

OOP1

Objektno-orientisano programiranje 1

Veljko Selaković

prof. dr Igor Tartalja
prof. dr Dragan Milićev

Ako nadjete greske recite mi odmah da ispravim Nebitno da li su slovne ili sam nesto pogresno lupio. Mozete i sami izmeniti na <https://github.com/veljkoselakovic/OOP1> i napraviti pull request

- UML - *Unified Modeling Language* (Kasnije predmet *Projektovanje softvera*, 5. semestar)

1 Osnovni ciljevi OOP

- Problem korišćenja postojećeg koda
 - **Biblioteka funkcija** - skupo održavanje, otklanjanje grešaka i proširivanje sistema
- Evolucija programskih jezika
 1. Apstrakcija izraza ~1950. - **FORTTRAN**
 - Registri skriveni
 2. Apstrakcija kontrole ~1960. - **Algol60**
 - Tok kontrole programa - *petlje*
 3. Apstrakcija podataka ~1970. - **Pascal**
 - Razdvajanje detalja prezentacije podataka od apstraktnih operacija koje se definišu nad podacima
 - npr. *tipovi nabranja*
- Dodatni koncepti
 1. Zasebno prevodenje modula - **FORTTRAN, C, Ada**
 2. Razdvajanje interfejsa od implementacije - **Ada**
 3. Koncept klase - **Simula67**
- 4 Osnovna principa OOP
 - Apstrakcija
 - (En)kapsulacija
 - Nasleđivanje
 - Polimorfizam

2 C++

- Razvoj C++
 - C → C sa klasama → C++
 - Svake 3 godine novi standard
 - ISO 98 → ISO 03 → ISO 11 → ISO 14 → ISO 17 → ISO 20 (*još nije standardizovano*)
 - Spontani razvoj, za razliku od **Ada**
- Aspekti C++
 1. Da bude dovoljno blizak mašini
 - C++ je *nadskup* u velikoj većini slučajeva
 2. Da bude dovoljno blizak problemu
 - Klase iz **Simula67**
 - Preklapanje operatora iz Algola

3 Pregled gradiva koje će se raditi

- Klase i objekti
 - Klase su apstrakcije zajedničkih atributa i zajedničkog ponašanja jednog skupa srodnih objekata
 - Klasa sadrži
 1. Podatke članove (*atribut ili polje*)
 2. Funkcije članove (*metodi*)
 - Pristupačnost određenim članovima deklariše programer
 - **Implementaciju** klase čine ←— *Kako radi?*
 1. Privatni podaci članovi
 2. Definicije funkcija
 - **Interfejs** klase čine ←— *Šta radi?*
 1. Javni podaci članovi
 2. Deklaracije javnih funkcija
 - Instanca klase → objekat
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Stanje} \\ \text{Ponašanje} \\ \text{Identitet} \end{array} \right.$$
- Konstruktori i destruktori
 - Prilikom kreiranja i uništavanja objekta
 - Nemaju **return** tip
 - Automatsko izvršavanje prilikom kreiranja/uništavanja objekta
- Izvođenje i nasleđivanje
 - Iz opštije klase izvodimo specifične klase
 - Izvedene klase nasleđuju atribute i metode osnovne klase, i dodaju nove
 - Objekti izvedene klase su i indirektne instance osnovne klase
 - U izrazima izvedeni objekti mogu zameniti osnovnu klasu - *Liskov substitution principle*
 - Nasleđeni metodi se mogu redefinisati
- Polimorfizam
 - Ako se funkcija proglaši virtual na nju se primeni **dinamičko vezivanje**
 - **Dinamičko vezivanje** - Adresa se ne određuje u vreme povezivanja, poziv se vezuje za funkciju u vreme izvršenja
 - Ponašanje objekta ne zavisi samo od tipa pokazivača, već i od tipa pokazanog objekta
- Klasifikacija objektnih jezika
 - 1. Objektno-bazirani
 - Apstrakcija, (en)kapsulacija, modularnost
Ada83, Visual Basic 6
 - 2. Objektno-orientisani
 - Princip nasleđivanja
Simula, Smalltalk, Ada95, C++, Java, VB.Net, C#
- Obrada izuztenih situacija
 - Nepostojeće datoteke, prekoračenje opsega indeksa,...
 - Tradicionalni jezici u funkciji vraćaju vrednost koja signalizira grešku, koja se naknadno analizira
 - Kod postane nepregledan
 - **try/catch/throw** ključne reči
- Šabloni (*Templates*)
 - Odredene obrade ne zavise od tipa podataka
 - *Generičko programiranje*
 - Statički mehanizam - *u prevodu se zameni*
- Preklapanje operatora
 - Sam koncept nije OO, ali se dobro uklapa
 - Redefinicija standardnih jezičkih operatora
operator<simbol>
 - Ne mogu se preklopiti svi operatori, a za neke važe posebna pravila

4 Proširenja jezika C

- Deklaracija vs definicija

- Deklaracija je iskaz koji
 1. Uvodi ime u program
 2. Govori prevodiocu kojoj jezičkoj kategoriji pripada ime
- Definicija
 1. Kreira objekat ILI
 2. Navodi telo funkcije ILI
 3. U potpunosti navodi strukturu korisničkog tipa

```
void f(int x, float y); // Deklaracija
void f(int x, float y) {...} // Definicija
extern int x; // Deklaracija
int x; //Definicija
class X; //Deklaracija
class X { ... }; //Definicija
```

- Samo jedna definicija, a proizvoljno mnogo deklaracija
- Objekat može biti definisan i deklarisan u istom redu

- Objekti

- Objekat u širem smislu - **podatak**
- Objekat u užem smislu - **instanca klase**
- Objekat ima
 1. Stanje
 2. Ponašanje
 3. Identitet → primitivni podaci nemaju identitet
- **Promenljiva** je lokacija u kojoj se čuva podatak
- Podela promenljivih
 1. Statička
 2. Automatska
 3. Dinamička
 4. Privremena (*tranzijentna*)

- Lvrednosti (*LVALUE*)

- Izraz koji upućuje na objekat ili funkciju
- Operatori čiji operandi moraju biti LVAL
unarni `&`, `++`, `--`, **levi operandi** svih operatora dodele
- Operatori čiji su rezltati LVAL
unarni `*`, `[]`, **prefiksni** `++` i `--`, operatori dodele
- DVrednost je sve što nije LVrednost (*RVALUE*)

```
int *q[10];
q[10]=&i; //q[10] je lvrednost
*q[10]=1; // *q[10] je lvrednost
q = &i; // ERROR, ime niza nije vrednost
int a=1, b=2, c=3;
(a=b)=c; // OK
(a+b)=c; // ERROR
++ ++i; // OK
i++ ++; // ERROR
```

- Oblast važenja (*Scope*)

- Onaj deo teksta programa u kome se deklarisano ime može koristiti
- **Dinamičko vezivanje** imena → od mesta deklaracije do kraja datoteke (globalna imena)
- **Lokalna** imena → od mesta deklarisanja do kraja odgovarajućeg bloka
- Sakrivanje imena
 1. Ako se definiše u nekom bloku, globalno je skriveno
 2. Ako se redefiniše u unutrašnjem bloku, ime iz spoljašnjeg bloka je sakriveno do izlaska iz bloka
- Pristup globalnom imenu koristeći operator ::

```
int x = 0; // Globalno x
void f() {
    int y=x, x; // y dobija vrednost globalnog x
    x=1; // Lokalno x
    ::x=5; // Globalno x
{
    int x; // Novo lokalno x, sakriva prethodno
    x=2;
}
x=3; // Pristup prvom lokalnom
}
int *p = &x; // Globalno x
```

BITNO

- Specifični dosezi

- Oblast važenja funkcije imaju samo labele
- **for** petlja
- Ranije verzije kompjerala su imale doseg promenljivih koji je bio 1 blok **van** (**for** (MS VC++ 6))
- U **if** doseg do kraja **else**

- Klasni/Strukturni doseg

- Oblast važenja imaju svi njeni članovi
 1. . → levi operand objekat
 2. .→ → levi operand pokazivač na objekat
 3. :: → levi operand ime klase

- Životni vek objekata

- Vreme u toku izvršavanja programa u kojem objekat postoji i za koje mu se može pristupati
- Vek atributa klase = vek objekta
- Vek parametra = vek automatskog objekta
 1. Statički objekti
 2. Automatski objekti
 3. Dinamički objekti
 4. Privremeni (*transientni*) objekat

- Statički i automatski objekti

- Automatski objekat je lokalni objekat koji nije definisan kao *static*
 1. **Životni vek** - od definicije do kraja oblasti važenja
 2. Svaki put se kreira iznova prilikom poziva bloka u kom je definisan
 3. Prostor se alocira na *stack*
- Statički objekat je globalni objekat ili lokalni deklarisani kao *static*

Globalni	{ 1. Životni vek - od definicije do kraja izvršenja <i>main</i>
	2. Kreiraju se jednom, na početku izvršavanja, pre funkcija objekta
Lokalni	{ 3. Počinju da žive pri prvom nailasku na njih

- Dinamički i privremeni objekti

- Dinamički objekti se kreiraju i uništavaju posebnim operacijama
 1. **Životni vek** - kontroliše programer
 2. **new/delete**
 3. Prostor alocira na *heap*
- Privremeni objekti se kreiraju pri izračunavanju izraza
 1. **Životni vek** - kratak i nedefinisani
 2. Odlaganje medurezultata i privremeno smeštanja vraćenih vrednosti funkcije
 3. Najčešće se uništavaju čim nisu potrebni

- Leksički elementi

- Komentari
 1. *//...*
 2. */* ... */*
- 73 ključne reči + alternative
- C++11 **bool**, C11: **_Bool**
- Specijalne (ali ne i rezervisane) reči: **final** i **override** (*Backwards compatibility*)
- Ne treba započinjati imena donjom crtom

- Tipizacija

- **Stroga tipizacija** - objekti različitih tipova se ne mogu proizvoljno zamenjivati
- C++ je hibridan
 1. Za osnovne primitivne tipove ✓
 2. Za sve ostalo X

- Konverzija

- Operatori zahtevaju određene tipove operanada
- Naredbe zahtevaju određene tipove operanada
for, **if**, **while**...

- Vrste konverzija tipova

- **Standarna konverzija** - ugrađeno u jezik
npr. **int** → **float**, **char** → **int**
- **Korisnička konverzija** - definiše programer
- Pored toga, konverzija može biti
 1. **Implicitna** - prevodilac je automatski vrši
 2. **Eksplicitna** - zahteva programer
- C koristi *cast* operator
(tip)izraz
- C++ uvodi 4 specifčna *cast* operatorka
- Postoji i konverzionalni konstruktor

- Pridruživanje imena tipu

- C-stil


```
typedef opis_tipa = ime_tipa
```
- C++ stil, čitljivije


```
using ime_tipa = opis_tipa
```

```
typedef unsigned long long int Ceo1;
using Ceo2 = unsigned long long int;
```

- Određivanje tipa izrazom

decltype (izraz) promenljiva [= vrednost]

- Izraz se **ne** izračunava
- Primena kod *template-ova*

```
int x=1; double y=2.3;
decltype(x) a = x; // a je int
decltype(y) b = y; // b je float
decltype(a++) c = a; // c == a == 1
```

- Automatsko određivanje tipa
 - `auto` ključna reč određuje tip na osnovu inicijalne vrednosti u C, `auto` označava automatsku lokalnu promenljivu, i ne piše se

```
auto int a = 10; // Samo u C
auto a = 10; // C++, a je int
```

- Odloženo navođenje tipa funkcije


```
auto ime_funkcije(parametri) -> tip
```

 - Koristi se kod *template-ova*
 - C++14 tip može da se izostavi
 1. U tom slučaju tip se odredi preko `return` tipa ili definicije
 2. Funkcija ne sme da se poziva pre navođenja definicija na mestima gde je tip bitan

```
auto func(int x) -> double { ... } // return tip je double
auto f() { return 1; }
auto g();
auto a = g(); // ERROR
auto g() { return 0.5}
auto b = g() // OK
```

- Konstante
 - Izvedeni tip


```
const tip ime = vrednost;
```
 - Mora da se inicijalizuje pri definisanju
 - Izraz ne morada bude konstantan

Konstante inicijalizovane **konstantnim** izrazom (*simboličke* ili *kompilacione* konstante) mogu da se koriste u izrazima koji moraju biti konstantni (računaju se u **toku** prevođenja)

npr. Dimenzija statickog niza

BITNO
 - **Simboličke** konstante NE alociraju memoriju


```
const char* pk = niz; ← pokazivač na konstantu
char* const kp = niz; ← konstantni pokazivač
```
 - Ubacivanje `const` u parametre funkcije obezbeđuje da se dati objekat ne menja
 - Ubacivanje `const` u `return` tipu funkcije obezbeđuje da se privremeni objekat rezultata ne može menjati
 - POGLEDATI `constexpr`

```
char niz[] = { 'i', 'd', 'e', ' ', 'g', 'a', 's', '\0' };
const char* pk = niz; // Pokazivac na konstantu
pk[3] = '-'; // ERROR
pk = "OOP:("; // OK
char* const pk = niz // Konstantni pokazivac
pk[3] = '-'; // OK
pk = "OOP:("; // ERROR
```

- Znakovne konstante
 - U C → int (65 i 'A' su ista stvar)
 - U C++ → char
 - U izrazima `false` → 0, a u dodeli vrednosti logičkim promenljivama 0 → `false`

- Prostori imena (**namespace**)
 - Mehanizam za izbegavanje konflikata imena
`namespace ID { sadržaj }`
 - Jednoznačno ime
 1. Celo ime `A::i`
 2. Uvoz imena `using A::i`
 3. Uvoz svih imena `using namespace A`
- Stringovi
 - C stil - niz znakova koji se završava sa `\0`
 - Literal C++ stringa je `const char*`
 - Literal C stringa je `char*`
 - C++ - podrazumevani string je
- Tipovi **enum**, **struct** i **union**
 - Identifikatori ova 3 tipa mogu da se koriste kao oznaka tipa, bez ključne reči
 - Ako u dosegu postoji objekat sa istim identifikatorom, sam ID označava objekat, a ne tip

```
enum RadniDan {Pon, Uto, Sre, Cet, Pet};
RadniDan r_dan = Uto;
int RadniDan;
enum RadniDan r1 = Sre; // OK
RadniDan r1 = Pon;     // ERROR
```

- Tip nabranja (**enum**)
 - Svaki **enum** je poseban celobrojni tip
 - Definisana je samo operacija dodelje vrednosti
 1. Eksplisitna konverzija celobrojne vrednosti u tip nabranja je obavezna
 2. Ne otkriva se greška ako konvertovana vrednost nije u opsegu
 - U aritmetičkim i relacijskim izrazima, kao i pri dodelji promenljivoj tipa int, konverzija je automatska

```
enum Dani {PO=1, UT, SR, CE, PE, SU, NE, POSLEDNJI=7}; // NE i POSLEDNJI su 7
Dani dan=SR; // OK
Dani d=4; // ERROR - nije eksplisitna konverzija
dan++; // ERROR - nije definisana operacija ++
dan=(Dani)(dan+1); // OK
if (dan<NE) { ... } // OK
dan=(Dani)8; // Ne prijavljuje se logicka greska
```

- Pripadajući tip nabranja
 - Numerička reprezentacija nabranja
 - Kompaktnije, podrazumeva se int


```
enum ime: pripadajući_tip {imenovane_konstante}
```
 - Paziti opsege
- Nabranja sa ograničenim dosegom
 - Isti doseg kao i tip nabranja
 - Rešenje - **struct** ili **class** iza **enum**
 - Pristup konstanti sa `::`
 - Obavezna eksplisitna konverzija u ceo broj


```
int i = (int)tip::ime
```

```
enum SemaforPesaci {CRVENO, ZELENO};
enum SemaforVozila {ZELENO, ZUTO, CRVENO}; // ERROR
enum struct SemaforPesaci {CRVENO, ZELENO};
enum struct SemaforVozila {ZELENO, ZUTO, CRVENO};
SemaforPesaci sp = SemaforPesaci::CRVENO;
SemaforVozila sv = ZUTO; // ERROR
int i = (int) SemaforVozila::ZELENO; // Obavezna konverzija
```

- Inicijalizatorske liste
`{vrednost, vrednost, ..., vrednost}`
 - Inicijalizacija **svih** vrsta podataka, čak i prostih
 - Paziti na nebezbedne konverzije
 - Vrednosti se dodeljuju redom (čak i strukturama, uniji se popuni prvo polje)
 - Manjak vrednosti → popunjava se nulama
 - Višak vrednosti → Greška
 - Argumenti funkcija i izrazi u `return` mogu biti ove liste
 - Bezimeni podatak
 - Niz ne može da dobije vrednost liste nakon inicijalizacije, sem ako je deo neke strukture

ČUDNO

```
int i1={1}, i2{1}, i3={i1+i2};
i1={2};
int i4={0.5}; // ERROR - nije bezbedno
int *pi={&i1};
int n1[5]={1,2,3}, n2[5]{1,2,3}, n3[] {1,2,3};
int m[] [3]{{1,2},{}, {1,2,3}};
n1={4,5,6}; // ERROR
struct S1{int a,b;};
S1 s11={1,2}, s12{1,2}; s11={3,4};
struct S2{int a; S1 b; int c[3];};
S2 s21={1,{2,3}, {4,5,6}}, s22{1,2,3,4,5,6};
s21 = {6, {5,4}, {3,2,1}};
```

- Bezimena unija
 - Predstavlja objekat koji sadrži u raznim trenucima razne tipove podataka
 - Datotečki ili blokovski doseg
 - Unija za koju je definisan barem 1 objekat ili pokazivač → nije bezimena unija, iako nema ime

```
union{ int i; double d; char *pc; };
i=55; d=123.456; pc="ABC";
```

- Uvek promenljiva polja (**mutable**)
 - Polje označeno sa **mutable** može da se menja čak i za **const** parametre

```
struct X{
    int a;
    mutable int b;
};
int main(){
    X x1;
    const X x2;
    x1.a = 4;
    x1.b = 2;
    x2.a = 3; // ERROR
    x2/b = 4; // OK
}
```

- Dinamički objekti
 - `new/delete`
 - Operand operatora `new` je identifikator tipa T sa eventualnim inicijalizatorima
 1. Alocira potreban prostor za objekat datog tipa
 2. Poziva konstruktor tipa
 - Ako nema mesta `bad_alloc` exception
 - U nestandardizovanom C++ vraća se `nullptr`
 - Vraća pokazivač na kreirani objekat
 - `T *t = new (nothrow)T;` ← Ignorisanje exceptiona, vraća `nullptr` ako ne uspe
 - Stavlja na `heap`

- Uništavanje dinamičkih objekata
 - `delete` ima 1 operand (pokazivač nekog tipa)
 - Mora biti objekat kreiran pomoću `new`, inače će ponašanje biti nepredviđeno
 - `delete nullptr` ne radi ništa
 1. Poziva destruktorn za pokazani objekat
 2. Oslobađa zauzeti prostor
 - `delete` vraća `void`

- Dinamički nizovi
 - Sve dimenzije niza osim prve moraju biti konstanti izrazi
 - Inicijalizacija
 1. Podrazumevani konstruktor ILI
 2. Generisain konstruktor

```
delete [] pt;
```
 - Redosled konstrukcije po rastućem indeksu
 - Redosled destrukcije obrnut od redosleda konstrukcije
 - Može inicijalizatorska lista

- Reference
 - C isključivo po vrednosti prenosi argumente
 - C++ prenosi argumente i po referenci

```
void f(int i, int &j){ // i po vrednosti, j po referenci
    i++; // stvarni argument se neće promeniti
    j++; // stvarni argument ce se promeniti
}
int main () {
    int si=0,sj=0;
    f(si,sj);
    cout<<"si="<

- Definisanje referenci
  - Reference na LVrednosti (lvalue)
  - Znak & ispred imena
  - Sinonim za objekat, ne može se promeniti
  - U definiciji mora da se inicijalizuje objektom
  - Svaka naredba nad referencom je operacija nad pokazanim objektom

```

```
int i=1; // celobrojni objekat i
int &j=i; // j upucuje na i
i=3; // menja se i
j=5; // opet se menja i
int *p=&j; // isto sto i &i
j+=1; // isto sto i i+=1
int k=j; // posredan pristup do i preko reference
int m=*p; // posredan pristup do i preko pokazivaca
```

- Implementacija referenci

- Slično konstanom pokazivaču

```
int &j = *new int(2);
delete &j;
```
- Ako je referenca na `const` objekat, ne sme se menjati
- Ne postoje nizovi referenci, pokazivači na referencu, kao ni reference na reference
- Referenca na pokazivač je dozvoljena

- Funkcije koje vraćaju reference

- Funkcija mora da vrati referencu na objekat koji je *živ* i posle funkcije
- Rezultat poziva funkcija je LVrednost (`lvalue`) samo kao funkcija vraća referencu

```
int& f(int &i) { int &r = *new int(i); return r; } // OK
int& f(int &i) { return *new int(i); } // OK
int& f(int &i) { return i; } // OK
int& f(int &i) { int r = i; return r;} // NIJE OK
int& f(int i) { return i; } // NIJE OK
int& f(int &i) { int r = *new int(i); return r; } // NIJE OK
int& f(int &i) { int j = i; &r = j; return r; } // NIJE OK
```

- Obilazak elemenata niza u petlji
`for(tip ime: niz) naredba`

- `foreach`, range petlja
- Može se staviti referenca na objekat, čime omogućavamo menjanje svakog elementa kom pristupamo - bez njega su *read-only*

```
for(auto& it: arr){ // it od iterator
    cout<<it++<<endl;
}
```

- Reference na DVrednosti (`rvalue`)

- Tip reference na DVrednost
`osnovni_tip && ime = vrednost;`
- Referenca na DVrednost je LVrednost
- Posledica - privremeni podaci dobijaju imena, pa možemo da ih menjamo
- Podatak može biti nepromenljiv

```
int i=1; // i je promenljiv podatak
const int ci=i; // ci je nepromenljiv podatak
int && rd1=i; // ERROR - i je promenljiva lvrednost
int && rd2=ci; // ERROR - ci je nepromenljiva lvrednost
int && rd3=i+1; // (i+1) je promenljiva dvrednost
int && rd4=10; // 10 je nepromenljiva dvrednost
rd3++; rd4++; // rd3==3, rd4==11
```

- Reference na DVrednosti kao parametri

- Ne postoji *bočni efekat*
- `const` nema smisla

- Podrazumevane vrednosti argumenata

- Može biti samo nekoliko poslednjih argumenata
- Proizvoljni izrazi

- Neposredno ugrađivanje funkcije u kod

- Jednostavne, kratke funkcije
`inline tip ime(parametri) { definicija }`
- Izbegavanje prenosa argumenata i poziva funkcija
- Funkcija članica klase je **inline** ako se definiše u definiciji klase
- Ako se definiše van definicije klase, mora se staviti ključna reč
- Prevodilac ne mora da poštuje **inline**
- Ako je u više datoteka, mora se definisati u svakoj
- Često rešenje je sprovođenje sa dodatnom datotekom-zaglavljem, ali se tad funkcija može direktno videti od strane drugih korisnika
- Eliminiše potrebu za makroima

```
#define max(i,j)((i)>(j))?(i):(j)
max(i++, k++);
((i++)>(j++))?(i++):(j++); // 2x se inkrementira
```

- Preklapanje imena funkcija

- *Function name overloading*
- Funkcije koje realizuju logički istu operaciju, sa različitim tipovima argumenata
- U C nema preklapanja - funkcije moraju imati različita imena
- Mora da se razlikuje broj i/ili tip argumenata
- Tip rezultata **ne mora** da se razlikuje
- Takođe, **nije dovoljno** da se razlikuje samo **return tip**
- Statički koncept, sve se odvija u prevodenju
- Prevodilac prioritira slaganje tipova
 1. Potpuno slaganje - uključuje niz → pokazivač, ili referenca → objekat
 2. Slaganje standardnim konverzijama
npr. `char` → `int`
 3. Slaganje korisničkim konverzijama

```
double max (double i, double j)
{ return (i>j) ? i : j; }
const char* max (const char *p, const char *q)
{ return (strcmp(p,q)>=0)?p:q; }
double r=max(1.5,2.5); // max(double,double)
double p=max(1,2.5); // (double)1; max(double,double)
const char *q=max("Pera","Mika");// max(const char*,const char*)
```

- Pristup elementima

- Složeni podaci
- Problem 2 definicije koje imaju identično telo sa različitim parametrima
- Druga funkcija poziva prvu ← Rešenje
- Slično za pokazivače i reference
- Čudan slajd, izgleda kao dodatno objašnjavanje overloadinga

```
int& elem( int *a, int i) { return a[i]; }
const int& elem(const int *a, int i) { return a[i]; }
int a[20],i=10;
const int b[20]={0};
elem(a,i)=1;
elem(b,i)=1; // ERROR
int x=elem(b,i);
```

- Napomene
 - Uputstva za prevodioca, **anotacije**
[[napomena]]
 - Služe prevodiocu za provere i optimizacije
 - Prevodilac može da ih zanemari
- Funkcije koje se ne vraćaju
 - Postoje funkcije koje se ne vraćaju na mesto poziva
 - Nasilno prekida rad programa sa `exit(kod)`
 1. Kod = 0 ✓
 2. Kod ≠ 0 X
 - Anotacija [[noreturn]]
 - Ako ima negde `return`, kod postaje nepredvidiv
- Operatori i izrazi
 - Novi operatori (12)
 - unarni ::, ::, new, delete, .*, ->, typeid, throw, alignof, 4 cast operatora
 - Postfiksni ++, -- imaju viši prioritet od prefiksnih
 - Prefiksni ++, -- → lvalue
 - Dodela vrednosti → lvalue
 - Ternarni operator je lvalue ako su drugi i treći operator lvalue
- Operatori konverzije tipa
 - C cast
(tip) izraz ← Ne preporučuje se
 - Novi cast operatori
 1. `static_cast <oznaka.tipa> (izraz)`
 2. `reinterpret_cast <oznaka.tipa> (izraz)`
 3. `const_cast <oznaka.tipa> (izraz)`
 4. `dynamic_cast <tip_pokazivača_ili_reference> (izraz)`
 - Bezbedne i nebezbedne konverzije
 - int → float ✓
 - float → int X
 - Notacija je nezgrapna i kabasta iz 2 razloga
 1. Lako se uoči u tekstu
 2. Da programeri ne bi koristili
 - Ako postoji potreba za eksplisitim konverzijama → Preispitati projektne odluke
- Statička konverzija
 - Prenosive konverzije
 1. Između numeričkih tipova
 2. Između pokazivača i void*
 3. Nestandardne konverzije - definiše programer
 - Primjenjuju se automatski kad su bezbedne
 - Eksplisitan poziv kad je nebezbedno
 - npr. void* → drugi pokazivač, numerički tip → char
 - nullptr može da se dodeli bilo kom tipu pokazivača
 - Ne preporučuje se korišćenje NULL ili 0
- Reinterpretirajuća konverzija
 - Konverzija tipova bez logičke veze
 - npr. int → pokazivač
 - Nema pretvaranja vrednosti, istu vrednost različito interpretiramo
 - Jako nebezbedno
- Konstanta konverzija
 - Dodavanje ili uklanjanje const
 - Dodavanje je bezbedno, uklanjanje nije

5 Klase i objekti

- Osnovni pojmovi
 - Klasa je strukturirani korisnički tip koji obuhvata
 1. Podatke koji opisuju stanje objekta klase
 2. Funkcije namenjene definisanju operacija nad podacima
 - Klasa je formalni opis apstrakcije koja ima
 1. Internu implementaciju
 2. Javni interfejs
 - Instanca klase → objekat
 - Podaci klase → **atributi**, polja, podaci članovi
 - Funkcije klase → **metodi**, primitivne operacije, funkcije članice
- Komunikacija objekata
 - Objekti klase komuniciraju da ostvare složene funkcije
 - Poziv metoda → **upućivanje poruke**
 - Objekat može da menja stanje kad se pozove metod
 - **Objekat-klijent** - poziva metod
 - **Objekat-server** - metod mu je pozvan
 - Iz svog metoda se može pozvati metod drugog objekta iste ili druge klase
 - Unutar metode, članovima objekta-servera pristupa se navođenjem imena
- Pravo pristupa
 - Sekcije
- 1. **private**
 - Zaštićeni od spolja (**kapsulirani**)
 - Pristupaju im samo metodi klase
- 2. **protected**
 - Dostupni metodima iste klase + sve klase izvedene iz nje
- 3. **public**
 - Dostupni spolja bez ograničenja
 - Preporučuje se redosled **private** → **protected** → **public**
 - Može da postoji više sekcija iste vrste
 - Podrazumevana labela je **private**
 - Kontrola pristupa je stvar klase, a ne objekta
 - Metod jednog objekta može da pristupa privatnim članovima drugog objekta iste klase
 - Kontrola pristupa je odvojena od koncepta dosega
 1. Odredi se postojanje
 2. Proveravanje prava pristupa

BITNO

- Definisanje klase

- Atributi

- 1. Mogu da budu i inicijalizovane - od C++11
 - 2. Ne mogu da budu tipa klase koja se definiše, ali su dozvoljeni pokazivači i reference na tu klasu

- Metodi

- 1. U definiciji mogu da se
 - Deklarišu - samo prototip
 - Definišu - kompletno telo
 - 2. Funkcije definisane u definiciji klase su **inline** i mogu pristupati članovima imenom
 - 3. Funkcije koje su samo deklarisane u definiciji klase moraju biti definisane kasnije, van definicije, sa proširenim dosegom za pristup članovima
`<ime_klase>::<ime_funkcije>`
 - 4. Vrednost rezultata metoda može biti tipa klase koja se definiše, kao i pokazivač ili referencia na nju
 - Definicija se piše tamo gde se klasa koristi, obično u *header* fajlu (**.h**)
 - Nepotpuna definicija klase je **deklaracija**
 - Pre definicije, a posle deklaracije
 - 1. Mogu da se definišu pokazivači i reference
 - 2. Ne mogu da se definišu objekti te klase

- Objekti klase

- Uobiljajeno definisanje, kao kod standardnih tipova
 - Za svaki objekat formira se poseban komplet svih nestatičkih atributa
 - Nestatički metodi se pozivaju za objekte, a statički za klase
 - Lokalne **static** promenljive metoda
 - 1. Zajedničke za sve objekte
 - 2. Žive od nailaska na njih do kraja programa
 - 3. Imaju svojstva lokalnih promenljivih globalnih funkcija

WTF

- Podrazumevane operacije

- Definisanje objekata, pokazivača i referenci na objekte i nizove objekata
 - Dodela vrednosti jednog objekta drugo
 - Uzimanje adrese &
 - Pristupanje objektu preko pokazivača *
 - Pristupanje atributima i pozivanje metode neposredno pomoću .
 - Pristupanje atributima i pozivanje metoda posredno pomoću pokazivača ->
 - Pristupanje elementima niza []
 - Prenošenje objekta kao argumenata po vrednosti, referenci ili pokazivaču
 - Vraćanje objekta iz funkcije po vrednosti, referenci ili pokazivaču
 - Preklapanje operatora može redefinisati dosta gore navedenog

- Pokazivač **this**

- Pokazivač na tekući objekat
 - Unutar svakog nestatičkog objekta je implicitno, **this** je skriveni argument svakog metoda
`objekat.f() ~ f(&objekat)`
 - Konstanti pokazivač na klasu čiji je metod član
Klasa X, **this** → X* const
 - Pristup se obavlja neposredno
 - Primeri korišćenja
 - 1. Tekući objekat vratiti kao rezultat metoda
 - 2. Adresa objekta je potrebna kao argument
 - 3. Tekući objekat ubaciti u listu

```

// Definicija metoda zbir(Kompleksni) klse Kompleksni
Kompleksni Kompleksni::zbir(Kompleksni C){
    Kompleksni t = *this; // u t se kopira tekuci objekat
    t.real+=c.real;
    t.imag+=c.imag;
    return t;
}
//...
int main(){
    Kompleksni c, c1,c2;
    //...
    c=c1.zbir(c2);
}

```

- Inspektori i mutatori

- **Inspektor** ili selektor → ne menja stanje objekta
- **Mutator** ili modifikator → menja stanje objekta
- Dobra praksa da se kaže koji tip od ova dve je metod
- `const` iza liste parametara → inspektor
- Postoji konstantan metod, ali je to druga stvar

- Definisanje inspektora

```
<tip> ime(parametri) const {definicija}
```

- Notaciona pogodnost
- Prevodilac nema načina da osigura da inspektor ne menja attribute
Eksplicitna konverzija može da probiju kontrolu konstantnosti
- U inspektoru `this` je `const` `X*` `const`
- Nije moguće menjati objekat pomoću `this`
- Za nepromenljive objekte nije dozvoljeno pozivati metod koji nije inspektor

```

class X {
public:
    int citaj () const { return i; }
    int pisi (int j=0) { int t=i; i=j; return t; }
private:
    int i;
};
X x; const X cx;
x.citaj(); // OK - inspektor promenljivog objekta
x.pisi(); // OK - mutator promenljivog objekta
cx.citaj(); // OK - inspektor nepromenljivog objekta
cx.pisi(); // ERROR - mutator nepromenljivog objekta

```

- Nepostojani metodi (**volatile**)
 - Suprotnost konstantnog metoda
 - Veza sa konkurentnim programiranjem
 - Neki drugi *thread* može u svakom trenutku da promeni stanje objekta
 - Prevodilac ne izvršava optimizaciju
 - **volatile** može da se poziva za nepostojane i promenljive objekte
 - **const volatile** - za sve vrste objekata

```
class X {
public:
    X(){ kraj=false; }
    int f() volatile { // da nije volatile, moguca optimizacija:
        while(!kraj){/*...*/} // if (!kraj) while() {/*...*/}
    } // u telu (...) se ne menja kraj
    void zavrseno(){ kraj=true; }
private:
    bool kraj;
```

- Modifikatori metoda **&** i **&&**

- Bez modifikatora **&** i **&&** metod se može primeniti na **lvalue** i **rvalue**
- Modifikator **&** - tekući objekat može biti samo **lvalue**
- Modifikator **&&** - tekući objekat može biti samo **rvalue**
- Mogu da postoje metodi čiji se potpisi razlikuju samo po ovom modifikatoru

BITNO

```
class U {
public:
    int f() & {return 1;}
    int f() const & {return 2;}
    int f() && {return 3;}
};

U u1; const U u2=u1;
int i = u1.f(); int j = u2.f(); int k = U().f();
```

- Pojam konstruktora

- Specifična funkcija klase koju definiše početno stanje objekta
- Isto ime kao klasa
- Nema **return** tip, čak ni **void**
- Proizvoljan broj proizvoljnih tipova parametara
 1. Ne sme biti tip klase koju definiše ako je jedini parametar ili ako svi ostali imaju podrazumevanu vrednost
 2. Dozvoljen tip pokazivača na **lvalue** i **rvalue** date klase
- Implicitno se poziva prilikom kreiranja
- Pristup članovima objekta kao i bilo koji drugi metod
- Može biti preklopljen \ *overloaded*

- Podrazumevani konstruktor

- Može se pozvati bez stvarnih argumenata - nema parametre ili su svi podrazumevani
- Ugrađeni podrazumevani konstruktor je bez parametara i ima prazno telo
- Ugrađeni konstruktor postoji smao ako klasa nije definisala nijedan drugi konstruktor
- Definisanje nekog konstruktora se suspenduje ugrađeni
Restauracija ugrađenog konstruktora - deklaracija iza koje sledi = **default**
- Kad se kreira niz objekata poziva se podrazumevani konstruktor po rastućem redosledu indeksa

- Pozivanje konstruktora
 - Stvaranje bilo kakvog objekta
 - 1. Definicija statičkog objekta
 - 2. Definicija automatskog objekta
 - 3. Dinamički objekat kreiran operatorom `new`
 - 4. Kad se stvarni argument klasnog tipa prenosi u formalni
 - 5. Kada se kreira privremeni objekat pri povratku iz funkcije
- Argumenti konstruktora
 - Pri stvaranju objekta moguće je navesti inicijalizator iza imena
 - Inicijalizator sadrži listu argumenata konstruktora u zagradama
 1. () ili {}
 2. Ako {} → može se pisati i = {...}
 3. Nisu dozboljene prazne zagrade ()
Deklaracija funkcije
 - Moguća notacija <objekat> = <vrednost>
 - Poziva se onaj konstruktor koji se najbolje salže po potpisu
 - Može da ima podrazumevane vrednosti

```

class X {
    char a; int b;
public:
    X ();
    X (char, int=0);
    X (const char*);
    X(X); // ERROR
    X(X*);
    X(X&);
    X(X&&);
};

X f () {
    X x1; // X()
    X x2{}; // X()
    X x3={};// X()
    X x(); // dekl. f-je
    return x1;
}

```

```

void g () {
    char c='a';
    const char *p="Ne volim OOP";
    X x1(c); // X(char,int)
    X x2=c;
    X x3(c,10);
    X x4{c,20};
    X x5={c,30};
    X x6(p); // X(char*)
    X x7(x1); // X(X&)
    X x8{x1};
    X x9={x1};
    X x10=f(); // X(X&&)
    X* p1=new X(); // X()
    X* p2=new X(); // X(char,int)
    X* p4=new X{c,10};
}

```

- Konstrukcija članova

- Pre izvršavanja tela konstruktora
 1. Inicijalizuju se prosti tipovi
 2. Pozivaju se konstruktori za klasne tipove
 - Inicijalizatori mogu da se navedu u zaglavlju definicije (NE deklaracije) konstruktora, iza znaka :
 - Ako atributi ima inicijalizatoru telu klase i u definiciji konstruktora → primenjuje se inicijalizator iz definicije konstruktora
 - Inicijalizacija atributa - **redosled navođenja u definiciji klase**
 - Bez obzira da li su primitivni ili klasni tipovi
 - Bez obzira na redosled u listi inicijalizatora
- BITNO
-
- ```
class X {
private:
 int i = 0;
}

```
- Do C++11 nije bila dozvoljena inicijalizacija atributa u definiciji klase
  - Inicijalizacija je različita od operacije dodele koja se može vršiti jedino unutar tela konstruktora
  - Inicijalizacija je neophodna
    1. Kada ne postoji podrazumevani konstruktor klase atributa
    2. Kada je atribut nepromenljiv
    3. Kada je atribut referenca

---

```
class YY { public: YY (int j) {...} };
class XX {
 YY y; int i=0;
public:
 XX (int);
};
XX::XX (int k) : y(k+1), i(k-1) {...} // y=k+1, i=k-1
```

---



---

```
// Primer konstrukcija dva objekta od kojih jedan sadrzi drugi
class Kontejner {
public:
 Kontejner () : deo(this) {...}
private:
 Deo deo;
};
class Deo{
public:
 Deo(Kontejner* kontejner):mojKontejner(kontejner) {...}
private:
 Kontejner* mojKontejner;
};
```

---

- Delegirajući konstruktor

- 
- ```
class T {
    T(int i){}
    T():T(1){}
    T(char c): T(0.5){}
    T(double d): T('a'){}
}
```
-
- U listi inicijalizatora definicije delegirajućeg konstruktora može da se navede poziv drugog konstruktora
 - Pre izvršenja tela delegirajućeg konstruktora, izvršava se ciljni konstruktor
 - Kad se navodi ciljni konstruktor, navodi se samo on
 - Ako dolazi do neposrednog ili posrednog delegiranja → greška
Prevodilac ne otkriva ovakav tip greške

- Eksplisitni poziv konstruktora

- Ovakav poziv kreira primvremeni objekat klase pozivom odgovarajućeg konstruktora
- Isto se dešava ako se u inicijalizatoru objekta eksplisitno navede poziv konstruktora
`Kompleksni c = Kompleksni(0.1, 5);`
 Privremeni objekat se kopira u `c` - zavisi od prevodioca

- Konstruktor kopije

- Kopirajući konstruktor
- Pri inicijalizaciji objekta O1 drugim objektom O2 iste klase poziva se konstruktor kopije
- Ugrađeni, implicitno definisani, konstruktor kopije
 1. Vrši inicijalizaciju članova O1 članovima O2 (pravi **plitku kopiju** - *shallow copy*)
 2. Primitivni atributi se prosto kopiraju - uključujući i pokazivače
 3. Za klasne atribute se pozivaju njihovi konstruktori kopije
- Ugrađeni konstruktor kopije se briše ili suspenduje
 1. Eksplisitno
`X(const X&) = delete`
 2. Implicitno - pisanjem premeštajućeg konstruktora ili premeštajućeg operatora deodele
`Restauriranje konstruktora kopije X(const X&) = default`
- Problem pokazivača → pravimo **duboku** kopiju - *deep copy*
- Parametri konstruktora kopije su `X&` ili `const X&`
- Ostali eventualni parametri moraju biti podrazumevane vrednosti

- Pozivanje konstruktora kopije

- Poziva se jednim stvarnim argumentom
- Konstruktor kopije se poziva kada se objekat inicializuje objektom iste klase i to
 1. Prilikom stvaranja trajnog, automatskog, dinamičkog ili privremenog objekta
 2. Prilikom prenosa argumenata po vrednosti u funkciju (stvara se automatski objekat)
 3. Prilikom vraćanja vrednosti iz funkcije (stvara se privremeni objekat)
- Prevodilac sme da preskoči poziv konstruktora kopije zbog optimizacije
 - Ako se stvarani objekat inicializuje privremenim objektom iste klase
 - Izostaju bočno efekti koje programer očekuje
 - Čak i tada mora postojati konstruktor kopije ili premeštajući konstruktor

```

class XX {
public:
    XX (int);
    XX (const XX&); // konstruktor kopije
    ...
};

XX f(XX x1) {
    XX x2=x1; // poziv konst. kopije XX(XX&) za x2
    return x2; // poziv konst. kopije za privremeni
} // objekat u koji se smesta rezultat
void g() {
    XX xa=3, xb=1;
    xa=f(xb); // poziv konst. kopije samo za parametar x1,
    // a u xa se samo prepisuje
    // privremeni objekat rezultata, ili se
} // poziva XX::operator= ako je definisan

```

- Premeštajući konstruktor

- Konstruktor koji se poziva za konstrukciju objekta istog tipa, pri čemu je izvorišni objekat na kraju životnog veka
- Izvorišni objekat je **nvrednost** (nestajuća vrednost) - *xvalue (expiring value)*
- Izvorišni objekat ne mora da se sačuva
- Samo prenestimo njegove dinamičke delove u odredišni objekat
- Nema kopiranja dinamičkih delova
- Posledica → premeštajući konstruktor je efikasniji od kopirajućeg
- Modifikovati izvorišni objekat da njegova destruktacija ne povuče razaranje premeštenih delova
- Postoji ugrađeni, implicitno definisani, premeštajući konstruktor, ali ona ima problem - ne briše originalne pokazivače u izvorišnom objektu
- Ugrađeni premeštajući konstruktor se briše ako se eksplisitno definiše bar jedan od navedenih:
 1. Premeštajući konstruktor
 2. Kopirajući konstruktor
 3. Destruktor
 4. Operator dodele

Nisam 100%
siguran za ovo
BAR

- Pozivanje premeštajućeg konstruktora

- Paramater je **X&&**, ostali su podrazumevani parametri
- Prevodilac poziva premeštajući konstruktor
 1. Ako izvorišni objekat nestaje
 2. Ako u klasi postoji premeštajući konstruktor
- Ako u klasi ne postoji premeštajući
 1. Poziva se kopirajući konstruktor
 2. Semantika je ista
 3. Promena je samo u efikasnosti

BEZ CONST

```
class Niz {
    double* a; int n;
public: ... Niz( Niz&& niz ){ a=niz.a; niz.a=nullptr; n=niz.n; }
} ...
Niz f(Niz niz){ return niz; }
```

- Konverzionalni konstruktor

- Konverzija između tipova od kojih je bar jedan klasa
- Odredišni tip mora biti klasa
X::X(T&) **X:: X(T)** → konverzija tipa T u X
- Korisničke konverzije se primenjuju automatski ako je jednoznačan izbor konverzije, izuzev u slučaju **explicit** konstruktora
- Konverzija mora biti posredna
U::U(T&), V::V(U&) → **V(U(t))** eksplisitno
- Nije moguće konvertovati u primitivni tip
- Konverzija argumenata i rezultat funkcije
 1. Pri pozivu funkcije
 - Inicijalizuju se parametri stvarnim argumentima uz eventualnu konverziju tipa
 - Parametri se ponašaju kao automatski lokalni objekti pozvane funkcije
 - Ovi objekti se konstruišu pozivom odgovarajućih konstruktora
 2. Pri povratku iz funkcije
 - Konstruiše se privremeni objekat koji prihvata vrednost **return** izraza na mestu poziva

```
//Konverzionalni konstruktor - PRIMER
class T {
public:
    T(int i); // Konstruktor
};

T f (T k) {
    //...
    return 2; // Poziva se konstruktor T(2)
}

int main () {
    T k(0);
    k=f(1); // Poziva se konstruktor T(1)
    //...
}
```

- Destruktor

- Specifična funkcija članica koja uništava objekat
- Nosi isto ime kao klasa, uz ~ ispred imena
- Nema tip rezultata i ne može imati parametre → najviše 1 po klasi
- Destruktor se piše kada treba osloboditi memoriju i ostale resurse
- Česta potreba → klasa sadrži članove koji su pokazivači ili reference na druge objekte
Dobra praksa tad → metod za uništavanje delova, pozvan iz konstruktora
- Ponašanje kao i drugim metodima

- Pozivanje destruktora

- Implicitno se poziva na kraju životnog veka objekta
- Pri uništavanju dinamičkog objekta koristeći **delete**
- Pri uništavanju dinamičkog niza - u smeru opadajućih indeksa
- Redosled je uvek obrnut od konstruktora
- Eksplisitno pozivanje
`X::~X(), px->~X(), this->~X()`
 - Ne preporučuje se, objekat nastavi da živi i posle ovoga
- Posle izvršenja automatskog destruktora se oslobada zauzeta memorija

- Statički (zajednički) atributi

- Pri stvaranju objekta klase → poseban komplet nestatičkih atributa
- Ključna reč - **static**
- Jedan primerak za celu klasu, svi objekti ga dele
`static <tip> ime;`

- Definisanje statičkog atributa

- U klasi se samo deklariše
- Mora da se definiša na globalnom nivou
- Svi oblici inicijalizatora ✓
- Inicijalizacija
 1. Pre prvog pristupa njemu
 2. Pre stvaranja objekta date klase
- Obraćanje `int <klasa>::X=5; // bez static`
- Ako se navede inicijalizator → 0
- Imenovana **celobrojna** konstanta može se definisati i u definiciji klase

ČUDNO
Ima veze sa
constexpr?

- Statički i globalni podaci
 - Sličnosti
 1. Trajni podaci → sličan životni vek
 2. Definicija na globalnom nivou
 - Razlike
 1. Statički atributi pripadaju klasi
 2. Doseg imena statičkog atributa je klasa
 3. Statičkim atributima je moguće ograničiti pristup
 - Statički atribut ima sva svojstva globalnog statičkog podatka osim dosega imena i kontrole pristupa
 - Smanjuje se potreba za globalnim objektima
- Statički (zajednički) metodi
 - Funkcija klase, a ne svakog posebnog objekta
 - Zajednički za sve objekte
 - Primena
 1. Opšte usluge
 2. Obrada statičkih atributa
 - Deklaraju se dodavanjem **static** ispred deklaracije
 - Svojstva globalnih funkcija osim dosega i kontrole pristupa
 - Nemaju **this**
 1. Ne mogu pristupati nestatičkim članovima direktnim imenovanjem
 2. Modifikatori **const** i ostali nemaju smisla
 - Mogu pristupati nestatičkim članovima konkretnih objekata
 1. Pristup preko parametra
 2. Pristup lokalnom objekta
 3. Pristup globalnom objektu
 - Direktni pristup statičkim članovima
`<klasa>::<ime_funkcije>(argumenti);`
 - Može se pozvati za konkretni objekat, ali izbegavati
Levi operand tada samo nade tip bez ikakvog izračunavanja
 - Mogu se pozivati i pri stvaranju objekta klase
 - Uslužna klasa → sve statički metodi, obrisanog ugrađenog konstruktora - kao biblioteka

```

class X {
    static int x; // staticki atribut
    int y;
public:
    static int f(X); // staticki metod (deklaracija)
    int g();
};

int X::x=5; // definicija statickog atributa
int X::f(X x1){ // definicija statickog metoda
    int i=x; // pristup statickom atributu X::x
    int j=y; // ERROR - X::y nije staticki
    int k=x1.y; // ovo moze;
    (x1++.x); // x1++ (ako je definisan post inkrement operator) x.x izracunava pozBartalji
    return x1.x; // i ovo moze, ali nije preporucljivo
} // izraz "x1" se ne izracunava

```

```

int X::g () {
    int i=x; // nestaticki metod moze da koristi
    int j=y; // i staticke i nestaticke atribute
    return j; // y je ovde this->y;
}
int main () {
    X xx;
    int p=X::f(xx);
    // X::f moze neposredno, bez objekta;
    int q=X::g();
    // ERROR - za X::g mora konkretan objekat
    p=xx.f(xx); // i ovako moze, ali nije preporucljivo
}

```

```
// Zadatak koji se pojavio na kolokvijumu
class X {
public: static X* kreiraj () { return new X; }
private: X(); // Konstruktor je privatан
};
int main() {
    X x; // ERROR
    X* px=X::kreiraj(); // OK
}
```

- Prijatelji klase

- Kad je potrebno da klasa ima povlašćene korisnike koji mogu da pristupaju njenim privatnim članovima
- Povlašćene mogu biti
 1. Funkcije
 2. Cele klase
- Nazivamo ih **prijateljima** - *friends*
- Prijateljstvo, kao relacija između klasa
 1. Ne nasleđuje se
 2. Nije simetrično Θ
 3. Nije tranzitivno
- Reguliše isključivo pravo pristupa, a ne i oblast važenja i vidljivost identifikatora

- Prijateljski funkcije

- Nisu članice klase ali imaju pristup privatnim članovima
- Mogu biti metode druge klase ili globalne funkcije
- Funkcija je prijateljska ako se u definiciji klase navede njena deklaracija ili definicija sa modifikatorom **friend**
- Klasa mora eksplicitno da naglasi prijateljstvo
- Ako u definiciji klase pišemo prijateljsku funkciju
 1. I dalje nije članica klase iako je definišemo unutar nje
 2. Podrazumeva se da je **inline**
 3. Funkcija nema klasni doseg već doseg identifikatora klase
- Nevažno je pravo pristupa za **friend** funkciju
- Nema **this**
- Funkcija može biti prijatelj većem broju klasa istovremeno

```
class X {
    friend void g(int, X&); // prijateljska globalna funkcija
    friend void Y::h(); // prijateljski metod druge klase
    friend int o(X x){return x.i;} // definicija globalne f-je
    friend int p(){return i;} // ERROR - nema this
    int i;
public:
    void f(int ip) {i=ip;}
};
void g (int k, X &x) { x.i=k; }
int main ()
{
    X x; int j;
    x.f(5); // P preko metoda
    g(6,x); // Postavljanje preko prijateljske funkcije
    j=o(x); // Citanje preko prijateljske funkcije
}
```

- Prijateljske funkcije i metodi
 - Nekad je bolja prijateljska funkcija od metoda
 - Metod mora da se pozove za objekat date klase, dok globalnoj funkciji možemo dostaviti i oblik drugog tipa
Nemoguća konverzija skrivenog argumenta u metodu
 - Pristup privatnim članovima više klasa - simetrično rešenje
 - Nekad je jenotacija pogodnija
`max(a,b)` ili `a.max(b)`
 - Kad se preklapaju operatori, često je jednostavnije definisati globalne operatorske funkcije nego metode

- Prijateljske klase

- Ako su svi metodi klase Y prijateljske funkcije klase X, onda je Y prijateljska klasa (*friend class*) klasi X

```
class X {
    friend Y; // Ako je klasa Y definisana ili deklarisana
    friend class Z; // Ako Z nije ni definisana ni deklarisana
};
```

- Svi metodi klase Y pristupaju privatnim članovima klase X
- Prijateljske klase se često koriste kad neke dve klase imaju tesnu vezu

- Ugnježdene klase

- Klase mogu da se deklarišu ili definišu unutar definicije druge klase
- Koristi se kada neki tip semantički pripada samo datoj klasi
- Povećava čitljivost i smanjuje potrebu za globalnim tipovima
- Unutar definicije klase se mogu navesti i definicije nabranjanja `enum` i tipova `typedef`
- Ugnježdena klasa se nalazi u dosegu imena okružujuće klase (izvan nje pristup samo sa `::`)
- Iz okružujuće klase u ugnježdenu `., ->, ::`
- Doseg imena okružujuće klase O se proteže na ugnježdenu klasu U
Pristup iz U do članova O samo sa `., ->`
- U ugnježdenoj klasi mogu direktno da se koriste identifikatori

1. Tipova iz okružujuće klase \leftarrow Samo od konkretnog objekta

2. Konstanti tipa nabranjanja okružujuće klase
3. Statički članovi okružujuće klase

- Ovo važi ako ime nije sakriveno imenom člana **ugnježdene** klase

Zar nije obrnuto?

`<id_okružujuće>::<id_ugnježdene>::<id_statičkog>`

- Ugnježdena klasa je implicitno prijatelj okružujuće
- Okružujuća klasa nije prijatelj ugnježdene $\otimes \leftarrow$ ugnježdena klasa

```
int x,y;
class Spoljna {
public:
    int x; static int z;
    class Unutrasnja {
        void f(int i, Spoljna *ps) {
            x=i; // ERROR - nepoznat objekat klase Spoljna
            Spoljna::x=i; // ERROR - isti uzrok
            z=i; // pristup statickom clanu Spoljna
            ::x=i; // pristup globalnom x;
            y=i; // pristup globalnom y;
            ps->x=i; // pristup Spoljna::x objekta *ps;
        }
    };
};

Unutrasnja u; // ERROR
Spoljna::Unutrasnja u; // OK
```

- Strukture

- Struktura je klasa kod koje su svi članovi podrazumevano javni
Može se menjati eksplisitnim korišćenjem `public:` i `private:`
- C++ struktura može imati i metode
- Strukture se koriste za definisanje strukturiranih podataka koje ne predstavljaju apstrakciju i generalno nemaju značajnijih operacija
- Tipično imaju samo konstruktor, uz eventualni destruktor

- Lokalne klase

- Definišu se unutar funkcija
- Identifikator ima doseg od deklaracije do kraja bloka u kom je deklarisan
- Unutar klase dozvoljeno je korišćenje iz okružujućeg dosega
 1. Identifikatora tipova
 2. Konstanti tipa nabranja
 3. Trajnih podataka (statičkih atributa, statičkih lokalnih i globalnih)
 4. Spoljašnjih (`extern`) podataka i funkcija
- Metodi lokalne klase moraju da se definišu unutar definicije klase
- Lokalna klasa ne može da ima statičke atrubute, dok može imati statičke metode

```

int x;
void f() {
    static int s;
    int x;
    extern int g();
    class Lokalna {
        public:
            int h () { return x; } // ERROR - x je automatska prom.
            int j () { return s; } // OK: s je staticka promenljiva
            int k () { return ::x; } // OK: x je globalna promenljiva
            int l () { return g(); } // OK: g() je spoljasnja funkcija
    };
}
Lokalna *p = 0; // ERROR - nije u dosegu

```

- Pokazivači na članove klase

- Dodelom vrednosti pokazivaču na članove klase označi se nei član klase
Kao pokazivačka aritmetika indeksa u nizu
- Deklaracija
`<tip_člana><klasa>::*<identifikator>`
- Formiranje adrese
`<identifikator> = &<klasa>::<član>`
- Pristup
`<objekat>.*<identifikator>`
`<pokazivač_na_objekat>->*<identifikator>`
- `.* i ->*` imaju prioritet 14 i asocijativnost sleva na desno

```

class Alfa {... public: int a, b; };

int Alfa::*pc; // pc je pokazivac na int clanove klase Alfa
Alfa alfa,*beta;
beta=&alfa;

pc=&Alfa::a; // pc pokazuje na clanove a objekata klase Alfa
alfa.*pc = 1; // alfa.a=1;
beta->*pc = 1; // beta->a=1;

pc=&Alfa::b; // pc pokazuje na clanove b objekata klase Alfa
alfa.*pc = 2; // alfa.b=2;
beta->*pc = 2; // beta->b=2;

```
