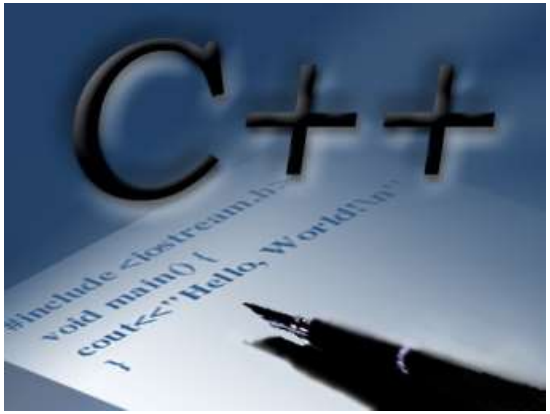
PROIECTAREA ALGORITMILOR

Lect. univ. dr. Adrian Runceanu



Curs 2

Alocarea dinamică de memorie în C++

Conţinutul cursului

1. **Tipuri de date**
2. **Conceptul de pointer**
3. **Operatori specifici pointerilor**
4. **Aritmetica pointerilor**
   - **4.1. Pointeri şi tablouri**
   - **4.2. Echivalenţe de scriere**
   - **4.3. Expresii compacte cu pointeri**
5. **Legătura dintre pointeri şi tablouri**

1. Tipuri de date

- Informaţia care stă la dispoziţia calculatorului constă dintr-o mulţime de date care descriu lumea reală prin abstractizare.
- O abstractizare este de fapt o simplificare a faptelor prin reţinerea caracteristicilor relevante ale obiectelor reale.
- O ***dată*** este *orice entitate asupra căreia poate opera calculatorul*.
- Astfel apare noţiunea de ***tip de date.***
- Prin ***tip de date*** se înţelege *o mulţime de valori **D** care formează **domeniul** tipului, împreună cu o **mulţime de operatori** pe acest domeniu*.
- În cazul când elementele domeniului sunt valori compuse din mai multe componente atomice, tipul de date obţinut se numeşte *tip de date structurat* sau *structură de date*.

1. Tipuri de date

- Din punct de vedere al implementării lor, putem vorbi despre:

  1. date implementate ***static***

  2. date implementate ***dinamic***

- Criteriul de clasificare este dat de *modul de alocare a memoriei interne*.

1. Tipuri de date

1. *Pentru structurile statice* memoria se alocă la începutul programului şi rămâne alocată cât timp programul se execută.
- Astfel, caracteristicile variabilelor statice sunt bine definite, cunoscute şi fixe.
- *Structura, tipul şi adresa de memorie nu se pot modifica în timpul execuţiei programului*.
- De asemenea, variabilele statice sunt referite prin numele lor, fiecărui nume asociindu-i-se o adresă fizică de memorie.

1. Tipuri de date

- Unei variabile statice *i se poate modifica doar valoarea, nu şi adresa din memoria internă*.
- Scopul definirii tipurilor de date este acela de:
  - a fixa domeniul valorilor pe care le pot lua aceste variabile
  - de a preciza structura, dimensiunea şi amplasarea zonelor de memorie ce le sunt asociate
- Deoarece toate aceste elemente sunt fixate de la început de catre compilator, astfel de variabile şi structurile de date aferente lor se numesc ***statice***.

1. Tipuri de date

Din motive de memorare a datelor în calculator, în limbajele de programare, datele sunt formate din două clase:

a) date elementare

b) date compuse

1. Tipuri de date

a) *Datele elementare* (aşa numitele tipuri scalare) sunt reprezentate în structura internă a sistemului prin şiruri de biţi asupra cărora acţionează mecanismul de adresare şi care pot constitui operanzii direcţi ai operaţiilor sistemului de calcul.

Date elementare se considera scalarii predefiniţi:

1) întregi
2) reali
3) caracter

1. Tipuri de date

b) Datele compuse sunt determinate de o descriere a tipului componentelor lor şi prin indicarea metodelor de structurare a acestora.

Sunt considerate date compuse:

1) tablourile
2) înregistrările(structurile)
3) şirurile de caractere
4) fişierele, etc

1. Tipuri de date

2. Pentru structurile dinamice *se alocă memorie în timpul execuţiei programului, iar când nu mai este necesară, memoria se eliberează*.

- Totuşi, variabilele dinamice au un tip bine precizat încă din faza de compilare, însă ele pot fi alocate dinamic, pot fi utilizate prin adresa lor din *heap* şi pot fi distruse dacă nu mai sunt utile.
- *Aceste variabile pot fi referite printr-o variabilă de tip referinţă (pointer) ce conţine adresa variabilei dinamice*.

1. Tipuri de date

Structurile dinamice cuprind:

listele şi ***arborii***

1. ***Lista*** este *o structură de date definită cu ajutorul unor relaţii de ordine asupra înregistrărilor*.

2. ***Arborele*** este *o structură de date definită cu ajutorul unor relaţii de ordine asupra listelor*.

Conţinutul cursului

1. Tipuri de date
2. Conceptul de pointer
3. Operatori specifici pointerilor
4. Aritmetica pointerilor
   - 4.1. Pointeri şi tablouri
   - 4.2. Echivalenţe de scriere
   - 4.3. Expresii compacte cu pointeri
5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

2. Conceptul de pointer

- Un **pointer (variabila referință)** este o variabilă care are ca valoare adresa unui obiect cu care operează limbajul C/C++ (variabilă, constantă, funcţie).

- Folosirea pointerilor este determinată de două motive şi anume:

1. este singura modalitate de a efectua anumite calcule
2. folosirea pointerilor duce la generarea unui cod sursă de program mai eficient şi mai compact

2. Conceptul de pointer

Astfel putem enumera 2 (două) situaţii în care limbajul C/C++ foloseşte pointerii, şi anume:

- atunci când *se transmite unei funcţii o matrice sau un şir de caractere*
- sau când se transmit parametri prin referinţă, adică atunci când vrem să modificăm variabilele respective

2. Conceptul de pointer

Declararea unei variabile de tip pointer se face astfel:

```
tip *nume_pointer;
```

Unde:

- **tip** reprezintă oricare dintre tipurile limbajului C/C++ şi indică tipul variabilei a cărei adresă este memorată de variabila pointer.
- **nume_pointer** reprezintă numele ales de utilizator pentru a identifica pointerul respectiv
- operatorul ‘*****’ este obligatoriu la declarare

2. Conceptul de pointer

Exemple:

```
char *pc;     // pointer de tip caracter
int  *pi;     // pointer de tip întreg
float *pf;    // pointer de tip real
```

Observaţie:

- Pot exista şi pointeri fără tip, care se declară astfel:

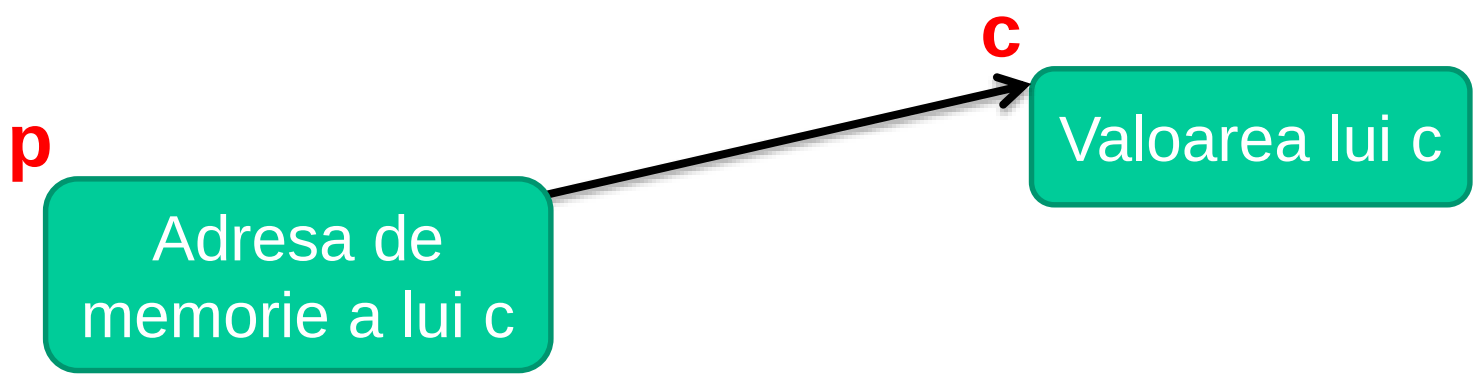
```
void *nume_pointer;
```

- Aceştia se utilizează pentru ca în program să primească *valoarea oricărui tip de dată*.

2. Conceptul de pointer

Un pointer este un grup de octeți (adesea doi sau patru) care poate conține o adresă.

Astfel dacă c este un char și p un pointer care trimite către el (se refera la variabila c), atunci am putea reprezenta situația astfel:



Conţinutul cursului

1. Tipuri de date
2. Conceptul de pointer
3. Operatori specifici pointerilor
4. Aritmetica pointerilor
   - 4.1. Pointeri şi tablouri
   - 4.2. Echivalenţe de scriere
   - 4.3. Expresii compacte cu pointeri
5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

3. Operatori specifici pointerilor

Operatorii folosiţi pentru lucrul cu pointerii sunt operatorii unari:

1. **Operatorul ‘ & ‘ (operator de adresă)** – *se aplică unei variabile* furnizând adresa acelei variabile.

2. **Operatorul ‘ * ‘ (operator de redirectare)** - *se aplică unui pointer* şi furnizează obiectul referit de acel pointer.

3. Operatori specifici pointerilor

1. **Operatorul ‘ & ‘ (operator de adresă) –** *se aplică unei variabile furnizând adresa acelei variabile.*

Exemplu: Următorul program arată cum se poate folosi operatorul de adresă pentru a afişa adresele unor variabile de tipuri diferite.

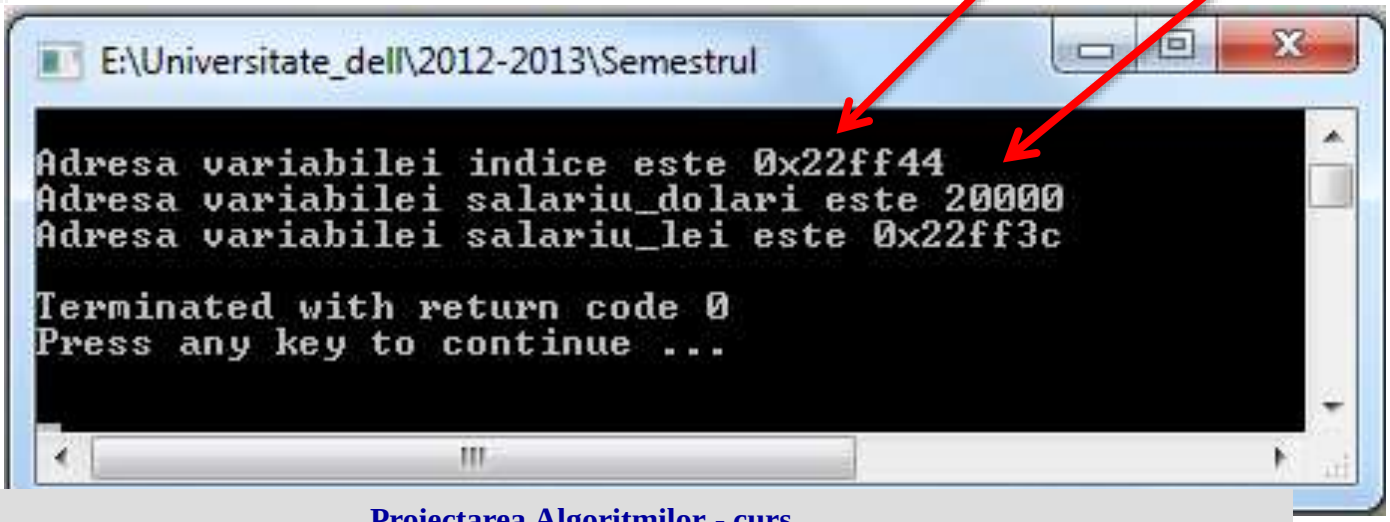
3. Operatori specifici pointerilor

```
#include<iostream.h>
int main(void)
{
        int indice=1;
        float salariu_dolari=20000.0;
        long salariu_lei=30000000L;
        cout<<"\nAdresa variabilei indice este "<<&indice;
        cout<<"\nAdresa variabilei salariu_dolari este
"<<salariu_dolari;
        cout<<"\nAdresa variabilei salariu_lei este
"<<&salariu_lei;
}
```

3. Operatori specifici pointerilor

curs19_1.cpp

```
1   #include<iostream.h>
2   int main(void)
3   {
4       int indice=1;
5       float salariu_dolari=20000.0;
6       long salariu_lei=30000000L;
7       cout<<"\nAdresa variabilei indice este "<<&indice;
8       cout<<"\nAdresa variabilei salariu_dolari este "<<&salariu_dolari;
9       cout<<"\nAdresa variabilei salariu_lei este "<<&salariu_lei;
10  }
```



3. Operatori specifici pointerilor

Iniţializarea pointerilor se poate face cu o valoare de adresă de memorie, prin folosirea operatorului de adresă '**&**':

```
nume_pointer = &variabila;
```

Exemplu: Următorul program declară o variabilă de tip pointer şi atribuie adresa unei variabile de tip întreg şi apoi afişează valoarea variabilei pointer împreună cu adresa variabilei de tip întreg.

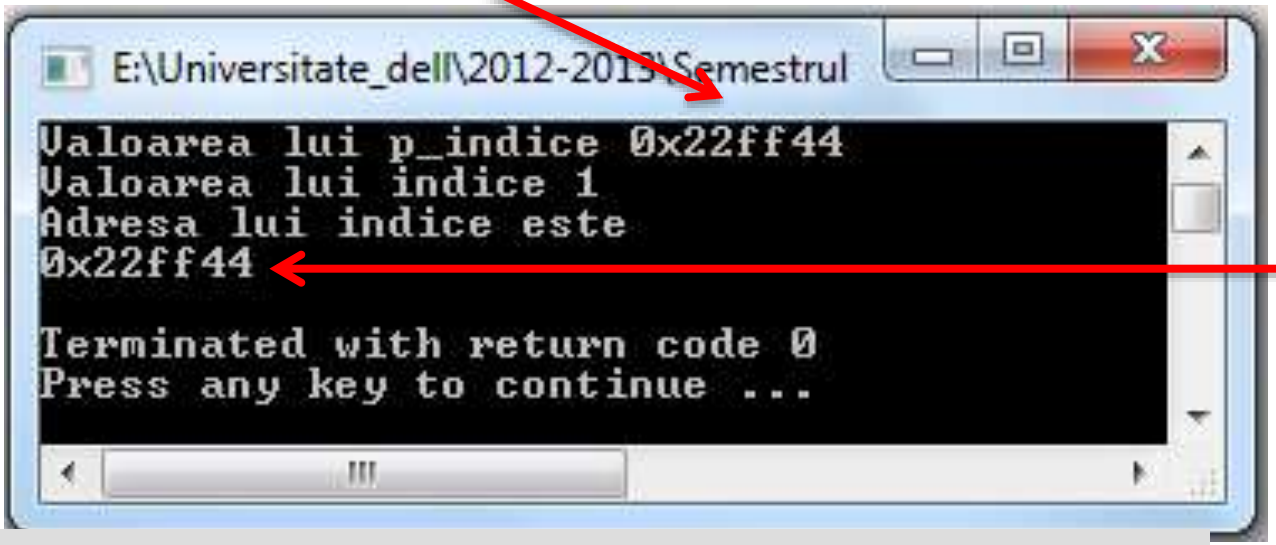
3. Operatori specifici pointerilor

```
#include<iostream.h>
int main(void)
{
        int indice = 1;
        int *p_indice;
        p_indice = &indice;
        cout<<"Valoarea lui p_indice
"<<p_indice<<"\nValoarea lui indice
"<<indice<<"\nAdresa lui indice este
\n"<<&indice;
}
```

3. Operatori specifici pointerilor

curs19_2.cpp

```
1  #include<iostream.h>
2  int main(void)
3  {
4      int indice = 1;
5      int *p_indice;
6      p_indice = &indice;
7      cout<<"Valoarea lui p_indice "<<p_indice<<"\nValoarea lui indice "<<indice<<"\nAdresa lui indice este \n"<<&indice;
8  }
```



3. Operatori specifici pointerilor

2. Operatorul ‘ * ‘ (operator de redirectare) - *se aplică pointerilor şi furnizează obiectul referit de acel pointer.*

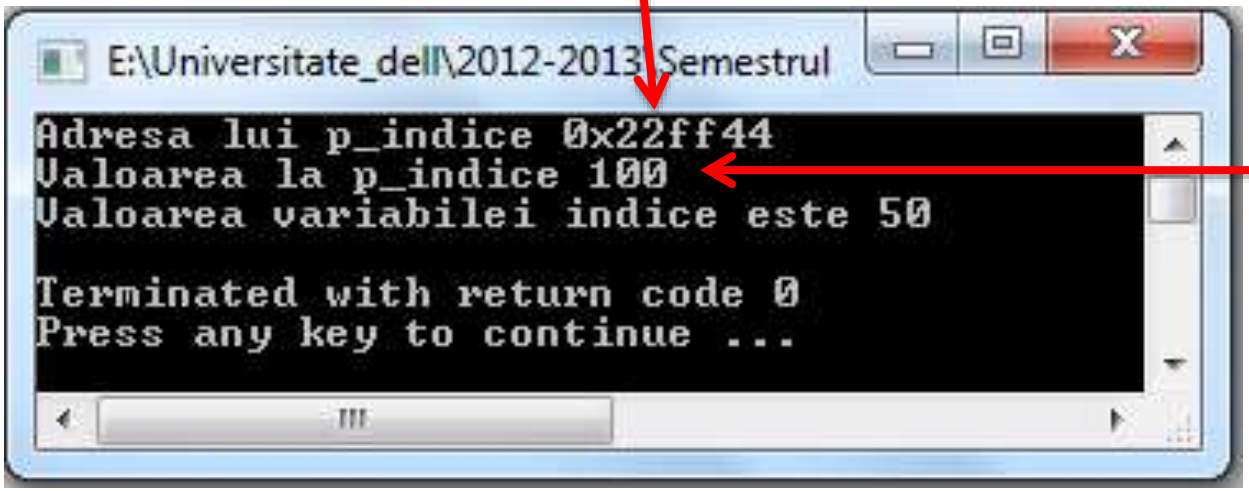
Exemplu:

Următorul program atribuie pointerului adresa unei variabile de tip întreg, afişează adresa sa împreună cu valoarea memorată la adresa pe care o are pointerul, apoi modifică valoarea variabilei prin intermediul pointerului şi o afişează.

3. Operatori specifici pointerilor

curs19_3.cpp

```
1   #include<iostream.h>
2   int main(void)
3   {
4       int indice = 100;
5       int *p_indice;
6       p_indice = &indice;
7       cout<<"Adresa lui p_indice "<<p_indice<<"\nValoarea la p_indice "<<*p_indice;
8       *p_indice = 50;
9       cout<<"\nValoarea variabilei indice este "<<indice;
10  }
```



Conţinutul cursului

1. Tipuri de date
2. Conceptul de pointer
3. Operatori specifici pointerilor
4. Aritmetica pointerilor
   - 4.1. Pointeri şi tablouri
   - 4.2. Echivalenţe de scriere
   - 4.3. Expresii compacte cu pointeri
5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

4. Aritmetica pointerilor

4.1. Pointeri şi tablouri

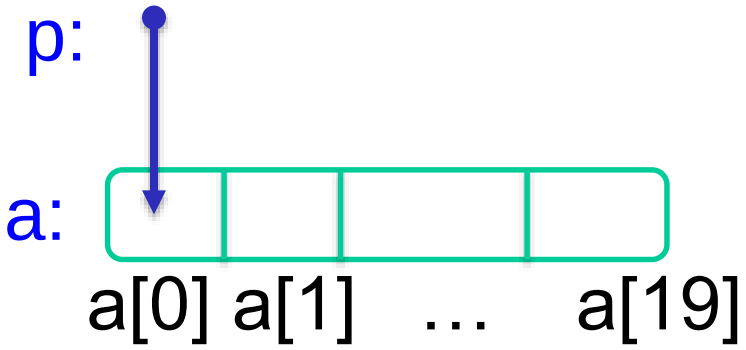
- În limbajul C++ există o strânsă legătură între pointeri şi tablouri, astfel încât orice problemă care se poate rezolva cu tablouri, poate fi rezolvată şi cu pointeri.

- Putem spune că un pointer care reţine adresa unui tablou, *reţine de fapt adresa primului element al tabloului*.

4. Aritmetica pointerilor

Exemplu:

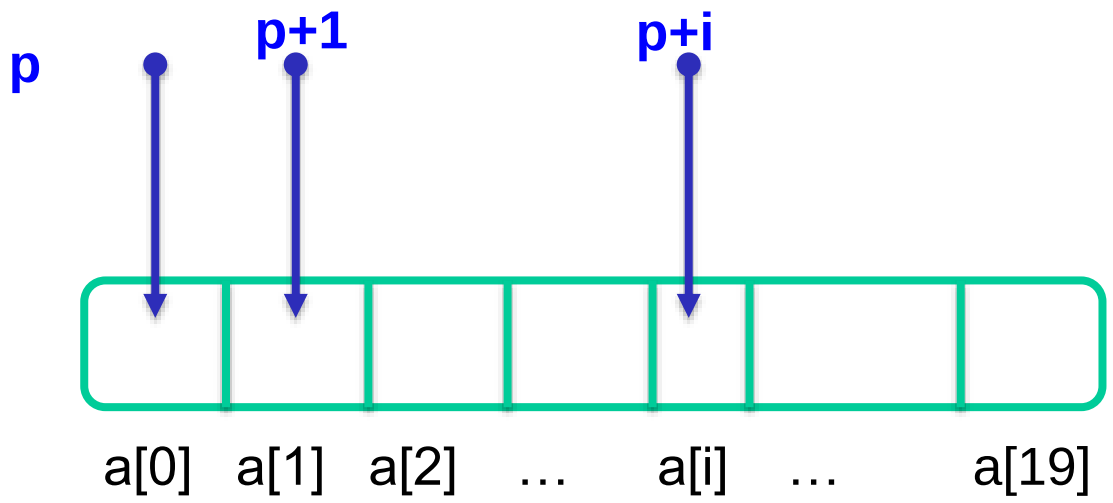
```
int a[20], *p;

p=&a[0];
```



4. Aritmetica pointerilor

Dacă p este un pointer către un element al unui tablou oarecare, atunci:

- *p+1 este un pointer către elementul următor al tabloului,*
- *p+i se referă la elementul al i-lea,*
- *iar p-i la elementul al i-lea înainte de p.*



4. Aritmetica pointerilor

Observaţie:

- În expresia **p+i** ne apare faptul că exemplificăm pe un tablou cu elemente de tip întreg. De unde putem concluziona că:
- *Dacă p este un pointer către un obiect (tip_obiect *p), atunci p+i va fi un pointer către al i-lea obiect aflat după obiectul referit de p.*
- Numele unei variabile de tip tablou este de fapt adresa primului element (adică adresa elementului 0 al tabloului).
- Deci:

p = &a[0]; ⇔ **p = a;**

4. Aritmetica pointerilor

Dacă p şi q sunt doi pointeri către elemente ale aceluiaşi tablou (adică **p = &a[i]** şi **q = &a[j]**), atunci putem efectua următoarele operaţii:

1) Comparaţii:

p == q// adică se compară i cu j
p != q
p < q
p <= q
p > q
p >= q

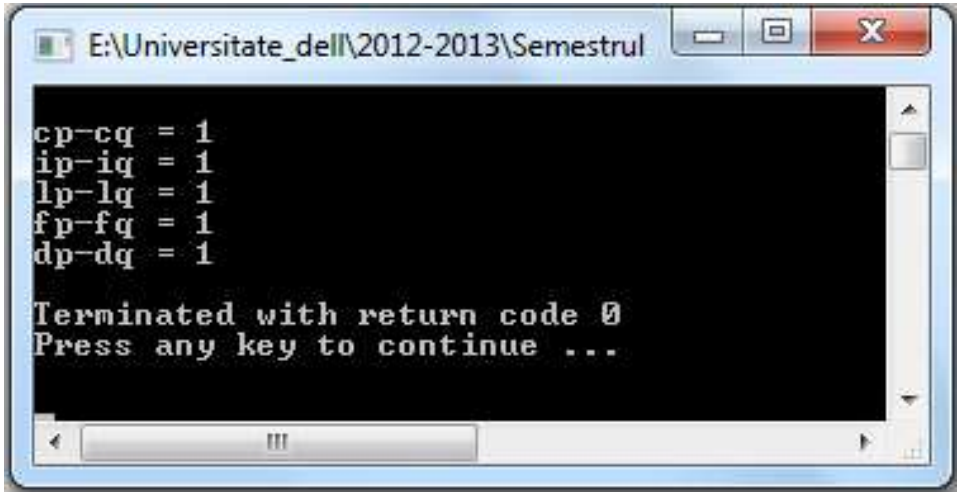
2) p – q // adică numărul de elemente ale tabloului, care se află între elementul referit de p şi elementul referit de q

4. Aritmetica pointerilor

Exemplu: Următorul program afişează cu ajutorul unor tablouri de tipuri diferite, diferenţa între doi pointeri.

curs19_4.cpp

```
1  #include<iostream.h>
2  int main(void)
3  {
4      char *s="Informatica", *cp, *cq;
5      int tab_i[]={1 ,2, 3, 4}, *ip, *iq;
6      long tab_l[]={5, 6, 7}, *lp, *lq;
7      float tab_f[]={1.2, 3.44, 5.43, 6.890, 2.33}, *fp, *fq;
8      double tab_d[]={1.11, 2.222, 3.333, 4.44}, *dp, *dq;
9      cp=cq=s;
10     cp++; cout<<"\ncp-cq = "<<cp-cq;
11     ip=iq=tab_i;
12     ip++; cout<<"\nip-iq = "<<ip-iq;
13     lp=lq=tab_l;
14     lp++; cout<<"\nlp-lq = "<<lp-lq;
15     fp=fq=tab_f;
16     fp++; cout<<"\nfp-fq = "<<fp-fq;
17     dp=dq=tab_d;
18     dp++; cout<<"\ndp-dq = "<<dp-dq;
19 }
```



4. Aritmetica pointerilor

4.2. Echivalenţe de scriere

p = &a[0]	⇔	p = a
p + 1	⇔	&a[1]
*(p + 1)	⇔	a[1]
p + i	⇔	&a[i]
a + 1	⇔	&a[1]
*(a + 1)	⇔	a[1]
a + i	⇔	&a[i]
*(a + i)	⇔	a[i]

Deci, putem scrie:

a[i] ⇔ *(a+i) ⇔ *(i +a) ⇔ i[a]

4. Aritmetica pointerilor

- Din echivalenţele de mai sus, putem desprinde o regulă a compilatorului C++, şi anume:

- Orice expresie de forma a[i] este transformată imediat într-o expresie ***(a+i)**, adică o expresie în care apare **un pointer** (adică a) şi **un deplasament** (adică i).

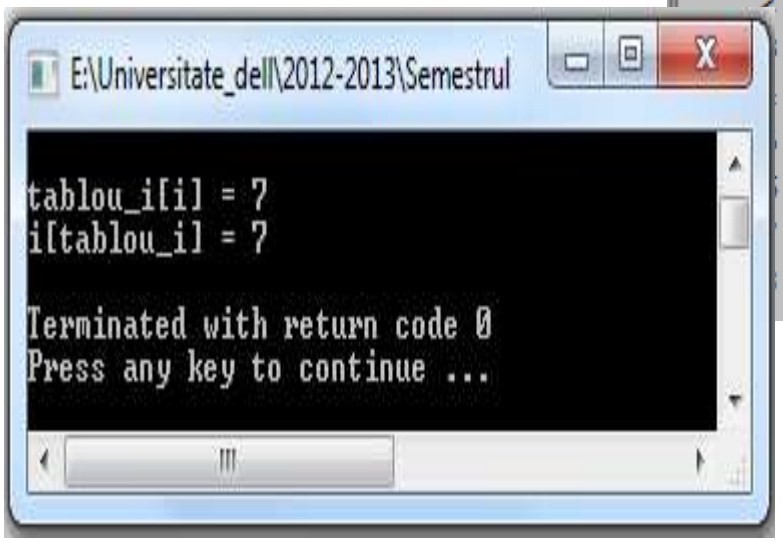
4. Aritmetica pointerilor

Exemplu:

Următorul program prezintă ultima regulă obţinută mai sus şi anume **a[i] ⇔ i[a].**

curs19_5.cpp

```
1  #include<iostream.h>
2  int main(void)
   {
       int tablou_i[10] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
       int i = 7;
       cout<<"\ntablou_i[i] = "<<tablou_i[i];
       cout<<"\ni[tablou_i] = "<<i[tablou_i];
   }
```



4. Aritmetica pointerilor

Observaţie:

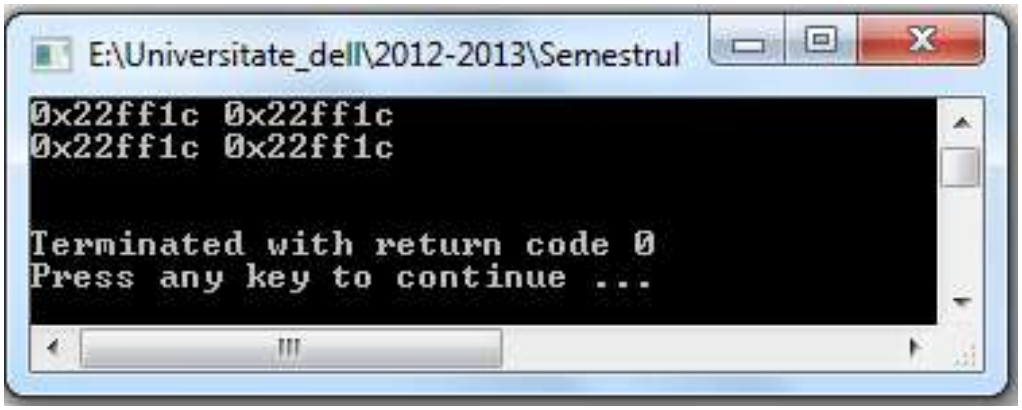
- Succesiunea operatorilor ‘**&***‘ aplicată unui pointer cu deplasament are ca efect (evaluarea se face de la dreapta la stanga):
  - la primul pas, selectarea conţinutului (valorii) de la respectiva adresă
  - iar la al doilea pas, selectarea adresei respectivului conţinut
- Deci aplicând această succesiune de operatori de obţine tot obiectul.
- Nu acelaşi lucru de poate spune despre succesiunea ‘***&**‘.

4. Aritmetica pointerilor

Exemplu: Următorul program arată echivalenţa dintre un tablou si un pointer care îl referă.

curs19_6.cpp

```
1  #include<iostream.h>
2  int main(void)
3  {
4      int tablou_i[10] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
5      int *p = tablou_i;
6      cout<<tablou_i+3<<" "<<&*(tablou_i+3)<<"\n";
7      cout<<p+3<<" "<<&*(p+3)<<"\n";
8  }
```



4. Aritmetica pointerilor

4.3. Expresii compacte cu pointeri

- Cu ajutorul pointerilor se pot scrie expresii compacte în care pointerii apar împreună cu operatorii de ***incrementare (++)*** şi ***decrementare (--)*****.**
- Astfel pot apărea următoarele situaţii:

EXPRESIA	OPERATIA	CE SE MODIFICĂ
*p++	postincrementare	pointerul
*p--	postdecrementare	pointerul
*++p	preincrementare	pointerul
*--p	predecrementare	pointerul
++*p	preincrementare	obiectul
--*p	predecrementare	obiectul
(*p)++	postincrementare	obiectul
(*p)--	postdecrementare	obiectul

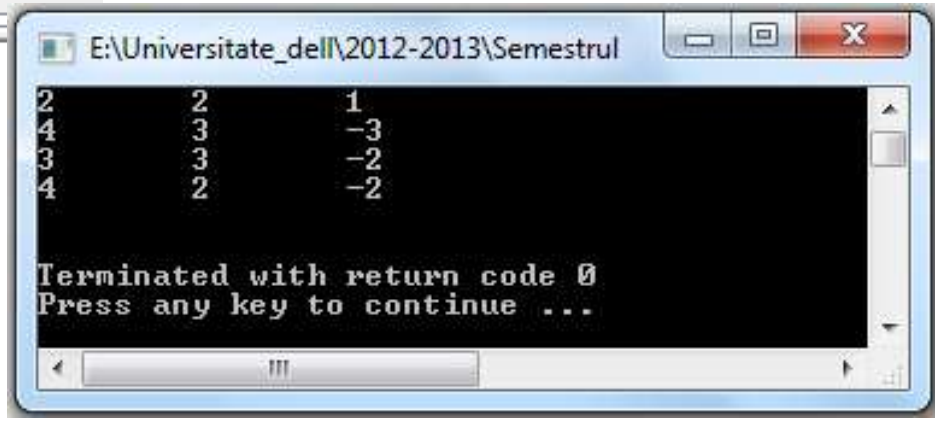
4. Aritmetica pointerilor

- ***Expresiile din prima grupă modifică pointerul şi nu obiectul la care se referă acesta.***
- Acest tip de expresii îmbunătăţesc viteza de execuţie a unui program şi se recomandă utilizarea acestora în ciclurile repetitive.
- ***Expresiile din a doua grupă modifică obiectul referit, astfel încât operatorii* ++ *şi* -- *sunt aplicaţi de către compilator asupra obiectului şi nu asupra pointerului.***
- Deci, nu putem utiliza în aceste expresii un pointer la o structură, uniune sau o funcţie.

Exemplu: Următorul program prezintă modul în care acţionează operatorii **++** şi **--** asupra expresiilor compacte cu pointeri.

curs19_7.cpp

```
1  #include <iostream.h>
2  int main(void)
3  {
4      int a = 1, b = 2, c = 0;
5      int *x = &a,*y = &b;
6      cout<<++(*x)<<"\t";
7      cout<<(*y)--<<"\t";
8      cout<<++c<<"\n";
9
10     a++;    b=2;    c-=(*x) + b++;
11     cout<<++(*x)<<"\t";
12     cout<<(*y)--<<"\t";
13     cout<<++c<<"\n";
14
15     x=y;
16     cout<<++(*x)<<"\t";
17     cout<<(*y)--<<"\t";
18     cout<<++c<<"\n";
19
20     cout<<a<<"\t"<<b<<"\t"<<c<<"\n";
21 }
```



Conţinutul cursului

1. Tipuri de date
2. Conceptul de pointer
3. Operatori specifici pointerilor
4. Aritmetica pointerilor
   - 4.1. Pointeri şi tablouri
   - 4.2. Echivalenţe de scriere
   - 4.3. Expresii compacte cu pointeri
5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

- În primul rând, **numele unui tablou este un pointer** deoarece el *are ca valoare adresa primului său element*.
- Totuşi există o diferenţă între numele unui tablou şi o variabilă de tip pointer, deoarece dacă unei variabile de tip pointer i se poate atribui o adresă, acest lucru nu se poate realiza pentru numele unui tablou, el fiind întotdeauna un pointer spre primul element al tabloului, deci un **pointer constant**.

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

Exemple:

1) Fie **int a[100]** un tablou.

Următoarele secvenţe sunt echivalente, deoarece fiecare din ele reprezintă *adresa primului element din tablou*:

1) **a**
2) **&a[0]**
3) **&*a**

- Prima expresie reprezintă cele spuse înainte conform definiţiei.
- În a doua expresie, **&a[0]** reprezintă adresa elementului de index 0 al tabloului. Cum 0 reprezintă poziţia primului element al tabloului, rezultă că a doua expresie reprezintă adresa de început a tabloului.
- Compunerea operatorilor **&** şi ***** îşi anulează semnificaţia, deci a treia declaraţie este echivalentă tot cu **a**.

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

2) Fie declaraţiile:

int a[10],b[10],*c;

……

a=b; // greşit deoarece a şi b sunt pointeri constanţi

c=a; // corect deoarece c este un pointer variabil

b=c; // greşit deoarece chiar dacă c este un pointer variabil, pointerul din partea stânga a atribuirii, b, este constant

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

Tablouri de pointeri şi pointeri la tablouri

- Pointerii fiind variabile, pot fi folosiţi pentru a forma alte tipuri de date compuse.
- Spre exemplu se pot forma tablouri de pointeri.
- Sintaxa generală de utilizare este:

Tip *tablou[dim];

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

Exemple:

Declaraţia ***char *s[25];*** reprezintă un tablou de 25 pointeri la caracter.

Sortarea unor şiruri de caractere:

```
#include<iostream.h>
#include<string.h>
void sort_lines(char *tp[ ], int n)
{
   int i, sort = 0;
   char *temp;
```

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

```
while (!sort)
{
   sort=1;
   for(i=0; i<n-1; i++)
        if(strcmp(tp[i], tp[i+1]) > 0)
        {
                strcpy(temp, tp[i]);
                strcpy(tp[i], tp[i+1]);
                strcpy(tp[i+1], temp);
                sort=0;
        }
}
```

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

```
main()
{
   int i;
   char *sir[ ]=({"manual"}, {"carte"},
   {"mare"}, {"12345"}, {"4542"});
   sort_lines(sir,5);
   for(i=0; i<5; i++)
        cout<<sir[i]<<" ";
   cout<<endl;
}
```

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

Pentru a arăta că folosim ***pointeri la tablouri*** (şi nu tablouri la pointeri) avem pentru declaraţie sintaxa următoare:

Tip (*p) [dim];

Diferenţa dintre pointerii la tablouri de un tip şi tablourile de pointeri la acelaşi tip este modul de stabilire a unităţii de deplasare.

5. Legătura dintre pointeri şi tablouri

Exemplu:
În definiţia

```
int (*x)[50];      // x este un pointer la un tablou de 50 întregi
int *x[50];        // x este un tablou de 50 pointeri la întregi
```

Se observă diferenţa de semnificaţie care are loc o dată cu folosirea parantezelor.

Aplicatie

Se dau doua matrici. Sa se afiseze suma matricelor. Matricele sunt alocate in Heap.

```
# include <iostream.h>

void *Citeste_matrice (int m, int n)
{
        int i, j, (*a)[10]=new int[10][10];
        for (i=0; i<m;i++)
                for (j=0; j<n; j++)
                {
                    cout<<"a["<<i+1<<"]["<<j+1<<"]= ";
                    cin>>a[i][j];
                }
        return a;
}
```

```
void Tipareste_matrice (int m, int n, int (*a) [10])
{
        int i, j;
        cout<<"Matricea rezultat\n";
        for (i=0; i<m; i++)
        {
                for (j=0; j<n ; j++) cout <<a[i][j]<<" ";
                cout<<endl;
        }
}
```

```
void *Suma_matrice ( int m, int n, int (*a)[10],
int (*b)[10])
{
        int i, j, (*c)[10]=new int[10][10];
        for  (i=0; i<m; i++)
                for (j=0; j<n; j++)
                        c[i][j] = a[i][j] + b[i][j];
        return c;
}
```

```
int main ( )
{
        int m, n, i, j, (*c)[10], (*a)[10], (*b)[10];
        cout<<"m = "; cin>>m;
        cout<<"n = "; cin>>n;
        cout<<"Prima matrice \n";
        a=(int (*) [10]) Citeste_matrice(m,n);
        cout<<"A doua matrice\n";
        b=(int (*) [10]) Citeste_matrice(m,n);
        c=(int (*) [10]) Suma_matrice(m,n,a,b);
        Tipateste_mat(m,n,c);
}
```

Întrebări?