数据结构
Data Structure

2017年秋季学期

刘鹏远

线性结构之

栈

队列

栈
队列
栈与队列的应用
栈与递归

栈(Stack)

栈

概念

ADT定义

顺序存储结构(顺序栈)

操作实现

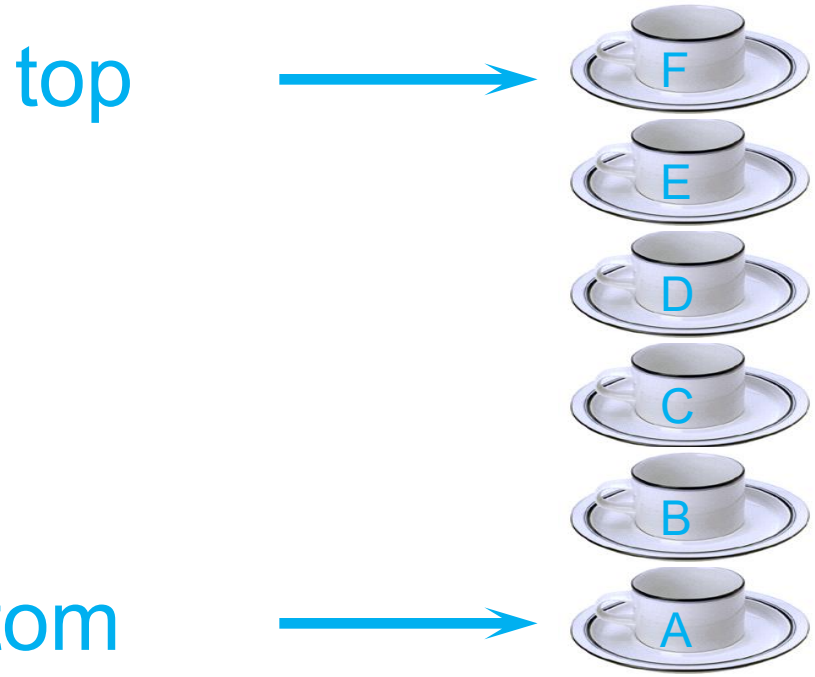
链式存储结构(链栈)

操作实现

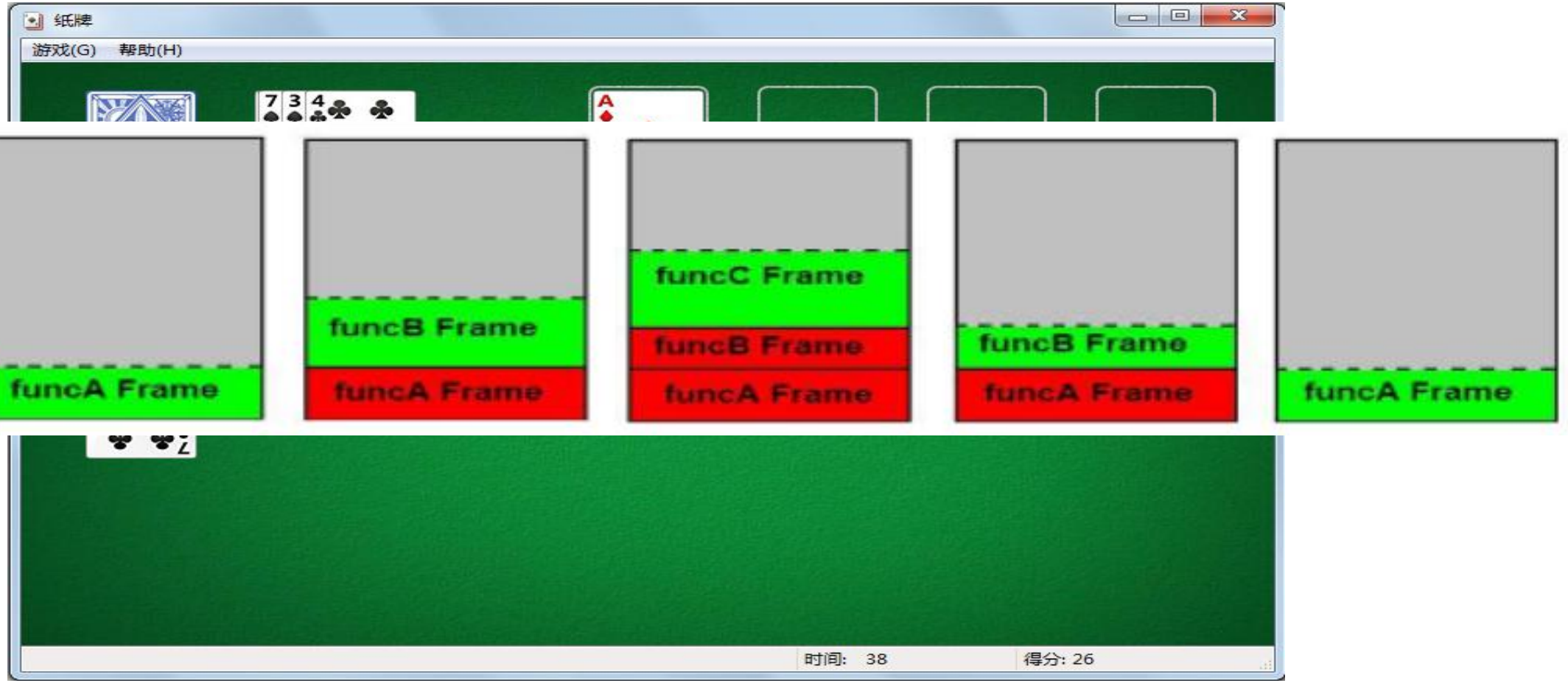
概念

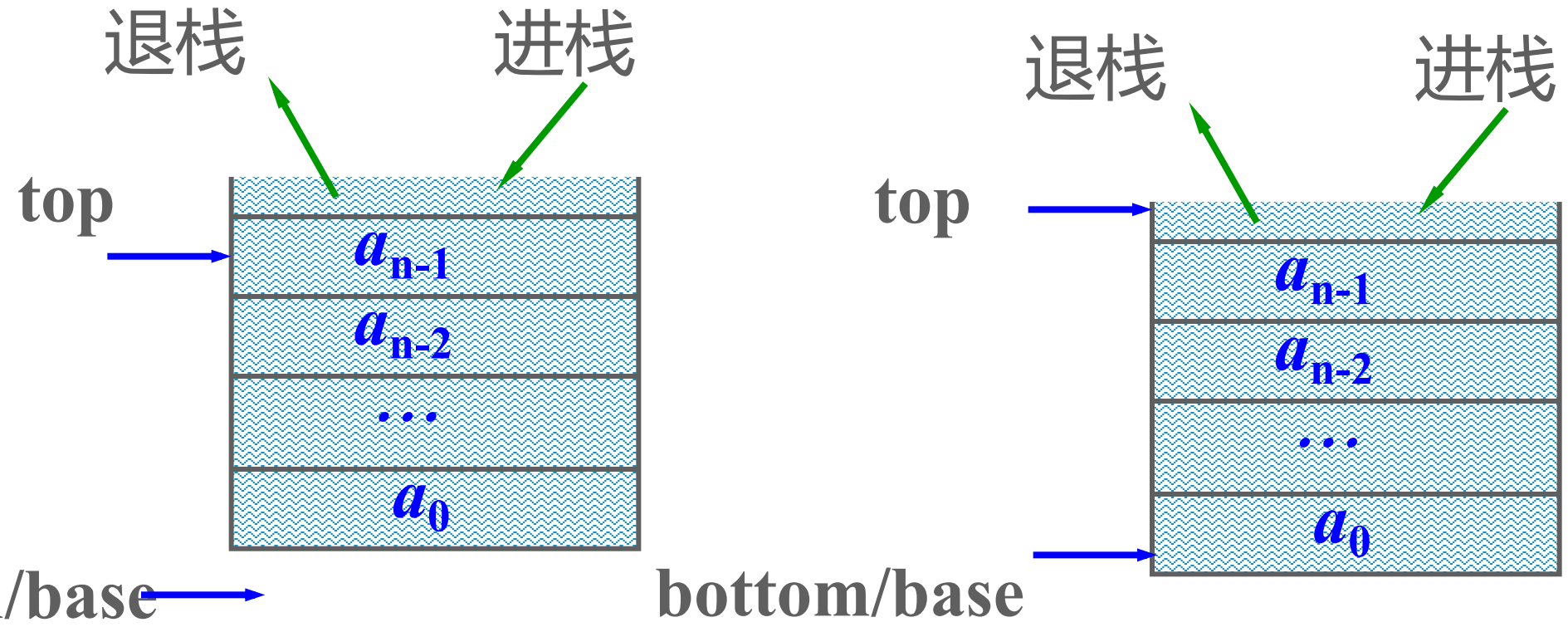
- 栈(Stack)：是限制在表的一端进行插入和删除操作的线性表。
- 逻辑结构是线性结构
- 对特定操作进行限定，其他方面均与线性表类似，因此称为限定性线性表

- 栈顶(Top)：
  允许进行插入、删除操作的一端
  用栈顶指针/游标(top)来指示栈顶。
- 栈底(Bottom)：
  是固定端。



- 特点：后进先出LIFO (Last In First Out)/先进后出FILO (First In Last Out)





操作要实现push入（进）栈与pop出（退）栈，代替线性表中的insert与delete两个操作。push与pop其实也可以视为是特殊/限定的insert与delete操作。

互动：
请同学们讲几个现实中可以形式化为栈的例子

栈的长度：　栈中元素个数

空栈：　栈的长度为0

栈顶元素：　栈中第一个元素

入(进)栈：　向栈中加入元素

出(退)栈：　从栈中删除元素

ADT定义

ADT Stack

{

数据对象：D ={ ai|ai∈ElemSet，i=1,2,…,n，n≥0 }

数据关系：R ={<ai-1, ai>|ai-1，ai∈D，i=2,3,…,n }

基本操作：

初始化、入栈、出栈、清空、

判断栈是否空、栈长度、取栈顶元素

…

}//　　参考教材

顺序存储结构

顺序存储

(动态数组)

```
typedef struct
{
    ElemType *base;
    ElemType *top;
    int stacksize;
}sq_stack;//教材
```

（静态数组）：

```
typedef struct
{
    ElemType data[MAXSIZE];
    int top;
}sq_stack;
```

顺序存储结构

思考：顺序栈，数组两端应设哪端为栈顶哪端为栈底？

```
//操作
Status InitSqStack(SqStack*);
Status Pop(SqStack*,ElemType*);
Status Push(SqStack*,ElemType);
Status Clear(SqStack*);
Status Destory(SqStack*);
Status IsEmptySq(SqStack);
int Length(SqStack);
Status GetTop(SqStack,ElemType*);
```

操作实现

```
Status InitSqStack(SqStack *S){
    S->base = (ElemType *)
        malloc(sizeof(ElemType)*INIT_SIZE);
    S->top = S->base;
    S->stacksize = INIT_SIZE;
    return OK;}
```

//该方式栈空为top=base，栈满为top-base>=stacksize
//若采用静态数组顺序表， 栈满为top >= MAXSIZE或MAXSIZE-1。（初始top与base指向0或-1）

操作实现

```
Status Push(SqStack *S, ElemType e){
    检测入栈条件（判断栈容量）
    *(S->top) = e;
    S->top++;
    return OK;
 }O（1）  数组尾部插入
```

//画图，看栈顶元素与top指针的关系（重要）

操作实现

```
//入栈条件，判断是否栈满
 if(S->top - S->base >= S->stacksize){
        S->base = (ElemType *)realloc(S->base,
          sizeof(ElemType)*(S->stacksize+INCREMENT));
        if(!S->base)      exit(OVERFLOW);

        S->top = S->base + S->stacksize;
        S->stacksize += INCREMENT;
    }
```

操作实现

```
Status Pop(SqStack *S,
ElemType *e)
{先检测出栈条件
    S->top--;
    *e = *(S->top);
    return OK;
 }//O(1)
```

```
Status GetTop(SqStack S,
ElemType *e)
{先检测边界条件
        *e = *(S.top-1);
        return OK;
}O（1）
```

出栈，看栈顶两个操作，出栈/边界条件为判断是否为空：

```
if(S.top == S.base)        return ERROR;
```

操作实现

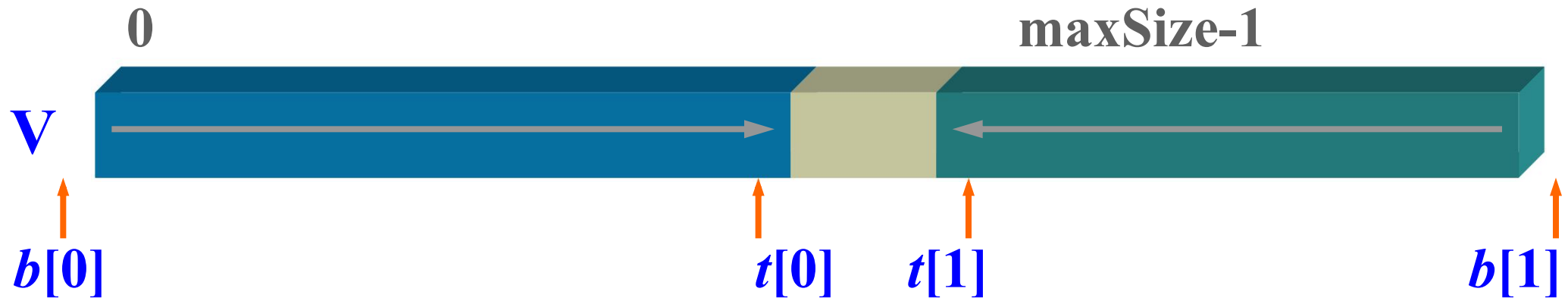
数组描述缺陷：空间利用率低。

如同时有两个栈，可能均有不少未利用的存储空间。

优化：双栈共享一个栈空间

如何做？大家画图

操作实现



两个栈共享一个数组空间V[maxSize]

设立栈顶指针数组 t[2] 和栈底指针数组 b[2]

t[i]和b[i]分别指示第 i 个栈的栈顶与栈底

初始 t[0] = b[0] = -1， t[1] = b[1] = maxSize

栈满条件：t[0]+1 == t[1]　　//栈顶指针相遇

栈空条件：t[0] = b[0]或t[1] = b[1] //退到栈底

思考：可否基于顺序表基本操作来实现顺序栈？如果可以，如何做？

链式存储结构

利用单链表
思考：top应该设置在单链表的哪端？

链式存储结构

TOP设为尾元素节点

Push(x)——Insert(L,n, x)： O(n)

Pop(x)——Delete(L,n, x)： O(n)

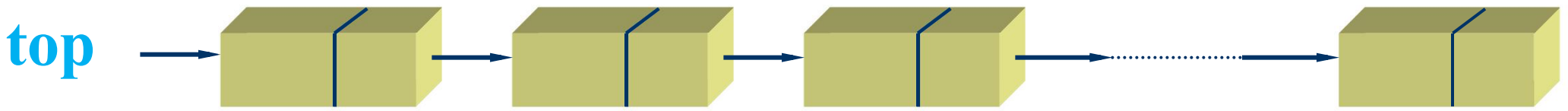
TOP设为首元素节点

Push(x)——Insert(L,1, x)： O(1)

Pop(x)——Delete(L,1, x)： O(1)

其实，主要是尾部删除元素麻烦

操作实现




```
typedef  struct  stack_node
{
    ElemType    data ;
    struct stack_node  *next ;
} stack_node, *link_stack ;
```

P47(教材省略)

带不带头均可。课堂实现不带头结点的，带头结点的自行实现。

```
Status Init ( link_stack* S ) {
        //栈初始化
      //指向NULL或头结点
        return OK;
}//无头的，主函数S=NULL
```

不可以吗？可以，但用init主要是为了与其他形式的各项操作一致。不用考虑操作的具体实现

操作实现

```
Bool is_empty (  link_stack S ) {    //判栈空否
    return S == NULL;
}
void Traverse(link_stack S)//遍历
{
    while(S){
        printf("%d\n",S->data);
        S=S->next;
    }
}
```

操作实现

```
void Push (  link_stack* S, ElemType e ) {     //进栈
    stack_node *new_node =
  (stack_node*)malloc(sizeof(stack_node));
   if(!new_node) exit(OVERFLOW);
   new_node->data = e;  new_node->next = *S;
   *S=new_node;
   return OK;}
//栈顶指针S每次都变化指向
```

操作实现

```
Status pop (link_stack* S, ElemType* e ) { //退栈
    if(Is_empty(*S)) return ERROR;
  link_stack_node *p = *S;*S = (*S)->next; *e = p->data;
  free(p);  return OK;                    //释放原栈顶结点}

Status get_top( link_stack S, ElemType *e) {  //看栈顶
     if ( Is_empty(S)  ) return ERROR;
     *e = S->data;    return OK;}
```

操作实现

其实，在实现单链表基础上：

PUSH 即在位置1插入

POP　即在位置1删除

对带头结点的栈，已经上机实现了带头的单链表，因此自行实现

栈的应用

队列之后再讲

队列（Queue）

队列(Queue)

- 定义
  - 队列是只允许在一端删除，在另一端插入的线性表
  - 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
  - 先进先出 (FIFO, First In First Out)

队列与栈的共性在于它们都是限制了操作位置的线性表；
区别在于所限定的操作位置不同

互动：
请同学们讲几个现实中可以形式化为队列的例子

概念

入队：队尾插入元素

出队：队头删除元素

队长：队列中元素个数

空队：队长为0

对头元素/队尾元素。其他元素除遍历外，用户一般不可见。

队列的ADT

ADT queue{

数据对象：D ={ a_i|a_i∈ElemSet，i=1, 2, …, n, n >= 0 }

数据关系：R = {<a_{i-1}, a_i> | a_{i-1}, a_i∈D，i=2,3,…,n }

约定a_1端为队首，a_n端为队尾。　　基本操作：

init_queue()：创建一个空队列；

is_empty()：若队列为空，则返回true ，否则返回flase ；

… …

en_queue(x) ： 入队---向队尾插入元素x；

de_queue(x) ： 出队---删除队首元素x；

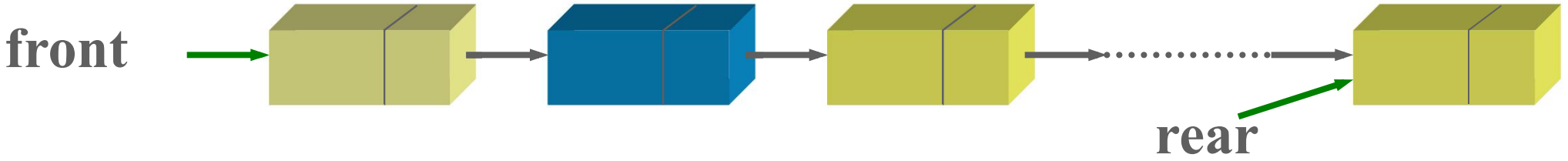
} ADT queue　　//P59页

存储结构

这回换个顺序，先考虑链式结构

哪端队头，哪端队尾合适？

队列的链式表示 — 链式队列



链式队列一般采用带尾指针的单链表（带不带头均可）存储队列元素，队头在链头，队尾在链尾。（因此插入删除均为O（1））

front指向队头元素，rear指向队尾元素

思考：判空？分有头和无头

队空条件为 front == NULL(无头)，rear == front(有头)。

链式队列在进队时一般无队满问题。

链式队列的结构定义

```
typedef struct LinkQueNode{      //节点定义
  ElemType data;
  struct LinkQueNode * next;
}LinkQueNode;

typedef struct LinkQueue{  //用首尾指针结构体来定义队列
  LinkQueNode *front;
  LinkQueNode *rear;
}LinkQueue;
```

链式队列的操作

```
Status InitLinkQueue(LinkQueue *);
Status EnLinkQueue(LinkQueue*, ElemType);
Status DeLinkQueue(LinkQueue*, ElemType *);
Bool Is_empty (LinkQueue);
Status GetTop(LinkQueue, ElemType *);
void Traverse(LinkQueue);
```

```
Status InitLinkQueue(LinkQueue *Q){
    Q->front = Q->rear = NULL;
    return OK;
}

Bool Is_empty(LinkQueue Q)
{
  return Q.front == NULL;
}
```

```
Status get_front ( link_queue Q, ElemType *e )
{
    if (is_empty(Q)) return ERROR;
    *e = Q.front->data;
    return OK;
}
```

//各项操作基本可参考不带头结点的单链表

```
Status EnLinkQueue(LinkQueue *Q, ElemType e)
  LinkQueNode *p = (LinkQueNode *)malloc(sizeof(LinkQueNode));
  if(!p) exit(OVERFLOW);
  p->data = e;          p->next = NULL;
  if(Is_empty(*Q))//空队列时
        Q->rear = Q->front = p;
  else{//非空队列时
        Q->rear->next = p;
        Q->rear = p;
  }
  return OK;}
```

```
Status DeLinkQueue(LinkQueue *Q, ElemType *e)
{
  if ( Is_empty(*Q) ) return ERROR;
  LinkQueNode *p = Q->front;
  Q->front = Q->front->next;
  if ( Q->front == NULL ) Q->rear = NULL;
  *e = p->data;
  free(p);
  return OK;
}
```

队列的顺序表示

```
#define MAX_SIZE 50;

typedef struct {              //顺序队列的结构定义
    ElemType queue_array[MAX_SIZE];  //队列存储数组
    int rear, front;                 //队尾与队头指针（游标）
} sq_queue;
```

队列的顺序表示

```
#define MAX_SIZE 50;

typedef struct {            //顺序队列的结构定义
    ElemType *elem;         //队列存储数组
    int rear, front;        //队尾与队头指针
} sq_queue;
```

两种结构体定义中为什么都没有queue_size 队列长度呢....？

一个队首指针front，指向队首

一个队尾指针rear，指向队尾

第一个考虑：

front与rear各处于顺序表的哪端较为合适？

首在前端，尾在后端

第二、出队方式的考虑与选择：

1、指针（游标）法

2、删除(这次是真删除)队首元素

O（1）　　VS. O（n）

假溢出　　VS. 无需队首指针，操作方便

第三、入队出队操作方式的考虑与选择：

1、先动元素再动指针(主流，按此讲授)

2、先动指针再加元素

先动元素再动指针

进队： 1、新元素按 rear 指示位置加入(赋值)；

2、队尾指针进一 rear = rear + 1。

队尾指针指示实际队尾的后一位置。

出队： 1、下标为 front 的元素取出（保存）；

2、队头指针进一 front = front + 1。

队头指针指示实际队头的位置。

（元素实际不必要一定去删除）

先动指针再加元素

进队：1、队尾指针进一 rear = rear + 1;

2、新元素按 rear 指示位置加入。

队尾指针指示实际队尾的位置。

出队：1、队头指针进一 front = front + 1;

2、下标为 front 的元素取出（保存）。

队头指针指示实际队头的前一位置。

考虑入队出队下front、rear的变化：

1、初始化：front=rear=0。

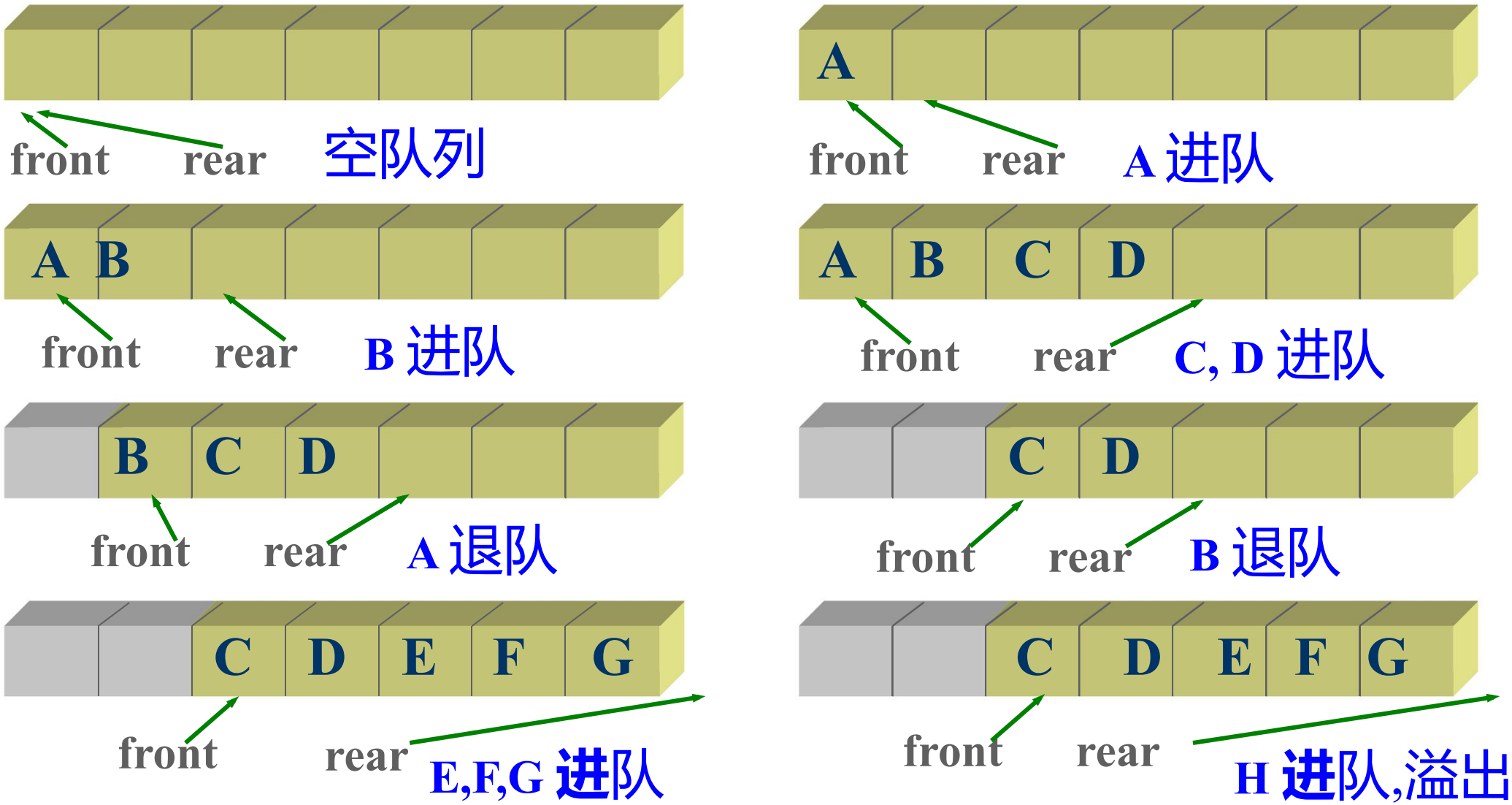
2、入队：将新元素插入rear所指的位置，rear++

3、出队：取出front所指的元素，front++

根据front、rear进行如下判断：

1、队列为空：front=rear

2、队满：rear>=MAX_SIZE

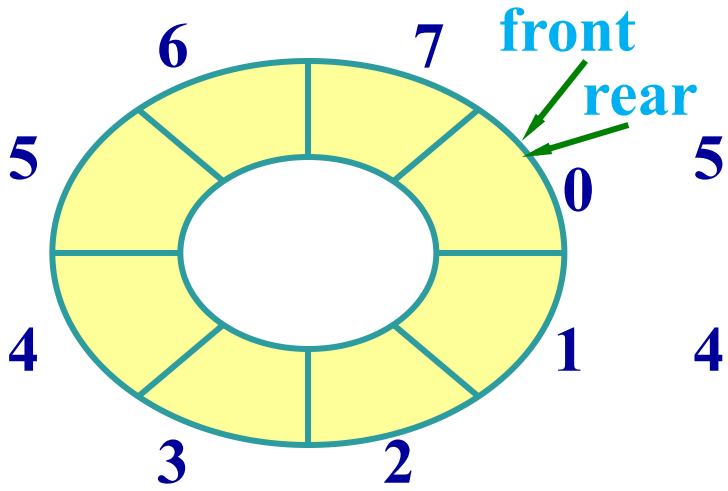

front
rear
空队列
A
front
rear
A 进队
A B
front
rear
B 进队
A B C D
front
rear
C, D 进队
B C D
front
rear
A 退队
C D
front
rear
B 退队
C D E F G
front
rear
E,F,G 进队
C D E F G
front
rear
H 进队,溢出

细心同学应该注意到了：front，rear总是++

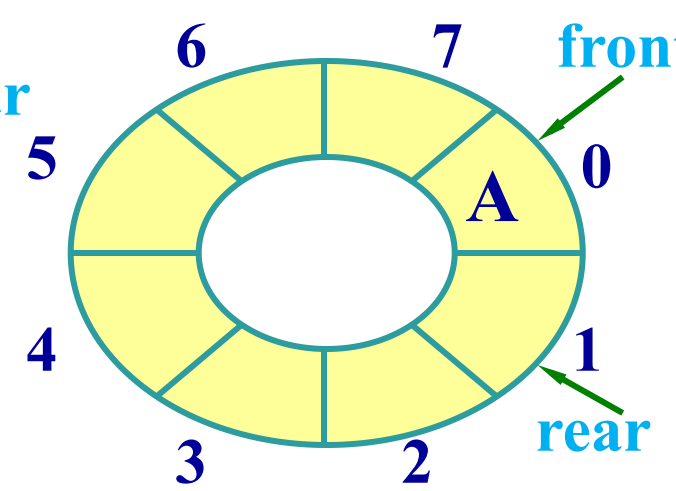
结果是造成：假溢出

顺序队列一般多为假溢出

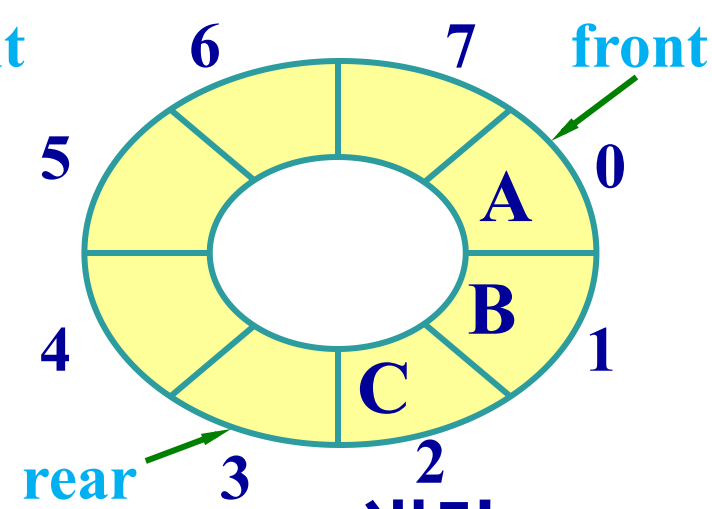
解决办法？



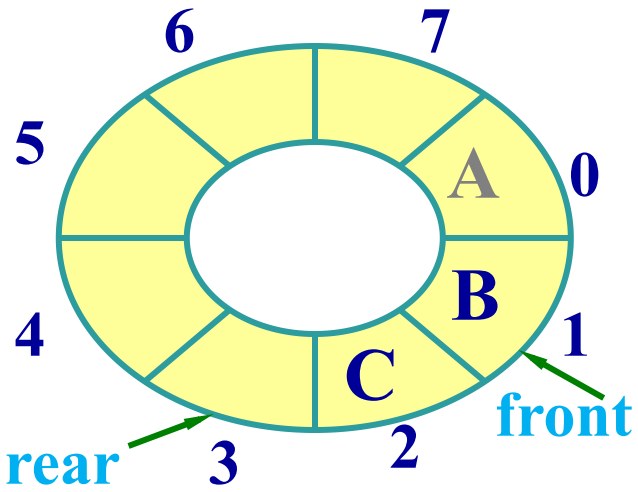
空队列



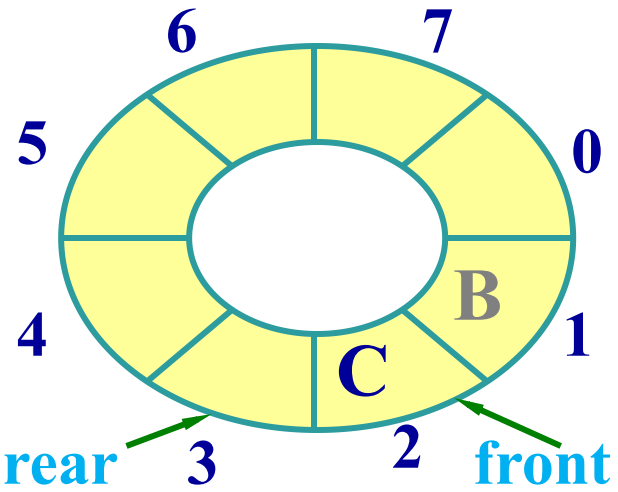
A 进队



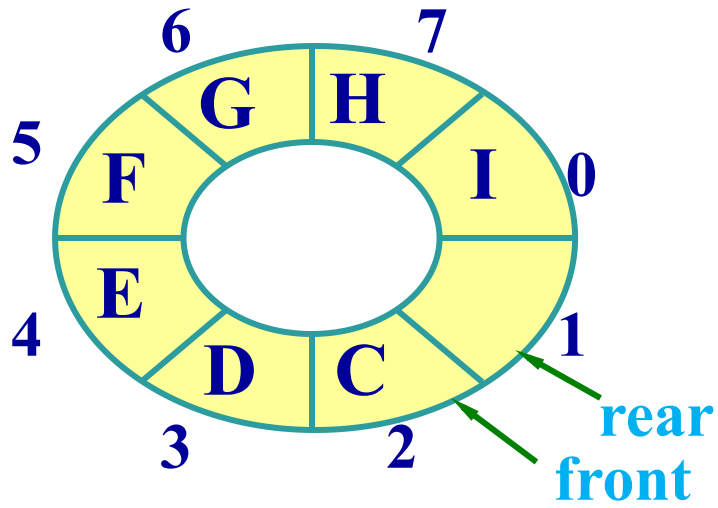
B, C 进队



A 出队



B 出队



D,E,F,G,H, I 进队

循环队列(Circular Queue)

队列存放数组被当作首尾相接的环形表处理。

队头、队尾指针加 1 时从 MAX_SIZE-1 直接进到0，可用取模（%）运算实现（类似约瑟夫问题模拟）：

```
if  (i+1==MAX_SIZE)   i=0;
else     i++ ;
```

其中： i代表队首指针(front)或队尾指针(rear)

这两行用模运算可简化为：i=(i+1)%queue_size ;

循环队列(Circular Queue)

队头指针进1：front = (front+1) % MAX_SIZE;

队尾指针进1：rear = (rear+1) % MAX_SIZE;

队列初始化：front = rear = 0;

队判空条件：front == rear;

提问：可否用front或rear==0作为判空条件？And why?

提问：如何判满？可否front==rear?

队判满条件：(rear+1) % MAX_SIZE== front;

注意，进队和出队时指针都是顺时针前进。

循环队列操作的实现

```
Status init_queue ( sq_queue *Q ) {//以下均以静态为例
    Q->rear = Q->front = 0;
  return OK;
}

Bool is_empty ( sq_queue Q ) {
    return Q.rear == Q.front;
}
```

```
int is_full ( sq_queue Q ) {
    return (Q.rear+1) % MAX_SIZE == Q.front;
}
```

//当进队速度快于出队速度，rear追上front，造成队满，为了区分队空条件，取当rear+1 == front，以牺牲一个存储单元为代价。

```
Status en_queue ( sq_queue* Q, ElemType e ) {
    if ( is_full(Q) ) return ERROR;
    Q->queue_array[Q->rear] = e;//先操作元素
    Q->rear = (Q->rear+1) % MAX_SIZE;
    return OK;
}
```

```
Status de_queue ( sq_queue* Q, ElemType  *e ) {
    if ( is_empty(Q) ) return ERROR;
    e = Q->queue_array[Q->front];
    Q->front = (Q->front+1) % MAX_SIZE;
    return 1;
}

Status get_front ( sq_queue Q, ElemType * e ) {
    if ( is_empty(Q) ) return ERROR;
    *e = Q.queue_array[Q.front];    return OK;
}
```

问题：

如果用循环链表来构造循环队列
合理否？

下午上机：

1、顺序栈，链栈(不带头结点)，PPT13页标红操作实现

2、链队列(不带头结点)，PPT37页操作实现

主程序进行测试：

栈：压入1,3,5,7、看此时栈顶，遍历，弹出一个数字并打印之、看此时栈顶，压入2,4、将所有元素弹出并依次打印。

队列：入队1,3,5,7、看队首，遍历，出队一个数字并打印之、看此时队首，入队2,4、将所有元素出队并依次打印。

作业：1,2及

3、顺序队列(循环队列)，PPT37页操作实现