



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

UTILIZAÇÃO DE MICROCONTROLADORES DE ALTA CAPACIDADE: Linha C2000 Texas Instruments

Milena Liege dos Santos Trindade¹; Regina Caon²; Alécio Comelli³

INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica a sociedade faz o uso cada vês mais frequente de dispositivos eletrônicos que aumentam o conforto e facilitam acesso a informação e um mundo globalizado.

Os microcontroladores estão presentes em diversos dispositivos eletrônicos atuais. A recente revolução das energias renováveis e a aplicação das modernas teorias de controle para a melhoria da qualidade de energia foram favorecidas pelo desenvolvimento e redução do preço dos microcontroladores. Neste contexto, o presente trabalho demonstra a aplicação de um microcontrolador de alto desempenho gerando um sinal modulado por largura de pulso (PWM). Esta aplicação pode proporcionar aos alunos do curso técnico em eletroeletrônica o conhecimento de uma ferramenta de fundamental importância em equipamentos que trabalham com o acionamento de chaves estáticas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente a documentação do microcontrolador “Piccolo 32-bit Texas Instruments” foi traduzida e estudada. Em Seguida os exemplos de aplicação do fabricante foram implementados em circuitos eletrônicos e testes de desempenho foram conduzidos no software da Texas Instruments, o Code Composer Studio (CCS-V6). A documentação e os exemplos foram condensados com o objetivo de compor um guia de programação na forma de apostila, que foi disponibilizada aos

¹ Aluna do Instituto Federal Catarinense, Videira. Curso técnico em Eletroeletrônica. E-mail: milena.lyegge@gmail.com

² Aluna do Instituto Federal Catarinense, Videira. Curso técnico em Eletroeletrônica. E-mail: rcaon89@gmail.com

³ Professor Orientador do Instituto Federal Catarinense, Videira. Curso técnico em Eletroeletrônica. E-mail: alecio.comelli@ifc-videira.edu.br



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

alunos do curso técnico em eletroeletrônica e aos pesquisadores do IFC campus Videira.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Exemplos Implementados

Exemplo – PWM Simétrico no Piccolo f28069

Descrição

Este programa configura um módulo PWM, capaz de gerar um par de formas de onda PWM idênticos, ou seja, um sinal PWM simétrico. Estas formas de onda PWM são moduladas de forma independente e são configuradas como borda dupla, são formas de ondas simétricas trabalhando no modo de contagem de cima para baixo. Este par de ondas PWM tem como saída as portas EPWM-2A e EPWM2B. A Configuração dos pinos do microcontrolador é apresentada na Figura 1.

Configuração de hardware

1 ADC-A7	2 ADC-A2 COMP1 (+VE)	3 ADC-A0 Vref-HI	4 3V3
5 ADC-A4 COMP2 (+VE)	6 ADC-B1	7 EPWM-4B GPIO-07	8 TZ1 GPIO-12
9 SCL GPIO-33	10 ADC-B6	11 EPWM-4A GPIO-06	12 ADC-A1
13 SDA GPIO-32	14 ADC-B7	15 EPWM-3B GPIO-05	16 5V0
17 EPWM-1A GPIO-00	18 ADC-B4 COMP2 (-VE)	19 EPWM-3A GPIO-04	20 SPISOMI GPIO-17
21 EPWM-1B GPIO-01	22 ADC-B3	23 EPWM-2B GPIO-03	24 SPISIMO GPIO-16
25 SPISTE GPIO-19	26 ADC-B2 COMP1 (-VE)	27 EPWM-2A GPIO-02	28 GND
29 SPICLK GPIO-18	30 GPIO-34 (LED)	31 PWM1A-DAC (Filtered)	32 GND

Tabela 1: Ligações J1

<input type="checkbox"/>	Sem conexão
<input checked="" type="checkbox"/>	Osciloscópio

Figura 1: Ligações de J1 (Texas Instruments, 2014).



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

Descrição

Inicialmente são criadas as seguintes variáveis para a janela de inspeção: **duty_cycle_A** - (formato = decimal) - Esta variável ajustará o ciclo PWM2A. **duty_cycle_B** - (formato = decimal) - Esta variável ajustará o ciclo PWM2B. As duas variáveis são definidas para 50% (ou seja, 250, onde o período é de 500).

Visão Geral

Neste projeto o módulo PWM está configurado no modo de contagem crescente. No modo de contagem crescente, o contador básico de tempo (TBCTR), que está diretamente baseado no clock da CPU, faz contagens a partir de zero e acrescenta até que o período(TBPRD) tenha seu valor atingido.

Uma vez que o valor do período é atingido, diminui-se do contador base de tempo até que se obtenha zero. Neste momento o contador repetirá o padrão e começara a contar novamente. A forma de onda PWM gerada é determinada pela forma como as ações do Módulo Qualificador são configuradas para se comportar em determinados momentos da contagem. Para este projeto, os pares correspondentes de ação/evento utilizados são:

- Definir PWM2A no evento TBCTR =CMPA – contagem acima(CAU)
- Limpar o PWM2A no evento TBCTR = CMPA – contagem abaixo(CAD)
- Definir PWM2B no evento TBCTR =CMPB – contagem acima (CBU)
- Limpar o PWM2B no evento TBCTR = CMPB – contagem abaixo (CBD)

O código para essa configuração é mostrado abaixo e é ilustrado na Figura 2.

```
// Ações Definidas
```



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

EPwm2Regs.AQCTLA.bit.CAU = AQ_SET; // Definir PWM2A em evento A,
contagem para tempo cima

EPwm2Regs.AQCTLA.bit.CAD = AQ_CLEAR; // Limpar PWM2A no evento A,
contagem para tempo baixo

EPwm2Regs.AQCTLB.bit.CBU = AQ_SET; // Definir PWM2B em evento B,
contagem para tempo cima

EPwm2Regs.AQCTLB.bit.CBD = AQ_CLEAR; // Limpar PWM2 no evento B,
contagem para tempo baixo

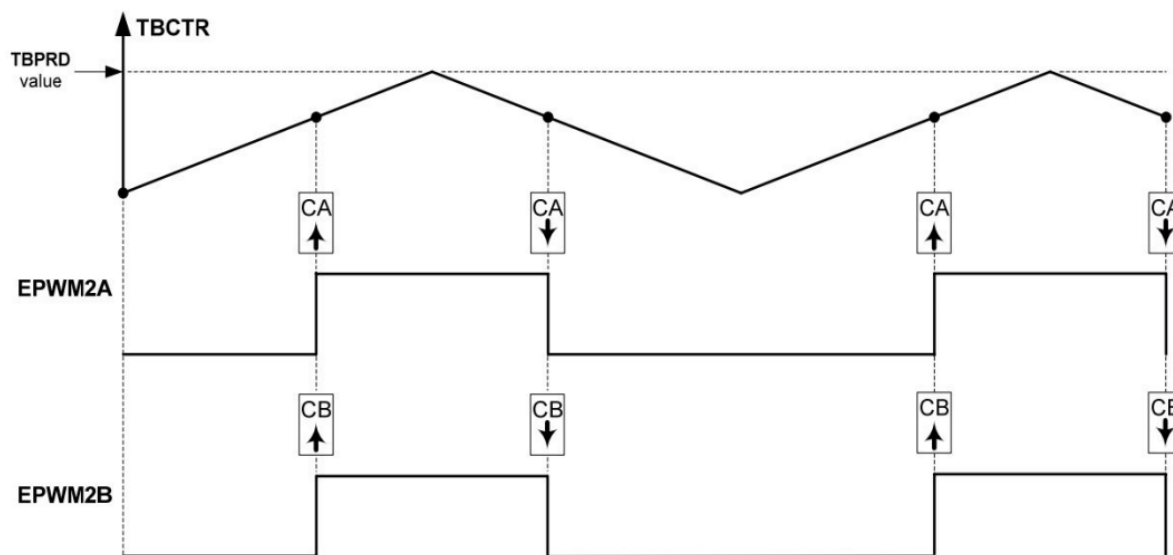


Figura 2: Configuração da ação do módulo e forma de onda PWM resultante (Texas Instruments, 2014).

A frequência PWM na contagem para cima ou para baixo é calculada da seguinte forma:

$$TPWM = (2 \times TBPRD) \times TTBCLK \quad e$$

$$FPWM = 1 / (TPWM).$$

Onde TBPRD é inicializado como 500 e TTBCLK é definido como 1/60MHz. Portanto, neste exemplo a frequência PWM gerado (FPWM) é 60kHz. O usuário pode observar as formas de onda, colocando um osciloscópio no ePWM2A e



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO
15 e 16 de Setembro

no ePWM2B. A fim de se alterar a frequência do PWM, o utilizador deve mudar o valor do período. A forma das ondas PWM pode ser reconfigurado através da edição do código. Deve-se observar que os ciclos de trabalho para cada canal PWM podem ser modificados de forma independente a partir do clock conforme apresentado na Figura 3, alterando “ciclo de trabalho A” e “ciclo de trabalho B” durante a execução do programa. Note-se que tanto o valor do ciclo de trabalho A, quanto o valor do ciclo de trabalho B devem ser inferiores ao valor do período conforme pode ser visto no código fonte a seguir:

```
for(;;)  
{  
  EPwm2Regs.CMPA.half.CMPA = duty_cycle_A; // Adicionar ciclo de trabalho A  
  para visualizar a janela A  
  EPwm2Regs.CMPB = duty_cycle_B; // Adicionar ciclo de trabalho B para visualizar a  
  janela B  
}
```

Name	Value	Address	Type
duty_cycle_A	250	0x00008884@Data	unsigned int
duty_cycle_B	250	0x00008885@Data	unsigned int
<new>			

Figura 3: Visualização dos valores das janelas.



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO
15 e 16 de Setembro

O Exemplo de geração de PWM simétrica foi implementado no Piccolo F28069, e os resultados obtidos podem ser vistos na Figura 4.

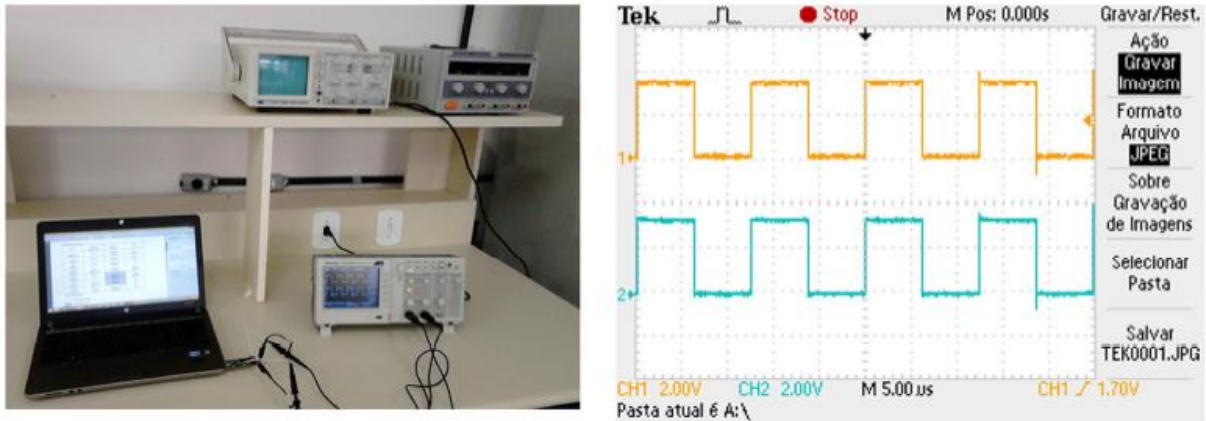


Figura 4: Implementação experimental do exemplo e resultados obtidos no osciloscópio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os microcontroladores com arquitetura de 32 bit's tem capacidade de operar com velocidade de processamento adequada a maioria dos equipamentos atuais. Uma das aplicações bastante frequente nas áreas de processamento de energia é o acionamento de chaves estáticas a partir da modulação de um sinal discreto com largura de pulso variável (PWM). Nestes casos a resolução do sinal modulado para o acionamento da chave tem grande influência na flexibilidade, capacidade de controle e qualidade dos parâmetros desejados.

A implementação do exemplo de geração do sinal modulado por largura de pulso permitiu a verificação da capacidade do microcontrolador de gerar um sinal de alta frequência mantendo alta resolução.



FICE

4^A FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

REFERÊNCIAS

Texas Instruments, Overview for C28X Piccolo MCUs [Online]. Disponível em:
http://www.ti.com/lscds/ti/microcontroller/32-bit_c2000/c28x_piccolo/overview.page,
Acesso em: 24/03/2014.