

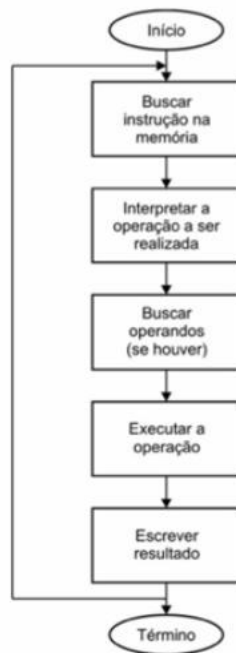
Unidade Central de Processamento - UCP

Funções básicas da UCP

O processador é o componente vital do sistema de computação, responsável pela realização das operações de processamento (os cálculos matemáticos etc.) e de controle, durante a execução de um programa.

Um programa, para ser efetivamente executado pelo processador deve ser constituído de uma série de instruções de máquina. Para que a execução tenha início, as instruções devem ser armazenadas em células sucessivas, na memória principal.

A função da UCP consiste, então, em:



Estas etapas compõem o que se denomina um ciclo *de instrução*. Este ciclo se repete indefinidamente até que o sistema seja desligado, ou ocorra algum tipo de erro, ou seja encontrada uma instrução de parada. Em outras palavras a UCP é projetada e fabricada com o propósito único de executar sucessivamente pequenas operações matemáticas (ou outras manipulações simples com dados), na ordem e na seqüência definidas pela organização do programa.

As atividades realizadas pela UCP podem ser divididas em duas grandes categorias funcionais:

- função processamento e
- função controle.

O diagrama a seguir baseia-se em uma UCP de um microprocessador simples, justamente para facilitar as primeiras explicações sobre o assunto. Foram inseridos apenas os elementos básicos de uma UCP. Um processador real e moderno possui muitos outros elementos complementares, porém os que estão mostrados no diagrama anterior permanecem válidos e são essenciais para dar maior clareza às explicações.

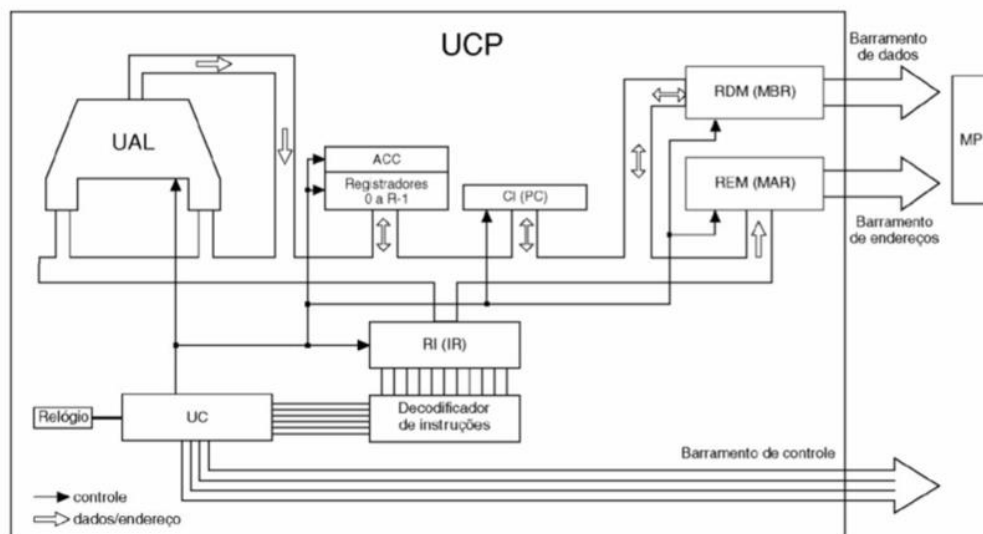


Figura 6.5 Esquema simplificado de uma UCP.

A função processamento se encarrega de realizar as atividades relacionadas com a efetiva execução de uma Operação, ou seja, *processar*.

A função controle é exercida pelos componentes da UCP que se encarregam das atividades de busca, interpretação e controle da execução das instruções, bem como do controle da ação dos demais componentes do sistema de computação (memória, entrada/saída).

Conceitualmente, podemos imaginar que uma UCP simples pode ser dividida nestas duas áreas. Esta divisão é bem apropriada para caracterizarmos e entendermos melhor o processo de execução serial de uma instrução. Processo serial é aquele no qual cada pequena atividade do ciclo de instrução é realizada em seqüência à anterior (algumas poucas atividades podem ser realizadas simultaneamente). É um processo lento e pouco eficiente, se desejarmos mais velocidade de processamento.

Vamos tratar, inicialmente, do funcionamento de uma UCP que funciona de modo serial, por se constituir em um processo didaticamente mais simples de explicar, especialmente aos iniciantes.

Atualmente, a grande maioria dos sistemas de computação é fabricado em torno de processadores que buscam maior velocidade na realização de suas atividades. Um dos processos mais usados é o que conhecemos na indústria como linha de montagem (pipeline), no qual a UCP se divide em várias partes funcionais distintas (estágios), cada uma correspondendo a uma determinada atividade. Dessa forma, várias instruções são realizadas de forma simultânea, embora em estágios diferentes, exatamente como ocorre em uma linha de montagem de uma montadora de automóveis. O processador Intel 8086/8088 introduziu, na linha de microprocessadores, dois estágios de "pipelining", enquanto o processador INTEL 80386 possui 6 estágios, e o INTEL 80486 atingiu 9 estágios de processamento independente.

1 - Função Processamento

O processamento de dados é a ação de manipular um ou mais valores (dados) em uma certa seqüência de ações de modo a produzir um resultado útil. O resultado muda conforme o tipo de operação realizada (ou seja, de acordo com a seqüência de ações - de acordo com a instrução específica). Por exemplo se uma instrução define que deve ser realizada uma operação de adição sobre os valores $A = 5$ e $B = 3$, o sistema, ao interpretar a instrução, gera as ações subseqüentes que redundarão no resultado de valor igual a $5 + 3 = 8$. Por outro lado, se o sistema interpretar uma outra instrução que define a operação de subtração, ele deve gerar outras ações

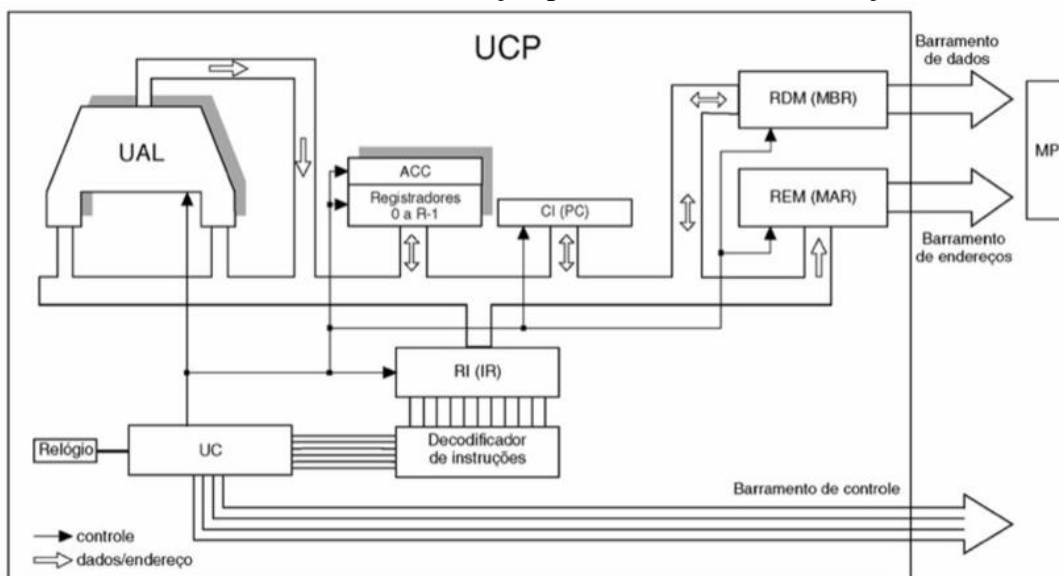
(embora sobre os mesmos dados) de modo que o resultado seja $5-3 = 2$ (e não mais 8). É claro que parte das ações realizadas para executar as duas instruções é igual.

Processar o dado é executar com ele uma ação que produza algum tipo de resultado. Esta é, pois, a atividade fim do sistema; ele existe para processar dados. Entre as tarefas comuns a esta função - processamento - podem ser citadas as que realizam:

- operações aritméticas (somar, subtrair, multiplicar, dividir);
- operações lógicas (and, or, xor etc.);
- movimentação de dados (memória - UCP, UCP0- memória, registrador - registrador etc.);
- desvios (alteração de sequência de execução de instruções);
- operações de entrada ou saída.

O dispositivo principal desta área de atividades de uma UCP é chamado de UAL - Unidade Aritmética e Lógica. Os demais componentes relacionados com a função processamento são os registradores, que servem para armazenar dados (ou para guardar resultados) a ser usados pela UAL. A interligação entre estes componentes é efetuada pelo barramento interno da UCP.

A figura abaixo repete o diagrama em bloco da anterior, com a diferença de que nesta última os elementos relacionados com a função processamento estão realçados.



1.1 – Unidade Aritmética e Lógica – UAL

A UAL é o dispositivo da UCP que executa realmente as operações matemáticas com os dados. Tais operações podem ser:

- soma;
- subtração;
- multiplicação;
- divisão;
- operação lógica AND;
- operação lógica OR;
- operação lógica XOR;
- operação complemento;
- deslocamento à direita;
- deslocamento à esquerda;

- incremento;
- decremento.

Tais operações podem utilizar dois valores (operações aritméticas, operações lógicas), por isso a UAL possui duas entradas ou apenas um valor (como, por exemplo, a operação de complemento).

A UAL é um aglomerado de circuitos lógicos e componentes eletrônicos simples que, integrados, realizam as operações já mencionadas. Ela pode ser uma parte pequena da pastilha do processador, usada em pequenos sistemas, ou pode compreender um considerável conjunto de componentes lógicos de alta velocidade. Apesar da grande variação de velocidade, tamanho e complexidade, as operações aritméticas e lógicas realizadas por uma UAL seguem sempre os mesmos princípios fundamentais.

Organização e Funcionamento da UAL

Como já foi dito anteriormente, a principal função da UAL é a realização das operações matemática (adição, deslocamento, rotação, lógicas e complemento). A multiplicação e subtração são realizadas por microprogramas ou subrotinas.



Figura 6.10 Interligação da UAL ao restante da UCP.

A UAL é formada por um conjunto de circuitos lógicos que recebem na entrada 1 ou 2 valores. Os valores percorrem o circuito lógico determinado pelo sinal da UC e apresentam o resultado na saída.

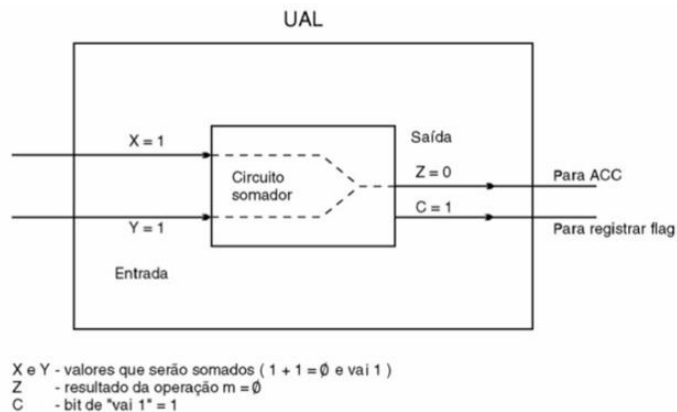


Figura D.19 Funcionamento básico da UAL.

O módulo básico de uma UAL é o circuito somador, que pode ser parcial ou completo.
Função do somador parcial: somar 2 dígitos binários recebidos na entrada e produzir um resultado (R e C)



(a) Diagrama em bloco

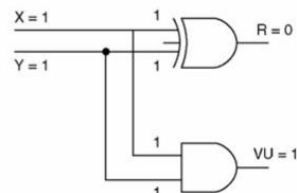
Entrada		Saída	
X	Y	R	VU
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(b) Tabela-verdade

R - resultado
VU - "vai 1"

$X + Y = R = \emptyset$, com $VU = \text{"vai 1"} = 1$

$1 \text{ XOR } 1 = \emptyset \text{ (R)}$
 $1 \text{ and } 1 = 1 \text{ (VU)}$ } (ver Cap.4)



(c) Circuito lógico que implementa um somador parcial. Exemplo da soma da Fig. D.19

Figura D.20 Esquema de funcionamento de um somador parcial.

Função do somador completo: quando o número é composto de vários algarismos, deve-se utilizar vários somadores parciais? Isto seria inadequado, pois este somador não possui entrada para o bit de "vai um" (só possui duas entradas).

São necessárias 3 entradas: 2 valores e o "vai 1", mesmo que este seja zero.

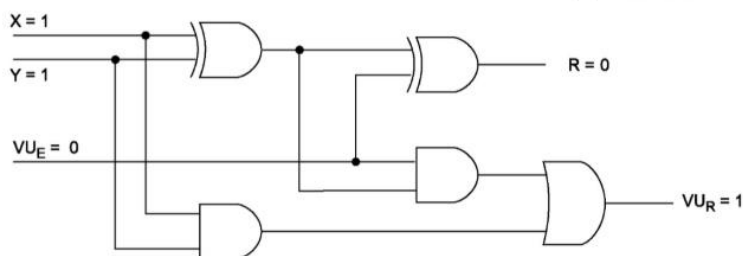
Portanto, o circuito deverá realizar a soma do conteúdo dos 2 registradores e o vai 1.



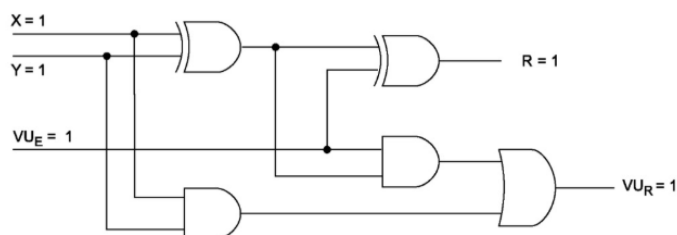
(a) Diagrama em bloco

Entrada			Saída	
X	Y	VUE	R	VUR
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1

(b) Tabela-verdade



(c) Circuito lógico de um somador completo, com exemplo da soma de $X = 1$, $Y = 1$, $VUE = \emptyset$ e resultado $R = 0$ e $VUR = 1$



(d) Circuito lógico do somador completo com exemplo da soma de $X = 1$, $Y = 1$ e $VUE = 1$ e resultado: $R = 1$ e $VUR = 1$

Figura D.21 Um somador completo.

Mas, o somador anterior realiza a soma de números somente com 1 algarismo (sem utilidade, pois a palavra tem mais que 1 bit).

A UAL deve poder realizar soma de 2 números cada um com quantos bits quanto for o tamanho da palavra. Assim, devem-se utilizar somadores paralelos.

Exemplo para 4 bits:

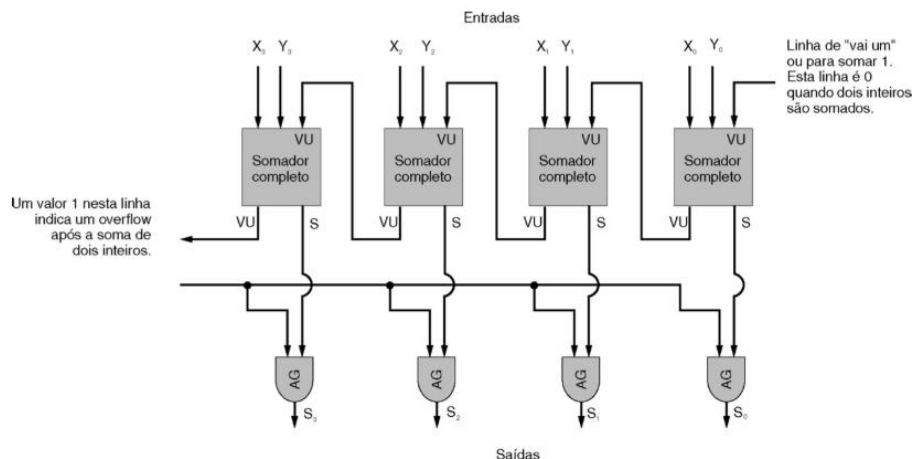


Figura D.22 Um somador em paralelo para 4 bits.

Levando-se em consideração:

$$\begin{array}{rcl} X = & x_3 & x_2 & x_1 & x_0 \\ & 0 & 0 & 1 & 1 \\ Y = & y_3 & y_2 & y_1 & y_0 \\ & 1 & 0 & 1 & 1 \end{array}$$

$$x_0 + y_0 = 0$$

$$C_1 = 1$$

$$x_1 + y_1 + C_1 = 1$$

$$C_2 = 1$$

$$1 + 1 + 1$$

$$x_2 + y_2 + C_2 = 1$$

$$C_3 = 0$$

$$0 + 0 + 1$$

$$x_3 + y_3 + C_3 = 1$$

$C_F = 0$ (o resultado está correto, não houve *overflow*)

$$0 + 1 + 0$$

Observações:

- 1) este somador não considera o sinal do número. Para considerá-lo, seria necessário um circuito adicional, que depende do modo como os números negativos são representados na UAL.
- 2) Este somador serve para qualquer quantidade de bits.

1.2 - Registradores

Para que um dado possa ser transferido para a UAL, é necessário que ele permaneça, mesmo que por um breve instante, armazenado em um registrador (a memória da UCP). Além disso, o resultado de uma operação aritmética ou lógica realizada na UAL deve ser armazenado temporariamente, de modo que possa ser reutilizado mais adiante (por outra instrução) ou apenas para ser, em seguida, transferido para a memória.

Para atender a estes propósitos, a UCP é fabricada com uma certa quantidade de registradores, destinados ao armazenamento de dados. Servem, pois, de memória auxiliar da UAL. Há sistemas nos quais um desses registradores, denominado acumulador, além de

armazenar dados, serve de elemento de ligação da UAL com os restantes dispositivos da UCP.

Em geral, os registradores de dados da UCP têm uma largura (quantidade de bits que pode armazenar) igual à da palavra.

A quantidade e o uso dos registradores variam bastante de modelo para modelo de UCP.

Além dos registradores de dados, a UCP possui sempre outros registradores que não participam diretamente da função processamento), com funções específicas ou que funcionam para a área de controle. Entre estes registradores podemos citar o registrador de instrução (RI) e o contador de instrução (CI), além do registrador de endereços de memória (REM) e o registrador de dados de memória (RDM).

1.3 - Registrador de estado (RST)

O registrador de estado armazena códigos de condição gerados pela unidade lógica e aritmética (e, eventualmente, por outros elementos, como os sinais de interrupção gerados por dispositivos de entrada e saída). Em função do conteúdo desse registrador, a unidade de controle toma decisões sobre a geração ou não de certos sinais de controle. Do ponto de vista de arquitetura, um registrador de estado é caracterizado pelo seu comprimento em bits, que é uma função do número de códigos de condição implementados na máquina.

1.4 - A Influência do Tamanho da Palavra

A capacidade de processamento de uma UCP (a velocidade com que realiza o ciclo de uma instrução) é em grande parte determinada pelas facilidades embutidas no hardware da UAL (ela é, aliás, só hardware) para realizar as operações matemáticas projetadas.

Um dos elementos fundamentais para isso é a definição do tamanho da palavra da UCP. O valor escolhido no projeto de fabricação da UCP determinará o tamanho dos elementos ligados à área de processamento, entre estes, a UAL.

Um tamanho maior ou menor de palavra (e, por conseguinte, da UAL, dos registradores de dados, de barramento interno) acarreta, sem dúvida, diferenças fundamentais de desempenho da UCP.

No projeto de uma UCP, a definição do tamanho da palavra tem enorme influência no desempenho global de toda a UCP e, por conseguinte, no sistema como um todo:

- a) influência no desempenho devido ao maior ou menor tempo na execução de instruções com operações matemáticas na UAL;
- b) influência no desempenho devido ao tamanho escolhido para o barramento interno e externo da UCP. Em geral, obtém-se o máximo de desempenho quando a largura (tamanho) do barramento de dados é, no mínimo, igual ao tamanho da palavra (como nos exemplos mostrados). Se a largura do barramento for, p.ex., igual a 16 bits em um sistema com palavra de 32 bits (UAL e registradores de 32 bits), então o movimento de 4 bytes de um dado tipo caractere requererá dois ciclos de tempo do barramento, ao passo que em barramento de 32 bits requereria apenas um ciclo de tempo;
- c) influência também na implementação física do acesso à memória. Embora atualmente a capacidade das memórias seja medida em bytes (porque as células são sempre de largura igual a 8 bits), o movimento de dados entre UCP e memória é normalmente medido em palavras, porque o barramento de dados que une o RDM (MBR) à memória deve acompanhar em largura o valor da palavra. Para uma UCP de 32 bits de palavra, por exemplo, é desejável que a memória seja organizada de modo que sejam acessadas 4 células contíguas (4 bytes = 32 bits) em um único ciclo de memória. Se isto não ocorrer, a UCP deverá ficar em estado de espera ("wait state").

2 – Função Controle

Atividades da área de controle:

- a) busca da instrução que será executada (armazenando no registrador);
- b) interpretação das ações desencadeadas com a execução da instrução;
- c) geração dos sinais de controle para ativação das atividades (enviados para os componentes do sistema).

Área de controle:

- entender o que fazer;
- como fazer;
- comandar quem vai fazer.

Analogia para andar:

Área de controle → cérebro

Área de processamento → músculos e ossos

Barramentos → nervos

Dispositivos que fazem parte da área de controle:

- Unidade de controle;
- Decodificador;
- Registrador de instrução;
- Contador de instrução;
- Relógio ou clock;
- Registrador de endereço de memória (REM) e de dados da memória (RDM).