

Frequência de operação de microcontroladores comerciais.

Operating frequency of commercial microcontrollers.

Felipe Gabardo Gonçalves ¹, Maria Augusta Alves Sousa ², Vicente Machado Neto ³

^{1,2,3} Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil.

¹felipegoncalves@alunos.utfpr.edu.br; ²marias@alunos.utfpr.edu.br; ³vmachado@utfpr.edu.br

Resumo: Na programação de microcontroladores muitas vezes é necessário criar funções para a contagem de tempo. Os microcontroladores necessitam de uma fonte de clock para que possam processar informações, sendo a velocidade de processamento proporcional à frequência fornecida pela fonte de clock. A contagem do tempo é feita baseada nesse tempo de processamento. Este artigo tem como objetivo comparar a resposta dos diversos tipos de osciladores, seus erros e imprecisões, em um microcontrolador comercial PIC16f688 comparando seu delay medido com o valor calculado. Para isso o microcontrolador será utilizado nas configurações de oscilador interno, oscilador ressonador e oscilador a cristal.

Palavras-chave: microcontrolador, temporização, frequência, oscilador.

Abstract: When using microcontrollers, usually is necessary create delay functions to count time. The microcontrollers need a clock source so they can operate and process the information, and the speed of process is related to the clock source available. The delay is based on this frequency of which the processor is running, so more precise clock is more precise the delay will be. This paper will compare some types of oscillator configurations using a commercial PIC16f688 and show their errors. We will use the microcontroller in three different configurations, internal oscillator, oscillator with resonator and oscillator with crystals.

Keywords: microcontroller, delay, frequency, oscillator.

1. INTRODUÇÃO

Em um microcontrolador o clock é quem comanda a velocidade de execução das operações. O clock é um trem de pulsos de onda quadrada que tem um período de trabalho muito preciso. Para cada sinal de clock o microcontrolador executa uma operação diferente. Por exemplo para um clock de 1MHz o microcontrolador executará um

milhão de operações por segundo. Além disso ele pode servir também para o sincronismo entre um ou mais microcontroladores presentes num circuito [1].

Alguns microcontroladores da família PIC possuem um oscilador interno e não necessitam de um circuito oscilador adicional ligado a ele, como no caso do PIC 16f688.

Existem cinco tipos de configurações de osciladores que podem ser utilizados com esses microcontroladores, nesse artigo testaremos três dessas configurações: com ressonadores, com cristal e com osciladores internos.

1.1 Oscilador interno

O circuito de oscilação interno que vem em certos microcontroladores da família PIC prove uma faixa fixa de frequência. Essa frequência é calibrada no processo de fabricação do chip através de um registrador interno (OSCCAL). Mesmo quando não utilizado como fonte de clock principal ele pode ser utilizado para a operação de alguns módulos internos do microcontrolador. Sua precisão depende da qualidade do fabricante, porém tem como benefícios uma facilidade na hora de se fazer o projeto e redução do tamanho da placa de circuito impresso [2].

1.2 Ressonadores

Os osciladores montados com ressonador cerâmico são menos precisos e estáveis que os circuitos a cristais, mas são mais baratos. São encontrados ressonadores com dois ou três pinos, cujos circuitos de exemplo são mostrados respectivamente nas figuras 1 e 2.

A tabela 1 mostra o valor dos capacitores em relação à frequência de operação utilizada. Capacitâncias C1 e C2 mais elevadas melhoram a estabilidade do oscilador, mas também aumentam o tempo de inicialização.

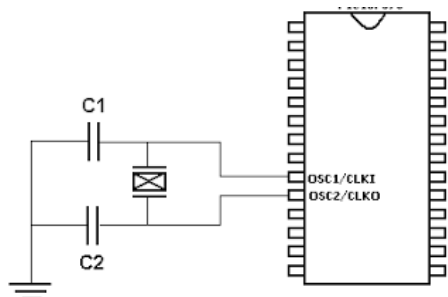


Figura 1. Circuito oscilador com ressonador de 2 pinos.

Tabela 1. Valor dos capacitores para o oscilador com ressonador.

Frequência	C1	C2
455 kHz	68-100 pF	68-100 pF
2,0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
4,0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
8,0 MHz	10-68 pF	10-68 pF
16,0 MHz	10-22 pF	10-22 pF

Já os ressonadores de 3 pinos possuem os capacitores internos, o que facilita e reduz espaço em placa. Porém a calibração fica por conta do fabricante [3].

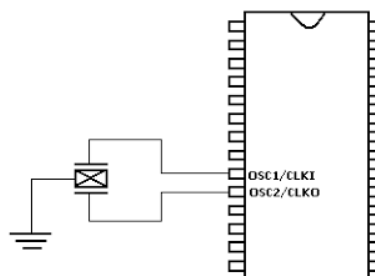


Figura 2. Circuito oscilador com ressonador de 3 pinos.

1.3 Cristais

Os osciladores com cristal são os mais precisos, mas são também os mais caros. Este tipo de oscilador é utilizado em sistemas que necessitam de grande precisão. Um circuito de exemplo é apresentado na figura 3 [4].

O resistor Rs serve para evitar a flutuação do cristal e pode ser de valor baixo, como por exemplo, 10Ω. A Microchip, empresa fabricante dos microcontroladores da família

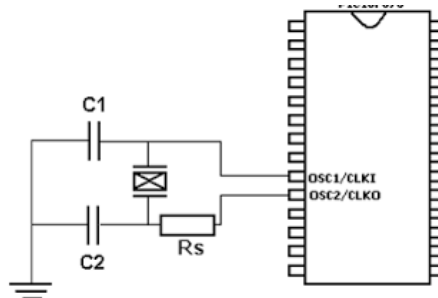


Figura 3. Circuito oscilador com cristal.

PIC, subdivide os cristais em três grupos: LP (Cristais de baixa potência), XT e HS (Cristais de alta velocidade). Os valores para os capacitores estão na tabela 2.

Tabela 2. Valor dos capacitores para o oscilador com cristal.

Tipo	Frequência	C1	C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 ~ 4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4,0 MHz	15 pF	15 pF
	8 ~ 20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

2. METODOLOGIA

Para fazer os experimentos foram utilizados um microcontrolador PIC 16f688, um programador de PIC k-150 e um osciloscópio digital Agilent DSO1052B.

Para cada configuração de oscilação apresentada foi feita uma programação onde era estabelecido o tipo de clock a ser utilizado (interno ou externo), a frequência e qual o tempo de delay entre a mudança de estado lógico da porta de saída.

Os tempos de delay programados para esse estudo foram de 1ms, 10ms, 100ms, 1s e 10s por meio período de oscilação.

Para cada programação era feita uma medição de frequência utilizando o osciloscópio, sendo que para frequências muito baixas foi utilizado o cursor e medido o período de um ciclo. Feito isso para todas as frequências de todas as oscilações o processo reiniciava de forma progressiva.

3. RESULTADOS

Para a configuração de oscilação interna foram utilizadas três frequências de teste 32kHz, 500kHz, 4MHz. A frequência de 32kHz foi a que mostrou o maior erro dentre todas as medições chegando a 46,7% para um delay de

1ms para meia onda. Para os outros valores de delay o erro variou em torno de 15% o que já mostra uma calibração bem falha para essa frequência.

Para a frequência de 500kHz a calibração já se mostrou melhor com o maior erro apresentado 3,9% para 1ms e para os outros valores o erro ficou abaixo de 1,5% chegando muito próximo de 0% em 100ms e em 1s.

Já para a frequência de 4MHz todas as medições tiveram um erro menor do que 1,6% e para 100ms, 1s e 10s tiveram 0% de erro.

Para a configuração de ressonador a dois pinos utilizou-se capacitores de 68pF o que resultou num erro de aproximadamente 2%. Para o ressonador de três pinos foi obtido um erro muito menor, quase todos abaixo de 1% de erro, mas ainda assim ambos os ressonadores tiveram erros maiores que os da oscilação interna para a mesma frequência.

Quando foram analisados os dados obtidos para os cristais foi confirmado que esses realmente possuem uma melhor precisão e uma melhor estabilidade do que os ressonadores e osciladores internos.

Para o cristal de 32768Hz observou-se um erro grande para a medição de 1ms, de aproximadamente 37%, porém nos outros períodos esse erro já reduziu-se consideravelmente. Para as outras duas frequências os erros ficaram próximos de zero.

Para todas as medições a repetibilidade dos dados obtidos foi muito boa. Foi testada também a reprodutibilidade, utilizando um outro PIC igual ao anterior e os dados obtidos foram muito semelhantes.

Apesar da oscilação interna do componente se encontrar extremamente bem calibrada o valor expresso pelos cristais teve um erro ainda menor para determinadas medições.

A figura 4 mostra o gráfico comparando os erros de medição de todas as frequências programadas, para cada uma das configurações

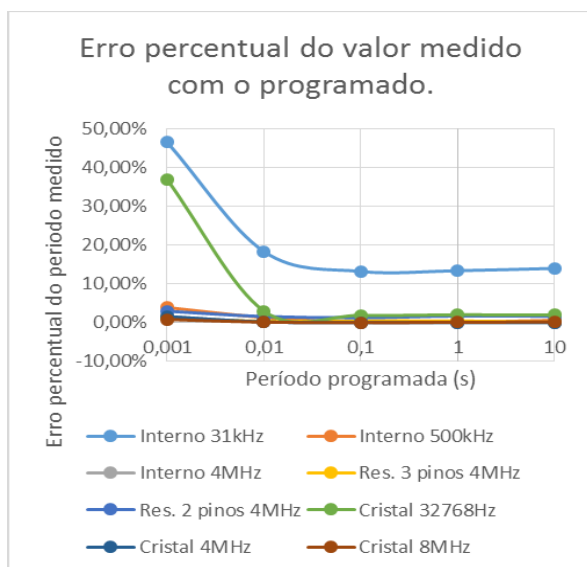


Figura 4. Gráfico comparativo de erros medidos com o programado para as diversas configurações de clock.

de clock. O eixo do período encontra-se em escala logarítmica.

Como a visualização dos erros ficou prejudicada devido aos erros maiores eles foram removidos para uma análise mais minuciosa dos erros das outras configurações. Portanto na figura 5 foram removidas as configurações de oscilação interna de 32kHz e de cristal de 32768Hz.

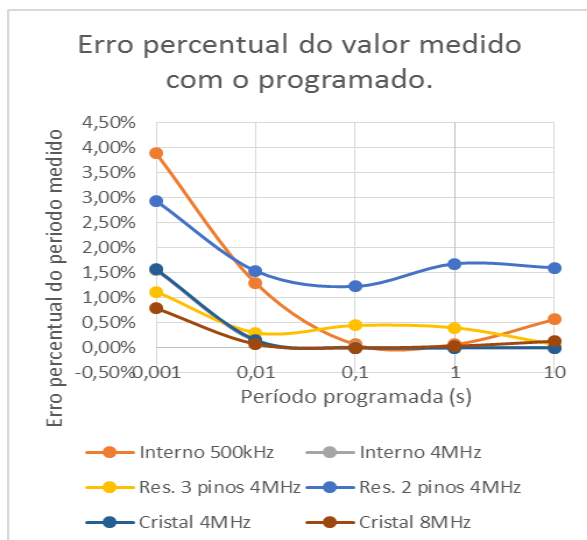


Figura 5. Gráfico comparativo para erros menores.

4. CONCLUSÕES

Os clocks dos microcontroladores são fundamentais para um bom funcionamento do dispositivo. Como este dispositivo está associado a diversas operações de temporizações, é crítico que o clock seja o mais exato e preciso possível.

O experimento mostrou uma calibração muito precisa da oscilação interna do microcontrolador. O que se esperava era que essa configuração apresentasse erros maiores, porém foi visto que ela apresentou menos erros inclusive do que os ressonadores. Outro fator positivo foi a excelente repetibilidade dos valores medidos, mostrando uma estabilidade muito alta para todas as configurações de clock analisadas.

REFERÊNCIAS

- [1] Prof. Marcos Zurita, Microcontroladores, Hardware PIC. [internet]. [acesso em: 26 julho 2015]. Disponível em: http://www.ufpi.edu.br/subsiteFiles/zurita/arquivos/files/UFPI-Microcontroladores_7-Hardware_PIC-v1_0.pdf
- [2] Duarte, Rafael Lindemann, Sistema inteligente de monitoramento e controle de irrigação. São José: UNIVALI, 2006. [internet]. [acesso em: 26 julho 2015]. Disponível em: <http://rafaellindemann.blogspot.com.br/2012/05/1-fontes-de-clock-nos.html>
- [3] Microchip Technology Inc., Datasheet PIC 16F688, [internet]. [acesso em: 26 julho 2015]. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41203D.pdf>
- [4] Prof. Alex Vidigal Bastos, Delays, [internet]. [acesso em: 26 julho 2015]. Disponível em: <http://www.decom.ufop.br/alex/arquivos/bcc425/slides/Delays.pdf>