



Sistemas Embarcados

SCE 200 – Arquiteturas de
Computadores Avançadas

Regina Helena Carlucci Santana
2o. Sem. 2005

Tópicos

- Definição
- Histórico
- Exemplos
- Plataforma
 - Hardware
 - Software – SO para Sistemas Embarcados
- Métricas para Avaliação de Sistemas Embarcados
- Natureza Multidisciplinar

Sistemas Embarcados - Definições

- Sistema computacional especialistas constituídos por um conjunto de hardware, software e periféricos, que realiza um pequeno conjunto de funções específicas e que são conhecidas de antemão
- qualquer dispositivo microprocessado que executa uma função dedicada
- Sistema cuja principal função não é computacional, mas que é controlado por um computador embutido

Sistemas Embarcados - Definições

Um sistema embutido é um sistema baseado em um microcontrolador, dirigido por software, seguro, sistema de controle em tempo real, podendo ser autônomo ou interagindo com homens ou redes, que opera em ambiente e com variáveis físicas diversificadas e que deve ser vendido em um mercado competitivo e preocupado com o custo.

Tim Wilmshurst

Um Sistema Embarcado Típico

- Usa microcontrolador com software armazenado em ROM
- Começa a executar uma aplicação específica assim que é ligado e não para até ser desligado
- É um sistema de tempo real
- O sistema computacional não é visível

Sistemas Embarcados - Histórico

- Década de 40 – primeiros computadores
- 1948 – Invenção dos transistores
- 1959 – Construção do 1o. Circuito Integrado
- 1971 – Primeiro Microprocessador – Intel 4004
- Final da década de 70 a utilização de microprocessadores seguiu dois caminhos

Sistemas Embarcados - Histórico

- dois caminhos:
 - Computadores de Propósito Geral
 - Desktops
 - Servidores, etc.
 - Produtos em Geral
 - Fotocopiadoras
 - Máquinas de Lavar Roupa
 - Máquinas de Refrigerante, etc.

Onde estão os processadores?

- **Sistemas Interativos** - 2 %
- **Robôs** - 6 %
- **Veículos** - 12 %
- **Outros Sistemas Embutidos** - 80 %

- **4bit** - 22 %
- **8bit** - 63 %
- **16bit** - 12 %
- **>= 32bit** - 3 %

(Tennenhouse, CACM 43 (5):44)

Sistemas Embarcados - Exemplos

- Dispositivos móveis e portáteis (Ex. handhelds, telefones celulares);
- Terminais-caixa no varejo - Ponto de Venda (PDV);
- Terminais de auto-atendimento bancário;
- Quiosques multimídia - (terminais de shopping centers);
- Decodificadores de TV a cabo (set-up box);

Sistemas Embarcados - Exemplos

- Sistemas de controles industriais
- PALM's;
- Câmeras digitais;
- MP3 *players*;
- Microondas;
- Sistema de freio;
- Torradeira

Sistemas Embarcados - Plataforma

Não existe padrão na construção de um Sistema Embarcado

1. Escolha da plataforma de Hardware
Hardware específico com pouca padronização
2. Desenvolvimento do Software
Suporta características peculiares do sistema a que se destina

Sistemas Embarcados - Plataforma

1. Escolha da plataforma de Hardware – decisão crítica:

- Mais recursos que o necessário:
 - Perda de dinheiro
 - Perda de potência
 - Maior gasto de energia
- Menos recursos que o necessário:
 - Baixo desempenho
 - Impossibilidade de executar a aplicação

Sistemas Embarcados - Plataforma

1. Escolha da plataforma de Hardware

- Hardware padronizado

- Maior flexibilidade
- Maior custo de energia
- Custo Menor

- Hardware Específico

- Mais fácil de atingir as metas de desempenho facilitam processamento em tempo-real
- Recursos utilizados adequadamente característica de otimização próxima do ótimo
- Maior custo – nem sempre é economicamente viável

Sistemas Embarcados - Plataforma

Mais algumas restrições na escolha da plataforma de Hardware ...

- Sistemas projetados para serem independentes de uma fonte de energia fixa
- Restrições de energia (otimização do consumo)
- Se consumo de energia aumenta -> maior dissipação de calor -> necessidade de dissipadores/ventiladores
- Ventiladores custam caro e podem ser inviáveis
- Exemplo: MP3 com ventilador

Sistemas Embarcados - Plataforma

Mais algumas restrições na escolha da plataforma de Hardware ...

- Políticas de paralelismo de execução restritas como o pipeline
- Multiprocessadores podem ser utilizados em casos específicos
- O tamanho da memória é fator limitante
- Memórias potencialmente velozes acarretam problemas de desperdício de potência

Sistemas Embarcados - Plataforma

Memória - Balancear desempenho, capacidade de armazenamento e consumo de energia

■ Estática

- Velozes para pequenos espaços de endereçamento
- Baixo consumo de energia (simulam relê)
- Ex: FRAM - RAM ferroelétrica (magnética)

■ Dinâmica

- Velozes para grandes espaços de endereçamento
- Alto consumo de energia (capacitores)
- Ex: Cache (75% de energia do processador), RAM

Sistemas Embarcados - Plataforma

- Hardware baseado em microprocessadores ou microcontroladores
- Podem ser CISC, RISC ou SISC
- SISC – Computador com Conjunto de Instruções Específico (do inglês "Specific Instruction Set Computer")
- CPU enxuta e com instruções para operações de controle

Sistemas Embarcados - Plataforma

Hardware baseado em microprocessadores ou microcontroladores

- Objetivo é limitar ou especializar os recursos da CPU em benefício de outras tarefas como
 - I/O
 - Interrupções
 - Acesso à memória
- Incluir instruções que facilitem a manipulação de
 - Bits
 - canais de I/O
 - Temporização

Sistemas Embarcados - Plataforma

Em relação ao software...

- Número e particularidades variam na mesma proporção da especificidade dos sistemas
- Dificuldade na padronização do projeto
- O projeto do software deve se adequar ao sistema
- Otimização em todos os pontos:
 - Maximizar desempenho
 - Processamento em tempo-real
 - Otimizar consumo de energia

Sistemas Embarcados - Plataforma

Em relação ao software...

- SO Embarcados devem gerenciar um conjunto de entidades de hardware
 - CPU
 - ROM/RAM,
 - memória não-volátil,
 - relógio
 - dispositivos de I/O.

Sistemas Embarcados – Plataforma

Em relação ao software...

- O sistema operacional deve:
 - ser customizável
 - privilegiar atividades dedicadas ou exclusivas
 - envolver otimizações específicas no hardware e na camada de aplicação
- Restrições de memória e energia exigem maior eficiência no escalonamento de tarefas

Alguns Sistemas Operacionais Embarcados

- eCos
- NetBSD
- Windows CE Embedded
- Windows NT Embedded
- uClinux

eCos

(Embedded Configurable Operating System)

- Sistema *Open-source* (RedHat)
- SO de Tempo Real
- Dispositivos de gerenciamento de processos (*timers, schedulers* e controle de interrupção)
- Utilizado em dispositivos de pouca memória como *players* de áudio e impressoras *laser*
- Suporte a várias arquiteturas

NetBSD

- *Open-source*, baseado em Unix
- Desvantagem
 - Uso relativamente alto de memória (podendo chegar a 16Mb de RAM)
- Boa opção para roteadores e outros dispositivos de rede

Windows CE Embedded

- Lançado em 1996
- Não é *Open-source* (Windows)
- Tamanho relativamente compacto
- Possibilidade de incorporar novos módulos/componentes

Windows NT Embedded

- Baseado em Windows
- Grande ocupação de memória
- Pouco indicado para dispositivos com restrição de memória (aparelhos de mão)

uClinux

(Micro Controller Linux)

- Completamente voltado para sistemas embarcados (1998)
- *Open-source*
- Kernel de apenas 900Kb
- Suporte ao protocolo TCP/IP e diversos sistemas de arquivo (NFS e FAT16/32)
- Suporte a várias arquiteturas, estabilidade e portabilidade

Métricas para Avaliação de Sistemas Embarcados

- Custo de produção unitário
- Custos não recorrentes de engenharia – custo de desenvolvimento
- Tamanho físico
- Desempenho
- Consumo de energia
- Flexibilidade
- Flexibilidade para mudanças de funcionalidade sem grandes custos

Métricas para Avaliação de Sistemas Embarcados

- Tempo necessário para construção de uma versão funcional do sistema
- Tempo necessário para que o sistema esteja apto a ser comercializado
- Facilidade de manutenção
- Facilidade de fazer modificações no sistema após seu lançamento

Natureza Multidisciplinar

- Desenvolvimento de Sistemas Embutidos envolve um grande número de áreas:
- Arquitetura de Computadores
- Projeto e Manufatura de Circuitos Integrados
- Engenharia Eletrônica e Elétrica
- Eletrônica Digital

Natureza Multidisciplinar

- Comunicação de Dados
- Sistemas Operacionais
- Engenharia de Software
- Controle
- Interação Homem Máquina

Bibliografia

- The Design of Small-Scale Embedded Systems, Tim Wilmshurst, 2001
- Wayne Wolf, artigos sobre Embedded Computing, IEEE computer
- Sistemas Operacionais para Sistemas Embarcados, Universidade Federal da Bahia, Departamento de Matemática

Exercício

1. Cite alguns equipamentos/produtos de seu dia a dia que possuem um sistema embarcado
2. Escolha um desses equipamentos e descreva:
 - c) Alguns requisitos desse sistema
 - d) A complexidade do software/hardware
 - e) Tipos de dispositivo de comunicação