Análise de desempenho de processadores ATmega328 utilizando Benchmark Linpack

Marcos S. Morgenstern[1], **Lori R. F. Machado Filho**[2], **Edson L. Padoin**[3]

[1] Universidade Reg. do Noroeste do Estado do Rio G. do Sul (UNIJUI) - Ijuí - RS - Brasil

marcossmorgenstern@gmail.com, lori.jar@hotmail.com, padoin@unijui.edu.br

Resumo. *Este artigo busca comparar o desempenho e a eficiência energética entre o microprocessador ATmega328 e o processador Intel Celeron 430 por meio da utilização do Benchmark Linpack. Os resultados dos testes demonstram que, o processador ATmega328 apresenta um desempenho 3,74 mil vezes menor, e possui uma eficiência energética de 106 vezes menor.*

1. Introdução

Nos dias de hoje, os supercomputadores estão cada vez mais presentes na computação de alto desempenho, sendo que, em sua grande maioria, estão estruturados em forma de clusters. A adoção de supercomputadores tem gerado inúmeros benefícios à sociedade, como por exemplo a previsão do tempo, cálculo de balística, simulação/previsão de terremotos, dentre outros.

Cada vez mais avanços sobre alto desempenho são procurados, porém, esses acarretam consequências desastrosas ao meio ambiente quando se fala do aumento do consumo de recursos energéticos. Supercomputadores podem consumir energia elétrica suficiente para abastecer um pequeno país, sendo isto um dos principais desafios para a construção de novos sistemas de *High Perfomance Computing* (HPC) com maior poder de processamento.

Nos últimos anos, a discussão a respeito do esgotamento dos recursos naturais como os combustíveis fósseis, aumento da poluição, de consumo de recursos energéticos tem ganhado cada vez mais foco [Barker et al. 2009, Younge et al. 2010]. Baseado nesse contexto, visando a economia de energia, soluções vêm sendo evidenciadas e aplicadas nas mais diversas áreas da tecnologia. Uma dessas trata-se da adoção de dispositivos externos existentes, que, de forma agregada, proporcionam um ganho de performance de tal forma que o consumo energético seja aumentado na menor proporção possível.

Com base nesta premissa, neste trabalho busca-se avaliar o desempenho da *Plataforma Arduino* como alternativa para processamento em sistemas de HPC. Para tanto, este trabalho propõem comparar o desempenho e o consumo energético obtido pelas plataformas Arduino e Intel, por meio da utilização do Benchmark Linpack. Tem-se como objetivo aliar o poder de processamento da plataforma de baixo consumo energético Arduino a nós de um sistema HPC, validando esta alternativa como ganho de eficiência na computação.

2. Ferramentas e Avaliação de Desempenho

Nesta seção, serão apresentados o Benchmark Linpack juntamente com a plataforma Arduino.

2.1. Benchmark Linpack

Linpack é uma coleção de rotinas em Fortran que analisam e resolvem sistemas de equações lineares e problemas de mínimos quadrados. As matrizes que podem ser tratadas são dos tipos gerais, densas, simétricas indefinidas, simétricas positivas definidas, triangular e triangular quadrada [Rodrigues 2004].

Originalmente, o Linpack foi implementado por Jack Dongarra, buscando demonstrar aos usuários de computadores uma medição do tempo de execução que se faria necessário para que um problema de álgebra linear com alta complexidade fosse resolvido. O Linpack também é capaz de apresentar resultados utilizados para presumir a velocidade com que o computador é apto a executar um ou diversos sistemas computacionais. Esses, então, são caracterizados pelo número de operações de ponto flutuante que o computador executa por segundo, conhecido também por FLOPS.

2.2. Arduino

O Arduino teve seu início no Interaction Design Institute em 2005. A nova placa foi chamada Arduino em referência a um local frequentado por membros do corpo docente e alunos do instituto [McRoberts 2011].

É uma plataforma de prototipagem eletrônica que está sobre uma licença de hardware livre. A plataforma consiste em uma placa única contendo um microcontrolador e um conjunto de software para programá-lo. O software utiliza-se de uma linguagem de programação padrão com origem essencialmente em C/C++. O código é transferido para o equipamento por meio de uma conexão USB permanecendo até que seja cortada sua fonte de energia, pois na estrutura do código existe um método denominado *loop()*, que o mantém executado infinitamente.

O hardware, que é composto por um processador Atmel AVR de 8 bits - um cristal oscilador de 16 MHz e um regulador linear de 5 volts - geralmente utiliza-se da série de chips ATmega8, ATmega168, ATmega328 e a ATmega1280. A placa expõe os pinos de entrada e saída em um encaixe padrão para que se possa conectar circuitos externos agregando novas funcionalidades. Um fusível é empregado a plataforma Arduino para fornecer uma camada extra de proteção para correntes maiores de 500 mA.

Dos pinos, 14 são digitais de I/O e 6 analógicas. A plataforma Arduino disponibiliza de uma conexão USB (utilizada para comunicação Arduino-Computador), um interruptor de energia, um cabeçalho *In-Circuit Serial Programming* (ICSP) e um botão de reset. Em comparativo à memória, a plataforma Arduino detêm 32KB de memória flash, sendo destes, 0,5KB destinados para *boot*. Sua *Static Random Access Memory* (SRAM) conserva uma capacidade de apenas 2KB, 1KB a menos que sua *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM).

A Figura 1 apresenta uma plataforma Arduino modelo Uno R3.

3. Ambiente de Testes

Os testes foram realizados em duas plataformas. A primeira é composta de uma plataforma Arduino modelo UNO com microprocessador ATmega328 com 32KB de memória. A segunda plataforma possui um processador Intel modelo Celeron 430 de 1,8GHz e 512KB de cache L2 e 2GB de memória RAM.

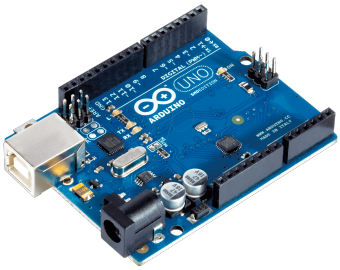

Figura 1. Arduino Uno R3

A plataforma Arduino foi conectada ao computador em uma porta USB 2.0, sendo assim possível executar o Benchmark na linguagem específica para Arduino diretamente no microprocessador e, ao mesmo tempo, alimentando sua fonte de energia. Do outro lado, o código executado no processador Intel Celeron 430 foi codificado na linguagem C e compilado na IDE CodeBlocks versão 13.12 de um Sistema Operacional Linux com a distribuição do Ubuntu LTS 14.04.

A realização dos testes com o Benchmark em questão foram efetuadas com parâmetros de entrada divergentes na medida da capacidade de memória de cada plataforma. Na plataforma Intel foram efetuados cálculos baseados em uma matriz de ordem 1000, sendo que na plataforma Arduino somente foi possível utilizar matrizes de ordem 8. Foram coletadas 1000 amostras em cada plataforma, sendo que os resultados apresentados representam uma médias aritmética destas execuções.

4. Resultados

A apresentação dos resultados está organizado da seguinte forma. Primeiramente serão apresentados os resultados de desempenho das plataformas seguido dos resultados de consumo energético. Na sequência, são apresentados os resultados da análise comparativo entre ambas as plataformas.

A Figura 2 apresenta os resultados de desempenho das duas plataformas.

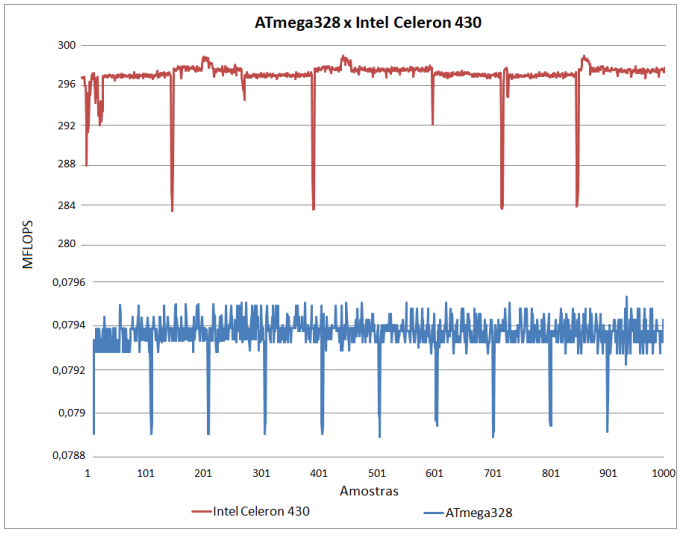

Figura 2. Comparação de desempenho entre as plataformas Intel e Arduino

Analisando os resultados de desempenho de ambas as plataformas pode-se observar uma grande diferença entre a plataforma Intel e a plataforma Arduino. Percebe-se que a plataforma Intel, utilizando uma matriz de ordem 1000, alcançou resultados superiores a 290 MFLOPS, enquanto que a plataforma Arduino, devido as limitações do processador e de tamanho de memória que possibilitaram que o benchmark fosse executado somente com matriz de ordem 8, alcançou um desempenho de apenas 0,079 MFLOPS. Nesse sentido, nota-se que os resultados alcançados da plataforma Arduino foram consideravelmente mais baixos em relação à plataforma Intel.

As médias dos resultados obtidos, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação de eficiência entre as plataformas Intel e Arduino

	Intel Celeron 430	ATmega328
Desempenho (MFLOPS)	297,0440939	0,07936276
Potência (W)	35	1
Eficiência Energética (MFLOPS/W)	8,4869741	0,07936276

Pode-se concluir que o processador Intel Celeron 430 possui um poder de processamento 3,74 mil vezes maior que o microprocessador ATmega328, quando utilizado cálculos de ponto flutuante. Entretanto, o processador Intel possui uma demanda de potência de 35 Watts, enquanto que o ATmega328 possui uma demanda de potência de apenas 1 Watt. Com base nos desempenhos mensurados e na demanda de potência, observa-se que o processador ATmega328 obteve 106,93 vezes menos eficiência energética com operações de ponto flutuante que o processador Intel Celeron 430.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Com base no resultado dos testes, verifica-se a inviabilidade do uso de microprocessador ATmega328 para processamento em sistemas HPC envolvendo cálculos com ponto flutuante. Suas limitações tornaram-se visíveis no comparativo de desempenho realizado com o benchmark Linpack. Para fins de implementações futuras, pretende-se realizar testes com múltiplas unidades da plataforma Arduino de maneira que trabalhem de forma paralela na resolução de tarefas que demandem alto desempenho e, assim, analisando quesitos como processamento, eficiência energética, custo-benefício além de questões como tolerância a falhas e transparência. Também pretende-se utilizar outros benchmarks para avaliação de desempenho com a utilização de dados com precisão simples.

Referências

Barker, K., Davis, K., Hoisie, A., Kerbyson, D., Lang, M., Pakin, S., and Sancho, J. (2009). Using performance modeling to design large-scale systems. *IEEE Computer*, 42(11):42–49.

McRoberts, M. (2011). *Arduino básico*. Novatec Editora.

Rodrigues, F. A. (2004). *Técnicas de orientação ao ob jetos para computação científica paralela*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.

Younge, A., von Laszewski, G., Wang, L., Lopez-Alarcon, S., and Carithers, W. (2010). Efficient resource management for cloud computing environments. In *International Conference on Green Computing*, pages 357–364. IEEE.