Endereços, apontadores e estruturas

"Os conceitos de endereço e apontador são fundamentais em qualquer linguagem de programação, embora fiquem ocultos em algumas linguagens. Em C, esses conceitos são explícitos. Dominar o conceito de apontador exige algum esforço e uma boa dose de prática" - citação retirada do livro do Prof. Paulo Feofiloff.

“Detalhes técnicos como endereços, apontadores e estruturas (structs) são importantes para construir estruturas de dados sofisticadas que deixam algoritmos mais eficientes.”

Endereços

A memória de um computador é uma sequência de bytes
    - os quais são numerados sequencialmente.
- Numa analogia, podemos pensar na memória como um imenso vetor.
    - Assim, o número (ou índice) de um byte é seu endereço.

Cada objeto na memória ocupa um número de bytes consecutivos

- Exemplo:
    - sizeof(char) = 1
    - sizeof(int) = 4
    - sizeof(long) = 4
    - sizeof(long long) = 8
    - sizeof(float) = 4
    - sizeof(double) = 8
    - sizeof(char *) = 4
    - sizeof(int *) = 4
    - sizeof(double *) = 4
- Código:

```c
printf("sizeof(char) = %d\n", sizeof(char));
printf("sizeof(int) = %d\n", sizeof(int));
printf("sizeof(long) = %d\n", sizeof(long));
printf("sizeof(long long) = %d\n", sizeof(long long));
printf("sizeof(float) = %d\n", sizeof(float));
printf("sizeof(double) = %d\n", sizeof(double));
printf("sizeof(char *) = %d\n", sizeof(char *));
printf("sizeof(int *) = %d\n", sizeof(int *));
printf("sizeof(double *) = %d\n", sizeof(double *));
```

Quiz1: Se usarmos 4 bytes (32 bits) para endereçar uma posição da memória,

- sabendo que cada byte tem seu próprio endereço,
    - qual o total de bytes que podemos endereçar com 32 bits?
        - Resp.: 2^32 = 2^2 * 2^10 * 2^10 * 2^10 ~= 4GB
- Mas isso é menos do que a memória de muitos computadores modernos.
    - Como fazemos para usar toda a memória?
        - Gerenciamento do sistema operacional e endereços de 64 bits.

O endereço de uma variável corresponde ao endereço do seu primeiro byte.

- Exemplo, após declarar

```
char c;
int i;
struct {
    int x, y;
} ponto;
int v[4];
```

- os endereços poderiam ser algo como:
    - endereço de c = 24515
    - endereço de i = 24516
    - endereço de ponto = 24520
    - endereço de ponto.x = 24520
    - endereço de ponto.y = 24524
    - “endereço” de v = 24528
    - endereço de v[0] = 24528
    - endereço de v[1] = 24532
    - endereço de v[2] = 24536
    - endereço de v[3] = 24540

Usamos o operador & para obter o endereço de uma variável

- Exemplo:
    - &i devolve o endereço de i.
- Código:

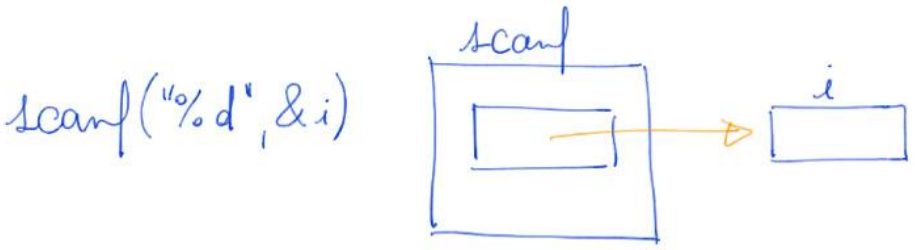
```
printf("endereco de c = %p\n", &c);
printf("endereco de i = %p\n", &i);
printf("endereco de ponto = %p\n", &ponto);
printf("endereco de ponto.x = %p\n", &ponto.x);
printf("endereco de ponto.y = %p\n", &ponto.y);
printf("endereco de v = %p\n", v);
printf("endereco de v[0] = %p\n", &v[0]);
printf("endereco de v[1] = %p\n", &v[1]);
printf("endereco de v[2] = %p\n", &v[2]);
printf("endereco de v[3] = %p\n", &v[3]);
```

O lugar mais comum de encontrar/usar o operador & é na função scanf

- Código para ler um inteiro e guardar na variável i:

```c
int i;
scanf("%d", &i);
printf("endereco de i = %p\n", &i);
printf("conteudo de i = %d\n", i);
```

- Quiz2: Por que precisamos usar &i?



Apontadores

São variáveis que armazenam endereços.

Declaramos um apontador p de um tipo de variável var colocando

- um * entre o nome do tipo e o nome da variável,
  - i.e., var * p;
- Usamos o valor especial NULL para indicar que
  - um apontador não endereça qualquer variável.
- Exemplos

```c
char *p1;
int *p2, i;

p1 = NULL;
p2 = &i;
```

Se um apontador p armazena o endereço (&i) de uma variável i, dizemos que

- p aponta para i
- p é o endereço de i

- *p é o objeto apontado por p.
  - No exemplo da figura anterior, *p = i.
- Em geral, se p = &i então *p é igual a i.

Exemplo:

- Maneira complicada (que brinca com apontadores) de fazer c = a + b.

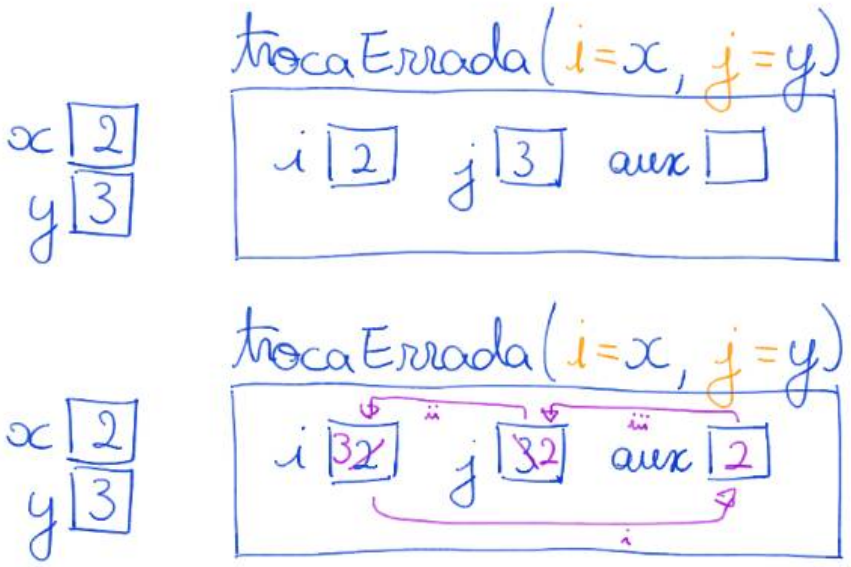
```c
int a = 2;
int b = 3;
int c;
int *p;
int *q;
p = &a;
q = &b;
c = *p + *q;
```

Uso de apontadores como parâmetros na função troca

```c
void trocaErrada(int i, int j) {
   int aux;
   aux = i;
   i = j;
   j = aux;
}
```

exemplo de uso

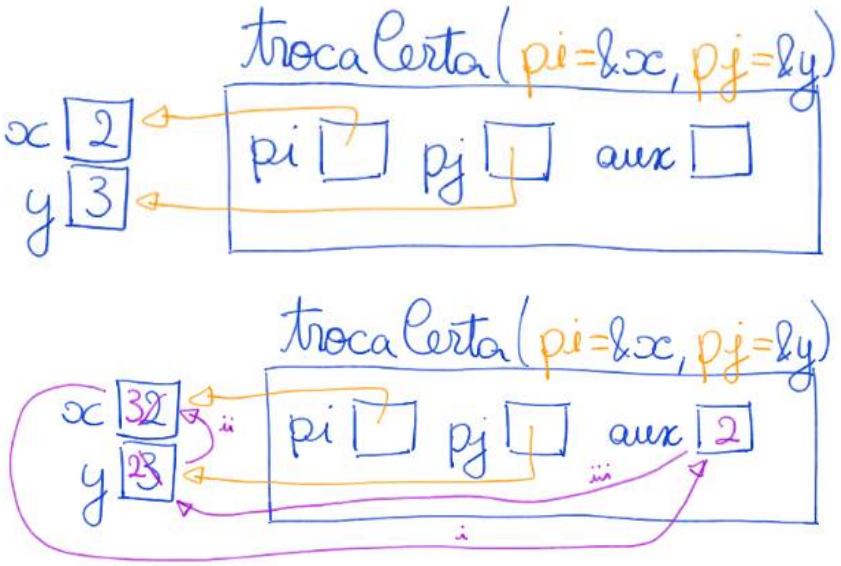
```c
   a = 1;   b = 2;
   printf("a = %d, b = %d\n", a, b);
   trocaErrada(a, b);
   printf("a = %d, b = %d\n", a, b);
```




```c
void trocaCerta(int *i, int *j) {
   int aux;
   aux = *i;
   *i = *j;
   *j = aux;
}
```

exemplo de uso

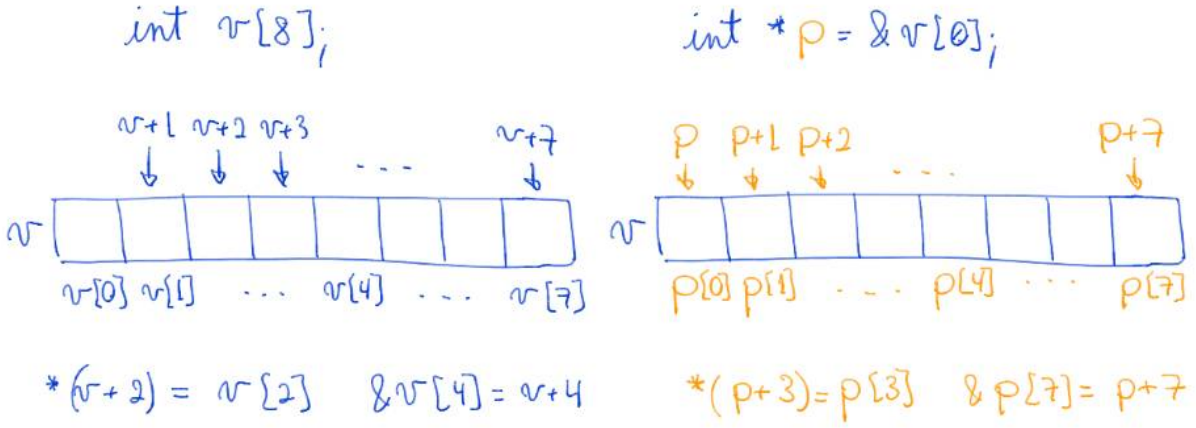
```
a = 1;   b = 2;
printf("a = %d, b = %d\n", a, b);
trocaCerta(&a, &b);
printf("a = %d, b = %d\n", a, b);
```



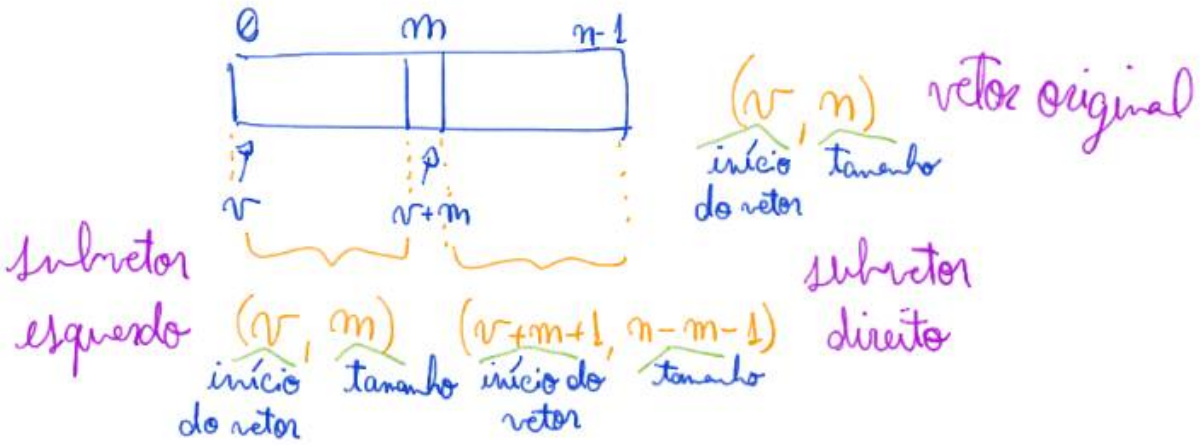
Vetores e aritmética de apontadores:

- Em C existe uma relação muito forte entre apontadores e vetores.
- O nome de um vetor é sinônimo do endereço da posição inicial do vetor.
    - Assim, &v[0] é igual a v
    - e, de modo mais geral, &v[i] é igual a v + i
        - ou, v[i] é igual a *(v + i)

```
int v[8];
int *p;
p = &v[0];
```



- Ponteiros (p) e nomes de vetores (v) são equivalentes em quase tudo,
    - exceto que nomes de vetores alocados estaticamente são imutáveis.
        - Por isso, operações como v++ ou v = v + 3 são ilegais.
- Na figura a seguir remetemos à busca binária e mostramos
    - como definir subvetores usando aritmética de apontadores.

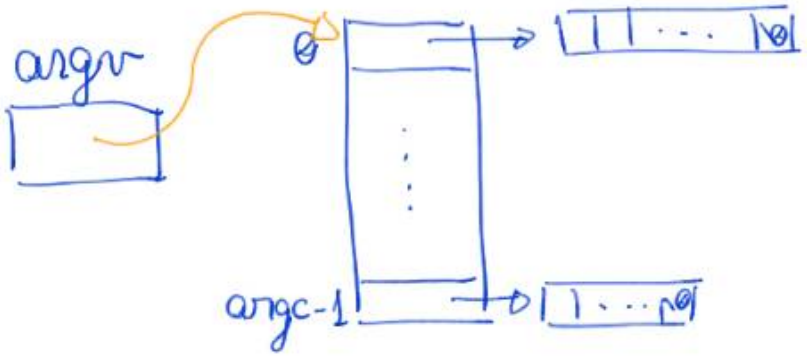


Como no exemplo das funções trocaCerta e scanf, é comum usarmos

- apontadores como parâmetros de função para devolver resultados.
    - Note que, muitas vezes usamos o comando return para isso,
        - mas ele só permite devolver um valor de um tipo simples,
            - embora esse valor possa ser um apontador.

Outro uso importante de apontadores como parâmetros de função é para passar

- vetores sem copiar seus conteúdos para a área de memória da função,
    - já que isso seria muito ineficiente.
- Um exemplo desse uso são os argumentos da função main
    - argc é um inteiro.
        - c vem de count.
        - Trata-se do número de argumentos na linha de comando.
    - argv[ ] é um vetor de strings.
        - Uma string é um vetor de caracteres terminado em '\0'.
        - Cada string contém um dos argumentos da linha de comando.
            - argv[0] é o próprio nome do programa chamado.



- Exemplo de chamada ".\entrada 10" em que
    - argc = 2
    - argv[0] = ".\entrada"
    - argv[1] = "10"

- Código:

```
int main(int argc, char *argv[]) {
   int n;
   if (argc != 2) {
        printf("Parametros incorretos. Ex.: .\\entrada 15\n");
       return 0;
   }
   printf("%s\n", argv[0]);
   n = atoi(argv[1]);
   printf("%d\n", n);
   return 0;
}
```

Estruturas

Uma estrutura (struct) é uma coleção de variáveis,

- possivelmente de tipos diferentes,

  - que também pode ser endereçada por um apontador.
- Exemplo:

```
   struct {
       int dia;
       int mes;
       int ano;
   } aniversario;
```

Usamos o operador . para acessar um campo de uma variável que é uma estrutura

- Exemplo:

```
   aniversario.dia = 20;
   aniversario.mes = 10;
   aniversario.ano = 2010;
```

Normalmente damos um nome para as estruturas que declaramos.

- Assim fica fácil declarar diversas variáveis daquele tipo.

```
struct data {
   int dia;
   int mes;
   int ano;
};

struct data aniversario;
struct data casamento;
```

Note que a declaração “struct nomeEscolhido” define um tipo.

- Para evitar repetir essa expressão em toda declaração de variável
    - usamos typedef para definir uma abreviatura.
- Exemplo:

```
typedef struct data Data;

struct data {
   int dia;
   int mes;
   int ano;
};
```

    - ou, numa forma equivalente

```
typedef struct data {
   int dia;
   int mes;
   int ano;
} Data;
```

Estruturas e apontadores:

- Quando um apontador endereça uma variável que é uma estrutura
    - podemos acessar seus campos de duas formas equivalentes.
        - Sendo “Data * p = &aniversario”
            - temos “(*p).mes”
            - igual a “p->mes”
            - igual a “aniversario.mes”
- Código:

```
   Data *p;
   p = &aniversario;
   (*p).dia = 10;
   printf("%d\n", (*p).dia);
   p->dia = 15;
   printf("%d\n", p->dia);
```