

Objektno orijentisano programiranje 1

Proširenja jezika C



Deklaracije i definicije

- *Deklaracija* je iskaz koji samo
 - uvodi neko ime (identifikator) u program
 - govori prevodiocu kojoj jezičkoj kategoriji pripada ime
- Ime se može koristiti samo ako je prethodno barem deklarirano
- *Definicija* je ona deklaracija koja
 - kreira objekat (dodeljuje mu memorijski prostor),
 - navodi telo funkcije, ili
 - u potpunosti navodi strukturu korisničkog tipa (uključujući klase u C++)
- U programu može postojati:
 - samo jedna definicija jednog objekta, funkcije i tipa
 - proizvoljno mnogo deklaracija
- Nekada su na jeziku C definicije objekata mogle biti samo na početku bloka (više ne postoji to ograničenje)
- Na jeziku C++ definicija objekta je naredba, pa se može naći bilo gde u programu
- Objekat može biti inicijalizovan u definiciji

Objekti

- Objekat u širem smislu (podatak):
 - definisano područje u memoriji, u toku izvršavanja programa
 - primerak proizvoljnog tipa (ugrađenog ili korisničkog)
- Objekat u užem smislu:
 - primerak (instanca) klase
- Objekat je nešto (u memoriji) što ima stanje, ponašanje i identitet
 - funkcija je u memoriji, ali nije objekat (nema stanje)
 - podatak primitivnog tipa (koji je objekat u širem smislu) nema identitet
- Promenljiva:
 - lokacija u kojoj se čuva podatak koji nije konstantan
- Promenljiva može biti:
 - globalna ili lokalna,
 - statička, automatska, dinamička, privremena (tranzijentna)

Lvrednosti

- *Lvrednost (lvalue)* je izraz koji upućuje na objekat (u širem smislu) ili funkciju
- *lvalue* je kovanica od *left-value*
"nešto što može da stoji sa leve strane znaka dodele vrednosti"
- Sa leve strane znaka = mogu da stoje samo promenljive *Lvrednosti*
- Promenljiva *Lvrednost (modifiable lvalue)* je ona *Lvrednost*, koja nije ime funkcije, ime niza, ni konstantni objekat
- Za svaki operator se definiše:
 - da li zahteva kao operand(e) *Lvrednost(i)* i
 - da li vraća *Lvrednost* kao rezultat
- Operatori čiji operandi moraju da budu *Lvrednosti*:
 - unarni &, ++ i --, kao i levi operandi svih operatora dodele
- Operatori čiji su rezultati *Lvrednosti*:
 - unarni *, [], prefiksni ++ i --, kao i operatori dodele
- *Dvrednost (rvalue – right value)* je izraz koji nije *Lvrednost*.

Primeri lvrednosti

```
int i=0;           // i (u kasnijim izrazima) je lvrednost
int *p=&i;         // p (u kasnijim izrazima) je lvrednost
*p=7;             // *p je lvrednost

int *q[100];
q[10]=&i;         // q[10] je lvrednost
*q[10]=1;         // *q[10] je lvrednost
q=&i;             // ! GRESKA: ime niza nije promenljiva lvrednost

int a=1,b=2,c=3;
(a=b)=c;          // (a=b) je lvrednost
(a+b)=c;          // ! GRESKA: (a+b) nije lvrednost
++ ++i;           // ++(++i)
i++ ++;           // ! GRESKA: postinkrement ne daje lvrednost

long x=5; int y=0,z=0;
(x?y:z)=1;        // x?y=1:z=1;
(x?10:z)=2;       // !GRESKA: 10 nije lvrednost
```

Oblast važenja (doseg)

- Oblast važenja (doseg, *scope*) imena:
 - onaj deo teksta programa u kome se deklarirano ime može koristiti
- Globalna imena:
 - imena koja se deklariraju van svih funkcija i klasa
 - oblast važenja: deo teksta od mesta deklaracije do kraja datoteke
- Lokalna imena:
 - imena deklarirana unutar bloka, uključujući i blok tela funkcije
 - oblast važenja: od mesta deklariranja, do završetka dotičnog bloka
- Sakrivanje imena:
 - ako se definiše u nekom bloku, globalno ime je sakriveno do kraja bloka
 - ako se redefiniše u unutrašnjem bloku, ime iz spoljašnjeg bloka je sakriveno do izlaska iz unutrašnjeg
- Pristup sakrivenom globalnom imenu:
 - navođenjem operatora `::` ispred imena
- Pristup sakrivenom imenu spoljašnjeg bloka nije moguć

Primer dosega i sakrivanja

```
int x=0;           // globalno x
void f () {
    int y=x,       // lokalno y, globalno x;
        x=y;       // lokalno x, sakriva globalno x
    x=1;           // pristup lokalnom x
    ::x=5;         // pristup globalnom x
    {
        int x;     // lokalno x, sakriva prethodno x
        x=2;       // pristup drugom lokalnom x
    }
    x=3;           // pristup prvom lokalnom x
}
int *p=&x;         // uzimanje adrese globalnog x
```

Neki specifični dosezi

- Petlja `for` u jeziku C++: `for (naredba; izraz1; izraz2)`
- Naredba može da bude definicija promenljive: npr. `int i=0;`
- Nekada je u jeziku C umesto naredba bio `izraz0`
 - brojač se morao definisati pre petlje
- Po standardu, promenljiva definisana na taj način (brojač petlje) je lokalna promenljiva `for` naredbe
- Starije verzije prevodilaca (npr. MS VC++ v.6) takvu promenljivu smatraju definisanom za blok u kome se nalazi `for`
- U uslovu `if` se može definisati celobrojna ili pokazivačka promenljiva
 - doseg je do kraja „then“, odnosno `else` bloka
`if (int k=i+j) {...} else {...}`
- Parametri (formalni argumenti) funkcije:
 - kao lokalne promenljive deklarirane u bloku tela funkcije:
`void f (int x) {int x;} // ! GRESKA`

Primer dosega brojača petlje `for`

```
for (int i=0; i<10; i++) {  
    if (a[i]==x) break;  
    // ...  
}
```

```
if (i==10)      //!< GRESKA (po standardu)  
    // u MS VC++ v.6 moze se pristupati imenu i
```

```
for (int i=9; i>=0; i--) cout<<a[i];  
    // u MS VC++ v.6 ovo je greska, i je vec definisano  
    // po standardu je ispravno
```

Doseg strukture/klase i funkcije

- Oblast važenja strukture/klase imaju svi njeni članovi
 - to su imena deklarirana unutar definicije strukture/klase
- Imenu koje ima oblast važenja klase, van te oblasti, može se pristupiti preko operatora:
 - `.`, gde je levi operand objekat,
 - `->`, gde je levi operand pokazivač na objekat,
 - `::`, gde je levi operand ime klase
- Oblast važenja funkcije imaju samo labele (za `goto` naredbe)
 - labele se mogu navesti bilo gde unutar tela funkcije, a u dosegu su u celoj funkciji

Primer dosega klase

```
class X {  
    public:                // ili:  
        int x;            // void f();  
        void f();        // int x;  
};  
  
void X::f () {...x...} // :: proširenje dosega  
void g() {  
    X xx, *px;  
    px=&xx;  
    xx.x=0;        // moze: xx.X::x;    ali nema potrebe  
    xx.f();        // moze: xx.X::f();  ali nema potrebe  
    px->x=1;  
    px->f();  
}
```

Životni vek objekata

- Životni vek objekta: vreme u toku izvršavanja programa u kojem objekat postoji i za koje mu se može pristupati
- Na početku životnog veka, objekat se kreira
 - poziva se njegov konstruktor, ako ga ima
- Na kraju životnog veka se objekat uništava
 - poziva se njegov destruktor, ako ga ima

Vrste objekata po životnom veku

- Po životnom veku, objekti se dele na:
 - statičke
 - automatske
 - dinamičke
 - tranzijentne (privremene)
- Vek atributa klase = vek objekta kojem pripadaju
- Vek parametra = vek automatskog objekta
 - inicijalizuju se vrednostima stvarnih argumenata
 - semantika ista kao kod inicijalizacije objekta u definiciji

Statički i automatski objekti

- *Automatski* objekat je lokalni objekat koji nije deklarisan kao `static`
 - životni vek: od njegove definicije, do napuštanja oblasti važenja
 - kreira se iznova pri svakom pozivu bloka u kome je deklarisan
 - prostor za automatske objekte se alocira na *stack*-u
- *Statički* objekat je globalni objekat ili lokalni deklarisan kao `static`
 - životni vek: od izvršavanja definicije do kraja izvršavanja funkcije `main()`
 - globalni statički objekti
 - kreiraju se samo jednom, na početku izvršavanja programa
 - kreiraju se pre korišćenja bilo koje funkcije ili objekta iz istog fajla
 - nije obavezno da se kreiraju pre poziva funkcije `main()`
 - lokalni statički objekti
 - počinju da žive pri prvom nailasku toka programa na njihovu definiciju

Primer

```
int a=1;
void f() {
    int b=1;    // inicijalizuje se pri svakom pozivu
    static int c=1; // inicijalizuje se samo jednom
    cout<<"a="<<a++<<" b="<<b++<<" c="<<c++<<endl;
}
```

```
int main() {
    while (a<3) f();
}
```

izlaz:

```
a = 1 b = 1 c = 1
a = 2 b = 1 c = 2
```

Dinamički i privremeni objekti

- *Dinamički* objekti se kreiraju i uništavaju posebnim operacijama
 - životni vek dinamičkih objekata neposredno kontroliše programer
 - oni se kreiraju operatorom `new`, a ukidaju operatorom `delete`
 - prostor za dinamičke objekte se alocira na *heap-u*
- *Privremeni* objekti se kreiraju pri izračunavanju izraza
 - životni vek privremenih objekata je kratak i nedefinisan
 - privremeni objekti služe za:
 - odlaganje međurezultata
 - privremeno smeštanje vraćene vrednosti funkcije
 - najčešće se uništavaju čim više nisu potrebni

Leksički elementi

- Komentari:
 - `/* ... */` - u više redova, uveo jezik C
 - `// ...` - do kraja reda, uveo jezik C++
- Ključne reči:
 - 73 (29 više nego u C) + 11 za alternative operatore (npr. `and`, ...)
 - neke ključne reči u C i C++ su različite, sa istim značenjem
`C++11: bool`, `C11: _Bool`
 - specijalne (nisu rezervisane) reči (specifikatori): `final` i `override`
- Identifikatori:
 - konvencija: ne treba započinjati sa `_` i `__`
 - imena u biblioteci C počinju `_`
 - imena u biblioteci C++ počinju `__`

Tipizacija

- Stroga tipizacija:
 - svaki objekat ima svoj tačno određen tip
 - objekti različitih tipova se ne mogu proizvoljno zamenjivati
- C++ je hibridan jezik:
 - u manipulisanju primitivnim tipovima je labavo tipiziran
 - u manipulisanju klasnim tipovima je strogo tipizirani jezik, što je u duhu njegove objektno orijentacije
- Konverzija tipa:
 - ako se na nekom mestu očekuje objekat jednog, a koristi se objekat drugog tipa, potrebna je *konverzija*

```
char f(float i, float j) { /* ... */ }  
int k=f(5.5,5); // najpre konverzija (float)5,  
               // a posle konv. rez. char u int
```

Kada je potrebna konverzija?

- Slučajevi kada je potrebno vršiti konverziju su:
 - operatori za ugrađene tipove
zahtevaju operande odgovarajućeg tipa
 - naredbe (`if`, `for`, `do`, `while`, `switch`)
zahtevaju izraze odgovarajućeg tipa
 - pri inicijalizaciji objekta jednog tipa pomoću objekta drugog tipa
 - pri definisanju objekata i njihovoj inicijalizaciji
 - pri pozivu funkcije,
kada su stvarni argumenti drugačijeg tipa od parametara
 - pri povratku iz funkcije,
ako je izraz iza `return` drugačijeg tipa od tipa rezultata funkcije
 - privremeni objekat koji prihvata vrednost funkcije
se inicijalizuje vrednošću izraza iza `return`

Vrste konverzije tipova

- Konverzija tipa može biti:
 - *standardna* – ugrađena u jezik ili
 - *korisnička* – definiše je programer za svoje tipove
- Standardne konverzije su, na primer:
 - konverzije iz tipa `int` u tip `float`, ili iz tipa `char` u tip `int`, i sl.
- Konverzija tipa može biti:
 - *implicitna* – prevodilac je automatski vrši, ako je dozvoljena
 - *eksplicitna* – zahteva programer
- Jedan način zahtevanja eksplicitne konverzije:
 - pomoću C operatora `kast` (*cast*): `(tip) izraz`
- Jezik C++ uvodi 4 specifična `kast` operatora
- Postoji i drugi mehanizam konverzije (konverzioni konstruktor)

Pridruživanje imena tipu

- U jeziku C (i nasleđeno u C++):

```
typedef opis_tipa_i_ime_tipa
```

- U jeziku C++ i drugi (čitljiviji) način:

```
using ime_tipa = opis tipa;
```

- Primer:

```
typedef unsigned long long int Ceo1;
```

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

```
typedef int Niz1[10]; // ne: typedef int[10] Niz1
```

```
using Niz2 = int [10];
```

```
typedef int (*PFun1) (int,int);
```

```
using PFun2 = int (*) (int,int);
```

Određivanje tipa izrazom

- Tip se može odrediti i naredbom:
`decltype (izraz1) promenljiva [= izraz2];`
- Tip promenljive će biti jednak tipu `izraz1`
- Tip `izraz1` se ne izračunava, a tip `izraz2` nije bitan
- Po potrebi se tip izraza `izraz2` konvertuje u tip `izraz1`
- Primer:

```
int x=1;
double y=1.5;
decltype(x) a=x;           // int a
decltype(++x+y) b=++x+y;   // double b    b==3.5
decltype(y) c=2;           // double c    c==2.0
decltype(x) d=2.5;         // int d        d==2
```

- Primena – kod šablona

Automatsko određivanje tipa

- Modifikator `auto` u jeziku C – automatska promenljiva (neobavezno)
- U jeziku C++ nije dozvoljeno takvo korišćenje

```
auto int a = 10; // ! GRESKA
```

- U C++: automatsko određivanje tipa na osnovu izraza inicijalizatora
- Sintaksa: **auto** promenljiva = izraz

- Primer:

```
int x=1;  
double y=2.5;  
auto a = x;           // int a  
auto b = ++x + y;     // double b  
auto c = &a;          // int *c
```

Odloženo navođenje tipa funkcije

- Umesto uobičajenog povratnog tipa – ključna reč `auto`
- Tip se navodi iza parametara, u deklaraciji ili definiciji
`auto ime(parametri) -> tip telo`
- Koristi se kod šablonskih funkcija
- C++14: `deo -> tip` može da se izostavi
 - u tom slučaju će se tip odrediti na osnovu tipa izraza u naredbi `return`
 - ako se `-> tip` izostavi u deklaraciji, tip se određuje tek na osnovu definicije
 - f-ja ne sme da se poziva pre navođenja definicije na mestima gde je tip bitan

- Primer:

```
auto f(){return 1;}           // tip rezultata je int
auto g();                     // tip rezultata neodređen
auto a=g();                   // ! GRESKA
auto g(){return 0.5;}         // tip rezultata je double
auto b=g();                   // tip b je double
```


Konstante

- Konstantni tip je izvedeni tip
 - dobija se iz nekog osnovnog tipa pomoću specifikatora `const`
 - zadržava sve osobine osnovnog tipa, samo se podatak ne može menjati
 - primeri: `const float pi=3.14f;` `const char plus='+';`
- Konstanta (nepromenljiva vrednost) mora da se inicijalizuje pri definisanju
 - može i izrazom koji nije konstantan: `int i=10; const int c=i;`
- Konstante inicijalizovane konstantnim izrazom (simboličke konstante) mogu da se koriste u izrazima koji moraju biti konstantni (koje prevodilac mora da izračuna u toku prevođenja)
 - na primer, mogu da se koriste u izrazima koji definišu dimenzije nizova
- Za simboličke konstante prevodilac ne mora da alocira memorijsku lokaciju
- Umesto simboličkih konstanti koje se uvode sa `#define` preporuka je koristiti tipizirane konstante koje se uvode sa `const`
- Dosledno korišćenje konstanti u programu obezbeđuje podršku prevodioca u sprečavanju grešaka

Konstante i pokazivači

- Pokazivač na konstantu: reč `const` ispred cele definicije
- Konstantni pokazivač: reč `const` ispred imena pokazivača

```
char niz[]={ 'a', 's', 'd', 'f', 'g', 'h', '\0' };  
const char *pk=niz;           // pokazivac na konstantu  
pk[3]='a';                     // ! GRESKA  
pk="qwerty";                   // ispravno
```

```
char *const kp=niz;           // konstantni pokazivac  
kp[3]='a';                     // ispravno  
kp="qwerty";                   // ! GRESKA
```

```
const char *const kpk=niz;  
kpk[3]='a';                     // ! GRESKA  
kpk="qwerty";                   // ! GRESKA
```

Konstante i funkcije

- `const` ispred parametra koji je pokazivač, obezbeđuje da funkcija ne menja objekat:

```
char *strcpy(char *p, const char *q);
```

- `const` ispred tipa rezultata funkcije, obezbeđuje nepromenljivost privremenog objekta rezultata
- Za vraćenu vrednost koja je pokazivač na konstantu, ne može se preko vraćenog pokazivača menjati objekat:

```
const char* f();  
*f() = 'a';           // ! GRESKA
```

Konstantni podaci

- Konstantan izraz - vrednost može da se izračuna za vreme prevođenja
- Svi operandi u konstantnim izrazima moraju biti konstantni
- Vrednost ovakvog izraza može da se koristi tamo gde se zahteva konstanta
- Konstantan podatak se uvodi modifikatorom `constexpr`
- Inicijalizator konstantnog podatka mora biti konstantan izraz
- Konst. podatak je statički i ima unutrašnje povezivanje (implicitno `static`)
- Razlika u odnosu na nepromenljivi podatak koji se uvodi sa `const`
- Primer:

```
int a=1;           // promenljiv podatak (promenljiva)
const int b=a;     // nepromenljiv podatak
const int C=1;     // imenovana (simbolicka) konstanta
constexpr int d=1; // konstantan podatak
constexpr int e=d+C;
constexpr int f=a; // ! GRESKA
constexpr int g=b; // ! GRESKA
```

Konstantne funkcije

- Deklariše se i definiše modifikatorom `constexpr` na početku
- Sugestija prevodiocu da izračuna rezultat funkcije u toku prevođenja
- Rezultat je konstantan podatak
- Ako na mestu poziva ne može da se izračuna vrednost – nije greška
 - tada rezultat nije konstantan podatak
- Ne smeju da imaju bočne efekte
- Primer:

```
int k=1;
constexpr int duplo(int x) {return 2*x;}
constexpr int a=duplo(1); // a==2
constexpr int b=duplo(k); // ! GRESKA
int c=duplo(k);           // c==2
```

Znakovne konstante

- U jeziku C su tipa `int`
- U jeziku C++ su tipa `char`
 - u jeziku C su 'A' i 65 ista konstanta, a u C++ samo imaju istu numeričku vrednost (ako se koristi ASCII skup znakova)
 - iako su konstante tipizirane, u izrazima se mogu zamenjivati:
`int i='A';`
`char c=65;`

Logički tip podataka

- Ključna reč `bool` za uvođenje podataka logičkog tipa
- Logički tip je u grupi celobrojnih tipova
- Vrednosti: `true` i `false`
- U izrazima:
 - `false` se konvertuje u 0,
 - `true` se konvertuje u 1
- Pri dodeli vrednosti logičkoj promenljivoj:
 - 0 se konvertuje u `false`,
 - nenulta vrednost u `true`
- Relacioni operatori imaju rezultat tipa `bool`
- Logički operatori imaju i operande i rezultat tipa `bool`

Prostori imena

- Mehanizam za izbegavanje konflikta imena
- Prostor imena grupiše globalna imena
- Uvodi se na sledeći način:
`namespace identifikator { sadržaj }`
- Sadržaj: globalni podaci, funkcije, tipovi i ugnežđeni prostori
- Ime mora biti jednoznačno u datom prostoru
- Ime u prostoru nije u konfliktu sa istim imenom u drugom prostoru
- Pristup imenu `i` iz nekog prostora `A` se postiže na 3 načina:
 - korišćenjem složenog imena (razrešenjem dosega): `A::i`
 - uvozom datog imena: `using A::i;`
 - uvozom svih imena iz prostora: `using namespace A;`

Niske

- U jeziku C: nizovi znakova (`char[]`, `char*`) koji se završavaju sa `\0`
 - bibliotečke funkcije iz `<string.h>` za rad sa niskama
- U biblioteci jezika C++: tip `string`
- Podrazumevana vrednost objekta tipa `string` je prazna niska `""`
- Sa njim se može raditi slično kao sa primitivnim tipovima:
 - `=` (dodela), `+` (spajanje), `+=` (nadovezivanje)
 - relacioni operatori za leksikografsko poređenje
- Automatska konverzija C-niski (`char*`, `"literal"`) u `string`
 - desni operand `=` i `+=` može biti C-niska
- Literal C++ niske je `const char*`, za razliku od literala C-niske (`char*`)
- Za rad sa niskama – zaglavlje `<string>`, razlicito od `<string.h>`

Niske - primer

- Većina imena iz C++ biblioteke se nalaze u prostoru `std`
- Puno ime tipa C++ niske je `std::string`
- Primer rada sa niskama na jeziku C++:

```
#include <string>
using namespace std; //ukljucivanje imena iz std
string f(string a){
    string b = "Pozdrav!";
    if (a=="***") b=a+" "+b;
    return b;
}
string x=f("");
```

Tipovi enum, struct i union

- Identifikatori nabiranja, struktura i unija mogu da se koriste kao oznaka tipa
 - nije potrebna ključna reč `enum`, `struct`, `union`

```
enum RadniDan{Pon, Uto, Sre, Cet, Pet};  
RadniDan rdan=Pon;
```
- Ako u doseg postoji objekat (promenljiva) sa istim identifikatorom, sam identifikator označava objekat, a ne tip
 - tada se oznaka tipa piše kao i na jeziku C, sa odgovarajućom ključnom reči `enum`, `struct`, `union`

```
enum OsnovnaBoja{Crvena, Zelena, Plava};  
int OsnovnaBoja;  
enum OsnovnaBoja b1=Plava;  
OsnovnaBoja b2=Zelena; // ! GRESKA
```

Tip nabiranja

- Svako nabiranje na jeziku C++ je poseban celobrojni tip
- Tip nabiranja definiše niz simboličkih konstanti
- Za podatke tipa nabiranja definisana je samo operacija dodele vrednosti nabiranja promenljivoj istog tipa
 - eksplicitna konverzija celobrojne vrednosti u tip nabiranja je obavezna
 - ne otkriva se greška ako konvertovana vrednost nije u opsegu nabiranja
- Pri korišćenju objekata tipa nabiranja u aritmetičkim i relacijskim izrazima, kao i pri dodeli promenljivoj tipa `int`, automatski se vrši konverzija u `int`

```
enum Dani { PO=1, UT, SR, CE, PE, SU, NE, POSLEDNJI=7 };
Dani dan=SR;                                // NE==7 i POSLEDNJI==7
Dani d=3;                                    // ! GRESKA, obavezna eksplicitna konv.
dan++;                                       // ! GRESKA, nije definisana operacija ++
dan=(Dani)(dan+1);                          // implicitna promocija dan u int,
                                           // pa eksplicitna konverzija rezultata
if (dan<NE) {}                             // dozvoljeno je i: dan<7
dan=(Dani)8;                               // ne prijavljuje se (logička) greška
```

Pripadajući tip nabiranja

- Tip koji se koristi za numeričku reprezentaciju nabiranja
- Podrazumeva se celobrojni tip `int`
- Može se definisati i drugačiji (celobrojni) pripadajući tip:
`enum ime : pripadajuci_tip {imenovane_konstante}`
- Razlog – kompaktnije zapisivanje vrednosti tipa nabiranja
- Greške:
 - navođenje vrednosti imenovane konstante izvan opsega pripadajućeg tipa
`enum Broj : char {NAJMANJI=1, NAJVECI=1000} // ! GRESKA`
 - prilikom dodele vrednosti nabiranju, navođenje vrednosti u opsegu pripadajućeg tipa, ali izvan opsega postojećih vrednosti imenovanih konstanti
`enum Dani : char {PO, UT, SR, CE, PE, SU, NE} ;`
`Dani dan=(Dani) 10; // greška koju ne otkriva prevodilac`

Nabrajanja sa ograničenim dosegom

- Imenovane konstante nabiranja imaju isti doseg kao i imena odgovarajućih tipova nabiranja
- Konflikt imena:

```
enum SemaforPesaci {CRVENO, ZELENO};  
enum SemaforVozila {ZELENO, ZUTO, CRVENO}; // ! GRESKA
```
- Rešenje – modifikator `struct` ili `class` iza `enum`:

```
enum struct SemaforPesaci {CRVENO, ZELENO};  
enum struct SemaforVozila {ZELENO, ZUTO, CRVENO};
```
- Za korišćenje imenovane konstante potrebno razrešenje dosega:

```
SemaforPesaci semP = SemaforPesaci::CRVENO;  
SemaforVozila semV = ZUTO; // ! GRESKA - nije u dosegu
```
- Obavezna eksplicitna konverzija u ceo broj:

```
int i = (int)SemaforVozila::ZUTO;
```

Inicijalizatorske liste

- Lista vrednosti u zagradama: `{vrednost, vrednost,..., vrednost}`
- Mogu da se koriste za inicijalizaciju svih vrsta podataka
 - čak i za proste tipove, kada sadrže samo jednu `vrednost`
 - greška je ako na neku vrednost treba primeniti nebezbednu konverziju tipa
`int i={5.5}; // ! GRESKA`
- Vrednosti se dodeljuju redom elementima niza, odnosno poljima strukture
 - za unije – tako može da se postavi samo prvo polje
- Manjak vrednosti dopunjuje se nulama, a višak je greška
- Inic. lista je bezimeni podatak čiji tipovi vrednosti zavise od okruženja
- Mogu da se koriste i pri dodeli vrednosti, osim za nizove
- Argumenti funkcija i izrazi u naredbama `return` mogu biti ovakve liste

Primer inicijalizatorske liste

```
int i1={1}, i2{1}, i3={i1+i2};  
i1={2};  
int i4={0.5}; // ! GRESKA - 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}; // ! GRESKA  
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

- Unija bez imena predstavlja jedan objekat koji sadrži u raznim trenucima podatke različitih tipova
 - Identifikatori članova imaju datotečki ili blokovski doseg, a ne strukturni kao kod unije sa imenom
 - Članovi bezimenih unija:
 - koriste se kao obične promenljive
- ```
union{ int i; double d; char *pc; };
i=55; d=123.456; pc="ABC";
```
- Unija za koju je definisan barem jedan objekat ili pokazivač, ne smatra se bezimenom iako nema ime

# Uvek promenljiva polja

- Polje strukture može biti označeno kao mutable
- Takvo polje može da se menja čak i za nepromenljiv objekat strukture
- Primer:

```
struct X{
 int a;
 mutable int b;
};

int main() {
 X x1;
 const X x2;
 x1.a=1;
 x1.b=2;
 x2.a=3; // ! GRESKA
 x2.b=4;
}
```

# Dinamički objekti

- Operator `new` kreira jedan dinamički objekat nekog tipa `T`
- Operator `delete` uništava dinamički objekat nekog tipa `T`
- Operand operatora `new` je identifikator tipa `T` sa eventualnim inicijalizatorima (argumentima konstruktora)
- Operator `new`:
  - alocira potreban prostor u memoriji za objekat datog tipa
  - zatim poziva konstruktor tipa
- Ako nema dovoljno prostora – izuzetak `bad_alloc` (zaglavlje `<new>`)
  - pre standarda – rezultat `nullptr` (ranije `NULL` ili `0`)
- Može se izbeći bacanje izuzetka: `X *x = new (nothrow) X;`
- Operator `new` vraća pokazivač na kreirani objekat datog tipa:

```
int *pi = new int;
Tacka *pt1 = new Tacka(5.0, 5.0);
```
- Dinamički objekat nastaje kada se izvrši operacija `new`, a traje sve dok se ne izvrši operacija `delete`

# Uništavanje dinamičkih objekata

- Operator `delete` ima jedan operand tipa pokazivača nekog tipa
- Ovaj pokazivač mora da ukazuje na objekat kreiran pomoću `new`
  - ako pokazivač ne ukazuje na objekat kreiran pomoću `new`, posledice `delete` su nepredvidive
  - ako je pokazivač `nullptr`, `delete` samo nema efekta
- Operator `delete`
  - poziva destruktora za objekat na koji ukazuje pokazivač
  - zatim oslobađa zauzeti prostor
- Operator `delete` vraća `void` (bez rezultata)

```
Tacka *pt;
void f() { pt=new Tacka(0.1,0.2); }
int main () { f(); ... delete pt; }
```

# Dinamički nizovi

- Operatorom `new` može se kreirati i niz objekata nekog tipa:  
`Tacka *pt = new Tacka[10];`
- Sve dimenzije niza osim prve treba da budu konstantni izrazi
  - prva dimenzija može da bude i promenljiv izraz
  - promenljiv izraz mora biti takav da može da se izračuna u trenutku izvršavanja naredbe sa operatorom `new`
- Inicijalizacija objekata elemenata niza
  - podrazumevanim konstruktorom
  - ako ga klasa nema - prevodilac ga automatski generiše
- Dinamički niz se ukida operatorom `delete` sa parom zagrada:  
`delete [] pt;`
- Redosled konstrukcije elemenata je po rastućem indeksu
- Redosled destrukcije je obrnut od redosleda konstrukcije

# Reference (upućivači)

- U jeziku C prenos argumenata u funkciju - isključivo po vrednosti (*by value*)
- Da bi funkcija mogla da promeni vrednost spoljne promenljive, trebalo je preneti pokazivač na tu promenljivu, pa indirektno adresirati u f-ji
- C++ uvodi izvedeni tip *reference* (*upućivača*) na objekat
- U jeziku C++ moguć je i prenos argumenta po adresi (*by reference*)

```
void f(int i, int &j){ // i po vrednosti, j po referenci
 i++; // stvarni argument se neće promeniti
 j++; // stvarni argument će se promeniti
}
int main () {
 int si=0, sj=0;
 f(si, sj);
 cout<<"si="<<si<<"", sj="<<sj<<endl;
}
Izlaz: si=0, sj=1
```

# Definisanje referenci

- Reč je o referencama na *lvrednosti* (podrazumevano značenje “referenca”)
- Reference se deklariraju upotrebom znaka & ispred imena
- Referenca je alternativno ime za neki objekat (alias, sinonim)
- U definiciji referenca mora da se inicijalizuje objektom na koga će upućivati
- Od inicijalizacije referenca postaje sinonim za objekat na koga upućuje
- Svaka operacija nad referencom (uključujući i operaciju dodele) je operacija nad objektom na koji referenca upućuje

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

# Implementacija referenci

- Referenca je slična konstantnom pokazivaču na objekat datog tipa
- Referenca pri inicijalizaciji dobija vrednost adrese objekta kojim se inicijalizuje
- Nema načina da se, posle inicijalizacije, vrednost reference promeni
- Svako obraćanje referenci podrazumeva posredni pristup objektu, preko reference
- Posredan pristup preko pokazivača se vrši operatorom \*, a preko reference bez posebne operacije
- Uzimanje adrese (operator &) reference vraća adresu objekta na koji ona upućuje

```
int &j = *new int(2); // j upućuje na dinamički objekat 2
int *p=&j; // p je pokazivač na isti objekat
(*p)++; // objekat postaje 3
j++; // objekat postaje 4
delete &j; // isto kao i delete p
```
- Ako je referenca tipa reference na nepromenljiv podatak, objekat na koji ona upućuje se ne sme promeniti preko te reference
- Ne postoje nizovi referenci, pokazivači na reference, ni reference na reference
- Referenca na pokazivač je dozvoljena, npr.

```
int i=5, *p=&i, *&rp=p;
```



# Funkcije koje vraćaju referencu

- Referenca (na *lvrednost*) može i da se vrati kao rezultat funkcije
- U tom slučaju funkcija treba da vrati referencu na objekat koji traje (živi) i posle izlaska iz funkcije.
- Primer:

```
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; } // ! GRESKA
int& f(int i) { return i; } // ! GRESKA
int& f(int &i) { int r = *new int(i); return r; } // ! GRESKA
int& f(int &i) { int j=i, &r=j; return r; } // ! GRESKA
```

- Rezultat poziva funkcije je *lvrednost* samo ako funkcija vraća referencu

# Obilazak elemenata niza u petlji

- Nova vrsta petlje `for` koja služi za sistematski obilazak elemenata niza:  
`for (tip prom: niz) naredba`
- `prom` u svakom ciklusu petlje sadrži kopiju tekućeg elementa niza
- Promena `prom` ne utiče na element niza
- Ako se navede: `for (tip &prom: niz) naredba`
  - tada je `prom` referenca na tekući element niza koji tako može da se promeni
- Primer:

```
int niz[5] = {1,2,3,4,5};
s=0; for (int k: niz) s+=k; cout<<s<<endl; // 15
for (int &k: niz) k*=2;
for (int k: niz) cout<<k<<' '; cout<<endl; // 2 4 6 8 10
```

# Reference na *dvrednosti* (1)

- *Lvrednost* (eng. *lvalue*) je izraz koji upućuje na nešto u memoriji, čemu može da se dohvati adresa
- *Dvrednost* (eng. *rvalue*) je izraz koji nije *lvrednost*:
  - literal, aritmetički, relacijski, logički i adresni izraz
- Tip reference na *dvrednost*: `osnovni_tip &&`
- Mogu da upućuju samo na *dvrednosti* (promenljive i nepromenljive)
- Referenca na *dvrednost* je *lvrednost* !
- Posledica: privremeni podaci (rezultati izračunavanja) dobijaju imena
  - preko tog imena mogu da se promene privremeni podaci
- Primer:

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

# Reference na *dvrednosti* (2)

- Podatak na koji upućuje referenca na *dvrednost* može biti nepromenljiv
  - tada ne mogu da se menjaju privremeni podaci na koje upućuje referenca
- Primer

```
int i=1; // promenljiv podatak
const int ci=i; // nepromenljiv podatak
const int && crd1=i; // ! GRESKA - lvrednost
const int && crd2=ci; // ! GRESKA - lvrednost
const int && crd3=i+1; // promenljiva dvrednost
const int && crd4=10; // nepromenljiva dvrednost
crd3++; crd4++; // ! GRESKA - ref. na nepromenljive vr.
```

# Reference na *dvrednosti* kao parametri

- Parametri funkcije mogu biti tipa reference na *dvrednosti*
- U tom slučaju stvarni argument može biti izraz koji je *dvrednost*
  - prosleđivanje argumenta koji je *lvrednost* izaziva grešku pri prevođenju
- Za parametre tipa ref. na *dvrednost* ne postoji bočni efekat
  - zato za njih modifikator `const` nema smisla
  - takav parametar je privremeni podatak koji nije vidljiv van funkcije
- Primer:

```
void povecaj(int&& a) {a++;}
int x=1;
povecaj(x+1); // x+1 je dvrednost; pri izlasku: a==3
povecaj(x); // ! GRESKA
```

# Neposredno ugrađivanje funkcija (1)

- Često se definišu vrlo jednostavne, kratke funkcije
  - na primer, neke samo prosleđuju argumente drugim funkcijama
  - vreme koje se troši na prenos argumenata i poziv može biti veće nego vreme izvršavanja tela same funkcije
- Ovakve funkcije se mogu definisati uz zahtev da se neposredno ugrađuju u kôd (*inline* funkcije)
  - telo takve funkcije direktno se ugrađuje u kôd na mestu poziva funkcije
  - semantika poziva ostaje potpuno ista kao i za običnu funkciju
- Ovakva funkcija definiše se dodavanjem specifikatora `inline` :  

```
inline int inc(int i) {return i+1;}
```

## Neposredno ugrađivanje funkcija (2)

- Funkcija članica klase je ugrađena ako se definiše unutar definicije klase
- Ako se definiše izvan definicije klase, funkcija je ugrađena kada se ispred njene definicije nalazi reč `inline`:

```
class C {
 int i;
public:
 int val ()
 {return i;}
};
```

```
class D {
 int i;
public:
 int val();
};

inline int D::val()
 {return i;}
```

## Neposredno ugrađivanje funkcija (3)

- Prevodilac ne mora da poštuje zahtev za neposredno ugrađivanje
  - za korisnika ovo ne predstavlja problem, jer je semantika ista
  - ugrađene funkcije samo mogu da ubrzaju program, a nikako da izmene njegovo izvršavanje
- Ako se ugrađena funkcija koristi u više datoteka, u svakoj datoteci mora da se nađe njena potpuna definicija
  - ovo je najbolje sprovesti pomoću datoteke-zaglavlja u kojoj je definicija funkcije za ugrađivanje
  - nedostatak: \*.h datoteka ne sadrži samo interfejsne (ugovorne) već i implementacione elemente (otkriva se “poslovna tajna”)
- Ugrađene funkcije eliminišu potrebu za makroima:  
`#define <ime> (<lista parametara>) <tekst zamene>`



# Ugrađene funkcije umesto makroa

- Makrodefinicija:

```
#define max(i, j) ((i) > (j)) ? (i) : (j)
```

- Makropoziv:

```
max(k++, l++)
```

- Makroekspanzija:

```
((k++) > (l++)) ? (k++) : (l++)
```

- Problem: jedan argument se 2x inkrementira

- Ugrađena f-ja:

```
inline int max(int i, int j)
{ return i > j ? i : j; }
```

- Ne postoji gornji problem

# Podrazumevane vrednosti argumenata

- C++ podržava podrazumevane vrednosti argumenata u definiciji funkcije
- Parametar uzima podrazumevanu vrednost ako se pri pozivu funkcije ne navede odgovarajući stvarni argument

```
Kompleksni::Kompleksni(float r=0, float i=0)
{real=r; imag=i;}
int main () {
 Kompleksni c1, c2(0), c3(0,0); // sva tri objekta (0,0)
}
```

- Podrazumevane vrednosti su proizvoljni izrazi
  - izračunavaju se svaki put pri pozivu funkcije
- Podrazumevani argumenti mogu da budu samo nekoliko poslednjih iz liste:

```
Kompleksni::Kompleksni(float r=0, float i) // ! GRESKA
{real=r; imag=i;}
Kompleksni::Kompleksni(float r, float i=0) // Ispravno;
{real=r; imag=i;}
int main() {Kompleksni c(0);}
```

# Preklapanje imena funkcija

- Često su potrebne funkcije koje realizuju logički istu operaciju, samo sa različitim tipovima argumenata
- Za svaki od tih tipova mora da se realizuje posebna funkcija
- U jeziku C to bi moralo da se realizuje tako da te funkcije imaju različita imena, što smanjuje čitljivost programa
- U jeziku C++ moguće je definisati više različitih funkcija sa istim identifikatorom
- Ovakav koncept naziva se *preklapanje imena funkcija* (engl. *name overloading*)
- Uslov je da im se razlikuje broj i/ili tipovi parametara, odnosno potpis funkcije
- Tipovi rezultata ne moraju da se razlikuju i nije dovoljno da se samo oni razlikuju:

```
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*)
```

# Razlučivanje kod preklapanja imena

- Koja će se funkcija stvarno pozvati, određuje se u fazi prevođenja
  - mehanizam je potpuno statički
- Određivanje se vrši prema slaganju potpisa funkcija
  - upoređuje se broj i/ili tipovi argumenata i parametara
- Potrebno da prevodilac može jednoznačno da odredi koja funkcija se poziva
- Pravila za određivanje koja funkcija se poziva su veoma složena
- U praksi se svode samo na dovoljno razlikovanje potpisa funkcija
- Prevodilac približno ovako prioritira slaganje tipova argumenata:
  - potpuno slaganje tipova, uključujući trivijalne konverzije (trivijalne konverzije su npr. iz tipa `T[]` u tip `T*`, ili iz `T` u `T&` i obrnuto)
  - slaganje tipova korišćenjem standardnih konverzija (npr. `char` u `int`)
  - slaganje tipova korišćenjem korisničkih konverzija

# Pristup elementima (1)

- Reč je o elementima složenih podataka kakvi su nizovi ili strukture
- Pristup elementima promenljivog i nepromenljivog niza:
- Prva funkcija omogućava menjanje elementa niza preko svog rezultata
- Druga funkcija sprečava promenu i u funkciji i preko rezultata
- Primer:

```
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; // !GRESKA
int x=elem(b, i);
```

# Pristup elementima (2)

- Problem može biti što su opisane dve funkcije sličnog sadržaja
  - to izaziva održavanje dva “klona” tela funkcije, što je skloni greškama
  - može se napisati druga funkcija koja poziva prvu

```
const int& elem(const int *a, int i)
 {return elem((int*)a,i);}
```

- Za funkcije koje vraćaju pokazivač

```
 int* adrEl(int *a, int i) {return a+i;}
const int* adrEl(const int *a, int i) {return a+i;}
*adrEl(a,i)=2;
*adrEl(b,i)=2; // ! GRESKA
int y= *adrEl(b,i);
```

- Slično važi za polja struktura

# Napomene i funkcije koje se ne vraćaju

- Napomene (uputstva za prevodioca, anotacije):
  - navode se u obliku `[[napomena]]`
  - mogu da se stave uz razne elemente: funkcije, parametre, promenljive,...
  - služe prevodiocu za provere i optimizaciju
  - ne utiču na ponašanje logički ispravnog programa
  - prevodioci mogu da ih zanemare
- Neke funkcije se ne vraćaju na mesto poziva
  - razlog može biti što takve funkcije “nasilno” prekidaju rad programa
  - rad programa se prekida sa `exit(parametar)`
  - parametar izlaska iz programa može biti 0 (OK) ili indikator greške `!=0`
  - napomena da se funkcija ne vraća na mesto poziva: `[[noreturn]]`
  - ako u funkciji postoji `return`, posledice su nepredvidive (zavisi od prevodioca)

# Operatori i izrazi

- Novi operatori (12):
  - `::`, `new`, `delete`, `.*`, `->*`, `typeid`,  
`throw`, `alignof`, *cast* operatori (4)
- Postfiksne varijante `++` i `--` imaju viši prioritet
- Podsećanje:
  - rezultat prefiksnih operatora `++` i `--` je *lvrednost*
  - rezultat operatora dodele vrednosti je *lvrednost*
  - rezultat uslovnog izraza je *lvrednost*  
ako su drugi i treći operand *lvrednosti* istog tipa

```
int x, a=0, b=0;
x?a:b=1; //if(x) a=1; else b=1;
```



# Pregled operatora (1)

| Prior. | Br. op. | Asoc. | Operator                          |
|--------|---------|-------|-----------------------------------|
| 10     | 2       | →     | == !=                             |
| 9      | 2       | →     | &                                 |
| 8      | 2       | →     | ^                                 |
| 7      | 2       | →     |                                   |
| 6      | 2       | →     | &&                                |
| 5      | 2       | →     |                                   |
| 4      | 3       |       | ?:                                |
| 3      | 2       | ←     | = += -= *= /= %= &= ^=  = <<= >>= |
| 2      | 1       |       | throw                             |
| 1      | 2       | →     | ,                                 |

# Pregled operatora (2)

| Prior. | Br. op. | Asoc. | Operator                                            |
|--------|---------|-------|-----------------------------------------------------|
| 19     | 1,2     | →     | ::                                                  |
| 18     | 2       | →     | [] () . ->                                          |
| 17     | 1       |       | a++ a-- <i>specificni_cast(4)</i> typeid            |
| 16     | 1       | ←     | ! ~ ++a --a - + * & (tip) sizeof alignof new delete |
| 15     | 2       | →     | . * -> *                                            |
| 14     | 2       | →     | * / %                                               |
| 13     | 2       | →     | + -                                                 |
| 12     | 2       | →     | << >>                                               |
| 11     | 2       | →     | < <= > >=                                           |

# Operatori konverzije tipa

- U jeziku C postoji operator za konverziju tipa (engl. *cast*):  
*(tip) izraz*
- Kast operator iz jezika C se može koristiti, ali se ne preporučuje
- U jeziku C++ uvode se dodatni specifični kast operatori:  
`static_cast <oznaka_tipa> (izraz)`  
`reinterpret_cast <oznaka_tipa> (izraz)`  
`const_cast <oznaka_tipa> (izraz)`  
`dynamic_cast <tip_pokazivača_ili_reference> (izraz)`
- Neke konverzije tipa su bezbedne, a neke nisu
  - npr. `int`  $\rightarrow$  `float` jeste bezbedna, ali `float`  $\rightarrow$  `int` je rizična
- Po pravilu, za nebezbedne konverzije zahteva se eksplicitan kast
- Notacija je nezgrapna iz dva razloga
  - da se lakše može uočiti u tekstu programa
  - da se programeri odvrćaju od korišćenja
- Potreba za eksplicitnom konverzijom – signal za preispitivanje projektnih odluka

# Statička konverzija

- **Statički kast** je namenjen uglavnom za prenosive konverzije, npr.:
  - između numeričkih tipova (računajući i tip nabiranja `enum`)
  - između pokazivača proizvoljnih tipova i `void*`
  - nestandardne konverzije (koje definiše programer)
- Ove konverzije se primenjuju automatski (implicitno) kada su bezbedne, a eksplicitna konverzija je potrebna za nebezbedne konverzije, npr.:
  - konverziju pokazivača `void*` u pokazivač na poznati tip
  - konverziju numeričkog tipa u tip nabiranja (`enum`)
- Primeri:

```
float a = 5.0; int i = static_cast<int>(a);
 // kao: int i = (int)a;
void *p = static_cast<void *>(&i); // moze: void* p = &i;
int *q = static_cast<int *>(p); // mora eksplicitni kast
```
- U C++ uveden literal pokazivača `nullptr` (tipa `void*`)
  - može da se (bezbedno, bez kasta) dodeljuje svim tipovima pokazivača
  - ne preporučuje se više korišćenje: `0` ni `NULL` iz `<stddef.h>`

# Reinterpretirajuća konverzija

- **Reinterpretirajući kast** je namenjen konverziji tipova bez logičke veze, npr:
  - između celobrojnih vrednosti i pokazivača
  - između pokazivača ili referenci na razne tipove
- Suština je da nema pretvaranja vrednosti već se samo ista vrednost različito interpretira
- Konverzija nije bezbedna i malo je verovatno da je prenosiva
- Primeri:

```
int i = 1155;
short *p = reinterpret_cast<short *>(i);
int j = reinterpret_cast<int>(p); // j==i
float *q = reinterpret_cast<float *>(&i);
float &r = reinterpret_cast<float &>(i);
```

# Konstantna konverzija

- **Konstantni kast** je namenjen uklanjanju ili dodavanju **const**
- Dodavanje specifikatora je bezbedno, ali uklanjanje nije
  - jer omogućava promenu vrednosti nepromenljivog podatka
- Primeri:

```
int j = 1;
const int i = j;
int *p = const_cast<int *>(&i); // mora eksplicitno
*p = 0; // promena "nepromenljivog" podatka
double pi = 3.14;
const double &cpi = const_cast<const double &>(pi);
// ili: const double &cpi=pi;

pi = 0.0; // OK
cpi = 0.0; // ! GRESKA
```