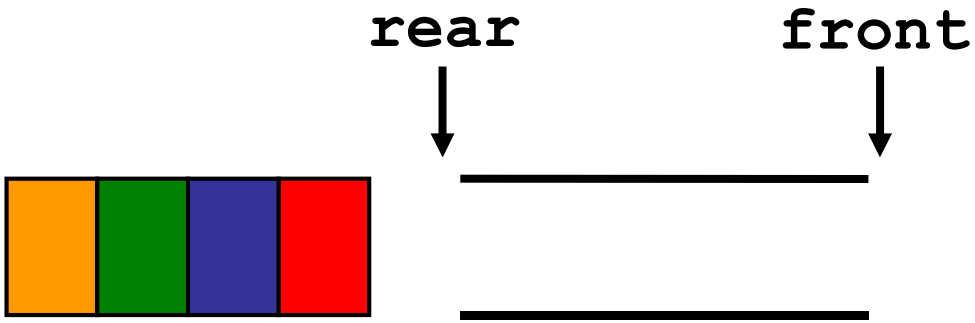
队列的类型定义

- 定义
  - 队列是必须在一端删除(队头**front**)，在另一端插入(队尾**rear**)的线性表
- 特性
  - 先进先出(FIFO, First In First Out)



队列的类型定义

ADT Queue{

数据对象:具有线形关系的一组数据

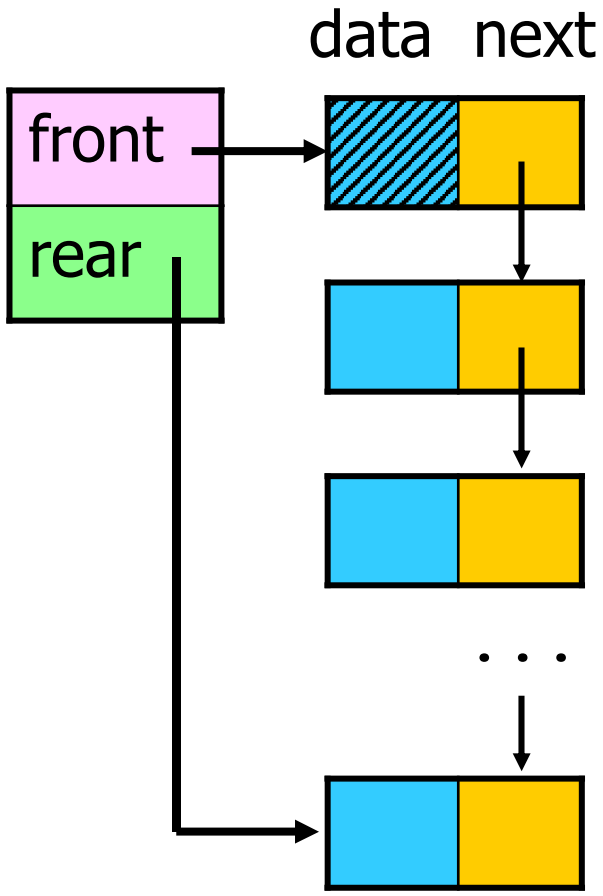
操作:

```
  bool EnQueue(Queue &Q, ElemType e); //入队
  bool DeQueue(Queue &Q);             //出队

  bool GetFront(Queue Q,ElemType &e);//取队头
  bool IsEmpty(Queue Q);  //空吗?
  bool Clear(Queue &Q);   //清空
};
```

队列的表示：链式表示

- 链式表示和实现

```
typedef struct qnode{
   ElemType data;
   struct qnode *next;
}QNode;

typedef struct{
   QNode* front;
   QNode* rear;
}LinkQueue;
```



队列的表示：链式表示

- 初始化

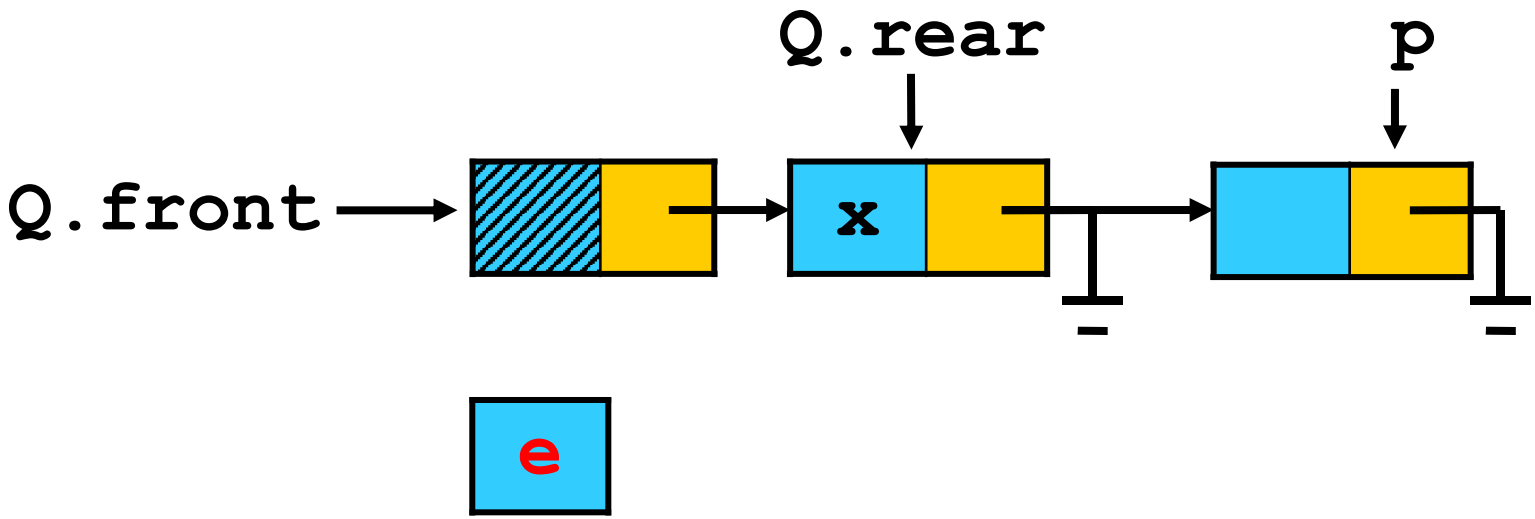
```
bool InitQueue(LinkQueue& Q){
  Q.front = Q.rear =
  (QNode*)malloc(sizeof(QNode));
  if(!Q.front) return false;
  Q.front->next = NULL;
  return true;
}
```

队列的表示：链式表示

- 入队

```
bool EnQueue(LinkQueue& Q, ElemType
e){
  QNode *p = (QNode *)
                malloc(sizeof(QNode));
  if(!p)  return false;
  p->data = e;    p->next = NULL;
  Q.rear->next = p;
  Q.rear = p;
  return true;
}
```

```
bool EnQueue(LinkQueue& Q, ElemType e){
  QNode *p = (QNode *)malloc(sizeof(QNode));
  if(!p)  return false;
  p->data = e; p->next = NULL;
  Q.rear->next = p;
  Q.rear = p;
  return true;
}
```



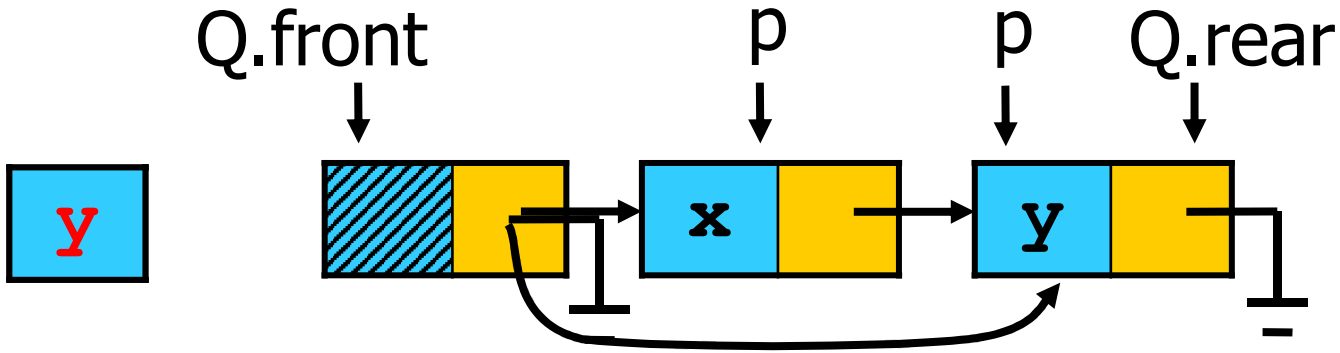
队列的表示：链式表示

- 出队

```
bool DeQueue(LinkQueue& Q)
{
  if(Q.front = Q.rear)    return false;
  QNode *p = Q.front->next;
  Q.front->next = p->next;
  if(Q.rear == p)    Q.rear = Q.front;
  free(p);
  return true;
}
```

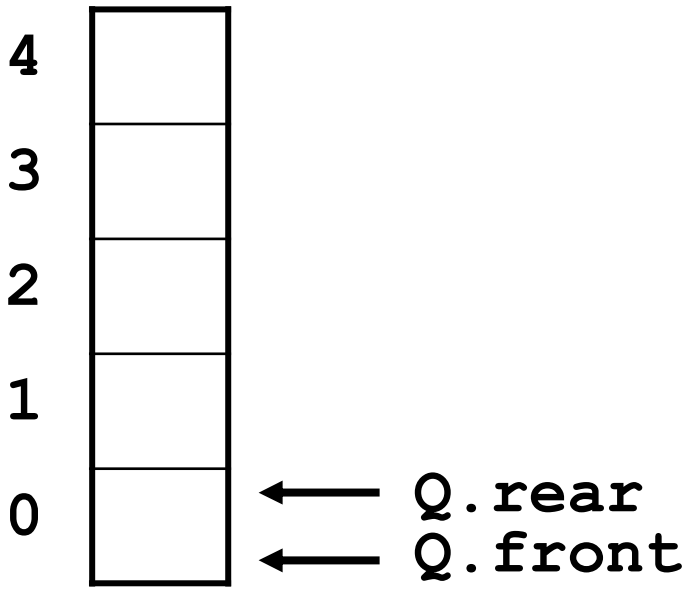
```
bool DeQueue(LinkQueue& Q){
     if(Q.front == Q.rear)      return false;
     p = Q.front->next;

     Q.front->next = p->next;
     if(Q.rear == p)      Q.rear = Q.front;
     free(p);
     return true;
}
```

最后一个元素



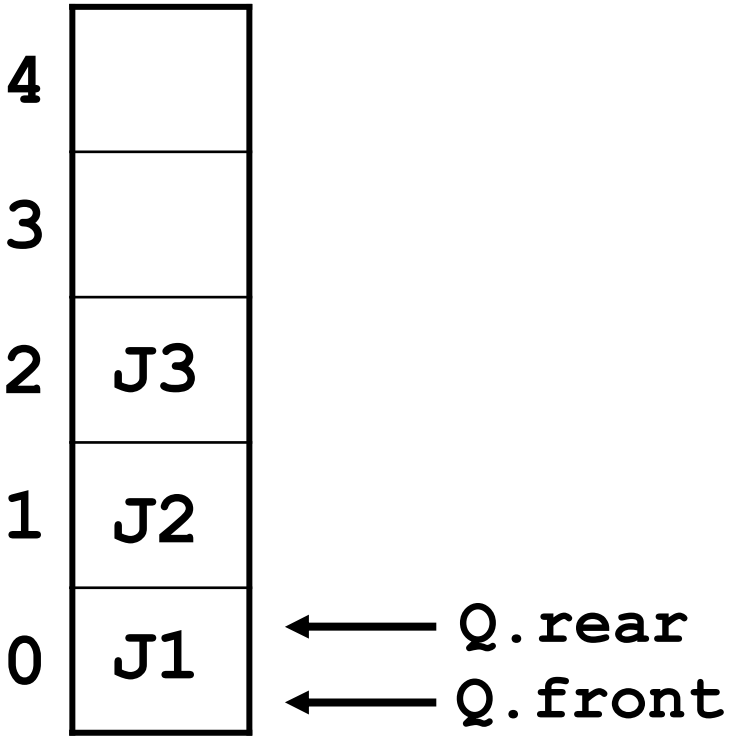
队列的表示：顺序表示

- 顺序表示和实现
  - 用数组存储数据
  - 初始化：**front = rear = 0**
  - 入队：**rear ++**
  - 出队：**front ++**



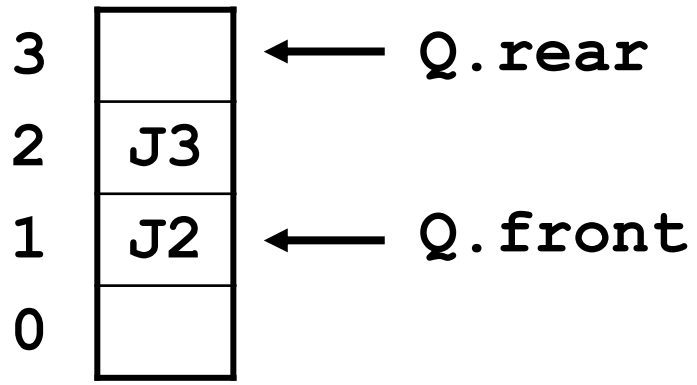
队列的表示：顺序表示

- 插入和删除



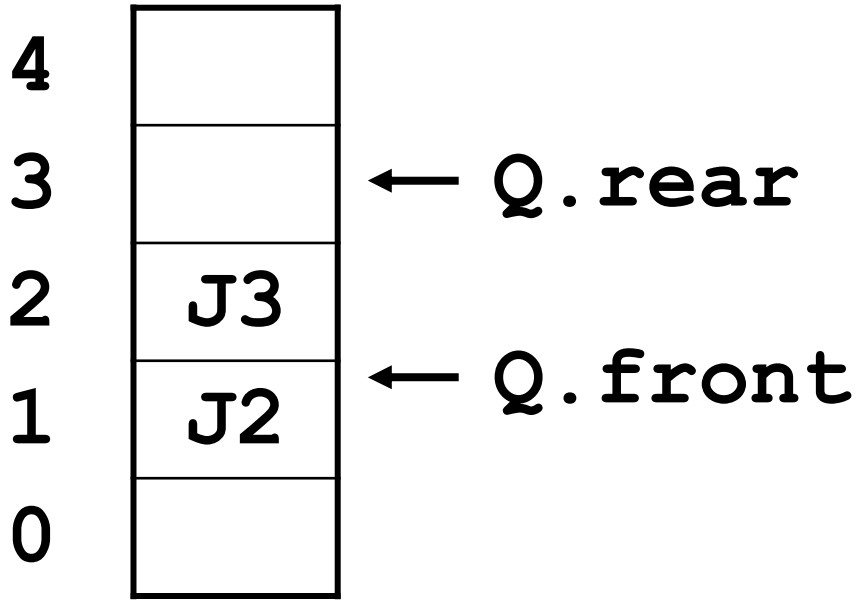
队列的表示：顺序表示

- 指针的指法
  - **front**指向队头元素
  - **rear**指向队尾元素的后一个单元
- 其实也可以如此错开
  - **front**指向队头元素的前一个单元
  - **rear**指向队尾元素
- 为什么如此呢？



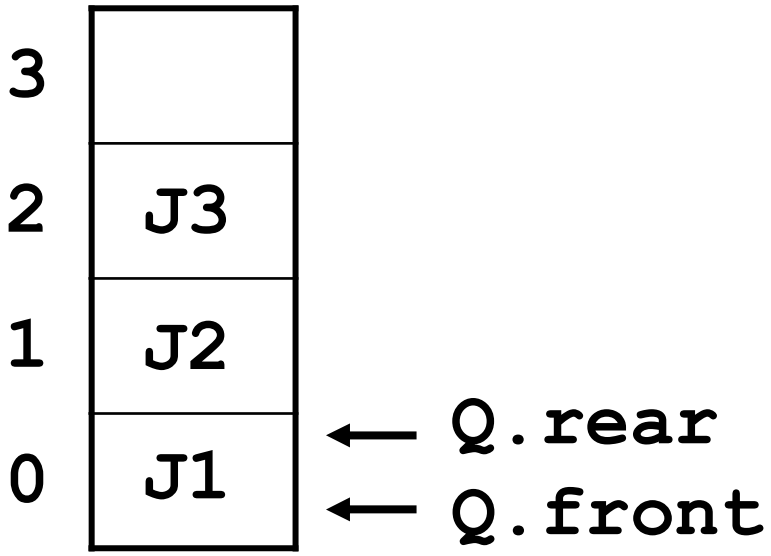
队列的表示：顺序表示

- 原因1：方便计算元素个数
  - 元素的个数 = **rear-front**
  - 而不用 = **rear-front+1**



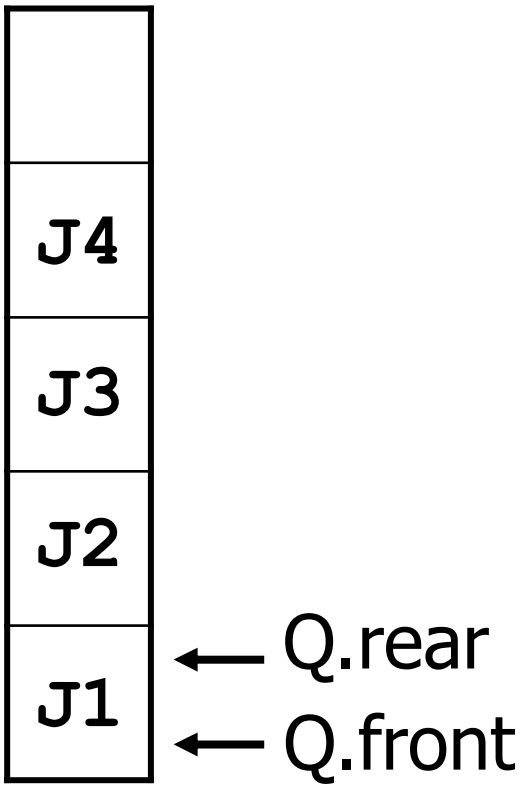
队列的表示：顺序表示

- 原因2：便于判别空队列
  - 如果不错开，则空队列和只有一个元素时，都是**front=rear**，难以区别
  - 或者空队列有可能有两种情况



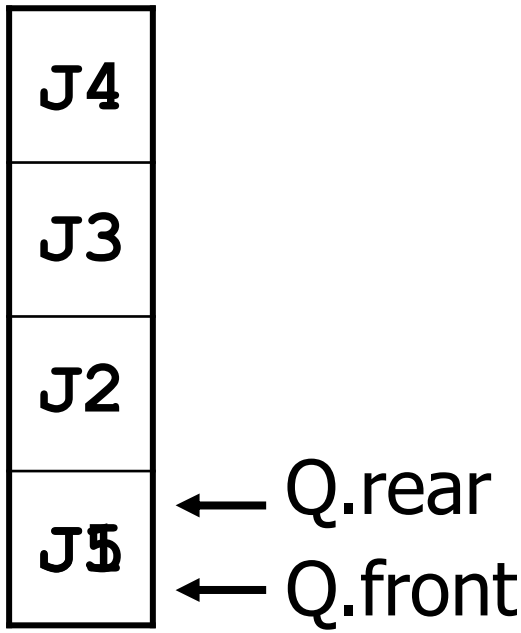
队列的表示：顺序表示

- 线性队列的缺点
  - 不论是插入还是删除元素
  - **front**和**rear**都只是**++**
- 导致：
  - 数组空间有限，**rear**总有一天会达到数组顶端
  - **front**之前空间再不会被用到



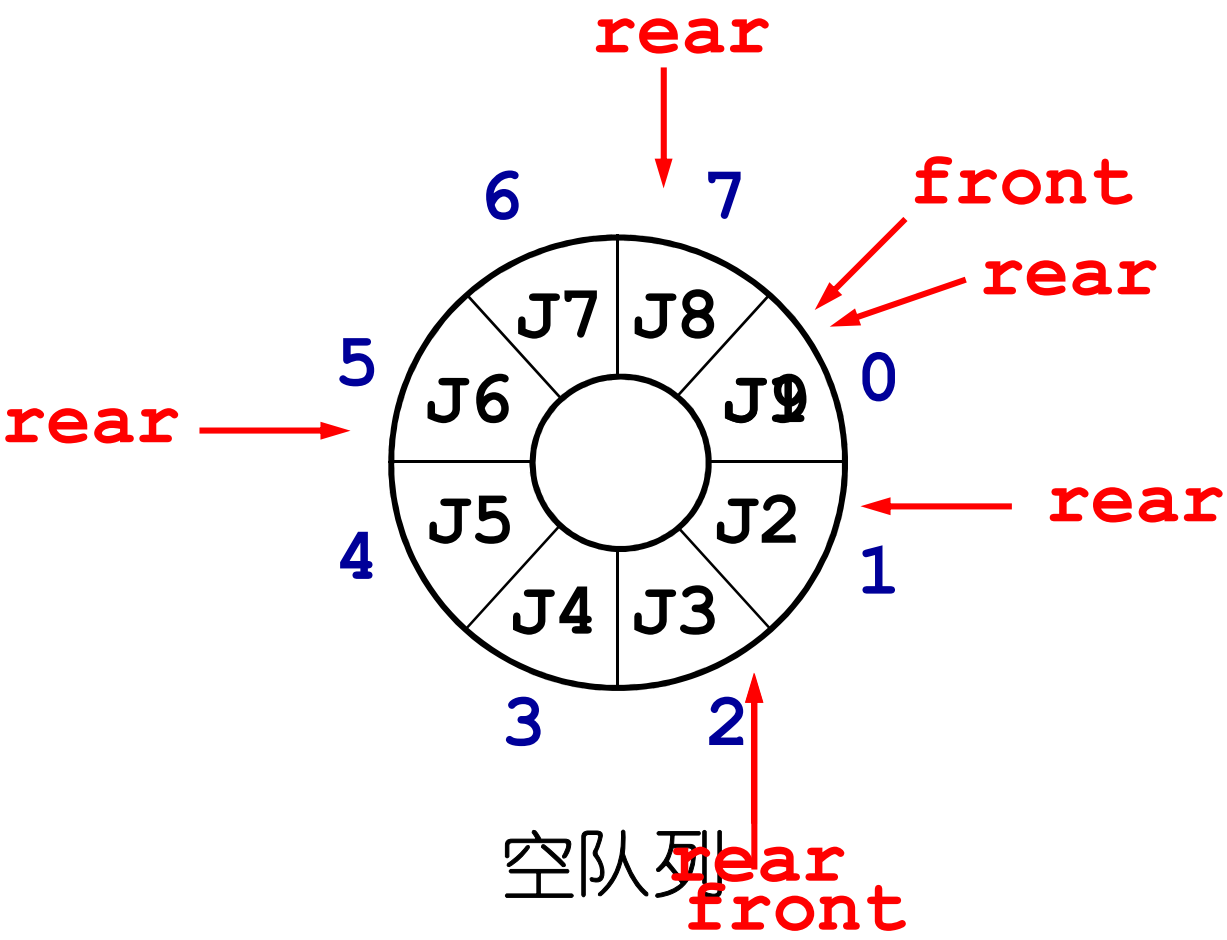
队列的表示：顺序表示

- 思考
  - 既然上面不够，下面浪费
  - 何不利用下面的空间？
- 循环队列
  - 当**rear**向上走到顶的时候，重新返回到最下端（如果下面有空闲单元）



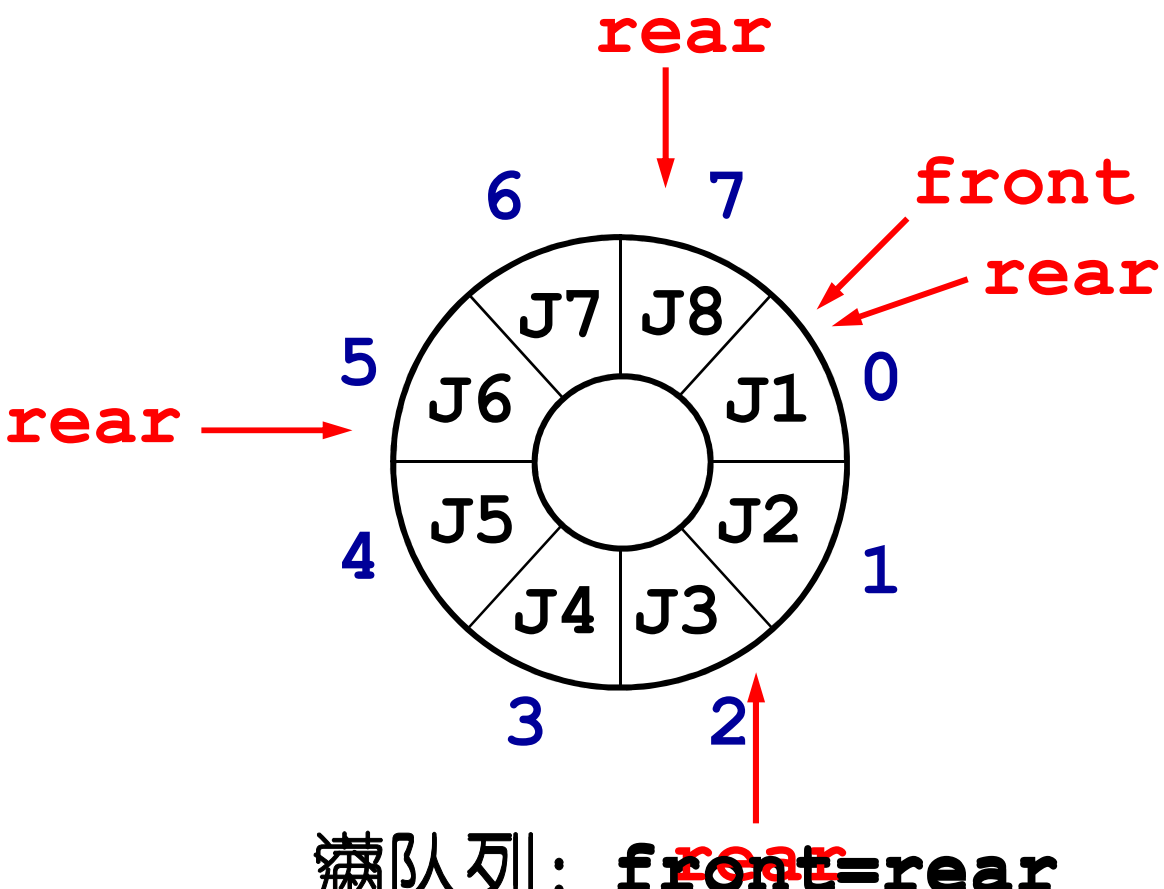
队列的表示：顺序表示

- 循环队列



队列的表示：顺序表示

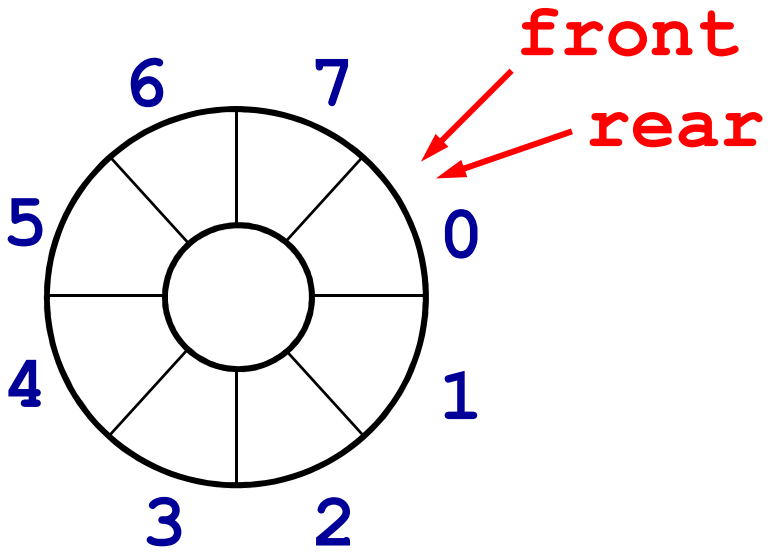
- 如何区别空队列和满队列？



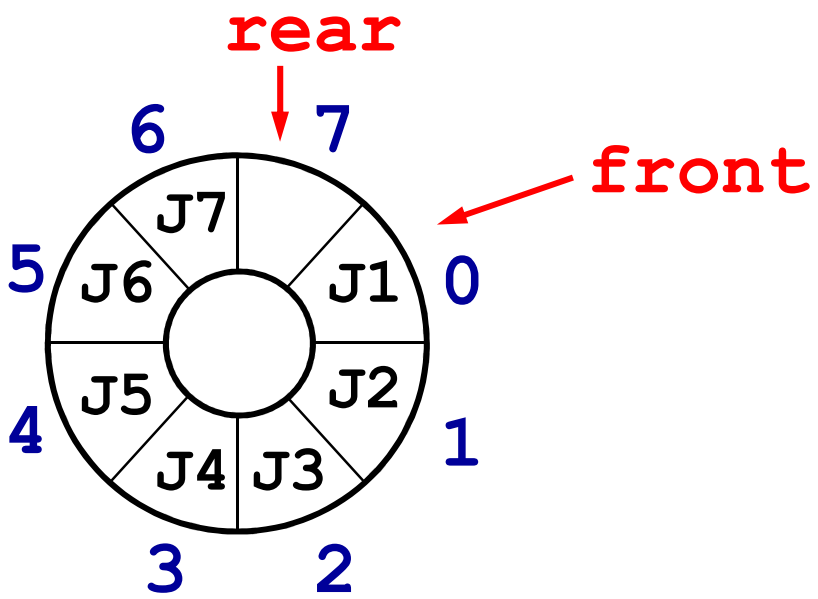
满队列：**front=rear**

队列的表示：顺序表示

- 如何区别空队列和满队列？
  - 方法一：专门设置一个标记
  - 方法二：还剩一个单元时就算满



空



满

队列的表示：顺序表示

- 循环队列类型定义

```
typedef struct {
    ElemType *base;
    int front;
    int rear;
     int capacity;
}SqQueue;
```

队列的表示：顺序表示

- 初始化

```
bool InitQueue(SqQueue &Q,int cap)
{
  Q.base = (ElemType*) malloc
     (cap*sizeof(ElemType));
  if(!Q.base) return false;
  Q.front = Q.rear = 0;
  Q.capacity = cap;
  return true;
}
```

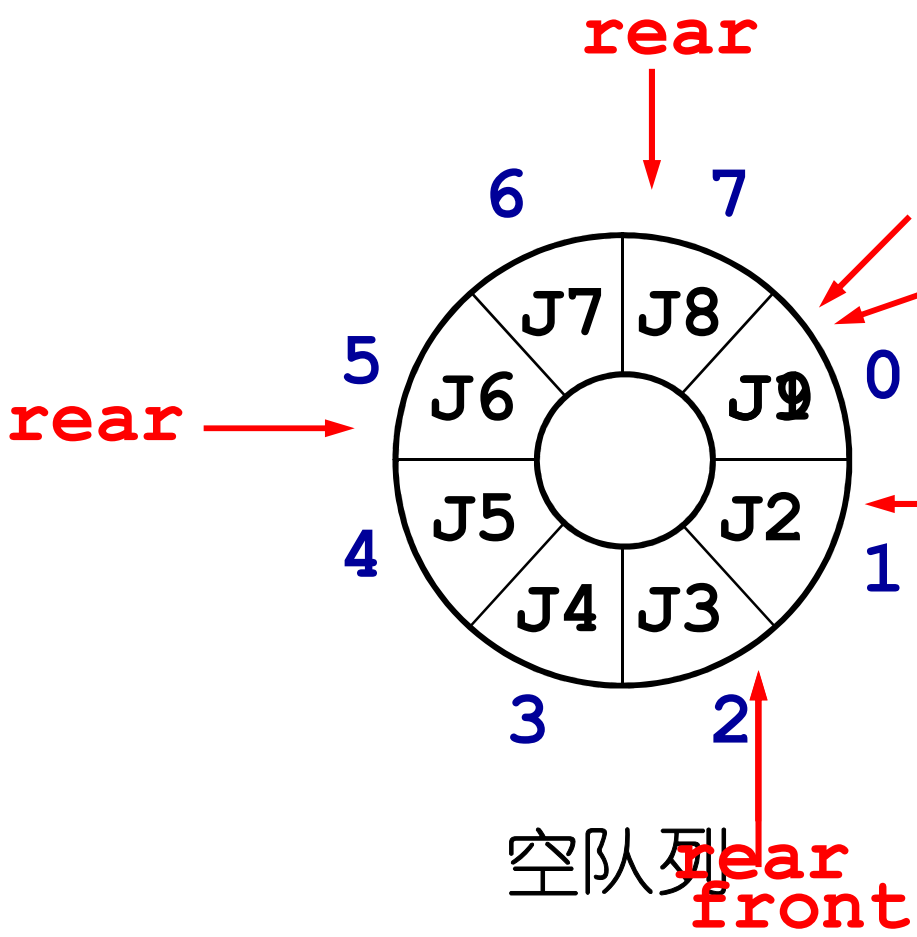
队列的表示：顺序表示

- 得到队列长度
  - 即元素个数

```
bool QueueLength(SqQueue Q)
{
  return
     (Q.rear - Q.front + Q.capacity)
     % Q.capacity;
}
```

队列的表示：顺序表示

- 得到队列长度



rear≠front时：

length=(rear-front+8)%8

=(7-2+8)%8=6

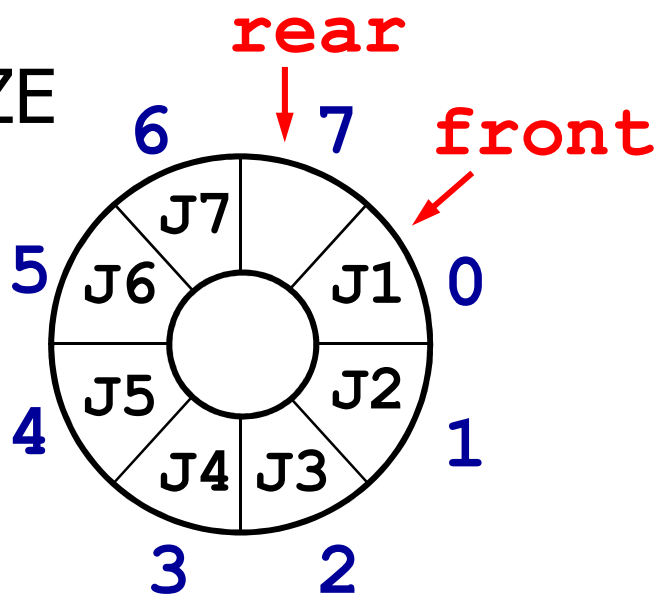
队列的表示：顺序表示

- 入队

```
bool EnQueue(SqQueue &Q,  ElemType e){
  if((Q.rear+1)%Q.capacity== Q.front){
      return false;  //队列满
  }
  Q.base[Q.rear] = e;
  Q.rear = (Q.rear + 1)%Q.capacity;
  return true;
}
```

队列的表示：顺序表示

- 注意
  - 满队列：**rear**下一个就是**front**
    - (rear+1) % MAXQSIZE == front
  - **rear**指向下一个单元
    - rear=(rear+1)%MAXQSIZE



队列的表示：顺序表示

- 出队

```
bool DeQueue(SqQueue &Q){
  if(Q.front == Q.rear)
      return false;    //空队列

  Q.front = (Q.front+1)%Q.capacity;
  return true;
}
```

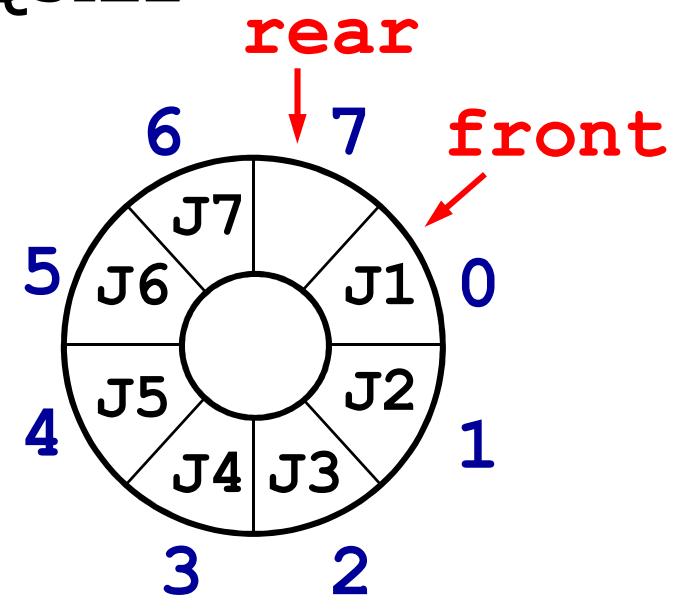
队列的表示：顺序表示

- 取队头

```
bool Front(SqQueue &Q,ElemType &e){
  if(Q.front == Q.rear)
      return false;    //空队列
  e = Q.base[Q.front];

  return true;
}
```

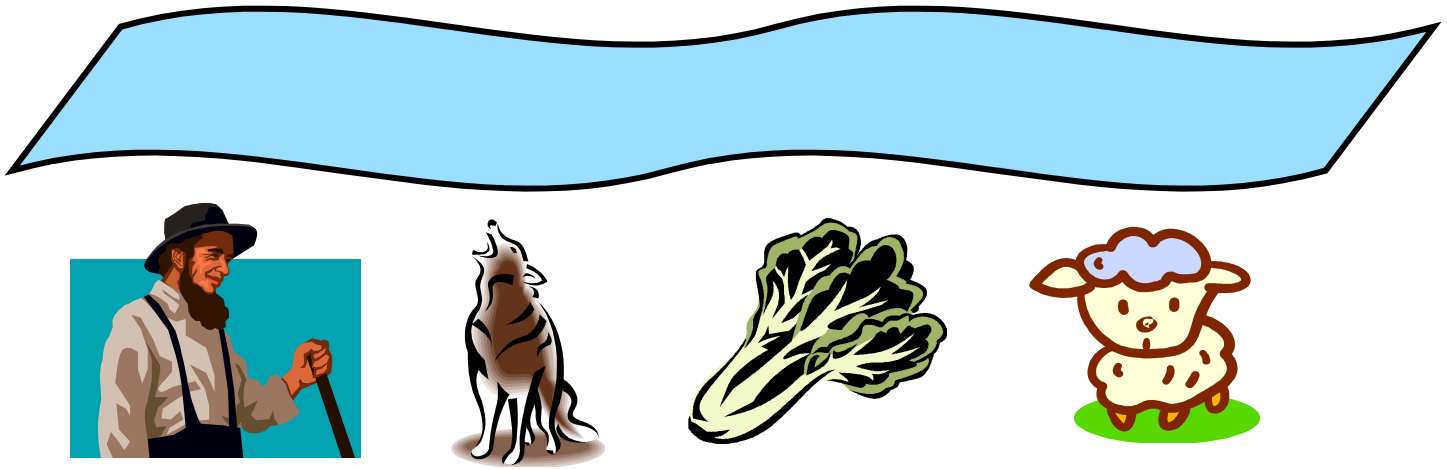
队列的表示：顺序表示

- 注意
  - 空队列：**rear==front**
  - **front**指向下一个单元
    - front = (front+1)%MAXQSIZE



农夫过河问题

- 一个农夫带着一只狼、一只羊和一棵白菜过河。如果没有农夫看管，则狼要吃羊，羊要吃白菜。但是船很小，只够农夫带一样东西过河。问农夫该如何解此难题？



安全与不安全状态

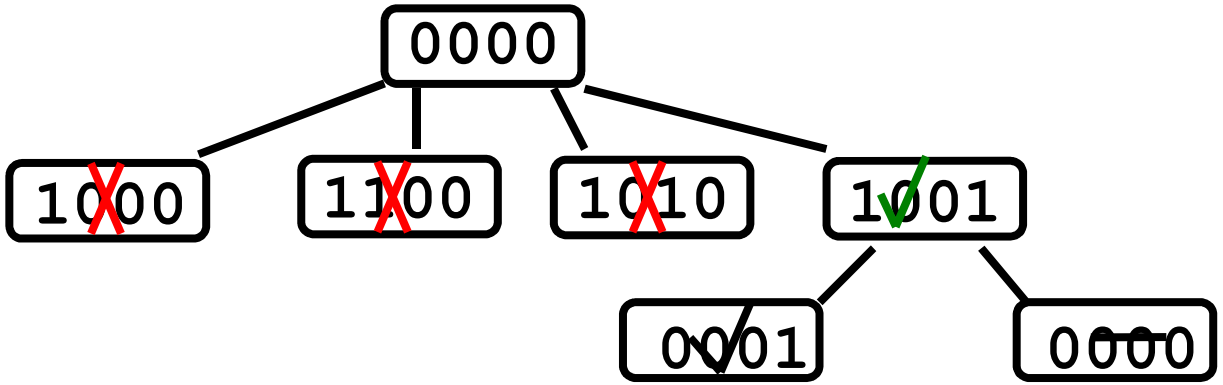
- 用四位二进制数顺序分别表示农夫、狼、白菜和羊的当前状态（位置）。用0表示在河的南岸，1表示在河的北岸。

例如整数5(其二进制表示为0101) 表示农夫和白菜在河的南岸，而狼和羊在北岸。

安全状态与不安全状态：单独留下白菜和羊，或单独留下狼和羊在某一岸的状态是不安全的

求解：状态空间搜索

从初始状态0（0000）出发搜索可能正确的安全状态过渡序列，直到最终状态16(1111)

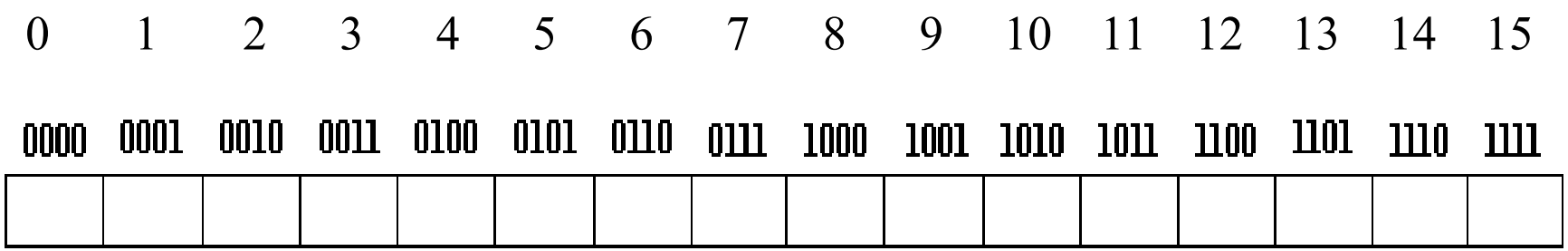


广度优先搜索：在搜索过程中总是先考虑当前状态的所有状态，再进一步考虑更后面的各种情况。

数据结构

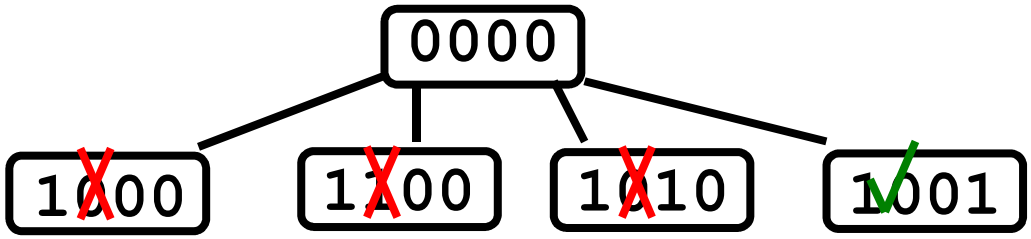
1).顺序表route[]：状态i是否已被访问过，若已被访问过则在这个顺序表元素中记入前驱状态值。

- route[i] = -1,表示未访问过;则 route[i] = pre,表示状态i已经访问过，且是从安全状态pre过渡来的。
- 最后可以利用route顺序表元素的值建立起正确的状态路径。



2)整数队列moveTo：每个元素表示可以安全到达的状态。

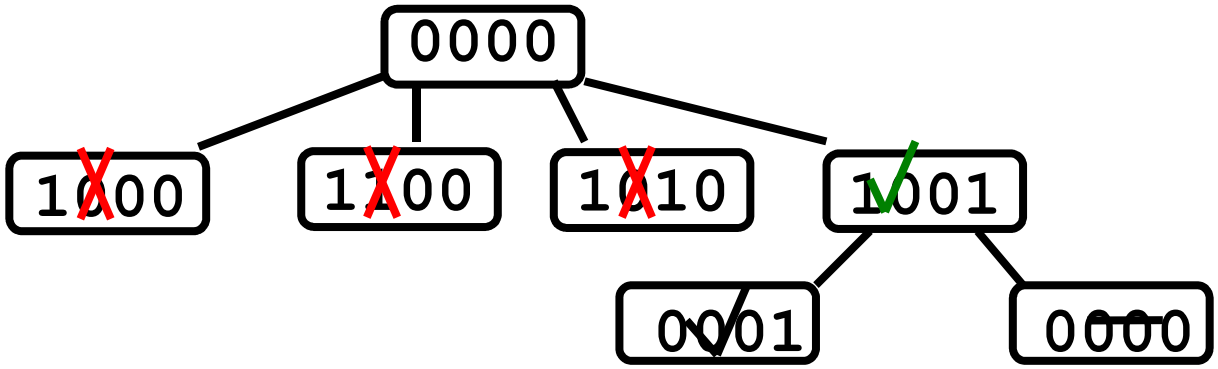
基于队列的状态遍历



0000

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

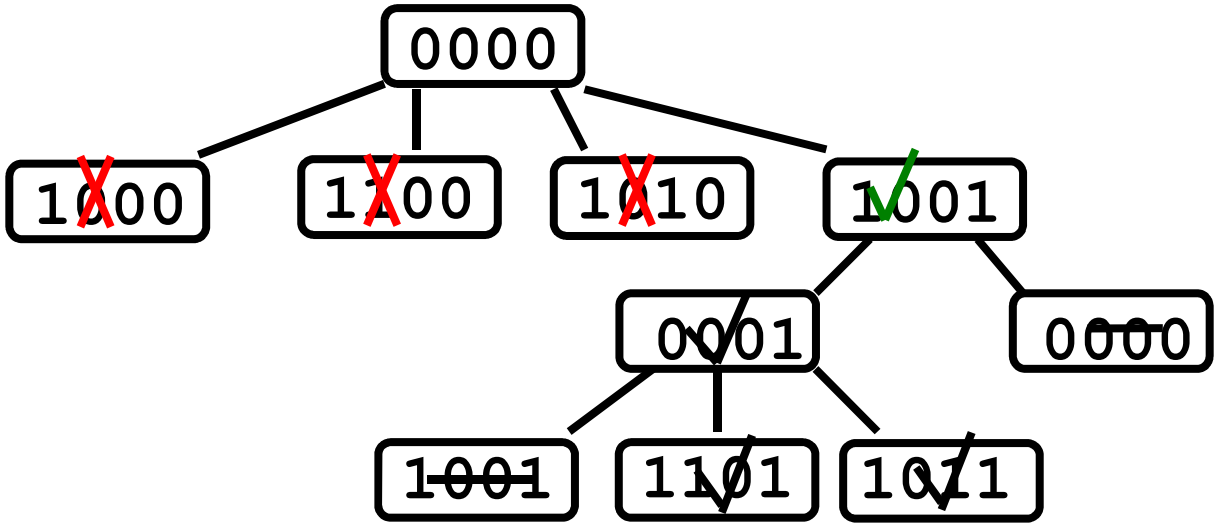
基于队列的状态遍历



1001

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1

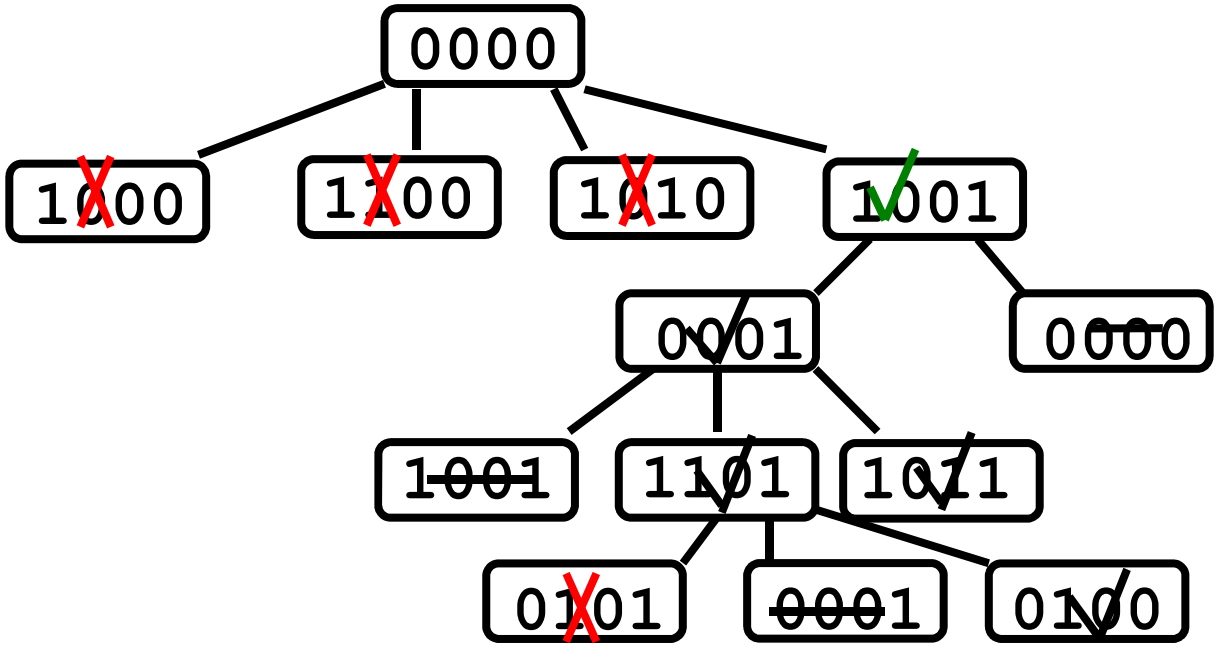
基于队列的状态遍历



0001

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1

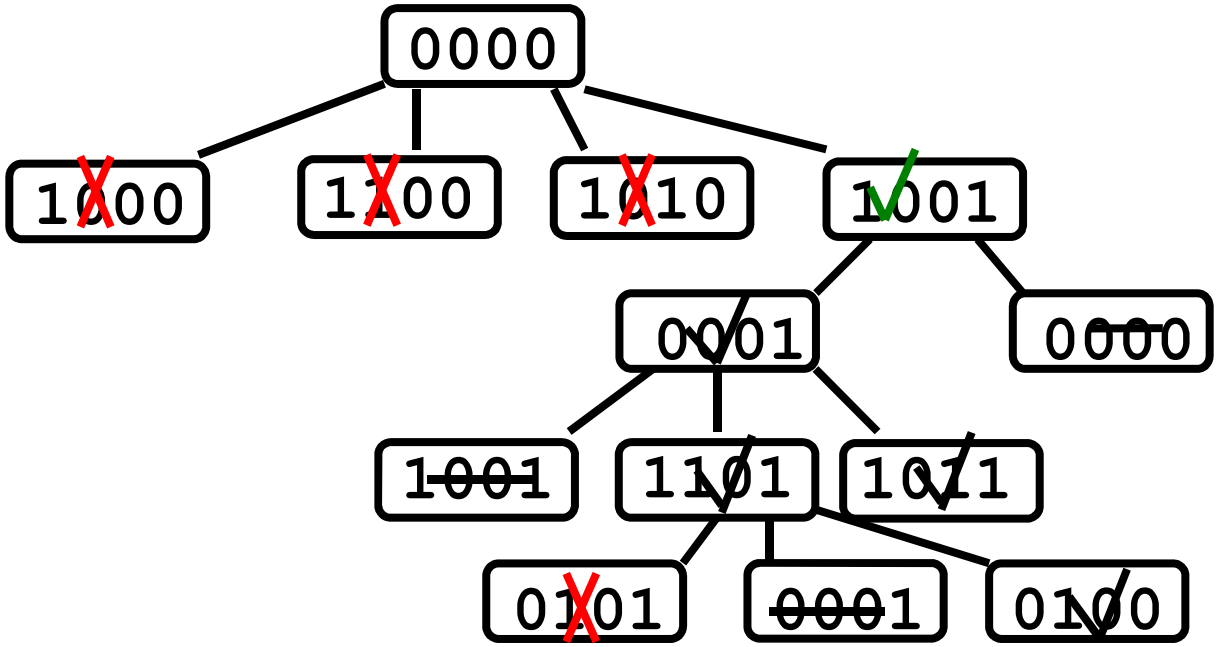
基于队列的状态遍历



1101 1011

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	1	-1	1	-1	-1

基于队列的状态遍历



1011 0100

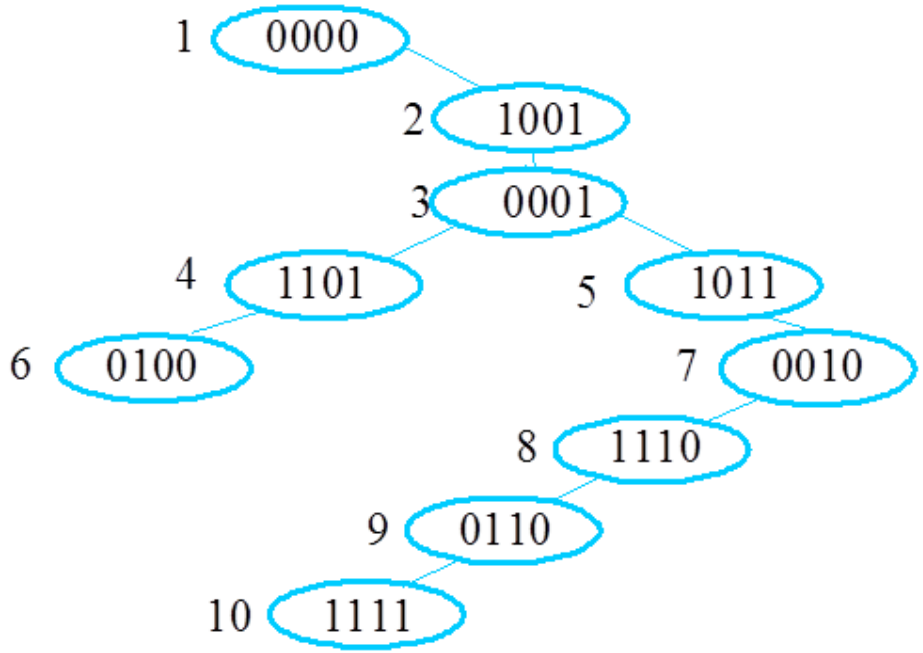
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	9	-1	-1	13	-1	-1	-1	-1	0	-1	1	-1	1	-1	-1

基于队列的状态遍历

Path：15，6，14，2，11，1，9，0

从初始状态0到最终状态15的动作序列为：

农夫把羊带到北岸;
农夫独自回到南岸;
农夫把白菜带到北岸;
农夫带着羊返回南岸;
农夫把狼带到北岸;
农夫独自返回南岸;
农夫把羊带到北岸。



广度优先搜索的结果和顺序

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	9	11	-1	13	-1	14	-1	-1	0	-1	1	-1	1	2	6

角色状态

从四位二进制整数检测每个对象是否在北岸。

```
bool farmer(int location) {                  1011
    return (0 != (location & 0x08));         1000
}
bool wolf(int location) {                    1011
    return (0 != (location & 0x04));         0100
}
bool cabbage(int location) {                 1011
    return (0 != (location & 0x02));         0010
}
bool goat(int location) {                    1011
    return (0 !=(location & 0x01));          0001
}
```

安全状态的判断

```
int safe(int location){//状态安全则返回1
 if((goat(location)==cabbage(location))
   &&(goat(location)!=farmer(location)))
         return 0;   // 羊吃白菜

 if((goat(location)==wolf(location))
   &&(goat(location)!=farmer(location)))
         return 0;   // 狼吃羊
  return 1;          // 其他状态是安全的
}
```

农夫过河算法

准备一个数组route记录路径
准备一个队列moveto记录多重选择
初始状态0(0000)加入moveTo和route

```
while(队列非空 && 还没到终止状态){
    state = DeQueue(moveTo);   //出队当前状态
    for(每个从state可以到达的状态newstate)
        if(newstate安全且未访问过) {
            EnQueue(moveTo, newstate);
            route[newstate] = state;
        }
}
```

输出结果

农夫过河算法

```
{初始化顺序表Route和安全队列moveTo;
初始安全状态0(0000)入队列moveTo, Route[0] = 0,
while(IsEmpty(moveTo)&&(route[15]==-1)){
  DeQueue(moveTo,location); //出队当前安全状态
  for(每个从location可以过渡到的状态newlocation)
    //农夫(附带同侧物品)移动
    if (newlocation安全且未访问过)
        EnQueue(moveTo, newlocation);
}
if(route[15]!=-1) //已经到达终点了, 打印路径
  for(location=15;location>=0;
     location=route[location]){
    printf("The location is : %d\n",location);
  if (location==0) return 1; }
else printf("问题无解\n");
}
```

```
int farmerProblem( ){
  int movers, i,location,  newlocation;

  int route[16];          /*记录已考虑的状态路径*/
  for(i=0;i<16;i++)     route[i]=-1;
  SqQueue   moveTo;
  InitQueue(moveTo);
  EnQueue(moveTo,0x00);

  route[0]=0;
  while(!QueueEmpty(moveTo)&&(route[15]==-1)){
        OutQueue(moveTo,location);/*得到现在的状态*/
        for(movers=1;movers<8;movers<<=1){
            1)……
        }
  }
  2)…
 }
```

```
    for(movers=1;movers<8;movers<<=1){
     /* 农夫总是在移动，随农夫移动的也只能是在农夫同侧的东西 */
      if ((0!=(location & 0x08))
          ==(0!=(location & movers)))
      {
         newlocation=location^(0x08|movers);
         if(safe(newlocation)
            &&(route[newlocation]==-1){
               route[newlocation]=location;
               EnQueue(moveTo,newlocation);
         }
      }
    }
}
```

```
 if(route[15]!=-1){ /* 打印出路径 */
   printf("The reverse path is : \n");

   for(location=15;location>=0;location=route[location])
   {
      printf("The location is :
                      %d\n",location);
      if(location==0) return 1;
   }
 }
 else   printf("No solution.\n");
 return 0;
}
```

队列的应用：农夫过河问题

- 思考
  - 广度优先搜索换成深度优先搜索呢？
  - 需要一个栈以回退到上级的状态，以便搜索上级状态的下一个子状态。