

Arquitetura de Computadores

Introdução

- Componentes:
 - Processador;
 - UC;
 - Registradores;
 - ALU's, FPU's, etc.
 - Memória (Sistema de armazenamento de informações;
 - Dispositivo de entrada e saída.

Introdução

- Representação de informações
 - Bit / Byte;
 - Sistemas de numeração:
 - binário;
 - decimal;
 - octal;
 - hexadecimal.

Bases de Numeração

- Decimal - dez algarismos utilizados para a representação (0 a 9);
- Binária - Algarismos '0' e '1';
- Octal - Algarismos '0' a '7';
- Hexadecimal - Algarismos '0' a '9' e letras de 'A' a 'E'.

Conversão de bases

- Conversão base B para a base 10:
- Identificar:
 - A base origem do número (b);
 - O número de algarismos do número (n);
- A contagem dos algarismos deve ser da direita para a esquerda, de '0' até 'n-1'.

Conversão de bases

- Exemplo: Conversão de $(10110101)_2$

$b = 2, n = 8$

$$\begin{array}{cccccccc} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \swarrow & \swarrow \\ (1 \times 2^7) & + & (0 \times 2^6) & + & (1 \times 2^5) & + & (1 \times 2^4) & + & (0 \times 2^3) & + & (1 \times 2^2) & + & (0 \times 2^1) & + & (1 \times 2^0) = \end{array}$$

$$128 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 0 + 1 = (181)_{10}$$

Conversão de bases

- Conversão da base 10 para uma base B
 - Dividir o número decimal pela base desejada e colocar o resto como o algarismo mais à direita
 - Enquanto o dividendo for maior do que o divisor:
 - dividir o dividendo pelo divisor (= base desejada)
 - Extrair o resto da divisão, colocando-o à esquerda dos algarismos já inseridos
 - Colocar o dividendo (agora menor do que o divisor) como algarismo mais à esquerda.

Conversão de bases

- Exemplo: Converter $(13)_{10}$ para a base binária

$13 / 2 = 6$ (novo dividendo), resto 1

Resultado parcial: 1

$6 / 2 = 3$ (novo dividendo), resto 0

Resultado parcial: 01

$3 / 2 = 1$ (novo dividendo), resto 1

Resultado parcial: 101

Como o último dividendo(1) é menor do que o divisor (2), ele é simplesmente colocado à esquerda do resultado parcial $\Rightarrow 1101$

Aritmética Binária

- Soma

- $0 + 0 = 0$

- $0 + 1 = 1 + 0 = 1$

- $1 + 1 = 0$ (vai 1)

- Subtração

- $0 - 0 = 1 - 1 = 0$

- $1 - 0 = 1$

- $0 - 1 = 1$ (pede emprestado o primeiro 1 à esq.)

Aritmética Octal

- Semelhante à binária. O “vai 1” ocorre quando a soma for maior ou igual a 8.
- Quando é necessário “pedir emprestado”, o valor que vem é igual a 8.
- Exemplos

$$\begin{array}{r} 3657 \\ + \underline{1741} \\ \hline 5620 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7312 \\ - \underline{3465} \\ \hline 3625 \end{array}$$

Aritmética Hexadecimal

- Semelhante à binária. O “vai 1” ocorre quando a soma for maior ou igual a 16.
- Quando é necessário “pedir emprestado”, o valor que vem é igual a 16.
- Exemplos:

$$\begin{array}{r} A012 \\ + \underline{9201} \\ \hline 13213 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} A125 \\ - \underline{9484} \\ \hline CA1 \end{array}$$

Lógica Digital

- Porta - Elemento de hardware que recebe um ou mais sinais de entrada e, de acordo com a operação definida, produz uma saída.
- Porta lógica - Porta(hardware) que recebe valores de entrada, e realiza uma operação lógica sobre eles, produzindo uma saída.
- Operação lógica - produz um resultado que pode assumir dois valores. (0 ou 1, V ou F).

Lógica Digital

- Tabela Verdade: Conjunto de resultados da operação lógica para todas as combinações possíveis de entrada.
- Cada operação lógica possui um símbolo matemático que a representa, assim como uma porta lógica, que também possui um símbolo gráfico para representá-la.

Álgebra Booleana

- Circuitos combinatórios - Conjunto de portas lógicas cuja saída a qualquer instante é uma função exclusiva das entradas
- Circuitos seqüenciais - Possuem, além das portas lógicas, elementos de armazenamento temporário de informações.

Circuitos Combinatórios

- Decodificador
 - É um circuito combinatório com n linhas de entrada e 2^n linhas de saída, onde cada combinação de entradas irá gerar uma única saída ativa.
 - Este circuito é utilizado na decodificação de instruções e endereços.

Circuitos seqüenciais

- Flip-flops
 - Compõem os circuitos seqüenciais que, além das operações realizadas nas portas lógicas, podem reter informações por algum tempo.
 - Representam o elemento básico de armazenamento de informações.

Circuitos Seqüenciais

- Flip-flop SR
 - Controle do estado:
 - Quando ambas as entradas forem '0' → permanece no estado atual;
 - Se 'S' passar para o estado '1' e 'R' continuar em '0' → o flip-flop passa para o estado '1';
 - Se 'R' passar para o estado '1' e 'S' continuar em '0' → o flip-flop passa para o estado '0';
 - Se ambos estiverem em '1' o flip-flop fica instável.

Memória

- Subsistema responsável pelo armazenamento de informações (dados e instruções)
- Nas memórias, existem duas operações possíveis: leitura (read) ou escrita (write)
- Organização de forma hierárquica com o objetivo de obter uma relação custo/benefício adequada.

Memória

- Parâmetros de classificação:
 - Tempo de acesso: tempo em que uma informação requerida se torna disponível;
 - Ciclo de memória: tempo decorrido entre dois acessos consecutivos;
 - Capacidade de armazenamento: quantidade de informações que podem ser armazenadas;
 - Volatilidade: Perda das informações na ausência de energia elétrica;

Memória

- Parâmetros de classificação (cont.):
 - Tecnologia de fabricação: meios magnéticos (HD's, disquetes), meios semi-condutores (RAM, cache) e meios óticos (CD);
 - Temporariedade;
 - Custo.

Hierarquia de Memória

- Registradores:
 - Dispositivos de armazenamento localizados no próprio processador;
 - O processador trabalha buscando instruções e dados na memória principal (RAM) e as colocando em registradores;
 - Enquanto estiverem sendo usados, os dados e instruções permanecem nos registradores.

Hierarquia de Memória

- Registradores:
 - Tempo de acesso reduzido, pouco espaço de armazenamento e alto custo;
 - Dispositivos voláteis;
 - São divididos em registradores de propósito geral e específicos

Hierarquia de Memória

- Memória cache:
 - Meio intermediário de armazenamento entre o processador e a memória RAM;
 - Tempo de acesso bem mais curto do que o da RAM;
 - Seu objetivo é minimizar os efeitos da diferença de velocidade entre o processador e a memória principal.

Hierarquia de Memória

- Memória Cache:
 - Toda busca de instruções e dados é feita inicialmente na cache;
 - Dispositivo de armazenamento volátil com capacidade de armazenamento superior à dos registradores.

Hierarquia de Memória

- Memória RAM:
 - Máquina de Von Neuman;
 - Meio para o qual os dados de instruções de um programa devem ser carregados antes da sua execução;
 - São mais lentas do que as caches, porém bem maiores e mais baratas.

Hierarquia de Memória

- Memória secundária:
 - Grande capacidade de armazenamento;
 - Exemplos: HD's, disquetes, CD's, fitas, etc;
 - Dispositivos não voláteis, utilizados para o armazenamento de informações em caráter permanente.

Memória Principal

- Todos os programas a serem executados pela CPU devem ser carregados para a MP.
- Palavra - unidade de informação que deve representar um dado ou instrução.
- Célula - grupo de bits identificados por um endereço.

Memória Principal

- Unidade de transferência - quantidade de bits transferidos entre MP e CPU.
- Organização: N células endereçadas de 0 a $(N-1)$ seqüencialmente, cada uma contendo M bits.
- Duas operações possíveis: leitura (read) ou escrita (write).

Memória Principal

- Quantidade de bits por célula - definida pelo fabricante.
- Em uma célula com M bits podemos armazenar 2^M combinações diferentes.
- Padrão adotado pela maioria dos fabricantes é de células de 8 bits (1 byte)
- Quantidade de bits do endereço indica a quantidade de células endereçáveis.
- Endereço X Conteúdo de células

Memória Principal

- As operações realizadas na MP envolvem os seguintes elementos:
 - Barramento de dados;
 - Barramento de endereços;
 - Barramento de controle;
 - RDM (Registrador de Dados da Memória);
 - REM (Registrador de Endereços da Memória).

Memória Principal - Leitura

- Passos:
 - 1) Preencher o REM;
 - 2) Sinal de leitura no barramento de controle;
 - 3) $RDM \leftarrow MP(REM)$

Memória Principal - Escrita

- Passos:
 - 1) Preencher o RDM;
 - 2) Preencher o REM;
 - 3) Sinal de escrita no barramento de controle;
 - 4) $MP(REM) \leftarrow RDM$

Memória Principal - Medidas

- 1K $\rightarrow 2^{10}$ (1024);
- 1M $\rightarrow 2^{20}$ (1.048.576);
- 1G $\rightarrow 2^{30}$ (1.073.741.824);
- 1T $\rightarrow 2^{40}$ (1.099.511.627.776);
- Normalmente se mede a capacidade da memória através do seu número de células (bytes),

Memória Principal

- Tecnologias:
 - DRAM (Dynamic Random Access Memory);
 - ROM (Read Only Memory);
 - PROM (Programmable ROM);
 - EPROM (Erasable PROM) - apagável através de luz ultra-violeta;
 - EEPROM (Eletrically EPROM) - pode ser apagada pela CPU.

Memória Cache

- Motivação: grande diferença de velocidade entre CPU e MP (Gargalo de Von Neuman).
- Conceito de localidade:
 - Localidade Temporal;
 - Localidade Espacial.

Memória Cache

- Funcionamento da Cache
 - Processador, sempre que precisa buscar uma nova instrução, tenta antes na cache.
 - Quando a informação desejada está na cache, ocorre um *hit* (acerto).
 - Quando a informação não está na cache, ocorre um miss (falta).

Memória Cache

- Para que a cache seja produtiva e vantajosa, é necessário que haja mais acertos do que faltas.
- Elementos a serem considerados no projeto de cache:
 - Tamanho;
 - Mapeamento de dados;
 - Políticas de substituição de blocos;
 - Política de escrita da cache para a Memória Principal.

Memória Cache

- Fatores que influenciam o tamanho da cache:
 - Tamanho da M;
 - Relação entre acertos e faltas;
 - Tempo de acesso da MP;
 - Custo;
 - Tempo de acesso da cache;
 - Natureza do programa em execução (localidade).

Memória Cache

- Algoritmos de substituição de dados na cache:
 - LRU (Least Recently Used): o bloco a ser substituído é aquele que está há mais tempo sem ser usado;
 - FIFO (First In First Out): Os blocos são substituídos com base na ordem em que chegaram na cache;
 - LFU (Least Frequently Used): o bloco a ser substituído é aquele que foi usado com menos frequência;
 - Escolha aleatória.

Memória Cache

- Políticas de escrita:
 - Write through: escrita simultânea na cache e na MP;
 - Write back: a escrita só é feita no momento em que um bloco for substituído e, mesmo assim, somente se ele sofreu alteração;
 - Write once: usado apenas em sistemas com multiprocessamento.

CPU

- Funções:
 - Processamento;
 - Controle
- Componentes:
 - UC (Unidade de Controle);
 - Registradores;
 - ALU's, FPU's etc.

CPU

- Ciclo de instrução:
 - Busca instrução;
 - Decodifica a instrução;
 - Busca operandos;
 - Executa a instrução;
 - Escreve os resultados;
 - Retorna ao primeiro passo.

CPU - Processamento

- Execução propriamente dita das instruções
- Esta função envolve a UAL, FPU's e registradores;
- Exemplos:
 - Operações aritméticas;
 - Operações lógicas;
 - Movimentação de dados;
 - Desvios (*branch*);
 - Entrada / Saída.

CPU - Processamento

- Registradores: elementos de armazenamento das informações usadas pelas instruções.

Podem ser:

- Propósito geral;
- Propósito específico.

CPU - Processamento

- Implicações do tamanho da palavra:
 - Tempo de processamento em ciclos de relógio;
 - Desempenho em relação aos barramentos internos e externos da CPU;
 - Tamanho (largura) dos registradores.

CPU - Controle

- As atividades de controle da CPU compreendem:
 - Busca e decodificação das instruções a serem executadas;
 - Geração de sinais de controle que irão ativar os diversos componentes internos e externos da CPU.

CPU - Controle

- Dispositivos envolvidos nas atividades de controle:
 - UC: unidade de controle;
 - RI (ou IR) - Registrador de instruções (Instruction Register);
 - CI (ou PC) - Contador de instruções (Program Counter)
 - Clock (Relógio);
 - RDM (Registrador de dados da memória);
 - REM (Registrador de endereços de memória).

CPU - Controle

- UC - movimentação de dados e controle da ALU (ou UAL);
- Clock - gerador de pulsos que sincronizam os trabalhos da CPU. Frequência medida em MHZ;
- RI - armazena a instrução que está sendo executada;
- PC - armazena o endereço da próxima instrução a ser buscada.

CPU - Controle

- Decodificador de instruções - descobre qual a instrução que será executada pela CPU;
- RDM - armazena o dado que vai para memória ou que acabou de chegar da memória.
- REM - Armazena temporariamente o endereço de um acesso à memória (leitura ou escrita).

CPU

- Instrução de máquina - é uma operação básica que o processador consegue interpretar e executar.
- (ISA - Instruction Set Architecture) - conjunto de instruções que um processador é capaz de executar.
- CISC - Complex Instruction Set Computer.
- RISC - Reduced Instruction Set Computer.

CPU

- Formato de instruções:
 - Código de operação (opcode) - é o identificador da instrução a ser executada;
 - Operandos - dados que serão manipulados pela instrução.
- Dentro de um ISA podem existir vários formatos de instrução.

CPU

- Linguagem Assembly - conjunto de símbolos que representam as instruções de máquina de forma mais amigável para o ser humano.
- Assembler - é quem faz a tradução do código Assembly para a linguagem de máquina.

CPU

- Pipeline:
 - Divisão das instruções em pedaços que são executados separadamente;
 - Cada estágio de um pipeline executa uma parte de cada instrução;
 - Possibilidade de execução de várias instruções simultaneamente, em estágios diferentes.

Entrada / Saída

- Subsistema do computador responsável pelo fornecimento de informações e exibição dos resultados produzidos.
- Os componentes do sistema de E/S são chamados de *periféricos* por se localizarem fora do núcleo CPU/MP
- O processador deve se comunicar com periféricos que possuem diferentes velocidades e formas de representar e transmitir seus dados.

Entrada / Saída

- É necessário que exista um componente intermediário entre o processador e cada um dos periféricos.
- As controladoras de periféricos realizam o papel da comunicação entre os periféricos e o núcleo CPU / MP.

Entrada / Saída

- Existem duas formas de comunicação entre a CPU / MP e os periféricos:
 - Transmissão serial: Os dados são transmitidos um bit de cada vez (Ex: Teclado e Mouse).
 - Transmissão paralela: Os dados são transmitidos em grupos de bits (Ex: HD's e Vídeo)

Entrada / Saída

- Principais dispositivos de E/S:
 - Teclado;
 - Mouse;
 - Monitor de Vídeo;
 - Impressora;
 - HD's, disquetes, CD's, DVD's e Fitas Magnéticas;
 - Scanners;
 - MODEM's
 - Etc.

Entrada / Saída

- Interrupções: Sempre que uma operação de E/S é solicitada pelo processador, a controladora respectiva a executa e, ao final, realiza uma interrupção para informar o término da mesma.
- DMA (Direct Memory Access): Técnica que minimiza a participação do processador em operações de E/S, permitindo que as controladoras acessem a memória diretamente.