Processador

Profa. Débora Christina Muchaluat Saade

debora@midiacom.uff.br

http://www.ic.uff.br/~debora/fac

Processador

- Capítulo 6 do Livro do Mario Monteiro
- Capítulo 5 (5.1, 5.2, 5.3 e 5.4) do Livro do Patterson

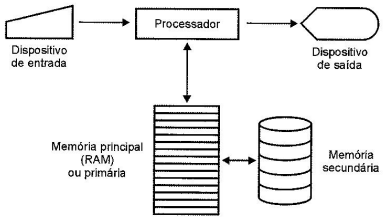


Figura 2.1 Componentes básicos de um computador.

Ciclo de Instrução Básico

- Processador executa instruções
  - *CPU (central processing unit)*
  - *UCP (unidade central de processamento)*

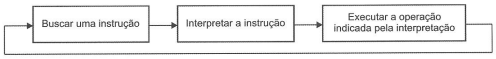
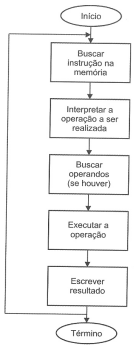


Figura 6.3 Funcionamento do hardware do processador – ciclo de instrução básico.

Ciclo de Instrução Básico



Endereço da instrução está no Registrador PC (program counter)

Conteúdo da instrução está no Registrador IR (instruction register)

Figura 6.2 Ciclo de instrução básico.

Funções do Processador

- Funções de processamento
- Funções de controle

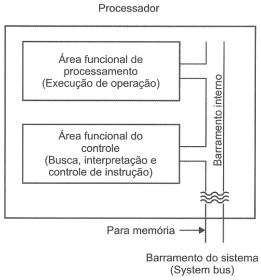


Figura 6.4 Diagrama em bloco (básico) de um processador.

Funções de Processamento

- Unidade Lógica e Aritmética (ULA, UAL, ALU)
- Registradores de dados e registradores especiais de estado (PSW – program status word)

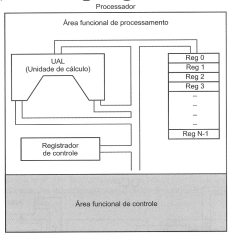
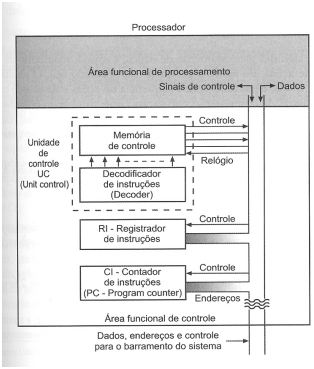


Figura 6.6 Componentes da área funcional de processamento.

Funções de Controle



- ✓ **Unidade de controle, relógio (clock)**
- ✓ **Registradores especiais**
  - ***PC – program counter (CI – contador de instruções)***
  - ***IR – instruction register (RI – registrador de instrução)***
  - ***REM – registrador de endereços de memória (MAR)***
  - ***RDM – registrador de dados de memória (MDR)***

Figura 6.8 Componentes básicos da área funcional de controle.

Unidade de Controle

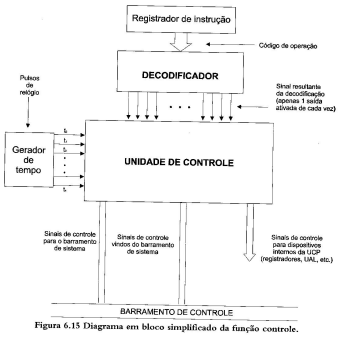
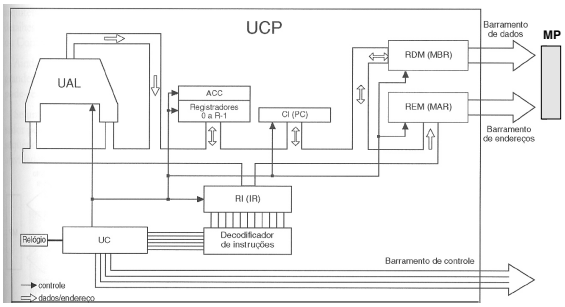
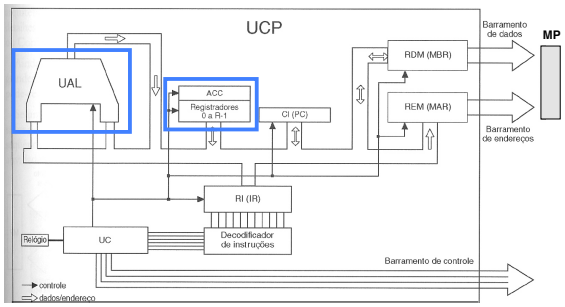


Figura 6.15 Diagrama em bloco simplificado da função controle.

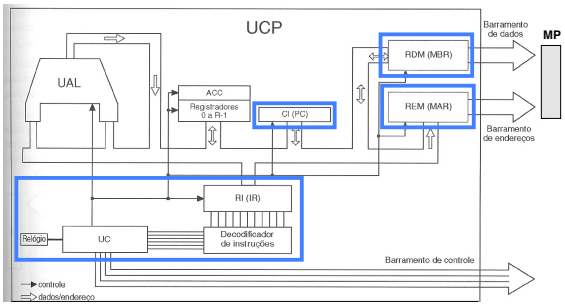
Esquema Simplificado da CPU



Componentes com Função de Processamento



Componentes com Função de Controle



Implementação da UCP

- ✓ **Construção do caminho de dados**
- ✓ **Controle**
- ✓ **Implementação monociclo**

Conceitos Gerais para Implementação do Processador

- Conceito de caminho de dados e controle
- Caminho dos bits de instrução e dados
- Utilização de clock, lógica combinacional e seqüencial
- Começa com uma implementação simples e iterativamente vai melhorando

Performance

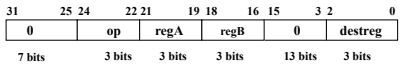
- Medida de performance baseada em:
  - *número de instruções*
  - *período do clock*
  - *ciclos de clock por instrução (CPI)*
- O primeiro é um fator do programa, mas os dois últimos são baseados na implementação do processador

Subconjunto de instruções

- Para simplificar o estudo do projeto do processador, o foco será dado em um subconjunto de instruções do MIPS:
  - *Memória: lw e sw*
  - *Aritmética: add e addi*
  - *Desvio: beq*

Revisão do Formato das Instruções

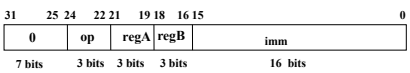
- R-FORMAT (tipo R – registrador)
  - *add regA regB destreg*



op: código de operação
regA: registrador com primeiro operando fonte
regB: registrador com segundo operando fonte
destreg: registrador que guarda resultado da operação

Revisão do Formato das Instruções

- I-Format (tipo I – imediato)
  - *lw regA regB imm*
  - *sw regA regB imm*
  - *beq regA regB imm*
  - *addi regA regB imm*
- Desvio utiliza endereço PC relativo (PC + 1 + imm)



Função básica da CPU

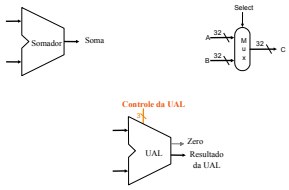
- Buscar uma instrução na memória
- Interpretar qual operação é representada pela instrução
- Trazer (se for o caso) os operandos para a CPU
- Executar a operação
- Armazenar (se for o caso) os dados de saída
- Repetir o processo com uma nova instrução

↳ *etapas do Ciclo de Instrução*

Projeto Lógico

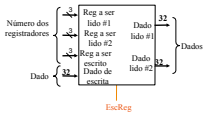
- ✓ **Duas definições importantes**
  - ***Elemento Combinacional - saída depende somente das entradas***
    - Exemplo: ALU
  - ***Elemento Seqüencial: elementos contêm informações de estado***
    - Exemplo: Registradores

Elementos Combinacionais



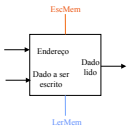
Banco de Registradores

- ✓ **Contém 8 registradores**
  - ***Dois barramentos de 32 bits de saída***
    - Dado lido #1 e Dado lido #2
  - ***Um barramento de 32 bits de entrada***
    - Dado a ser escrito
  - ***Registrador 0 tem o valor 0***
  - ***Registrador selecionado por***
    - Reg a ser lido #1
    - Reg a ser lido #2
    - Reg a ser escrito seleciona registrador que recebe Dado a ser escrito quando EscReg=1



Memória

- ✓ **Um barramento de entrada: Dado a ser escrito**
- ✓ **Um barramento de saída: Dado lido**
- ✓ **Seleção de endereço**
  - ***Endereço seleciona a palavra a ser colocada em Dado lido***
  - ***Para escrever no endereço, seta EscMem para 1***
  - ***Para ler do endereço, seta LerMem para 1***

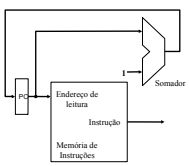


Passos do Projeto

- ✓ **De acordo com a arquitetura do conjunto de instruções, define-se uma estrutura organizacional macro (número de unidades funcionais, por exemplo)**
- ✓ **Essa estrutura é refinada para definir os componentes do caminho de dados, sua interconexão e pontos de controle**
- ✓ **Estrutura de controle é definida**
- ✓ **O projeto do caminho de dados e controle é refinado para projeto físico e validação funcional**

Busca da Instrução

- ✓ **Busca a instrução na memória, cujo endereço está no contador de programa PC**
- ✓ **Incrementa o contador de programa PC de 1**

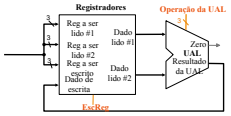


Instrução de Soma

- ✓ **add regA regB destreg**
  - *Mem[PC]* *Obtém instrução da memória*
  - *R[destreg] ← R[regA] + R[regB]* *Executa operação de soma*
  - *PC ← PC + 1* *Calcula próximo endereço*

Caminho de Dados para Instruções do tipo R

- ✓ **R[destreg] ← R[regA] op R[regB]**
  - *Controle da UAL e de EscReg baseado na instrução decodificada*
  - *Reg a ser lido #1, Reg a ser lido #2, Reg a ser escrito são regA, regB, destreg*

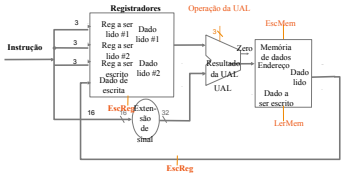


Instrução de Carga

- ✓ **lw regA regB imm**
  - *mem[PC]* *Busca instrução na memória*
  - *End ← R[regA]+SignExt(imm)* *Calcula o endereço da memória*
  - *R[regB] ← Mem[End]* *Carrega os dados no registrador*
  - *PC←PC+1* *Calcula o próximo endereço*

7 bits	3 bits	3 bits	3 bits	16 bits
0	op	regA	regB	imediato

Caminho de Dados para Instrução de Carga

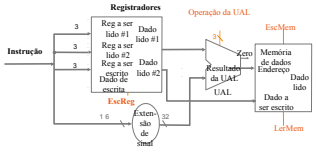


Instrução de Armazenamento

- ✓ **sw regA regB imm**
  - *mem[PC]* *Busca instrução na memória*
  - *End ← R[regA]+SignExt(imm)* *Calcula o endereço da memória*
  - *Mem[End]← R[regB]* *Carrega os dados na memória*
  - *PC←PC+1* *Calcula o próximo endereço*

7 bits	3 bits	3 bits	3 bits	16 bits
0	op	regA	regB	imediato

Caminho de Dados para Instrução de Armazenamento

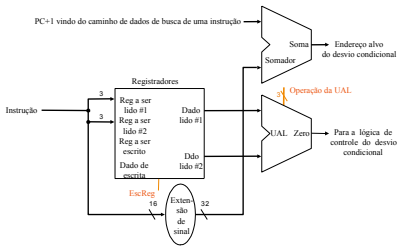


Instrução de Desvio Condicional

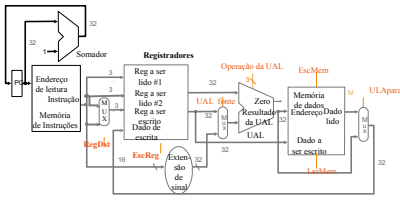
- ✓ **beq regA regB imm**
  - *mem[PC]* — *Busca instrução na memória*
  - *Cond ← R[regA]-R[regB]* — *Calcula a condição de desvio*
  - *if (Cond eq 0)*
    - PC←PC+1 + SignExt(imm) — Calcula endereço PC relativo
  - *else*
    - PC←PC+1 — Calcula o próximo endereço

7 bits	3 bits	3 bits	3 bits	16 bits
0	op	regA	regB	imediato

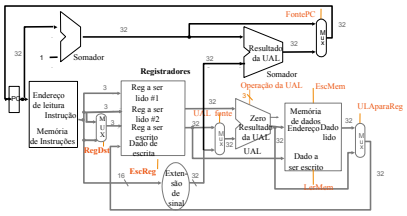
Instrução de Desvio Condicional



Busca de Instrução e Instruções Aritm. e Lóg. e de Referência à Memória

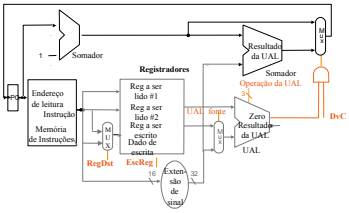


Caminho de Dados para Suportar Subconjunto das Instruções

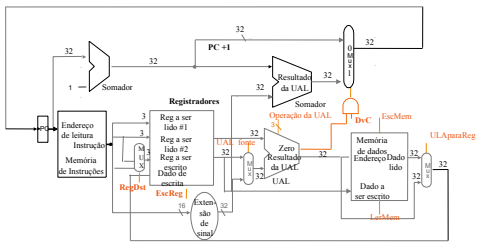


Caminho de Dados para Carregar PC

- ✓ **PC incrementado normalmente**
- ✓ **Se instrução for beq**
  - *pode adicionar imm a PC + 1*



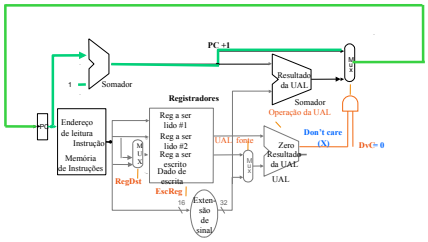
Juntando Todas as Partes



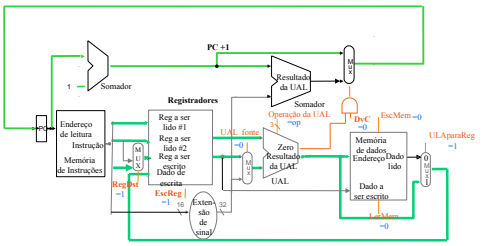
Inserindo o Controle

- ✓ **Identifica pontos de controle no caminho de dados**
  - *Busca da instrução*
  - *Operações lógicas e aritméticas*
  - *Memória*
- ✓ **Identifica tipo de controle do sinal**
  - *Fluxo de dados através de multiplexadores*
  - *Escrita de dados*
- ✓ **Deriva sinais de controle para cada instrução**
- ✓ **Coloca todos os sinais juntos**

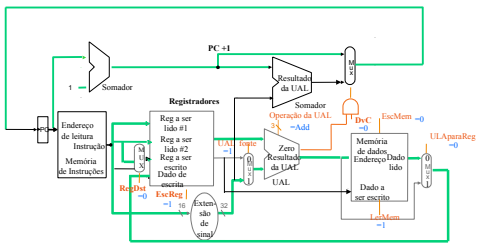
Busca da Instrução



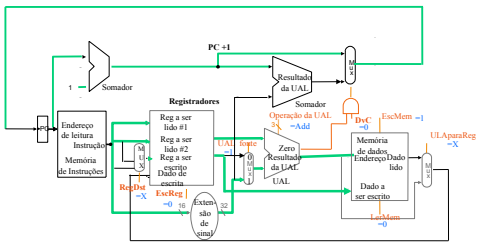
Controle para Operação Aritmética



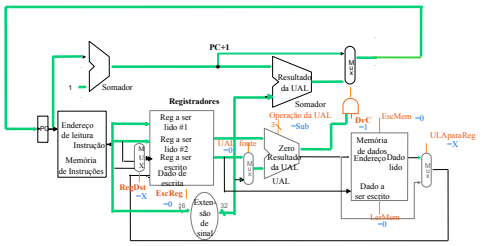
Controle para Operação de Carga



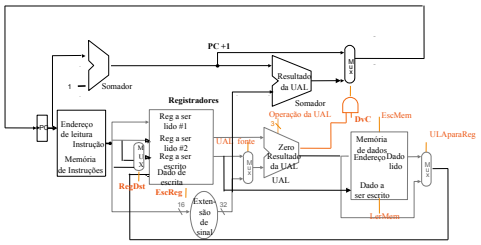
Controle para Operação de Armazenamento



Controle para Operação de Desvio Condicional (beq)



Sinais de Controle



Resumo dos Sinais de Controle

op	000	010	011	100
	add	lw	sw	beq
RegDst	1	0	X	X
UALfonte	0	1	1	0
ULAparaReg	1	0	X	X
EscReg	1	1	0	0
LerMem	0	1	0	0
EscMem	0	0	1	0
DvC	0	0	0	1
UALOp	Add	Add	Add	Sub

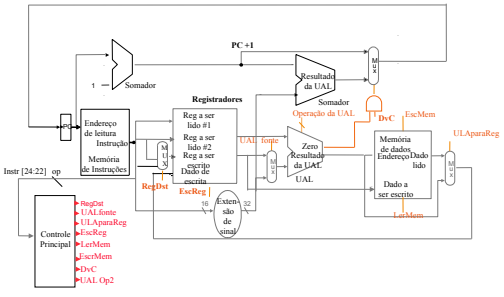
Tabela-verdade para os Três Bits de Controle da UAL

Código de Operação	Op2	Op1	Op0	**Operação da UAL**
lw	0	1	0	010 (soma)
sw	0	1	1	010(soma)
beq	1	0	0	110 (subtração)
Tipo R(add)	0	0	0	010 (soma)

Função de Controle para Implementação Monociclo

op	000	010	011	100
	add	lw	sw	beq
RegDst	1	0	X	X
UALfonte	0	1	1	0
ULAparaReg	1	0	X	X
EscReg	1	1	0	0
LerMem	0	1	0	0
EscMem	0	0	1	0
DvC	0	0	0	1
UALOp0	0	0	0	0
UALOp1	1	1	1	1
UALOp2	0	0	0	1

Juntando as Partes



Implementação Monociclo

- ✓ **Vantagens**
  - *Um ciclo de relógio por instrução torna lógica mais simples*
- ✓ **Desvantagens**
  - *Ciclo de clock determinado pela instrução que leva maior tempo*
    - Instrução de carga utiliza cinco unidades funcionais em série tempo de acesso à memória de instruções +
      - *tempo de acesso ao banco de registradores +*
      - *retardo da UAL +*
      - *tempo de acesso à memória de dados +*
      - *tempo de estabilidade dos dados para o banco de registradores*
  - *Duplicação de unidades funcionais*

Execução de Programas

Profa. Débora Christina Muchaluat Saade

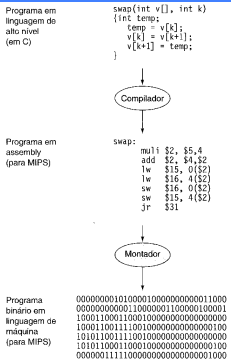
debora@midiacom.uff.br

http://www.ic.uff.br/~debora/orgcomp

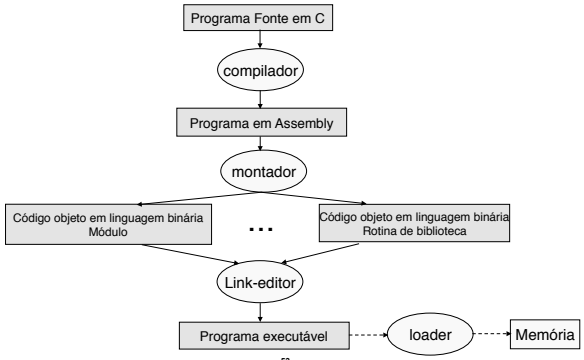
Execução de Programas

- Um programa é escrito em uma linguagem que a máquina não entende
  - *Linguagem de alto nível*
- É necessário traduzir o programa para a linguagem binária

Exemplo



Geração do executável



Compilação

- Compilador traduz o programa escrito em linguagem de alto nível para linguagem de montagem
- Compilador executa três funções:
  - *Análise léxica:*
    - decompõe o programa fonte em seus elementos individuais distintos (comandos, operadores, variáveis) e verifica se estão de acordo com as regras da linguagem
  - *Análise sintática:*
    - cria as estruturas para os comandos e verifica a correção das estruturas (por exemplo, tem int antes de main, tem abre e fecha parênteses)
  - *Análise semântica:*
    - verifica as regras semânticas estáticas da linguagem (por exemplo, estar atribuindo valores do tipo correto para uma variável)
      - *Ex.: Parcela1=1.5, poderia dar erro pois variável Parcela1 é do tipo int*

Montagem

- Montador realiza a tradução de um programa em linguagem de montagem (código fonte) para linguagem binária (código objeto)
- Funções básicas:
  - *Substituir códigos de operações simbólicos por valores numéricos*
  - *Substituir nomes simbólicos de endereços por valores numéricos*
  - *Reservar espaço de memória para armazenamento de instruções e dados*
  - *Converter valores de constantes para binários*
  - *Examinar a correção de cada instrução*

Link-edição ou ligação

- Link-editor ou ligador
- Algumas rotinas já existem codificadas no sistema, por exemplo, rotinas para entrada e saída de dados, de modo que o programador não precisa codificá-las.
- Exemplo:
  - *printf(),*
  - *readln(),*
  - *rotinas matemáticas como seno e cosseno.*
- Estas rotinas são armazenadas em bibliotecas que são incluídas no código objeto gerado pelo compilador.
- Para que o código da subrotina externa seja anexado ao código objeto utiliza-se o processo de ligação.
  - *Este processo examina todo o código objeto e procura por referências externas não resolvidas assinaladas pelo compilador.*
  - *Ele procura pela rotina no sistema e, se a encontra, inclui seu código no código objeto, caso contrário, gera uma mensagem de erro.*

Programas interpretados

- Linguagem interpretada
- Realiza as três fases (compilação, ligação e execução) comando a comando do programa fonte.
- Um programa fonte é executado pelo programa interpretador.

Compilação x Interpretação

- Erros são detectados de forma mais fácil na interpretação
- Utiliza-se mais memória na interpretação porque interpretador tem que estar na memória
- Na interpretação, loop tem que ser traduzido em todas as iterações
- Programas muito utilizados são traduzidos toda vez que são executados na interpretação