第 9 章

队列(QUEUE)

本章内容

- 9.1 定义和应用
- 9.2 抽象数据类型
- 9.3 数组描述
- 9.4 链表描述
- 9.5 应用

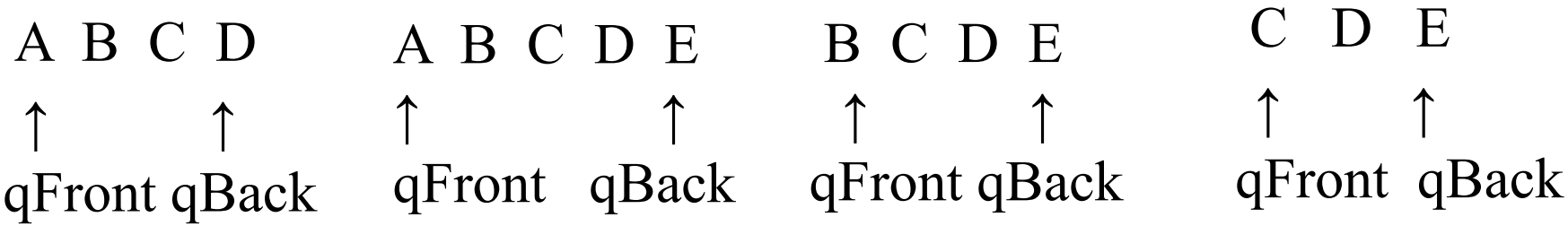
9.1 定义与应用

- 定义:
  - 队列（queue）是一个线性表，其插入和删除操作分别在表的不同端进行。
  - 添加新元素的那一端被称为队尾(queueBack).
  - 删除元素的那一端被成为队首(queueFront).

- $e_0, e_1, e_2, \cdots, e_i, \cdots, e_{n-1}$

  ↑ ↑

  queueFront queueBack



- 队列是一个先进先出（ first-in-first-out, FIFO）的线性表。

9.2 抽象数据类型

抽象数据类型queue {

实例

元素的有序线性表，一端称为队首，另一端称为队尾；

操作

```
empty();  //队列为空时返回true，否则返回false ；
size();   //返回队列中元素个数
front();  //返回队列头元素；
back();   //返回队列尾元素；
pop();    //删除队列头元素
push(x);  //将元素x加入队尾
```

}

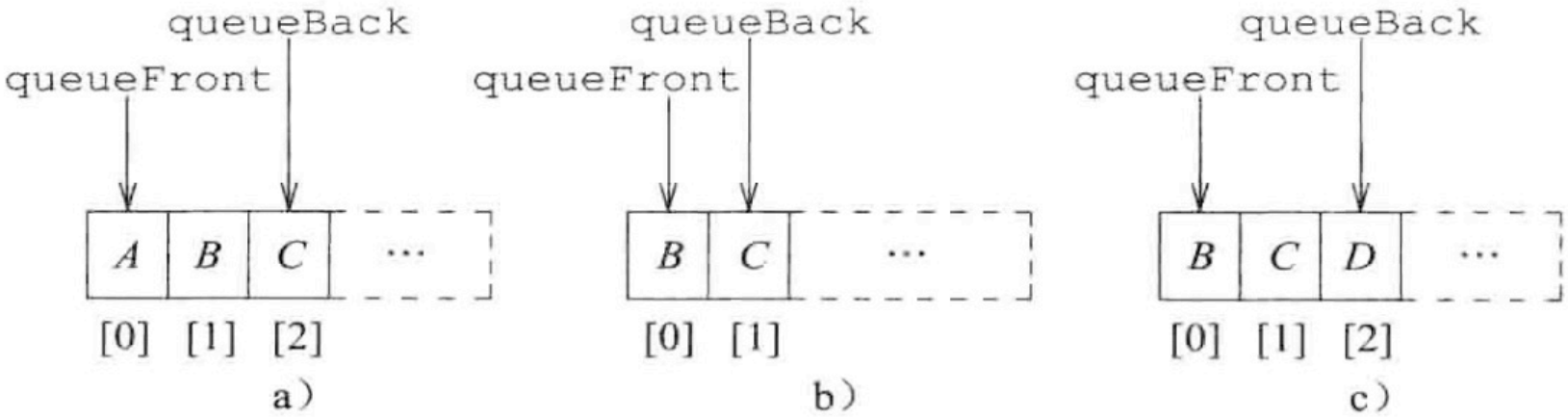
C++抽象类queue

```
template <class T>
class queue{
  public:
     virtual ~queue() {}
     virtual bool empty() const = 0;
            //队列为空时返回true，否则返回false
     virtual int size() const = 0;
            //返回队列中元素个数
     virtual T& front() = 0;
            //返回队列头元素;
     virtual T& back() = 0;
            //返回队列尾元素
      virtual void pop() = 0;
            //队列头元素
     virtual void push(const T& theElement) = 0;
            //将元素theElement加入队尾
}
```

队列的描述

- 数组描述
- 链表描述

9.3 数组描述-1



- 映射公式-1:

  $location(i) = i$

- 队首元素: queue[0];
- queueFront总是为0;
- queueBack始终是最后一个元素的位置

数组描述-1

- 队列的长度： queueBack + 1
- 空队列： queueBack=-1

- 队首元素出队：
  queue[0..queueBack-1]← queue[1..queueBack];
  queueBack=queueBack-1;

- 元素x入队： queueBack=queueBack+1;
  queue[queueBack]=x;

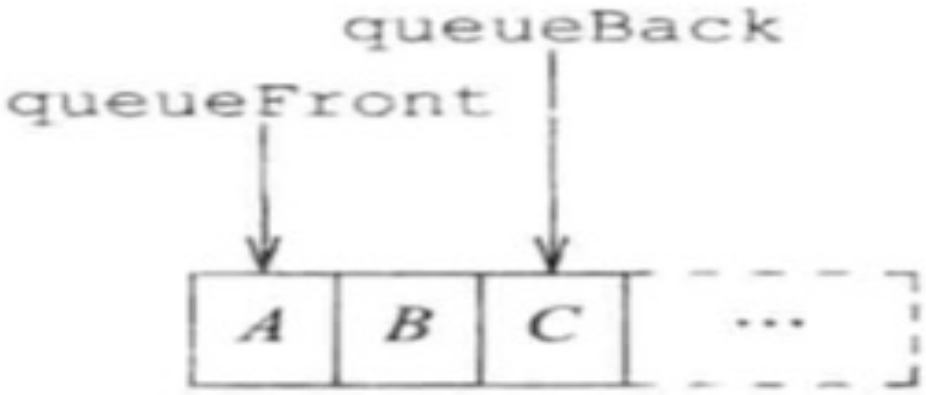
时间复杂度？

数组描述-1

- 队列的长度： queueBack + 1
- 空队列： queueBack=-1
-
- 队首元素出队：
  queue[0..queueBack-1]← queue[1..queueBack];
  queueBack=queueBack-1;
  Θ(n)

- 元素x入队： queueBack=queueBack+1;
  queue[queueBack]=x;
  O(1)

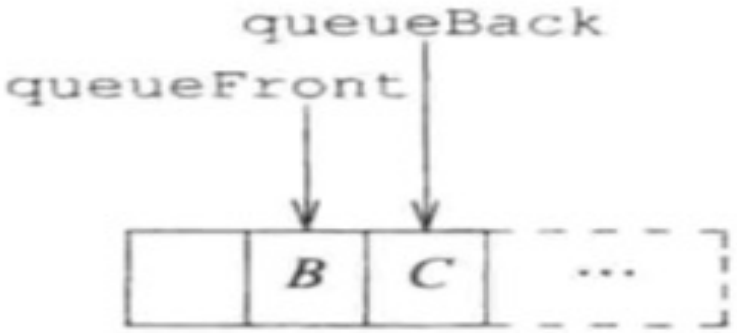
数组描述-2



- 映射公式-2:
  location(i) = location(队首元素) + i
- queueFront = location(队首元素)
- queueBack = location(队尾元素)
- 空队列：queueBack < queueFront

数组描述-2

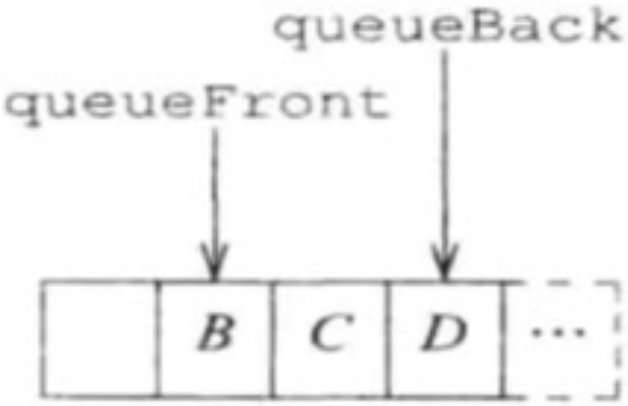
- 删除队首元素
  - queueFront=queueFront+1;



- 元素D入队

  queueBack=queueBack+1;

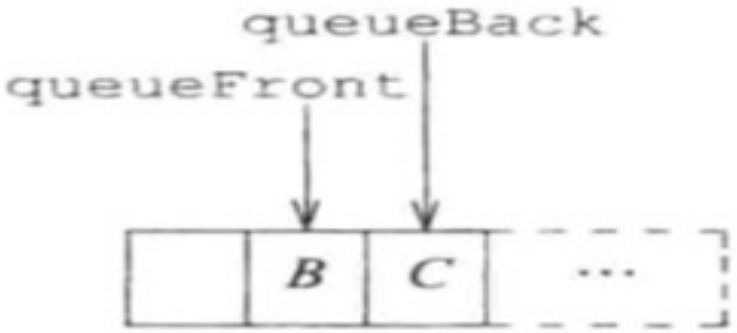
  queue[queueBack]=x;



时间复杂度？

数组描述-2

- 删除队首元素
  - queueFront=queueFront+1;
  - Θ(1)

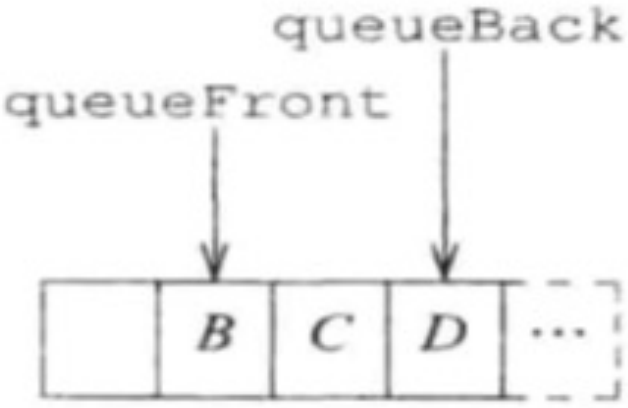


- 元素D入队

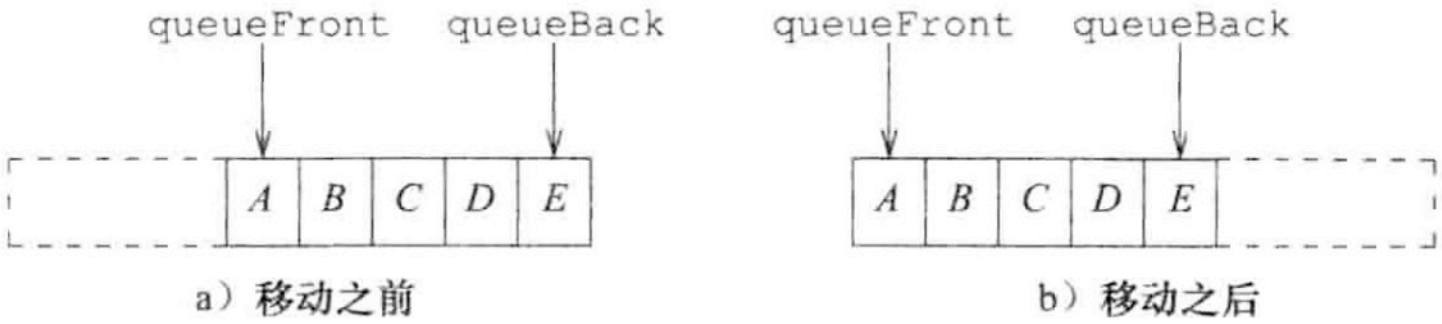
  queueBack=queueBack+1;

  queue[queueBack]=x;

  Θ(1)



数组描述-2



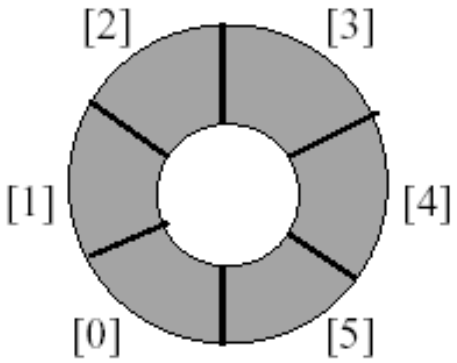
- 元素x入队:
- 当 **queueBack = arrayLength-1 且queueFront > 0** ？
- 平移队列
  - queue[0..queueBack-queueFront]← queue[queueFront..queueBack];
  - queueBack=queueBack+1;queue[queueBack]=x;
- 时间复杂性：$\Theta(n)$

循环队列

- 描述队列的数组

queue[]

- 描述队列的数组被视为一个环



- 公式-3：

location(i) = (location(队首元素) + i ）% arrayLength

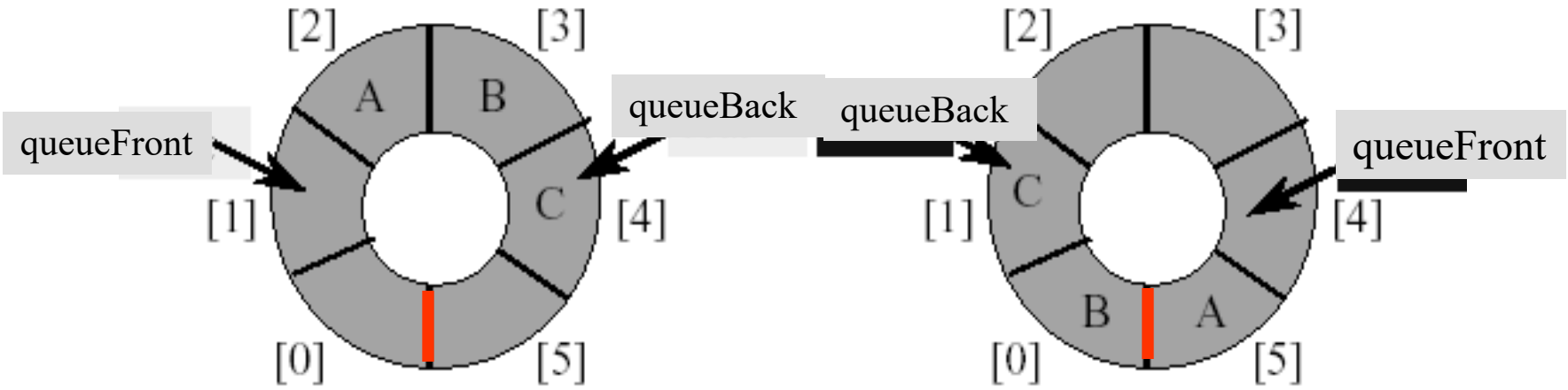
↓

location(i+1) = (location(i) + 1) % arrayLength

➔ 循环队列

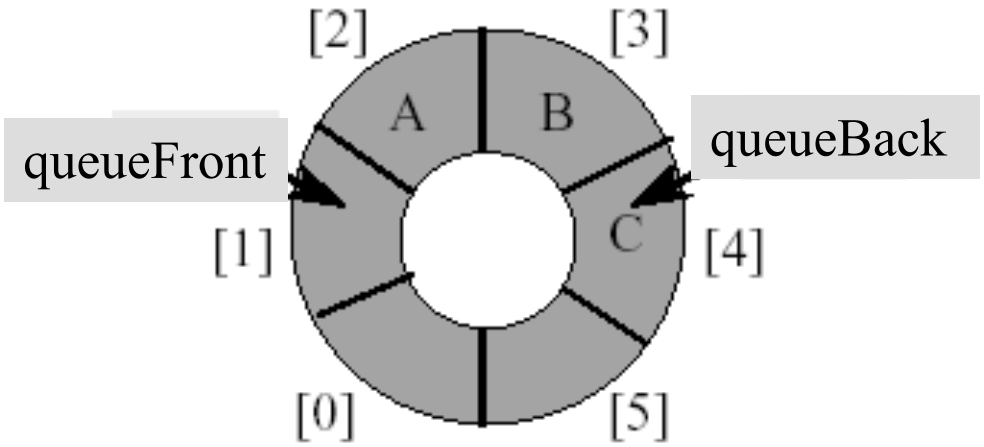
循环队列

- queueFront: 指向队列首元素的下一个位置（逆时针方向）。
- queueBack:　最后一个元素的位置



- 队列首元素的位置：
  - (queueFront+1) % arrayLength

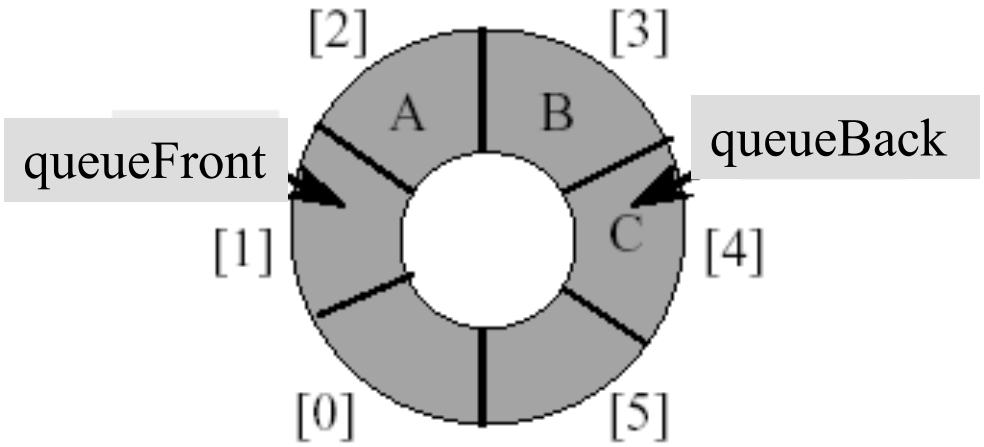
循环队列



- 空队列: queueFront=queueBack
- 队列为满的条件: queueFront=queueBack
- 如何区分两种情况: 队列为空和队列为满?

  队列不能插满，队列中最多元素个数=arrayLength-1
- 队列为满的条件:
  - queueFront=(queueBack+1) % arrayLength
- 队列满时,队列容量可进行加倍处理：读P210,P211程序9-3

循环队列



- 空队列: queueFront=queueBack
- 队列为满的条件: queueFront=queueBack
- 如何区分两种情况: 队列为空和队列为满?

  队列不能插满，队列中最多元素个数=arrayLength-1

该如何判断队列中元素个数?

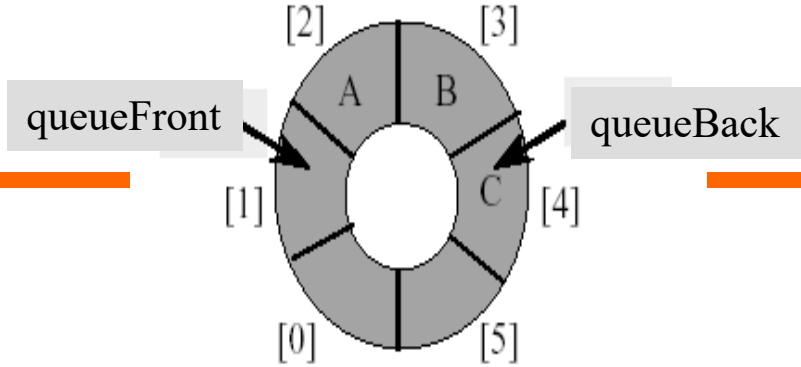
```
template<class T>
class arrayQueue ： public  queue<T>;
{public:
   arrayQueue (int initialCapacity = 10);
   ~ arrayQueue () { delete [] queue; }
   bool empty() const { return queueFront = = queueBack; }
   int size() const
     { return (arrayLength+ queueBack
                                    - queueFront) % arrayLength; }
   T& front() const; //返回队首元素
   T& back() const; // 返回队尾元素
   void pop(); //删除队首元素
   void push(const T& theElement); //元素插入到队尾
 private:
     int queueFront; //与第一个元素在反时针方向上相差一个位置
 int queueBack; // 指向最后一个元素
int arrayLength; // 队列数组容量
T *queue; // 元素数组
};
```

循环队列类arrayQueue

arrayQueue构造函数

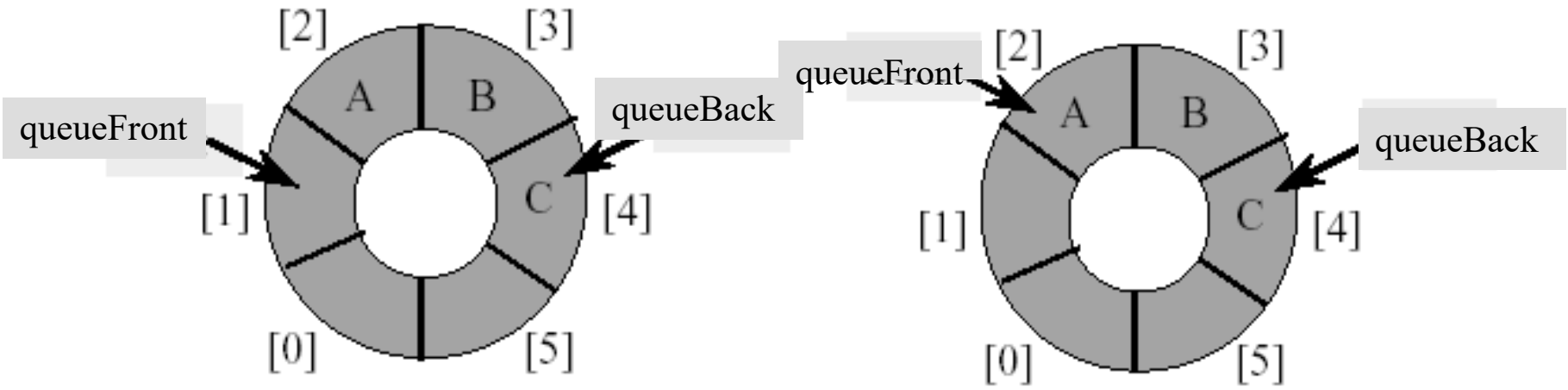
```
template<class T>
arrayQueue <T>:: arrayQueue(int initialCapacity = 10);
{ // 构造函数
   if (initialCapacity < 1)  …..//输出错误信息，抛出异常
   arrayLength = initialCapacity;
    queue = new T[arrayLength];
   queueFront = queueBack = 0;
}
```

方法 ‘front’ ‘back’



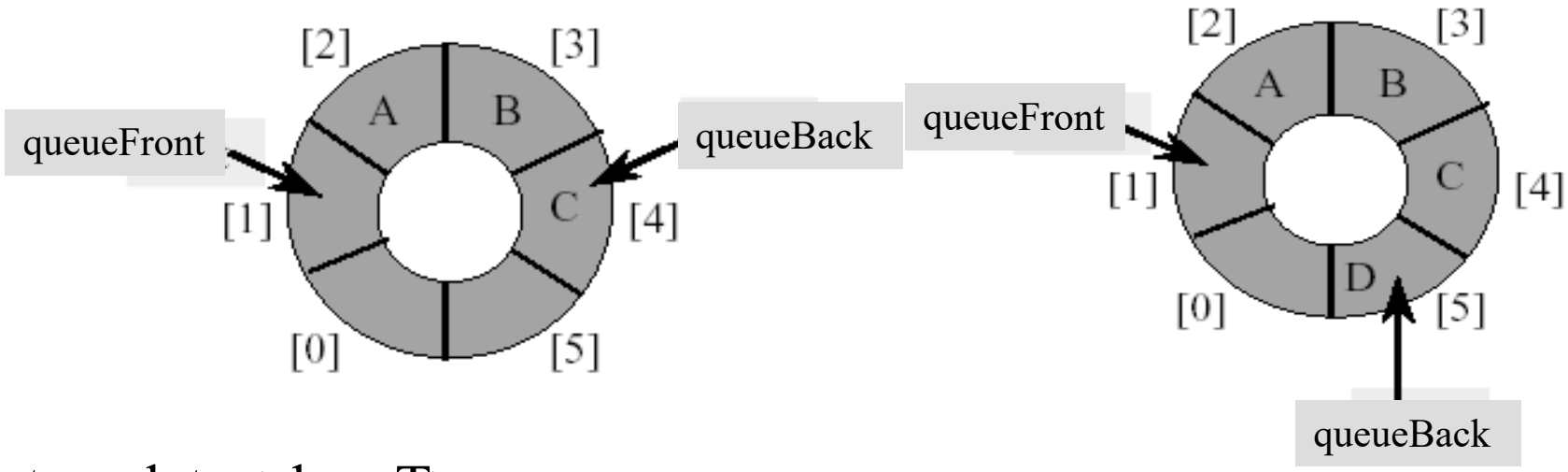

```
template<class T>
 T& arrayQueue <T>::front() const
      {//返回队首元素
   if (queueFront = = queueBack) throw  QueueEmpty();
    return queue[(queueFront + 1) % arrayLength];
 }

template<class T>
  T& arrayQueue <T>::back() const
  {// 返回队尾元素
    if (queueFront = = queueBack) throw  QueueEmpty();
      return queue[queueBack];
  }
```

方法 ‘pop’




```
template<class T>
void  arrayQueue <T>::pop()
{// 删除队首元素
  if (queueFront = = queueBack) throw  QueueEmpty();
    queueFront = (queueFront + 1) % arrayLength;
    queue[queueFront].~T();
}
```

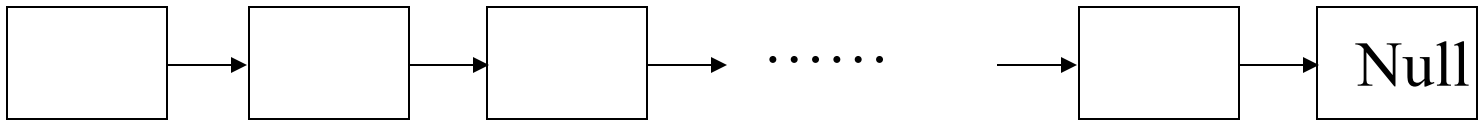
方法 ‘push’




```
template<class T>
void  arrayQueue <T>::push(const T& theElement)
  {// 把元素theElement添加到队列的尾部
     //如果队列空间满，则加倍数组长度
     if (queueBack+1) % arrayLength == queueFront)
          …….//加倍数组长度,程序9-3
     queueBack = (queueBack + 1) % arrayLength;
     queue[queueBack] = theElement;
}
```

9.4 链表描述

- 使用链表来描述一个队列



●两种选择:

1)表头为 queueFront， 表尾为 queueBack

2)表头为 queueBack， 表尾为 queueFront

链表描述

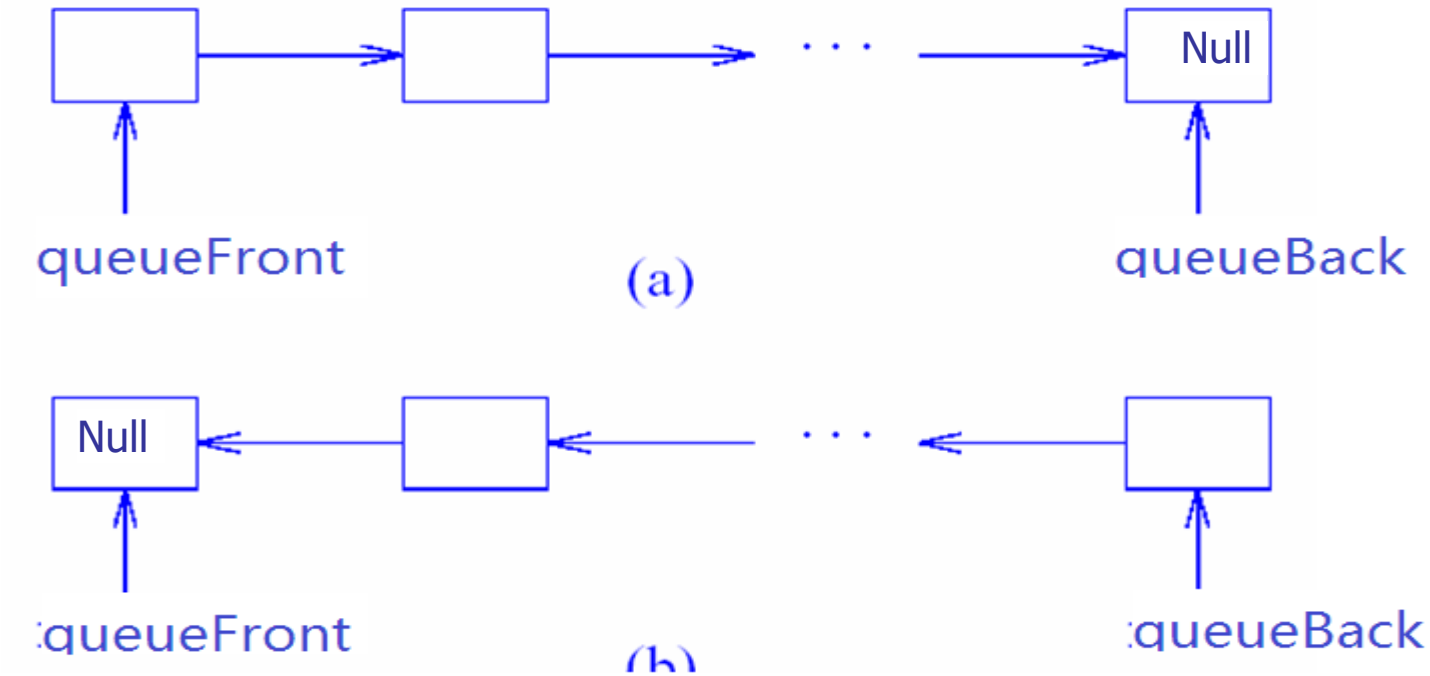


图9-8　链接队列

向链表队列中添加元素

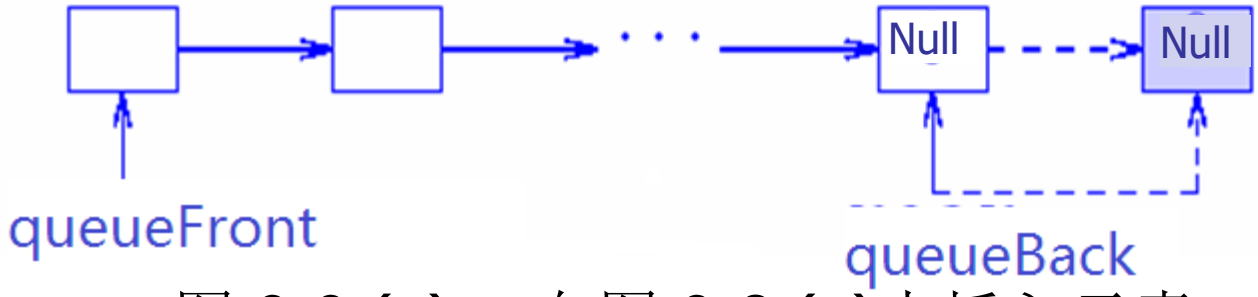


图 9-9 (a)　向图 9-8 (a)中插入元素

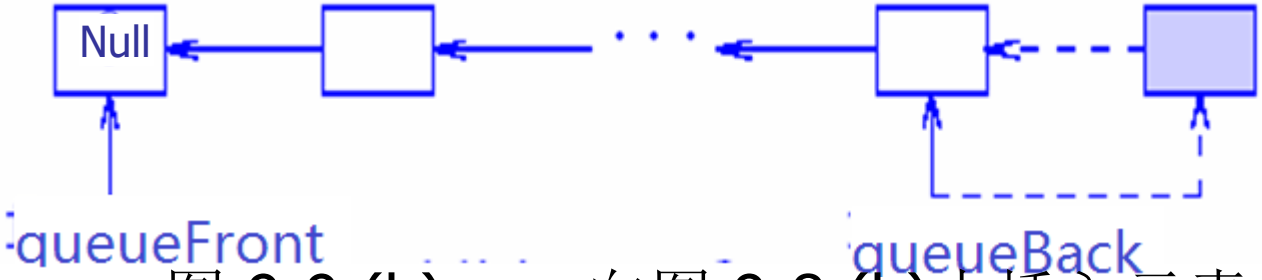


图 9-9 (b)　向图 9-8 (b)中插入元素

- 图 9-9 (a)的时间复杂性?
- 图 9-9 (b) 的时间复杂性?

从链表队列中删除元素

图 9-10 (a)　从图 9-8 (a)中删除元素

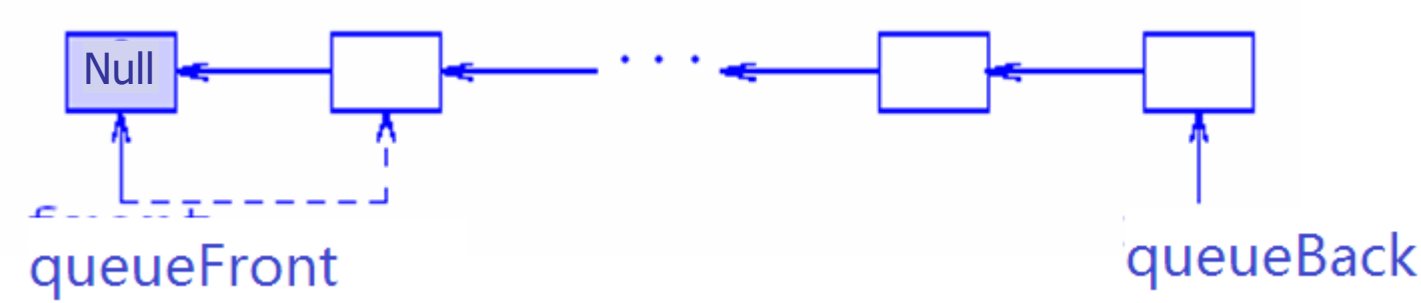
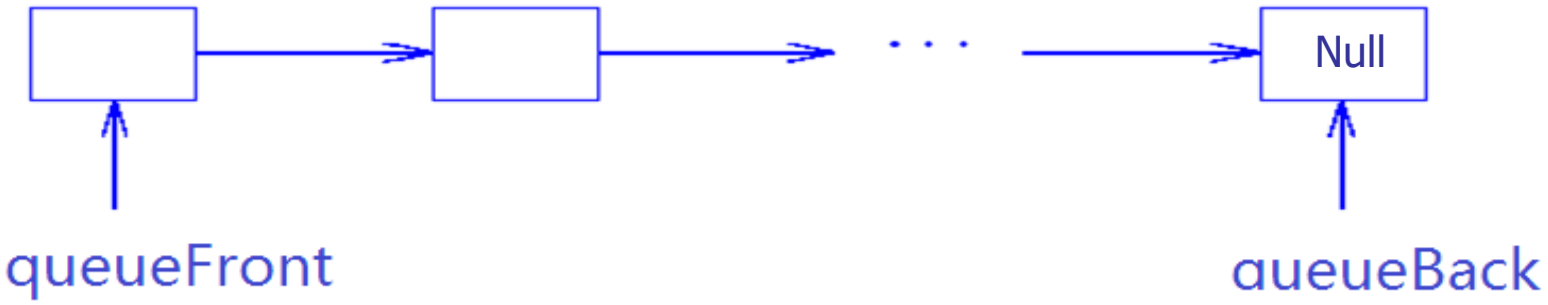


图 9-10 (b)　从图 9-8 (b)中删除元素

图 9-10 (a)的时间复杂性?

图 9-10 (b) 的时间复杂性?

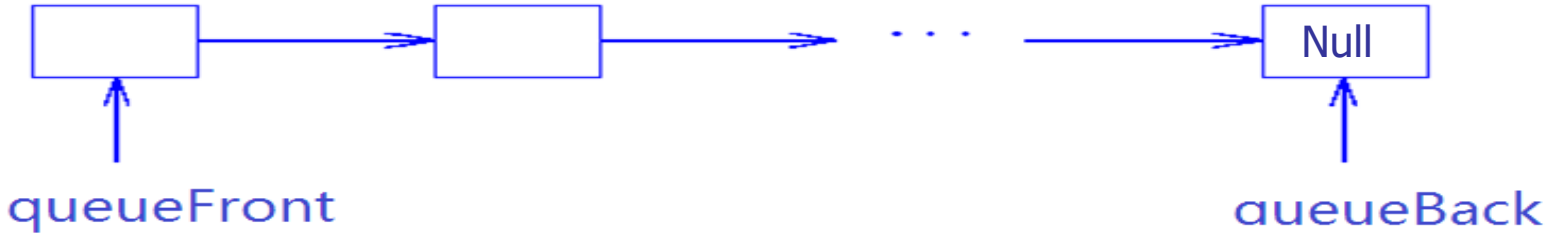
队列的链表描述



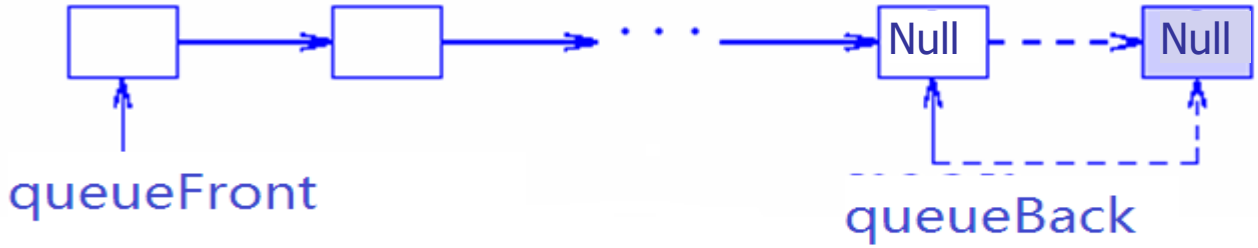
- 如何实现队列的链表描述?
  - 定义LinkedQueue为一个基类
  - 把类LinkedQueue 定义为extendedChain类（见程序6-12）的一个派生类

```
template<class T>
class LinkedQueue ： public queue <T>;
{ public:
      LinkedQueue(int initialCapacity = 10);
      ~ LinkedQueue();
      bool empty() const {return queueSize == 0; }
      int size() const { return queueSize; }
      T& front();
      T& back();
      void push(const T& theElement);
      void pop();
private:
      chainNode<T>* queueFront;  //队列首指针
      chainNode<T>* queueBack;  //队列尾指针
      int  queueSize;     //队列中元素个数
};
```

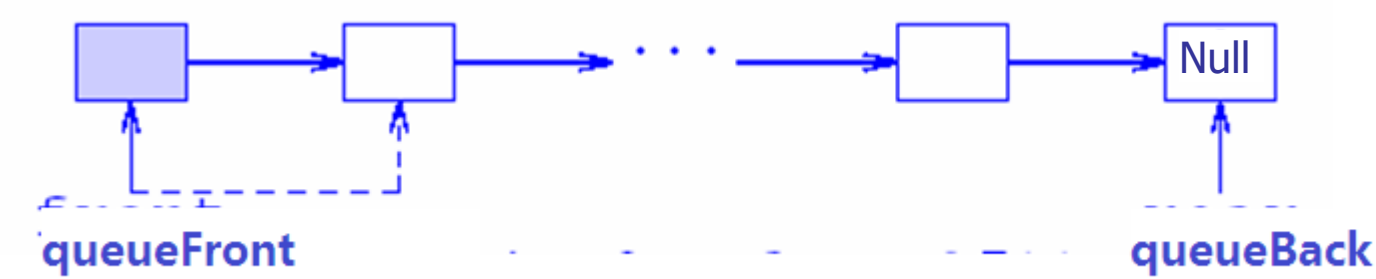
LinkedQueue类




```
template<class T>
T& LinkedQueue<T>::front()
{  // 返回队列首元素
 if (queueSize == 0) throw  QueueEmpty();
  return queueFront ->element;
}

template<class T>
T& LinkedQueue<T>::back()
{// 返回队列尾元素
   if (queueSize == 0) throw  QueueEmpty();
       return queueBack ->element;
}
```

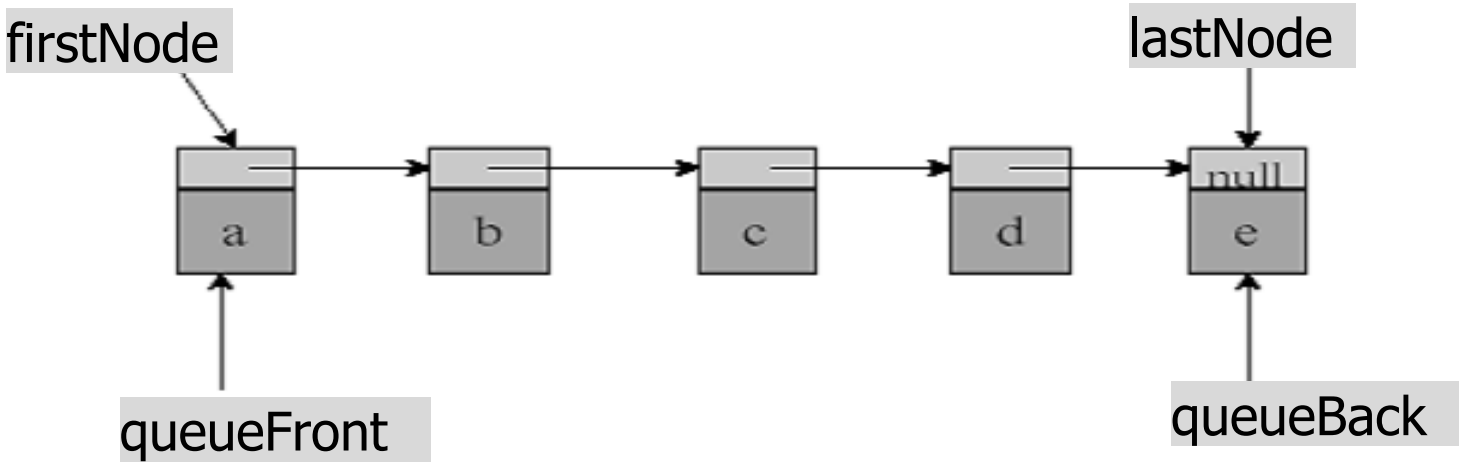



```
template<class T>
Void LinkedQueue<T>::push(const T& theElement)
{// 把元素theElement加入 到队尾

 // 为新元素申请节点
   chainNode<T> * newNode =
                          new chainNode<T>(theElement,NULL);
// 在队列尾部添加新节点
   if  (queueSize != 0)
            queueBack->next = newNode; //队列不为空
  else   queueFront = newNode;                  // 队列为空
  queueBack = newNode;
  queueSize++;
}
```




```
template<class T>
LinkedQueue<T>& LinkedQueue<T>::pop()
{// 删除队首元素
  if (queueFront == NULL) throw  QueueEmpty();

     chainNode<T> * nextNode = queueFront->next;
     delete queueFront;     // 删除第一个节点
     queueFront = nextNode;
     queueSize--;
}
```

从extendedChain 派生

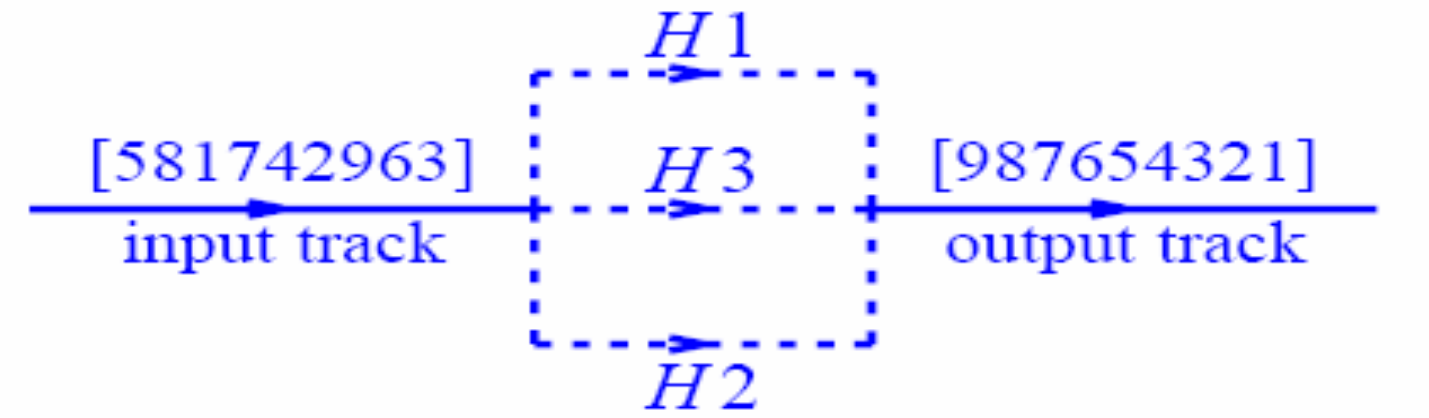


- linkedQueue.empty() → extendedChain.empty()
- linkedQueue.front() → extendedChain.get(0)
- linkedQueue.back() → extendedChain.get(size()-1)
- linkedQueue.push(x) → extendedChain.push_back(x)
- linkedQueue.pop() → extendedChain.erase(0)

9.5 应用

- **9.5.1 列车车厢重排**
- 9.5.2 电路布线
- 9.5.3 图元识别
- 9.5.4 工厂仿真

9.5.1 列车车厢重排



- 缓冲铁轨位于入轨和出轨之间
- 禁止：
  - 将车厢从缓冲铁轨移动至入轨
  - 从出轨移动车厢至缓冲铁轨
- 铁轨Hk 为可直接将车厢从入轨移动到出轨的通道

车厢移动到缓冲铁轨的原则

- 车厢c应移动到这样的缓冲铁轨中：
- 该缓冲铁轨中现有各车厢的编号均小于c；如果有多个缓冲铁轨都满足这一条件，
  - 则选择一个左端车厢编号最大的缓冲铁轨；
  - 否则选择一个空的缓冲铁轨（如果有的话）。

列车车厢重排思想

int NowOut=1； // NowOut:下一次要输出的车厢号

for （int i=1;i<=n;i++）//从前至后依次检查的所有车厢

{1. 车厢 p[i] 从入轨上移出

2. If (p[i] == NowOut)// NowOut:下一次要输出的车厢号

①使用缓冲铁轨Hk把p[i]放到出轨上去; NowOut++;

② while (minH(当前缓冲铁轨中编号最小的车厢)== NowOut ）

{把minH放到出轨上去;

更新 minH,minQ（minH所在的缓冲铁轨）;

NowOut++;}

else 按照分配规则将车厢p[i]送入某个缓冲铁轨 }

- 读程序 9-6 9-7

- 作业 P211 练习5