Giáo trình
Kỹ thuật lập trình C

Chương 1. Mở đầu

Chương này giới thiệu những phần cơ bản của một chương trình C++. Chúng ta sử dụng những ví dụ đơn giản để trình bày cấu trúc các chương trình C++ và cách thức biên dịch chúng. Các khái niệm cơ bản như là hằng, biến, và việc lưu trữ chúng trong bộ nhớ cũng sẽ được thảo luận trong chương này. Sau đây là một đặc tả sơ bộ về khái niệm lập trình.

Lập trình

Máy tính số là một công cụ để giải quyết hàng loạt các **bài toán** lớn. Một lời giải cho một bài toán nào đó được gọi là một **giải thuật** (algorithm); nó mô tả một chuỗi các bước cần thực hiện để giải quyết bài toán. Một ví dụ đơn giản cho một bài toán và một giải thuật có thể là:

> **Bài toán**: Sắp xếp một danh sách các số theo thứ tự tăng dần.
> **Giải thuật**:Giả sử danh sách đã cho là *list1*; tạo ra một danh sách rỗng, *list2*, để lưu danh sách đã sắp xếp. Lặp đi lặp lại công việc, tìm số nhỏ nhất trong *list1,* xóa nó khỏi *list1,* và thêm vào phần tử kế tiếp trong danh sách *list2,* cho đến khi *list1* là rỗng.

Giải thuật được diễn giải bằng các thuật ngữ trừu tượng mang tính chất dễ hiểu. Ngôn ngữ thật sự được hiểu bởi máy tính là ngôn ngữ máy. Chương trình được diễn đạt bằng ngôn ngữ máy được gọi là **có thể thực thi**. Một chương trình được viết bằng bất kỳ một ngôn ngữ nào khác thì trước hết cần được dịch sang ngôn ngữ máy để máy tính có thể hiểu và thực thi nó.

Ngôn ngữ máy cực kỳ khó hiểu đối với lập trình viên vì thế họ không thể sử dụng trực tiếp ngôn ngữ máy để viết chương trình. Một sự trừu tượng khác là **ngôn ngữ assembly.** Nó cung cấp những tên dễ nhớ cho các lệnh và một ký hiệu dễ hiểu hơn cho dữ liệu. Bộ dịch được gọi là **assembler** chuyển ngôn ngữ assembly sang ngôn ngữ máy.

Ngay cả những ngôn ngữ assembly cũng khó sử dụng. Những ngôn ngữ cấp cao như C++ cung cấp các ký hiệu thuận tiện hơn nhiều cho việc thi hành các giải thuật. Chúng giúp cho các lập trình viên không phải nghĩ nhiều về các thuật ngữ cấp thấp, và giúp họ chỉ tập trung vào giải thuật. **Trình biên dịch** (compiler) sẽ đảm nhiệm việc dịch chương trình viết bằng ngôn ngữ cấp cao sang ngôn ngữ assembly. Mã assembly được tạo ra bởi trình biên dịch sau đó sẽ được tập hợp lại để cho ra một chương trình có thể thực thi.

1.1. Một chương trình C++ đơn giản

Danh sách 1.1 trình bày chương trình C++ đầu tiên. Chương trình này khi chạy sẽ xuất ra thông điệp Hello World.

Danh sách 1.1

```
1  #include <iostream.h>

2  int main (void)
3  {
4        cout << "Hello World\n";
5  }
```

Chú giải

1 Hàng này sử dụng chỉ thị tiền xử lý #include để chèn vào nội dung của tập tin header iostream.h trong chương trình. iostream.h là tập tin header chuẩn của C++ và chứa đựng các định nghĩa cho xuất và nhập.

2 Hàng này định nghĩa một hàm được gọi là main. Hàm có thể không có hay có nhiều **tham số** (parameters); các tham số này luôn xuất hiện sau tên hàm, giữa một cặp dấu ngoặc. Việc xuất hiện của từ void ở giữa dấu ngoặc chỉ định rằng hàm main không có tham số. Hàm có thể có **kiểu trả về**; kiểu trả về luôn xuất hiện trước tên hàm. Kiểu trả về cho hàm main là int (ví dụ: một số nguyên). Tất cả các chương trình C++ phải có một hàm main duy nhất.Việc thực thi chương trình luôn bắt đầu từ hàm main.

3 Dấu ngoặc nhọn bắt đầu thân của hàm main.

4 Hàng này là một **câu lệnh** (statement). Một lệnh là một sự tính toán để cho ra một giá trị. Kết thúc một lệnh thì luôn luôn được đánh dấu bằng dấu chấm phẩy (;). Câu lệnh này xuất ra **chuỗi** "Hello World\n" để gởi đến dòng xuất cout. Chuỗi là một dãy các ký tự được đặt trong cặp nháy kép. Ký tự cuối cùng trong chuỗi này (\n) là một ký tự xuống hàng (newline). Dòng là một đối tượng được dùng để thực hiện các xuất hoặc nhập. cout là dòng xuất chuẩn trong C++ (xuất chuẩn thường được hiểu là màn hình máy tính). Ký tự << là toán tử xuất, nó xem dòng xuất như là toán hạng trái và xem biểu thức như là toán hạng phải, và tạo nên giá trị của biểu thức được gởi đến dòng xuất. Trong trường hợp này, kết quả là chuỗi "Hello World\n" được gởi đến dòng cout, làm cho nó được hiển thị trên màn hình máy tính.

5 Dấu ngoặc đóng kết thúc thân hàm main.

1.2. Biên dịch một chương trình C++

Bảng 1.1 trình bày chương trình trong danh sách 1.1 được biên dịch và chạy trong môi trường UNIX thông thường. Phần in đậm được xem như là đầu vào (input) của người dùng và phần in thường được xem như là đáp ứng của hệ thống. Dấu nhắc ở hàng lệnh UNIX xuất hiện như là ký tự dollar($).

Bảng 1.1

```
1  $ CC hello.cc
2  $ a.out
3  Hello World
4  $
```

Chú giải

1 Lệnh để triệu gọi bộ dịch AT&T của C++ trong môi trường UNIX là CC. Đối số cho lệnh này (hello.cc) là tên của tập tin chứa đựng chương trình. Theo qui định thì tên tập tin có phần mở rộng là .c, .C, hoặc là .cc. (Phần mở rộng này có thể là khác nhau đối với những hệ điều hành khác nhau)

2 Kết quả của sự biên dịch là một tập tin có thể thực thi mặc định là a.out. Để chạy chương trình, chúng ta sử dụng a.out như là lệnh.

3 Đây là kết quả được cung cấp bởi chương trình.

4 Dấu nhắc trở về hệ thống chỉ định rằng chương trình đã hoàn tất sự thực thi của nó.

Lệnh cc chấp nhận các phần tùy chọn. Mỗi tùy chọn xuất hiện như name, trong đó name là tên của tùy chọn (thường là một ký tự đơn). Một vài tùy chọn yêu cầu có đối số. Ví dụ tùy chọn xuất (-o) cho phép chỉ định rõ tập tin có thể được cung cấp bởi trình biên dịch thay vì là a.out. Bảng 1.2 minh họa việc sử dụng tùy chọn này bằng cách chỉ định rõ hello như là tên của tập tin có thể thực thi.

Bảng 1.2

```
1  $ CC hello.cc -o hello
2  $ hello
3  Hello World
4  $
```

Mặc dù lệnh thực sự có thể khác phụ thuộc vào trình biên dịch, một thủ tục biên dịch tương tự có thể được dùng dưới môi trường MS-DOS. Trình biên dịch C++ dựa trên Windows dâng tặng một môi trường thân thiện với người dùng mà việc biên dịch rất đơn giản bằng cách chọn lệnh từ menu. Qui định tên dưới MS-DOS và Windows là tên của tập tin nguồn C++ phải có phần mở rộng là .cpp.

1.3. Việc biên dịch C++ diễn ra như thế nào

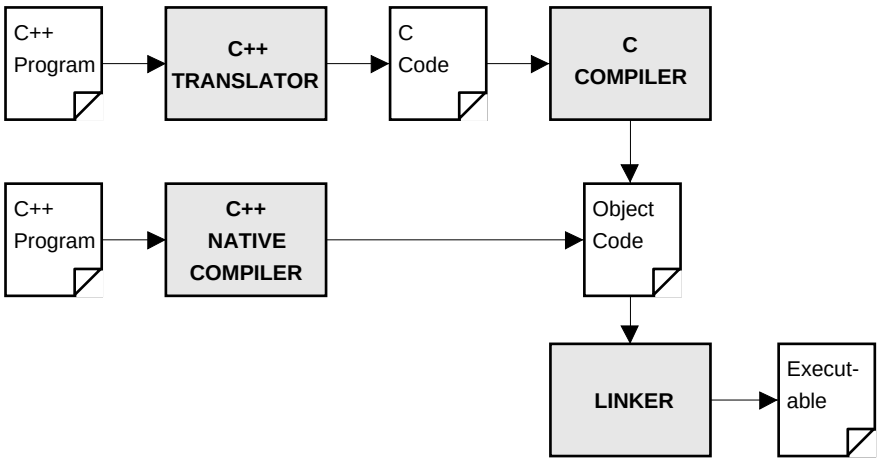
Biên dịch một chương trình C++ liên quan đến một số bước (hầu hết các bước là trong suốt với người dùng):

- Đầu tiên, **bộ tiền xử lý** C++ xem qua mã trong chương trình và thực hiện các chỉ thị được chỉ định bởi các chỉ thị tiền xử lý (ví dụ, #include). Kết quả là một mã chương trình đã sửa đổi mà không còn chứa bất kỳ một chỉ thị tiền xử lý nào cả.

- Sau đó, **trình biên dịch** C++ dịch các mã của chương trình. Trình biên dịch có thể là một trình biên dịch C++ thật sự phát ra mã assembly hay mã máy, hoặc chỉ là trình chuyển đổi dịch mã sang C. Ở trường hợp thứ hai, mã C sau khi được dịch ra sẽ tạo thành mã assembly hay mã máy thông qua trình biên dịch C. Trong cả hai trường hợp, đầu ra có thể không hoàn chỉnh vì chương trình tham khảo tới các thủ tục trong thư viện còn chưa được định nghĩa như một phần của chương trình. Ví dụ Danh sách 1.1 tham chiếu tới toán tử << mà thực sự được định nghĩa trong một thư viện IO riêng biệt.
- Cuối cùng, **trình liên kết** hoàn tất mã đối tượng bằng cách liên kết nó với mã đối tượng của bất kỳ các module thư viện mà chương trình đã tham khảo tới. Kết quả cuối cùng là một tập tin thực thi.

Hình 1.1 minh họa các bước trên cho cả hai trình chuyển đổi C++ và trình biên dịch C++. Thực tế thì tất cả các bước trên được triệu gọi bởi một lệnh đơn (như là CC) và người dùng thậm chí sẽ không thấy các tập tin được phát ra ngay lập tức.

Hình 1.1 Việc biên dịch C++



1.4. Biến

Biến là một tên tượng trưng cho một vùng nhớ mà dữ liệu có thể được lưu trữ trên đó hay là được sử dụng lại. Các biến được sử dụng để giữ các giá trị dữ liệu vì thế mà chúng có thể được dùng trong nhiều tính toán khác nhau trong một chương trình. Tất cả các biến có hai thuộc tính quan trọng:

- **Kiểu** được thiết lập khi các biến được định nghĩa (ví dụ như: integer, real, character). Một khi đã được định nghĩa, kiểu của một biến C++ không thể được chuyển đổi.

- **Giá trị** có thể được chuyển đổi bằng cách gán một giá trị mới cho biến. Loại giá trị của biến có thể nhận phụ thuộc vào kiểu của nó. Ví dụ, một biến số nguyên chỉ có thể giữ các giá trị nguyên (chẳng hạn, 2, 100, -12).

Danh sách 1.2 minh họa sử dụng một vài biến đơn giản.

Danh sách 1.2

```
1   #include <iostream.h>

2   int main (void)
3   {
4       int         workDays;
5       float  workHours, payRate, weeklyPay;

6       workDays = 5;
7       workHours = 7.5;
8       payRate = 38.55;
9       weeklyPay = workDays  * workHours * payRate;
10      cout << "Weekly Pay = "<< weeklyPay<< '\n';
11  }
```

Chú giải

4 Hàng này định nghĩa một biến int (kiểu số nguyên) tên là workDays, biến này đại diện cho số ngày làm việc trong tuần. Theo như luật chung, trước tiên một biến được định nghĩa bằng cách chỉ định kiểu của nó, theo sau đó là tên biến và cuối cùng là được kết thúc bởi dấu chấm phẩy.

5 Hàng này định nghĩa ba biến float (kiểu số thực) lần lượt thay cho số giờ làm việc trong ngày, số tiền phải trả hàng giờ, và số tiền phải trả hàng tuần. Như chúng ta thấy ở hàng này, nhiều biến của cùng kiểu có thể định nghĩa một lượt qua việc dùng dấu phẩy để ngăn cách chúng.

6 Hàng này là một câu lệnh gán. Nó gán giá trị 5 cho biến workDays. Vì thế, sau khi câu lệnh này được thực thi, workDays biểu thị giá trị 5.

7 Hàng này gán giá trị 7.5 tới biến workHours.

8 Hàng này gán giá trị 38.55 tới biến payRate.

9 Hàng này tính toán số tiền phải trả hàng tuần từ các biến workDays, workHours, và payRate (* là toán tử nhân). Giá trị kết quả được lưu vào biến weeklyPay.

10-12 Các hàng này xuất ba mục tuần tự là: chuỗi "Weekly Pay = ", giá trị của biến weeklyPay, và một ký tự xuống dòng.

Khi chạy, chương trình sẽ cho kết quả như sau:

```
Weekly Pay = 1445.625
```

Khi một biến được định nghĩa, giá trị của nó **không được định nghĩa** cho đến khi nó được gán cho một giá trị thật sự. Ví dụ, weeklyPay có một giá trị không được định nghĩa cho đến khi hàng 9 được thực thi. Việc gán giá trị cho một biến ở lần đầu tiên được gọi là **khởi tạo**. Việc chắc chắn rằng một

biến được khởi tạo trước khi nó được sử dụng trong bất kỳ công việc tính toán nào là rất quan trọng.

Một biến có thể được định nghĩa và khởi tạo cùng lúc. Điều này được xem như là một thói quen lập trình tốt bởi vì nó giành trước khả năng sử dụng biến trước khi nó được khởi tạo. Danh sách 1.3 là một phiên bản sửa lại của danh sách 1.2 mà có sử dụng kỹ thuật này. Trong mọi mục đích khác nhau thì hai chương trình là tương tương.

Danh sách 1.3

```
1  #include <iostream.h>

2  int main (void)
3  {
4        int          workDays = 5;
5        float  workHours = 7.5;
6        float  payRate = 38.55;
7        float  weeklyPay = workDays * workHours * payRate;

8        cout << "Weekly Pay = ";
9        cout << weeklyPay;
10       cout << '\n';
11 }
```

1.5. Xuất/nhập đơn giản

Cách chung nhất mà một chương trình giao tiếp với thế giới bên ngoài là thông qua các thao tác xuất nhập hướng ký tự đơn giản. C++ cung cấp hai toán tử hữu dụng cho mục đích này là >> cho nhập và << cho xuất. Chúng ta đã thấy ví dụ của việc sử dụng toán tử xuất << rồi. Danh sách 1.4 sẽ minh họa thêm cho việc sử dụng toán tử nhập >>.

Danh sách 1.4

```
1  #include <iostream.h>

2  int main (void)
3  {
4        int          workDays = 5;
5        float  workHours = 7.5;
6        float  payRate, weeklyPay;

7        cout << "What is the hourly pay rate? ";
8        cin >> payRate;

9        weeklyPay = workDays * workHours * payRate;
10       cout << "Weekly Pay = ";
11       cout << weeklyPay;
12       cout << '\n';
13 }
```

Chú giải

7 Hàng này xuất ra lời nhắc nhở What is the hourly pay rate? để tìm dữ liệu nhập của người dùng.

8 Hàng này đọc giá trị nhập được gõ bởi người dùng và sao chép giá trị này tới biến payRate. Toán tử nhập >> lấy một dòng nhập như là toán hạng trái (cin là dòng nhập chuẩn của C++ mà tương ứng với dữ liệu được nhập vào từ bàn phím) và một biến (mà dữ liệu nhập được sao chép tới) như là toán hạng phải.

9-13 Phần còn lại của chương trình là như trước.

Khi chạy, chương trình sẽ xuất ra màn hình như sau (dữ liệu nhập của người dùng được in đậm):

```
What is the hourly pay rate? 33.55
Weekly Pay = 1258.125
```

Cả hai << và >> trả về toán hạng trái như là kết quả của chúng, cho phép nhiều thao tác nhập hay nhiều thao tác xuất được kết hợp trong một câu lệnh. Điều này được minh họa trong danh sách 1.5 với trường hợp cho phép nhập cả số giờ làm việc mỗi ngày và số tiền phải trả mỗi giờ.

Danh sách 1.5

```
1  #include <iostream.h>

2  int main (void)
3  {
4       int          workDays = 5;
5       float  workHours, payRate, weeklyPay;

6       cout << "What are the work hours and the hourly pay rate? ";
7       cin >> workHours >> payRate;

8       weeklyPay = workDays * workHours * payRate;
9       cout << "Weekly Pay = " << weeklyPay << '\n';
10 }
```

Chú giải

7 Hàng này đọc hai giá trị nhập được nhập vào từ người dùng và chép tương ứng chúng tới hai biến workHours và payRate. Hai giá trị cần được tách biệt bởi một không gian trống (chẳng hạn, một hay là nhiều khoản trắng hay là các ký tự tab). Câu lệnh này tương đương với:

```
(cin >> workHours) >> payRate;
```

Vì kết quả của >> là toán hạng trái, (cin >> workHours) định giá cho cin mà sau đó được sử dụng như là toán hạng trái cho toán tử >> kế tiếp.

9 Hàng này là kết quả của việc kết hợp từ hàng 10 đến hàng 12 trong danh sách 1.4. Nó xuất "Weekly Pay = ", theo sau đó là giá trị của biến weeklyPay, và cuối cùng là một ký tự xuống dòng. Câu lệnh này tương đương với:

```
((cout << "Weekly Pay = ") << weeklyPay) << '\n';
```

Vì kết quả của << là toán hạng trái, (cout << "Weekly Pay = ") định giá cho cout mà sau đó được sử dụng như là toán hạng trái của toán tử << kế tiếp.

Khi chạy, chương trình sẽ hiển thị như sau:

```
What are the work hours and the hourly pay rate? 7.5  33.55
Weekly Pay = 1258.125
```

1.6. Chú thích

Chú thích thường là một đoạn văn bản. Nó được dùng để giải thích một vài khía cạnh của chương trình. Trình biên dịch bỏ qua hoàn toàn các chú thích trong chương trình. Tuy nhiên các chú thích này là có ý nghĩa và đôi khi là rất quan trọng đối với người đọc (người xem các mã chương trình có sẵn) và người phát triển phần mềm. C++ cung cấp hai loại chú thích:

- Những gì sau // (cho đến khi kết thúc hàng mà nó xuất hiện) được xem như là một chú thích.
- Những gì đóng ngoặc trong cặp dấu /* và */ được xem như là một chú thích.

Danh sách 1.6 minh họa việc sử dụng cả hai hình thức này.

Danh sách 1.6

```
1  #include <iostream.h>
2  /* Chuong trinh nay tinh toan tong so tien phai tra hang tuan cho mot cong nhan dua tren tong so gio
3  lam viec va so tien phai tra moi gio. */
4
   int main (void)
5  {
6      int     workDays = 5;          // so ngay lam viec trong tuan
7      float   workHours = 7.5;       // so gio lam viec trong ngay
8      float   payRate = 33.50;       // so tien phai tra moi gio
9      float   weeklyPay;             // tong so tien phai tra moi tuan
10
       weeklyPay = workDays * workHours * payRate;
11     cout << "Weekly Pay = " << weeklyPay << '\n';
12 }
13
```

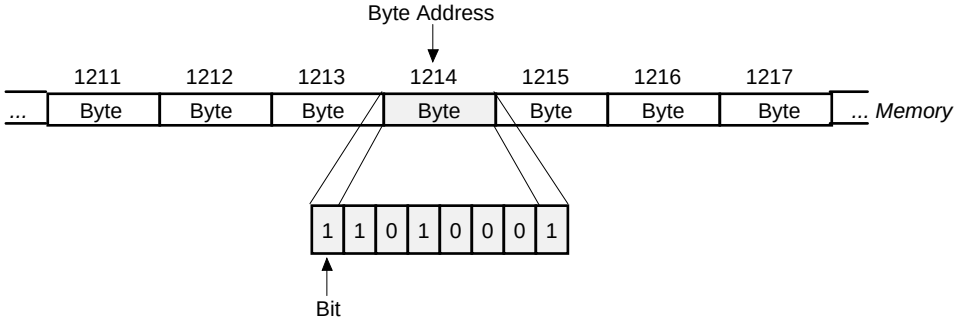
Các chú thích nên được sử dụng để tăng cường (không phải gây trở ngại) việc đọc một chương trình. Một vài điểm sau nên được chú ý:

- Chú thích nên dễ đọc và dễ hiểu hơn sự giải thích thông qua mã chương trình. Thà là không có chú thích nào còn hơn có một chú thích phức tạp dễ gây lầm lẫn một cách không cần thiết.
- Sử dụng quá nhiều chú thích có thể dẫn đến khó đọc. Một chương trình chứa quá nhiều chú thích làm bạn khó có thể thấy mã thì không thể nào được xem như là một chương trình dễ đọc và dễ hiểu.
- Việc sử dụng các tên mô tả có ý nghĩa cho các biến và các thực thể khác trong chương trình, và những chỗ thụt vào của mã có thể làm giảm đi việc sử dụng chú thích một cách đáng kể, và cũng giúp cho lập trình viên dễ đọc và kiểm soát chương trình.

1.7. Bộ nhớ

Máy tính sử dụng bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên (RAM) để lưu trữ mã chương trình thực thi và dữ liệu mà chương trình thực hiện. Bộ nhớ này có thể được xem như là một chuỗi tuần tự các **bit nhị phân** (0 hoặc 1). Thông thường, bộ nhớ được chia thành những nhóm 8 bit liên tiếp (gọi là **byte**). Các byte được định vị liên tục. Vì thế mỗi byte có thể được chỉ định duy nhất bởi **địa chỉ** (xem Hình 1.2).

Hình 1.2 Các bit và các byte trong bộ nhớ

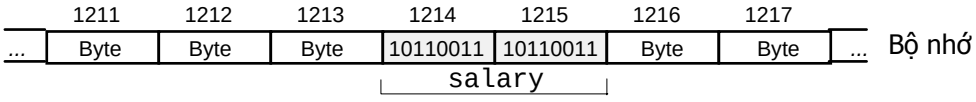


Trình biên dịch C++ phát ra mã có thể thực thi mà sắp xếp các thực thể dữ liệu tới các vị trí bộ nhớ. Ví dụ, định nghĩa biến

```
int salary = 65000;
```

làm cho trình biên dịch cấp phát một vài byte cho biến salary. Số byte cần được cấp phát và phương thức được sử dụng cho việc biểu diễn nhị phân của số nguyên phụ thuộc vào sự thi hành cụ thể của C++. Trình biên dịch sử dụng địa chỉ của byte đầu tiên của biến salary được cấp phát để tham khảo tới nó. Việc gán trên làm cho giá trị 65000 được lưu trữ như là một số nguyên bù hai trong hai byte được cấp phát (xem Hình 1.3).

Hình 1.3 Biểu diễn của một số nguyên trong bộ nhớ.



một số nguyên 2 byte ở địa chỉ 1214

Trong khi việc biểu diễn nhị phân chính xác của một hạng mục dữ liệu là ít khi được các lập trình viên quan tâm tới thì việc tổ chức chung của bộ nhớ và sử dụng các địa chỉ để tham khảo tới các hạng mục dữ liệu là rất quan trọng.

1.8. Số nguyên

Biến số nguyên có thể được định nghĩa là kiểu short, int, hay long. Chỉ khác nhau là số int sử dụng nhiều hơn hoặc ít nhất bằng số byte như là một số short, và một số long sử dụng nhiều hơn hoặc ít nhất cùng số byte với một số int. Ví dụ, trên máy tính cá nhân thì một số short sử dụng 2 byte, một số int cũng 2 byte, và một số long là 4 byte.

```
short age = 20;
int salary = 65000;
long price = 4500000;
```

Mặc định, một biến số nguyên được giả sử là có dấu (chẳng hạn, có một sự biểu diễn dấu để mà nó có thể biểu diễn các giá trị dương cũng như là các giá trị âm). Tuy nhiên, một số nguyên có thể được định nghĩa là không có dấu bằng cách sử dụng từ khóa unsigned trong định nghĩa của nó. Từ khóa signed cũng được cho phép nhưng hơi dư thừa.

```
unsigned short age = 20;
unsigned int salary = 65000;
unsigned long price = 4500000;
```

Số nguyên (ví dụ, 1984) luôn luôn được giả sử là kiểu int, trừ khi có một hậu tố L hoặc l thì nó được hiểu là kiểu long. Một số nguyên cũng có thể được đặc tả sử dụng hậu tố là U hoặc u., ví dụ:

```
1984L  1984l  1984U  1984u  1984LU  1984ul
```

1.9. Số thực

Biến số thực có thể được định nghĩa là kiểu float hay double. Kiểu double sử dụng nhiều byte hơn và vì thế cho miền lớn hơn và chính xác hơn để biểu diễn các số thực. Ví dụ, trên các máy tính cá nhân một số float sử dụng 4 byte và một số double sử dụng 8 byte.

```
float  interestRate = 0.06;
double      pi = 3.141592654;
```

Số thực (ví dụ, 0.06) luôn luôn được giả sử là kiểu double, trừ phi có một hậu tố F hay f thì nó được hiểu là kiểu float, hoặc một hậu tố L hay l thì nó được hiểu là kiểu long double. Kiểu long double sử dụng nhiều byte hơn kiểu double cho độ chính xác tốt hơn (ví dụ, 10 byte trên các máy PC). Ví dụ:

```
0.06F       0.06f 3.141592654L          3.141592654l
```

Các số thực cũng có thể được biểu diễn theo cách ký hiệu hóa khoa học. Ví dụ, 0.002164 có thể được viết theo cách ký hiệu hóa khoa học như sau:

```
2.164E-3          or          2.164e-3
```

Ký tự E (hay e) thay cho *số mũ* (exponent). Cách ký hiệu hóa khoa học được thông dịch như sau:

$$2.164E\text{-}3 = 2.164 \times 10^{-3} = 0.002164$$

1.10.Ký tự

Biến ký tự được định nghĩa là kiểu char. Một biến ký tự chiếm một byte đơn để lưu giữ *mã* cho ký tự. Mã này là một giá trị số và phụ thuộc *hệ thống mã ký tự* đang được dùng (nghĩa là phụ thuộc máy). Hệ thống chung nhất là ASCII (American Standard Code for Information Interchange). Ví dụ, ký tự *A* có mã ASCII là 65, và ký tự *a* có mã ASCII là 97.

```
char  ch = 'A';
```

Giống như số nguyên, biến ký tự có thể được chỉ định là có dấu hoặc không dấu. Mặc định (trong hầu hết các hệ thống) char nghĩa là signed char. Tuy nhiên, trên vài hệ thống thì nó có nghĩa là unsigned char. Biến ký tự có dấu có thể giữ giá trị số trong miền giá trị từ -128 tới 127. Biến ký tự không dấu có thể giữ giá trị số trong miền giá trị từ 0 tớ 255. Kết quả là, cả hai thường được dùng để biểu diễn các số nguyên nhỏ trong chương trình (và có thể được đánh dấu các giá trị số như là số nguyên):

```
signed char      offset = -88;
unsigned char    row = 2, column = 26;
```

Ký tự được viết bằng cách đóng dấu ký tự giữa cặp nháy đơn (ví dụ, 'A'). Các ký tự mà không thể in ra được biểu diễn bằng việc sử dụng các mã escape. Ví dụ:

```
'\n'      // xuống hàng mới
'\r'      // phím xuống dòng
```

```
'\t'    // phím tab ngang
'\v'    // phím tab dọc
'\b'    // phím lùi
```

Các dấu nháy đơn, nháy đôi và ký tự gạch chéo ngược cũng có thể sử dụng ký hiệu escape:

```
'\''    // trích dẫn đơn (')
'\"'    // trích dẫn đôi (")
'\\'    // dấu vạch chéo ngược (\)
```

Ký tự cũng có thể được chỉ định rõ sử dụng giá trị mã số của chúng. Mã escape tổng quát \ooo (nghĩa là, 3 ký tự số cơ số 8 theo sau một dấu gạch chéo ngược) được sử dụng cho mục đích này. Ví dụ (giả sử ASCII):

```
'\12'   // hàng mới (mã thập phân = 10)
'\11'   // tab ngang (mã thập phân = 9)
'\101'  // 'A' (mã thập phân = 65)
'\0'    // rỗng (mã thập phân = 0)
```

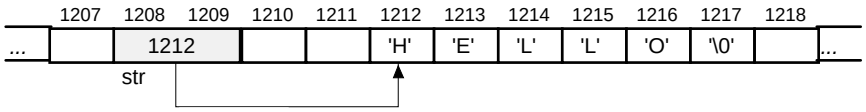
1.11.Chuỗi

Chuỗi là một dãy liên tiếp các ký tự được kết thúc bằng một ký tự null. **Biến chuỗi** được định nghĩa kiểu char* (nghĩa là, con trỏ ký tự). Con trỏ đơn giản chỉ là một vị trí trong bộ nhớ. (Các con trỏ sẽ được thảo luận trong chương 5). Vì thế biến chuỗi chứa đựng địa chỉ của ký tự đầu tiên trong chuỗi. Ví dụ, xem xét định nghĩa:

```
char * str = "HELLO";
```

Hình 1.4 minh họa biến chuỗi và chuỗi "HELLO" có thể xuất hiện như thế nào trong bộ nhớ.

Hình 1.4 Chuỗi và biến chuỗi trong bộ nhớ



Chuỗi được viết bằng cách đóng ngoặc các ký tự của nó bên trong cặp dấu nháy kép (ví dụ, "HELLO"). Trình biên dịch luôn luôn thêm vào một ký tự null tới một hằng chuỗi để đánh dấu điểm kết thúc. Các ký tự chuỗi có thể được đặc tả sử dụng bất kỳ ký hiệu nào dùng để đặc tả các ký tự. Ví dụ:

```
"Name\tAddress\tTelephone"          // các từ phân cách
"ASCII character 65: \101"          // 'A' được đặc tả như '101'
```

Chuỗi dài có thể nới rộng qua khỏi một hàng đơn, trong trường hợp này thì mỗi hàng trước phải được kết thúc bằng một dấu vạch chéo ngược. Ví dụ:

```
"Example to show \
the use of backslash for \
writing a long string"
```

Dấu \ trong ngữ cảnh này có nghĩa là phần còn lại của chuỗi được tiếp tục trên hàng kế tiếp. Chuỗi trên tương đương với chuỗi được viết trên hàng đơn như sau:

```
"Example to show the use of backslash for writing a long string"
```

Một lỗi lập trình chung thường xảy ra là lập trình viên thường nhầm lẫn một chuỗi ký tự đơn (ví dụ, "A") với một ký tự đơn (ví dụ, 'A'). Hai điều này là không tương đương. Chuỗi ký tự đơn gồm 2 byte (ký tự 'A' được theo sau là ký tự '\0'),trong khi ký tự đơn gồm chỉ một byte duy nhất.

Chuỗi ngắn nhất có thể có là chuỗi rỗng ("") chỉ chứa ký tự null.

1.12.Tên

Ngôn ngữ lập trình sử dụng tên để tham khảo tới các thực thể khác nhau dùng để tạo ra chương trình. Chúng ta cũng đã thấy các ví dụ của một loại các tên (nghĩa là tên biến) như thế. Các loại khác gồm: tên hàm, tên kiểu, và tên macro.

Sử dụng tên rất tiện lợi cho việc lập trình, nó cho phép lập trình viên tổ chức dữ liệu theo cách thức mà con người có thể hiểu được. Tên không được đưa vào mã có thể thực thi được tạo ra bởi trình biên dịch. Ví dụ, một biến temperature cuối cùng trở thành một vài byte bộ nhớ mà được tham khảo tới bởi các mã có thể thực thi thông qua địa chỉ của nó (không thông qua tên của nó).

C++ áp đặt những luật sau để xây dựng các tên hợp lệ (cũng được gọi là các **định danh**). Một tên chứa một hay nhiều ký tự, mỗi ký tự có thể là một chữ cái (nghĩa là, 'A'-'Z' và 'a'-'z'), một số (nghĩa là, '0'-'9'), hoặc một ký tự gạch dưới ('_'), ngoại trừ ký tự đầu tiên không thể là một số. Các ký tự viết hoa và viết thường là khác nhau.Ví dụ:

```
salary          // định danh hợp lệ
salary2         // định danh hợp lệ
2salary         // định danh không hợp lệ (bắt đầu với một số)
_salary         // định danh hợp lệ
Salary          // hợp lệ nhưng khác với salary
```

C++ không có giới hạn số ký tự của một định danh. Tuy nhiên, hầu hết thi công lại áp đặt sự giới hạn này nhưng thường đủ lớn để không gây bận tâm cho các lập trình viên (ví dụ 255 ký tự).

Một số từ được giữ bởi C++ cho một số mục đích riêng và không thể được dùng cho các định danh. Những từ này được gọi là **từ khóa** (keyword) và được tổng kết trong bảng 1.3:

Bảng 1.3 Các từ khóa C++.

asm	continue	float	new	signed	try
auto	default	for	operator	sizeof	typedef
break	delete	friend	private	static	union
case	do	goto	protected	struct	unsigned
catch	double	if	public	switch	virtual
char	else	inline	register	template	void
class	enum	int	return	this	volatile
const	extern	long	short	throw	while

Bài tập cuối chương 1

1.1 Viết chương trình cho phép nhập vào một số đo nhiệt độ theo độ Fahrenheit và xuất ra nhiệt độ tương đương của nó theo độ Celsius, sử dụng công thức chuyển đổi:

$$^\circ C = \frac{5}{9}(^\circ F - 32)$$

Biên dịch và chạy chương trình. Việc thực hiện của nó giống như thế này:

```
Nhiet do theo do Fahrenheit: 41
41 do Fahrenheit = 5 do Celsius
```

1.2 Hàng nào trong các hàng sau biểu diễn việc định nghĩa biến là không hợp lệ?

```
int    n = -100;
unsigned int i = -100;
signed int = 2.9;
long m = 2, p = 4;
int    2k;
double x = 2 * m;
float y = y * 2;
unsigned double z = 0.0;
double d = 0.67F;
float f = 0.52L;
signed char = -1786;
char c = '$' + 2;
sign char h = '\111';
```

```
char *name = "Peter Pan";
unsigned char *num = "276811";
```

1.3 Các định danh nào sau đây là không hợp lệ?

```
identifier
seven_11
_unique_
gross-income
gross$income
2by2
default
average_weight_of_a_large_pizza
variable
object.oriented
```

1.4 Định nghĩa các biến để biểu diễn các mục sau đây:

- Tuổi của một người.
- Thu nhập của một nhân viên.
- Số từ trong một từ điển.
- Một ký tự alphabet.
- Một thông điệp chúc mừng.

Chương 2. Biểu thức

Chương này giới thiệu các toán tử xây dựng sẵn cho việc soạn thảo các biểu thức. Một biểu thức là bất kỳ sự tính toán nào mà cho ra một giá trị.

Khi thảo luận về các biểu thức, chúng ta thường sử dụng thuật ngữ **ước lượng.** Ví dụ, chúng ta nói rằng một biểu thức ước lượng một giá trị nào đó. Thường thì giá trị sau cùng chỉ là lý do cho việc ước lượng biểu thức. Tuy nhiên, trong một vài trường hợp, biểu thức cũng có thể cho các kết quả phụ. Các kết quả này là sự thay đổi lâu dài trong trạng thái của chương trình. Trong trường hợp này, các biểu thức C++ thì khác với các biểu thức toán học.

C++ cung cấp các toán tử cho việc soạn thảo các biểu thức toán học, quan hệ, luận lý, trên bit, và điều kiện. Nó cũng cung cấp các toán tử cho ra các kết quả phụ hữu dụng như là gán, tăng, và giảm. Chúng ta sẽ xem xét lần lượt từng loại toán tử. Chúng ta cũng sẽ thảo luận về các luật ưu tiên mà ảnh hưởng đến thứ tự ước lượng của các toán tử trong một biểu thức có nhiều toán tử.

2.1. Toán tử toán học

C++ cung cấp 5 toán tử toán học cơ bản. Chúng được tổng kết trong Bảng 2.1.

Bảng 2.1 Các toán tử toán học.

Toán tử	Tên	Ví dụ
+	Cộng	12 + 4.9 // cho 16.9
-	Trừ	3.98 - 4 // cho -0.02
*	Nhân	2 * 3.4 // cho 6.8
/	Chia	9 / 2.0 // cho 4.5
%	Lấy phần dư	13 % 3 // cho 1

Ngoại trừ toán tử lấy phần dư (%) thì tất cả các toán tử toán học có thể chấp nhận pha trộn các toán hạng số nguyên và toán hạng số thực. Thông thường, nếu cả hai toán hạng là số nguyên sau đó kết quả sẽ là một số

nguyên. Tuy nhiên, một hoặc cả hai toán hạng là số thực thì sau đó kết quả sẽ là một số thực (real hay double).

Khi cả hai toán hạng của toán tử chia là số nguyên thì sau đó phép chia được thực hiện như là một phép chia số nguyên và không phải là phép chia thông thường mà chúng ta sử dụng. Phép chia số nguyên luôn cho kết quả nguyên (có nghĩa là luôn được làm tròn). Ví dụ:

```
9 / 2       // được 4, không phải là 4.5!
-9 / 2      // được -5, không phải là -4!
```

Các phép chia số nguyên không xác định thường là các lỗi lập trình chung. Để thu được một phép chia số thực khi cả hai toán hạng là số nguyên, bạn cần ép một trong hai số nguyên về số thực:

```
int     cost = 100;
int     volume = 80;
double  unitPrice = cost / (double) volume;     // được 1.25
```

Toán tử lấy phần dư (%) yêu cầu cả hai toán hạng là số nguyên. Nó trả về phần dư còn lại của phép chia. Ví dụ 13%3 được tính toán bằng cách chia số nguyên 13 đi 3 để được 4 và phần dư là 1; vì thế kết quả là 1.

Có thể có trường hợp một kết quả của một phép toán toán học quá lớn để lưu trữ trong một biến nào đó. Trường hợp này được gọi là **tràn**. Hậu quả của tràn là phụ thuộc vào máy vì thế nó không được định nghĩa.Ví dụ:

```
unsigned char   k = 10 * 92;        // tràn: 920 > 255
```

Chia một số cho 0 là hoàn toàn không đúng luật. Kết quả của phép chia này là một lỗi run-time gọi là lỗi *division-by-zero* thường làm cho chương trình kết thúc.

2.2. Toán tử quan hệ

C++ cung cấp 6 toán tử quan hệ để so sánh các số. Các toán tử này được tổng kết trong Bảng 2.2. Các toán tử quan hệ ước lượng về 1 (thay cho kết quả đúng) hoặc 0 (thay cho kết quả sai).

Bảng 2.2 Các toán tử quan hệ.

Toán tử	Tên	Ví dụ
==	So sánh bằng	5 == 5 // cho 1
!=	So sánh không bằng	5 != 5 // cho 0
<	So sánh hỏ hơn	5 < 5.5 // cho 1
<=	So sánh hỏ hơn hoặc bằng	5 <= 5 // cho 1
>	So sánh lớn hơn	5 > 5.5 // cho 0
>=	So sánh lớn hơn hoặc bằng	6.3 >= 5 // cho 1

Chú ý rằng các toán tử <= và >= chỉ được hỗ trợ trong hình thức hiển thị. Nói riêng cả hai =< và => đều không hợp lệ và không mang ý nghĩa gì cả.

Các toán hạng của một toán tử quan hệ phải ước lượng về một số. Các ký tự là các toán hạng hợp lệ vì chúng được đại diện bởi các giá trị số. Ví dụ (giả sử mã ASCII):

```
'A' < 'F'            // được 1 (giống như là 65 < 70)
```

Các toán tử quan hệ không nên được dùng để so sánh chuỗi bởi vì điều này sẽ dẫn đến các *địa chỉ* của chuỗi được so sánh chứ không phải là nội dung chuỗi. Ví dụ, biểu thức

```
"HELLO" < "BYE"
```

làm cho địa chỉ của chuỗi "HELLO" được so sánh với địa chỉ của chuỗi "BYE". Vì các địa chỉ này được xác định bởi trình biên dịch, kết quả có thể là 0 hoặc có thể là 1, cho nên chúng ta có thể nói kết quả là không được định nghĩa.

C++ cung cấp các thư viện hàm (ví dụ, strcmp) để thực hiện so sánh chuỗi.

2.3. Toán tử luận lý

C++ cung cấp ba toán tử luận lý cho việc kết nối các biểu thức luận lý. Các toán tử này được tổng kết trong Bảng 2.3. Giống như các toán tử quan hệ, các toán tử luận lý ước lượng tới 0 hoặc 1.

Bảng 2.3 Các toán tử luận lý.

Toán tử	Tên	Ví dụ
!	Phủ định luận lý	!(5 == 5) // được 0
&&	Và luận lý	5 < 6 && 6 < 6 // được 0
||	Hoặc luận lý	5 < 6 || 6 < 5 // được 1

Phủ định luận lý là một toán tử đơn hạng chỉ phủ định giá trị luận lý toán hạng đơn của nó. Nếu toán hạng của nó không là 0 thì được 0, và nếu nó là không thì được 1.

Và luận lý cho kết quả 0 nếu một hay cả hai toán hạng của nó ước lượng tới 0. Ngược lại, nó cho kết quả 1. Hoặc luận lý cho kết quả 0 nếu cả hai toán hạng của nó ước lượng tới 0. Ngược lại, nó cho kết quả 1.

Chú ý rằng ở đây chúng ta nói các toán hạng là 0 và khác 0. Nói chung, bất kỳ giá trị không là 0 nào có thể được dùng để đại diện cho đúng (true), trong khi chỉ có giá trị 0 là đại diện cho sai (false). Tuy nhiên, tất cả các hàng sau đây là các biểu thức luận lý hợp lệ:

```
!20                    // được 0
10 && 5                // được 1
10 || 5.5              // được 1
10 && 0                // được 0
```

C++ không có kiểu boolean xây dựng sẵn. Vì lẽ đó mà ta có thể sử dụng kiểu int cho mục đích này. Ví dụ:

```
int    sorted = 0;     // false
int    balanced = 1;   // true
```

2.4. Toán tử trên bit

C++ cung cấp 6 toán tử trên bit để điều khiển các bit riêng lẻ trong một số lượng số nguyên. Chúng được tổng kết trong Bảng 2.4.

Bảng 2.4 Các toán tử trên bit.

Toán tử	Tên	Ví dụ
~	Phủ định bit	~'\011' // được '\366'
&	Và bit	'\011' & '\027' // được '\001'
|	Hoặc bit	'\011' | '\027' // được '\037'
^	Hoặc exclusive bit	'\011' ^ '\027' // được '\036'
<<	Dịch trái bit	'\011' << 2 // được '\044'
>>	Dịch phải bit	'\011' >> 2 // được '\002'

Các toán tử trên bit mong đợi các toán hạng của chúng là các số nguyên và xem chúng như là một chuỗi các bit. *Phủ định bit* là một toán tử đơn hạng thực hiện đảo các bit trong toán hạng của nó. *Và bit* so sánh các bit tương ứng của các toán hạng của nó và cho kết quả là 1 khi cả hai bit là 1, ngược lại là 0. *Hoặc bit* so sánh các bit tương ứng của các toán hạng của nó và cho kết quả là 0 khi cả hai bit là 0, ngược lại là 1. *XOR bit* so sánh các bit tương ứng của các toán hạng của nó và cho kết quả 0 khi cả hai bit là 1 hoặc cả hai bit là 0, ngược lại là 1.

Cả hai toán tử *dịch trái bit* và *dịch phải bit* lấy một chuỗi bit làm toán hạng trái của chúng và một số nguyên dương *n* làm toán hạng phải. Toán tử dịch trái cho kết quả là một chuỗi bit sau khi thực hiện dịch *n* bit trong chuỗi bit của toán hạng trái về phía trái. Toán tử dịch phải cho kết quả là một chuỗi bit sau khi thực hiện dịch *n* bit trong chuỗi bit của toán hạng trái về phía phải. Các bit trống sau khi dịch được đặt tới 0.

Bảng 2.5 minh họa chuỗi các bit cho các toán hạng ví dụ và kết quả trong Bảng 2.4. Để tránh lo lắng về bit dấu (điều này phụ thuộc vào máy) thường thì khai báo chuỗi bit như là một số không dấu:

```
unsigned char x = '\011';
unsigned char y = '\027';
```

Bảng 2.5 Các bit được tính toán như thế nào.

Ví dụ	Giá trị cơ số 8	Chuỗi bit							
x	011	0	0	0	0	1	0	0	1
y	027	0	0	0	1	0	1	1	1
~x	366	1	1	1	1	0	1	1	0
x&y	001	0	0	0	0	0	0	0	1
x|y	037	0	0	0	1	1	1	1	1
x^y	036	0	0	0	1	1	1	1	0
x<<2	044	0	0	1	0	0	1	0	0
x>>2	002	0	0	0	0	0	0	1	0

2.5. Toán tử tăng/giảm

Các toán tử *tăng một* (++) và *giảm một* (--) cung cấp các tiện lợi tương ứng cho việc cộng thêm 1 vào một biến số hay trừ đi 1 từ một biến số. Các toán tử này được tổng kết trong Bảng 2.6. Các ví dụ giả sử đã định nghĩa biến sau:

```
int    k=5;
```

Bảng 2.6 Các toán tử tăng và giảm.

Toán tử	Tên	Ví dụ	
++	Tăng một (tiền tố)	++k+10	// được 16
++	Tăng một (hậu tố)	k+++10	// được 15
--	Giảm một (tiền tố)	--k+10	// được 14
--	Giảm một (hậu tố)	k--+10	// được 15

Cả hai toán tử có thể được sử dụng theo hình thức tiền tố hay hậu tố là hoàn toàn khác nhau. Khi được sử dụng theo hình thức tiền tố thì toán tử được áp dụng trước và kết quả sau đó được sử dụng trong biểu thức. Khi được sử dụng theo hình thức hậu tố thì biểu thức được ước lượng trước và sau đó toán tử được áp dụng.

Cả hai toán tử có thể được áp dụng cho biến nguyên cũng như là biến thực mặc dù trong thực tế thì các biến thực hiếm khi được dùng theo hình thức này.

2.6. Toán tử khởi tạo

Toán tử khởi tạo được sử dụng để lưu trữ một biến. Toán hạng trái nên là một giá trị trái và toán hạng phải có thể là một biểu thức bất kỳ. Biểu thức được ước lượng và kết quả được lưu trữ trong vị trí được chỉ định bởi giá trị trái.

Giá trị trái là bất kỳ thứ gì chỉ định rõ vị trí bộ nhớ lưu trữ một giá trị. Chỉ một loại của giá trị trái mà chúng ta được biết cho đến thời điểm này là

biến. Các loại khác của giá trị trái (dựa trên con trỏ và tham chiếu) sẽ được thảo luận sau.

Toán tử khởi tạo có một số biến thể thu được bằng cách kết nối nó với các toán tử toán học và các toán tử trên bit. Chúng được tổng kết trong Bảng 2.7. Các ví dụ giả sử rằng n là một biến số nguyên.

Bảng 2.7 Các toán tử khởi tạo.

Toán tử	Ví dụ	Tương đương với
=	n=25	
+=	n+=25	n=n+25
-=	n-=25	n=n-25
*=	n*=25	n=n*25
/=	n/=25	n=n/25
%=	n%=25	n=n%25
&=	n&=0xF2F2	n=n&0xF2F2
|=	n|=0xF2F2	n=n|0xF2F2
^=	n^=0xF2F2	n=n^0xF2F2
<<=	n<<=4	n=n<<4
>>=	n>>=4	n=n>>4

Phép toán khởi tạo chính nó là một biểu thức mà giá trị của nó là giá trị được lưu trong toán hạng trái của nó. Vì thế một phép toán khởi tạo có thể được sử dụng như là toán hạng phải của một phép toán khởi tạo khác. Bất kỳ số lượng khởi tạo nào có thể được kết nối theo cách này để hình thành một biểu thức. Ví dụ:

```
int m, n, p;
m=n=p=100;              // nghĩa là: n=(m=(p=100));
m=(n=p=100)+2; // nghĩa là: m=(n=(p=100))+2;
```

Việc này có thể ứng dụng tương tự cho các hình thức khởi tạo khác. Ví dụ:

```
m=100;
m+=n=p=10;              // nghĩa là: m=m+(n=p=10);
```

2.7. Toán tử điều kiện

Toán tử điều kiện yêu cầu 3 toán hạng. Hình thức chung của nó là:

toán hạng 1 ? *toán hạng 2* : *toán hạng 3*

Toán hạng đầu tiên được ước lượng và được xem như là một điều kiện. Nếu kết quả không là 0 thì toán hạng 2 được ước lượng và giá trị của nó là kết quả sau cùng. Ngược lại, toán hạng 3 được ước lượng và giá trị của nó là kết quả sau cùng. Ví dụ:

```
int m = 1, n = 2;
int min = (m < n ? m : n);          // min nhận giá trị 1
```

Chú ý rằng trong các toán hạng thứ 2 và toán hạng thứ 3 của toán tử điều kiện thì chỉ có một toán hạng được thực hiện. Điều này là quan trọng khi một hoặc cả hai chứa hiệu ứng phụ (nghĩa là, việc ước lượng của chúng làm chuyển đổi giá trị của biến). Ví dụ, với m=1 và n=2 thì trong

```
int min = (m < n ? m++ : n++);
```

m được tăng lên bởi vì m++ được ước lượng nhưng n không tăng vì n++ không được ước lượng.

Bởi vì chính phép toán điều kiện cũng là một biểu thức nên nó có thể được sử dụng như một toán hạng của phép toán điều kiện khác, có nghĩa là các biểu thức điều kiện có thể được lồng nhau. Ví dụ:

```
int m = 1, n = 2, p=3;
int min = (m < n  ? (m < p ? m : p)
                  : (n < p ? n : p));
```

2.8. Toán tử phẩy

Nhiều biểu thức có thể được kết nối vào cùng một biểu thức sử dụng toán tử phẩy. Toán tử phẩy yêu cầu 2 toán hạng. Đầu tiên nó ước lượng toán hạng trái sau đó là toán hạng phải, và trả về giá trị của toán hạng phải như là kết quả sau cùng. Ví dụ:

```
int m=1, n=2, min;
int mCount = 0, nCount = 0;
//...
min = (m < n ? mCount++, m : nCount++, n);
```

Ở đây khi m nhỏ hơn n, mCount++ được ước lượng và giá trị của m được lưu trong min. Ngược lại, nCount++ được ước lượng và giá trị của n được lưu trong min.

2.9. Toán tử lấy kích thước

C++ cung cấp toán tử hữu dụng, sizeof, để tính toán kích thước của bất kỳ hạng mục dữ liệu hay kiểu dữ liệu nào. Nó yêu cầu một toán hạng duy nhất có thể là tên kiểu (ví dụ, int) hay một biểu thức (ví dụ, 100) và trả về kích thước của những thực thể đã chỉ định theo byte. Kết quả hoàn toàn phụ thuộc vào máy. Danh sách 2.1 minh họa việc sử dụng toán tử sizeof cho các kiểu có sẵn mà chúng ta đã gặp cho đến thời điểm này.

Danh sách 2.1

```
1   #include <iostream.h>

2   int main (void)
3   {
4         cout << "char  size = " << sizeof(char) << " bytes\n";
5         cout << "char* size = " << sizeof(char*) << " bytes\n";
6         cout << "short size = " << sizeof(short) << " bytes\n";
7         cout << "int   size = " << sizeof(int) << " bytes\n";
8         cout << "long  size = " << sizeof(long) << " bytes\n";
9         cout << "float size = " << sizeof(float) << " bytes\n";
10        cout << "double size = " << sizeof(double) << " bytes\n";

11      cout << "1.55  size = " << sizeof(1.55) << " bytes\n";
12        cout << "1.55L size = " << sizeof(1.55L) << " bytes\n";
13        cout << "HELLO size = " << sizeof("HELLO") << " bytes\n";
14  }
```

Khi chạy, chương trình sẽ cho kết quả sau (trên máy tính cá nhân):

```
char  size = 1 bytes
char* size = 2 bytes
short size = 2 bytes
int   size = 2 bytes
long  size = 4 bytes
float size = 4 bytes
double size = 8 bytes
1.55  size = 8 bytes
1.55L size = 10 bytes
HELLO size = 6 bytes
```

2.10.Độ ưu tiên của các toán tử

Thứ tự mà các toán tử được ước lượng trong một biểu thức là rất quan trọng và được xác định theo các luật ưu tiên. Các luật này chia các toán tử C++ ra thành một số mức độ ưu tiên (xem Bảng 2.8). Các toán tử ở mức cao hơn sẽ có độ ưu tiên cao hơn các toán tử có độ ưu tiên thấp hơn.

Bảng 2.8 Độ ưu tiên của các toán tử.

Mức	Toán tử						Loại	Thứ tự
Cao nhất	::						Đơn hạng	Cả hai
	()	[]	->	.			Nhị hạng	Trái tới phải
	+ -	++ --	! ~	* &	new delete	sizeof ()	Đơn hạng	Phải tới trái
	->*	.*					Nhị hạng	Trái tới phải
	*	/	%				Nhị hạng	Trái tới phải
	+	-					Nhị hạng	Trái tới phải
	<<	>>					Nhị hạng	Trái tới phải
	<	<=	>	>=			Nhị hạng	Trái tới phải
	==	!=					Nhị hạng	Trái tới phải
	&						Nhị hạng	Trái tới phải

	^						Nhị hạng	Trái tới phải
	|						Nhị hạng	Trái tới phải
	&&						Nhị hạng	Trái tới phải
	||						Nhị hạng	Trái tới phải
	? :						Tam hạng	Trái tới phải
	=	+= -=	*= /=	^= %=	&= |=	<<= >>=	Nhị hạng	Phải tới trái
Thấp nhất	,						Nhị hạng	Trái tới phải

Ví dụ, trong biểu thức

```
a = b + c * d
```

c * d được ước lượng trước bởi vì toán tử * có độ ưu tiên cao hơn toán tử + và ==. Sau đó kết quả được cộng tới b bởi vì toán tử + có độ ưu tiên cao hơn toán tử ==, và sau đó == được ước lượng. Các luật ưu tiên có thể được cho quyền cao hơn thông qua việc sử dụng các dấu ngoặc. Ví dụ, viết lại biểu thức trên như sau

```
a = (b + c) * d
```

sẽ làm cho toán tử + được ước lượng trước toán tử *.

Các toán tử với cùng mức độ ưu tiên được ước lượng theo thứ tự được ước lượng trong cột cuối cùng trong Bảng 2.8. Ví dụ, trong biểu thức

```
a = b += c
```

thứ tự ước lượng là từ phải sang trái, vì thế b += c được ước lượng trước và kế đó là a = b.

2.11.Chuyển kiểu đơn giản

Một giá trị thuộc về những kiểu xây dựng sẵn mà chúng ta biết đến thời điểm này đều có thể được chuyển về bất kỳ một kiểu nào khác. Ví dụ:

```
(int) 3.14          // chuyển 3.14 sang int để được 3
(long) 3.14         // chuyển 3.14 sang long để được 3L
(double) 2          // chuyển 2 sang double để được 2.0
(char) 122          // chuyển 122 sang char có mã là 122
(unsigned short) 3.14   // được 3 như là một unsigned short
```

Như đã được trình bày trong các ví dụ, các định danh kiểu xây dựng sẵn có thể được sử dụng như **các toán tử kiểu**. Các toán tử kiểu là đơn hạng (nghĩa là chỉ có một toán hạng) và xuất hiện bên trong các dấu ngoặc về bên trái toán hạng của chúng. Điều này được gọi là **chuyển kiểu tường minh.** Khi tên kiểu chỉ là một từ thì có thể đặt dấu ngoặc xung quanh toán hạng:

```
int(3.14)           // như là: (int) 3.14
```

Trong một vài trường hợp, C++ cũng thực hiện **chuyển kiểu không tường minh**. Điều này xảy ra khi các giá trị của các kiểu khác nhau được trộn lẫn trong một biểu thức. Ví dụ:

```
double  d=1;            // d nhận 1.0
int     i=10.5;         // i nhận 10
i=i+d;                  // nghĩa là: i=int(double(i)+d)
```

Trong ví dụ cuối , i + d bao hàm các kiểu không hợp nhau, vì thế trước tiên i được chuyển thành double (*thăng cấp*) và sau đó được cộng vào d. Kết quả là double không hợp kiểu với i trên phía trái của phép gán, vì thế nó được chuyển thành int (*hạ cấp*) trước khi được gán cho i.

Luật trên đại diện cho một vài trường hợp chung đơn giản để chuyển kiểu. Các trường hợp phức tạp hơn sẽ được trình bày ở phần sau của giáo trình sau khi chúng ta thảo luận các kiểu dữ liệu khác.

Bài tập cuối chương 2

2.1 Viết các biểu thức sau đây:

- Kiểm tra một số *n* là chẵn hay không.
- Kiểm tra một ký tự *c* là một số hay không.
- Kiểm tra một ký tự *c* là một mẫu tự hay không.
- Thực hiện kiểm tra: *n* là lẽ và dương hoặc *n* chẵn và âm.
- Đặt lại k bit của một số nguyên *n* tới 0.
- Đặt k bit của một số nguyên *n* tới 1.
- Cho giá trị tuyệt đối của một số *n*.
- Cho số ký tự trong một chuỗi *s* được kết thúc bởi ký tự null.

2.2 Thêm các dấu ngoặc phụ vào các biểu thức sau để hiển thị rõ ràng thứ tự các toán tử được ước lượng:

```
(n <= p + q && n >= p - q || n == 0)
        (++n*q--/++p-q)
        (n|p&q^p<<2+q)
        (p<q?n<p?q*n-2:q/n+1:q-n)
```

2.3 Cho biết giá trị của mỗi biến sau đây sau khi khởi tạo nó:

```
double  d=2*int(3.14);
long    k=3.14-3;
char    c='a'+2;
char    c='p'+'A'-'a';
```

2.4 Viết một chương trình cho phép nhập vào một số nguyên dương *n* và xuất ra giá trị của *n* mũ 2 và 2 mũ *n*.

2.5 Viết một chương trình cho phép nhập ba số và xuất ra thông điệp Sorted nếu các số là tăng dần và xuất ra Not sorted trong trường hợp ngược lại.

Chương 3. Lệnh

Chương này giới thiệu các hình thức khác nhau của các câu lệnh C++ để soạn thảo chương trình. Các lệnh trình bày việc xây dựng các khối ở mức độ thấp nhất của một chương trình. Nói chung mỗi lệnh trình bày một bước tính toán có một tác động chính yếu. Bên cạnh đó cũng có thể có các tác động phụ khác. Các lệnh là hữu dụng vì tác dụng chính yếu mà nó gây ra, sự kết nối của các lệnh cho phép chương trình phục vụ một mục đích cụ thể (ví dụ, sắp xếp một danh sách các tên).

Một chương trình đang chạy dành toàn bộ thời gian để thực thi các câu lệnh. Thứ tự mà các câu lệnh được thực hiện được gọi là **dòng điều khiển** (flow control)**.** Thuật ngữ này phản ánh việc các câu lệnh đang thực thi hiện thời có *sự điều khiển* của CPU, khi CPU hoàn thành sẽ được chuyển giao tới một lệnh khác. Đặc trưng dòng điều khiển trong một chương trình là tuần tự, lệnh này đến lệnh kế, nhưng có thể chuyển hướng tới đường dẫn khác bởi các lệnh rẽ nhánh. Dòng điều khiển là một sự xem xét trọng yếu bởi vì nó quyết định lệnh nào được thực thi và lệnh nào không được thực thi trong quá trình chạy, vì thế làm ảnh hưởng đến kết quả toàn bộ của chương trình.

Giống nhiều ngôn ngữ thủ tục khác, C++ cung cấp những hình thức khác nhau cho các mục đích khác nhau. Các lệnh khai báo được sử dụng cho định nghĩa các biến. Các lệnh như gán được sử dụng cho các tính toán đại số đơn giản. Các lệnh rẽ nhánh được sử dụng để chỉ định đường dẫn của việc thực thi phụ thuộc vào kết quả của một điều kiện luận lý. Các lệnh lặp được sử dụng để chỉ định các tính toán cần được lặp cho tới khi một điều kiện luận lý nào đó được thỏa. Các lệnh điều khiển được sử dụng để làm chuyển đường dẫn thực thi tới một đường dẫn khác của chương trình. Chúng ta sẽ lần lượt thảo luận tất cả những vấn đề này.

3.1. Lệnh đơn và lệnh phức

Lệnh đơn là một sự tính toán được kết thúc bằng dấu chấm phẩy. Các định nghĩa biến và các biểu thức được kết thúc bằng dấu chấm phẩy như trong ví dụ sau:

```
int     i;                      // lệnh khai báo
++i;                            // lệnh này có một tác động chính yếu
double d = 10.5;        // lệnh khai báo
d + 5;                  // lệnh không hữu dụng
```

Ví dụ cuối trình bày một lệnh không hữu dụng bởi vì nó không có tác động chính yếu (d được cộng với 5 và kết quả bị vứt bỏ).

Lệnh đơn giản nhất là lệnh rỗng chỉ gồm dấu chấm phẩy mà thôi.

```
;               // lệnh rỗng
```

Mặc dầu lệnh rỗng không có tác động chính yếu nhưng nó có một vài việc dùng xác thật.

Nhiều lệnh đơn có thể kết nối lại thành một **lệnh phức** bằng cách rào chúng bên trong các dấu ngoặc xoắn. Ví dụ:

```
{ int min, i = 10, j = 20;
 min = (i < j ? i : j);
 cout << min << '\n';
}
```

Bởi vì một lệnh phức có thể chứa các định nghĩa biến và định nghĩa một phạm vi cho chúng, nó cũng được gọi **một khối**. Phạm vi của một biến C++ được giới hạn bên trong khối trực tiếp chứa nó. Các khối và các luật phạm vi sẽ được mô tả chi tiết hơn khi chúng ta thảo luận về hàm trong chương kế.

3.2. Lệnh if

Đôi khi chúng ta muốn làm cho sự thực thi một lệnh phụ thuộc vào một điều kiện nào đó cần được thỏa. Lệnh if cung cấp cách để thực hiện công việc này, hình thức chung của lệnh này là:

if (*biểu thức*)
    lệnh;

Trước tiên *biểu thức* được ước lượng. Nếu kết quả khác 0 (đúng) thì sau đó *lệnh* được thực thi. Ngược lại, không làm gì cả.

Ví dụ, khi chia hai giá trị chúng ta muốn kiểm tra rằng mẫu số có khác 0 hay không.

```
if (count != 0)
```

```
average = sum / count;
```

Để làm cho nhiều lệnh phụ thuộc trên cùng điều kiện chúng ta có thể sử dụng lệnh phức:

```
if (balance > 0) {
    interest = balance * creditRate;
    balance += interest;
}
```

Một hình thức khác của lệnh if cho phép chúng ta chọn một trong hai lệnh: một lệnh được thực thi nếu như điều kiện được thỏa và lệnh còn lại được thực hiện nếu như điều kiện không thỏa. Hình thức này được gọi là lệnh if-else và có hình thức chung là:

```
if (biểu thức)
    lệnh 1;
else
    lệnh 2;
```

Trước tiên *biểu thức* được ước lượng. Nếu kết quả khác 0 thì *lệnh 1* được thực thi. Ngược lại, *lệnh 2* được thực thi.

Ví dụ:

```
if (balance > 0) {
    interest = balance * creditRate;
    balance += interest;
} else {
    interest = balance * debitRate;
    balance += interest;
}
```

Trong cả hai phần có sự giống nhau ở lệnh balance += interest vì thế toàn bộ câu lệnh có thể viết lại như sau:

```
if (balance > 0)
    interest = balance * creditRate;
else
    interest = balance * debitRate;
balance += interest;
```

Hoặc đơn giản hơn bằng việc sử dụng biểu thức điều kiện:

```
interest = balance * (balance > 0 ? creditRate : debitRate);
balance += interest;
```

Hoặc chỉ là:

```
balance += balance * (balance > 0 ? creditRate : debitRate);
```

Các lệnh if có thể được lồng nhau bằng cách để cho một lệnh if xuất hiện bên trong một lệnh if khác. Ví dụ:

```
if (callHour > 6) {
        if (callDuration <= 5)
                charge = callDuration * tarrif1;
        else
                charge = 5 * tarrif1 + (callDuration - 5) * tarrif2;
} else
        charge = flatFee;
```

Một hình thức được sử dụng thường xuyên của những lệnh if lồng nhau liên quan đến phần else gồm có một lệnh if-else khác. Ví dụ:

```
if (ch >= '0' && ch <= '9')
        kind = digit;
else {
        if (ch >= 'A' && ch <= 'Z')
                kind = upperLetter;
        else {
                if (ch >= 'a' && ch <= 'z')
                        kind = lowerLetter;
                else
                        kind = special;
        }
}
```

Để cho dễ đọc có thể sử dụng hình thức sau:

```
if (ch >= '0' && ch <= '9')
        kind = digit;
else if (ch >= 'A' && ch <= 'Z')
        kind = capitalLetter;
else if (ch >= 'a' && ch <= 'z')
        kind = smallLetter;
else
        kind = special;
```

3.3. Lệnh switch

Lệnh switch cung cấp phương thức lựa chọn giữa một tập các khả năng dựa trên giá trị của biểu thức. Hình thức chung của câu lệnh switch là:

```
switch (biểu thức) {
    case hằng 1:
        các lệnh;
    ...
    case hằng n:
        các lệnh;
    default:
        các lệnh;
}
```

Biểu thức (gọi là thẻ switch) được ước lượng trước tiên và kết quả được so sánh với mỗi hằng số (gọi là các nhãn) theo thứ tự chúng xuất hiện cho đến khi một so khớp được tìm thấy. *Lệnh* ngay sau khi so khớp được thực hiện

sau đó. Chú ý số nhiều: mỗi case có thể được theo sau bởi không hay nhiều lệnh (không chỉ là một lệnh). Việc thực thi tiếp tục cho tới khi hoặc là bắt gặp một lệnh break hoặc tất cả các lệnh xen vào đến cuối lệnh switch được thực hiện.Trường hợp default ở cuối cùng là một tùy chọn và được thực hiện nếu như tất cả các case trước đó không được so khớp.

Ví dụ, chúng ta phải phân tích cú pháp một phép toán toán học nhị hạng thành ba thành phần của nó và phải lưu trữ chúng vào các biến operator, operand1, và operand2. Lệnh switch sau thực hiện phép toán và lưu trữ kết quả vào result.

```
switch (operator) {
    case '+':   result = operand1 + operand2;
                break;
    case '-':   result = operand1 - operand2;
                break;
    case '*':   result = operand1 * operand2;
                break;
    case '/':   result = operand1 / operand2;
                break;
    default:    cout << "unknown operator: " << operator << '\n';
                break;
}
```

Như đã được minh họa trong ví dụ, chúng ta cần thiết chèn một lệnh break ở cuối mỗi case. Lệnh break ngắt câu lệnh switch bằng cách nhảy đến điểm kết thúc của lệnh này. Ví dụ, nếu chúng ta mở rộng lệnh trên để cho phép x cũng có thể được sử dụng như là toán tử nhân, chúng ta sẽ có:

```
switch (operator) {
    case '+':   result = operand1 + operand2;
                break;
    case '-':   result = operand1 - operand2;
                break;
    case 'x':
    case '*':   result = operand1 * operand2;
                break;
    case '/':   result = operand1 / operand2;
                break;
    default:    cout << "unknown operator: " << operator << '\n';
                break;
}
```

Bởi vì case 'x' không có lệnh break nên khi case này được thỏa thì sự thực thi tiếp tục thực hiện các lệnh trong case kế tiếp và phép nhân được thi hành.

Chúng ta có thể quan sát rằng bất kỳ lệnh switch nào cũng có thể được viết như nhiều câu lệnh if-else. Ví dụ, lệnh trên có thể được viết như sau:

```
if (operator == '+')
        result = operand1 + operand2;
else if (operator == '-')
        result = operand1 - operand2;
else if (operator == 'x' || operator == '*')
        result = operand1 * operand2;
else if (operator == '/')
        result = operand1 / operand2;
else
        cout << "unknown operator: " << ch << '\n';
```

người ta có thể cho rằng phiên bản switch là rõ ràng hơn trong trường hợp này. Tiếp cận if-else nên được dành riêng cho tình huống mà trong đó switch không thể làm được công việc (ví dụ, khi các điều kiện là phức tạp không thể đơn giản thành các đẳng thức toán học hay khi các nhãn cho các case không là các hằng số).

3.4. Lệnh while

Lệnh while (cũng được gọi là **vòng lặp while**) cung cấp phương thức lặp một lệnh cho tới khi một điều kiện được thỏa. Hình thức chung của lệnh lặp là:

```
while (biểu thức)
    lệnh;
```

Biểu thức (cũng được gọi là **điều kiện lặp**) được ước lượng trước tiên. Nếu kết quả khác 0 thì sau đó *lệnh* (cũng được gọi là **thân vòng** lặp) được thực hiện và toàn bộ quá trình được lặp lại. Ngược lại, vòng lặp được kết thúc.

Ví dụ, chúng ta muốn tính tổng của tất cả các số nguyên từ 1 tới n. Điều này có thể được diễn giải như sau:

```
i = 1;
sum = 0;
while (i <= n){
        sum += i;
        i++;
}
```

Trường hợp n là 5, Bảng 3.1 cung cấp bảng phát họa vòng lặp bằng cách liệt kê các giá trị của các biến có liên quan và điều kiện lặp.

Bảng 3.1 **Vết của vòng lặp while.**

Vòng lặp	i	n	i <= n	sum += i++
Một	1	5	1	1
Hai	2	5	1	3
Ba	3	5	1	6
Bốn	4	5	1	10
Năm	5	5	1	15
Sáu	6	5	0	

Đôi khi chúng ta có thể gặp vòng lặp while có thân rỗng (nghĩa là một câu lệnh null). Ví dụ vòng lặp sau đặt n tới thừa số lẻ lớn nhất của nó.

```
while (n % 2 == 0 && n /= 2)    ;
```

Ở đây điều kiện lặp cung cấp tất cả các tính toán cần thiết vì thế không thật sự cần một thân cho vòng lặp. Điều kiện vòng lặp không những kiểm tra n là chẵn hay không mà nó còn chia n cho 2 và chắc chắn rằng vòng lặp sẽ dừng.

3.5. Lệnh do - while

Lệnh do (cũng được gọi là **vòng lặp do**) thì tương tự như lệnh while ngoại trừ thân của nó được thực thi trước tiên và sau đó điều kiện vòng lặp mới được kiểm tra. Hình thức chung của lệnh do là:

```
do
    lệnh;
while (biểu thức);
```

Lệnh được thực thi trước tiên và sau đó *biểu thức* được ước lượng. Nếu kết quả của biểu thức khác 0 thì sau đó toàn bộ quá trình được lặp lại. Ngược lại thì vòng lặp kết thúc.

Vòng lặp do ít được sử dụng thường xuyên hơn vòng lặp while. Nó hữu dụng trong những trường hợp khi chúng ta cần thân vòng lặp thực hiện ít nhất một lần mà không quan tâm đến điều kiện lặp. Ví dụ, giả sử chúng ta muốn thực hiện lặp đi lặp lại công việc đọc một giá trị và in bình phương của nó, và dừng khi giá trị là 0. Điều này có thể được diễn giải trong vòng lặp sau đây:

```
do {
    cin >> n;
    cout << n * n << '\n';
} while (n != 0);
```

Không giống như vòng lặp while, vòng lặp do ít khi được sử dụng trong những tình huống mà nó có một thân rỗng. Mặc dù vòng lặp do với thân rỗng có thể là tương đương với một vòng lặp while tương tự nhưng vòng lặp while thì luôn dễ đọc hơn.

3.6. Lệnh for

Lệnh for (cũng được gọi là **vòng lặp for**) thì tương tự như vòng lặp while nhưng có hai thành phần thêm vào: một biểu thức được ước lượng chỉ một lần trước hết và một biểu thức được ước lượng mỗi lần ở cuối mỗi lần lặp. Hình thức tổng quát của lệnh for là:

```
for (biểu thức1;  biểu thức2;  biểu thức3)
    lệnh;
```

Biểu thức$_1$ (thường được gọi là biểu thức khởi tạo) được ước lượng trước tiên. Mỗi vòng lặp *biểu thức*$_2$ được ước lượng. Nếu kết quả không là 0 (đúng) thì sau đó *lệnh* được thực thi và *biểu thức*$_3$ được ước lượng. Ngược lại, vòng lặp kết thúc. Vòng lặp for tổng quát thì tương đương với vòng lặp while sau:

```
biểu thức1;
while (biểu thức 2) {
    lệnh;
    biểu thức 3;
}
```

Vòng lặp for thường được sử dụng trong các trường hợp mà có một biến được tăng hay giảm ở mỗi lần lặp. Ví dụ, vòng lặp for sau tính toán tổng của tất cả các số nguyên từ 1 tới n.

```
sum = 0;
for (i = 1; i <= n; ++i)
    sum += i;
```

Điều này được ưa chuộng hơn phiên bản của vòng lặp while mà chúng ta thấy trước đó. Trong ví dụ này i thường được gọi là **biến lặp**.

C++ cho phép biểu thức đầu tiên trong vòng lặp for là một định nghĩa biến. Ví dụ trong vòng lặp trên thì i có thể được định nghĩa bên trong vòng lặp:

```
for (int i = 1; i <= n; ++i)
    sum += i;
```

Trái với sự xuất hiện, phạm vi của i không ở trong thân của vòng lặp mà là chính vòng lặp. Xét trên phạm vi thì ở trên tương đương với:

```
int i;
for (i = 1; i <= n; ++i)
    sum += i;
```

Bất kỳ biểu thức nào trong 3 biểu thức của vòng lặp for có thể rỗng. Ví dụ, xóa biểu thức đầu và biểu thức cuối cho chúng ta dạng giống như vòng lặp while:

```
for (; i != 0;)          // tương đương với:  while (i != 0)
    something;           //                       something;
```

Xóa tất cả các biểu thức cho chúng ta một vòng lặp vô hạn. Điều kiện của vòng lặp này được giả sử luôn luôn là đúng.

```
for (;;)                 // vòng lặp vô hạn
    something;
```

Trường hợp vòng lặp với nhiều biến lặp thì hiếm dùng. Trong những trường hợp như thế, toán tử phẩy (,) được sử dụng để phân cách các biểu thức của chúng:

```
for (i = 0, j = 0; i + j < n; ++i, ++j)
    something;
```

Bởi vì các vòng lặp là các lệnh nên chúng có thể xuất hiện bên trong các vòng lặp khác. Nói các khác, các vòng lặp có thể lồng nhau. Ví dụ,

```
for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    for (int j = 1; j <= 3; ++j)
        cout << '(' << i << ',' << j << ")\n";
```

cho tích số của tập hợp {1,2,3} với chính nó, kết quả như sau:

```
(1,1)
(1,2)
(1,3)
(2,1)
(2,2)
(2,3)
(3,1)
(3,2)
(3,3)
```

3.7. Lệnh continue

Lệnh continue dừng lần lặp hiện tại của một vòng lặp và nhảy tới lần lặp kế tiếp. Nó áp dụng tức thì cho vòng lặp gần với lệnh continue. Sử dụng lệnh continue bên ngoài vòng lặp là lỗi.

Trong vòng lặp while và vòng lặp do-while, vòng lặp kế tiếp mở đầu từ điều kiện lặp. Trong vòng lặp for, lần lặp kế tiếp khởi đầu từ biểu thức thứ ba của vòng lặp. Ví dụ, một vòng lặp thực hiện đọc một số, xử lý nó nhưng bỏ qua những số âm, và dừng khi số là 0, có thể diễn giải như sau:

```
do {
    cin >> num;
    if (num < 0) continue;
    // xử lý số ở đây …
} while (num != 0);
```

Điều này tương đương với:

```
do {
    cin >> num;
    if (num >= 0) {
        // xử lý số ở đây …
    }
} while (num != 0);
```

Một biến thể của vòng lặp này để đọc chính xác một số *n* lần (hơn là cho tới khi số đó là 0) có thể được diễn giải như sau:

```
for (i = 0; i < n; ++i) {
    cin >> num;
    if (num < 0) continue;          // làm cho nhảy tới: ++i
    // xử lý số ở đây …
}
```

Khi lệnh continue xuất hiện bên trong vòng lặp được lồng vào thì nó áp dụng trực tiếp lên vòng lặp gần nó chứ không áp dụng cho vòng lặp bên ngoài. Ví dụ, trong một tập các vòng lặp được lồng nhau sau đây, lệnh continue áp dụng cho vòng lặp for và không áp dụng cho vòng lặp while:

```
while (more) {
    for (i = 0; i < n; ++i) {
        cin >> num;
        if (num < 0) continue;          // làm cho nhảy tới: ++i
        // process num here...
    }
    //etc...
}
```

3.8. Lệnh break

Lệnh break có thể xuất hiện bên trong vòng lặp (while, do, hay for) hoặc một lệnh switch. Nó gây ra bước nhảy ra bên ngoài những lệnh này và vì thế kết thúc chúng. Giống như lệnh continue, lệnh break chỉ áp dụng cho vòng lặp hoặc lệnh switch gần nó. Sử dụng lệnh break bên ngoài vòng lặp hay lệnh switch là lỗi.

Ví dụ, chúng ta đọc vào một mật khẩu người dùng nhưng không cho phép một số hữu hạn lần thử:

```
for (i = 0; i < attempts; ++i) {
    cout << "Please enter your password: ";
    cin >> password;
    if (Verify(password))   // kiểm tra mật khẩu đúng hay sai
        break;              // thoát khỏi vòng lặp
    cout << "Incorrect!\n";
}
```

Ở đây chúng ta phải giả sử rằng có một hàm được gọi Verify để kiểm tra một mật khẩu và trả về true nếu như mật khẩu đúng và ngược lại là false.

Chúng ta có thể viết lại vòng lặp mà không cần lệnh break bằng cách sử dụng một biến luận lý được thêm vào (verified) và thêm nó vào điều kiện vòng lặp:

```
verified = 0;
for (i = 0; i < attempts && !verified; ++i) {
```

```
        cout << "Please enter your password: ";
        cin >> password;
        verified = Verify(password));
        if (!verified)
            cout << "Incorrect!\n";
    }
```

Người ta cho rằng phiên bản của break thì đơn giản hơn nên thường được ưa chuộng hơn.

3.9. Lệnh goto

Lệnh goto cung cấp mức thấp nhất cho việc nhảy. Nó có hình thức chung là:

goto *nhãn*;

trong đó *nhãn* là một định danh được dùng để đánh dấu đích cần nhảy tới. Nhãn cần được theo sau bởi một dấu hai chấm (:) và xuất hiện trước một lệnh bên trong hàm như chính lệnh goto.

Ví dụ, vai trò của lệnh break trong vòng lặp for trong phần trước có thể viết lại bởi một lệnh goto.

```
    for (i = 0; i < attempts; ++i) {
        cout << "Please enter your password: ";
        cin >> password;
        if (Verify(password))   // check password for correctness
            goto out;                   // drop out of the loop
        cout << "Incorrect!\n";
    }
out:
    //etc...
```

Bởi vì lệnh goto cung cấp một hình thức nhảy tự do không có cấu trúc (không giống như lệnh break và continue) nên dễ làm gãy đổ chương trình. Phần lớn các lập trình viên ngày nay tránh sử dụng nó để làm cho chương trình rõ ràng. Tuy nhiên, goto có một vài (dù cho hiếm) sử dụng chính đáng. Vì sự phức tạp của những trường hợp như thế mà việc cung cấp những ví dụ được trình bày ở những phần sau.

3.10.Lệnh return

Lệnh return cho phép một hàm trả về một giá trị cho thành phần gọi nó. Nó có hình thức tổng quát:

return *biểu thức*;

trong đó *biểu thức* chỉ rõ giá trị được trả về bởi hàm. Kiểu của giá trị này nên hợp với kiểu của hàm. Trường hợp kiểu trả về của hàm là void, *biểu thức* nên rỗng:

```
return;
```

Hàm mà được chúng ta thảo luận đến thời điểm này chỉ có hàm main, kiểu trả về của nó là kiểu int. Giá trị trả về của hàm main là những gì mà chương trình trả về cho hệ điều hành khi nó hoàn tất việc thực thi. Chẳng hạn dưới UNIX qui ước là trả về 0 từ hàm main khi chương trình thực thi không có lỗi. Ngược lại, một mã lỗi khác 0 được trả về. Ví dụ:

```
int main (void)
{
        cout << "Hello World\n";
        return 0;
}
```

Khi một hàm có giá trị trả về không là void (như trong ví dụ trên), nếu không trả về một giá trị sẽ mang lại một cảnh báo trình biên dịch. Giá trị trả về thực sự sẽ không được định nghĩa trong trường hợp này (nghĩa là, nó sẽ là bất cứ giá trị nào được giữ trong vị trí bộ nhớ tương ứng của nó tại thời điểm đó).

Bài tập cuối chương 3

3.1 Viết chương trình nhập vào chiều cao (theo centimet) và trọng lượng (theo kilogram) của một người và xuất một trong những thông điệp: underweight, normal, hoặc overweight, sử dụng điều kiện:

Underweight:	weight < height/2.5
Normal:	height/2.5 <= weight <= height/2.3
Overweight:	height/2.3 < weight

3.2 Giả sử rằng n là 20, đoạn mã sau sẽ xuất ra cái gì khi nó được thực thi?

```
if (n >= 0)
        if (n < 10)
                cout << "n is small\n";
else
        cout << "n is negative\n";
```

3.3 Viết chương trình nhập một ngày theo định dạng dd/mm/yy và xuất nó theo định dạng month dd, year. Ví dụ, 25/12/61 trở thành:

```
Thang muoi hai 25, 1961
```

3.4 Viết chương trình nhập vào một giá trị số nguyên, kiểm tra nó là dương hay không và xuất ra giai thừa của nó, sử dụng công thức:

giaithua (*0*) = 1
giaithua (*n*) = *n* × *giaithua* (*n*-1)

3.5 Viết chương trình nhập vào một số cơ số 8 và xuất ra số thập phân tương đương. Ví dụ sau minh họa các công việc thực hiện của chương trình theo mong đợi:

```
Nhap vao so bat phan: 214
BatPhan(214) = ThapPhan(140)
```

3.6 Viết chương trình cung cấp một bảng cửu chương đơn giản của định dạng sau cho các số nguyên từ 1 tới 9:

```
1 x 1 = 1
1 x 2 = 2
...
9 x 9 = 81
```

Chương 4. Hàm

Chương này mô tả những hàm do người dùng định nghĩa như là một trong những khối chương trình C++. Hàm cung cấp một phương thức để đóng gói quá trình tính toán một cách dễ dàng để được sử dụng khi cần. **Định nghĩa hàm** gồm hai phần: giao diện và thân.

Phần giao diện hàm (cũng được gọi là **khai báo hàm**) đặc tả hàm có thể được sử dụng như thế nào. Nó gồm ba phần:

- **Tên hàm**. Đây chỉ là một định danh duy nhất.
- **Các tham số của hàm**. Đây là một tập của không hay nhiều định danh đã định kiểu được sử dụng để truyền các giá trị tới và từ hàm.
- **Kiểu trả về của hàm**. Kiểu trả về của hàm đặc tả cho kiểu của giá trị mà hàm trả về. Hàm không trả về bất kỳ kiểu nào thì nên trả về kiểu void.

Phần thân hàm chứa đựng các bước tính toán (các lệnh).

Sử dụng một hàm liên quan đến việc gọi nó. Một **lời gọi hàm** gồm có tên hàm, theo sau là cặp dấu ngoặc đơn '()', bên trong cặp dấu ngoặc là không, một hay nhiều **đối số** được tách biệt nhau bằng dấu phẩy. Số các đối số phải khớp với số các tham số của hàm. Mỗi đối số là một biểu thức mà kiểu của nó phải khớp với kiểu của tham số tương ứng trong khai báo hàm.

Khi lời gọi hàm được thực thi, các đối số được ước lượng trước tiên và các giá trị kết quả của chúng được gán tới các tham số tương ứng. Sau đó thân hàm được thực hiện. Cuối cùng giá trị trả về của hàm được truyền tới thành phần gọi hàm.

Vì một lời gọi tới một hàm mà kiểu trả về không là void sẽ mang lại một giá trị trả về nên lời gọi là một biểu thức và có thể được sử dụng trong các biểu thức khác. Ngược lại một lời gọi tới một hàm mà kiểu trả về của nó là void thì lời gọi là một lệnh.

4.1. Hàm đơn giản

Danh sách 4.1 trình bày định nghĩa của một hàm đơn giản để tính lũy thừa của một số nguyên.

Danh sách 4.1

```
1  int Power (int base, unsigned int exponent)
2  {
3      int    result = 1;

4      for (int i = 0; i < exponent; ++i)
5          result *= base;
6      return result;
7  }
```

Chú giải

1 Dòng này định nghĩa giao diện hàm. Nó bắt đầu với kiểu trả về của hàm (là int trong trường hợp này). Kế tiếp là tên hàm, theo sau là danh sách các tham số. Power có hai tham số (base và exponent) thuộc kiểu int và unsigned int tương ứng. Chú ý là cú pháp cho các tham số là tương tự như cú pháp cho định nghĩa biến: định danh kiểu được theo sau bởi tên tham số. Tuy nhiên, không thể theo sau định danh kiểu với nhiều tham số phân cách bởi dấu phẩy:

```
int Power (int base, exponent)      // Sai!
```

2 Dấu ngoặc này đánh dấu điểm bắt đầu của thân hàm.

3 Dòng này là định nghĩa một **biến cục bộ**.

4-5 Vòng lặp for này tăng cơ số base lên lũy thừa của exponent và lưu trữ kết quả vào trong result.

6 Hàng này trả result về như là kết quả của hàm.

7 Dấu ngoặc này đánh dấu điểm kết thúc của thân hàm.

Danh sách 4.2 minh họa hàm được gọi như thế nào. Tác động của lời gọi hàm này là đầu tiên các giá trị 2 và 8 tương ứng được gán cho các tham số base va exponent, và sau đó thân hàm được ước lượng.

Danh sách 4.2

```
1  #include <iostream.h>

2  main (void)
3  {
4      cout << "2 ^ 8 = " << Power(2,8) << '\n';
5  }
```

Khi chạy chương trình này xuất ra kết quả sau:

```
2 ^ 8 = 256
```

Nói chung, một hàm phải được khai báo trước khi sử dụng nó. **Khai báo hàm** (function declaration) đơn giản gồm có mẫu ban đầu của hàm gọi là nguyên mẫu hàm (function prototype) chỉ định tên hàm, các kiểu tham số, và kiểu trả về. Hàng 2 trong Danh sách 4.3 trình bày hàm Power có thể được khai báo như thế nào cho chương trình trên. Nhưng một hàm cũng có thể được khai báo mà không cần tên các tham số của nó,

```
int Power (int, unsigned int);
```

tuy nhiên chúng ta không nên làm điều đó trừ phi vai trò của các tham số là rõ ràng.

Danh sách 4.3

```
1  #include <iostream.h>
2  int Power (int base, unsigned int exponent);    // khai bao ham
3  main (void)
4  {
5        cout << "2 ^ 8 = " << Power(2,8) << '\n';
6  }
7  int Power (int base, unsigned int exponent)
8  {
9        int    result = 1;
10       for (int i = 0; i < exponent; ++i)
11             result *= base;
12       return result;
13 }
```

Bởi vì một định nghĩa hàm chứa đựng một nguyên mẫu (prototype) nên nó cũng được xem như là một khai báo. Vì thế nếu định nghĩa của một hàm xuất hiện trước khi sử dụng nó thì không cần khai báo thêm vào. Tuy nhiên việc sử dụng các nguyên mẫu hàm là khuyến khích cho mọi trường hợp. Tập hợp của nhiều hàm vào một tập tin header riêng biệt cho phép những lập trình viên khác truy xuất nhanh chóng tới các hàm mà không cần phải đọc toàn bộ các định nghĩa của chúng.

4.2. Tham số và đối số

C++ hỗ trợ hai kiểu tham số: giá trị và tham chiếu. **Tham số giá trị** nhận một sao chép giá trị của đối số được truyền tới nó. Kết quả là, nếu hàm có bất kỳ chuyển đổi nào tới tham số thì vẫn không tác động đến đối số. Ví dụ, trong

```
#include <iostream.h>

void Foo (int num)
{
      num = 0;
```

```
    cout << "num = " << num << '\n';
}

int main (void)
{
    int x = 10;

    Foo(x);
    cout << "x = " << x << '\n';
    return 0;
}
```

thì tham số duy nhất của hàm Foo là một tham số giá trị. Đến lúc mà hàm này được thực thi thì num được sử dụng như là một biến cục bộ bên trong hàm. Khi hàm được gọi và x được truyền tới nó, num nhận một sao chép giá trị của x. Kết quả là mặc dù num được đặt về 0 bởi hàm nhưng vẫn không có gì tác động lên x. Chương trình cho kết quả như sau:

```
num = 0;
x = 10;
```

Trái lại, **tham số tham chiếu** nhận các đối số được truyền tới nó và làm trực tiếp trên đối số đó. Bất kỳ chuyển đổi nào được tạo ra bởi hàm tới tham số tham chiếu đều tác động trực tiếp lên đối số.

Bên trong ngữ cảnh của các lời gọi hàm, hai kiểu truyền đối số tương ứng được gọi là **truyền-bằng-giá trị** và **truyền-bằng-tham chiếu**. Thật là hoàn toàn hợp lệ cho một hàm truyền-bằng-giá trị đối với một vài tham số và truyền-bằng-tham chiếu cho một vài tham số khác. Trong thực tế thì truyền-bằng-giá trị thường được sử dụng nhiều hơn.

4.3. Phạm vi cục bộ và toàn cục

Mọi thứ được định nghĩa ở mức phạm vi chương trình (nghĩa là bên ngoài các hàm và các lớp) được hiểu là có một **phạm vi toàn cục** (global scope). Các hàm ví dụ mà chúng ta đã thấy cho đến thời điểm này đều có một phạm vi toàn cục. Các biến cũng có thể định nghĩa ở phạm vi toàn cục:

```
int year = 1994;                // biến toàn cục
int Max (int, int);         // hàm toàn cục
int main (void)                 // hàm toàn cục
{
    //...
}
```

Các biến toàn cục không được khởi tạo, sẽ được khởi tạo tự động là 0.

Vì các đầu vào toàn cục là có thể thấy được ở mức chương trình nên chúng cũng phải là duy nhất ở mức chương trình. Điều này nghĩa là cùng các biến hoặc hàm toàn cục có thể không được định nghĩa nhiều hơn một lần ở

mức toàn cục. (Tuy nhiên chúng ta sẽ thấy sau này một tên hàm có thể được sử dụng lại). Thông thường các biến hay hàm toàn cục có thể được truy xuất từ mọi nơi trong chương trình.

Mỗi khối trong một chương trình định nghĩa một **phạm vi cục bộ**. Thật vậy, thân của một hàm trình bày một phạm vi cục bộ. Các tham số của một hàm có cùng phạm vi như là thân hàm. Các biến được định nghĩa ở bên trong một phạm vi cục bộ có thể nhìn thấy tới chỉ phạm vi đó. Do đó một biến chỉ cần là duy nhất ở trong phạm vi của chính nó. Các phạm vi cục bộ cí thể lồng nhau, trong trường hợp này các phạm vi bên trong chồng lên các phạm vi bên ngoài. Ví dụ trong

```
int xyz;                        // xyz là toàn cục
void Foo (int xyz)              // xyz là cục bộ cho thân của Foo
{
    if (xyz > 0) {
        double xyz;             // xyz là cục bộ cho khối này
        //...
    }
}
```

có ba phạm vi riêng biệt, mỗi phạm vi chứa đựng một xyz riêng.

Thông thường, thời gian sống của một biến bị giới hạn bởi phạm vi của nó. Vì thế, ví dụ các biến toàn cục tồn tại suốt thời gian thực hiện chương trình trong khi các biến cục bộ được tạo ra khi phạm vi của chúng bắt đầu và mất đi khi phạm vi của chúng kết thúc. Không gian bộ nhớ cho các biến toàn cục được dành riêng trước khi sự thực hiện của chương trình bắt đầu nhưng ngược lại không gian bộ nhớ cho các biến cục bộ được cấp phát ở thời điểm thực hiện chương trình.

4.4. Toán tử phạm vi

Bởi vì phạm vi cục bộ ghi chồng lên phạm vi toàn cục nên một biến cục bộ có cùng tên với biến toàn cục làm cho biến toàn cục không thể truy xuất được tới phạm vi cục bộ. Ví dụ, trong

```
int error;

void Error (int error)
{
    //...
}
```

biến toàn cục error là không thể truy xuất được bên trong hàm Error bởi vì nó được ghi chồng bởi tham số error cục bộ.

Vấn đề này được giải quyết nhờ vào sử dụng toán tử phạm vi đơn hạng (::), toán tử này lấy đầu vào toàn cục như là đối số:

```
int error;

void Error (int error)
{
        //...
        if (::error != 0)                   // tham khảo tới error toàn cục
                //...
}
```

4.5. Biến tự động

Bởi vì thời gian sống của một biến cục bộ là có giới hạn và được xác định hoàn toàn tự động nên những biến này cũng được gọi là **tự động**. Bộ xác định lớp lưu trữ auto có thể được dùng để chỉ định rõ ràng một biến cục bộ là tự động. Ví dụ:

```
void Foo (void)
{
        auto int xyz;               // như là: int xyz;
        //...
}
```

Điều này ít khi được sử dụng bởi vì tất cả các biến cục bộ mặc định là tự động.

4.6. Biến thanh ghi

Như được đề cập trước đó, nói chung các biến biểu thị các vị trí bộ nhớ nơi mà giá trị của biến được lưu trữ tới. Khi mã chương trình tham khảo tới một biến (ví dụ, trong một biểu thức), trình biên dịch phát ra các mã máy truy xuất tới vị trí bộ nhớ được biểu thị bởi các biến. Đối với các biến dùng thường xuyên (ví dụ như các biến vòng lặp), hiệu xuất chương trình có thể thu được bằng cách giữ biến trong một thanh ghi, bằng cách này có thể tránh được truy xuất bộ nhớ tới biến đó.

Bộ lưu trữ thanh ghi có thể được sử dụng để chỉ định cho trình biên dịch biến có thể được lưu trữ trong một thanh ghi nếu có thể. Ví dụ:

```
for (register int i = 0; i < n; ++i)
        sum += i;
```

Ở đây mỗi vòng lặp i được sử dụng ba lần: một lần khi nó được so sánh với n, một lần khi nó được cộng vào sum, và một lần khi nó được tăng. Vì thế việc giữ biến i trong thanh ghi trong suốt vòng lặp for là có ý nghĩa trong việc cải thiện hiệu suất chương trình.

Chú ý rằng thanh ghi chỉ là một gợi ý cho trình biên dịch, và trong một vài trường hợp trình biên dịch có thể chọn không sử dụng thanh ghi khi nó được

yêu cầu làm điều đó. Một lý do để lý giải là bất kỳ máy tính nào cũng có một số hữu hạn các thanh ghi và nó có thể ở trong trường hợp tất cả các thanh ghi đang được sử dụng.

Thậm chí khi lập trình viên không khai báo thanh ghi, nhiều trình biên dịch tối ưu cố gắng thực hiện một dự đoán thông minh và sử dụng các thanh ghi mà chúng muốn để cải thiện hiệu suất của chương trình.

Ý tưởng sử dụng khai báo thanh ghi thường được đề xuất sau cùng; nghĩa là sau khi viết mã chương trình hoàn tất lập trình viên có thể xem lại mã và chèn các khai báo thanh ghi vào những nơi cần thiết.

4.7. Hàm nội tuyến

Giả sử một chương trình thường xuyên yêu cầu tìm giá trị tuyệt đối của một số các số nguyên. Cho một giá trị được biểu thị bởi n, điều này có thể được giải thích như sau:

```
(n>0?n:-n)
```

Tuy nhiên, thay vì tái tạo biểu thức này tại nhiều vị trí khác nhau trong chương trình, tốt hơn hết là nên định nghĩa nó trong một hàm như sau:

```
int Abs (int n)
{
    return n>0?n:-n;
}
```

Phiên bản hàm có một số các thuận lợi. Thứ nhất, nó làm cho chương trình dễ đọc. Thứ hai, nó có thể được sử dụng lại. Và thứ ba, nó tránh được hiệu ứng phụ không mong muốn khi đối số chính nó là một biểu thức có các hiệu ứng phụ.

Tuy nhiên, bất lợi của phiên bản hàm là việc sử dụng thường xuyên có thể dẫn tới sự bất lợi về hiệu suất đáng kể vì các tổn phí dành cho việc gọi hàm. Ví dụ, nếu hàm Abs được sử dụng trong một vòng lặp được lặp đi lặp lại một ngàn lần thì sau đó nó sẽ có một tác động trên hiệu suất. Tổn phí có thể được tránh bằng cách định nghĩa hàm Abs như là hàm nội tuyến (inline):

```
inline int Abs (int n)
{
    return n>0?n:-n;
}
```

Hiệu quả của việc sử dụng hàm nội tuyến là khi hàm Abs được gọi, trình biên dịch thay vì phát ra mã để gọi hàm Abs thì mở rộng và thay thế thân của hàm Abs vào nơi gọi. Trong khi về bản chất thì cùng tính toán được thực hiện nhưng không có liên quan đến lời gọi hàm vì thế mà không có cấp phát stack.

Bởi vì các lời gọi tới hàm nội tuyến được mở rộng nên không có vết của chính hàm được đưa vào trong mã đã biên dịch. Vì thế, nếu một hàm được định nghĩa nội tuyến ở trong một tập tin thì nó không sẵn dùng cho các tập tin khác. Do đó, các hàm nội tuyến thường được đặt vào trong các tập tin header để mà chúng có thể được chia sẻ.

Giống như từ khóa register, inline là một gợi ý cho trình biên dịch thực hiện. Nói chung, việc sử dụng inline nên có hạn chế chỉ cho các hàm đơn giản được sử dụng thường xuyên mà thôi. Việc sử dụng inline cho các hàm dài và phức tạp quá thì chắc chắn bị bỏ qua bởi trình biên dịch.

4.8. Đệ qui

Một hàm gọi chính nó được gọi là **đệ qui**. Đệ qui là một kỹ thuật lập trình tổng quát có thể ứng dụng cho các bài toán mà có thể định nghĩa theo thuật ngữ của chính chúng. Chẳng hạn bài toán giai thừa được định nghĩa như sau:

- Giai thừa của 0 là 1.
- Giai thừa của một số *n* là *n* lần giai thừa của *n*-1.

Hàng thứ hai rõ ràng cho biết giai thừa được định nghĩa theo thuật ngữ của chính nó và vì thế có thể được biểu diễn như một hàm đệ qui:

```
int Factorial (unsigned int n)
{
      return n == 0 ? 1 : n * Factorial(n-1);
}
```

Cho n bằng 3, Bảng 4.1 cung cấp vết của các lời gọi Factorial. Các khung stack cho các lời gọi này xuất hiện tuần tự từng cái một trên runtime stack.

Bảng 4.1 Vết thực thi của Factorial(3).

Call	n	n == 0	n * Factorial(n-1)	Returns
Thứ nhất	3	0	3 * Factorial(2)	6
Thứ hai	2	0	2 * Factorial(1)	2
Thứ ba	1	0	1 * Factorial(0)	1
Thứ tư	0	1		1

Một hàm đệ qui phải có ít nhất một **điều kiện dừng** có thể được thỏa. Ngược lại, hàm sẽ gọi chính nó vô hạn định cho tới khi tràn stack. Ví dụ hàm Factorial có điều kiện dừng là n == 0. (Chú ý đối với trường hợp n là số âm thì điều kiện sẽ không bao giờ thỏa và Factorial sẽ thất bại).

4.9. Đối số mặc định

Đối số mặc định là một thuận lợi lập trình để bỏ bớt đi gánh nặng phải chỉ định các giá trị đối số cho tất cả các tham số hàm. Ví dụ, xem xét hàm cho việc báo cáo lỗi:

```
void Error (char *message, int severity = 0);
```

Ở đây thì severity có một đối số mặc định là 0; vì thế cả hai lời gọi sau đều hợp lệ:

```
Error("Division by zero", 3); // severity đặt tới 3
Error("Round off error");          // severity đặt tới 0
```

Như là lời gọi hàm đầu tiên minh họa, một đối số mặc định có thể được ghi chồng bằng cách chỉ định rõ ràng một đối số.

Các đối số mặc định là thích hợp cho các trường hợp mà trong đó các tham số nào đó của hàm (hoặc tất cả) thường xuyên lấy cùng giá trị. Ví dụ trong hàm Error, severity 0 lỗi thì phổ biến hơn là những trường hợp khác và vì thế là một ứng cử viên tốt cho đối số mặc định. Một cách dùng các đối số ít phù hợp có thể là:

```
int Power (int base, unsigned int exponent = 1);
```

Bởi vì 1 (hoặc bất kỳ giá trị nào khác) thì không chắc xảy ra thường xuyên trong tình huống này.

Để tránh mơ hồ, tất cả đối số mặc định phải là các đối số theo đuôi. Vì thế khai báo sau là không theo luật:

```
void Error (char *message = "Bomb", int severity); // Trái qui tắc
```

Một đối số mặc định không nhất thiết là một hằng. Các biểu thức tùy ý có thể được sử dụng miễn là các biến được dùng trong các biểu thức là có sẵn cho phạm vi định nghĩa hàm (ví dụ, các biến toàn cục).

Qui ước được chấp nhận dành cho các đối số mặc định là chỉ định chúng trong các khai báo hàm chứ không ở trong định nghĩa hàm.

4.10.Đối số hàng lệnh

Khi một chương trình được thực thi dưới một hệ điều hành (như là DOS hay UNIX) nó có thể nhận không hay nhiều đối số từ dòng lệnh. Các đối số này xuất hiện sau tên chương trình có thể thực thi và được phân cách bởi các khoảng trắng. Bởi vì chúng xuất hiện trên cùng hàng nơi mà các lệnh của hệ điều hành phát ra nên chúng được gọi là các **đối số hàng lệnh**.

Ví dụ như xem xét một chương trình được đặt tên là sum để in ra tổng của tập hợp các số được cung cấp tới nó như là các đối số hàng lệnh. Hộp thoại 4.1 minh họa hai số được truyền như là các đối số tới hàm sum như thế nào ($ là dấu nhắc UNIX).

Hộp thoại 4.1

```
1  $ sum 10.4 12.5
2  22.9
3  $
```

Các đối số hàng lệnh được tạo ra sẵn cho một chương trình C++ thông qua hàm main. Có hai cách định nghĩa một hàm main:

```
int main (void);
int main (int argc, const char* argv[]);
```

Cách sau được sử dụng khi chương trình được dự tính để chấp nhận các đối số hàng lệnh. Tham số đầu, argc, biểu thị số các đối số được truyền tới chương trình (bao gồm cả tên của chính chương trình). Tham số thứ hai, argv, là một mảng của các hằng chuỗi đại diện cho các đối số. Ví dụ từ hàng lệnh đã cho trong hộp thoại 4.1, chúng ta có:

```
argc        is    3
argv[0]     is    "sum"
argv[1]     is    "10.4"
argv[2]     is    "12.5"
```

Danh sách 4.4 minh họa một thi công đơn giản cho chương trình tính tổng sum. Các chuỗi được chuyển đổi sang số thực sử dụng hàm atof được định nghĩa trong thư viện stdlib.h.

Danh sách 4.4

```
1  #include <iostream.h>
2  #include <stdlib.h>

3  int main (int argc, const char *argv[])
4  {
5        double sum = 0;
6        for (int i = 1; i < argc; ++i)
7        sum += atof(argv[i]);
8        cout << sum << '\n';
9        return 0;
10 }
```

Bài tập cuối chương 4

4.1 Viết chương trình trong bài tập 1.1 và 3.1 sử dụng hàm.

4.2 Chúng ta có định nghĩa của hàm Swap sau

```
void Swap (int x, int y)
{
	int temp = x;
	x = y;
	y = temp;
}
```

cho biết giá trị của x và y sau khi gọi hàm:

```
x = 10;
y = 20;
Swap(x, y);
```

4.3 Chương trình sau xuất ra kết quả gì khi được thực thi?

```
#include <iostream.h>
char *str = "global";

void Print (char *str)
{
	cout << str << '\n';
	{
		char *str = "local";
		cout << str << '\n';
		cout << ::str << '\n';
	}
	cout << str << '\n';
}

int main (void)
{
	Print("Parameter");
	return 0;
}
```

4.4 Viết hàm xuất ra tất cả các số nguyên tố từ 2 đến n (n là số nguyên dương):

```
void Primes (unsigned int n);
```

Một số là số nguyên tố nếu như nó chỉ chia hết cho chính nó và 1.

4.5 Định nghĩa một bảng liệt kê gọi là Month cho tất cả các tháng trong năm và sử dụng nó để định nghĩa một hàm nhận một tháng như là một đối số và trả về nó như là một hằng chuỗi.

4.6 Định nghĩa một hàm inline IsAlpha, hàm trả về khác 0 khi tham số của nó là một ký tự và trả về 0 trong các trường hợp khác.

4.7 Định nghĩa một phiên bản đệ qui của hàm Power đã được trình bày trong chương này.

4.8 Viết một hàm trả về tổng của một danh sách các giá trị thực

```
double Sum (int n, double val ...);
```

trong đó n biểu thị số lượng các giá trị trong danh sách.

Chương 5. Mảng, con trỏ, tham chiếu

Chương này giới thiệu về mảng, con trỏ, các kiểu dữ liệu tham chiếu và minh họa cách dùng chúng để định nghĩa các biến.

Mảng (array) gồm một tập các đối tượng (được gọi là **các phần tử**) tất cả chúng có cùng kiểu và được sắp xếp liên tiếp trong bộ nhớ. Nói chung chỉ có mảng là có tên đại diện chứ không phải là các phần tử của nó. Mỗi phần tử được xác định bởi một **chỉ số** biểu thị vị trí của phần tử trong mảng. Số lượng phần tử trong mảng được gọi là **kích thước** của mảng. Kích thước của mảng là cố định và phải được xác định trước; nó không thể thay đổi trong suốt quá trình thực hiện chương trình.

Mảng đại diện cho dữ liệu hỗn hợp gồm nhiều hạng mục riêng lẻ tương tự. Ví dụ: danh sách các tên, bảng các thành phố trên thế giới cùng với nhiệt độ hiện tại của các chúng, hoặc các giao dịch hàng tháng của một tài khoản ngân hàng.

Con trỏ (pointer) đơn giản là địa chỉ của một đối tượng trong bộ nhớ. Thông thường, các đối tượng có thể được truy xuất trong hai cách: trực tiếp bởi tên đại diện hoặc gián tiếp thông qua con trỏ. Các biến con trỏ được định nghĩa trỏ tới các đối tượng của một kiểu cụ thể sao cho khi con trỏ hủy thì vùng nhớ mà đối tượng chiếm giữ được thu hồi.

Các con trỏ thường được dùng cho việc tạo ra các **đối tượng động** trong thời gian thực thi chương trình. Không giống như các đối tượng bình thường (toàn cục và cục bộ) được cấp phát lưu trữ trên runtime stack, một đối tượng động được cấp phát vùng nhớ từ vùng lưu trữ khác được gọi là **heap**. Các đối tượng không tuân theo các luật phạm vi thông thường. Phạm vi của chúng được điều khiển rõ ràng bởi lập trình viên.

Tham chiếu (reference) cung cấp một tên tượng trưng khác gọi là **biệt hiệu** (alias) cho một đối tượng. Truy xuất một đối tượng thông qua một tham chiếu giống như là truy xuất thông qua tên gốc của nó. Tham chiếu nâng cao tính hữu dụng của các con trỏ và sự tiện lợi của việc truy xuất trực tiếp các đối tượng. Chúng được sử dụng để hỗ trợ các kiểu gọi thông qua tham chiếu của các tham số hàm đặc biệt khi các đối tượng lớn được truyền tới hàm.

5.1. Mảng (Array)

Biến mảng được định nghĩa bằng cách đặc tả kích thước mảng và kiểu các phần tử của nó. Ví dụ một mảng biểu diễn 10 thước đo chiều cao (mỗi phần tử là một số nguyên) có thể được định nghĩa như sau:

```
int heights[10];
```

Mỗi phần tử trong mảng có thể được truy xuất thông qua chỉ số mảng. Phần tử đầu tiên của mảng luôn có chỉ số 0. Vì thế, heights[0] và heights[9] biểu thị tương ứng cho phần tử đầu và phần tử cuối của mảng heights. Mỗi phần tử của mảng heights có thể được xem như là một biến số nguyên. Vì thế, ví dụ để đặt phần tử thứ ba tới giá trị 177 chúng ta có thể viết:

```
heights[2] = 177;
```

Việc cố gắng truy xuất một phần tử mảng không tồn tại (ví dụ, heights[-1] hoặc heights[10]) dẫn tới lỗi thực thi rất nghiêm trọng (được gọi là lỗi 'vượt ngoài biên').

Việc xử lý mảng thường liên quan đến một vòng lặp duyệt qua các phần tử mảng lần lượt từng phần tử một. Danh sách 5.1 minh họa điều này bằng việc sử dụng một hàm nhận vào một mảng các số nguyên và trả về giá trị trung bình của các phần tử trong mảng.

Danh sách 5.1

```
1  const int size = 3;

2  double Average (int nums[size])
3  {
4        double average = 0;

5        for (register i = 0; i < size; ++i)
6              average += nums[i];
7        return average/size;
8  }
```

Giống như các biến khác, một mảng có thể có một **bộ khởi tạo**. Các dấu ngoặc nhọn được sử dụng để đặc tả danh sách các giá trị khởi tạo được phân cách bởi dấu phẩy cho các phần tử mảng. Ví dụ,

```
int nums[3] = {5, 10, 15};
```

khởi tạo ba phần tử của mảng nums tương ứng tới 5, 10, và 15. Khi số giá trị trong bộ khởi tạo nhỏ hơn số phần tử thì các phần tử còn lại được khởi tạo tới 0:

```
int nums[3] = {5, 10};        // nums[2] khởi tạo tới 0
```

Khi bộ khởi tạo được sử dụng hoàn tất thì kích cỡ mảng trở thành dư thừa bởi vì số các phần tử là ẩn trong bộ khởi tạo. Vì thế định nghĩa đầu tiên của nums có thể viết tương đương như sau:

```
int nums[] = {5, 10, 15};      // không cần khai báo tường minh
                               // kích cỡ của mảng
```

Một tình huống khác mà kích cỡ có thể được bỏ qua đối với mảng tham số hàm. Ví dụ, hàm Average ở trên có thể được cải tiến bằng cách viết lại nó sao cho kích cỡ mảng nums không cố định tới một hằng mà được chỉ định bằng một tham số thêm vào. Danh sách 5.2 minh họa điều này.

Danh sách 5.2

```
1  double Average (int nums[], int size)
2  {
3        double average = 0;

4        for (register i = 0; i < size; ++i)
5              average += nums[i];
6        return average/size;
7  }
```

Một chuỗi C++ chỉ là một mảng các ký tự. Ví dụ,

```
char str[] = "HELLO";
```

định nghĩa chuỗi str là một mảng của 6 ký tự: năm chữ cái và một ký tự null. Ký tự kết thúc null được chèn vào bởi trình biên dịch. Trái lại,

```
char   str[] = {'H', 'E', 'L', 'L', 'O'};
```

định nghĩa str là mảng của 5 ký tự.

Kích cỡ của mảng có thể được tính một cách dễ dàng nhờ vào toàn tử sizeof. Ví dụ, với mảng ar đã cho mà kiểu phần tử của nó là Type thì kích cỡ của ar là:

```
sizeof(ar) / sizeof(Type)
```

5.2. Mảng đa chiều

Mảng có thể có hơn một chiều (nghĩa là, hai, ba, hoặc cao hơn.Việc tổ chức mảng trong bộ nhớ thì cũng tương tự không có gì thay đổi (một chuỗi liên tiếp các phần tử) nhưng cách tổ chức mà lập trình viên có thể lĩnh hội được thì lại khác. Ví dụ chúng ta muốn biểu diễn nhiệt độ trung bình theo từng mùa cho ba thành phố chính của Úc (xem Bảng 5.1).

Bảng 5.1 **Nhiệt độ trung bình theo mùa.**

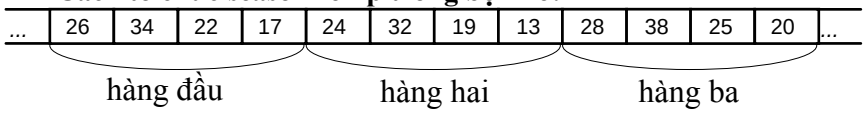
	Mùa xuân	Mùa hè	Mùa thu	Mùa đông
Sydney	26	34	22	17
Melbourne	24	32	19	13
Brisbane	28	38	25	20

Điều này có thể được biểu diễn bằng một mảng hai chiều mà mỗi phần tử mảng là một số nguyên:

```
int    seasonTemp[3][4];
```

Cách tổ chức mảng này trong bộ nhớ như là 12 phần tử số nguyên liên tiếp nhau. Tuy nhiên, lập trình viên có thể tưởng tượng nó như là một mảng gồm ba hàng với mỗi hàng có bốn phần tử số nguyên (xem Hình 5.1).

Hình 5.1 **Cách tổ chức seasonTemp trong bộ nhớ.**



Như trước, các phần tử được truy xuất thông qua chỉ số mảng. Một chỉ số riêng biệt được cần cho mỗi mảng. Ví dụ, nhiệt độ mùa hè trung bình của thành phố Sydney (hàng đầu tiên cột thứ hai) được cho bởi seasonTemp[0][1].

Mảng có thể được khởi tạo bằng cách sử dụng một bộ khởi tạo lồng nhau:

```
int seasonTemp[3][4] = {
        {26, 34, 22, 17},
        {24, 32, 19, 13},
        {28, 38, 25, 20}
};
```

Bởi vì điều này ánh xạ tới mảng một chiều gồm 12 phần tử trong bộ nhớ nên nó tương đương với:

```
int seasonTemp[3][4] = {
        26, 34, 22, 17, 24, 32, 19, 13, 28, 38, 25, 20
};
```

Bộ khởi tạo lồng nhau được ưa chuộng hơn bởi vì nó linh hoạt và dễ hiểu hơn. Ví dụ, nó có thể khởi tạo chỉ phần tử đầu tiên của mỗi hàng và phần còn lại mặc định là 0:

```
int seasonTemp[3][4] = {{26}, {24}, {28}};
```

Chúng ta cũng có thể bỏ qua chiều đầu tiên và để cho nó được dẫn xuất từ bộ khởi tạo:

```
int seasonTemp[][4] = {
        {26, 34, 22, 17},
        {24, 32, 19, 13},
```

```
        {28, 38, 25, 20}
    };
```

Xử lý mảng nhiều chiều thì tương tự như là mảng một chiều nhưng phải xử lý các vòng lặp lồng nhau thay vì vòng lặp đơn. Danh sách 5.3 minh họa điều này bằng cách trình bày một hàm để tìm nhiệt độ cao nhất trong mảng seasonTemp.

Danh sách 5.3

```
1   const int rows          = 3;
2   const int columns       = 4;

3   int seasonTemp[rows][columns] = {
4           {26, 34, 22, 17},
5           {24, 32, 19, 13},
6           {28, 38, 25, 20}
7   };

8   int HighestTemp (int temp[rows][columns])
9   {
10          int     highest = 0;

11          for (register i = 0; i < rows; ++i)
12          for (register j = 0; j < columns; ++j)
13                  if (temp[i][j] > highest)
14                  highest = temp[i][j];
15          return highest;
16  }
```

5.3. Con trỏ

Con trỏ đơn giản chỉ là *địa chỉ* của một vị trí bộ nhớ và cung cấp cách gián tiếp để truy xuất dữ liệu trong bộ nhớ. Biến con trỏ được định nghĩa để "trỏ tới" dữ liệu thuộc kiểu dữ liệu cụ thể. Ví dụ,

```
int         *ptr1;          // trỏ tới một int
char        *ptr2;          // trỏ tới một char
```

Giá trị của một biến con trỏ là địa chỉ mà nó trỏ tới. Ví dụ, với các định nghĩa đã có và

```
int         num;
```

chúng ta có thể viết:

```
ptr1 = &num;
```

Ký hiệu **&** là toán tử **lấy địa chỉ**; nó nhận một biến như là một đối số và trả về địa chỉ bộ nhớ của biến đó. Tác động của việc gán trên là địa chỉ của

num được khởi tạo tới ptr1. Vì thế, chúng ta nói rằng ptr1 trỏ tới num. Hình 5.2 minh họa sơ lược điều này.

Hình 5.2 Một con trỏ số nguyên đơn giản.

Với ptr1 trỏ tới num thì biểu thức *ptr1 nhận giá trị của biến ptr1 trỏ tới và vì thế nó tương đương với num. Ký hiệu * là toán tử **lấy giá trị**; nó nhận con trỏ như một đối số và trả về nội dung của vị trí mà con trỏ trỏ tới.

Thông thường thì kiểu con trỏ phải khớp với kiểu dữ liệu mà được trỏ tới. Tuy nhiên, một con trỏ kiểu void* sẽ hợp với tất cả các kiểu. Điều này thật thuận tiện để định nghĩa các con trỏ có thể trỏ đến dữ liệu của những kiểu khác nhau hay là các kiểu dữ liệu gốc không được biết.

Con trỏ có thể được **ép** (chuyển kiểu) thành một kiểu khác. Ví dụ,

```
ptr2 = (char*) ptr1;
```

chuyển con trỏ ptr1 thành con trỏ char trước khi gán nó tới con trỏ ptr2.

Không quan tâm đến kiểu của nó thì con trỏ có thể được gán tới giá trị null (gọi là con trỏ **null**). Con trỏ null được sử dụng để khởi tạo cho các con trỏ và tạo ra điểm kết thúc cho các cấu trúc dựa trên con trỏ (ví dụ, danh sách liên kết).

5.4. Bộ nhớ động

Ngoài vùng nhớ stack của chương trình (thành phần được sử dụng để lưu trữ các biến toàn cục và các khung stack cho các lời gọi hàm), một vùng bộ nhớ khác gọi là **heap** được cung cấp. Heap được sử dụng cho việc cấp phát động các khối bộ nhớ trong thời gian thực thi chương trình. Vì thế heap cũng được gọi là **bộ nhớ động** (dynamic memory). Vùng nhớ stack của chương trình cũng được gọi là **bộ nhớ tĩnh** (static memory).

Có hai toán tử được sử dụng cho việc cấp phát và thu hồi các khối bộ nhớ trên heap. Toán tử new nhận một kiểu như là một đối số và được cấp phát một khối bộ nhớ cho một đối tượng của kiểu đó. Nó trả về một con trỏ tới khối đã được cấp phát. Ví dụ,

```
int *ptr = new int;
char *str = new char[10];
```

cấp phát tương ứng một khối cho lưu trữ một số nguyên và một khối đủ lớn cho lưu trữ một mảng 10 ký tự.

Bộ nhớ được cấp phát từ heap không tuân theo luật phạm vi như các biến thông thường. Ví dụ, trong

```
void Foo (void)
{
    char *str = new char[10];
    //...
}
```

khi Foo trả về các biến cục bộ str được thu hồi nhưng các khối bộ nhớ được trỏ tới bởi str thì không. Các khối bộ nhớ vẫn còn cho đến khi chúng được giải phóng rõ ràng bởi các lập trình viên.

Toán tử delete được sử dụng để giải phóng các khối bộ nhớ đã được cấp phát bởi new. Nó nhận một con trỏ như là đối số và giải phóng khối bộ nhớ mà nó trỏ tới. Ví dụ:

```
delete ptr;          // xóa một đối tượng
delete [] str;       // xóa một mảng các đối tượng
```

Chú ý rằng khi khối nhớ được xóa là một mảng thì một cặp dấu [] phải được chèn vào để chỉ định công việc này. Sự quan trọng sẽ được giải thích sau đó khi chúng ta thảo luận về lớp.

Toán tử delete nên được áp dụng tới con trỏ mà trỏ tới bất cứ thứ gì vì một đối tượng được cấp phát động (ví dụ, một biến trên stack), một lỗi thực thi nghiêm trọng có thể xảy ra. Hoàn toàn vô hại khi áp dụng delete tới một biến không là con trỏ.

Các đối tượng động được sử dụng để tạo ra dữ liệu kéo dài tới khi lời gọi hàm tạo ra chúng. Danh sách 5.4 minh họa điều này bằng cách sử dụng một hàm nhận một tham số chuỗi và trả về *bản sao* của một chuỗi.

Danh sách 5.4

```
1  #include <string.h>

2  char* CopyOf (const char *str)
3  {
4      char *copy = new char[strlen(str) + 1];

5      strcpy(copy, str);
6      return copy;
7  }
```

Chú giải

1 Đây là tập tin header chuỗi chuẩn khai báo các dạng hàm cho thao tác trên chuỗi.

4 Hàm strlen (được khai báo trong thư viện string.h) đếm các ký tự trong đối số chuỗi của nó cho đến (nhưng không vượt quá) ký tự null sau cùng. Bởi vì ký tự null không được tính vào trong việc đếm nên chúng ta cộng thêm 1 tới tổng và cấp phát một mảng ký tự của kích thước đó.

5 Hàm strcpy (được khai báo trong thư viện string.h) sao chép đối số thứ hai đến đối số thứ nhất của nó theo từng ký tự một bao gồm luôn cả ký tự null sau cùng.

Vì tài nguyên bộ nhớ là có giới hạn nên rất có thể bộ nhớ động có thể bị cạn kiệt trong thời gian thực thi chương trình, đặc biệt là khi nhiều khối lớn được cấp phát và không có giải phóng. Toán tử new không thể cấp phát một khối có kích thước được yêu cầu thì nó trả về 0. Chính lập trình viên phải chịu trách nhiệm giải quyết những vấn đề này. Cơ chế điều khiển ngoại lệ của C++ cung cấp một cách thức thực tế giải quyết những vấn đề như thế.

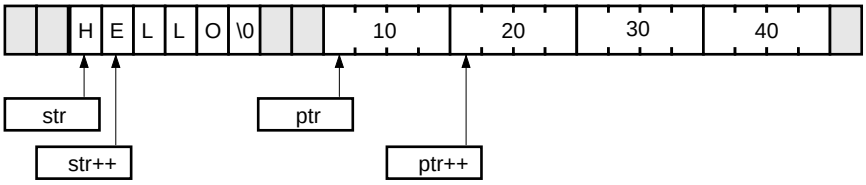
5.5. Tính toán con trỏ

Trong C++ chúng ta có thể thực hiện cộng hay trừ số nguyên trên con trỏ. Điều này thường xuyên được sử dụng bởi các lập trình viên được gọi là các tính toán con trỏ. Tính toán con trỏ thì không giống như là tính toán số nguyên bởi vì kết quả phụ thuộc vào kích thước của đối tượng được trỏ tới. Ví dụ, một kiểu int được biểu diễn bởi 4 byte. Bây giờ chúng ta có

```
char *str = "HELLO";
int nums[] = {10, 20, 30, 40};
int *ptr = &nums[0];              // trỏ tới phần tử đầu tiên
```

str++ tăng str lên một char (nghĩa là 1 byte) sao cho nó trỏ tới ký tự thứ hai của chuỗi "HELLO" nhưng ngược lại ptr++ tăng ptr lên một int (nghĩa là 4 bytes) sao cho nó trỏ tới phần tử thứ hai của nums. Hình 5.3 minh họa sơ lược điều này.

Hình 5.3 Tính toán con trỏ.



Vì thế, các phần tử của chuỗi "HELLO" có thể được tham khảo tới như *str, *(str + 1), *(str + 2), vâng vâng. Tương tự, các phần tử của nums có thể được tham khảo tới như *ptr, *(ptr + 1), *(ptr + 2), và *(ptr + 3).

Một hình thức khác của tính toán con trỏ được cho phép trong C++ liên quan đến trừ hai con trỏ của cùng kiểu. Ví dụ:

```
int *ptr1 = &nums[1];
int *ptr2 = &nums[3];
int n = ptr2 - ptr1;              // n trở thành 2
```

Tính toán con trỏ cần khéo léo khi xử lý các phần tử của mảng. Danh sách 5.5 trình bày ví dụ một hàm sao chép chuỗi tương tự như hàm định nghĩa sẵn strcpy.

Danh sách 5.5

```
1  void CopyString (char *dest, char *src)
2  {
3        while (*dest++ = *src++)    ;
4  }
```

Chú giải

3 Điều kiện của vòng lặp này gán nội dung của chuỗi src cho nội dung của chuỗi dest và sau đó tăng cả hai con trỏ. Điều kiện này trở thành 0 khi ký tự null kết thúc của chuỗi src được chép tới chuỗi dest.

Một biến mảng (như nums) chính nó là địa chỉ của phần tử đầu tiên của mảng mà nó đại diện. Vì thế các phần tử của mảng nums cũng có thể được tham khảo tới bằng cách sử dụng tính toán con trỏ trên nums, nghĩa là nums[i] tương đương với *(nums + i). Khác nhau giữa nums và ptr ở chỗ nums là một hằng vì thế nó không thể được tạo ra để trỏ tới bất cứ thứ gì nữa trong khi ptr là một biến và có thể được tạo ra để trỏ tới các số nguyên bất kỳ.

Danh sách 5.6 trình bày hàm HighestTemp (đã được trình bày trước đó trong Danh sách 5.3) có thể được cải tiến như thế nào bằng cách sử dụng tính toán con trỏ.

Danh sách 5.6

```
1  int HighestTemp (const int *temp, const int rows, const int columns)
2  {
3        int    highest = 0;

4        for (register i = 0; i < rows; ++i)
5        for (register j = 0; j < columns; ++j)
6                  if (*(temp + i * columns + j) > highest)
7                        highest = *(temp + i * columns + j);
8        return highest;
9  }
```

Chú giải

1 Thay vì truyền một mảng tới hàm, chúng ta truyền một con trỏ int và hai tham số thêm vào đặc tả kích cỡ của mảng. Theo cách này thì hàm không bị hạn chế tới một kích thước mảng cụ thể.

6 Biểu thức *(temp + i * columns + j) tương đương với temp[i][j] trong phiên bản hàm trước.

Hàm HighestTemp có thể được đơn giản hóa hơn nữa bằng cách xem temp như là một mảng một chiều của row * column số nguyên. Điều này được trình bày trong Danh sách 5.7.

Danh sách 5.7

```
1  int HighestTemp (const int *temp, const int rows, const int columns)
2  {
3      int    highest = 0;

4      for (register i = 0; i < rows * columns; ++i)
5          if (*(temp + i) > highest)
6              highest = *(temp + i);
7      return highest;
8  }
```

5.6. Con trỏ hàm

Chúng ta có thể lấy địa chỉ một hàm và lưu vào trong một con trỏ hàm. Sau đó con trỏ có thể được sử dụng để gọi gián tiếp hàm. Ví dụ,

```
int (*Compare)(const char*, const char*);
```

định nghĩa một con trỏ hàm tên là Compare có thể giữ địa chỉ của bất kỳ hàm nào nhận hai con trỏ ký tự hằng như là các đối số và trả về một số nguyên. Ví dụ hàm thư viện so sánh chuỗi strcmp thực hiện như thế. Vì thế:

```
Compare = &strcmp;              // Compare trỏ tới hàm strcmp
```

Toán tử & không cần thiết và có thể bỏ qua:

```
Compare = strcmp;               // Compare trỏ tới hàm strcmp
```

Một lựa chọn khác là con trỏ có thể được định nghĩa và khởi tạo một lần:

```
int (*Compare)(const char*, const char*) = strcmp;
```

Khi địa chỉ hàm được gán tới con trỏ hàm thì hai kiểu phải khớp với nhau. Định nghĩa trên là hợp lệ bởi vì hàm strcmp có một nguyên mẫu hàm khớp với hàm.

```
int strcmp(const char*, const char*);
```

Với định nghĩa trên của Compare thì hàm strcmp hoặc có thể được gọi trực tiếp hoặc có thể được gọi gián tiếp thông qua Compare. Ba lời gọi hàm sau là tương đương:

```
strcmp("Tom", "Tim");           // gọi trực tiếp
(*Compare)("Tom", "Tim");       // gọi gián tiếp
Compare("Tom", "Tim");          // gọi gián tiếp (ngắn gọn)
```

Cách sử dụng chung của con trỏ hàm là truyền nó như một đối số tới một hàm khác; bởi vì thông thường các hàm sau yêu cầu các phiên bản khác nhau của hàm trước trong các tình huống khác nhau. Một ví dụ dễ hiểu là hàm tìm

kiếm nhị phân thông qua một mảng sắp xếp các chuỗi. Hàm này có thể sử dụng một hàm so sánh (như là strcmp) để so sánh chuỗi tìm kiếm ngược lại chuỗi của mảng. Điều này có thể không thích hợp đối với tất cả các trường hợp. Ví dụ, hàm strcmp là phân biệt chữ hoa hay chữ thường. Nếu chúng ta thực hiện tìm kiếm theo cách không phân biệt dạng chữ sau đó một hàm so sánh khác sẽ được cần.

Như được trình bày trong Danh sách 5.8 bằng cách để cho hàm so sánh một tham số của hàm tìm kiếm, chúng ta có thể làm cho hàm tìm kiếm độc lập với hàm so sánh.

Danh sách 5.8

```
1  int BinSearch (char *item, char *table[], int n,
2                 int (*Compare)(const char*, const char*))
3  {
4      int bot = 0;
5      int top = n - 1;
6      int mid, cmp;

7      while (bot <= top) {
8          mid = (bot + top) / 2;
9          if ((cmp = Compare(item,table[mid])) == 0)
10             return mid;          // tra ve chi so hangg muc
11         else if (cmp < 0)
12             top = mid - 1;       // gioi hạn tim kiem toi nua thap hon
13         else
14             bot = mid + 1;       // gioi han tim kiem toi nua cao hon
15     }
16     return -1;                   // khong tim thay
17 }
```

Chú giải

1 Tìm kiếm nhị phân là một giải thuật nổi tiếng để tìm kiếm thông qua một danh sách các hạng mục đã được sắp xếp. Danh sách tìm kiếm được biểu diễn bởi table – một mảng các chuỗi có kích thước n. Hạng mục tìm kiếm được biểu thị bởi item.

2 Compare là con trỏ hàm được sử dụng để so sánh item với các phần tử của mảng.

7 Ở mỗi vòng lặp, việc tìm kiếm được giảm đi phân nữa. Điều này được lặp lại cho tới khi hai đầu tìm kiếm giao nhau (được biểu thị bởi bot và top) hoặc cho tới khi một so khớp được tìm thấy.

9 Hạng mục được so sánh với mục ở giữa của mảng.

10 Nếu item khớp với hạng mục giữa thì trả về chỉ mục của phần sau.

11 Nếu item nhỏ hơn hạng mục giữa thì sau đó tìm kiếm được giới hạn tới nữa thấp hơn của mảng.

14 Nếu item lớn hơn hạng mục giữa thì sau đó tìm kiếm được giới hạn tới nữa cao hơn của mảng..

16 Trả về -1 để chỉ định rằng không có một hạng mục so khớp.

Ví dụ sau trình bày hàm BinSearch có thể được gọi với strcmp được truyền như hàm so sánh như thế nào:

```
char *cities[] = {"Boston", "London", "Sydney", "Tokyo"};
cout << BinSearch("Sydney", cities, 4, strcmp) << '\n';
```

Điều này sẽ xuất ra 2 như được mong đợi.

5.7. Tham chiếu

Một tham chiếu (reference) là một biệt hiệu (alias) cho một đối tượng. Ký hiệu được dùng cho định nghĩa tham chiếu thì tương tự với ký hiệu dùng cho con trỏ ngoại trừ & được sử dụng thay vì *. Ví dụ,

```
double num1 = 3.14;
double &num2 = num1;          // num2 là một tham chiếu tới num1
```

định nghĩa num2 như là một tham chiếu tới num1. Sau định nghĩa này cả hai num1 và num2 tham khảo tới cùng một đối tượng như thể chúng là cùng biến. Cần biết rõ là một tham chiếu không tạo ra một bản sao của một đối tượng mà chỉ đơn thuần là một biệt hiệu cho nó. Vì vậy, sau phép gán

```
num1 = 0.16;
```

cả hai num1 và num2 sẽ biểu thị giá trị 0.16.

Một tham chiếu phải luôn được khởi tạo khi nó được định nghĩa: nó là một biệt danh cho cái gì đó. Việc định nghĩa một tham chiếu rồi sau đó mới khởi tạo nó là không đúng luật.

```
double &num3;  // không đúng luật: tham chiếu không có khởi tạo
num3 = num1;
```

Bạn cũng có thể khởi tạo tham chiếu tới một hằng. Trong trường hợp này, một bản sao của hằng được tạo ra (sau khi bất kỳ sự chuyển kiểu cần thiết nào đó) và tham chiếu được thiết lập để tham chiếu tới bản sao đó.

```
int &n = 1;              // n tham khảo tới bản sao của 1
```

Lý do mà n lại tham chiếu tới bản sao của 1 hơn là tham chiếu tới chính 1 là sự an toàn. Bạn hãy xem xét điều gì sẽ xảy ra trong trường hợp sau:

```
int &x = 1;
++x;
int y = x + 1;
```

1 ở hàng đầu tiên và 1 ở hàng thứ ba giống nhau là cùng đối tượng (hầu hết các trình biên dịch thực hiện tối ưu hằng và cấp phát cả hai 1 trong cùng một vị trí bộ nhớ). Vì thế chúng ta mong đợi y là 3 nhưng nó có thể chuyển thành

4. Tuy nhiên, bằng cách ép buộc x là một bản sao của 1 nên trình biên dịch đảm bảo rằng đối tượng được biểu thị bởi x sẽ khác với cả hai 1.

Việc sử dụng chung nhất của tham chiếu là cho các tham số của hàm. Các tham số của hàm thường làm cho dễ dàng kiểu truyền-bằng-tham chiếu, trái với kiểu truyền-bằng-giá trị mà chúng ta sử dụng đến thời điểm này. Để quan sát sự khác nhau hãy xem xét ba hàm swap trong Danh sách 5.9.

Danh sách 5.9

```
1  void Swap1 (int x, int y)          // truyền bằng trị (đối tượng)
2  {
3        int temp = x;
4        x = y;
5        y = temp;
6  }

7  void Swap2 (int *x, int *y)        // truyền bằng địa chỉ (con trỏ)
8  {
9        int temp = *x;
10       *x = *y;
11       *y = temp;
12 }

13 void Swap3 (int &x, int &y)        // truyền bằng tham chiếu
14 {
15       int temp = x;
16       x = y;
17       y = temp;
18 }
```

Chú giải

1 Mặc dù Swap1 chuyển đổi x và y, điều này không ảnh hưởng tới các đối số được truyền tới hàm bởi vì Swap1 nhận một *bản sao* của các đối số. Những thay đổi trên bản sao thì không ảnh hưởng đến dữ liệu gốc.

7 Swap2 vượt qua vấn đề của Swap1 bằng cách sử dụng các tham số con trỏ để thay thế. Thông qua giải tham khảo (dereferencing) các con trỏ Swap2 lấy giá trị gốc và chuyển đổi chúng.

13 Swap3 vượt qua vấn đề của Swap1 bằng cách sử dụng các tham số tham chiếu để thay thế. Các tham số trở thành các biệt danh cho các đối số được truyền tới hàm và vì thế chuyển đổi chúng khi cần.

Swap3 có thuận lợi thêm, cú pháp gọi của nó giống như Swap1 và không có liên quan đến định địa chỉ (addressing) hay là giải tham khảo (dereferencing). Hàm main sau minh họa sự khác nhau giữa các lời gọi hàm Swap1, Swap2, và Swap3.

```
int main (void)
{
      int i = 10, j = 20;
      Swap1(i, j);              cout << i << ", " << j << '\n';
      Swap2(&i, &j);  cout << i << ", " << j << '\n';
```

```
    Swap3(i, j);            cout << i << ", " << j << '\n';
}
```

Khi chạy chương trình sẽ cho kết quả sau:

```
10, 20
20, 10
20, 10
```

5.8. Định nghĩa kiểu

Typedef là cú pháp để mở đầu cho các tên tượng trưng cho các kiểu dữ liệu. Như là một tham chiếu định nghĩa một biệt danh cho một đối tượng, một typedef định nghĩa một biệt danh cho một kiểu. Mục đích cơ bản của nó là để đơn giản hóa các khai báo kiểu phức tạp khác như một sự trợ giúp để cải thiện khả năng đọc. Ở đây là một vài ví dụ:

```
typedef char *String;
typedef char Name[12];
typedef unsigned int uint;
```

Tác dụng của các định nghĩa này là String trở thành một biệt danh cho char*, Name trở thành một biệt danh cho một mảng gồm 12 char, và uint trở thành một biệt danh cho unsigned int. Vì thế:

```
String    str;        // thì tương tự như: char *str;
Name      name;             // thì tương tự như: char name[12];
uint   n;             // thì tương tự như: unsigned int n;
```

Khai báo phức tạp của Compare trong Danh sách 5.8 là một minh họa tốt cho typedef:

```
typedef int (*Compare)(const char*, const char*);

int BinSearch (char *item, char *table[], int n, Compare comp)
{
    //...
        if ((cmp = comp(item, table[mid])) == 0)
            return mid;
    //...
}
```

typedef mở đầu Compare như là một tên kiểu mới cho bất kỳ hàm với nguyên mẫu (prototype) cho trước. Người ta cho rằng điều này làm cho dấu hiệu của BinSearch đơn giản hơn.

Bài tập cuối chương 5

5.1 Định nghĩa hai hàm tương ứng thực hiện nhập vào các giá trị cho các phần tử của mảng và xuất các phần tử của mảng:

```
void ReadArray  (double nums[], const int size);
void WriteArray (double nums[], const int size);
```

5.2 Định nghĩa một hàm đảo ngược thứ tự các phần tử của một mảng số thực:

```
void Reverse (double nums[], const int size);
```

5.3 Bảng sau đặc tả các nội dung chính của bốn loại hàng của các ngũ cốc điểm tâm. Định nghĩa một mảng hai chiều để bắt dữ liệu này:

	Sơ	Đường	Béo	Muối
Top Flake	12g	25g	16g	0.4g
Cornabix	22g	4g	8g	0.3g
Oatabix	28g	5g	9g	0.5g
Ultrabran	32g	7g	2g	0.2g

Viết một hàm xuất bảng này từng phần tử một.

5.4 Định nghĩa một hàm để nhập vào danh sách các tên và lưu trữ chúng như là các chuỗi được cấp phát động trong một mảng và một hàm để xuất chúng:

```
void ReadNames (char *names[], const int size);
void WriteNames (char *names[], const int size);
```

Viết một hàm khác để sắp xếp danh sách bằng cách sử dụng giải thuật sắp xếp nổi bọt (bubble sort):

```
void BubbleSort (char *names[], const int size);
```

Sắp xếp nổi bọt liên quan đến việc quét lặp lại danh sách, trong đó trong khi thực hiện quét các hạng mục kề nhau được so sánh và đổi chỗ nếu không theo thứ tự. Quét mà không liên quan đến việc đổi chỗ chỉ ra rằng danh sách đã được sắp xếp thứ tự.

5.5 Viết lại hàm sau bằng cách sử dụng tính toán con trỏ:

```
char* ReverseString (char *str)
{
        int len = strlen(str);
        char *result = new char[len + 1];

        for (register i = 0; i < len; ++i)
                result[i] = str[len - i - 1];
        result[len] = '\0';
        return result;
}
```

5.6 Viết lại giải thuật BubbleSort (từ bài 5.4) sao cho nó sử dụng một con trỏ hàm để so sánh các tên.

5.7 Viết lại các mã sau bằng cách sử dụng định nghĩa kiểu:

```
void (*Swap)(double, double);
char *table[];
char *&name;
usigned long *values[10][20];
```

Chương 6. Lập trình hướng đối tượng

Chương này giới thiệu những khái niệm cơ bản trong lập trình hướng đối tượng. Các khái niệm cơ bản như lớp, đối tượng, thuộc tính, phương thức, thông điệp, và quan hệ của chúng sẽ được thảo luận trong phần này. Thêm vào đó là sự trình bày của những đặc điểm quan trọng trong lập trình hướng đối tượng như tính bao gói, tính thừa kế, tính đa hình,.. nhằm giúp người học có cái nhìn tổng quát về lập trình hướng đối tượng.

6.1. Giới thiệu

Hướng đối tượng (object orientation) cung cấp một kiểu mới để xây dựng phần mềm. Trong kiểu mới này, các đối tượng (object) và các lớp (class) là những khối xây dựng trong khi các phương thức (method), thông điệp (message), và sự thừa kế (inheritance) cung cấp các cơ chế chủ yếu.

Lập trình hướng đối tượng (OOP- Object-Oriented Programming) là một cách tư duy mới, tiếp cận hướng đối tượng để giải quyết vấn đề bằng máy tính. Thuật ngữ OOP ngày càng trở nên thông dụng trong lĩnh vực công nghệ thông tin.

Khái niệm 6.1

> **Lập trình hướng đối tượng** (OOP) là một phương pháp thiết kế và phát triển phần mềm dựa trên kiến trúc lớp và đối tượng.

Nếu bạn chưa bao giờ sử dụng một ngôn ngữ OOP thì trước tiên bạn nên nắm vững các khái niệm của OOP hơn là viết các chương trình. Bạn cần hiểu được đối tượng (object) là gì, lớp (class) là gì, chúng có quan hệ với nhau như thế nào, và làm thế nào để các đối tượng trao đổi thông điệp (message) với nhau, vâng vâng.

OOP là tập hợp các kỹ thuật quan trọng mà có thể dùng để làm cho việc triển khai chương trình hiệu quả hơn. Quá trình tiến hóa của OOP như sau:

- Lập trình tuyến tính
- Lập trình có cấu trúc
- Sự trừu tượng hóa dữ liệu
- Lập trình hướng đối tượng

6.2. Trừu tượng hóa (Abstraction)

Trừu tượng hóa là một kỹ thuật chỉ trình bày những các đặc điểm cần thiết của vấn đề mà không trình bày những chi tiết cụ thể hay những lời giải thích phức tạp của vấn đề đó. Hay nói khác hơn nó là một kỹ thuật tập trung vào thứ cần thiết và phớt lờ đi những thứ không cần thiết.

Ví dụ những thông tin sau đây là các đặc tính gắn kết với con người:

- Tên
- Tuổi
- Địa chỉ
- Chiều cao
- Màu tóc

Giả sử ta cần phát triển ứng dụng khách hàng mua sắm hàng hóa thì những chi tiết thiết yếu là tên, địa chỉ còn những chi tiết khác (tuổi, chiều cao, màu tóc, ..) là không quan trọng đối với ứng dụng. Tuy nhiên, nếu chúng ta phát triển một ứng dụng hỗ trợ cho việc điều tra tội phạm thì những thông tin như chiều cao và màu tóc là thiết yếu.

Sự trừu tượng hóa đã không ngừng phát triển trong các ngôn ngữ lập trình, nhưng chỉ ở mức dữ liệu và thủ tục. Trong OOP, việc này được nâng lên ở mức cao hơn – mức đối tượng. Sự trừu tượng hóa được phân thành sự trừu tượng hóa dữ liệu và trừu tượng hóa chương trình.

Khái niệm 6.2

> **Trừu tượng hóa dữ liệu** (data abstraction) là tiến trình xác định và nhóm các thuộc tính và các hành động liên quan đến một thực thể đặc thù trong ứng dụng đang phát triển.
>
> **Trừu tượng hóa chương trình** (program abstraction) là một sự trừu tượng hóa dữ liệu mà làm cho các dịch vụ thay đổi theo dữ liệu.

6.3. Đối tượng (object)

Các đối tượng là chìa khóa để hiểu được kỹ thuật hướng đối tượng. Bạn có thể nhìn xung quanh và thấy được nhiều đối tượng trong thế giới thực như: con chó, cái bàn, quyển vở, cây viết, tivi, xe hơi ...Trong một hệ thống hướng đối tượng, mọi thứ đều là đối tượng. Một bảng tính, một ô trong bảng tính, một biểu đồ, một bảng báo cáo, một con số hay một số điện thoại, một tập tin, một thư mục, một máy in, một câu hoặc một từ, thậm chí một ký tự, tất cả chúng là những ví dụ của một đối tượng. Rõ ràng chúng ta viết một chương trình hướng đối tượng cũng có nghĩa là chúng ta đang xây dựng một mô hình

của một vài bộ phận trong thế giới thực. Tuy nhiên các đối tượng này có thể được biểu diễn hay mô hình trên máy tính.

Một đối tượng thế giới thực là một thực thể cụ thể mà thông thường bạn có thể sờ, nhìn thấy hay cảm nhận được. Tất cả các đối tượng trong thế giới thực đều có **trạng thái** (state) và **hành động** (behaviour). Ví dụ:

	Trạng thái	**Hành động**
Con chó	▪ Tên ▪ Màu ▪ Giống ▪ Vui sướng	▪ Sủa ▪ Vẫy tai ▪ Chạy ▪ Ăn
Xe đạp	▪ Bánh răng ▪ Bàn đạp ▪ Dây xích ▪ Bánh xe	▪ Tăng tốc ▪ Giảm tốc ▪ Chuyển bánh răng

Các **đối tượng phần mềm** (software object) có thể được dùng để biểu diễn các đối tượng thế giới thực. Chúng được mô hình sau khi các đối tượng thế giới thực có cả trạng thái và hành động. Giống như các đối tượng thế giới thực, các đối tượng phần mềm cũng có thể có trạng thái và hành động. Một đối tượng phần mềm có biến (variable) hay trạng thái (state) mà thường được gọi là **thuộc tính** (attribute; property) để duy trì trạng thái của nó và **phương thức** (method) để thực hiện các hành động của nó. Thuộc tính là một hạng mục dữ liệu được đặt tên bởi một định danh (identifier) trong khi phương thức là một chức năng được kết hợp với đối tượng chứa nó.

OOP thường sử dụng hai thuật ngữ mà sau này Java cũng sử dụng là thuộc tính (attribute) và phương thức (method) để đặc tả tương ứng cho trạng thái (state) hay biến (variable) và hành động (behavior). Tuy nhiên C++ lại sử dụng hai thuật ngữ **dữ liệu thành viên** (member data) và **hàm thành viên** (member function) thay cho các thuật ngữ này.

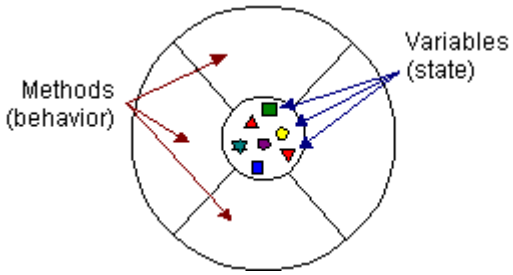
Xét một cách đặc biệt, chỉ một đối tượng riêng rẽ thì chính nó không hữu dụng. Một chương trình hướng đối tượng thường gồm có hai hay nhiều hơn các đối tượng phần mềm tương tác lẫn nhau như là sự tương tác của các đối tượng trong trong thế giới thực.

Khái niệm 6.3

> **Đối tượng** (object) là một thực thể phần mềm bao bọc các thuộc tính và các phương thức liên quan.

Kể từ đây, trong giáo trình này chúng ta sử dụng thuật ngữ **đối tượng** (object) để chỉ một đối tượng phần mềm. Hình 6.1 là một minh họa của một đối tượng phần mềm:

Hình 6.1 Một đối tượng phần mềm



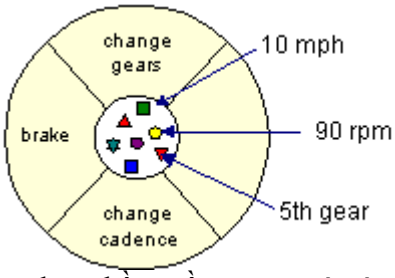
Mọi thứ mà đối tượng phần mềm biết (trạng thái) và có thể làm (hành động) được thể hiện qua các thuộc tính và các phương thức. Một đối tượng phần mềm mô phỏng cho chiếc xe đạp sẽ có các thuộc tính để xác định các trạng thái của chiếc xe đạp như: tốc độ của nó là 10 km trên giờ, nhịp bàn đạp là 90 vòng trên phút, và bánh răng hiện tại là bánh răng thứ 5. Các thuộc tính này thông thường được xem như **thuộc tính thể hiện** (instance attribute) bởi vì chúng chứa đựng các trạng thái cho một đối tượng xe đạp cụ thể. Trong kỹ thuật hướng đối tượng thì một đối tượng cụ thể được gọi là một **thể hiện** (instance).

Khái niệm 6.4

Một đối tượng cụ thể được gọi là một **thể hiện** (instance).

Hình 6.2 minh họa một xe đạp được mô hình như một đối tượng phần mềm:

Hình 6.2 Đối tượng phần mềm xe đạp



Đối tượng xe đạp phần mềm cũng có các phương thức để thắng lại, tăng nhịp đạp hay là chuyển đổi bánh răng. Nó không có phương thức để thay đổi tốc độ vì tốc độ của xe đạp có thể tính ra từ hai yếu tố số vòng quay và bánh răng hiện tại. Những phương thức này thông thường được biết như là các **phương thước thể hiện** (instance method) bởi vì chúng tác động hay thay đổi trạng thái của một đối tượng cụ thể.

6.4. Lớp (Class)

Trong thế giới thực thông thường có nhiều loại đối tượng cùng loại. Chẳng hạn chiếc xe đạp của bạn chỉ là một trong hàng tỉ chiếc xe đạp trên thế giới. Tương tự, trong một chương trình hướng đối tượng có thể có nhiều đối tượng cùng loại và chia sẻ những đặc điểm chung. Sử dụng thuật ngữ hướng đối tượng, chúng ta có thể nói rằng chiếc xe đạp của bạn là một thể hiện của lớp xe đạp. Các xe đạp có một vài trạng thái chung (bánh răng hiện tại, số vòng quay hiện tại, hai bánh xe) và các hành động (chuyển bánh răng, giảm tốc). Tuy nhiên, trạng thái của mỗi xe đạp là độc lập và có thể khác với các trạng thái của các xe đạp khác. Trước khi tạo ra các xe đạp, các nhà sản xuất thường thiết lập một bảng thiết kế (blueprint) mô tả các đặc điểm và các yếu tố cơ bản của xe đạp. Sau đó hàng loạt xe đạp sẽ được tạo ra từ bản thiết kế này. Không hiệu quả nếu như tạo ra một bản thiết kế mới cho mỗi xe đạp được sản xuất.

Trong phần mềm hướng đối tượng cũng có thể có nhiều đối tượng cùng loại chia sẻ những đặc điểm chung như là: các hình chữ nhật, các mẫu tin nhân viên, các đoạn phim, … Giống như là các nhà sản xuất xe đạp, bạn có thể tạo ra một bảng thiết kế cho các đối tượng này. Một bảng thiết kế phần mềm cho các đối tượng được gọi là **lớp** (class).

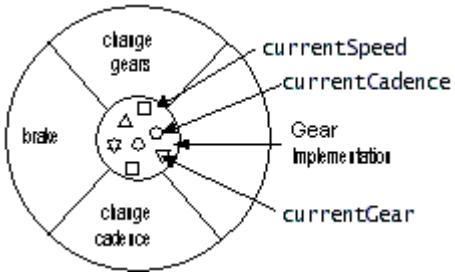
Khái niệm 6.5

> **Lớp** (class) là một thiết kế (blueprint) hay một mẫu ban đầu (prototype) định nghĩa các thuộc tính và các phương thức chung cho tất cả các đối tượng của cùng một loại nào đó.
>
> Một đối tượng là một thể hiện cụ thể của một lớp.

Trở lại ví dụ về xe đạp chúng ta thấy rằng một lớp Xedap là một bảng thiết kế cho hàng loạt các đối tượng xe đạp được tạo ra. Mỗi đối tượng xe đạp là một thể hiện của lớp Xedap và trạng thái của nó có thể khác với các đối tượng xe đạp khác. Ví dụ một xe đạp hiện tại có thể là ở bánh răng thứ 5 trong khi một chiếc khác có thể là ở bánh răng thứ 3.

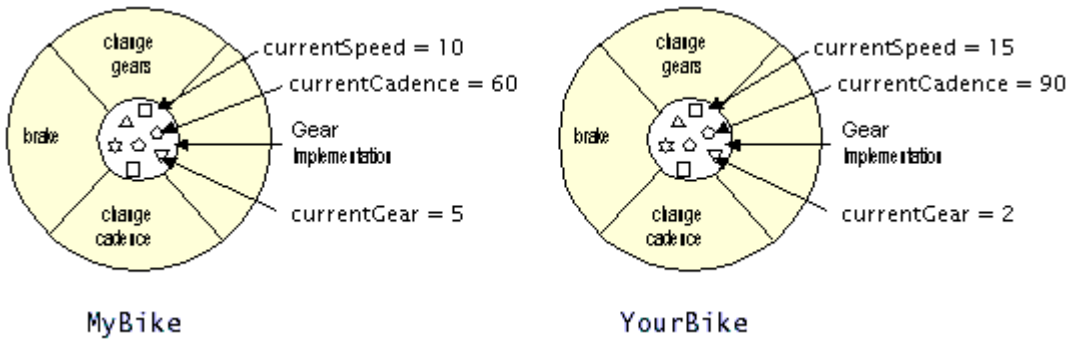
Lớp Xedap sẽ khai báo các thuộc tính thể hiện cần thiết để chứa đựng bánh răng hiện tại, số vòng quay hiện tại, .. cho mỗi đối tượng xe đạp. Lớp Xedap cũng khai báo và cung cấp những thi công cho các phương thức thể hiện để cho phép người đi xe đạp chuyển đổi bánh răng, phanh lại, chuyển đổi số vòng quay, .. như Hình 6.3.

Hình 6.3 Khai báo cho lớp Xedap



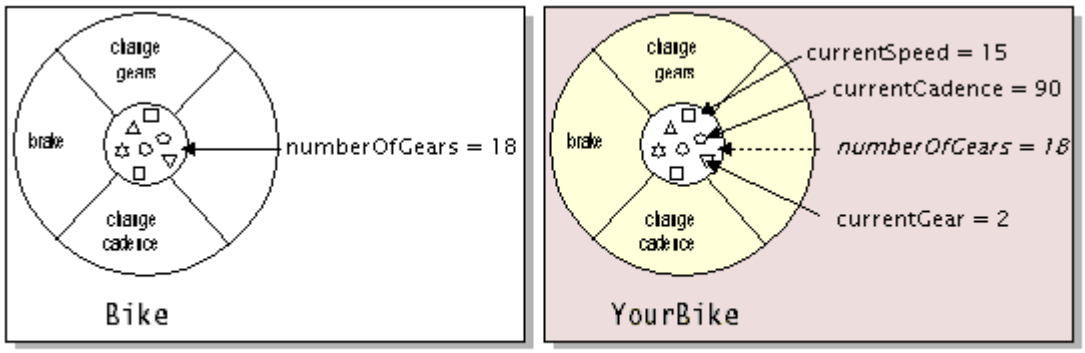
Sau khi bạn đã tạo ra lớp xe đạp, bạn có thể tạo ra bất kỳ đối tượng xe đạp nào từ lớp này. Khi bạn tạo ra một thể hiện của lớp, hệ thống cấp phát đủ bộ nhớ cho đối tượng và tất cả các thuộc tính thể hiện của nó. Mỗi thể hiện sẽ có vùng nhớ riêng cho các thuộc tính thể hiện của nó. Hình 6.4 minh họa hai đối tượng xe đạp khác nhau được tạo ra từ cùng lớp Xedap:

Hình 6.4 Hai đối tượng của lớp Xedap



Ngoài các thuộc tính thể hiện, các lớp có thể định nghĩa các **thuộc tính lớp** (class attribute). Một thuộc tính lớp chứa đựng các thông tin mà được chia sẻ bởi tất cả các thể hiện của lớp. Ví dụ, tất cả xe đạp có cùng số lượng bánh răng. Trong trường hợp này, định nghĩa một thuộc tính thể hiện để giữ số lượng bánh răng là không hiệu quả bởi vì tất cả các vùng nhớ của các thuộc tính thể hiện này đều giữ cùng một giá trị. Trong những trường hợp như thế bạn có thể định nghĩa một thuộc tính lớp để chứa đựng số lượng bánh răng của xe đạp.Tất cả các thể hiện của lớp Xedap sẽ chia thuộc tính này. Một lớp cũng có thể khai báo các **phương thức lớp** (class methods). Bạn có thể triệu gọi một phương thức lớp trực tiếp từ lớp nhưng ngược lại bạn phải triệu gọi các phương thức thể hiện từ một thể hiện cụ thể nào đó.

Hình 6.5 Lớp và thể hiện của lớp



Khái niệm 6.6

> **Thuộc tính lớp** (class attribute) là một hạng mục dữ liệu liên kết với một lớp cụ thể mà không liên kết với các thể hiện của lớp. Nó được định nghĩa bên trong định nghĩa lớp và được chia sẻ bởi tất cả các thể hiện của lớp.
>
> **Phương thức lớp** (class method) là một phương thức được triệu gọi mà không tham khảo tới bất kỳ một đối tượng nào. Tất cả các phương thức lớp ảnh hưởng đến toàn bộ lớp chứ không ảnh hưởng đến một lớp riêng rẽ nào.

6.5. Thuộc tính (Attribute)

Các thuộc tính trình bày trạng thái của đối tượng. Các thuộc tính nắm giữ các giá trị dữ liệu trong một đối tượng, chúng định nghĩa một đối tượng đặc thù.

Khái niệm 6.7

> **Thuộc tính** (attribute) là dữ liệu trình bày các đặc điểm về một đối tượng.

Một thuộc tính có thể được gán một giá trị chỉ sau khi một đối tượng dựa trên lớp ấy được tạo ra. Một khi các thuộc tính được gán giá trị chúng mô tả một đối tượng. Mọi đối tượng của một lớp phải có cùng các thuộc tính nhưng giá trị của các thuộc tính thì có thể khác nhau. Một thuộc tính của đối tượng có thể nhận các giá trị khác nhau tại những thời điểm khác nhau.

6.6. Phương thức (Method)

Các phương thức thực thi các hoạt động của đối tượng. Các phương thức là nhân tố làm thay đổi các thuộc tính của đối tượng.

Khái niệm 6.8

> **Phương thức** (method) có liên quan tới những thứ mà đối tượng có thể làm. Một phương thức đáp ứng một chức năng tác động lên dữ liệu của đối tượng (thuộc tính).

Các phương thức xác định cách thức hoạt động của một đối tượng và được thực thi khi đối tượng cụ thể được tạo ra.Ví dụ, các hoạt động chung của một đối tượng thuộc lớp Chó là sủa, vẫy tai, chạy, và ăn. Tuy nhiên, chỉ khi một đối tượng cụ thể thuộc lớp Chó được tạo ra thì các phương thức sủa, vẫy tai, chạy, và ăn mới được thực thi.

Các phương thức mang lại một cách nhìn khác về đối tượng. Khi bạn nhìn vào đối tượng Cửa ra vào bên trong môi trường của bạn (môi trường thế giới thực), một cách đơn giản bạn có thể thấy nó là một đối tượng bất động không có khả năng suy nghỉ. Trong tiếp cận hướng đối tượng cho phát triển hệ thống, Cửa ra vào có thể được liên kết tới phương thức được giả sử là có thể được thực hiện. Ví dụ, Cửa ra vào có thể mở, nó có thể đóng, nó có thể khóa, hoặc nó có thể mở khóa. Tất cả các phương thức này gắn kết với đối tượng Cửa ra vào và được thực hiện bởi Cửa ra vào chứ không phải một đối tượng nào khác.

6.7. Thông điệp (Message)

Một chương trình hay ứng dụng lớn thường chứa nhiều đối tượng khác nhau. Các đối tượng phần mềm tương tác và giao tiếp với nhau bằng cách gởi các **thông điệp** (message). Khi đối tượng A muốn đối tượng B thực hiện các phương thức của đối tượng B thì đối tượng A gởi một thông điệp tới đối tượng B.

Ví dụ đối tượng người đi xe đạp muốn đối tượng xe đạp thực hiện phương thức chuyển đổi bánh răng của nó thì đối tượng người đi xe đạp cần phải gởi một thông điệp tới đối tượng xe đạp.

Đôi khi đối tượng nhận cần thông tin nhiều hơn để biết chính xác thực hiện công việc gì. Ví dụ khi bạn chuyển bánh răng trên chiếc xe đạp của bạn thì bạn phải chỉ rõ bánh răng nào mà bạn muốn chuyển. Các thông tin này được truyền kèm theo thông điệp và được gọi là các **tham số** (parameter).

Một thông điệp gồm có:

- Đối tượng nhận thông điệp
- Tên của phương thức thực hiện
- Các tham số mà phương thức cần

Khái niệm 6.9

> Một **thông điệp** (message) là một lời yêu cầu một hoạt động.
>
> Một thông điệp được truyền khi một đối tượng triệu gọi một hay nhiều phương thức của đối tượng khác để yêu cầu thông tin.

Khi một đối tượng nhận được một thông điệp, nó thực hiện một phương thức tương ứng. Ví dụ đối tượng xe đạp nhận được thông điệp là chuyển đổi bánh răng nó sẽ thực hiện việc tìm kiếm phương thức chuyển đổi bánh răng tương ứng và thực hiện theo yêu cầu của thông điệp mà nó nhận được.

6.8. Tính bao gói (Encapsulation)

Trong đối tượng xe đạp, giá trị của các thuộc tính được chuyển đổi bởi các phương thức. Phương thức changeGear() chuyển đổi giá trị của thuộc tính currentGear. Thuộc tính speed được chuyển đổi bởi phương thức changeGear() hoặc changRpm().

Trong OOP thì các thuộc tính là trung tâm, là hạt nhân của đối tượng. Các phương thức bao quanh và che giấu đi hạt nhân của đối tượng từ các đối tượng khác trong chương trình.Việc bao gói các thuộc tính của một đối tượng bên trong sự che chở của các phương thức của nó được gọi là sự **đóng gói** (encapsulation) hay là đóng gói dữ liệu.

Đặc tính đóng gói dữ liệu là ý tưởng của các nhà thiết các hệ thống hướng đối tượng. Tuy nhiên, việc áp dụng trong thực tế thì có thể không hoàn toàn như thế. Vì những lý do thực tế mà các đối tượng đôi khi cần phải phơi bày ra một vài thuộc tính này và che giấu đi một vài phương thức kia. Tùy thuộc vào các ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng khác nhau, chúng ta có các điều khiển các truy xuất dữ liệu khác nhau.

Khái niệm 6.10

> **Đóng gói** (encapsulation) là tiến trình che giấu việc thực thi chi tiết của một đối tượng.

Một đối tượng có một giao diện chung cho các đối tượng khác sử dụng để giao tiếp với nó. Do đặc tính đóng gói mà các chi tiết như: các trạng thái

được lưu trữ như thế nào hay các hành động được thi công ra sao có thể được che giấu đi từ các đối tượng khác. Điều này có nghĩa là các chi tiết riêng của đối tượng có thể được chuyển đổi mà hoàn toàn không ảnh hưởng tới các đối tượng khác có liên hệ với nó. Ví dụ, một người đi xe đạp không cần biết chính xác cơ chế chuyển bánh răng trên xe đạp thực sự làm việc như thế nào nhưng vẫn có thể sử dụng nó. Điều này được gọi là che giấu thông tin.

Khái niệm 6.11

> **Che giấu thông tin** (information hiding) là việc ẩn đi các chi tiết của thiết kế hay thi công từ các đối tượng khác.

6.9. Tính thừa kế (Inheritance)

Hệ thống hướng đối tượng cho phép các lớp được định nghĩa kế thừa từ các lớp khác. Ví dụ, lớp xe đạp leo núi và xe đạp đua là những lớp con (subclass) của lớp xe đạp. Như vậy ta có thể nói lớp xe đạp là lớp cha (superclass) của lớp xe đạp leo núi và xe đạp đua.

Khái niệm 6.12

> **Thừa kế** (inheritance) nghĩa là các hành động (phương thức) và các thuộc tính được định nghĩa trong một lớp có thể được thừa kế hoặc được sử dụng lại bởi lớp khác.

Khái niệm 6.13

> **Lớp cha** (superclass) là lớp có các thuộc tính hay hành động được thừa hưởng bởi một hay nhiều lớp khác.
>
> **Lớp con** (subclass) là lớp thừa hưởng một vài đặc tính chung của lớp cha và thêm vào những đặc tính riêng khác.

Các lớp con thừa kế thuộc tính và hành động từ lớp cha của chúng. Ví dụ, một xe đạp leo núi không những có bánh răng, số vòng quay trên phút và tốc độ giống như mọi xe đạp khác mà còn có thêm một vài loại bánh răng vì thế mà nó cần thêm một thuộc tính là gearRange (loại bánh răng).

Các lớp con có thể định nghĩa lại các phương thức được thừa kế để cung cấp các thi công riêng biệt cho các phương thức này. Ví dụ, một xe đạp leo núi sẽ cần một phương thức đặc biệt để chuyển đổi bánh răng.

Các lớp con cung cấp các phiên bản đặc biệt của các lớp cha mà không cần phải định nghĩa lại các lớp mới hoàn toàn. Ở đây, mã lớp cha có thể được sử dụng lại nhiều lần.

6.10.Tính đa hình (Polymorphism)

Một khái niệm quan trọng khác có liên quan mật thiết với truyền thông điệp là **đa hình** (polymorphism). Với đa hình, nếu cùng một hành động (phương thức) ứng dụng cho các đối tượng thuộc các lớp khác nhau thì có thể đưa đến những kết quả khác nhau.

Khái niệm 6.14

> **Đa hình** (polymorphism) nghĩa là "nhiều hình thức", hành động cùng tên có thể được thực hiện khác nhau đối với các đối tượng/các lớp khác nhau.

Chúng ta hãy xem xét các đối tượng Cửa Sổ và Cửa Cái. Cả hai đối tượng có một hành động chung có thể thực hiện là đóng. Nhưng một đối tượng Cửa Cái thực hiện hành động đó có thể khác với cách mà một đối tượng Cửa Sổ thực hiện hành động đó. Cửa Cái khép cánh cửa lại trong khi Cửa Sổ hạ các thanh cửa xuống. Thật vậy, hành động đóng có thể thực hiện một trong hai hình thức khác nhau. Một ví dụ khác là hành động hiển thị. Tùy thuộc vào đối tượng tác động, hành động ấy có thể hiển thị một chuỗi, hoặc vẽ một đường thẳng, hoặc là hiển thị một hình.

Đa hình có sự liên quan tới việc truyền thông điệp. Đối tượng yêu cầu cần biết hành động nào để yêu cầu và yêu cầu từ đối tượng nào. Tuy nhiên đối tượng yêu cầu không cần lo lắng về một hành động được hoàn thành như thế nào.

Bài tập cuối chương 6

6.1 Trình bày các định nghĩa của các thuật ngữ:

- Lập trình hướng đối tượng
- Trừu tượng hóa
- Đối tượng
- Lớp
- Thuộc tính
- Phương thức
- Thông điệp

6.2 Phân biệt sự khác nhau giữa lớp và đối tượng, giữa thuộc tính và giá trị, giữa thông điệp và truyền thông điệp.

6.3 Trình bày các đặc điểm của OOP.

6.4 Những lợi ích có được thông qua thừa kế và bao gói.

6.5 Những thuộc tính và phương thức cơ bản của một cái máy giặt.

6.6 Những thuộc tính và phương thức cơ bản của một chiếc xe hơi.

6.7 Những thuộc tính và phương thức cơ bản của một hình tròn.

6.8 Chỉ ra các đối tượng trong hệ thống rút tiền tự động ATM.

6.9 Chỉ ra các lớp có thể kế thừa từ lớp điện thoại, xe hơi, và động vật.

Chương 7. Lớp

Chương này giới thiệu cấu trúc lớp C++ để định nghĩa các kiểu dữ liệu mới. Một kiểu dữ liệu mới gồm hai thành phần như sau:

- Đặc tả cụ thể cho các đối tượng của kiểu.
- Tập các thao tác để thực thi các đối tượng.

Ngoài các thao tác đã được chỉ định thì không có thao tác nào khác có thể điều khiển đối tượng. Về mặt này chúng ta thường nói rằng các thao tác mô tả kiểu, nghĩa là chúng quyết định cái gì có thể và cái gì không thể xảy ra trên các đối tượng. Cũng với cùng lý do này, các kiểu dữ liệu thích hợp như thế được gọi là **kiểu dữ liệu trừu tượng** (abstract data type) - trừu tượng bởi vì sự đặc tả bên trong của đối tượng được ẩn đi từ các thao tác mà không thuộc kiểu.

Một **định nghĩa lớp** gồm hai phần: phần đầu và phần thân. **Phần đầu** lớp chỉ định **tên lớp** và các **lớp cơ sở** (base class). (Lớp cơ sở có liên quan đến lớp dẫn xuất và được thảo luận trong chương 8). **Phần thân** lớp định nghĩa các **thành viên lớp**. Hai loại thành viên được hỗ trợ:

- **Dữ liệu thành viên** (member data) có cú pháp của định nghĩa biến và chỉ định các đại diện cho các đối tượng của lớp.
- **Hàm thành viên** (member function) có cú pháp của khai báo hàm và chỉ định các thao tác của lớp (cũng được gọi là các **giao diện** của lớp).

C++ sử dụng thuật ngữ dữ liệu thành viên và hàm thành viên thay cho thuộc tính và phương thức nên kể từ đây chúng ta sử dụng dụng hai thuật ngữ này để đặc tả các lớp và các đối tượng.

Các thành viên lớp được liệt kê vào một trong ba loại quyền truy xuất khác nhau:

- Các thành viên **chung** (public) có thể được truy xuất bởi tất cả các thành phần sử dụng lớp.
- Các thành viên **riêng** (private) chỉ có thể được truy xuất bởi các thành viên lớp.
- Các thành viên **được bảo vệ** (protected) chỉ có thể được truy xuất bởi các thành viên lớp và các thành viên của một lớp dẫn xuất.

Kiểu dữ liệu được định nghĩa bởi một lớp được sử dụng như kiểu có sẵn.

7.1. Lớp đơn giản

Danh sách 7.1 trình bày định nghĩa của một lớp đơn giản để đại diện cho các điểm trong không gian hai chiều.

Danh sách 7.1

```
1  class Point {
2          int  xVal, yVal;
3    public:
4          void SetPt (int, int);
5          void OffsetPt (int, int);
6  };
```

Chú giải

1 Hàng này chứa phần đầu của lớp và đặt tên cho lớp là Point. Một định nghĩa lớp luôn bắt đầu với từ khóa class và theo sau đó là tên lớp. Một dấu { (ngoặc mở) đánh dấu điểm bắt đầu của thân lớp.

2 Hàng này định nghĩa hai dữ liệu thành viên xVal và yVal, cả hai thuộc kiểu int. Quyền truy xuất mặc định cho một thành viên của lớp là riêng (private). Vì thế cả hai xVal và yVal là riêng.

3 Từ khóa này chỉ định rằng từ điểm này trở đi các thành viên của lớp là chung (public).

4-5 Hai hàng này là các hàm thành viên. Cả hai có hai tham số nguyên và một kiểu trả về void.

6 Dấu } (ngoặc đóng) này đánh dấu kết thúc phần thân lớp.

Thứ tự trình bày các dữ liệu thành viên và hàm thành viên của một lớp là không quan trọng lắm. Ví dụ lớp trên có thể được viết tương đương như thế này:

```
class Point {
public:
      void SetPt (int, int);
      void OffsetPt (int, int);
private:
      int     xVal, yVal;
};
```

Định nghĩa thật sự của các hàm thành viên thường không là bộ phận của lớp và xuất hiện một cách tách biệt. Danh sách 7.2 trình bày định nghĩa riêng biệt của SetPt và OffsetPt.

Danh sách 7.2

```
1   void Point::SetPt (int x, int y)
2   {
3         xVal = x;
4         yVal = y;
5   }

6   void Point::OffsetPt (int x, int y)
7   {
8         xVal += x;
9         yVal += y;
10  }
```

Chú giải

1 Định nghĩa của một hàm thành viên thì tương tự như là hàm bình thường. Tên hàm được chỉ rõ trước với tên lớp và một cặp dấu hai chấm kép. Điều này xem SetPt như một thành viên của Point. Giao diện hàm phải phù hợp với định nghĩa giao diện trước đó bên trong lớp (nghĩa là, lấy hai tham số nguyên và có kiểu trả về là void).

3-4 Chú ý là hàm SetPt (là thành viên của Point) có thể tự do tham khảo tới dữ liệu thành viên xVal và yVal. Các hàm không là hàm thành viên không có quyền này.

Một khi một lớp được định nghĩa theo cách này, tên của nó bao hàm một kiểu dữ liệu mới cho phép chúng ta định nghĩa các biến của kiểu đó. Ví dụ:

```
Point pt;                  // pt là một đối tượng của lớp Point
pt.SetPt(10,20);           // pt được đặt tới (10,20)
pt.OffsetPt(2,2);  // pt trở thành (12,22)
```

Các hàm thành viên được sử dụng ký hiệu dấu chấm: pt.SetPt(10,20) gọi hàm SetPt của đối tượng pt, nghĩa là pt là một đối số ẩn của SetPt.

Bằng cách tạo ra các thành viên riêng xVal và yVal chúng ta phải chắc chắn rằng người sử dụng lớp không thể điều khiển trực tiếp chúng:

```
pt.xVal = 10;              // không hợp lệ
```

Điều này sẽ không biên dịch.

Ở giai đoạn này, chúng ta cần phân biệt rõ ràng giữa đối tượng và lớp. Một lớp biểu thị một kiểu duy nhất. Một đối tượng là một phần tử của một kiểu cụ thể (lớp). Ví dụ,

```
Point pt1, pt2, pt3;
```

định nghĩa tất cả ba đối tượng (pt1, pt2, và pt3) của cùng một lớp (Point). Các thao tác của một lớp được ứng dụng bởi các đối tượng của lớp đó nhưng không bao giờ được áp dụng trên chính lớp đó. Vì thế một lớp là một khái niệm không có sự tồn tại cụ thể mà chịu sự phản chiếu bởi các đối tượng của nó.

7.2. Các hàm thành viên nội tuyến

Việc định nghĩa những hàm thành viên là nội tuyến cải thiện tốc độ đáng kể. Một hàm thành viên được định nghĩa là nội tuyến bằng cách chèn từ khóa inline trước định nghĩa của nó.

```
inline void Point::SetPt (int x,int y)
{
        xVal = x;
        yVal = y;
}
```

Một cách dễ hơn để định nghĩa các hàm thành viên là nội tuyến là chèn định nghĩa của các hàm này vào *bên trong* lớp.

```
class Point {
        int  xVal, yVal;
public:
        void SetPt (int x,int y)        { xVal = x; yVal = y; }
        void OffsetPt (int x,int y)     { xVal += x; yVal += y; }
};
```

Chú ý rằng bởi vì thân hàm được chèn vào nên không cần dấu chấm phẩy sau khai báo hàm. Hơn nữa, các tham số của hàm phải được đặt tên.

7.3. Ví dụ: Lớp Set

Tập hợp (Set) là một tập các đối tượng không kể thứ tự và không lặp. Ví dụ này thể hiện rằng một tập hợp có thể được định nghĩa bởi một lớp như thế nào. Để đơn giản chúng ta giới hạn trên hợp các số nguyên với số lượng các phần tử là hữu hạn. Danh sách 7.3 trình bày định nghĩa lớp Set.

Danh sách 7.3

```
1  #include <iostream.h>
2  const maxCard = 100;
3  enum        Bool {false, true};
4  class Set {
5    public:
6          void   EmptySet          (void){ card = 0; }
7          Bool   Member            (const int);
8          void       AddElem           (const int);
9          void   RmvElem           (const int);
10         void   Copy              (Set&);
11         Bool   Equal         (Set&);
12         void   Intersect(Set&, Set&);
13         void     Union           (Set&, Set&);
14         void   Print         (void);
15   private:
16         int        elems[maxCard];                 // cac phan tu cua tap hop
17         int        card;                       // so phan tu cua tap hop
18 };
```

Chú giải

2 maxCard biểu thị số lượng phần tử tối đa trong tập hợp.

6 EmptySet xóa nội dung tập hợp bằng cách đặt số phần tử tập hợp về 0.

7 Member kiểm tra một số cho trước có thuộc tập hợp hay không.

8 AddElem thêm một phần tử mới vào tập hợp. Nếu phần tử đã có trong tập hợp rồi thì không làm gì cả. Ngược lại thì thêm nó vào tập hợp. Trường hợp mà tập hợp đã tràn thì phần tử không được xen vào.

9 RmvElem xóa một phần tử trong tập hợp.

10 Copy sao chép tập hợp tới một tập hợp khác. Tham số cho hàm này là một tham chiếu tới tập hợp đích.

11 Equal kiểm tra hai tập hợp có bằng nhau hay không. Hai tập hợp là bằng nhau nếu chúng chứa đựng chính xác cùng số phần tử (thứ tự của chúng là không quan trọng).

12 Intersect so sánh hai tập hợp để cho ra tập hợp thứ ba chứa các phần tử là giao của hai tập hợp. Ví dụ, giao của {2,5,3} và {7,5,2} là {2,5}.

13 Union so sánh hai tập hợp để cho ra tập hợp thứ ba chứa các phần tử là hội của hai tập hợp. Ví dụ, hợp của {2,5,3} và {7,5,2} là {2,5,3,7}.

14 Print in một tập hợp sử dụng ký hiệu toán học theo qui ước. Ví dụ, một tập hợp gồm các số 5, 2, và 10 được in là {5,2,10}.

16 Các phần tử của tập hợp được biểu diễn bằng mảng elems.

17 Số phần tử của tập hợp được biểu thị bởi card. Chỉ có các đầu vào bản số đầu tiên trong elems được xem xét là các phần tử hợp lệ.

Việc định nghĩa tách biệt các hàm thành viên của một lớp đôi khi được biết tới như là **sự cài đặt** (implementation) của một lớp. Sự thi công lớp Set là như sau.

```
Bool Set::Member (const int elem)
{
    for (register i = 0; i < card; ++i)
        if (elems[i] == elem)
            return true;
    return false;
}

void Set::AddElem (const int elem)
{
    if (Member(elem))
        return;
    if (card < maxCard)
        elems[card++] = elem;
    else
    cout << "Set overflow\n";
}

void Set::RmvElem (const int elem)
{
    for (register i = 0; i < card; ++i)
```

```
            if (elems[i] == elem) {
                for (; i < card-1; ++i)       // dich cac phan tu sang trai
                    elems[i] = elems[i+1];
                --card;
            }
}

void Set::Copy (Set &set)
{
    for (register i = 0; i < card; ++i)
        set.elems[i] = elems[i];
    set.card = card;
}

Bool Set::Equal (Set &set)
{
    if (card != set.card)
        return false;
    for (register i = 0; i < card; ++i)
        if (!set.Member(elems[i]))
            return false;
    return true;
}

void Set::Intersect (Set &set, Set &res)
{
    res.card = 0;
    for (register i = 0; i < card; ++i)
        if (set.Member(elems[i]))
            res.elems[res.card++] = elems[i];
}

void Set::Union (Set &set, Set &res)
{
    set.Copy(res);
    for (register i = 0; i < card; ++i)
        res.AddElem(elems[i]);
}

void Set::Print (void)
{
    cout << "{";
    for (int i = 0; i < card-1; ++i)
        cout << elems[i] << ",";
    if (card > 0)                    // khong co dau , sau phan tu cuoi cung
        cout << elems[card-1];
    cout << "}\n";
}
```

Hàm main sau đây tạo ra ba tập đối tượng Set và thực thi một vài hàm thành viên của nó.

```
int main (void)
{
    Set s1, s2, s3;

    s1.EmptySet();  s2.EmptySet();  s3.EmptySet();
    s1.AddElem(10); s1.AddElem(20); s1.AddElem(30); s1.AddElem(40);
    s2.AddElem(30); s2.AddElem(50); s2.AddElem(10); s2.AddElem(60);
```

```
    cout << "s1 = ";        s1.Print();
    cout << "s2 = ";        s2.Print();

    s2.RmvElem(50);
    cout << "s2 - {50} = ";
    s2.Print();
    if (s1.Member(20))
        cout << "20 is in s1\n";
    s1.Intersect(s2,s3);
    cout << "s1 intsec s2 = ";
    s3.Print();
    s1.Union(s2,s3);
        cout << "s1 union s2 = ";
    s3.Print();
    if (!s1.Equal(s2))
        cout << "s1 <> s2\n";
    return 0;
}
```

Khi chạy chương trình sẽ cho kết quả như sau:

```
s1 = {10,20,30,40}
s2 = {30,50,10,60}
s2 - {50} = {30,10,60}
20 is in s1
s1 intsec s2 = {10,30}
s1 union s2 = {30,10,60,20,40}
s1 <> s2
```

7.4. Hàm xây dựng (Constructor)

Hoàn toàn có thể định nghĩa và khởi tạo các đối tượng của một lớp ở cùng một thời điểm. Điều này được hỗ trợ bởi các hàm đặc biệt gọi là hàm xây dựng (constructor). Một hàm xây dựng luôn có cùng tên với tên lớp của nó. Nó không bao giờ có một kiểu trả về rõ ràng. Ví dụ,

```
class Point {
    int xVal, yVal;
public:
        Point (int x,int y) {xVal = x; yVal = y;} // constructor
    void OffsetPt (int,int);
};
```

là một định nghĩa có thể của lớp Point, trong đó SetPt đã được thay thế bởi một hàm xây dựng được định nghĩa nội tuyến.

Bây giờ chúng ta có thể định nghĩa các đối tượng kiểu Point và khởi tạo chúng một lượt. Điều này quả thật là ép buộc đối với những lớp chứa các hàm xây dựng đòi hỏi các đối số:

```
Point pt1 = Point(10,20);
Point pt2;                          // trái luật
```

Hàng thứ nhất có thể được đặc tả trong một hình thức ngắn gọn.

```
Point pt1(10,20);
```

Một lớp có thể có nhiều hơn một hàm xây dựng. Tuy nhiên, để tránh mơ hồ thì mỗi hàm xây dựng phải có một dấu hiệu duy nhất. Ví dụ,

```
class Point {
        int     xVal, yVal;
public:
                Point (int x, int y)        { xVal = x;  yVal = y; }
                Point (float, float);                       // các tọa độ cực
                Point (void)                    { xVal = yVal = 0; }  // gốc
        void OffsetPt (int, int);
};

Point::Point (float len, float angle)  // các tọa độ cực
{
        xVal = (int) (len * cos(angle));
        yVal = (int) (len * sin(angle));
}
```

có ba hàm xây dựng khác nhau. Một đối tượng có kiểu Point có thể được định nghĩa sử dụng bất kỳ hàm nào trong các hàm này:

```
Point pt1(10,20);       // tọa độ Đê-cát-tơ
Point pt2(60.3,3.14);   // tọa độ cực
Point pt3;                      // gốc
```

Lớp Set có thể được cải tiến bằng cách sử dụng một hàm xây dựng thay vì EmptySet:

```
class Set {
public:
        Set   (void)            { card = 0; }
        //...
};
```

Điều này tạo thuận lợi cho các lập trình viên không cần phải nhớ gọi EmptySet nữa. Hàm xây dựng đảm bảo rằng mọi tập hợp là rỗng vào lúc ban đầu.

Lớp Set có thể được cải tiến hơn nữa bằng cách cho phép người dùng điều khiển kích thước tối đa của tập hợp. Để làm điều này chúng ta định nghĩa elems như một con trỏ số nguyên hơn là mảng số nguyên. Hàm xây dựng sau đó có thể được cung cấp một đối số đặc tả kích thước tối đa mong muốn.

Nghĩa là maxCard sẽ không còn là hằng được dùng cho tất cả các đối tượng Set nữa mà chính nó trở thành một thành viên dữ liệu:

```
class Set {
public:
                Set (const int size);
        //...
private:
        int             *elems;                 // cac phan tu tap hop
  int           maxCard;                // so phan tu toi da
        int             card;                   // so phan tu
};
```

Hàm xây dựng dễ dàng cấp phát một mảng động với kích thước mong muốn và khởi tạo giá trị phù hợp cho maxCard và card:

```
Set::Set (const int size)
{
        elems = new int[size];
        maxCard = size;
   card = 0;
}
```

Bây giờ có thể định nghĩa các tập hợp có các kích thước tối đa khác nhau:

```
Set ages(10), heights(20), primes(100);
```

Chúng ta cần lưu ý rằng một hàm xây dựng của đối tượng được ứng dụng khi đối tượng được tạo ra. Điều này phụ thuộc vào phạm vi của đối tượng. Ví dụ, một đối tượng toàn cục được tạo ra ngay khi sự thực thi chương trình bắt đầu; một đối tượng tự động được tạo ra khi phạm vi của nó được đăng ký; và một đối tượng động được tạo ra khi toán tử new được áp dụng tới nó.

7.5. Hàm hủy (Destructor)

Như là một hàm xây dựng được dùng để khởi tạo một đối tượng khi nó được tạo ra, một hàm hủy được dùng để dọn dẹp một đối tượng ngay trước khi nó được thu hồi. Hàm hủy luôn luôn có cùng tên với chính tên lớp của nó nhưng được đi đầu với ký tự ~. Không giống các hàm xây dựng, mỗi lớp chỉ có nhiều nhất một hàm hủy. Hàm hủy không nhận bất kỳ đối số nào và không có một kiểu trả về rõ ràng.

Thông thường các hàm hủy thường hữu ích và cần thiết cho các lớp chứa dữ liệu thành viên con trỏ. Các dữ liệu thành viên con trỏ trỏ tới các khối bộ nhớ được cấp phát từ lớp. Trong các trường hợp như thế thì việc giải phóng bộ nhớ đã được cấp phát cho các con trỏ thành viên là cực kỳ quan trọng trước khi đối tượng được thu hồi. Hàm hủy có thể làm công việc như thế.

Ví dụ, phiên bản sửa lại của lớp Set sử dụng một mảng được cấp phát động cho các thành viên elems. Vùng nhớ này nên được giải phóng bởi một hàm hủy:

```
class Set {
 public:
                Set   (const int size);
                ~Set  (void)       {delete elems;}   // destructor
      //...
 private:
      int       *elems;          // cac phan tu tap hop
  int       maxCard;        // so phan tu toi da
      int       card;        // so phan tu cua tap hop
};
```

Bây giờ hãy xem xét cái gì xảy ra khi một Set được định nghĩa và sử dụng trong hàm:

```
void Foo (void)
{
        Set s(10);
        //...
}
```

Khi hàm Foo được gọi, hàm xây dựng cho s được triệu tập, cấp phát lưu trữ cho s.elems và khởi tạo các thành viên dữ liệu của nó. Kế tiếp, phần còn lại của thân hàm Foo được thực thi. Cuối cùng, trước khi Foo trả về, hàm hủy cho cho s được triệu tập, xóa đi vùng lưu trữ bị chiếm bởi s.elems. Kể từ đây cho đến khi cấp phát lưu trữ được kế đến thì s ứng xử giống như là biến tự động của một kiểu có sẵn được tạo ra khi phạm vi của nó được biết đến và được hủy đi khi phạm vi của nó được rời khỏi.

Nói chung, hàm xây dựng của đối tượng được áp dụng trước khi đối tượng được thu hồi. Điều này phụ thuộc vào phạm vi của đối tượng. Ví dụ, một đối tượng toàn cục được thu hồi khi sự thực hiện của chương trình hoàn tất; một đối tượng tự động được thu hồi khi toán tử delete được áp dụng tới nó.

7.6. Bạn (Friend)

Đôi khi chúng ta cần cấp quyền truy xuất cho một hàm tới các thành viên không là các thành viên chung của một lớp. Một truy xuất như thế được thực hiện bằng cách khai báo hàm như là bạn của lớp. Có hai lý do có thể cần đến truy xuất này là:

- Có thể là cách định nghĩa hàm chính xác.
- Có thể là cần thiết nếu như hàm cài đặt không hiệu quả.

Các ví dụ của trường hợp đầu sẽ được cung cấp trong chương 8 khi chúng ta thảo luận về tái định nghĩa các toán tử xuất/nhập. Một ví dụ của trường hợp thứ hai được thảo luận bên dưới.

Giả sử rằng chúng ta định nghĩa hai biến thể của lớp Set, một cho tập các số nguyên và một cho tập các số thực:

```
class IntSet {
 public:
        //...
 private:
        int elems[maxCard];
        int card;
};

class RealSet {
 public:
        //...
 private:
        float elems[maxCard];
        int   card;
};
```

Chúng ta muốn định nghĩa một hàm SetToReal để chuyển tập hợp số nguyên thành tập hợp số thực.Chúng ta có thể làm điều này bằng cách để cho hàm SetToReal là một thành viên của IntSet:

```
void IntSet::SetToReal (RealSet &set)
{
        set.EmptySet();
        for (register i = 0; i < card; ++i)
                set.AddElem((float) elems[i]);
}
```

Dẫu cho công việc này có thể thực hiện được nhưng tổn phí của việc gọi hàm AddElem cho mọi thành viên của tập hợp có thể là không thể chấp nhận. Công việc cài đặt có thể được cải thiện nếu chúng ta giành được truy xuất tới các dữ liệu riêng của cả hai IntSet và RealSet. Điều này có thể được giải quyết bằng cách khai báo hàm SetToReal như là bạn của lớp RealSet.

```
class RealSet {
        //...
        friend void IntSet::SetToReal (RealSet&);
};

void IntSet::SetToReal (RealSet &set)
{
        set.card = card;
        for (register i = 0; i < card; ++i)
                set.elems[i] = (float) elems[i];
}
```

Trường hợp để cho tất cả các hàm thành viên của lớp A như là bạn của một lớp B khác có thể được diễn giải trong một hình thức ngắn gọn như sau:

```
class A;
class B {
        //...
        friend class A;          // hình thức ngắn gọn
};
```

Cách khác của việc cài đặt hàm SetToReal là định nghĩa nó như là một hàm toàn cục mà là bạn của cả hai lớp:

```
class IntSet {
        //...
        friend void SetToReal (IntSet&, RealSet&);
};

class RealSet {
        //...
        friend void SetToReal (IntSet&, RealSet&);
};

void SetToReal (IntSet &iSet, RealSet &rSet)
{
        rSet.card = iSet.card;
        for (int i = 0; i < iSet.card; ++i)
                rSet.elems[i] = (float) iSet.elems[i];
}
```

Mặc dù khai báo bạn xuất hiện bên trong một lớp nhưng điều đó không làm cho hàm là một thành viên của lớp đó. Thông thường, vị trí của khai báo bạn trong một lớp là không quan trọng: dù cho nó xuất hiện trong phần chung, riêng, hay được bảo vệ thì đều có cùng nghĩa.

7.7. Đối số mặc định

Như là các hàm toàn cục, một hàm thành viên của một lớp có thể có các đối số mặc định. Ứng dụng luật tương tự, tất cả các đối số mặc định là các đối số ở phần đuôi (bên tay phải), và đối số có thể là một biểu thức gồm nhiều đối tượng được định nghĩa bên trong phạm vi mà lớp xuất hiện.

Ví dụ, một hàm xây dựng cho lớp Point có thể sử dụng các đối số mặc định để cung cấp nhiều cách thức khác nhau cho việc định nghĩa một đối tượng Point :

```
class Point {
        int     xVal, yVal;
public:
                Point (int x = 0, int y = 0);
        //...
};
```

Với hàm xây dựng đã có này thì các định nghĩa sau là hoàn toàn hợp lệ:

```
Point p1;                       // như là: p1(0, 0)
Point p2(10);                   // như là: p2(10, 0)
Point p3(10, 20);
```

Việc sử dụng cẩu thả các đối số mặc định có thể dẫn đến sự tối nghĩa không mong muốn. Ví dụ, với lớp đã cho

```
class Point {
        int     xVal, yVal;
public:
                Point (int x = 0, int y = 0);
                Point (float x = 0, float y = 0);       // tọa độ cực
        //...
};
```

thì định nghĩa sau được xem như là tối nghĩa bởi vì nó so khớp với cả hai hàm xây dựng:

```
Point p;                        // tối nghĩa hay mơ hồ
```

7.8. Đối số thành viên ẩn

Khi một hàm thành viên của lớp được gọi nó nhận một đối số ẩn biểu thị đối tượng cụ thể của lớp mà hàm được triệu gọi. Ví dụ, trong

```
Point pt(10,20);
pt.OffsetPt(2,2);
```

pt là một đối số ẩn cho OffsetPt. Bên trong thân của hàm thành viên tồn tại một con trỏ this tham khảo tới đối số ẩn này. This biểu thị một con trỏ tới đối tượng mà thành viên được triệu gọi. Sử dụng this hàm OffsetPt có thể được viết như sau:

```
Point::OffsetPt (int x, int y)
{
    this->xVal += x;        // tương đương với: xVal += x;
    this->yVal += y;        // tương đương với: yVal += y;
}
```

Việc sử dụng this trong trường hợp này là dư thừa. Tuy nhiên có những trường hợp lập trình trong đó sử dụng con trỏ this là cần thiết. Chúng ta sẽ thấy các ví dụ của những trường hợp như thế trong chương 7 khi thảo luận về tái định nghĩa các toán tử.

Con trỏ this có thể được sử dụng để tham khảo đến các hàm thành viên chính xác như là nó được sử dụng cho các dữ liệu thành viên. Tuy nhiên cần chú ý là con trỏ this được định nghĩa cho việc sử dụng bên trong các hàm thành viên của chỉ một lớp. Cụ thể hơn là nó không định nghĩa cho các hàm toàn cục (bao hàm cả các hàm bạn toàn cục).

7.9. Toán tử phạm vi

Khi gọi một hàm thành viên chúng ta thường sử dụng một cú pháp viết tắt. Ví dụ:

```
pt.OffsetPt(2,2);           // hình thức viết tắt
```

Điều này tương đương với hình thức viết đầy đủ:

```
pt.Point::OffsetPt(2,2);    // hình thức đầy đủ
```

Hình thức đầy đủ sử dụng toán tử phạm vi nhị hạng :: để chỉ định rằng hàm OffsetPt là một thành viên của lớp Point.

Trong một vài tình huống, sử dụng toán tử phạm vi là cần thiết. Ví dụ, trường hợp mà tên của thành viên lớp bị che dấu bởi biến cục bộ (ví dụ, tham số hàm thành viên) có thể được vượt qua bằng cách sử dụng toán tử phạm vi:

```
class Point {
public:
    Point (int x, int y)    { Point::x = x; Point::y = y; }
```

```
        //...
private:
        int x, y;
}
```

Ở đây x và y trong hàm xây dựng (phạm vi bên trong) che đi x và y trong lớp (phạm vi bên ngoài). x và y trong lớp được tham khảo rõ ràng là Point::x và Point::y.

7.10.Danh sách khởi tạo thành viên

Có hai cách khởi tạo các thành viên dữ liệu của một lớp. Tiếp cận đầu tiên liên quan đến việc khởi tạo các thành viên dữ liệu thông qua sử dụng các phép gán trong thân của hàm xây dựng. Ví dụ:

```
class Image {
 public:
            Image       (const int w, const int h);
 private:
        int    width;
        int    height;
  //...
};

Image::Image (const int w, const int h)
{
        width = w;
        height = h;
        //...
}
```

Tiếp cận thứ hai sử dụng một **danh sách khởi tạo thành viên** (member initialization list) trong định nghĩa hàm xây dựng. Ví dụ:

```
class Image {
 public:
            Image       (const int w, const int h);
 private:
        int    width;
        int    height;
  //...
};

Image::Image (const int w, const int h) : width(w), height(h)
{
        //...
}
```

Tác động của khai báo này là width được khởi tạo tới w và height được khởi tạo tới h. Chỉ khác nhau giữa tiếp cận này và tiếp cận trước đó là ở đây các thành viên được khởi tạo *trước khi* thân của hàm xây dựng được thực hiện.

Danh sách khởi tạo thành viên có thể được sử dụng để khởi tạo bất kỳ thành viên dữ liệu nào của một lớp. Nó luôn được đặt giữa phần đầu và phần thân của hàm xây dựng. Một dấu hai chấm (:) được sử dụng để phân biệt nó

với phần đầu. Nó gồm một danh sách các thành viên dữ liệu được phân biệt bằng dấu phẩy (,) mà giá trị khởi tạo của chúng xuất hiện bên trong một cặp dấu ngoặc đơn.

7.11. Thành viên hằng

Một thành viên dữ liệu của lớp có thể được định nghĩa như hằng. Ví dụ:

```
class Image {
        const int    width;
        const int    height;
  //...
};
```

Tuy nhiên, các hằng thành viên dữ liệu không thể được khởi tạo bằng cách sử dụng cùng cú pháp như là đối với các hằng khác:

```
class Image {
        const int    width = 256;          // khởi tạo trái luật
        const int    height = 168;     // khởi tạo trái luật
  //...
};
```

Cách chính xác để khởi tạo một hằng thành viên dữ liệu là thông qua một danh sách khởi tạo thành viên:

```
class Image {
public:
                        Image       (const int w, const int h);
private:
        const int    width;
        const int    height;
  //...
};

Image::Image (const int w, const int h) : width(w), height(h)
{
        //...
}
```

Như là một điều được mong đợi, không có hàm thành viên nào được cho phép gán tới một thành viên dữ liệu hằng.

Một thành viên dữ liệu hằng không thích hợp cho việc định nghĩa kích thước của một thành viên dữ liệu mảng. Ví dụ, trong

```
class Set {
 public:
                Set(void) : maxCard(10)          { card = 0; }
        //...
 private:
        const maxCard;
        int          elems[maxCard];          // không đúng luật
        int          card;
};
```

mảng elems sẽ bị bát bỏ bởi trình biên dịch. Lý do là maxCard không được ràng buộc tới một giá trị trong thời gian biên dịch mà được ràng buộc khi chương trình chạy và hàm xây dựng được triệu gọi.

Các hàm thành viên cũng có thể được định nghĩa như là hằng. Điều này được sử dụng để đặc tả các hàm thành viên nào của lớp có thể được triệu gọi cho một đối tượng hằng. Ví dụ,

```
class Set {
 public:
                    Set(void){ card = 0; }
      Bool   Member(const int)    const;
      void    AddElem(const int);
      //...
};

Bool Set::Member (const int elem) const
{
      //...
}
```

định nghĩa hàm Member như là một hàm thành viên hằng. Để thực hiện điều đó khóa const được chèn sau phần đầu của hàm ở cả hai bên trong lớp và trong định nghĩa hàm.

Một đối tượng hằng chỉ có thể được sửa đổi bởi các hàm thành viên hằng của lớp:

```
const Set s;
s.AddElem(10);  // trái luật: AddElem không là thành viên hằng
s.Member(10);   // ok
```

Luật cho phép một hàm thành viên hằng được cho phép triệu gọi các đối tượng hằng, nhưng nếu nó cố gắng sửa đổi bất kỳ các thành viên dữ liệu nào của lớp là không đúng luật.

Hàm xây dựng và hàm hủy không bao giờ cần được định nghĩa như các thành viên hằng vì chúng có quyền thao tác trên các đối tượng hằng. Chúng cũng không bị tác động bởi luật trên và có thể gán tới một thành viên dữ liệu của một đối tượng hằng trừ phi thành viên dữ liệu chính nó là một hằng.

7.12.Thành viên tĩnh

Thành viên dữ liệu của một lớp có thể định nghĩa là tĩnh (static). Điều này đảm bảo rằng sẽ có chính xác một bản sao chép của thành viên được chia sẻ bởi tất cả các đối tượng của lớp. Ví dụ, xem xét lớp Window trên một trình bày bản đồ:

```
class Window {
      static Window    *first;// danh sách liên kết tất cả Window
      Window                  *next;       // con trỏ tới window kế tiếp
```

```
    //...
};
```

Ở đây, không quan tâm đến bao nhiêu đối tượng kiểu Window được định nghĩa, sẽ chỉ là một thể hiện của first. Giống như các biến tĩnh khác, một thành viên dữ liệu tĩnh mặc định được khởi tạo là 0. Nó có thể được khởi tạo tới một giá trị tùy ý trong cùng phạm vi mà định nghĩa hàm thành viên xuất hiện:

```
Window *Window::first = &myWindow;
```

Các hàm thành viên cũng có thể được định nghĩa là tĩnh. Về mặc ngữ nghĩa, một hàm thành viên tĩnh giống như là một hàm toàn cục mà là bạn của một lớp nhưng không thể truy xuất bên ngoài lớp. Nó không nhận một đối số ẩn và vì thế không thể tham khảo tới con trỏ this. Các hàm thành viên tĩnh là cần thiết để định nghĩa các thủ tục gọi lại (call-back routines) mà các danh sách tham số của nó được định trước và ngoài phạm vi điều khiển của lập trình viên.

Ví dụ, lớp Window có thể sử dụng một hàm gọi lại để sơn các vùng lộ ra của cửa sổ:

```
class Window {
    //...
    static void PaintProc (Event *event);    // gọi lại
};
```

Bởi vì các hàm tĩnh được chia sẻ và không nhờ vào con trỏ this nên chúng được tham khảo tốt nhất nhờ vào sử dụng cú pháp *class::member*. Ví dụ, first và PaintProc sẽ được tham khảo như Window::first và Window::PaintProc. Các thành viên tĩnh chúng có thể được tham khảo tới thông qua sử dụng cú pháp này bởi các hàm không là thành viên (ví dụ, các hàm toàn cục).

7.13.Thành viên tham chiếu

Thành viên dữ liệu của lớp có thể được định nghĩa như là tham chiếu. Ví dụ:

```
class Image {
    int    width;
    int    height;
    int    &widthRef;
  //...
};
```

Tương tự các hằng thành viên dữ liệu, một tham chiếu thành viên dữ liệu không thể được khởi tạo bằng cách sử dụng cùng cú pháp như đối với các tham chiếu khác:

```
class Image {
    int    width;
    int    height;
    int    &widthRef = width;          // trái luật
  //...
};
```

Cách chính xác để khởi tạo một tham chiếu thành viên dữ liệu là thông qua một danh sách khởi tạo thành viên:

```
class Image {
 public:
      Image(const int w, const int h);
 private:
      int    width;
      int    height;
      int    &widthRef;
  //...
};

Image::Image (const int w, const int h) : widthRef(width)
{
      //...
}
```

Điều này làm cho widthRef trở thành một tham chiếu cho thành viên width.

7.14.Thành viên là đối tượng của một lớp

Thành viên dữ liệu của một lớp có thể là kiểu người dùng định nghĩa, có nghĩa là một đối tượng của một lớp khác. Ví dụ, lớp Rectangle có thể được định nghĩa bằng cách sử dụng hai thành viên dữ liệu Point đại diện cho góc trên bên trái và góc dưới bên phải của hình chữ nhật:

```
class Rectangle {
 public:
                Rectangle (int left, int top, int right, int bottom);
      //...
 private:
      Point topLeft;
      Point botRight;
};
```

Hàm xây dựng cho lớp Rectangle cũng có thể khởi tạo hai thành viên đối tượng của lớp. Giả sử rằng lớp Point có một hàm xây dựng thì điều này được thực hiện bằng cách thêm topLeft và botRight vào danh sách khởi tạo thành viên của hàm xây dựng cho lớp Rectangle:

```
Rectangle::Rectangle (int left, int top, int right, int bottom)
      : topLeft(left,top), botRight(right,bottom)
{
}
```

Nếu hàm xây dựng của lớp Point không có tham số hoặc nếu nó có các đối số mặc định cho tất cả tham số của nó thì danh sách khởi tạo thành viên ở trên có thể được bỏ qua.

Thứ tự khởi tạo thì luôn là như sau. Trước hết hàm xây dựng cho topLeft được triệu gọi và theo sau là hàm xây dựng cho botRight, và cuối cùng là hàm xây dựng cho chính lớp Rectangle. Hàm hủy đối tượng luôn theo hướng ngược

lại. Trước tiên là hàm xây dựng cho lớp Rectangle (nếu có) được triệu gọi, theo sau là hàm hủy cho botRight, và cuối cùng là cho topLeft. Lý do mà topLeft được khởi tạo trước botRight không phải vì nó xuất hiện trước trong danh khởi tạo thành viên mà vì nó xuất hiện trước botRight trong chính lớp đó. Vì thế, định nghĩa hàm xây dựng như sau sẽ không thay đổi thứ tự khởi tạo (hoặc hàm hủy):

```
Rectangle::Rectangle (int left, int top, int right, int bottom)
    : botRight(right,bottom), topLeft(left,top)
{
}
```

7.15.Mảng các đối tượng

Mảng các kiểu người dùng định nghĩa được định nghĩa và sử dụng nhiều theo cùng phương thức như mảng các kiểu xây dựng sẵn. Ví dụ, hình ngũ giác có thể được định nghĩa như mảng của 5 điểm:

```
Point pentagon[5];
```

Định nghĩa này giả sử rằng lớp Point có một hàm xây dựng không đối số (nghĩa là một hàm xây dựng có thể được triệu gọi không cần đối số). Hàm xây dựng được áp dụng tới mỗi phần tử của mảng.

Mảng cũng có thể được khởi tạo bằng cách sử dụng bộ khởi tạo mảng thông thường. Mỗi mục trong danh sách khởi tạo có thể triệu gọi hàm xây dựng với các đối số mong muốn. Khi bộ khởi tạo có ít mục hơn kích thước mảng, các phần tử còn lại được khởi tạo bởi hàm xây dựng không đối số. Ví dụ,

```
Point pentagon[5] = {
    Point(10,20), Point(10,30), Point(20,30), Point(30,20)
};
```

khởi tạo bốn phần tử của mảng pentagon tới các điểm cụ thể, và phần tử sau cùng được khởi tạo tới (0,0).

Khi hàm xây dựng có thể được triệu gọi với một đối số đơn, nó vừa đủ để đặc tả đối số. Ví dụ,

```
Set sets[4] = {10, 20, 20, 30};
```

là một phiên bản ngắn gọn của:

```
Set sets[4] = {Set(10), Set(20), Set(20), Set(30)};
```

Mảng các đối tượng cũng có thể được tạo ra động bằng cách sử dụng toán tử new:

```
Point *petagon = new Point[5];
```

Sau cùng, khi mảng được xóa bằng cách sử dụng toán tử delete thì một cặp dấu ngoặc vuông ([]) nên được chèn vào:

```
delete [] pentagon;          // thu hồi tất cả các phần tử của mảng
```

Nếu không sử dụng cặp [] được chèn vào thì toán tử delete sẽ không có cách nào biết rằng pentagon biểu thị một mảng các điểm chứ không phải là một mảng đơn. Hàm hủy (nếu có) được ứng dụng tới các phần tử của mảng theo thứ tự ngược lại trước khi mảng được xóa. Việc loại bỏ cặp [] sẽ làm cho hàm hủy được áp dụng chỉ tới phần tử đầu tiên của mảng.

```
delete pentagon;             // thu hồi chỉ phần tử đầu tiên!
```

Vì các đối tượng của mảng động không thể được khởi tạo rõ ràng ở thời điểm tạo ra, lớp phải có một hàm xây dựng không đối số để điều khiển việc khởi tạo không tường minh. Khi việc khởi tạo không tường minh này không đủ thông tin thì sau đó lập trình viên có thể khởi tạo lại cụ thể cho từng phần tử của mảng:

```
pentagon[0].Point(10, 20);
pentagon[1].Point(10, 30);
//...
```

Mảng các đối tượng động được sử dụng trong các tình huống mà chúng ta không thể biết trước kích thước của mảng. Ví dụ, một lớp đa giác tổng quát không có cách nào biết được một hình đa giác có chính xác bao nhiêu đỉnh:

```
class Polygon {
public:
    //...
private:
    Point *vertices;        // các đỉnh
    int     nVertices;      // số các đỉnh
};
```

7.16.Phạm vi lớp

Một lớp mở đầu **phạm vi lớp** rất giống với cách một hàm (hay khối) mở đầu một phạm vi cục bộ. Tất cả các thành viên của lớp phụ thuộc vào phạm vi lớp và ẩn đi các thực thể với các tên giống hệt trong phạm vi.Ví dụ, trong

```
int fork (void);             // fork hệ thống

class Process {
    int fork (void);
    //...
};
```

hàm thành viên fork ẩn đi hàm hệ thống toàn cục fork. Hàm thành viên có thể tham khảo tới hàm hệ thống toàn cục bằng cách sử dụng toán tử phạm vi đơn hạng:

```
int Process::fork (void)
```

```
{
    int pid = ::fork();   // sử dụng hàm fork hệ thống toàn cục
    //...
}
```

Lớp chính nó có thể được định nghĩa ở bất kỳ một trong ba phạm vi có thể:

- Ở phạm vi toàn cục. Điều này dẫn tới một **lớp toàn cục** bởi vì nó có thể được tham khảo tới bởi tất cả phạm vi khác. Đại đa số các lớp C++ (kể cả tất cả các ví dụ được trình bày đến thời điểm này) được định nghĩa ở phạm vi toàn cục.
- Ở phạm vi lớp của lớp khác. Điều này dẫn tới một **lớp lồng nhau** trong đó lớp được chứa đựng bởi lớp khác.
- Ở phạm vi cục bộ của một khối hay một hàm. Điều này dẫn đến một **lớp cục bộ** trong đó lớp được chứa đựng hoàn toàn bởi một khối hoặc một hàm.

Lớp lồng nhau là hữu dụng khi một lớp được sử dụng chỉ bởi một lớp khác. Ví dụ,

```
class Rectangle {              // một lớp lồng nhau
 public:
            Rectangle (int, int, int, int);
    //..
 private:
    class Point {
    public:
            Point (int, int);
  private:
        int x, y;
    };
    Point topLeft, botRight;
};
```

định nghĩa lớp Point lồng bên trong lớp Rectangle. Các hàm thành viên của lớp Point có thể được định nghĩa hoặc nội tuyến (inline) ở bên trong lớp Point hoặc ở phạm vi toàn cục. Phạm vi toàn cục sẽ đòi hỏi thêm các tên của hàm thành viên bằng cách đặt trước chúng với Rectangle::

```
Rectangle::Point::Point (int x, int y)
{
    //...
}
```

Một lớp lồng nhau vẫn còn có thể được truy xuất bên ngoài lớp bao bọc của nó bằng cách chỉ định đầy đủ tên lớp. Ví dụ sau là hợp lệ ở bất kỳ phạm vi nào (giả sử rằng Point được tạo ra chung (public) ở bên trong Rectangle):

```
Rectangle::Point pt(1,1);
```

Lớp cục bộ hữu dụng khi một lớp được sử dụng chỉ bởi một hàm – hàm toàn cục hay hàm thành viên – hoặc thậm chí chỉ là một khối. Ví dụ,

```
void Render (Image &image)
{
      class ColorTable {
  public:
            ColorTable      (void)                          { /* ... */ }
            AddEntry  (int r, int g, int b)  { /* ... */ }
            //...
      };

      ColorTable colors;
      //...
}
```

định nghĩa ColorTable như là một lớp cục bộ tới Render.

Không giống như các lớp lồng nhau, một lớp cục bộ không thể truy xuất bên ngoài phạm vi nó được định nghĩa. Vì thế hàng sau là không hợp lệ ở phạm vi toàn cục:

```
ColorTable ct;          // không được định nghĩa!
```

Một lớp cục bộ phải được định nghĩa đầy đủ bên trong phạm vi mà nó xuất hiện. Vì thế, tất cả các hàm thành viên của nó cần được định nghĩa nội tuyến ở bên trong lớp. Điều này ngụ ý rằng một phạm vi cục bộ không phù hợp cho định nghĩa bất cứ cái gì ngoại trừ các lớp thật là đơn giản.

7.17.Cấu trúc và hợp

Cấu trúc (structure) là tất cả các thành viên của nó được định nghĩa mặc định là chung (public). (Nhớ rằng tất cả các thành viên của lớp được định nghĩa mặc định là riêng (private)). Các cấu trúc được định nghĩa bằng cách sử dụng cùng cú pháp như các lớp ngoại trừ từ khóa struct được sử dụng thay vì class. Ví dụ,

```
struct Point {
            Point(int, int);
      void OffsetPt(int, int);
      int  x, y;
};
```

đương đương với:

```
class Point {
  public:
                  Point(int, int);
        void OffsetPt(int, int);
        int  x, y;
};
```

Cấu trúc struct được bắt nguồn từ ngôn ngữ C, nó chỉ có thể chứa đựng các thành viên dữ liệu. Nó đã được giữ lại cho khả năng tương thích về sau. Trong C, một cấu trúc có thể có một bộ khởi tạo với cú pháp tương tự như là cú pháp của một mảng. C++ cho phép các bộ khởi tạo như thế dành cho các

cấu trúc và các lớp mà tất cả các thành viên dữ liệu của chúng là chung (public):

```
class Employee {
    public:
        char    *name;
        int     age;
        double  salary;
};

Employee emp = {"Jack", 24, 38952.25};
```

Bộ khởi tạo gồm các giá trị được gán cho các thành viên dữ liệu của cấu trúc (hoặc lớp) theo thứ tự chúng xuất hiện. Các kiểu khởi tạo này phần lớn được thay thế bằng các hàm xây dựng. Vả lại, nó không thể được sử dụng với lớp mà có hàm xây dựng.

Hợp (union) là một lớp mà tất cả các thành viên dữ liệu của nó được ánh xạ tới cùng địa chỉ ở bên trong đối tượng của nó (hơn là liên tiếp như trong trường hợp của lớp). Vì thế kích thước đối tượng của một hợp là kích thước thành viên dữ liệu lớn nhất của nó.

Hợp được sử dụng chủ yếu cho các tình huống mà một đối tượng có thể chiếm lấy các giá trị của các kiểu khác nhưng chỉ một giá trị ở một thời điểm. Ví dụ, xem xét một trình thông dịch cho một ngôn ngữ lập trình đơn giản được gọi là P hỗ trợ cho một số kiểu dữ liệu như là: số nguyên, số thực, chuỗi, và danh sách. Một giá trị trong ngôn ngữ lập trình này có thể được định nghĩa kiểu:

```
union Value {
    long    integer;
    double  real;
    char    *string;
    Pair    list;
    //...
};
```

trong đó Pair chính nó là một kiểu người dùng định nghĩa cho việc tạo ra các danh sách:

```
class Pair {
    Value   *head;
    Value   *tail;
    //...
};
```

Giả sử rằng kiểu long là 4 byte, kiểu double là 8 byte, và con trỏ là 4 byte, đối tượng thuộc kiểu Value có thể chính xác 8 byte, nghĩa là cùng kích thước với kiểu double hay đối tượng kiểu Pair (bằng với hai con trỏ).

Một đối tượng trong ngôn ngữ P có thể được biểu diễn bởi lớp,

```
class Object {
    private:
        enum ObjType {intObj, realObj, strObj, listObj};
```

```
    ObjType type;       // kiểu đối tượng
    Value   val;        // giá trị của đối tượng
    //...
};
```

trong đó type cung cấp cách thức ghi nhận kiểu của giá trị mà đối tượng giữ hiện tại. Ví dụ, khi type được đặt tới strObj, val.string được sử dụng để tham khảo tới giá trị của nó.

Bởi vì chỉ có một cách duy nhất mà các thành viên dữ liệu được ánh xạ tới bộ nhớ nên một hợp không thể có thành viên dữ liệu tĩnh hay thành viên dữ liệu mà yêu cầu một hàm xây dựng.

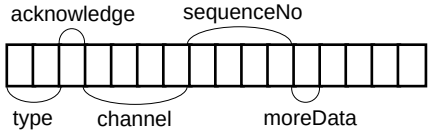
Giống như cấu trúc, tất cả các thành viên của hợp được định nghĩa mặc định là chung (public). Các từ khóa private, public, và protected có thể được sử dụng bên trong struct hoặc union chính xác theo cùng cách mà chúng được sử dụng bên trong một lớp để định nghĩa các thành viên riêng, chung, và được bảo vệ.

7.18.Các trường bit

Đôi khi chúng ta muốn điều khiển trực tiếp một đối tượng ở mức bit sao cho nhiều hạng mục dữ liệu riêng có thể được đóng gói thành một dòng bit mà không còn lo lắng về các biên của từ hay byte.

Ví dụ trong truyền dữ liệu, dữ liệu được truyền theo từng đơn vị rời rạc gọi là các gói tin (packets). Ngoài phần dữ liệu cần truyền thì mỗi gói tin còn chứa đựng một phần header gồm các thông tin về mạng hỗ trợ cho việc quản lý và truyền các gói tin qua mạng. Để làm giảm thiểu chi phí truyền nhận chúng ta mong muốn giảm thiểu không gian chiếm bởi phần header. Hình 7.1 minh họa các trường của header được đóng gói thành các bit gần kề để đạt được mục đích này.

Hình 7.1 Các trường header của một gói.



Các trường này có thể được biểu diễn thành các thành viên dữ liệu **trường bit** của một lớp Packet. Một trường bit có thể được định nghĩa thuộc kiểu int hoặc kiểu unsigned int:

```
typedef unsigned int Bit;

class Packet {
    Bit  type           : 2;    // rộng 2 bit
    Bit acknowledge: 1;         // rộng 1 bit
    Bit channel      : 4;       // rộng 4 bit
    Bit  sequenceNo     : 4;    // rộng 4 bit
```

```
    Bit   moreData      : 1;        // rộng 1 bit
    //...
};
```

Một trường bit được tham khảo giống như là tham khảo tới bất kỳ thành viên dữ liệu nào khác. Bởi vì một trường bit không nhất thiết bắt đầu trên một biến của byte nên việc lấy địa chỉ của nó là không hợp lệ. Với lý do này, một trường bit không được định nghĩa là tĩnh (static).

Sử dụng bảng liệt kê có thể dễ dàng làm việc với các trường bit hơn. Ví dụ, từ bảng liệt kê cho trước

```
enum PacketType {dataPack, controlPack, supervisoryPack};
enum Bool       {false, true};
```

chúng ta có thể viết:

```
Packet p;
p.type = controlPack;
p.acknowledge = true;
```

Bài tập cuối chương 7

7.1 Giải thích tại sao các tham số của các hàm thành viên Set được khai báo như là các tham chiếu.

7.2 Định nghĩa một lớp có tên là Complex để biểu diễn các số phức. Một số phức có hình thức tổng quát là a + bi, trong đó a là phần thực và b là phần ảo (i thay cho ảo). Các quy luật toán học trên số phức như sau:

$$(a + bi) + (c + di) = (a + c) + (b + d)i$$
$$(a + bi) - (c + di) = (a + c) - (b + d)i$$
$$(a + bi) * (c + di) = (ac - bd) + (bc + ad)i$$

Định nghĩa các thao tác này như là các hàm thành viên của lớp Complex.

7.3 Định nghĩa một lớp có tên là Menu sử dụng danh sách liên kết của các chuỗi để biểu diễn menu với nhiều chọn lựa. Sử dụng một lớp lồng nhau tên là Option để biểu diễn tập hợp các phần tử. Định nghĩa một hàm xây dựng, hàm hủy, và các hàm thành viên sau cho lớp Menu:

- Insert chèn một chọn lựa mới vào một vị trí cho trước. Cung cấp một đối số mặc định sao cho mục chọn được nối vào ở điểm cuối.
- Delete xóa một chọn lựa tồn tại.
- Choose hiển thị menu và mời người dùng chọn một chọn lựa.

7.4 Định nghĩa lại lớp Set như là một danh sách liên kết sao cho không có giới hạn về số lượng các phần tử một tập hợp có thể có. Sử dụng một lớp lồng nhau tên là Element để biểu diễn tập hợp các phần tử.

7.5 Định nghĩa một lớp tên là Sequence để lưu trữ các chuỗi đã được sắp xếp. Định nghĩa một hàm xây dựng, một hàm hủy, và các hàm thành viên sau cho lớp Sequence:

- Insert chèn một chuỗi mới vào vị trí sắp xếp của nó.
- Delete xóa một chuỗi hiện có.
- Find tìm tuần tự với một chuỗi cho trước và trả về true nếu tìm được và false nếu không tìm được.
- Print in ra các chuỗi tuần tự.

7.6 Định nghĩa lớp tên là BinTree để lưu trữ các chuỗi đã được sắp xếp như là một cây nhị phân. Định nghĩa cùng tập các hàm thành viên như đối với lớp Sequence ở bài tập trước.

7.7 Định nghĩa một hàm thành viên cho lớp BinTree để chuyển một chuỗi thành cây nhị phân như là bạn của lớp Sequence. Sử dụng hàm này để định nghĩa một hàm xây dựng cho lớp BinTree nhận một chuỗi làm đối số.

7.8 Thêm một thành viên dữ liệu ID là số nguyên vào lớp Menu (Bài tập 7.3) sao cho tất cả các đối tượng menu được đánh số tuần tự bắt đầu từ 0. Định nghĩa một hàm thành viên nội tuyến trả về số ID. Bạn sẽ theo dõi ID cuối cùng được cấp phát như thế nào?

7.9 Sửa đổi lớp Menu sao cho chọn lựa chính nó có thể là một menu, bằng cách ấy cho phép các menu lồng nhau.

Chương 8. Tái định nghĩa

Chương này thảo luận về tái định nghĩa hàm và toán tử trong C++. Thuật ngữ *tái định nghĩa* (overloading) nghĩa là 'cung cấp nhiều định nghĩa'. Tái định nghĩa hàm liên quan đến việc định nghĩa các hàm riêng biệt chia sẻ cùng tên, mỗi hàm có một dấu hiệu duy nhất. Tái định nghĩa hàm thích hợp cho:

- Định nghĩa các hàm về bản chất là làm cùng công việc nhưng thao tác trên các kiểu dữ liệu khác nhau.
- Cung cấp các giao diện tới cùng hàm.

Tái định nghĩa hàm (function overloading) là một tiện lợi trong lập trình.

Giống như các hàm, các toán tử nhận các toán hạng (các đối số) và trả về một giá trị. Phần lớn các toán tử C++ có sẵn đã được tái định nghĩa rồi. Ví dụ, toán tử + có thể được sử dụng để cộng hai số nguyên, hai số thực, hoặc hai địa chỉ. Vì thế, nó có nhiều định nghĩa khác nhau. Các định nghĩa xây dựng sẵn cho các toán tử được giới hạn trên những kiểu có sẵn. Các định nghĩa thêm vào có thể được cung cấp bởi các lập trình viên sao cho chúng cũng có thể thao tác trên các kiểu người dùng định nghĩa. Mỗi định nghĩa thêm vào được cài đặt bởi một hàm.

Tái định nghĩa các toán tử sẽ được minh họa bằng cách sử dụng một số lớp đơn giản. Chúng ta sẽ thảo luận các qui luật chuyển kiểu có thể được sử dụng như thế nào để rút gọn nhu cầu cho nhiều tái định nghĩa của cùng toán tử. Chúng ta sẽ trình bày các ví dụ của tái định nghĩa một số toán tử phổ biến gồm << và >> cho xuất nhập, [] và () cho các lớp chứa, và các toán tử con trỏ. Chúng ta cũng sẽ thảo luận việc khởi tạo và gán tự động, tầm quan trọng của việc cài đặt chính xác chúng trong các lớp sử dụng các thành viên dữ liệu được cấp phát động.

Không giống như các hàm và các toán tử, các lớp không thể được tái định nghĩa; mỗi lớp phải có một tên duy nhất. Tuy nhiên, như chúng ta sẽ thấy trong chương 8, các lớp có thể được sửa đổi và mở rộng thông qua khả năng *thừa kế* (inheritance).

8.1. Tái định nghĩa hàm

Xem xét một hàm, GetTime, trả về thời gian hiện tại của ngày theo các tham số của nó, và giả sử rằng cần có hai biến thể của hàm này: một trả về thời gian theo giây tính từ nửa đêm, và một trả về thời gian theo giờ, phút, giây. Rõ ràng các hàm này phục vụ cùng mục đích nên không có lý do gì lại để cho chúng có những cái tên khác nhau.

C++ cho phép các hàm được tái định nghĩa, nghĩa là cùng hàm có thể có hơn một định nghĩa:

```
long GetTime (void);                    // số giây tính từ nửa đêm
void GetTime (int &hours, int &minutes, int &seconds);
```

Khi hàm GetTime được gọi, trình biên dịch so sánh số lượng và kiểu các đối số trong lời gọi với các định nghĩa của hàm GetTime và chọn một cái khớp với lời gọi. Ví dụ:

```
int h, m, s;
long t = GetTime();             // khớp với GetTime(void)
GetTime(h, m, s);               // khớp với GetTime(int&, int&, int&);
```

Để tránh nhầm lẫn thì mỗi định nghĩa của một hàm được tái định nghĩa phải có một dấu hiệu duy nhất.

Các hàm thành viên của một lớp cũng có thể được tái định nghĩa:

```
class Time {
      //...
      long GetTime (void);                  // số giây tính từ nửa đêm
      void GetTime (int &hours, int &minutes, int &seconds);
};
```

Tái định nghĩa hàm giúp ta thu được nhiều phiên bản đa dạng của hàm mà không thể có được bằng cách sử dụng đơn độc các đối số mặc định. Các hàm được tái định nghĩa cũng có thể có các đối số mặc định:

```
void Error (int errCode, char *errMsg = "");
void Error (char *errMsg);
```

8.2. Tái định nghĩa toán tử

C++ cho phép lập trình viên định nghĩa các ý nghĩa thêm vào cho các toán tử xác định trước của nó bằng cách tái định nghĩa chúng. Ví dụ, chúng ta có thể tái định nghĩa các toán tử + và – để cộng và trừ các đối tượng Point:

```
class Point {
 public:
      Point (int x, int y) {Point::x = x; Point::y = y;}
```

```
    Point operator + (Point &p)  {return Point(x + p.x,y + p.y);}
    Point operator - (Point &p)  {return Point(x - p.x,y - p.y);}
 private:
    int x, y;
};
```

Sau định nghĩa này thì + và – có thể được sử dụng để cộng và trừ các điểm giống như là chúng được sử dụng để cộng và trừ các số:

```
Point p1(10,20), p2(10,20);
Point p3 = p1 + p2;
Point p4 = p1 - p2;
```

Việc tái định nghĩa các toán tử + và – như trên sử dụng các hàm thành viên. Một khả năng khác là một toán tử có thể được tái định nghĩa toàn cục:

```
class Point {
 public:
    Point (int x, int y)        {Point::x = x; Point::y = y;}
    friend Point operator + (Point &p, Point &q)
                                    {return Point(p.x + q.x,p.y + q.y);}
    friend Point operator - (Point &p, Point &q)
                                    {return Point(p.x - q.x,p.y - q.y);}
 private:
    int x, y;
};
```

Sử dụng một toán tử đã tái định nghĩa tương đương với một lời gọi rõ ràng tới hàm thi công nó. Ví dụ:

```
operator+(p1, p2)            // tương đương với: p1 + p2
```

Thông thường, để định nghĩa một toán tử λ xác định trước thì chúng ta định nghĩa một hàm tên operator λ . Nếu λ là một toán tử nhị hạng:

- operator λ phải nhận chính xác một đối số nếu được định nghĩa như một thành viên của lớp, hoặc hai đối số nếu được định nghĩa toàn cục.

Tuy nhiên, nếu λ là một toán tử đơn hạng:

- operator λ phải nhận không đối số nếu được định nghĩa như một thành viên của lớp, hoặc một đối số nếu được định nghĩa toàn cục.

Bảng 8.1 tổng kết các toán tử C++ có thể được tái định nghĩa. Năm toán tử còn lại không được tái định nghĩa là:

. .* :: ?: sizeof

Bảng 8.1 Các toán tử có thể tái định nghĩa.

Đơn hạng	+	-	*	!	~	&	++	--	()	->	->*
	new	delete									
Nhị hạng	+	-	*	/	%	&	|	^	<<	>>	
	=	+=	-=	/=	%=	&=	|=	^=	<<=	>>=	
	==	!=	<	>	<=	>=	&&	||	[]	()	,

Toán tử đơn hạng (ví dụ ~) không thể được tái định nghĩa như nhị hạng hoặc toán tử nhị hạng (ví dụ =) không thể được tái định nghĩa như toán tử đơn hạng.

C++ không hỗ trợ định nghĩa toán tử new bởi vì điều này có thể dẫn đến sự mơ hồ. Hơn nữa, luật ưu tiên cho các toán tử xác định trước cố định và không thể được sửa đổi. Ví dụ, dù cho bạn tái định nghĩa toán tử * như thế nào thì nó sẽ luôn có độ ưu tiên cao hơn toán tử +.

Các toán tử ++ và — có thể được tái định nghĩa như là tiền tố cũng như là hậu tố. Các luật tương đương không được áp dụng cho các toán tử đã tái định nghĩa. Ví dụ, tái định nghĩa + không ảnh hưởng tới += trừ phi toán tử += cũng được tái định nghĩa rõ ràng. Các toán tử ->, =, [], và () chỉ có thể được tái định nghĩa như các hàm thành viên, và không như toàn cục.

Để tránh sao chép các đối tượng lớn khi truyền chúng tới các toán tử đã tái định nghĩa thì các tham chiếu nên được sử dụng. Các con trỏ thì không thích hợp cho mục đích này bởi vì một toán tử đã được tái định nghĩa không thể thao tác toàn bộ trên con trỏ.

Ví dụ: Các toán tử trên tập hợp

Lớp Set được giới thiệu trong chương 6. Phần lớn các hàm thành viên của Set được định nghĩa như là các toán tử tái định nghĩa tốt hơn. Danh sách 8.1 minh họa.

Danh sách 8.1

```
1  #include <iostream.h>
2  const maxCard = 100;
3  enum       Bool {false, true};
4  class Set {
5   public:
6                              Set(void) { card = 0; }
7         friend Bool operator &  (const int, Set&);      // thanh vien
8         friend Bool operator == (Set&, Set&);           // bang
9         friend Bool operator != (Set&, Set&);           // khong bang
10        friend Set  operator *  (Set&, Set&);           // giao
11        friend Set  operator +  (Set&, Set&);           // hop
12        //...
13        void   AddElem(const int elem);
14        void   Copy   (Set &set);
15    void       Print  (void);
16  private:
17        int            elems[maxCard];                  // cac phan tu cua tap hop
18        int            card;                            // so phan tu cua tap hop
19 };
```

Ở đây, chúng ta phải quyết định định nghĩa các hàm thành viên toán tử như là bạn toàn cục. Chúng có thể được định nghĩa một cách dễ dàng như là hàm thành viên. Việc thi công các hàm này là như sau.

```
Bool operator & (const int elem, Set &set)
{
      for (register i = 0; i < set.card; ++i)
          if (elem == set.elems[i])
                return true;
      return false;
}

Bool operator == (Set &set1, Set &set2)
{
      if (set1.card != set2.card)
          return false;
      for (register i = 0; i < set1.card; ++i)
          if (!(set1.elems[i] & set2))      // sử dụng & đã tái định nghĩa
                return false;
      return true;
}

Bool operator != (Set &set1, Set &set2)
{
      return !(set1 == set2);              // sử dụng == đã tái định nghĩa
}

Set operator * (Set &set1, Set &set2)
{
      Set res;

      for (register i = 0; i < set1.card; ++i)
          if (set1.elems[i] & set2)        // sử dụng & đã tái định nghĩa
                res.elems[res.card++] = set1.elems[i];
```

```
    return res;
}

Set operator + (Set &set1, Set &set2)
{
        Set res;

        set1.Copy(res);
        for (register i = 0; i < set2.card; ++i)
            res.AddElem(set2.elems[i]);
        return res;
}
```

Cú pháp để sử dụng các toán tử này ngắn gọn hơn cú pháp của các hàm mà chúng thay thế như được minh họa bởi hàm main sau:

```
int main (void)
{
        Set s1, s2, s3;

        s1.AddElem(10); s1.AddElem(20); s1.AddElem(30); s1.AddElem(40);
        s2.AddElem(30); s2.AddElem(50); s2.AddElem(10); s2.AddElem(60);

        cout << "s1 = ";        s1.Print();
        cout << "s2 = ";        s2.Print();

        if (20 & s1) cout << "20 thuoc s1\n";

        cout << "s1 giao s2 = ";     (s1 * s2).Print();
        cout << "s1 hop s2 = ";      (s1 + s2).Print();

        if (s1 != s2) cout << "s1 /= s2\n";
        return 0;
}
```

Khi chạy chương trình sẽ cho kết quả sau:

```
s1 = {10,20,30,40}
s2 = {30,50,10,60}
20 thuoc s1
s1 giao s2 = {10,30}
s1 hop s2 = {10,20,30,40,50,60}
s1 /= s2
```

8.3. Chuyển kiểu

Các luật chuyển kiểu thông thường có sẵn của ngôn ngữ cũng áp dụng tới các hàm và các toán tử đã tái định nghĩa. Ví dụ, trong

```
if ('a' & set)
        //...
```

toán hạng đầu của & (nghĩa là 'a') được chuyển kiểu ẩn từ char sang int, bởi vì toán tử & đã tái định nghĩa mong đợi toán hạng đầu của nó thuộc kiểu int.

Bất kỳ sự chuyển kiểu nào khác thêm vào phải được định nghĩa bởi lập trình viên. Ví dụ, giả sử chúng ta muốn tái định nghĩa toán tử + cho kiểu Point sao cho nó có thể được sử dụng để cộng hai điểm hoặc cộng một số nguyên tới cả hai tọa độ của một điểm:

```
class Point
        //...
        friend Point operator + (Point, Point);
        friend Point operator + (int, Point);
        friend Point operator + (Point, int);
};
```

Để làm cho toán tử + có tính giao hoán, chúng ta phải định nghĩa hai hàm để cộng một số nguyên với một điểm: một hàm đối với trường hợp số nguyên là toán hạng đầu tiên và một hàm đối với trường hợp số nguyên là toán hạng thứ hai. Quan sát rằng nếu chúng ta bắt đầu xem xét các kiểu khác thêm vào kiểu int thì tiếp cận này dẫn đến mức độ biến đổi khó kiểm soát của toán tử.

Một tiếp cận tốt hơn là sử dụng hàm xây dựng để chuyển đối tượng tới cùng kiểu như chính lớp sao cho một toán tử đã tái định nghĩa có thể điều khiển công việc. Trong trường hợp này, chúng ta cần một hàm xây dựng nhận một int đặc tả cả hai tọa độ của một điểm:

```
class Point {
        //...
        Point (int x) { Point::x = Point::y = x; }
        friend Point operator + (Point, Point);
};
```

Đối với các hàm xây dựng của một đối số thì không cần gọi hàm xây dựng một cách rõ ràng:

```
Point p = 10;                    // tương đương với: Point p(10);
```

Vì thế có thể viết các biểu thức liên quan đến các biến hoặc hằng thuộc kiểu Point và int bằng cách sử dụng toán tử +.

```
Point p(10,20), q = 0;
q = p + 5;                       // tương đương với: q = p + Point(5);
```

Ở đây, 5 được chuyển tạm thời thành đối tượng Point và sau đó được cộng vào p. Đối tượng tạm sau đó sẽ được hủy đi. Tác động toàn bộ là một chuyển kiểu không tường minh từ int thành Point. Vì thế giá trị cuối của q là (15,25).

Cái gì xảy ra nếu chúng ta muốn thực hiện chuyển kiểu ngược lại từ kiểu lớp thành một kiểu khác? Trong trường hợp này các hàm xây dựng không thể được sử dụng bởi vì chúng luôn trả về một đối tượng của lớp mà chúng thuộc về. Để thay thế, một lớp có thể định nghĩa một hàm thành viên mà chuyển rõ ràng một đối tượng thành một kiểu mong muốn.

Ví dụ, với lớp Rectangle đã cho chúng ta có thể định nghĩa một hàm chuyển kiểu thực hiện chuyển một hình chữ nhật thành một điểm bằng cách tái định nghĩa toán tử kiểu Point trong lớp Rectangle:

```
class Rectangle {
 public:
      Rectangle (int left, int top, int right, int bottom);
  Rectangle (Point &p, Point &q);
      //...
  operator Point ()      {return botRight - topLeft;}

 private:
      Point topLeft;
      Point botRight;
};
```

Toán tử này được định nghĩa để chuyển một hình chữ nhật thành một điểm mà tọa độ của nó tiêu biểu cho độ rộng và chiều cao của hình chữ nhật. Vì thế, trong đoạn mã

```
Point       p(5,5);
Rectangle  r(10,10,20,30);
r+p;
```

trước hết hình chữ nhật r được chuyển *không tường minh* thành một đối tượng Point bởi toán tử chuyển kiểu và sau đó được cộng vào p.

Chuyển kiểu Point cũng có thể được áp dụng *tường minh* bằng cách sử dụng ký hiệu ép kiểu thông thường. Ví dụ:

```
Point(r);          // ép kiểu tường minh thành Point
(Point)r;          // ép kiểu tường minh thành Point
```

Thông thường với kiểu người dùng định nghĩa X đã cho và kiểu Y khác (có sẵn hay người dùng định nghĩa) thì:

- Hàm xây dựng được định nghĩa cho X nhận một đối số đơn kiểu Y sẽ chuyển không tường minh các đối tượng Y thành các đối tượng X khi được cần.
- Tái định nghĩa toán tử Y trong X sẽ chuyển không tường minh các đối tượng X thành các đối tượng Y khi được cần.

```
class X {
      //...
      X (Y&);              // chuyển Y thành X
      operator Y ();     // chuyển X thành Y
};
```

Một trong những bất lợi của các phương thức chuyển kiểu do người dùng định nghĩa là nếu chúng không được sử dụng một cách hạn chế thì chúng có thể làm cho các hoạt động của chương trình là khó có thể tiên đoán. Cũng có sự rủi ro thêm vào của việc tạo ra sự mơ hồ. Sự mơ hồ xảy ra khi trình biên

dịch có hơn một chọn lựa cho nó để áp dụng các qui luật chuyển kiểu người dùng định nghĩa và vì thế không thể chọn được. Tất cả những trường hợp như thế được báo cáo như những lỗi bởi trình biên dịch.

Để minh họa cho các mơ hồ có thể xảy ra, giả sử rằng chúng ta cũng định nghĩa một hàm chuyển kiểu cho lớp Rectangle (nhận một đối số Point) cũng như là tái định nghĩa các toán tử + và -:

```
class Rectangle {
 public:
      Rectangle (int left, int top, int right, int bottom);
   Rectangle (Point &p, Point &q);
      Rectangle (Point &p);

   operator Point () {return botRight - topLeft;}
      friend Rectangle operator + (Rectangle &r, Rectangle &t);
      friend Rectangle operator - (Rectangle &r, Rectangle &t);

 private:
      Point topLeft;
      Point botRight;
};
```

Bây giờ, trong

```
Point       p(5,5);
Rectangle  r(10,10,20,30);
r + p;
```

r + p có thể được thông dịch theo hai cách. Hoặc là

```
r + Rectangle(p)            // cho ra một Rectangle
```

hoặc là:

```
Point(r) + p                // cho ra một Point
```

Nếu lập trình viên không giải quyết sự mơ hồ bởi việc chuyển kiểu tường minh thì trình biên dịch sẽ từ chối.

Ví dụ: Lớp Số Nhị Phân

Danh sách 8.2 định nghĩa một lớp tiêu biểu cho các số nguyên nhị phân như là một chuỗi các ký tự 0 và 1.

Danh sách 8.2

```
1  #include <iostream.h>
2  #include <string.h>

3  int const binSize = 16;          // chieu dai so nhi phan la 16

4  class Binary {
5   public:
6                  Binary (const char*);
7                      Binary (unsigned int);
8     friend     Binary       operator + (const Binary, const Binary);
9                      operator int ();              // chuyen kieu
10         void  Print (void);
11  private:
12               char   bits[binSize];                  // cac bit nhi phan
13 };
```

Chú giải

6 Hàm xây dựng này cung cấp một số nhị phân từ mẫu bit của nó.

7 Hàm xây dựng này chuyển một số nguyên dương thành biểu diễn nhị phân tương đương của nó.

8 Toán tử + được tái định nghĩa để cộng hai số nhị phân. Phép cộng được làm từng bit một. Để đơn giản thì những lỗi tràn được bỏ qua.

9 Toán tử chuyển kiểu này được sử dụng để chuyển một đối tượng Binary thành đối tượng int .

10 Hàm này đơn giản chỉ in mẫu bit của số nhị phân.

12 Mảng này được sử dụng để giữ các bit 0 và 1 của số lượng 1 bit như là các ký tự.

Cài đặt các hàm này là như sau:

```
Binary::Binary (const char *num)
{
      int iSrc = strlen(num) - 1;
      int iDest = binSize - 1;

      while (iSrc >= 0 && iDest >= 0)          // sao chep cac bit
        bits[iDest--] = (num[iSrc--] == '0' ? '0' : '1');
      while (iDest >= 0)                                  // dat cac bit trai ve 0
        bits[iDest--] = '0';
}

Binary::Binary (unsigned int num)
{
      for (register i = binSize - 1; i >= 0; --i) {
        bits[i] = (num % 2 == 0 ? '0' : '1');
        num >>= 1;
      }
}

Binary operator + (const Binary n1, const Binary n2)
{
      unsigned carry = 0;
```

```
        unsigned value;
        Binary res = "0";

        for (register i = binSize - 1; i >= 0; --i) {
          value = (n1.bits[i] == '0' ? 0 : 1) +
                (n2.bits[i] == '0' ? 0 : 1) + carry;
          res.bits[i] = (value % 2 == 0 ? '0' : '1');
          carry = value >> 1;
        }
        return res;
    }

    Binary::operator int ()
    {
        unsigned value = 0;

        for (register i = 0; i < binSize; ++i)
          value = (value << 1) + (bits[i] == '0' ? 0 : 1);
        return value;
    }

    void Binary::Print (void)
    {
        char str[binSize + 1];
        strncpy(str, bits, binSize);
        str[binSize] = '\0';
        cout << str << '\n';
    }
```

Hàm main sau tạo ra hai đối tượng kiểu Binary và kiểm tra toán tử + .

```
main ()
{
    Binary n1 = "01011";
    Binary n2 = "11010";
    n1.Print();
    n2.Print();
    (n1 + n2).Print();
    cout << n1 + Binary(5) << '\n';   // cong va chuyen thanh int
    cout << n1 - 5 << '\n';         // chuyen n2 thanh int và tru
}
```

Hai hàng cuối của hàm main ứng xử hoàn toàn khác nhau. Hàng đầu của hai hàng này chuyển 5 thành Binary, thực hiện cộng, và sau đó chuyển kết quả Binary thành int trước khi gởi nó đến dòng xuất cout. Điều này tương đương với:

```
cout << (int) Binary::operator+(n2,Binary(5)) << '\n';
```

Hàng thứ hai trong hai hàng này chuyển n1 thành int (bởi vì toán tử - không được định nghĩa cho Binary), thực hiện trừ, và sau đó gởi kết quả đến dòng xuất cout. Điều này tương đương với:

```
cout << ((int) n2) - 5 << '\n';
```

Trong trường hợp này thì toán tử chuyển kiểu được áp dụng không tường minh. Kết quả cho bởi chương trình là bằng chứng cho các chuyển kiểu được thực hiện chính xác:

```
0000000000001011
0000000000011010
0000000000100101
16
6
```

8.4. Tái định nghĩa toán tử xuất <<

Việc xuất đồng bộ và đơn giản cho các kiểu có sẵn được mở rộng dễ dàng cho các kiểu người dùng định nghĩa bằng cách tái định nghĩa thêm nửa toán tử <<. Đối với bất kỳ kiểu người dùng định nghĩa T, chúng ta có thể định nghĩa một hàm operator<< để xuất các đối tượng kiểu T:

```
ostream& operator<<(ostream&, T&);
```

Tham số đầu phải là một tham chiếu tới dòng xuất ostream sao cho có nhiều sử dụng của << có thể nối vào nhau. Tham số thứ hai không cần là một tham chiếu nhưng điều này lại hiệu quả cho các đối tượng có kích thước lớn.

Ví dụ, thay vì hàm thành viên Print của lớp Binary chúng ta có thể tái định nghĩa toán tử << cho lớp. Bởi vì toán hạng đầu của toán tử << phải là một đối tượng ostream nên nó không thể được tái định nghĩa như là một hàm thành viên. Vì thế nó được định nghĩa như là hàm toàn cục:

```
class Binary {
    //...
    friend      ostream& operator<<(ostream&, Binary&);
};

ostream& operator<<(ostream &os, Binary &n)
{
    char str[binSize + 1];
    strncpy(str, n.bits, binSize);
    str[binSize] = '\0';
    cout << str;
    return os;
}
```

Từ định nghĩa đã cho, << có thể được định nghĩa cho xuất các số nhị phân theo cách giống như các kiểu có sẵn. Ví dụ:

```
Binary n1 = "01011", n2 = "11010";
cout << n1 << " + " << n2 << " = " << n1 + n2 << '\n';
```

sẽ cho ra kết quả sau:

```
0000000000001011 + 0000000000011010 = 0000000000100101
```

Với cách thức đơn giản, kiểu xuất này loại bỏ đi gánh nặng của việc nhớ tên hàm xuất đối với mỗi kiểu người dùng định nghĩa. Trong trường hợp không sử dụng tái định nghĩa << thì ví dụ cuối có thể được viết như sau: (giả sử rằng \n đã được xóa từ hàm Print):

```
Binary n1 = "01011", n2 = "11010";
n1.Print();    cout << " + ";   n2.Print();
cout << " = "; (n1 + n2).Print(); cout << '\n';
```

8.5. Tái định nghĩa toán tử nhập >>

Việc nhập các kiểu người dùng định nghĩa được làm cho dễ dàng bằng cách tái định nghĩa toán tử >> theo cùng cách với << được tái định nghĩa. Đối với bất kỳ kiểu người dùng định nghĩa T chúng ta có thể định nghĩa một hàm operator>> nhập các đối tượng kiểu T:

```
istream& operator >> (istream&, T&);
```

Tham số đầu tiên phải là một tham chiếu tới dòng nhập istream sao cho sử dụng nhiều >> có thể được nối vào nhau. Tham số thứ hai phải là một tham chiếu vì nó sẽ được sửa đổi bởi hàm.

Tiếp theo lớp Binary chúng ta tái định nghĩa toán tử >> để nhập vào một chuỗi các bit. Nhắc lại, bởi vì toán hạng đầu tiên của toán tử >> phải là một đối tượng istream nên nó không thể được tái định nghĩa như là một hàm thành viên:

```
class Binary {
      //...
      friend       istream& operator >> (istream&, Binary&);
};

istream& operator >> (istream &is, Binary &n)
{
      char str[binSize + 1];
      cin >> str;
  n = Binary(str);              // use the constructor for simplicity
      return is;
}
```

Với định nghĩa đã cho này thì toán tử >> có thể được sử dụng để nhập vào các số nhị phân theo cách của các kiểu dữ liệu có sẵn. Ví dụ,

```
Binary n;
cin >> n;
```

sẽ đọc một số nhị phân từ bàn phím tới n.

8.6. Tái định nghĩa []

Danh sách 8.3 định nghĩa một lớp vectơ kết hợp đơn giản. Một vectơ kết hợp là một mảng một chiều mà các phần tử có thể được tìm kiếm bằng nội dung của chúng hơn là vị trí của chúng trong mảng. Trong AssocVec thì mỗi phần tử có một tên dạng chuỗi (thông qua đó nó có thể được tìm kiếm) và một giá trị số nguyên kết hợp.

Danh sách 8.3

```
1  #include <iostream.h>
2  #include <string.h>

3  class AssocVec {
4   public:
5                   AssocVec  (const int dim);
6                   ~AssocVec       (void);
7       int& operator [] (const char *idx);
8   private:
9       struct VecElem {
10          char  *index;
11          int           value;
12      }   *elems;                 // cac phan tu cua vecto
13      int   dim;                  // kich thuoc cua vecto
14      int   used;                 // cac phan tu duoc su dung toi hien tai
15 };
```

Chú giải

5 Hàm xây dựng tạo ra một vectơ kết hợp có kích cỡ được chỉ định bởi tham số của nó.

7 Toán tử [] đã tái định nghĩa được sử dụng để truy xuất các phần tử của vectơ. Hàm tái định nghĩa [] phải có chính xác một tham số. Với một chuỗi đã cho nó tìm kiếm phần tử tương ứng chứa trong vectơ. Nếu một việc so khớp chỉ số được tìm thấy thì sau đó một tham chiếu tới giá trị kết hợp với nó được trả về. Ngược lại, một phần tử mới được tạo ra và một tham chiếu tới giá trị này được trả về.

12 Các phần tử vectơ được biểu diễn bởi một mảng động của các cấu trúc VecElem. Mỗi phần tử của vectơ gồm một chuỗi (được biểu thị bởi index) và một giá trị số nguyên (được biểu thị bởi value).

Thi công của các hàm này như sau:

```
AssocVec::AssocVec (const int dim)
{
        AssocVec::dim = dim;
        used = 0;
        elems = new VecElem[dim];
}

AssocVec::~AssocVec (void)
{
```

```
    for (register i = 0; i < used; ++i)
        delete elems[i].index;
    delete [] elems;
}

int& AssocVec::operator [] (const char *idx)
{
    for (register i = 0; i < used; ++i)  // tim phan tu ton tai
        if (strcmp(idx,elems[i].index) == 0)
            return elems[i].value;

    if (used < dim &&                    // tao ra phan tu moi
      (elems[used].index = new char[strlen(idx)+1]) != 0) {
        strcpy(elems[used].index,idx);
        elems[used].value = used + 1;
        return elems[used++].value;
    }
    static int dummy = 0;
    return dummy;
}
```

Chú ý rằng bởi vì AssocVec::operator[] phải trả về một tham chiếu hợp lệ, một tham chiếu tới một số nguyên tĩnh giả được trả về khi vectơ đầy hay toán tử new thất bại.

Một biểu thức tham chiếu là một giá trị trái và vì thế có thể xuất hiện trên cả hai phía của một phép gán. Nếu một hàm trả về một tham chiếu sau đó một lời gọi hàm tới hàm đó có thể được gán tới. Điều này là tại sao kiểu trả về của AssocVec::operator[] được định nghĩa là một tham chiếu.

Sử dụng AssocVec chúng ta bây giờ có thể tạo ra các vectơ kết hợp mà xử lý rất giống các vectơ bình thường:

```
AssocVec count(5);
count["apple"] = 5;
count["orange"] = 10;
count["fruit"] = count["apple"] + count["orange"];
```

Điều này sẽ đặt count["fruit"] tới 15.

8.7. Tái định nghĩa ()

Danh sách 8.4 định nghĩa một lớp ma trận. Một ma trận là một bảng các giá trị (mảng hai chiều) mà kích thước của nó được biểu thị bởi số hàng và số cột trong bảng. Một ví dụ của ma trận đơn giản 2 x 3 sẽ là:

$$M = \begin{bmatrix} 10 & 20 & 30 \\ 21 & 52 & 19 \end{bmatrix}$$

Ký hiệu toán học chuẩn để tham khảo các phần tử của ma trận là các dấu ngoặc. Ví dụ phần tử 20 của ma trận *M* (nghĩa là trong hàng đầu và cột thứ hai) được tham khảo tới như là *M*(1,2). Đại số học của ma trận cung cấp một tập các thao tác để cài đặt ma trận bao gồm cộng, trừ, nhân, và chia.

Danh sách 8.4

```
1   #include <iostream.h>

2   class Matrix {
3       public:
4           Matrix      (const short rows, const short cols);
5           ~Matrix     (void)      {delete elems;}
6           double&     operator () (const short row, const short col);
7         friend    ostream&   operator << (ostream&, Matrix&);
8         friend  Matrix   operator  + (Matrix&, Matrix&);
9         friend  Matrix   operator  - (Matrix&, Matrix&);
10        friend  Matrix   operator  * (Matrix&, Matrix&);

11      private:
12          const short rows;  // số hàng của ma trận
13          const short cols;   // số cột của ma trận
14          double              *elems;      // các phần tử của ma trận
15  };
```

Chú giải

4 Hàm xây dựng tạo ra một ma trận có kích cỡ được chỉ định bởi các tham số của nó, tất cả các phần tử của nó được khởi tạo là 0.

6 Toán từ() đã tái định nghĩa được sử dụng để truy xuất các phần tử của ma trận. Hàm tái định nghĩa toán tử () có thể không có hay có nhiều tham số. Nó trả về một tham chiếu tới giá trị của phần tử được chỉ định.

7 Toán tử << đã tái định nghĩa được sử dụng để in một ma trận theo hình thức bảng.

8-10 Các toán tử đã tái định nghĩa này cung cấp các thao tác trên ma trận.

14 Các phần tử của ma trận được biểu diễn bởi một mảng động kiểu double.

Việc cài đặt của ba hàm đầu tiên như sau:

```
Matrix::Matrix (const short r, const short c) : rows(r), cols(c)
{
    elems = new double[rows * cols];
}

double& Matrix::operator () (const short row, const short col)
{
    static  double dummy = 0.0;
    return (row >= 1 && row <= rows && col >= 1 && col <= cols)
            ? elems[(row - 1)*cols + (col - 1)]
            : dummy;
}

ostream& operator << (ostream &os, Matrix &m)
{
```

```
    for (register r = 1; r <= m.rows; ++r) {
        for (int c = 1; c <= m.cols; ++c)
            os << m(r,c) << " ";
        os << '\n';
    }
    return os;
}
```

Như trước bởi vì Matrix::operator() phải trả về một tham chiếu hợp lệ, một tham chiếu tới một số thực double tĩnh giả được trả về khi phần tử được chỉ định không tồn tại. Đoạn mã sau minh họa rằng các phần tử của ma trận là các giá trị trái:

```
Matrix m(2,3);
m(1,1) = 10;        m(1,2) = 20;        m(1,3) = 30;
m(2,1) = 15;        m(2,2) = 25;        m(2,3) = 35;
cout << m << '\n';
```

Điều này sẽ cho kết quả sau:

```
10   20   30
15   25   35
```

8.8. Khởi tạo ngầm định

Hãy xem xét định nghĩa của toán tử + đã tái định nghĩa cho lớp Matrix sau:

```
Matrix operator + (Matrix &p, Matrix &q)
{
    Matrix m(p.rows, p.cols);
    if (p.rows == q.rows && p.cols == q.cols)
        for (register r = 1; r <= p.rows; ++r)
            for (register c = 1; c <= p.cols; ++c)
                m(r,c) = p(r,c) + q(r,c);
    return m;
}
```

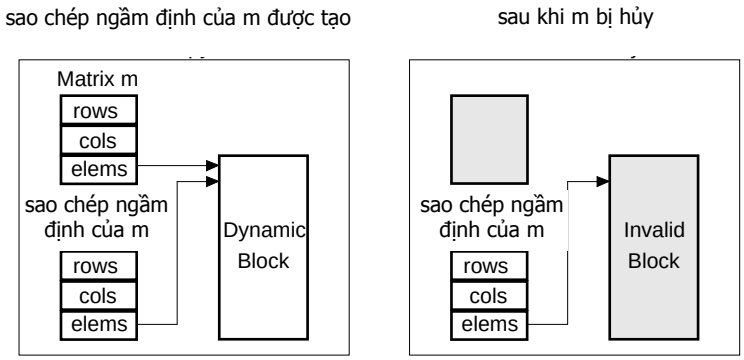
Hàm sau trả về một đối tượng Matrix được khởi tạo tới m. Việc khởi tạo được điều khiển bởi một hàm xây dựng bên trong do trình biên dịch tự động phát ra cho lớp Matrix:

```
Matrix::Matrix (const Matrix &m) : rows(m.rows), cols(m.cols)
{
    elems = m.elems;
}
```

Hình thức khởi tạo này được gọi là **khởi tạo ngầm định** bởi vì hàm xây dựng đặc biệt khởi tạo từng thành viên một của đối tượng. Nếu chính các thành viên dữ liệu của đối tượng đang được khởi tạo lại là các đối tượng của lớp khác thì sau đó chúng cũng được khởi tạo ngầm định.

Kết quả của việc khởi tạo ngầm định là các thành viên dữ liệu elems của cả hai đối tượng sẽ trỏ tới cùng khối đã được cấp phát động. Tuy nhiên m được hủy nhờ vào trả về của hàm. Do đó các hàm hủy xóa đi khối đã được trỏ tới bởi m.elems bỏ lại thành viên dữ liệu của đối tượng đã trả về đang trỏ tới một khối không hợp lệ! Cuối cùng điều này dẫn đến một thất bại trong khi thực thi chương trình. Hình 8.2 minh họa.

Hình 8.2 Lỗi của việc khởi tạo ngầm định



Khởi tạo ngầm định xảy ra trong các tình huống sau:

- Khi định nghĩa và khởi tạo một đối tượng trong một câu lệnh khai báo mà sử dụng đối tượng khác như là bộ khởi tạo của nó, ví dụ lệnh khởi tạo Matrix n = m trong hàm Foo bên dưới.
- Khi truyền một đối số là đối tượng đến một hàm (không có thể dùng được đối số con trỏ hay tham chiếu), ví dụ m trong hàm Foo bên dưới.
- Khi trả về một giá trị đối tượng từ một hàm (không có thể dùng được đối số con trỏ hay tham chiếu), ví dụ return n trong hàm Foo bên dưới.

```
Matrix Foo (Matrix m) // sao chép ngầm định tới m
{
    Matrix n = m;     // sao chép ngầm định tới n
    //...
    return n;         // sao chép ngầm định n và trả về sao chép
}
```

Rõ ràng việc khởi tạo ngầm định là thích hợp cho các lớp không có các thành viên dữ liệu con trỏ (ví dụ, lớp Point). Các vấn đề gây ra bởi khởi tạo ngầm định của các lớp khác có thể được tránh bằng cách định nghĩa các hàm xây dựng phụ trách công việc khởi tạo ngầm định một cách rõ ràng. Hàm xây dựng này còn được gọi là hàm xây dựng sao chép. Đối với bất kỳ lớp X đã cho thì hàm xây dựng sao chép luôn có hình thức:

```
X::X (const X&);
```

Ví dụ với lớp Matrix thì điều này có thể được định nghĩa như sau:

```
class Matrix {
```

```
    Matrix (const Matrix&);
    //...
};

Matrix::Matrix (const Matrix &m) : rows(m.rows), cols(m.cols)
{
    int n = rows * cols;
    elems = new double[n];                    // cùng kích thước
    for (register i = 0; i < n; ++i)          // sao chép các phần tử
        elems[i] = m.elems[i];
}
```

8.9. Gán ngầm định

Các đối tượng thuộc cùng lớp được gán tới một lớp khác bởi một tái định nghĩa toán tử gán bên trong mà được phát ra tự động bởi trình biên dịch. Ví dụ để điều khiển phép gán trong

```
Matrix m(2,2), n(2,2);
//...
m = n;
```

trình biên dịch tự động phát ra một hàm bên trong như sau:

```
Matrix& Matrix::operator = (const Matrix &m)
{
    rows = m.rows;
    cols = m.cols;
    elems = m.elems;
}
```

Điều này giống y hệt như trong việc khởi tạo ngầm định và được gọi là **gán ngầm định**. Nó cũng có cùng vấn đề như trong khởi tạo ngầm định và có thể khắc phục bằng cách tái định nghĩa toán tử = một cách rõ ràng. Ví dụ đối với lớp Matrix thì việc tái định nghĩa toán tử = sau đây là thích hợp:

```
Matrix& Matrix::operator = (const Matrix &m)
{
    if (rows == m.rows && cols == m.cols) {     // phải khớp
        int n = rows * cols;
        for (register i = 0; i < n; ++i)   // sao chép các phần tử
            elems[i] = m.elems[i];
    }
    return *this;
}
```

Thông thường, đối với bất kỳ lớp X đã cho thì toán tử = được tái định nghĩa bằng thành viên sau của X:

```
X& X::operator = (X&)
```

Toán tử = chỉ có thể được tái định nghĩa như là thành viên và không thể được định nghĩa toàn cục.

8.10.Tái định nghĩa new và delete

Các đối tượng khác nhau thường có kích thước và tần số sử dụng khác nhau. Kết quả là chúng có những yêu cầu bộ nhớ khác nhau. Cụ thể các đối tượng nhỏ không được điều khiển một cách hiệu quả bởi các phiên bản mặc định của toán tử new và delete. Mọi khối được cấp phát bởi toán tử new giữ một vài phí được dùng cho mục đích quản lý. Đối với các đối tượng lớn thì điều này không đáng kể nhưng đối với các đối tượng nhỏ thì phí này có thể lớn hơn chính các khối. Hơn nữa, có quá nhiều khối nhỏ có thể làm chậm chạp dữ dội cho các cấp phát và thu hồi theo sau. Hiệu suất của chương trình bằng cách tạo ra nhiều khối nhỏ tự động có thể được cải thiện đáng kể bởi việc sử dụng một chiến lược quản lý bộ nhớ đơn giản hơn cho các đối tượng này.

Các toán tử quản lý lưu trữ động new và delete có thể được tái định nghĩa cho một lớp bằng cách viết chồng lên định nghĩa toàn cục của các toán tử này khi được sử dụng cho các đối tượng của lớp đó.

Ví dụ giả sử chúng ta muốn tái định nghĩa toán tử new và delete cho lớp Point sao cho các đối tượng Point được cấp phát từ một mảng:

```
#include <stddef.h>
#include <iostream.h>

const int maxPoints = 512;

class Point {
 public:
      //...
      void* operator new          (size_t bytes);
      void  operator delete    (void *ptr, size_t bytes);
 private:
      int xVal, yVal;

      static union Block {
            int      xy[2];
            Block *next;
  }                 *blocks;    // tro toi cac luu tru ranh
      static Block *freeList;  // ds ranh cua cac khoi da lien ket
      static int     used;              // cac khoi duoc dung
};
```

Tên kiểu size_t được định nghĩa trong stddef.h.. Toán tử new sẽ luôn trả về void*. Tham số của new là kích thước của khối được cấp phát (tính theo byte). Đối số tương ứng luôn được truyền một cách tự động tới trình biên dịch. Tham số đầu của toán tử delete là khối được xóa. Tham số hai (tùy chọn) là

kích thước khối đã cấp phát. Các đối số được truyền một cách tự động tới trình biên dịch.

Vì các khối, freeList và used là tĩnh nên chúng không ảnh hưởng đến kích thước của đối tượng Point. Những khối này được khởi tạo như sau:

```
Point::Block *Point::blocks = new Block[maxPoints];
Point::Block *Point::freeList = 0;
int Point::used = 0;
```

Toán tử new nhận khối có sẵn kế tiếp từ blocks và trả về địa chỉ của nó. Toán tử delete giải phóng một khối bằng cách chèn nó trước danh sách liên kết được biểu diễn bởi freeList. Khi used đạt tới maxPoints, new trả về 0 khi danh sách liên kết là rỗng, ngược lại new trả về khối đầu tiên trong danh sách liên kết.

```
void* Point::operator new (size_t bytes)
{
    Block *res = freeList;
    return used < maxPoints
                ? &(blocks[used++])
                : (res == 0 ? 0
                            : (freeList = freeList->next, res));
}

void Point::operator delete (void *ptr, size_t bytes)
{
    ((Block*) ptr)->next = freeList;
    freeList = (Block*) ptr;
}
```

Point::operator new và Point::operator delete được triệu gọi chỉ cho các đối tượng Point. Lời gọi new với bất kỳ đối số kiểu khác sẽ triệu gọi định nghĩa toàn cục của new, thậm chí nếu lời gọi xảy ra bên trong một hàm thành viên của Point. Ví dụ:

```
Point *pt = new Point(1,1);     // gọi Point::operator new
char  *str = new char[10];      // gọi ::operator new
delete pt;                          // gọi Point::operator delete
delete str;                         // gọi ::operator delete
```

Khi new và delete được tái định nghĩa cho một lớp, new và delete toàn cục cũng có thể được sử dụng khi tạo và hủy mảng các đối tượng:

```
Point *points = new Point[5];   // gọi ::operator new
//...
delete [] points;               // gọi ::operator delete
```

Toán tử new được triệu gọi trước khi đối tượng được xây dựng trong khi toán tử delete được gọi sau khi đối tượng đã được hủy.

8.11.Tái định nghĩa ++ và --

Các toán tử tăng và giảm một cũng có thể được tái định nghĩa theo cả hai hình thức tiền tố và hậu tố. Để phân biệt giữa hai hình thức này thì phiên bản hậu tố được đặc tả để nhận một đối số nguyên phụ. Ví dụ, các phiên bản tiền tố và hậu tố của toán tử ++ có thể được tái định nghĩa cho lớp Binary như sau:

```
class Binary {
      //...
      friend      Binary      operator ++      (Binary&);              // tien to
      friend      Binary      operator ++      (Binary&, int);         // hau to
};
```

Mặc dù chúng ta phải chọn định nghĩa các phiên bản này như là các hàm bạn toàn cục nhưng chúng cũng có thể được định nghĩa như là các hàm thành viên. Cả hai được định nghĩa dễ dàng theo thuật ngữ của toán tử + đã được định nghĩa trước đó:

```
Binary operator ++ (Binary &n)              // tien to
{
      return n = n + Binary(1);
}

Binary operator ++ (Binary &n, int)         // hau to
{
      Binary m = n;
      n = n + Binary(1);
      return m;
}
```

Chú ý rằng chúng ta đơn giản đã phớt lờ tham số phụ của phiên bản hậu tố. Khi toán tử này được sử dụng thì trình biên dịch tự động cung cấp một đối số mặc định cho nó.

Đoạn mã sau thực hiện cả hai phiên bản của toán tử:

```
Binary n1 = "01011";
Binary n2 = "11010";
cout << ++n1 << '\n';
cout << n2++ << '\n';
cout << n2  << '\n';
```

Nó sẽ cho kết quả sau:

```
0000000000001100
0000000000011010
0000000000011011
```

Các phiên bản tiền tố và hậu số của toán tử -- có thể được tái định nghĩa theo cùng cách này.

Bài tập cuối chương 8

8.1 Viết các phiên bản tái định nghĩa của hàm Max để so sánh hai số nguyên, hai số thực, hoặc hai chuỗi, và trả về thành phần lớn hơn.

8.2 Tái định nghĩa hai toán tử sau cho lớp Set:

- Toán tử - cho hiệu của các tập hợp (ví dụ, *s* - *t* cho một tập hợp gồm các phần tử thuộc *s* mà không thuộc *t*).
- Toán tử <= kiểm tra một tập hợp có chứa trong một tập hợp khác hay không (ví dụ, *s* <= *t* là true nếu tất cả các phần tử thuộc *s* cũng thuộc *t*).

8.3 Tái định nghĩa hai toán tử sau đây cho lớp Binary:

- Toán tử - cho hiệu của hai giá trị nhị phân. Để đơn giản, giả sử rằng toán hạng đầu tiên luôn lớn hơn toán hạng thứ hai.
- Toán tử [] lấy chỉ số một bit thông qua vị trí của nó và trả về giá trị của nó như là một số nguyên 0 hoặc 1.

8.4 Các ma trận thưa được sử dụng trong một số phương thức số (ví dụ, phân tích phần tử có hạn). Một ma trận thưa là một ma trận có đại đa số các phần tử của nó là 0. Trong thực tế, các ma trận thưa có kích thước lên đến 500 × 500 là bình thường. Trên một máy sử dụng biểu diễn 64 bit cho các số thực, lưu trữ một ma trận như thế như một mảng sẽ yêu cầu 2 megabytes lưu trữ. Một biểu diễn kinh tế hơn sẽ chỉ cần ghi nhận các phần tử khác 0 cùng với các vị trí của chúng trong ma trận. Định nghĩa một lớp SparseMatrix sử dụng một danh sách liên kết để ghi nhận chỉ các phần tử khác 0, và tái định nghĩa các toán tử +, -, và * cho nó. Cũng định nghĩa một hàm xây dựng khởi tạo ngầm định và một toán tử khởi tạo ngầm định cho lớp.

8.5 Hoàn tất việc cài đặt của lớp String. Chú ý rằng hai phiên bản của hàm xây dựng ngầm định và toán tử = ngầm định được đòi hỏi, một cho khởi tạo hoặc gán tới một chuỗi bằng cách sử dụng char*, và một cho khởi tạo hoặc gán ngầm định. Toán tử [] nên chỉ mục một ký tự chuỗi bằng cách sử dụng vị trí của nó. Toán tử + cho phép nối hai chuỗi vào nhau.

```
class String {
    public:
        String      (const char*);
        String      (const String&);
        String      (const short);
        ~String     (void);

        String&     operator =(const char*);
        String&     operator =(const String&);
        char&       operator [](const short);
        int         Length(void)    {return(len);}
        friend      String operator +(const String&, const String&);
      friend  ostream& operator << (ostream&, String&);
```

```
    private:
        char        *chars;    // cac ky tu chuoi
        short len;             // chieu dai cua chuoi
};
```

8.6 Một véctơ bit là một véctơ với các phần tử nhị phân, nghĩa là mỗi phần tử có giá trị hoặc là 0 hoặc là 1. Các véctơ bit nhỏ được biểu diễn thuận tiện bằng các số nguyên không dấu. Ví dụ, một unsigned char có thể bằng một véctơ bit 8 phần tử. Các véctơ bit lớn hơn có thể được định nghĩa như mảng của các véctơ bit nhỏ hơn. Hoàn tất sự thi công của lớp Bitvec, như được định nghĩa bên dưới. Nên cho phép các véctơ bit của bất kỳ kích thước được tạo ra và được thao tác bằng cách sử dụng các toán tử kết hợp.

```
enum Bool {false, true};
typedef unsigned char uchar;

class BitVec {
 public:
                BitVec                  (const short dim);
                BitVec                  (const char* bits);
                BitVec                  (const BitVec&);
                ~BitVec             (void){ delete vec; }
    BitVec& operator =          (const BitVec&);
    BitVec& operator &=         (const BitVec&);
    BitVec& operator |= (const BitVec&);
    BitVec& operator ^=         (const BitVec&);
    BitVec& operator <<=        (const short);
    BitVec& operator >>=        (const short);
    int   operator [] (const short idx);
    void        Set                 (const short idx);
    void        Reset                   (const short idx);

    BitVec  operator ~          (void);
    BitVec  operator &          (const BitVec&);
    BitVec  operator |          (const BitVec&);
    BitVec  operator ^          (const BitVec&);
    BitVec  operator << (const short n);
    BitVec  operator >> (const short n);
    Bool        operator ==         (const BitVec&);
    Bool        operator !=             (const BitVec&);

  friend  ostream& operator << (ostream&, BitVec&);
 private:
    uchar     *vec;
    short       bytes;
};
```

Chương 9. Thừa kế

Trong thực tế hầu hết các lớp có thể kế thừa từ các lớp có trước mà không cần định nghĩa lại mới hoàn toàn. Ví dụ xem xét một lớp được đặt tên là RecFile đại diện cho một tập tin gồm nhiều mẫu tin và một lớp khác được đặt tên là SortedRecFile đại diện cho một tập tin gồm nhiều mẫu tin được sắp xếp. Hai lớp này có thể có nhiều điểm chung. Ví dụ, chúng có thể có các thành viên hàm giống nhau như là Insert, Delete, và Find, cũng như là thành viên dữ liệu giống nhau. SortedRecFile là một phiên bản đặc biệt của RecFile với thuộc tính các mẫu tin của nó được tổ chức theo thứ tự được thêm vào. Vì thế hầu hết các hàm thành viên trong cả hai lớp là giống nhau trong khi một vài hàm mà phụ thuộc vào yếu tố tập tin được sắp xếp thì có thể khác nhau. Ví dụ, hàm Find có thể là khác trong lớp SortedRecFile bởi vì nó có thể nhờ vào yếu tố thuận lợi là tập tin được sắp để thực hiện tìm kiếm nhị phân thay vì tìm tuyến tính như hàm Find của lớp RecFile.

Với các thuộc tính được chia sẻ của hai lớp này thì việc định nghĩa chúng một cách độc lập là rất dài dòng. Rõ ràng điều này dẫn tới việc phải sao chép lại mã đáng kể. Mã không chỉ mất thời gian lâu hơn để viết nó mà còn khó có thể được bảo trì hơn: một thay đổi tới bất kỳ thuộc tính chia sẻ nào có thể phải được sửa đổi tới cả hai lớp.

Lập trình hướng đối tượng cung cấp một kỹ thuật thuận lợi gọi là **thừa kế** để giải quyết vấn đề này. Với thừa kế thì một lớp có thể thừa kế những thuộc tính của một lớp đã có trước. Chúng ta có thể sử dụng thừa kế để định nghĩa những thay đổi của một lớp mà không cần định nghĩa lại lớp mới từ đầu. Các thuộc tính chia sẻ chỉ được định nghĩa một lần và được sử dụng lại khi cần.

Trong C++ thừa kế được hỗ trợ bởi các **lớp dẫn xuất** (derived class). Lớp dẫn xuất thì giống như lớp gốc ngoại trừ định nghĩa của nó dựa trên một hay nhiều lớp có sẵn được gọi là **lớp cơ sở** (base class). Lớp dẫn xuất có thể chia sẻ những thuộc tính đã chọn (các thành viên hàm hay các thành viên dữ liệu) của các lớp cơ sở của nó nhưng không làm chuyển đổi định nghĩa của bất kỳ lớp cơ sở nào. Lớp dẫn xuất chính nó có thể là lớp cơ sở của một lớp dẫn xuất khác. Quan hệ thừa kế giữa các lớp của một chương trình được gọi là **quan hệ cấp bậc lớp** (class hierarchy).

Lớp dẫn xuất cũng được gọi là **lớp con** (subclass) bởi vì nó trở thành cấp thấp hơn của lớp cơ sở trong quan hệ cấp bậc. Tương tự một lớp cơ sở có thể được gọi là **lớp cha** (superclass) bởi vì từ nó có nhiều lớp khác có thể được dẫn xuất.

9.1. Ví dụ minh họa

Chúng ta sẽ định nghĩa hai lớp nhằm mục đích minh họa một số khái niệm lập trình trong các phần sau của chương này. Hai lớp được định nghĩa trong Danh sách 9.1 và hỗ trợ việc tạo ra một thư mục các đối tác cá nhân.

Danh sách 9.1

```
1  #include <iostream.h>
2  #include <string.h>

3  class Contact {
4   public:
5    Contact(const char *name, const char *address, const char *tel);
6        ~Contact   (void);
7        const char*Name       (void) const        {return name;}
8        const char*Address(void) const {return address;}
9        const char*Tel(void) const    {return tel;}
10   friend ostream&      operator <<       (ostream&, Contact&);
11
     private:
12       char         *name;              // ten doi tac
13       char         *address;   // dia chi doi tac
14       char         *tel;          // so dien thoai
15 };
16
     //---------------------------------------------------
17 class ContactDir {
18  public:
19   ContactDir(const int maxSize);
20       ~ContactDir(void);
21       void  Insert(const Contact&);
22       void  Delete(const char *name);
23       Contact*    Find(const char *name);
24   friend    ostream&   operator <<(ostream&, ContactDir&);
25
     private:
26       int    Lookup(const char *name);
27       Contact     **contacts;// danh sach cac doi tac
         int    dirSize;           // kich thuoc thu muc hien tai
28       int    maxSize;      // kich thuoc thu muc toi da
29 };
```

Chú giải

3 Lớp Contact lưu giữ các chi tiết của một đối tác (nghĩa là, tên, địa chỉ, và số điện thoại).

18 Lớp ContactDir cho phép chúng ta thêm, xóa, và tìm kiếm một danh sách các đối tác.

22 Hàm Insert xen một đối tác mới vào thư mục. Điều này sẽ viết chồng lên một đối tác tồn tại (nếu có) với tên giống nhau.

23 Hàm Delete xóa một đối tác (nếu có) mà tên của đối tác trùng với tên đã cho.

24 Hàm Find trả về một con trỏ tới một đối tác (nếu có) mà tên của đối tác khớp với tên đã cho.

27 Hàm Lookup trả về chỉ số vị trí của một đối tác mà tên của đối tác khớp với tên đã cho. Nếu không tồn tại thì sau đó hàm Lookup trả về chỉ số của vị trí mà tại đó mà một đầu vào như thế sẽ được thêm vào. Hàm Lookup được định nghĩa như là riêng (private) bởi vì nó là một hàm phụ được sử dụng bởi các hàm Insert, Delete, và Find.

Cài đặt của hàm thành viên và hàm bạn như sau:

```
Contact::Contact (const char *name,
                  const char *address, const char *tel)
{
    Contact::name = new char[strlen(name) + 1];
    Contact::address = new char[strlen(address) + 1];
    Contact::tel = new char[strlen(tel) + 1];
    strcpy(Contact::name, name);
    strcpy(Contact::address, address);
    strcpy(Contact::tel, tel);
}

Contact::~Contact (void)
{
    delete name;
    delete address;
    delete tel;
}

ostream&    operator << (ostream &os, Contact &c)
{
    os << "(" << c.name << " , "
       << c.address << " , " << c.tel << ")";
  return os;
}

ContactDir::ContactDir (const int max)
{
    typedef Contact *ContactPtr;
    dirSize = 0;
    maxSize = max;
    contacts = new ContactPtr[maxSize];
};

ContactDir::~ContactDir (void)
{
    for (register i = 0; i < dirSize; ++i)
        delete contacts[i];
    delete [] contacts;
}

void ContactDir::Insert (const Contact& c)
{
    if (dirSize < maxSize) {
        int idx = Lookup(c.Name());
        if (idx > 0 &&
            strcmp(c.Name(), contacts[idx]->Name()) == 0) {
    delete contacts[idx];
```

```
            } else {
                for (register i = dirSize; i > idx; --i) // dich phai
                    contacts[i] = contacts[i-1];
                ++dirSize;
            }
            contacts[idx] = new Contact(c.Name(), c.Address(), c.Tel());
        }
    }

    void ContactDir::Delete (const char *name)
    {
        int idx = Lookup(name);
        if (idx < dirSize) {
            delete contacts[idx];
            --dirSize;
            for (register i = idx; i < dirSize; ++i)          // dich trai
                contacts[i] = contacts[i+1];
        }
    }

    Contact *ContactDir::Find (const char *name)
    {
        int idx = Lookup(name);
        return (idx < dirSize &&
                strcmp(contacts[idx]->Name(), name) == 0)
                    ? contacts[idx]
                    : 0;
    }

    int ContactDir::Lookup (const char *name)
    {
        for (register i = 0; i < dirSize; ++i)
            if (strcmp(contacts[i]->Name(), name) == 0)
                return i;
        return dirSize;
    }

    ostream  &operator << (ostream &os, ContactDir &c)
    {
        for (register i = 0; i < c.dirSize; ++i)
        os << *(c.contacts[i]) << '\n';
      return os;
    }
```

Hàm main sau thực thi lớp ContactDir bằng cách tạo ra một thư mục nhỏ và gọi các hàm thành viên:

```
    int main (void)
    {
        ContactDir dir(10);
        dir.Insert(Contact("Mary", "11 South Rd", "282 1324"));
        dir.Insert(Contact("Peter", "9 Port Rd", "678 9862"));
        dir.Insert(Contact("Jane", "321 Yara Ln", "982 6252"));
        dir.Insert(Contact("Jack", "42 Wayne St", "663 2989"));
        dir.Insert(Contact("Fred", "2 High St", "458 2324"));

        cout << dir;
        cout << "Find Jane: " << *dir.Find("Jane") << '\n';
        dir.Delete("Jack");
```

```
        cout << "Deleted Jack\n";
        cout << dir;
        return 0;
    };
```

Khi chạy nó sẽ cho kết quả sau:

```
(Mary , 11 South Rd , 282 1324)
(Peter , 9 Port Rd , 678 9862)
(Jane , 321 Yara Ln , 982 6252)
(Jack , 42 Wayne St , 663 2989)
(Fred , 2 High St , 458 2324)
Find Jane: (Jane , 321 Yara Ln , 982 6252)
Deleted Jack
(Mary , 11 South Rd , 282 1324)
(Peter , 9 Port Rd , 678 9862)
(Jane , 321 Yara Ln , 982 6252)
(Fred , 2 High St , 458 2324)
```

9.2. Lớp dẫn xuất đơn giản

Chúng ta muốn định nghĩa một lớp gọi là SmartDir ứng xử giống như là lớp ContactDir và theo dõi tên của đối tác mới vừa được tìm kiếm gần nhất. Lớp SmartDir được định nghĩa tốt nhất như là một dẫn xuất của lớp ContactDir như được minh họa bởi Danh sách 9.2.

Danh sách 9.2

```
1  class SmartDir : public ContactDir {
2    public:
3      SmartDir(const int max) : ContactDir(max) {recent = 0;}
4          Contact* Recent (void);
5          Contact* Find  (const char *name);

6    private:
7          char      *   recent;  // ten duoc tim gan nhat
8  };
```

Chú giải

1 Phần đầu của lớp dẫn xuất chèn vào các lớp cơ sở mà nó thừa kế. Một dấu hai chấm (:) phân biệt giữa hai phần. Ở đây, lớp ContactDir được đặc tả là lớp cơ sở mà lớp SmartDir được dẫn xuất. Từ khóa public phía trước lớp ContactDir chỉ định rằng lớp ContactDir được sử dụng như một lớp cơ sở chung.

3 Lớp SmartDir có hàm xây dựng của nó, hàm xây dựng này triệu gọi hàm xây dựng của lớp cơ sở trong danh sách khởi tạo thành viên của nó.

4 Hàm Recent trả về một con trỏ tới đối tác được tìm kiếm sau cùng (hoặc 0 nếu không có).

5 Hàm Find được định nghĩa lại sao cho nó có thể ghi nhận đầu vào được tìm kiếm sau cùng.

7 Con trỏ recent được đặt tới tên của đầu vào đã được tìm sau cùng.

Các hàm thành viên được định nghĩa như sau:

```
Contact* SmartDir::Recent (void)
{
      return recent == 0 ? 0 : ContactDir::Find(recent);
}

Contact* SmartDir::Find (const char *name)
{
      Contact *c = ContactDir::Find(name);
      if (c != 0)
            recent = (char*) c->Name();
  return c;
}
```

Bởi vì lớp ContactDir là một lớp cơ sở chung của lớp SmartDir nên tất cả thành viên chung của lớp ContactDir trở thành các thành viên chung của lớp martDir. Điều này nghĩa là chúng ta có thể triệu gọi một hàm thành viên như là Insert trên một đối tượng SmartDir và đây là một lời gọi tới ContactDir::Insert. Tương tự, tất cả các thành viên riêng của lớp ContactDir trở thành các thành viên riêng của lớp SmartDir.

Phù hợp với các nguyên lý ẩn thông tin, các thành viên riêng của lớp ContactDir sẽ không thể được truy xuất bởi SmartDir. Vì thế, lớp SmartDir sẽ không thể truy xuất tới bất kỳ thành viên dữ liệu nào của lớp ContactDir cũng như là hàm thành viên riêng Lookup.

Lớp SmartDir định nghĩa lại hàm thành viên Find. Điều này không nên nhầm lẫn với tái định nghĩa. Có hai định nghĩa phân biệt của hàm này: ContactDir::Find và SmartDir::Find (cả hai định nghĩa có cùng dấu hiệu dẫu cho chúng có thể có các dấu hiệu khác nhau nếu được yêu cầu). Triệu gọi hàm Find trên đối tượng SmartDir thứ hai sẽ được gọi. Như được minh họa bởi định nghĩa của hàm Find trong lớp SmartDir,hàm thứ nhất có thể vẫn còn được triệu gọi bằng cách sử dụng tên đầy đủ của nó.

Đoạn mã sau minh họa lớp SmartDir cư xử như là lớp ContactDir nhưng cũng theo dõi đầu vào được tìm kiếm được gần nhất:

```
SmartDir          dir(10);
dir.Insert(Contact("Mary", "11 South Rd", "282 1324"));
dir.Insert(Contact("Peter", "9 Port Rd", "678 9862"));
dir.Insert(Contact("Jane", "321 Yara Ln", "982 6252"));
dir.Insert(Contact("Fred", "2 High St", "458 2324"));
dir.Find("Jane");
dir.Find("Peter");
cout << "Recent: " << *dir.Recent() << '\n';
```

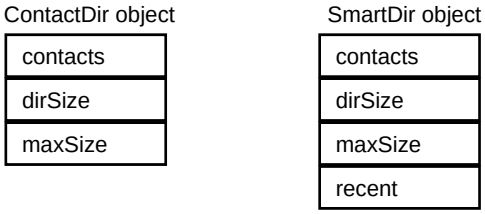
Điều này sẽ cho ra kết quả sau:

```
Recent: (Peter , 9 Port Rd , 678 9862)
```

Một đối tượng kiểu SmartDir chứa đựng tất cả dữ liệu thành viên của ContactDir cũng như là bất kỳ dữ liệu thành viên thêm vào được giới thiệu bởi

SmartDir. Hình 9.1 minh họa việc tạo ra một đối tượng ContactDir và một đối tượng SmartDir.

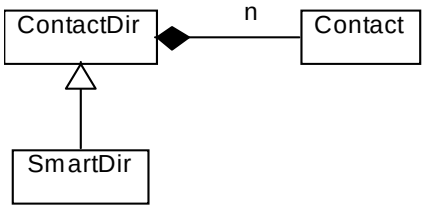
Hình 9.1 Các đối tượng lớp cơ sở và lớp dẫn xuất.



9.3. Ký hiệu thứ bậc lớp

Thứ bậc lớp thường được minh họa bằng cách sử dụng ký hiệu đồ họa đơn giản. Hình 9.2 minh họa ký hiệu của ngôn ngữ UML mà chúng ta sẽ đang sử dụng trong giáo trình này. Mỗi lớp được biểu diễn bằng một hộp được gán nhãn là tên lớp. Thừa kế giữa hai lớp được minh họa bằng một mũi tên có hướng vẽ từ lớp dẫn xuất đến lớp cơ sở. Một đường thẳng với hình kim cương ở một đầu miêu tả **composition** (tạm dịch là quan hệ bộ phận, nghĩa là một đối tượng của lớp được bao gồm một hay nhiều đối tượng của lớp khác). Số đối tượng chứa bởi đối tượng khác được miêu tả bởi một nhãn (ví dụ, *n*).

Hình 9.2 Một thứ bậc lớp đơn giản



Hình 9.2 được thông dịch như sau. Contact, ContactDir, và SmartDir là các lớp. Lớp ContactDir gồm có không hay nhiều đối tượng Contact. Lớp SmartDir được dẫn xuất từ lớp ContactDir.

9.4. Hàm xây dựng và hàm hủy

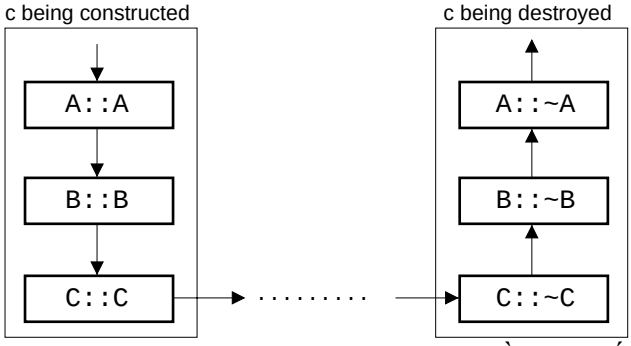
Lớp dẫn xuất có thể có các hàm xây dựng và một hàm hủy. Bởi vì một lớp dẫn xuất có thể cung cấp các dữ liệu thành viên dựa trên các dữ liệu thành viên từ lớp cơ sở của nó nên vai trò của hàm xây dựng và hàm hủy là để khởi tạo và hủy bỏ các thành viên thêm vào này.

Khi một đối tượng của một lớp dẫn xuất được tạo ra thì hàm xây dựng của lớp cơ sở được áp dụng tới nó trước tiên và theo sau là hàm xây dựng của lớp dẫn xuất. Khi một đối tượng bị thu hồi thì hàm hủy của lớp dẫn xuất được áp dụng trước tiên và sau đó là hàm hủy của lớp cơ sở. Nói cách khác thì các hàm xây dựng được ứng dụng theo thứ tự từ gốc (lớp cha) đến ngọn (lớp con)

và các hàm hủy được áp dụng theo thứ tự ngược lại. Ví dụ xem xét một lớp C được dẫn xuất từ lớp B, mà lớp B lại được dẫn xuất từ lớp A. Hình 9.3 minh họa một đối tượng c thuộc lớp C được tạo ra và hủy bỏ như thế nào.

```
class A                    { /* ... */ }
class B : public A         { /* ... */ }
class C : public B         { /* ... */ }
```

Hình 9.3 **Thứ tự xây dựng và hủy bỏ đối tượng của lớp dẫn xuất.**



Bởi vì hàm xây dựng của lớp cơ sở yêu cầu các đối số, chúng cần được chỉ định trong phần định nghĩa hàm xây dựng của lớp dẫn xuất. Để làm công việc này, hàm xây dựng của lớp dẫn xuất triệu gọi rõ ràng hàm xây dựng lớp cơ sở trong danh sách khởi tạo thành viên của nó. Ví dụ, hàm xây dựng SmartDir truyền đối số của nó tới hàm xây dựng ContactDir theo cách này:

```
SmartDir::SmartDir (const int max) : ContactDir(max)
{ /* ... */ }
```

Thông thường, tất cả những gì mà một hàm xây dựng lớp dẫn xuất yêu cầu là một đối tượng từ lớp cơ sở. Trong một vài tình huống, điều này thậm chí có thể không cần tham khảo tới hàm xây dựng lớp cơ sở:

```
extern ContactDir cd;                  // được định nghĩa ở đâu đó
SmartDir::SmartDir (const int max) : cd
{ /* ... */ }
```

Mặc dù các thành viên riêng của một lớp lớp cơ sở được thừa kế bởi một lớp dẫn xuất nhưng chúng không thể được truy xuất. Ví dụ, lớp SmartDir thừa kế tất cả các thành viên riêng (và chung) của lớp ContactDir nhưng không được phép tham khảo trực tiếp tới các thành viên riêng của lớp ContactDir. Ý tưởng là các thành viên riêng nên được che dấu hoàn toàn sao cho chúng không thể bị can thiệp vào bởi các khách hàng (client) của lớp.

Sự giới hạn này có thể chứng tỏ chiều hướng ngăn cấm các lớp có khả năng là lớp cơ sở cho những lớp khác. Việc từ chối truy xuất của lớp dẫn xuất tới các thành viên riêng của lớp cơ sở vướng vào sự cài đặt nó hay thậm chí làm cho việc định nghĩa nó là không thực tế.

Sự giới hạn có thể được giải phóng bằng cách định nghĩa các thành viên riêng của lớp cơ sở như là được bảo vệ (protected). Đến khi các khách hàng của lớp được xem xét, một thành viên được bảo vệ thì giống như một thành viên riêng: nó không thể được truy xuất bởi các khách hàng lớp. Tuy nhiên,

một thành viên lớp cơ sở được bảo vệ có thể được truy xuất bởi bất kỳ lớp nào được dẫn xuất từ nó.

Ví dụ, các thành viên riêng của lớp ContactDir có thể được tạo ra là được bảo vệ bằng cách thay thế từ khóa protected cho từ khóa private:

```
class ContactDir {
      //...
 protected:
      int    Lookup (const char *name);
      Contact     **contacts;// danh sach cac doi tac
      int    dirSize;              // kich thuoc thu muc hien tai
      int    maxSize;              // kich thuoc thu muc toi da
};
```

Kết quả là, hàm Lookup và các thành viên dữ liệu của lớp ContactDir bây giờ có thể truy xuất bởi lớp SmartDir.

Các từ khóa truy xuất private, public, và protected có thể xuất hiện nhiều lần trong một định nghĩa lớp. Mỗi từ khóa truy xuất chỉ định các đặc điểm truy xuất của các thành viên theo sau nó cho đến khi bắt gặp một từ khóa truy xuất khác:

```
class Foo {
      public:
            // cac thanh vien chung...
      private:
            // cac thanh vien rieng...
      protected:
            // cac thanh vien duoc bao ve...
      public:
            // cac thanh vien chung nua...
      protected:
            // cac thanh vien duoc bao ve nua...
};
```

9.5. Lớp cơ sở riêng, chung, và được bảo vệ

Một lớp cơ sở có thể được chỉ định là riêng, chung, hay được bảo vệ. Nếu không được chỉ định như thế, lớp cơ sở được giả sử là riêng:

```
class A {
      private:    int x;        void Fx (void);
      public:           int y;        void Fy (void);
      protected:  int z;        void Fz (void);
};
class B : A {};                       // A la lop co so rieng cua B
class C : private A {};       // A la lop co so rieng cua C
class D : public A {};        // A la lop co so chung cua D
class E : protected A {};     // A la lop co so duoc bao ve cua E
```

Cư xử của những lớp này là như sau (xem Bảng 9.1 cho một tổng kết):

- Tất cả các thành viên của một lớp cơ sở riêng trở thành các thành viên *riêng* của lớp dẫn xuất. Vì thế tất cả x, Fx, y, Fy, z, và Fz trở thành các thành viên riêng của B và C.
- Các thành viên của lớp cơ sở chung giữ các đặc điểm truy xuất của chúng trong lớp dẫn xuất. Vì thế, x và Fx trở thành các thành viên riêng D, y và Fy trở thành các thành viên chung của D, và z và Fz trở thành các thành viên được bảo vệ của D.
- Các thành viên riêng của lớp cơ sở được bảo vệ trở thành các thành viên *riêng* của lớp dẫn xuất. Nhưng ngược lại, các thành viên chung và được bảo vệ của lớp cơ sở được bảo vệ trở thành các thành viên *được bảo vệ* của lớp dẫn xuất. Vì thế, x và Fx trở thành các thành viên riêng của E, và y, Fy, z, và Fz trở thành các thành viên được bảo vệ của E.

Bảng 9.1 Các qui luật thừa kế truy xuất lớp cơ sở.

Lớp cơ sở	Dẫn xuất riêng	Dẫn xuất chung	Dẫn xuất được bảo vệ
Private Member	*private*	*private*	*private*
Public Member	*private*	*public*	*protected*
Protected Member	*private*	*protected*	*protected*

Chúng ta cũng có thể miễn cho một thành viên riêng lẻ của lớp cơ sở từ những chuyển đổi truy xuất được đặc tả bởi một lớp dẫn sao cho nó vẫn giữ lại những đặc điểm truy xuất gốc của nó. Để làm điều này, các thành viên được miễn được đặt tên đầy đủ trong lớp dẫn xuất với đặc điểm truy xuất gốc của nó. Ví dụ:

```
class C : private A {
      //...
public:          A::Fy;      // lam cho Fy la mot thanh vien chung cua C
protected:  A::z; // lam cho z la mot thanh vien duoc bao ve
                              // cua C
};
```

9.6. Hàm ảo

Xem xét sự thay đổi khác của lớp ContactDir được gọi là SortedDir, mà đảm bảo rằng các đối tác mới được xen vào phần còn lại của danh sách đã được sắp xếp. Thuận lợi rõ ràng của điều này là tốc độ tìm kiếm có thể được cải thiện bằng cách sử dụng giải thuật tìm kiếm nhị phân thay vì tìm kiếm tuyến tính.

Việc tìm kiếm trong thực tế được thực hiện bởi hàm thành viên Lookup. Vì thế chúng ta cần định nghĩa lại hàm này trong lớp SortedDir sao cho nó sử dụng giải thuật tìm kiếm nhị phân. Tuy nhiên, tất cả các hàm thành viên khác tham khảo tới ContactDir::Lookup. Chúng ta cũng có thể định nghĩa các hàm này sao cho chúng tham khảo tới SortedDir::Lookup. Nếu chúng ta theo tiếp cận này, giá trị của thừa kế trở nên đáng ngờ hơn bởi vì thực tế chúng ta có thể phải định nghĩa lại toàn bộ lớp.

Thực sự cái mà chúng ta muốn làm là tìm cách để biểu diễn điều này: hàm Lookup nên được liên kết tới *kiểu* của đối tượng mà triệu gọi nó. Nếu đối tượng thuộc kiểu SortedDir sau đó triệu gọi Lookup (từ bất kỳ chỗ nào, thậm chí từ bên trong các hàm thành viên của ContactDir) có nghĩa là SortedDir::Lookup. Tương tự, nếu đối tượng thuộc kiểu ContactDir sau đó gọi Lookup (từ bất kỳ chỗ nào) có nghĩa là ContactDir::Lookup.

Điều này có thể được thực thi thông qua **liên kết động** (dynamic binding) của hàm Lookup: sự quyết định chọn phiên bản nào của hàm Lookup để gọi được tạo ra ở thời gian chạy phụ thuộc vào kiểu của đối tượng.

Trong C++, liên kết động được hỗ trợ thông qua các hàm thành viên ảo. Một hàm thành viên được khai báo như là ảo bằng cách chèn thêm từ khóa virtual trước nguyên mẫu (prototype) của nó trong lớp cơ sở. Bất kỳ hàm thành viên nào, kể cả hàm xây dựng và hàm hủy, có thể được khai báo như ảo. Hàm Lookup nên được khai báo như ảo trong lớp ContactDir:

```
class ContactDir {
        //...
public:
        virtual     int    Lookup (const char *name);
        //...
};
```

Chỉ các hàm thành viên không tĩnh có thể được khai báo như là ảo. Một hàm thành viên ảo được định nghĩa lại trong một lớp dẫn xuất phải có chính xác cùng tham số và kiểu trả về như một hàm thành viên trong lớp cơ sở. Các hàm ảo có thể được tái định nghĩa giống như các thành viên khác.

Danh sách 9.3 trình bày định nghĩa của lớp SortedDir như lớp dẫn xuất của lớp ContactDir.

Danh sách 9.3

```
1  class SortedDir : public ContactDir {
2  public:
3                          SortedDir  (const int max) : ContactDir(max) {}
4  public:
5        virtual     int    Lookup           (const char *name);
6  };
```

Chú giải

3 Hàm xây dựng đơn giản chỉ gọi hàm xây dựng lớp cơ sở.

5 Hàm Lookup được khai báo lại như là ảo để cho phép bất kỳ lớp nào được dẫn xuất từ lớp SortedDir định nghĩa lại nó.

Định nghĩa mới của hàm Lookup như sau:

```
int SortedDir::Lookup (const char *name)
{
        int bot = 0;
        int top = dirSize - 1;
```

```
    int pos = 0;
    int  mid, cmp;

    while (bot <= top) {
        mid = (bot + top) / 2;
        if ((cmp = strcmp(name, contacts[mid]->Name())) == 0)
            return mid;
        else if (cmp < 0)
            pos = top = mid - 1;      // gioi han tim tren nua thap hon
        else
            pos = bot = mid + 1;      // gioi han tim tren nua cao hon
    }
    return pos < 0 ? 0 : pos;
}
```

Đoạn mã sau minh họa rằng hàm SortedDir::Lookup được gọi bởi hàm ContactDir::Insert khi được triệu gọi thông qua đối tượng SortedDir:

```
SortedDir  dir(10);
dir.Insert(Contact("Mary", "11 South Rd", "282 1324"));
dir.Insert(Contact("Peter", "9 Port Rd", "678 9862"));
dir.Insert(Contact("Jane", "321 Yara Ln", "982 6252"));
dir.Insert(Contact("Jack", "42 Wayne St", "663 2989"));
dir.Insert(Contact("Fred", "2 High St", "458 2324"));
cout << dir;
```

Nó sẽ cho ra kết quả sau:

```
(Fred , 2 High St , 458 2324)
(Jack , 42 Wayne St , 663 2989)
(Jane , 321 Yara Ln , 982 6252)
(Mary , 11 South Rd , 282 1324)
(Peter , 9 Port Rd , 678 9862)
```

9.7. Đa thừa kế

Các lớp dẫn xuất mà chúng ta đã bắt gặp đến thời điểm này trong chương này chỉ là biểu diễn **đơn thừa kế**, bởi vì mỗi lớp thừa kế các thuộc tính của nó từ một lớp cơ sở đơn. Một tiếp cận có thể khác, một lớp dẫn xuất có thể có nhiều lớp cơ sở. Điều này được biết đến như là **đa thừa kế** (multiple inheritance).

Ví dụ, chúng ta phải định nghĩa hai lớp tương ứng để biểu diễn các danh sách của các tùy chọn và các cửa sổ điểm ảnh:

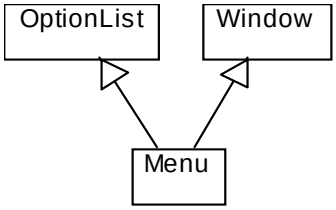
```
class OptionList {
 public:
      OptionList (int n);
      ~OptionList       (void);
      //...
};

class Window {
 public:
      Window    (Rect &bounds);
      ~Window  (void);
   //...
};
```

Một menu là một danh sách của các tùy chọn được hiển thị ở bên trong cửa sổ của nó. Vì thế nó có thể định nghĩa Menu bằng cách dẫn xuất từ lớp OptionList và lớp Window:

```
class Menu : public OptionList, public Window {
 public:
      Menu       (int n, Rect &bounds);
  ~Menu   (void);
      //...
};
```

Với đa thừa kế, một lớp dẫn xuất thừa kế tất cả các thành viên của các lớp cơ sở của nó. Như trước, mỗi thành viên của lớp cơ sở có thể là riêng, chung, hay là được bảo vệ. Áp dụng cùng các nguyên lý truy xuất thành viên lớp cơ sở. Hình 9.4 minh họa thứ bậc lớp cho Menu..

Hình 9.4 Thứ bậc lớp cho Menu



Vì các lớp cơ sở của lớp Menu có các hàm xây dựng yêu cầu các đối số nên hàm xây dựng cho lớp dẫn xuất nên triệu gọi những hàm xây dựng trong danh sách khởi tạo thành viên của nó:

```
Menu::Menu (int n, Rect &bounds) : OptionList(n), Window(bounds)
{
      //...
}
```

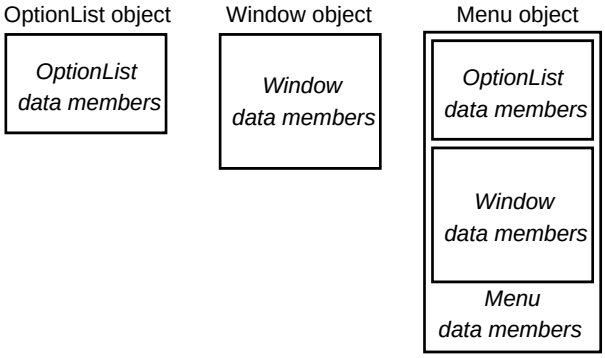
Thứ tự mà các hàm xây dựng được triệu gọi cùng với thứ tự mà chúng được đặc tả trong phần đầu của lớp dẫn xuất (*không* theo thứ tự mà chúng xuất hiện trong danh sách khởi tạo thành viên của các hàm xây dựng lớp dẫn xuất). Ví dụ, với Menu hàm xây dựng cho lớp OptionList được triệu gọi trước khi hàm xây dựng cho lớp Window, thậm chí nếu chúng ta chuyển đổi thứ tự trong hàm xây dựng:

```
Menu::Menu (int n, Rect &bounds) : Window(bounds), OptionList(n)
{
      //...
}
```

Các hàm hủy được ứng dụng theo thứ tự ngược lại: ~Menu, kế đó là ~Window, và cuối cùng là ~OptionList.

Sự cài đặt rõ ràng của đối tượng lớp dẫn xuất là chứa đựng một đối tượng từ mỗi đối tượng của các lớp cơ sở của nó. Hình 9.5 minh họa mối quan hệ giữa một đối tượng lớp Menu và các đối tượng lớp cơ sở.

Hình 9.5 Các đối tượng lớp dẫn xuất và cơ sở.



Thông thường, một lớp dẫn xuất có thể có số lượng các lớp cơ sở bất kỳ, tất cả chúng phải phân biệt:

```
class X : A, B, A {          // không hợp qui tắc: xuất hiện hai lần
      //...
};
```

9.8. Sự mơ hồ

Đa thừa kế làm phức tạp thêm nữa các qui luật để tham khảo tới các thành viên của một lớp. Ví dụ, giả sử cả hai lớp OptionList và Window có một hàm thành viên gọi là Highlight để làm nổi bậc một phần cụ thể của kiểu đối tượng này hay kiểu kia:

```
class OptionList {
 public:
      //...
      void Highlight (int part);
};

class Window {
 public:
      //...
      void Highlight (int part);
};
```

Lớp dẫn xuất Menu sẽ thừa kế cả hai hàm này. Kết quả là, lời gọi

```
m.Highlight(0);
```

(trong đó m là một đối tượng Menu) là mơ hồ và sẽ không biên dịch bởi vì nó không rõ ràng, nó tham khảo tới hoặc là OptionList::Highlight hoặc là Window::Highlight. Sự mơ hồ được giải quyết bằng cách làm cho lời gọi rõ ràng:

```
m.Window::Highlight(0);
```

Một khả năng chọn lựa khác, chúng ta có thể định nghĩa một hàm thành viên Highlight cho lớp Menu gọi các thành viên Highlight của các lớp cơ sở:

```
class Menu : public OptionList, public Window {
 public:
      //...
      void Highlight (int part);
};

void Menu::Highlight (int part)
{
      OptionList::Highlight(part);
      Window::Highlight(part);
}
```

9.9. Chuyển kiểu

Đối với bất kỳ lớp dẫn xuất nào có một sự chuyển kiểu không tường minh từ lớp dẫn xuất tới bất kỳ lớp cơ sở *chung* của nó. Điều này có thể được sử dụng để chuyển một đối tượng lớp dẫn xuất thành một đối tượng lớp cơ sở như là một đối tượng thích hợp, một tham chiếu, hoặc một con trỏ:

```
Menu        menu(n, bounds);
Window   win = menu;
Window   &wRef = menu;
Window   *wPtr = &menu;
```

Những chuyển đổi như thế là an toàn bởi vì đối tượng lớp dẫn xuất luôn chứa đựng tất cả các đối tượng lớp cơ sở của nó. Ví dụ, phép gán đầu tiên làm cho thành phần Window của menu được gán tới win.

Ngược lại, không có sự chuyển đổi từ lớp cơ sở thành lớp dẫn xuất. Lý do một sự chuyển kiểu như thế có khả năng nguy hiểm vì thực tế đối tượng lớp dẫn xuất có thể có các dữ liệu thành viên không có mặt trong đối tượng lớp cơ sở. Vì thế các thành viên dữ liệu phụ kết thúc bởi các giá trị không thể tiên toán. Tất cả chuyển kiểu như thế phải được ép kiểu rõ ràng để xác nhận ý định của lập trình viên:

```
Menu      &mRef = (Menu&) win;          // cẩn thận!
Menu      *mPtr = (Menu*) &win;         // cẩn thận!
```

Một đối tượng lớp cơ sở không thể được gán tới một đối tượng lớp cơ sở trừ phi có một hàm xây dựng chuyển kiểu trong lớp dẫn xuất được định nghĩa cho mục đích này. Ví dụ, với

```
class Menu : public OptionList, public Window {
public:
      //...
      Menu (Window&);
};
```

thì câu lệnh gán sau là hợp lệ và có thể sử dụng hàm xây dựng để chuyển đổi win thành đối tượng Menu trước khi gán:

```
menu = win;              // triệu gọi Menu::Menu(Window&)
```

9.10.Lớp cơ sở ảo

Trở lại lớp Menu và giả sử rằng hai lớp cơ sở của nó cũng được dẫn xuất từ nhiều lớp khác:

```
class OptionList : public Widget, List                    { /*...*/ };
class Window     : public Widget, Port                    { /*...*/ };
class Menu       : public OptionList, public Window { /*...*/ };
```

Vì lớp Widget là lớp cơ sở cho cả hai lớp OptionList và Window nên mỗi đối tượng menu sẽ có hai đối tượng widget (xem Hình 9.6a). Điều này là không mong muốn (bởi vì một menu được xem xét là một widget đơn) và có thể dẫn đến mơ hồ. Ví dụ, khi áp dụng hàm thành viên widget tới một đối tượng menu, thật không rõ ràng như áp dụng tới một trong hai đối tượng widget. Vấn đề này được khắc phục bằng cách làm cho lớp Widget là một **lớp cơ sở ảo** của lớp OptionList và Window. Một lớp cơ sở được làm cho ảo bằng cách đặt từ khóa virtual trước tên của nó trong phần đầu lớp dẫn xuất:

```
class OptionList : virtual public Widget, List        { /*...*/ };
class Window     : virtual public Widget, Port        { /*...*/ };
```

Điều này đảm bảo rằng một đối tượng Menu sẽ chứa đựng vừa đúng một đối tượng Widget. Nói cách khác, lớp OptionList và lớp Window sẽ chia sẻ cùng đối tượng Widget.

Một đối tượng của một lớp mà được dẫn xuất từ một lớp cơ sở ảo không chứa đựng trực tiếp đối tượng của lớp cơ sở ảo mà chỉ là một con trỏ tới nó (xem Hình 9.6b và 9.6c). Điều này cho phép nhiều hành vi của một lớp ảo trong một hệ thống cấp bậc được ghép lại thành một (xem Hình 9.6d).

Nếu ở trong một hệ thống cấp bậc lớp một vài thể hiện của lớp cơ sở X được khai báo như là ảo và các thể hiện khác như là không ảo thì sau đó đối tượng lớp dẫn xuất sẽ chứa đựng một đối tượng X cho mỗi thể hiện không ảo của X, và một đối tượng đơn X cho tất cả sự xảy ra ảo của X.

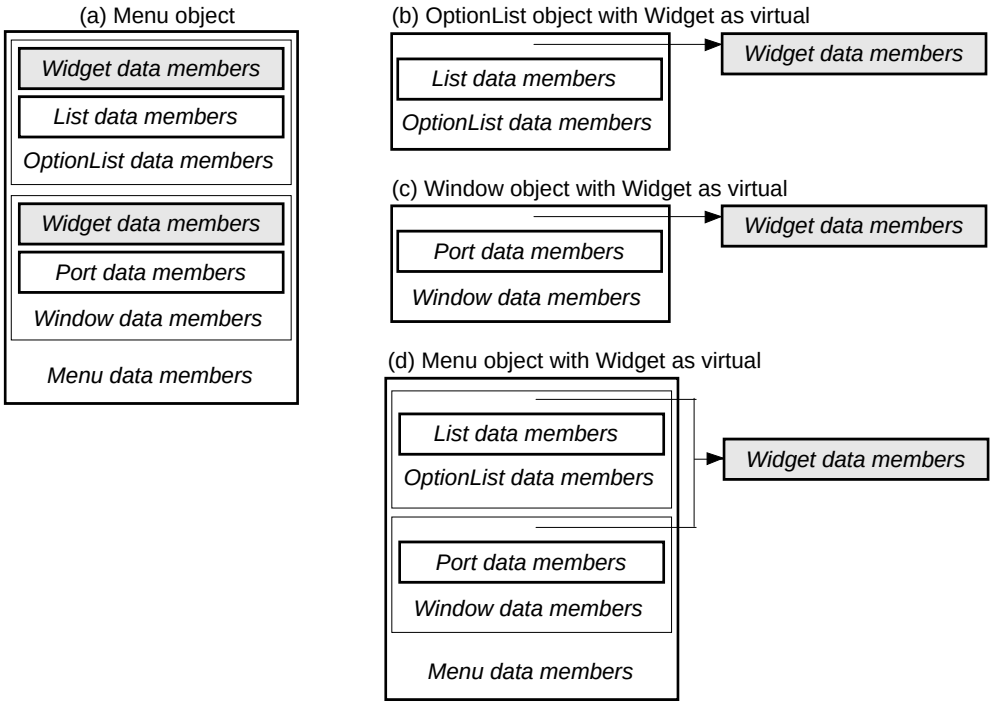
Một đối tượng lớp cơ sở ảo không được khởi tạo bởi lớp dẫn xuất trực tiếp của nó mà được khởi tạo bởi lớp dẫn xuất xa nhất dưới hệ thống cấp bậc lớp. Luật này đảm bảo rằng đối tượng lớp cơ sở ảo được khởi tạo chỉ một lần. Ví dụ, trong một đối tượng menu, đối tượng widget được khởi tạo bởi hàm

xây dựng Menu (ghi đè lời gọi hàm của hàm xây dựng Widget bởi OptionList hoặc Window):

```
Menu::Menu (int n, Rect &bounds) :    Widget(bounds),
                                          OptionList(n),
                                          Window(bounds)
{ //... }
```

Không quan tâm vị trí nó xuất hiện trong một hệ thống cấp bậc lớp, một đối tượng lớp cơ sở ảo luôn được xây dựng *trước* các đối tượng không ảo trong cùng hệ thống cấp bậc.

Hình 9.6 Các lớp cơ sở ảo và không ảo



Nếu trong một hệ thống cấp bậc lớp một cơ sở ảo được khai báo với các phạm vi truy xuất đối lập (nghĩa là, bất kỳ sự kết hợp của riêng, được bảo vệ, và chung) sau đó khả năng truy xuất lớn nhất sẽ thống trị. Ví dụ, nếu Widget được khai báo là một lớp cơ sở ảo riêng của lớp OptionList và là một lớp cơ sở ảo chung của lớp Window thì sau đó nó sẽ vẫn còn là một lớp cơ sở ảo chung của lớp Menu.

9.11.Các toán tử được tái định nghĩa

Ngoại trừ toán tử gán, một lớp dẫn xuất thừa kế tất cả các toán tử đã tái định nghĩa của lớp cơ sở của nó. Toán tử được tái định nghĩa bởi chính lớp dẫn xuất che giấu đi việc tái định nghĩa của cùng toán tử bởi các lớp cơ sở (giống như là các hàm thành viên của một lớp dẫn xuất che giấu đi các hàm thành viên của các lớp cơ sở).

Phép gán và khởi tạo memberwise (xem Chương 7) mở rộng tới lớp dẫn xuất. Đối với bất kỳ lớp Y dẫn xuất từ X, khởi tạo memberwise được điều khiển bởi một hàm xây dựng phát ra tự động (hay do người dùng định nghĩa) ở hình thức:

```
Y::Y (const Y&);
```

Tương tự, phép gán memberwise được điều khiển bởi tái định nghĩa toán tử = được phát ra tự động (hay do người dùng định nghĩa):

```
Y& Y::operator = (Y&)
```

Khởi tạo memberwise (hoặc gán) của đối tượng lớp dẫn xuất liên quan đến khởi tạo memberwise (hoặc gán) của các lớp cơ sở của nó cũng như là các thành viên đối tượng lớp của nó.

Cần sự quan tâm đặc biệt khi một lớp dẫn xuất nhờ vào tái định nghĩa các toán tử new và delete cho lớp cơ sở của nó. Ví dụ, trở lại việc tái định nghĩa hai toán tử này cho lớp Point trong Chương 7, và giả sử rằng chúng ta muốn sử dụng chúng cho một lớp dẫn xuất:

```
class Point3D : public Point {
  public:
        //...
  private:
        int depth;
};
```

Bởi vì sự cài đặt của Point::operator new giả sử rằng khối được cần sẽ có kích thước của đối tượng Point, việc thừa kế của nó bởi lớp Point3D dẫn tới một vấn đề: không thể giải thích tại sao dữ liệu thành viên của lớp Point3D (nghĩa là, depth) lại cần không gian phụ.

Để tránh vấn đề này, tái định nghĩa của toán tử new cố gắng cấp phát vừa đúng tổng số lượng lưu trữ được chỉ định bởi tham số kích thước của nó hơn là một kích thước giới hạn trước. Tương tự, tái định nghĩa của delete nên chú ý vào kích cỡ được chỉ định bởi tham số thứ hai của nó và cố gắng giải phóng vừa đúng các byte này.

Bài tập cuối chương 9

9.1 Xem xét lớp Year chia các ngày trong năm thành các ngày làm việc và các ngày nghỉ. Bởi vì mỗi ngày có một giá trị nhị phân nên lớp Year dễ dàng được dẫn xuất từ BitVec:

```
enum Month {
        Jan, Feb, Mar, Apr, May, Jun, Jul, Aug, Sep, Oct, Nov, Dec
};
class Year : public BitVec {
 public:
        Year        (const short year);
        void        WorkDay  (const short day);// dat ngay nhu ngay lam viec
        void   OffDay    (const short day);// dat ngay nhu ngay nghi
        Bool   Working  (const short day);// true neu la ngay lam viec
        short       Day          (const short day, // chuyen date thanh day
                                  const Month month, const short year);
protected:
        short       year; // nam theo lich
};
```

Các ngày được đánh số từ điểm bắt đầu của năm, bắt đầu từ ngày 1 tháng 1 năm 1. Hoàn tất lớp Year bằng cách thi công các hàm thành viên của nó.

9.2 Các bảng liệt kê được giới thiệu bởi một khai báo enum là một tập con nhỏ của các số nguyên. Trong một vài ứng dụng chúng ta có thể cần xây dựng các tập hợp của các bảng liệt kê như thế. Ví dụ, trong một bộ phân tích cú pháp, mỗi hàm phân tích có thể được truyền một tập các ký hiệu mà sẽ được bỏ qua khi bộ phân tích cú pháp cố gắng phục hồi từ một lỗi hệ thống. Các ký hiệu này thông thường được dành riêng những từ của ngôn ngữ:

```
enum Reserved {classSym, privateSym, publicSym, protectedSym,
                friendSym, ifSym, elseSym, switchSym,...};
```

Với những thứ đã cho có thể có nhiều nhất *n* phần tử (*n* là một số nhỏ) tập hợp có thể được trình bày có hiệu quả như một vectơ bit của *n* phần tử. Dẫn xuất một lớp đặt tên là EnumSet từ BitVec để làm cho điều này dễ dàng. Lớp EnumSet nên tái định nghĩa các toán tử sau:

- Toán tử + để hợp tập hợp.
- Toán tử - để hiệu tập hợp.
- Toán tử * để giao tập hợp.
- Toán tử % để kiểm tra một phần tử có là thành viên của tập hợp.
- Các toán tử <= và >= để kiểm tra một tập hợp có là một tập con của tập khác hay không.
- Các toán tử >> và << để thêm một phần tử tới tập hợp và xóa một phần tử từ tập hợp.

9.3 **Lớp trừu tượng** là một lớp mà không bao giờ được sử dụng trực tiếp nhưng cung cấp một khung cho các lớp khác được dẫn xuất từ nó. Thông thường, tất

cả các hàm thành viên của một lớp trừu tượng là ảo. Bên dưới là một ví dụ đơn giản của một lớp trừu tượng:

```
class Database {
  public:
        virtual   void Insert(Key, Data)      {}
        virtual   void Delete      (Key) {}
        virtual   Data Search      (Key) {return 0;}
};
```

Nó cung cấp một khung cho các lớp giống như cơ sở dữ liệu. Các ví dụ của loại lớp có thể được dẫn xuất từ cơ sở dữ liệu gồm: danh sách liên kết, cây nhị phân, và B-cây. Trước tiên dẫn xuất lớp B-cây từ lớp Database và sau đó dẫn xuất lớp B*-cây từ lớp B-cây:

```
class BTree : public Database { /*...*/ };
class BStar : public BTree    { /*...*/ };
```

Trong bài tập này sử dụng kiểu có sẵn int cho Key và double cho Data.