Ngôn ngữ lập trình C++

Chương 4 – Mảng

Chương 4 – Mảng

Đề mục

4.1 Giới thiệu

- Mảng (array)
  - Cấu trúc của những phần tử dữ liệu có liên quan
  - Thực thể tĩnh (giữ nguyên kích thước trong suốt chương trình)
- Một vài loại mảng
  - mảng dựa vào con trỏ (Pointer-based arrays) (C-like)
  - mảng là đối tượng (Arrays as objects) (C++)

4.2 Mảng

- Mảng
  - Tập hợp các vùng nhớ liên tiếp
  - Cùng tên, cùng kiểu (**`int`**, **`char`**, ...)
- Truy nhập đến 1 phần tử
  - Chỉ ra tên mảng và vị trí - position (chỉ số - index)
  - Cú pháp: **`tên_mảng[ chỉ_số ]`**
  - Phần tử đầu tiên ở vị trí 0
- Mảng c có n phần tử

  `c[ 0 ], c[ 1 ]` ... **`c[ n - 1 ]`**
  - Phần tử thứ N ở vị trí thứ N-1

4.2 Mảng

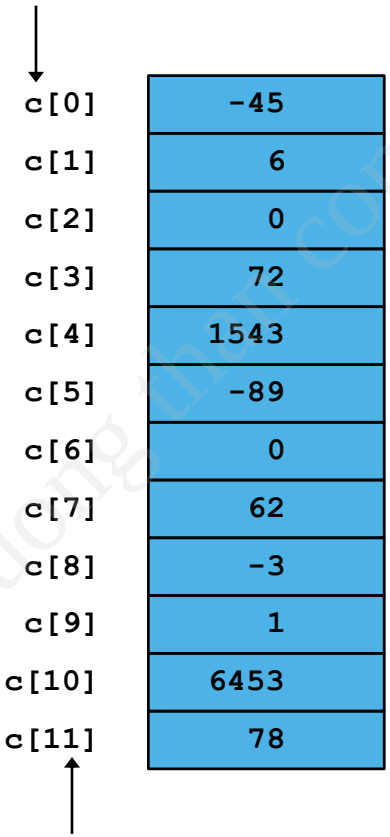
- Phần tử của mảng cũng như các biến khác
  - Gán giá trị và in mảng số nguyên **c**

```
c[ 0 ] =  3;
cout << c[ 0 ];
```

- Có thể sử dụng các phép toán trong cặp ngoặc vuông

  `c[ 5 - 2 ]` cũng giống `c[3]`

Tên mảng
(Lưu ý rằng mọi phần tử của mảng này đều có cùng tên, **c**)



Chỉ số của phần tử trong mảng **c**

4.3 Khai báo mảng

- Khi khai báo mảng, chỉ rõ
  - Tên
  - Kiểu của mảng
    - Bất cứ kiểu dữ liệu nào
  - Số phần tử
  - *type arrayName* **[** *arraySize* **];**

```
int c[ 10 ];  // mảng của 10 số nguyên
float d[ 3284 ]; // mảng của 3284 số thực
```

- Khai báo nhiều mảng cùng kiểu
  - Sử dụng dấu phẩy như với các biến bình thường

```
int b[ 100 ], x[ 27 ];
```

4.4 Ví dụ về sử dụng mảng

- Khởi tạo mảng
  - Dùng vòng lặp khởi tạo từng phần tử
  - Khởi tạo cả danh sách
    - Chỉ rõ từng phần tử khi khai báo mảng

```
int n[ 5 ] = { 1, 2, 3, 4, 5 };
```

    - Nếu trong danh sách không có đủ số giá trị khởi tạo, các phần tử ở bên phải nhất sẽ nhận giá trị 0
    - Nếu danh sách thừa sẽ gây lỗi cú pháp
  - Khởi tạo giá trị bằng 0 cho tất cả các phần tử

```
int n[ 5 ] = { 0 };
```

  - Nếu không khai báo kích thước mảng, kích thước của danh sách các giá trị khởi tạo sẽ quyết định kích thước mảng

```
int n[] = { 1, 2, 3, 4, 5 };
```

    - Có 5 giá trị khởi tạo, do đó mảng có 5 phần tử
    - Nếu không khai báo kích thước mảng thì phải khởi tạo khi khai báo

```
1  // Fig. 4.3: fig04_03.cpp
2  // Initializing an array.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  #include <iomanip>
9
10 using std::setw;
11
12 int main()
13 {
14    int n[ 10 ];  // n is an array of 10 intege
15
16    // initialize elements of array n to 0
17    for ( int i = 0; i < 10; i++ )
18       n[ i ] = 0;   // set element at location i to 0
19
20    cout << "Element" << setw( 13 ) << "Value" << endl;
21
22    // output contents of array n in tabular format
23    for ( int j = 0; j < 10; j++ )
24       cout << setw( 7 ) << j << setw( 13 ) << n[ j ] << endl;
25
```

Khai báo mảng 10 phần tử số nguyên.

Khởi tạo mảng bằng vòng lặp **for**. Chú ý rằng mảng gồm các phần tử từ **n[0]** đến **n[9]**.

fig04_03.cpp
(1 of 2)

```
26     return 0;  // indicates successful termination
27
28  } // end main
```

fig04_03.cpp (2 of 2)

fig04_03.cpp output (1 of 1)

```
Element         Value
      0             0
      1             0
      2             0
      3             0
      4             0
      5             0
      6             0
      7             0
      8             0
      9             0
```

```
1  // Fig. 4.4: fig04_04.cpp
2  // Initializing an array with a declaration.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  #include <iomanip>
9
10 using std::setw;
11
12 int main()
13 {
14    // use initializer list to initialize array n
15    int n[ 10 ] = { 32, 27, 64, 18, 95, 14, 90, 70, 60, 37 };
16
17    cout << "Element" << setw( 13 ) << "Value" << endl;
18
19    // output contents of array n in tabular format
20    for ( int i = 0; i < 10; i++ )
21       cout << setw( 7 ) << i << setw( 13 ) << n[ i ] << endl;
22
23    return 0;  // indicates successful termination
24
25 } // end main
```

Lưu ý cách dùng danh sách khởi tạo cho mảng.

fig04_04.cpp
(1 of 1)

```
Element         Value
      0            32
      1            27
      2            64
      3            18
      4            95
      5            14
      6            90
      7            70
      8            60
      9            37
```

fig04_04.cpp
output (1 of 1)

4.4 Ví dụ về sử dụng mảng

- Kích thước của mảng
  - Có thể được xác định bằng hằng số (**`const`**)
    - **`const int size = 20;`**
  - Hằng số không thể thay đổi
  - Hằng phải được khởi tạo khi khai báo
  - Còn được gọi là “named constant” (giá trị được đặt tên) hoặc “read-only variable” (biến chỉ đọc)

```
1  // Fig. 4.5: fig04_05.cpp
2  // Initialize array s to the even integers from 2 to 20.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  #include <iomanip>
9
10 using std::setw;
11
12 int main()
13 {
14    // constant variable can be used
15    const int arraySize = 10;
16
17    int s[ arraySize ];  // array s has 10 elem
18
19    for ( int i = 0; i < arraySize; i++ )  // s
20       s[ i ] = 2 + 2 * i;
21
22    cout << "Element" << setw( 13 ) << "Value"
23
```

fig04_05.cpp
(1 of 2)

Chú ý từ khoá **const**. Chỉ có các biến **const** được dùng để khai báo kích thước mảng.

Chương trình dễ thay đổi hơn khi ta dùng hằng (**const**) cho kích thước của mảng.
Ta có thể thay đổi **arraySize**, và tất cả các vòng lặp vẫn hoạt động bình thường (nếu không, ta phải sửa mọi vòng lặp trong chương trình).

```
24     // output contents of array s in tabular format
25     for ( int j = 0; j < arraySize; j++ )
26        cout << setw( 7 ) << j << setw( 13 ) << s[ j ] << endl;
27
28     return 0;  // indicates successful termination
29
30  } // end main
```

fig04_05.cpp (2 of 2)

fig04_05.cpp output (1 of 1)

```
Element         Value
      0             2
      1             4
      2             6
      3             8
      4            10
      5            12
      6            14
      7            16
      8            18
      9            20
```

```
1   // Fig. 4.6: fig04_06.cpp
2   // Using a properly initialized constant variable.
3   #include <iostream>
4
5   using std::cout;
6   using std::endl;
7
8   int main()
9   {
10     const int x = 7;  // initialized constant variable
11
12     cout << "The value of constant variable x is: "
13          << x << endl;
14
15     return 0;  // indicates successful termination
16
17  } // end main
```

Khởi tạo hằng

fig04_06.cpp (1 of 1)

fig04_06.cpp output (1 of 1)

```
The value of constant variable x is: 7
```

```
1   // Fig. 4.7: fig04_07.cpp
2   // A const object must be initialized.
3
4   int main()
5   {
6      const int x;  // Error: x must be initialized
7
8      x = 7;        // Error: cannot modify a const variable
9
10     return 0;     // indicates successful termination
11
12  } // end main
```

Lỗi cú pháp do không khởi tạo hằng.
Sửa giá trị của hằng cũng là một lỗi.

fig04_07.cpp (1 of 1)

fig04_07.cpp output (1 of 1)

```
d:\cpphtp4_examples\ch04\Fig04_07.cpp(6) : error C2734: 'x' :
   const object must be initialized if not extern
d:\cpphtp4_examples\ch04\Fig04_07.cpp(8) : error C2166:
   l-value specifies const object
```

```cpp
// Fig. 4.8: fig04_08.cpp
// Compute the sum of the elements of the array.
#include <iostream>

using std::cout;
using std::endl;

int main()
{
   const int arraySize = 10;

   int a[ arraySize ] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 };

   int total = 0;

   // sum contents of array a
   for ( int i = 0; i < arraySize; i++ )
      total += a[ i ];

   cout << "Total of array element values is " << total << endl;

   return 0;  // indicates successful termination

} // end main
```

```
Total of array element values is 55
```

)4_08.cpp
)f 1)

)4_08.cpp
put (1 of 1)

fig04_09.cpp
(1 of 2)

```
1  // Fig. 4.9: fig04_09.cpp
2  // Histogram printing program.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  #include <iomanip>
9
10 using std::setw;
11
12 int main()
13 {
14    const int arraySize = 10;
15    int n[ arraySize ] = { 19, 3, 15, 7, 11, 9, 13, 5, 17, 1 };
16
17    cout << "Element" << setw( 13 ) << "Value"
18         << setw( 17 ) << "Histogram" << endl;
19
```

```
Element         Value         Histogram
      0            19         ********************
      1             3         ***
      2            15         ***************
      3             7         *******
      4            11         ***********
      5             9         *********
      6            13         *************
      7             5         *****
      8            17         *****************
      9             1         *
```

```
20     // for each element of array n, output a bar in histogram
21     for ( int i = 0; i < arraySize; i++ ) {
22        cout << setw( 7 ) << i << setw( 13 )
23             << n[ i ] << setw( 9 );
24
25        for ( int j = 0; j < n[ i ]; j++ )   // print one bar
26           cout << '*';
27
28        cout << endl;  // start next line of output
29
30     } // end outer for structure
31
32     return 0;  // indicates successful termination
33
34  } // end main
```

In số dấu sao (*) tương ứng với giá trị của phần tử **n[i]**.

fig04_09.cpp
output (1 of 1)

```
Element         Value         Histogram
      0            19         ********************
      1             3         ***
      2            15         ***************
      3             7         *******
      4            11         ***********
      5             9         *********
      6            13         *************
      7             5         *****
      8            17         *****************
      9             1         *
```

```
1  // Fig. 4.10: fig04_10.cpp
2  // Roll a six-sided die 6000 times.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  #include <iomanip>
9
10 using std::setw;
11
12 #include <cstdlib>
13 #include <ctime>
14
15 int main()
16 {
17    const int arraySize = 7;
18    int frequency[ arraySize ] = { 0 };
19
20    srand( time( 0 ) );  // seed random-number gene
21
22    // roll die 6000 times
23    for ( int roll = 1; roll <= 6000; roll++ )
24       ++frequency[ 1 + rand() % 6 ]; // replaces 20-line switch
25                                      // of Fig. 3.8
```

fig04_10.cpp
(1 of 2)

Viết lại một chương trình cũ. Một mảng được sử dụng thay cho 6 biến thường, và các phần tử dễ dàng cập nhật hơn (không cần sử dụng **`switch`**).

Dòng lệnh này tạo ra một số trong khoảng 1 đến 6 và tăng phần tử **`frequency[]`** có chỉ số đó.

```
26
27     cout << "Face" << setw( 13 ) << "Frequency" << endl;
28
29     // output frequency elements 1-6 in tabular format
30     for ( int face = 1; face < arraySize; face++ )
31        cout << setw( 4 ) << face
32             << setw( 13 ) << frequency[ face ] << endl;
33
34     return 0;  // indicates successful termination
35
36  } // end main
```

fig04_10.cpp
(2 of 2)

fig04_10.cpp
output (1 of 1)

```
Face     Frequency
   1          1003
   2          1004
   3           999
   4           980
   5          1013
   6          1001
```

g04_11.cpp
of 2)

```
1  // Fig. 4.11: fig04_11.cpp   ***modified***
2  // Student mark statistic program.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  #include <iomanip>
9
10 using std::setw;
11
12 int main()
13 {
14    // define array sizes
15    const int markSize = 40;   // size of array of marks
16    const int frequencySize = 11;  // size of array frequency
17
18    // place student marks in array of marks
19    int marks[ markSize ] = { 1, 2, 6, 4, 8, 5, 9, 7, 8,
20        10, 1, 6, 3, 8, 6, 10, 3, 8, 2, 7, 6, 5, 7, 6, 8, 6, 7,
21        5, 6, 6, 5, 6, 7, 5, 6, 4, 8, 6, 8, 10 };
22
23    // initialize frequency counters to 0
24    int frequency[ frequencySize ] = { 0 };
25
```

```
26     // for each student's mark, select value of an element of array
27     // responses and use that value as subscript in array
28     // frequency to determine element to increment
29     for ( int student = 0; student < markSize; student++ )
30        ++frequency[ marks[student] ];
31
32     // display results
33     cout << "Rating" << setw( 17 ) << "Frequency" << endl;
34
35     // output frequencies in tabular format
36     for ( int rating = 1; rating < frequencySize; rating++ )
37        cout << setw( 6 ) << rating
38             << setw( 17 ) << frequency[ rating ] << endl;
39
40     return 0;  // indicates successful termination
41
42  } // end main
```

marks[student] là điểm (từ 1 đến 10). Giá trị này quyết định chỉ số của phần tử **frequency[]** cần tăng.

Rating	Frequency
1	2
2	2
3	2
4	2
5	5
6	11
7	5
8	7
9	1
10	3

4.4 Ví dụ về sử dụng mảng

- Xâu - string (xem thêm ở chương 5)
  - Mảng của các ký tự
  - Mọi xâu đều kết thúc với ký tự **`null`** (**`'\0'`**)
  - Ví dụ
    - **`char string1[] = "hello";`**
      - Ký tự **`null`** tự động được thêm vào, xâu có 6 phần tử
    - **`char string1[] = { 'h', 'e', 'l', 'l', 'o', '\0' };`**
  - Chỉ số cũng giống như đối với mảng

    `String1[ 0 ]` bằng **`'h'`**

    `string1[ 2 ]` bằng **`'l'`**

4.4 Ví dụ về sử dụng mảng

- Nhập từ bàn phím bằng **cin**

```
char string2[ 10 ];
cin >> string2;
```

  - Ghi dữ liệu vào của người dùng vào xâu
    - Dừng lại ở ký tự trắng đầu tiên (tab, newline, blank…)
    - Thêm vào ký tự **null**
  - Nếu nhập quá nhiều, dữ liệu sẽ tràn mảng
    - Ta cần phải tránh điều này (mục 5.12 sẽ giải thích phương pháp)
- In xâu
  - **cout << string2 << endl;**
    - Không sử dụng được với các mảng có kiểu dữ liệu khác
  - In các ký tự cho đến khi gặp **null**

```
1  // Fig. 4_12: fig04_12.cpp
2  // Treating character arrays as strings.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::cin;
7  using std::endl;
8
9  int main()
10 {
11    char string1[ 20 ],                  // reserves 20 characters
12    char string2[] = "string literal"; // reserves 15 characters
13
14    // read string from user into array string2
15    cout << "Enter the string \"hello there\": ";
16    cin >> string1;  // reads "hello" [space terminates input]
17
18    // output strings
19    cout << "string1 is: " << string1
20         << "\nstring2 is: " << string2;
21
22    cout << "\nstring1 with spaces between characters is:\n";
23
```

Hai cách khác nhau để khai báo xâu. **string2** được khởi tạo và kích thước được xác định tự động.

Ví dụ về đọc xâu từ bàn phím và in ra.

```
24     // output characters until null character is reached
25     for ( int i = 0; string1[ i ] != '\0'; i++ )
26        cout << string1[ i ] << ' ';
27
28     cin >> string1;  // reads "there"
29     cout << "\nstring1 is: " << string1 << endl;
30
31     return 0;  // indicates successful termination
32
33  } // end main
```

Có thể truy nhập xâu giống như đối với mảng. Vòng lặp kết thúc khi gặp ký tự **null**.

p

fig04_12.cpp
output (1 of 1)

```
Enter the string "hello there": hello there
string1 is: hello
string2 is: string literal
string1 with spaces between characters is:
h e l l o
string1 is: there
```

4.4 Ví dụ về sử dụng mảng

- Kiểu lưu trữ tĩnh – static storage (chương 3)
  - Nếu là **`static`**, các biến địa phương lưu lại giá trị giữa các lần gọi hàm
  - chỉ được nhìn thấy trong thân hàm
  - Có thể khai báo mảng địa phương là static
    - được khởi tạo về 0

```
static int array[3];
```

- Nếu không phải static
  - Được tạo (và huỷ) tại mỗi lần gọi hàm

```
1  // Fig. 4.13: fig04_13.cpp
2  // Static arrays are initialized to zero.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  void staticArrayInit( void );      // function prototype
9  void automaticArrayInit( void );   // function prototype
10
11 int main()
12 {
13    cout << "First call to each function:\n";
14    staticArrayInit();
15    automaticArrayInit();
16
17    cout << "\n\nSecond call to each function:\n";
18    staticArrayInit();
19    automaticArrayInit();
20    cout << endl;
21
22    return 0;  // indicates successful termination
23
24 } // end main
25
```

fig04_13.cpp
(1 of 3)

```
26 // function to demonstrate a static local array
27 void staticArrayInit( void )
28 {
29    // initializes elements to 0 first time function is called
30    static int array1[ 3 ];
31
32    cout << "\nValues on entering staticArrayInit:\n";
33
34    // output contents of array1
35    for ( int i = 0; i < 3; i++ )
36       cout << "array1[" << i << "] = " << array1[ i ] << "   ";
37
38    cout << "\nValues on exiting staticArrayInit:\n";
39
40    // modify and output contents of array1
41    for ( int j = 0; j < 3; j++ )
42       cout << "array1[" << j << "] = "
43            << ( array1[ j ] += 5 ) << "   ";
44
45 } // end function staticArrayInit
46
```

Mảng static, khởi tạo về 0 tại lần gọi hàm đầu tiên.

Dữ liệu trong mảng bị thay đổi, các thay đổi được bảo toàn.

fig04_13.cpp (2 of 3)

```
47 // function to demonstrate an automatic local array
48 void automaticArrayInit( void )
49 {
50    // initializes elements each time function is called
51    int array2[ 3 ] = { 1, 2, 3 };
52
53    cout << "\n\nValues on entering automaticArrayInit:\n";
54
55    // output contents of array2
56    for ( int i = 0; i < 3; i++ )
57       cout << "array2[" << i << "] = " << array2[ i ] << "   ";
58
59    cout << "\nValues on exiting automaticArrayIn
60
61    // modify and output contents of array2
62    for ( int j = 0; j < 3; j++ )
63       cout << "array2[" << j << "] = "
64            << ( array2[ j ] += 5 ) << "   ";
65
66 } // end function automaticArrayInit
```

Mảng automatic, được tạo lại tại mỗi lần gọi hàm.

Tuy mảng bị thay đổi, nó sẽ bị huỷ khi hàm kết thúc và thayt đổi trong dữ liệu sẽ bị mất.

fig04_13.cpp (3 of 3)

```
First call to each function:

Values on entering staticArrayInit:
array1[0] = 0  array1[1] = 0  array1[2] = 0
Values on exiting staticArrayInit:
array1[0] = 5  array1[1] = 5  array1[2] = 5

Values on entering automaticArrayInit:
array2[0] = 1  array2[1] = 2  array2[2] = 3
Values on exiting automaticArrayInit:
array2[0] = 6  array2[1] = 7  array2[2] = 8

Second call to each function:

Values on entering staticArrayInit:
array1[0] = 5  array1[1] = 5  array1[2] = 5
Values on exiting staticArrayInit:
array1[0] = 10  array1[1] = 10  array1[2] = 10

Values on entering automaticArrayInit:
array2[0] = 1  array2[1] = 2  array2[2] = 3
Values on exiting automaticArrayInit:
array2[0] = 6  array2[1] = 7  array2[2] = 8
```

fig04_13.cpp
output (1 of 1)

4.5 Truyền tham số cho hàm

- Dùng tên mảng, bỏ cặp ngoặc vuông
  - Truyền mảng **myArray** cho hàm **myFunction**

```
int myArray[ 24 ];
myFunction( myArray, 24 );
```

  - Kích thước mảng thường được truyền, nhưng không nhất thiết
    - Có ích khi dùng để duyệt tất cả các phần tử
- Mảng được truyền bằng tham chiếu (passed-by-reference)
  - Hàm có thể thay đổi dữ liệu gốc của mảng
  - Tên mảng có giá trị bằng địa chỉ của phần tử đầu tiên
    - Hàm biết mảng được lưu ở đâu.
    - Hàm có thể sửa đổi dữ liệu ghi trong mảng
- Các phần tử mảng được truyền bằng giá trị (passed-by-value)
  - Như các biến thông thường
  - **square(myArray[3]);**

4.5 Truyền tham số cho hàm

- Các hàm dùng mảng làm đối số
  - Function prototype
    - `void modifyArray( int b[], int arraySize );`
    - `void modifyArray( int [], int );`
      - Trong prototype, tên không bắt buộc
    - cả hai hàm lấy đối số là một mảng số nguyên và 1 số nguyên
  - Không ghi cần kích thước mảng trong cặp ngoặc
    - Trình biên dịch bỏ qua
  - Nếu khai báo 1 tham số là **`const`**
    - đối số đó sẽ không thể bị thay đổi (chương trình dịch báo lỗi)
    - `void doNotModify( const int [] );`

```
1  // Fig. 4.14: fig04_14.cpp
2  // Passing arrays and individual array elements to functions.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  #include <iomanip>
9
10 using std::setw;
11
12 void modifyArray( int [], int );  // appears strange
13 void modifyElement( int );
14
15 int main()
16 {
17    const int arraySize = 5;                  // size of array a
18    int a[ arraySize ] = { 0, 1, 2, 3, 4 };   // initialize a
19
20    cout << "Effects of passing entire array by reference:"
21         << "\n\nThe values of the original array are:\n";
22
23    // output original array
24    for ( int i = 0; i < arraySize; i++ )
25       cout << setw( 3 ) << a[ i ];
```

Cú pháp cho mảng trong danh sách tham số

ig04_14.cpp
1 of 3)

```
27     cout << endl;
28
29     // pass array a to modifyArray by reference
30     modifyArray( a, arraySize );
31
32     cout << "The values of the modified array are:\n";
33
34     // output modified array
35     for ( int j = 0; j < arraySize; j++ )
36        cout << setw( 3 ) << a[ j ];
37
38     // output value of a[ 3 ]
39     cout << "\n\n\n"
40          << "Effects of passing array element by value:"
41          << "\n\nThe value of a[3] is " << a[ 3 ] << '\n';
42
43     // pass array element a[ 3 ] by value
44     modifyElement( a[ 3 ] );
45
46     // output value of a[ 3 ]
47     cout << "The value of a[3] is " << a[ 3 ] << endl;
48
49     return 0;  // indicates successful termination
50
51  } // end main
```

Truyền tên mảng (**a**) và kích thước cho hàm. Mảng truyền bằng tham chiếu

1 phần tử mảng được truyền bằng giá trị; giá trị phần tử gốc không thể bị thay đổi.

fig04_14.cpp
(2 of 3)

```
52
53 // in function modifyArray, "b" points to
54 // the original array "a" in memory
55 void modifyArray( int b[], int sizeOfArray )
56 {
57    // multiply each array element by 2
58    for ( int k = 0; k < sizeOfArray; k++ )
59       b[ k ] *= 2;
60
61 } // end function modifyArray
62
63 // in function modifyElement, "e" is a local copy of
64 // array element a[ 3 ] passed from main
65 void modifyElement( int e )
66 {
67    // multiply parameter by 2
68    cout << "Value in modifyElement is "
69         << ( e *= 2 ) << endl;
70
71 } // end function modifyElement
```

Tuy đặt tên là **b**, khi được gọi, mảng chỉ đến mảng **a**, nên hàm có thể thay đổi dữ liệu của **a**.

Các phần tử đơn lẻ của mảng được truyền bằng giá trị, và các giá trị gốc không thể bị thay đổi.

fig04_14.cpp (3 of 3)

```
Effects of passing entire array by reference:

The values of the original array are:
  0  1  2  3  4
The values of the modified array are:
  0  2  4  6  8


Effects of passing array element by value:

The value of a[3] is 6
Value in modifyElement is 12
The value of a[3] is 6
```

fig04_14.cpp
output (1 of 1)

```
1  // Fig. 4.15: fig04_15.cpp
2  // Demonstrating the const type qualifier.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  void tryToModifyArray( const int [] );  // function prototype
9
10 int main()
11 {
12    int a[] = { 10, 20, 30 };
13
14    tryToModifyArray( a );
15
16    cout << a[ 0 ] << ' ' << a[ 1 ] << ' ' << a[ 2 ] << '\n';
17
18    return 0;  // indicates successful termination
19
20 } // end main
21
```

Tham số mảng được khai báo là **const**. Mảng không thể bị sửa đổi, kể cả khi nó được truyền bằng tham chiếu.

4_15.cpp
2)

```
22 // In function tryToModifyArray, "b" cannot be used
23 // to modify the original array "a" in main.
24 void tryToModifyArray( const int b[] )
25 {
26    b[ 0 ] /= 2;    // error
27    b[ 1 ] /= 2;    // error
28    b[ 2 ] /= 2;    // error
29
30 } // end function tryToModifyArray
```

fig04_15.cpp
(2 of 2)

4.6 Sắp xếp mảng

- Sắp xếp dữ liệu
  - Là một ứng dụng quan trọng
  - Hầu hết mọi cơ quan/tổ chức đều phải sắp xếp dữ liệu
    - Một khối lượng khổng lồ dữ liệu cần được sắp xếp
- Xếp nổi bọt (Bubble sort)
  - Duyệt mảng vài lần
  - So sánh cặp phần tử liên tiếp
    - Nếu thứ tự tăng (hoặc bằng nhau), không thay đổi gì
    - Nếu thứ tự giảm, tráo đổi hai phần tử
  - Lặp lại các bước trên cho mọi phần tử

4.6 Sắp xếp mảng

- Ví dụ:
  - Đi từ trái sang phải, và tráo các phần tử khi cần thiết
    - Một lần duyệt cho mỗi phần tử
  - Dãy gốc: 3 4 2 7 6
  - Lần duyệt 1: 3 2 4 6 7 (tráo đổi phần tử)
  - Lần duyệt 2: 2 3 4 6 7
  - Lần duyệt 3: 2 3 4 6 7 (không cần thay đổi)
  - Lần duyệt 4: 2 3 4 6 7
  - Lần duyệt 5: 2 3 4 6 7
  - Phần tử nhỏ "nổi" lên trên (như số 2 trong ví dụ)

4.6 Sắp xếp mảng

- Tráo đổi các biến

```
int x = 3, y = 4;
y = x;
x = y;
```

- Cái gì xảy ra?
  - Cả x và y đều là 3!
  - Cần có biến tạm
- Giải pháp

```
int x = 3, y = 4, temp = 0;
temp = x;  // temp là 3
x = y;     // x là 4
y = temp;  // y là 3
```

```
1  // Fig. 4.16: fig04_16.cpp
2  // This program sorts an array's values into ascending order.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7
8  #include <iomanip>
9
10 using std::setw;
11
12 int main()
13 {
14    const int arraySize = 10;  // size of array a
15    int a[ arraySize ] = { 2, 6, 4, 8, 10, 12, 89, 68, 45, 37 };
16    int hold;  // temporary location used to swap array elements
17
18    cout << "Data items in original order\n";
19
20    // output original array
21    for ( int i = 0; i < arraySize; i++ )
22       cout << setw( 4 ) << a[ i ];
23
```

ig04_16.cpp
1 of 3)

```
24    // bubble sort
25    // loop to control number of passes
26    for ( int pass = 0; pass < arraySize - 1; pass++ )
27
28       // loop to control number of comparisons per pass
29       for ( int j = 0; j < arraySize - 1; j++ )
30
31          // compare side-by-side elements and swap them if
32          // first element is greater than second element
33          if ( a[ j ] > a[ j + 1 ] ) {
34             hold = a[ j ];
35             a[ j ] = a[ j + 1 ];
36             a[ j + 1 ] = hold;
37
38          } // end if
39
```

Duyệt 1 lần cho mỗi phần tử của mảng.

Nếu phần tử bên trái (chỉ số **`j`**) lớn hơn phần tử bên phải (chỉ số **`j + 1`**), thì ta tráo đổi chúng. Nhớ sử dụng biến tạm.

fig04_16.cpp (2 of 3)

```
40     cout << "\nData items in ascending order\n";
41
42     // output sorted array
43     for ( int k = 0; k < arraySize; k++ )
44        cout << setw( 4 ) << a[ k ];
45
46     cout << endl;
47
48     return 0;  // indicates successful termination
49
50  } // end main
```

```
Data items in original order
   2   6   4   8  10  12  89  68  45  37
Data items in ascending order
   2   4   6   8  10  12  37  45  68  89
```

fig04_16.cpp (3 of 3)

fig04_16.cpp output (1 of 1)

4.7 Ví dụ: sử dụng mảng để tính Mean, Median và Mode

- Mean
  - Giá trị trung bình (tổng/số phần tử)
- Median
  - Giá trị ở giữa dãy đã được sắp xếp
  - 1, 2, 3, 4, 5 (3 là median)
  - Nếu số phần tử là số chẵn, lấy trung bình của 2 số giữa
- Mode
  - Giá trị xuất hiện nhiều nhất
  - 1, 1, 1, 2, 3, 3, 4, 5 (1 là mode)

```
1  // Fig. 4.17: fig04_17.cpp
2  // This program introduces the topic of survey data analysis.
3  // It computes the mean, median, and mode of the data.
4  #include <iostream>
5
6  using std::cout;
7  using std::endl;
8  using std::fixed;
9  using std::showpoint;
10
11 #include <iomanip>
12
13 using std::setw;
14 using std::setprecision;
15
16 void mean( const int [], int );
17 void median( int [], int );
18 void mode( int [], int [], int );
19 void bubbleSort( int[], int );
20 void printArray( const int[], int );
21
22 int main()
23 {
24    const int responseSize = 99;  // size of array responses
25
```

fig04_17.cpp
(1 of 8)

```
26    int frequency[ 10 ] = { 0 };  // initialize array frequency
27
28    // initialize array responses
29    int response[ responseSize ] =
30          { 6, 7, 8, 9, 8, 7, 8, 9, 8, 9,
31            7, 8, 9, 5, 9, 8, 7, 8, 7, 8,
32            6, 7, 8, 9, 3, 9, 8, 7, 8, 7,
33            7, 8, 9, 8, 9, 8, 9, 7, 8, 9,
34            6, 7, 8, 7, 8, 7, 9, 8, 9, 2,
35            7, 8, 9, 8, 9, 8, 9, 7, 5, 3,
36            5, 6, 7, 2, 5, 3, 9, 4, 6, 4,
37            7, 8, 9, 6, 8, 7, 8, 9, 7, 8,
38            7, 4, 4, 2, 5, 3, 8, 7, 5, 6,
39            4, 5, 6, 1, 6, 5, 7, 8, 7 };
40
41    // process responses
42    mean( response, responseSize );
43    median( response, responseSize );
44    mode( frequency, response, responseSize );
45
46    return 0;  // indicates successful termination
47
48 } // end main
49
```

```
50 // calculate average of all response values
51 void mean( const int answer[], int arraySize )
52 {
53    int total = 0;
54
55    cout << "********\n  Mean\n********\n";
56
57    // total response values
58    for ( int i = 0; i < arraySize; i++ )
59       total += answer[ i ];
60
61    // format and output results
62    cout << fixed << setprecision( 4 );
63
64    cout << "The mean is the average value of the data\n"
65         << "items. The mean is equal to the total of\n"
66         << "all the data items divided by the number\n"
67         << "of data items (" << arraySize
68         << "). The mean value for\nthis run is: "
69         << total << " / " << arraySize << " = "
70         << static_cast< double >( total ) / arraySize
71         << "\n\n";
72
73 } // end function mean
74
```

fig04_17.cpp
(3 of 8)

Đổi sang **double** để được giá trị trung bình bằng số thực (thay vì giá trị nguyên).

```
75 // sort array and determine median element's value
76 void median( int answer[], int size )
77 {
78    cout << "\n********\n Median\n********\n"
79         << "The unsorted array of responses is";
80
81    printArray( answer, size );  // output unsorted arr
82
83    bubbleSort( answer, size );  // sort array
84
85    cout << "\n\nThe sorted array is";
86    printArray( answer, size );  // output sorted array
87
88    // display median element
89    cout << "\n\nThe median is element " << size / 2
90         << " of\nthe sorted " << size
91         << " element array.\nFor this run the median is "
92         << answer[ size / 2 ] << "\n\n";
93
94 } // end function median
95
```

fig04_17.cpp
(4 of 8)

Sắp xếp mảng bằng cách truyền nó cho một hàm. Bảo vệ tính modun của chương trình

```
96  // determine most frequent response
97  void mode( int freq[], int answer[], int size )
98  {
99     int largest = 0;    // represents largest frequency
100    int modeValue = 0;  // represents most frequent response
101
102    cout << "\n********\n  Mode\n********\n";
103
104    // initialize frequencies to 0
105    for ( int i = 1; i <= 9; i++ )
106       freq[ i ] = 0;
107
108    // summarize frequencies
109    for ( int j = 0; j < size; j++ )
110       ++freq[ answer[ j ] ];
111
112    // output headers for result columns
113    cout << "Response" << setw( 11 ) << "Frequency"
114         << setw( 19 ) << "Histogram\n\n" << setw( 55 )
115         << "1    1    2    2\n" << setw( 56 )
116         << "5    0    5    0    5\n\n";
117
```

fig04_17.cpp
(5 of 8)

```
118    // output results
119    for ( int rating = 1; rating <= 9; rating++ ) {
120       cout << setw( 8 ) << rating << setw( 11 )
121            << freq[ rating ] << "           ";
122
123       // keep track of mode value and largest fequency value
124       if ( freq[ rating ] > largest ) {
125          largest = freq[ rating ];
126          modeValue = rating;
127
128       } // end if
129
130       // output histogram bar representing frequency value
131       for ( int k = 1; k <= freq[ rating ]; k++ )
132          cout << '*';
133
134       cout << '\n';  // begin new line of output
135
136    } // end outer for
137
138    // display the mode value
139    cout << "The mode is the most frequent value.\n"
140         << "For this run the mode is " << modeValue
141         << " which occurred " << largest << " times." << endl;
142
143 } // end function mode
```

fig04_17.cpp
(6 of 8)

mode là giá trị xuất hiện nhiều nhất (có giá trị cao nhất trong mảng **freq**).

```
144
145 // function that sorts an array with bubble sort algorithm
146 void bubbleSort( int a[], int size )
147 {
148    int hold;  // temporary location used to swap elements
149
150    // loop to control number of passes
151    for ( int pass = 1; pass < size; pass++ )
152
153       // loop to control number of comparisons per pass
154       for ( int j = 0; j < size - 1; j++ )
155
156          // swap elements if out of order
157          if ( a[ j ] > a[ j + 1 ] ) {
158             hold = a[ j ];
159             a[ j ] = a[ j + 1 ];
160             a[ j + 1 ] = hold;
161
162          } // end if
163
164 } // end function bubbleSort
165
```

fig04_17.cpp
(7 of 8)

```
166 // output array contents (20 values per row)
167 void printArray( const int a[], int size )
168 {
169    for ( int i = 0; i < size; i++ ) {
170
171       if ( i % 20 == 0 )  // begin new line every 20 values
172          cout << endl;
173
174       cout << setw( 2 ) << a[ i ];
175
176    } // end for
177
178 } // end function printArray
```

fig04_17.cpp
(8 of 8)

```
********
  Mean
********
The mean is the average value of the data
items. The mean is equal to the total of
all the data items divided by the number
of data items (99). The mean value for
this run is: 681 / 99 = 6.8788
********
 Median
********
The unsorted array of responses is
 6 7 8 9 8 7 8 9 8 9 7 8 9 5 9 8 7 8 7 8
 6 7 8 9 3 9 8 7 8 7 7 8 9 8 9 8 9 7 8 9
 6 7 8 7 8 7 9 8 9 2 7 8 9 8 9 8 9 7 5 3
 5 6 7 2 5 3 9 4 6 4 7 8 9 6 8 7 8 9 7 8
 7 4 4 2 5 3 8 7 5 6 4 5 6 1 6 5 7 8 7

The sorted array is
 1 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5
 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9

The median is element 49 of
the sorted 99 element array.
For this run the median is 7
```

fig04_17.cpp
output (1 of 2)

```
********
  Mode
********
Response   Frequency         Histogram

                                   1    1    2    2
                              5    0    5    0    5

       1           1          *
       2           3          ***
       3           4          ****
       4           5          *****
       5           8          ********
       6           9          *********
       7          23          ***********************
       8          27          ***************************
       9          19          *******************
The mode is the most frequent value.
For this run the mode is 8 which occurred 27 times.
```

fig04_17.cpp
output (2 of 2)

4.8 Tìm kiếm trên mảng: Tìm kiếm Tuyến tính và tìm kiếm Nhị phân

- Tìm một giá trị khoá (key value) trên mảng
- Tìm kiếm tuyến tính
  - So sánh từng phần tử của mảng với key
    - Bắt đầu từ một đầu, đi đến đầu kia của mảng
  - Hữu dụng cho mảng nhỏ và chưa sắp xếp
    - Không hiệu quả
    - Nếu giá trị cần tìm không có trong mảng thì phải kiểm tra tất cả các phần tử

4.8 Tìm kiếm trên mảng: Tìm kiếm Tuyến tính và tìm kiếm Nhị phân

- Tìm kiếm nhị phân
  - Chỉ sử dụng cho mảng đã sắp xếp
  - So sánh phần tử ở giữa (middle) với key
    - Nếu bằng, tìm thấy
    - Nếu key < middle
      - Lặp lại ở nửa đầu của mảng
    - Nếu key > middle
      - Lặp lại ở nửa cuối
  - Rất nhanh
    - Nhiều nhất là N bước với 2^N > số phần tử của mảng
    - mảng 30 phần tử cần nhiều nhất 5 bước

      $2^5 > 30$

```
1  // Fig. 4.19: fig04_19.cpp
2  // Linear search of an array.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::cin;
7  using std::endl;
8
9  int linearSearch( const int [], int, int );  // prototype
10
11 int main()
12 {
13    const int arraySize = 100;  // size of array a
14    int a[ arraySize ];         // create array a
15    int searchKey;              // value to locate in a
16
17    for ( int i = 0; i < arraySize; i++ )  // create some data
18       a[ i ] = 2 * i;
19
20    cout << "Enter integer search key: ";
21    cin >> searchKey;
22
23    // attempt to locate searchKey in array a
24    int element = linearSearch( a, searchKey, arraySize );
25
```

Lấy đối số là một mảng, khoá cần tìm, và kích thước mảng.

fig04_19.cpp (1 of 2)

```
26    // display results
27    if ( element != -1 )
28       cout << "Found value in element " << element << endl;
29    else
30       cout << "Value not found" << endl;
31
32    return 0;  // indicates successful termination
33
34 } // end main
35
36 // compare key to every element of array until location is
37 // found or until end of array is reached; return subscript of
38 // element if key or -1 if key not found
39 int linearSearch( const int array[], int key, int sizeOfArray )
40 {
41    for ( int j = 0; j < sizeOfArray; j++ )
42
43       if ( array[ j ] == key )  // if found,
44          return j;              // return location of key
45
46    return -1;  // key not found
47
48 } // end function linearSearch
```

fig04_19.cpp

```
Enter integer search key: 36
Found value in element 18

Enter integer search key: 37
Value not found
```

```
1  // Fig. 4.20: fig04_20.cpp
2  // Binary search of an array.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::cin;
7  using std::endl;
8
9  #include <iomanip>
10
11 using std::setw;
12
13 // function prototypes
14 int binarySearch( const int [], int, int, int, int );
15 void printHeader( int );
16 void printRow( const int [], int, int, int, int );
17
18 int main()
19 {
20    const int arraySize = 15;  // size of array a
21    int a[ arraySize ];        // create array a
22    int key;                   // value to locate in a
23
24    for ( int i = 0; i < arraySize; i++ )  // create some data
25       a[ i ] = 2 * i;
26
```

fig04_20.cpp
(1 of 6)

```
27     cout << "Enter a number between 0 and 28: ";
28     cin >> key;
29
30     printHeader( arraySize );
31
32     // search for key in array a
33     int result =
34        binarySearch( a, key, 0, arraySize - 1, arraySize );
35
36     // display results
37     if ( result != -1 )
38        cout << '\n' << key << " found in array element "
39             << result << endl;
40     else
41        cout << '\n' << key << " not found" << endl;
42
43     return 0;  // indicates successful termination
44
45  } // end main
46
```

fig04_20.cpp
(2 of 6)

```
47 // function to perform binary search of an array
48 int binarySearch( const int b[], int searchKey, int low,
49    int high, int size )
50 {
51    int middle;
52
53    // loop until low subscript is greater than high subscript
54    while ( low <= high ) {
55
56       // determine middle element of subarray being searched
57       middle = ( low + high ) / 2;
58
59       // display subarray used in this loop iteration
60       printRow( b, low, middle, high, size );
61
```

Xác định phần tử ở giữa

fig04_20.cpp
(3 of 6)

```
62          // if searchKey matches middle element, return middle
63          if ( searchKey == b[ middle ] )  // match
64             return middle;
65
66          else
67
68             // if searchKey less than middle element,
69             // set new high element
70             if ( searchKey < b[ middle ] )
71                high = middle - 1;  // search low end of array
72
73             // if searchKey greater than middle element,
74             // set new low element
75             else
76                low = middle + 1;   // search high end of array
77       }
78
79       return -1;  // searchKey not found
80
81    } // end function binarySearch
```

Sử dụng tìm Nhị phân:
Nếu key bằng middle, tìm thấy

Nếu nhỏ hơn, tìm nửa thấp

Nếu lớn hơn, tìm nửa cao

Vòng lặp tạo low, middle và high tự động. Nếu tìm nửa cao, thì phần tử low mới sẽ cao hơn middle.

```
82
83 // print header for output
84 void printHeader( int size )
85 {
86    cout << "\nSubscripts:\n";
87
88    // output column heads
89    for ( int j = 0; j < size; j++ )
90       cout << setw( 3 ) << j << ' ';
91
92    cout << '\n';  // start new line of output
93
94    // output line of - characters
95    for ( int k = 1; k <= 4 * size; k++ )
96       cout << '-';
97
98    cout << endl;  // start new line of output
99
100 } // end function printHeader
101
```

fig04_20.cpp
(5 of 6)

```
102 // print one row of output showing the current
103 // part of the array being processed
104 void printRow( const int b[], int low, int mid,
105    int high, int size )
106 {
107    // loop through entire array
108    for ( int m = 0; m < size; m++ )
109
110       // display spaces if outside current subarray range
111       if ( m < low || m > high )
112          cout << "    ";
113
114       // display middle element marked with a *
115       else
116
117          if ( m == mid )          // mark middle value
118             cout << setw( 3 ) << b[ m ] << '*';
119
120          // display other elements in subarray
121          else
122             cout << setw( 3 ) << b[ m ] << ' ';
123
124    cout << endl;  // start new line of output
125
126 } // end function printRow
```

fig04_20.cpp
(6 of 6)

```
Enter a number between 0 and 28: 6

Subscripts:
  0   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14
-------------------------------------------------------------
  0   2   4   6   8  10  12  14* 16  18  20  22  24  26  28
  0   2   4   6*  8  10  12

6 found in array element 3



Enter a number between 0 and 28: 25

Subscripts:
  0   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14
-------------------------------------------------------------
  0   2   4   6   8  10  12  14* 16  18  20  22  24  26  28
                              16  18  20  22* 24  26  28
                                          24  26* 28
                                          24*

25 not found
```

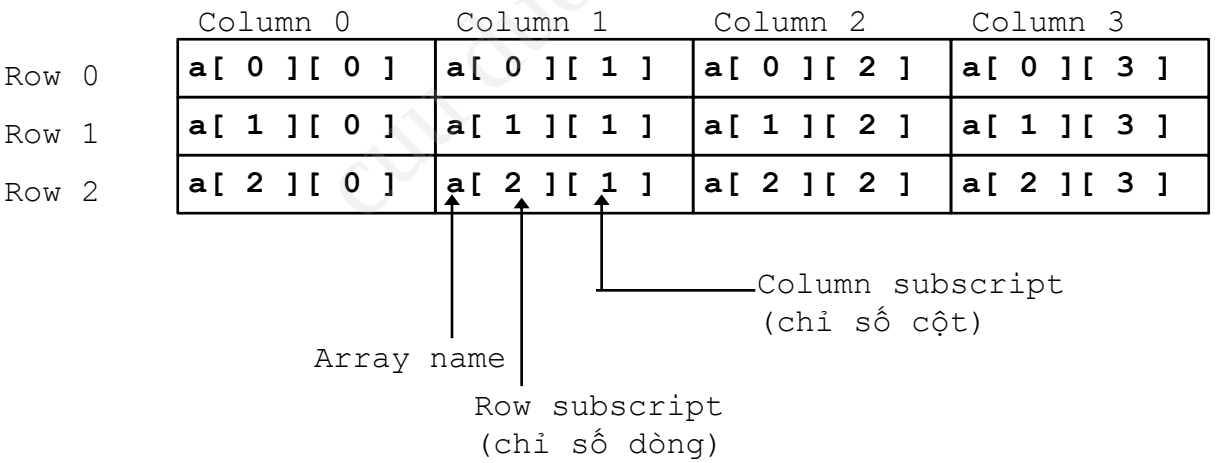
fig04_20.cpp
output (1 of 2)

```
Enter a number between 0 and 28: 8

Subscripts:
  0   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14
---------------------------------------------------------------
  0   2   4   6   8  10  12  14* 16  18  20  22  24  26  28
  0   2   4   6*  8  10  12
                 8  10* 12
                 8*

8 found in array element 4
```

fig04_20.cpp output (2 of 2)

4.9 Mảng nhiều chiều

- Đa chỉ số
  - int a[3][4];
  - **a[i][j]**
  - Các bảng có dòng và cột
  - Dòng trước, cột sau
  - "Mảng của mảng"
    - **a[0]** là một mảng 4 phần tử
    - **a[0][0]** là phần tử đầu tiên của mảng



4.9 Mảng nhiều chiều

- Khởi tạo
  - Mặc định là **0**
  - Khởi tạo, mỗi dòng trong 1 cặp ngoặc

```
int b[ 2 ][ 2 ] = { { 1, 2 }, { 3, 4 } };
```

Row 0 **Row 1**

1	2
3	4

```
int b[ 2 ][ 2 ] = { { 1 }, { 3, 4 } };
```

1	0
3	4

4.9 Mảng nhiều chiều

- Truy nhập đến như bình thường

```
cout << b[ 0 ][ 1 ];
```

1	0
3	4

  - In ra **0**
  - Không sử dụng dấu phẩy (,)

```
cout << b[ 0, 1 ];
```

    - Lỗi cú pháp

- Function prototype
  - Phải chỉ rõ kích thước của các chỉ số
    - Không đòi hỏi kích thước cho chỉ số đầu tiên, cũng như mảng 1 chiều
  - `void printArray( int [][ 3 ] );`

```cpp
// Fig. 4.22: fig04_22.cpp
// Initializing multidimensional arrays.
#include <iostream>

using std::cout;
using std::endl;

void printArray( int [][ 3 ] );

int main()
{
   int array1[ 2 ][ 3 ] = { { 1, 2, 3 }, { 4, 5, 6 } };
   int array2[ 2 ][ 3 ] = { 1, 2, 3, 4, 5};
   int array3[ 2 ][ 3 ] = { { 1, 2 }, { 4 } };

   cout << "Values in array1 by row are:" << endl;
   printArray( array1 );

   cout << "Values in array2 by row are:" << endl;
   printArray( array2 );

   cout << "Values in array3 by row are:" << endl;
   printArray( array3 );

   return 0;  // indicates successful termination
} // end main
```

Chú ý cấu trúc của prototype.

Chú ý nhiều cách khởi tạo. Các phần tử trong **array2** được gán từ dòng thứ nhất rồi đến dòng thứ hai.

fig04_22.cpp (1 of 2)

```
28
29 // function to output array with two rows and three columns
30 void printArray( int a[][ 3 ] )
31 {
32    for ( int i = 0; i < 2; i++ ) {    // for each row
33
34       for ( int j = 0; j < 3; j++ )   // output column values
35          cout << a[ i ][ j ] << ' ';
36
37       cout << endl;  // start new line of output
38
39    } // end outer for structure
40
41 } // end function printArray
```

Vòng lặp for thường được dùng để quét qua mảng. Sử dụng vòng lặp lồng nhau cho mảng nhiều chiều.

fig04_22.cpp
output (1 of 1)

```
Values in array1 by row are:
1 2 3
4 5 6
Values in array2 by row are:
1 2 3
4 5 0
Values in array3 by row are:
1 2 0
4 0 0
```

4.9 Mảng nhiều chiều

- Tiếp theo: chương trình ví dụ về khởi tạo mảng
  - Chương trình lưu trữ điểm của sinh viên
  - Mảng nhiều chiều (bảng)
  - Dòng là sinh viên
  - Cột là điểm

	Quiz1	Quiz2
Student0	95	85
Student1	89	80

```
1  // Fig. 4.23: fig04_23.cpp
2  // Double-subscripted array example.
3  #include <iostream>
4
5  using std::cout;
6  using std::endl;
7  using std::fixed;
8  using std::left;
9
10 #include <iomanip>
11
12 using std::setw;
13 using std::setprecision;
14
15 const int students = 3;    // number of students
16 const int exams = 4;       // number of exams
17
18 // function prototypes
19 int minimum( int [][ exams ], int, int );
20 int maximum( int [][ exams ], int, int );
21 double average( int [], int );
22 void printArray( int [][ exams ], int, int );
23
```

fig04_23.cpp
(1 of 6)

```
24 int main()
25 {
26    // initialize student grades for three students (rows)
27    int studentGrades[ students ][ exams ] =
28       { { 77, 68, 86, 73 },
29         { 96, 87, 89, 78 },
30         { 70, 90, 86, 81 } };
31
32    // output array studentGrades
33    cout << "The array is:\n";
34    printArray( studentGrades, students, exams );
35
36    // determine smallest and largest grade values
37    cout << "\n\nLowest grade: "
38         << minimum( studentGrades, students, exams )
39         << "\nHighest grade: "
40         << maximum( studentGrades, students, exams ) << '\n';
41
42    cout << fixed << setprecision( 2 );
43
```

fig04_23.cpp
(2 of 6)

```
44    // calculate average grade for each student
45    for ( int person = 0; person < students; person++ )
46       cout << "The average grade for student " << person
47            << " is "
48            << average( studentGrades[ person ], exams )
49            << endl;
50
51    return 0;  // indicates successful termination
52
53 } // end main
54
55 // find minimum grade
56 int minimum( int grades[][ exams ], int pupils, int tests )
57 {
58    int lowGrade = 100; // initialize to highest possible grade
59
60    for ( int i = 0; i < pupils; i++ )
61
62       for ( int j = 0; j < tests; j++ )
63
64          if ( grades[ i ][ j ] < lowGrade )
65             lowGrade = grades[ i ][ j ];
66
67    return lowGrade;
68
69 } // end function minimum
```

fig04_23.cpp
(3 of 6)

Tính điểm trung bình cho sinh viên. Ta truyền dòng chứa điểm của sinh viên vào hàm. Chú ý: **`studentGrades[0]`** cũng là một mảng.

```
70
71 // find maximum grade
72 int maximum( int grades[][ exams ], int pupils, int tests )
73 {
74    int highGrade = 0;  // initialize to lowest possible grade
75
76    for ( int i = 0; i < pupils; i++ )
77
78       for ( int j = 0; j < tests; j++ )
79
80          if ( grades[ i ][ j ] > highGrade )
81             highGrade = grades[ i ][ j ];
82
83    return highGrade;
84
85 } // end function maximum
86
```

fig04_23.cpp
(4 of 6)

```
87 // determine average grade for particular student
88 double average( int setOfGrades[], int tests )
89 {
90    int total = 0;
91
92    // total all grades for one student
93    for ( int i = 0; i < tests; i++ )
94       total += setOfGrades[ i ];
95
96    return static_cast< double >( total ) / tests;  // average
97
98 } // end function maximum
```

fig04_23.cpp
(5 of 6)

```
99
100 // Print the array
101 void printArray( int grades[][ exams ], int pupils, int tests )
102 {
103    // set left justification and output column heads
104    cout << left << "                [0]  [1]  [2]  [3]";
105
106    // output grades in tabular format
107    for ( int i = 0; i < pupils; i++ ) {
108
109       // output label for row
110       cout << "\nstudentGrades[" << i << "] ";
111
112       // output one grades for one student
113       for ( int j = 0; j < tests; j++ )
114          cout << setw( 5 ) << grades[ i ][ j ];
115
116    } // end outer for
117
118 } // end function printArray
```

fig04_23.cpp
(6 of 6)

```
The array is:
                 [0]  [1]  [2]  [3]
studentGrades[0] 77   68   86   73
studentGrades[1] 96   87   89   78
studentGrades[2] 70   90   86   81

Lowest grade: 68
Highest grade: 96
The average grade for student 0 is 76.00
The average grade for student 1 is 87.50
The average grade for student 2 is 81.75
```

fig04_23.cpp
output (1 of 1)