# PONTEIROS

Algumas tarefas em C/C++ se tornam mais fáceis com uso dos ponteiros e outras tarefas (como estruturas com alocação dinâmica) simplesmente não podem ser realizadas sem uso dos ponteiros.

Cada variável é alocada em memória e essa memória tem um endereço específico que pode ser acessado com operador (**&**).

Esse operador, aplicado ao nome de uma variável, indica que se trata de um endereço na memória daquela variável.

O exemplo a seguir mostra como podemos acessar o endereço de uma variável usando o operador **&**.

Os endereços da memória de computador são representados em formato hexadecimal. Portanto, para imprimir o endereço de uma variável usando função **printf()** precisamos de especificador correspondente.

Alguns dos especificadores da função **printf()**

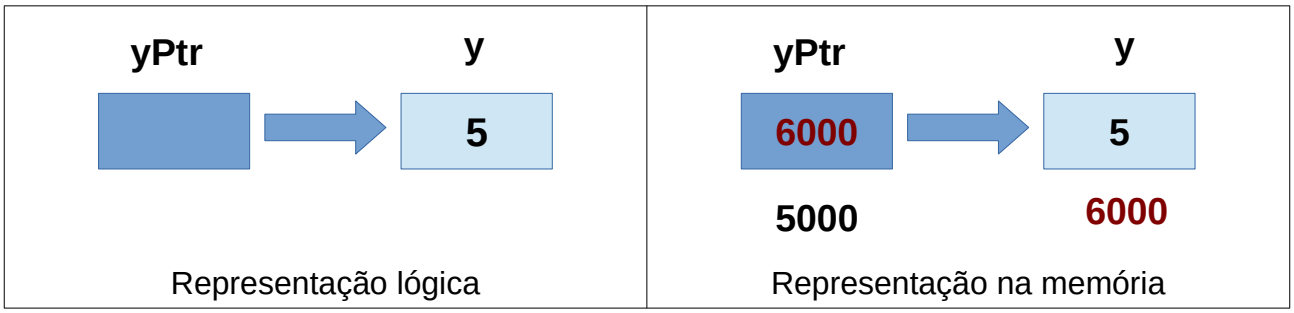
| Especificador | Tipo de dados |
|---|---|
| o | Unsigned octal |
| x | Unsigned hexadecimal integer |
| e | Scientific notation (mantissa/exponent) |
| a | Hexadecimal floating point |
| p | Pointer address |

**Exemplo 1:** operador &

```c
#include <stdio.h>

int main ()
{
    int  var1;
    char var2[10];

    printf("Address of var1 variable: %p \n", &var1 );
    printf("Address of var1 variable: %p \n", &var2 );

    return 0;
}
```

```
Address of var1 variable: 0x7ffe4ee3a388
Address of var2 variable: 0x7ffe4ee3a38e
```

**Ponteiro** é uma variável que armazena o endereço da memória de uma outra variável.




Como uma variável comum, o ponteiro deve ser declarado e inicializado antes de ser usado em programa.

A forma geral de declaração da variável do tipo ponteiro:

```
type * varName;
```

onde

**type** – é um dos tipos de dados de C/C++ (int, float, double, char, ...)
**varName –** é o nome da variável

Na verdade, independentemente do tipo de dados declarado, uma variável do tipo ponteiro sempre vai armazenar um número hexadecimal, que representa um endereço de memória.

O tipo de dados da declaração de um ponteiro especifica que tipo de variáveis esse ponteiro poderá referenciar.

## Operações com ponteiros

As principais operações que podem ser efetuadas com ponteiros são:

- declaração de uma variável do tipo ponteiro
- atribuição de endereço de alguma variável para o ponteiro
- acesso a variável para qual o ponteiro está apontando

O operador unário (*****) aplicado a um ponteiro retorna o valor da variável endereço da qual é armazenado naquele ponteiro.

**Observação:**
Os operadores **&** e ***** se complementam.

**Exemplo 2:** operadores * e &

```c
#include <stdio.h>

int main ()
{
   int  y = 5;   /* actual variable declaration */
   int  *yPtr;   /* pointer variable declaration */

   yPtr = &y;  /* store address of var in pointer variable*/

   printf("Address of y variable: %p \n", &y );

   /* address stored in pointer variable */
   printf("Address stored in yPtr variable: %p \n", yPtr );

   /* y value */
   printf("Value of y: %d\n", y );
   /* access the value using the pointer */
   printf("Value of * yPtr variable: %d \n", *yPtr );

   /* *& and &*  */
   printf("Value of *& yPtr : %p \n", *&yPtr );
   printf("Value of &* yPtr : %p \n", &*yPtr );

   return 0;
}
```

```
Address of y variable: 0x7ffc856b8504
Address stored in yPtr variable: 0x7ffc856b8504
Value of y: 5
Value of * yPtr variable: 5
Value of *& yPtr : 0x7ffc856b8504
Value of &* yPtr : 0x7ffc856b8504
```

## Ponteiros do tipo NULL

**Boa prática de programação:**

Atribuir o valor **NULL** para as variavas do tipo ponteiro ajuda evitar os resultados inesperáveis do programa.

A palavra-chave **NULL** indica que o ponteiro não aponta para nenhum lugar específico da memória.

A maioria das bibliotecas interpreta **NULL** como uma constante com valor zero.

Na maioria dos sistemas operacionais os programas não tem permissão para acessar a memória com endereço 0, porque essa parte é reservada para próprio sistema operacional.

Nesse sentido o valor zero serve para indicar que o ponteiro não aponta para nenhum lugar acessível da memória (em outras palavras aponta para nada).

**Exemplo 3:** NULL

```c
#include <stdio.h>

int main ()
{
    int  *ptr = NULL;

    printf("The value of ptr is : %p \n", ptr  );

    return 0;
}
```

The value of ptr is : 0

The value of ptr is : (nil)

## Ponteiros e vetores

Em C/C++ nome de um vetor (uni o multidimensional) é, na verdade, é um ponteiro para primeiro elemento.

Então a declaração:

```
int v[10];
```

significa que **v** é um ponteiro para **&v[0]**.

Declaração a seguir atribui para o ponteiro **ptr** o endereço do primeiro elemento do vetor **v**.

```
int *ptr;
int v[10];

ptr = v;
```

Atribuições de valores entre os ponteiros e nomes dos vetores são válidas e permitidas pela linguagem.

Assim sendo o elemento v[4] do vetor pode ser acessado como

```
* ( v + 4 )
```

No nosso exemplo, uma vez que o endereço do primeiro elemento do vetor **v** é armazenado em ponteiro **ptr** todos os elementos do vetor **v** podem ser acessados usando ***ptr, *(ptr+1), *(ptr + 2), ...** .

## Operações aritméticas com ponteiros

O valor armazenado em um ponteiro é um endereço de memória que é um número. Por isso é possível realizar as operações aritméticas com ponteiros: **+, - , ++** e **--**.

Essas operações serão executadas considerando o tipo de dados para qual um ponteiro especifico pode apontar.

Por exemplo se temos um ponteiro **iPtr** que aponta para variável do tipo **int**:

```
int * iPtr;
```

Vamos considerar a seguinte situação:

- o endereço armazenado no ponteiro **iPtr** é **1000**
- o tamanho de um **int** no nosso sistema é de **4** bytes

Depois de executar o comando:

```
iPtr++;
```

o endereço armazenado em **iPtr** será **1004**.

Agora vamos considerar uma situação diferente:

- o ponteiro **cPtr** aponta para variáveis do tipo **char**
- o endereço armazenado no ponteiro **cPtr** é **1000**
- o tamanho de um **char** é de **1** byte

```
char * cPtr;
```

Nesse caso, depois de executar o comando:

```
cPtr++;
```

o endereço armazenado em **cPtr** será **1001**.

**Exemplo 4:** Incremento de ponteiros

```c
#include <stdio.h>

int main ()
{
   int  v[10] = {10, 100, 200, -3, 1, 0 , 45, 67, 8, 23};
   int  i;
   int *ptr;

   /* let us have array address in pointer */
   ptr = v;
   for ( i = 0; i < 10; i++)
   {
      printf("\n Address of v[%d] = %p \n", i, ptr );
      printf(" Value of v[%d] = %i \n", i, *ptr );

      ptr++;  /* move to the next element */
   }
   return 0;
}
```

```
Address of v[0] = 0x7ffdda190920
Value of v[0] = 10

Address of v[1] = 0x7ffdda190924
Value of v[1] = 100

Address of v[2] = 0x7ffdda190928
Value of v[2] = 200

Address of v[3] = 0x7ffdda19092c
Value of v[3] = -3

Address of v[4] = 0x7ffdda190930
Value of v[4] = 1

Address of v[5] = 0x7ffdda190934
Value of v[5] = 0

Address of v[6] = 0x7ffdda190938
Value of v[6] = 45

Address of v[7] = 0x7ffdda19093c
Value of v[7] = 67

Address of v[8] = 0x7ffdda190940
Value of v[8] = 8

Address of v[9] = 0x7ffdda190944
Value of v[9] = 23
```

## Operações de comparação de ponteiros

Os ponteiros podem ser comparados usando operadores relacionais (<, > e ==). Essa comparação faz sentido se dois ponteiros apontam para dados relacionados entre si, como os elementos de um vetor por exemplo.

Outra comparação que pode ser feita com ponteiros é a verificação se um ponteiro é nulo, por exemplo:

| | |
|---|---|
| **if ( ptr )** | é considerado bem-sucedido se o ponteiro **ptr** não é nulo |
| **if ( ! ptr )** | é considerado bem-sucedido se o ponteiro **ptr** é nulo |

**Exemplo 5:** Comparação entre ponteiros

```c
#include <stdio.h>

const int arraySize = 10;

int main ()
{
   int  v[] = {10, 100, 200, -3, 1, 0 , 45, 67, 8, 23};
   int  i, *ptr;

   i = 0;
   ptr = v;

   while ( ptr <= &v[arraySize - 1] )
   {
      printf("\nAddress of v[%d] = %p \n", i, ptr );
      printf("Value of v[%d] = %d \n", i, *ptr );

      ptr++;
      i++;
    }

   return 0;
}
```

```
Address of v[0] = 0x7fff54265d10
Value of v[0] = 10

Address of v[1] = 0x7fff54265d14
Value of v[1] = 100

Address of v[2] = 0x7fff54265d18
Value of v[2] = 200

Address of v[3] = 0x7fff54265d1c
Value of v[3] = -3
```

```
Address of v[4] = 0x7fff54265d20
Value of v[4] = 1

Address of v[5] = 0x7fff54265d24
Value of v[5] = 0

Address of v[6] = 0x7fff54265d28
Value of v[6] = 45

Address of v[7] = 0x7fff54265d2c
Value of v[7] = 67

Address of v[8] = 0x7fff54265d30
Value of v[8] = 8

Address of v[9] = 0x7fff54265d34
Value of v[9] = 23
```

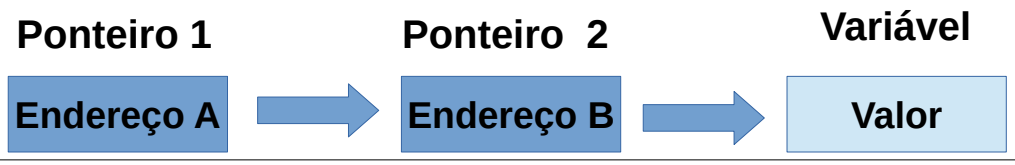
**Exemplo 6:** Vetor de ponteiros

```c
#include <stdio.h>

const int arraySize = 10;

int main ()
{
   int  v[] = {10, 100, 200, -3, 1, 0 , 45, 67, 8, 23};
   int  i, *ptr[arraySize];;

   for ( i = 0; i < arraySize; i++)
   {
      ptr[i] = &v[i]; /* assign the address of integer. */
    }

    for ( i = 0; i < arraySize; i++)
    {
      printf("Value of v[%d] = %d\n", i, *ptr[i] );
    }
   return 0;
}
```

```
Value of v[0] = 10
Value of v[1] = 100
Value of v[2] = 200
Value of v[3] = -3
Value of v[4] = 1
Value of v[5] = 0
Value of v[6] = 45
Value of v[7] = 67
Value of v[8] = 8
Value of v[9] = 23
```

## Ponteiro para ponteiro

Geralmente um ponteiro contem o endereço de uma variável. C/C++permite declaração de ponteiro para ponteiro: nesse caso o primeiro ponteiro contem endereço do segundo ponteiro e esse segundo ponteiro contem o endereço da variável.




Ponteiro para ponteiro

Uma variável do tipo ponteiro para ponteiro deve ser declarada de forma correspondente.

Isso é feito colocando um símbolo de ***** adicional na declaração.

```
int ** pptr;
```

Para acessar a variável a partir do ponteiro para ponteiro o operador ***** deve ser usado duas vezes:

| **** pptr** |
|---|

**Exemplo 7:** Ponteiro para ponteiro

```c
#include <stdio.h>

int main ()
{
   int  var;
   int  *ptr;
   int  **pptr;

   var = 5;

   ptr = &var;  /* take the address of var */

   pptr = &ptr; /* take the address of ptr using address of operator & */

   /* take the value using pptr */
   printf("\n Value of var = %d", var );
   printf("\n Address of var = %p \n", &var );
   printf("\n-----------------------------------\n");

   printf("\n Value available at *ptr = %d", *ptr );
   printf("\n Address of ptr = %p ", &ptr );
   printf("\n Address stored in ptr = %p \n", ptr );
   printf("\n-----------------------------------\n");

   printf("\n Value available at **pptr = %d", **pptr);
   printf("\n Address of pptr = %p ", &pptr );
   printf("\n Address stored in pptr = %p \n", pptr );

   return 0;
}
```

```
Value of var = 5
Address of var = 0x7ffcca0e24fc

-----------------------------------

Value available at *ptr = 5
Address of ptr = 0x7ffcca0e2500
Address stored in ptr = 0x7ffcca0e24fc

-----------------------------------

Value available at **pptr = 5
Address of pptr = 0x7ffcca0e2508
Address stored in pptr = 0x7ffcca0e2500
```

## Formas de passar argumento para uma função

Exitem duas possibilidades de passagem de argumentos para função em linguagem C:

- passagem por valor
- passagem por referência

**Observação:**

Em C++ existem duas possibilidades de passagem por referência, enquanto em C existe somente uma forma.

### Passagem por valor

Quando acontece a passagem por valor a função recebe uma cópia de argumento.

A função pode executar qualquer tipo de operação com o valor do argumento, mas o valor original da variável permanecerá o mesmo depois da execução da função.

Esse modo de passagem de parâmetros evita uma eventual alteração de dados por uma das funções do programa e melhora a qualidade e segurança de software.

A desvantagem desse modo é que no caso de grandes volumes de dados em todas as chamadas de função uma cópia desse dados será criada, que pode causar uma queda de desempenho de software.

### Passagem por referência

Nesse caso a função recebe o endereço do argumento e pode alterar o valor original do argumento.

No caso de grandes volumes de dados esse modo permite um aumento de desempenho significativo, porém diminui a segurança de software.

**Exemplo 8:** Passagem por valor e passagem por referência

```
3   int  byValue(int a);// passagem de argumento por valor
4   void byPtr(int *ptr); // passagem de argumento por referencia
5   //---------------------------------------------------------------------
6   int main ()
7   {
8      int num;
9      int x = -5, y = -5;
10
11     printf("\n Passagem de argumento por ByValue ");
12     printf("\n x = %i", x);
13     printf("\n Chamada de função  num = byValue(x) ");
14     num = byValue(x);
15     printf("\n num = %i", num);
16     printf("\n x = %i", x);
17
18     printf("\n\n\n Passagem de argumento por byPtr ");
19     printf("\n y = %i", y);
20     printf("\n Chamada de função  byPtr(&y)");
21     byPtr(&y);
22     printf("\n y = %i \n", y);
23
24     return 0;
25  }
26  //=====================================================================
27  // passagem de argumento por valor
28  int  byValue(int a)
29  {
30    if( a < 0 )
31      return a * -1;
32    else
33      return a;
34  }
35  //---------------------------------------------------------------------
36   // passagem de argumento por referencia
37  void byPtr(int *ptr)
38  {
39    if( *ptr < 0 )
40      *ptr = *ptr * -1;
41    return;
42  }
```

Passagem de argumento por ByValue
x = -5
Chamada de função  num = byValue(x)
num = 5
x = -5

Passagem de argumento por byPtr
y = -5
Chamada de função  byPtr(&y)
y = 5

Uma função que recebe um ponteiro como argumento também pode receber um vetor, já que o nome do vetor na verdade é um ponteiro para primeiro elemento dele.

**Exemplo 9:** Passagem de vetor para função (por referência)

```c
#include <stdio.h>

float getAverage(int *arr, int size);
//----------------------------------------
int main ()
{
   int v[5] = {20, 30, 10, 20, 20};
   double avg;

   avg = getAverage( v, 5 ) ;

   printf("Average value is: %.2f\n", avg );

   return 0;
}
//========================================
float getAverage(int *arr, int size)
{
  int i, sum = 0;
  float avg;

  for (i = 0; i < size; i++)
  {
    sum += arr[i];
  }

  avg = (float)sum / size;

  return avg;
}
```

```
Average value is: 20.00
```

## Função que retorna um ponteiro

A linguagem C/C++ permite que a função retorne um ponteiro.

Por outro lado a linguagem não permite que uma função retorne um vetor de forma explicita.

Como um vetor pode ser interpretado como ponteiro para o primeiro elemento dele, retornar um ponteiro de uma função na verdade é uma forma de retornar um vetor.

Uma coisa que deve ser levada em consideração é que as variáveis locais declaradas dentro de uma função existem somente durante a execução daquela função.

Caso desejamos retornar uma variável local ela deve ser declarada como **static**.

**Exemplo 10:** Função que retorna um vetor

```c
#include <stdio.h>

/* function to generate and return 10 random numbers */
int * getRandom( );
//-------------------------------------------------------
int main ()
{
   /* a pointer to an int */
   int *p;
   int i;

   p = getRandom();
   printf("\n Acesso em main(): \n");
   for ( i = 0; i < 10; i++ )
   {
       printf( "*(p + %d) : %d\n", i, *(p + i));
   }

   return 0;
}
//=======================================================
int * getRandom( )
{
  static int  r[10];
  int i;

  printf("\n Números gerados dentro da função: \n");
  for ( i = 0; i < 10; ++i)
  {
     r[i] = 1 + rand() % 20;
     printf( "r[%d] = %d\n", i, r[i]);
  }

  return r;
}
```

Números gerados dentro da função:
r[0] = 4
r[1] = 7
r[2] = 18
r[3] = 16
r[4] = 14
r[5] = 16
r[6] = 7
r[7] = 13
r[8] = 10
r[9] = 2

Acesso em main():
*(p + 0) : 4
*(p + 1) : 7
*(p + 2) : 18

```
*(p + 3) : 16
*(p + 4) : 14
*(p + 5) : 16
*(p + 6) : 7
*(p + 7) : 13
*(p + 8) : 10
*(p + 9) : 2
```