

Arquitetura e Organização de Computadores II

Sistemas embarcados

Prof. Nilton Luiz Queiroz Jr.

Sistemas embarcados

- Sistemas de computadores embarcados podem ser definidos como sistemas com uma função dedicada onde a presença do computador não é imediatamente óbvia;
- Esses dispositivos estão presentes em diversos aparelhos de uso diário
 - Microondas;
 - Máquinas de lavar;
 - Automóveis;
 - Aparelhos de reprodução de música;
 - Consoles de videogame;
 - Câmeras digitais;



Sistemas embarcados

- Em alguns casos os computadores são programáveis, porém na grande maioria a programação só ocorre na conexão da carga inicial ou em atualizações de software;
- Comparados a desktops e servidores, sistemas embarcados tem uma variedade maior nos preços;
 - De centavos de dólares até centenas de dólares;



Sistemas embarcados

- Energia é tão importante quanto custo e desempenho para sistemas embarcados;
- A maior parte dos embarcados não tem armazenamento secundário, assim a aplicação fica armazenada em memórias FLASH ou ROM;
-



Sistemas embarcados

- Tipicamente processam informação como sinais;
 - Ondas de rádio;
 - Imagens;
 - Medidas de sensores;
- Em sistemas embarcados se faz necessário minimizar a memória e energia;
 - Memórias maiores implicam em maior consumo de energia;



Sistemas embarcados

- Alguns sistemas embarcados usam núcleos de processadores juntos com um circuito específico para a aplicação (Core plus ASIC ou ainda SoC - System on a Chip);
 - Podem ser vistos como multiprocessadores de propósito especial;
- Frequentemente os requerimentos funcionais e de performance são encontrados na combinação de um hardware customizado junto com um software executando em um núcleo de processador embarcado padronizado;



Sistemas embarcados

- Em geral, usam-se uma das três abordagens para resolver problemas de sistemas embarcados:
 - O designer usa uma combinação de hardware e software que inclui um hardware personalizado integrado a núcleos de processadores embarcados no mesmo chip;
 - Um software personalizado executando em um processador embarcado “de prateleira”;
 - O designer usa um processador de sinais digitais e um software personalizado



Sistemas embarcados

- Frequentemente os sistemas embarcados processam informações de maneira diferente dos processadores de propósito geral;
- Alguns casos os sistemas embarcados devem ser de tempo real
 - Certas tarefas devem ser completadas em um determinado intervalo de tempo;
 - Sistemas de tempo real Hard;
 - Sistemas de tempo real Soft;



Sistemas de tempo real

- Sistemas de tempo real Hard;
 - Falhas podem ser letais;
 - Caso médio e o pior caso da execução da tarefa devem ser menor que o deadline para sua execução;
 - Exemplo: Aribag em um carro;
- Sistemas de tempo real Soft;
 - Falhas não são letais, apenas “incomodam” o usuário;
 - Caso médio deve ser menor que o dead line;
 - Pior caso pode ser maior que o deadline;
 - Exemplo: player de vídeo;



Sistemas de tempo real

- A construção de sistemas de tempo real envolve algumas questões:
 - A frequência que a tarefa ocorre;
 - O hardware e software necessário para suprir essa frequência;
 - Estruturas e comportamentos incertos do hardware;
 - Especulação é muito vantajoso para sistemas desktop, porém são considerados complexos para análises em sistemas de tempo real;
 - Os custos são altos, porém esses mecanismos não evitam o pior caso de execução (worst case execution time - WCET);
 - Memórias cache, assim como especulação, introduzem incertezas no código;



Sistemas de tempo real

- Para tornar as coisas um pouco mais previsíveis podem ser usadas estratégias como:
 - Adicionar bits de dica nos branches;
 - Adicionar travas em linhas da cache;
 - Linha da cache é travada e não pode ser substituída até que seja destravada;



Processamento de sinais

- Existem processadores com propósito específico de processamento de sinais (Digital Signal Processor - DSP);
- Devido a natureza das operações eles tem instruções específicas para as operações mais usadas;
 - Convolução;
 - Transformações;
 - Fourier;
 - Cosseno;
- Uma instrução muito comum para DSPs são instruções que fazem multiplicação e acumulação juntas (multiply and accumulate);
 - MAC A,B,C
 - $A = A+B*C$

Processamento de sinais

- Em alguns casos, DSPs são escolhidos somente pelo desempenho das instruções MAC;
- Outra característica presente em DSPs frequentemente é o uso de aritmética de ponto fixo;
 - Representação para frações entre -1 e +1;
- A representação de ponto fixo pode ser pensada como uma alternativa de baixo custo para ponto flutuante;
 - Não usam expoentes;
 - Permitem que o programador controle o expoente em uma outra variável;



Processamento de sinais

- Além das operações MAC, DSPs ainda implementam operações para acelerar algumas partes de algoritmos de comunicação;
 - Esses algoritmos giram em torno de decodificar e codificar códigos de correção de encaminhamento de erro;
 - Implementam-se operações de comparação e seleção (compare-select) para dar suporte a esses algoritmos;
 - Em geral, tais algoritmos comparam e selecionam bits para recuperar o valor transmitido;



Benchmarks para embarcados

- O uso de um único conjunto de benchmarks para sistemas embarcados não é realista;
 - Cada sistema embarcado tem seu foco e suas peculiaridades;
- É necessário conjuntos de benchmarks que reflitam as características das aplicações que irão executar sobre aquele hardware;
 - Tanto os pequenos trechos de aplicações (kernels) quanto versões inteiras da aplicação;



Benchmarks para embarcados

- Existem benchmarks que são divididos em classes de aplicações para sistemas embarcados, um deles é o EDN Embedded Microprocessor Benchmark Consortium (EEMBC);
- O EEMBC é dividido em 6 classes:
 - Automotive/industrial: Manipulação de bits, aritmética sobre matriz, etc;
 - Consumer: Compactação e descompactação de JPEG, conversão RGB, etc (multimidia);
 - Telecommunications: Correlação, FFT, etc (Filtros e DSP) ;
 - Digital entertainment: Codificação e decodificação de MP3, MPEG, algoritmos de criptografia, conversão de espaço de cores;
 - Network: Traduções de endereço de rede (NAT), Checagem de pacotes IP, Qualidade de serviço, etc;
 - Office automation: Parser de texto, rotação de imagens, etc;



Benchmarks para embarcados

- Como energia é uma das prioridades em sistemas embarcados, alguns benchmarks medem o consumo de energia;
- O EEMBC Energy Bench consegue coletar a energia consumida enquanto as aplicações do EEMBC são executadas;
 - Dessa forma se torna possível ter uma noção de performance por watt;



Multiprocessadores embarcados

- Assim como no nicho desktop, os multiprocessadores também vem sendo usados em sistemas embarcados;
- Em aplicações variando de computação gráfica até telecomunicações, vem se tornando comum o uso de multiprocessadores de propósito específico;
- Recentemente vem sendo construídos multiprocessadores na área de embarcados, baseados em diversos processadores de propósito geral;
 - Processador MXP da empowerTel Networks usa núcleos MIPS;



Multiprocessadores embarcados

- Os multiprocessadores embarcados vem se tornando mais populares por duas razões:
 - Não é tão necessária a compatibilidade de binários entre sistemas embarcados
 - As aplicações tem paralelismo natural;



Referência

HENNESSY, John L.;PATTERSON, David A. Computer architecture: a quantitative approach. Elsevier, 2011.

