

CS102

A Mars rover, likely a Curiosity rover, is shown on a rocky, orange-hued landscape. The rover is positioned in the center-left of the frame, facing right. It has six large, treaded wheels and a complex body with various instruments and cameras. The background shows a hazy, orange sky and distant, low hills. The overall color palette is dominated by shades of yellow and orange.

C++
算法

深度优先搜索

Depth-first Search

枚举问题

计数问题

例题：冠亚军

世界杯已进入4强争霸，输入4个队名，输出所有冠亚军搭配的可能性，每一行输出一种可能性:先冠军再亚军。行和行之间按照字典序排列。

输入样例

Brazil
Germany
Spain
Argentina

输出样例

Argentina Brazil
Argentina Germany
Argentina Spain
Brazil Argentina
Brazil Germany
Brazil Spain
Germany Argentina
Germany Brazil
Germany Spain
Spain Argentina
Spain Brazil
Spain Germany

如何枚举所有搭配

循环枚举

```
7  string team[N];  
8  for(int i=0;i<n;i++)cin>>team[i];  
9  sort(team,team+n);  
10 for(int i=0;i<n;i++)  
11     for(int j=0;j<n;j++)  
12         if(i!=j)  
13             cout<<team[i]<<" "<<team[j]<<endl;
```

例题：冠亚季军

世界杯已进入4强争霸，输入4个队名，输出**所有冠亚季军搭配**的可能性，每一行输出一种可能性：先冠军，亚军，再季军。行和行之间按照字典序排列。

输入样例

Brazil
Germany
Spain
Argentina

如何枚举所有搭配

输出样例

Argentina Brazil Germany
Argentina Brazil Spain
Argentina Germany Brazil
Argentina Germany Spain
Argentina Spain Brazil
Argentina Spain Germany
Brazil Argentina Germany
Brazil Argentina Spain
Brazil Germany Argentina
Brazil Germany Spain
Brazil Spain Argentina
Brazil Spain Germany
Germany Argentina Brazil
Germany Argentina Spain
Germany Brazil Argentina
Germany Brazil Spain
Germany Spain Argentina
Germany Spain Brazil
Spain Argentina Brazil
Spain Argentina Germany
Spain Brazil Argentina
Spain Brazil Germany
Spain Germany Argentina
Spain Germany Brazil

循环枚举

```
string team[N];  
for(int i=0;i<n;i++)cin>>team[i];  
sort(team,team+n);  
for(int i=0;i<n;i++)  
    for(int j=0;j<n;j++)if(i!=j)  
        for(int k=0;k<n;k++)if(k!=i&& k!=j)  
            cout<<team[i]<<" "<<team[j]<<" "<<te
```

例题：前m名

世界杯已进入8强争霸，输入m和8个队名，输出所有前m名的搭配可能性，每一行输出一种可能性:先冠军依次到第m名。行和行之间按照字典序排列。

输入样例

2

Mexico
Germany
Brazil
Argentina
China
Spain
Russia
France

输出样例

Argentina Brazil
Argentina China
Argentina France
Argentina Germany
Argentina Mexico
Argentina Russia
Argentina Spain
Brazil Argentina

.....

以下省略若干行

输入样例

3

Mexico
Germany
Brazil
Argentina
China
Spain
Russia
France

输出样例

Argentina Brazil China
Argentina Brazil France
Argentina Brazil Germany
Argentina Brazil Mexico
Argentina Brazil Russia
Argentina Brazil Spain
Argentina China Brazil

.....

以下省略若干行

如何枚举所有搭配

循环枚举

可以m层循环枚举吗？

m是变量
代码如何写出m层循环？

前m名： dfs实现m层枚举

```
5 string team[N];
6 int m,n=8,p[N];
7 bool vst[N];
8 void print(){
9     for(int i=0;i<m-1;i++)cout<<team[p[i]]<<" ";
10    cout<<team[p[m-1]]<<endl;
11 }
12 void dfs(int x){
13     if(x==m){print();return;}
14     for(int i=0;i<n;i++)
15         if(!vst[i]){
16             vst[i]=1;p[x]=i;
17             dfs(x+1);
18             vst[i]=0;
19         }
20 }
```

算法对比

循环多层枚举

for循环枚举第0位

for循环枚举第1位

for循环枚举第2位

for循环枚举第3位

for循环枚举第4位

.....

dfs多层枚举

dfs(0)内循环枚举第0位

dfs(1)内循环枚举第1位

dfs(2)内循环枚举第2位

dfs(3)内循环枚举第3位

dfs(4)内循环枚举第4位

.....

例题：一维染色

需要对一排 n 个格子进行染色。每个格子只可以是RGB这3种颜色之一。要求相邻两个格子不能同色，输入 n ，输出所有可能性，每行一种染色方法，按照字典序排列。 $n \leq 10$

输入样例
3

输出样例
BGB
BGR
BRB
BRG
GBG
GBR
GRB
GRG
RBG
RBR
RGB
RGR

如何枚举所有可能

算法：dfs枚举每一格的染色

dfs多层枚举

dfs(0)内循环枚举第0位

dfs(1)内循环枚举第1位

dfs(2)内循环枚举第2位

dfs(3)内循环枚举第3位

dfs(4)内循环枚举第4位

.....

```
3 #define N 15
4 #define nCOLORS 3
5 using namespace std;
6 char colors[nCOLORS]={'B','G','R'};
7 int n,p[N];
8 void print(){
9     for(int i=0;i<n;i++)cout<<colors[p[i]];
10    cout<<endl;
11 }
12 void dfs(int x){
13     if(x==n){print();return;}
14     for(int i=0;i<nCOLORS;i++){
15         if(x==0 || p[x-1]!=i){
16             p[x]=i;
17             dfs(x+1);
18         }
19     }
20 int main(){
```

例题：一维染色3格不同色

需要对一排 n 个格子进行染色。每个格子只可以是ABCD这4种颜色之一。要求连续3格不能出现同色。输入 n ，输出所有可能性，每行一种染色方法，按照字典序排列。 $n \leq 10$

输入样例
3

如何枚举所有可能

输出样例

ABC
ABD
ACB
ACD
ADB
ADC
BAC
BAD
BCA
BCD
BDA
BDC
CAB
CAD
CBA
CBD
CDA
CDB
DAB
DAC
DBA
DBC
DCA
DCB

算法：dfs枚举每一格的染色

dfs多层枚举

dfs(0)内循环枚举第0位

dfs(1)内循环枚举第1位

dfs(2)内循环枚举第2位

dfs(3)内循环枚举第3位

dfs(4)内循环枚举第4位

.....

代码填空

```
6 char colors[nCOLORS]={'A','B','C','D'};
7 int n,p[N];
8 void print(){
9     for(int i=0;i<n;i++)cout<<colors[p[i]];
10    cout<<endl;
11 }
12 void dfs(int x){
13     if(x==n){
14         for(int i=0;i<        ;i++)
15             if(
16                 p[x]=        ;
17                 dfs(        );
18             }
19 }
```


例题：一维染色有定色

需要对一排格子进行染色，有些格子已经有固定颜色了。每个格子只可以是**RGB**这3种颜色之一。要求相邻两格不能同色，输入一串字符**s**代表格子情况，**o**代表空格**RGB**代表已有固定色。输出所有可能性，每行一种染色方法，按照字典序排列。 $n \leq 10$

输入样例
RoR

输入样例
ooRG

输入样例
oBo

输出样例
RGR
RBR

输出样例
BGRG
GBRG
RBRG
RGRG

输出样例
GBG
GBR
RBG
RBR

如何枚举所有可能

算法：dfs枚举每一格的染色

dfs多层枚举

dfs(0)内循环枚举第0位

dfs(1)内循环枚举第1位

dfs(2)内循环枚举第2位

dfs(3)内循环枚举第3位

dfs(4)内循环枚举第4位

.....

代码填空

```
7  string s;
8  char colors[nCOLORS]={'B','G','R'};
9  int n,p[N];
10 void print(){
11     for(int i=0;i<n;i++)cout<<colors[p[i]];
12     cout<<endl;
13 }
14 void dfs(int x){
15     if(x==n){
16         if(p[x]>=0){
17             for(int i=0;i<        ;i++)
18                 if(        ){
19                     p[x]=        ;
20                     dfs(        );
21                     p[x]=        ;
22                 }
23 }
```

next_permutation功能

```
5  int n,p[N];
6  void print(){
7      for(int i=0;i<n-1;i++)cout<<p[i]<<" ";
8      cout<<p[n-1]<<endl;
9  }
10 int main(){
11     cin>>n;
12     for(int i=0;i<n;i++)p[i]=i+1;
13     do{
14         print();
15     }while(next_permutation(p,p+n));
16     return 0;
17 }
```

深度优先搜索

Depth-first Search

综合练习