

## Estudo e implementação de sistemas eletrônicos para LEDs de potência

### Study and implementation of electronic systems for power LEDs

#### RESUMO

Este trabalho apresentará o condicionamento do sinal, a alteração da largura de pulso e frequência e também o sincronismo dos pulsos com a rede do sistema elétrico de potência em um único *shield plug and play* para o DSP. A geração dos sinais PWM's também será apresentada bem como todo o código elaborado para o funcionamento do *kit* DSP mais *shield*.

**PALAVRAS-CHAVE:** DSP. Conversores. LED.

**Eduardo Pacheco Carreiro Braga**  
[eduardopcbraga@gmail.com](mailto:eduardopcbraga@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Claudinor Bittencourt Nascimento**  
[claudinor@utfpr.edu.br](mailto:claudinor@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



#### ABSTRACT

This paper will present signal conditioning, pulse width and frequency change as well as pulse timing with the power grid in a single plug and play shield for the dsp. The generation of pwm's signals will be presented as well as all code designed for the operation of the dsp plus shield kit.

**KEYWORDS:** DSP. Converters. LED.

## INTRODUÇÃO

Para aplicações em eletrônica de potência necessita-se de uma implementação de circuitos lógicos para acionamentos de dispositivos semicondutores. Micro controladores mais simples não são capazes de gerar sinais de controle por Pulse Width Modulation (PWM) em alta frequência corretamente, este é o caso de conversores de energia.

Uma alternativa eficiente para o controle das chaves de um conversor é o emprego do Digital Signal Processors (DSP). Estes dispositivos incorporam em uma única placa algumas funcionalidades essenciais para controle de conversores de energia. O modelo utilizado neste trabalho é o C2000 Delfino Launch Pad que conta com processador de 200MHz, conversores A/D de alta resolução e geração de pulsos PWM.

Por se tratar de um circuito micro processado estes dispositivos enfrentam algumas desvantagens, pois trabalham com níveis de tensão e corrente baixos. Logo para gerar sinais para os drivers de acionamento das chaves de um conversor este sinal precisa ser condicionado e amplificado.

Os circuitos condicionadores são montados em protoboards ou em placas de circuito impresso que recebe o sinal PWM do DSP, no caso do Delfino em 3,3Vcc, e amplificam para 15Vcc de forma que o driver de acionamento da chave possa interpretar.

Outra aplicação que precisa ser implementada externamente ao DSP é a variação da largura de pulso e frequência via hardware. Neste caso é possível fazer a leitura de dados analógicos e interpreta-los via software alterando o sinal em tempo real.

## SINAIS PWM

Para a geração de sinais PWM com o DSP *Delfino* é necessária a configuração de diversos registradores do periférico *Enhanced Pulse Width Modulator (ePWM)*, recomenda-se a leitura do capítulo 13 de (Texas Instruments. 2017) e dos exemplos disponibilizados pelo ControlSUITE®.

Quando o modo de contagem *up down* for selecionado a ePWM gerará dois sinais PWM complementares, ideal para aplicação em que os conversores possuam mais de uma chave.

## CONVERSOR A/D

A fim de variar a largura e frequência do sinal PWM em tempo real é necessário configurar a leitura de dois sinais analógicos e converte-los simultaneamente. Para isso duas portas analógicas devem ser utilizadas, no caso deste trabalho ADCINA0 e ADCINA1. A escolha da porta analógica não interfere na aplicação e pode ser definida através do registrador:

```
AdcaRegs.ADCSOC0CTL.bit.CHSEL = 0;//SOC0 converte o pino ADCINA0
```

```
AdcaRegs.ADCSOC1CTL.bit.CHSEL = 1;//SOC1 converte o pino ADCINA1
```

O registrador responsável por fazer as conversões é o ADCSOCxCTL, e este registrador pode fazer uma conversão por vez, logo ao utilizar duas conversões simultaneamente é preciso utilizar o ADCSOC0 e ADCSOC1.

Para que as conversões ocorram é necessária a criação de um gatilho que irá dar início à rotina de conversão A/D. Este gatilho é importante para definir o tempo de amostragem dos dados a serem convertidos. Neste trabalho o gatilho utilizado para disparar a interrupção da conversão A/D será via PWM. Configurando um PWM interno ao DSP é possível sincronizá-lo com a interrupção do A/D como mostrado abaixo:

```
AdcaRegs.ADCSOC0CTL.bit.TRIGSEL = 5; //A conversão esta sincronizada com o ePWM1 SOCA/C
```

Desta forma o A/D efetuará conversões de acordo com ePWM1, quando este processo termina o conversor A/D o valor convertido pode ser obtido pelo registrador:

```
Adc_result = AdcaResultRegs.ADCRESULT0/4096;
```

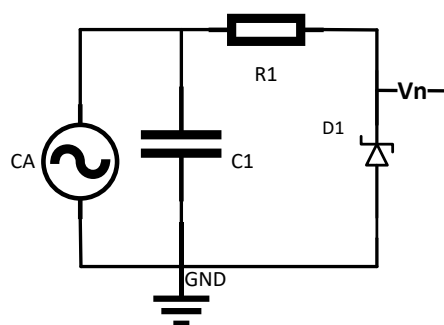
O DSP *Delfino* permite conversões A/D com resolução de 12bits, logo os valores apresentados possuem 4096 níveis de quantização, onde 0 equivale a 0V e 4096 equivale a 3,3V. Desta forma o A/D está pronto para ler os dois potenciômetros que farão a variação da largura e da frequência do PWM.

### CIRCUITO DE SINCRONISMO COM A REDE

Para conversores que demandam que as chaves sejam comutadas de acordo com as características da rede elétrica, um circuito de passagem por zero pode ser implementado para que os sinais PWM gerados pelo DSP sejam alterados de acordo com as mudanças da rede.

Como primeiro passo é preciso abaixar o nível de tensão da rede de 127/220V para 5V, tensão de trabalho de grande parte dos circuitos integrados. Para atender esse requisito de projeto empregou-se um diodo Zener 1N5231 em série com um resistor de 260kΩ como é mostrado na Figura 1.

Figura 1 Circuito para normalização da tensão

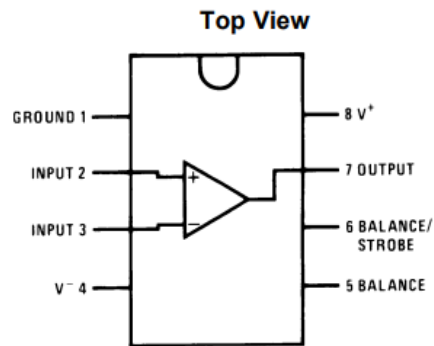


Fonte: Autoria própria.

Sendo  $V_n$  o sinal de tensão normalizado e com amplitude máxima de 5V e mínima aproximadamente 0V, o sinal está pronto para entrar no circuito comparador.

O circuito integrado (CI) utilizado foi o LM311, circuito comparador diferencial com 8 pinos como na Figura 2.

Figura 2 Pinagem do LM311

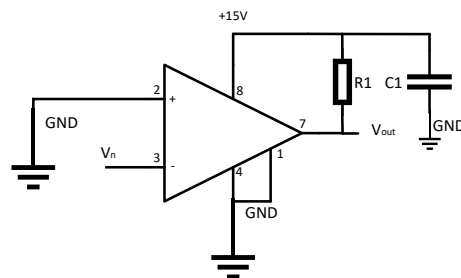


Fonte: Texas Instruments

O circuito para detecção de passagem por zero com o LM311 é uma solução prática e eficaz que emprega poucos elementos. O circuito apresentado na

Figura 3 contém 3 componentes sendo, um LM311, um resistor e um capacitor para filtragem de ruídos.

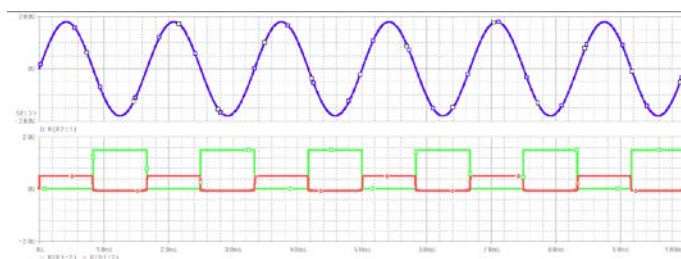
Figura 3 Circuito para detecção de passagem por zero



Fonte: Autoria própria.

Desta forma a saída do pino 7 do CI gerará uma onda quadrada com amplitude de 15V quando a rede cruzar o zero, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 Tensão da rede em azul, tensão no Zener em vermelho e tensão do pino 7 em verde.

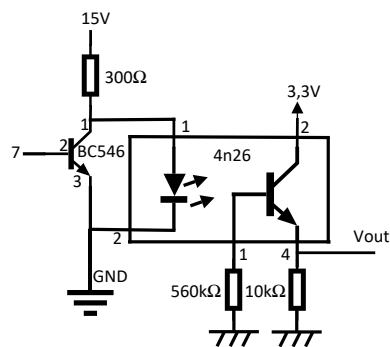


Fonte: A autoria própria.

Sabe-se que sistemas micro processados como o DSP são sensíveis quanto a surtos de tensão e corrente, com a finalidade de proteger o DSP contra danos que possam surgir é aconselhável o isolamento do sinal gerado pelo LM311 e a entrada do pino digital do *Delfino*. Uma solução para o isolamento é a utilização de foto acopladores, que cumprem bem este papel, permitindo que a referência da rede e a referência do DSP fiquem separadas. Outra vantagem da utilização do foto acoplador é a possibilidade de usar a fonte de 3,3V disponível no DSP.

Um circuito isolador montado com o CI 4n26, um transistor bipolar de junção (TBJ) BC546, um resistor de  $300\Omega$  e 0,5W, um resistor de  $560k\Omega$  0,25W e um resistor de  $10k\Omega$ . A montagem do circuito de isolamento é apresentada na Figura 5.

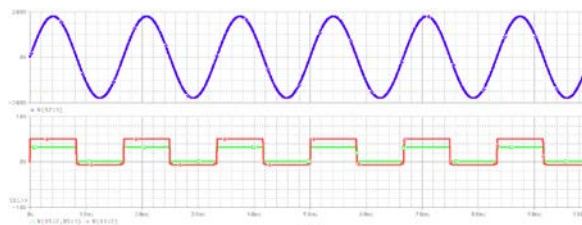
Figura 5 Circuito de isolamento



Fonte: A autoria própria.

Desta forma o sinal gerado pelo pino 7 do LM311 é utilizado para comandar o TBJ ora a conduzir, fazendo com que a corrente no LED seja zero, e ora a bloquear, fazendo com que a corrente circule pelo LED. Quando o LED emitir luz o foto transistor é comandado a conduzir permitindo que os 3,3V sejam empregados no pino 4, como mostra a Figura 6.

Figura 6 Tensão da rede em azul, tensão do pino 7 do LM311 em verde e tensão no pino 4 do 4n25 em vermelho.



Fonte: A autoria própria.

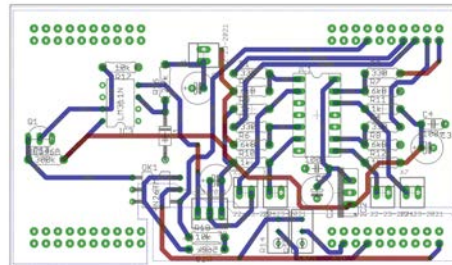
## DESENVOLVIMENTO DO SHIELD

Este projeto tem como objetivo facilitar a metodologia de teste dos protótipos dos conversores de energia, sendo assim os circuitos apresentados por este trabalho não podem ficar em *protoboard*, pois é sabido que circuitos implementados desta forma podem apresentar grandes ruídos e mau contatos.

Então uma placa de circuito impresso (PCI) pode ser projetada para garantir o bom funcionamento de todo o circuito.

Outra vantagem da confecção de uma PCI é a possibilidade de projetá-la de forma que ela encaixe sobre o DSP, como um *shield*. Para este fim foi projetada uma placa com o *software Eagle*<sup>®</sup> apresentada na Figura 7.

Figura 7 Projeto do shield



Fonte: Autoria própria.

## CONCLUSÃO

O *shield* apresentado por este trabalho cumpre com a proposta de reunir os periféricos necessários para o acionamento, sincronizado com a rede, das chaves de um conversor de energia com o DSP de maneira simples e prática, bastando conectá-lo ao DSP. Para a utilização deste *kit* (DSP + *shield*) em um conversor qualquer basta que a lógica da geração PWM seja alterada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a instituição UTFPR pelo incentivo, pela bolsa de Iniciação Científica e ambiente disponibilizado; ao Prof. Dr. Claudinor Bitencourt pela paciência e suporte. Agradeço aos meus familiares pelo apoio incondicional e a todos aqueles que, diretamente ou indiretamente, ajudaram para a concretização desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

Texas Instruments. **LM111/LM211/LM311 Voltage Comparators datasheet (Rev. E)**. [Online] março de 2013. Disponível em:

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm111-n.pdf>.

Texas Instruments. **SNx407 and SNx417 Hex Buffers and Drivers With Open-Collector High-Voltage Outputs**. [Online] setembro de 2016. Disponível em:

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn7407.pdf>.

Texas Instruments. 2017. **TMS320F2837xS Delfino Microcontrollers**. [Online] agosto de 2017. setembro de 2018. Disponível em:

<http://www.ti.com/lit/ug/spruhx5e/spruhx5e.pdf>.