第3章 栈和队列

3.1 栈

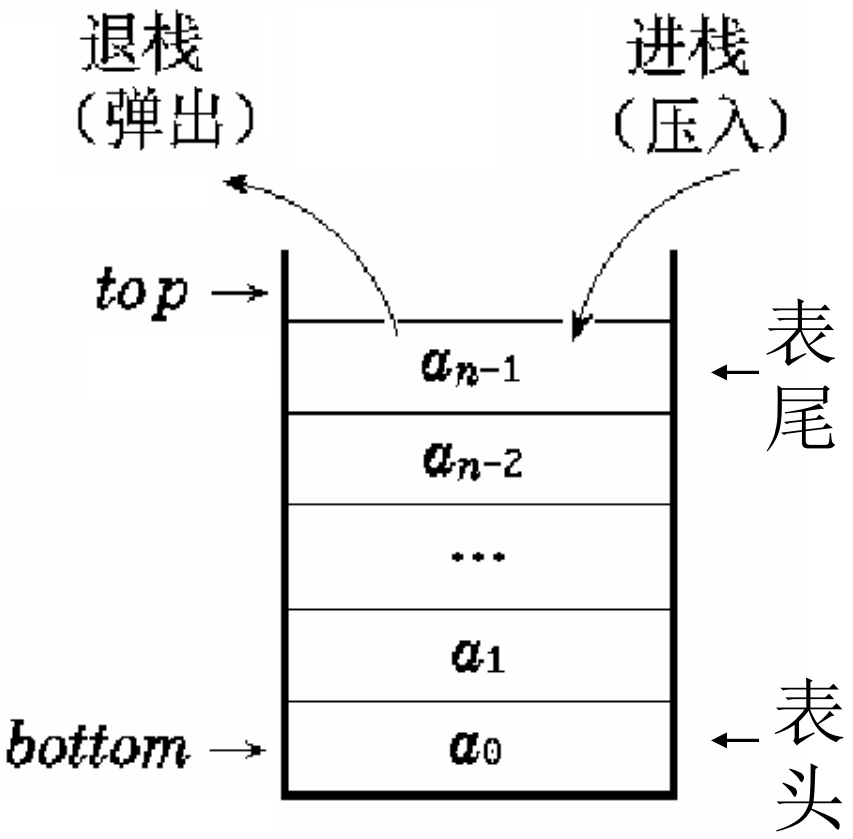
3.2 栈的应用举例

3.3* 栈与递归的实现

3.4 队列

3.1 栈 (Stack)

- 1.定义： 限定只在表的一端(表尾)进行插入和删除操作的线性表
  - 特点:后进先出(LIFO)
  - 栈顶(top):
  - 允许插入和删除的一
  - 栈底(bottom):另一端



栈的抽象数据类型定义：

ADT Stack {

数据对象：$D=\{a_i \mid a_i \in ElemSet, i=1,2,\ldots,n, n\geq 0\}$

数据关系：$R1=\{<a_{i-1}, a_i> \mid a_{i-1}, a_i \in D, i=2,\ldots,n\}$

约定a_n端为栈顶，a_1端为栈底

基本操作：见下页

}ADT Stack

栈的基本操作

① InitStack(&s)　构造一个空栈s。

② StackEmpty(s) 若s为空栈，返回1，否则返回0。

③ Push(&s, x)　进栈。插入x为栈顶元素。

④ Pop(&s, x)　退栈。若s非空，删除栈顶元素，并用x返回其值。

⑤ GetTop(s)　返回栈顶元素。

⑥ ClearStack（&s)　将栈s清为空栈。

⑦ StackLength(s) 返回栈s的元素个数。

⑧ DestroyStack(&s) 销毁栈

⑨ StackTraverse(S,visit()) 遍历栈

3.1 栈

- 2. 栈的表示和实现
  - 1）顺序栈—栈的顺序存储结构
  - 2）链栈—栈的链式存储结构
  - 3）静态分配整型指针

顺序栈—栈的顺序存储结构

- 限定在表尾进行插入和删除操作的顺序表

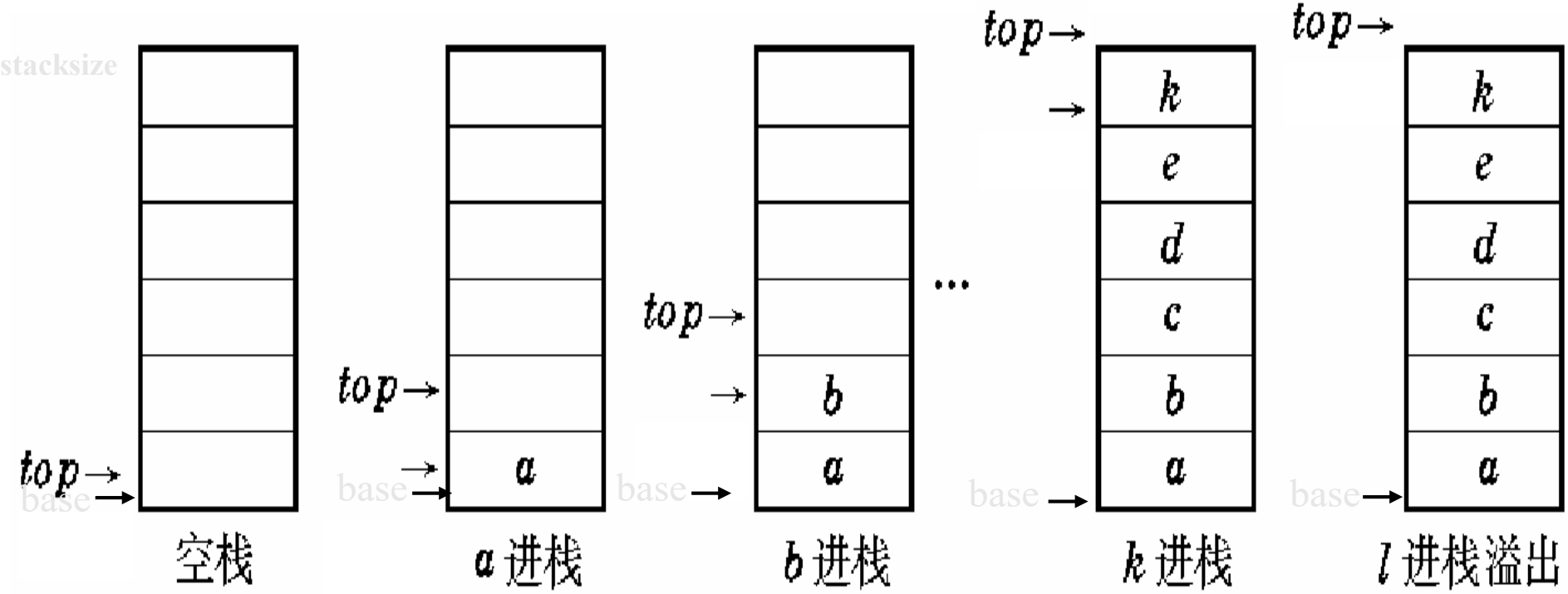
- 类型定义：

```
typedef struct {
    SElemType   *base;
    SElemType   *top;
    int   stacksize;
    } SqStack;
SqStack   s;
```

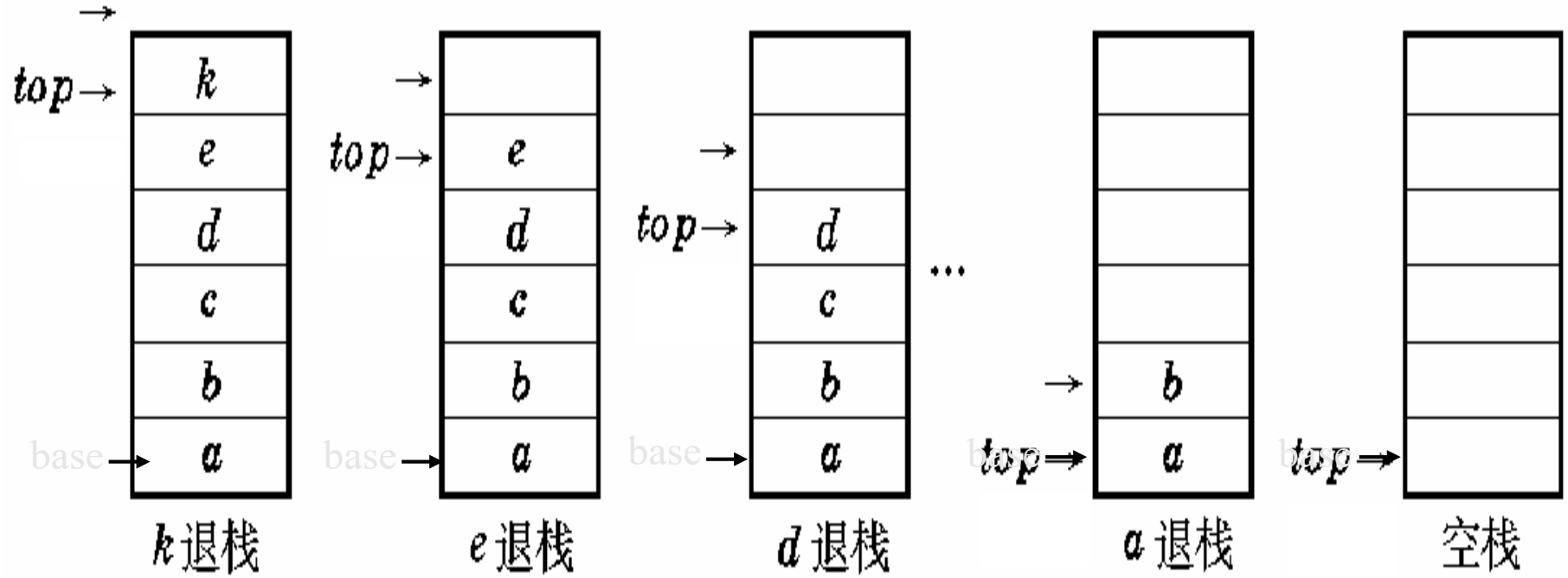
- base
  - 栈底指针，始终指向栈底；
  - 当base == NULL时，表明栈结构不存在。
- top
  - 栈顶指针

  a) top的初始值指向栈底，即top=base
  b) 空栈：当top=base时为栈空的标记
  c) 当栈非空时，top的位置：指向当前栈顶元素的下一个位置
- stacksize
  - 当前栈可使用的最大容量

进栈示例



退栈示例


top
k
e
d
c
b
base
a
k退栈
top
e
d
c
b
base
a
e退栈
top
d
c
b
base
a
d退栈
...
b
top
a
a退栈
top
空栈

- 判栈空：
  - s.top ==s.base
- 判栈满：
  - s.top-s.base>=s.stacksize
- 进栈：
  - *s.top++=e; 或*s.top=e; s.top++;
- 退栈：
  - e=*--s.top； 或s.top--； e=*s.top；
- 上溢：
  - 当栈满时再做进栈运算必定产生空间溢出
- 下溢：
  - 当栈空时,再做退栈运算也将产生溢出

基本操作

- 栈的初始化操作

Status InitStack(SqStack &S)

- 取栈顶元素

Status GetTop(SqStack S, SElemType &e)

- 进栈操作

Status Push(SqStack &S, SElemType e)

- 退栈操作

Status Pop(SqStack &S, SElemType &e)

栈的初始化操作

```
Status InitStack (SqStack &S) {
    S.base = (SElemType *) malloc
( STACK_INIT_SIZE * sizeof(SElemType));
        if (!S.base) return (OVERFLOW);
        S.top=S.base;
        S.stacksize = STACK_INIT_SIZE;
        return OK;
}
```

取栈顶元素

```
Status  GetTop(SqStack S, SElemType  &e)
{
        if (S.top == S.base) return ERROR;
        e = *(S.top-1);
        return OK;
}
```

进栈操作

```
Status  Push(SqStack  &S, SElemType  e){
  if (S.top-S.base>=S.stacksize)
    { S.base=(SElemType*)realloc(S.base,
(S.stacksize+STACKINCREMENT)*sizeof(SElemTyp
e));
      if (!S.base) return (OVERFLOW);
      S.top = S.base +S.stacksize;
      S.stacksize += STACKINCREMENT;
    }
 *S.top++ = e;// *S.top=e; S.top=S.top+1;
 return OK;
}
```

退栈操作

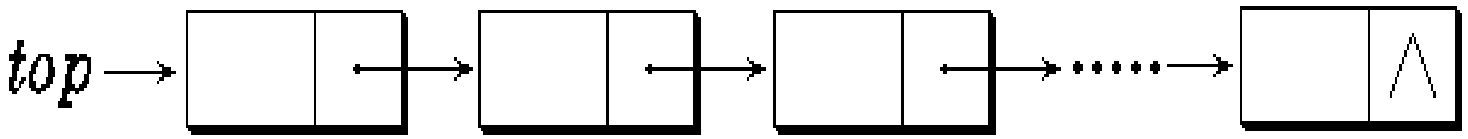
```
Status Pop(SqStack &S, SElemType  &e)
{
        if (S.top == S.base) return ERROR;
        e=*--S.top;  // S.top--; e=*S.top;
        return OK;
}
```

链栈——栈的链式存储结构

- 不带头结点的单链表，其插入和删除操作仅限制在表头位置上进行。
- 链表的头指针即栈顶指针。
- 类型定义：

```
typedef struct SNode{
        SElemType  data;
        struct SNode  *next;
        }SNode, *LinkStack;
LinkStack s;
```

- 链栈示意图



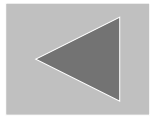
- 栈空条件：
  - s==NULL
- 栈满条件：
  - 无 / 无Free Memory可申请

进栈操作

```
Status  Push_L (LinkStack &s，SElemType e)
    {  p=(LinkStack)malloc(sizeof(SNode));
       if (!p) exit(Overflow);
       p->data = e;   p->next = s;  s=p;
       return OK;
     }
```

退栈操作

```
Status  Pop_L (LinkStack &s, SElemType &e)
    {  if (!s) return  ERROR;
       e=s->data;  p=s;  s=s->next;
       free(p);
       return OK;
     }
```



静态数组

- 类型定义
  - #define MAXSIZE 100
  - typedef struct {
  - SElemType base[MAXSIZE];
  - int top;
  - }SqStack;
  - SqStack s;

初始化

```
status InitStack(SqStack &s)
    {  s.top = 0;
       return OK;
     }
```

进栈

```
Status Push(SqStack &s,SElemType e)
   {  if (s.top == MAXSIZE) return ERROR;
      s.base[s.top] = e;  s.top++;
      return OK;
    }
```

退栈

```
Status Pop(SqStack &s,SElemType &e)
   {  if (s.top ==0) return ERROR;
      s.top--;
      e=s.base[s.top];
      return OK;
    }
```

取栈顶元素

```
Status  GetTop(SqStack s, SElemType  &e)
{
        if (s.top == 0) return ERROR;
        e=s.base[s.top-1];
        return OK;
}
```

3.2 栈的应用

- 1. 数制转换
- 2. 行编辑程序
- 3. 表达式求值

1. 数制转换

- 十进制N和其它进制数d的转换是计算机实现计算的基本问题，基于下列原理:
- N=(n div d)*d+n mod d
- (其中:div为整除运算,mod为求余运算)
- 例如 (1348)10=(2504)8，其运算过程如下:

n	n div 8	n mod 8
1348	168	4
168	21	0
21	2	5
2	0	2

低位

高位

■//算法3.1

```
void Conversion(){
    InitStack(s);
    scanf("%d,%d",&N,&base);
    N1=N;
    while (N1){
        Push(s,N1%base);
      N1 = N1/base;    }
    while (!(StackEmpty(s)){
        Pop(s,e);
      if (e>9) printf("%c",e+55);
      else printf("%c",e+48);   }
    printf("\n");
}
```

2. 行编辑程序

- 简单行编辑程序的**功能**:
  - 接受用户从终端输入的程序或数据，并存入用户的数据区。
- **做法**:
  - 设立一个输入缓存区，用以接受用户输入的一行字符，然后逐行存入用户数据区。允许用户输入时出差错。 如：可用一个退格符“#”，删除前一个字符；可用一个退行符“@”，删除一行。
- **实现**:
  - 设这个缓存区为一个栈结构，每当从终端接受一个字符后作如下判别:

    如果既不是退格符也不是退行符，则压栈；

    如果是一个退格符，则从栈顶删去一个字符；

    如果是一个退行符，则将字符栈清为空栈。

- //LineEdit算法3.2

```
void LineEdit( ){  InitStack(s);
   char ch=getchar( ),c;
   while(ch!=EOF){ //^F或文件尾
     while(ch!=EOF && ch!='\n'){//while 2
       switch(ch) {
                        case '#' : Pop(s,c);break;
         case '@' : ClearStack(s); break;
         default : Push(s,ch);
       }//end switch
      ch=getchar( ); }//end while 2
//把从栈底到栈顶的栈内字符传送到调用过程的数据区;
   ClearStack(s);
   if(ch!=EOF)     ch=getchar( );
   }//end while
   DestroyStack(s);
}
```

3. 表达式求值

- 算符优先法
  - 假定运算符有：+、—、*、/、（、）、#
  - 运算的规则：
    - 先乘除，后加减；
    - 从左算到右
    - 先括号内，后括号外。
  - 算符的优先级：
    - */的优先级高于+-；
    - 相同算符先出现的优先级高；
    - 左括号：比括号内的算符的优先级低，比括号外的算符的优先级高
    - 右括号：比括号内的算符的优先级低，比括号外的算符的优先级高
    - #：表达式的结束符，优先级总是最低

A/B * C+D * E-A * C 应理解为：
(((A/B) * C)+(D * E))-(A * C)

■算符间的优先级关系 ：（表3.1）

Θ_1 \ Θ_2	+	−	*	/	(	)	#
+	>	>	<	<	<	>	>
−	>	>	<	<	<	>	>
*	>	>	>	>	<	>	>
/	>	>	>	>	<	>	>
(	<	<	<	<	<	=	
)	>	>	>	>		>	>
#	<	<	<	<	<		=

$\Theta_1<\Theta_2$： Θ_1的优先权低于 Θ_2

$\Theta_1>\Theta_2$： Θ_1的优先权高于 Θ_2

$\Theta_1=\Theta_2$ ： Θ_1的优先权等于 Θ_2

- 中缀表达式
  - 运算符在操作数中间
  - 需要括号改变优先级，例如：4+6*(5+7)/8
- 后缀表达式（逆波兰式）
  - 运算符在操作数后面
  - 不需要括号,例如：４６５７＋＊８／＋
- 前缀表达式（波兰式）
  - 运算符在操作数前面
  - 不需要括号，例如：＋４／＊６＋５７８

- 对于中缀表达式，为实现算符优先算法，需使用两个工作栈：
  - OPND栈：存数据或运算结果
  - OPTR栈：存运算符

算法思想

- 1.初态：
  - 置OPND栈为空；“#”作为OPTR栈的栈底元素
- 2.依次读入表达式中的每个字符
  - 1）若是操作数，则进入OPND栈；
  - 2）若是运算符，则与OPTR栈的栈顶运算符进行优先权（级）的比较：
    - 若读入运算符的优先权高，则进入OPTR栈；
    - 若读入运算符的优先权低，则OPTR退栈1次（退出栈顶元素），OPND栈退栈2次，（先退出b，再退出a），计算结果再进入OPND栈；继续与optr栈顶元素比较
    - 若读入“）”，OPTR栈的栈顶元素若为“（”，则OPTR退出“（”；
    - 若读入“#”，OPTR栈栈顶元素也为“#”，则OPTR栈退出“#”，结束。

■例：3*（7-2）求解过程如下：

步骤	OPTR栈	OPND栈	输入字符	主要操作
1	#		3*（7-2）#	PUSH（OPND，‘3’）
2	#	3	*（7-2）#	PUSH（OPTR，‘*’）
3	#*	3	（7-2）#	PUSH（OPTR，‘（’）
4	#*（	3	7-2）#	PUSH（OPND，‘7’）
5	#*（	3 7	-2）#	PUSH（OPTR，‘-’）
6	#*（-	3 7	2）#	PUSH（OPND，‘2’）
7	#*（-	3 7 2	）#	operate(‘7’，‘-‘，’ 2’)
8	#*(	3 5	)#	POP(OPTR)
9	#*	3 5	#	operate(‘3’, ‘*’, ‘5’)
10	#	15	#	RETURN(GETTOP(OPND))

```
SElemType EvaluateExpression() {
  InitStack(OPTR);          Push(OPTR,'#'); /* #是表达式结束标志 */
          InitStack(OPND);  c=getchar();      GetTop(OPTR,x);
  while(c!='#'||x!='#') {
          if(In(c)) /* 是7种运算符之一 */
     switch(Precede(x,c)) {
       case'<':Push(OPTR,c); /* 栈顶元素优先权低 */
               c=getchar();     break;
       case'=':Pop(OPTR,x); /* 脱括号并接收下一字符 */
               c=getchar();     break;
       case'>':Pop(OPTR,theta); /* 退栈并将运算结果入栈 */
               Pop(OPND,b);  Pop(OPND,a);
               Push(OPND,Operate(a,theta,b));
     }   else if(c>='0'&&c<='9') /* c是操作数 */
   { /*将读入字符转换成整数d*/  Push(OPND,d);  c=getchar();    }
   else /* c是非法字符, 非法输入处理*/
  GetTop(OPTR,x);}/*while*/  GetTop(OPND,x);   return x;}
```

Eg.将中缀表达式“1+((2+3)×4)-5”转换为后缀表达式之后求值：

扫描到的元素	S2(栈底->栈顶)	S1 (栈底->栈顶)	说明
1	1	空	数字，直接入栈
+	1	+	S1为空，运算符直接入栈
(	1	+ (	左括号，直接入栈
(	1	+ ((	同上
2	1 2	+ ((	数字
+	1 2	+ ((+	S1栈顶为左括号，运算符直接入栈
3	1 2 3	+ ((+	数字
)	1 2 3 +	+ (	右括号，弹出运算符直至遇到左括号
×	1 2 3 +	+ (×	S1栈顶为左括号，运算符直接入栈
4	1 2 3 + 4	+ (×	数字
)	1 2 3 + 4 ×	+	右括号，弹出运算符直至遇到左括号
-	1 2 3 + 4 × +	-	-与+优先级相同，因此弹出+，再压入-
5	1 2 3 + 4 × + 5	-	数字
到达最右端	1 2 3 + 4 × + 5 -（输出结果，注意逆序输出）	空	S1中剩余的运算符

思考题

- 1. 如果依次输入A,B,C,D等字符，通过栈的调度，分别实现以下的输出序列：

  （1）BDCA;(1)CBDA.

- 2. 请设计一个栈，除了pop和push函数，还支持min函数，即可返回栈中的最小值。要求执行所有操作的时间复杂度必须是O(1)。
- 3. 试基于已有的顺序表类或链表类，实现栈结构。
- 4.设A={1,2,3,…,n}为入栈的顺序，B为A的任一个排列，试证明：若B能通过栈的调度得到，当且仅当对于任意1≤i<j<k ≤n, 该排列中都不存在如下模式：{…,k,…,i,…,j,…}

3.4 队列

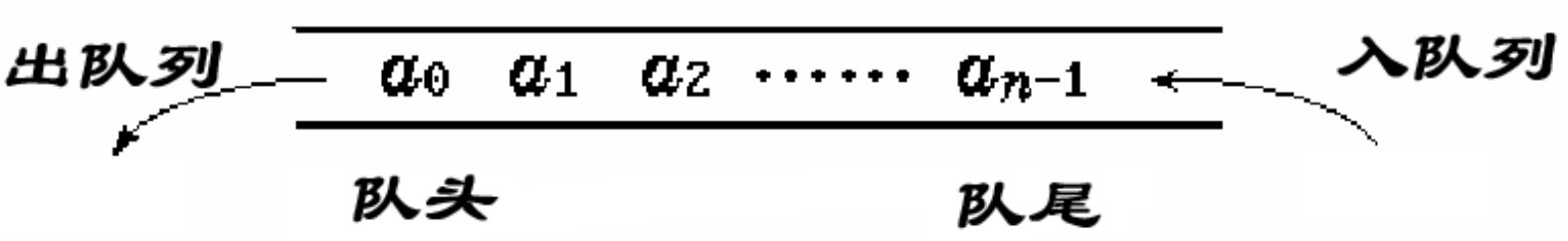
- 1. 定义
- 2. 链队列——队列的链式存储结构
- 3. 循环队列——队列的顺序存储结构

1. 定义

- 队列是限定在表的一端进行删除，在表的另一端进行插入操作的线性表。

- 允许删除的一端叫做队头(front)，允许插入的一端叫做队尾(rear)。

- 特性：FIFO(First In First Out)



队列的抽象数据类型定义：

ADT Queue {

数据对象：$D=\{a_i \mid a_i \in ElemSet, i=1,2,\ldots,n, n\geq 0\}$

数据关系：$R1=\{<a_{i-1}, a_i> \mid a_{i-1}, a_i \in D, i=2,\ldots,n\}$

约定a_n端为队尾尾，a_1端为队头

基本操作：见下页

}ADT Queue

队列的基本操作

① InitQueue(&Q) 构造一个空队列Q。

② EmptyStack(Q) 若Q为空，返回1，否则返回0。

③ EnQueue(&Q,x)　　进队,插入x为队尾元素。

④ DeQueue(&Q,x) 出队，若Q非空，删除Q的队头元素，并用x返回。

⑤ GetHead(Q,&x)　　用x返回Q的队头元素。

⑥ DestroyQueue(&Q) 销毁队列Q

⑦ ClearQueue(&Q)　将队列Q清空

⑧ QueueLength(&Q)　返回Q的元素个数

⑨ QueueTraverse(Q,visit()) 遍历队列

队列的表示和实现

- 1）链队列——队列的链式存储结构

- 2）循环队列——队列的顺序存储结构

2. 链队列—队列的链式存储结构

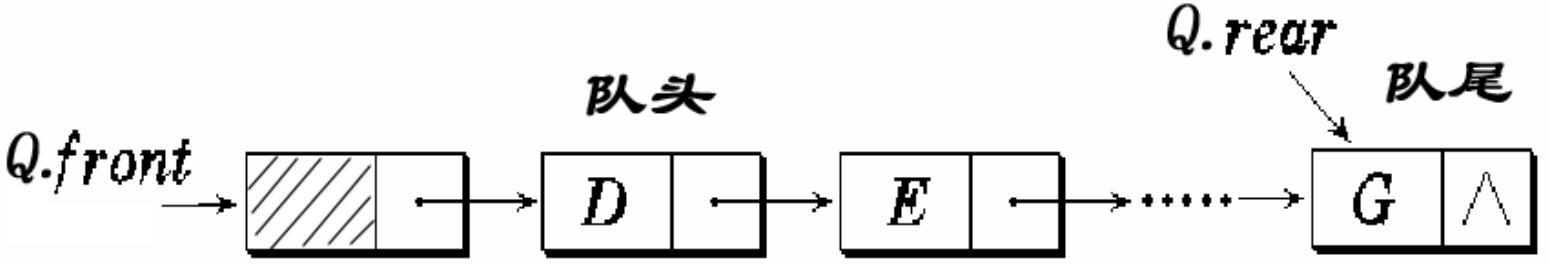
- 实质是带头结点的线性链表
- 两个指针：
  - 队头指针Q.front指向头结点
  - 队尾指针Q.rear指向尾结点
- 初始态：队空条件
  - 头指针和尾指针均指向头结点
  - Q.front = Q.rear

1）链队列的类型定义

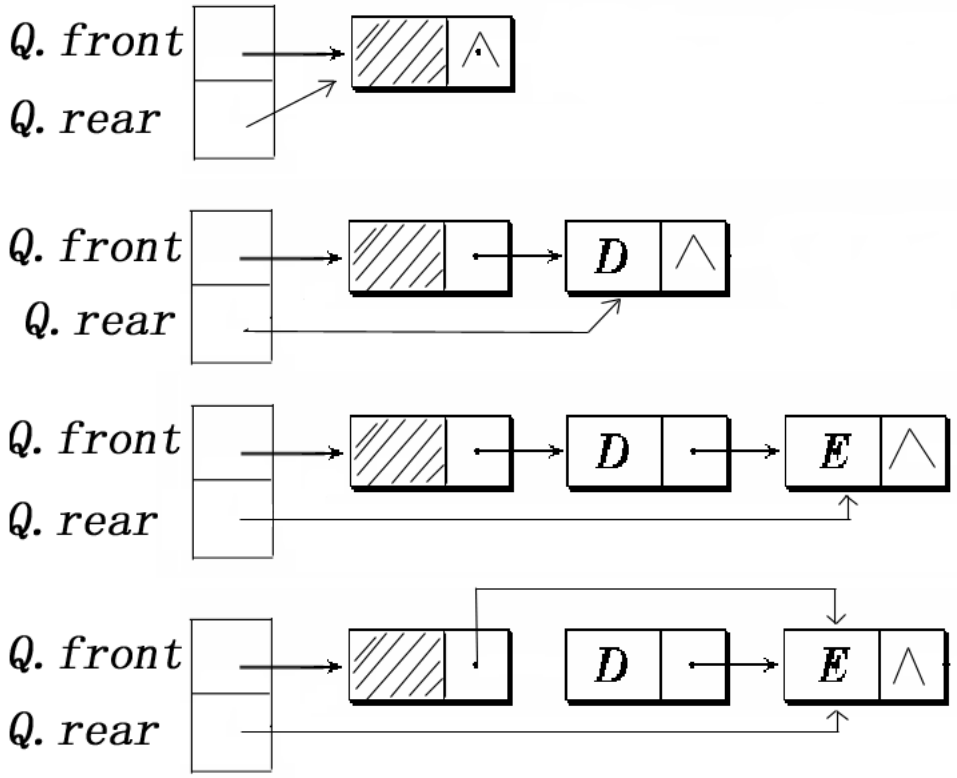
```
typedef  struct QNode { //元素结点
    QElemType    data;
    struct QNode *next;
    }QNode, *QueuePtr;

typedef struct{              //特殊结点
    QueuePtr  front;          //队头指针
    QueuePtr  rear;       //队尾指针
  }LinkQueue;
LinkQueue  Q;
```

- Q.front——指向链头结点
- Q.rear ——指向链尾结点

2）链队列示意图



队列运算指针变化状况



3）基本操作与实现

- 初始化
  - Status InitQueue (LinkQueue &Q)
- 销毁队列
  - Status DestroyQueue (LinkQueue &Q)
- 入队
  - Status EnQueue(LinkQueue &Q, QElemType e)
- 出队
  - Status DeQueue(LinkQueue &Q, QElemType &e)
- 判队空
  - Status QueueEmpty(LinkQueue Q)
- 取队头元素
  - Status GetHead(LinkQueue Q,QElemType &e)

链队列初始化

```
Status InitQueue (LinkQueue &Q){
        Q.front = Q.rear = (QueuePtr)malloc(sizeof(QNode));
        if (!Q.front) exit(OVERFLOW);
        Q.front->next=NULL;
        return OK;
}
```

链队列的入队（插入）

```
Status EnQueue (LinkQueue &Q, QElemType e){
    p=(QueuePtr)malloc(sizeof(QNode));
        if (!p) exit(OVERFLOW);
        p->data = e;        p->next = NULL;
        Q.rear->next = p;
        Q.rear = p;
        return OK;
}
```

链队列的出队（删除）

```
Status DeQueue (LinkQueue &Q, ElemType &e){
  if (Q.front==Q.rear) return ERROR;
        p=Q.front->next;
        e=p->data;
        Q.front->next=p->next;
        if (Q.rear == p) Q.rear=Q.front;
        free(p);
        return OK;
}
```

判断链队列是否为空

```
Status QueueEmpty(LinkQueue Q){

    if (Q.front==Q.rear) return TRUE;
    return FALSE;
}
```

取链队列的第一个元素结点

```
Status GetHead(LinkQueue Q,QElemType &e){
        if (QueueEmpty(Q)) return ERROR;
        e=Q.front->next->data;
        return OK;
}
```

链队列的销毁

```
Status DestroyQueue (LinkQueue &Q){
        while (Q.front)
      {  Q.rear=Q.front->next;
              free(Q.front);
        Q.front=Q.rear;
          }
        return OK;
}
```

3. 循环队列—队列的顺序存储结构

- 顺序队列：
  - 用一组地址连续的存储单元依次存放从队列头到队列尾的元素
- 需要设两个指针：
  - Q.front 指向队列头；
  - Q.rear 指向队列尾；
- 初始状态：队空

- 需要设定队列的最大容量

类型定义

- 回顾顺序栈的定义：
  - typedef struct {
  - SElemType *base; //栈底
  - SElemType *top; //栈顶
  - int stacksize;
  - } SqStack;
- 思考：能否将上述定义中将*base当作*front，*top当作 *rear来作为队列的类型定义呢？

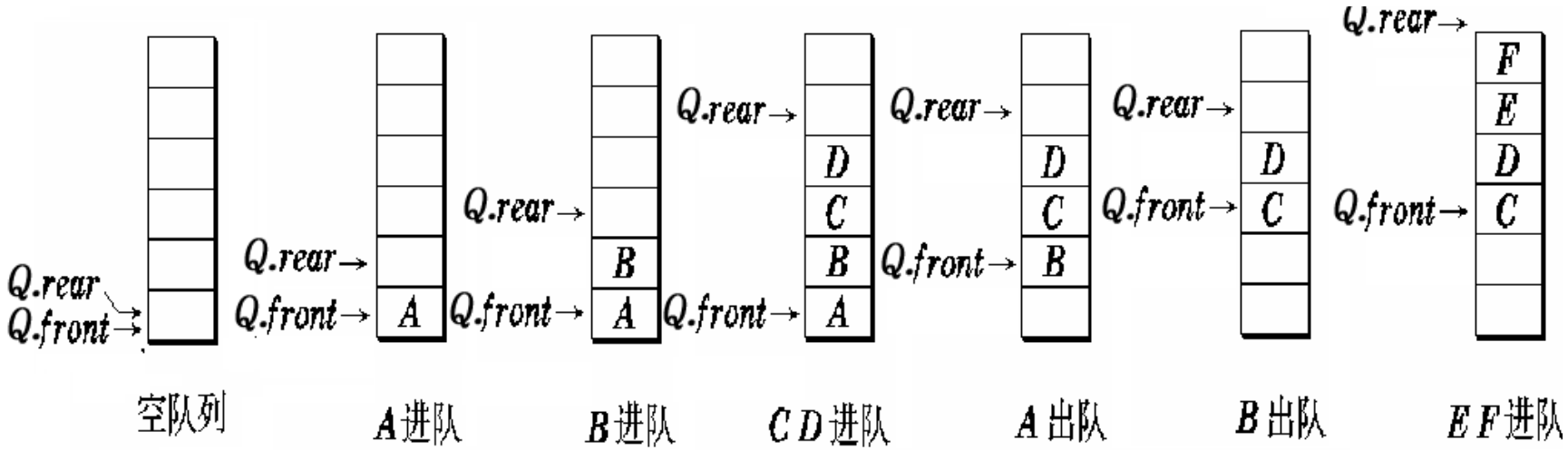
类型定义

- 令front,rear为整型，指示队列头和尾的下标。
- 循环队列的类型定义如下：

```
#define MAXSIZE 100 //最大队列长度
typedef struct {
    QElemType  *base;
    int    front;
    int    rear;
    int queuesize;
  }SqQueue;
SqQueue  Q;
```

顺序队列的初始设定

- 初始态：
  - Q.front=Q.rear=0
- 入队：在队尾添加元素，并且Q.rear后移
  - Q.base[Q.rear++]=e;
- 出队：在队头删除元素，并且Q.front后移
  - e=Q.base[Q.front++];



队列的状态及指针的含义

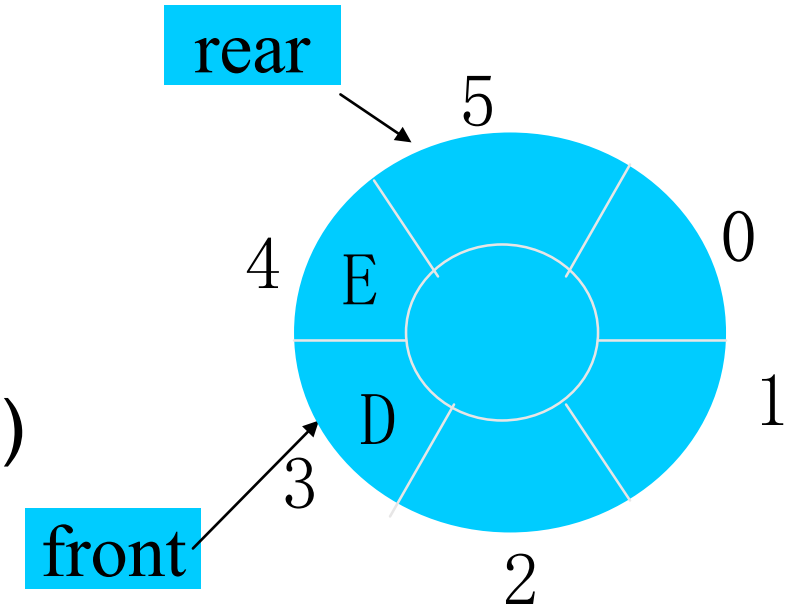
- 指针的含义：
  - Q.rear: 虚指，指向队尾元素的下一个位置
  - Q.front: 实指，指向队头元素的位置
- 队列的状态

  (1)队满：当Q.rear>=Q.queuesize时
  - 上溢：队满再进队将溢出出错；
  - 上图为“假满”

  (2)队空：Q.rear==Q.front
  - 下溢：队空时再出队需作队空处理。

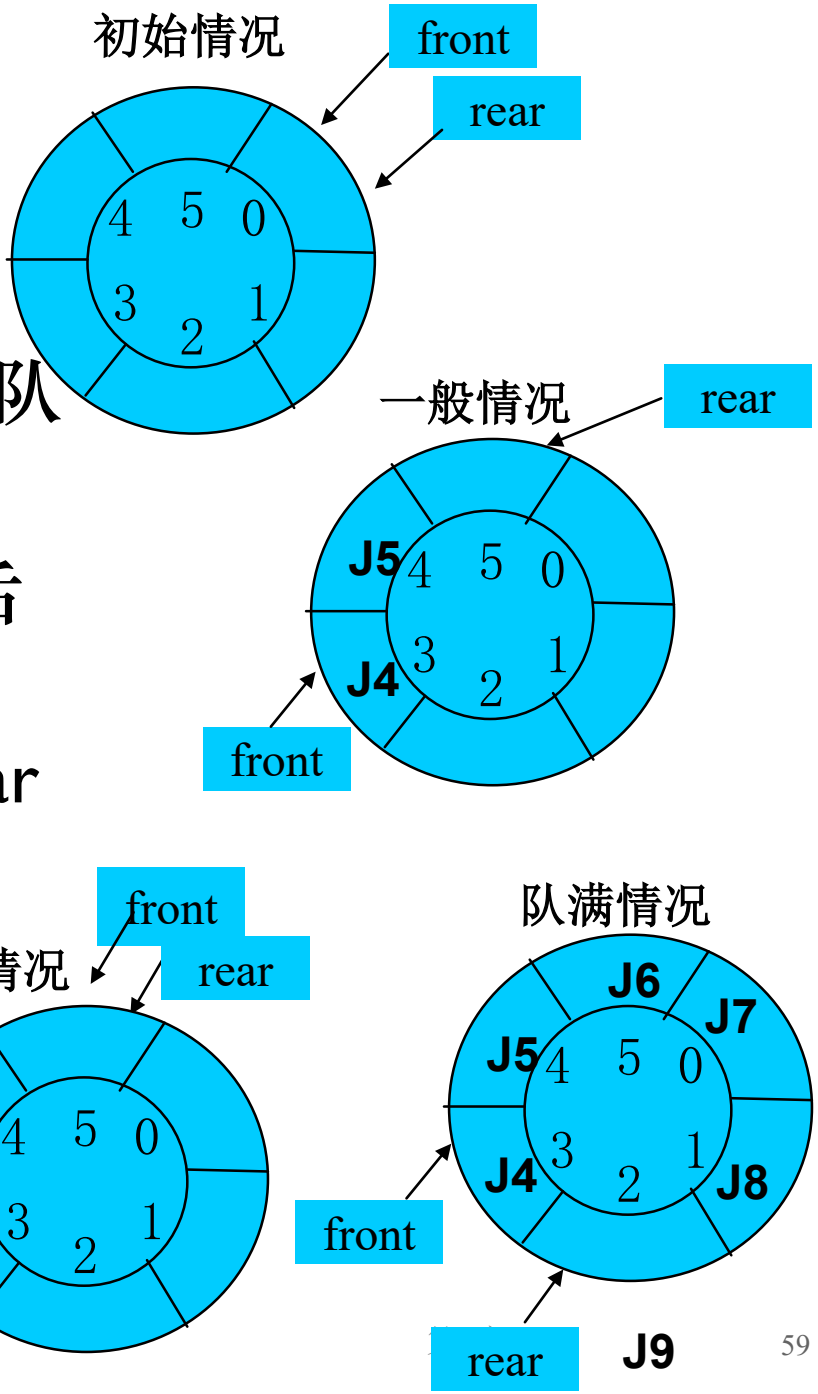
循环队列

- 如何解决队列“假满”问题?
  - 将数组当成一个首尾相接的表处理。
  - 取模运算
- 初始：Q.front=Q.rear=0
- 入队：
  - Q.base[Q.rear]=e;
  - Q.rear=(Q.rear+1)(模N)
- 出队：
  - e=Q.base[Q.front];
  - Q.front=(Q.front+1)(模N)



举例

- (1)初始： Q.front=Q.rear=0
- (2)J1,J2,J3,J4,J5入队, J1,J2,J3出队
  - front=3, rear=5
- (3)从图2，继续入队J6,J7,J8后
  - front=3,rear=2,
  - 再放入J9后，front==rear
- (4)从图2，连续将J4,J5出队
  - front=rear=5
- 如何区分队空和队满?
  - front==rear?
  - (rear+1)模N==front



循环队列 (Circular Queue)

- 存储队列的数组被当作首尾相接的表处理。
- 队头、队尾指针加1时从maxsize -1直接进到0，可用语言的取模(余数)运算实现。
- 队头指针进1: Q.front=(Q.front+1)%MAXSIZE
- 队尾指针进1: Q.rear=(Q.rear+1)%MAXSIZE;
- 队列初始化：Q.front=Q.rear=0;
- 队空条件：Q.front == Q.rear;
- 队满条件：(Q.rear+1)%MAXSIZE == Q.front
- 队列长度：(Q.rear-Q.front+MAXSIZE)%MAXSIZE

说明

- 不能用动态分配的一维数组来实现循环队列，初始化时必须设定一个最大队列长度。
- 循环队列中要有一个元素空间浪费掉
  - 约定：队列头指针在队列尾指针的下一位置上为“满”的标志
- 解决 Q.front=Q.rear不能判别队列“空”还是“满”的其他办法：
  - 使用一个计数器记录队列中元素的总数（即队列长度）
  - 或者，
  - 设一个标志变量以区别队列是空或满

基本操作

- 初始化
  - Status InitQueue (SqQueue &Q)
- 求队列的长度
  - int QueueLength(SqQueue Q)
- 入队
  - Status EnQueue (SqQueue &Q, QElemType e)
- 出队
  - Status DeQueue(SqQueue &Q, QElemType &e)
- 判队空
  - Status QueueEmpty(SqQueue Q)
- 取队头元素
  - Status GetHead(SqQueue Q,QElemType &e)

初始化

- Status InitQueue (SqQueue &Q){
- Q.base=(QElemTye*)malloc(MAXQSIZE*sizeof(QElemType));
- if (!Q.base) exit(OVERFLOW);
- Q.front=Q.rear=0;
- return OK;
- }

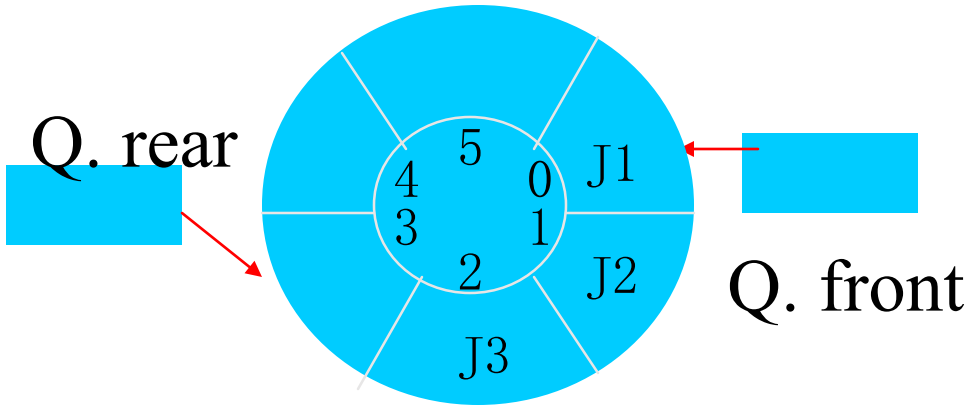
求队列长度

- int QueueLength(SqQueue Q){
  - return (Q.rear - Q.front + MAXQSIZE) % MAXQSIZE;
  - }

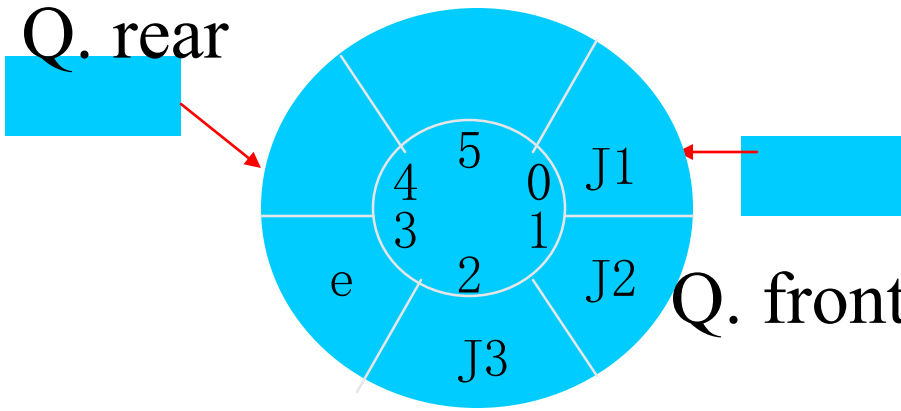
入队

```
Status EnQueue (SqQueue &Q,QElemType e){
    if ((Q.rear+1) % MAXQSIZE ==Q.front)
    return ERROR;
    Q.base[Q.rear]=e;
    Q.rear = (Q.rear+1)%MAXQSIZE;
    return OK;
}
```

入队操作：将元素 e 插入队尾



元素 e 入队前

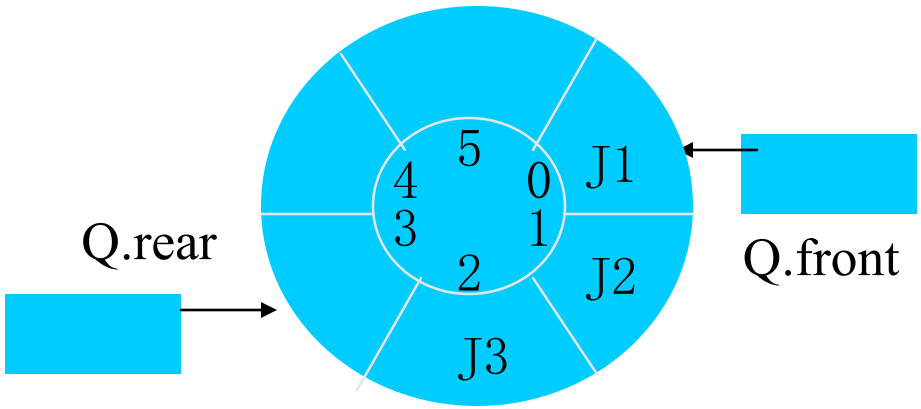


元素 e 入队后

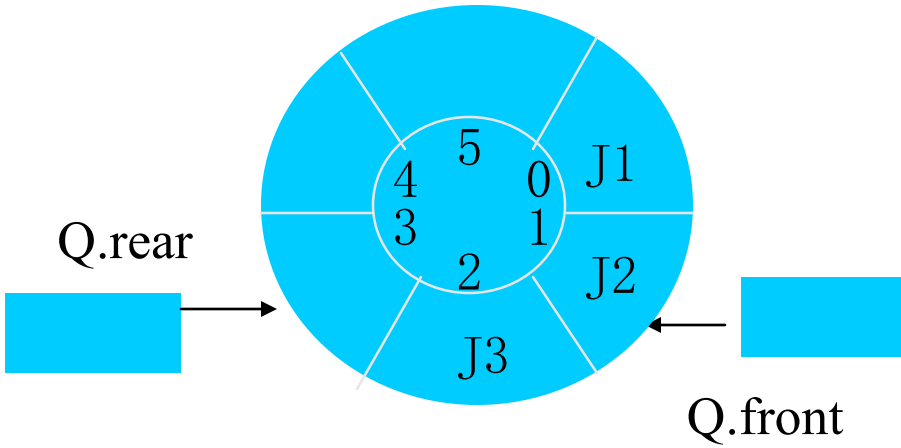
出队

```
Status DeQueue(SqQueue &Q, QElemType &e){
        if (Q.rear==Q.front) return ERROR;
        e=Q.base[Q.front];
        Q.front=(Q.front+1)%MAXQSIZE;
        return OK;
}
```

出队操作：删除队头元素



出队操作前



出队操作后

判队空

```
Status QueueEmpty(SqQueue Q){
        if (Q.front==Q.rear) return TRUE;
        return FALSE;
}
```

取队头元素

```
Status GetHead(SqQueue Q,QElemType &e){
        if QueueEmpty(Q) return ERROR;
        e=Q.base[Q.front];
        return OK;
}
```

非循环队列

- 类型定义：与循环队列完全一样
- 关键：修改队尾/队头指针
  - Q.rear = Q.rear + 1;
  - Q.front = Q.front+1;
- 在判断时，有%MAXQSIZE为循环队列，否则为非循环队列
- 队空条件： Q.front == Q.rear
- 队满条件： Q.rear>= MAXQSIZE
- 注意“假上溢”的处理
- 长度： Q.rear - Q.front

4. 队列的应用举例

- 1）解决计算机主机与外设不匹配的问题，如解决高速CPU与低速打印设备之间速度不匹配问题；
  2）解决由于多用户引起的资源竞争问题；

在操作系统课程中会讲到

- 3）离散事件的模拟----模拟实际应用中的各种排队现象；
  4）用于处理程序中具有先进先出特征的过程。

银行服务事件模拟

- 银行排队问题模拟
  - 程序由事件驱动，事件包括顾客到达事件和离开事件；所有事件按照时间顺序存放在一个有序列表中；
  - 初始状态：事件表中含有一个事件，即第一个顾客到达事件，时间为0。
  - 到达事件的处理：随机产生该顾客的服务时间以及下一个顾客的到达时间，将该顾客加入队列长度最小的队列中等待处理，若该顾客是队头元素，则产生一个离开事件加入到事件列表中，将下一个顾客的到达事件插入到事件有序列表中。

银行服务事件模拟

- 离开事件的处理：计算客户逗留时间，从队列中删除该客户，产生下一个队头元素的离开事件。

■ 因此需要用到2种数据结构：

1. 事件列表(有序表):主要操作是插入和删除；
2. 队列:队列中的主要信息是客户到达时刻和办理事务的时间

数据结构

```
typedef struct{
        int OccurTime;//事件发生时刻
        int NType;  //0:到达，其他是窗口号，离开
}Event,ElemType;  //放入有序链表中
typedef LinkList EventList;//事件列表
typedef struct{
        int ArriveTime;  //下一个顾客的到达时刻
        int Duration;  //事务处理时间
        int no;//客户编号
}QElemType; //客户信息，进入队列
EventList ev; Event  en;  //事件列表和事件
queue<QElemType> q[5] ;  //4个客户队列
QElemType customer;   //客户记录
int TotalTime,CustomerNum; //累计逗留时间
int intertime,durtime,CloseTime;
```

事件驱动代码

```
void Bank_Simulation(int CloseTime){
        OpenForDay();//设定第一个客户到达事件
        while (!ListEmpty(ev)){//事件表不空
                DelFirst(GetHead(ev),p);
                en=GetCurElem(p);//删除第一个事件
                if (en.NType==0)//处理到达事件
                        CustomerArrived();
                else //处理离开事件
                        CustomerDeparture();
        }
        //计算并输出平均逗留时间
        cout<<"The average time is "<<(double)TotalTime/CustomerNum;
}
```

- //初始设置，产生第一个到达事件
  - void OpenForDay(){
  - TotalTime=0;CustomerNum=0;
  - InitList(ev);
  - en.OccurTime =0;en.NType=0;
  - OrderInsert(ev,en,cmp);
  - }
- 第0时刻到达第一个客户，插入事件列表

客户到达事件处理

```
void CustomerArrived(){
        ++CustomerNum;
        intertime=rand()%5+1;//1~5
        durtime=rand()%30+1;//1~30
        int t=en.OccurTime+intertime;
        if (t<CloseTime)
                OrderInsert(ev,{t,0},cmp);
        int i=Minimum();//最小队列
        q[i].push({en.OccurTime,durtime,CustomerNum});
        if (q[i].size()==1)/*队头元素，得到一个离开事件*/
                OrderInsert(ev,{en.OccurTime+durtime,i},cmp);
        }
```

客户离开事件处理

```
void CustomerDeparture(){
        int i=en.NType;
        customer=q[i].front();//取队头元素
        q[i].pop();//出队
        TotalTime +=en.OccurTime-customer.ArriveTime;//一个客户任务完成
        if (!q[i].empty()){
                customer=q[i].front();

                OrderInsert(ev,{en.OccurTime+customer.Duration,i},cmp);
        }
}
```

■ 运行结果：

① t= 0分钟时，第1个Customer Arrived 进入第 1 个队列

② t= 2分钟时，第2个Customer Arrived 进入第 2 个队列

③ t= 7分钟时，第3个Customer Arrived 进入第 3 个队列

④ t= 12分钟时，第3个客户Departure 第3个队列，用时 5

⑤ t= 12分钟时，第4个Customer Arrived 进入第 3 个队列

⑥ t= 13分钟时，第2个客户Departure 第2个队列，用时 11

⑦ t= 16分钟时，第5个Customer Arrived 进入第 2 个队列

⑧ t= 18分钟时，第1个客户Departure 第1个队列，用时 18

⑨ ……

⑩ t= 93分钟时，第20个客户Departure 第3个队列，用时 38

⑪ t= 94分钟时，第21个客户Departure 第4个队列，用时 38

⑫ The average time is 22.2857

练习题

- 1.设循环队列用数组A[0..m-1]表示，队首、队尾指针分别是front和rear，判定队满的条件?
- 2.循环队列用数组A[0..m-1]存放其元素值，已知其头尾指针分别是front和rear ，则当前队列的元素个数是?
- 3.循环队列存储在数组A[0..m]中，则入队时的操作?
- 4. 若用一个大小为6的数组来实现循环队列，且当前rear和front的值分别为0和3，当从队列中删除一个元素，再加入两个元素后，rear和front的值分别为多少?
- 5.用链接方式存储的队列，在进行删除运算时头、尾指针可能都要修改?

6. 阅读代码，说出以下代码的功能。（栈和队列的元素类型均为int）

```
void sf2(Queue &Q){
stack S;
int d;
initstack(S);
while(! QueueEmpty(Q)){
        DeQueue(Q,d);
        Push(S,d);
        }
while(!StackEmpty(S))     {
        Pop(S,d);
        EnQueue(Q,d);
        }
}
```

7. 小测验

扩展题

1. 双端队列deque是对队列的扩展，该结构允许在队列的两端分别进行插入和删除操作。接口如下（见下页）。请实现如下所定义的双向队列结构（可考虑从已有结构中派生）；分析这些接口的时间复杂度各为多少?

```
template<typename T> class Deque{
public:
        T& front();//读取首元素
        T& rear(); //读取末元素
        void insertFront(T const& e); /*e插入至队列前端*/
        void insertFront(T const& e);/*e插入至队列末端*/
        T removeFront();//删除队列首元素
        T removeRear();//删除队列末元素
};
```

小结

- 1. 掌握栈和队列这两种抽象数据类型的特点，并能在相应的应用问题中正确选用它们。
- 2. 熟练掌握顺序栈和链栈的类型定义及基本操作实现。
- 3. 熟练掌握循环队列和链队列的类型定义及基本操作实现。
- 4. ** 理解递归算法执行过程中栈的状态变化过程。

■栈

- 操作受限的线性表，只在栈顶进行插入(push)和删除(pop)
- 先进后出的特点
- 链栈是不带头结点的单链表，插入和删除都在头指针处进行
- 顺序栈中top指针的用法
- 栈的应用: 函数调用、括号匹配、数制转换、表达式求值等
- 能够判断正确的出栈序列
- 能够将中缀表达式转换成后缀表达式，会计算后缀表达式

■队列

- 操作受限的线性表，只在队尾插入(enqueue)，队头删除(dequeue)。
- 先进先出的特点
- 链队列是包含头指针和尾指针的单链表
- 队列的顺序存储结构是循环队列
  - 头尾指针的实指和虚指，指针加一要取模，队列长度的计算，队满的判定，队空的判定。
- 队列的应用：解决共享资源的分配，离散事件的模拟
- 双栈当队

附：栈的c++定义举例

```
template<class ElemType>
class seqStack{ //顺序栈类的定义
private:
        ElemType *elem;
        int top;        int maxSize;
public:
        seqStack(int initSize=100){
                elem=new elemType[initSize];
                maxSize=initSize; top=-1; }
        ~seqStack(){ delete [] elem;}
        void push(const ElemType &x);
        ElemType pop();
        ElemType top() const;
        bool isEmpty() const{ return top==-1;}
};
```

附：C++STL（标准模板库）中的栈和队列

容器适配器：借助于其他容器存储数据的容器。栈和队列都是容器适配器。

定义一个栈(或队列)对象，要指明栈中元素的类型以及借助于哪个容器，因此栈的类模板有两个模板参数，分别表示栈元素类型和所借助的容器类型。栈可以借助的容器有：vector, list, deque。栈的类模板的第2个参数缺省值是deque,说明底层容器是deque。

容器适配器无迭代器。

```
#include <stack>
stack<int, vector<int> > s1;//用vector保存数据的整数栈
stack<int, list<int> > s2;//用list保存数据的整数栈
stack<int> s3;//用deque保存数据的整数栈
```

STL中栈和队列的标准函数

■#include <queue>

函数	功能
push	入队,
pop	出队
front	取队头元素
back	取队尾元素
empty	判队空
size	队列长度

■#include <stack>

函数	功能
push	入栈,
pop	出栈
top	取栈顶元素
empty	判栈空