

# Análise de desempenho de processadores ATmega328 utilizando Benchmark Linpack

Marcos S. Morgenstern, Lori R. F. Machado Filho, Edson L. Padoin

Universidade Regional do Noroeste do Estado Do  
Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)



# Sumário

- **Introdução**
- **Ferramentas de Avaliação**
  - **Arduino & Atmega328**
  - **Benchmark Linpack**
- **Ambiente de Testes**
- **Resultados**
  - **Desempenho**
  - **Consumo & Eficiência Energética**
- **Conclusões**
- **Trabalhos Futuros**



# Sumário

- **Introdução**
- **Ferramentas de Avaliação**
  - **Arduino & Atmega328**
  - **Benchmark Linpack**
- **Ambiente de Testes**
- **Resultados**
  - **Desempenho**
  - **Consumo & Eficiência Energética**
- **Conclusões**
- **Trabalhos Futuros**



# Introdução

## Super Computadores:

- Alto desempenho (Clusters);
- Benefícios à Sociedade;
- Custo energético elevado;
- Danos ao meio Ambiente;



## Plataforma Arduino:

- Alternativa ecoeficiente;
- Dispositivo de agregação;
- Baixo custo energético;
- Baixo custo financeiro.



# Sumário

- Introdução
- **Ferramentas de Avaliação**
  - **Arduino & Atmega328**
  - **Benchmark Linpack**
- Ambiente de Testes
- Resultados
  - Desempenho
  - Consumo & Eficiência Energética
- Conclusões
- Trabalhos Futuros



# Ferramentas de Avaliação

eramado

## Arduino & ATmega328

- Início em 2005;
- Licença de HW livre;
- Linguagem de origem em C/C++;
- Comunicação USB;
- Funciona em *Loop()*;



# Ferramentas de Avaliação

## Hardware:

- **Processador Atmel AVR de 8bits;**
- Cristal oscilador de 16 MHz;
- Regulador Linear de 5 volts;
- Pinos de entrada e saída (agregador de funcionalidades);
- Um fusível de proteção para correntes superiores a 500mA;
- Interruptor de energia;
- Botão de reset;
- Conexão USB;



# Ferramentas de Avaliação

r a m a d o

## Hardware:

- Processador Atmel AVR de 8bits;
- **Cristal oscilador de 16 MHz;**
- Regulador Linear de 5 volts;
- Pinos de entrada e saída (agregador de funcionalidades);
- Um fusível de proteção para correntes superiores a 500mA;
- Interruptor de energia;
- Botão de reset;
- Conexão USB;



# Ferramentas de Avaliação

## Hardware:

- Processador Atmel AVR de 8bits;
- Cristal oscilador de 16 MHz;
- **Regulador Linear de 5 volts;**
- Pinos de entrada e saída (agregador de funcionalidades);
- Um fusível de proteção para correntes superiores a 500mA;
- Interruptor de energia;
- Botão de reset;
- Conexão USB;

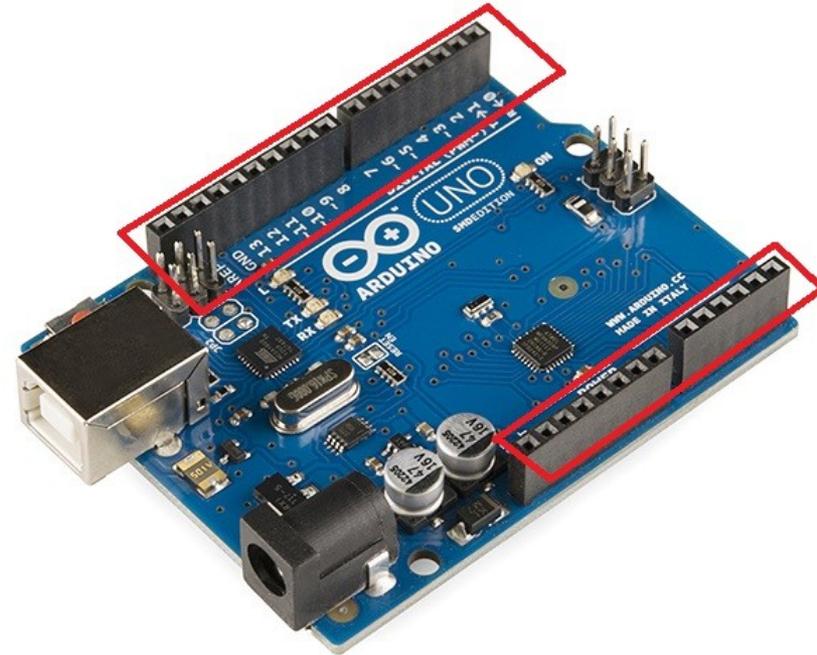


# Ferramentas de Avaliação

r a m a d o

## Hardware:

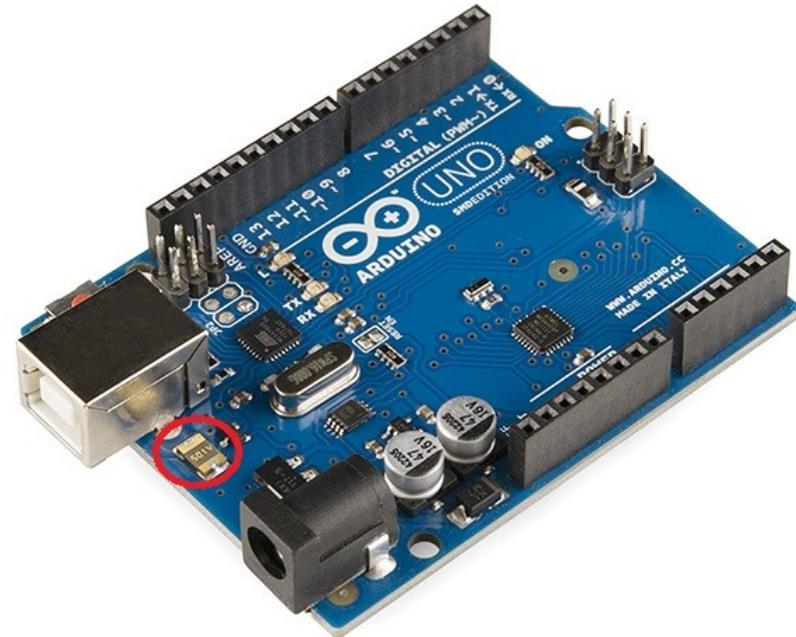
- Processador Atmel AVR de 8bits;
- Cristal oscilador de 16 MHz;
- Regulador Linear de 5 volts;
- **Pinos de entrada e saída (agregador de funcionalidades);**
- Um fusível de proteção para correntes superiores a 500mA;
- Interruptor de energia;
- Botão de reset;
- Conexão USB;



# Ferramentas de Avaliação

## Hardware:

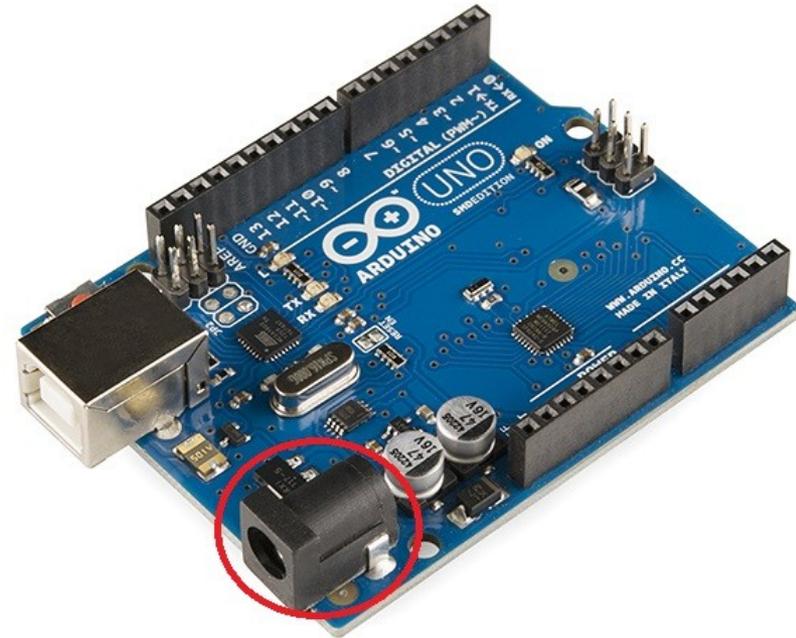
- Processador Atmel AVR de 8bits;
- Cristal oscilador de 16 MHz;
- Regulador Linear de 5 volts;
- Pinos de entrada e saída (agregador de funcionalidades);
- **Um fusível de proteção para correntes superiores a 500mA;**
- Interruptor de energia;
- Botão de reset;
- Conexão USB;



# Ferramentas de Avaliação

## Hardware:

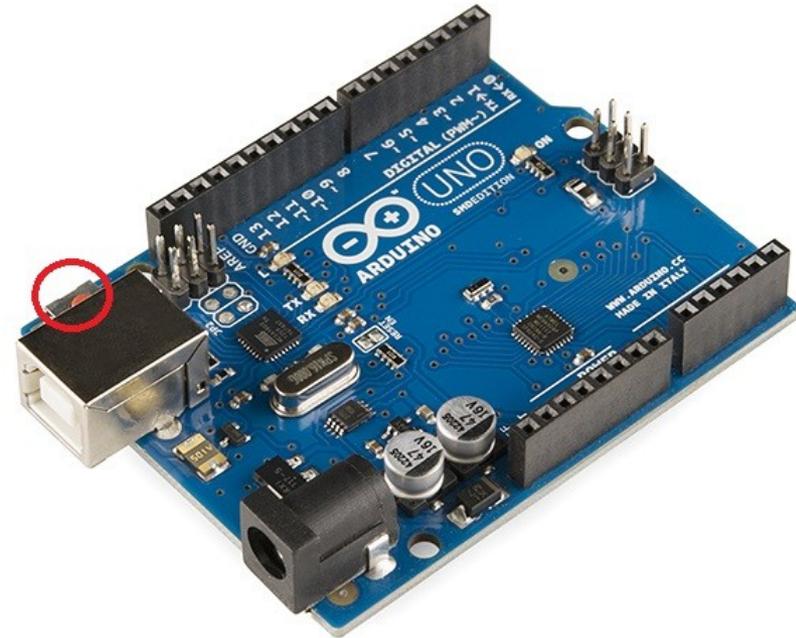
- Processador Atmel AVR de 8bits;
- Cristal oscilador de 16 MHz;
- Regulador Linear de 5 volts;
- Pinos de entrada e saída (agregador de funcionalidades);
- Um fusível de proteção para correntes superiores a 500mA;
- **Interruptor de energia;**
- Botão de reset;
- Conexão USB;



# Ferramentas de Avaliação

## Hardware:

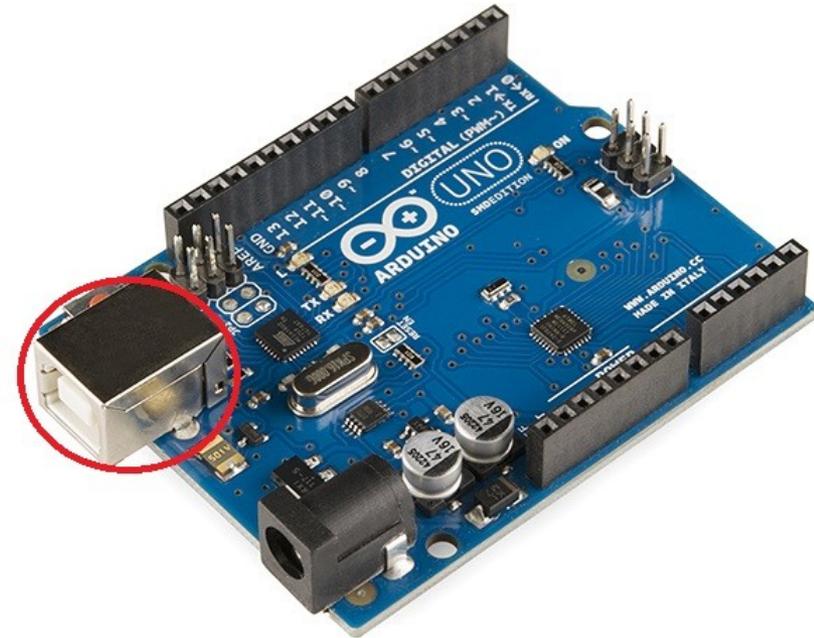
- Processador Atmel AVR de 8bits;
- Cristal oscilador de 16 MHz;
- Regulador Linear de 5 volts;
- Pinos de entrada e saída (agregador de funcionalidades);
- Um fusível de proteção para correntes superiores a 500mA;
- Interruptor de energia;
- **Botão de reset;**
- Conexão USB;



# Ferramentas de Avaliação

## Hardware:

- Processador Atmel AVR de 8bits;
- Cristal oscilador de 16 MHz;
- Regulador Linear de 5 volts;
- Pinos de entrada e saída (agregador de funcionalidades);
- Um fusível de proteção para correntes superiores a 500mA;
- Interruptor de energia;
- Botão de reset;
- **Conexão USB tipo B;**



# Ferramentas de Avaliação

eramado

## Benchmark Linpack

- Coleção de rotinas em Fortran;
- Tem como objetivo resolver problemas de álgebra linear com alta complexidade e verificar seu tempo de execução;
- Apresenta resultados em FLOPS (número de operações de ponto flutuante por segundo);
- Dupla precisão;



# Sumário

- Introdução
- Ferramentas de Avaliação
  - Arduino & Atmega328
  - Benchmark Linpack
- **Ambiente de Testes**
- Resultados
  - Desempenho
  - Consumo & Eficiência Energética
- Conclusões
- Trabalhos Futuros





# Ambiente de Testes

r a m a d o



## Plataforma Arduino

- Microprocessador ATmega328 com 32KB de memória Flash.

## Plataforma Intel

- Processador Intel modelo Celeron 430 de 1,8GHz, 512KB de cache L2 e 2GB de memória RAM.





# Ambiente de Testes

Er a m a d o

## Plataforma Arduino:

- Alimentação de energia externa;
- Conectada via USB;
- Linpack executado da linguagem C, adaptado ao Arduino;
- Compilado diretamente no microprocessador;
- Ambiente Arduino;
- Matriz de Ordem 8;

## Plataforma Intel:

- Linpack executado da linguagem C;
- Compilado na IDE CodeBlocks v13.12;
- Ambiente Linux Ubuntu LTS 14.04;
- Matriz de ordem 1000;

**1000 Amostras de cada plataforma**



# Sumário

- Introdução
- Ferramentas de Avaliação
  - Arduino & Atmega328
  - Benchmark Linpack
- Ambiente de Testes
- **Resultados**
  - **Desempenho**
  - **Consumo & Eficiência Energética**
- Conclusões
- Trabalhos Futuros



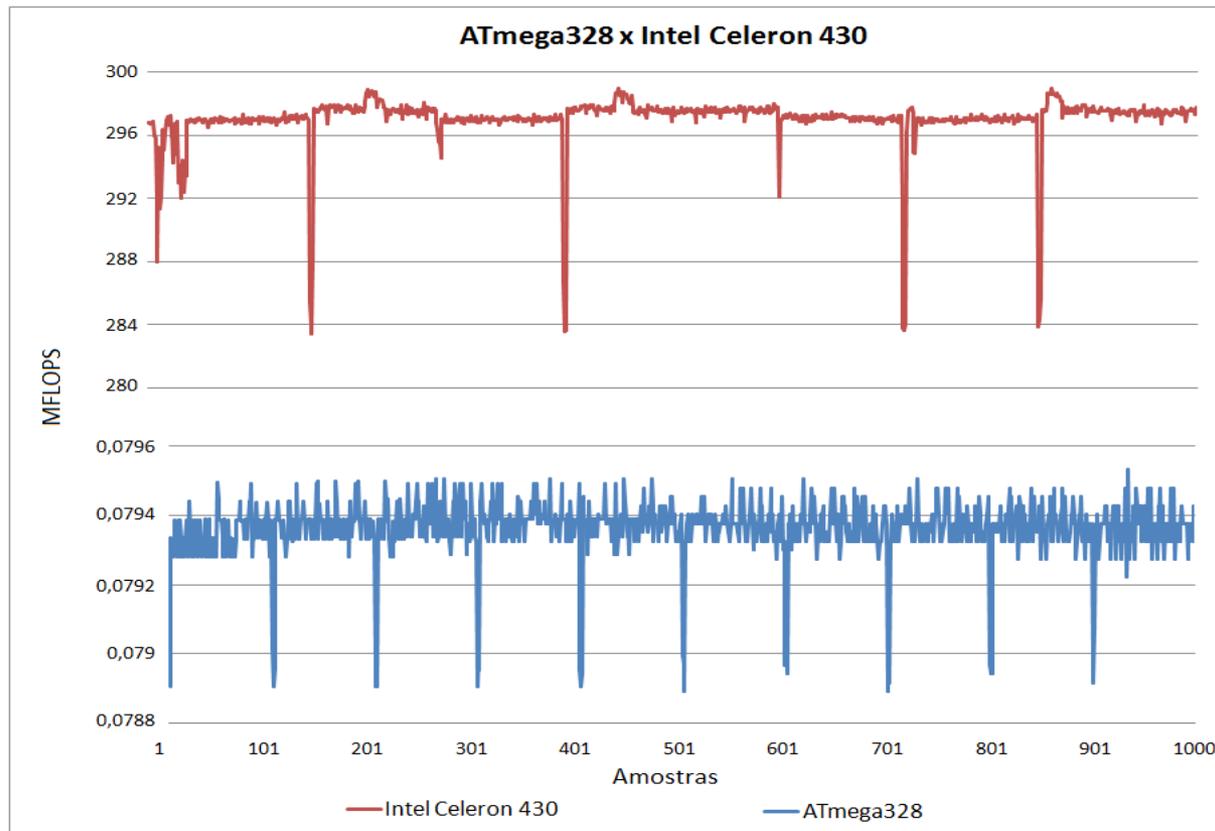
# Resultados

## Desempenho

- Grande diferença entre plataformas;
- Maior poder de processamento por parte da plataforma Intel;
- Menor desempenho da Plataforma Arduino;
- Plataforma Intel obteve resultados superiores a 297 MFLOPS;
- Plataforma Arduino alcançou valores próximos a 0,079 MFLOPS;



# Resultados



**Comparativo de desempenho entre as plataformas Intel e Arduino**



## Consumo & Eficiência Energética

- Plataforma Intel = Maior consumo, maior poder de processamento;
- Plataforma Arduino = Menor consumo, menos poder de processamento
- Plataforma Arduino obteve 106,93 vezes menos eficiência energética comparada com a Plataforma Intel

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

# Sumário

- Introdução
- Ferramentas de Avaliação
  - Arduino & Atmega328
  - Benchmark Linpack
- Ambiente de Testes
- Resultados
  - Desempenho
  - Consumo & Eficiência Energética
- **Conclusões**
- Trabalhos Futuros





# Conclusões

- Microprocessador x Processador;
- Menor custo, porém menor eficiência energética;
- Inviabilidade do uso de microprocessador ATmega328 para processamento em sistemas *High Performance Computing* (HPC) envolvendo cálculos em ponto flutuante;
- Grande diferença de processamento, porém menor diferença de eficiência energética



# Sumário

- Introdução
- Ferramentas de Avaliação
  - Arduino & Atmega328
  - Benchmark Linpack
- Ambiente de Testes
- Resultados
  - Desempenho
  - Consumo & Eficiência Energética
- Conclusões
- **Trabalhos Futuros**





# Trabalhos Futuros

- Teste em múltiplas unidades da Plataforma Arduino de forma paralela;
- Analise de:
  - Eficiência energética;
  - Custo-benefício;
  - Tolerância a falhas;
  - Transparência;
- Utilizar-se de outras ferramentas de benchmark para avaliação;
- Analise de precisão simples;



# Análise de desempenho de processadores ATmega328 utilizando Benchmark Linpack

## Agradecimentos

Marcos S. Morgenstern - [marcoossmorgenstern@gmail.com](mailto:marcoossmorgenstern@gmail.com)

Lori R. F. Machado Filho - [lori.jar@hotmail.com](mailto:lori.jar@hotmail.com)

Edson L. Padoin - [padoin@unijui.edu.br](mailto:padoin@unijui.edu.br)

Universidade Regional do Noroeste do Estado Do  
Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)

