Introdução à Software Básico: Montadores - parte 1

Departamento de Ciência da Computação
Instituto de Ciências Exatas
Universidade de Brasília

Sumário

Montadores

Características adicionais dos montadores

Reserva de espaço para variáveis

- A diretiva SPACE apresentada antes não possui operando e sempre reserva uma palavra de memória.
- É possível imaginar esta mesma diretiva recebendo como parâmetro o número de palavras de memória a serem reservadas. Por exemplo:
  XY: SPACE 10
- Reserva 10 palavras consecutivas de memória. O símbolo "XY" é associado ao endereço da primeira palavra reservada.

Características adicionais dos montadores

Reserva de espaço para variáveis

- Os montadores comerciais suportam expressões aritméticas no lugar dos operandos.
- Estas expressões são calculadas em tempo de montagem e o resultado é incluído no código de máquina.
- Por exemplo:
  LOAD $XY + 2$
- Carrega para o acumulador o conteúdo da segunda palavra de memória após o rótulo XY

Contadores de posição

- A maioria dos montadores oferece uma diretiva para alterar o valor do contador de posições.
- Por exemplo, considere um microcomputador com EPROM nos primeiros 32K de memória e RAM nos restantes 32K (para esse microcomputador é necessário separar as instruções das variáveis).
- Nesse caso, todo programa teria a seguinte forma:

```
ORG 0
instruções
...
ORG 32768
variáveis
...
```

Características adicionais dos montadores

Definição de sinônimos

- A maioria dos montadores permite que o programador defina sinônimos para valores numéricos ou mesmo simbólicos.
- Uma diretiva normalmente oferecida é o EQU ("equate"), que cria um sinônimo textual para um símbolo.
- Por exemplo,
  TAM: EQU 10
  VAL: CONST TAM

Conditional assembly

- O montador "condicional" permite que se determine, durante o processo de montagem, se uma determinada parte do código será incluída ou não
- Isso pode ser feito de maneira simples através de uma diretiva, como mostra abaixo
  IF expressão
- A diretiva *IF* instruirá o montador a incluir a linha seguinte somente se a expressão durante o tempo de montagem seja diferente de zero.
  FLAG EQU 1
  . . .
  IF FLAG
  JMP XXX
- O uso de *IF* aqui é semelhante ao *#ifdef* que usamos em C

Características adicionais dos montadores - MACROS

Macros são construções semelhantes a subrotinas

1. Elas associam um nome a um trecho de código,
2. Permitem que esse trecho seja referenciado pelo nome (quando for necessário a sua execução) e
3. Permitem a passagem de parâmetros.

Macros são construções semelhantes a subrotinas no sentido de que

1. Em uma subrotina o código aparece na memória do computador somente uma vez e cada chamada desvia a execução para esse código.
2. Em uma macro, o código aparece na memória tantas vezes quantas a macro é chamada, isto é, em cada chamada é inserido no programa o código da macro.

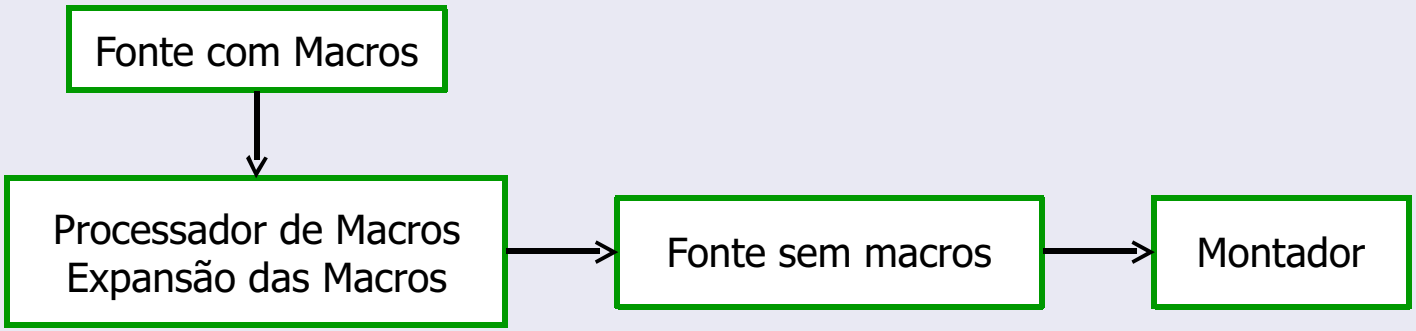
Salomon, Assemblers and Loaders, Elsevier Science, 1993, http://www.davidsalomon.name/assem.advertis/AssemAd.html, cap.4

Características adicionais dos montadores - MACROS

- O fato de o código da macro ser inserido no lugar da chamada faz com que não exista economia de memória como no caso da subrotina.
- Entretanto, uma macro é mais rápida que uma subrotina, pois:
  - não existe necessidade de salvar endereço de retorno,
  - transferir execução e
  - retornar (resgatar o endereço salvo)
- Nos primórdios da computação, a economia de memória era a motivação principal para o uso de subrotinas. Hoje, a organização do código (em módulos) é provavelmente o motivo maior para seu uso.

Características adicionais dos montadores - MACROS

- O processamento de macros é uma etapa anterior à primeira passagem do montador (pode ser visto como o pré-processador em C)



- Na prática, o processador de macros pode ser embutido na primeira passagem do montador.
- Isso evita que o conjunto processador de macros + montador faça um total de 3 passagens sobre o programa fonte.

Exemplo

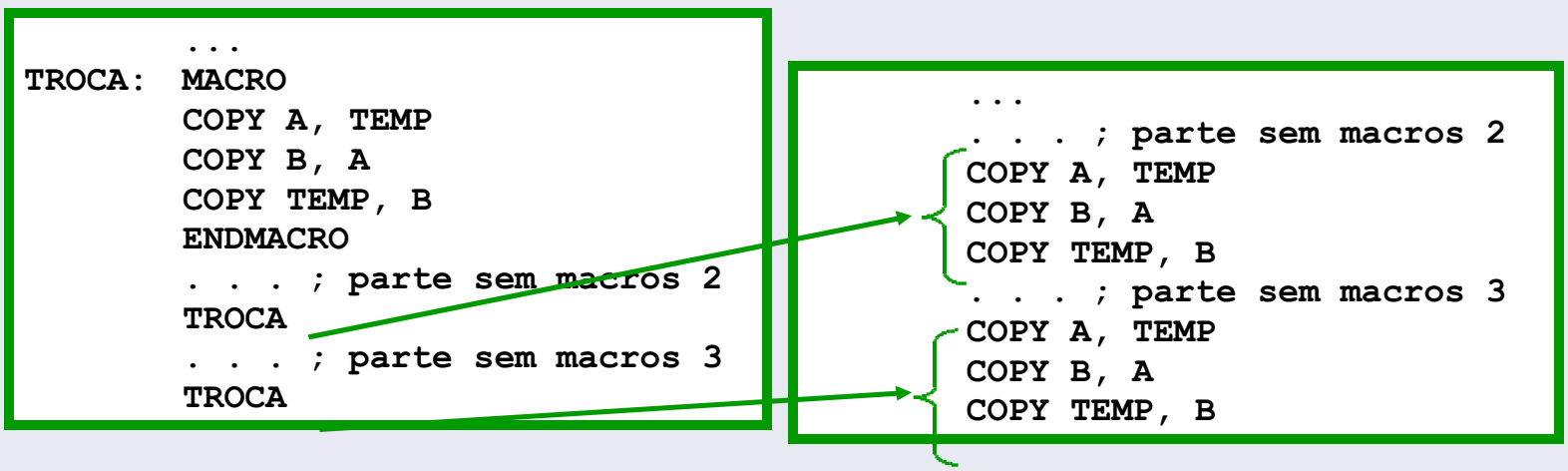
Algoritmo 1 Exemplo 1

```
1: TROCA: MACRO
2:        COPY A, TEMP
3:        COPY B, A
4:        COPY TEMP, B
5:        ENDMACRO
6:        . . . ; parte sem macros 2
7:        TROCA
8:        . . . ; parte sem macros 3
9:        TROCA
```

- A macro "TROCA" para implementar uma operação tipo "permuta" entre duas posições de memória.
- Duas novas diretivas são introduzidas: *MACRO* e *ENDMACRO*.

Características adicionais dos montadores - MACROS

- Toda vez que o processador de macros encontra uma chamada de macro ele realiza a sua expansão, que é a substituição da chamada pelo corpo da macro.
- O programa fonte que o montador recebe é o código original, com exceção das definições de macros que são eliminadas e das chamadas que são expandidas.



Características adicionais dos montadores - MACROS

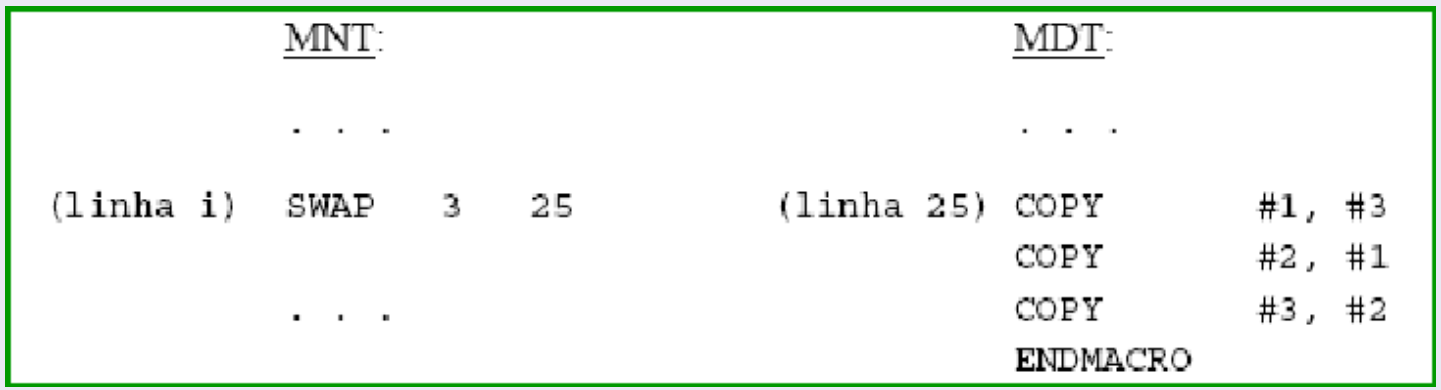
- Tipicamente, os processadores de macros exigem que uma macro seja definida antes de ser chamada.
- Essa restrição permite que o processador de macros realize seu trabalho com apenas uma passagem sobre o programa fonte.
- A macro TROCA, como definida antes, sempre troca os valores das posições A e B, usando TEMP como variável auxiliar.
- Uma macro que trabalha somente com posições fixas é pouco útil, por isso as macros admitem a utilização de parâmetros.

MACROS – Com parâmetros

```
SWAP:  MACRO &A, &B, &T
       COPY &A, &T
       COPY &B, &A
       COPY &T, &B
       ENDMACRO
       . . .
       SWAP X, Y, Z
       . . .
       SWAP R, S, T
       . . .
```

Tabelas usadas por um processador de macros

- O processador de macros utiliza duas tabelas:
  - **Macro Name Table (MNT)** – contém os nomes das macros definidas no programa
  - **Macro Definition Table (MDT)** – contém os corpos das macros
- Para cada macro, a MNT informa o número de argumentos e o local da MDT onde está o seu corpo.
- Na MDT (no corpo da macro) os argumentos formais são substituídos por marcadores de índice da forma $\#i$.



Passagem 0 do Montador - Macros

1. Ler próxima linha do código fonte
2. Se é MACRO, ler a definição completa da Macro e armazena na MDT. Ir para 1.
3. Se é uma outra diretiva de pré-processamento, executar e ir para 1.
4. Se é o nome de uma macro, expandi-la a partir da definição na MDT, substituindo parâmetros e escrever um novo código fonte. Ir para 1.
5. Em qualquer outro caso, escreve a linha no novo código fonte. Ir para 1.
6. Se eof, fim da passagem 0.

Fluxograma - Passagem 0 do Montador

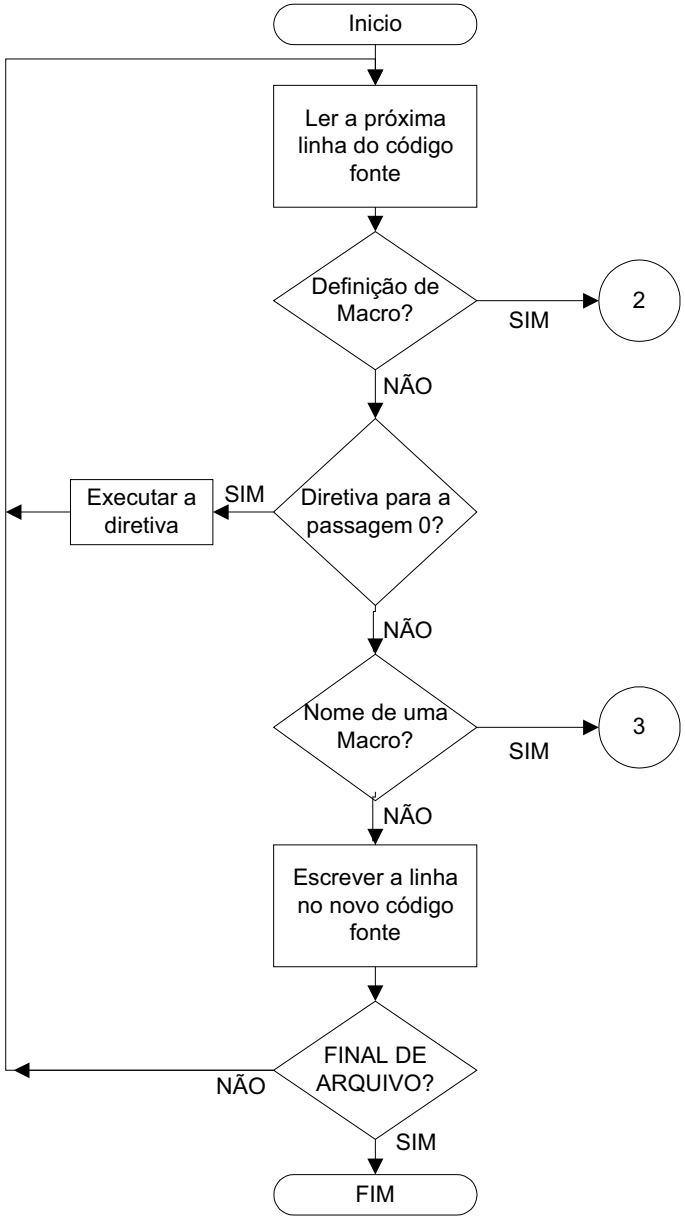


Figura: Passagem 0

Fluxograma - Passagem 0 do Montador

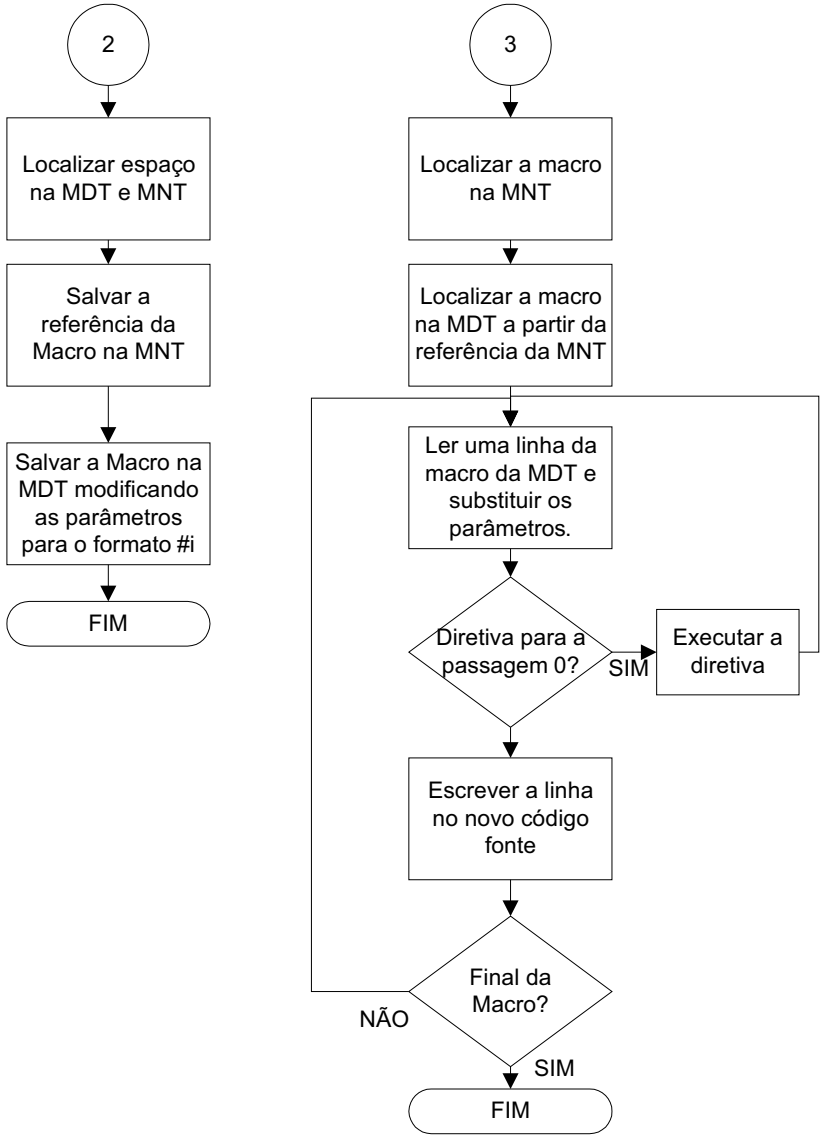


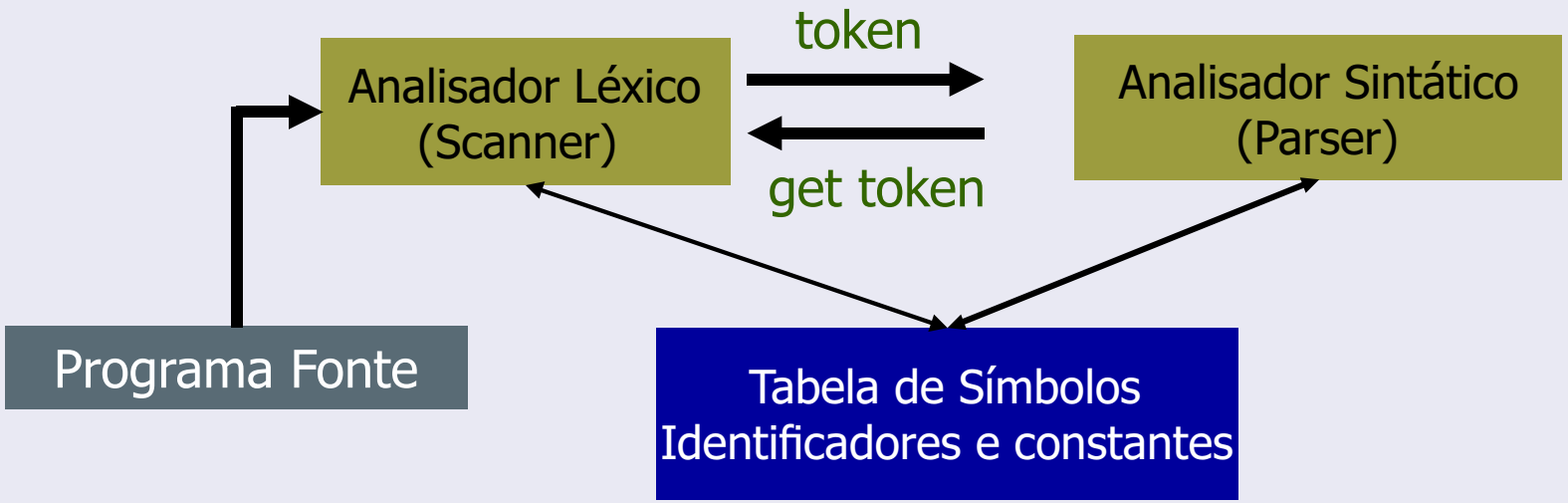
Figura: Passagem 0

Construção de um Montador

- Como já vimos, os tradutores (incluídos ai, os montadores, montadores-cruzados, compiladores, etc) possuem uma estrutura básica que é independente da linguagem a ser traduzida ou do programa objeto a ser gerado
- Desta forma, podemos ter idéia de como criar um montador
- Sabemos que ele terá duas partes principais
  - A análise e
  - A Síntese

Análise

- Inicialmente teremos que reconhecer os tokens, isto é, as partes do programa que fazem sentido, descartando os comentários, espaços desnecessários e linhas em branco – análise Léxica



Análise

- Os programas escritos na nossa linguagem montadora possuem uma estrutura que facilita a leitura do código
  <rótulo>: <operação> <operandos> ; <comentários>
- Se utilizarmos o algoritmo de duas passagens, a primeira irá identificar os rótulos, o que torna-se fácil em virtude dos ":", e incluí-los na tabela de símbolos. Devemos também identificar a instrução, porém com o único objetivo de atualizar o contador de posições.
- Na segunda passagem: ler a operação para verificar os formatos de instruções válidos:
  - Formato 1: Opcode
  - Formato 2: Opcode Endereço
  - Formato 3: Opcode Endereço_1 Endereço_2

Análise

- Caso o opcode ou endereços não estiverem definidos corretamente nas tabelas auxiliares, uma mensagem de erro será mostrada.
- Desta forma, a segunda passagem seria mais próxima da análise Sintática.
- Caso não exista erro, o nosso "montador" poderia então gerar o código intermediário (ou objeto, dependendo do caso)
- Dado o conjunto de instruções que temos, o nosso montador poderia ser um cross-assembler (montador cruzado) de forma que o código objeto gerado fosse de fato um código em formato objeto da máquina destino.
  - Essa última parte, estaria relacionada com a síntese.
  - Poderíamos gerar um "código intermediário" para então gerar o código para a máquina alvo.

Construção de um Montador

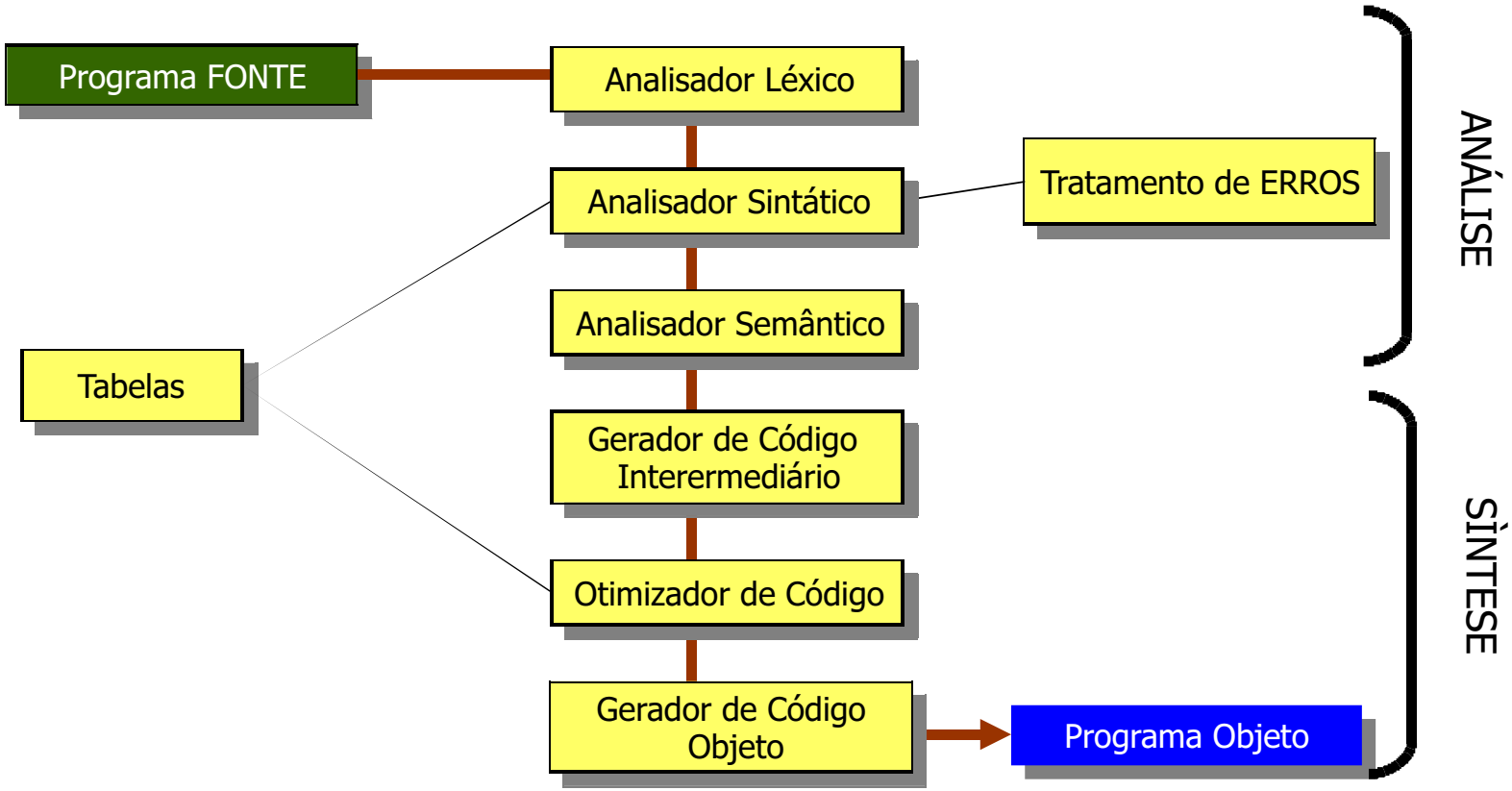
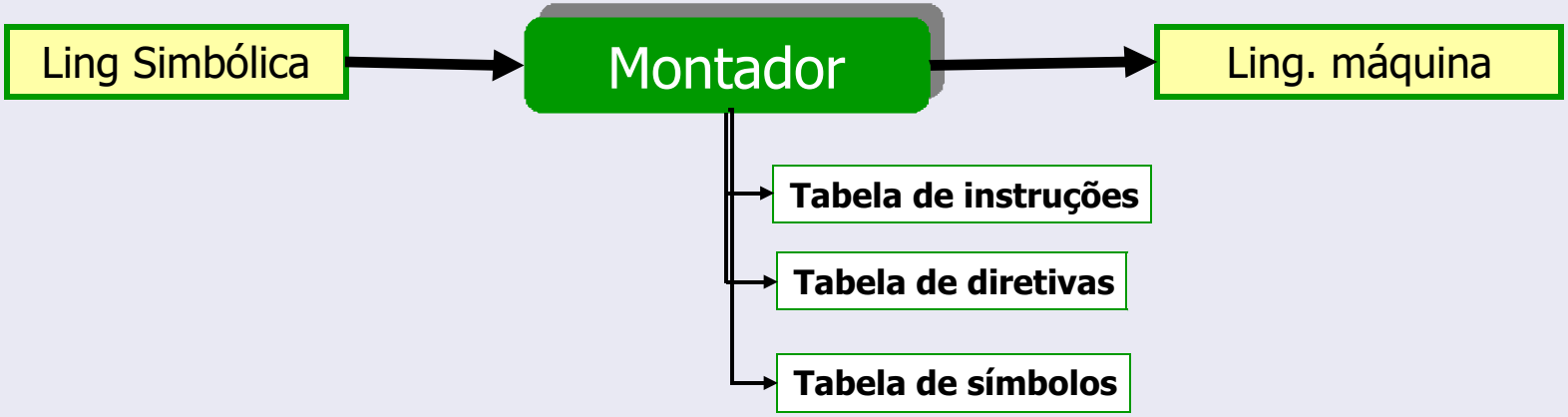


Figura: Estrutura de um Tradutor

Construção de um Montador

- Como vimos, os montadores utilizam várias tabelas para auxiliar na verificação e geração do código objeto



- Em geral, os montadores/compiladores, gastam mais da metade do tempo buscando informações que estão contidas em tabelas!

- Certamente, algoritmos que realizem essas "buscas" de forma rápida são necessários.

Algoritmos de Busca

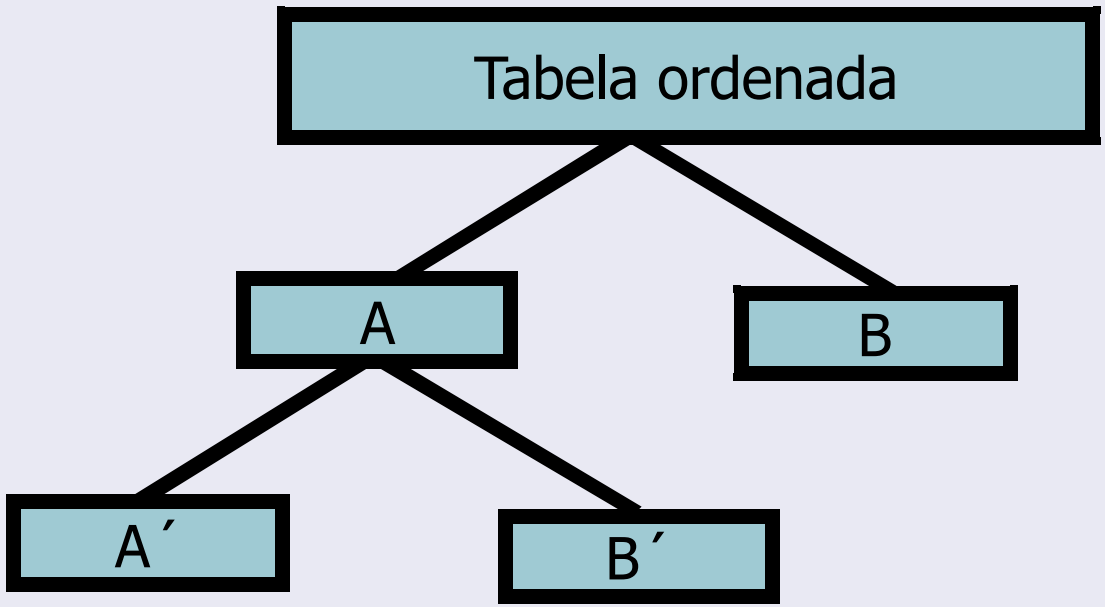
- O processo de busca normalmente recebe como entrada código (nome), e tenta encontrar na tabela,
- Retorna os valores associados ao código de busca quando encontrado ou informa que o mesmo não foi encontrado.

1 - Busca Sequêncial

- Consiste em ler todos os ítems da tabela (array), um a um, até que o item que estamos buscando, ou a fim da tabela, seja encontrado
- Em média, esse algoritmo faz $(N + 1)/2$ (complexidade $\Theta(n)$) comparações até encontrar o item que estamos buscando ($N =$ número de itens na tabela)
- Se a tabela aumenta, aumenta também o tempo de busca!

2 - Busca Binária

- Necessita que a tabela esteja ordenada
  - Dividimos a tabela em duas partes A, e B
  - Comparamos o valor que estamos buscando com o ítem inicial da parte B
  - Se o item que estamos buscando for menor, então descartamos a parte B e repetimos o processo para a parte A
  - Caso contrário, descartamos a parte A, e repetimos o processo para a parte B.



2 - Busca Binária

- Na busca binária a complexidade do caso médio (e pior caso) é $O(log_2 n)$.
- Suponha que a tabela que estamos pesquisando tenha 1000 itens.
- Se utilizarmos a busca sequencial, teremos em média 500 comparações até encontrar o valor que estamos buscando.
- Com a busca binária, o número de comparações é reduzido a 10 comparações neste caso.
- A única desvantagem é que temos que ordenar antes!

Ordenação

- Existem vários algoritmos de ordenação e, dependendo do caso, alguns algoritmos podem ser mais rápidos do que outros.
- Um simples algoritmo de ordenação pode ser construído da seguinte forma (ordenação por seleção – selection sort)

Algoritmo 2 Selection Sort

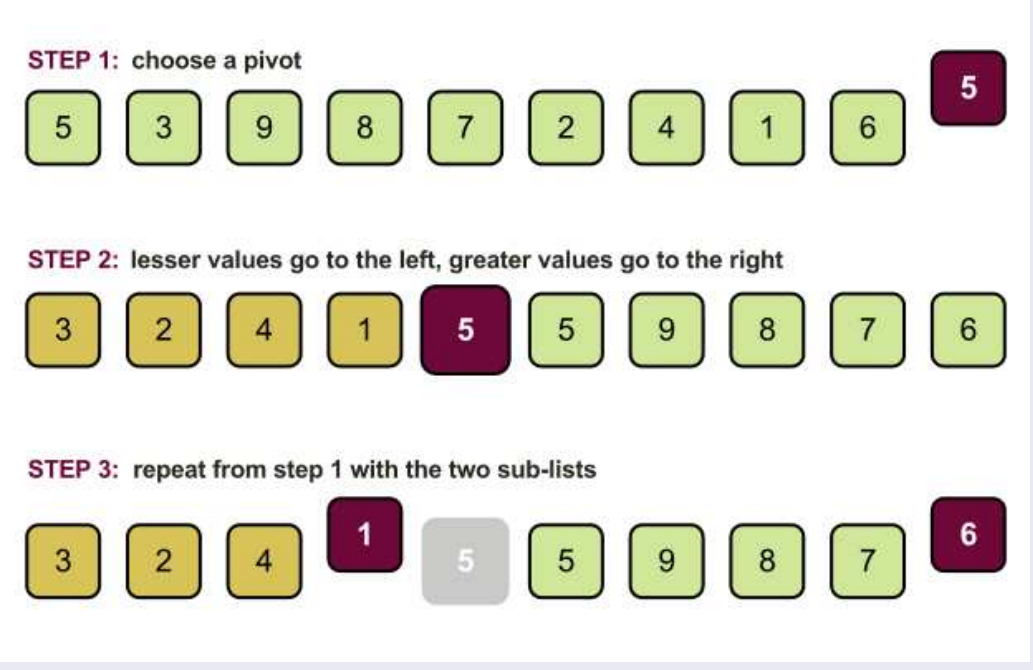
for $k \leftarrow 0$ to $N - 2$ **do**
  $posMenor \leftarrow k$
  for $i \leftarrow k + 1$ to $N - 1$ **do** {Percorre todo o vetor}
    if $numero[i] < numero[posMenor]$ **then**
      $posMenor \leftarrow i$
    end if
  end for
  if $posMenor \neq k$ **then**
    $aux \leftarrow numero[posMenor]$
    $numero[posMenor] \leftarrow numero[k]$
    $numero[k] \leftarrow aux$
  end if
end for

SelectionSort

- Identificamos o menor (ou maior) elemento no segmento do vetor que contém os elementos ainda não selecionados.
- Trocamos o elemento identificado com o primeiro elemento do segmento.
- Atualizamos o tamanho do segmento (diminuímos uma posição).
- Interrompemos o processo quando o segmento contiver apenas um elemento.
- Eficiência:
  - Pior caso $O(n^2)$.
  - Caso médio $O(n^2)$.

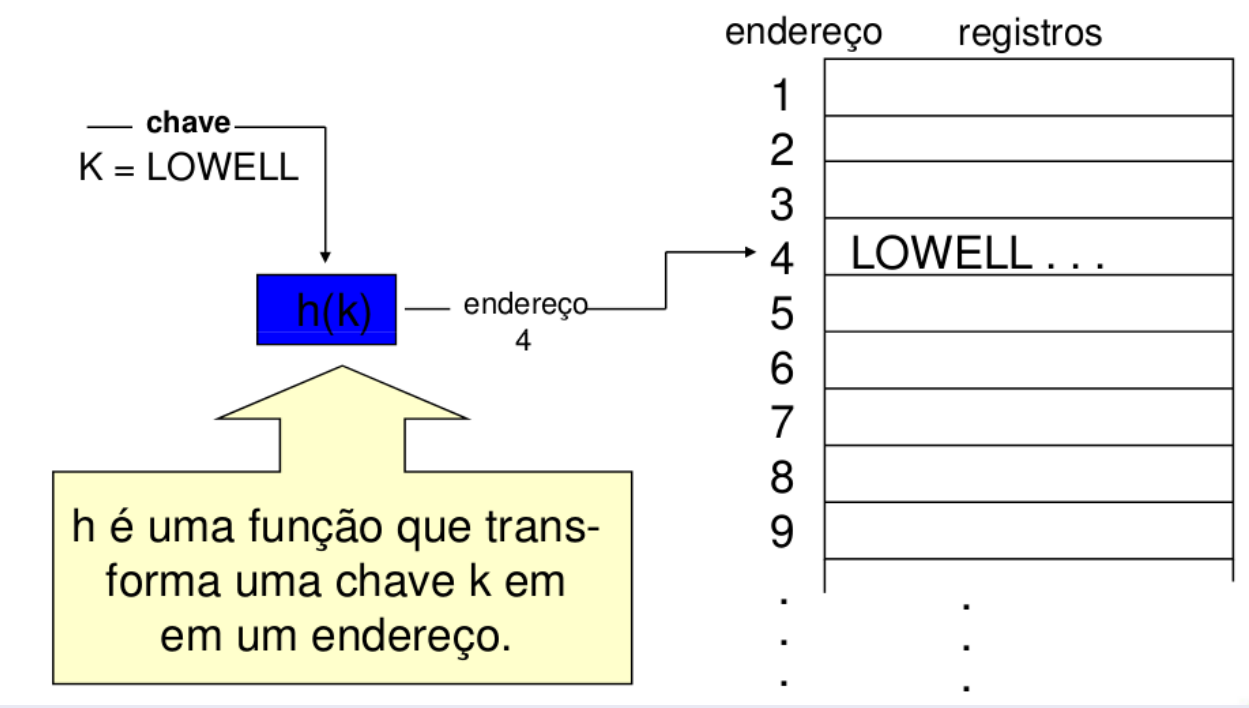
Quicksort

- Arrays grandes precisam de algoritmos de ordenação mais eficientes que o *selection sort*. Por exemplo o *Quicksort*.
  - Eficiência no pior caso: $O(n^2)$
  - Eficiência no caso médio: $O(n \log_2 n)$



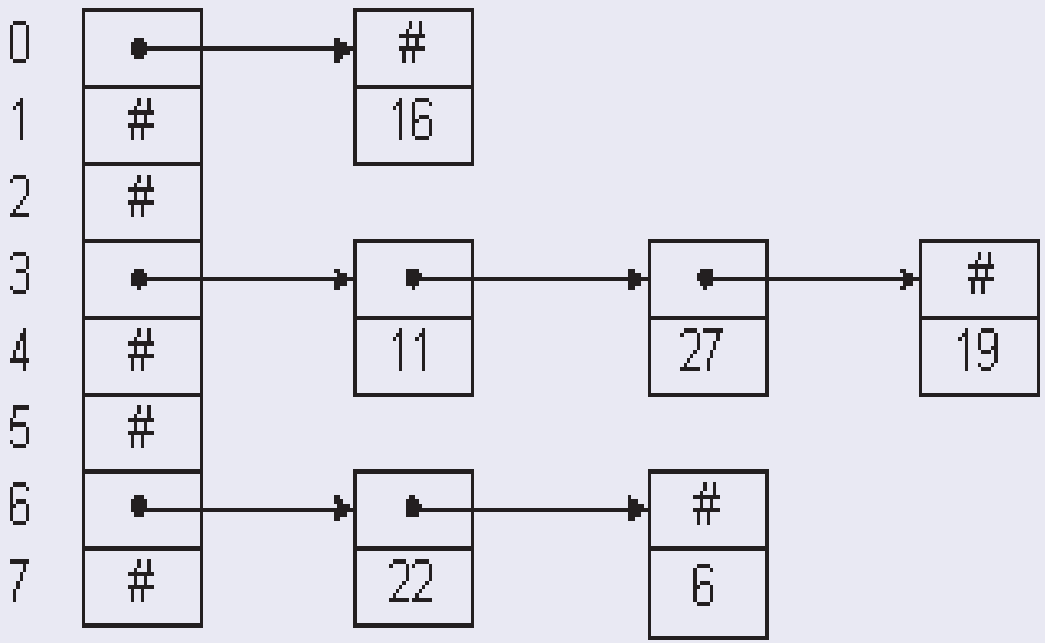
Hashing

- Porém, seria melhor se nossa tabela estivese organizada usando *Hashing*.
- Suponha que temos uma coleção de N itens e uma função que gera um código único para cada item



Hashing

- A vantagem da tabela hashing é que o tempo de procura é $O(1)$.
- Porém, é muito dificil achar uma função hash que gere um hashing sem colições.
  - Suponha que temos uma coleção de N itens e uma função que gera um código único para cada item
  - Cada elemento apontará para um lista encadeada contendo os itens daquela chave
  - A função hash para este exemplo é $chave\ mod\ 8$.



Hashing

- A vantagem da tabela hashing encadeada é que o tempo de procura é $O(1)$, ou $O(n)$ no pior caso.
- Se tivermos uma boa função hash, isto é uma função que distribua os itens de forma uniforme, teremos aproximadamente o mesmo número em cada lista.
- Desta forma, a procura por cada item terá um número de comparações semelhantes

Código Relocável

- Até agora, o nosso montador que utilizamos nos exemplos gera instruções de máquina com endereços absolutos, isto é, com o endereço que eles irão ocupar na memória quando o código for executado.
- Ao desenvolver um programa maior, é conveniente montá-lo em partes, e armazenar cada uma destas partes separadamente e juntar (ligar) as mesmas antes da execução do código
- Porém, se todos as partes iniciam no endereço zero, como temos feito até agora, apenas uma parte poderá ser executada

Código Relocável

- Algumas partes do código objeto são independentes do local em que o programa é carregado na memória.
- Isto é, os valores não são alterados no processo de carga.

Exemplo

```
            STOP
VETOR:      SPACE 5
VAR:        CONST 10
```

Gera

```
end 0. 14
end 1. ??
end 2. ??
end 3. ??
end 4. ??
end 5. ??
end 6. 10
```

- O código acima pode ser carregado para qualquer outro endereço (diferente de zero), sem necessidade de alteração do código

Exemplo

- Os valores que não são alterados no processo de carga são ditos **absolutos**.
- Para facilitar a visualização, representaremos essa informação através da letra "a" colocada logo após cada valor absoluto:

```
        STOP
VETOR:  SPACE  5
VAR:    CONST  10
```

Gera

```
end 0.  14a
end 1.  ??a
end 2.  ??a
end 3.  ??a
end 4.  ??a
end 5.  ??a
end 6.  10a
```

Código Relocável

- Os símbolos que representam endereços de memória são ditos **relativos**.
- Isto é, o valor de um símbolo relativo depende do local onde o programa é carregado.
- Representaremos essa informação através da letra "r" colocada logo após cada valor absoluto:

Exemplo

```
        LOAD   VAR
        ADD    K1
        STORE  VAR
        OUTPUT VAR
        STOP
VAR:    SPACE  1
K1:     CONST  1
```

Gera

```
    end  0. 10a     09r
    end  2. 01a     10r
    end  4. 11a     09r
    end  6. 13a     09r
    end  8. 14a
    end  9. ??a
    end 10. 01a
```

Código Relocável

- Na maioria dos sistemas operacionais, o endereço de carga não é conhecido até o momento da execução do programa
- Se, em tempo de carga, a gerência de memória do sistema operacional determina que o programa seja carregado no endereço 200, basta somar o valor 200 a todos os campos relativos do programa.

Exemplo

Código fonte

```
          LOAD    VAR
          ADD     K1
          STORE   VAR
          OUTPUT  VAR
          STOP
VAR:      SPACE 1
K1:       CONST 1
```

Código objeto c/inf rel

```
end   0. 10a   09r
end   2. 01a   10r
end   4. 11a   09r
end   6. 13a   09r
end   8. 14a
end   9. ??a
end  10. 01a
```

Código relocado

```
end 200. 10   209
end 202. 01   210
end 204. 11   209
end 206. 13   209
end 208. 14
end 209. ??
end 210. 01
```

Próxima Aula

Carregador e Ligador