Aula 02 - Estrutura de dados 1 – Uniube

Prof. Marcos Lopes

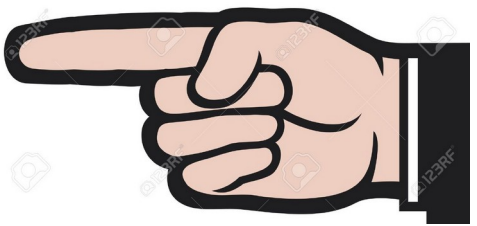
34 9 9878 0925

Endereços e ponteiros

Os conceitos de endereço e ponteiro são fundamentais em qualquer linguagem de programação. Em C, esses conceitos são explícitos; em algumas outras linguagens eles são ocultos (e representados pelo conceito mais abstrato de referência). Dominar o conceito de ponteiro exige algum esforço e uma boa dose de prática.

Sumário:

Endereços
Ponteiros
Aplicação
Aritmética de endereços
Perguntas e respostas



Endereços:

A memória RAM (= random access memory) de qualquer computador é uma sequência de bytes. A posição (0, 1, 2, 3, etc.) que um byte ocupa na sequência é o endereço (= address) do byte. (É como o endereço de uma casa em uma longa rua que tem casas de um lado só.) Se e é o endereço de um byte então e + 1 é o endereço do byte seguinte.

Cada variável de um programa ocupa um certo número de bytes consecutivos na memória do computador. Uma variável do tipo char ocupa 1 byte. Uma variável do tipo int ocupa 4 bytes e um double ocupa 8 bytes em muitos computadores. O número exato de bytes de uma variável é dado pelo operador sizeof. A expressão sizeof (char), por exemplo, vale 1 em todos os computadores e a expressão sizeof (int) vale 4 em muitos computadores.

Cada variável (em particular, cada registro e cada vetor) na memória tem um endereço. Na maioria dos computadores, o endereço de uma variável é o endereço do seu primeiro byte.

Por exemplo, depois das declarações

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

as variáveis poderiam ter os seguintes endereços (o exemplo é fictício):

```
c        89421
i       89422
ponto    89426
v[0]     89434
v[1]     89438
v[2]     89442
```

O endereço de uma variável é dado pelo operador & . Assim, se i é uma variável então &i é o seu endereço. (Não confunda esse uso de & com o operador lógico and, representado por && em C.) No exemplo acima, &i vale 89422 e &v[3] vale 89446.

Outro exemplo: o segundo argumento da função de biblioteca scanf é o endereço da variável que deve receber o valor lido do teclado:

```
int i;
scanf ("%d", &i);
```

Exercícios 1:
a) Compile e execute o seguinte programa:

```
int main (void) {
   typedef struct {
      int dia, mes, ano;
   } data;
   printf ("sizeof (data) = %d\n",
           sizeof (data));
   return EXIT_SUCCESS;
}
```

b) Compile e execute o seguinte programa. (O cast (long int) é necessário para que &i possa ser impresso no formato %ld. É mais comum imprimir endereços em notação hexadecimal, usando formato %p, que exige o cast (void *).):

```
int main (void) {
   int i = 1234;
   printf (" i = %d\n", i);
   printf ("&i = %ld\n", (long int) &i);
   printf ("&i = %p\n", (void *) &i);
   return EXIT_SUCCESS;
}
```

Obs.: pode ser necessário adicionar alguma include e talvez mudar a constante EXIT_SUCCESS pra 0.

Ponteiros:

Um ponteiro (= apontador = pointer) é um tipo especial de variável que armazena um endereço. Um ponteiro pode ter o valor **NULL** que é um endereço inválido. A macro NULL está definida na interface stdlib.h e seu valor é 0 (zero) na maioria dos computadores.

Se um ponteiro p armazena o endereço de uma variável i, podemos dizer p aponta para i ou p é o endereço de i. (Em termos um pouco mais abstratos, diz-se que p é uma referência à variável i.) Se um ponteiro p tem valor diferente de NULL então

*p

é o valor da variável apontada por p. (Não confunda esse operador * com o operador de multiplicação!) Por exemplo, se i é uma variável e p vale &i então dizer *p é o mesmo que dizer i.

A seguinte figura dá um exemplo. Do lado esquerdo, um ponteiro p, armazenado no endereço 60001, contém o endereço de um inteiro. O lado direito dá uma representação esquemática da situação:

Tipos de ponteiros:

Há vários tipos de ponteiros: ponteiros para bytes, ponteiros para inteiros, ponteiros para ponteiros para inteiros, ponteiros para registros, etc. O computador precisa saber de que tipo de ponteiro você está falando. Para declarar um ponteiro p para um inteiro, escreva

```
int *p;
```

(Há quem prefira escrever int* p.) Para declarar um ponteiro p para um registro reg, diga

```
struct reg *p;
```

Um ponteiro r para um ponteiro que apontará um inteiro (como no caso de uma matriz de inteiros) é declarado assim:

```
int **r;
```

Exemplos:

Suponha que a, b e c são variáveis inteiras e veja um jeito bobo de fazer c = a+b:

```
int *p; // p é um ponteiro para um inteiro
int *q;
p = &a; // o valor de p é o endereço de a
q = &b; // q aponta para b
c = *p + *q;
```

Outro exemplo simples:

```
int *p;
int **r; // ponteiro para ponteiro para inteiro
p = &a;  // p aponta para a
r = &p;  // r aponta para p e *r aponta para a
c = **r + b;
```

Exercícios 2:

a) Compile e execute o seguinte programa. (Veja um dos exercícios acima.)

```
int main (void) {
   int i; int *p;
   i = 1234; p = &i;
   printf ("*p = %d\n", *p);
   printf (" p = %ld\n", (long int) p);
   printf (" p = %p\n", (void *) p);
   printf ("&p = %p\n", (void *) &p);
   return EXIT_SUCCESS;
}
```

Exemplo de aplicação de ponteiros:

Suponha que precisamos de uma função que troque os valores de duas variáveis inteiras, digamos i e j. É claro que a função

```
void troca (int i, int j) {
   int temp;
   temp = i; i = j; j = temp;
}
```

não produz o efeito desejado, pois recebe apenas os valores das variáveis e não as variáveis propriamente ditas.

A função recebe cópias das variáveis e troca os valores dessas cópias, enquanto as variáveis originais permanecem inalteradas.

Teste o exemplo!

Para obter o efeito desejado, é preciso passar à função os endereços das variáveis:

```
void troca (int *p, int *q)
{
   int temp;
   temp = *p; *p = *q; *q = temp;
}
```

Para aplicar essa função às variáveis i e j basta dizer troca (&i, &j) ou então

```
int *p, *q;
p = &i; q = &j;
troca (p, q);
```

Teste o código!

Exercícios 3:

a) Verifique que a troca de valores de variáveis discutida acima poderia ser obtida por meio de uma macro do pré-processador:

```
#define troca (X, Y) {int t = X; X = Y; Y = t;}
. . .
troca (i, j);
```

b) Por que o código abaixo está errado?

```
void troca (int *i, int *j) {
   int *temp;
   *temp = *i; *i = *j; *j = *temp;
}
```

c) Um ponteiro pode ser usado para dizer a uma função onde ela deve depositar o resultado de seus cálculos. Escreva uma função hm que converta minutos em horas-e-minutos. A função recebe um inteiro mnts e os endereços de duas variáveis inteiras, digamos h e m, e atribui valores a essas variáveis de modo que m seja menor que 60 e que 60*h + m seja igual a mnts. Escreva também uma função main que use a função hm.

d) Escreva uma função mm que receba um vetor inteiro v[0..n-1] e os endereços de duas variáveis inteiras, digamos min e max, e deposite nessas variáveis o valor de um elemento mínimo e o valor de um elemento máximo do vetor. Escreva também uma função main que use a função mm.

Aritmética de endereços:

Os elementos de qualquer vetor são armazenados em bytes consecutivos da memória do computador. Se cada elemento do vetor ocupa s bytes, a diferença entre os endereços de dois elementos consecutivos é s. Mas o compilador ajusta os detalhes internos de modo a criar a ilusão de que a diferença entre os endereços de dois elementos consecutivos é 1, qualquer que seja o valor de s. Por exemplo, depois da declaração

```
int *v;
v = malloc (100 * sizeof (int));
```

o endereço do primeiro elemento do vetor é v, o endereço do segundo elemento é v+1, o endereço do terceiro elemento é v+2, etc. Se i é uma variável do tipo int então

```
v + i
```

é o endereço do (i+1)-ésimo elemento do vetor. As expressões v + i e &v[i] têm exatamente o mesmo valor e portanto as atribuições

```
*(v+i) = 789;
v[i] = 789;
```

têm o mesmo efeito.

Portanto, qualquer dos dois fragmentos de código abaixo pode ser usado para preencher o vetor v:

```
for (i = 0; i < 100; ++i)  scanf ("%d", &v[i]);
for (i = 0; i < 100; ++i)  scanf ("%d", v + i);
```

Todas essas considerações também valem se o vetor for alocado estaticamente (ou seja, antes que o programa comece a ser executado) por uma declaração como

```
int v[100];
```

mas nesse caso, v é uma espécie de ponteiro constante, cujo valor não pode ser alterado.

Exercícios 4:

a) Suponha que os elementos de um vetor v são do tipo int e cada int ocupa 4 bytes no seu computador. Se o endereço de v[0] é 55000, qual o valor da expressão v + 3?

b) Suponha que i é uma variável inteira e v um vetor de inteiros. Descreva, em português, a sequência de operações que o computador executa para calcular o valor da expressão &v[i + 9] .

c) Suponha que v é um vetor. Descreva a diferença conceitual entre as expressões v[3] e v + 3.

d) O que faz a seguinte função?

```
void imprime (char *v, int n) {
   char *c;
   for (c = v; c < v + n; c++)
      printf ("%c", *c);
}
```