

# fhq treap

## 算法简介

fhq treap 的无旋版本，支持快速分裂、合并以及可持久化。

## 算法思想

fhq treap 保证深度的方法为给每个结点赋随机的优先级  $r$ 。权值方面 fhq treap 为二叉搜索树，优先级方面 fhq treap 为堆。

而当每个点的权值  $val$  和  $r$  确定后树的形态唯一，这与操作顺序无关。而由于  $r$  的随机性，保证了 fhq treap 的深度。

fhq treap 利用了 fhq treap 的这条性质，实现了  $O(\log n)$  的 split 和 merge。

```
void split(int k,int &k1,int &k2,int v){
    if(!k) return k1=k2=0,void();
    if(node[k].val<=v){
        k1=k;split(node[k].ch[1],node[k1].ch[1],k2,v);pushup(k1);
    }else{
        k2=k;split(node[k].ch[0],k1,node[k2].ch[0],v);pushup(k2);
    }
}
```

split 操作为根据权值  $v$  将 fhq treap 分成两部分。

每层 split 都会到达结点  $k$  的子节点，所以时间复杂度为原树的深度，根据 fhq treap 的性质，深度为  $O(\log n)$ 。

```
void merge(int &k,int k1,int k2){
    if(!k1||!k2) return k=k1|k2,void();
    if(node[k1].r>node[k2].r){
        k=k1;merge(node[k].ch[1],node[k1].ch[1],k2);pushup(k);
    }else{
        k=k2;merge(node[k].ch[0],k1,node[k2].ch[0]);pushup(k);
    }
}
```

merge 操作为合并两棵树，要求保证前一棵树的结点权值均小于后一棵树的结点权值。

每层 merge 都会到达结点  $k1$  或  $k2$  的子节点，所以时间复杂度为两树的深度和，根据 fhq treap 的性质，深度为  $O(\log n)$ 。

有了 split 和 merge 操作，不难得到其他操作。

# 代码模板

## 集合维护版本

洛谷p6136

```
#include <iostream>
#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <algorithm>
#include <string>
#include <sstream>
#include <cstring>
#include <cctype>
#include <cmath>
#include <vector>
#include <set>
#include <map>
#include <stack>
#include <queue>
#include <ctime>
#include <cassert>
#define _for(i,a,b) for(int i=(a);i<(b);++i)
#define _rep(i,a,b) for(int i=(a);i<=(b);++i)
#define mem(a,b) memset(a,b,sizeof(a))
using namespace std;
typedef long long LL;
inline int read_int(){
    int t=0;bool sign=false;char c=getchar();
    while(!isdigit(c)){sign|=c=='-';c=getchar();}
    while(isdigit(c)){t=(t<<1)+(t<<3)+(c&15);c=getchar();}
    return sign?-t:t;
}
inline LL read_LL(){
    LL t=0;bool sign=false;char c=getchar();
    while(!isdigit(c)){sign|=c=='-';c=getchar();}
    while(isdigit(c)){t=(t<<1)+(t<<3)+(c&15);c=getchar();}
    return sign?-t:t;
}
inline char get_char(){
    char c=getchar();
    while(c==' '||c=='\n'||c=='\r')c=getchar();
    return c;
}
inline void write(LL x){
    register char c[21],len=0;
    if(!x)return putchar('0'),void();
    if(x<0)x=-x,putchar('-');

```

```

while(x)c[++len]=x%10,x/=10;
while(len)putchar(c[len--]+48);
}
inline void space(LL x){write(x),putchar(' ');}
inline void enter(LL x){write(x),putchar('\n');}
const int MAXN=2e6+5;
struct fhq_treap{
    int root;
    struct Node{
        int val,r,sz,ch[2];
    }node[MAXN];
    int pool[MAXN],top,tot;
    int New(int v){
        int x=top?pool[top--]:++tot;
node[x].val=v,node[x].r=rand(),node[x].sz=1,node[x].ch[0]=node[x].ch[1]=0;
        return x;
    }
    void Del(int x){if(x)pool[++top]=x;}
    void pushup(int
k){node[k].sz=node[node[k].ch[0]].sz+node[node[k].ch[1]].sz+1;}
    void split(int k,int &k1,int &k2,int v){
        if(!k) return k1=k2=0,void();
        if(node[k].val<=v){
            k1=k;split(node[k].ch[1],node[k1].ch[1],k2,v);pushup(k1);
        }else{
            k2=k;split(node[k].ch[0],k1,node[k2].ch[0],v);pushup(k2);
        }
    }
    void merge(int &k,int k1,int k2){
        if(!k1||!k2)return k=k1|k2,void();
        if(node[k1].r>node[k2].r){
            k=k1;merge(node[k].ch[1],node[k1].ch[1],k2);pushup(k);
        }else{
            k=k2;merge(node[k].ch[0],k1,node[k2].ch[0]);pushup(k);
        }
    }
    void insert(int v){
        int lef,rig;
        split(root,lef,rig,v);
        merge(lef,lef,New(v));
        merge(root,lef,rig);
    }
    void erase(int v){
        int lef,mid,rig;
        split(root,lef,rig,v);
        split(lef,lef,mid,v-1);
        Del(mid);
        merge(mid,node[mid].ch[0],node[mid].ch[1]);
        merge(lef,lef,mid);
        merge(root,lef,rig);
    }
}

```

```
int rank(int v){
    int lef,rig,ans;
    split(root,lef,rig,v-1);
    ans=node[lef].sz+1;
    merge(root,lef,rig);
    return ans;
}
int kth(int rk){
    int pos=root;
    while(true){
        if(rk==node[node[pos].ch[0]].sz+1)return node[pos].val;
        else if(rk<node[node[pos].ch[0]].sz+1)pos=node[pos].ch[0];
        else rk-=node[node[pos].ch[0]].sz+1,pos=node[pos].ch[1];
    }
}
int pre(int v){
    int lef,rig,rk;
    split(root,lef,rig,v-1);
    rk=node[lef].sz;
    merge(root,lef,rig);
    return kth(rk);
}
int suf(int v){
    int lef,rig,rk;
    split(root,lef,rig,v);
    rk=node[lef].sz+1;
    merge(root,lef,rig);
    return kth(rk);
}
}tree;
int main()
{
    int n=read_int(),m=read_int(),opt,x,last=0,ans=0;
    while(n--){
        x=read_int();
        tree.insert(x);
    }
    while(m--){
        opt=read_int(),x=read_int()^last;
        switch(opt){
            case 1:
                tree.insert(x);
                break;
            case 2:
                tree.erase(x);
                break;
            case 3:
                ans^=(last=tree.rank(x));
                break;
            case 4:
```

```

        ans^=(last=tree.kth(x));
        break;
    case 5:
        ans^=(last=tree.pre(x));
        break;
    case 6:
        ans^=(last=tree.suf(x));
        break;
    }
}
enter(ans);
return 0;
}

```

## 序列维护版本

### 洛谷p3391

```

#include <iostream>
#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <algorithm>
#include <string>
#include <sstream>
#include <cstring>
#include <cctype>
#include <cmath>
#include <vector>
#include <set>
#include <map>
#include <stack>
#include <queue>
#include <ctime>
#include <cassert>
#define _for(i,a,b) for(int i=(a);i<(b);++i)
#define _rep(i,a,b) for(int i=(a);i<=(b);++i)
#define mem(a,b) memset(a,b,sizeof(a))
using namespace std;
typedef long long LL;
inline int read_int(){
    int t=0;bool sign=false;char c=getchar();
    while(!isdigit(c)){sign|=c=='-';c=getchar();}
    while(isdigit(c)){t=(t<<1)+(t<<3)+(c&15);c=getchar();}
    return sign?-t:t;
}
inline LL read_LL(){
    LL t=0;bool sign=false;char c=getchar();
    while(!isdigit(c)){sign|=c=='-';c=getchar();}
    while(isdigit(c)){t=(t<<1)+(t<<3)+(c&15);c=getchar();}
}

```

```
    return sign?-t:t;
}
inline char get_char(){
    char c=getchar();
    while(c==' ' || c=='\n' || c=='\r')c=getchar();
    return c;
}
inline void write(LL x){
    register char c[21],len=0;
    if(!x)return putchar('0'),void();
    if(x<0)x=-x,putchar('-');
    while(x)c[++len]=x%10,x/=10;
    while(len)putchar(c[len--]+48);
}
inline void space(LL x){write(x),putchar(' ');}
inline void enter(LL x){write(x),putchar('\n');}
const int MAXN=2e6+5;
struct fhq_treap{
    int root,tot;
    vector<int> sequence;
    struct Node{
        int r,val,sz,flip,ch[2];
    }node[MAXN];
    int New(int v){
        int x=++tot;
        node[x].val=v,node[x].r=rand(),node[x].sz=1;
        return x;
    }
    void pushup(int
k){node[k].sz=node[node[k].ch[0]].sz+node[node[k].ch[1]].sz+1;}
    void pushdown(int k){
        if(node[k].flip){
            swap(node[k].ch[0],node[k].ch[1]);
            node[node[k].ch[0]].flip^=1;
            node[node[k].ch[1]].flip^=1;
            node[k].flip=0;
        }
    }
    void split(int k,int &k1,int &k2,int rk){
        if(!k) return k1=k2=0,void();
        pushdown(k);
        if(node[node[k].ch[0]].sz+1<=rk){
            k1=k;split(node[k].ch[1],node[k1].ch[1],k2,rk-
node[node[k].ch[0]].sz-1);pushup(k1);
        }else{
            k2=k;split(node[k].ch[0],k1,node[k2].ch[0],rk);pushup(k2);
        }
    }
    void merge(int &k,int k1,int k2){
        if(!k1||!k2)return k=k1|k2,void();
```

```

        if(node[k1].r>node[k2].r){
pushdown(k1);k=k1;merge(node[k].ch[1],node[k1].ch[1],k2);pushup(k);
        }else{
pushdown(k2);k=k2;merge(node[k].ch[0],k1,node[k2].ch[0]);pushup(k);
        }
    }
    void build(){
        _for(i,0,sequence.size())
            merge(root,root,New(sequence[i]));
    }
    void Flip(int L,int R){
        int lef,mid,rig;
        split(root,lef,rig,R);
        split(lef,lef,mid,L-1);
        node[mid].flip^=1;
        merge(lef,lef,mid);
        merge(root,lef,rig);
    }
    void output(){
        sequence.clear();
        dfs(root);
    }
    void dfs(int k){
        if(!k) return;
        pushdown(k);
        dfs(node[k].ch[0]);
        sequence.push_back(node[k].val);
        dfs(node[k].ch[1]);
    }
}tree;
int main()
{
    int n=read_int(),m=read_int(),L,R;
    _rep(i,1,n)
        tree.sequence.push_back(i);
    tree.build();
    while(m--){
        L=read_int(),R=read_int();
        tree.Flip(L,R);
    }
    tree.output();
    _for(i,0,n)
        space(tree.sequence[i]);
    return 0;
}

```

From: <https://wiki.cvbbacm.com/> - **CVBB ACM Team**

Permanent link: [https://wiki.cvbbacm.com/doku.php?id=2020-2021:teams:legal\\_string:jxm2001:%E6%97%A0%E6%97%8Btreap&rev=1594203675](https://wiki.cvbbacm.com/doku.php?id=2020-2021:teams:legal_string:jxm2001:%E6%97%A0%E6%97%8Btreap&rev=1594203675) 

Last update: **2020/07/08 18:21**