UNIVERSITATEA *TRANSILVANIA* DIN BRA□OV
Centrul de Învățământ la Distanță
și Învățământ cu Frecvență Redusă

FACULTATEA DE MATEMATICĂ ŞI INFORMATICĂ
PROGRAM DE LICENȚĂ: INFORMATICĂ

Programare orientată pe obiecte 1

CURS PENTRU ÎNVĂȚĂMÂNT LA DISTANȚĂ

AUTORI: Conf. Dr. Adrian Deaconu

ANUL I

2012-2013

Cuvânt înainte

Cartea de față se doreşte a fi, în principal, un ghid pentru studenții din domeniul Informatică, dar, evident, ea poate fi utilă tuturor celor care vor să învețe să programeze orientat pe obiecte, în general şi în C++, în particular. Este bine ca cel care citeşte această lucrare să nu fie începător în programare şi, mai mult, este trebuie să aibă cunoştiinte avansate despre limbajul C. Anumite concepte generale cum ar fi constante, variabile, funcții, tipuri numerice, caractere, string-uri, pointeri, tablouri etc. se consideră cunoscute.

Lucrarea este structurată pe două părți.

În prima parte se prezintă elementele introduse odată cu apariția limbajului C++, care nu existau în C şi care nu au neaparat legatură cu programarea orientată pe obiecte.

În partea a doua este facută o prezentare teoretică a programarii orientate pe obiecte, introducand şi conceptele POO. După această scurtă prezentare pur teoretică se prezintă programarea orientată pe obiecte din C++. Tot aici sunt prezentate şi o parte din clasele care se instalează odată cu mediul de programare (clase pentru lucrul cu fluxuri, clasa complex etc.).

La fiecare capitol, sunt date exemple sugestive, care ilustrează din punct de vedere practic elemente de noutate. Este bine ca aceste exemple să fie înțelese şi, acolo unde este nevoie, să fie scrise şi rulate de către cititor. Programele din această carte nu conțin erori, deoarece ele au fost întâi testate şi abia apoi introduse în lucrare.

În general, tot ceea ce este prezentat în această carte (teorie şi aplicatii) este recunoscut atât de compilatorul C++ al firmei Borland, cât şi de compilatorul Visual C++ al companiei Microsoft.

Autorul.

Introducere

Limbajul C++ este o extensie a limbajului C. Aproape tot ce ține de limbajul C este recunoscut şi de către compilatorul C++. Limbajul C++ a apărut ca o necesitate, în sensul că el a adus completări limbajului C care elimină câteva neajunsuri mari ale acestuia. Cel mai important neajuns al limbajului C este lipsa posibilității de a scrie cod orientat pe obiecte în adevăratul sens al cuvantului. În C se poate scrie într-o manieră rudimentară cod orientat pe obiecte folosind tipul **struct**, în interiorul căruia putem avea atât câmpuri, cât şi metode. Orientarea pe obiecte cu tipul struct are câteva mari lipsuri: membrii săi se comportă toți ca nişte membri publici (accesul la ei nu poate fi restrictionat), nu avem constructori, destructori, moştenire etc.

Limbajul C a fost lansat în anul 1978 şi s-a bucurat încă de la început de un real succes. Acest lucru s-a datorat uşurinței cu care un programator avansat putea scrie programe în comparație cu restul limbajelor ce existau atunci pe piață, datorită în special modului abstract şi laconic în care se scrie cod. De asemenea, modul de lucru cu memoria, cu fişiere este mult mai transparent. Acest lucru are ca mare avantaj viteza crescută de execuție a aplicațiilor, dar poate foarte uşor conduce (mai ales pentru începatori) la erori greu de detectat, datorate "călcării" în afara zonei de memorie alocate.

La sfârşitul anilor '80 a apărut limbajul C++ ca o extensie a limbajului C. C++ preia facilitățile oferite de limbajul C şi aduce elemente noi, dintre care cel mai important este noțiunea de clasă, cu ajutorul căreia se poate scrie cod orientat pe obiecte în toată puterea cuvantului. Limbajul C++ oferă posibilitatea scrierii de funcții şi clase şablon, permite redefinirea (supraîncarcarea) operatorilor şi pentru alte tipuri de date decât pentru cele care există deja definiți, ceea ce oferă programatorului posibilitatea scrierii codului într-o manieră mult mai elegantă, mai rapidă şi mai eficientă.

În anul 1990 este finalizat standardul ANSI-C, care a constituit baza elaborării de către firma Borland a diferitelor versiuni de medii de programare.

În prezent sunt utilizate într-o mare măsură limbajele Java (al cărui compilator este realizat firma Sun) şi Visual C++ (care face parte din pachetul Visual Studio al firmei Microsoft), care au la baza tot standardul ANSI-C. Există însă şi competitori pe masură. Este vorba în prezent în special de limbajele ce au la bază platforma .NET - alternativa Microsoft pentru maşina virtuală Java. Poate cel mai puternic limbaj de programare din prezent este C# (creat special pentru platforma .NET). Limbajul C# seamănă cu C/C++, dar totuşi el nu este considerat ca facând parte din standardul ANSI-C.

În C++ se poate programa orientat pe obiecte ținându-se cont de toate conceptele: *abstractizare*, *moştenire*, *polimorfism* etc.

Odată cu mediul de programare al limbajului C++ (fie el produs de firma Borland sau de firma Microsoft) se instalează şi puternice ierarhii de clase, pe care programatorul le poate folosi, particulariza sau îmbogăți.

Obiectivele cursului

Cursul intitulat *Programare orientată pe obiecte I* are ca obiectiv principal familiarizarea studenților cu modul de gândire orientat pe obiecte în general şi cu programare orientată pe obiecte din C++ în particular.

Resurse

Parcurgerea unităților de învățare aferente ambelor module necesită instalarea unui mediu de programare C++, este de preferat Visual C++ 2008.

Structura cursului

Cursul este structurat în două module, astfel: primul modul cuprinde patru unități de învățare, iar al doilea modul cuprinde zece unități de învățare. La rândul ei, fiecare unitate de învățare cuprinde: obiective, aspecte teoretice privind tematica unității de învățare respective, exemple, teste de autoevaluare precum şi probleme propuse spre discuție şi rezolvare.

De asemenea, la sfarşitul cursului este ataşată o anexă legată de urmărirea execuției unei aplicații pas cu pas şi o bibliografie.

La sfârşitul unităților de învățare sunt indicate teme de control. Rezolvarea acestor teme de control este obligatorie. Temele vor fi trimise de către studenți prin e-mail.

Modulul 1. Elemente introduse în C++

Cuprins

Introducere

În acest modul vom face o scurtă enumerare a elementelor introduse de C++, care nu se găseau în limbajul C.

Lista celor mai importante noutăți aduse de limbajul C++ cuprinde:

- tipul **class** cu ajutorul căruia se poate scrie cod adevărat orientat pe obiecte
- posibilitatea declarării variabilelor aproape oriunde în program
- o puternică ierarhie de clase pentru fluxuri
- alocarea şi eliberarea dinamică a memoriei cu ajutorul operatorilor **new** şi **delete**
- posibilitatea de a scrie mai multe funcții cu acelaşi nume dar cu parametrii diferiți

- valori implicite pentru parametrii funcțiilor
- funcțiile *inline*
- funcțiile şi clasele şablon (suport adevărat pentru programare generică)
- tratarea excepțiilor stil modern (folosind instrucțiunea **try … catch**)
- supraîncarcarea operatorilor
- clasa *complex*

etc.

Aceste elemente introduse de C++ vor fi prezentate pe larg în cele ce urmează.

Competențe

La sfârşitul acestui modul studenții vor:

- cunoaste completarile sunt aduse de C++ limbajului C;
- şti cum se declară variabilele în C++
- înțelege cum se lucrează cu fluxuri în C++ în general şi cum se fac citirile de la tastatură, respectiv afişările pe ecran în particular
- cunoaste mdul de alocarea dinamică a memoriei în C++
- face cunostiinta cu completarile aduse la modul de scriere al funcțiilor în C++
- şti să supraîncarce operatori
- şti să trateze excepțiile in C++

Unitatea de învățare M1.U1. Declarația variabilelor în C++, fluxuri standard în C++

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

În aceasta primă parte ne propunem să vedem ce este limbajul C++ şi să studiem elementele introduse de C++, care nu au neaparat legatură cu programarea orientată pe obiecte.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U1.1. Declarația variabilelor în C++

În C variabilele locale trebuie să fie declarate pe primele linii ale corpului funcției (inclusiv în funcția principală). În C++ declarațiile variabilelor pot fi făcute aproape oriunde în program. Ele vor fi cunoscute în corpul funcției din locul în care au fost declarate în jos. Declarațiile de variabile pot apărea chiar şi în interiorul instrucțiunii *for*. Iată un exemplu în acest sens:

```
int n=10,a[10];
for (int s=0,i=0;i<n;i++)
  s+=a[i];
float ma=s/n;
```

Ce se întâmplă însă dacă declarăm o variabilă în corpul unei instrucțiuni de decizie, compusă sau repetitivă? Este posibil ca grupul de instrucțiuni ce alcătuieşte corpul să nu se execute niciodată. Pentru a se rezolva această problemă orice declarație de variabilă în interiorul unui grup de instrucțiuni delimitat de acolade sau din corpul unei instrucțiuni este cunoscută numai în interiorul grupului, respectiv corpului. Varibilele declarate în interiorul blocurilor intră în stiva de execuție a programului de unde ies la terminarea execuției blocului.

Dăm un exemplu:

```
for (int i=0;i<n;i++)
     for (int j=0;j<n;j++)
          {
               int k=0;
               ...
          }
cout<<i; // corect, variabila i exista
cout<<j; // incorect, variabila j nu mai exista
cout<<k; // incorect, variabila k nu mai exista
```

Spre deosebire de C++, în Java nici variabila *i* din exemplul de mai sus nu ar fi fost cunoscută după ce se iese din instrucțiunea *for*.

U1.2. Fluxuri standard în C++

Pentru a lucra cu fluxuri în C++ există o puternică ierarhie de clase. Pentru a folosi facilitațile C++ de lucru cu fluxuri este necesar şi în general suficient să se includă fişierul antet *"iostream.h"*, care reprezintă o alternativă la ceea ce oferea fişierul antet *"stdio.h"* în C.

Pentru extragerea de date dintr-un flux în C++ în modul text se foloseşte în general operatorul >>, iar penntru introducerea de date într-un flux în modul text folosim operatorul <<. Aşadar, celor doi operatori care erau folosiți în C numai pentru shift-area biților unei valori întregi, în C++ li s-a dat o nouă semnificație.

În C++ avem obiectul **cin** care corespunde în C fluxului standard de intrare *stdin* (tastatura). De exemplu, pentru citirea de la tastatură a două variabile procedăm astfel:

```
int n;
float x;
cin>>n>>x;
```

Instrucțiunea de mai sus are următoarea semnificație: din fluxul standard de intrare se extrag două valori (una întreagă şi apoi una reală). Cele două valori se depun în variabilele *n* şi respectiv *x*.

Pentru afişarea pe ecranul monitorului se foloseşte obiectul **cout** care corespunde fluxului standard de ieşire **stdout**. Iată un exemplu.

```
cout<<"Am citit: "<<n<<" si "<<x<<endl;
```

În fluxul standard de ieşire se trimit: o constantă de tip *string*, o valoare întreagă (cea reținută în variabila *n*), un alt *string* constant şi o valoare reală (reținută în variabila *y*). După afişare, manipulatorul *endl* introdus de asemenea în flux face salt la începutul următoarei linii de pe ecran.

În C++ avem două obiecte pentru fluxuri de erori. Este vorba de **cerr** şi **clog**. Primul obiect corespunde fluxului standard de erori **stderr** din C. Introducerea de date în fluxul **cerr** are ca efect afişarea lor imediată pe ecranul monitorului, dar pe altă cale decât cea a fluxului **cout**. Al doilea flux de erori (**clog**) nu are corespondent în C. Acest flux este unul buffer-izat, în sensul că mesajele de erori se colectează într-o zonă de memorie RAM, de unde pot ajung pe ecran numai când se doreşte acest lucru, sau la terminarea execuției programului. Golirea buffer-ului pe ecran se poate face apelând metoda *flush()*, sub forma:

```
clog.flush();
```

U1.3. Manipulatori

Manipulatorii pot fi considerați nişte funcții speciale care se introduc în lanțurile de operatori << sau >> în general pentru formatare. În exemplul din capitolul anterior am folosit manipulatorul *endl*, care face salt la linie nouă.

Manipulatorii fără parametri sunt descrişi în fişierul antet *"iostream.h"*, iar cei cu parametri apar în fişierul antet *"iomanip.h"*. Dăm în continuare lista manipulatorilor:

Manipulator	Descriere
Dec	Pregăteşte citirea/scrierea întregilor în baza 10
Hex	Pregăteşte citirea/scrierea întregilor în baza 16
Oct	Pregăteşte citirea/scrierea întregilor în baza 8
Ws	Scoate toate spațiile libere din fluxul de intrare
Endl	Trimite caracterul pentru linie nouă în fluxul de ieşire
Ends	Inserează un caracter NULL în flux
Flush	Goleşte fluxul de ieşire
Resetiosflags(long)	Inițializează biții de formatare la valoarile date de argumentul *long*
setiosflags(long)	Modifică numai biții de pe pozițiile 1 date de parametrul *long*
Setprecision(int)	Stabileşte precizia de conversie pentru numerele în virgulă mobilă (numărul de cifre exacte)
setw(int)	Stabileşte lungimea scrierii formatate la numărul specificat de caractere
setbase(int)	Stabileşte baza în care se face citirea/scrierea întregilor (0, 8, 10 sau 16), 0 pentru bază implicită
setfill(int)	Stabileşte caracterul folosit pentru umplerea spațiilor goale în momentul scrierii pe un anumit format

Biții valorii întregi transmise ca parametru manipulatorilor *setiosflags* şi *resetiosflags* indică modul în care se va face extragerea, respectiv introducerea datelor din/în flux. Pentru fiecare dintre aceşti biți în C++ există definită câte o constantă.

Formatările cu *setiosflags* şi *resetiosflags* au efect din momentul în care au fost introduse în flux până sunt modificate de un alt manipulator.

U1.4. Indicatori de formatare

După cum le spune şi numele, indicatorii de formatare arată modul în care se va face formatarea la scriere, respectiv la citire în/din flux. Indicatorii de formatare sunt constante întregi definite în fişierul antet *"iostream.h"*. Fiecare dintre aceste constante reprezintă o putere a lui 2, din cauză că fiecare indicator se referă numai la un bit al valorii întregi în care se memorează formatarea la scriere, respectiv la citire. Indicatorii de formatare se specifică în parametrul manipulatorului *setiosflags* sau *resetiosflags*. Dacă vrem să modificăm simultan mai mulți biți de formatare, atunci vom folosi operatorul | (*sau* pe biți).

Dăm în continuare lista indicatorilor de formatare:

Indicator	Descriere
ios::skipws	Elimină spațiile goale din buffer-ul fluxului de intrare
ios::left	Aliniază la stânga într-o scriere formatată
ios::right	Aliniază la dreapta într-o scriere formatată
ios::internal	Formatează după semn (+/-) sau indicatorul bazei de numerație
ios::scientific	Pregătește afişarea exponențială a numerelor reale
ios::fixed	Pregătește afişarea zecimală a numerelor reale (fără exponent)
ios::dec	Pregătește afişarea în baza 10 a numerelor întregi
ios::hex	Pregătește afişarea în baza 16 a numerelor întregi
ios::oct	Pregătește afişarea în baza 8 a numerelor întregi
ios::uppercase	Foloseşte litere mari la afişarea numerelor (lietra 'e' de la exponent şi cifrele în baza 16)
ios::showbase	Indică baza de numerație la afişarea numerelor întregi
ios::showpoint	Include un punct zecimal pentru afişarea numerelor reale
ios::showpos	Afişează semnul + în fața numerelor pozitive
ios::unitbuf	Goleşte toate buffer-ele fluxurilor
ios::stdio	Goleşte buffer-ele lui *stdout* şi *stderr* după inserare

De exemplu, pentru a afişa o valoare reală fără exponent, cu virgulă, aliniat la dreapta, pe 8 caractere şi cu două zecimale exacte procedăm astfel:

```
float x=11;
cout<<setiosflags(ios::fixed|ios::showpoint|ios::right
);
cout<<setw(8)<<setprecision(2)<<x;
```

Menționăm faptul că în exemplul de mai sus formatările date de *setw* şi de *setprecision* se pierd după afişarea valorii *x*, iar formatările specificate prin intermediul manipulatorului *setiosflags* rămân valabile.

Dăm în continuare un alt exemplu ilustrativ pentru modul de utilizare al manipulatorilor şi al indicatorilor de formatare:

```
#include<iostream.h>
#include<iomanip.h>

void main()
{
      int i=100;
      cout<<setfill('.');

      cout<<setiosflags(ios::left);
      cout<<setw(10)<<"Baza 8";
      cout<<setiosflags(ios::right);
      cout<<setw(10)<<oct<<i<<endl;

      cout<<setiosflags(ios::left);
      cout<<setw(10)<<"Baza 10";
      cout<<setiosflags(ios::dec | ios::right);
      cout<<setw(10)<<i<<endl;

      cout<<setiosflags(ios::left);
      cout<<setw(10)<<"Baza 16";
      cout<<setiosflags(ios::right);
      cout<<setw(10)<<hex<<i<<endl;
}
```

În urma execuției programului de mai sus, pe ecranul monitorului se vor afișa:

```
Baza 8.....144
Baza 10.....100
Baza 16.....64
```

Rezumat

Am făcut cunoştinţă cu primele elemente introduse de C++ în plus faţă de limbajul C. Astfel, variabilele pot fi declarate aproape oriunde în program (chiat şi în instrucţiunea *for*). De asemenea, am văzut cum se citesc date de la tastatură (folosind obiectul *cin*), cum se afişează (cu *cout*), cum se face o formatare la citire şi respectiv la afişare (folosind manipulatori şi indicatori de formatare). Ce este poate cel mai important este faptul că alternativa C++ de lucru cu fluxuri este obiect orientată.

Teme de control

1. De la tastatură se citeşte o matrice de valori reale. Să se afişeze pe ecran matricea, astfel încât fiecare element al matricei să fie scris aliniat la dreapta, pe opt caractere şi cu două zecimale exacte. Dăm ca exemplu afişarea unei matrici cu trei linii şi două coloane:

```
   11.17     2.00
  -23.05    44.10
12345.78     0.00
```

2. De la tastatură se citesc numele şi vârstele unor persoane. Să se afişeze tabelar, sortat după nume, aceste date precum şi media vârstelor, conform modelului din exemplul de mai jos:

```
-------------------------------------------------
|Nr. | NUMELE SI PRENUMELE                  |Varsta|
|crt.|                                      |      |
|----|--------------------------------------|------|
|   1|Ion Monica                            |    19|
|   2|Ionescu Adrian Ionel                  |    25|
|   3|Popescu Gigel                         |    17|
|   4|Popescu Maria                         |    28|
|----------------------------------------------|------|
| Media varstelor:                             | 22.25|
-------------------------------------------------
```

Unitatea de învățare M1.U2. Alocarea dinamică a memoriei în C++

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

În acest unitate de învățare vom studia modul în care se face alocarea şi eliberarea memoriei în C++, într-o manieră elegantă şi modernă cu ajutorul noilor operatori introduşi în C++: *new* şi *delete*.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U2.1. Alocarea dinamică a memoriei în C++

Limbajul C++ oferă o alternativă la funcțiile C *calloc*, *malloc*, *realloc* şi *free* pentru alocarea şi eliberarea dinamică a memoriei, folosind operatorii **new** şi **delete**.

Schema generală de alocare dinamică a memoriei cu ajutorul operatorului **new** este:

```
pointer_catre_tip = new tip;
```

Eliberarea memoriei alocate dinamic anterior se poate face cu ajutorul operatorului **delete** astfel:

```
delete pointer_catre_tip;
```

Prezentăm în continuare alocarea şi eliberarea dinamică a memoriei pentru rădăcina unui arbore binar:

```
struct TArbBin
  {
  char info[20];
  struct TArbBin *ls,*ld;
  }*rad;

// ....

  if (!(rad=new struct TArbBin))
      {
      cerr<<"Eroare! Memorie insuficienta."<<endl;
      exit(1); // parasirea program cu cod de eroare
      }

//....

  delete rad;
```

Alocarea şi eliberarea dinamică a memoriei pentru un vector de numere întregi folosind facilităţile C++ se face astfel:

```
int n,*a;

cout<<"Dati lungimea vectorului: ";
cin>>n;
if(!(a = new int[n]))
      {
      cerr<<"Eroare! Memorie insuficienta." <<endl;
      exit(1);
      }

//....

delete [] a;
```

Pentru a elibera memoria ocupată de un vetor se foloseşte operatorul *delete* urmat de paranteze pătrate, după cum se poate observa în exemplul de mai sus. Dacă nu punem paranteze pătrate nu este greşit, dar este posibil ca în cazul unor compilatoare C++ să nu se elibereze memoria ocupată de vector corect şi mai ales complet.

În C++ alocarea şi eliberarea dinamică a memoriei pentru o matrice de numere reale se poate face ceva mai uşor decât în C folosind operatorii *new* şi *delete*.

Prezentăm în continuare două posibile metode de alocare dinamică a memorie pentru o matrice de ordin 2 (cu *m* linii şi *n* coloane).

```
#include<iostream.h>
#include<malloc.h>

int main(void)
{
      int m,n;
      float **a;

      cout<<"Dati dimensiunile matricii: ";
      cin>>m>>n;

      if (!(a = new float*[m]))
      {
            cerr<<"Eroare! Memorie insuf." <<endl;
            return 1; // parasirea program cu eroare
      }
      for (int i=0;i<m;i++)
            if(!(a[i] = new float[n]))
            {
                  cerr<<"Eroare! Memorie insuf." <<endl;
                  return 1;
            }

//....

      for (i=0;i<m;i++)
            delete [] a[i];
      delete [] a;
      return 0;
}
#include<iostream.h>
#include<malloc.h>

int main(void)
{
      int m,n;
      float **a;

      cout<<"Dati dimensiunile matricii: ";
      cin>>m>>n;

      if (!(a = new float*[m]))
      {
            cerr<<"Eroare! Memorie insuf." <<endl;
            return 1; // parasirea program cu eroare
      }
      for (int i=0;i<m;i++)
```

```
            if(!(a[i] = new float[n]))
            {
                  cerr<<"Eroare! Memorie insuf." <<endl;
                  return 1;
            }

//....

      for (i=0;i<m;i++)
            delete [] a[i];
      delete [] a;
      return 0;
}
```

Pentru a intelege mai bine ideea de mai sus de alocare a memoriei pentru o matrice, să vedem ce se întamplă în memorie.

Prima data se alocă memorie pentru un vector (cu *m* elemente) de pointeri către tipul *float* (tipul elementelor matricii). Adresa către această zonă de memorie se reține în pointerul *a*. După prima alocare urmează *m* alocări de memorie necesare stocării efective a elementelor matricei. În vectorul de la adresa *a* (obținut în urma primei alocări) se reţin adresele către începuturile celor *m* zone de memorie carespunzătoare liniilor matricei. Tot acest mecanism de alocare a memoriei este ilustrat în figura 1.

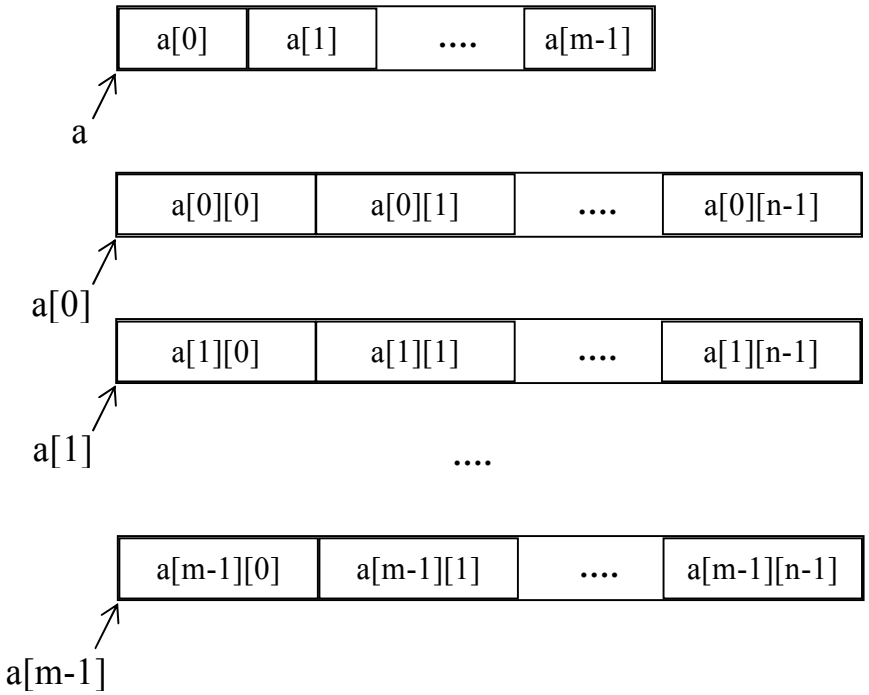


Fig. 1: Prima schemă de alocare a memoriei pentru o matrice

Eliberarea memoriei necesare stocării matricei se face evident tot în *m+1* paşi.

Avantajul alocării dinamice pentru o matrice în stilul de mai sus este dat de faptul că nu este necesară o zonă de memorie continuă pentru memorarea elementelor matricei. Dezavantajul constă însă în viteza scăzută de execuţie a programului în momentul alocării şi eliberării memoriei (se fac *m+1* alocări şi tot atâtea eliberări de memorie).

Propunem în continuare o altă metodă de alocare a memoriei pentru o matrice cu numai două alocări de memorie (şi două eliberări).

```
#include<iostream.h>
#include<malloc.h>

int main(void)
{
      int m,n;
      float **a;

      cout<<"Dati dimensiunile matricii: ";
      cin>>m>>n;

      if (!(a = new float*[m]))
      {
            cerr<<"Eroare! Memorie insuf." <<endl;
            return 1;
      }
      if(!(a[0] = new float[m*n]))
      {
            cerr<<"Eroare! Memorie insuf." <<endl;
            return 1;
      }
      for (int i=1;i<m;i++)
            a[i]=a[i-1]+n;

//....

      delete [] a[0];
      delete [] a;
      return 0;
}
```

În cazul celei de a doua metode, întâi alocăm de asemenea memorie pentru a reține cele *m* adrese de început ale liniilor matricei, după care alocăm o zonă de memorie continuă necesară stocării tuturor celor `m*n` elemente ale matricei (întâi vom reține elementele primei linii, apoi elementele celei de a doua linii etc.). Adresa de început a zonei de memorie alocate pentru elementele matricei este reținută în pointerul *a[0]*. În a[1] se reține adresa celei de a *(n+1)*-a căsute de memorie (*a[1]=a[0]+n*), adică începutul celei de-a doua linii a matricei. În general, în *a[i]* se reține adresa de început a liniei *i+1*, adică `a[i]=a[i-1]+n=a[0]+i*n`. Schema de alocare a memoriei este prezentată în figura 2.

Este evident că al doilea mod de alocare a memoriei este mai rapid decât primul (cu numai două alocări şi două eliberări) şi, cum calculatoarele din prezent sunt înzestrate cu memorii RAM de capacitate foarte mare, alocarea unei zone mari şi continue de memorie nu mai reprezintă un dezavantaj. Aşa că în practică preferăm a doua modalitate de alocare dinamică a memorie pentru o matrice.

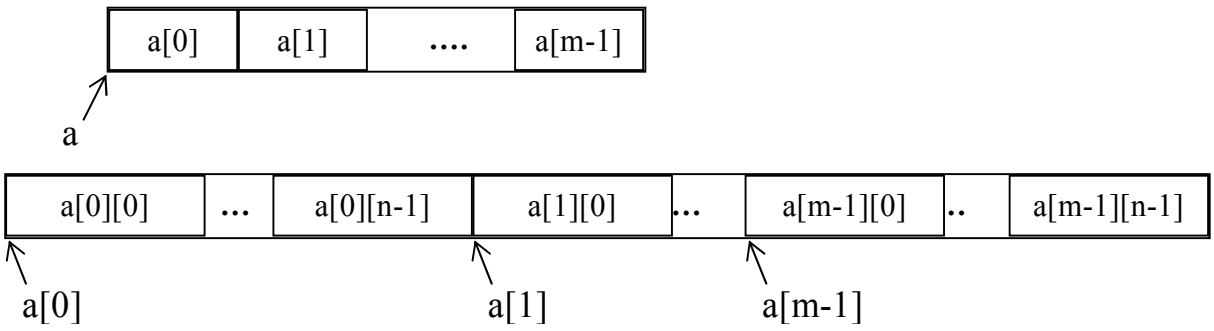


Fig. 2: A doua schemă de alocare a memoriei pentru o matrice

În final trebuie să recunoaştem însă că alocarea dinamică a memoriei pentru o matrice în alte limbaje de programare (cum ar fi Java sau C#) este mai uşoară decât în C++, deoarece ea se poate face printr-o singură utilizare a operatorului **new**.

Rezumat

C++ oferă o alternativă mai elegantă şi modernă pentru alocarea dinamică a memoriei, folosind operatorii *new* şi *delete*. Cu ajutorul acestor operatori alocăm memorie mai uşor, fără a mai fi nevoie de conversii şi fără apeluri de funcţii.

Teme de control

1. Să se aloce dinamic memorie pentru un vector de vectori de elemente de tip *double* cu următoarea proprietate: primul vector are un element, al doilea are două elemente, în general al *k*-lea vector are *k* elemente, $k \in \{1, 2, ..., n\}$. Să se citească de la tastatură *n* (numărul de vectori) precum şi elementele vectorilor. Să se construiască un nou vector format cu mediile aritmetice ale celor *n* vectori. În final să se elibereze toate zonele de memorie alocate dinamic.

2. De la tastatură se citeşte un vector *a* cu *n* elemente întregi pozitive. Să se aloce memorie pentru un vector de vectori cu elemente întregi. Primul vector are *a[0]* elemente, al doilea are *a[1]* elemente, în general al *k*-lea vector are *a[k-1]* elemente ($k \in \{1, 2, ..., n\}$). Să se citească de la tastatură elementele vectorilor. Să se construiască un nou vector (alocat tot dinamic) format cu elementele pătrate perfecte ale celor *n* vectori. În final se eliberează toate zonele de memorie alocate dinamic.

3. Sa se aloce dinamic memorie pentru o matrice tridimensională de dimensiuni *m*, *n* şi *p* de elemente întregi, unde *m*, *n* şi *p* sunt valori întregi pozitive citite de la tastatură. Să se citească de la tastatură elementele matricii. Să se construiască un vector de triplete *(i, j, k)*, unde *i*, *j* şi *k* ($i \in \{0, 1, ..., m-1\}$, $j \in \{0, 1, ..., n-1\}$, $k \in \{0, 1, ..., p-1\}$) sunt indicii elementelor matricii care sunt cele mai apropiate de un pătrat perfect. În final să se elibereze toate zonele de memorie alocate dinamic.

4. Scrieți funcții pentru introducerea unui element într-o stivă de caractere, scoaterea unui element din stivă, afișarea conținutului stivei și eliberarea meoriei ocupate de stivă. Stiva se va memora dinamic folosind pointeri către tipul *struct*.

5. Scrieți aceleași funcții pentru o coadă.

6. Scrieți aceleași funcții pentru o coadă circulară.

7. Scrieți o funcție pentru introducerea unei valori reale într-un arbore binar de căutare și o funcție pentru parcurgerea în inordine a arborelui binar. Folosiți aceste funcții pentru a sorta un vector de numere reale citit de la tastatură. Pentru memorarea arborelui se vor folosi pointeri către tipul *struct*.

Unitatea de învățare M1.U3. Funcții în C++

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

În acest capitol ne propunem să studiem elementele introduse de C++ cu privire la modul de scriere al funcțiilor. În C++ putem avea funcții cu același nume și cu parametrii diferiți, valori implicite pentru parametri. Transmiterea parametrilor se poate face și prin referință. Vom prezenta și noțiunile de funcție *inline* și funcție șablon.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U3.1. Funcții cu același nume și cu parametrii diferiți

În C++ se pot scrie mai multe funcții cu același nume, dar cu parametri diferiți (ca număr sau/și ca tip), în engleza *overloading*. La apelul unei funcții se caută varianta cea mai apropiată de modul de apelare (ca număr de parametrii și ca tip de date al parametrilor).

De exemplu, putem scrie trei funcţii cu acelaşi nume care calculează maximul dintre două, respectiv trei valori:

```
# include <iostream.h>

int max(int x,int y)
  {
  if (x>y) return x;
  return y;
  }

int max(int x,int y,int z)
  {
  if (x>y)
    {
    if (x>z) return x;
    return z;
    }
  if (y>z) return y;
  return z;
}

double max(double x,double y)
  {
  if (x>y) return x;
  return y;
  }

void main(void)
  {
  int a=1,b=2,c=0,max1,max2;
  float A=5.52f,B=7.1f,max3;
  double A2=2,B2=1.1,max4;

  max1=max(a,b);        // apelul primei functii
  max2=max(a,b,c);           // apelul celei de-a doua fct
  max3=(float)max(A,B);// apelul functiei 3
  max4=max(A2,B2);           // apelul tot al functiei 3
  cout<<max1<<", "<<max2<<", ";
  cout<<max3<<", "<<max4<<endl;
  }
```

U3.2. Transmiterea parametrilor prin referinţă

În C transmiterea parametrilor în funcţie se face prin valoare (pentru cei de intrare) sau prin adresă (pentru cei de ieşire). Transmiterea parametrilor prin adresă este pretenţioasă (la apel suntem obligaţi în general să utilizăm operatorul adresa &, iar în corpul funcţiei se foloseşte operatorul *).

În C++ transmiterea parametrilor de ieşire (care se returnează din funcţii), se poate face într-o manieră mult mai elegantă, şi anume prin referinţă. În definiţia funcţiei, fiecare parametru transmis prin referinţă este precedat de semnul &.

Dăm ca exemplu interschimbarea valorilor a două variabile în ambele forme (transmitere prin adresă şi prin referinţă).

```
# include <iostream.h>

void intersch(int* a, int* b)      // transmitere prin adr.
        {
        int c=*a;
        *a=*b;
        *b=c;
        }

void intersch(int& a, int& b)      // transmitere prin ref.
        {
        int c=a;
        a=b;
        b=c;
        }

void main()
        {
        int x=1,y=2;

        cout<<"primul nr: "<<x<<", al doilea nr: "<<y<<endl;
        intersch(&x,&y);     // apelul primei functii
        cout<<"primul nr: "<<x<<", al doilea nr: "<<y<<endl;
        intersch(x,y);              // apelul celei de-a doua functii
        cout<<"primul nr: "<<x<<", al doilea nr: "<<y<<endl;
        }
```

Ne propunem acum să scriem o funcţie care primeşte ca parametru un vector de valori întregi şi care construieşte şi returnează alţi doi vectori formaţi cu elementele nenegative şi respectiv cu cele negative ale vectorului iniţial. Mai mult, după separare se eliberează zona de memorie ocupată de vectorul iniţial.

Se ştie că în C cand alocăm memorie (sau în general atunci când schimbăm adresa reţinută într-un pointer primit ca argument), adresa de memorie în general se returnează ca valoare a funcţiei şi nu printre parametrii funcţiei (vezi de exemplu funcţiile C de alocare a memoriei: *calloc, malloc, realloc*). Cum procedăm atunci când alocăm mai multe zone de memorie în interiorul funcţiei şi vrem să returnăm adresele spre zonele alocate? Acesta este şi cazul problemei propuse mai sus. Singura soluţie oferită de C este scrierea unor parametri ai funcţiei de tip pointer către pointer. Iată rezolvarea problemei în această manieră pentru problema separării elementelor nenegative de cele negative:

```
# include <iostream.h>

void separare(int m,int **a,int *n,int **b,int *p,int **c)
{
        *n=0;
        *p=0;
        for (int i=0;i<m;i++)
                if ((*a)[i]>=0)  (*n)++;
```

```
            else (*p)++;
        *b=new int[*n];
        *c=new int[*p];
        int k=0,h=0;
        for (i=0;i<m;i++)
            if ((*a)[i]>=0) (*b)[k++]=(*a)[i];
            else (*c)[h++]=(*a)[i];
        delete [] *a;
}

void main()
{
        int i,n,n1,n2,*a,*a1,*a2;

        cout<<"Nr. de elemente al sirului: ";
        cin>>n;
        a=new int[n];
        cout<<"Dati elemente al sirului:"<<endl;
        for (i=0;i<n;i++)
        {
            cout<<"a["<<(i+1)<<"]=";
            cin>>a[i];
        }
        separare(n,&a,&n1,&a1,&n2,&a2); // transmitere prin adr
        cout<<"Sirul elementelor nenegative: ";
        for (i=0;i<n1;i++)
            cout<<a1[i]<<" ";
        cout<<endl<<"Sirul elementelor negative: ";
        for (i=0;i<n2;i++)
            cout<<a2[i]<<" ";
        delete [] a1;
        delete [] a2;
}
```

Pentru a înțelege obligativitatea folosirii parantezelor în funcția *separare* din exemplul de mai sus trebuie sa cunoaştem ordinea de aplicare a operatorilor într-o expresie. Astfel, operatorul de incrementare ++ are prioritatea cea mai mare, el se aplică înaintea operatorului * (valoare de la o adresă) pus în fața pointerului. De asemenea, operatorul `[]` (de referire la un element al unui şir) are prioritate mai mare decât * aplicat unui pointer. De aceea am folosit paranteze pentru a indica ordinea în care dorim să aplicăm aceşti operatori în situațiile: `(*a)[i]` şi respectiv `(*n)++`. Să observăm şi faptul că la atribuirea `*n=0` nu este necesară utilizarea parantezelor, deoarece operatorul = are prioritate mai mică decât * aplicat pointerilor.

După cum se vede descrierea funcției *separare* cu transmitere a vectorilor prin adresă (stil C) este foarte de pretențioasă. Trebuie să fim foarte atenți la o mulțime de detalii datorate în special necesității utilizării operatorului * când ne referim în corpul funcției la parametrii transmişi prin adresă.

Să vedem în continuare cum putem rescrie mult mai elegant funcția *separare* cu transmitere a vectorilor prin referință către pointer (aşa cum este posibil numai în C++):

```
# include <iostream.h>
```

```
void separare(int m,int *&a,int &n,int *&b,int &p,int *&c)
{
	n=0;
	p=0;
	for (int i=0;i<m;i++)
		if (a[i]>=0) n++;
		else p++;
	b=new int[n];
	c=new int[p];
	int k=0,h=0;
	for (i=0;i<m;i++)
		if (a[i]>=0) b[k++]=a[i];
		else c[h++]=a[i];
	delete [] a;
}

void main()
{
	int i,n,n1,n2,*a,*a1,*a2;

	cout<<"Nr. de elemente al sirului: ";
	cin>>n;
	a=new int[n];
	cout<<"Dati elemente al sirului:"<<endl;
	for (i=0;i<n;i++)
	{
		cout<<"a["<<(i+1)<<"]=";
		cin>>a[i];
	}
	separare(n,a,n1,a1,n2,a2); // transmitere prin referinta
	cout<<"Sirul elementelor nenegative: ";
	for (i=0;i<n1;i++)
		cout<<a1[i]<<" ";
	cout<<endl<<"Sirul elementelor negative: ";
	for (i=0;i<n2;i++)
		cout<<a2[i]<<" ";
	delete [] a1;
	delete [] a2;
}
```

U3.3. Valori implicite pentru parametrii funcțiilor

În C++ există posibilitatea ca la definirea unei funcții o parte dintre parametri (transmişi prin valoare) să primească valori implicite. În situația în care lipsesc argumente la apelul funcției, se iau valorile implicite dacă există pentru acestea. Numai o parte din ultimele argumente din momentul apelului unei functii pot lipsi şi numai dacă există valorile implicite pentru acestea în definiția funcției. Nu poate lipsi de exemplu penultimul argument, iar ultimul să existe în momentul apelului funcției.

Dăm un exemplu simplu în care scriem o funcție *inc* pentru incrementarea unei variabile întregi (similară procedurii cu acelaşi nume din limbajele Pascal şi Delphi):

```
void inc(int &x,int i=1)
{
      x+=i;
}
```

Funcția *inc* poate fi apelată cu unul sau doi parametri. Astfel, apelul `inc(a,5)` este echivalent cu `x+=5` (în corpul funcției variabila `i` ia valoarea `5`, valoare transmisă din apelul funcției). Dacă apelăm însă funcția sub forma `inc(a)`, atunci pentru `i` se ia valoarea implicită `1`, situație în care `x` se mărește cu o unitate.

Scrieți o functie care primește 5 parametri de tip *int* care returnează maximul celor 5 valori. Dați valori implicite parametrilor așa încât funcția să poată fi folosită pentru a calcula maximul a două numere întregi (când se apelează cu 2 parametri), a trei, patru și respectiv cinci valori întregi.

U3.4. Funcții *inline*

În C++ există posibilitatea declarării unei funcții ca fiind *inline*. Fiecare apel al unei funcții inline este înlocuit la compilare cu corpul funcției. Din această cauză funcțiile *inline* se aseamănă cu macrocomenzile. Spre deosebire însă de macrocomenzi, funcțiile inline au tip pentru parametrii și pentru valoarea returnată. De fapt, ele se declară și se descriu ca și funcțiile obișnuite, numai că în fața definiției se pune cuvântul rezervat *inline*. Modul de apel al macrocomenzilor diferă de cel al funcțiilor inline. În acest sens dăm un exemplu comparativ în care scriem o macrocomandă pentru suma a două valori și respectiv o funcție inline pentru suma a două valori întregi.

```
# include <iostream.h>

# define suma(a,b) a+b        // macrocomanda

inline int suma2(int a, int b)      // functie inline
{
      return a+b;
}

void main()
{
      int x;
      x=2*suma(5,3);
      cout<<x<<endl;
      x=2*suma2(5,3);
      cout<<x<<endl;
}
```

Pe ecran se vor afișa valorile `13` și respectiv `16`. Primul rezultat poate fi pentru unii neașteptat. Dacă suntem familiarizați cu modul de utilizare al macrocomenzilor rezultatul nu mai este însă deloc surprinzător. La compilare, apelul `suma(5,3)` este înlocuit efectiv în cod cu `5+3`, ceea ce înseamnă că variabilei `x` i se va atribui valoarea `2*5+3`, adică `13`.

Din cauză că apelurile funcției inline se înlocuiesc cu corpul ei, codul funcției inline trebuie să fie în general de dimensiuni mici. În caz contrar și/sau dacă apelăm des în program funcțiile inline, dimensiunea executabilului va fi mai mare.

De reținut este faptul că în cazul compilatorului Borland C++ nu se acceptă intrucțiuni repetitive şi nici instrucțiuni *throw* (vezi capitolul dedicat tratării excepțiilor) în corpul funcției inline. Dacă incercăm totuşi utilizarea lor în corpul unei funcții declarate inline, atunci la compilare funcția va fi considerată obişnuită (ignorându-se practic declaratia *inline*) şi se va genera un *warning*.

Funcțiile inline sunt foarte des utilizate în descrierea claselor. Astfel, funcțiile "mici", fără cicluri repetitive, pot fi descrise inline, adică direct în corpul clasei.

U3.5. Funcții şablon (template)

Unul dintre cele mai frumoase suporturi pentru programare generică este oferit de limbajul C++ prin intermediul funcțiilor şi claselor şablon (*template*). Astfel, în C++ putem scrie clase sau funcții care pot funcționa pentru unul sau mai multe tipuri de date nespecificate. Să luăm spre exemplu sortarea unui vector. Ideea algoritmului este aceeaşi pentru diverse tipuri de date: întregi, reale, string-uri etc. Fără a folosi şabloane ar trebui să scriem câte o funcție de sortare pentru fiecare tip de date.

Înaintea fiecărei funcții şablon se pune cuvântul rezervat *template* urmat de o enumerare de tipuri de date generice (precedate fiecare de cuvântul rezervat *class*). Enumerarea se face între semnele < (mai mic) şi > (mai mare):

```
template <class T1, class T2, ... >
tipret NumeFctSablon(parametri)
{
     // corpul functiei sablon
}
```

T1, T2, … sunt tipurile generice de date pentru care scriem funcția şablon. Este esențial de reținut faptul că toate tipurile de date generice trebuie folosite în declararea parametrilor funcției.

În cele mai multe cazuri se foloseşte un singur tip generic de date.

Iată câteva exemple simple de funcții şablon:

```
template <class T>
T max(T x,T y)
{
     if (x>y) return x;
     return y;
}

template <class T>
void intersch(T &x,T &y)
{
     T aux=x;
     x=y;
     y=aux;
}

template <class T1,class T2>
void inc(T1 &x,T2 y)
{
     x+=y;
```

```
}

template <class T>
T ma(int n,T *a)
{
      T s=0;
      for (int i=0;i<n;i++) s+=a[i];
      return s/n;
}
```

Dacă în interiorul aceluiaşi program avem apeluri de funcţii şablon pentru mai multe tipuri de date, atunci pentru fiecare dintre aceste tipuri de date compilatorul generează câte o funcţie în care tipurile generice de date se înlocuiesc cu tipurile de date identificate la întâlnirea apelului. De asemenea, la compilare se verifică dacă sunt posibile instanţele funcţiilor şablon pentru tipurile de date identificate. De exemplu, compilarea codului funcţiei şablon *inc* nu generează erori, dar tentativa de apelare a ei cu doi parametrii de tip *string* se soldează cu eroare la compilare pentru că cele două string-uri se transmit prin doi pointeri (către *char*), iar operatorul += nu este definit pentru doi operanzi de tip pointer.

Dăm în continuare câteva posibile apeluri ale funcţiilor şablon de mai sus:

```
int i=2,j=0,k;
double m,a[4]={1.5,-5E2,8,0},x=2,y=5.2;
char *s1="Un string",*s2="Alt string",*s;

k=max(i,j);          // T este int
m=max(x,y);          // T este double
intersch(i,j); // T este int
intersch(x,y); // T este double
inc(x,i);            // T1 este double, T2 este int
m=ma(4,a);           // T este double
s=max(s1,s2);        // apel incorect, T nu poate fi char*
```

Funcţiile şablon şi clasele şablon alcătuiesc fiecare câte o clasă de funcţii, respectiv de clase, în sensul că ele au aceeaşi funcţionalitate, dar sunt definite pentru diverse tipuri de date. O funcţie *template* de sortare putem spune că este de fapt o clasă de funcţii de sortare pentru toate tipurile de date care suportă comparare. În cazul sortării, tipului nespecificat este cel al elementelor vectorului.

Clasele şablon le vom prezenta într-un capitol următor.

Rezumat

Am studiat principalele elemente introduse de limbajul C++ cu privire la modul de redactare al funcţiilor. Astfel, putem avea funcţii cu acelaşi nume şi parametri diferiţi, valori implicite pentru funcţii, funcţii *inline*, parametrii de ieşire pot fi transmişi prin referinţă într-o manieră mult mai elegantă şi mai uşor de redactat. De asemenea, funcţiile şablon (alături de clasele şablon) oferă unul dintre cele mai frumoase suporturi pentru programarea generică (cod care să funcţioneze pentru diverse tipuri de date).

Teme

Propunem aplicativ la transmiterea parametrilor prin referință scrierea a două funcții:

1. Funcție care primeşte ca primi parametrii lungimea unui vector de numere întregi precum şi pointerul către acest vector. Să se construiască un alt vector (alocat dinamic) format cu elementele care sunt numere prime ale vectorului inițial. Să se returneze prin referință lungimea vectorului construit precum şi pointerul către noul vector.

2. Funcție care primeşte ca primi parametri datele despre o matrice de dimensiuni *m* şi *n*. Pornind de la această matrice să se construiască un vector format cu elementele matricii luate în spirală pornind de la elementul de indici 0 şi 0 şi mergând în sensul acelor de ceasornic. Funcția va returna prin referință pointerul către vectorul construit. Menționăm faptul că, după construcția vectorului, în interiorul funcției se va elibera memoria ocupată de matrice.

De exemplu, din matricea $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 \end{pmatrix}$ se obține vectorul (1, 2, 3, 4, 8, 12, 11, 10, 9, 5, 6, 7).

Să sescrie funcții şablon pentru:

1. Minimul a trei valori;
2. Maximul elementelor unui şir;
3. Căutare secvențială într-un şir;
4. Căutare binară într-un şir;
5. Interclasare a două şiruri sortate crescător;
6. Sortare prin interclasare (utilizând funcția de interclasare de mai sus);
7. Produs a două matrici;
8. Ridicare matrice la o putere.

Unitatea de învățare M1.U3. Supraîncărcarea operatorilor şi tratarea excepțiilor

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

- În C++ există posibilitatea supraîncărcării operatorilor (în engleză *overloading*), adică un operator poate fi definit şi pentru alte tipuri de date decât cele pentru care există deja definit. Vom vedea că supraîncărcarea operatorilor oferă o alternativă la scrierea unor funcții pentru diverse operații. Un operator este mult mai uşor introdus într-o expresie, oferind eleganță şi abstractizare codului.
- Ne propunem se vedem ce propune C++ în comparație cu limbajul C pentru tratarea situațiilor în care apar excepții (erori) pe parcursul execuției programului. Vom vedea de asemenea cum putem genera propriile excepții cu ajutorul instrucțiunii *throw*.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U4.1. Supraîncărcarea operatorilor

Nu toți operatorii pot fi supraîncărcați. Operatorii care nu pot fi redefiniți şi pentru alte tipuri de date sunt:

1. `x.y` operator acces la membru
2. `x.*y` operator acces la date de la adresa dată de un câmp de tip pointer
3. `x::y` operator de rezoluție
4. `x?y:z` operator ternar ?:
5. `#` operator directivă preprocesor
6. `##` operator preprocesor de alipire token-i

Lista operatorilor care pot fi supraîncărcați este:

1. Operatorii unari de incrementare şi decrementare: `++x, x++, --x, x--`
2. Operatorul adresă `&x`
3. Operatorul de redirecționare `*x`
4. Operatorii unari semn plus şi minus: `+x, -x`
5. Operatorul not la nivel de bit `~x`
6. Operatorul not logic `!x`
7. Operatorul pt. aflarea numărului de octeți pe care se reprezintă valoarea unei expresii `sizeof expresie`
8. Operatorul de conversie de tip `(type)x`
9. Operatorii binari aritmetici: `+, -, *, /, %`
10. Operatorii de deplasare (shift-are) pe biți, respectiv pentru introducere, scoatere în / dintr-un flux C++: `x<<y, x>>y`
11. Operatorii relaționari: `<, >, <=, >=, = =, !=`
12. Operatorii binari la nivel de bit: `x&y` (şi), `x^y` (sau exclusiv), `x|y` (sau)
13. Operatorii logici `&&` (şi), `||` (sau)

14. Operatorul de atribuire =
15. Operatorul de atribuire combinat cu un operator binar: `+=, -=, *=, /=, %=, <<=, >>=, &=, ^=, |=`
16. Operatorii de acces la date: `x[y]` (indice), `x->y` (membru y de la adresa x), `x->*y` (referire membru pointer)
17. Operator de tip apel funcție `x(y)`
18. Operatorul virgulă `x,y`
19. Operatorii de alocare şi eliberare dinamică a memoriei: `new`, `delete`.

După cum putem obseva din lista de mai sus, operatorii care pot fi supraîncărcați sunt unari sau binari, adică au aritatea 1 sau 2. De altfel, singurul operator C/C++ ternar ?: nu poate fi redefinit.

Un operator se defineşte asemănător cu o funcție. La definirea operatorului trebuie să se țină însă cont de aritatea lui, care trebuie să coincidă cu numărul parametrilor, dacă funcția este externă unei clase, iar în loc de numele funcției apare cuvântul rezervat *operator* urmat de simbolul sau simbolurile care caracterizează acel operator:

```
tipret operator<simbol(uri)>(parametri)
{
      // corpul operatorului
}
```

Să considerăm următoarea structură în care vom memora elementele unei mulțimi de numere întregi:

```
struct Multime
{
      int n,e[1000];
};
```

În campul *n* vom reține numărul de elemente al mulțimii, iar în *e* vom reține elementele mulțimii.

În C++ la tipul *struct Multime* ne putem referi direct sub forma *Multime*.

Pentru tipul *Multime* vom arăta vom supraîncărca următorii operatori: + pentru reuniunea a două mulțimi şi pentru adăugarea unui element la o mulțime, << pentru introducerea elementelor mulțimii într-un flux de ieşire şi >> pentru extragerea elementelor unei mulțimi dintr-un flux de intrare.

Cea mai simplă metodă (de implementat) pentru reuniunea a două mulțimi este:

```
int cautSecv(int x,int n,int *a)
{
      for (int i=0;i<n;i++)
            if (x==a[i]) return 1;
      return 0;
}

Multime operator +(Multime a,Multime b)
{
      Multime c;

      for (int i=0;i<a.n;i++) c.e[i]=a.e[i];
```

```
        c.n=a.n;
        for (i=0;i<b.n;i++)
             if (!cautSecv(b.e[i],a.n,a.e))
                  c.e[c.n++]=b.e[i];
        return c;
}
```

Complexitatea algoritmului folosit mai sus pentru a reuni mulțimile *a* şi *b* este evident *O(a.n × b.n)*. Se poate însă şi mai bine. În loc de căutarea secvențială a elementului *b.e[i]* în vectorul *a.e* putem aplica o căutare rapidă, bineînțeles dacă sortăm rapid în prealabil vectorul *a.e*. Complexitatea algoritmului devine: *O(a.n × log(a.n) + b.n × log(a.n)) = O((a.n + b.n) × log(a.n))*. Dacă reunim însă mulțimea *b* cu *a* (în ordine inversă), atunci complexitatea devine *O((a.n + b.n) × log(b.n))*. Este evident că, pentru a îmbunătăți complexitatea algoritmului, vom reuni *a* cu *b* dacă *b.n > a.n* şi, respectiv *b* cu *a* în situația în care *a.n > b.n*. Complexitatea devine atunci *O((a.n + b.n) × log(min{b.n, a.n})) = O(max{a.n, b.n} × log(min{b.n, a.n}))*.

Pentru sortarea mulțimii cu mai puține elemente vom aplica algoritmul de sortare prin interclasare pentru că el are în orice situație complexitatea *O(m × log(m))*, unde *m* este numărul de elemente.

Reuniunea rapidă a două mulțimi este:

```
void intercls(int m,int *a,int n,int *b,int *c)
{
     int i=0,j=0,k=0,l;

     while (i<m && j<n)
          if (a[i]<b[j]) c[k++]=a[i++];
          else c[k++]=b[j++];
    for(l=i;l<m;l++) c[k++]=a[l];
    for(l=j;l<n;l++) c[k++]=b[l];
}

void sortIntercls(int s,int d,int *a,int *b)
{
     if (s==d) {b[0]=a[s]; return;}
     int m=(s+d)/2,*a1,*a2;

     a1=new int[m-s+1];
     a2=new int[d-m];
     sortIntercls(s,m,a,a1);
     sortIntercls(m+1,d,a,a2);
     intercls(m-s+1,a1,d-m,a2,b);
     delete [] a1;
     delete [] a2;
}

int cautBin(int x,int s,int d,int *a)
{
     if (s==d)
     {
          if (a[s]==x) return 1;
          else return 0;
```

```
     }
     int m=(s+d)/2;
     if (a[m]==x) return 1;
     if (x<a[m])
          return cautBin(x,s,m,a);
     return cautBin(x,m+1,d,a);
}

Multime operator +(Multime a,Multime b)
{
     int i;
     Multime c;

     if (a.n<b.n)
     {
          if(a.n)sortIntercls(0,a.n-1,a.e,c.e);
          c.n=a.n;
          for (i=0;i<b.n;i++)
               if (!cautBin(b.e[i],0,a.n-1,c.e))
                    c.e[c.n++]=b.e[i];
     }
     else
     {
          if(b.n)sortIntercls(0,b.n-1,b.e,c.e);
          c.n=b.n;
          for (i=0;i<a.n;i++)
               if (!cautBin(a.e[i],0,b.n-1,c.e))
                    c.e[c.n++]=a.e[i];
     }
     return c;
}
```

Să implementăm acum operatorul + pentru adăugarea unui element la o mulțime:

```
Multime operator +(Multime a,int x)
{
     Multime b;

     for (int i=0;i<a.n;i++) b.e[i]=a.e[i];
     b.n=a.n;
     if (!cautSecv(x,b.n,b.e)) b.e[b.n++]=x;
     return b;
}
```

Implementarea operatorilor << şi >> este:

```
ostream& operator <<(ostream& fl,Multime& a)
{
     for (int i=0;i<a.n;i++) fl<<a.e[i]<<" ";
     return fl;
}
```

```
istream& operator >>(istream& fl,Multime& a)
{
     fl>>a.n;
     for (int i=0;i<a.n;i++) fl>>a.e[i];
     return fl;
}
```

Pentru testarea operatorilor care i-am scris pentru tipul *Multime* propunem următoarea funcție principală:

```
void main()
{
     int x;
     Multime a,b,c;

     cout<<"Dati prima multime:"<<endl;
     cin>>a;
     cout<<"Dati a doua multime:"<<endl;
     cin>>b;
     cout<<"Dati un numar intreg:";
     cin>>x;
     c=a+b+x;
     cout<<"Reuniunea este: "<<c<<endl;
}
```

Pentru tipul *Multime* nu putem supraîncărca operatorul = pentru că el este definit deja pentru operanzi de tipul *struct* !

În final prezentăm câteva reguli de care trebuie să ținem seama atunci când supraîncărcăm un operator:

1. Trebuie păstrata aritatea operatorului. Astfel, spre exemplu, aritatea operatorului de adunare + este 2 (operator binar). Dacă supraîncărcăm acest operator, atunci el va trebui gândit şi implementat să funcționeze pentru doi operanzi.
2. Modul de folosire al operatorilor se păstrează. De exemplu, operatorul de adunare + va fi folosit numai sub forma *obiect1* + *obiect2*, iar operatorul de conversie de tip se va folosi sub forma *(tip)obiect*.
3. Nu pot fi definiți noi operatori, ci pot fi supraîncărcați numai cei enumerați în lista de mai sus. De exemplu nu putem defini operatorul `**`, care în alte limbaje (cum ar fi Basic) este folosit pentru ridicare la putere.
4. Se păstrează prioritatea de aplicare a operatorilor şi după ce aceştia au fost supraîncărcați.
5. Nu se păstrează comutativitatea, astfel `a*b` nu este acelaşi lucru cu `b*a`.
6. Un operand se poate defini cel mult o dată pentru un tip de date (dacă este unar) şi cel mult o dată pentru o pereche de tipuri de date (dacă este binar).
7. Un operator nu poate fi supraîncărcat pentru tipuri de date pentru care există deja definit (de exemplu operatorul + nu poate fi redefinit pentru doi operanzi întregi).
8. Pentru a se face distincție între forma prefixată şi cea post fixată a operatorilor de incrementare şi decrementare, la definirea formei postfixate se pune un parametru suplimentar de tip *int*.

9. Un operator, ca în cazul unei funcții, poate fi definit în 2 feluri: ca fiind membru unei clase sau ca fiind extern unei clase, dar nu simultan sub ambele forme pentru aceleaşi tipuri de date.
10. Operatorii <<, >> se definesc de obicei ca funcții externe unei clase pentru că primul operand este de obicei un flux.

Facem mențiunea că în cele mai multe cazuri operatorii sunt supraîncărcați pentru obiecte în momentul în care scriem o clasă nouă. Vom ilustra acest lucru la momentul potrivit.

Rezumat

În C++ operatorii pot fi redefiniți şi pentru alte tipuri de date decât cele pentru care există deja. Supraîncărcarea unui operator se face foarte asemănător cu descrierea unei funcții. Practic diferența esențială constă în faptul că numele funcției ce descrie operatorul este obligatoriu format din cuvântul rezervat *operator* urmat de simbolurile ce definesc acel operator.

Teme de control

Propunem cititorului să implementeze pentru tipul *Multime* definit mai sus următorii operatori:

1. operatorul − pentru diferența a două multimi şi pentru scoaterea unui element dintr-o mulțime
2. operatorul * pentru intersecția a două mulțimi
3. operatorii +=, −=, *=
4. operatorul ! care returnează numărul de elemente al mulțimii
5. operatorii <= şi < pentru a verifica dacă o mulțime este inclusă, respectiv strict inclusă în altă mulțime
6. operatorii >= si > pentru a verifica dacă o mulțime conține, respectiv conține strict altă mulțime
7. operatorul < pentru a verifica dacă un element aparține unei mulțimi
8. operatorii == şi != pentru a verifica dacă două mulțimi coincid ca şi conținut, respectiv sunt diferite.

Scrieți tipul *Multime*, funcțiile (fără *main*) şi operatorii de mai sus într-un fişier cu numele *Multime.cpp*. În viitor, de fiecare dată când veți avea nevoie într-o aplicație să lucrați cu mulțimi veți putea include acest fişier.

U4.2. Tratarea excepțiilor

Excepțiile se referă în general la situații deosebite ce pot apărea în program, în special în cazul erorilor ce apar în urma alocării de memorie, deschiderii unui fişier, calculelor matematice (de exemplu împărțire prin 0 sau logaritm dintr-o valoare care nu este pozitivă) etc. Când este detectată o excepție este dificil de decis ce trebuie făcut în acel moment. În cele mai multe cazuri se preferă afişarea unui mesaj şi se părăseşte programul.

Excepțiile se împart în excepții **sincrone** şi **asincrone**. Excepțiile ce pot fi detectate cu uşurință sunt cele de tip *sincron*. În schimb, excepțiile *asincrone* sunt cauzate de evenimente care nu pot fi controlate din program.

Este mai puțin cunoscut faptul că în limbajul C există posibilitatea tratării excepțiilor folosind funcțiile *setjmp* şi *longjmp*:

```
int setjmp(jmp_buf jmbb)
void longjmp(jmp_buf jmbb, int retval)
```

Funcția *setjmp* salvează starea (contextul) execuției (stiva) programului în momentul în care este apelată şi returnează valoarea 0, iar funcția *longjmp* utilizează starea salvată cu *setjmp* pentru a se putea reveni cu stiva de execuție a programului din momentul salvării. Starea programului se salvează într-un buffer de tip *jmp_buf*, care este definit în fişierul antet *setjmp.h*. Când se apelează funcția *longjmp*, se face practic un salt cu execuția programului în locul în care s-a apelat funcția *setjmp*. În acest moment funcția *setjmp* returnează valoarea 1. Funcția *longjmp* se comportă asemănător cu un apel *goto* la locul marcat de *setjmp*.

Funcția *longjmp* se apelează cu al doilea parametru având valoarea 1. Dacă se încearcă apelul cu o altă valoare, parametrul *retval* va fi setat tot ca fiind 1.

Dăm un exemplu de tratare a excepțiilor legate de deschiderea unui fişier aşa cum se face în C (cu ajutorul celor două funcții):

```
# include <conio.h>
# include <stdio.h>
# include <stdlib.h>
# include <process.h>
# include <setjmp.h>

void mesaj_eroare()
{
      perror("Au fost erori in timpul executiei!");
      getch();
}

void mesaj_ok()
{
      perror("Program incheiat cu succes!");
      getch();
}

void main()
{
      char numef[100];
      FILE *fis;
      jmp_buf stare;

      if (!setjmp(stare)) // salvare stare
      {
            printf("Dati numele unui fisier: ");
            scanf("%s",numef);
            fis=fopen(numef,"rb");
            if (fis==NULL)
```

```
                longjmp(stare,1); // salt la setjmp si
        }                                   // se trece pe ramura else
        else
        {
                perror("Eroare! Nu am putut deschide fis.");
                atexit(mesaj_eroare); // mesaj er. parasire progr.
                exit(1);
        }
        fclose(fis);
        atexit(mesaj_ok); // mesaj parasire program cu succes
}
```

În exemplul de mai sus am folosit funcția *atexit* care specifică funcția ce se va apela imediat înainte de părăsirea programului.

Dacă dorim să semnalăm faptul că un program s-a încheiat cu insucces, putem apela funcția *abort* în locul funcției *exit*. Funcția *abort* părăsește programul și returnează valoarea 3, nu înainte însă de a afișa mesajul *Abnormal program termination*.

În C++ tratarea excepțiilor este mult mai modernă. Tratarea excepțiilor se face cu ajutorul instrucțiunii *try*. După cuvântul rezervat *try* urmează un bloc de instrucțiuni neapărat delimitat de acolade. Se încearcă execuția (de unde și denumirea) instrucțiunilor din blocul *try* și dacă se generează o excepție, atunci execuția instrucțiunilor blocului *try* este întreruptă și excepția este captată (prinsă) și tratată eventual pe una din ramurile *catch* ce urmează după blocul *try*. Facem mențiunea că instrucțiunile ce se execută pe o ramură *catch* sunt de asemenea delimitate obligatoriu de acolade.

Dăm un exemplu de tratare a excepției ce apare în urma împărțirii prin zero:

```
#include<iostream.h>

void main()
{
        int a=1,b=0;

        try
        {
                cout<<(a/b)<<endl;
        }
        catch (...)
        {
                cerr<<"Impartire prin zero."<<endl;
        }
}
```

La prima apariție a unei excepții în interiorul blocului *try* se generează o valoare a cărei tip va face ca excepția să fie tratată pe o anumită ramura *catch*. Între parantezele rotunde ce urmează după cuvântul rezervat *catch* apare o variabilă sau apar trei puncte (`...`). Ramura *catch* cu trei puncte prinde orice excepție generată în blocul *try* care nu a fost prinsă de altă ramură *catch* de deasupra.

În momentul în care detectăm o excepție putem arunca o valoare cu ajutorul instrucțiunii *throw*.

Ne propunem să scriem o funcție pentru scoaterea rădăcinii pătrate dintr-un număr real cu ajutorul metodei numerice de înjumătățire a intervalului. Vom trata eventualele excepții ce pot apărea:

```
#include<iostream.h>

double fct(double x,double v)
{
	return x*x-v;
}

double radical(double v,double precizie)
{
	if (precizie<=0) throw precizie;
	if (v<0) throw "Radical din numar negativ.";
	if (!v || v==1) return v;

	double s,d,m,fs,fd,fm;

	if (v>1)
	{
		s=1;
		d=v;
	}
	else
	{
		s=v;
		d=1;
	}
	fs=fct(s,v);
	fd=fct(d,v);
	while (d-s>precizie)
	{
		m=(s+d)/2;
		fm=fct(m,v);
		if (!fm) return m;
		if (fs*fm<0) {d=m; fd=fm;}
		else {s=m; fs=fm;}
	}
	return m;
}

void main()
{
	double x,p;

	cout<<"Dati un numar real: ";
	cin>>x;
	cout<<"Precizia calcularii radacinii patrate: ";
	cin>>p;
	try
	{
```

```
            double r=radical(x,p);
            cout<<"Radical din "<<r<<" este "<<r<<endl;
        }
        catch(char *mesajEroare)
        {
            cerr<<mesajEroare<<endl;
        }
        catch(double prec)
        {
            cerr<<"Precizia nu poate fi: ";
            cerr<<prec<<endl;
        }
}
```

În funcția *radical* parametrul real *precizie* indică distanța maximă între soluția numerică (valoarea aproximativă a rădăcinii pătrate din *v*) găsită şi soluția exactă (în situația noastră valoarea exactă a rădăcinii pătrate din *v*). Funcția *radical* generează excepții într-una din situațiile: dacă *v* este negativ sau dacă precizia dată nu este un număr pozitiv.

În situația în care în funcția *radical* trimitem o valoare negativă sau zero pentru precizie, execuția instrucțiunilor din corpul funcției este intreruptă şi se generează o valoare reală care reține precizia găsită ca fiind invalidă.

Dacă în funcția *radical* trimitem o valoare *v* care este negativă, atunci execuția instructiunilor din corpul funcției este întreruptă şi se generează mesajul *"Radical din numar negativ."*.

Evident că la apelul funcției *radical*, în situația în care precizia nu este pozitivă, se va intra pe a doua ramură *catch* a instrucțiunii *try*, iar dacă valoarea din care vrem să extragem rădăcina pătrată este negativă se va ajunge pe prima ramură *catch*. În ambele situații se trimit mesaje în fluxul standard de erori (*cerr*), mesaje ce vor apărea pe ecran.

Dacă folosim ramura *catch* cu trei puncte, ea trebuie pusă ultima. Astfel, numai eventualele excepții care scapă de ramurile *catch* de deasupra ajung pe ramura *catch(...)*. Instrucțiunea *throw* poate să nu returneze nici o valoare, situație în care se ajunge cu execuția programului pe ramura *catch(...)*, dacă există.

După cum am văzut, instrucțiunea *throw* folosită în funcția *radical* are un efect asemănător cu un apel al instrucțiunii *return* în sensul că execuția instructiunilor din corpul funcției este întreruptă. Deosebirea este că înstructiunea *throw* dacă returnează o valoare, atunci ea este interceptată numai în interiorul unui bloc *try*, iar instrucțiunea *return* returnează valoarea funcției.

Pot exista situații în care o excepție este identificată direct în interiorul blocului *throw*. Ea poate fi aruncată spre a fi captată de una dintre ramurile *catch*. În exemplul următor testăm dacă deîmpărțitul este zero înainte de a efectua împărțirea. Dacă deîmpărțitul este zero, aruncăm o excepție prin intermediul unui mesaj:

```
#include<iostream.h>

void main()
{
    int a=1,b=0;

    try
    {
        if (!b) throw "Impartire prin zero.";
```

```
            cout<<(a/b)<<endl;
        }
        catch (char *mesajEroare)
        {
            cerr<<mesajEroare<<endl;
        }
}
```

Menționăm faptul că instrucțiunea *try ... catch* nu este implementată în versiunile inferioare Boland C++.

Firma Microsoft a adăugat facilități noi instructiunii *try* în Visual C++. Este vorba de ramurile *except* şi *finally*. Pentru detalii despre aceste ramuri consultați documentația MSDN pentru Visual Studio.

Rezumat

Am văzut ce este o excepție, cum se tratează o excepție în C şi în C++. Tratarea excepțiilor în C++ se poate face într-o manieră modernă şi elegantă folosind instrucțiunea *try ... catch*. Eventuala excepție generată în interiorul blocului *try* poate fi captată pe una din ramurile *catch* în funcție de valoarea aruncată de instrucțiunea *throw*.

Temă

Modificați funcțiile legate de tipul *Multime* din capitolul anterior aşa încât să fie tratate şi eventualele erori ce pot apărea în utilizarea lor.

Modulul 2. Programarea orientată pe obiecte în C++

Cuprins

Introducere

În partea a doua ne propunem să studiem programarea orientată pe obiecte dintr-o perspectivă pur teoretică, după care vom vedea cum se poate efectiv programa orientat pe obiecte în C++. Vom studia modul în care se scrie o clasă, o metodă, un constructor, un destructor, cum se instanțiază o clasă, cum se moştenește etc.

Competențe

La sfârşitul acestui modul studenții:

- se vor familiariza cu conceptele programării orientate pe obiecte;
- vor şti să scrie clase, ierarhii de clase în C++
- vor fi capabili să scrie cod generic orientat pe obiecte
- vor putea să lucreze cu diverse fluxuri orientat pe obiecte: fişiere, string-uri etc.

Unitatea de învățare M2.U1. Prezentare teoretică a P.O.O.

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Studenții se vor familiariza cu conceptele programării orientate pe obiecte, precum şi cu modul de gândire specific acestui mod de programare.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U1.1. Concepte ale P.O.O.

La baza programării orientate pe obiecte (POO) stă conceptul de **clasă**. Clasa este o colecție de câmpuri (date) şi metode (funcții) care în general utilizează şi prelucrează datele clasei. *Metodele* se mai numesc şi *funcții membre* clasei. În C++, o clasă se redactează cu ajutorul tipului **class**, care poate fi considerată o îmbunătățire a tipului **struct** din C.

O clasă este un tip abstract de date, la facilitățile căreia avem acces prin intermediul unui **obiect** definit ca o instanță a acelei clase. Obiectul este de fapt o variabilă de tip clasă. Un obiect poate fi comparat cu o "cutie neagră" în care introducem şi extrage informații despre care ne asigurăm când proiectăm şi redactăm clasa că se prelucrează corect. Obiectele sunt nişte "piese" ce le asamblăm pe o "placă de bază" (programul principal) pentru a obține aplicația dorită.

Programarea orientată pe obiecte este mai mult decât o tehnică de programare, ea este un mod de gândire. După cum am mai spus, într-o clasă găsim câmpuri şi metode. A programa orientat pe obiecte nu înseamnă însă a scrie o mulțime de date şi funcții grupate într-o clasă. Este mult mai mult decât atât. Când se scrie un program trebuie simțită o împărțire firească în module de sine stătătoare a codului aşa încât ele să conducă apoi la o îmbinare naturală şi facilă.

Programarea orientată pe obiecte (în engleza **object oriented programming - OOP**), pe scurt **POO**, creşte modularitatea programului, iar depanarea şi modificările programelor ale caror cod este scris orientat pe obiecte se realizează mult mai uşor. De asemenea, codul redactat orientat pe obiecte poate fi oricând refolosit atunci când se scriu programe noi în care apar idei asemănătoare.

POO devine indispensabilă atunci când se scriu programe de dimensiuni cel puțin medii. În cazul acestor programe este necesar aportul mai multor programatori, care pot fi specializați pe diferite domenii. Problema se împarte în probleme mai mici, care sunt repartizate la programatori diferiți. Redactarea obiect orientată permite îmbinarea mult mai uşoară a secvențelor de program, fără a fi nevoie de conversii sau adaptări. Scriind codul orientat pe obiecte creăm o "trusă" de unelte care creşte în timp, unelte pe care le putem refolosi ulterior.

În continuare vom prezenta restul conceptelor care stau la baza programării orientate pe obiecte: abstractizarea datelor, moştenirea, polimorfismul, încapsularea datelor.

Abstractizarea datelor, în engleză - **data abstraction**, reprezintă procesul de definire a unui tip de date denumit **tip abstract de date** (în engleză – **abstract data type**, sau pe scurt **ADT**), recurgând şi la ascunderea datelor.

Definirea unui tip abstract de date implică specificarea reprezentării interne a datelor pentru acel tip, precum şi un set suficient de funcții cu ajutorul cărora putem utiliza acel tip de date fără a fi nescesară cunoaşterea structurii sale interne. Ascunderea datelor asigură

modificarea valorilor acestor date fără a altera buna funcționare a programelor care apelează funcțiile scrise pentru tipul abstract de date.

Abstractizarea datelor nu este un concept legat neapărat de POO. Limbajul C oferă câteva exemple de tipuri abstracte de date. De exemplu tipul FILE este o structură complexă de date scrisă pentru lucrul cu fişiere în C, pentru care nu avem nevoie să cunoaştem câmpurile sale, atâta timp cât avem definite suficiente funcții care lucrează cu acest tip de date: fopen, fclose, fwrite, fread, fprintf, fscanf, fgets, fputs, fgetc, fputc, feof, fseek, ftell etc. Toate aceste funcții realizează o interfață de lucru cu fişiere, la baza căreia stă însă tipul FILE.

Clasele sunt de departe însă cele mai bune exemple de tipuri abstracte de date.

Datorită faptului că o clasă este un tip de date deosebit de complex, crearea unui obiect (alocarea memoriei, inițializarea datelor etc.) se face prin intermediul unei funcții membre speciale numite **constructor**.

În majoritatea limbajelor eliberarea memoriei alocate pentru un obiect se face prin intermediul unei alte funcții membre speciale denumite **destructor**.

Când vorbim despre programarea orientată pe obiecte, prin **încapsularea datelor** înțelegem faptul că accesul la date se poate face doar prin intermediul unui obiect. Mai mult, datele declarate ca fiind private (cele care țin de bucătăria internă a unei clase) nu pot fi accesate decât în momentul descrierii clasei.

Moştenirea (în engleză - **inheritance**) este un alt concept care stă la baza reutilizării codului orientat pe obiecte. O clasă poate moşteni caracteristicile uneia sau mai multor clase. Noua clasă poate extinde sau/şi particulariza facilitațile moştenite. Clasa moştenită se numeşte **clasa de bază**, în engleză - **base class**, iar cea care moşteneşte se numeşte **clasa derivată**, în engleză - **derived class**. O colecție de clase realizate pe principiul moştenirii se numeşte **ierarhie de clase**. Într-o ierarhie clasele sunt organizate arborescent, rădăcina arborelui este în general o clasă abstractă (ce nu poate fi instanțiată) care trasează specificul ierarhiei.

După cum am spus, moştenirea este folosită în două scopuri: pentru a particulariza o clasă (de exemplu pătratul moşteneşte dreptunghiul) sau/şi pentru a îmbogăți o clasă prin adăugarea de facilități noi clasei derivate (de exemplu unei clase ce lucrează cu un polinom îi putem adăuga o nouă metodă cum ar fi cea pentru calculul valorii într-un punct). În cele mai multe situații însă clasa derivată particularizează o clasă deja existentă şi o îmbogățeşte în acelaşi timp (de exemplu, la clasa dedicată pătratului putem adăuga o metodă pentru calcularea razei cercului înscris, metodă ce nu putea exista în clasa scrisă pentru dreptunghi).

Limbajul C++ este unul dintre puținele limbaje care acceptă **moştenirea multiplă**, adică o clasă poate fi derivată din mai multe clase.

În sens general, prin **polimorfism** înțelegem proprietatea de a avea mai multe forme. Când vorbim însă despre POO, polimorfismul constă în faptul că o metodă cu acelaşi nume şi aceeaşi parametri poate fi implementată diferit pe nivele diferite în cadrul aceleaşi ierarhii de clase.

În continuare prezentăm o posibilă rețetă de scriere a unei clase noi:

1. Căutăm dacă există ceva facilități într-o clasă sau în mai multe clase deja existente pe care să le putem adapta clasei noastre. Dacă există, atunci tot ceea ce avem de făcut este să moştenim aceste clase.
2. Trebuie să alegem bine încă de la început datele membre clasei. De obicei majoritatea datelor membre clasei (dacă nu chiar toate) se declară private sau protected, în cazul în care clasa este posibil să fie reutilizată în alt scop.
3. Scriem suficienți constructori pentru clasă. Aceştia vor crea obiecte sub diverse forme, inițializând diferit câmpurile clasei.
4. Trebuie scrise suficiente funcții (metode) pentru prelucrarea câmpurilor. Nu trebuie să fim zgârciți în a scrie metode, chiar dacă par a nu fi de folos într-o primă fază. Nu se ştie niciodată când va fi nevoie de ele în proiectul nostru sau dacă vom refolosi

clasa altă dată. Scriem metode de tipul *set*... şi *get*.... Ele modifică valorile câmpurilor şi, respectiv, le interoghează. Acest lucru este necesar deoarece, după cum am văzut, în general câmpurile sunt ascunse (private). Prin intermediul lor limităm accesul şi ne asigurăm de atribuirea corectă de valori câmpurilor.
5. O parte dintre metode, cele care ţin de bucătăria internă a clasei (sunt folosite numai în interiorul clasei), le vom ascunde, adică le vom declara private sau protected.
6. Scriem metode aşa încât obiectul clasei să poată interacţiona cu alte obiecte. Pregătim astfel posibilitatea de a lega modulul nostru la un proiect (un program).

Urmărind reţeta de mai sus să vedem cum proiectăm o clasă care lucrează cu un număr raţional, în care numărătorul şi numitorul sunt memoraţi separat, în două câmpuri întregi:

1. Clasa nu va fi derivată din alta clasă.
2. Câmpurile clasei sunt numărătorul şi numitorul, ambele private şi de tip întreg.
3. Este util a scrie cel puţin un constructor cu întrebuinţări multiple. El iniţializează numărătorul şi numitorul cu două valori întregi primite ambele ca parametri. Putem fixa valorile implicite 0 şi 1 pentru numărător şi respectiv numitor.
4. Scriem funcţii care returnează numărătorul şi numitorul şi eventual funcţii pentru modificarea numărătorului şi a numitorului.
5. Scriem o funcţie ascunsă (privată sau protejată) care simplifică fracţia aşa încât să se obţină una ireductibilă. Vom folosi această funcţie de fiecare dată când va fi nevoie, aşa încât în permanenţă fracţia să fie memorată în forma ireductibilă. Metoda va fi folosită practic numai atunci când apar modificări ale numărătorului sau/şi a numitorului.
6. Scriem metode pentru adunarea, scăderea, înmulţirea, împărţirea numărului nostru cu un alt obiect raţional şi cu un număr întreg etc.

După ce vom avea suficiente cunoştinţe vom implementa această clasă ca un prim exemplu.

Unitatea de învăţare M2.U2. Declaraţia unei în C++, funcţii membre, constructori, destructori

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Ne propunem să vedem cum se scrie cod orientat pe obiecte în C++. Mai întâi o să vedem care sunt neajunsurile POO din C folosind tipul *struct* şi vom vedea efectiv cum se declară şi descrie o clasă în C++, o metodă, un constructor, un destructor etc.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U2.1. Neajunsuri ale POO în C

Cu ajutorul tipului *struct* din C putem scrie cod orientat pe obiecte, însă, după cum vom vedea, cod adevărat orientat pe obiecte putem scriem numai în C++ cu ajutorul tipului *class*. Să prezentăm însă pe scurt neajunsurile programării orientate pe obiecte din C, folosind tipul *struct*.

În interiorul tipului *struct*, pe lângă câmpuri putem avea şi funcții.

Membrii unei structuri (fie ei date sau funcții) pot fi accesați direct, adică toți se comportă ca fiind publici, declararea unor date sau funcții interne private sau protected fiind imposibilă.

Trebuie avut grijă asupra corectitudinii proiectării unui obiect în C (reținut într-o variabilă de tip *struct*), astfel încât acesta să suporte moştenirea. Este necesară scrierea unor funcții suplimentare pentru a permite unui obiect să-şi acceseze corect datele.

Moştenirea comportării obiectului ca răspuns la diferite mesaje necesită funcții suport pentru a se realiza corect.

Toate aceste probleme nu există dacă utilizăm tipul *class* din C++, care răspunde în totalitate cerințelor ridicate de POO.

U2.2. Declarația unei clase în C++

Declarația unei clase în C++ este:

```
class nume_cls [:[virtual] [public/protected/private] clasa_baza1,
                [virtual] [public/protected/private] clasa_baza2,...]
{
        public:
                // declaratii de date, functii membre publice
        protected:
                // declaratii de date, functii membre protejate
        private:
                // declaratii de date, functii membre private
}[obiect, *obiect2 ... ];
```

Menționăm că tot ceea ce apare între paranteze pătrate este interpretat a fi opțional.

Ca şi în cazul tipurilor *struct*, *union* şi *enum* din C, descrierea unei clase se încheie cu ; (punct şi virgulă). Între acolada închisă şi caracterul ; (punct şi virgulă) pot fi definite obiecte sau/şi pointeri către tipul *class*.

După numele clasei urmează opțional : (două puncte) şi numele claselor moştenite despărțite prin virgulă. Vom reveni cu detalii când vom discuta despre moştenire.

Declarațiile datelor şi metodele pot fi precedate de unul dintre specificatorii de acces (care sunt cuvinte cheie, rezervate) **public**, **protected** sau **private**. În lipsa unui specificator de acces, datele şi metodele sunt considerate a fi implicit private **!**

Membrii de tip **public** pot fi accesați în interiorul clasei, în interiorul eventualelor clase derivate şi prin intermediul unui *obiect* al clasei respective sau al unei clase derivate sub forma *obiect.membru_public*.

Membrii declarați **protected** ai unei clase pot fi accesați în interiorul clasei sau în interiorul unei eventuale clase derivate, dar nu pot fi accesați sub forma *obiect.membru_protected*, unde *obiect* este o instanță a clasei respective sau a unei clase derivate din aceasta.

Datele şi metodele de tip **private** pot fi accesate numai din interiorul clasei la care sunt membre.

În general, datele unei clase se declară private sau protected, iar majoritatea metodelor se declară publice. Accesul la datele clasei se va face prin intermediul unor funcții membre special definite în acest scop. Aceste funcții sunt de tipul *set*... (pentru setarea valorilor câmpurilor), respectiv *get*... (care returnează valorile câmpurilor obiectului).

Ordinea definirii membrilor în funcție de modul lor de acces este opțională. Pot aparea mai multe declarații sau nici una de tip *public*, *protected* sau *private* pe parcursul descrierii clasei.

U2.3. Declarația şi descrierea funcțiilor membre

Funcțiile membre unei clse pot fi descrise *inline* sau nu.

Funcțiile care nu conțin instrucțiuni repetitive pot fi descrise în locul în care se defineşte clasa, în această situație ele fiind considerate a fi *inline* (vezi capitolul dedicat funcțiilor *inline*):

```
class nume_clasa
      {
      //....
      tip_returnat functie(parametri) // fct. membra inline
            {
            // descriere fct. (fara instructiuni repetitive)
            }
      //....
      };
```

Descrierea funcției membre de mai sus este echivalentă cu:

```
class nume_clasa
      {
      //....
      tip_returnat functie(parametri);
      //....
      };

inline tip_returnat nume_clasa::functie(parametri)
      {
      // corpul functiei
      }
```

Orice funcție membră poate fi descrisă separat de locul în care este definită clasa, mai mult, funcțiile care conțin instrucțiuni repetitive trebuie neapărat descrise în acest mod:

```
class nume_clasa
{
      //....
      tip_returnat functie(parametri);
      //....
};

tip nume_clasa :: functie(parametri) // descriere metoda
{                                          // care nu este inline
      // corpul functiei
}
```

Denumirile parametrilor funcției în momentul descrierii clasei trebuie să coincidă cu denumirile parametrilor din momentul în care descriem funcția. Putem da însă numai tipul parametrilor în momentul definirii funcției în interiorul descrierii clasei şi ulterior să dăm efectiv denumire acestor parametri când descriem funcția:

```
class Test
{
      void fct(Test,int);
      void fct2(Test t, int k);
};

void Test::fct(Test t,int n) // aici capatata nume param.
{
      // corpul functiei
}

void Test::fct2(Test t,int k) // aceleasi denumiri pt. param.
{
      // corpul functiei
}
```

Dacă o funcție care conține instrucțiuni repetitive este descrisă în momentul definirii clasei, atunci la compilare suntem atenționați că această funcție nu va fi considerată a fi *inline*.

U2.4. Constructori

În C++ **constructorii** se descriu ca şi funcțiile membre obişnuite, dar ei poartă numele clasei şi nu au tip returnat, nici măcar *void*:

```
class nume_clasa
{
      //....
      nume_clasa(parametri); // declaratie constructor
      //....
};
```

Pot exista mai mulți constructori definiți pentru o clasă, dar cu parametri diferiți. În lipsa scrierii de constructori de către programator, la compilare se generează **constructori impliciți**.

Un obiect se crează static folosind unul dintre constructorii clasei astfel:

```
nume_clasa ob(valori_parametri); // constructie obiect static
```

Dacă folosim constructorul fără parametri al clasei, atunci un obiect se crează static astfel:

```
nume_clasa ob; // creare obiect static folosind constructorul fara parametri
```

Un membru al obiectului creat static se accesează în felul următor:

```
ob.membru
```

Pentru a construi un obiect dinamic definim un pointer către clasă şi folosim operatorul *new*:

```
nume_clasa *pob=new nume_clasa(valori_parametri); // constructie ob. dinamic
```

Crearea unui obiect dinamic folosind constructorul fără parametri se realizează astfel:

```
nume_clasa *pob=new nume_clasa; // constructie obiect dinamic
```

Un membru al obiectului creat dinamic se accesează în felul următor:

```
ob->membru
```

Există o categorie specială de constructori denumiți constructori de copiere, despre care vom vorbi mai târziu.

U2.5. Destructori

Destructorul în C++ poartă numele clasei precedat de semnul ~ (tilda), **nu are parametri şi nici tip returnat**:

```
class nume_clasa
{
      //....
      ~nume_clasa(); // definire destructor
      //....
};
```

Orice clasă are un singur destructor.

Dacă nu scriem destructor, atunci la compilare se generează unul implicit.

Destructorul clasei se apelează direct pentru a se distruge obiectele create static (la părăsirea unei funcții se distrug obiectele statice primite ca parametri transmişi prin valoare, de asemenea se distrug obiectele create static în corpul funcției).

Este evident că pentru a putea distruge un obiect când nu mai avem nevoie de el pe parcursul execuției programului, el trebuie creat dinamic. Distrugerea unui obiect creat anterior dinamic se face astfel:

```
delete pob;     // se apeleaza destructorul clasei pentru
                // a distruge obiectul de le adresa pob
```

Prezentăm în continuare o clasă pentru dreptunghiuri cu laturile paralele cu axele de coordonate. Clasa va avea două metode: una pentru calcularea ariei şi cealaltă pentru perimetru.

```
# include <math.h>      // pentru functia fabs
# include <iostream.h>

class dreptunghi
  {
  private:
    float x1,y1,x2,y2; // datele interne clasei ce definesc
dreptunghiul.
  public:              // (coordonatele a doua varfuri diagonal
opuse)
    dreptunghi(float X1,float Y1,float X2,float Y2)   //
constructor
      {
      x1=X1; // se initializeaza datele interne clasei: x1, y1,
x2 si y2
      x2=X2; // cu valorile primite ca parametri: X1, Y1, X2 si
Y2
      y1=Y1;
      y2=Y2;
      }
    float get_x1()
      {
      return x1;
      }
    float arie() // metoda descrisa inline
      {
      return fabs((x2-x1)*(y2-y1));
      }
    float perimetru(); // functie membra care va fi descrisa
ulterior
  };

float dreptunghi::perimetru() // descrierea functiei perimetru,
  {                           // membra clasei dreptunghi
  return 2*(fabs(x2-x1)+fabs(y2-y1));
  }
```

Funcțiile membre *arie* şi *perimetru* se aplică obiectului curent, cel din care se apelează aceste funcții. De aceea nu este nevoie să transmitem ca parametru obiectul *dreptunghi* pentru care vrem să calculăm aria, respectiv perimetrul, aşa cum se întamplă în cazul funcțiilor externe clasei.

Pentru testarea clasei *dreptunghi* propunem următoarea funcție principală:

```
void main(void)
  {
  dreptunghi d(20,10,70,50); // se creaza obiectul d folosind
constructorul
                             //primeste ca param. X1=20, Y1=10, X2=70,
Y2=50
  cout<<"Aria dreptunghiului:       "<<d.arie()<<endl;
  cout<<"Perimetrul dreptunghiului: "<<d.perimetru()<<endl;
  cout<<"Dreptungiul are ordonata:  "<<d.get_x1()<<endl;
  // cout<<" Dreptungiul are ordonata:  "<<d.x1;
 }
```

Dacă se încearcă accesarea uneia dintre datele membre clasei: *x1, y1, x2* sau *y2*, atunci se obține eroare la compilare, deoarece ele sunt declarate *private*. De aceea afişarea valorii reținute în *x1* din obiectul *d* este greşită (linia comentată). Pentru a putea fi accesată valoarea *x1* direct sub forma *d.x1*, ea ar fi trebuit să fie declarată *public* în interiorul clasei. Datele membre unei clase se declară în general cu unul dintre specificatorii *private* sau *protected*. Dacă dorim să se poată obține valoarea unui câmp privat sau protejat scriem o funcție publică de tip *get...*, aşa cum este cazul funcției *get_x1* din clasa *dreptunghi*. Pentru modificarea valorii reținute într-un câmp putem scrie o funcție publică a cărui nume de regulă începe cu *set...*. Pentru câmpul *x1*, funcția membră *set...* (definită în interioul clasei *dreptunghi*) este:

```
public:
      void set_x1(float X1)
      {
            x1=X1; // campul privat
      }
```

Evident, functia *set_x1* poate fi apelată în funcția *main* de mai sus astfel:

```
d.set_x1(10);
```

Unitatea de învățare M2.U3. Funcții prietene unei clase, supraîncărcarea operatorilor pentru o clasă

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Vom vedea ce sunt funcțiile prietene unei clase, utilitatea lor, precum şi modul în care putem defini operatori având ca operanzi obiecte.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U3.1. Funcții prietene (*friend*) unei clase

Funcțiile prietene unei clase se declară în interiorul clasei cu ajutorul specificatorului **friend**, care este un cuvânt rezervat şi precede definiția funcției. Cu toate că sunt definite în interiorul clasei, **funcțiile prietene sunt externe clasei**. Spre deosebire de functiile externe obişnuite, funcțiile declarate *friend* **pot accesa însă datele *private* şi *protected*** ale clasei în care sunt definite.

Schema de declarare a unei funcții prietene este:

```
class nume_clasa
{
        //....
        friend tip_returnat functie_prietena(parametri)
        {                                   // functie prietena inline
                // descriere functie
        }
        //....
};
```

Definirea funcției prietenă clasei de mai sus este echivalentă cu:

```
class nume_clasa
{
        //....
        friend tip_returnat functie_prietena(parametri);
        //....
};

inline tip_returnat functie_prietena(parametri)
{                                   // descrere functie prietena inline
        // corpul functiei
}
```

Ca şi în cazul funcțiilor membre, funcțiile *friend* care conțin instrucțiuni repetitive trebuie descrise în exteriorul descrierii clasei (adică nu *inline*):

```
class nume_clasa
{
        //....
```

```
        friend tip_returnat functie_prietena(parametri);
        //....
};

tip_returnat functie_prietena(parametri)
        {
        // descriere functie
        }
```

Rescriem în continuare clasa *dreptunghi* de mai sus cu funcții prietene în loc de funcții membre:

```
# include <math.h>
# include <iostream.h>

class dreptunghi
  {
  private:
    float x1,y1,x2,y2;
  public:
    dreptunghi(float X1,float Y1,float X2,float Y2)
      {
      x1=X1; x2=X2; y1=Y1; y2=Y2;
      }
    float get_x1(dreptunghi d)
      {
      return d.x1;
      }
    float set_x1(dreptunghi,float);
    friend float arie(dreptunghi d) // descrierea functiei prietena clasei
                                    // dreptunghi. Se primeste ca argument
      {                             // un obiect de tipul clasei dreptunghi
      return fabs((d.x2-d.x1)*(d.y2-d.y1));
      }
    friend float perimetru(dreptunghi);  // functie prietena ce va fi
                                         // descrisa ulterior
  };

float set_x1(dreptunghi d,float X1)
  {
  d.x1=X1;
  }

float perimetru(dreptunghi d)
  {
  return 2*(fabs(d.x2-d.x1)+fabs(d.y2-d.y1));
  }

void main(void)
  {
  dreptunghi d(20,10,70,50);
  cout<<"Aria dreptunghiului:       "<<arie(d)<<endl;
```

```
cout<<"Perimetrul dreptunghiului: "<<perimetru(d)<<endl;
cout<<"Dreptungiul are ordonata:  "<<get_x1(d)<<endl;
}
```

Într-o funcție prietenă, din cauză că este externă clasei, de obicei transmitem ca parametru și obiectul asupra căruia se referă apelul funcției. Astfel, de exemplu în cazul functiei *set_x1* trimitem ca parametru obiectul *d* pentru care dorim să setăm valoarea câmpului *x1*. Așadar, în general o funcție prietenă unei clase are un parametru suplimentar față de situația în care aceeași funcție ar fi fost scrisă ca fiind membră clasei. Aceași regulă se aplică și supraîncării unui operator ca fiind prieten clasei.

Din cauză că sunt funcții prietene clasei, datele interne private ale obiectului *d* de tip *dreptunghi* au putut fi accesate sub forma: *d.x1*, *d.y1*, *d.x2* și *d.y2*. Evident, dacă funcțiile nu erau prietene clasei, ci erau funcții externe obișnuite (definițiile lor nu apăreau declarate *friend* în interiorul definției clasei), accesul la datele membre obiectului *d* nu era posibil.

U3.2. Supraîncărcarea operatorilor pentru o clasă

Operatorii pot fi supraincărcați ca membrii unei clase sau ca fiind prieteni unei clase. Regulile legate de modul de definire și descriere ale unui operator sunt aceleași ca și pentru orice funcție membră, respectiv prietenă unei clase. Un operator nu poate fi însă definit sub ambele forme (interior și exterior clasei) pentru aceleași tipuri de operanzi. Operatorii pot fi definiți de mai multe ori în interiorul aceleași clase, dar cu tipuri pentru parametri diferite.

Dacă un operator de aritate *n* este definit ca fiind membru unei clase, atunci el va avea *n-1* parametri. Așadar, un operator unar nu va avea nici un parametru și se va aplica obiectului care îl apelează. Pentru un operator binar avem un singur parametru. Operatorul binar se aplică între primul obiect, considerat a fi obiectul curent, din care se apelează operatorul, și valoarea primită ca argument (vezi operatorul + din clasa *complex* prezentată mai jos).

Dacă un operator de aritate *n* este definit ca fiind prieten unei clase, atunci el va avea *n* parametri.

În general operatorii <<, >> vor fi definiți ca fiind prieteni clasei pentru că primul argument este de obicei un flux în care se trimit, respectiv din care se extrag valorile câmpurilor obiectului.

În continuare prezentăm o clasă care lucrează cu un număr complex:

```
# include <iostream.h>
# include <conio.h>

class complex
  {
  private:
    float re,im;
  public:
    complex(float x=0,float y=0) // constructor cu parametri cu valori implicite
      {
      re=x;
      im=y;
      }
    complex operator+(complex z2) // operator membru clasei pentru adunare
      {
      complex z;
      z.re=re+z2.re;
```

```
    z.im=im+z2.im;
    return z;
    }
  complex operator+(float r)   // adunare cu un numar real
    {
    complex z;
    z.re=re+r;
    z.im=im;
    return z;
    }
  friend complex operator+(float r,complex z2) // real+complex
    {
    complex z;
    z.re=r+z2.re;
    z.im=z2.im;
    return z;
    }
  friend complex operator-(complex z1,complex z2) // operator prieten
    {
    complex z;
    z.re=z1.re-z2.re;
    z.im=z1.im-z2.im;
    return z;
    }
  friend istream& operator>>(istream &fl,complex &z);
  friend istream& operator<<(istream &fl,complex &z);
};

istream& operator>>(istream &fl,complex &z)
  {
  fl>>z.re>>z.im;
  return fl;
  }

ostream& operator<<(ostream &fl,complex &z)
  {
  if (z.im>=0) fl<<z.re<<"+"<<z.im<<"i";
  else fl<<z.re<<z.im<<"i";
  return fl;
  }
```

Pentru testarea clasei *complex* propunem următoarea funcție principală:

```
void main(void)
{
      complex z,z1(1),z2(2,5);

      cout<<"Suma este:      "<<(z1+z2)<<endl;
      cout<<"Diferenta este: "<<(z1-z2)<<endl;
      cout<<"Complex+real:   "<<(z1+7)<<endl;
      cout<<"Real+complex:   "<<(8.2+z2)<<endl;
```

```
}
```

În exemplul de mai sus, constructorul are valori implicite pentru cei doi parametri. Astfel, pentru obiectul *z* din programul principal datele interne *re* şi *im* se vor iniţializa cu valorile implicite, adică ambele vor fi 0. Obiectul *z1* din programul principal va avea *re* iniţializat cu 1 şi *im* cu valoarea implicită 0. În fine, obiectul *z2* va avea *re* iniţializat cu 2, iar *im* cu 5 (valorile transmise ca parametri în constructor).

Pentru a supraîncărca operatorii de atribuire corect, şi nu numai pentru aceştia, folosim pointerul *this*.

Unitatea de învăţare M2.U4. Membri statici, pointerul this, constructorul de copiere

Cuprins

Obiectivele unităţii de învăţare

În acest capitol ne propunem să vedem ce sunt membri statici unei clase, ce este pointerul this si ce este contructorul de copiere, precum şi utilitatea lor.

Durata medie de parcurgere a unităţii de învăţare este de 2 ore.

U4.1. Membri statici

În C (şi în C++), o variabilă locală într-o funcţie poate fi declarată ca fiind statică. Pentru această variabilă se păstrează valoarea şi, când se reapelează funcţia, variabila va fi iniţializată cu valoarea pe care a avut-o la apelul anterior. De fapt pentru variabila locală statică este alocată o zonă de memorie de la începutul până la sfârşitul execuţiei programului, dar accesul la variabilă nu este posibil decât din interioul funcţiei în care este declarată. Iată un exemplu simplu:

```
#include<stdio.h>

void fct(void)
{
        static int x=1;
```

```
        x++;
        printf("%d ",x);
}

void main(void)
{
        int i;
        for (i=0;i<10;i++) fct();
}
```

Variabila statică *x* este inițializată la începutul execuției programului cu valoarea 1. La fiecare apel al funcției *fct* variabila *x* se incrementează cu o unitate şi se afişează noua sa valoare. Aşadar pe ecran în urma execuției programului va apărea:

```
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
```

În C++ un membru al unei clase poate fi declarat ca fiind static. Un membru static este folosit în comun de toate obiectele clasei. Pentru un câmp static se alocă o zonă (unică) de memorie încă de la începutul execuției programului. Câmpul static va putea fi interogat şi modificat de toate obiectele clasei, modificări ce vor fi vizibile în toate obiectele clasei. Mai mult, un membru static poate fi accesat direct (dacă este vizibil în acel loc) sub forma :

```
NumeClasa::MembruStatic;
```

În continuare vom da un exemplu în care într-un câmp static vom memora numărul de instanțe create pentru o clasă:

```
#include<iostream.h>

class test
{
private:
      static int n;
public:
      test()
      {
            n++;
      }
      static int NrInstante()
      {
            return n;
      }
};

int test::n=0; // definire si initializare camp static

void main()
{
      test t1,t2;
      cout<<test::NrInstante(); // apel metoda statica
}
```

Evident, în urma execuției programului, pe ecran se va afișa numărul 2.

Orice câmp static trebuie definit în exteriorul descrierii clasei. În momentul definirii se folosește operatorul de rezoluție pentru indicarea clasei la care este membru câmpul static (vezi câmpul *x* din exemplul de mai sus).

U4.2. Pointerul *this*

Pointer-ul *this* ("acesta" în engleză) a fost introdus în C++ pentru a indica adresa la care se află memorat obiectul curent. El este folosit numai în corpul funcțiilor membre, inclusiv în constructori şi destructor, pentru a ne putea referi la obiectul din care s-a apelat funcția, respectiv la obiectul care se construieşte sau se distruge.

Compilatorul C++ modifică fiecare funcție membră dintr-o clasă astfel:

1) Transmite un argument în plus cu numele *this*, care este de fapt un pointer către obiectul din care s-a apelat funcția membră (*this* indică adresa obiectului care a apelat metoda).
2) Este adăugat prefixul `this->` tuturor variabilelor şi funcțiilor membre apelate din obiectul curent (dacă nu au deja dat de programator).

Apelul unui membru (dată sau funcție) al unei clase din interiorul unei funcții membre se poate face sub forma `this->membru`, scriere care este echivalentă cu `membru` (fără explicitarea `this->`) dacă nu există cumva un parametru al funcției cu numele `membru`.

O instrucțiune de forma `return *this` returnează o copie a obiectul curent (aflat la adresa *this*).

Să vedem în continuare cum se defineşte corect operatorul = (de atribuire) pentru două numere complexe. După cum se ştie, expresia *a=b* are valoarea ce s-a atribuit variabilei *a*. Aşadar, o atribuire de numere complexe de forma *z1=z2* va trebui sa aibă valoarea atribuită lui *z1*, adică operatorul = definit în clasa *complex* va trebui să returneze valoarea obiectului curent:

```
complex operator=(complex &z) // obiect_curent = z
      {
      a=z.a;
      b=z.b;
      return *this;
      }
```

Evident, supraîncărcarea operatorului = de mai sus va fi descrisă în interiorul clasei *complex*.

Pentru a înțelege mai bine ceea ce a fost prezentat până acum legat de programarea orientată pe obiecte din C++, dăm un exemplu mai amplu. Este vorba despre o clasă ce "ştie" să lucreze cu un număr rațional, considerat a fi memorat printr-o pereche de numere întregi de tip *long*, reprezentand numărătorul, respectiv numitorul numărului rațional.

```
# include <iostream.h>

class rational
      {
      private:
            long a,b;
```

```
        void simplificare();
public:
        rational(long A=0,long B=1)
                {
                a=A;
                b=B;
                simplificare();
                }
        long numarator()
                {
                return a;
                }
        long numitor()
                {
                return b;
                }
        rational operator+(rational x)
                {
                rational y;
                y.a=a*x.b+b*x.a;
                y.b=b*x.b;
                y.simplificare();
                return y;
                }
        rational operator-(rational x)
                {
                rational y;
                y.a=a*x.b-b*x.a;
                y.b=b*x.b;
                y.simplificare();
                return y;
                }
        rational operator*(rational x)
                {
                rational y;
                y.a=a*x.a;
                y.b=b*x.b;
                y.simplificare();
                return y;
                }
        rational operator/(rational x)
                {
                rational y;
                y.a=a*x.b;
                y.b=b*x.a;
                y.simplificare();
                return y;
                }
        rational operator=(rational&x)
                {
                a=x.a;
                b=x.b;
```

```
        return *this;
        }
rational operator+=(rational x)
        {
        return *this=*this+x;
        }
rational operator-=(rational x)
        {
        return *this=*this-x;
        }
rational operator*=(rational x)
        {
        return *this=*this*x;
        }
rational operator/=(rational x)
        {
        return *this=*this/x;
        }
int operator==(rational x)
        {
        return a==x.a && b==x.b;
        }
int operator!=(rational x)
        {
        return !(*this==x);
        }
rational operator++() // preincrementare ++r
        {
        a+=b;
        return *this;
        }
rational operator--() // predecrementare --r
        {
        a-=b;
        return *this;
        }
rational operator++(int) // postincrementare r++
        {
        rational c=*this;
        a+=b;
        return c;
        }
rational operator--(int) // postdecrementare r--
        {
        rational c=*this;
        a-=b;
        return c;
        }
long operator!()
        {
        return !a;
        }
```

```
        friend ostream& operator<<(ostream& fl,rational x)
                {
                fl<<"("<<x.a<<","<<x.b<<")";
                return fl;
                }
        friend istream& operator>>(istream& fl,rational &x)
                {
                fl>>x.a>>x.b;
                return fl;
                }
};

void rational::simplificare()
        {
        long A=a,B=b,r;

        while (B) // algoritmul lui Euclid pentru c.m.m.d.c.(a,b)
                {
                r=A%B;
                A=B;
                B=r;
                }
        if (A)   // simplificare prin A = c.m.m.d.c.(a,b)
                {
                a/=A;
                b/=A;
                }
        }

void main(void)
        {
        rational x(7,15),y(1,5),z;
        z=x+y;
        cout<<x<<"+"<<y<<"="<<z<<endl;
        cout<<x<<"-"<<y<<"="<<(x-y)<<endl;
        cout<<x<<"*"<<y<<"="<<(x*y)<<endl;
        cout<<x<<"/"<<y<<"="<<(x/y)<<endl;
        }
```

1. Implementați operatorii >>, <<, *, /, =, +=, -=, *=, /=, !, == şi != ca membri sau prieteni clasei complex.
2. Implementați operatorii <, <=, > şi >= pentru compararea a două numere raționale.

U4.3. Constructorul de copiere

Scrierea unui constructor de copiere este necesară numai într-o unei clasă în care există alocare dinamică a memoriei. Constructorul de copiere trebuie să asigure copierea corectă a instanțelor unei clase.

Constructorul de copiere poate fi folosit direct de programator pentru crearea unui obiect nou (ca orice constructor), dar el este apelat în general automat în timpul execuției programului atunci când se transmite un obiect ca parametru într-o funcție prin valoare şi la returnarea unui obiect prin valoare dintr-o funcție.

În lipsa unui constructor de copiere definit de programator, compilatorul crează un **constructor de copiere implicit**, dar care nu va şti însă să facă alocare dinamică de memorie. Dacă în clasă avem un câmp de tip pointer, atunci, după copierea unui obiect, pentru ambele obiecte (cel vechi şi cel nou construit) câmpurile de tip pointer vor indica aceeaşi zonă de memorie. Astfel, dacă modificăm ceva la această adresă prin intermediul câmpului pointer al unui obiect, modificarea va fi vizibilă şi din celelălat obiect. Acest lucru nu este în general dorit. De aceea programatorul trebuie să scrie constructorul de copiere care va aloca o zonă nouă de memorie pe care o va reține în câmpul de tip pointer al obiectului creat şi în această zonă de memorie va copia ce se află la adresa câmpului obiectului care este copiat.

Un constructor de copiere are următoarea structură:

```
nume_clasa (const nume_clasa &);
```

Constructorul de copiere primeşte ca argument o constantă referință către obiectul care urmează a fi copiat.

Dacă vrem ca o valoarea unui parametru să nu poată fi modificată în interiorul unei funcții, punem în fața parametrului cuvântul rezervat **const**. Cu alte cuvinte un astfel de parametru devine o constantă în corpul funcției.

Spre exemplificare prezentăm o clasă ce lucrează cu un string alocat dinamic.

```
#include<stdio.h>
#include<string.h>
#include<iostream.h>

class string
        {
        private:
                char *s; // sirul de caractere retinut in string
        public:
                string(char *st="") // constructor
                        {
                        s=new char[strlen(st)+1];
                        strcpy(s,st);
                        }
                string(const string &str) // contructor de copiere
                        {
                        delete [] s;
                        s=new char[strlen(str.s)+1];
                        strcpy(s, str.s);
                        }
                ~string()               // destructor
                        {
                        delete [] s;
                        }
                string operator+(string str) // apelare constructor copiere
                        {
                        char *st;
```

```
        st=new char[strlen(s)+strlen(str.s)+1];
        string str2(st);
        sprintf(str2.s,"%s%s",s,str.s);
        return str2;  // apelare constructor de copiere
        }
string operator=(const string &str) // atribuire
        {
        delete [] s;
        s=new char[strlen(str.s)+1];
        strcpy(s, str.s);
        return *this; // se apeleaza constructorul de copiere
        }
string operator+=(const string &str)
        {
        *this=*this+str;
        return *this; // apelare constructor de copiere
        }
int operator==(const string &str) // identice ?
        {
        if (!strcmp(s,str.s)) return 1;
        return 0;
        }
int operator<(string str) // apelare constructor de copiere
        {
        if (strcmp(s,str.s)<0) return 1;
        return 0;
        }
int operator<=(const string &str)
        {
        if (strcmp(s,str.s)<=0) return 1;
        return 0;
        }
int operator>(const string &str)
        {
        if (strcmp(s,str.s)>0) return 1;
        return 0;
        }
int operator>=(const string &str)
        {
        if (strcmp(s,str.s)>=0) return 1;
        return 0;
        }
void set(char *st) // setararea unui string
        {
        delete [] s;
        s=new char[strlen(st)+1];
        strcpy(s,st);
        }
void get(char *st) // extragere sir caractere din obiectul string
        {
        strcpy(st,s);
        }
```

```
                int operator!() // se returneaza lungimea string-ului
                        {
                        return strlen(s);
                        }
                char operator[](int i) // returneaza caracterul de pe pozitia
i
                        {
                        return s[i];
                        }
                friend ostream& operator<<(ostream &fl,const string &str)
                        {
                        fl<<str.s;
                        return fl;
                        }
                friend istream& operator>>(istream &fl,const string &str)
                        {
                        fl>>str.s;
                        return fl;
                        }
        };

void main(void) // testarea clasei string
        {
        string s1("string-ul 1"),s2,s;
        char st[100];

        s2.set("string-ul 2");
        s=s1+s2;
        cout<<"Concatenarea celor doua string-uri: "<<s<<endl;
        s+=s1;
        cout<<"Concatenarea celor doua string-uri: "<<s<<endl;
        cout<<"Lungimea string-ului:               "<<!s<<endl;
        cout<<"Pe pozitia 5 se afla caracterul:    "<<s[4]<<endl;
        if (s1==s2) cout<<"String-urile sunt identice"<<endl;
        else cout<<"String-urile difera"<<endl;
        if (s1<s2) cout<<"s1 < s2"<<endl;
        s.get(st);
        cout<<"String-ul extras:                   "<<st<<endl;
        }
```

Constructorul de copiere se apelează când se transmite un obiect de tip *string* prin valoare (vezi operatorii + şi <). De asemenea, de fiecare dată când se returnează un obiect de tip *string* (vezi operatorii +, = şi +=), este apelat constructorul de copiere definit în interiorul clasei, care spune modul în care se face efectiv copierea (cu alocările şi eliberările de memorie aferente).

Pentru a vedea efectiv traseul de execuţie pentru programul de mai sus, propunem cititorului rularea acestuia pas cu pas. Rularea pas cu pas în mediul de programare Borland se face cu ajutorul butonului F7 sau F8. Lăsarea liberă a execuţiei programului până se ajunge la linia curentă (pe care se află cursorul) se face apăsând butonul F4. Pentru ca să fie posibilă urmărirea execuţiei programului, în meniul *Options*, la *Debugger*, trebuie bifat *On* în *Source Debugging*. În Visual C++ urmărirea execuţiei pas cu pas a programului se face apasand butonul F11, iar lăsarea liberă a execuţiei programului până la linia curentă se face apăsând Ctrl+F10.

Lăsăm plăcerea cititorului de a completa alte şi funcţii în clasa *string* cum ar fi pentru căutarea unui string în alt string, înlocuirea unui şir de caractere într-un string cu un alt şir de caractere, extragerea unui subşir de caractere dintr-un string etc.

Unitatea de învățare M2.U5. Moştenirea în C++, funcţii virtuale, destructori virtuali, funcţii pur virtuale

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Obiectivul principal al acestui capitol este modul în care se se implementează moştenirea în C++.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U5.1. Moştenirea în C++

În C++ o clasă poate sa nu fie derivată din nici o altă clasă, sau poate deriva una sau mai multe clase de bază:

```
class nume_clasa [ : [virtual] [public/protected/private] clasa_baza1,
                   [virtual] [public/protected/private] clasa_baza2, ... ]
{
        // ...
};
```

În funcţie de specificarea modului de derivare (*public*, *protected* sau *private*), accesul la datele şi metodele clasei de bază este restricţionat mai mult sau mai puţin în clasa derivată (cel mai puţin prin *public* şi cel mai mult prin *private*).

Specificarea modului de derivare este opţională. Implicit, se ia, ca şi la definirea datelor şi metodelor interne clasei, modul *private* (în lipsa specificării unuia de către programator).

În continuare prezentăm într-un tabel efectul pe care îl au specificatorii modului de derivare asupra datelor şi metodelor clasei de baza în clasa derivată:

Tip date şi metode din clasa de bază	Specificator mod de derivare	Modul în care sunt văzute în clasa derivată datele şi metodele clasei de bază
public	public	public
public	protected	protected
public	private	protected
protected	public	protected
protected	protected	protected
protected	private	protected
private	public	private
private	protected	private
private	private	private

După cum se poate vedea din tabelul de mai sus pentru a avea acces cât mai mare la membrii clasei de bază este indicată folosirea specificatorului *public* în momentul derivării.

Constructorul unei clase derivate poate apela constructorul clasei de bază, creându-se în memorie un obiect al clasei de bază (denumit **sub-obiect** al clasei derivate), care este văzut ca o particularizare a obiectului clasei de bază la un obiect de tipul clasei derivate. Apelul constructorului clasei de bază se face astfel:

```
class deriv: public baza
        {
        // ....
        deriv(parametri_constructor_deriv):baza(parametri_constructor_baza)
                {
                // ....
                }
        // ....
        };
```

Parametrii constructorului *baza* (la apelul din clasa derivată) se dau în funcţie de parametrii constructorului *deriv*. De exemplu, pentru o clasă *patrat* derivată dintr-o clasă *dreptunghi* (ambele cu laturile paralele cu axele de coordonate), apelul constructorului *dreptunghi* la definirea constructorului *patrat* se poate face astfel:

```
class patrat: public dreptunghi
{
private:
        float x,y,l;
public:
        patrat(float X, float Y, float L): public dreptunghi(X, Y, X+L, Y+L)
        {
                x=X;
                y=Y;
                l=L;
        }
};
```

Dreptunghiul din exemplul de mai sus este definit prin coordonatele a două vârfuri diagonal opuse, iar pătratul prin coordonatele vârfului stânga-sus şi prin lungimea laturii sale. De

aceea, pătratul este văzut ca un dreptunghi particular, având cele două vârfuri diagonal opuse de coordonate *(X,Y)*, respectiv *(X+L,Y+L)*.

Asupra moştenirii multiple o să revenim după ce introducem noțiunea de *virtual*.

U5.2. Funcții virtuale

În clase diferite în cadrul unei ierarhii pot apărea funcții cu aceeaşi semnătură (acelaşi nume şi aceiaşi parametri), în engleză *overriding*. Astfel, putem avea situația în care într-o clasă derivată există mai multe funcții cu aceeaşi semnatură (unele moştenite din clasele de pe nivele superioare ale ierarhiei şi eventual una din clasa derivată). În această situație se pune problema cărei dintre aceste funcții se va răsfrânge apelul dintr-un obiect alocat static al clasei derivate. Regula este că se apelează funcția din clasa derivată (dacă există), iar dacă nu există o functie în clasa derivată, atunci se caută funcția de jos în sus în ierarhie. Dacă dorim să apelăm o anumită funcție de pe un anumit nivel, atunci folosim operatorul de rezoluție pentru a specifica din ce clasă face parte funcția dorită:

```
clasa::functie(parametri_de_apel);
```

După cum putem vedea, problemele sunt rezolvate într-o manieră elegantă atunci când se lucrează cu obiecte alocate static.

Dacă lucrăm însă cu pointeri către clasă, problemele se complică. Putem defini un pointer *p* către clasa de baza *B* care reține adresa unui obiect dintr-o clasă derivată *D*. Când se apelează o funcție sub forma *p.functie(...)*, funcția este căutată mai întâi în clasa *B* către care este definit pointerul *p*, ci nu în clasa *D* aşa cum ne-am putea aştepta. Mai mult, dacă funcția există în clasa *D* şi nu există în *B*, vom obține eroare la compilare. De fapt, pointerul *p* reține adresa către subobiectul din clasa *B*, construit odată cu obiectul clasei derivate *D*, din cauza că *p* este un pointer către clasa *B*.

Iată în continuare situația descrisă mai sus:

```
#include<iostream.h>

class B
{
public:
      B()
      {
            cout<<"Constructor clasa de baza"<<endl;
      }
      void functie()
      {
            cout<<"Functie clasa de baza"<<endl;
      }
};

class D:public B
{
public:
      int x;
      D()
      {
            cout<<"Constructor clasa derivata"<<endl;
```

```
        }
        void functie()
        {
            cout<<"Functie clasa derivata"<<endl;
        }
};

void main()
{
        B *p=new D;
        p->functie();
}
```

După cum am văzut, este evident că pe ecran în urma execuției programului de mai sus vor apărea mesajele:

```
Constructor clasa de baza
Constructor clasa derivata
Functie clasa de baza
```

Dacă *functie* nu era implementată în clasa de baza *B*, obțineam eroare la compilare pentru că pointerul *p* reține adresa subobiectului şi este evident că în această situație la adresa indicată de *p* nu există nimic referitor la clasa *D*. Din aceleaşi considerente, dacă încercăm referirea la campul `x` sub forma `p->x`, vom obține de asemenea eroare la compilare.

Există posibilitatea ca o funcție membră unei clase să fie declarată ca fiind virtuală.

```
virtual tip_ret functie_membra(parametri)
```

Să precizăm şi faptul că numai funcțiile membre unei clase pot fi declarate ca fiind virtuale.

Declarația unei funcții din clasa de bază ca fiind virtuale se adresează situațiilor de tipul celei de mai sus (clasa *D* este derivată din *B* şi `B *p=new D;`). Astfel, dacă în fața declarației metodei *functie* din clasa *B* punem cuvântul rezervat **virtual**, atunci în urma execuție programului de mai sus pe ecran se vor afişa mesajele:

```
Constructor clasa de baza
Constructor clasa derivata
Functie clasa derivata
```

Deci, declarația virtual a funcției din clasa de bază a ajutat la identificarea corectă a apelului funcției din clasa derivată.

Să vedem ce se întâmplă de fapt atunci când declarăm o funcție ca fiind virtuală.

Cuvântul cheie **virtual** precede o metodă a unei clase şi semnalează că, dacă o funcție este definită într-o clasă derivată, aceasta trebuie apelată prin intermediul unui pointer. Compilatorul C++ construieşte un tabel în memorie denumit tablou virtual (în engleză *Virtual Memory Table* – **VMT**) cu pointerii la funcțiile virtuale pentru fiecare clasă. Fiecare instanță a unei clase are un pointer către tabelul virtual propriu. Cu ajutorul acestei reguli compilatorul C++ poate realiza legarea dinamică între apelul funcției virtuale şi un apel indirect prin intermediul unui pointer din tabelul virtual al clasei. Putem suprima mecanismul apelării unei funcții virtuale explicitând clasa din care face parte funcția care este apelată folosind operatorul de rezoluție.

În C++, în cadrul unei ierarhii nu pot apărea funcții virtuale cu același nume și aceeași parametri, dar cu tip returnat diferit. Dacă încercăm să scriem astfel de funcții este semnalată eroare la compilare. Astfel, dacă în exemplul de mai sus metoda *functie* din clasa de bază ar fi avut tipul returnat *int* și era virtuală, obțineam eroare la compilare. Putem avea însă într-o ierarhie funcții care nu sunt virtuale, cu același nume și aceași parametri, dar cu tip returnat diferit.

Datorită faptului că apelul unei funcții virtuale este localizat cu ajutorul tabelei VMT, apelarea funcțiilor virtuale este lentă. De aceea preferăm să declarăm funcțiile ca fiind virtuale numai acolo unde este necesar.

Concluzionând, în final putem spune că declararea funcțiilor membre ca fiind virtuale ajută la implementarea corectă a polimorfismului în C++ și în situațiile în care lucrăm cu pointeri către tipul clasă.

U5.3. Destructori virtuali

Constructorii nu pot fi declarați virtuali, în schimb destructorii pot fi virtuali.

Să vedem pe un exemplu simplu ce se întâmplă când destructorul clasei de bază este și respectiv nu este declarat virtual:

```
#include<iostream.h>

class B
{
public:
      B()
      {
            cout<<"Constructor clasa de baza"<<endl;
      }
      ~B()
      {
            cout<<"Destructor clasa de baza"<<endl;
      }
};

class D:public B
{
public:
      D()
      {
            cout<<"Constructor clasa derivata"<<endl;
      }
      ~D()
      {
            cout<<"Destructor clasa derivata"<<endl;
      }
};

void main()
{
      B *p=new D;
      delete p;
```

```
}
```

Pe ecran vor apărea mesajele:

```
Constructor clasa de baza
Constructor clasa derivata
Destructor clasa de baza
```

După cum am văzut, pointerul *p* reține adresa obiectului clasei *B* construit odată cu obiectul clasei *D*. Neexistând nici o legatură cu obiectul clasei derivate, distrugerea se va face numai la adresa *p*, adică se va apela numai destructorul clasei *B*. Pentru a se distruge şi obiectul clasei derivate *D*, trebuie să declarăm destructorul clasei de bază ca fiind virtual. În această situație la execuția programului, pe ecran vor apărea urmatoarele patru mesaje:

```
constructor clasa baza
constructor clasa derivata
destructor clasa derivata
destructor clasa baza
```

Aşadar, este indicat ca într-o ierarhie de clase în care se alocă dinamic memorie destructorii să fie declarați virtuali !

U5.4. Funcții pur virtuale

Într-o ierarhie întâlnim situații în care la un anumit nivel, o funcție nu este implementată. Cu această situație ne întâlnim mai ales în clasele abstracte care pregătesc ierarhia, trasează specificul ei. Funcțiile care nu se implementează pot fi declarate ca fiind *pur virtuale*. Astfel, tentativa de apelare a unei pur virtuale se soldează cu eroare la compilare. În lipsa posibilității declarării funcțiilor pur virtuale, în alte limbaje de programare, pentru metodele neimplementate se dau mesaje.

O funcție pur virtuală se declară ca una virtuală numai că la sfârşit punem *=0*. Compilatorul C++ nu permite instanțierea unei clase care conține metode pur virtuale. Dacă o clasă *D* derivată dintr-o clasă *B* ce conține funcții pur virtuale nu are implementată o funcție care este pur virtuală în clasa de bază, atunci problema este transferată clasei imediat derivate din *D*, iar clasa *D* la rândul ei devine abstractă, ea nu va putea fi instanțiată.

Dăm în continuare un exemplu în care clasa *patrat* este derivată din clasa *dreptunghi*, care la randul ei este derivată din clasa abstractă *figura*. Pentru fiecare figură dorim să reținem denumirea ei şi vrem să putem calcula aria şi perimetrul. Dreptunghiul şi pătratul se consideră a fi cu laturile paralele cu axele de coordonate. Dreptunghiul este definit prin coordonatele a două vârfuri diagonal opuse, iar pătratul prin coordonatele unui varf şi prin lungimea laturii sale.

```
# include <math.h>      // pentru functia "fabs"
# include <string.h>    // pentru functia "strcpy"
# include <iostream.h>

class figur // clasa abstracta, cu functii pur virtuale
      {
      protected:
            char nume[20]; // denumirea figurii
      public: // functii pur virtuale
            virtual float arie() = 0;
```

```
		virtual float perimetru() = 0;
		char* getnume()
		{
			return nume;
		}
	};

class dreptunghi: public figura
	{
	protected:
		float x1, y1, x2, y2; // coordonate varfuri diagonal opuse
	public:
		dreptunghi(float X1, float Y1, float X2, float Y2)
		{
			strcpy(nume,"Dreptunghi");
			x1=X1;
			y1=Y1;
			x2=X2;
			y2=Y2;
		}
		virtual float arie()
		{
			return fabs((x2-x1)*(y2-y1));
		}
		virtual float perimetru()
		{
			return 2*(fabs(x2-x1)+fabs(y2-y1));
		}
	};

class patrat: public dreptunghi
	{
	protected:
		float x, y, l; // coordonate vf. stanga-sus si lungime latura
	public:
		patrat(float X, float Y, float L): dreptunghi(X, Y, X+L, Y+L)
			{ // constructorul patrat apeleaza dreptunghi
				strcpy(nume,"Patrat");
				x=X;
				y=Y;
				l=L;
			}
		virtual float perimetru()
			{
				return 4*l;
			}
	};

void main()
{
	dreptunghi d(100,50,200,200);
	patrat p(200,100,80);
```

```
        cout<<"Arie      "<<d.getnume()<<": "<<d.arie()<<endl;
        cout<<"Perimetru "<<d.getnume()<<": "<<d.perimetru()<<endl;
        cout<<"Arie      "<<p.getnume()<<": "<<p.arie()<<endl;
        cout<<"Perimetru "<<p.getnume()<<": "<<p.perimetru()<<endl;
}
```

În exemplul de mai sus, în interiorul clasei *patrat*, dacă dorim să apelăm funcția *perimetru* din clasa *dreptunghi* folosim operatorul de rezoluție:

```
dreptunghi :: perimetru();
```

Funcția *perimetru* din clasa *patrat* se poate rescrie folosind funcția *perimetru* din clasa *dreptunghi* astfel:

```
class patrat: public dreptunghi
        {
        // ....
                virtual float perimetru()
                        {
                        return dreptunghi::perimetru();
                        }
        };
```

Să facem câteva observații legate de programul de mai sus:

1. Câmpul *nume* reține denumirea figurii şi este moştenit în clasele *dreptughi* şi *patrat*. Funcția *getnume* returnează numele figurii şi este de asemenea moştenită în clasele derivate.
2. Funcția *arie* nu este definită şi în clasa *patrat*. În consecință, apelul *d.arie()* se va răsfrânge asupra metodei din clasa de baza *dreptunghi*.
3. Clasa *figura* conține metode pur virtuale, deci este abstractă. Ea trasează specificul ierarhiei (clasele pentru figuri derivate din ea vor trebui să implementeze metodele *arie* şi *perim*). Clasa *figura* nu poate fi instanțiată.

Este evident că în exemplul de mai sus puteam să nu scriem clasa *figura*, câmpul *nume* şi funcția *getnume* putând fi redactate în interiorul clasei *dreptunghi*.

Definirea clasei abstracte *figura* permite tratarea unitară a conceptului de figură în cadrul ierarhiei. Astfel, tot ceea ce este descendent direct sau indirect al clasei *figura* este caracterizat printr-un nume (care poate fi completat direct şi interogat indirect prin intermediul funcției *getnume*) şi două metode (pentru arie şi perimetru).

O să dăm în continuare o posibilă aplicație la tratarea unitară a conceptului de figură. Mai întâi însă o să scriem încă o clasă derivată din *figura* – clasa *cerc* caracterizată prin coordonatele centrului şi raza sa:

```
#define PI 3.14159

class cerc: public figura
        {
        protected:
                float x, y, r;
```

```
public:
        cerc(float x, float y, float r)
        {
                strcpy(nume,"Cerc");
                this->x=x;
                this->y=y;
                this->r=r;
        }
        virtual float arie()
        {
                return PI*r*r;
        }
        virtual float perimetru()
        {
                return 2*PI*r;
        }
};
```

Scriem un program în care construim aleator obiecte de tip figură (dreptunghi, pătrat sau cerc). Ne propunem să sortăm crescator acest vector de figuri după arie şi să afişăm denumirile figurilor în această ordine:

```
void qsort(int s,int d,figura **fig)
{
        int i=s,j=d,m=(s+d)/2;
        figura *figaux;

        do
        {
                while (fig[i]->arie()<fig[m]->arie()) i++;
                while (fig[j]->arie()>fig[m]->arie()) j--;
                if (i<=j)
                {
                        figaux=fig[i]; fig[i]=fig[j]; fig[j]=figaux;
                        if (i<m) i++;
                        if (j>m) j--;
                }
        }
        while (i<j);
        if (s<m) qsort(s,m-1,fig);
        if (m<d) qsort(m+1,d,fig);
}

void main(void)
{
        figura **fig;
        int i,n;

        randomize();
        cout<<"Dati numarul de figuri:";
        cin>>n;
```

```
        fig = new figura*[n];
        for (i=0;i<n;i++)
                switch (random(3))
                {
                        case 0: fig[i]=new patrat(random(100),random(100)
                                ,random(100)+100);
                                break;
                        case 1: fig[i]=new dreptunghi(random(100),random(100)
                                ,random(100)+100,random(100)+100);
                                break;
                        case 2: fig[i]=new cerc(random(100),random(100)
                                ,random(100)+100);
                                break;
                }
        qsort(0,n-1,fig);
        cout<<"Figurile sortate dupa arie:"<<endl;
        for (i=0;i<n;i++)
                cout<<fig[i]->getnume()<<" cu aria: "<<fig[i]->arie()<<endl;
        for (i=0;i<n;i++) delete [] fig[i];
        delete [] fig;
}
```

Unitatea de învățare M2.U6. Moştenire multiplă, clase virtuale, constructori pentru clase virtuale

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Familiarizarea cu moştenirea multiplă şi cu clasele virtuale din C++ şi cu modul lor de implementare.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U6.1. Moştenire multiplă

Limbajul C++ suportă moştenirea multiplă, adică o clasă D poate fi derivată din mai multe clase de bază B1, B2, … , Bn (n > 0):

```
class D: [mod_derivare] B1, [mod_derivare] B2, ... , [mod_derivare] Bn
        {
        // descriere clasa D
        };
```

Un constructor al unei clase derivate apelează câte un constructor al fiecărei clasei de bază. Apelurile constructorilor claselor de bază sunt despărțite prin virgulă. Iată un exemplu:

```
class Derivata: public Baza1, private Baza2
        {
        Derivata(...):Baza1(...),Baza2(...)
                {
                // descriere constructor Derivata
                }
        };
```

O clasă nu poate avea o clasă de bază de mai multe ori. Deci, nu putem avea spre exemplu o derivare de forma:

```
class Derivata: public Baza1, public Baza2, public Baza1
        {
        // descriere clasa Derivata
        };
```

Ce se întâmplă dacă două clase *B1* şi *B2* sunt baze pentru o clasă *D*, iar *B1* şi *B2* sunt derivate din aceeaşi clasă *C* ? În aceasta situație, aşa cum vom vedea în subcapitolul urmator, clasa *C* se declară în general ca fiind virtuală.

U6.2. Clase virtuale

O clasă *C* se moşteneste virtual dacă poate exista situația ca la un moment dat două clase *B1* şi *B2* să fie baze pentru o aceeaşi clasă derivată *D*, iar *B1* şi *B2* să fie descendente (nu neaparat direct) din aceeaşi clasă *C*.

Dăm un exemplu:

```
class C
{
protected:
        void fct() {}
};

class B1: virtual public C
{
};

class B2: virtual public C
{
```

```
};

class D: public B1, public B2
{
public:
	void test()
	{
		fct();
	}
};
```

În exemplul de mai sus, clasa *D* este derivată din *B1* şi *B2*, iar *B1* şi *B2* sunt ambele derivate din clasa *C*. Astfel, facilitatile oferite de clasa *C* (functia *fct*) ajung în *D* de două ori: prin intermediul clasei *B1* şi prin intermediul clasei *B2*. De fapt, orice obiect al clasei *D* va avea în această situație două sub-obiecte ale clasei *C*. Din cauză că funcția *fct* este apelată în interiorul clasei *D* nu se poate decide asupra cărei dintre cele două funcții din cele două subobiecte se va răsfrânge apelul. Astfel, obținem eroare la compilare. Pentru a elimina această problema, clasa *C* trebuie să fie declarată virtuală în momentul în care ambele clase, *B1* şi *B2*, derivează pe *C*:

```
class C
{
protected:
	void fct() {}
};

class B1: virtual public C
{
};

class B2: virtual public C
{
};

class D: public B1, public B2
{
public:
	void test()
	{
		fct();
	}
};
```

U6.3. Constructori pentru clase virtuale

Să vedem în ce ordine se apelează constructorii claselor de bază la construcția unui obiect al clasei derivate. Regula este că întâi se apelează constructorii claselor virtuale (de sus în jos în ierarhie şi de la stânga spre dreapta în ordinea enumerării lor) şi apoi cei din clasele care nu sunt virtuale, evident tot de sus în jos şi de la stânga spre dreapta.

Dacă o clasă este derivată din mai multe clase de bază, atunci clasele de bază nevirtuale sunt declarate primele, aşa încât clasele virtuale să poată fi construite corect. Dăm un exemplu în acest sens:

```
class D: public B1, virtual public B2
      {
      // descriere clasa D
      };
```

În exemplul de mai sus, întâi se va apela constructorul clasei virtuale B2, apoi al clasei B1 şi în final se apelează constructorul clasei derivate D.

Pentru moştenirea multiplă considerăm situaţia în care clasa *patrat* este derivată din clasele *dreptunghi* şi *romb*, iar clasele *dreptunghi* şi *romb* sunt derivate ambele din clasa *patrulater*, care este derivată la randul ei din clasa abstractă *figura*. Dreptunghiul şi pătratul au laturile paralele cu axele de coordonate, iar rombul are două laturi paralele cu axa *Ox*.

```
# include <math.h>
# include <string.h>
# include <stdlib.h>
# include <iostream.h>

# define PI 3.14159

class figura
{
protected:
            char nume[20]; // denumirea figurii
public: // functii pur virtuale
      virtual float arie() = 0;
      virtual float perimetru() = 0;
      char* getnume()
      {
            return nume;
       }
};

class patrulater:public figura
{
protected:
      float x1,y1,x2,y2,x3,y3,x4,y4;
public:
      patrulater(float X1,float Y1,float X2,float Y2,
            float X3,float Y3,float X4,float Y4)
      {
            strcpy(nume,"Patrulater");
            x1=X1;
            y1=Y1;
            x2=X2;
            y2=Y2;
            x3=X3;
            y3=Y3;
            x4=X4;
            y4=Y4;
      }
```

```
	virtual float arie()
	{
		return		fabs(x1*y2-x2*y1+x2*y3-x3*y2+x3*y4-x4*y3+x4*y1-
x1*y4)/2;
	}
	virtual float perimetru()
	{
		return sqrt((x2-x1)*(x2-x1)+(y2-y1)*(y2-y1))+
			sqrt((x3-x2)*(x3-x2)+(y3-y2)*(y3-y2))+
			sqrt((x4-x3)*(x4-x3)+(y4-y3)*(y4-y3))+
			sqrt((x1-x4)*(x1-x4)+(y1-y4)*(y1-y4));
	}
};

class dreptunghi: virtual public patrulater // clasa patrulater virtuala
{
protected:
	float x1, y1, x2, y2;
public:
	dreptunghi(float X1,float Y1,float X2,float Y2):
		patrulater(X1,Y1,X2,Y1,X2,Y2,X1,Y2)
	{
		strcpy(nume,"Dreptunghi");
		x1=X1;
		y1=Y1;
		x2=X2;
		y2=Y2;
	}
	virtual float arie()
	{
		return fabs((x2-x1)*(y2-y1));
	}
	virtual float perimetru()
	{
		return 2*(fabs(x2-x1)+fabs(y2-y1));
	}
};

class romb: virtual public patrulater // clasa patrulater virtuala
{
protected:
	float x, y, l, u;
public:
	romb(float X,float Y,float L,float U):

	patrulater(X,Y,X+L,Y,X+L*cos(U)+L,Y+L*sin(U),X+L*cos(U),Y+L*sin(U))
	{
		strcpy(nume,"Romb");
		x=X;
		y=Y;
		l=L;
		u=U;
```

```
	}
	virtual float arie()
	{
		return l*l*sin(u);
	}
	virtual float perimetru()
	{
		return 4*l;
	}
};

class patrat: public dreptunghi, public romb
{
protected:
	float x, y, l;
public:
	patrat(float X,float Y,float L):dreptunghi(X,Y,X+L,Y+L),
		romb(X,Y,L,PI/2),patrulater(X,Y,X+L,Y,X+L,Y+L,X,Y+L)
	{
		strcpy(nume,"Patrat");
		x=X;
		y=Y;
		l=L;
	}
	virtual float arie() // calcul arie patrat ca fiind dreptunghi
	{
		return dreptunghi::arie();
	}
	virtual float perimetru() // calcul perimetru patrat ca fiind romb
	{
		return romb::perimetru();
	}
};

void main(void)
	{
	patrulater P(10,10,100,40,110,100,20,30);
	dreptunghi d(10,20,200,80);
	romb r(20,50,100,PI/3);
	patrat p(20,10,100);

	cout<<"Aria patrulaterului:       "<<P.arie()<<endl;
	cout<<"Perimetrul patrulaterului: "<<P.perimetru()<<endl<<endl;
	cout<<"Aria dreptunghiului:       "<<d.arie()<<endl;
	cout<<"Perimetrul dreptunghiului: "<<d.perimetru()<<endl<<endl;
	cout<<"Aria rombului:             "<<r.arie()<<endl;
	cout<<"Perimetrul rombului:       "<<r.perimetru()<<endl<<endl;
	cout<<"Aria patratului:           "<<p.arie()<<endl;
	cout<<"Perimetrul patratului:     "<<p.perimetru()<<endl<<endl;
	}
```

Observații:

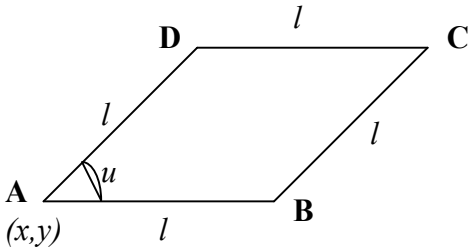
1) Patrulaterul este dat prin coordonatele celor 4 vârfuri ale sale (în sens trigonometric sau invers trigonometric): *(x1,y1)*, *(x2,y2)*, *(x3,y3)* şi *(x4,y4)*.
2) Dreptunghiul (paralel cu axele de coordonate) este considerat ca fiind definit prin două vârfuri diagonal opuse având coordonatele: *(x1,y1)* şi *(x2,y2)*.
3) Rombul (cu două laturi paralele cu abscisa) este caracterizat prin coordonatele vârfului stânga-sus *(x,y)*, lungimea laturii sale *l* şi unghiul din vârful de coordonate *(x,y)* având măsura *u* în radiani.
4) Pătratul (paralel cu axele de coordonate) are vârful stânga-sus de coordonate *(x,y)* şi latura de lungime *l*.
5) Perimetrul patrulaterului e calculat ca suma lungimilor celor 4 laturi:

$$\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2}+\sqrt{(x_3-x_2)^2+(y_3-y_2)^2}+$$
$$\sqrt{(x_4-x_3)^2+(y_4-y_3)^2}+\sqrt{(x_1-x_4)^2+(y_1-y_4)^2}.$$

6) Pentru patrulater am folosit o formulă din geometria computațională pentru calculul ariei. Aria unui poligon oarecare $A_1A_2 \ldots A_n$ (în cazul nostru n = 4) este:

$$S_{A_1A_2\ldots A_n}=\frac{\left|\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot y_{i+1}-x_{i+1}\cdot y_i\right|}{2},\ unde\ A_i(x_i,y_i)\ (i=1\ldots n)\ si\ A_{n+1}=A_1.$$

7) Pentru a considera un romb ca fiind un patrulater oarecare (vezi constructorul clasei *patrulater* apelat de constructorul clasei *romb*), trebuie să determinăm coordonatele celor 4 vârfuri ale sale.



Vârful A are coordonatele *(x,y)*, iar B are *(x+l,y)* (translația lui A pe axa Ox cu *l*). Pentru a găsi coordonatele punctului D am aplicat o rotație a punctului B în jurul lui A cu un unghi *u* în sens trigonometric:

$$\begin{cases} x_D = l\cdot\cos(u)-0\cdot\sin(u)+x = x+l\cdot\cos(u) \\ y_D = l\cdot\sin(u)+0\cdot\cos(u)+y = y+l\cdot\sin(u) \end{cases}.$$

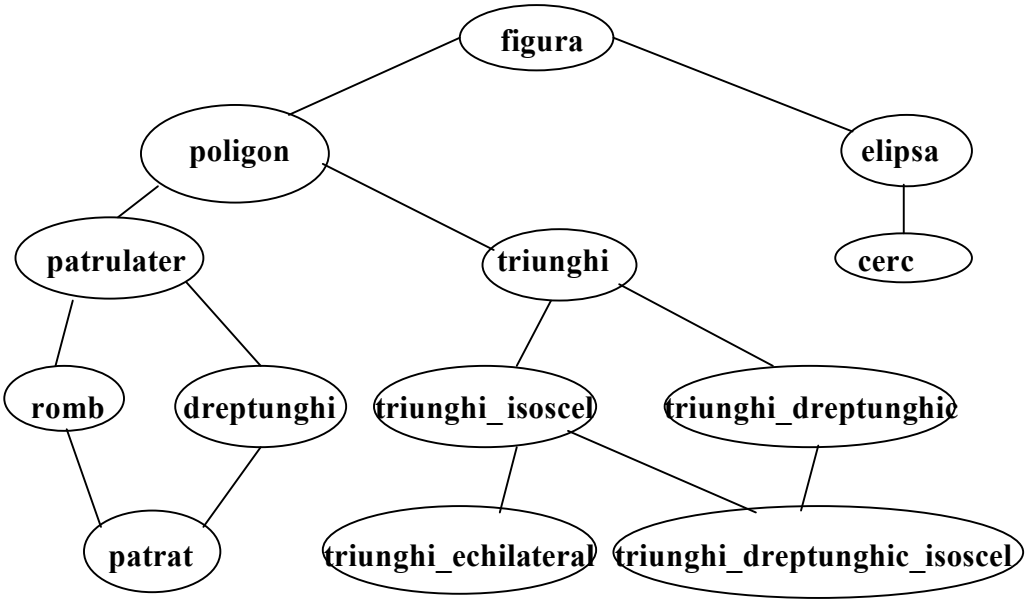
Pentru varful C al rombului am realizat o translație a punctului D pe axa Ox cu *l* şi am obținut coordonatele *(x+l·cos(u)+l, y+l·sin(u))*.

Rezumat

Am văzut până acum cum se scrie cod orientat pe obiecte: cum se scrie o clasă, o metodă, un constructor, destructorul clasei, o funcție prietenă. De asemenea, am făcut cunoștință cu moștenirea din C++ și problemele pe care le ridică moștenirea multiplă. Am văzut cum se rezolvă elegant aceste probleme cu ajutorul claselor virtuale.

Temă

Lăsăm ca exercițiu cititorului implementarea următoarei ierarhii de figuri:



Unitatea de învățare M2.U7. Clase imbricate, clase şablon

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Familiarizarea cu noțiunea de clasa imbricată, precum și cu modul de scriere a codului generic orientat pe obiecte în C++.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U7.1. Clase imbricate

C++ permite declararea unei clase în interiorul (*imbricată*) altei clase. Pot exista clase total diferite cu acelaşi nume imbricate în interiorul unor clase diferite.

Dăm un exemplu:

```
class X
      {
      //....
      class Y         // clasa Y imbricata in X
            {
            //....
            };
      //....
      };

class Z
      {
      //....
      class Y         // clasa Y imbricata in Z
            {
            //....
            };
      //....
      };
```

La instanţierea claselor X sau Z (din exemplul de mai sus) nu se crează instanţe ale claselor Y imbricate în acestea. Instanţierea clasei imbricate trebuie făcută explicit:

```
X::Y y1;      // y1 este obiect al clasei Y imbricate în X
Z::Y y2;      // y2 este obiect al clasei Y imbricate în Z
```

Clasa imbricată nu are acces asupra datelor *private* sau *protected* ale clasei în care este imbricată. De asemenea, o clasă nu are acces asupra datelor *private* sau *protected* ale eventualelor clase imbricate.

U7.2. Clase şablon (*template*)

Ca şi în cazul unei funcţii şablon, unul sau mai multe tipuri de date pot să nu fie explicitate în momentul definirii unei clase şablon. În momentul compilării, în locul unde se instanţiază clasa, se identifică aceste tipuri de date şi se înlocuiesc cu tipurile identificate. O clasă şablon se declară astfel:

```
template <class T1, class T2, ... , class Tn>
class nume_clasa
```

```
{
        // descriere clasa nume_clasa
};
```

Instanțierea unei clase şablon se face astfel:

```
nume_clasa<tip1, tip2, ... , tipn> obiect;
```

La instanțiere, tipurile generice de date *T1*, *T2*, … , *Tn* se înlocuiesc cu tipurile de date specificate între semnele mai mic < şi mai mare >, adică cu *tip1*, *tip2*, … , *tipn*.

Fiecare funcție membră unei clase şablon este la rândul ei funcție şablon. Astfel, descrierea fiecărei funcții membre în exteriorul definiției clasei (adică nu *inline*) se va face ca orice funcție şablon obişnuită.

În C++ şi tipurile *struct* şi *union* pot fi template.

Spre exemplificare, scriem o clasă şablon pentru o stivă:

```
#include<conio.h>
#include<stdlib.h>
#include<iostream.h>

template <class T>
struct NodListaSimpluInlantuita
{
        T info;
        NodListaSimpluInlantuita<T> *leg;
};

template <class T>
class Stiva
{
private:
        NodListaSimpluInlantuita<T> *cap;
public:
        Stiva()                     // constructor
        {
                cap=NULL;
        }
        int operator!()             // verificare stiva goala
        {
                return cap==NULL;
        }
        void operator<<(T x) // introducere in stiva
        {
                NodListaSimpluInlantuita<T> *p=cap;
                cap=new NodListaSimpluInlantuita<T>;
                cap->info=x;
                cap->leg=p;
        }
        void operator>>(T &);       // scoatere din stiva
        friend ostream& operator<<(ostream&,Stiva<T>&);
                                    // tiparire continut stiva
```

```
        void golire();              // golire stiva
        ~Stiva()                    // destructor
        {
                golire();
        }
};

template <class T>
void Stiva<T>::operator>>(T &x)
{
        if (cap==NULL) throw "Stiva goala!";
        x=cap->info;
        NodListaSimpluInlantuita<T> *p=cap->leg;
        delete cap;
        cap=p;
}

template <class T>
ostream& operator<<(ostream& fl,Stiva<T>& st)
{
        NodListaSimpluInlantuita<T> *p=st.cap;
        while (p!=NULL)
        {
                fl<<p->info;
                p=p->leg;
        }
        return fl;
}

template <class T>
void Stiva<T>::golire()
{
        NodListaSimpluInlantuita<T> *p=cap;
        while (cap!=NULL)
        {
                p=cap->leg;
                delete cap;
                cap=p;
        }
}
```

Utilizăm clasa şablon pentru lucra cu o stivă de caractere:

```
void main()
{
        char x;
        Stiva<char> st;

        do
        {
                cout<<endl<<endl;
                cout<<" 1. Introducere element in stiva"<<endl;
```

```
                cout<<" 2. Scoatere element din stiva"<<endl;
                cout<<" 3. Afisare continut stiva"<<endl;
                cout<<" 4. Golire stiva"<<endl<<endl;
                cout<<"Esc - Parasire program"<<endl<<endl;
                switch (getch())
                {
                        case '1':
                                cout<<"Dati un caracter: "<<flush;
                                st<<getche();
                                break;
                        case '2':
                                try
                                {
                                        st>>x;
                                        cout<<"Am scos din stiva: "<<x;
                                }
                                catch (char *mesajeroare)
                                {
                                        cerr<<"Eroare: "<<mesajeroare;
                                }
                                break;
                        case '3':
                                if (!st) cout<<"Stiva este goala!";
                                else cout<<"Stiva contine: "<<st;
                                break;
                        case '4':
                                st.golire();
                                cout<<"Stiva a fost golita!";
                                break;
                        case 27: return;
                        default:
                                cerr<<"Trebuie sa apasati 1,2,3,4 sau Esc";
                }
                cout.flush();
                getch();
        }
        while (1);
}
```

După ce avem scrisă clasa şablon, nu trebuie decât să specificăm tipul de date pentru care vrem să o folosim. Astfel, clasa *Stiva* de mai sus o putem folosi pentru orice tip de date.

Rezumat

Am vazut cum se scrie o clasă şablon şi cum se foloseşte pentru diverse tipuri de date. Am dat un exemplu ilustrativ: clasă şablon de lucru cu o stivă. Astfel, această clasă poate fi folosită pentru a lucra cu o stivă de caractere, o stivă de numere întregi, de numere reale etc.

Teme de control

În finalul prezentării din punct de vedere teoretic al programarii orientate pe obiecte din C++, propunem să se scrie:

1) Un program care utilizează clasa şablon *Stiva* şi pentru alt tip de date decât *char*.
2) O clasă şablon de lucru cu o coadă (similară clasei *Stiva*). Să se utilizeze acestă clasă pentru a rezolva următoarea problemă:

   Se deschide un fişier text. Se citesc caracterele fişierului unul câte unul. Când se întâlneşte o consoană, se introduce în coadă. Când se întâlneşte o vocală, dacă nu este goală coada, se scoate o consoană din listă. Restul caracterelor (cele care nu sunt litere) se vor ignora. La sfârşit să se afişeze conţinutul cozii.

3) Clasa şablon de lucru cu o mulţime ce reţine elementele într-un vector alocat dinamic. Clasa va avea implementaţi operatorii: +, - şi * pentru reuniune, diferenţă şi respectiv intersecţie, operatorii << şi >> pentru introducerea unui element în mulţime şi respectiv scoaterea unui element din mulţime, operatorul << pentru introducerea conţinutului mulţimii într-un flux de ieşire, operatorul ! care returnează numărulde elemente al mulţimii, operatorii =, +=, -=, *=, ==, !=, constructor fără parametri, constructor de copiere, destructor etc. Se vor folosi metode rapide pentru reuniune, diferenţă şi intersecţie.

4) Clasă şablon pentru prelucrarea unui vector. Pentru citire se va folosi >>, pentru scriere <<, atribuirea se va face cu =, compararea de doi vectori cu == şi !=, calcularea normei cu !, suma vectorială cu +, diferenţa vectorială cu -, amplificarea cu scalar cu *, produsul scalar cu *, se vor defini operatorii +=, -= şi *=, functii pentru calcularea mediei aritmetice, pentru sortare etc. Să se deriveze clasa *vector* pentru lucrul cu un vector tridimensional. Să se definească în această clasă în plus operatorul / pentru produs vectorial.

5) Clasă şablon de lucru cu *matrici*. Clasa va conţine: operatorul >> pentru citire, scrierea se va face cu <<, atribuirea cu =, compararea cu == şi !=. Determinantul se va calcula cu !, suma cu +, diferenţa cu -, produsul cu *. De asemenea, se vor defini operatorii +=, -= şi *= şi funcţii pentru transpusă, ridicarea la putere şi inversarea matricii. *Să se folosească această clasă pentru calcularea sumei:* $A^t + (A^t)^2 + ... + (A^t)^n$*, unde n este un număr întreg pozitiv*.

6) Clasă de lucru cu *polinoame*. Clasa va conţine operatorii << şi >> pentru introducere şi scoatere în / din flux, operatorii =, ==, !=, operatorii +, - şi * pentru operaţiile intre doua matrici, * pentru amplificare cu o valoare, / pentru câtul împărţirii şi % pentru restul împărţirii. De asemenea, se vor descrie operatorii +=, -=, *=, /=, %= şi o funcţie pentru calcularea valorii polinomului într-un punct. Să se folosească aceasta clasă pentru calcularea celui mai mare divizor comun şi a celui mai mic multiplu comun pentru două polinoame.

7) Clasă de lucru cu numere întregi mari într-o baza b. Cifrele numărului (valori între 0 şi b-1) se vor memora într-un şir de numere întregi. Se vor descrie operatorii: << (afişare), >> (citire), = (atribuire); <, >, <=, >=, ==, != pentru comparare; +, -, *, / şi

% pentru operații aritmetice, operatorii: `+=`, `-=`, `*=`, `/=` și `%=`. Să se testeze clasa pentru calcularea lui *n!* pentru un număr întreg pozitiv relativ mare *n* (de exemplu pentru *n* = 20).

8) Clasă pentru transformări elementare aplicate unui punct din plan, de coordonate *(x, y)*. Cu ajutorul clasei să se poată aplica translații, rotații în jurul originii, simetrii față de axele de coordonate unui punct din plan. Folosind această clasă să se calculeze pentru un punct bidimensional simetricul față de o dreaptă oarecare dată sub forma generală ax+by+c=0.

Unitatea de învățare M2.U8. Fluxuri în C++

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Ne propunem să studiem două ierarhii de clase: *streambuf* şi *ios* pentru o mai bună înțelegere a modului de lucru cu fluxuri în C++.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

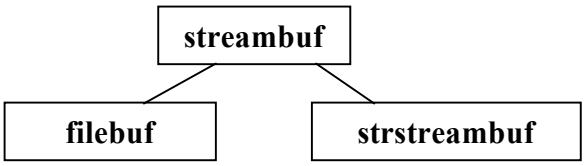
U8.1. Fluxuri în C++. Generalități

Un limbaj de programare este proiectat sa lucreze cu o varietate mare de periferice. Datele se transmit spre echipamentele periferice prin intermediul unei zone de memorie tampon. Gestionarea acestei zone de memorie se face prin intermediul unui aşa numit flux. Un flux este un instrument logic care permite tratarea unitară a operațiilor de intrare/ieşire.

Pentru lucrul cu fluxuri în C++ sunt definite în fişierul antet *iostream.h* două ierarhii de clase: una pentru buffer-ul (zona de memorie tampon) cu care lucrează un flux, ierarhie pornită de clasa **streambuf** şi una pentru operațiile pe fluxuri de intrare sau / şi de ieşire (clasa **ios** porneşte această ierarhie). Ierarhia **ios** reprezintă o alternativă orientată pe obiecte la funcțiile din fişierul antet *stdio.h*.

U8.2. Ierarhia *streambuf*

Din clasa **streambuf** sunt derivate două clase: **filebuf** (care gestionează buffer-ele pentru fluxurile de fişiere) şi **strstreambuf** care gestionează buffer-ele pentru fluxurile de lucru cu string-uri:



Clasa *streambuf* are 2 constructori:

```
streambuf()
streambuf(char *s,int n)
```

Primul construieşte un obiect de tipul clasei *streambuf* cu un buffer vid.

Al doilea constructor specifică adresa *s* spre o zonă de memorie care se va folosi ca buffer pentru flux, iar *n* reprezintă lungimea acestei zone de memorie.

Clasa *streambuf* conține o mulțime de metode pentru prelucrarea cu buffer-ului unui flux. Pentru a lucra cu un flux nu este nevoie să cunoaştem facilitățile clasei ce gestionează buffer-ul asociat fluxului, acestea fiind exploatate indirect de către obiectele de tip ierarhiei *ios*. De aceea nu vom intra în detalii cu privire la conținutul clasei *streambuf* (metode şi câmpuri) sau al vreunei clase derivate din aceasta. Dacă se doreşte acest lucru, se poate consulta documentația Borland C++ sau/şi Visual C++.

Clasa **filebuf** este scrisă pentru buffer-e de fişiere. Ea are 3 constructori:

```
filebuf()
filebuf(int fd)
filebuf(int fd,char *s,int n)
```

Primul constructor crează un buffer de fişier, dar nu-l asociază cu nici un fişier.

Al doilea constructor crează un buffer şi îl asociază unui fişier având descriptorul *fd*, care este un număr întreg.

Al treilea constructor crează un buffer de caractere al cărui adresă de memorie este *s*, buffer-ul are lungimea *n*, iar constructorul asociază acest buffer unui fişier cu descriptorul *fd*.

Clasa *filebuf* are un destructor care închide eventualul fişier asociat fluxului:

```
~filebuf()
```

Clasa **strstreambuf** este scrisă pentru operații de intrare / ieşire în / din zone de memorie RAM. Clasa are 5 constructori şi nici un destructor.

U8.3. Ierarhia *ios*

Ierarhia de clase pornită de **ios** este scrisă pentru a lucra cu fluxuri de date. Transmiterea şi primirea datelor se face prin intermediul unei zone tampon prelucrate prin intermediul unui obiect instanță al unei clase din ierarhia *streambuf*.

Clasa *ios* are 2 constructori:

```
ios(streambuf *buf)
ios()
```

Primul constructor asociază un buffer *buf*, obiect al clasei *streambuf* unui flux, constructorul primeşte ca argument adresa spre obiectul de tip buffer cu care va lucra fluxul. Al doilea constructor crează un obiect al clasei *ios*, fără a-l lega la un buffer. Legarea se poate face ulterior cu ajutorul funcției *init*, care este membră clasei *ios*.

Clasa *ios* conține următoarele câmpuri:

1) *adjustfield* este o constantă statică de tip *long* transmisă de obicei în al doilea parametru al funcției *setf* membre clasei *ios* pentru a curăța biții de formatare legați de modul de aliniere la stânga, la dreapta şi internal (vezi capitolul dedicat indicatorilor de formatare şi functia *setf*). Exemplu: *cout<<setf(ios::right, ios::adjustfield)<<n;*

2) *basefield* tot o constantă statică de tip *long* şi este transmisă ca al doilea parametru al funcției *setf* pentru a curăța biții de formatare legați de baza de numerație (8, 10 şi 16).

3) *bp* memorează adresa către buffer-ul fluxului, un obiect de tip *streambuff*.

4) *floatfield* este o constantă statică de tip *long* transmisă în al doilea parametru al funcției *setf* pentru a curăța biții de formatare legați de modul de afişare al valorilor în virgulă mobilă (forma fixă şi ştiințifică, fără şi respectiv cu exponent).

5) *state* este o valoare de tip întreg *int* ce memorează starea buffer-ului de tip *streambuf*.

6) *x_fill* este o valoare întreagă *int* care reține caracterul folosit pentru umplerea spațiilor libere în afişarea formatată.

7) *x_flags* este o valoare de tip *long* care reține biții de formatare la afişarea valorilor numerice întregi (aliniere, baza de numerație etc.).

8) *x_precision* este o valoare de tip *long* care reține precizia la afişarea valorilor în virgulă mobilă (numărul de cifre exacte).

9) *x_width* este o valoare de tip *int* care memorează lungimea (numărul de caractere) pe care se face afişarea.

În clasa *ios* sunt definite următoarele funcții membre de lucru cu fluxuri:

1) *int bad()* returnează o valoare întreagă nenulă dacă a apărut cel puțin o eroare în prelucrarea fluxului. Verificarea se face interogând biții *ios::badbit* şi *ios::hardfail* ai valorii din câmpul *state* al clasei *ios*.

2) *void clear(int st=0);* setează câmpul *state* la valoarea întreagă primită ca argument. Dacă *st* este 0 (valoare de altfel implicită), atunci starea fluxului se inițializează din nou ca fiind bună. Un apel de forma *flux.clear()* readuce fluxul în stare bună (fără erori).

3) *int eof()* returnează o valoare nenulă, dacă nu mai sunt date în flux (sfârşit de fişier). De fapt funcția interoghează bitul *ios::eofbit* al câmpului *state*.

4) *int fail()* returnează o valoarea nenulă, dacă o operație aplicată fluxului a eşuat. Se verifică biții *ios::failbit*, *ios::badbit* şi *ios::hardfail* ai câmpului *state* (în plus față de funcția *bad* verifică şi bitul *ios::failbit*).

5) *char fill()* returnează caracterul de umplere al spațiile libere de la scrierea formatată.

6) *char fill(char c)* setează caracterul de umplere al spațiile goale de la scrierea formatată la valoarea *c* şi returnează caracterul folosit anterior în acest scop.

7) *long ios_flags()* returnează valoarea reținută în *x_flags*.

8) *long ios_flags(long flags)* setează câmpul *x_flags* la valoarea primită ca argument şi returnează vechea valoare.

9) *int good()* returnează o valoare nenulă dacă nu au apărut erori în prelucrarea fluxului. Acest lucru se realizează consultând biții câmpului *state*.

10) *void init(streambuf *buf);* transmite adresa buffer-ului de tip *streambuf* cu care va lucra fluxul.

11) *int precision(int p);* setează precizia de tipărire a numerelor reale la valoarea primită ca argument şi returnează vechea valoare. De fapt câmpul *ios::precision* se seteaza la valoarea *p* şi se returnează vechea sa valoare.

12) *int precision()* returnează valoarea preciziei la tipărire a valorilor reale (reținută în câmpul *ios::precision*).

13) *streambuf* rdbuf()* returnează adresa către obiectul responsabil cu buffer-ul fluxului.

14) *int rdstate()* returnează starea fluxului (valoarea câmpului *state*).

15) *long setf(long setbits, long field);* resetează biții (îi face 0) din *x_flags* pe pozițiile indicate de biții cu valoare 1 ai parametrul *field* şi apoi setează biții din *x_flags* la valoarea 1 pe pozițiile în care biții sunt 1 în parametrul *setbits*. Funcția returnează vechea valoare a lui *x_flags*.

16) *long setf(long flags)* modifică biții câmpului *x_flags* la valoare 1 pe pozițiile în care biții parametrului *flags* sunt 1 şi returnează vechea valoare a lui *x_flags*.

17) *void setstate(int st);* setează biții câmpului *state* la valoarea 1 pe pozițiile în care biții parametrului *st* sunt 1.

18) *void sync_with_stdio();* sincronizează fişierele *stdio* cu fluxurile *iostream*. În urma sincronizării viteza de execuție a programului scade mult.

19) *ostream* tie()* returnează adresa către fluxul cu care se afla legat fluxul curent. De exemplu, fluxurile *cin* şi *cout* sunt legate. Legătura dintre cele două fluxuri constă în faptul că atunci când unul dintre cele două fluxuri este folosit, atunci mai întâi celălalt este golit. Dacă fluxul curent (din care este apelată funcția *tie*) nu este legat de nici un flux, atunci se returnează valoarea NULL.

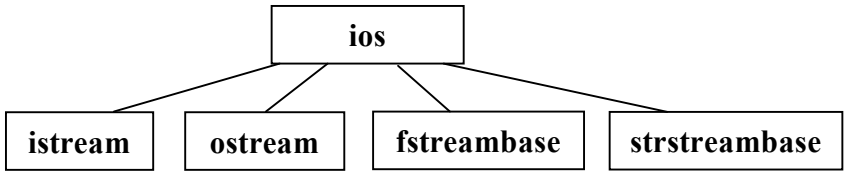
20) *ostream* tie(ostream* fl)* fluxul *fl* este legat de fluxul curent, cel din care a fost apelată această funcție. Este returnat fluxul anterior legat de fluxul curent. Ca efect al legării unui flux de un alt flux este faptul că atunci când un flux de intrare mai are caractere în buffer sau un flux de ieşire mai are nevoie de caractere, atunci fluxul cu care este legat este întâi golit. Implicit, fluxurile *cin*, *cerr* şi *clog* sunt legate de fluxul *cout*.

21) *long unsetf(long l)* setează biții din *x_flags* la valoarea 0 pe pozitiile în care parametrul *l* are biții 1.

22) *int width()* returnează lungimea pe care se face afişarea formatată.

23) *int width(int l);* setează lungimea pe care se face afişarea formatată la valoarea primită ca argument şi returnează vechea valoare.

Din clasa **ios** sunt derivate 4 clase: **istream**, **ostream**, **fstreambase** şi **strstreambase**:



Clasa **istream** realizează extrageri formatate sau neformatate dintr-un buffer definit ca obiect al unei clase derivate din *streambuf*.

Constructorul clasei *istream* este:

```
istream(strstream *buf);
```

Constructorul asociază un obiect de tip buffer *buf*, primit ca argument, unui flux de intrare.

Funcțiile membre clasei *istream*:

1) *int gcount()* returnează numărul de caractere neformatate ultima dată extrase.

2) *int get()* extrage următorul caracter din flux. Dacă s-a ajuns la sfârşitul fluxului se returnează valoarea EOF, adică –1.

3) *istream& get(signed char *s, int l, char eol='\n')* extrage un şir de caractere interpretate a fi cu semn de lungime maximă *l-1*, pe care îl depune la adresa *s* dacă nu este sfârşitul fluxului sau dacă nu s-a ajuns la caracterul ce delimitează sfârşitul de linie. Delimitatorul de sfârşit de linie este implicit *'\n'*, dar programatorul poate specifica un alt caracter dacă doreşte. La sfârşitul şirului de caractere depus în *s* este adăugat *'\0'* (sfârşit de string). Delimitatorul nu este extras din flux. Se returnează fluxul *istream* din care s-a făcut citirea.

4) *istream& get(unsigned char *s, int l, char eol='\n')* se extrage din flux un şir de caractere fără semn în maniera explicată mai sus.

5) *istream& get(unsigned char &c)* extrage un singur caracter interpretat a fi fără semn şi returnează fluxul *istream* din care s-a făcut citirea.

6) *istream& get(signed char &c)* extrage un caracter cu semn şi returnează fluxul *istream* din care s-a făcut citirea.

7) *istream& get(strstreambuf &buf, int c='\n')* extrage un şir de caractere până se întâlneşte caracterul de delimitare *c* (al cărui valoare implicită este *'\n'*), şir pe care îl depune în bufferul *buf*.

8) *istream& getline(signed char* s, int l, char c='\n')* extrage un şir de caractere cu semn de lungime maximă *l* pe care îl depune la adresa *s*, fără a pune în *s* delimitatorul, care implicit este *'\n'*. Delimitatorul este însă scos din flux.

9) *istream& getline(unsigned char* s, int l, char c='\n')* extrage un şir de caractere fără semn în maniera de mai sus.

10) *istream& ignore(int n=1, int delim=EOF)* se ignoră maxim *n* (implicit 1) caractere din fluxul de intrare sau până când delimitatorul *delim* (care implicit este valoarea constantei *EOF*) este întâlnit.

11) *int peek()* returnează următorul caracter din flux, fără a-l scoate.

12) *istream& putback(char c)* pune înapoi în flux caracterul *c*. Se returnează fluxul de intrare.

13) *istream& read(signed char* s, int n)* extrage din fluxul de intrare un număr de *n* caractere interpretate a fi cu cu semn pe care le depune la adresa *s*.

14) *istream& read(unsigned char* s, int n)* extrage din fluxul de intrare un număr de *n* caractere fără semn pe care le depune la adresa *s*.

15) *istream& seekg(long poz)* se face o poziționare în flux de la începutul acestuia pe pozitia *poz*. Se returnează fluxul de intrare.

16) *istream& seekg(long n, int deunde)* se face o poziționare în flux cu *n* caractere de la poziția specificată în al doilea parametru (*deunde*). Se returnează fluxul de intrare. Parametrul *deunde* poate lua valorile: *ios::beg* (de la începutul fluxului), *ios::cur* de la poziția curentă în flux, sau *ios::end* de la sfârşitul fluxului. Pentru valoarea *ios::cur*, *n* poate fi pozitiv (poziționare la dreapta poziției curente) sau negativ (poziționarea se face înapoi de la poziția curentă). Pentru *ios::beg*, *n* trebuie sa fie nenegativ, iar pentru *ios::end*, *n* trebuie sa fie nepozitiv.

10) *long tellg()* returnează poziția curentă în flux, de la începutul acestuia.

În clasa *istream* este supraîncărcat şi *operatorul* >> pentru extragere de date în modul text din fluxul de intrare.

Clasa **ostream** realizează introduceri formatate sau neformatate într-un buffer definit ca obiect al unei clase derivate din *streambuf*. Clasa are un singur constructor cu următoarea structură:

```
ostream(streambuf* buf);
```

Constructorul asociază un buffer, obiect al unei clase derivate din *streambuf*, fluxului de ieşire.

Metodele clasei *ostream* sunt:

1) *ostream& flush();* forţează golirea buffer-ului. Returnează fluxul de ieşire.

2) *ostream& put(char c);* introduce caracterul primit ca argument în flux. Se returnează fluxul de ieşire.

3) *ostream& seekp(long poz);* se face poziționare pe poziția *poz* de la începutul fluxului. Se returnează fluxul de iesire.

4) *ostream& seekp(long n, int deunde);* Se mută poziția curentă în flux cu *n* caractere din locul specificat de parametrul *deunde*. Se returnează fluxul de ieşire. *deunde* poate lua valorile *ios::beg*, *ios::cur*, respectiv *ios::end*.

5) *long tellp();* returnează poziția curentă în flux de la începutul fluxului.

6) *ostream& write(const signed* s, int n);* se introduc *n* caractere de la adresa *s* (şirul *s* este de caractere cu semn) în fluxul de ieşire curent (din care este apelată funcția *write*).

7) *ostream& write(const signed* s, int n);* se introduc în flux *n* caractere luate din şirul *s*.

În clasa *ostream* este supraîncărcat *operatorul* << pentru introducere de valori în modul text în flux.

Clasa **iostream** este derivată din clasele *istream* şi *ostream* şi are ca obiecte fluxuri care suportă operații de intrare şi ieşire. Clasa iostream are un singur constructor care asociază unui buffer *buf*, obiect al clasei *streambuf*, un flux, obiect al clasei *iostream*:

```
iostream(streambuf* buf);
```

Clasa *iostream* nu are funcții membre (numai un constructor), ea moştenind metodele claselor *istream* şi *ostream*.

Rezumat

Am studiat pe scurt ierarhia *streambuf* pentru buffer-ele fluxurilor şi clasele superioare din ierarhia *ios* scrise pentru prelucrarea fluxurilor. Aceste clase sunt baza prelucrării fişierelor şi a string-urilor (capitolele următoare). Din aceste clase practic se moştenesc majoritatea datelor şi metodelor necesare pentru a lucra cu fişiere şi string-uri.

Unitatea de învățare M2.U9. Fişiere în C++

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Ne propunem acum să continuăm studierea ierarhiei *ios* pentru a vedea cum se lucrează în C++ cu fişiere. Majoritatea facilităților de prelucrare a fişierelor este moştenită din clasele superioare ale ierarhiei *ios*, însă pentru a lucra efectiv cu un fişier trebuie să instanțiem una din clasele *ifstream*, *ofstream* şi *fstream*.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U9.1. Fişiere în C++

Tot din clasa *ios* este derivată şi clasa **fstreambase**, specializată pe fluxuri ataşate unor fişiere. Clasa **fstreambase** are 4 constructori.

Primul constructor crează un obiect al clasei, pe care nu-l ataşează nici unui fişier:

```
fstreambase();
```

Al doilea constructor crează un obiect al clasei **fstreambase**, deschide un fişier şi îl ataşează obiectului creat:

```
fstreambase(const char* s,int mod,int prot=filebuf::openprot);
```

Parametrul *mod* specifică modul de deschidere al fişierului (text sau pe octeți, pentru scriere sau pentru citire etc.). Pentru modurile de deschidere sunt definite constante întregi în interiorul clasei **ios**. Acestea sunt:

Constantă mod deschidere	Semnificație
ios::in	Deschidere fişier pentru citire
ios::out	Deschidere fişier pentru scriere
ios::ate	Se face poziționare la sfârşitul fişierului care e deja deschis
ios::app	Deschidere fişier pentru adăugare la sfârşit
ios::trunc	Trunchiază fişierul
ios::nocreate	Deschiderea fişierului se face numai dacă acesta există
ios::noreplace	Deschiderea fişierului se face numai dacă acesta nu există
ios::binary	Deschiderea fişierului se face în modul binar (pe octeti)

Cu ajutorul operatorului | (ori pe biți) se pot compune modurile de deschidere. Astfel, cu modul compus *ios::binary*|*ios::in*|*ios::out* se deschide fişierul pentru citire şi scriere pe octeți.

Parametrul *prot* corespunde modului de acces la fişier. Valoarea acestui parametru este luată în considerare numai dacă fişierul nu a fost deschis în modul *ios::nocreate*. Implicit, acest parametru este setat aşa încât să existe permisiune de scriere şi de citire asupra fişierului.

Al treilea constructor crează obiectul şi îl leagă de un fişier deschis deja, al cărui descriptor *d* este primit ca argument:

```
fstreambase(int d);
```

De asemenea, există şi un constructor care crează obiectul şi îl leagă de fişierul al cărui descriptor este *d*. Se specifică buffer-ul *s* cu care se va lucra, împreună cu lungimea *n* a acestuia:

```
fstreambase(int d, char* s, int n);
```

Ca şi funcţii membre clasei *fstreambase* avem:

1) *void attach(int d);* face legatura între fluxul curent (din care se apelează funcţia *attach*) cu un fişier deschis, al cărui descriptor este *d*.

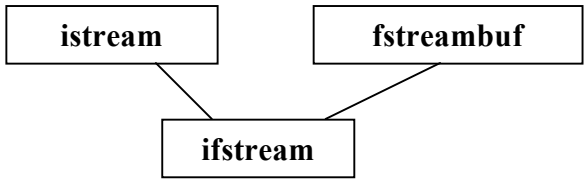
2) *void close();* închide buffer-ul *filebuf* şi fişierul.

3) *void open(const char* s, int mod, int prot=filebuf::openprot);* deschide un fişier în mod similar ca şi în cazul celui de-al doilea constructor care are aceeaşi parametri cu funcţia *open*. Ataşează fluxului curent fişierul deschis.

4) *filebuf* rdbuf()* returnează adresa către buffer-ul fişierului.

5) *void setbuf(char* s, int n);* setează adresa şi lungimea zonei de memorie cu care va lucra obiectul buffer al clasei *filebuf* ataşat fişierului.

Din clasele **istream** şi **fstreambuf** este derivată clasa **ifstream**, care este o clasă specializată pentru lucrul cu un fişier de intrare (pentru extrageri de date).



Clasa *ifstream* are 4 constructori (asemănători cu cei din clasa *fstreambuf*).

Un prim constructor crează un flux (obiect al clasei **ifstream**) de lucru cu fişiere de intrare, flux pe care nu-l ataşează unui fişier:

```
ifstream();
```

Al doilea constructor crează un obiect al clasei *ifstream*, deschide un fişier pentru operatii de citire şi îl ataşează obiectului creat. Pentru ca deschiderea fişierului să se încheie cu succes, trebuie ca fişierul să existe. Semnificaţia parametrilor este aceeaşi ca la constructorul al doilea al clasei **fstreambase**:

```
ifstream(const char* s,int mod=în,int prot=filebuf::openprot);
```

Al treilea constructor crează obiectul şi îl leagă de un fişier deschis deja, al cărui descriptor *d* este primit ca argument:

```
ifstream(int d);
```

Al patrulea constructor crează obiectul şi îl leagă de fişierul al cărui descriptor este *d*. Se specifică adresa de memorie *s* şi lungimea *n* acesteia ce va fi folosită ca memorie tampon pentru fişier:

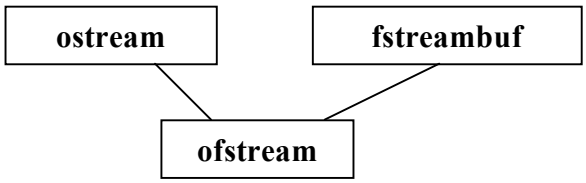
```
ifstream(int d, char* s, int n);
```

Funcţii membre clasei *ifstream*:

1) *void open(const char* s, int mod, int prot=filebuf::openprot);* deschide un fişier pentru citire în mod similar cu al doilea constructor al clasei.

2) *filebuf* rdbuf()* returnează adresa către buffer-ul fluxului curent, obiect al clasei *filebuf*.

Din clasele **ostream** şi **fstreambuf** este derivată clasa **ofstream** specializată pentru operaţii de iesire pe fişiere.



Clasa *ofstream* are, de asemenea, 4 constructori asemănători cu cei din clasa *fstreambuf*.

Primul constructor crează un flux pe care nu-l ataşează unui fişier:

```
ofstream();
```

Al doilea constructor crează un obiect al clasei *ofstream*, deschide un fişier pentru scriere şi îl ataşează obiectului creat.

```
ofstream(const char* s,int mod=out,int prot=filebuf::openprot);
```

Semnificaţia parametrilor este aceeaşi ca la constructorul al doilea constrctor al clasei *fstreambase*.

Al treilea constructor crează obiectul şi îl leagă de un fişier deschis pentru operaţii de scriere, al cărui descriptor *d* este primit ca argument:

```
ofstream(int d);
```

Există şi constructorul care crează obiectul şi îl leagă de fişierul al cărui descriptor este *d*. Se specifică în plus şi adresa zonei de memorie tampon ce se va utiliza precum şi lungimea acesteia:

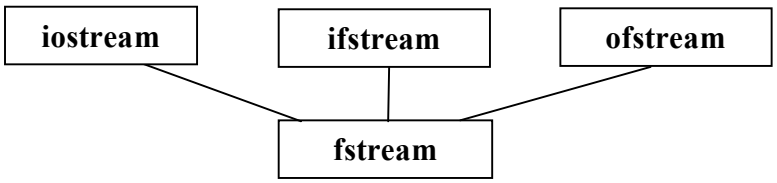
```
ofstream(int d, char* s, int n);
```

Ca funcţii membre în clasa **ofstream** avem:

1) *void open(const char* s, int mod, int prot=filebuf::openprot);* deschide un fişier pentru scriere în mod similar cu al doilea constructor al clasei.

2) *filebuf* rdbuf()* returnează adresa către buffer-ul *buf* cu care lucrează fluxul de ieşire.

Din clasele **iostream**, **ifstream** şi **ofstream** este derivată clasa **fstream**, care este specializată pentru a lucra cu un fişier în care sunt posibile atât operaţii de intrare, cât şi ieşire:



Clasa *fstream* are, de asemeanea, 4 constructori (asemănători cu cei din clasa *fstreambuf*). Un prim constructor crează un flux pe care nu-l ataşează nici unui fişier:

```
fstream();
```

Al doilea constructor crează un obiect al clasei **fstream**, deschide un fişier pentru operaţii de citire şi de scriere şi îl ataşează obiectului creat. Semnificaţia parametrilor este aceeaşi ca la constructorul al doilea al clasei **fstreambase**:

```
fstream(const char* s,int mod,int prot=filebuf::openprot);
```

Al treilea constructor crează obiectul şi îl leagă de un fişier I/O deschis deja, al cărui descriptor *d* este primit ca argument:

```
fstream(int d);
```

Al patrulea constructor crează obiectul şi îl leagă de fişierul al cărui descriptor este *d*. Se specifică adresa şi lungimea zonei de memorie tampon:

```
fstream(int d, char* s, int n);
```

Ca funcţii membre clasei **fstream** avem:

1) *void open(const char* s, int mod, int prot=filebuf::openprot);* deschide un fişier pentru citire şi scriere în mod similar cu al doilea constructor al clasei, care are aceeaşi parametri cu funcţia *open*.
2) *filebuf* rdbuf()* returnează adresa către buffer-ul fişierului.

Pentru a lucra cu un fişier, se instanţiază una dintre clasele: *ifstream*, *ofstream* sau *fstream*. Prelucrarea fişierului se face cu ajutorul metodelor moştenite din clasele: **ios**, **istream**, **ostream**, **fstreambase**.
Pentru a exemplifica modul de lucru cu fişiere dăm listingul câtorva programe:

1) *Afişarea pe ecran a conţinutului unui fişier text:*

```
# include <iostream.h>
# include <fstream.h>
# include <conio.h>
# define lmaxlinie 79 // lungimea maxima a liniei fisierului text

int main()
{
        char numef[100],linie[lmaxlinie+1];
        long n=0;
```

```
        cout<<"AFISARE CONTINUT FISIER TEXT"<<endl<<endl;
        cout<<"Dati numele fisierului text: ";
        cin>>numef;
        ifstream fis(numef); // creare obiect si deschidere fisier pentru
citire
        if (fis.bad()) // verificare daca fisierul nu a fost deschis cu
succes
        {
                cerr<<"Eroare! Nu am putut deschide '"<<numef<<"' pt citire";
                getch();
                return 1;
        }
        while (!fis.eof())
        {
                n++; // numarul de linii afisate
                fis.getline(linie,lmaxlinie); // citire linie din fisier text
                cout<<linie<<endl; // afisare pe ecran
                if (n%24==0) getch();       // dupa umplerea unui ecran se
        }                                   // asteapta apasarea unei taste
        fis.close();
        cout<<endl<<"AM AFISAT "<<n<<" LINII"<<endl<<flush;
        getch();
        return 0;
}
```

Observații:

1) Cu ajutorul funcției *bad()* am verificat dacă fișierul nu a fost deschis cu succes (dacă fișierul nu există pe disc).
2) Funcția *getline* (din clasa **istream**) citește o linie de lungime maximă *lmaxlinie=79* caractere dintr-un fișier text. Dacă linia are mai mult de *lmaxlinie* caractere, atunci sunt citite exact *lmaxlinie* caractere, restul caracterelor de pe linia curentă a fișierului fiind citite data următoare.

2) *Program pentru concatenarea a două fișiere:*

```
# include <iostream.h>
# include <fstream.h>
# include <conio.h>
# define lbuf 1000 // lungimea buffer-ului de citire din fisier

int main()
{
        ifstream fiss; // fisier pentru operatii de citire
        ofstream fisd; // fisier pentru operatii de scriere
        char numefs1[100],numefs2[100],numefd[100],s[lbuf];
        cout<<"CONCATENARE DE DOUA FISIERE"<<endl<<endl;
        cout<<"Dati numele primului fisier sursa:          ";
        cin>>numefs1;
        cout<<"Dati numele celui de-al doilea fisier sursa: ";
        cin>>numefs2;
```

```
	cout<<"Dati numele fisierului destinatie:          ";
	cin>>numefd;
	fisd.open(numefd,ios::binary); // deschidere fisier pe octeti (mod
binar)
	if (fisd.bad()) // verificare daca fisierul nu s-a deschis cu succes
	{
		cerr<<"Eroare! Nu am putut deschide fisierul '"<<numefd<<"'
pt scriere.";
		getch(); return 1;
	}
	fiss.open(numefs1,ios::binary); // deschidere fisier pe octeti (mod
binar)
	if (fiss.bad()) // verificare daca fisierul nu s-a deschis cu succes
	{
		fisd.close();
		cerr<<"Eroare! Nu am putut deschide fisierul '"<<numefs1<<"'
pt citire.";
		getch(); return 1;
	}
	while (!fiss.eof())
	{
		fiss.read(s,lbuf); // se citesc maxim lbuf baiti din fisier
		fisd.write(s,fiss.gcount());// se scriu baitii cititi mai sus
in fisier
	}
	fiss.close(); // inchidere fisier
	fiss.open(numefs2,ios::binary); // deschidere fisier pe octeti (mod
binar)
	if (fiss.bad()) // verificare daca fisierul nu s-a deschis cu succes
	{
		fisd.close();
		cerr<<"Eroare! Nu am putut deschide fisierul '"<<numefs2<<"'
pt citire.";
		getch(); return 1;
	}
	while (!fiss.eof())
	{
		fiss.read(s,lbuf); // se citesc maxim lbuf baiti din fisier
		fisd.write(s,fiss.gcount());// se scriu baitii cititi mai sus
in fisier
	}
	fiss.close(); // inchidere fisier
	if (fisd.good()) cout<<"Concatenarea s-a incheiat cu succes!"<<endl;
	fisd.close(); // inchidere fisier
	getch();
	return 0;
}
```

Observații:

1) Pentru a deschide un fisier în modul binar trebuie specificat explicit acest lucru folosind *ios::binary* în parametrul al doilea al funcției *open*. Dacă nu se face specificarea *ios::binary*, atunci fișierul este deschis în modul text.
2) Funcția *gcount()* (din clasa *istream*) returnează numărul de caractere efectiv citite ultima dată cu ajutorul funcției *read*. În programul de mai sus valoarea returnată de *gcount()* este *lbuf*, adică 1000, excepție face ultima citire din fișier.
3) Cu ajutorul funcției *good()* am verificat dacă fișierul a fost prelucrat fără să apară erori.

3) *Sortarea unui şir citit dintr-un fişier text:*

```
# include <iostream.h>
# include <fstream.h>
# include <conio.h>
# include <stdlib.h>

int sort_function(const void *a,const void *b)
{
        float *x=(float *)a,*y=(float *)b;

        if (*x<*y) return -1;
        if (*x==*y) return 0;
        return 1;
}

int main()
{
        char numef[100];
        int i,n;
        float *a;
        fstream fis;

        cout<<"QUICKSORT"<<endl<<endl;
        cout<<"Dati numele fisierului text cu elementele sirului:          ";
        cin>>numef;
        fis.open(numef,ios::in); // deschidere fisier pentru citire
        if (fis.bad())
        {
                cerr<<"Eroare! Nu am putut deschide fisierul '"<<numef<<"' pt citire.";
                getch();
                return 1;
        }
        fis>>n; // citirea numarului intreg n din fisier
        a=new float[n];
        if (a==NULL)
        {
                cerr<<"Eroare! Memorie insuficienta.";
                getch();
                return 1;
        }
```

```
        for (i=0;i<n;i++)
        {
                if (fis.eof())
                {
                        cerr<<"Eroare! Elemente insuficiente in fisier.";
                        getch();
                        return 1;
                }
                fis>>a[i]; // citirea unui numar real (float)
        }
        fis.close();
        qsort((void *)a, n, sizeof(float), sort_function); // sortare QuickSort
        cout<<"Dati numele fisierului text in care se va depune sirul sortat: ";
        cin>>numef;
        fis.open(numef,ios::out); // deschidere fisier pentru scriere
        if (fis.bad())
        {
                cerr<<"Eroare! Nu am putut crea fisierul '"<<numef<<"'.";
                getch();
                return 1;
        }
        fis<<n<<endl;
        for (i=0;i<n;i++) fis<<a[i]<<" ";
        delete [] a;
        if (fis.good()) cout<<"Am sortat sirul !"<<endl;
        fis.close();
        getch();
        return 0;
}
```

Observații:

1) Variabila *fis* este folosită întâi pentru a prelucra un fişier de intrare şi apoi pentru unul de ieşire.
2) Citirea unor valori dintr-un fişier în modul text a fost realizată cu ajutorul operatorului >>, iar scrierea cu operatorul <<.
3) Sortarea şirului am făcut-o cu ajutorul funcției *qsort*, a cărei definiție o găsim în fişierul antet *stdlib.h* sau în *search.h*. Cu ajutorul acestei funcții se pot sorta şiruri de elemente de orice tip. Noi am folosit-o pentru sortarea unui şir de valori de tip *float*. Funcția *sort_function* compară două valori de tipul elementelor din şir. Dacă se doreşte o sortare crescătoare, funcția trebuie să returneze o valoare negativă. Se returnează 0, dacă sunt egale valorile şi, respectiv, se returnează un număr pozitiv dacă prima valoare e mai mare decât a doua.

4) *Gestiunea stocului unei firme:*

```
# include <iostream.h>
# include <fstream.h>
# include <stdlib.h>
# include <process.h>
# include <conio.h>
# include <stdio.h>
```

```
# include <string.h>

struct tstoc
       {
       char cod_prod[10],den_prod[50];
       double cant,pret;
       };

char *numef="stoc.dat"; // numele fisierului in care se retine stocul

void VanzCump() // Vanzare / cumparare dintr-un produs
{
       char *s,cod[10];
       int gasit=0;
       long n=0;
       double cant;
       struct tstoc *st;
       fstream fis;

       s=new char[sizeof(struct tstoc)];
       fis.open(numef,ios::binary|ios::in|ios::out|ios::nocreate);
       if (fis.bad())
       {
             cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'"<<numef<<"'.";
             getch(); exit(0);
       }
       cout<<"Dati codul produsului care se vinde / cumpara: ";
       cin>>cod;
       while (!fis.eof())
       {
             fis.read(s,sizeof(struct tstoc));
             if (fis.good())
             {
                   st=(struct tstoc *)s;
                   if (!strcmp(cod,st->cod_prod))
                   {
                         gasit=1;
                         cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
                         cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
                         cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl<<endl;
                         cout<<endl<<"Dati  cantitatea  cu  care  se
modifica stocul: ";
                         cin>>cant;
                         st->cant+=cant;
                         fis.seekp(n*sizeof(struct tstoc),ios::beg);
                         fis.write(s,sizeof(struct tstoc));
                         cout<<endl<<"Cod produs: "<<st->cod_prod<<endl;
                         cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
                         cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
                         cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl;
                         cout<<"Valoare:    "<<st->pret*st->cant<<endl;
```

```
                        getch();
                    }
                }
                n++;
        }
        if (!gasit)
        {
                cerr<<endl<<"Nu am gasit produs cu acest cod!"<<endl;
                getch();
        }
        fis.close(); delete [] s;
}

void Adaugare() // Introducerea unui nou produs in stoc
{
        char *s,*s2;
        int gasit=0;
        struct tstoc *st,*st2;
        fstream fis;

        s=new char[sizeof(struct tstoc)];
        st=(struct tstoc*)s;
        s2=new char[sizeof(struct tstoc)];
        st2=(struct tstoc*)s2;
        fis.open(numef,ios::binary|ios::in);
        if (fis.bad())
        {
                cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'"<<numef<<"'.";
                getch(); exit(0);
        }
        cout<<endl<<"Dati codul produsului care se introduce in stoc: ";
        cin>>st->cod_prod;
        while (!fis.eof() && !gasit)
        {
                fis.read(s2,sizeof(struct tstoc));
                if (fis.good())
                        if (!strcmp(st->cod_prod,st2->cod_prod)) gasit=1;
        }
        if (!gasit)
        {
                fis.close();
                fis.open(numef,ios::binary|ios::app);
                cout<<"Denumire:   ";
                cin>>st->den_prod;
                cout<<"Cantitate:  ";
                cin>>st->cant;
                cout<<"Pret:       ";
                cin>>st->pret;
                fis.write(s,sizeof(struct tstoc));
        }
        else
```

```
	{
		cerr<<"Eroare! Mai exista un produs cu acest cod:"<<endl;
		cout<<endl<<"Cod produs: "<<st->cod_prod<<endl;
		cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
		cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
		cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl;
		cout<<"Valoare:    "<<st->pret*st->cant<<endl;
		getch();
	}
	fis.close(); delete [] s2; delete [] s;
}

void AfisProd() // Afisarea unui produs cu un anumit cod
{
	char *s,cod[10];
	int gasit=0;
	struct tstoc *st;
	ifstream fis;
	s=new char[sizeof(struct tstoc)];
	st=(struct tstoc*)s;
	fis.open(numef,ios::binary);
	if (fis.bad())
	{
		cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'"<<numef<<"'.";
		getch();
		exit(0);
	}
	cout<<endl<<"Dati codul produsului care se afiseaza: ";
	cin>>cod;
	while (!fis.eof())
	{
		fis.read(s,sizeof(struct tstoc));
		if (fis.good())
		{
			if (!strcmp(st->cod_prod,cod))
			{
				gasit=1;
				cout<<endl<<"Cod produs: "<<st->cod_prod<<endl;
				cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
				cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
				cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl;
				cout<<"Valoare:    "<<st->pret*st->cant<<endl;
				getch();
			}
		}
	}
	if (!gasit)
	{
		cerr<<endl<<"Nu am gasit produs cu acest cod!"<<endl;
		getch();
	}
```

```
	fis.close();
	delete [] s;
}

void ModifPret() // Modificarea pretului unui produs
{
	char *s,cod[10];
	int gasit=0;
	long n=0;
	double pret;
	struct tstoc *st;
	fstream fis;

	s=new char[sizeof(struct tstoc)];
	fis.open(numef,ios::binary|ios::in|ios::out|ios::nocreate);
	if (fis.bad())
	{
		cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'"<<numef<<"'.";
		getch();
		exit(0);
	}
	cout<<"Dati codul produsului pentru care se modifica pretul: ";
	cin>>cod;
	while (!fis.eof())
	{
		fis.read(s,sizeof(struct tstoc));
		if (fis.good())
		{
			st=(struct tstoc *)s;
			if (!strcmp(cod,st->cod_prod))
			{
				gasit=1;
				cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
				cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
				cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl<<endl;
				cout<<endl<<"Dati noul pret al produsului: ";
				cin>>pret;
				st->pret=pret;
				fis.seekp(n*sizeof(struct tstoc),ios::beg);
				fis.write(s,sizeof(struct tstoc));
				cout<<endl<<"Cod produs: "<<st->cod_prod<<endl;
				cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
				cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
				cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl;
				cout<<"Valoare:    "<<st->pret*st->cant<<endl;
				getch();
			}
		}
		n++;
	}
	if (!gasit)
```

```
	{
		cerr<<endl<<"Nu am gasit produs cu acest cod!"<<endl;
		getch();
	}
	fis.close();
	delete [] s;
}

void Stergere() // Stergerea unui produs cu un anumit cod din stoc
{
	char *s,cod[10];
	int gasit=0;
	struct tstoc *st;
	ifstream fis1;
	ofstream fis2;

	s=new char[sizeof(struct tstoc)];
	fis1.open(numef,ios::binary);
	if (fis1.bad())
	{
		cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'"<<numef<<"'.";
		getch();
		exit(0);
	}
	cout<<"Dati codul produsului care se sterge: ";
	cin>>cod;
	fis2.open("stoc.tmp",ios::binary);
	if (fis2.bad())
	{
		cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'stoc.tmp'.";
		getch(); exit(0);
	}
	while (!fis1.eof())
	{
		fis1.read(s,sizeof(struct tstoc));
		if (fis1.good())
		{
			st=(struct tstoc *)s;
			if (strcmp(st->cod_prod,cod))
				fis2.write(s,sizeof(struct tstoc));
			else
			{
				gasit=1;
				cout<<endl<<"S-a sters produsul:"<<endl<<endl;
				cout<<"Cod produs: "<<st->cod_prod<<endl;
				cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
				cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
				cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl;
				cout<<"Valoare:    "<<st->pret*st->cant<<endl;
				getch();
```

```
                }
            }
        }
        fis2.close();
        fis1.close();
        if (!gasit)
        {
            remove("stoc.tmp");
            cerr<<endl<<"Nu am gasit produs cu acest cod!"<<endl;
            getch();
        }
        else
        {
            remove(numef);
            rename("stoc.tmp",numef);
        }
}

void Cautare() // Cautarea unui produs dupa un sir de caractere ce apare in
denumire
{
        char *s,nume[50];
        int gasit=0;
        struct tstoc *st;
        ifstream fis;

        s=new char[sizeof(struct tstoc)];
        st=(struct tstoc*)s;
        fis.open(numef,ios::binary);
        if (fis.bad())
        {
            cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'"<<numef<<"'.";
            getch();
            exit(0);
        }
        cout<<endl<<"Dati sirul de caractere ce apare in numele produsului
cautat: ";
        cin>>nume;
        while (!fis.eof())
        {
            fis.read(s,sizeof(struct tstoc));
            if (fis.good())
            {
                if (strstr(st->den_prod,nume) != NULL)
                {
                    gasit++;
                    cout<<endl<<"Cod produs: "<<st->cod_prod<<endl;
                    cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
                    cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
                    cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl;
                    cout<<"Valoare:    "<<st->pret*st->cant<<endl;
```

```
                        getch();
                    }
                }
            }
            if (!gasit)
            {
                cerr<<endl<<"Nu am gasit nici un produs!"<<endl;
                getch();
            }
            else
            {
                cout<<endl<<"Am gasit "<<gasit<<" produse!"<<endl;
                getch();
            }
            fis.close();
            delete [] s;
}

void AfisStoc() // Afisarea tuturor produselor din stoc
{
            char *s;
            int gasit=0;
            struct tstoc *st;
            ifstream fis;

            s=new char[sizeof(struct tstoc)];
            st=(struct tstoc*)s;
            fis.open(numef,ios::binary);
            if (fis.bad())
            {
                cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'"<<numef<<"'.";
                getch(); exit(0);
            }
            cout<<"Stocul este alcatuit din:"<<endl<<endl;
            while (!fis.eof())
            {
                fis.read(s,sizeof(struct tstoc));
                if (fis.good())
                {
                    gasit++;
                    cout<<endl<<"Cod produs: "<<st->cod_prod<<endl;
                    cout<<"Denumire:   "<<st->den_prod<<endl;
                    cout<<"Cantitate:  "<<st->cant<<endl;
                    cout<<"Pret:       "<<st->pret<<endl;
                    cout<<"Valoare:    "<<st->pret*st->cant<<endl;
                    getch();
                }
            }
            if (!gasit)
            {
                cerr<<endl<<"Nu exista nici un produs in stoc!"<<endl;
```

```
            getch();
        }
        else
        {
            cout<<endl<<"Am afisat "<<gasit<<" produse!"<<endl;
            getch();
        }
        fis.close();
        delete [] s;
}

void ValStoc() // Afisarea valorii totale a stocului
{
        char *s;
        double total=0;
        struct tstoc *st;
        ifstream fis;

        s=new char[sizeof(struct tstoc)];
        st=(struct tstoc*)s;
        fis.open(numef,ios::binary);
        if (fis.bad())
        {
            cerr<<endl<<"Eroare!  Nu  am  putut  deschide  fisierul
'"<<numef<<"'.";
            getch();
            exit(0);
        }
        while (!fis.eof())
        {
            fis.read(s,sizeof(struct tstoc));
            if (fis.good()) total+=st->cant*st->pret;
        }
        fis.close();
        cout<<"Valoarea totala a stocului este: "<<total<<endl;
        getch();
        delete [] s;
}

void main()
{
        char c;
        do
        {
            cout<<"GESTIONAREA STOCULUI UNEI FIRME"<<endl<<endl;
            cout<<" 1) Vanzare / cumparare marfa"<<endl;
            cout<<" 2) Adaugare produs in stoc"<<endl;
            cout<<" 3) Afisare produs dupa cod"<<endl;
            cout<<" 4) Modificare pret"<<endl;
            cout<<" 5) Stergere produs din stoc"<<endl;
            cout<<" 6) Cautare produs dupa nume"<<endl;
            cout<<" 7) Afisare stoc"<<endl;
```

```
                cout<<" 8) Valoare totala stoc"<<endl;
                cout<<endl<<"Esc - Exit"<<endl<<endl;
                c=getch();
                switch (c)
                {
                        case '1': VanzCump(); break;
                        case '2': Adaugare(); break;
                        case '3': AfisProd(); break;
                        case '4': ModifPret(); break;
                        case '5': Stergere(); break;
                        case '6': Cautare(); break;
                        case '7': AfisStoc(); break;
                        case '8': ValStoc(); break;
                }
        }
        while (c!=27);
}
```

Observație:

Fluxurile C++ pentru fişiere lucrează numai cu caractere şi şiruri de caractere. De aceea, când am folosit funcțiile *read*, respectiv *write* pentru citirea, respectiv scrierea unei variabile de tipul *struct tstoc*, am fost nevoiți să facem conversii de la şir de caractere la tipul adresă către un tip *struct tstoc*. De fapt, în variabilele *s* (de tip adresă către un şir de caractere) şi *st* (pointer către tipul *struct tstoc*) s-a reținut aceeaşi adresă de memorie. Am citit şi scris şirul de caractere de lungime *sizeof(struct tstoc)*, şir de caractere aflat la aceeaşi adresă către care pointează şi *st*. Cu alte cuvinte, scrierea şi citirea datelor la adresa *st* s-au făcut prin intermediul variabilei *s*.

Rezumat

Am studiat clasele specializate pe lucru cu fişiere: *fstreambase*, *ifstream*, *ofstream* şi *fstream* din ierarhia *ios*. Am văzut cum se deschide un fişier în C++, cum se prelucrează şi cum se închide folosind facilitătile ierarhiei *ios*. Am putut urmări în finalul prezentării câteva exemple ilustrative la modul de lucru cu fişiere din C++.

Unitatea de învățare M2.U10. Prelucrarea string-urilor în C++, clasa *complex* din C++

Cuprins

Obiectivele unității de învățare

Ne propunem să studiem clasele din ierarhia *ios* clasele specializate pe prelucrarea string-urilor (şiruri de caractere NULL terminate): *istrstream*, *ostrstream* şi *strstream*.
De asemenea, ne propunem să studiem în final o altă clasă interesantă care se instalează odată cu mediul de programare C++. Este vorba de o clasă scrisă pentru numere complexe. Această clasă ne oferă un mare număr de operatori şi funcții pentru numere complexe. Practic, aproape tot ce există pentru numere reale (operatori şi funcțiile din fişierul antet *math.h*) este aplicabil şi numerelor complexe.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

U10.1. Prelucrarea string-urilor în C++

În ierarhia de fluxuri *ios* există clase scrise pentru a prelucra string-uri (şiruri de caractere încheiate cu *'\0'*) într-o manieră orientată pe obiecte.

Clasele pentru lucrul cu string-uri sunt definite în fişierul antet **strstrea.h**.

Buffer-ele pentru string-uri sunt obiecte ale clasei *strstreambuf*, care este o clasă derivată din *streambuf*.

Clasa **strstreambase** specializează clasa *ios* pentru lucrul cu string-uri, specificându-se faptul că se va lucra cu un buffer de tip **strstreambuf**.

Clasa *strstreambase* are 2 constructori:

```
strstreambase();
strstreambase(const char* buf, int n, char* start);
```

Primul constructor crează un obiect al clasei *strstreambase*, fără a specifica însă şirul de caractere cu care se va lucra. Legătura se va face dinamic cu un şir de caractere prima dată când obiectul va fi utilizat.

Al doilea constructor crează un obiect de *strstreambase*, obiect ce va folosi şirul de caractere aflat la adresa *buf*, care are lungimea *n*, al cărui poziție de pornire este *start*.

Funcția membră *rdbuf* clasei *strstreambase* va returna adresa buffer-ului (obiect al clasei *strstreambuf*), cu care lucrează fluxul de tip string:

```
strstreambuf* rdbuf();
```

Din clasele **istream** şi **strstreambase** este derivată clasa **istrstream**, care este specializată (după cum îi spune numele şi clasele din care este derivată) pentru a lucra cu fluxuri de intrare de tip string:

Clasa *istrstream* are doi constructori:

```
istrstream(const char* s);
istrstream(const char* s, int n);
```

Primul constructor crează un obiect al clasei *istrstream* şi specifică faptul că acesta va lucra cu string-ul *s*.

Al doilea constructor, în plus faţă de primul, limitează la *n* numărul de caractere din şirul *s* cu care se va lucra. Cu alte cuvinte, string-ul *s* nu va putea fi mai lung de *n* caractere.

Din clasele **ostream** şi **strstreambase** este derivată clasa **ostrstream**, care este specializată pentru a lucra cu fluxuri de ieşire de tip string (string-ului nu i se vor putea aplica decât operaţii de scriere).

Clasa **ostrstream** are doi constructori:

```
ostrstream();
ostrstream(char* s, int n, int poz=ios::out);
```

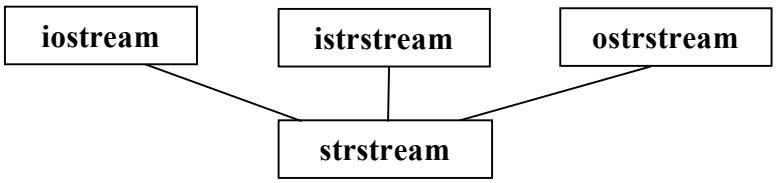
Primul constructor crează un obiect de tipul **ostrstream**, obiect care va lucra cu un şir de caractere alocat dinamic.

Al doilea constructor crează un obiect al clasei **ostrstream** şi specifică faptul că acesta va lucra cu şirul de caractere *s* de lungime maximă *n*. Poziţionarea în string-ul *s* se face implicit la începutul acestuia. Dacă ultimul parametru este specificat ca având valoarea *ios::app* sau *ios::ate*, atunci poziţionarea în string-ul *s* se va face pe ultima poziţie a acestuia, adică pe poziţia pe care se afla caracterul *'\0'* (delimitatorul de sfârşit de string).

Pe lângă cei doi constructori, clasa **ostrstream** mai are două funcţii membre:

1) *int pcount()* returnează numărul de caractere reţinute în buffer.
2) *char* str()* returnează adresa către şirul de caractere cu care lucrează fluxul.

Din clasele **iostream**, **istrstream** şi **ostrstream** este derivată clasa **strstream**, care este o clasă de fluxuri ce lucrează cu string-uri ce suportă operaţii atat de intrare, cât şi de ieşire:



Clasa *strstream* are doi constructori:

```
strstream();
strstream(char* s, int n, int poz=ios::out);
```

Primul constructor crează un obiect de tipul *strstream*, obiect care va lucra cu un şir de caractere alocat dinamic.

Al doilea constructor crează un obiect al clasei *strstream* şi specifică faptul că acesta va lucra cu şirul de caractere *s* de lungime maxima *n*. Poziţionarea în string-ul *s* se face implicit la începutul acestuia. Dacă valoarea ultimului parametru este *ios::app* sau *ios::ate*, atunci poziţionarea în string-ul *s* se va face pe ultima poziţie a acestuia, adică pe poziţia pe care se afla caracterul *'\0'* (delimitatorul de sfârşit de string).

Pe lângă cei doi constructori, în clasa *strstream* există şi funcţia membră *str()*, care returnează adresa către şirul de caractere cu care lucrează fluxul.

Când se doreşte a se lucra cu fluxuri de tip string se instanţiază una dintre clasele: **istream**, **ostream** şi **strstream**. Prelucrarea string-ului se face utilizând metodele din clasele superioare: **ios**, **istream**, **ostream**, **strstreambase**.

Spre exemplificare, prezentăm următorul program care efectuează operații aritmetice cu numere reale (citirea expresiei matematice se face dintr-un string):

```
# include <stdio.h>
# include <conio.h>
# include <math.h>
# include <iostream.h>
# include <strstrea.h>

void main(void)
{
        char s[100],c=0,op;
        float nr1,nr2;
        istrstream *si;

        do
        {
                cout<<" Calcule matematice (operatii: +,-,*,/,^)"<<endl;
                cout<<"-----------------------------------------)"<<endl;
                cout<<endl<<"<numar_real> <operator> <numar_real>: ";
                gets(s);
                cout<<endl;
                si=new istrstream(s); // construire obiect
                *si>>nr1>>op>>nr2;
                if (!si->bad())                    switch (op)
                        {
                                case '+':
                                        cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<(nr1+nr2);
                                        break;
                                case '-':
                                        cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<(nr1-nr2);
                                        break;
                                case '*':
                                        cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<(nr1*nr2);
                                        break;
                                case '/':
                                        if (nr2)
                                          cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<(nr1/nr2);
                                        else cout<<"Eroare! Impartire prin 0.";
                                        break;
                                case '^': // ridicare la putere
                                        if (nr1>0)
                                          cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<pow(nr1,nr2);
                                        else cerr<<"Eroare! Numar negativ.";
                                        break;
                                default:
                                        cerr<<"Eroare! Operator necunoscut";
                        }
                else cerr<<"Eroare! Utilizare incorecta.";
                cout<<endl<<endl<<"Apasati Esc pentru a parasi programul,";
                cout<<" orice alta tasta pentru a continua.";
                c=getch();
```

```
            delete si; // distrugere obiect
        }
        while (c!=27);
}
```

Rezumat

Pentru prelucrarea string-urilor în C++ instanțiem una din clasele: *istrstream*, *ostrstream* sau *strstream*. Practic, un şir de caractere NULL terminat se "îmbracă" într-un obiect pentru a fi prelucrat, urmând ca în final el să poată fi extras din obiect cu metoda *str()* care returnează adresa şirului.

U10.2. Clasa *complex* din C++

C++ oferă o clasă de lucru cu un număr complex. În această clasă sunt supraîncărcați o serie de operatori. De asemenea există o mulțime de metode prietene clasei pentru numere complexe.

În continuare vom prezenta clasa **complex** aşa cum există ea în Borland C++. Pentru a lucra cu ea trebuie inclus fişierul antet *"complex.h"*.

Clasa *complex* conține două date de tip *double*. Este vorba de *re*, care reține partea reală a numarului complex şi de *im*, partea imaginară a numarului complex. Aceste date sunt private.

Clasa *complex* are 2 constructori:

```
complex();
complex(double Re, double Im=0);
```

Primul constructor crează un obiect fără a inițializa partea reală şi cea imaginară a numarului complex.

Al doilea constructor inițializează partea reală şi pe cea imaginară cu cele două valori primite ca argumente. Pentru al doilea argument există valoarea implicită 0. Evident, în cazul în care valoarea pentru partea imaginară este omisă, la construcția obiectului complex ea se va inițializa cu 0 (vezi capitolul dedicat valorilor implicite pentru parametrii funcțiilor în C++).

Există o mulțime de funcții (matematice) definite ca fiind prietene clasei *complex*:

1) *double real(complex &z)* returnează partea reală a numărului complex *z*.
2) *double imag(complex &z)* returnează partea imaginară a numărului *z*.
3) *double conj(complex &z)* returnează conjugatul numărului complex *z*.
4) *double norm(complex &z)* returnează norma numărului complex *z*, adică:

$$\sqrt{re^2 + im^2}$$

5) *double arg(complex &z)* returnează argumentul numărului complex *z* (măsura unui unghi în radiani în intervalul $[0, 2\pi)$).

6) *complex polar(double r, double u=0);* crează un obiect de tip *complex* pornind de la norma şi argumentul acestuia. Numărul complex care se crează este $r \cdot cos(u)+r \cdot sin(u)i$. Se returnează obiectul creat.

7) *double abs(complex &z)* returnează modulul numărului complex *z*, adică re^2+im^2 (pătratul normei).

8) *complex acos(complex &z)* returnează arccosinus din numărul complex *z*.

9) *complex asin(complex &z)* returnează arcsinus din numărul complex *z*.

10) *complex atan(complex &z)* returnează arctangentă din numărul complex *z*.

11) *complex cos(complex &z)* returnează cosinus din numărul complex *z*.

12) *complex cosh(complex &z)* returnează cosinus hiperbolic din *z*.

13) *complex exp(complex &z)* returnează e^z.

14) *complex log(complex &z)* returnează logaritm natural din numărul *z*.

15) *complex log10(complex &z)* returnează logaritm zecimal (în baza 10) din *z*.

16) *complex pow(double r, complex &z)* ridică numărul real *r* la puterea *z*.

17) *complex pow(complex &z, double r)* ridică numărul complex *z* la puterea *r*.

18) *complex pow(complex &z1, complex &z2)* ridică *z1* la puterea *z2*.

19) *complex sin(complex &z)* returnează sinus din numărul complex *z*.

20) *complex sinh(complex &z)* returnează sinus hiperbolic din *z*.

21) *complex sqrt(complex &z)* returnează radical din numărul complex *z*.

22) *complex tan(complex &z)* returnează tangentă din numărul complex *z*.

23) *complex tanh(complex &z)* returnează tangentă hiperbolică din *z*.

În clasa *complex* sunt supraîncărcați operatorii aritmetici: `+, -, *, /` de câte 3 ori. Astfel ei funcționează între două numere complexe, între un *double* şi un *complex* şi între un *complex* şi un *double*.

Există definiți operatorii de tip atribuire combinat cu un operator aritmetic: `+=, -=, *=, /=`. Aceşti operatori sunt definiți sub două forme: între două numere complexe şi între un *complex* şi un *double*.

Două numere complexe se pot compara cu ajutorul operatorilor `==` şi `!=`.

Operatorii unari pentru semn (+, respectiv –) sunt de asemenea definiți în clasa *complex* (aceşti operatori permit scrierea *+z*, respectiv *-z*).

Extragerea, respectiv introducerea unui număr complex dintr-un / într-un flux se poate face cu ajutorul operatorilor <<, respectiv >>, care sunt definiți ca fiind externi clasei *complex*, ei nu sunt nici măcar prieteni clasei. Citirea şi afişarea numărului complex se face sub forma unei perechi de numere reale *(re, im)* (partea reală şi partea imaginară despărțite prin virgulă, totul între paranteze rotunde). De exemplu, perechea *(2.5, 7)* reprezintă numărul complex *2.5+7i*.

Propunem în continuare o aplicație de tip calculator pentru numere complexe pentru a exemplifica modul de lucru cu numere complexe:

```
# include <stdio.h>
# include <conio.h>
# include <complex.h>
# include <iostream.h>
# include <strstrea.h>

void main(void)
{
        char s[100],c=0,op;
        complex nr1,nr2; // doua numere complexe (obiecte complex)
        istrstream *si;
```

```
        do
        {
                cout<<" Calcule cu numere complexe (+, -, *, / si ^)"<<endl;
                cout<<"-----------------------------------------)"<<endl;
                cout<<endl<<"<numar_complex> <operator> <numar_complex>: ";
                gets(s);
                cout<<endl;
                si=new istrstream(s);
                *si>>nr1>>op>>nr2;
                if (si->good())
                        switch (op)
                        {
                                case '+':
                                        cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<(nr1+nr2);
                                        break;
                                case '-':
                                        cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<(nr1-nr2);
                                        break;
                                case '*':
                                        cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<(nr1*nr2);
                                        break;
                                case '/':
                                        if (abs(nr2))
                                          cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<(nr1/nr2);
                                        else cout<<"Eroare! Impartire prin 0.";
                                        break;
                                case '^': // ridicare la putere
                                        cout<<nr1<<op<<nr2<<"="<<pow(nr1,nr2);
                                        break;
                                default:
                                        cerr<<"Eroare! Operator necunoscut.";
                        }
                else cerr<<"Eroare! Utilizare incorecta.";
                cout<<endl<<endl<<"Apasati Esc pentru a parasi programul,";
                cout<<" orice alta tasta pentru a continua.";
                c=getch();
                delete si;
        }
        while (c!=27);
}
```

Dacă rulăm programul de mai sus şi introducem de la tastatură: *(2.5,7)+(1.31,-2.2)*, pe ecran se va afişa: *(2.5, 7)+(1.32, -2.3)=(3.82, 4.7)*.

Rezumat

În finalul fiscuţiei noastre despre programarea orientată pe obiecte din C++ am prezentat clasa *complex* scrisă pentru lucrul cu numere complexe. Nu prea avem membri în clasa *complex*

ci mai mult funcții prietene pentru a apropia mai mult modul de lucru cu numere complexe de cel cu numere reale din C.

ANEXA - Urmărirea execuției unui program. Rularea pas cu pas.

Pentru a vedea efectiv traseul de execuție şi modul în care se îşi modifică variabilele valorile într-un program, putem rula pas cu pas. Acest lucru se face în Borland C/C++ cu ajutorul butoanelor **F7** sau **F8**, iar în Visual C++ cu **F11**, combinații de taste care au ca efect rularea liniei curente şi trecerea la linia următoare de execuție.

Execuția programului până se ajunge la o anumită linie se face apăsând pe linia respectivă butonul **F4** în Borland C/C++ şi respectiv Ctrl+F10 în **Visual C++**.

În Borland C/C++ pentru a fi posibilă urmărirea execuția unui program, în meniul *Options*, la *Debugger*, trebuie selectat *On* în *Source Debugging* ! În lipsa acestei setări, dacă se încearcă execuția pas cu pas, se afişează mesajul de atenționare **WARNING: No debug info. Run anyway?**. Este bine ca la *Display Swapping* (în fereastra *Source Debugging*) să se selecteze opțiunea *Always*, altfel fiind posibilă alterarea afişării mediului de programare. Reafişarea mediului de programare se poate face cu *Repaint desktop* din meniul ≡. Este bine de ştiut că informațiile legate de urmărirea execuției sunt scrise în codul executabil al programului ceea ce duce la o încărcare inutilă a memoriei când se lansează în execuție aplicația. Aşa că programul, după ce a fost depanat şi este terminat, este indicat să fie compilat şi link-editat cu debugger-ul dezactivat.

Pentru ca execuția programului să se întrerupă când se ajunge pe o anumită linie (*break*), se apasă pe linia respectivă **Ctrl+F8** în Borland C/C++ şi **F9** în Visual C++. Linia va fi marcată (de obicei cu roşu). Pentru a anula un *break* se apasă tot **Ctrl+F8**, respectiv **F9** pe linia respectivă.

Execuția pas cu pas a unui program poate fi oprită apăsând **Ctrl+F2** în Borland C/C++ şi **F7** în Visual C++.

Dacă se doreşte continuarea execuției programului fără *Debbuger*, se poate apăsa **Ctrl+F9** în Borland C/C++ şi **F5** în Visual C++.

În orice moment, în Borland C/C++ de sub DOS rezultatele afişate pe ecran pot fi vizualizate cu ajutorul combinației de taste **Alt+F5**.

În Borland C/C++ valorile pe care le iau anumite variabile sau expresii pe parcursul execuției programului pot fi urmărite în fereastra **Watch**, pe care o putem deschide din meniul *Window*. Adăugarea unei variabile sau a unei expresii în **Watch** se face apăsând **Ctrl+F7**, sau **Insert** în fereastra **Watch**. Dacă se apasă **Enter** pe o expresie sau variabilă din fereastra **Watch**, aceasta poate fi modificată.

În Visual C++ valoarea pe care o are o variabilă pe parcursul urmăririi execuției unui program poate fi aflată mutând cursorul pe acea variabilă. În timpul urmăririi execuției programului putem vedea rezultatul unei expresii apăsând **Shift+F9**, după ce acea expresie este introdusă.

BIBLIOGRAFIE

1. A. Deaconu, *Programarea în limbajele C/C++ şi aplicaţii*, editura Albastră, Cluj-Napoca, 2007.

2. A. Deaconu, *Programare avansată în C şi C++*, Editura Univ. "Transilvania", Braşov, 2003.

3. J. Bates, T. Tompkins, *Utilizare Visual C++ 6*, Editura Teora, 2000.

4. Nabajyoti Barkakati, *Borland C++ 4. Ghidul programatorului*, Editura Teora, 1997.

5. B. Stroustrup, *The C++ Programming Language*, a doua ediţie, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1991..

6. T. Faison, *Borland C++ 3.1 Object-Oriented Programming*, ediţia a doua, Sams Publishing, Carmel, IN, 1992.

7. R. Lafore, *Turbo C++ - Getting Started*, Borland International Inc., 1990.

8. R. Lafore, *Turbo C++ - User Guide*, Borland International Inc., 1990.

9. R. Lafore, *Turbo C++ - Programmer's Guide*, Borland International Inc., 1990.

10. O. Catrina, I. Cojocaru, *Turbo C++*, ed. Teora, 1993.

11. M. A. Ellis, B. Stroustrup, *The Annotatted C++ Referense Manual*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1990.

12. S. C. Dewhurst, K. T. Stark, *Programming in C++*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.

13. E. Keith Gorlen, M. Sanford, P. S. Plexico, *Data Abstraction and Object-Oriented-Programming in C++*, J. Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, Anglia, 1990.

14. B. S. Lippman, *C++ Primer*, ediţia a doua, Addison-Wesley, Reading, MA, 1991.

15. C. Spircu, I. Lopatan, *Programarea Orientată spre Obiecte*, ed. Teora.

16. M. Mullin, *Object-Oriented Program Design with Examples în C++*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1991.

17. I. Pohl, *C++ for C Programmers*, The Benjamin/Cummings Publishing Company. Redwood City, CA, 1989.

18. T. Swan, *Learning C++*, Sams Publishing, Carmel, IN, 1992.

19. K. Weiskamp, B. Flaming, *The Complete C++ Primer*, Academic Press, Inc., San Diego, CA, 1990.

20. J. D. Smith, *Reusability & Software Construction: C & C++*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1990.

21. G. Booch, *Object-Oriented Design with Applications*, The Benjamin/Cummings Publishing Company. Redwood City, CA, 1991.

22. B. Meyer, *Object-Oriented Software Construction*, Pretice Hall International (U.K.) Ltd. Hertfordshire, Marea Britanie, 1988.

23. L. Pinson, R. S. Wiener, *Applications of Object-Oriented Programming*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1990.

24. J. Rambaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy, W. Lorensen, *Object-Oriented Modelling and Design*, Prentice Hall, Englewood-Cliffs, NJ, 1991.

25. L. A. Winblad, S. D. Ewards, D. R. King, *Object-Oriented Software*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1990.

26. R. Wirfs-Brock, B. Wilkerson, L. Wiener, *Designing Object-Oriented Software*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990.

27. D. Claude, *Programmer en Turbo C++*, Eyrolles, Paris, 1991.