Data Structures

栈和队列
Stacks & Queues

2024年9月24日

学而不厌 诲人不倦

Chapter 3 栈和队列

- 3.1 引言
- 3.2 栈
- 3.3 队列
- 3.4 扩展与提高
- 3.5 应用举例

3.3 队列

3-3-1　队列的逻辑结构

1. 队列的定义

- 队列：只允许在表的一端进行插入操作，在另一端进行删除操作

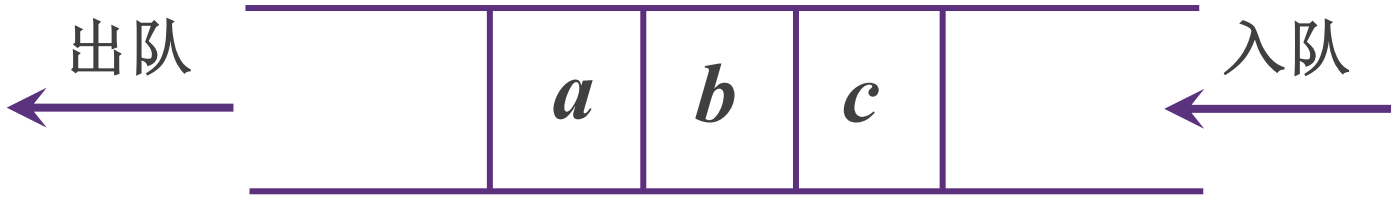
$$(a_1, a_2, \cdots, a_{n-1}, a_n)$$

- 队尾：允许插入的一端，相应地，位于队尾的元素称为队尾元素
  队头：允许删除的一端，相应地，位于队头的元素称为队头元素

2. 队列的操作特性

例：有三个元素按a、b、c的次序依次入队，且每个元素只允许进一次队，则出队序列是什么？

答：出队序列只有一种情况：$a\ b\ c$



插入：入队、进队

删除：出队

空队列：不含任何数据元素的队列

队列的操作特性：先进先出（First In First Out，FIFO）

3. 队列的抽象数据类型定义

ADT Queue

DataModel

队列中元素具有相同类型及先进先出特性，相邻元素具有前驱和后继关系

Operation

InitQueue：队列的初始化

DestroyQueue：队列的销毁

EnQueue：入队

DeQueue：出队

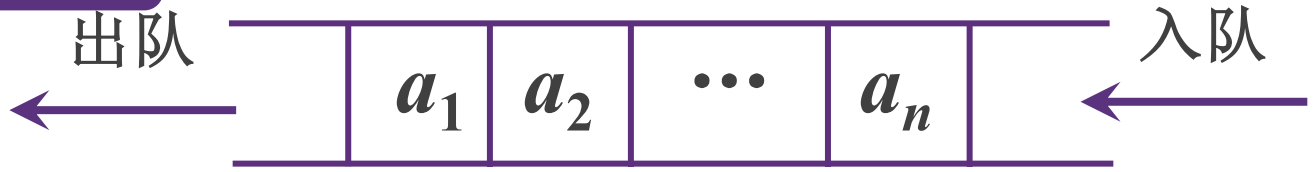
GetQueue：取队头元素

Empty：判空

endADT

与栈类似，队列的基本操作是确定的

3. 队列的抽象数据类型定义



InitQueue
输入：无
功能：初始化队列，创建一个空队列
输出：无

DestroyQueue
输入：无
功能：销毁队列，释放队列所占用的存储空间
输出：无

EnQueue
输入：元素值x
功能：在队尾插入一个元素
输出：如果插入成功，队尾增加了一个元素；否则返回失败信息

Enqueue操作需要指明插入位置吗?

3. 队列的抽象数据类型定义

DeQueue
- 输入：无
- 功能：删除队头元素
- 输出：如果删除成功，返回被删元素值；否则给出失败信息

GetQueue
- 输入：无
- 功能：读取队头元素
- 输出：若队列不空，返回队头元素；否则给出失败信息

Empty
- 输入：无
- 功能：判断队列是否为空
- 输出：如果队列为空，返回1，否则，返回0

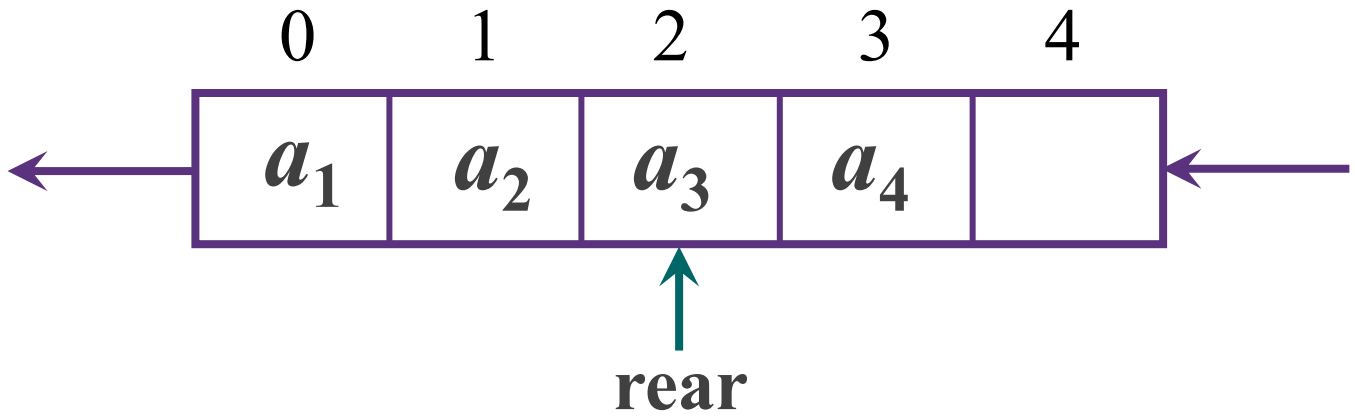
3.3 队列

3-3-2　队列的顺序存储结构及实现

1. 顺序队列

- 顺序队列：队列的顺序存储结构

例：$a_1a_2a_3a_4$依次入队



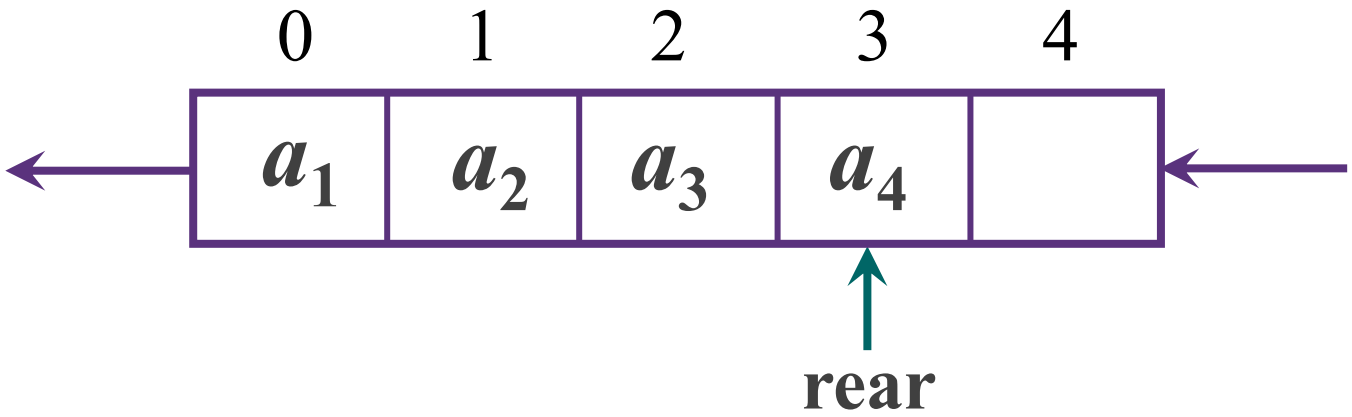
- 如何改造数组实现队列的顺序存储？
- 入队操作的时间性能？

- 如何表示队头：用数组的一端作为队头，从下标 0 处开始存放
- 如何表示队尾：设变量rear存储队尾元素所在的下标

1. 顺序队列

- 顺序队列：队列的顺序存储结构

例：a_1a_2依次出队



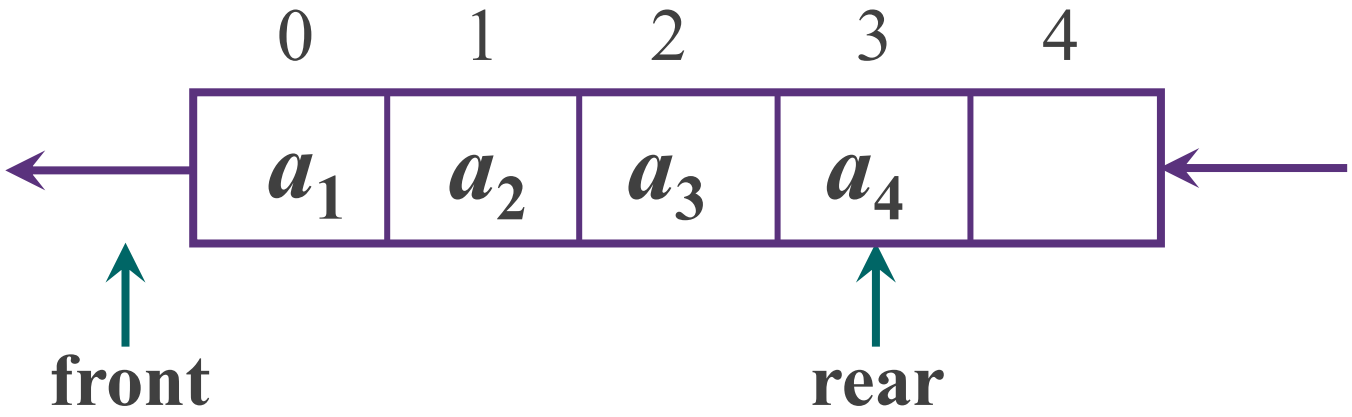
- 如何改造数组实现队列的顺序存储?

- 如何表示队头：用数组的一端作为队头，从下标 0 处开始存放
- 如何表示队尾：设变量rear存储队尾元素所在的下标

1. 顺序队列

如何改进出队操作的时间性能?

例：a_1a_2依次出队



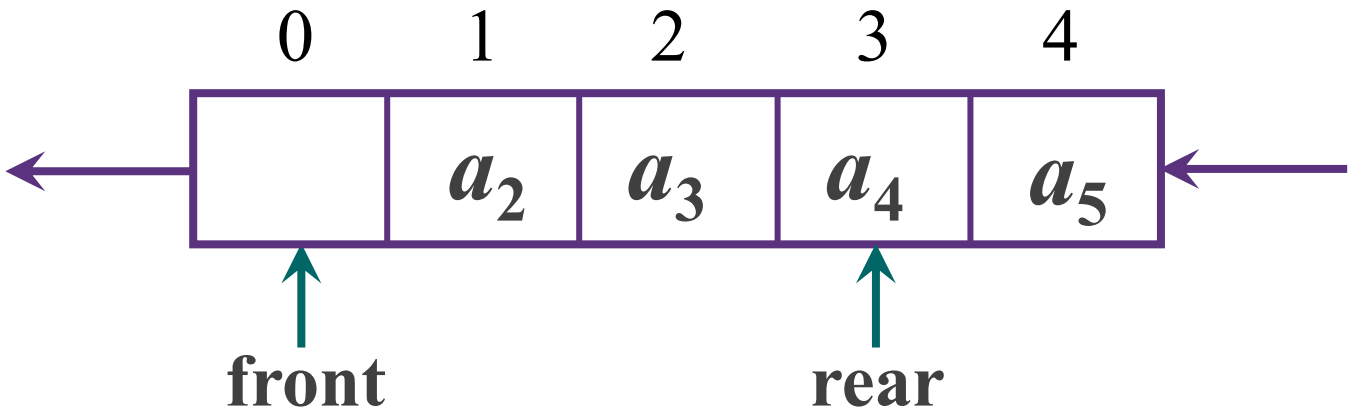
- 设置队头、队尾两个位置指针
- 入队、出队时间性能均是O(1)

约定：队头front指向队头元素的前一个位置，队尾rear指向队尾元素

1. 顺序队列

队列的移动有什么特点?

例：a_1a_2依次出队



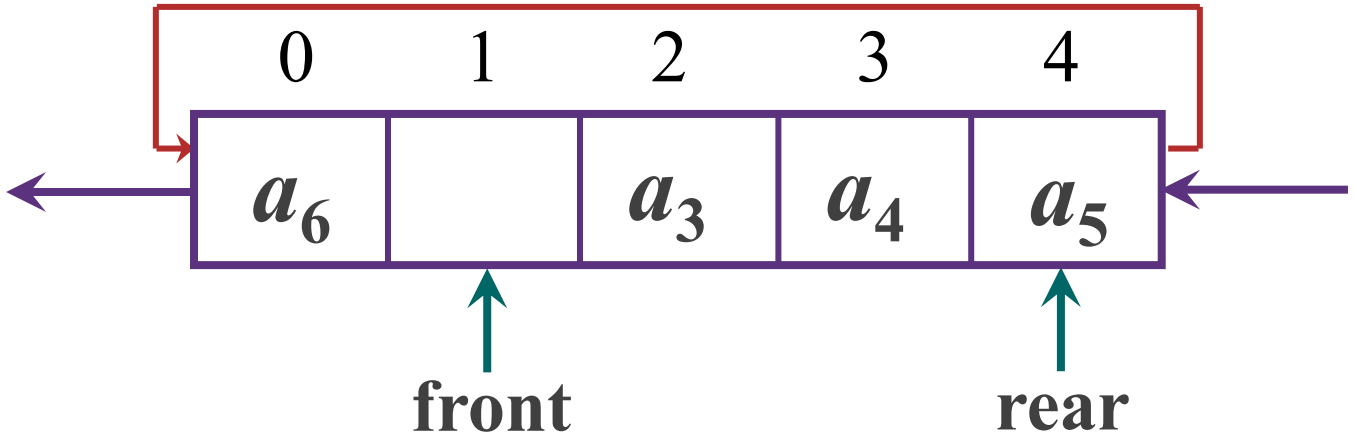
整个队列向数组下标较大方向移动 ⇨ 单向移动性

队列的单向移动性会产生什么问题?

假溢出：数组空间发生上溢，但数组的低端还有空闲空间

2. 循环队列

如何解决假溢出呢？ 如何使数组下标循环呢？



循环队列：队列采用顺序存储，并且数组是头尾相接的循环结构

```
if (rear + 1 > 4)
    rear = 0;
else
    rear++;
```

⇨ `rear = (rear + 1) % 5`

程序技巧：求模（正余数）使得数组下标循环

3. 循环队列的类定义

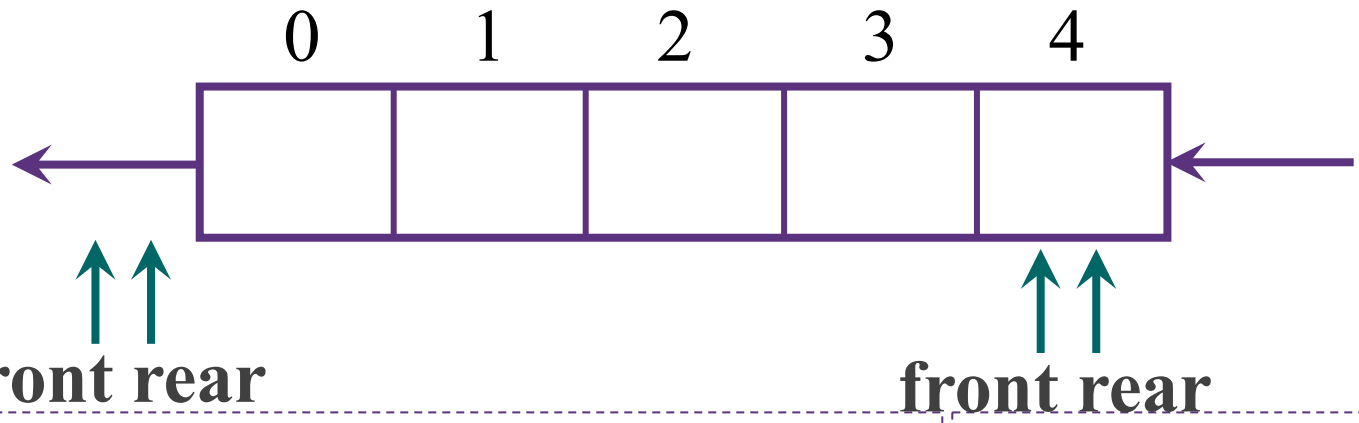
队列的抽象数据类型定义?

InitQueue：队列的初始化
DestroyQueue：队列的销毁
EnQueue：入队
DeQueue：出队
GetQueue：取队头元素
Empty：判空

```
const int QueueSize = 100;
template <typename DataType>
class CirQueue
{
public:
    CirQueue( );
    ~ CirQueue( );
    void EnQueue(DataType x);
    DataType DeQueue( );
    DataType GetQueue( );
    int Empty( );
private:
    DataType data[QueueSize];
    int front, rear;
};
```

4. 循环队列的实现---初始

- 循环队列：队列采用顺序存储，并且数组是头尾相接的循环结构
- 设置队头、队尾两个位置指针

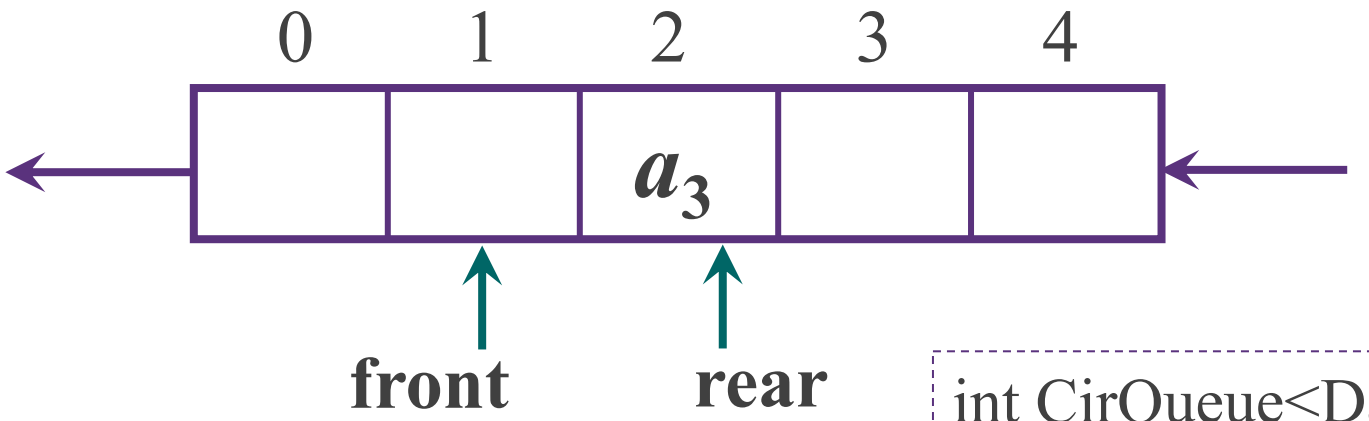



```
CirQueue<DataType> :: CirQueue( )
{
    front = rear = −1;
}
```

```
CirQueue<DataType> :: CirQueue( )
{
    front = rear = QueueSize − 1;
}
```

4. 循环队列的实现---判空

如何判断循环队列的队空?

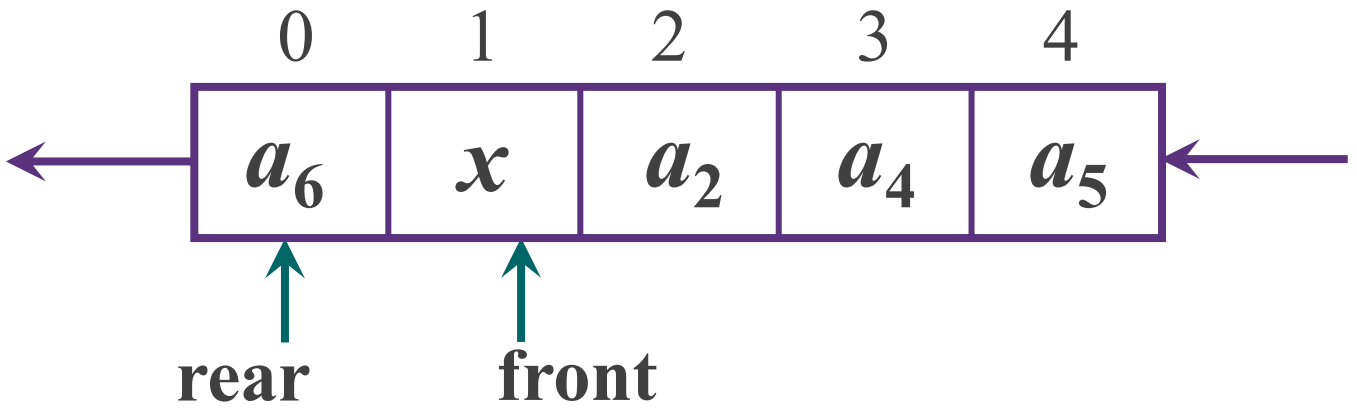


队空的判定条件： front = rear

```
int CirQueue<DataType> :: Empty( )
{
    if (rear == front)   return 1;
    else  return 0;
}
```

4. 循环队列的实现---队空/队满

如何判断循环队列队满?



队空的判定条件： front = rear

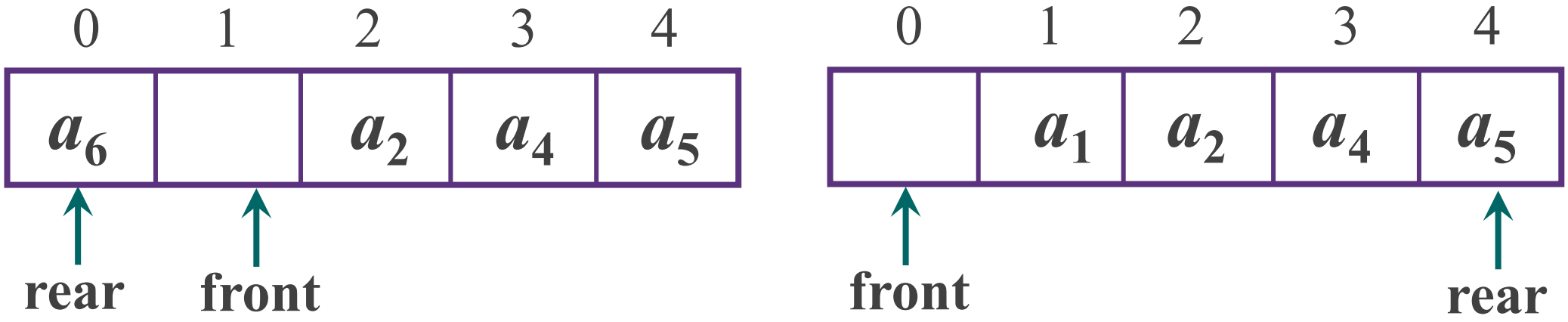
队满的判定条件： front = rear

4. 循环队列的实现---队空/队满

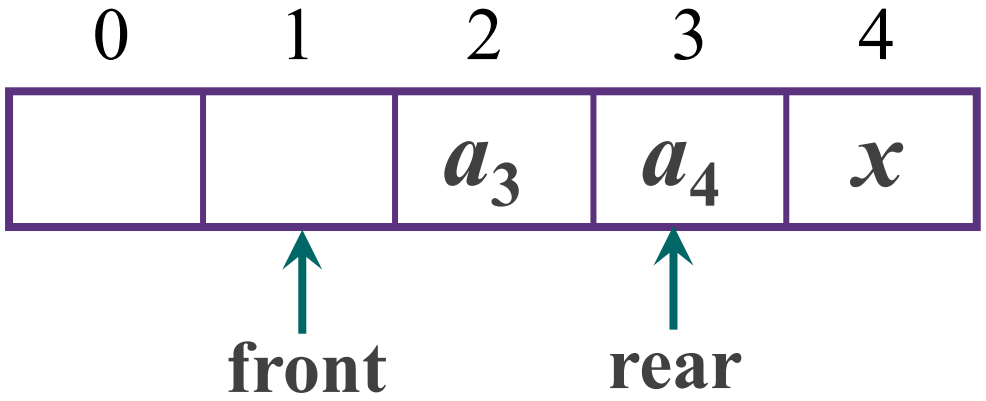
队空的判定条件： front = rear

队满的判定条件： ⇨ 数组中有一个空闲单元

(rear+1) % QueueSize = front



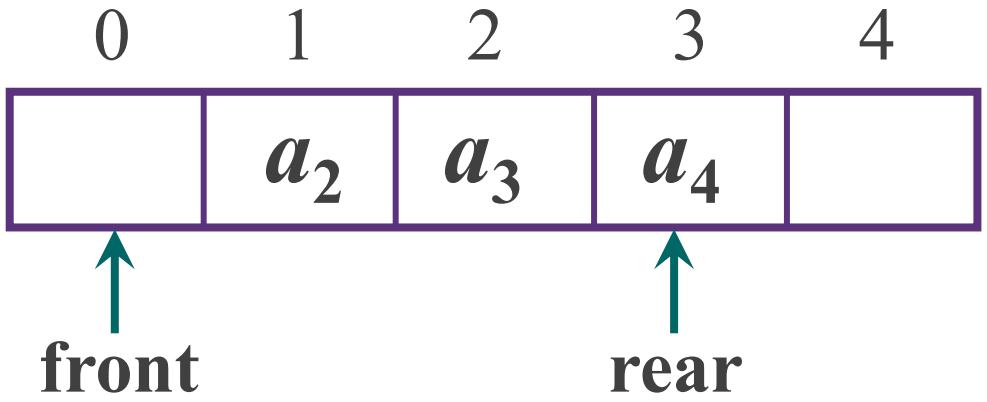
4. 循环队列的实现---入队



时间复杂度是多少?

```
template <typename DataType>
void CirQueue<DataType> :: EnQueue(DataType x)
{
    if ((rear + 1) % QueueSize == front) throw "上溢";
    rear = (rear + 1) % QueueSize;                    //队尾指针在循环意义下加1
    data[rear] = x;                                   //在队尾处插入元素
}
```

4. 循环队列的实现---出队



取队头元素的实现?

```
template <typename DataType>
DataType CirQueue<DataType> :: DeQueue( )
{
    if (rear == front) throw "下溢";
    front = (front + 1) % QueueSize;          //队头指针在循环意义下加1
    return data[front];                       //读取并返回出队前的队头元素
}
```

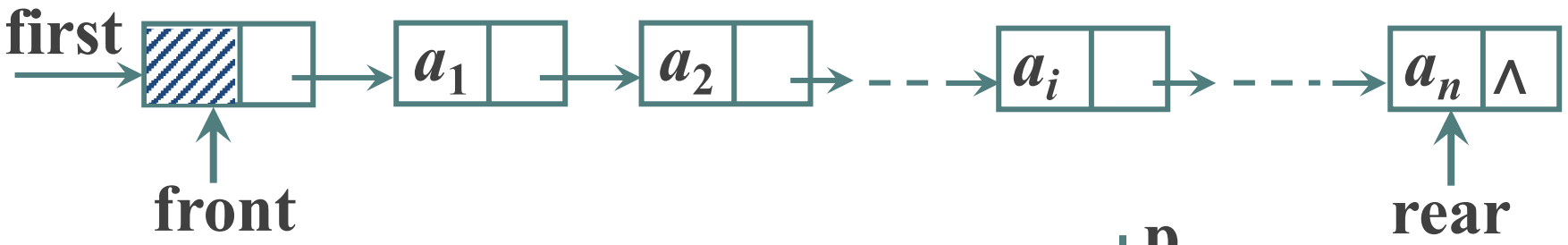
3.3 队列

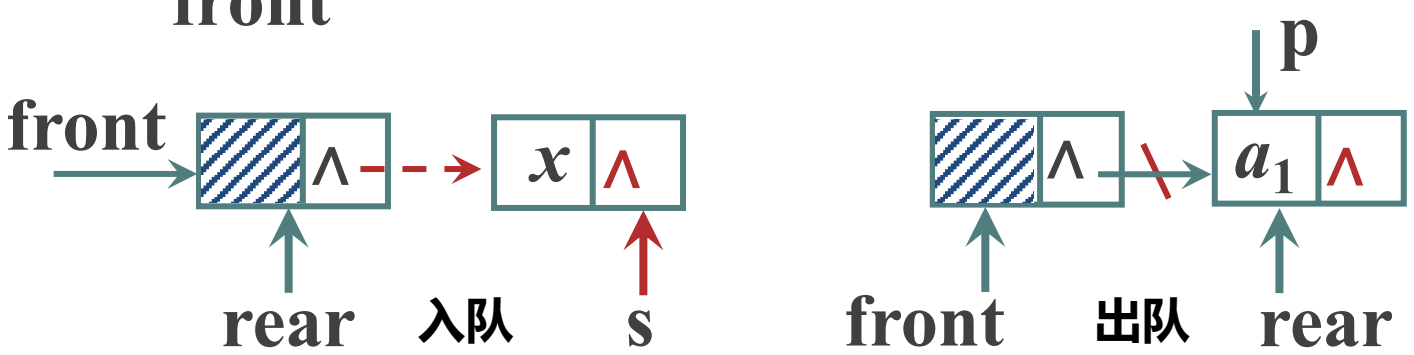
3-3-3　队列的链接存储结构及实现

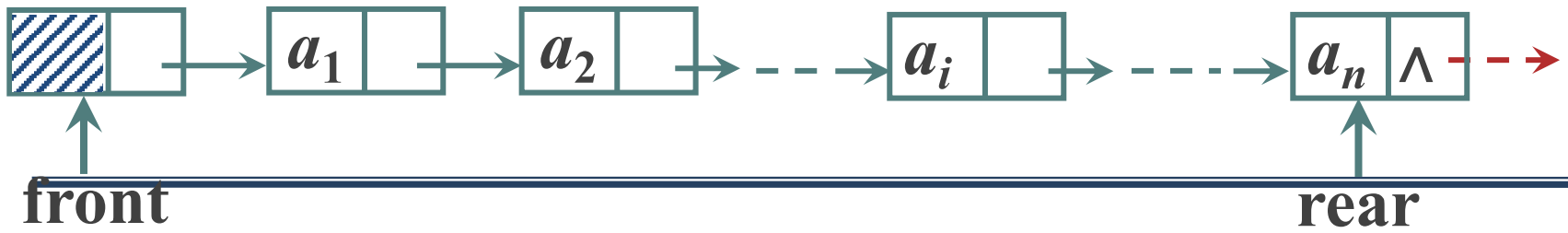
1. 链队列的存储结构定义

链队列：队列的链接存储结构

```
template <typename DataType>
struct Node
{
        DataType data;
        Node<DataType>*next;
};
```



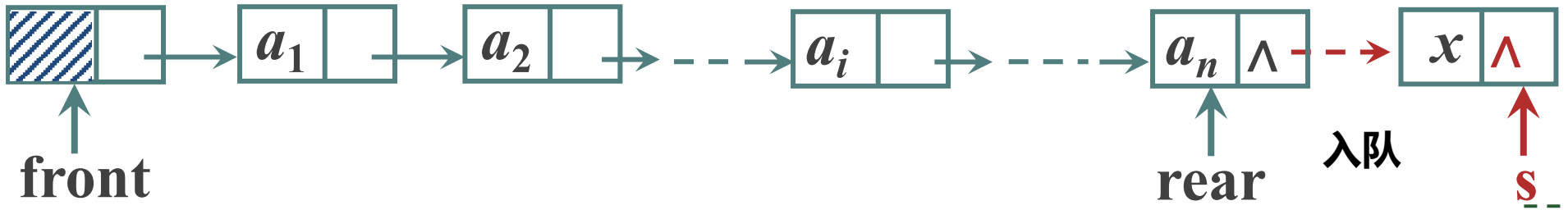


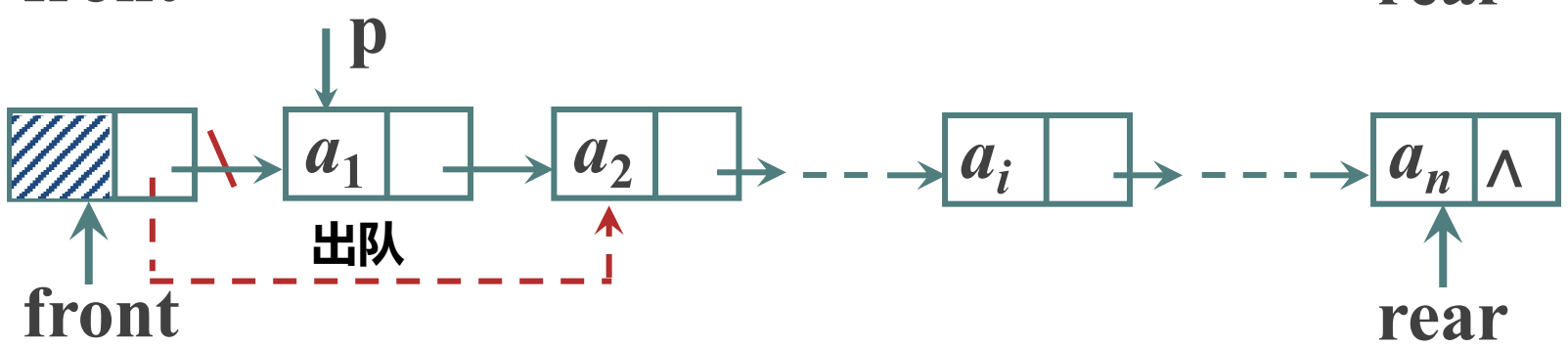


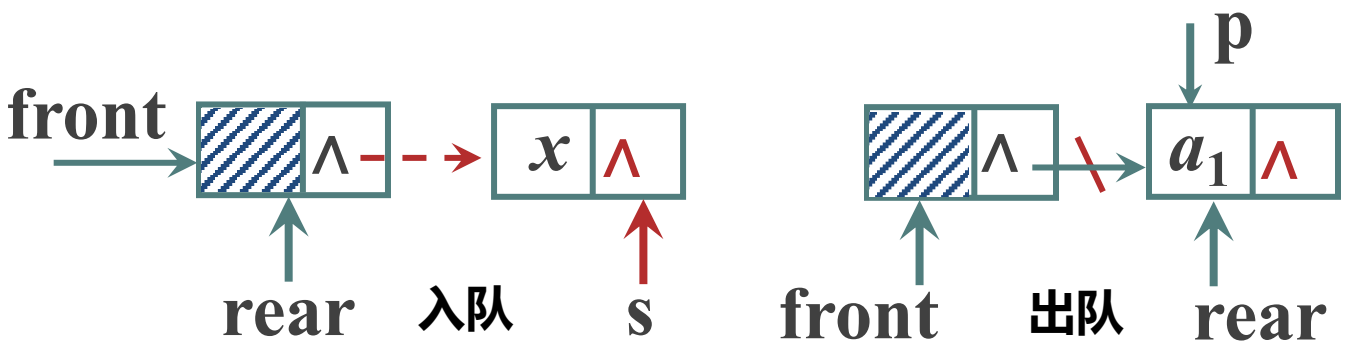

```
template <typename DataType>
class LinkQueue
{
public:
    LinkQueue( );
    ~LinkQueue( );
    void EnQueue(DataType x);
    DataType DeQueue( );
    DataType GetQueue( );
    int Empty( );
private:
    Node<DataType> *front, *rear;
};
```

1. 链队列的存储结构定义

链队列：队列的链接存储结构





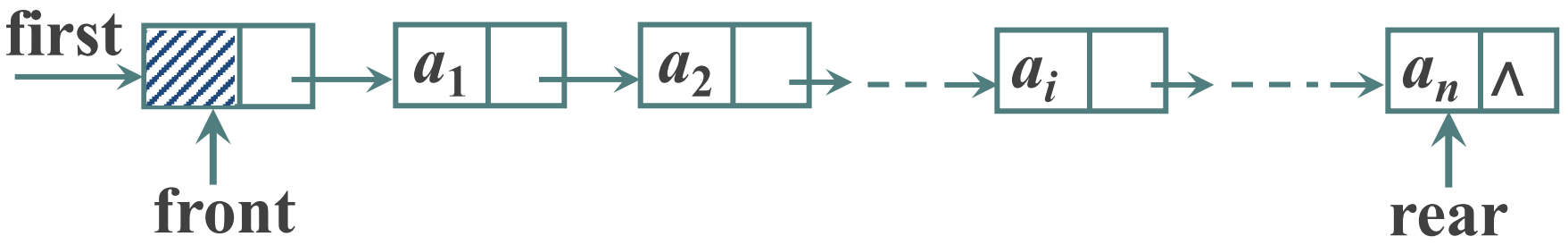



```
template <typename DataType>
struct Node
{
        DataType data;
        Node<DataType>*next;
};
```

```
template <typename DataType>
class LinkQueue
{
public:
    LinkQueue( );
    ~LinkQueue( );
    void EnQueue(DataType x);
    DataType DeQueue( );
    DataType GetQueue( );
    int Empty( );
private:
    Node<DataType> *front, *rear;
};
```

1. 链队列的存储结构定义

链队列：队列的链接存储结构



P：用链表的哪一端作为队头？哪一端作为队尾？

A：链头作为队头，出队时间为$O(1)$

链尾作为队尾，入队时间为$O(n)$ ⇨ 设置队尾指针rear

P：链队列需要加头结点吗？

2. 链队列的类定义

```
template <typename DataType>
struct Node
{
        DataType data;
        Node<DataType>*next;
};
```

InitQueue：队列的初始化

DestroyQueue：队列的销毁

EnQueue：入队

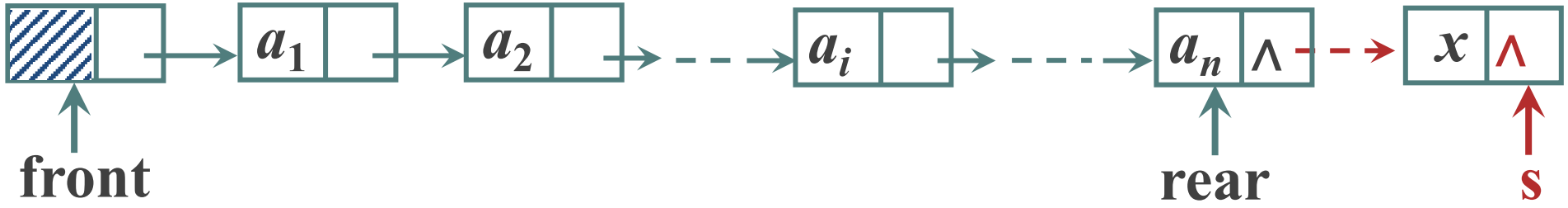
DeQueue：出队

GetQueue：取队头元素

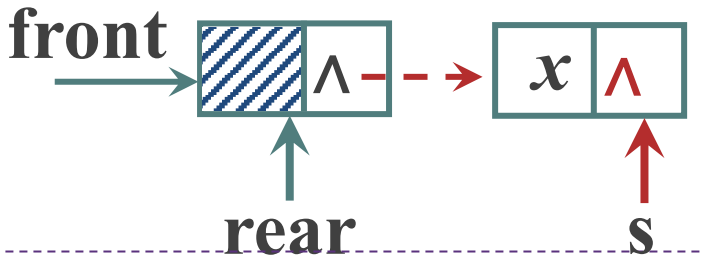
Empty：判空

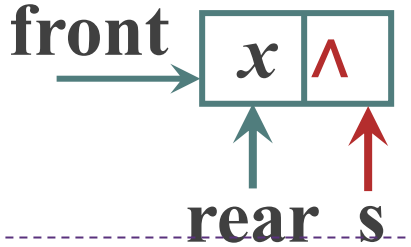
```
template <typename DataType>
class LinkQueue
{
public:
    LinkQueue( );
    ~LinkQueue( );
    void EnQueue(DataType x);
    DataType DeQueue( );
    DataType GetQueue( );
    int Empty( );
private:
    Node<DataType> *front, *rear;
};
```

3. 链队列的实现---入队



没有头结点会怎样?



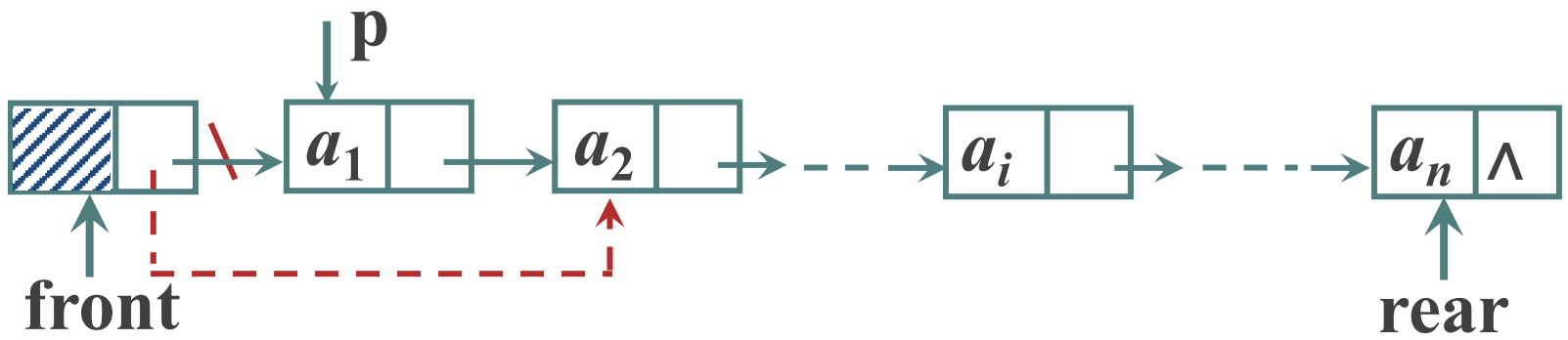


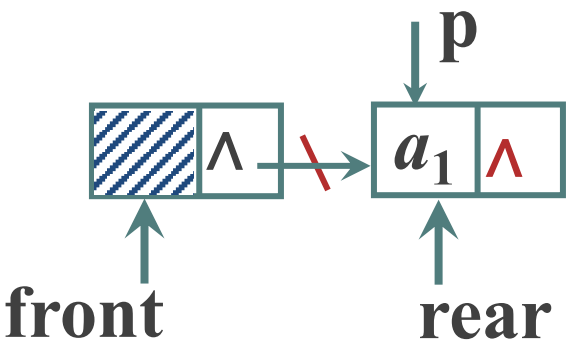

```
void LinkQueue<DataType> :: EnQueue(DataType x)
{
    Node<DataType> *s = nullptr;
    s = new Node<DataType>;              //申请结点s
    s->data = x; s->next = nullptr;
    rear->next = s; rear = s;
}
```

时间复杂度是多少?

rear = s; front = s;

3. 链队列的实现---出队



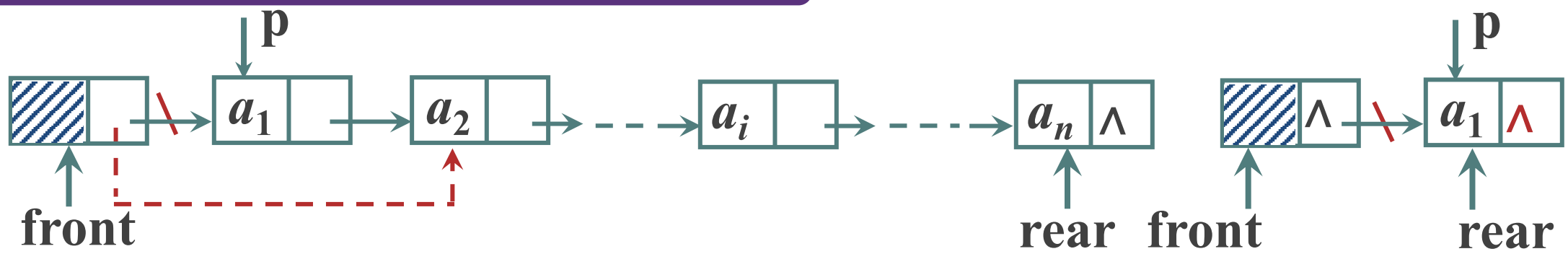


如何判断边界情况?

```
if (p->next == nullptr)
    rear = front;
```

考虑边界情况：队列中只有一个元素?

3. 链队列的实现---出队




```
DataType LinkQueue<DataType> :: DeQueue( )
{
    DataType x;
    Node<DataType> *p = nullptr;
    if (rear == front) throw "下溢";
    p = front->next; x = p->data;
    front->next = p->next;
    if (p->next == nullptr) rear = front;
    delete p;
    return x;
}
```

取队头元素的实现?

小结

1. 栈、队列的定义、结构特点

2. 栈、队列的顺序存储、链式存储

3.栈、队列是一种特殊（操作受限）的线性表. 栈、队列的独特操作

4. 栈空、栈满、队空、队满的判定条件

5. 栈的的应用： 利用栈可将队列的所有元素逆置

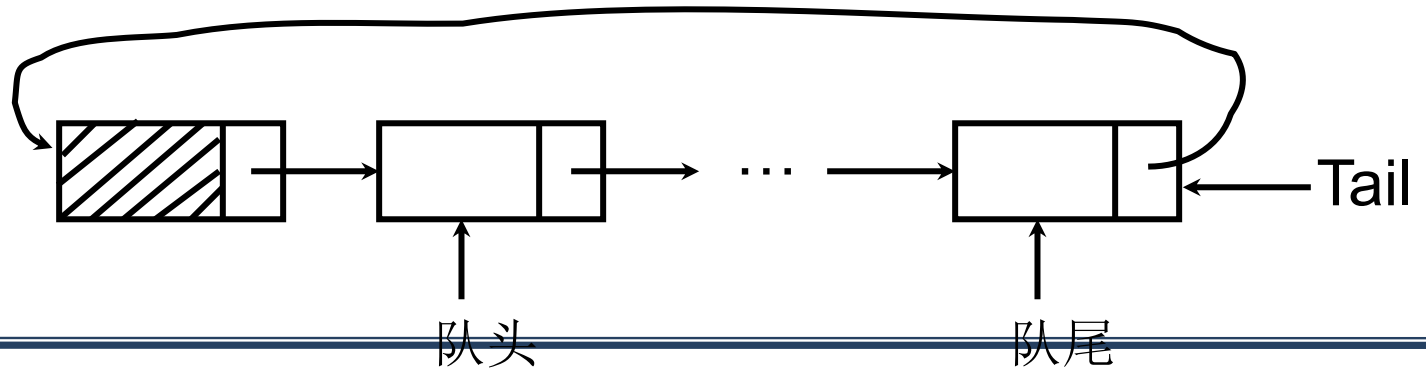
一般线性表	栈	队列
逻辑结构：一对一	逻辑结构：一对一	逻辑结构：一对一
存储结构：顺序表、链表	存储结构：顺序栈、链栈	存储结构：顺序队、链队
运算规则：随机、顺序存取	运算规则：后进先出	运算规则：先进先出

作业

Ch3-1. 总结栈空、栈满、队空、队满的判定条件。

Ch3-2. 循环队列的优点是什么？设用数组来存放循环队列，你有几种判断队满和队空的方案?

Ch3-3. 假设以带头结点的循环单链表表示队列，并且只设一个尾指针Node *Rear 指向队尾结点（没有队头指针 Node *front），试编写入队和出队算法。



实验三、栈和队列的应用

一、实验目的

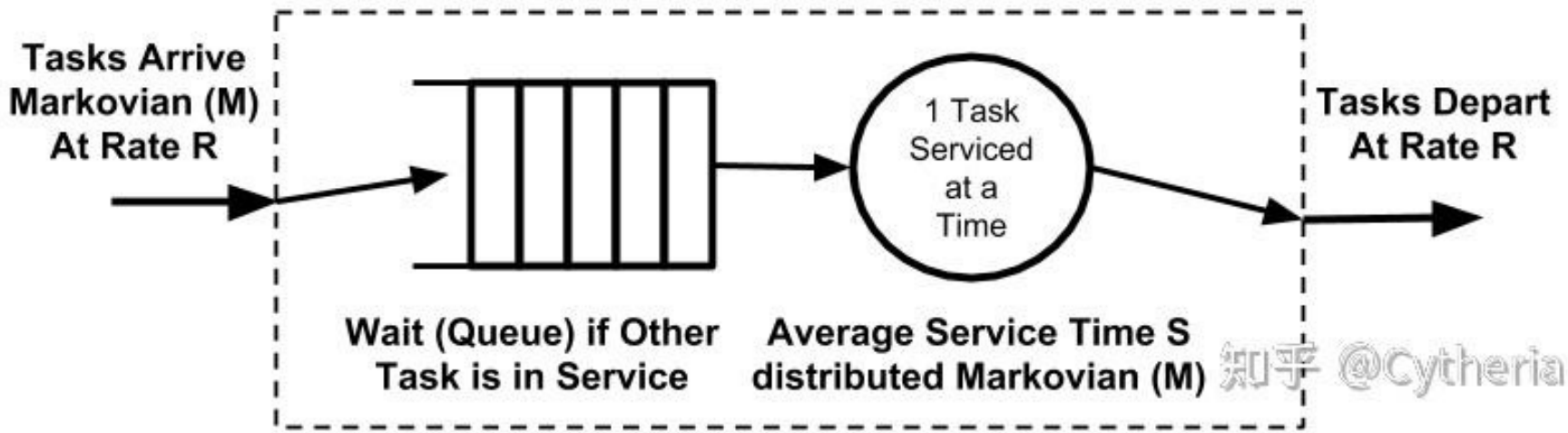
1．掌握顺序栈和链式栈的定义与操作方法。
2．掌握循环队列和链式队列的定义与操作方法。
3．掌握栈和队列的空、满状态判断方法。
4．用C++语言实现顺序栈、链式栈、循环队列和链式队列，并上机调试。

二、实验内容

1. 设计顺序栈SeqStack和链式栈LinkStack及相关方法，用于维护栈的基本操作。
2. 设计循环队列CirQueue和链式队列LinkQueue及相关方法，用于维护队列的基本操作。
3. 设计算法实现简单表达式求值、十进制转换为二至九进制之间的任一进制。（任选一个）
4. 给出测试过程和测试结果。

实验时间：　第6周周四晚　（10月7日补）
　22网安：18:30-20:10　22物联网：20:10-21:50
实验地点：　软件基础实验室301（老干部处）

扩展



M/M/1模型：排队论中最典型、应用最广泛的模型。

已知：单位时间内平均达到的请求数量/顾客到达时间间隔服从的规律；

单位时间平均处理能力/服务台处理能力；

未知：服务台的利用率？服务台空闲概率？平均服务时间？ 平均等待时间？平均响应时间？

服务队列长度？等待队列长度？总队列长度？

Thank You !

Q & A