

Resumen de algoritmos para torneos de programación

Andrés Mejía

28 de febrero de 2009

Índice

| | |
|--|-----------|
| 1. Teoría de números | 2 |
| 1.1. Big mod | 2 |
| 1.2. Criba de Eratóstenes | 2 |
| 1.3. Divisores de un número | 3 |
| 2. Combinatoria | 3 |
| 2.1. Cuadro resumen | 3 |
| 2.2. Combinaciones, coeficientes binomiales, triángulo de Pascal | 3 |
| 2.3. Permutaciones con elementos indistinguibles | 4 |
| 2.4. Desordenes, desarreglos o permutaciones completas | 4 |
| 3. Grafos | 4 |
| 3.1. Algoritmo de Dijkstra | 4 |
| 3.2. Minimum spanning tree: Algoritmo de Prim | 5 |
| 3.3. Minimum spanning tree: Algoritmo de Kruskal + Union-Find | 6 |
| 3.4. Algoritmo de Floyd-Warshall | 8 |
| 3.5. Algoritmo de Bellman-Ford | 8 |
| 3.6. Puntos de articulación | 9 |
| 3.7. Máximo flujo: Método de Ford-Fulkerson, algoritmo de Edmonds-Karp | 11 |
| 4. Programación dinámica | 13 |
| 4.1. Longest common subsequence | 13 |
| 4.2. Partición de troncos | 13 |
| 5. Geometría | 15 |
| 5.1. Área de un polígono | 15 |
| 5.2. Centro de masa de un polígono | 15 |
| 5.3. Convex hull: Graham Scan | 16 |
| 5.4. Convex hull: Andrew's monotone chain | 17 |
| 5.5. Mínima distancia entre un punto y un segmento | 18 |
| 5.6. Mínima distancia entre un punto y una recta | 19 |
| 5.7. Determinar si un polígono es convexo | 19 |
| 5.8. Determinar si un punto está dentro de un polígono convexo | 20 |
| 5.9. Determinar si un punto está dentro de un polígono cualquiera | 20 |
| 6. Estructuras de datos | 21 |
| 6.1. Árboles de Fenwick ó Binary indexed trees | 21 |
| 6.2. Segment tree | 22 |
| 7. Misceláneo | 23 |
| 7.1. El <i>parser</i> más rápido del mundo | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 8. Java | 25 |
| 8.1. Entrada desde entrada estándar | 25 |
| 8.2. Entrada desde archivo | 26 |
| 8.3. Mapas y sets | 26 |
| 8.4. Colas de prioridad | 27 |
| 9. C++ | 29 |
| 9.1. Entrada desde archivo | 29 |
| 9.2. Strings con caracteres especiales | 29 |

1. Teoría de números

1.1. Big mod

```
//retorna (b^p)mod(m)
// 0 <= b,p <= 2147483647
// 1 <= m <= 46340
long f(long b, long p, long m){
    long mask = 1;
    long pow2 = b % m;
    long r = 1;

    while (mask){
        if (p & mask)
            r = (r * pow2) % m;
        pow2 = (pow2*pow2) % m;
        mask <<= 1;
    }
    return r;
}
```

1.2. Criba de Eratóstenes

Field-testing:

- *SPOJ* - 2912 - Super Primes
- *Live Archive* - 3639 - Prime Path

Marca los números primos en un arreglo. Algunos tiempos de ejecución:

| SIZE | Tiempo (s) |
|-----------|------------|
| 100000 | 0.003 |
| 1000000 | 0.060 |
| 10000000 | 0.620 |
| 100000000 | 7.650 |

```
#include <iostream>

const int SIZE = 1000000;

//criba[i] = false si i es primo
bool criba[SIZE+1];

void buildCriba(){
    memset(criba, false, sizeof(criba));

    criba[0] = criba[1] = true;
    for (int i=4; i<=SIZE; i += 2){
```

```

        criba[i] = true;
    }
    for (int i=3; i*i<=SIZE; i += 2){
        if (!criba[i]){
            for (int j=i*i; j<=SIZE; j += i){
                criba[j] = true;
            }
        }
    }
}

```

1.3. Divisores de un número

Este algoritmo imprime todos los divisores de un número (en desorden) en $O(\sqrt{n})$. Hasta 4294967295 (máximo *unsigned long*) responde instantaneamente. Se puede forzar un poco más usando *unsigned long long* pero más allá de 10^{12} empieza a responder muy lento.

```

for (int i=1; i*i<=n; i++) {
    if (n%i == 0) {
        cout << i << endl;
        if (i*i<n) cout << (n/i) << endl;
    }
}

```

2. Combinatoria

2.1. Cuadro resumen

Fórmulas para combinaciones y permutaciones:

| <i>Tipo</i> | <i>¿Se permite la repetición?</i> | <i>Fórmula</i> |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| <i>r</i> -permutaciones | No | $\frac{n!}{(n-r)!}$ |
| <i>r</i> -combinaciones | No | $\frac{n!}{r!(n-r)!}$ |
| <i>r</i> -permutaciones | Sí | n^r |
| <i>r</i> -combinaciones | Sí | $\frac{(n+r-1)!}{r!(n-1)!}$ |

Tomado de *Matemática discreta y sus aplicaciones*, Kenneth Rosen, 5^{ta} edición, McGraw-Hill, página 315.

2.2. Combinaciones, coeficientes binomiales, triángulo de Pascal

Complejidad: $O(n^2)$

$$\binom{n}{k} = \begin{cases} 1 & k = 0 \\ 1 & n = k \\ \binom{n-1}{k-1} + \binom{n-1}{k} & \text{en otro caso} \end{cases}$$

```

const int N = 30;
long long choose[N+1][N+1];
/* Binomial coefficients */
for (int i=0; i<=N; ++i) choose[i][0] = choose[i][i] = 1;

```

```

for (int i=1; i<=N; ++i)
    for (int j=1; j<i; ++j)
        choose[i][j] = choose[i-1][j-1] + choose[i-1][j];

```

Nota: $\binom{n}{k}$ está indefinido en el código anterior si $n > k$. ¡La tabla puede estar llena con cualquier basura del compilador!

2.3. Permutaciones con elementos indistinguibles

El número de permutaciones diferentes de n objetos, donde hay n_1 objetos indistinguibles de tipo 1, n_2 objetos indistinguibles de tipo 2, ..., y n_k objetos indistinguibles de tipo k , es

$$\frac{n!}{n_1!n_2!\cdots n_k!}$$

Ejemplo: Con las letras de la palabra PROGRAMAR se pueden formar $\frac{9!}{2! \cdot 3!} = 30240$ permutaciones diferentes.

2.4. Desordenes, desarreglos o permutaciones completas

Un desarreglo es una permutación donde ningún elemento i está en la posición i -ésima. Por ejemplo, 4213 es un desarreglo de 4 elementos pero 3241 no lo es porque el 2 aparece en la posición 2.

Sea D_n el número de desarreglos de n elementos, entonces:

$$D_n = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ 0 & n = 1 \\ (n-1)(D_{n-1} + D_{n-2}) & n \geq 2 \end{cases}$$

Usando el principio de inclusión-exclusión, también se puede encontrar la fórmula

$$D_n = n! \left[1 - \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} - \frac{1}{3!} + \cdots + (-1)^n \frac{1}{n!} \right] = n! \sum_{i=0}^n \frac{(-1)^i}{i!}$$

3. Grafos

3.1. Algoritmo de Dijkstra

El peso de todas las aristas debe ser no negativo.

```

#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <queue>

```

```

using namespace std;

```

```

struct edge{
    int to, weight;
    edge() {}
    edge(int t, int w) : to(t), weight(w) {}
    bool operator < (const edge &that) const {
        return weight > that.weight;
    }
};

```

```

int main(){
    int N, C=0;
    scanf("%d", &N);
    while (N-- && ++C){

```

```

int n, m, s, t;
scanf("%d%d%d%d", &n, &m, &s, &t);
vector<edge> g[n];
while (m--){
    int u, v, w;
    scanf("%d%d%d", &u, &v, &w);
    g[u].push_back(edge(v, w));
    g[v].push_back(edge(u, w));
}

int d[n];
for (int i=0; i<n; ++i) d[i] = INT_MAX;
d[s] = 0;
priority_queue<edge> q;
q.push(edge(s, 0));
while (q.empty() == false){
    int node = q.top().to;
    int dist = q.top().weight;
    q.pop();

    if (dist > d[node]) continue;
    if (node == t) break;

    for (int i=0; i<g[node].size(); ++i){
        int to = g[node][i].to;
        int w_extra = g[node][i].weight;

        if (dist + w_extra < d[to]){
            d[to] = dist + w_extra;
            q.push(edge(to, d[to]));
        }
    }
}
printf("Case #%d: ", C);
if (d[t] < INT_MAX) printf("%d\n", d[t]);
else printf("unreachable\n");
}
return 0;
}

```

3.2. Minimum spanning tree: Algoritmo de Prim

```

#include <stdio.h>
#include <string>
#include <set>
#include <vector>
#include <queue>
#include <iostream>
#include <map>

using namespace std;

typedef string node;
typedef pair<double, node> edge;
typedef map<node, vector<edge> > graph;

```

```

int main(){
    double length;
    while (cin >> length){
        int cities;
        cin >> cities;
        graph g;
        for (int i=0; i<cities; ++i){
            string s;
            cin >> s;
            g[s] = vector<edge>();
        }
        int edges;
        cin >> edges;
        for (int i=0; i<edges; ++i){
            string u, v;
            double w;
            cin >> u >> v >> w;
            g[u].push_back(edge(w, v));
            g[v].push_back(edge(w, u));
        }

        double total = 0.0;
        priority_queue<edge, vector<edge>, greater<edge> > q;
        q.push(edge(0.0, g.begin()->first));
        set<node> visited;
        while (q.size()){
            node u = q.top().second;
            double w = q.top().first;
            q.pop(); ///!

            if (visited.count(u)) continue;

            visited.insert(u);
            total += w;
            vector<edge> &vecinos = g[u];
            for (int i=0; i<vecinos.size(); ++i){
                node v = vecinos[i].second;
                double w_extra = vecinos[i].first;
                if (visited.count(v) == 0){
                    q.push(edge(w_extra, v));
                }
            }
        }

        if (total > length){
            cout << "Not enough cable" << endl;
        }else{
            printf("Need%.11f miles of cable\n", total);
        }
    }
    return 0;
}

```

3.3. Minimum spanning tree: Algoritmo de Kruskal + Union-Find

```
#include <iostream>
```

```

#include <vector>
#include <algorithm>

using namespace std;

/*
Algoritmo de Kruskal, para encontrar el árbol de recubrimiento de mínima suma.
*/

struct edge{
    int start, end, weight;
    bool operator < (const edge &that) const {
        //Si se desea encontrar el árbol de recubrimiento de máxima suma, cambiar el < por
un >
        return weight < that.weight;
    }
};

/* Union find */
int p[10001], rank[10001];
void make_set(int x){ p[x] = x, rank[x] = 0; }
void link(int x, int y){ rank[x] > rank[y] ? p[y] = x : p[x] = y, rank[x] == rank[y] ?
rank[y]++; 0; }
int find_set(int x){ return x != p[x] ? p[x] = find_set(p[x]) : p[x]; }
void merge(int x, int y){ link(find_set(x), find_set(y)); }
/* End union find */

int main(){
    int c;
    cin >> c;
    while (c--){
        int n, m;
        cin >> n >> m;
        vector<edge> e;
        long long total = 0;
        while (m--){
            edge t;
            cin >> t.start >> t.end >> t.weight;
            e.push_back(t);
            total += t.weight;
        }
        sort(e.begin(), e.end());
        for (int i=0; i<=n; ++i){
            make_set(i);
        }
        for (int i=0; i<e.size(); ++i){
            int u = e[i].start, v = e[i].end, w = e[i].weight;
            if (find_set(u) != find_set(v)){
                //printf("Joining%d with%d using weight%d\n", u, v, w);
                total -= w;
                merge(u, v);
            }
        }
        cout << total << endl;
    }
}

```

```

    }
    return 0;
}

```

3.4. Algoritmo de Floyd-Warshall

Complejidad: $O(n^3)$

Se asume que no hay ciclos de costo negativo.

```

/*
    g[i][j] = Distancia entre el nodo i y el j.
*/
unsigned long long g[101][101];

void floyd(){
    //Llenar g
    //...

    for (int k=0; k<n; ++k){
        for (int i=0; i<n; ++i){
            for (int j=0; j<n; ++j){
                g[i][j] = min(g[i][j], g[i][k] + g[k][j]);
            }
        }
    }
}
/*
    Acá se cumple que g[i][j] = Longitud de la ruta más corta de i a j.
*/
}

```

3.5. Algoritmo de Bellman-Ford

Si no hay ciclos de coste negativo, encuentra la distancia más corta entre un nodo y todos los demás. Si sí hay, permite saberlo.

El coste de las aristas sí puede ser negativo.

```

struct edge{
    int u, v, w;
};

edge * e; //e = Arreglo de todas las aristas
long long d[300]; //Distancias
int n; //Cantidad de nodos
int m; //Cantidad de aristas

/*
    Retorna falso si hay un ciclo de costo negativo.

    Si retorna verdadero, entonces d[i] contiene la distancia más corta entre el s y el
    nodo i.
*/
bool bellman(int &s){
    //Llenar e
    e = new edge[n];
    //...

    for (int i=0; i<n; ++i) d[i] = INT_MAX;
    d[s] = 0LL;
}

```



```

for (int i=0; i<n-1; ++i){
    bool cambio = false;
    for (int j=0; j<m; ++j){
        int u = e[j].u, v = e[j].v;
        long long w = e[j].w;
        if (d[u] + w < d[v]){
            d[v] = d[u] + w;
            cambio = true;
        }
    }
    if (!cambio) break; //Early-exit
}

for (int j=0; j<m; ++j){
    int u = e[j].u, v = e[j].v;
    long long w = e[j].w;
    if (d[u] + w < d[v]) return false;
}

delete [] e;
return true;
}

```

3.6. Puntos de articulación

```

#include <vector>
#include <set>
#include <map>
#include <algorithm>
#include <iostream>
#include <iterator>

using namespace std;

typedef string node;
typedef map<node, vector<node> > graph;
typedef char color;

const color WHITE = 0, GRAY = 1, BLACK = 2;

graph g;
map<node, color> colors;
map<node, int> d, low;

set<node> cameras;

int timeCount;

void dfs(node v, bool isRoot = true){
    colors[v] = GRAY;
    d[v] = low[v] = ++timeCount;
    vector<node> neighbors = g[v];
    int count = 0;
    for (int i=0; i<neighbors.size(); ++i){
        if (colors[neighbors[i]] == WHITE){ // (v, neighbors[i]) is a tree edge
            dfs(neighbors[i], false);
            if (!isRoot && low[neighbors[i]] >= d[v]){

```

```

        cameras.insert(v);
    }
    low[v] = min(low[v], low[neighbors[i]]);
    ++count;
} else { // (v, neighbors[i]) is a back edge
    low[v] = min(low[v], d[neighbors[i]]);
}
}
if (isRoot && count > 1) { //Is root and has two neighbors in the DFS-tree
    cameras.insert(v);
}
colors[v] = BLACK;
}

int main(){
    int n;
    int map = 1;
    while (cin >> n && n > 0){
        if (map > 1) cout << endl;
        g.clear();
        colors.clear();
        d.clear();
        low.clear();
        timeCount = 0;
        while (n--){
            node v;
            cin >> v;
            colors[v] = WHITE;
            g[v] = vector<node>();
        }

        cin >> n;
        while (n--){
            node v,u;
            cin >> v >> u;
            g[v].push_back(u);
            g[u].push_back(v);
        }

        cameras.clear();

        for (graph::iterator i = g.begin(); i != g.end(); ++i){
            if (colors[(*i).first] == WHITE){
                dfs((*i).first);
            }
        }

        cout << "City map #" << map << ": " << cameras.size() << " camera(s) found" <<
endl;
        copy(cameras.begin(), cameras.end(), ostream_iterator<node>(cout, "\n"));
        ++map;
    }
    return 0;
}

```

3.7. Máximo flujo: Método de Ford-Fulkerson, algoritmo de Edmonds-Karp

El algoritmo de Edmonds-Karp es una modificación al método de Ford-Fulkerson. Este último utiliza DFS para hallar un camino de aumentación, pero la sugerencia de Edmonds-Karp es utilizar BFS que lo hace más eficiente en algunos grafos.

```
/*
    cap[i][j] = Capacidad de la arista (i, j).
    prev[i] = Predecesor del nodo i en un camino de aumentación.
*/
int cap[MAXN+1][MAXN+1], prev[MAXN+1];

vector<int> g[MAXN+1]; //Vecinos de cada nodo.
inline void link(int u, int v, int c){ cap[u][v] = c; g[u].push_back(v),
g[v].push_back(u); }
/*
    Notar que link crea las aristas (u, v) es (v, u) en el grafo g. Esto es necesario
    porque el algoritmo de Edmonds-Karp necesita mirar el "back-edge" (j, i) que se crea
    al bombear flujo a través de (i, j). Sin embargo, no modifica cap[v][u], porque se
    asume que el grafo es dirigido. Si es no-dirigido, hacer cap[u][v] = cap[v][u] = c.
*/

/*
    Método 1:

    Mantener la red residual, donde residual[i][j] = cuánto flujo extra puedo inyectar
    a través de la arista (i, j).

    Si empujo k unidades de i a j, entonces residual[i][j] -= k y residual[j][i] += k
    (Puedo "desempujar" las k unidades de j a i).

    Se puede modificar para que no utilice extra memoria en la tabla residual, sino
    que modifique directamente la tabla cap.
*/

int residual[MAXN+1][MAXN+1];
int fordFulkerson(int n, int s, int t){
    memcpy(residual, cap, sizeof cap);

    int ans = 0;
    while (true){
        fill(prev, prev+n, -1);
        queue<int> q;
        q.push(s);
        while (q.size() && prev[t] == -1){
            int u = q.front();
            q.pop();
            vector<int> &out = g[u];
            for (int k = 0, m = out.size(); k<m; ++k){
                int v = out[k];
                if (v != s && prev[v] == -1 && residual[u][v] > 0)
                    prev[v] = u, q.push(v);
            }
        }

        if (prev[t] == -1) break;
    }
}
```

```

    int bottleneck = INT_MAX;
    for (int v = t, u = prev[v]; u != -1; v = u, u = prev[v]){
        bottleneck = min(bottleneck, residual[u][v]);
    }
    for (int v = t, u = prev[v]; u != -1; v = u, u = prev[v]){
        residual[u][v] -= bottleneck;
        residual[v][u] += bottleneck;
    }
    ans += bottleneck;
}
return ans;
}

```

/*

Método 2:

Mantener la red de flujos, donde $flow[i][j]$ = Flujo que, err, fluye de i a j . Notar que $flow[i][j]$ puede ser negativo. Si esto pasa, es lo equivalente a decir que i "absorbe" flujo de j , o lo que es lo mismo, que hay flujo positivo de j a i .

En cualquier momento se cumple la propiedad de skew symmetry, es decir, $flow[i][j] = -flow[j][i]$. El flujo neto de i a j es entonces $flow[i][j]$.

*/

```

int flow[MAXN+1][MAXN+1];
int fordFulkerson(int n, int s, int t){
    //memset(flow, 0, sizeof flow);
    for (int i=0; i<n; ++i) fill(flow[i], flow[i]+n, 0);
    int ans = 0;
    while (true){
        fill(prev, prev+n, -1);
        queue<int> q;
        q.push(s);
        while (q.size() && prev[t] == -1){
            int u = q.front();
            q.pop();
            vector<int> &out = g[u];
            for (int k = 0, m = out.size(); k<m; ++k){
                int v = out[k];
                if (v != s && prev[v] == -1 && cap[u][v] > flow[u][v])
                    prev[v] = u, q.push(v);
            }
        }

        if (prev[t] == -1) break;

        int bottleneck = INT_MAX;
        for (int v = t, u = prev[v]; u != -1; v = u, u = prev[v]){
            bottleneck = min(bottleneck, cap[u][v] - flow[u][v]);
        }
        for (int v = t, u = prev[v]; u != -1; v = u, u = prev[v]){
            flow[u][v] += bottleneck;
            flow[v][u] = -flow[u][v];
        }
    }
}

```

```

    }
    ans += bottleneck;
}
return ans;
}

```

4. Programación dinámica

4.1. Longest common subsequence

```

#define MAX(a,b) ((a>b)?(a):(b))
int dp[1001][1001];

int lcs(const string &s, const string &t){
    int m = s.size(), n = t.size();
    if (m == 0 || n == 0) return 0;
    for (int i=0; i<=m; ++i)
        dp[i][0] = 0;
    for (int j=1; j<=n; ++j)
        dp[0][j] = 0;
    for (int i=0; i<m; ++i)
        for (int j=0; j<n; ++j)
            if (s[i] == t[j])
                dp[i+1][j+1] = dp[i][j]+1;
            else
                dp[i+1][j+1] = MAX(dp[i+1][j], dp[i][j+1]);
    return dp[m][n];
}

```

4.2. Partición de troncos

Este problema es similar al problema de *Matrix Chain Multiplication*. Se tiene un tronco de longitud n , y m puntos de corte en el tronco. Se puede hacer un corte a la vez, cuyo costo es igual a la longitud del tronco. ¿Cuál es el mínimo costo para partir todo el tronco en pedacitos individuales?

Ejemplo: Se tiene un tronco de longitud 10. Los puntos de corte son 2, 4, y 7. El mínimo costo para partirlo es 20, y se obtiene así:

- Partir el tronco (0, 10) por 4. Vale 10 y quedan los troncos (0, 4) y (4, 10).
- Partir el tronco (0, 4) por 2. Vale 4 y quedan los troncos (0, 2), (2, 4) y (4, 10).
- No hay que partir el tronco (0, 2).
- No hay que partir el tronco (2, 4).
- Partir el tronco (4, 10) por 7. Vale 6 y quedan los troncos (4, 7) y (7, 10).
- No hay que partir el tronco (4, 7).
- No hay que partir el tronco (7, 10).
- El costo total es $10 + 4 + 6 = 20$.

El algoritmo es $O(n^3)$, pero optimizable a $O(n^2)$ con una tabla adicional:

```

/*
O(n^3)

```

dp[i][j] = Mínimo costo de partir la cadena entre las particiones i e j, ambas incluidas.

```

*/
int dp[1005][1005];
int p[1005];

int cubic(){
    int n, m;
    while (scanf("%d%d", &n, &m)==2){
        p[0] = 0;
        for (int i=1; i<=m; ++i){
            scanf("%d", &p[i]);
        }
        p[m+1] = n;
        m += 2;

        for (int i=0; i<m; ++i){
            dp[i][i+1] = 0;
        }

        for (int i=m-2; i>=0; --i){
            for (int j=i+2; j<m; ++j){
                dp[i][j] = p[j]-p[i];
                int t = INT_MAX;
                for (int k=i+1; k<j; ++k){
                    t = min(t, dp[i][k] + dp[k][j]);
                }
                dp[i][j] += t;
            }
        }

        printf("%d\n", dp[0][m-1]);
    }
    return 0;
}

```

/*
 $O(n^2)$

dp[i][j] = Mínimo costo de partir la cadena entre las particiones i e j, ambas incluidas.

pivot[i][j] = Índice de la partición que usé para lograr dp[i][j].

```

*/
int dp[1005][1005], pivot[1005][1005];
int p[1005];

int quadratic(){
    int n, m;
    while (scanf("%d%d", &n, &m)==2){
        p[0] = 0;
        for (int i=1; i<=m; ++i){
            scanf("%d", &p[i]);
        }
        p[m+1] = n;
        m += 2;
    }
}

```

```

for (int i=0; i<m-1; ++i){
    dp[i][i+1] = 0;
}
for (int i=0; i<m-2; ++i){
    dp[i][i+2] = p[i+2] - p[i];
    pivot[i][i+2] = i+1;
}

for (int d=3; d<m; ++d){ //d = longitud
    for (int j, i=0; (j = i + d) < m; ++i){
        dp[i][j] = p[j] - p[i];
        int t = INT.MAX, s;
        for (int k=pivot[i][j-1]; k<=pivot[i+1][j]; ++k){
            int x = dp[i][k] + dp[k][j];
            if (x < t) t = x, s = k;
        }
        dp[i][j] += t, pivot[i][j] = s;
    }
}

printf("%d\n", dp[0][m-1]);
}
return 0;
}

```

5. Geometría

5.1. Área de un polígono

Si P es un polígono simple (no se intersecta a sí mismo) su área está dada por:

$$A(P) = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i \cdot y_{i+1} - x_{i+1} \cdot y_i)$$

*//P es un polígono ordenado anticlockwise.
 //Si es clockwise, retorna el area negativa.
 //Si no esta ordenado retorna pura mierda.
 //P[0] != P[n-1]*

```

double PolygonArea(const vector<point> &p){
    double r = 0.0;
    for (int i=0; i<p.size(); ++i){
        int j = (i+1) % p.size();
        r += p[i].x*p[j].y - p[j].x*p[i].y;
    }
    return r/2.0;
}

```

5.2. Centro de masa de un polígono

Si P es un polígono simple (no se intersecta a sí mismo) su centro de masa está dado por:

$$\bar{C}_x = \frac{\iint_R x dA}{M} = \frac{1}{6M} \sum_{i=1}^n (y_{i+1} - y_i)(x_{i+1}^2 + x_{i+1} \cdot x_i + x_i^2)$$

$$\bar{C}_y = \frac{\iint_R y dA}{M} = \frac{1}{6M} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i+1})(y_{i+1}^2 + y_{i+1} \cdot y_i + y_i^2)$$

Donde M es el área del polígono.

Otra posible fórmula equivalente:

$$\bar{C}_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i + x_{i+1})(x_i \cdot y_{i+1} - x_{i+1} \cdot y_i)$$

$$\bar{C}_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{n-1} (y_i + y_{i+1})(x_i \cdot y_{i+1} - x_{i+1} \cdot y_i)$$

5.3. Convex hull: Graham Scan

Complejidad: $O(n \log_2 n)$

```

/*
    Graham Scan.
*/
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm>
#include <iterator>
#include <math.h>
#include <stdio.h>

using namespace std;

const double pi = 2*acos(0);

struct point{
    int x,y;
    point() {}
    point(int X, int Y) : x(X), y(Y) {}
};

point pivot;

ostream& operator<< (ostream& out, const point& c)
{
    out << "(" << c.x << "," << c.y << ")";
    return out;
}

inline int distsqr(const point &a, const point &b){
    return (a.x - b.x)*(a.x - b.x) + (a.y - b.y)*(a.y - b.y);
}

inline double dist(const point &a, const point &b){
    return sqrt(distsqr(a, b));
}

//retorna > 0 si c esta a la izquierda del segmento AB
//retorna < 0 si c esta a la derecha del segmento AB
//retorna == 0 si c es colineal con el segmento AB
inline int cross(const point &a, const point &b, const point &c){
    return (b.x-a.x)*(c.y-a.y) - (c.x-a.x)*(b.y-a.y);
}

//Self < that si esta a la derecha del segmento Pivot-That
bool angleCmp(const point &self, const point &that){
    int t = cross(pivot, that, self);

```



```

    if (t < 0) return true;
    if (t == 0){
        //Self < that si está más cerquita
        return (distsqr(pivot, self) < distsqr(pivot, that));
    }
    return false;
}

vector<point> graham(vector<point> p){
    //Metemos el más abajo más a la izquierda en la posición 0
    for (int i=1; i<p.size(); ++i){
        if (p[i].y < p[0].y || (p[i].y == p[0].y && p[i].x < p[0].x ))
            swap(p[0], p[i]);
    }

    pivot = p[0];
    sort(p.begin(), p.end(), angleCmp);

    //Ordenar por ángulo y eliminar repetidos.
    //Si varios puntos tienen el mismo ángulo el más lejano queda después en la lista
    vector<point> hull(p.begin(), p.begin()+3);

    //Ahora sí!!!
    for (int i=3; i<p.size(); ++i){
        while ( hull.size() >= 2 && cross(hull[hull.size()-2], hull[hull.size()-1],
p[i]) <= 0){
            hull.erase(hull.end() - 1);
        }
        hull.push_back(p[i]);
    }
    //hull contiene los puntos del convex hull ordenados anti-clockwise.
    //No contiene ningún punto repetido.
    //El primer punto no es el mismo que el último, i.e, la última arista
    //va de hull[hull.size()-1] a hull[0]
    return hull;
}

```

5.4. Convex hull: Andrew's monotone chain

```

Complejidad:  $O(n \log_2 n)$ 
// Implementation of Monotone Chain Convex Hull algorithm.
#include <algorithm>
#include <vector>
using namespace std;

typedef long long CoordType;

struct Point {
    CoordType x, y;

    bool operator <(const Point &p) const {
        return x < p.x || (x == p.x && y < p.y);
    }
};

// 2D cross product.
// Return a positive value, if OAB makes a counter-clockwise turn,

```

```

// negative for clockwise turn, and zero if the points are collinear.
CoordType cross(const Point &O, const Point &A, const Point &B)
{
    return (A.x - O.x) * (B.y - O.y) - (A.y - O.y) * (B.x - O.x);
}

// Returns a list of points on the convex hull in counter-clockwise order.
// Note: the last point in the returned list is the same as the first one.
vector<Point> convexHull(vector<Point> P)
{
    int n = P.size(), k = 0;
    vector<Point> H(2*n);

    // Sort points lexicographically
    sort(P.begin(), P.end());

    // Build lower hull
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        while (k >= 2 && cross(H[k-2], H[k-1], P[i]) <= 0) k--;
        H[k++] = P[i];
    }

    // Build upper hull
    for (int i = n-2, t = k+1; i >= 0; i--) {
        while (k >= t && cross(H[k-2], H[k-1], P[i]) <= 0) k--;
        H[k++] = P[i];
    }

    H.resize(k);
    return H;
}

```

5.5. Mínima distancia entre un punto y un segmento

```

struct point{
    double x,y;
};

inline double dist(const point &a, const point &b){
    return sqrt((a.x-b.x)*(a.x-b.x) + (a.y-b.y)*(a.y-b.y));
}

inline double distsqr(const point &a, const point &b){
    return (a.x-b.x)*(a.x-b.x) + (a.y-b.y)*(a.y-b.y);
}

/*
    Returns the closest distance between point pnt and the segment that goes from point a
    to b
    Idea by: http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/geometry/pointline/
*/
double distance_point_to_segment(const point &a, const point &b, const point &pnt){
    double u = ((pnt.x - a.x)*(b.x - a.x) + (pnt.y - a.y)*(b.y - a.y)) / distsqr(a, b);
    point intersection;
    intersection.x = a.x + u*(b.x - a.x);
    intersection.y = a.y + u*(b.y - a.y);
    if (u < 0.0 || u > 1.0){

```

```

    return min(dist(a, pnt), dist(b, pnt));
}
return dist(pnt, intersection);
}

```

5.6. Mínima distancia entre un punto y una recta

```

/*
    Returns the closest distance between point pnt and the line that passes through points
    a and b
    Idea by: http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/geometry/pointline/
*/
double distance_point_to_line(const point &a, const point &b, const point &pnt){
    double u = ((pnt.x - a.x)*(b.x - a.x) + (pnt.y - a.y)*(b.y - a.y)) / distsq(a, b);
    point intersection;
    intersection.x = a.x + u*(b.x - a.x);
    intersection.y = a.y + u*(b.y - a.y);
    return dist(pnt, intersection);
}

```

5.7. Determinar si un polígono es convexo

```

/*
    Returns positive if a-b-c make a left turn.
    Returns negative if a-b-c make a right turn.
    Returns 0.0 if a-b-c are colinear.
*/
double turn(const point &a, const point &b, const point &c){
    double z = (b.x - a.x)*(c.y - a.y) - (b.y - a.y)*(c.x - a.x);
    if (fabs(z) < 1e-9) return 0.0;
    return z;
}

/*
    Returns true if polygon p is convex.
    False if it's concave or it can't be determined
    (For example, if all points are colinear we can't
    make a choice).
*/
bool isConvexPolygon(const vector<point> &p){
    int mask = 0;
    int n = p.size();
    for (int i=0; i<n; ++i){
        int j=(i+1)%n;
        int k=(i+2)%n;
        double z = turn(p[i], p[j], p[k]);
        if (z < 0.0){
            mask |= 1;
        }else if (z > 0.0){
            mask |= 2;
        }
        if (mask == 3) return false;
    }
    return mask != 0;
}

```

5.8. Determinar si un punto está dentro de un polígono convexo

```
/*
Returns true if point a is inside convex polygon p.
Note that if point a lies on the border of p it
is considered outside.

We assume p is convex! The result is useless if p
is concave.
*/
bool insideConvexPolygon(const vector<point> &p, const point &a){
    int mask = 0;
    for (int i=0; i<n; ++i){
        int j = (i+1)%n;
        double z = turn(p[i], p[j], a);
        if (z < 0.0){
            mask |= 1;
        }else if (z > 0.0){
            mask |= 2;
        }else if (z == 0.0) return false;
        if (mask == 3) return false;
    }
    return mask != 0;
}
```

5.9. Determinar si un punto está dentro de un polígono cualquiera

Field-testing:

- *TopCoder* - SRM 187 - Division 2 Hard - PointInPolygon

```
/******
 * Point *
*****
 * A simple point class used by some of the routines below.
 * Anything else that supports .x and .y will work just as
 * well. There are 2 variants - double and int.
**/
struct P { double x, y; P() {} ; P( double q, double w ) : x( q ), y( w ) {} };
struct P { int x, y; P() {} ; P( int q, int w ) : x( q ), y( w ) {} };

/******
 * Polar angle *
*****
 * Returns an angle in the range [0, 2*Pi) of a given Cartesian point.
 * If the point is (0,0), -1.0 is returned.
 * REQUIRES:
 * include math.h
 * define EPS 0.000000001, or your choice
 * P has members x and y.
**/
double polarAngle( P p )
{
    if( fabs( p.x ) <= EPS && fabs( p.y ) <= EPS ) return -1.0;
    if( fabs( p.x ) <= EPS ) return ( p.y > EPS ? 1.0 : 3.0 ) * acos( 0 );
    double theta = atan( 1.0 * p.y / p.x );
    if( p.x > EPS ) return( p.y >= -EPS ? theta : ( 4 * acos( 0 ) + theta ) );
    return( 2 * acos( 0 ) + theta );
}

/******
```

```

* Point inside polygon *
*****
* Returns true iff p is inside poly.
* PRE: The vertices of poly are ordered (either clockwise or
*       counter-clockwise.
* POST: Modify code inside to handle the special case of "on an edge".
* REQUIRES:
* polarAngle()
* include math.h
* include vector
* define EPS 0.000000001, or your choice
**/
bool pointInPoly( P p, vector< P > &poly )
{
    int n = poly.size();
    double ang = 0.0;
    for( int i = n - 1, j = 0; j < n; i = j++ )
    {
        P v( poly[i].x - p.x, poly[i].y - p.y );
        P w( poly[j].x - p.x, poly[j].y - p.y );
        double va = polarAngle( v );
        double wa = polarAngle( w );
        double xx = wa - va;
        if( va < -0.5 || wa < -0.5 || fabs( fabs( xx ) - 2 * acos( 0 ) ) < EPS )
        {
            // POINT IS ON THE EDGE
            assert( false );
            ang += 2 * acos( 0 );
            continue;
        }
        if( xx < -2 * acos( 0 ) ) ang += xx + 4 * acos( 0 );
        else if( xx > 2 * acos( 0 ) ) ang += xx - 4 * acos( 0 );
        else ang += xx;
    }
    return( ang * ang > 1.0 );
}

```

6. Estructuras de datos

6.1. Árboles de Fenwick ó Binary indexed trees

Se tiene un arreglo $\{a_0, a_1, \dots, a_{n-1}\}$. Los árboles de Fenwick permiten encontrar $\sum_{k=i}^j a_k$ en orden

$O(\log_2 n)$ para parejas de (i, j) con $i \leq j$. De la misma manera, permiten sumarle una cantidad a un a_i también en tiempo $O(\log_2 n)$.

```

class FenwickTree{
    vector<long long> v;
    int maxSize;

public:
    FenwickTree(int _maxSize) : maxSize(_maxSize+1) {
        v = vector<long long>(maxSize, 0LL);
    }

    void add(int where, long long what){
        for (where++; where <= maxSize; where += where & -where){
            v[where] += what;
        }
    }
}

```

```

long long query(int where){
    long long sum = v[0];
    for (where++; where > 0; where -= where & -where){
        sum += v[where];
    }
    return sum;
}

long long query(int from, int to){
    return query(to) - query(from-1);
}

};

```

6.2. Segment tree

```

#include <vector>
using namespace std;

class SegmentTree{
public:
    vector<int> arr, tree;
    int n;

    SegmentTree(){}
    SegmentTree(const vector<int> &arr) : arr(arr) {
        initialize();
    }

    //must be called after assigning a new arr.
    void initialize(){
        n = arr.size();
        tree.resize(4*n + 1);
        initialize(0, 0, n-1);
    }

    int query(int query_left, int query_right) const{
        return query(0, 0, n-1, query_left, query_right);
    }

    void update(int where, int what){
        update(0, 0, n-1, where, what);
    }

private:
    int initialize(int node, int node_left, int node_right);
    int query(int node, int node_left, int node_right, int query_left, int query_right)
const;
    void update(int node, int node_left, int node_right, int where, int what);
};

int SegmentTree::initialize(int node, int node_left, int node_right){
    if (node_left == node_right){
        tree[node] = node_left;
        return tree[node];
    }

```

```

    int half = (node_left + node_right) / 2;
    int ans_left = initialize(2*node+1, node_left, half);
    int ans_right = initialize(2*node+2, half+1, node_right);

    if (arr[ans_left] <= arr[ans_right]){
        tree[node] = ans_left;
    }else{
        tree[node] = ans_right;
    }
    return tree[node];
}

int SegmentTree::query(int node, int node_left, int node_right, int query_left, int
query_right) const{
    if (node_right < query_left || query_right < node_left) return -1;
    if (query_left <= node_left && node_right <= query_right) return tree[node];

    int half = (node_left + node_right) / 2;
    int ans_left = query(2*node+1, node_left, half, query_left, query_right);
    int ans_right = query(2*node+2, half+1, node_right, query_left, query_right);

    if (ans_left == -1) return ans_right;
    if (ans_right == -1) return ans_left;

    return (arr[ans_left] <= arr[ans_right] ? ans_left : ans_right);
}

void SegmentTree::update(int node, int node_left, int node_right, int where, int what){
    if (where < node_left || node_right < where) return;
    if (node_left == where && where == node_right){
        arr[where] = what;
        tree[node] = where;
        return;
    }
    int half = (node_left + node_right) / 2;
    if (where <= half){
        update(2*node+1, node_left, half, where, what);
    }else{
        update(2*node+2, half+1, node_right, where, what);
    }
    if (arr[tree[2*node+1]] <= arr[tree[2*node+2]]){
        tree[node] = tree[2*node+1];
    }else{
        tree[node] = tree[2*node+2];
    }
}
}

```

7. Misceláneo

7.1. El *parser* más rápido del mundo

- Cada no-terminal: un método
- Cada lado derecho:
 - invocar los métodos de los no-terminales o

- Cada terminal: invocar proceso *match*
- Alternativas en una producción: se hace un *if*

No funciona con gramáticas recursivas por izquierda ó en las que en algún momento haya varias posibles escogencias que empiezan por el mismo caracter (En ambos casos la gramática se puede factorizar).

Ejemplo: Para la gramática:

$$A \longrightarrow (A)A$$

$$A \longrightarrow \epsilon$$

```
//A -> (A)A | Epsilon

#include <iostream>
#include <string>

using namespace std;

bool ok;
char sgte;
int i;
string s;

bool match(char c){
    if (sgte != c){
        ok = false;
    }
    sgte = s[++i];
}

void A(){
    if (sgte == '('){
        match('(');
        A(); match(')'); A();
    }else if (sgte == '$' || sgte == ')'){
        //nada
    }else{
        ok = false;
    }
}

int main(){
    while(getline(cin, s) && s != ""){
        ok = true;
        s += '$';
        sgte = s[(i = 0)];
        A();
        if (i < s.length()-1) ok = false; //No consumi toda la cadena
        if (ok){
            cout << "Accepted\n";
        }else{
            cout << "Not accepted\n";
        }
    }
}
```


8. Java

8.1. Entrada desde entrada estándar

Este primer método es muy fácil pero es mucho más ineficiente porque utiliza Scanner en vez de BufferedReader:

```
import java.io.*;
import java.util.*;

class Main{
    public static void main(String[] args){
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        while (sc.hasNextLine()){
            String s= sc.nextLine();
            System.out.println("Leí: " + s);
        }
    }
}
```

Este segundo es más rápido:

```
import java.util.*;
import java.io.*;
import java.math.*;

class Main {
    public static void main(String[] args) throws IOException {
        BufferedReader reader = new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
        String line = reader.readLine();
        StringTokenizer tokenizer = new StringTokenizer(line);
        int N = Integer.valueOf(tokenizer.nextToken());
        while (N-- > 0){
            String a, b;
            a = reader.readLine();
            b = reader.readLine();

            int A = a.length(), B = b.length();
            if (B > A){
                System.out.println("0");
            }else{
                BigInteger dp[] [] = new BigInteger[2] [A];
                /*
                dp[i][j] = cantidad de maneras diferentes
                en que puedo distribuir las primeras i
                letras de la subsecuencia (b) terminando
                en la letra j de la secuencia original (a)
                */

                if (a.charAt(0) == b.charAt(0)){
                    dp[0][0] = BigInteger.ONE;
                }else{
                    dp[0][0] = BigInteger.ZERO;
                }
                for (int j=1; j<A; ++j){
                    dp[0][j] = dp[0][j-1];
                    if (a.charAt(j) == b.charAt(0)){
                        dp[0][j] = dp[0][j].add(BigInteger.ONE);
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        for (int i=1; i<B; ++i){
            dp[i%2][0] = BigInteger.ZERO;
            for (int j=1; j<A; ++j){
                dp[i%2][j] = dp[i%2][j-1];
                if (a.charAt(j) == b.charAt(i)){
                    dp[i%2][j] = dp[i%2][j].add(dp[(i+1)%2][j-1]);
                }
            }
        }
        System.out.println(dp[(B-1)%2][A-1].toString());
    }
}
}
}
}
}

```

8.2. Entrada desde archivo

```

import java.io.*;
import java.util.*;
public class BooleanTree {
    public static void main(String[] args) throws FileNotFoundException {
        System.setIn(new FileInputStream("tree.in"));
        System.setOut(new PrintStream("tree.out"));
        Scanner reader = new Scanner(System.in);
        N = reader.nextInt();
        for (int c = 1; c <= N; ++c) {
            int res = 100;
            if (res < 1000)
                System.out.println("Case #" + c + ": " + res);
            else
                System.out.println("Case #" + c + ": IMPOSSIBLE");
        }
    }
}

```

8.3. Mapas y sets

Programa de ejemplo:

```

import java.util.*;

public class Ejemplo {
    public static void main(String[] args){
        /*
         * Mapas
         * Tanto el HashMap como el TreeMap funcionan, pero tienen diferentes detalles
         * y difieren en algunos métodos (Ver API).
         */
        System.out.println("Maps");
        //TreeMap<String, Integer> m = new TreeMap<String, Integer>();
        HashMap<String, Integer> m = new HashMap<String, Integer>();
        m.put("Hola", new Integer(465));
        System.out.println("m.size() = " + m.size());

        if (m.containsKey("Hola")){
            System.out.println(m.get("Hola"));
        }
    }
}

```

```

System.out.println(m.get("Objeto inexistente"));

/*
 * Sets
 * La misma diferencia entre TreeSet y HashSet.
 */
System.out.println("\nSets");
/*
 * *OJO: El HashSet no está en orden, el TreeSet sí.
 */
//HashSet<Integer> s = new HashSet<Integer>();
TreeSet<Integer> s = new TreeSet<Integer>();
s.add(3576); s.add(new Integer("54")); s.add(new Integer(1000000007));

if (s.contains(54)){
    System.out.println("54 presente.");
}

if (s.isEmpty() == false){
    System.out.println("s.size() = " + s.size());
    Iterator<Integer> i = s.iterator();
    while (i.hasNext()){
        System.out.println(i.next());
        i.remove();
    }
    System.out.println("s.size() = " + s.size());
}
}
}

```

La salida de este programa es:

```

Maps
m.size() = 1
465
null

Sets
54 presente.
s.size() = 3
54
3576
1000000007
s.size() = 0

```

Si quiere usarse una clase propia como llave del mapa o como elemento del set, la clase debe implementar algunos métodos especiales: Si va a usarse un `TreeMap` ó `TreeSet` hay que implementar los métodos `compareTo` y `equals` de la interfaz `Comparable` como en la sección 8.4. Si va a usarse un `HashMap` ó `HashSet` hay más complicaciones.

Sugerencia: Inventar una manera de codificar y decodificar la clase en una `String` o un `Integer` y meter esa representación en el mapa o set: esas clases ya tienen los métodos implementados.

8.4. Colas de prioridad

Hay que implementar unos métodos. Veamos un ejemplo:

```

import java.util.*;

class Item implements Comparable<Item>{
    int destino, peso;

    Item(int destino, int peso){
        this.peso = peso;
        this.destino = destino;
    }
    /*
     * Implementamos toda la javazofia.
     */
    public int compareTo(Item otro){
        // Return < 0 si this < otro
        // Return 0 si this == otro
        // Return > 0 si this > otro
        return peso - otro.peso; /* Un nodo es menor que otro si tiene menos peso */
    }
    public boolean equals(Object otro){
        if (otro instanceof Item){
            Item ese = (Item)otro;
            return destino == ese.destino && peso == ese.peso;
        }
        return false;
    }
    public String toString(){
        return "peso = " + peso + ", destino = " + destino;
    }
}

class Ejemplo {
    public static void main(String[] args) {
        PriorityQueue<Item> q = new PriorityQueue<Item>();
        q.add(new Item(12, 0));
        q.add(new Item(4, 1876));
        q.add(new Item(13, 0));
        q.add(new Item(8, 0));
        q.add(new Item(7, 3));
        while (!q.isEmpty()){
            System.out.println(q.poll());
        }
    }
}

```

La salida de este programa es:

| |
|--------------------------|
| peso = 0, destino = 12 |
| peso = 0, destino = 8 |
| peso = 0, destino = 13 |
| peso = 3, destino = 7 |
| peso = 1876, destino = 4 |

Vemos que la función de comparación que definimos no tiene en cuenta **destino**, por eso no desempata cuando dos **Items** tienen el mismo **peso** si no que escoge cualquiera de manera arbitraria.

9. C++

9.1. Entrada desde archivo

```
#include <iostream>
#include <fstream>

using namespace std;

int _main(){
    freopen("entrada.in", "r", stdin);
    freopen("entrada.out", "w", stdout);

    string s;
    while (cin >> s){
        cout << "Leí " << s << endl;
    }
    return 0;
}

int main(){
    ifstream fin("entrada.in");
    ofstream fout("entrada.out");

    string s;
    while (fin >> s){
        fout << "Leí " << s << endl;
    }
    return 0;
}
```

9.2. Strings con caracteres especiales

```
#include <iostream>
#include <cassert>
#include <stdio.h>
#include <assert.h>
#include <wchar.h>
#include <wctype.h>
#include <locale.h>

using namespace std;

int main(){
    assert(setlocale(LC_ALL, "en_US.UTF-8") != NULL);
    wchar_t c;

    wstring s;
    while (getline(wcin, s)){
        wcout << L"Leí : " << s << endl;
        for (int i=0; i<s.size(); ++i){
            c = s[i];
            wprintf(L"%lc%lc\n", tolower(s[i]), towupper(s[i]));
        }
    }

    return 0;
}
```

```
}
```

Nota: Como alternativa a la función `getline`, se pueden utilizar las funciones `fgetws` y `fputws`, y más adelante `swscanf` y `wprintf`:

```
#include <iostream>
#include <cassert>
#include <stdio.h>
#include <assert.h>
#include <wchar.h>
#include <wctype.h>
#include <locale.h>

using namespace std;

int main(){
    assert(setlocale(LC_ALL, "en_US.UTF-8") != NULL);
    wchar_t in_buf[512], out_buf[512];
    swprintf(out_buf, 512, L"¿Podrías escribir un número?, Por ejemplo%d. ¡Gracias,
pingüino español!\n", 3);
    fputws(out_buf, stdout);

    fgetws(in_buf, 512, stdin);
    int n;
    swscanf(in_buf, L"%d", &n);

    swprintf(out_buf, 512, L"Escribiste%d, yo escribo ¿ÔÏàÚÑ~\n", n);
    fputws(out_buf, stdout);

    return 0;
}
```