

Microcontroladores

Yuri Kaszubowski Lopes

UDESC

Anotações

Computador

- Quando pensamos em um computador, ou em um processador, a primeira imagem que pode vir a nossa mente é um computador de mesa (desktop) ou notebook
 - ▶ Múltiplos processadores, operando em frequências absurdas
 - ▶ 8GiB, 16GiB, 32GiB, ... de memória principal
 - ▶ Terabytes de memória para armazenamento
 - ▶ Capaz de executar centenas de tarefas ao mesmo tempo, com um sistema operacional gigantesco
 - ▶ Interfaces gráficas

Anotações

Computador

- Mas você realmente espera ter um processador i7 com 16GiB de memória no seu micro-ondas?
- A vasta maioria dos aparelhos eletrônicos que usamos no nosso dia a dia precisam realizar algum processamento
 - ▶ E por questões de energia, custo e de projeto, não faz sentido utilizarmos os processadores que utilizamos em nossos desktops para realizar essas tarefas

Anotações

Dispositivos

- Quais dispositivos do seu dia a dia podem precisar de algum processamento?
 - ▶ Micro-ondas
 - ▶ Geladeira
 - ▶ Smartv
 - ▶ Carro
 - * Controlar o motor (injeção eletrônica)
 - * Controle dos freios (ABS)
 - * Controle de estabilidade
 - * Controle de iluminação
 - * Alarme
 - * Central multimídia
 - ▶ Sistemas de alarme
 - ▶ Mouse
 - ▶ Headphone

Anotações

Dispositivos

- Esses dispositivos geralmente compartilham algumas características
 - ▶ Não podem ter seus programas alterados pelo usuário
 - ▶ Executam um único programa
 - ▶ Não possuem sistema operacional
 - ▶ São otimizados para a tarefa para as quais eles foram desenvolvidos
 - ▶ Baixo custo e baixo consumo de energia
 - ▶ Recursos limitados (pouca memória, poucos dispositivos de E/S, ...)

Claro que existem exceções

- Você não espera que os sistema de controle de um avião de grande porte seja de baixo custo, nem que seja simples
- Tvs atuais possibilitam a atualização do programa que está rodando internamente nelas

Anotações

Sistemas embarcados

- Comumente chamamos esse tipo de dispositivo de sistema embarcado
 - ▶ Sistemas com o processamento dedicado a executar uma tarefa específica

Anotações

Criando sistemas embarcados

Soluções puramente via hardware

- ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)
 - Podemos criar um circuito específico para o problema em questão
 - O próprio programa está embutido nas portas lógicas do circuito
 - Parecido com o que fizemos com a unidade de controle hardwired do MIPS
 - Problemas? Aplicabilidade?
 - Custa muito caro projetar e produzir um circuito personalizado para determinado equipamento
 - Um erro no projeto vai exigir que todos os equipamentos sejam substituídos
 - É viável quando o equipamento é vendido larga em escala
 - E.g., switches de rede, controles de freios ABS
 - Uma das principais vantagens é que um circuito especializado para determinada tarefa tende a ser consideravelmente mais rápido do que um "circuito genérico"

Anotações

Criando sistemas embarcados

Soluções puramente via hardware

- FPGA (Field Programmable Gate Array)
 - "Matrizes" de elementos de processamento
 - Podemos implementar nossas funções lógicas diretamente no hardware
 - Hardware reprogramável

Anotações

Microcontroladores

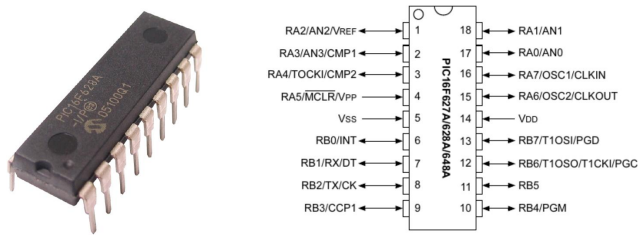
- Uma forma que envolve software e hardware para se criar esses sistemas é através do uso de microcontroladores

Microcontrolador

- Um sistema computacional simples completo em um chip
- Em um único chip comumente temos
 - Processador
 - Memória de trabalho (memória principal)
 - Memória de armazenamento
 - Controladores e pinos para dispositivos de entrada e saída
 - PWMs para controlar motores elétricos
 - Conversores analógico/digital
- Baratos
- Baixo consumo de energia

Anotações

PIC 16F628A



Anotações

PIC 16F628A

- Tamanho da palavra?
 - 14 bits para instruções
 - 8 bits para dados
- Tamanho das suas memórias
 - 2048 palavras para instruções
 - 224 palavras de dados em armazenamento não permanente
 - 128 palavras de dados em armazenamento permanente
- Arquitetura Harvard e instruções RISC

Anotações

PIC 16F628A

- Memória com capacidade para 2048 instruções de 14 bits
- $\frac{2048 \times 14}{8} = 3584 \text{ bytes} = 3,5 \text{ KiB}$
- Seu programa não pode ter mais de 2048 instruções em linguagem de máquina
 - Programar em Assembly pode não ser opcional
 - Algumas poucas instruções extras que um compilador pode injetar podem inviabilizar um projeto
 - No entanto a maioria dos microcontroladores possuem compiladores para linguagem C

Anotações

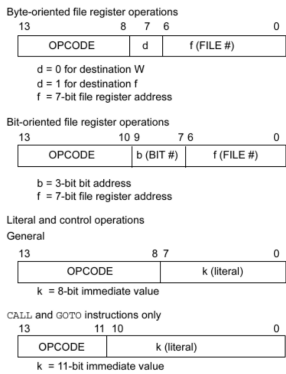
PIC 16F628A

- 224 palavras de dados em armazenamento não permanente (memória principal de trabalho)
- Cada palavra de dados possui 1 byte
- 224 bytes de memória principal

Anotações

Instruções da família PIC 16F

- formato das instruções da família PIC 16F



Anotações

Aplicações de tempo real

- A utilização de microcontroladores (e também ASICs e FPGAs) é comum em sistemas de tempo real
 - ▶ Nesses sistemas, o tempo máximo para se obter uma resposta é pré-definido
 - ▶ Não podemos demorar mais que esse tempo máximo, caso contrário a resposta será menos efetiva, ou será inútil
 - ▶ E.g., em um sistema de freios ABS, de nada adianta o sistema calcular a pressão no freio 1 segundo depois que o usuário pisar no pedal de freio

Anotações

Aplicações de tempo real

- Nos computadores pessoais, com sistemas operacionais convencionais multitarefas, é difícil calcular com exatidão tempo de pior caso que uma aplicação vai demorar para responder
 - Temos várias aplicações competindo pela CPU
 - Temos invalidações de cache
 - Temos rotinas do S.O.
 - ...

Anotações

CPI

- Ciclos de clock por instrução (CPI)
 - Quantos ciclos de clock são necessários em média para se completar uma instrução?
 - Em nossa CPU MIPS, se não houvessem stalls no pipeline, nosso CPI seria 1, pois a cada ciclo de clock, uma instrução é completada
 - Um CPI de 1 é o melhor caso possível em uma CPU sem redundância de unidades funcionais
- Nossas CPUs x86 são superescalares
 - Possuem várias unidades funcionais replicadas internamente em cada CPU (Core)
 - E.g., Múltiplas ALUs
 - Com isso o CPI pode ser menor que 1

Anotações

Exercícios

- Qual o CPI do PIC 16F628A?
- Como utilizar o CPI para criar um sistema onde sabemos o tempo de resposta no pior caso?
- Uma das plataformas de desenvolvimento baseada em microcontroladores é o Arduino
 - Quais os microcontroladores comumente encontrados nas plataformas Arduino?
 - Quais suas características (memória, arquitetura, tamanho de palavra, profundidade de pipeline)?
- Traduza o código MIPS abaixo para instrução do PIC 16F628A

```
1  addi $t1, $t2, 5
2  add $t3, $t1, $t4
```
- Com relação ao microcontrolador ATmega328P:
 - Qual a arquitetura? (Harvard ou Von Neumann)
 - Quanto de memória ele possui em cada uma de suas memórias?
 - Quantos registradores ele possui? Qual o tamanho dos registradores?
 - Qual o tamanho da palavra de dados? E de instruções?

Anotações

Atenção

- Os microcontroladores discutidos em aula são apenas alguns exemplos populares
 - O mercado de microcontroladores é gigantesco
 - ★ Não temos somente dois fabricantes com alguns poucos modelos concorrendo pelo mercado, como no x86

Alguns fabricantes

- NXP: Divisão da Motorola
 - ARM (NXP)
 - Adquiriu a Freescale Semiconductor
- Microchip
 - PIC10 e PIC12: instruções de 12-bits
 - PIC16: instruções de 14-bits
 - PIC18: instruções de 16-bits
 - PIC24 e dsPIC: instruções de 24-bits
- Atmel (Adquirida pela Microchip em 2016)
 - Atmega (Arquitetura AVR)
- Texas Instruments

Anotações

Referências

- D. Patterson; J. Henessy. Organização e Projeto de Computadores: a Interface Hardware/Software. 5a Edição. Elsevier Brasil, 2017.
- D. Patterson; J. Henessy. Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface. 5a Edição. 2014.
- J. Henessy; D. Patterson. Arquitetura de computadores: Uma abordagem quantitativa. 6a Edição. 2017.
- STALLINGS, William. Arquitetura e organização de computadores. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

Anotações

Anotações
