

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

## Tipuri structurate de date

### Întrebări grilă

1. Se dă următoarea structură:

C++	Pascal
<pre>struct Nota {     float valoare;     char numeStudent[50]; };</pre>	<pre>type Nota = record     valoare: real;     numeStudent: string[50]; end;</pre>

Selectati variantele care contin cod compilabil, presupunând că bibliotecile necesare sunt incluse:

a.

```
Nota note[100];
```

```
var note: array [1..100] of Nota;
```

b.

```
Nota n1;
n1[valoare] = 10
n1[numeStudent] = "Ion";
```

```
var n1:Nota;
begin
    n1[valoare] := 10;
    n1[numeStudent] := 'Ion';
end
```

c.

```
Nota n1;
n1.valoare = 10;
n1.numeStudent = "Ion";
```

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
var n1:Nota;  
begin  
  n1.valoare := 10;  
  n1.numStudent := 'lon';  
end
```

d.

```
Nota n1;  
n1.valoare = 10;  
strcpy(n1.numStudent, "lon");
```

```
var n1:Nota;  
begin  
  n1.valoare := 10;  
  n1.numStudent := copy('lon lon',0,3);  
end
```

2. Se dă următoarea structură:

C++	Pascal
<pre>struct Vector {   int lungime;   int elemente[10]; };</pre>	<pre>type Vector = record   lungime : integer;   elemente: array [1..10] of integer; end;</pre>

Care dintre următoarele funcții sunt corecte pentru a returna distanța Euclidiană dintre doi vectori de lungime egală?

a.

```
int distanta(Vector v1, Vector v2) {  
  return sqrt((v1.x - v2.x) ^ 2 + (v1.y - v2.y) ^ 2);  
}
```

```
function distanta(v1: Vector; v2:Vector):integer;  
begin  
  distanta := sqrt((v1.x - v2.x) ^ 2 + (v1.y - v2.y) ^ 2);  
end
```

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

b.

---

```
int distanta(Vector v1, Vector v2) {
    for (int i = 0; i < v1.lungime; i++) {
        return pow(v1.elemente[i] - v2.elemente[i], 2);
    }
}
```

---

```
function distanta(v1: Vector; v2: Vector): integer; var i: integer;
begin
    for i := 1 to v1.lungime do
    begin
        distanta := pow(v1.elemente[i] - v2.elemente[i], 2);
    end;
end;
```

c.

---

```
float distanta(Vector v1, Vector v2) {
    float dist = 0;
    for (int i = 0; i < v1.lungime; ++i) {
        dif = v1.elemente[i] - v2.elemente[i];
        dist += dif * dif;
    }
    return sqrt(dist);
}
```

---

```
function distanta(v1: Vector; v2: Vector): integer;
var i, dist, dif: integer;
begin
    dist := 0;
    for i := 1 to v1.lungime do
    begin
        dif := v1.elemente[i] - v2.elemente[i];
        dist := dist + dif * dif;
    end;
    distanta := sqrt(dist);
end;
```

d.

---

```
float distanta(Vector v1, Vector v2) {
    float dist = 0;
    for (int i = 0; i < v1.lungime; i++) {
```

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
        dif = v1[i] - v2[i];  
        dist += dif * dif;  
    }  
  
    return sqrt(dist);  
}
```

---

```
function distanta(v1: Vector; v2: Vector): integer;  
var i, dist, dif : integer;  
begin  
    dist := 0  
    for i := 1 to v1.lungime do  
        begin  
            dif := v1[i] - v2[i];  
            dist := dist + dif * dif;  
        end;  
    distanta := sqrt(dist);  
end;
```

---

## Problemă de programare

### Enunț

Scrieți o aplicație care să suporte operații de adunare pe numere mari (până la 10000 de cifre). Aplicația va citi de la tastatură câte două astfel de numere și va afișa rezultatul adunării. Acest lucru se repetă până când utilizatorul închide aplicația. Exemplu:

- Primul număr: 2345235324532345325345345432
- Al doilea număr: 3254435312352353252352532
- Rezultatul adunării: 2348489759844697678597697964

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

## Analiză

- Problema nu este trivială: nu putem folosi tipuri de date existente, deoarece acestea sunt limitate la maxim 64 de biți, adică aproximativ 19 cifre.
- Trebuie să implementăm algoritmul de adunare, cel folosit când adunăm două numere pe foaie.
- Ne trebuie o reprezentare convenabilă a unui număr. Putem folosi un tablou de cifre, dar atunci implementarea devine anevoioasă, deoarece nu putem returna rezultatul adunării decât prin intermediul unui parametru. Mai mult, trebuie să păstrăm lungimea tabloului într-un alt parametru.
- Pentru a rezolva aceste neajunsuri vom folosi o structură.

## Implementare

### C++

---

```
#include <iostream>
#include <cstring>

using namespace std;

const int MAX_CIFRE = 10000;

/*
Retine un numar mare, impreuna cu lungimea sa (numarul de cifre). Pentru usurinta
implementarii, numarul este retinut invers, adica cifra unitatilor se afla pe prima pozitie a
tabloului cifre.
*/
struct NumarMare
{
    int lungime = 0;
    int cifre[MAX_CIFRE];
};
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
/*  
Construieste un NumarMare pe baza unui sir de caractere.  
Input:  
- cifre: un sir de caractere ce retine cifrele asa cum s-ar citi de la ←tastatura  
Output:  
- un NumarMare construit pe baza sirului de caractere si respectand definitia ←structurii  
*/
```

```
NumarMare construiesteDinSirDeCaractere(char cifre[])  
{  
    NumarMare rezultat;  
    rezultat.lungime = strlen(cifre);  
    for (int i = 0; i < rezultat.lungime; ++i)  
    {  
        rezultat.cifre[rezultat.lungime - i - 1] = cifre[i] - '0';  
    }  
  
    return rezultat;  
}
```

```
/*  
Afiseaza un numar mare, tinand cont de definitia structurii.  
Input:  
- numarMare: numarul mare pe care dorim sa-l afisam.  
Output:  
- afiseaza numarul pe ecran.  
*/
```

```
void afisareNumarMare(const NumarMare &numarMare)  
{  
    for (int i = numarMare.lungime - 1; i >= 0; --i)  
    {  
        cout << numarMare.cifre[i];  
    }  
    cout << endl;  
}
```

```
/*  
Aduna doua numere mari.  
Input:  
- nr1, nr2: doua numere mari Output:  
- returneaza nr1+nr2  
*/
```

```
NumarMare aduna(const NumarMare &nr1, const NumarMare &nr2)  
{  
    NumarMare rezultat;
```

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
int minCifre = min(nr1.lungime, nr2.lungime);
int tinMinte = 0;
for (int i = 0; i < minCifre; ++i)
{
    int suma = nr1.cifre[i] + nr2.cifre[i] + tinMinte;
    int cifraRezultat = suma % 10; tinMinte = suma / 10;
    rezultat.cifre[rezultat.lungime++] = cifraRezultat;
}

// completez ce a ramas
for (int i = minCifre; i < nr1.lungime; ++i)
{
    int suma = nr1.cifre[i] + tinMinte;
    rezultat.cifre[rezultat.lungime++] = suma % 10;
    tinMinte = suma / 10;
}
for (int i = minCifre; i < nr2.lungime; ++i)
{
    int suma = nr2.cifre[i] + tinMinte;
    rezultat.cifre[rezultat.lungime++] = suma % 10;
    tinMinte = suma / 10;
}

if (tinMinte)
    rezultat.cifre[rezultat.lungime++] = tinMinte;

return rezultat;
}

int main()
{
    char nr[MAX_CIFRE + 1];
    while (true)
    {
        cout << "Dati primul numar:" << endl;
        cin >> nr;
        NumarMare nr1 = construiesteDinSirDeCaractere(nr);

        cout << "Dati al doilea numar:" << endl; cin >> nr;
        NumarMare nr2 = construiesteDinSirDeCaractere(nr);

        cout << "Rezultatul adunarii celor doua numere este:" << endl;
        afisareNumarMare(aduna(nr1, nr2));
        cout << endl;
    }
}
```

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
    return 0;  
}
```

---

## Pascal

---

```
program adunareNumarMare;  
const MAX_CIFRE = 10000;  
  
{Retine un numar mare, impreuna cu lungimea sa (numarul de cifre). Pentru usurinta  
implementarii, numarul este retinut invers, adica cifra unitatilor se afla pe prima pozitie a  
tabloului cifre.}  
type NumarMare = record  
    cifre : array [1..MAX_CIFRE] of byte;  
    lungime: integer;  
end;  
  
{Initializeaza numarul}  
procedure initializeaza(var nr:NumarMare);  
begin  
    nr.lungime :=1;  
end;  
  
{Adauga o cifra la sfarsit}  
procedure adaugaCifra(var nr:NumarMare; cifra:byte);  
begin  
    nr.cifre[nr.lungime] := cifra;  
    nr.lungime := nr.lungime + 1;  
end;  
  
{Construieste un NumarMare pe baza unui sir de caractere.  
  Input:- cifre: un sir de caractere ce retine cifrele asa cum s-ar citi de  
         la tastatura  
  Output:- un NumarMare construit pe baza sirului de caractere si respectand definitia structurii}  
function construieste(cifre : string):NumarMare;  
var i:integer; nr:NumarMare;  
begin  
    initializeaza(nr);  
    for i:=length(cifre) downto 1 do begin  
        adaugaCifra(nr, ord(cifre[i]) - ord('0'));  
    end;  
    construieste := nr;
```



**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

end;

{Afiseaza un numar mare, tinand cont de definitia structurii. Input:- numarMare: numarul mare pe care dorim sa-l afisam.

Output:- afiseaza numarul pe ecran.} procedure

afisare(var nr:NumarMare);

var i:integer;

begin

for i:= nr.lungime - 1 downto 1 do begin write(nr.cifre[i]);

end;

writeln;

end;

{Aduna doua numere mari.

Input:- nr1, nr2: doua numere mari

Output:- returneaza nr1+nr2}

function aduna(var nr1,nr2:NumarMare):NumarMare;

var sum, nrAux : NumarMare;

transport:byte; pozCifra,

s:integer;

begin

initializeaza(sum);

transport := 0;

{parcurgem cifrele comune. Obs: cifra unitatilor e pe pozitia 1}

while (sum.lungime < nr1.lungime) and (sum.lungime < nr2.lungime) do

begin

s := nr1.cifre[sum.lungime] + nr2.cifre[sum.lungime] + transport;

adaugaCifra(sum, s mod 10);

transport:= s div 10;

end;

{daca nr1, nr2 au numar diferit de cifre atunci mai avem cifre de adunat}

if nr1.lungime>nr2.lungime then nrAux := nr1

else nrAux := nr2;

{punem si restul cifrelor, trebuie sa tinem cont de transport}

while sum.lungime < nrAux.lungime do begin

s := nrAux.cifre[sum.lungime] + transport;

adaugaCifra(sum, s mod 10);

transport:= s div 10;

end;

{poate mai am transport si dupa ce am adunat cifrele}

if transport>0 then adaugaCifra(sum, transport);

aduna:=sum;

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

end;

```
var nrString:string;
    nr1,nr2, sum: NumarMare;
begin
    writeln('Dati primul numar:');
    readln(nrString);
    nr1 := construiește(nrString);
    writeln('Dati al doilea numar:');
    readln(nrString);
    nr2 := construiește(nrString);
    afisare(nr1);
    afisare(nr2);
    writeln('suma este:');
    sum := aduna(nr1,nr2);
    afisare(sum);
    readln;
end.
```

---

## Problemă de modelare

### Enunț

Considerăm o matrice  $A$  de numere naturale de dimensiune  $2 \times 2$ . Fie următoarea sumă:

$$S(n) = (A + A^2 + A^3 + \dots + A^n) \text{ modulo } p \quad (1)$$

unde  $p$  poate fi orice număr prim. Pentru simplitate, vom considera  $p = 666013$ .

Avem  $1 \leq n \leq 10^{18}$ .

Operația  $X$  modulo  $p$ , unde  $X$  este o matrice, are ca rezultat o matrice cu elementele lui  $X$  care se iau fiecare modulo  $p$ .

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

Să se calculeze suma  $S(n)$ .

## Analiza

- O primă rezolvare în  $O(n)$  presupune un for de la 2 la  $n$  în care actualizăm suma (inițial  $A$ ) și termenul curent (inițial  $A^2$ ): la sumă adăugăm termenul curent, iar termenul curent îl înmulțim cu  $A$ . Acest lucru este implementat în funcția **calculeazaSFolosindBruteForce**.
- Observăm că  $n$  poate fi prea mare pentru o rezolvare în  $O(n)$ . Ne propunem să găsim rezolvări de complexitate mai bună.
- Observăm că avem o progresie geometrică de rație  $A$ .
- O primă idee poate fi să folosim formula de sumă pentru o progresie geometrică.
- Dar avem de-a face cu matrici și cu modulo, ceea ce complică folosirea formulei (dar o face imposibilă?)
- Încercăm să manipulăm suma astfel încât să obținem o expresie care se poate calcula mai eficient.
- Ne gândim că dacă putem exprima  $S(n)$  în funcție de  $S(n/2)$  (deocamdată nu ne gândim la detalii gen paritatea lui  $n$ ), atunci putem obține o rezolvare în  $O(\log n)$ . Complexitatea s-ar reduce deoarece, la fiecare pas, l-am înjumătățit pe  $n$ , până ajunge la 1. De câte ori îl putem înjumătățit pe  $n$  până să ajungă la 1? De aproximativ  $\log n$  ori.  
Această exprimare a lui  $S(n)$ , dacă e posibilă, s-ar realiza, probabil, printr-o operație gen "factor comun".

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

- Dar dacă îl dăm factor comun pe  $A$ , nu ne ajută cu nimic...
- O altă idee ar fi să înjumătățim numărul termenilor din sumă printr-o factorizare de genul:

$$A + A^2 + A^3 + \dots + A^n = (X + Y)(A + \dots + A^{n/2}) \quad (2)$$

- Astfel, ne propunem ca înmulțind cu  $X$  să obținem prima jumătate a sumei, iar înmulțind cu  $Y$  să obținem a doua jumătate.
- Se observă destul de ușor că funcționează  $X = I$  și  $Y = A^{n/2}$
- Rezultă:

$$S(2k) = (I + A^k)(A + \dots + A^k) \quad (3)$$

$$= (I + A^k)S(k) \quad (4)$$

$$S(2k + 1) = S(2k) + A^{2k+1} \quad (5)$$

## Considerente de implementare

- Avem nevoie de o funcție care ridică o matrice (de  $2 \times 2$ ) la o anumită putere.
- Vom folosi algoritmul de exponentiere logaritmică - implementat atât iterativ cât și recursiv. Implementarea iterativă ține cont de reprezentarea binară a exponentului. Pentru a înțelege mai bine modul de lucru al algoritmului, este recomandat să îl rulați manual pe un exemplu (pentru ușurință, se pot folosi numere, nu este necesară o matrice).
- Vom folosi o structură *Matrice* $2 \times 2$ , pentru a putea lucra cu matrici așa cum am lucra și cu tipuri de date primitive.

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

- O implementare directă duce la complexitatea  $O(\log^2 n)$ , deoarece apelăm funcția de ridicare la putere la fiecare pas al recursivității principale. Această abordare este implementată în funcția **calculeazaSlnLogPatrat**.
- Implementând exponențierea logaritmică în funcția recursivă principală, putem obține complexitatea  $O(\log n)$ . Această abordare este implementată în funcția **calculeazaSlnLog**.

## Implementare

### C++

---

```
#include <iostream> using
namespace std;
const int p = 666013;

/*
Retine o matrice de 2x2 de numere intregi.
*/
struct Matrice2x2
{
    // Elementele matricei
    // trebuie long deoarece p*p > INT_MAX
    long x[2][2];

    /*
    Initalizeaza o matrice de 2x2, cu elementele luate modulo p.
    Input:
    - xij: elementul de pe linia i si coloana j (mod p)
    Output: -
    */
    Matrice2x2(long x00, long x01, long x10, long x11)
    {
        x[0][0] = x00 % p;
        x[0][1] = x01 % p;
        x[1][0] = x10 % p;
        x[1][1] = x11 % p;
    }
}
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
};

/*
Returnează matricea unitate de 2x2.
*/
Matrice2x2 getUnitate()
{
    return Matrice2x2(1, 0, 0, 1);
}

/*
Inmulteste doua matrici mod P.
Input:
- X: o matrice de 2x2 de intregi
- Y: o matrice de 2x2 de intregi
Output:
- X*Y (mod p)
*/
Matrice2x2 inmulteste(Matrice2x2 X, Matrice2x2 Y)
{
    return Matrice2x2(
        (X.x[0][0]*Y.x[0][0] + X.x[0][1]*Y.x[1][0]) % p,
        (X.x[0][0]*Y.x[0][1] + X.x[0][1]*Y.x[1][1]) % p,
        (X.x[1][0]*Y.x[0][0] + X.x[1][1]*Y.x[1][0]) % p,
        (X.x[1][0]*Y.x[0][1] + X.x[1][1]*Y.x[1][1]) % p
    );
}

/*
Aduna doua matrici mod P.
Input:
- X: o matrice de 2x2 de intregi
- Y: o matrice de 2x2 de intregi
Output:
- X + Y (mod p)
*/
Matrice2x2 aduna(Matrice2x2 X, Matrice2x2 Y)
{
    return Matrice2x2(
        (X.x[0][0] + Y.x[0][0]) % p,
        (X.x[0][1] + Y.x[0][1]) % p,
        (X.x[1][0] + Y.x[1][0]) % p,
        (X.x[1][1] + Y.x[1][1]) % p
    );
}
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
}
```

```
/*
```

```
Ridica o matrice la o putere data (mod p).
```

```
Input:
```

```
- X: matrice de 2x2 de intregi - exponent: puterea la care sa se ridice X Output:
```

```
- X la puterea exponent (mod p)
```

```
*/
```

```
Matrice2x2 ridicaLaPutere(Matrice2x2 X, long exponent)
```

```
{
```

```
    if (exponent == 0)
```

```
    {
```

```
        // matricea I return
```

```
        getUnitate();
```

```
    }
```

```
    Matrice2x2 jumatate = ridicaLaPutere(X, exponent / 2);
```

```
    Matrice2x2 jumatatePatrat = inmulteste(jumatate, jumatate);
```

```
    if (exponent % 2 == 0)
```

```
    {
```

```
        return jumatatePatrat;
```

```
    }
```

```
    return inmulteste(jumatatePatrat, X);
```

```
}
```

```
Matrice2x2 ridicaLaPutereIterativ(Matrice2x2 X, long exponent)
```

```
{
```

```
    Matrice2x2 rezultat = getUnitate();
```

```
    while (exponent)
```

```
    {
```

```
        if (exponent % 2)
```

```
        {
```

```
            rezultat = inmulteste(rezultat, X);
```

```
            --exponent;
```

```
        }
```

```
        X = inmulteste(X, X);
```

```
        exponent /= 2;
```

```
    }
```

```
    return rezultat;
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

}

```
/*  
Afiseaza o matrice de 2x2.  
Input:  
- X: matricea de afisat  
Output:  
*/  
Matrice2x2 afiseazaMatrice(Matrice2x2 X)  
{  
    cout << X.x[0][0] << " " << X.x[0][1] << endl << X.x[1][0] << " " << X.x[1][1] << endl;  
}
```

```
/*  
Citeste o matrice de 2x2.  
Input: Output:  
- matricea citita  
*/  
Matrice2x2 citesteMatrice()  
{  
    Matrice2x2 X(0, 0, 0, 0);  
    for (int i = 0; i < 2; ++i)  
    {  
        for (int j = 0; j < 2; ++j)  
        {  
            cout << "Dati elementul de pe linia " << i << " si coloana " << j << ": ";  
            cin >> X.x[i][j];  
        }  
    }  
  
    return X;  
}
```

```
/*  
Citeste n-ul din enunt.  
Input: Output:  
- valoarea citita  
*/  
long citesteN()  
{  
    cout << "Dati n (pana la cat se calculeaza suma): ";  
    long n;  
    cin >> n;  
    return n;  
}
```



**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
}
```

```
/*
```

```
Calculeaza suma  $S(n)$ , in complexitate  $O(n)$  Input:
```

```
- A: matricea A din enunt. - n: limita din enunt.
```

```
Output:
```

```
-  $S(n) \pmod p$ .
```

```
*/
```

```
Matrice2x2 calculeazaSFolosindBruteForce(Matrice2x2 A, long n)
```

```
{
```

```
    Matrice2x2 rez = A;
```

```
    Matrice2x2 curent = inmulteste(A, A);
```

```
    for (int i = 2; i <= n; ++i)
```

```
    {
```

```
        rez = aduna(rez, curent);
```

```
        curent = inmulteste(curent, A);
```

```
    }
```

```
    return rez;
```

```
}
```

```
/*
```

```
Calculeaza suma  $S(n)$ , in complexitate  $O(\log^2 n)$  Input:
```

```
- A: matricea A din enunt.
```

```
- n: limita din enunt.
```

```
Output:
```

```
-  $S(n) \pmod p$ .
```

```
*/
```

```
Matrice2x2 calculeazaSInLogPatrat(Matrice2x2 A, long n)
```

```
{
```

```
    // n >= 1 in enunt. Daca poate fi si 0?
```

```
    if (n == 1)
```

```
    {
```

```
        return A;
```

```
    }
```

```
    long k = n / 2;
```

```
    Matrice2x2 jumatate = calculeazaSInLogPatrat(A, k);
```

```
    // apeleaza ridicaLaPutere, care are complexitatea  $O(\log n)$ 
```

```
    // rezulta complexitate totala  $O(\log^2 n)$ 
```

```
    Matrice2x2 unitatePlusALaPnpe2 = aduna(getUnitate(), ridicaLaPutere(A, k));
```

```
    Matrice2x2 tot = inmulteste(unitatePlusALaPnpe2, jumatate);
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
    if (n % 2 == 0)
    {
        return tot;
    }

    return aduna(tot, ridicaLaPutere(A, n));
}

/*
Helper pentru calculeaza suma S(n), in complexitate O(log n).
Input:
- A: matricea A din enunt.
- n: limita din enunt.
- AlaPutereaNpe2: folosit pentru a calcula A^n in acelasi timp cu suma. Output:
- S(n) (mod p).
*/
Matrice2x2 calculeazaSInLogHelper(Matrice2x2 A, long n, Matrice2x2& AlaPutereaNpe2)
{
    if (n == 1)
    {
        AlaPutereaNpe2 = A;
        return A;
    }

    long k = n / 2;
    Matrice2x2 jumătate = calculeazaSInLogHelper(A, k, AlaPutereaNpe2);

    // nu se mai apeleaza functia de ridicare la putere => complexitatea totala ramane O(log n)
    Matrice2x2 unitatePlusALanPe2 = aduna(getUnitate(), AlaPutereaNpe2);

    Matrice2x2 tot = inmulteste(unitatePlusALanPe2, jumătate);

    Matrice2x2 patrat = inmulteste(AlaPutereaNpe2, AlaPutereaNpe2);

    if (n % 2 == 0)
    {
        AlaPutereaNpe2 = patrat;
        return tot;
    }

    AlaPutereaNpe2 = inmulteste(patrat, A);
    return aduna(tot, AlaPutereaNpe2);
}

/*
Calculeaza suma S(n), in complexitate O(log n) Input:
```

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

- A: matricea A din enunt.
- n: limita din enunt.

Output:

- $S(n) \pmod{p}$ .

\*/

```
Matrice2x2 calculeazaSInLog(Matrice2x2 A, long n)
```

```
{  
    Matrice2x2 temp(0, 0, 0, 0);  
    return calculeazaSInLogHelper(A, n, temp);  
}
```

```
int main()
```

```
{  
    Matrice2x2 A = citesteMatrice(); long n =  
    citesteN();  
  
    cout << "Matricea data este:" << endl;  
    afiseazaMatrice(A);  
    cout << endl << endl;  
    cout << "Sumele calculate sunt:" << endl;  
    cout << "-----Cu brute force-----" << endl;  
    afiseazaMatrice(calculeazaSFolosindBruteForce(A, n));  
    cout << "-----In  $O(\log^2 n)$ -----" << endl;  
    afiseazaMatrice(calculeazaSInLogPatrat(A, n));  
    cout << "-----In  $O(\log n)$ -----" << endl;  
    afiseazaMatrice(calculeazaSInLog(A, n));  
    cout << "-----" << endl;  
  
    return 0;  
}
```

---

## Pascal

---

Program structuri;

```
const p = 666013;
```

{Retine o matrice de 2x2 de numere intregi.}

```
type Matrice2x2 = record
```

{ Elementele matricei trebuie long deoarece  $p \cdot p > \text{INT\_MAX}$ }

```
    elems: array[0..10,0..10] of longint;
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
linii: longint;
coloane: longint;
end;
{Initializeaza o matrice de 2x2, cu elementele luate modulo p.
Input:
- xij: elementul de pe linia i si coloana j (mod p) Output: -}

function initializareMatrice (x00, x01, x10, x11:longint):Matrice2x2;
var x: Matrice2x2;
begin
    x.elems[0,0] := x00 mod p;
    x.elems[0,1] := x01 mod p;
    x.elems[1,0] := x10 mod p;
    x.elems[1,1] := x11 mod p;
    initializareMatrice:=x;
end;

{Returneaza matricea unitate de 2x2.}
function getUnitate():matrice2x2;
var result : Matrice2x2;
begin
    result:=initializareMatrice(1, 0, 0, 1);
    getUnitate := result;
end;

{Inmulteste doua matrici mod P.
Input:
- X: o matrice de 2x2 de intregi
- Y: o matrice de 2x2 de intregi
Output:
- X*Y (mod p)}

function inmulteste(X : Matrice2x2;Y : Matrice2x2) : Matrice2x2;
var Res: Matrice2x2;
begin
    Res := initializareMatrice(0, 0, 0, 0);
    Res.elems[0,0] := (X.elems[0,0]*Y.elems[0,0] + X.elems[0,1]*Y.elems[1,0]) mod p;
    Res.elems[0,1] := (X.elems[0,0]*Y.elems[0,1] + X.elems[0,1]*Y.elems[1,1]) mod p;
    Res.elems[1,0] := (X.elems[1,0]*Y.elems[0,0] + X.elems[1,1]*Y.elems[1,0]) mod p;
    Res.elems[1,1] := (X.elems[1,0]*Y.elems[0,1] + X.elems[1,1]*Y.elems[1,1]) mod p;
    inmulteste := Res;
end;

{Aduna doua matrici mod P.
Input:
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

- X: o matrice de 2x2 de intregi
- Y: o matrice de 2x2 de intregi

Output:

- X + Y (mod p)}

```
function aduna( X : Matrice2x2; Y: Matrice2x2):Matrice2x2 ;
var Res : Matrice2x2;
begin
    Res := initializareMatrice(0, 0, 0, 0);
    Res.elems[0,0] := (X.elems[0,0] + Y.elems[0,0]) mod p;
    Res.elems[0,1] := (X.elems[0,1] + Y.elems[0,1]) mod p;
    Res.elems[1,0] := (X.elems[1,0] + Y.elems[1,0]) mod p;
    Res.elems[1,1] := (X.elems[1,1] + Y.elems[1,1]) mod p;
    aduna:= Res;
end;
```

{Ridica o matrice la o putere data (mod p).

Input:

- X: matrice de 2x2 de intregi
  - exponent: puterea la care sa se ridice X
- Output:
- X la puterea exponent (mod p)}

```
function ridicaLaPutere( X : Matrice2x2; exponent : integer): Matrice2x2;
var jumătate, jumătatePatrat, Res : Matrice2x2;
begin
if (exponent = 0) then ridicaLaPutere := getUnitate()
else begin
    jumătate := ridicaLaPutere(X, exponent div 2); jumătatePatrat :=
    inmulteste(jumătate, jumătate);
    if (exponent mod 2 = 0)
        then Res := jumătatePatrat
        else Res := inmulteste(jumătatePatrat, X); ridicaLaPutere:=Res;
    end;
end;
```

{Citeste o matrice de 2x2.

Input: Output: - matricea

citita}

```
procedure citesteMatrice(var m:Matrice2x2); var i,j:integer;
begin
    for i:=0 to 1 do begin
        for j:=0 to 1 do begin
            write('m[',i,',',j,']=');
            readln(m.elems[i,j]);
        end;
    end;
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
    end;  
end;  
  
{Afișează o matrice de 2x2.  
Input:  
- X: matricea de afișat Output: -}  
procedure afișeazăMatrice(var m:Matrice2x2); var i,j:integer;  
begin  
    writeln;  
    for i:=0 to 1 do  
        begin  
            for j:=0 to 1 do  
                write(m elems[i,j]:2, ' ');  
            writeln;  
        end;  
    end;  
end;
```

```
{Citeste n-ul din enunt.  
Input: Output:  
- valoarea citita }  
procedure citeșteNumar(n:integer);  
begin  
    write("Dati n (pana la cat se calculeaza suma): ");  
    readln(n);  
end;
```

```
{Calculează suma S(n), în complexitate O(n) Input:  
- A: matricea A din enunt.  
- n: limita din enunt.  
Output:  
- S(n) (mod p).}  
function calculeazăSFolosindBruteForce(var A: Matrice2x2; n:longint): Matrice2x2;  
var res,res1,curent1, curent: Matrice2x2; i:integer;  
begin  
    res := A;  
    curent := inmulteste(A, A);  
    for i := 2 to n do  
        begin  
            res1 := aduna(res, curent);  
            curent1 := inmulteste(curent, A);  
            res:=res1;  
            curent:=curent1;  
        end;  
    calculeazăSFolosindBruteForce:=res;  
end;
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

{Calculeaza suma  $S(n)$ , in complexitate  $O(\log^2 n)$  Input:

- A: matricea A din enunt.
- n: limita din enunt.

Output:

- $S(n) \pmod p$ .)

```
function calculeazaSInLogPatrat(var A : Matrice2x2; n : longint) : Matrice2x2;
var res, jumatare, unitatePlusALaNP2, tot : Matrice2x2; k : longint;
begin
    // n >= 1 in enunt. Daca poate fi si 0?
    if (n = 1) then calculeazaSInLogPatrat := A
    else begin
        k := n div 2;
        jumatare := calculeazaSInLogPatrat(A, k);
        // apeleaza ridicaLaPutere, care are complexitatea O(log n)
        // rezulta complexitate totala O(log^2 n)
        unitatePlusALaNP2 := aduna(getUnitate(), ridicaLaPutere(A, k));
        tot := inmulteste(unitatePlusALaNP2, jumatare);
        if (n mod 2 = 0) then res := tot
            else res := aduna(tot, ridicaLaPutere(A, n));
        calculeazaSInLogPatrat := res;
    end;
end;
```

{Helper pentru calculeaza suma  $S(n)$ , in complexitate  $O(\log n)$ .

Input:

- A: matricea A din enunt.
- n: limita din enunt.
- AlaPutereaNpe2: folosit pentru a calcula  $A^n$  in acelasi timp cu suma.

Output:

- $S(n) \pmod p$ .)

```
function calculeazaSInLogHelper(var A : Matrice2x2; n : longint; var AlaPutereaNpe2 : Matrice2x2) : Matrice2x2;
var jumatare, unitatePlusALanPe2, tot, patrat, result : Matrice2x2; k : longint;
begin
    if (n = 1) then begin
        AlaPutereaNpe2 := A;
        calculeazaSInLogHelper := AlaPutereaNpe2; end
    else begin
        k := n div 2;
        jumatare := calculeazaSInLogHelper(A, k, AlaPutereaNpe2);
        // nu se mai apeleaza functia de ridicare la putere => complexitatea totala ramane O(log n)
        unitatePlusALanPe2 := aduna(getUnitate(), AlaPutereaNpe2);
        tot := inmulteste(unitatePlusALanPe2, jumatare);
        patrat := inmulteste(AlaPutereaNpe2, AlaPutereaNpe2);
        if (n mod 2 = 0) then
```

**Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică**  
**Consultații la Informatică pentru pregătirea concursului de admitere 2020**

---

14 decembrie 2019

Prof. dr. Istvan Czibula  
Lect. dr. Andreea Pop

```
begin
    AlaPutereaNpe2 := patrat;
    calculeazaSlnLogHelper := tot;
end
else begin
    AlaPutereaNpe2 := inmulteste(patrat, A);
    calculeazaSlnLogHelper := aduna(tot, AlaPutereaNpe2);
end;
end;
end;
```

{Calculeaza suma  $S(n)$ , in complexitate  $O(\log n)$  Input:

- A: matricea A din enunt.
- n: limita din enunt.

Output:

- $S(n) \pmod p$  .}

```
function calculeazaSlnLog(var A:Matrice2x2; n:longint): Matrice2x2;
```

```
var temp, res : Matrice2x2 ;
```

```
begin
```

```
    temp:=initializareMatrice(0, 0, 0, 0);
    res := calculeazaSlnLogHelper(A, n,temp);
    calculeazaSlnLog := res;
```

```
end;
```

```
var A,aux: Matrice2x2;
```

```
    n : longint;
```

```
begin
```

```
    citesteMatrice(A);
    citesteNumar(n);
    write('Matricea data este:');
    afiseazaMatrice(A);
    writeln('Sumele calculate sunt:');
    write ( '-----Cu brute force-----' );
    aux:=calculeazaSFolosindBruteForce(A, n);
    afiseazaMatrice(aux);
    write('-----In  $O(\log^2 n)$ -----');
    aux:=calculeazaSlnLogPatrat(A, n);
    afiseazaMatrice(aux);
    write ( '-----In  $O(\log n)$ -----' );
    aux:=calculeazaSlnLog(A, n);
    afiseazaMatrice(aux); writeln ( '-----' );
```

```
end.
```