx (Figura 2) (XILINX, 2007).

Figura 2 – FPGA.



### 3. INTERFACE

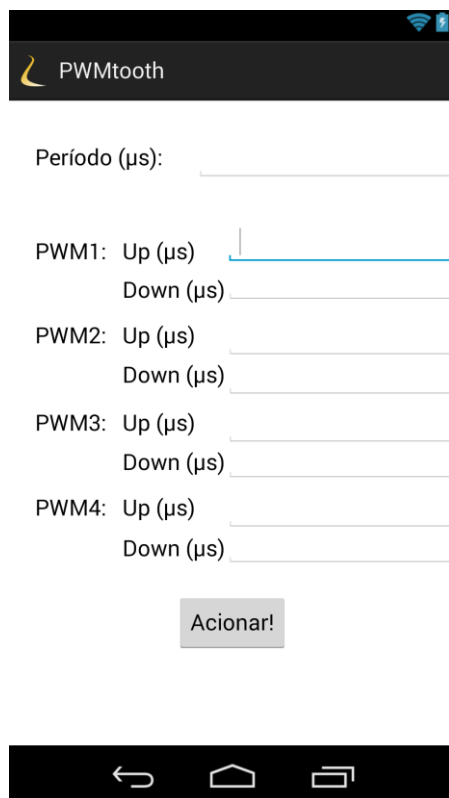
O padrão *Bluetooth* baseia-se num modo de funcionamento mestre/escravo. Um mestre pode estar conectado simultaneamente a até um máximo de 7 periféricos escravos. O estabelecimento de uma conexão entre dois periféricos *Bluetooth* segue um procedimento relativamente complicado que permite assegurar um certo nível de segurança, de acordo com a seguinte sequência (KIOSKEA, 2014).

- Fase de inquirição: descoberta dos pontos de acesso
- Sincronização com o ponto de acesso (*paging*)
- Descoberta dos serviços do ponto de acesso
- Criação de um canal com o ponto de acesso
- Emparelhamento com ajuda de um código PIN (segurança)
- Utilização da rede

Quando o emparelhamento é efetivo, o periférico mestre fica livre para utilizar o canal de comunicação assim estabelecido. Foi desenvolvida uma interface totalmente genérica para facilitar a geração de sinais como visto na Figura 3 para que o usuário possa acionar com facilidade um ou mais conversores ao mesmo tempo.

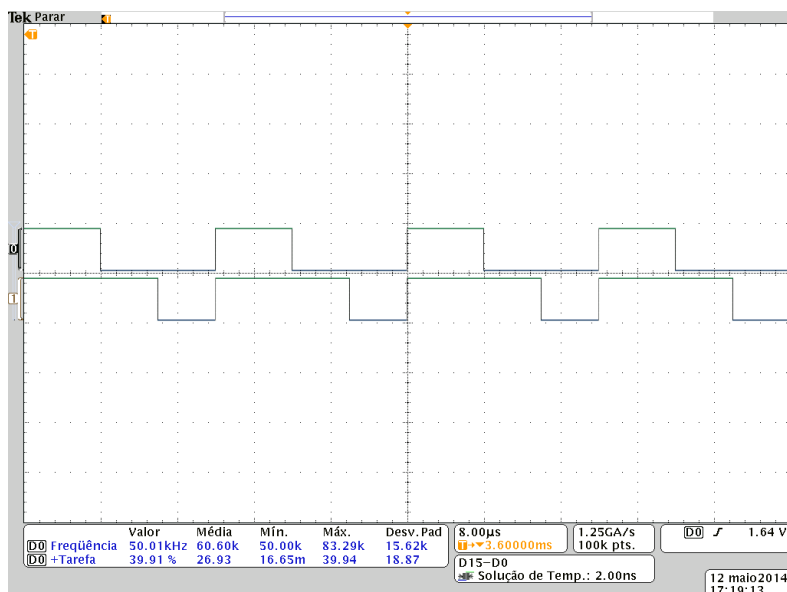
Os dados de entradas são em  $\mu s$  (micro segundos), assim o usuário pode calcular a frequência de chaveamento de seu conversor e entrar com os dados na primeira linha na caixa correspondente ao período. Em seguida pode-se habilitar até quatro PWMs para gerar os comandos, para cada PWM escolhe-se os tempos em que ele é ligado (*up*) e que é desligado (*down*).

Figura 3 – Interface.



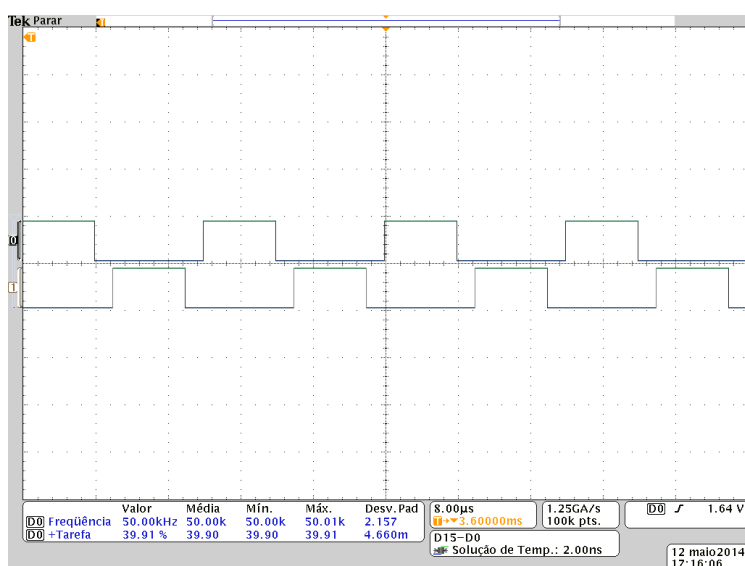
A Figura 4 mostra dois PWMs comumente encontrados para acionamento de conversores estáticos configurados com frequência de 50 KHz e com razões cíclicas diferentes.

Figura 4 – PWM de saída do FPGA



Mas muitas vezes os comandos não são tão simples, pode-se desejar por exemplo adicionar um tempo morto entre dois comandos (Figura 5), esta pequena alteração pode causar uma grande dor de cabeça se não bem projetada a lógica. Com o aplicativo desenvolvido esta tarefa torna-se simples pois tendo o período do chaveamento, basta colocar em que tempo o PWM sobe e desce.

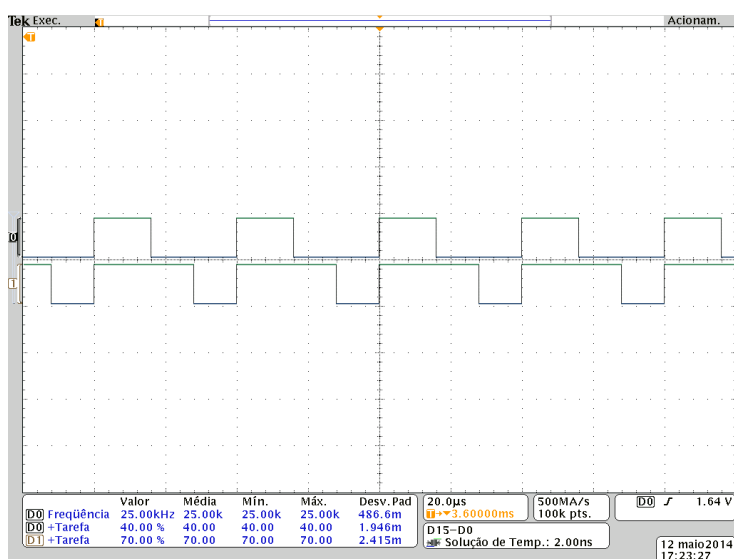
Figura 5 – PWMs com tempo morto.



Para entender melhor analisa-se a Figura 5, como o período é de 20 µs e razão de trabalho de 40%, então sobram 10% de tempo morto para cada PWM, assim configura-se com para o primeiro subir em 0 µs e descer em 8 µs, já o segundo sobe em 10 µs e desce 18 µs.

Para demonstrar o funcionamento em frequência diferente a Figura 6 mostra o PWM inicial com frequência de 25 KHz.

Figura 6 – PWM com 25 KHz.



Por fim são exemplificados pulsos enviados ao FPGA para a definição do tempo de subida e/ou descida de um pulso específico. Na Figura 7 é enviado o número 100 em binário enquanto na Figura 8 o número 50 é destinado ao FPGA.

Figura 7 - Número 100 em binário (01100100).

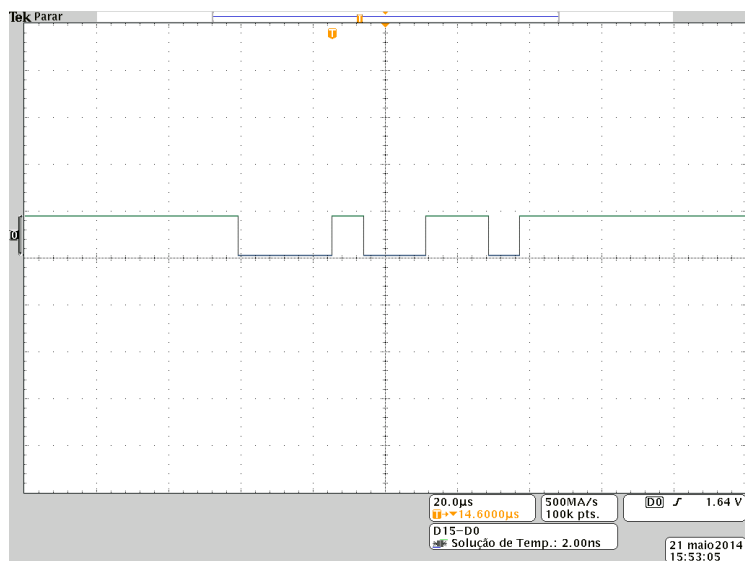
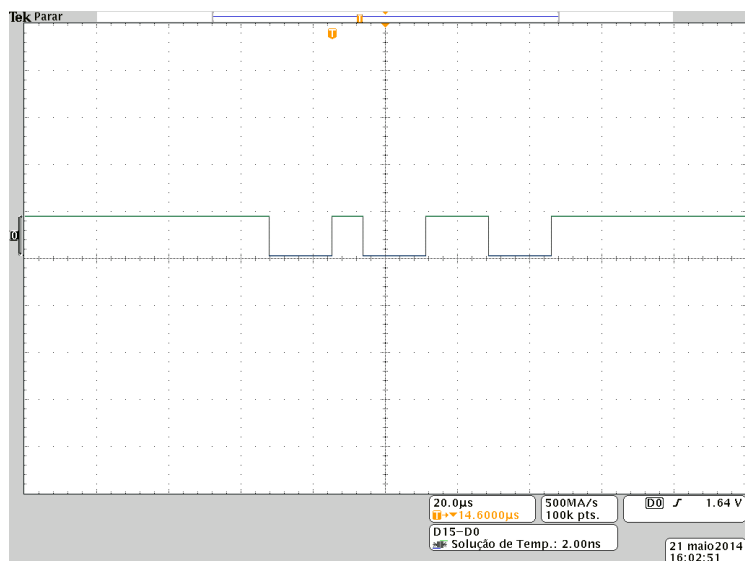


Figura 8 - Número 50 em binário (00110010).



#### 4. TESTE EM CONVERSOR

Como forma de testar a operação do kit ligado a um equipamento real, foi utilizado um conversor full-bridge com entrada em corrente, contendo as especificações mostradas na Tabela 1 (BARBI, 2011; MOHAN *et al.*, 1995).

Tabela 1 – Características 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 9 mostra o protótipo utilizado para fazer o experimento do acionamento, já a Figura 10 mostra os PWMs utilizados.

Figura 9 – Foto do Protótipo.

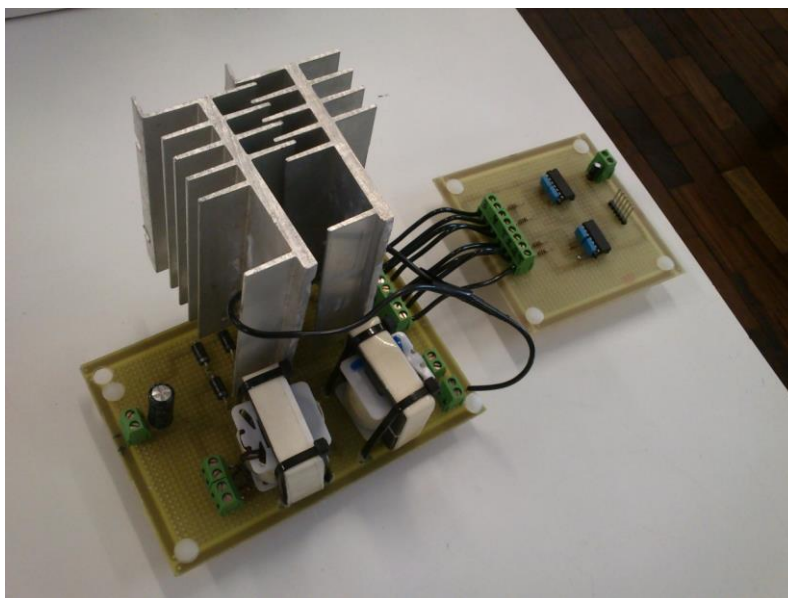
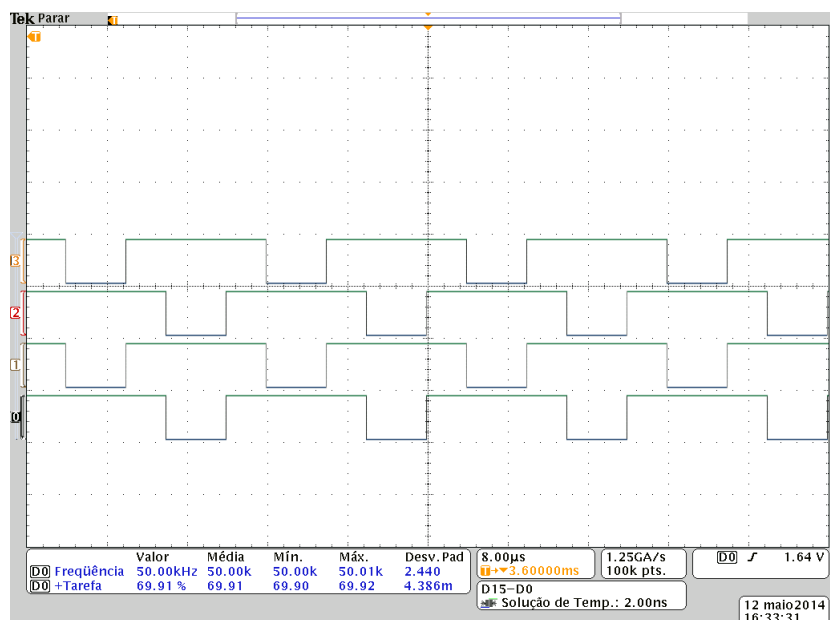
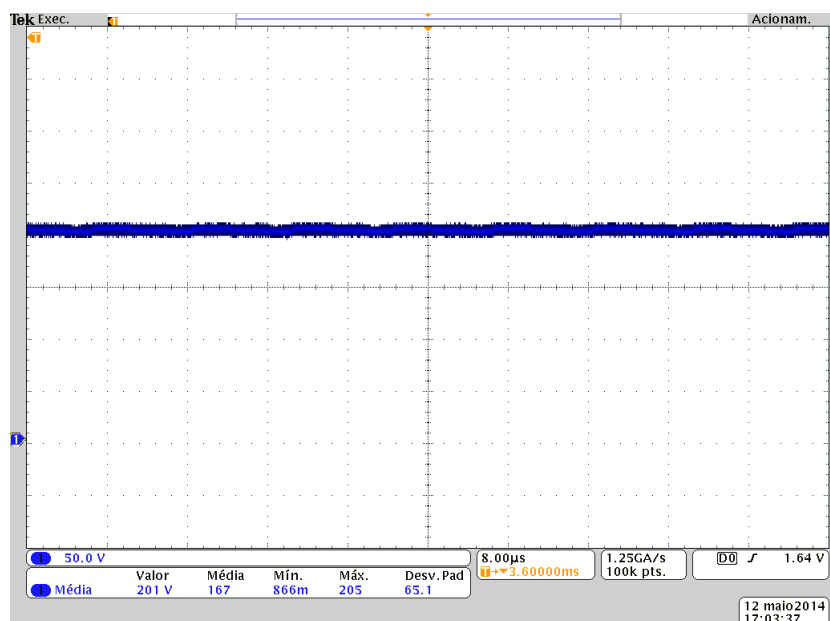


Figura 10 – Comando do conversor.



Como calculada, a tensão de saída (Figura 11) está com aproximadamente 200 V, assim comprovando o real funcionamento do acionamento do conversor.

Figura 11 – Tensão de saída.







## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi desenvolvido um aplicativo que se comunica através de conexão *bluetooth* com o FPGA para a geração de PWMs. Este aplicativo se mostrou uma poderosa ferramenta para auxiliar os alunos na geração de sinais de comando, pois com uma facilidade enorme os sinais são gerados, entrando apenas com os tempos de cada um.

A praticidade trazida pela comunicação *bluetooth* também se destacou na realização do projeto, por permitir que o estudante possa 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 por meio da montagem e dos resultados experimentais de um conversor boost full-bridge.

## 6. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

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

KIOSKEA. Funcionamento do Bluetooth. Disponível em: <<http://pt.kioskea.net/contents/68-funcionamento-do-bluetooth>>. Acesso em: 18 mar. de 2014.

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

NATIONAL INSTRUMENTS. Introdução à tecnologia FPGA. Disponível em: <<http://www.ni.com/white-paper/6984/pt/>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

XILINX, “Documents”. Disponível em:< <http://www.digilentinc.com/Data/Documents/Tutorials/Xilinx%20ISE%20WebPACK%20VHDL%20Tutorial.pdf>>. Acesso em: 20 mar. de 2014.

### **ANDROID APP WITH BLUETOOTH CONNECTIVITY TO GENERATE PWM SIGNALS THROUGH A FPGA**

**Abstract:** *It's already a consolidated knowledge the need for practical examples in engineering classes, but specifically in the case of power electronics, it helps to experience the knowledge acquired through lectures. Thus the fixing of knowledge becomes more simple and effective, but not always the student has time during the semester to build all converters and drives them, for this reason this paper proposes a teaching kit to facilitate this step practical lessons. An application for android with bluetooth communication was developed in*



*order to make the connection to the drive, because once the technology is in the palms why not use it for learning, so with a cell phone with android OS a student can generate the signals as he wishes. Experimental results are presented to a boost full-bridge prototype.*

**Key-words:** *education in engineering, PWM kit, FPGA.*