MAC 2166 – Introdução à Computação

POLI - PRIMEIRO SEMESTRE DE 2007

Material Didático

Prof. Ronaldo Fumio Hashimoto

MATRIZES E PONTEIROS

Objetivo

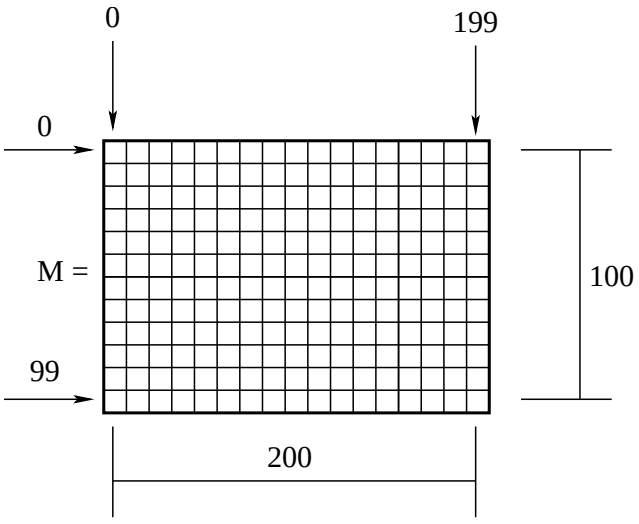
O objetivo desta aula é relacionar o tipo **matrizes** com ponteiros.

Matrizes

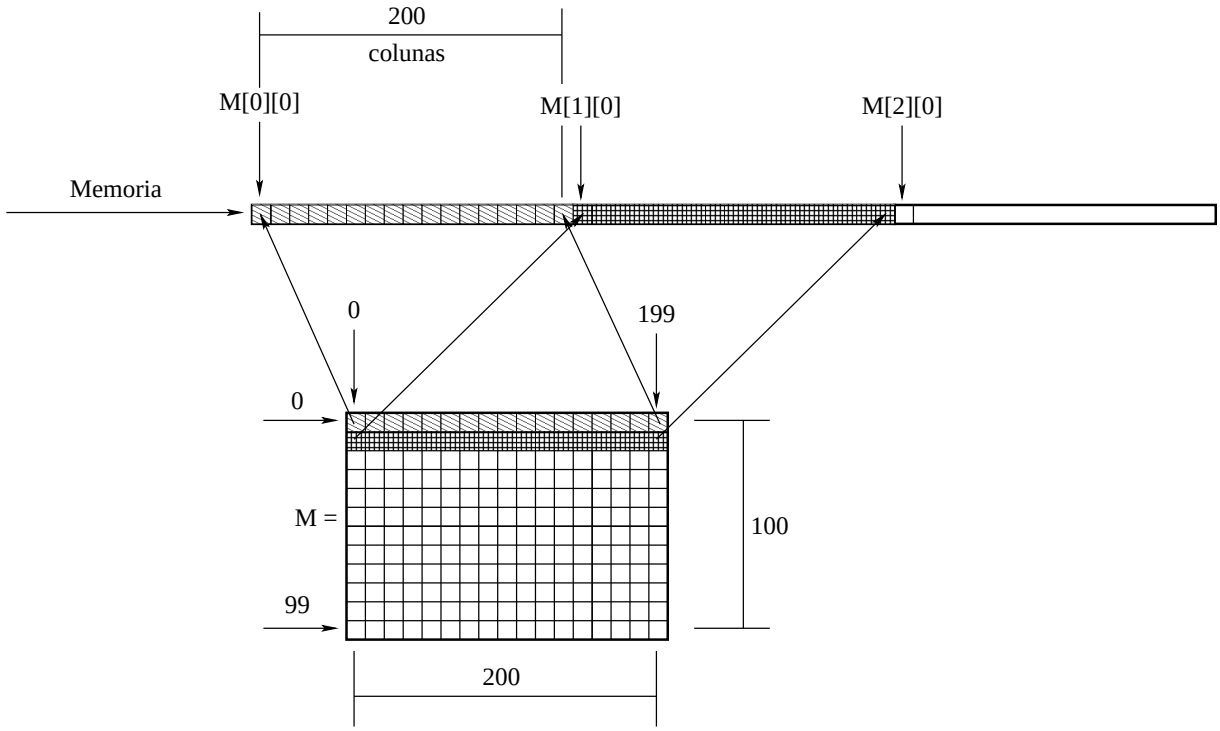
Vimos na aula anterior que **matrizes** são estruturas indexadas (em forma matricial) utilizadas para armazenar dados de um mesmo tipo: **int**, **char**, **float** ou **double**. Por exemplo, a declaração

```
int M[100][200]; /* declara uma matriz de inteiros
                  * de nome M com 100 linhas e 200 colunas
                  */
```

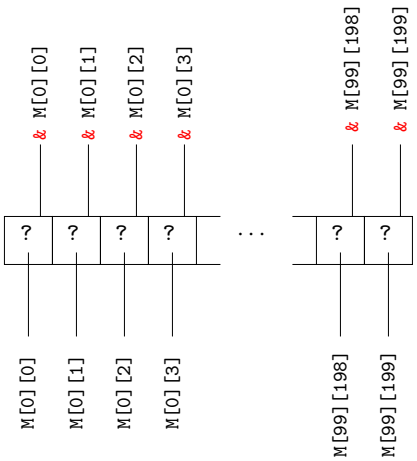
alocaria uma estrutura de dados da forma:



Uma pergunta que poderíamos fazer é como uma matriz fica armazenada na memória. Como a memória do computador é linear, o armazenamento dos elementos de matrizes na memória em C é feita colocando-se cada linha da matriz uma em seguida da outra. Assim, por exemplo, os elementos em uma matriz declarada como `int M[100][200]` são armazenados na memória do computador conforme mostra a figura:



Isso significa que para a matriz `M`, os seus elementos são armazenados na memória da seguinte maneira: a primeira linha `M[0][0],M[0][1],...,M[0][199]`, seguida pela segunda `M[1][0],M[1][1],...,M[1][199]` e assim por diante até a última linha `M[99][0],M[99][1],...,M[99][199]`. Dessa forma, a disposição dos 20.000 elementos da matriz `M` na memória seria:



Observando a figura acima, podemos notar que cada cada da matriz `M` tem um endereço associado. Para efeitos **didáticos**, vamos supor que o endereço de `M[0][0]` é um número inteiro, digamos 10, ou seja, `&M[0][0]`→10 e que os endereços das casas seguintes são números inteiros consecutivos a partir do endereço de 10. Assim, temos, para efeitos **didáticos**, que `&M[0][0]`→10, `&M[0][1]`→11, `&M[0][2]`→12, ..., `&M[99][198]`→20.008, `&M[99][199]`→20.009. Com isto, é possível saber o endereço de qualquer casa de `M` conhecendo-se o endereço de `M[0][0]`. Por exemplo, endereço de `M[0][78]` é `&M[0][0]`+78=10+78=88. Agora, para ver se você entendeu os conceitos até aqui, vamos fazer uma pergunta para você.

Você saberia me dizer qual é o endereço de `M[78][21]`?[1]

[1] $10+(78\cdot 199+21)$

Para que identificar o endereço de memória associado a um determinado elemento `M[i][j]`, é feita internamente uma conta de endereçamento: o endereço do elemento `M[i][j]` é `&M[0][0]+i·199+j`. Este é um detalhe interno, que é feito automaticamente pelo compilador. Nos seus programas, você apenas precisa se preocupar em acessar os elementos escrevendo `M[i][j]`. O importante é observarmos que o compilador necessita saber o número de colunas da matriz, no nosso exemplo 199, para fazer a conta de endereçamento. Esta informação nos será util adiante.

Exercício

```
int N[200][100]; /* declara uma matriz de inteiros
                  * de nome N com 200 linhas e 100 colunas
                  */
```

Suponha que o endereço de `N[0][0]` é um número inteiro, digamos 10, ou seja, `&N[0][0]`→10 e que os endereços das casas seguintes são números inteiros consecutivos a partir do endereço de 10. Assim, temos que `&N[0][0]`→10, `&N[0][1]`→11, `&N[0][2]`→12, . . ., `&N[99][198]`→20.008, `&N[99][199]`→20.009.

Você saberia me dizer qual é o endereço de `N[78][21]`?[2] Por que é diferente do endereço de `M[78][21]`?

Observação

Na linguagem C não existe verificação de índices fora da matriz. Quem deve controlar o uso correto dos índices é o programador. Além disso, o acesso utilizando um índice errado pode ocasionar o acesso de outra variável na memória. Se o acesso à memória é indevido você recebe a mensagem “segmentation fault”.

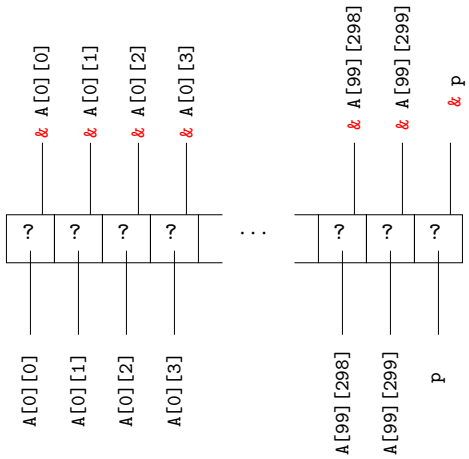
Matrizes e Ponteiros

Considere agora o seguinte trecho de código:

```
int A[100][300];
int *p; /* ponteiro para inteiro */
```

que aloca na memória algo do tipo:

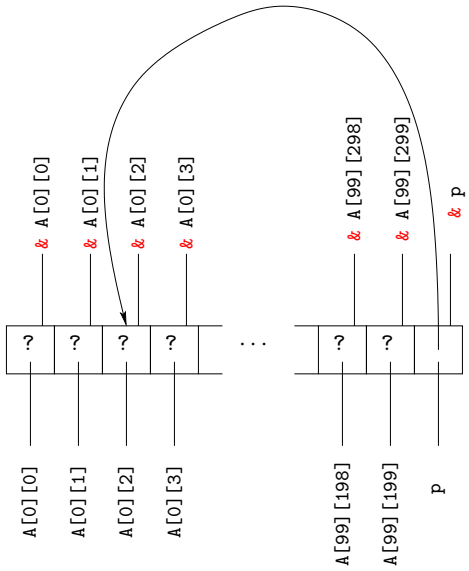
[2] 10+(78·99+21)



Podemos utilizar a sintaxe normal para fazer um ponteiro apontar para uma casa da matriz:

```
p = &A[0][0]; /* p aponta para a A[0][0] */
```

O ponteiro `p` recebe o endereço de `A[0][0]`, ou seja, `p` aponta para `A[0][0]`.



Mas podemos utilizar a **sintaxe especial para ponteiros e matrizes**, junto com as operações para ponteiros:

- Podemos fazer um ponteiro apontar para o início da matriz `A` fazendo

  ```
  p = A;
  ```

  É a única situação em que o nome da matriz tem sentido sem os colchetes. O comando acima equivale a fazer `p = &A[0][0];`

- Podemos usar a sintaxe de vetores (`nome_do_vetor[índice]`) com o ponteiro. Assim, se fizermos

  ```
  p = A;
  ```

  podemos acessar o elemento que está na linha `i` e coluna `j` de `A` fazendo `p[i*300+j]` (300 é o número de colunas da matriz `A`), ou seja, ambos `p[i*300+j]` e `A[i][j]` acessam a casa da linha `i` e coluna `j` da matriz `A`. Exemplo:

```
int A[100][300], i, j;
int *p; /* ponteiro para inteiro */
i = 3; j = 4;
p = A; /* p aponta para A[0][0]. Equivale a fazer p = &A[0][0] */
p[i*300+j] = 4; /* equivale a fazer M[i][j] = 4 */
```

Mas se fazemos

```
p = &A[3][0];
```

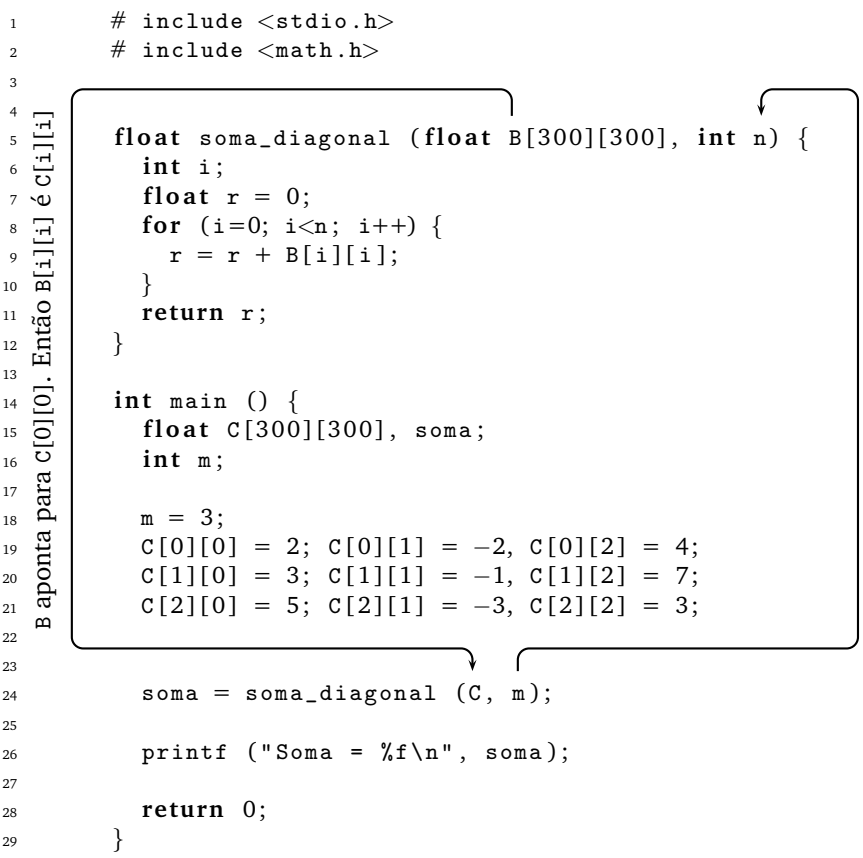
então, `p[0]` é o elemento `A[3][0]`, `p[1]` é o elemento `A[3][1]`, `p[2]` é o elemento `A[3][2]`, e assim por diante.

Matrizes como Parâmetro de Funções

A forma de declaração de uma matriz como parâmetro de função é a mesma que vimos para declarar matrizes, ou seja, indicando o nome da matriz, e entre colchetes o número de linhas e o número de colunas. Exemplo:

```
# include <math.h>
float soma_diagonal (float B[300][300], int n) {
  int i;
  float r = 0;
  for (i=0; i<n; i++) {
    r = r + B[i][i];
  }
  return r;
}
```

Esta função recebe uma matriz de reais `B` de tamanho 300×300 das quais somente `n` linhas e colunas estão sendo consideradas e devolve a soma dos elementos de sua diagonal. Na realidade, a matriz `B` declarada como parâmetro é um **ponteiro**.

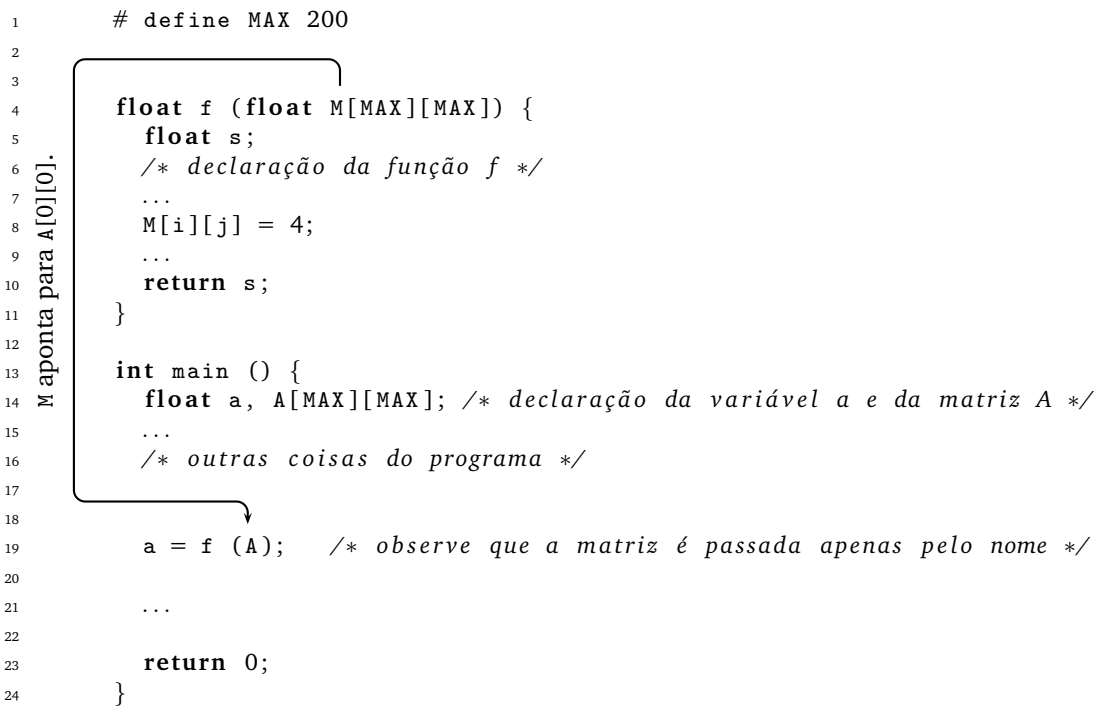


O parâmetro `B` da função `soma_diagonal` aponta para a variável `C[0][0]` da função `main`. Então `B[i][i]` na função `soma_diagonal` é exatamente `C[i][i]` da função `main`.

Exemplo de Função com Matriz como Parâmetro

O nome de uma matriz dentro de parâmetro de uma função é utilizado como sendo um ponteiro para o primeiro elemento da matriz que está sendo usada na hora de chamar a função.

Exemplo de declaração de funções com matrizes como parâmetros:




```
1       # define MAX 200
2
3
4       float f (float M[MAX][MAX]) {
5         float s;
6         /* declaração da função f */
7         ...
8         M[i][j] = 4;
9         ...
10        return s;
11      }
12
13      int main () {
14        float a, A[MAX][MAX]; /* declaração da variável a e da matriz A */
15        ...
16        /* outras coisas do programa */
17
18
19        a = f (A);   /* observe que a matriz é passada apenas pelo nome */
20
21        ...
22
23        return 0;
24      }
```

Na Linha 19, a chamada da função `f` faz com que o ponteiro `M` receba `&A[0][0]`, ou seja, faz com que o ponteiro `M` aponte para `A[0][0]`.

Na Linha 8, temos o comando `M[i][j] = 4`. Como `M` está apontando para `A[0][0]`, então `M[i][j] = 4` é o mesmo que fazer `A[i][j] = 4`. Assim, na Linha 8, dentro da função `f`, estamos mudando o conteúdo da casa de linha `i` e coluna `j` da matriz `A` da função `main`.

Exemplo

```
1   # include <stdio.h>
2
3   # define MAX 100
4
5   int f (int M[MAX][MAX], int n) {
6     n = 10;
7     M[2][3] = 4;
8     return 0;
9   }
10
11  int main () {
12    int A[MAX][MAX], m, a;
13    m = 15;
14    A[2][3] = 5;
15    a = f (A, m);
16    return 0;
17  }
```

Na Linha 14, temos o comando `A[2][3] = 5`, ou seja `A[2][3]` contém o valor `5`.

Na Linha 15, a chamada da função `f` faz com que o ponteiro `M` receba `&A[0][0]`, ou seja, faz com que o ponteiro `M` aponte para `A[0][0]`.

Na Linha 7, temos o comando `M[2][3] = 4`. Como `M` está apontando para `A[0][0]`, então `M[2][3] = 4` é o mesmo que fazer `A[2][3] = 4`. Assim, na Linha 7, dentro da função `f`, estamos mudando o conteúdo da casa de linha 2 e coluna 3 da matriz `A` da função `main`. Dessa forma, depois da execução da função `f`, `A[2][3]` conterá o valor `4` e não `5` como foi inicializado.

Problema

(a) Faça uma função que recebe como entrada um inteiro n, uma matriz inteira $A_{n \times n}$ e devolve três inteiros: k, Lin e Col. O inteiro k é um maior elemento de A e é igual a $A[Lin][Col]$.

Obs.: Se o elemento máximo ocorrer mais de uma vez, indique em Lin e Col qualquer uma das possíveis posições.

Exemplo: se $A = \begin{pmatrix} 3 & 7 & 1 \\ 1 & 2 & 8 \\ 5 & 3 & 4 \end{pmatrix}$ então $\begin{cases} k = 8 \\ Lin = 1 \\ Col = 2 \end{cases}$

Solução: vamos chamar esta função de `maior`. A função `maior` deve receber uma matriz A (vamos supor que a matriz não vai ter mais que 100 linhas e colunas) e um inteiro n indicando (das 100 linhas e colunas reservadas) quantas linhas e colunas de fato estão sendo utilizadas. Como esta função deve devolver três valores (k, Lin e Col), então vamos usar três ponteiros. Dessa forma, o protótipo da função `maior` é

```
# define MAX 100

void maior (int A[MAX][MAX], int n, int *k, int *Lin, int *Col);
```

Esta função recebe uma matriz `A` e um inteiro `n` e devolve três valores `*k`, `*Lin` e `*Col`, via ponteiros. Para isto, vamos percorrer a matriz `A` (usando o padrão de percorrimento de matriz por linha) e verificando se cada elemento `A[i][j]` da matriz é maior que `*k`. Em caso afirmativo, `*k`, `*Lin` e `*Col` são atualizados para `A[i][j]`, `i` e `j`, respectivamente.

```
# define MAX 100

void maior (int A[MAX][MAX], int n, int *k, int *Lin, int *Col) {
  int i, j;

  /* percorrimento da matriz A por linha */
  for (i=0; i<n; i++) {
    for (j=0; j<n; j++) {
      if (A[i][j] > *k) {
        *k = A[i][j];
        *Lin = i;
        *Col = j;
      }
    }
  }

}
```

Se você observou bem a solução acima, faltou inicializar `*k`, `*Lin` e `*Col`. Para esta função encontrar o maior corretamente, `*k` deve ser inicializado com qualquer elemento da matriz `A`. Assim, vamos inicializar `*k` com o primeiro elemento da matriz. Assim , `*k`, `*Lin` e `*Col` são inicializados com `A[0][0]`, 0 e 0, respectivamente.

```
# define MAX 100

void maior (int A[MAX][MAX], int n, int *k, int *Lin, int *Col) {
  int i, j;

  *k = A[0][0];
  *Lin = *Col = 0;

  /* percorrimento da matriz A por linha */
  for (i=0; i<n; i++) {
    for (j=0; j<n; j++) {
      if (A[i][j] > *k) {
        *k = A[i][j];
        *Lin = i;
        *Col = j;
      }
    }
  }

}
```

(b) Faça um programa que, dado um inteiro n e uma matriz quadrada de ordem n, cujos elementos são todos **inteiros positivos**, imprime uma tabela onde os elementos são listados em ordem decrescente, acompanhados da indicação de linha e coluna a que pertencem. Havendo repetições de elementos na matriz, a ordem é irrelevante. Utilize obrigatoriamente a função da parte (a), mesmo que você não a tenha feito.

Exemplo: No caso da matriz $A = \begin{pmatrix} 3 & 7 & 1 \\ 1 & 2 & 8 \\ 5 & 3 & 4 \end{pmatrix}$, a saída poderia ser:

Elem	Linha	Coluna
8	1	2
7	0	1
5	2	0
4	2	2
3	0	0
3	2	1
2	1	1
1	0	2
1	1	0

Como a matriz A somente tem valores **inteiros positivos**, uma estratégia para solucionar este problema é usar a função `maior` que devolve o maior elemento da matriz e sua respectiva posição e colocar nesta posição um inteiro negativo, digamos -1. Chama a função `maior` novamente e devolve o maior elemento da matriz e sua respectiva posição (não vai devolver o primeiro maior, pois esta posição foi marcada com -1); colocar nesta posição -1 e chamar a função `maior` novamente; até que todos os elementos da matriz sejam negativos (quando a função `maior` devolver o número -1). Vejamos então um trecho que programa que faz esta parte:

```
printf ("Elem  Linha  Coluna\n");
k = 1; /* qualquer valor positivo */
while (k != -1) {
  maior (A, n, &k, &L, &C);
  if (k != -1) {
    printf ("%d %d %d\n", k, L, C);
    A[L][C] = -1;
  }
}
```

Fica como exercício você colocar este trecho acima em um programa completo.

Resumo

Matriz quando declarado como parâmetro de função é um **ponteiro**!