Competitive Programming - Team Notebook

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas

Versão 1.1 - 2018

TEMPLATE

```
#include <bits/stdc++.h>

// Nome de Tipos
typedef long ll;
typedef unsigned long long ull;
typedef long double ld;
// Valores
#define INF 0x3F3F3F3F
#define LINF 0x3F3F3F3F3F3F3F3FLL
#define DINF (double)1e+30
#define EPS (double)1e-9
#define RAD(x) (double)(x*PI)/180.0
#define PCT(x,y) (double)x*100.0/y

// Atalhos
#define f first
#define s second
#define pb push_back
#define mp make_pair
#define l length()
#define forn(i, n) for ( int i = 0; i < (n); ++i )
#define fornx(i, x, n) for ( int i = (x); i < (n); ++i )


using namespace std;

int main(){
    freopen("input.txt", "r", stdin);
    freopen("output.txt", "w", stdout);

    return 0;
}
```

#FIM_TEMPLATE

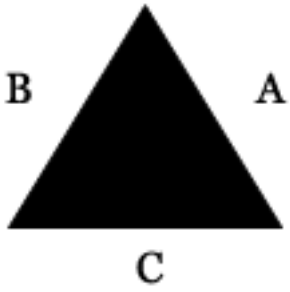
MATEMÁTICA

Divisão de números inteiros com resto negativo

```
int a, b, c;
int q, r;

cin >> a >> b;

q = a/b;
r = a%b;

if(r < 0){
    int c,d;
    c = (a < 0) ? a*-1 : a;
    d = (b < 0) ? b*-1 : b;

    q = (c+d)/d;
    r = (c - (q * d))*-1;

    q = (a*b > 0) ? q : q*-1;
}
```

Condição existência de triângulo(As três condições devem ser satisfeitas)

```
if(a-b) < c && (a+b) > c && (a-c) < b && (a+c) > b && (a-b) < c && (a+b) > c)
b-c < a < b+c
a-c < b < a+c
a-b < c < a+b
```




```
/* EXEMPLO DE PROGRAMA PARA VERIFICAR SE TRIANGULO EXISTE E SUA
CLASSIFICAÇÃO */
int max(int a, int b){
      return (a>b) ? a : b;
}
int min(int a, int b){
      return (a<b) ? a : b;
}

cin >> a >> b >> c;

// x > y > z
int x, y, z;

x = max(a, max(b,c));
z = min(a, min(b,c));
// a+b+c = soma total | -x - z = total-(maior+menor)
y = a + b + c - x - z;

if(x < (y + z)){
      if(x == y && y == z){
            cout << "Valido-Equilatero" << endl;
      }else if(x != y && x != z && y != z){
            cout << "Valido-Escaleno" << endl;
      }else{
            cout << "Valido-Isoceles" << endl;
      }
      // pitagoras x²=y²+z²
      if( (x*x) == ( (y*y)+(z*z) ) ){
```

```
            cout << "Retangulo: S" << endl;
      }else{
            cout << "Retangulo: N" << endl;
      }
}else{
      cout << "Invalido" << endl;
}
/* FIM DO EXEMPLO DE PROGRAMA PARA VERIFICAR SE TRIANGULO EXISTE E SUA CLASSIFICAÇÃO */
```

Comparação entre 2 valores tipo Double

```
bool comparaDouble(double val1, double val2, string cmp){
      if(cmp == "=="){
            return fabs(val1 - val2) < EPSILON;
      }else if(cmp == "<="){
            if(fabs(val1 - val2) < EPSILON){
                  return true;
            }else{
                  return val1 <= val2;
            }
      }else if(cmp == ">="){
            if(fabs(val1 - val2) < EPSILON){
                  return true;
            }else{
                  return val1 >= val2;
            }
      }
}
```

Primo rápido – O(√n)

```
bool e_primo(int x){
    if(x == 1)  return 0;
    //note que se o número for 2 ele não entra no loop, comportamento desejado
    for(int i = 2; i*i <= x; ++i){
        if(x % i == 0){ //se o resto de x por i for 0, então i divide x
        return 0;
      }
    }
    return 1;
}
```

Crivo de Erastótenes

```
// dados N e Q, com ambos menores que 10^6, teremos Q inteiros a, menores que N, e devemos
responder para cada um deles se ele é primo

bool e_composto[1000010];

void crivo(int n){
  // 1 não é composto, mas o vetor na verdade guarda os números que não são primos
  e_composto[1] = 1;
  for(int i = 2; i <= n; ++i){
    if(!e_composto[i]){
      for(int j = 2; j*i <= n; ++j){
        e_composto[i*j] = 1;
      }
    }
```

```
  }
  return;
}

int main(){
  int N, Q, a;
  cin >> N >> Q;
  crivo(N); // Complexidade O(n*log(log(n)))
  for(int i = 0; i < Q; ++i){ // Complexidade O(Q)
    cin >> a;
    // Se composto é falso, então é primo, caso contrário é composto.
    cout << !e_composto[a] << "\n";
  }

  return 0;
}
```

Checar se um dado bit está ligado

```
// Note que uma potência de 2 tem sempre apenas um bit igual a 1, dessa forma se queremos saber se o bit i está igual a 1 , precisamos apenas checar se o and dele e de 2^i é diferente de 0.

bool is_set(int x, int i){
  bool ret = ((x&(1 << i)) != 0);
  return ret;
}
```

Extrair o bit menos significante

```
// O bit menos significativo de um número é menor bit de um número igual a 1, chamamos ele de lsb. Exemplo:
// lsb(20) = lsb(10100) = 100 = 4

int lsb(int x){
  return x&-x;
}
```

Contar o número de bits iguais a 1

```
int count_bits(int x){
  int ret = 0;
  while(x != 0){
    ++ret;
    x -= x&-x;
  }
  return ret;
}
```

Checar se um número é potência de 2

```
bool is_power_of_two(int x){
  if(x == 0)  return 0;
  return ((x&(x - 1)) == 0)
}
```

Ligar um bit em um número

```
// É bem simples, basta o número receber ele or 2 elevado ao bit que queremos setar
int x, i;
cin >> x >> i;
x |= (1 << i);
```

Desligar o bit

```
int x, i;
cin >> x >> i;
x |= (1 << i); // Primeiro eu ligo o bit, caso ele esteja desligado
x ^= (1 << i); // Depois desligo o bit
```

OR nos Bits (|)
```
// a = 10010; b = 01110; a|b = 11110
```

AND nos bits (&)
```
// a = 10110; b = 10011; a&b = 10010
```

XOR nos bits (^)
```
// a = 10110; b = 10011; a^b = 00101
```

Shift Esquerdo (<<)
```
// a = 1; a = a << 8; a = 256, que em binário é 100000000
```

Shitf Direito (>>)
```
// b = 260; b >>= 3; b = 32, que em binário é 100000
```

Arredondamento para cima
```
ceil(numero)
```

Número de casas decimais de um número
```
ceil(log10(numero+1))
```

Zerar conteúdo de um array 2d
```
memset(array, 0, sizeof(array[0][0]) * n * n)
```

Zerar conteúdo de um array 1d
```
memset(array, 0, sizeof(array))
```

Quando dividir dois números float ou double colocar o .0 mesmo que não tenha casas depois da vírgula. Caso contrário a divisão não vai ser efetuada corretamente
```
// 1/6=0
// 1.0/6.0=0,1666667
```

Conversão inteiro para hexadecimal
```
cout << hex << v
// Considerando v um inteiro
```

"scientific" adiciona notação científica ao cout
```
cout << scientific => 5e+2;
```

"fixed" adiciona casas decimais fixas no número(deve ser usado com setprecision)
```
cout << fixed << setprecision(2);  => 5.00;
```

Volume do cilindro
```
pi * r² * h
```

Área Total
A = Ab + Al = 2πr(2+h)
Ab = 2·πr2
Al = 2πr·h

Somatório de Feynman para saber quantos quadrados diferentes existem em um quadriculado de N x N quadrados
```
(n*(n+1)*((2*n)+1))/6
```

Somatório de um intervalo [a,b] inclusivo
```
((a + b) * (b - a + 1)) / 2
```

Distância entre 2 pontos
```
sqrt(pow((xf-xi),2) + pow((yf-yi),2))
```

Conversão cartesiano para polar
// r = $\sqrt{(a^2 + b^2)}$
// ø = tg-1 b/a

Conversão polar para cartesiano
// a = r cos ø
// b = r sem ø

Número de permutações de um conjunto
// dados um grupo de 4 pessoas, de quantas **for**mas podemos colocá-los em fila?
// P(n, k) = n!/(n-k)!
// k = número de elementos para permuta; n = número total de elementos

Número de combinações de um conjunto
// x = n!/(n-k)!k!

Tricks do cmath
```
// Quando um número for muito grande usar powl ao invés de pow. powl terá mais precisão
powl(a, b)
(int)round(p, (1.0/n)) // nth raíz de p
```

Máximo entre dois números
```
int max(int a, int b) { return a>b ? a:b; }
```

Mínimo entre dois números
```
int min(int a, int b) { return a<b ? a:b; }
```

Números primos menores que 100
```
// there are 25 numbers
2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37,
41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89, 97
```

Maior divisor comum – GCD
```
int gcd(int a, int b)
{
  if (b==0) return a;
  else return gcd(b, a%b);
}
```

Menor divisor comum – LCM
```
int lcm(int a, int b)
{
   return a*b/gcd(a,b);
}
```

A^b mod p

```
long powmod(long base, long exp, long modulus) {
      base %= modulus;
      long result = 1;
      while (exp > 0) {
      if (exp & 1) result = (result * base) % modulus;
            base = (base * base) % modulus;
            exp >>= 1;
      }
      return result;
}
```

n! mod p

```
      int factmod (int n, int p) {
      long long res = 1;
      while (n > 1) {
            res = (res * powmod (p-1, n/p, p)) % p;
            for (int i=2; i<=n%p; ++i)
            res=(res*i) %p;
            n /= p;
      }
      return int (res % p);
}
```

Fatorização de primos

```
vector<int> factors(int n) {
      vector<int> f;
      for (int x = 2; x*x <= n; x++) {
            while (n%x == 0) {
            f.push_back(x);
            n /= x;
            }
      }
      if (n > 1) f.push_back(n);
      return f;
}
```

#FIM_MATEMATICA

LIMITES C++

name	expresses	value*
CHAR_BIT	Number of bits in a char object (byte)	8 or greater*
SCHAR_MIN	Minimum value **for** an object of type signed char	-127 (-2^7+1) or less*
SCHAR_MAX	Maximum value **for** an object of type signed char	127 (2^7-1) or greater*
UCHAR_MAX	Maximum value **for** an object of type unsigned char	255 (2^8-1) or greater*
CHAR_MIN	Minimum value **for** an object of type char	either SCHAR_MIN or 0
CHAR_MAX	Maximum value **for** an object of type char	either SCHAR_MAX or UCHAR_MAX
MB_LEN_MAX	Maximum number of bytes in a multibyte character, **for** any locale	1 or greater*
SHRT_MIN	Minimum value **for** an object of type short int	-32767 ($-2^{15}+1$) or less*
SHRT_MAX	Maximum value **for** an object of type short int	32767 ($2^{15}-1$) or greater*
USHRT_MAX	Maximum value **for** an object of type unsigned short int	65535 ($2^{16}-1$) or greater*
INT_MIN	Minimum value **for** an object of type int	-32767 ($-2^{15}+1$) or less*
INT_MAX	Maximum value **for** an object of type int	32767 ($2^{15}-1$) or greater*
UINT_MAX	Maximum value **for** an object of type unsigned int	65535 ($2^{16}-1$) or greater*
LONG_MIN	Minimum value **for** an object of type long int	-2147483647 ($-2^{31}+1$) or less*
LONG_MAX	Maximum value **for** an object of type long int	2147483647 ($2^{31}-1$) or greater*
ULONG_MAX	Maximum value **for** an object of type unsigned long int	4294967295 ($2^{32}-1$) or greater*
LLONG_MIN	Minimum value **for** an object of type long long int	-9223372036854775807 ($-2^{63}+1$) or less*
LLONG_MAX	Maximum value **for** an object of type long long int	9223372036854775807 ($2^{63}-1$) or greater*
ULLONG_MAX	Maximum value **for** an object of type unsigned long long int	18446744073709551615 ($2^{64}-1$) or greater*

// the actual value depends on the particular system and library implementation, but shall reflect the limits of these types in the target platform.

//LLONG_MIN, LLONG_MAX and ULLONG_MAX are defined **for** libraries complying with the C standard of 1999 or later (which only includes the C++ standard since 2011: C++11).

#FIM_LIMITES_C++

STRINGS

Dividir uma string de acordo com um token

```
std::string s = "scott>=tiger>=mushroom";
std::string delimiter = ">=";

size_t pos = 0;
std::string token;
while ((pos = s.find(delimiter)) != std::string::npos) {
    token = s.substr(0, pos);
    std::cout << token << std::endl;
    s.erase(0, pos + delimiter.length());
}
std::cout << s << std::endl;
```

Uppercase funciona em um cout
```
cout << uppercase << "a"
```

streamstream utilizado para converter strings
```
stringstream ss(line) // Adiciona a string line ao stringstream
ss >> x // converte a string em um float(x = long double)
```

Inversão de números pode ser feita utilizado 2 strings e invertendo suas posições(ou pegando %10 e fazendo *10)

Conversões

String para int
```
stoi(string, 0, 10)
```

String para long long
```
stoll(string, 0, 10)
```

String para unsigned int
```
stoul(string, 0, 10)
```

String para unsigned long long
```
stoull(string, 0, 10)
```

Char para int
```
var_char - 48 ou ((var_char - '0') % 48)
```

Int para String
```
int a = 10;
stringstream ss;
ss << a;
string str = ss.str();
```

Caracteres minúsculo
```
tolower(char)
```

Caracteres maiúsculo
```
toupper(char)
```

Apagar um intervalo de uma string
```
n.erase(pos_inicio, pos_fim);
// pos_inicio e pos_fim são inteiros que representam posições
```

Remover um caracter de toda a string

```
n.erase(remove(n.begin(), n.end(), caracter_a_ser_removido), n.end());
// caracter_a_ser_removido representa uma variável do tipo char, com o caracter à ser removido da string
```

Verificar se uma string está vazia

```
n.empty() // Retona true ou false
```

Inverter String

```
reverse(str1.begin(), str1.end());
```

Criar uma nova string a partir de um intervalo de outra string

```
string str1 = line.substr(0,meio);
```

Verificar se caracter está entre [A-z]

```
(line[i] >= 65 && line[i] <= 90) || (line[i] >= 97 && line[i] <= 122)
```

Busca

```
unsigned int find(const string &s2, unsigned int pos1 = 0);
unsigned int rfind(const string &s2, unsigned int pos1 = end);
unsigned int find_first_of(const string &s2, unsigned int pos1 = 0);
unsigned int find_last_of(const string &s2, unsigned int pos1 = end);
unsigned int find_first_not_of(const string &s2, unsigned int pos1 = 0);
unsigned int find_last_not_of(const string &s2, unsigned int pos1 = end);
```

Insert, Erase, Replace

```
string& insert(unsigned int pos1, const string &s2);
string& insert(unsigned int pos1, unsigned int repetitions, char c);
string& erase(unsigned int pos = 0, unsigned int len = npos);
string& replace(unsigned int pos1, unsigned int len1, const string &s2);
string& replace(unsigned int pos1, unsigned int len1, unsigned int repetitions, char c);
```

String streams

```
stringstream s1;
int i = 22;
s1 << "Hello world! " << i;
cout << s1.str() << endl;
```

#FIM_STRINGS
ESTRUTURAS

Verificar se elemento existe em um vetor
```
find(uniao.begin(), uniao.end(), 1) != uniao.end()
// Esse código verifica se o número 1 existe no vetor uniao (retorna true se existe, falso se não existe)
```

Código para apagar elementos duplicados em um vetor
```
sort( uniao.begin(), uniao.end() );
uniao.erase( unique( uniao.begin(), uniao.end() ), uniao.end() );
```

Ordenar vector
```
sort(notas.begin(), notas.end());
```

Ordenar vetor forma decrescente
```
sort(p.begin(), p.end(), greater<int>());
```

Excluir primeiro elemento de um vector
```
notas.erase(notas.begin());
```

Excluir ultimo elemento de um vector
```
notas.pop_back();
```

Alterar tamanho de um vector
```
V.resize(10); //Muda o tamanho do vector V para 10.
```

Busca em um vector
```
iterator find(iterator first, iterator last, const T &value);
iterator find_if(iterator first, iterator last, const T &value, TestFunction test);
bool binary_search(iterator first, iterator last, const T &value);
bool binary_search(iterator first, iterator last, const T &value, LessThanOrEqualFunction comp);
```

Deque array dinâmico que funciona como vector mas, tem os métodos push_front() e pop_front()

Definição de um pair
```
pair<string, int> P
```

Leitura de um pair
```
cin>>P.first>>P.second
```

Utilizando pair de pair
```
pair<string, pair<double, double>> P; //Cria uma variável pair
P.first = "Joao"; //Nome de um aluno
P.second.first = 8.2; //Primeira nota do aluno
P.second.second = 10; //Segunda nota do aluno
```

Criando pair com dois valores
```
make_pair(a,b)
```

Fila
```
queue<int> fila; // Declaração da fila
fila.push(10); // Adicionando um elemento ao final da fila
fila.pop(); // Retira o primeiro elemento
fila.front(); // Retorna o primeiro elemento da fila
fila.empty(); // Verifica se a fila está vazia
```

Pilha

```
stack<int> pilha; // Declaração da pilha
pilha.push(10); // Adicionado um elemento ao topo da pilha
pilha.pop(); // Retira o elemento do topo da pilha
pilha.top(); // Retorna o elemento do topo da pilha
pilha.empty(); // Verifica se a pilha está vazia
```

SET

```
// busca, inserção e deleção em complexidade O(log n)
// Mantém os elementos ordenados e não permite elementos duplicados
set<int> S; // Declaração do SET
S.insert(10); // Adiciona um elemento
if(S.find(3) != S.end()) // Se 3 está no conjunto
S.erase(10); // Apaga o elemento do SET
// clear(): Apaga todos os elementos.
// size(): Retorna a quantidade de elementos.
// begin(): Retorna um ponteiro para o inicio do set
// end(): Retorna um ponteiro para o final do set
```

Map

```
// Map é uma variação da estrutura set e sua implementação também é feita utilizando Red-
Black Trees. A principal diferença entre um set e um map é o segundo armazena os conjuntos
chave, valor e o primeiro apenas chave.

map<string, int> M; // Declaração
M.insert(make_pair("Alana", 10)); //Inserimos uma variável do tipo pair diretamente no map
M["Alana"] = 10; // Relacionando o valor 10 à chave "Alana"
if(M.find("Alana") != M.end()) //Se a chave "Alana" foi inserida no map
cout<<M["Alana"]<<"\n"; //Imprime o valor da chave "Alana", no caso, o valor 10.
M.erase("Alana"); //Apaga o elemento que possui a chave "Alana" do map
// clear(): Apaga todos os elementos.
// size(): Retorna a quantidade de elementos.
// begin(): Retorna um ponteiro para o inicio do map
// end(): Retorna um ponteiro para o final do map
```

For em map

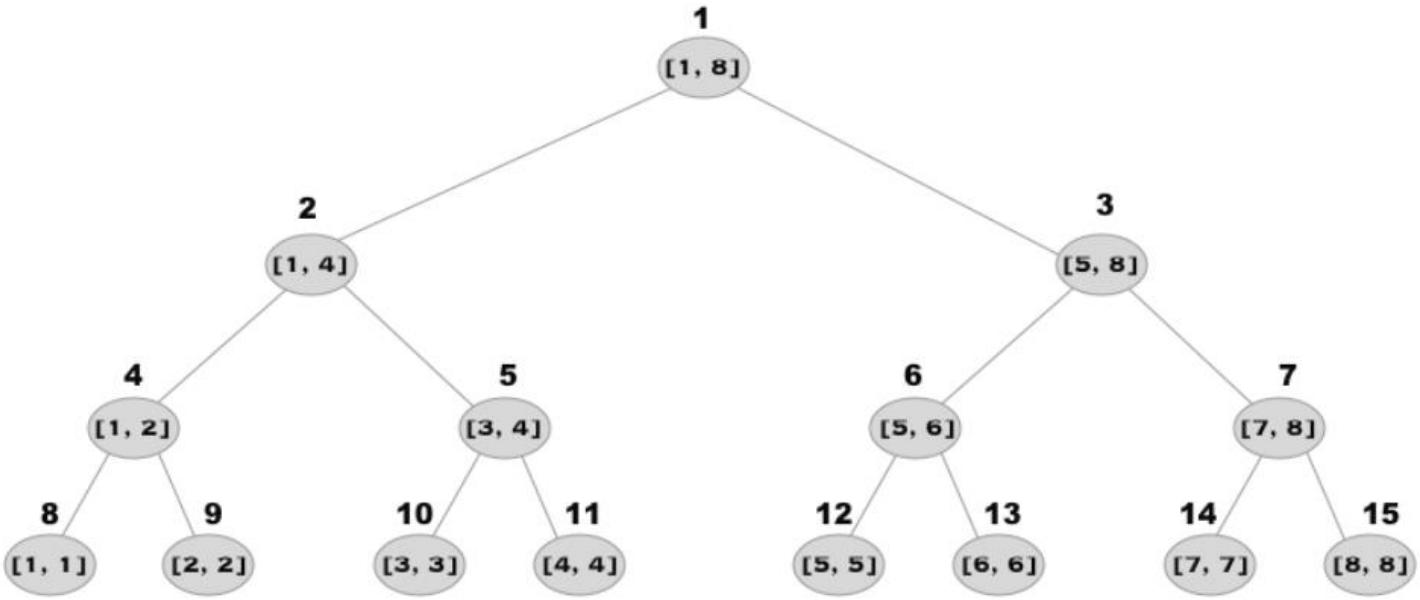
```
for (map<string,int>::iterator it=M.begin(); it!=M.end(); ++it){
    cout << "(" << it->first << ", " << it->second << ") ";
}
```

Fila de prioridades

Para utilizar a priority_queue do C++ é importante apenas saber que o maior elemento sempre estará na primeiro posição. Com exeção disso, todos os outros métodos são semelhantes ao uso de uma queue comum, porém para manter a estrutura organizada, a complexidade da operação de inserção é O(log n).

```
priority_queue< pair<int, string> > pokemon;
pokemon.push(make_pair(poder, nome));
pokemon.top();
pokemon.pop();
```

Árvore de Segmentos




```
// Encontra o valor mínimo em um interval em O(log n).

// acao[i] representa o preço da ação de índice i
// arvore[i] representa o valor contido no nó i da árvore.
// Ou seja, arvore[i] contém o índice da ação mais barata
// no intervalo representado pelo nó i

// (no) representa o nó que estamos na função recursiva
// o nó que estamos representa o segmento [i, j]
// A função coloca altera o valor da ação de índice (posicao)
// para (novo_valor) e altera a árvore de acordo com o necessário

void atualiza(int no, int i, int j, int posicao, int novo_valor){
      // se tivermos i = j, temos i = posicao = j. Logo, estamos no nó mais baixo da ávore
      if(i == j){
            arvore[no] = i;
            acao[posicao] = novo_valor;
      }

      else{

            int esquerda = 2*no;     // índice do filho da esquerda
            int direita  = 2*no + 1; // índice do filho da direita

            int meio = (i + j)/2;

            if(posicao <= meio) atualiza(esquerda, i, meio, posicao, novo_valor);


            else atualiza(direita, meio+1, j, posicao, novo_valor);

            if( acao[ arvore[esquerda] ] < acao[ arvore[direita] ] ) arvore[no] =
arvore[esquerda];
            else arvore[no] = arvore[direita];
      }

}
```

```
int consulta(int no, int i, int j, int A, int B){

      if(A <= i && j <= B){
            return arvore[no];
      }

      if(i > B || A > j){
            return -1;
      }
      int esquerda = 2*no;
      int direita  = 2*no + 1;
      int meio = (i + j)/2;
      int resposta_esquerda = consulta(esquerda, i, meio, A, B);
      int resposta_direita  = consulta(direita, meio+1, j, A, B);

      if(resposta_esquerda == -1) return resposta_direita;
      if(resposta_direita == -1)  return resposta_esquerda;
      if(acao[resposta_esquerda] < acao[resposta_direita]) return resposta_esquerda;
      else return resposta_direita;
}
```

Árvore de Indexação Binária (BIT)

```
// Dado um intervalo 1 a N. Permite adicionar valores aos elementos do intervalo e, efetuar
o somatório de um intervalo intermediário entre 1 e N em O(log n).

int soma(int x){
      int s = 0;
      // vamos reduzindo x até acabarmos (quando chegamos a zero)
      while(x > 0){
            s += arvore[x]; // adicionamos o pedaço de árvore atual à soma
            x -= (x & -x);  // removemos o bit menos significante
      }
}
void atualiza(int x, int v){ // adicionar v frutas a caixa x
      while(x <= N){ // nosso teto, que é quando vamos parar de rodar o algoritmo
            arvore[x] += v; // adicionamos v frutas a arvore[x], como devemos
            x += (x & -x);  // atualizamos o valor de x adicionado ele ao seu LSB
      }
}
```

Lazy Propagation

```
// Você tem caixas N de frutas, númeradas de 1 a N, e duas possíveis operações.

//Operação 1: adicionar v frutas a cada uma das caixas de índice entre a e b(inclusive).
//Operação 2: responder quantas frutas existem nas caixas de índice entre a e b(inclusive).

// com Lazy Propagation, uma adaptação que se faz na Árvore de Segmentos que permite fazer
ambas as operações em O(log n)

// arvore[i] representa o valor contido no nó i da árvore.
// Ou seja, se o nó i representa o intervalo [X, Y],
// arvore[i] representa a soma das caixas de X a Y

// lazy[i] representa a soma de todas as operações
```

```
// atrasadas que devemos fazer ao nó i

// (no) representa o nó que estamos na função recursiva
// o nó que estamos representa o segmento [i, j]

// vamos somar (valor) a cada um dos índices no intervalo [a, b]

void atualiza(int no, int i, int j, int a, int b, int valor){

	int esquerda = 2*no;     // índice do filho da esquerda
	int direita  = 2*no + 1; // índice do filho da direita
	int meio = (i + j)/2;
	if(lazy[no]){
		arvore[no] += lazy[no]*(j - i + 1);
		if(i != j){
			lazy[direita]  += lazy[no];
			lazy[esquerda] += lazy[no];
		}
		lazy[no] = 0;
	}
	if(i > j || i > b || a > j) return;
	if(a <= i && j <= b){
		arvore[no] += valor*(j-i+1);
		if(i != j){
			lazy[direita] += valor;
			lazy[esquerda] += valor;
		}
	}
	else{
		// atualizamos o filho da esquerda
		atualiza(esquerda,      i, meio, a, b, valor);
		// atualizamos o filho da direita
		atualiza( direita, meio+1,    j, a, b, valor);
		// atualizamos o nó que estamos

		arvore[no] = arvore[esquerda] + arvore[direita];
	}

}

// queremos saber a soma de todos os valores de índice no intervalo [A, B]
int consulta(int no, int i, int j, int a, int b){

	int esquerda = 2*no;     // índice do filho da esquerda
	int direita  = 2*no + 1; // índice do filho da direita
	int meio = (i + j)/2;
	if(lazy[no]){
		arvore[no] += lazy[no]*(j - i + 1);
		if(i != j){
			lazy[direita]  += lazy[no];
			lazy[esquerda] += lazy[no];
		}
		lazy[no] = 0;
	}
	if(i > j || i > b || a > j) return 0;
	if(a <= i && j <= b)
		return arvore[no];

	else{

		int soma_esquerda = consulta(esquerda,      i, meio, a, b);
```

```
            int soma_direita  = consulta( direita, meio+1,    j, a, b);
            return soma_esquerda + soma_direita;
      }
}
```

Sort em structs

```
Sort em structs
-Criar struct
typedef struct {
    int moradores;
    int gastoss;
    int media;
} Imovel;
-Definir comparator para a struct
bool cmp(Imovel const & x,Imovel const & y){
    if(x.media < y.media) {
        return true;
    }
    else {
        return false;
    }
}
// Efetuar o sort no main
Imovel imoveis[10];
sort(&imoveis[0],&imoveis[10], cmp);
```

#FIM_ESTRUTURAS

MISC/ADHOC

Tabela ASCII

Caracter	Dec	Oct	Hex	Caracter	Dec	Oct	Hex	Caracter	Dec	Oct	Hex	Caracter	Dec	Oct	Hex
(nul)	0	0	0x00	@	64	100	0x40	Ç	128	200	0x80	+	192	300	0xc0
(soh)	1	1	0x01	A	65	101	0x41	ü	129	201	0x81	-	193	301	0xc1
(stx)	2	2	0x02	B	66	102	0x42	é	130	202	0x82	-	194	302	0xc2
(etx)	3	3	0x03	C	67	103	0x43	â	131	203	0x83	+	195	303	0xc3
(eot)	4	4	0x04	D	68	104	0x44	ä	132	204	0x84	-	196	304	0xc4
(enq)	5	5	0x05	E	69	105	0x45	à	133	205	0x85	+	197	305	0xc5
(ack)	6	6	0x06	F	70	106	0x46	å	134	206	0x86	ã	198	306	0xc6
(bel)	7	7	0x07	G	71	107	0x47	ç	135	207	0x87	Ã	199	307	0xc7
(bs)	8	10	0x08	H	72	110	0x48	ê	136	210	0x88	+	200	310	0xc8
(ht)	9	11	0x09	I	73	111	0x49	ë	137	211	0x89	+	201	311	0xc9
(nl)	10	12	0x0a	J	74	112	0x4a	è	138	212	0x8a	-	202	312	0xca
(vt)	11	13	0x0b	K	75	113	0x4b	ï	139	213	0x8b	-	203	313	0xcb
(np)	12	14	0x0c	L	76	114	0x4c	î	140	214	0x8c	¦	204	314	0xcc
(cr)	13	15	0x0d	M	77	115	0x4d	ì	141	215	0x8d	-	205	315	0xcd
(so)	14	16	0x0e	N	78	116	0x4e	Ä	142	216	0x8e	+	206	316	0xce
(si)	15	17	0x0f	O	79	117	0x4f	Å	143	217	0x8f	¤	207	317	0xcf
(dle)	16	20	0x10	P	80	120	0x50	É	144	220	0x90	ð	208	320	0xd0
(dc1)	17	21	0x11	Q	81	121	0x51	æ	145	221	0x91	Ð	209	321	0xd1
(dc2)	18	22	0x12	R	82	122	0x52	Æ	146	222	0x92	Ê	210	322	0xd2
(dc3)	19	23	0x13	S	83	123	0x53	ô	147	223	0x93	Ë	211	323	0xd3
(dc4)	20	24	0x14	T	84	124	0x54	ö	148	224	0x94	È	212	324	0xd4
(nak)	21	25	0x15	U	85	125	0x55	ò	149	225	0x95	ı	213	325	0xd5
(syn)	22	26	0x16	V	86	126	0x56	û	150	226	0x96	Í	214	326	0xd6
(etb)	23	27	0x17	W	87	127	0x57	ù	151	227	0x97	Î	215	327	0xd7
(can)	24	30	0x18	X	88	130	0x58	ÿ	152	230	0x98	Ï	216	330	0xd8
(em)	25	31	0x19	Y	89	131	0x59	Ö	153	231	0x99	+	217	331	0xd9
(sub)	26	32	0x1a	Z	90	132	0x5a	Ü	154	232	0x9a	+	218	332	0xda
(esc)	27	33	0x1b	[	91	133	0x5b	ø	155	233	0x9b	_	219	333	0xdb
(fs)	28	34	0x1c	\	92	134	0x5c	£	156	234	0x9c	_	220	334	0xdc
(gs)	29	35	0x1d	]	93	135	0x5d	Ø	157	235	0x9d	¦	221	335	0xdd
(rs)	30	36	0x1e	^	94	136	0x5e	×	1158	236	0x9e	Ì	222	336	0xde
(us)	31	37	0x1f	_	95	137	0x5f	ƒ	159	237	0x9f	_	223	337	0xdf
(space)	32	40	0x20	`	96	140	0x60	á	160	240	0xa0	Ó	224	340	0xe0
!	33	41	0x21	a	97	141	0x61	í	161	241	0xa1	ß	225	341	0xe1
"	34	42	0x22	b	98	142	0x62	ó	162	242	0xa2	Ô	226	342	0xe2
#	35	43	0x23	c	99	143	0x63	ú	163	243	0xa3	Ò	227	343	0xe3
$	36	44	0x24	d	100	144	0x64	ñ	164	244	0xa4	Õ	228	344	0xe4
%	37	45	0x25	e	101	145	0x65	Ñ	165	245	0xa5	õ	229	345	0xe5
&	38	46	0x26	f	102	146	0x66	ª	166	246	0xa6	µ	230	346	0xe6
'	39	47	0x27	g	103	147	0x67	º	167	247	0xa7	Þ	231	347	0xe7
(	40	50	0x28	h	104	150	0x68	¿	168	250	0xa8	Þ	232	350	0xe8
)	41	51	0x29	i	105	151	0x69	®	169	251	0xa9	Ú	233	351	0xe9
*	42	52	0x2a	j	106	152	0x6a	¬	170	252	0xaa	Û	234	352	0xea
+	43	53	0x2b	k	107	153	0x6b	½	171	253	0xab	Ù	235	353	0xeb

,	44	54	0x2c	l	108	154	0x6c	¼	172	254	0xac	ý	236	354	0xec
-	45	55	0x2d	m	109	155	0x6d	¡	173	255	0xad	Ý	237	355	0xed
.	46	56	0x2e	n	110	156	0x6e	«	174	256	0xae	¯	238	356	0xee
/	47	57	0x2f	o	111	157	0x6f	»	175	257	0xaf	´	239	357	0xef
0	48	60	0x30	p	112	160	0x70	_	176	260	0xb0		240	360	0xf0
1	49	61	0x31	q	113	161	0x71	_	177	261	0xb1	±	241	361	0xf1
2	50	62	0x32	r	114	162	0x72	_	178	262	0xb2	_	242	362	0xf2
3	51	63	0x33	s	115	163	0x73	¦	179	263	0xb3	¾	243	363	0xf3
4	52	64	0x34	t	116	164	0x74	¦	180	264	0xb4	¶	244	364	0xf4
5	53	65	0x35	u	117	165	0x75	Á	181	265	0xb5	§	245	365	0xf5
6	54	66	0x36	v	118	166	0x76	Â	192	266	0xb6	÷	246	366	0xf6
7	55	67	0x37	w	119	167	0x77	À	183	267	0xb7	¸	247	367	0xf7
8	56	70	0x38	x	120	170	0x78	©	184	270	0xb8	°	248	370	0xf8
9	57	71	0x39	y	121	171	0x79	¦	185	271	0xb9	¨	249	371	0xf9
:	58	72	0x3a	z	122	172	0x7a	¦	186	272	0xba	·	250	372	0xfa
;	59	73	0x3b	{	123	173	0x7b	+	187	273	0xbb	¹	251	373	0xfb
<	60	74	0x3c	|	124	174	0x7c	+	188	274	0xbc	³	252	374	0xfc
=	61	75	0x3d	}	125	175	0x7d	¢	189	275	0xbd	²	253	375	0xfd
>	62	76	0x3e	~	126	176	0x7e	¥	190	276	0xbe	_	254	376	0xfe
?	63	77	0x3f	(del)	127	177	0x7f	+	191	277	0xbf		255	377	0xff

Nome ASCII	Descrição	Representação em C
nul	null byte	\0
bel	bell character	\a
bs	backspace	\b
ht	horizontal tab	\t
np	**for**mfeed	\f
nl	newline	\n
cr	carriage **return**	\r

Conversão para números romanos
```
// fazer teste com 444 IX IV CM CD XC XL
// Lembre-se que I representa 1, V é 5, X é 10, L é 50, C é 100, D é 500 e M 1000
```

Antes e depois de Cristo
```
// Não existe ano 0, existe 1 A.C. e 1 D.C.
```

Ao trabalhar com horas, procurar sempre usar minutos/segundos

Problemas com múltiplos casos de teste
```
// Focar em resolver 1 caso e depois implementar a solução para n casos
```

Problemas com uma linha em branço depois da resposta final
```
// Na verdade precisam de 2 \n para serem aceitos (1 da saída, e o outro para judge)
```

Ano bissexto
```
// Considerar 366 dias
```

Ano normal
```
// Considerar 365 dias
```

Dias de cada mês

```
// Janeiro(1) 31
// Fevereiro(2) 28(29 bissexto)
// Março(3) 31
// Abril(4) 30
// Maio(5) 31
// Junho(6) 30
// Julho(7) 31
// Agosto(8) 31
// Setembro(9) 30
// Outubro(10) 31
// Novembro(11) 30
// Dezembro(12) 31
// 30: 4 | 31: 7 | *28: 1 | *29: 1
```

Formas de se escrever tipos de dados

```
// long int              = long
// long long int         = long long
// unsigned int          = unsigned
// unsigned long long int = unsigned long long
```

Alfabeto tem 26 Letras, contando K, W e Y

Inicializar vetor com valor predefinido

```
// for 1d array, use STL fill_n or fill to initialize array
fill(a, a+size_of_a, value)
fill_n(a, size_of_a, value)
// for 2d array, if want to fill in 0 or -1
memset(a, 0, sizeof(a));
// otherwise, use a loop of fill or fill_n through every a[i]
fill(a[i], a[i]+size_of_ai, value) // from 0 to number of row.
```

Operações para modificar sequências

```
void copy(first, last, result);
void swap(a,b);
void swap(first1, last1, first2); // swap range
void replace(first, last, old_value, new_value); // replace in range
void replace_if(first, last, pred, new_value); // replace in conditions
// pred can be represented in function
// e.x. bool IsOdd (int i) { return ((i%2)==1); }
void reverse(first, last); // reverse a range of elements
void reverse_copy(first, last, result); // copy a reverse of range of elements
void random_shuffle(first, last); // using built-in random generator to shuffle array
```

Permutações

```
bool next_permutation(iterator first, iterator last);
bool next_permutation(iterator first, iterator last, LessThanOrEqualFunction comp);
bool prev_permutation(iterator first, iterator last);
bool prev_permutation(iterator first, iterator last, LessThanOrEqualFunction comp);
```

Gerar números aleatórios

```
srand(time(NULL));
// generate random numbers between [a,b)
rand() % (b - a) + a;
// generate random numbers between [0,b)
rand() % b;
// generate random permutations
random_permutation(anArray, anArray + 10);
random_permutation(aVector, aVector + 10);
```

Pesquisa Binária

```
// Necessário vetor estar ordenado
int binarySearch(int arr[], int l, int r, int x)
{
   if (r >= l)
   {
        int mid = l + (r - l)/2;
         if (arr[mid] == x)
            return mid;
        if (arr[mid] > x)
            return binarySearch(arr, l, mid-1, x);

        return binarySearch(arr, mid+1, r, x);
   }
    return -1;
}
```

#FIM_MISC_ADHOC

GRAFOS

Struct grafo

```
typedef struct{
	// destino, peso
	vector<pair <int, int> > grafo[MAXV];
	// visitado, tempos estrutura auxiliar DFS e BFS
	bool visitado[MAXV];
	int tempo_descoberta[MAXV];
	int n_vertices = 0;
}Grafo;
```

Flood Fill (BFS E DFS)

```
void DFS(Grafo &g, int origem){
	forn(i, g.n_vertices){
		g.visitado[i] = false;
		g.tempo_descoberta[i] = 0;
	}
	int tempo_atual = 0;
	stack<int> s;
	s.push(origem);
	g.tempo_descoberta[origem] = tempo_atual;
	while(!s.empty()){
		// item do topo da pilha
		int u = s.top();
		g.tempo_descoberta[u] = ++tempo_atual;
		s.pop();
		if(!g.visitado[u]){
			g.visitado[u] = true;
			forn(i, g.grafo[u].size()){
				// vértice adjacente de u
				int w = g.grafo[u].at(i).first;
				if(!g.visitado[w]){
					s.push(w);
				}
			}
		}
	}
}

void BFS(Grafo &g, int origem){
	forn(i, g.n_vertices){
		g.visitado[i] = false;
		g.tempo_descoberta[i] = 0;
	}
	int tempo_atual = 0;
	g.visitado[origem] = true;
	g.tempo_descoberta[origem] = tempo_atual;
	queue<int> q;
	q.push(origem);
	while(!q.empty()){
		int u = q.front();
		g.tempo_descoberta[u] = ++tempo_atual;
		q.pop();
		forn(i, g.grafo[u].size()){
			int w = g.grafo[u].at(i).first;
			if(!g.visitado[w]){
				g.visitado[w] = true;
```

```
                        q.push(w);
                }
        }
    }
}
```

Caminho Mínimo entre 2 pontos(Dijkstra)

```
typedef pair<int, int> pii;

#define MAXN 10100
#define INFINITO 999999999

int n, m;                       // número de vértices e arestas
int cidade_noic;                // cidade onde está o Noic
int cidade_succa;               // cidade onde está o Succa
int distancia[MAXN];            // o array de distâncias à fonte
int processado[MAXN];           // o array que guarda se um vértice foi processado
vector<pii> vizinhos[MAXN];     // nossas listas de adjacência. O primeiro elemento do par representa
a distância e o segundo representa o vértice

void Dijkstra(int S){

    for(int i = 1;i <= n;i++) distancia[i] = INFINITO;
    distancia[S] = 0;
    priority_queue< pii, vector<pii>, greater<pii> > fila;
    fila.push( pii(distancia[S], S) );

    while(true){

        int davez = -1;
        int menor = INFINITO;

        while(!fila.empty()){

            int atual = fila.top().second;
            fila.pop();

            if(!processado[atual]){
                davez = atual;
                break;
            }
        }
        if(davez == -1) break;
        processado[davez] = true;
        for(int i = 0;i < (int)vizinhos[davez].size();i++){

            int dist  = vizinhos[davez][i].first;
            int atual = vizinhos[davez][i].second;

            // A nova possível distância é distancia[davez] + dist.
            // Comparamos isso com distancia[atual]

            if( distancia[atual] > distancia[davez] + dist ){
                distancia[atual] = distancia[davez] + dist;
                fila.push( pii(distancia[atual], atual) );
            }
        }
    }
```

```
}

int main(){

	cin >> n >> m;
	cin >> cidade_succa >> cidade_noic;

	for(int i = 1;i <= m;i++){

		int x, y, tempo;
		cin >> x >> y >> tempo;
		vizinhos[x].push_back( pii(tempo, y) );
		vizinhos[y].push_back( pii(tempo, x) );
	}

	Dijkstra(cidade_succa);
	cout << distancia[cidade_noic] << endl;
	return 0;
}
```

Algoritmo de Kruskal – Árvore geradora mínima(Arestas de peso mínimo que conectam todo o grafo)

```
struct t_aresta{
    int dis;
    int x, y;
};
bool comp(t_aresta a, t_aresta b){ return a.dis < b.dis; }
//--------------------
#define MAXN 50500
#define MAXM 200200

int n, m; // número de vértices e arestas
t_aresta aresta[MAXM];
// para o union find
int pai[MAXN];
int peso[MAXN];
// a árvore
t_aresta mst[MAXM];
//--------------------

// funções do union find
int find(int x){
    if(pai[x] == x) return x;
    return pai[x] = find(pai[x]);
}

void join(int a, int b){

    a = find(a);
    b = find(b);

    if(peso[a] < peso[b]) pai[a] = b;
    else if(peso[b] < peso[a]) pai[b] = a;
    else{
        pai[a] = b;
        peso[b]++;
    }

}
```

```
int main(){

    // ler a entrada
    cin >> n >> m;

    for(int i = 1;i <= m;i++)
        cin >> aresta[i].x >> aresta[i].y >> aresta[i].dis);


    // inicializar os pais para o union-find
    for(int i = 1;i <= n;i++) pai[i] = i;

    // ordenar as arestas
    sort(aresta+1, aresta+m+1, comp);

    int size = 0;
    for(int i = 1;i <= m;i++){

        if( find(aresta[i].x) != find(aresta[i].y) ){ // se estiverem em componentes distintas
            join(aresta[i].x, aresta[i].y);

            mst[++size] = aresta[i];
        }

    }

    // imprimir a MST
    for(int i = 1;i < n;i++) cout << mst[i].x << " " << mst[i].y << " " << mst[i].dis) << "\n";

    return 0;
}
```

Algoritmo Prim – Árvore Geradora Mínima

```
typedef pair<int, int> pii;
#define MAXN 10100
#define INFINITO 999999999

int n, m;                       // número de vértices e arestas
int distancia[MAXN];            // o array de distâncias à fonte
int processado[MAXN];           // o array que guarda se um vértice foi processado
vector<pii> vizinhos[MAXN];     // nossas listas de adjacência. O primeiro elemento do par representa
a distância e o segundo representa o vértice

int Prim(){

      for(int i = 2;i <= n;i++) distancia[i] = INFINITO;
      distancia[1] = 0;
      priority_queue< pii, vector<pii>, greater<pii> > fila;
      fila.push( pii(distancia[1], 1) );
      while(true){
            int davez = -1;
            while(!fila.empty()){

                  int atual = fila.top().second;
                  fila.pop();

                  if(!processado[atual]){
```

```
                        davez = atual;
                        break;
                }
        }

        if(davez == -1) break;

        processado[davez] = true;

        for(int i = 0;i < (int)vizinhos[davez].size();i++){

                int dist  = vizinhos[davez][i].first;
                int atual = vizinhos[davez][i].second;
                if( distancia[atual] > dist && !processado[atual]){
                        distancia[atual] = dist;
                        fila.push( pii(distancia[atual], atual) );
                }
        }
    }

    int custo_arvore = 0;
    for(int i = 1;i <= n;i++) custo_arvore += distancia[i];

    return custo_arvore;
}

int main(){

    cin >> n >> m;

    for(int i = 1;i <= m;i++){

        int x, y, tempo;
        cin >> x >> y >> tempo;

        vizinhos[x].push_back( pii(tempo, y) );
        vizinhos[y].push_back( pii(tempo, x) );
    }

    cout << Prim() << endl;

    return 0;
}
```

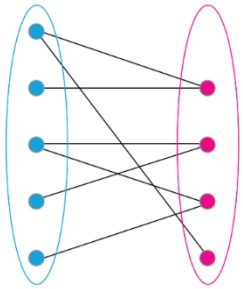
Caminho Euleniano (um trajeto que passa por todas as arestas do grafo sem repetição)

```
vector<int> caminho; // guardará nosso Caminho Euleriano (invertido)
vector<int> vizinhos[MAXN]; // nossa lista de adjacência
map< pair<int, int>, bool > deletada; // mapa que checa se a aresta já foi deletada

void acha_caminho(int v){

    for(int i = 0;i < (int)vizinhos[v].size();i++){

        int viz = vizinhos[v][i];

        if( deletada[make_pair(v, viz)] == true ) continue;
        deletada[make_pair(v, viz)] = true;
        deletada[make_pair(viz, v)] = true;
```

```
            acha_caminho(viz);
      }

      caminho.push_back(v);
}
```

Grafos Bipartidos

```
// Um grafo é dito bipartido quando seus vértices podem ser divididos em dois conjuntos
disjuntos tais que cada aresta ligue apenas vértices de grupos diferentes.
```



```
int n;                        // número de vértices
vector<int> vizinhos[MAXN]; // a lista de adjacência de cada vértice
int cor[MAXN];
// a cor de cada vértice. Inicialmente, cor[i] = -1 para todos os vértices.
// definimos cor[i] = 0 como sendo azul e cor[i] = 1 como sendo rosa.

void colore(int x){

      cor[x] = 0;

      vector<int> fila;
      fila.push_back(x);

      int pos = 0;

      while(pos < (int)fila.size()){ // BFS

            int atual = fila[pos];
            pos++;

            for(int i = 0;i < (int)vizinhos[atual].size();i++){

                  int v = vizinhos[atual][i];

                  if(cor[v] == -1){
                        cor[v] = 1 - cor[atual];
                        fila.push_back(v); // adicionamos v a fila da BFS
                  }
            }
      }
}



bool checa_bipartido(){

      for(int i = 1;i <= n;i++){
            if(cor[i] == -1){
```

```
                colore(i);
            }
        }

        for(int i = 1;i <= n;i++){
            for(int j = 0;j < (int)vizinhos[i].size();j++){

                int v = vizinhos[i][j];
                if(cor[i] == cor[v]) return false;
            }
        }

        return true;
}
```

#FIM_GRAFOS

TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO

Contagem de inversões

// Um dos problemas mais clássicos de programação é a contagem de inversões em uma sequência. De maneira simples, seja S = a_1, a_2,...,a_n. Uma inversão em S é um par (i,j) com i < j tal que a_i > a_j. Sabendo disso, faça um programa que calcula o número de inversões em uma sequência S. Complexidade O(N log N)

```
int merge_sort(vector<int> &v){

	int inv=0;

	if(v.size()==1) return 0;
	vector<int> u1, u2;

	for(int i=0;i<v.size()/2;i++){
		u1.push_back(v[i]);
	}
	for(int i=v.size()/2;i<v.size();i++){
		u2.push_back(v[i]);
	}
	inv+=merge_sort(u1);
	inv+=merge_sort(u2);

	u1.push_back(INF);
	u2.push_back(INF);

	int ini1=0, ini2=0;

	for(int i=0;i<v.size();i++){
		if(u1[ini1]<=u2[ini2]){
			v[i]=u1[ini1];
			ini1++;
		}
		else{
			v[i]=u2[ini2];
			ini2++;
			inv+=u1.size()-ini1-1;
		}
	}
	return inv;
}
```

Problema da mochila

// Lembre-se de, antes de chamar a função na main, fazer com que todos os valores de tab se tornem -1, com o comando memset(tab,-1,sizeof tab), indicando que nenhum estado foi calculado ainda.

```
// defino os maiores valores de n e s como 1010
#define MAXN 1010
#define MAXS 1010

int n, valor[MAXN], peso[MAXN], tab[MAXN][MAXS]

int knapsack(int obj, int aguenta){
	if(tab[obj][aguenta]>=0) return tab[obj][aguenta];
	if(obj==n or !aguenta) return tab[obj][aguenta]=0;
	int nao_coloca=knapsack(obj+1, aguenta);
```

```
      if(peso[obj]<=aguenta){
            int coloca=valor[obj]+knapsack(obj+1, aguenta-peso[obj]);
            return tab[obj][aguenta]=max(coloca, nao_coloca);
      }
      return tab[obj][aguenta]=nao_coloca;
}
```

Maior Subsequência Comum (LCS)

```
// Dadas duas sequências s1 e s2, uma de tamanho n e outra de tamanho m, qual a maior subsequência comum às duas? Lembre-se que uma subsequência de s1, por exemplo, é simplesmente um subconjunto dos elementos de s1 na mesma ordem em que apareciam antes. Isto significa que {1, 3, 5} é uma subsequência de {1, 2, 3, 4, 5}, mesmo 1 não estando do lado do 3 na sequência original.

#define MAXN 1010
int s1[MAXN], s2[MAXN], tab[MAXN][MAXN];

int lcs(int a, int b){
      if(tab[a][b]>=0) return tab[a][b];
      if(a==0 or b==0) return tab[a][b]=0;
      if(s1[a]==s2[b]) return 1+lcs(a-1, b-1);
      return tab[a][b]=max(lcs(a-1, b), lcs(a, b-1));
}
```

Maior subsequência Crescente - LIS(Tamanho)

```
// O problema é: dada uma sequência s qualquer, descobrir o tamanho da maior subsequência crescente de s. Por exemplo: s = {3,4,3,5,2,7} a maior subsequência crescente de s é s' = {3,4,5,7}

#define PB push_back // por simplicidade

int lis(vector<int> &v){

      vector<int> pilha;
      for(int i=0; i<v.size(); i++){
            vector<int>::iterator it = lower_bound(pilha.begin(), pilha.end(), v[i]);
            if(it==pilha.end()) pilha.PB(v[i]);
            else *it = v[i];
      }

      return pilha.size();
}
```

Maior subsequência Crescente - LIS(Vetor)

```
#define PB push_back
#define MAXN 100100

vector<int> lis(vector<int> &v){
      vector<int> pilha, resp;
      int pos[MAXN], pai[MAXN];
      for(int i=0; i<v.size(); i++){
            vector<int>::iterator it = lower_bound(pilha.begin(), pilha.end(), v[i]);
            int p = it-pilha.begin();
            if(it==pilha.end()) pilha.PB(v[i]);
            else *it = x;
```

```
            if(p==0) pai[i]=-1;
            else pai[i]=pos[p-1];
      }
      int p = pos[pilha.size()-1];
      while(p>=0){
            resp.PB(v[p]);
            p=pai[p];
      }
      return resp;
}
```

Troco

// A ideia é muito simples: sabendo todos os possíveis valores de moedas de um país, é possível **for**mar um determinado valor usando as moedas. Suponha, por exemplo, que um país tem moedas de 2, 5 e 7 centavos. É possível dar um troco de 19 centavos? Sim, basta usarmos 2 moedas de 5, uma de 7 e uma de 2 centavos.

// O código a seguir é de uma função que recebe como parâmetros o valor inteiro x, que desejamos **for**mar, e um vetor de inteiros c, onde c[i] representa o valor da i-ésima moeda. Lembre-se de inicializar todos os valores da DP como -1 (não calculado) e, para cada estado, ela retornará 1, se **for** true, ou 0, caso seja false.

// Dp(x) retornará true se **for** possível conseguir exatamente o valor x com as moedas que tenho disponível, e false caso contrário.

```
int dp[MAX];

int solve(int x, vector<int> &c){

      if(x==0) return 1;

      if(x<0) return 0;

      if(dp[x]>=0) return dp[x];

      for(int i=0;i<c.size();i++)
            if(solve(x-c[i])) return dp[x-c[i]]=1;

      return dp[x]=0;
}
```

Soma máxima em um intervalo

// Dado uma sequência qualquer S = (s_1, s_2, s_3,..., s_n) qual a maior soma que podemos obter escolhendo um subconjunto de termos adjacentes de S? Se a sequência **for**, por exemplo, (1, -3, 5, -2, 1, -1), a soma máxima é 4, com os termos (5, -2, 1)

```
int max_sum(vector<int> s){

      int resp=0, maior=0;

      for(int i=0;i<s.size();i++){

            maior=max(0,maior+s[i]);

            resp=max(resp,maior);
      }
```

```
      return resp;
}
```

Backtracking

```
// Printa todas as permutações de uma dada string

void swap(char *x, char *y)
{
    char temp;
    temp = *x;
    *x = *y;
    *y = temp;
}

/* Function to print permutations of string
   This function takes three parameters:
   1. String
   2. Starting index of the string
   3. Ending index of the string. */
void permute(char *a, int l, int r)
{
   int i;
   if (l == r)
     printf("%s\n", a);
   else
   {
       for (i = l; i <= r; i++)
       {
          swap((a+l), (a+i));
          permute(a, l+1, r);
          swap((a+l), (a+i)); //backtrack
       }
   }
}

void search() {
      if (permutation.size() == n) {
            // process permutation
      } else {
            for (int i = 0; i < n; i++) {
                  if (chosen[i]) continue;
                  chosen[i] = true;
                  permutation.push_back(i);
                  search();
                  chosen[i] = false;
                  permutation.pop_back();
            }
      }
}
vector<int> permutation;
for (int i = 0; i < n; i++) {
      permutation.push_back(i);
}
do {
      // process permutation
} while (next_permutation(permutation.begin(),permutation.end()));
```

#FIM_TECNICAS_PROGRAMAÇÃO