程序设计艺术与方法学

第一讲　STL简介

一个问题：输入任意个整数，排序然后输出。

合肥工业大学计算机与信息学院　2013-11

第一章 STL简介

1.1 引言

1.2 STL的组成结构

1.3 STL的应用

1.1 引言

- C++ 语言的核心优势之一就是便于软件的重用。
- C++中有两个方面体现重用：
  - 面向对象的思想：继承和多态，标准类库。
  - 泛型程序设计(generic programming) 的思想：模板机制，以及标准模板库STL。

标准模板库（Standard Template Library）是ANSI/ISO C++语言的库的一个主要组成部分。它包括了通用数据结构和基于这些结构的算法，向外提供统一标准的公共接口，使得使用STL方便、快捷地建立应用程序。

泛型程序设计

- 泛型程序设计，简单地说就是使用模板的程序设计法。
  - 将一些常用的数据结构（比如链表，数组，二叉树）和算法（比如排序，查找）写成模板，以后则不论数据结构里放的是什么对象，算法针对什么样的对象，则都不必重新实现数据结构，重新编写算法。
- 有了STL，不必再从头写大多的标准数据结构和算法，并且可获得非常高的性能。

1.1 引言

假如设计一个求两参数最大值的函数，在实践中我们可能需要定义四个函数：

```
int max (int a, int b) { return (a>b) ? a :b; }
long max (long a , long b ) { return ( a > b ) ? a: b ;}
double max (double a , double b ) { return ( a >b)? a : b ; }
char max (char a , char b ) { return ( a > b ) ? a : b ;}
```

- 这些函数几乎相同，唯一的区别就是形参类型不同；
- 需要事先知道有哪些类型会使用这些函数，对于未知类型这些函数不起作用。

模板的概念

1. 所谓模板是一种使用无类型参数来产生一系列函数或类的机制。
2. 若一个程序的功能是对某种特定的数据类型进行处理，则可以将所处理的数据类型说明为参数，以便在其他数据类型的情况下使用，这就是模板的由来。
3. 模板是以一种完全通用的方法来设计函数或类而不必预先说明将被使用的每个对象的类型。
4. 通过模板可以产生类或函数的集合，使它们操作不同的数据类型，从而避免需要为每一种数据类型产生一个单独的类或函数。

求最大值模板函数实现

1.求两个数最大值，使用模板

```
template < class T >
T max(T a , T b){
        return ( a > b ) ? a : b;
}
```

2.template < 模板形参表>

```
<返回值类型> <函数名>（模板函数形参表）
{
        //函数定义体
}
```

模板工作方式

- 函数模板只是说明，不能直接执行，需要实例化为模板函数后才能执行；

- 在说明了一个函数模板后，当编译系统发现有一个对应的函数调用时，将根据实参中的类型来确认是否匹配函数模板中对应的形参，然后生成一个重载函数。该重载函数的定义体与函数模板的函数定义体相同，它称之为模板函数。

编写一个对具有n个元素的数组a[ ]求最小值的程序，要求将求最小值的函数设计成函数模板。（例1）

```
#include <iostream>
template <class T>
T min(T a[],int n)
{
        int i;
        T minv=a[0];
        for( i = 1;i < n ; i++){
                if(minv>a[i])
                minv=a[i];
        }
        return minv;
}
int main()
{ int a[]={1,3,0,2,7,6,4,5,2};
double b[]={1.2,-3.4,6.8,9,8};
cout<<”a数组的最小值为：”
<<min(a,9)<< endl;
cout<<”b数组的最小值为：”
<<min(b,4)<<endl;    }
```

此程序的运行结果为：

a数组的最小值为：0

b数组的最小值为：-3.4

模板优缺点

- 函数模板方法克服了C语言解决上述问题时用大量不同函数名表示相似功能的坏习惯；
- 克服了宏定义不能进行参数类型检查的弊端；
- 克服了C++函数重载用相同函数名字重写几个函数的繁琐。
- 缺点，调试比较困难。
  - 一般先写一个特殊版本的函数；
  - 运行正确后，改成模板函数。

1.1 引言

1.2 STL的组成结构

1.3 STL的应用

什么是STL？

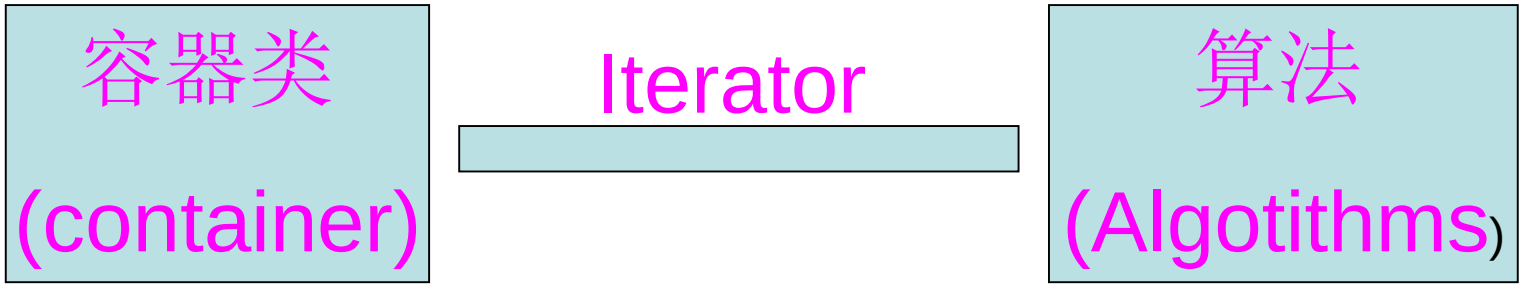
- **STL全名标准模版库(Standard Template Library)，是一群以template为根基的C++程序库**
- **目的在提供一些基本的容器类别(container class)与高效的算法(algorithm)**
- **一般来说程序是由算法加上数据结构，互相配合、一起工作，完成程序的功能。但如此一来便将数据结构与算法紧密绑定，不能分离，缺乏弹性**
- **Stepanov先生便针对此问题，采通用型设计的思维，使得程序员可以：**

1.以有效率的算法解决问题，此算法可处理各种数据结构，即算法与数据结构互为独立

2. 各种数据结构使用一致的接口(interface)，让各种算法可以透过此接口处理各种数据结构

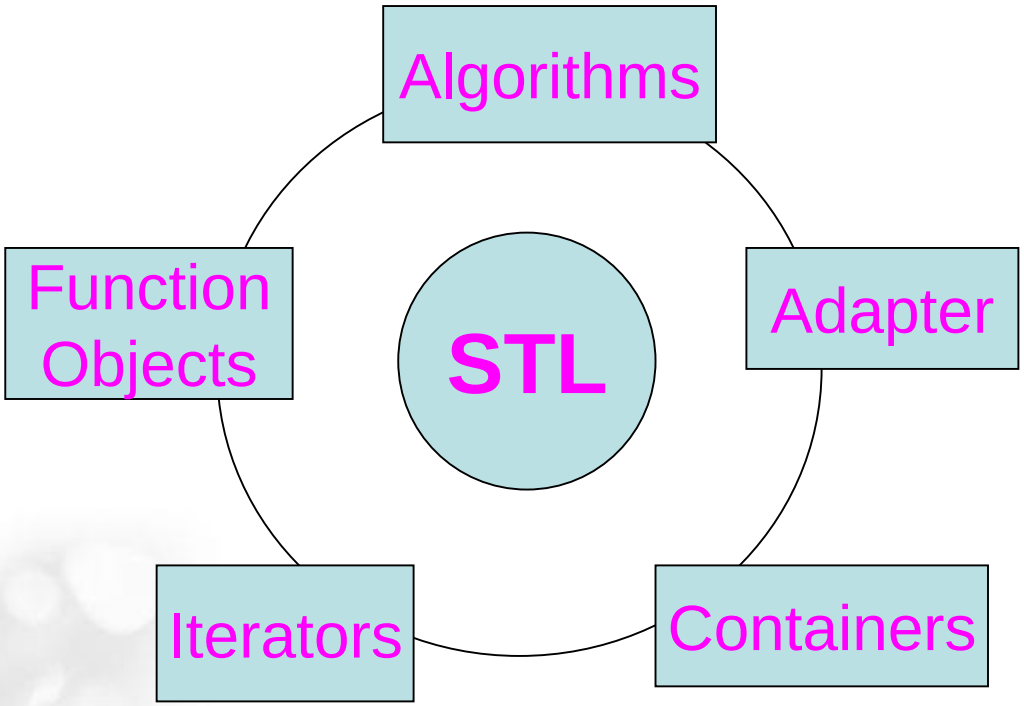
1.2 STL的组成结构

算法 + 数据结构 = 程序



1.2 STL的组成结构

算法 + 数据结构 = 程序



1.2 STL的组成结构

- 容器 (container)—用来容纳各种数据类型的数据结构；
- 迭代器(iterator)—好比传统C语言的指针，可藉之依次存取容器中元素的对象；
- 算法(algorithm)—算法通过迭代器来操作容器中元素的函数模版；
- 适配器(adaptor)—利用基础容器对象，加以包装，改变其接口，以适应另一种需求；
- 函数对象(function object)—为STL中较低阶的对象，用来代替传统的函数指针(function pointer)。

容器概述

- 可以用于存放各种类型的数据（基本类型的变量，对象等）的数据结构。
- 容器分为三大类：

1) 顺序容器

vector：后部插入/删除，直接访问

deque：前/后部插入/删除，直接访问

list：双向链表，任意位置插入/删除

2)关联容器

set：快速查找，无重复元素

multiset：快速查找，可有重复元素

map：一对一映射，无重复元素，基于关键字查找

multimap：一对一映射，可有重复元素，基于关键字查找

前2者合称为第一类容器

3)容器适配器

stack：LIFO

queue：FIFO

priority_queue：优先级高的元素先出

顺序容器简介

1) vector 头文件 <vector>

- 实际上就是个动态数组。随机存取任何元素都能在常数时间完成。在尾端增删元素具有较佳的性能。

2) deque 头文件 <deque>

- 也是个动态数组，随机存取任何元素都能在常数时间完成(但性能次于vector)。在两端增删元素具有较佳的性能。

3) list 头文件<list>

- 双向链表，在任何位置增删元素都能在常数时间完成。不支持随机存取。

上述三种容器称为顺序容器，是因为元素的插入位置同元素的值无关。

关联容器简介

- 关联式容器内的元素是排序的，插入任何元素，都按相应的排序准则来确定其位置。关联式容器的特点是在查找时具有非常好的性能。

1) set/multiset:　头文件 <set>

- **set** 即集合。**set**中不允许相同元素，**multiset**中允许存在相同的元素。

2) map/multimap:　头文件 <map>

- **map**与**set**的不同在于**map**中存放的是成对的**key/value**。并根据**key**对元素进行排序，可快速地根据**key**来检索元素**map**同**multimap**的不同在于是否允许多个元素有相同的**key**值。

上述4种容器通常以平衡二叉树方式实现，插入和检索的时间都是**O(logN)**

容器适配器简介

1) stack: 头文件 <stack>

- 栈。是个有限序列，并满足序列中被删除、检索和修改的项只能是最近插入序列的项。即按照后进先出的原则。

2) queue: 头文件 <queue>

- 队列。插入只可以在尾部进行，删除、检索和修改只允许从头部进行。按照先进先出的原则。

3) priority_queue: 头文件 <queue>

- 优先级队列。最高优先级元素总是第一个出列。

容器的共有成员函数

所有标准库容器共有的成员函数：

- 相当于按词典顺序比较两个容器大小的运算符：=, < , <= , > , >=, == , !=
- empty : 判断容器中是否有元素
- max_size: 容器中最多能装多少元素
- size: 容器中元素个数
- swap: 交换两个容器的内容
- begin、end、insert、erase等

vector的成员函数（例2）

函数名	返回值	参数	功能
at	元素的引用	要取元素的位置(int pos)	如果该位置元素存在则返回它的引用，否则进行一场处理
back	元素的引用	无	返回容器最后一个元素的引用，如果容器为空则出错
begin	迭代器	无	取得元素的首迭代器
end	迭代器	无	取得元素的尾迭代器
clear	无	无	将容器清空
empty	bool值	无	如果容器为空则为真，否则为假
erase	迭代器	要删除元素的迭代器 要删除容器段的首尾迭代器	第一个版本删除指定的元素 第二个版本删除指定的容器段，不存在则出错
front	元素的引用	无	返回首元素的引用，为空则出错
insert	无	iterator it, const T& x 2、iterator it, const_iterator first, const_iterator last	在it这个位置插入元素T 从it位置开始，依次插入first到last所指的元素
pop_back	无	无	删除最后一个元素
push_back	无	const T& x	从最后插入一个元素
resize	无	size_type n	将容器大小重设置为n
size	int	无	返回容器中元素的个数

再看一个map的例子（例3）

指针的抽象(1)

- 示例
  - 给定一个存储整数的**vector**及一个整数值，在**vector**中查找这个值，并返回指针指向该值，**null**表示不存在该值
- 一个解：

```
const int* find( const vector<int>& vec, int value)
{
    for (int i=0; i<vec.size(); ++i)
        if ( vec[i] == value )
            return &vec[i];
    return null;
}
```

指针的抽象(2)

- 变化（增加对**float**的功能）：**template**形式

```
Template <typename elemType>
const elemType * find( const vector< elemType >& vec, elemType value)
{
    for (int i=0; i<vec.size(); ++i)
        if ( vec[i] == value )
            return &vec[i];
    return null;
}
```

- 进一步要求：可以同时处理**array**
  - 其一：通过函数的**overload**实现
  - 另一个：只写一份，同时处理**vector**和**array**

（如何实现？）

指针的抽象(3)

- 对策：问题分解
  - 一、array传入find()不实际指明array
  - 二、vector传入find()不实际指明vector
- 首先处理array的问题
  - array如何传入函数及如何返回？

    int min(int array[24]) { … }

    实际相当于

    int min(int* array) { … }
  - 24怎么办？

指针的抽象(4)

- 解法一，增加一个参数表示**array**的容量

```
template <typename elemType>
const elemType* find( const elemType* array, int size,
                      const elemType& value );
```

- 解法二，传入另一个地址，作为**array**的终点

```
template <typename elemType>
const elemType* find( const elemType* array,
                      const elemType* sentinel,
                      const elemType& value );
```

- **array**从参数表中消失了，第一个问题解决

指针的抽象(5)

- 实现

```
template <typename elemType>
const elemType* find( const elemType* first,
                      const elemType* last,
                      const elemType& value );
{
    if ( !first || !last ) return null;

    for ( ; first != last; ++first )
        if ( *first == value )
            return first;

    return null;
}
```

指针的抽象(6)

- 使用

```
int ia[8] = { 3, 5, 67, 2, 46, 7, 53, 67 };
double da[8] = { 25.1, 1.2, 58.0, 25.3, 13.5, 46.0, 25, 58.8 };
string sa[4] = { “lkei”, “iekadkl”, “iejg”, ietjpal” };

const int* pi = find( ia, ia+8, ia[3] );
const double* pd = find( da, da+8, da[3] );
const string* ps = find( sa, sa+4, sa[3] );
```

- 如何完成第二个子任务？
  - **vector和array相同，都是以一块连续内存存储器所有元素，可按array相同方式处理**
  - **用一组表示“开始地址/结束地址”的参数传入find()**

指针的抽象(7)

- 例如

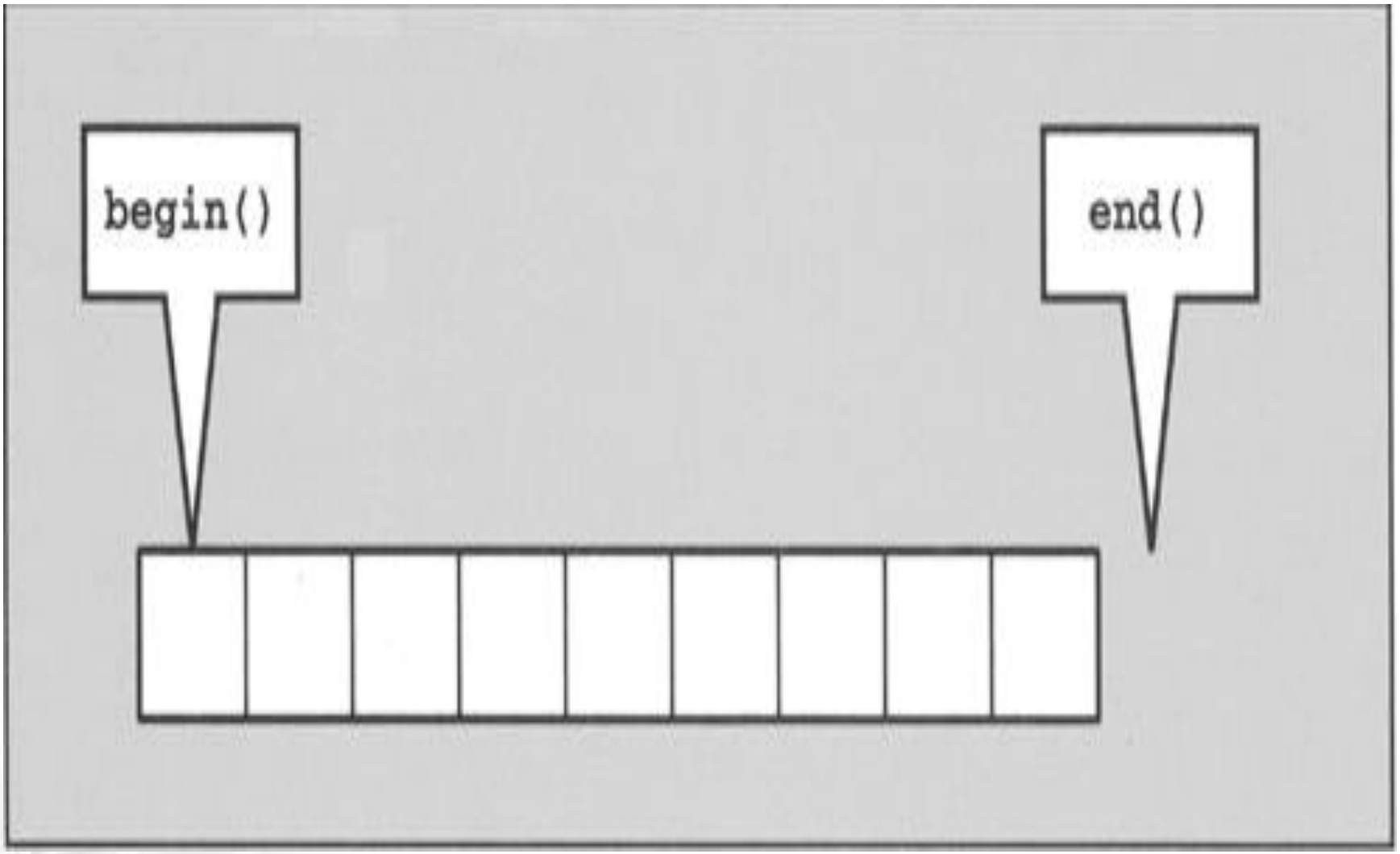
```
vector<string> svec;
find (&svec[0], &svec[svec.size()], search_value);
//需要事先确定svec为非空，也许更安全的方法
if ( !svec.empty() )
    find (&svec[0], &svec[svec.size()], search_value);

更好的方法：
template <typename elemType>
inline elemType* begin(const vector<elemType>& vec )
{    return vec.empty()? null : &vec[0] ;}
//同样实现end()
find (begin(svec), end(svec), search_value);
```

- ☺任务完成
- 可是如果要加上对**list**的支持呢？
  - 解决办法是在底层指针指上提供一层抽象化机制

迭代器

- 它的很多性质是和C++/C中的指针是相似，甚至可以说指针就是一种C++编译器里内置的迭代器。可以说就是指针的类实现；
- 软件设计有一个基本原则，所有的问题都可以通过引进一个间接层来简化，这种简化在STL中就是用迭代器来完成的；
- 迭代器在STL中用来将算法和容器联系起来，起着一种黏和剂的作用；
- 几乎STL提供的所有算法都是通过迭代器存取元素序列进行工作的，每一个容器都定义了其本身所专有的迭代器，用以存取容器中的元素。

Iterator的范围表示



迭代器

- 有**const**和非**const**两种。
- 通过迭代器可以读取它指向的元素，通过非**const**迭代器还能修改其指向的元素。迭代器用法和指针类似。
- 定义一个容器类的迭代器的方法可以是：

  容器类名::iterator 变量名;

  或：

  容器类名::const_iterator 变量名;
- 访问一个迭代器指向的元素：

  * 迭代器变量名

迭代器

- 迭代器上可以执行++操作，以指向容器中的下一个元素。如果迭代器到达了容器中的最后一个元素的后面，则迭代器变成past-the-end值。
- 使用一个past-the-end值的迭代器来访问对象是非法的，就好像使用NULL或未初始化的指针一样。

迭代器

- 不同容器上支持的迭代器功能强弱有所不同。
- 容器的迭代器的功能强弱，决定了该容器是否支持STL中的某种算法。
  - 例1：只有第一类容器能用迭代器遍历。
  - 例2：排序算法需要通过随机迭代器来访问容器中的元素，那么有的容器就不支持排序算法。

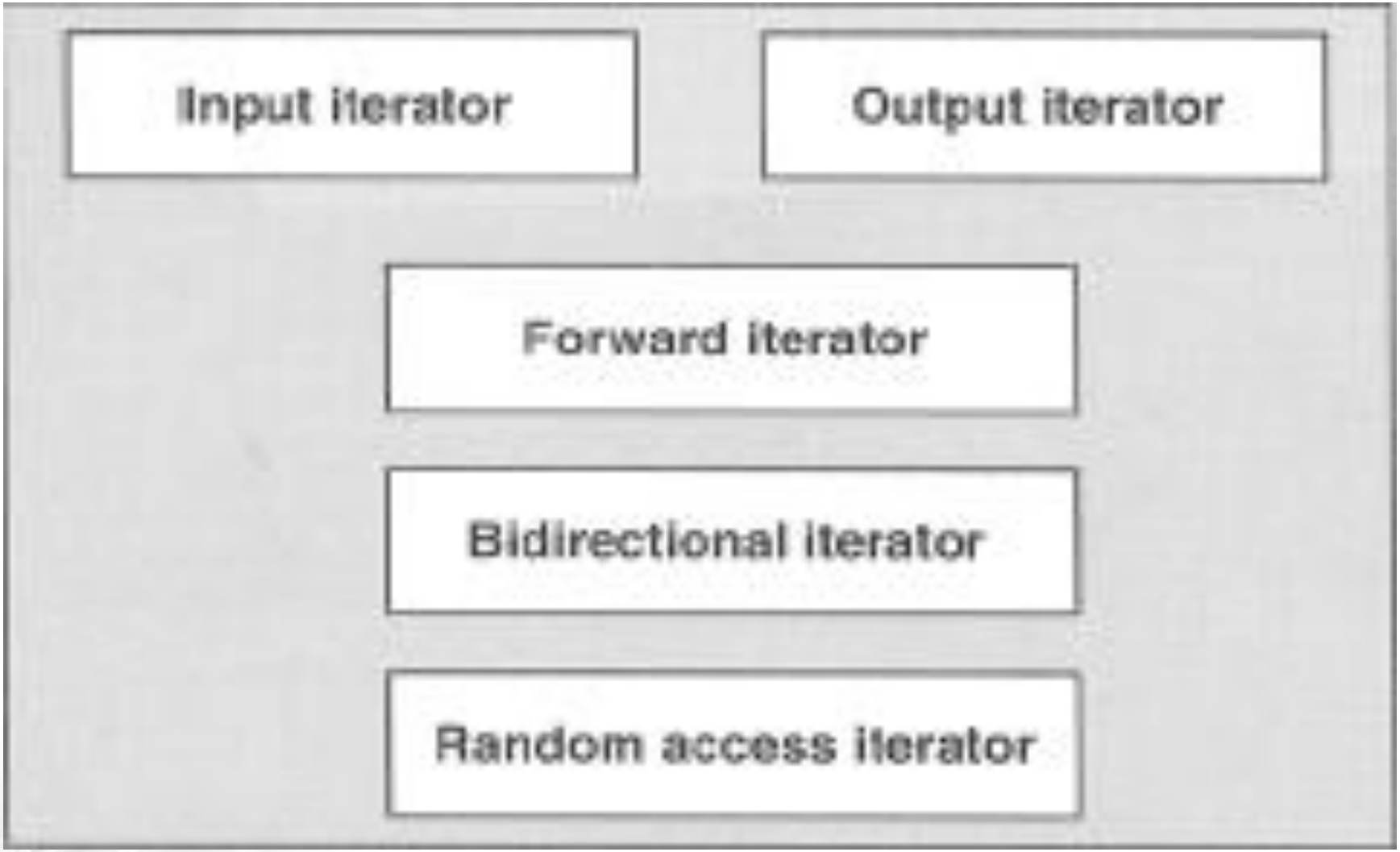
迭代器

STL 中的迭代器按功能由弱到强分为5种

1. 输入：Input iterators提供对数据的只读访问。
2. 输出：Output iterators提供对数据的只写访问。
3. 正向：Forward iterators提供读写操作，并能一次一个地向前推进迭代器。
4. 双向：Bidirectional iterators提供读写操作，并能一次一个地向前和向后移动。
5. 随机访问：Random access iterators提供读写操作，并能在数据中随机移动。

- 编号大的迭代器拥有编号小的迭代器的所有功能，能当作编号小的迭代器使用。

Iterator的分类



迭代器

- 所有迭代器：++p, p ++
- 输入迭代器：* p, p = p1, p == p1 , p!= p1
- 输出迭代器：* p, p = p1
- 正向迭代器：上面全部
- 双向迭代器：上面全部，--p, p --,
- 随机访问迭代器：上面全部，以及：
  - p+= i, p -= i,
  - p+i：返回指向p后面的第i个元素的迭代器
  - p-i：返回指向p前面的第i个元素的迭代器
  - p[i]:p 后面的第i个元素的引用
  - p < p1, p <= p1, p > p1, p>= p1

迭代器

容器	迭代器类别
vector	随机
deque	随机
list	双向
set/multiset	双向
map/multimap	双向
stack	不支持迭代器
queue	不支持迭代器
priority_queue	不支持迭代器

迭代器的例子（例4）

流迭代器

分为ostream_iterator和istream_iterator，其中输出流迭代器，可指定写入的目的地和间隔符；输入流可指定读取的来源，并应该和结束迭代器比较。使用迭代器的优点就是可以使用算法，并且很多东西都可抽象为流，确实方便；最经常的当然是cout和cin。（例5）

算法简介

- STL中提供能在各种容器中通用的算法，比如插入，删除，查找，排序等。大约有70种标准算法。
  - 算法就是一个个函数模板；
  - 算法通过迭代器来操纵容器中的元素。许多算法需要两个参数，一个是起始元素的迭代器，一个是终止元素的后面一个元素的迭代器。比如，排序和查找；
  - 有的算法返回一个迭代器。比如find() 算法，在容器中查找一个元素，并返回一个指向该元素的迭代器；
  - 算法可以处理容器，也可以处理C语言的数组。

算法分类

- 变化序列算法
  - copy ,remove,fill,replace,random_shuffle,swap, ….
  - 会改变容器
- 非变化序列算法
  - adjacent-find, equal, mismatch,find ,count, search, count_if, for_each, search_n
- 以上函数模板都在<algorithm> 中定义

- 此外还有其他算法，比如<numeric>中的算法

排序和查找算法

- **Sort（例6、7）**
  - **template<class RanIt>**
  - **void sort(RanIt first, RanIt last);**

- **find （例8）**
  - **template<class InIt, class T>**
  - **InIt find(InIt first, Inl tlast, const T& val);**

- **binary_search折半查找，要求容器已经有序**
  - **template<class FwdIt, class T>**
  - **Bool binary_search(FwdItf irst, FwdItl ast, const T& val);**

1.1 引言

1.2 STL的组成结构

1.3 STL的应用

1.3 STL的应用

题目：对于输入给定的字符串将其反序输出。输入是先输入一个整数代表字符串的行数，然后是字符串。

Sample Input：

3

Frankly, I don't think we'll make much money out of this scheme.
madam I'm adam

Sample Output

hcum ekam ll'ew kniht t'nod I ,ylknarF
.emehcs siht fo tuo yenom
mada m'I madam