Programação Estruturada

Paradigmas de Linguagens de Programação

Profa. Heloisa – 1º. Sem. 2009

Programação Estruturada

- As linguagens desse paradigma são muitas vezes chamadas de linguagens convencionais, procedurais ou imperativas.
- São linguagens que “reconstroem” uma máquina para torná-la mais conveniente para programação.
- Máquinas que influenciaram fortemente a estrutura das linguagens de programação: arquitetura de von Neumann.

- **Características da Arquitetura de Máquina:**
- unidade de processamento
- memória
- registradores que estabelecem comunicação entre 1) e 2)

- **Conceitos introduzidos por essa máquina:**
- variável, valor e atribuição
- processamento seqüencial
- programa armazenado

As linguagens imperativas são projetadas de acordo com o princípio do

Modelo de Máquina: uma linguagem deve permitir usar diretamente uma máquina orientada por atribuições

Idéias Básicas da Programação Estruturada

Controle de Fluxo Estruturado – um programa é dito estruturado quando o controle de fluxo é evidente da estrutura sintática do texto do programa.

- **Invariantes** – é uma afirmação (condição) em um ponto p do programa que é válida toda vez que o controle alcança o ponto p.

Estruturas de Controle

- Estruturas que determinam o fluxo de execução (que comando é executado depois do outro).

- Podem ser em nível de comando ou em nível de unidades.

Estruturas de Controle em Nível de Comando:

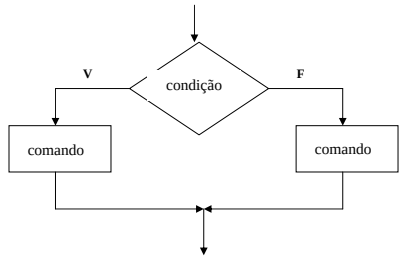
- **Controle Sequencial** – o mais simples.

Os comandos são escritos na seqüência, e assim são executados: A;B;C...

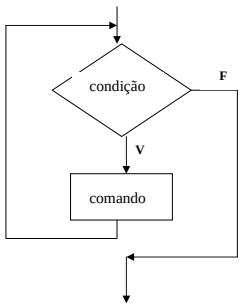
- **Ramificação ou Seleção** – permitem especificar uma escolha entre comandos alternativos.

Exemplo: if-then-else

Representação básica:



- **Iteração ou Repetição** – permitem especificar repetição de certos comandos
  Exemplo: while



Outros exemplos: repeat, for

Estruturas de Controle em Nível de Unidades

- Mecanismos que permitem fazer chamadas de unidades.

- **Chamadas de unidades explícitas:** funções, procedimentos.

- **Chamadas de unidades implícitas**: tratadores de exceção, corrotinas, unidades concorrentes.

Unidades Subordinadas Chamadas Explicitamente

Inclui os subprogramas: subrotinas, funções, procedimentos

- Função – abstrai uma expressão a ser avaliada
  - Funções retornam valores.
  - Exemplo: cálculo de fatorial de um dado número:
  - **fatorial(n)** deve retornar n!
  - Efeito secundário: quando os parâmetros da função retornam valores.
- Procedimento – abstrai um comando a ser executado
  - Modifica variáveis
  - Exemplo: ordenação de um vetor de números.
  - **ordena(v)** deve ordena o vetor v.

PASCAL:

function <nome da função> (<lista de argumentos>) : <tipo>;
< corpo da função>
end
procedure <nome> (<parâmetros>);
<corpo>
End

C:

<tipo do resultado> <nome> (<declaração de parâmetros formais.)
{
<lista de declarações>
<lista de comandos>
}

Parâmetros

- Permitem a aplicação de subprogramas a dados diferentes.
- Melhora o reuso de código
- Sem parâmetros, a utilidade dos subprogramas se restringiria a segmentação do código.
- Parâmetro formal – identificadores usados no cabeçalho do subprograma (definição do subprograma)
- Parâmetro real – identificadores, expressões ou valores usados na chamada do subprograma.
- Argumento – usado como sinônimo de parâmetro real ou para referir o valor passado do parâmetro real para o formal.

Correspondência entre Parâmetros Formais e Reais

- A maioria das linguagens usa um **critério posicional** para amarração de argumentos e parâmetros:
- Definição do procedimento – p_i são parâmetros:

```
procedure S( p1; p2; ....; pn);
..
end;
```

- Chamada do procedimento – a_i são argumentos:

```
S( a1; a2; .....; an);
```

p_i corresponde a a_i para i=1,...n.

Convenções para passagem de parâmetros

- Passagem por Referência
  - (Call by Reference) ou
  - Compartilhamento (Sharing)
- Unidade chamadora passa para a unidade chamada o **endereço** do argumento.
- A variável usada como argumento é **compartilhada** e pode ser modificada.

- Passagem por Cópia - Os parâmetros se comportam como variáveis locais. Pode ter 3 tipos:
  - Passagem de Valor – argumentos são usados para inicializar parâmetros, que funcionam como variáveis locais. Valores não podem retornar por esses parâmetros.
  - Passagem de Resultado – parâmetros não recebem valores na chamada, funcionam como variáveis locais mas retornam valores na saída
  - Passagem de Valor-Resultado – engloba os dois anteriores

- Passagem de nome – a amarração do parâmetro à posição não é feita na hora da chamada, mas a cada vez que ele é usado na unidade chamada.
- Portanto, atribuições ao mesmo parâmetro podem ser feitas a posições diferentes a cada ocorrência.

Exemplos: **Passagem por referência X passagem por valor**

PASCAL:

```
var a, b: integer;
procedure P (x: integer; var y: integer);
  begin x =: x + 1 ; y := y + 1 ;
  writeln (x , y)
  end;

begin a := 0 ; b := 0 ;
        P (a,b);
        writeln (a,b)
end.
```

Saída: 1 1
0 1

C

```
void troca1(int x, int y)
    {int z;
     z =x; x = y; y = z;}
a = 0; b = 0;
troca1(a,b);
```

os valores de a e b não **são trocados**

```
void troca(int *px, int *py)
   { int z;
   z = *px; *px = *py;
   *py = z;}
a = 0; b = 0;
troca(&a,&b);
```

os valores de a e b são trocados

Passagem por valor-resultado

Deve ter o mesmo efeito da passagem por referência.
Problemas que devem ser evitados:

```
program
......
    procedure exemplo(x, y);
    begin  i := y end;
.....
begin
        i := 2; A[i] := 99;
        exemplo( i, A[i]);
end.
```

- i pode ser alterado diretamente pela atribuição, ou indiretamente pela cópia do resultado
- Na chamada de *exemplo (i, A[i])*:
  - endereços de i e A[i] são armazenados
  - valores de i e A[i] são copiados em x e y
  - valor de i é modificado em i := y
  - valores de x e y são copiados de volta em i e A[i], logo **valor antigo de i é restaurado**

Escolha de Mecanismos:

- Parâmetros que devem retornar valores, devem ser passados por referência
- Parâmetros que não retornam valores podem ser passados por valor, por segurança;
- Eficiência da implementação:
  - passagem por referência é cara em termos de processamento pois faz acesso indireto;
  - passagem por cópia pode custar em termos de memória se os objetos forem grandes.

Passagem por nome

- Parâmetro real substitui textualmente o parâmetro formal correspondente em todas as suas ocorrências.
- O parâmetro formal é amarrado ao **método de acesso** no momento da chamada mas a amarração a valor ou endereço é feita só na hora que o parâmetro é atribuído ou referenciado.
- Objetivo: flexibilidade

- A forma do parâmetro real determina o método de implementação. Isto distingue a passagem por nome dos outros métodos
- Se parâmetro real é variável escalar:

  Equivale a passagem por referência
- Se parâmetro real é uma constante:

  Equivale a passagem por valor

- Se parâmetro real é elemento de array:
  - Pode ser diferente dos outros métodos porque o valor da expressão do índice pode mudar durante a execução entre variáveis referenciadas.
- Se o parâmetro real é uma expressão que contém uma variável:
  - Diferente dos outros métodos porque a expressão é calculada a cada acesso ao parâmetro formal no momento que a variável é encontrada.
  - O valor da variável pode ter sido mudado, o que faz com que o valor da expressão mude a cada referência ao parâmetro formal.

```
procedure BIGSUB;
    integer GLOBAL;
    integer array LIST [1:2];
    procedure SUB (PARAM);
        integer PARAM;
        begin
        PARAM := 3;
        GLOBAL := GLOBAL + 1;
        PARAM := 5
        end;
    begin
    LIST [1] := 2;
    LIST[2] := 2;
    GLOBAL := 1;
    SUB(LIST [GLOBAL])
    end;
```

- No final LIST tem valores 3 e 5, atribuídos em SUB.
- Vantagem: flexibilidade
- Desvantagens:
  - -mais lento
  - -algumas operações simples não podem ser implementadas como trocar os parâmetros

Amarração, Entidades e Atributos

- Programas envolvem ***entidades***: variáveis, subprogramas, comandos, etc.
- Entidades tem ***atributos***.
  - Variável - nome, tipo, valor
  - Subprograma - nome, parâmetros
- ***Amarração*** : especificação da natureza exata dos atributos de uma entidade
- ***Tempo de amarração***: momento em que a amarração ocorre – importante na diferenciação de linguagens.

Tempo de amarração

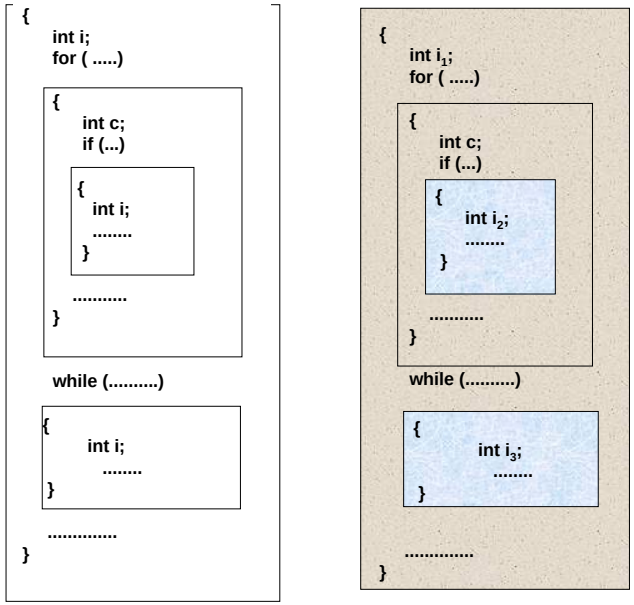
- Amarração pode ser:
- **estática** – ocorre antes da execução do programa e não pode ser mudada
- **dinâmica** – ocorre em tempo de execução e pode ser mudada, respeitando as regras da linguagem.

Variáveis

- Variáveis são conceitos abstratos de células de memória. São caracterizadas por um **nome** e quatro atributos básicos:
  - **escopo,**
  - **tempo de vida,**
  - **valor e**
  - **tipo**.

Escopo

- Trecho do programa onde uma variável é conhecida.
- Uma variável é ***visível*** dentro do seu escopo e ***invisível*** fora dele.
- Amarração estática a escopo: o escopo é definido pela estrutura léxica do programa.



Amarração Dinâmica a escopo

- o escopo é definido em função da execução do programa. O efeito de uma declaração se estende até que uma nova declaração com o mesmo nome seja encontrada.

```
procedure big;
  var x : integer;
  procedure sub1;
    begin  { sub1 }
    ..... x .....
    end;  { sub1 }
  procedure sub2;
    var x : integer;
    begin  { sub2 }
    .....
    end;  { sub2 }
  begin {  big }
  .....
  end; { big }
```

- As referências a um identificador não podem ser identificadas na compilação
- Para a sequência de chamadas: big - sub2 - sub1
  - a referência a x em sub1 é ao x declarado em sub2
- Para a sequência de chamadas: big - sub1
  - a referência a x em sub1 é ao x declarado em big

Valor de variável

- Representado de forma codificada na área de memória amarrada a variável. Pode ser uma referência (ponteiro).
- Amarração dinâmica (mais comum)
  - através do comando de atribuição.
- Amarração estática
  - definição de constantes
  - PASCAL: const n = 50

Tipo de variável

- Especificação da classe de valores que podem ser associados à variável, bem como das operações que podem ser usadas sobre eles, através da declaração de variável.
- Amarração de tipo estática: definida através da declaração de variáveis, que pode ser:
  - Declaração Explícita – comando que lista as variáveis e seus tipos;
  - Declaração Implícita – feita normalmente por convenções definidas para os nomes das variáveis.
  - Exemplo: no FORTRAN, variáveis que começam com I, J, K, L, M ou N são inteiras.

- Amarração de tipo dinâmica: variáveis não são declaradas, e a mesma variável pode conter valores de tipos diferentes durante a execução do programa.
  - O tipo da variável é definido quando um valor é atribuído a essa variável.
  - Vantagem: flexibilidade de programação
  - Desvantagens:
  - - Diminui a capacidade de detecção de erros pelo compilador
  - - Custo maior, verificação de tipo em tempo de execução
  - - Memória de tamanho variável

Tempo de vida de variável

- Intervalo de tempo durante o qual uma área de memória está amarrada a uma variável
- ***Alocação***: ação que adquire áreas de memória para variáveis de um *pool* de memória disponível.

Alocação estática

- Ocorre antes da execução do programa, nos casos de:
- variáveis globais – devem ser acessíveis a todo o programa
- variáveis locais estáticas – são declaradas dentro de um subprograma mas devem ser reter valores entre execuções separadas do subprograma (sensíveis à história).
- Vantagem: eficiência – endereçamento direto, não exige custo adicional para alocação
- Desvantagem: pouca flexibilidade – linguagens que usam apenas alocação estática não dão suporte à subprogramas recursivos nem a compartilhamento de memória.

Exemplos

- FORTRAN I, II, IV – todas as variáveis eram estáticas
- C, C++, JAVA – permitem definir uma variável local como estática
- Pascal – não possui variáveis estáticas

Alocação dinâmica

- Ocorre durante a execução do programa, nos casos de:
- Variáveis Dinâmicas de Pilha: são alocadas na pilha de execução
- Variáveis Dinâmicas de Heap – são alocadas na heap

Variáveis dinâmicas de pilha

- A alocação de memória é feita quando a declaração é ***elaborada***, mas o tipo da variável é amarrado estaticamente.
- ***Elaboração:*** processo de alocação que acontece no momento em que é iniciada a execução do código onde aparece a declaração (ativação).

Chamada do procedimento ⇒ ativação
elaboração
execução

Término da execução do procedimento ⇒
retorno do controle à unidade chamadora
desalocação da memória

- Vantagem: implementação de recursão, subprogramas usam a mesma memória
- Desvantagem: custo adicional de alocação
- FORTRAN 77 e FORTRAN 90 – permitem o uso de variáveis dinâmicas de pilha
- C, C++ - variáveis locais são dinâmicas de pilha por default
- Pascal – todas as variáveis (não-heap) de subprogramas sõ dinâmicas de pilha

Variávies Dinâmicas de Heap

- São alocadas na heap
- Células de memória sem nome são alocadas explicitamente por instruções do programador.
- Só podem ser referenciadas por ponteiros ou variáveis de referência.
- São usadas frequentemente para implementar estruturas dinâmicas que crescem e diminuem durante a execução.
- Desvantagem: custo adicional de referência, alocação e desalocação.

Exemplo:
C++

new
operando : tipo
Aloca uma posição de memória na heap e
retorna um ponteiro para essa posição

```
int *intnode;
....
intnode = new int;     /* aloca uma posição de memória tipo int */
....
delete intnode;        /* desaloca a posição de memória para a
                          qual intnode aponta */
```

JAVA –
Todos os dados, exceto primitivos escalares são objetos portanto são dinâmicos de heap e acessados por variáveis de referência. A desalocação não é feita explicitamente, mas implicitamente pelas rotinas de coleta de lixo (garbage collection)

Verificação de Tipo

- Atividade que certifica que os operandos de um operador são de tipos compatíveis.
- São considerados operadores e operandos:
  - operadores usuais (aritméticos, relacionais, etc)
  - subprogramas (operadores) e parâmetros (operandos)
  - atribuição (operador) e variavel / expressão (operandos)
- Os tipos de operandos são compatíveis com um operador se:
  - são aceitos pelo operador ou
  - podem ser convertidos implicitamente pelo compilador (coerção)
- Erro de tipo: aplicação de um operador a um operando de tipo não apropriado.

Verificação de tipo estática

- Feita antes da execução
- Amarração de tipo estática permite quase sempre a verificação de tipo estática
- Verificação de tipo deve ser dinâmica quando a mesma posição de memória pode armazenar valores de tipos diferentes em momentos diferentes durante a execução.
- Ada e Pascal : record variante
- FORTRAN: EQUIVALENCE
- C, C++ : unions

Verificação de tipo dinâmica

- Feita durante a execução do programa.
- Amarração de tipo dinâmica exige verificação de tipo dinâmica.
- Tipagem forte
  - Uma linguagem é considerada ***fortemente tipada*** se erros de tipo podem sempre ser detectados.
  - FORTRAN não é fortemente tipada
  - não faz verificação de tipo entre parâmetros formais e reais
  - EQUIVALENCE permite acesso a mesma posição de memória por variáveis de tipos diferentes

- Pascal é quase fortemente tipada
- record variante permite omissão do tag que armazena o tipo corrente de uma variável
- C, C++ não são fortemente tipadas
- estruturas do tipo union são checadas
- permitem uso de funções que não fazem verificação de tipo de parâmetros
- Java é fortemente tipada - permite conversão explicita de tipo, que pode resultar em erro de tipo