

# *Programiranje 1*

## *6. predavanje*

Saša Singer

`singer@math.hr`

`web.math.pmf.unizg.hr/~singer`

PMF – Matematički odsjek, Zagreb

# Sadržaj predavanja

- **Konstante i varijable:**
  - Konstante.
  - Varijable i deklaracija.
  - Inicijalizacija varijabli.
  - Enumeracije — pobrojani tipovi.
- **Operatori i izrazi (prvi dio):**
  - Izraz, operandi i operatori.
  - Operator pridruživanja.
  - Aritmetički operatori.
  - Pretvaranje tipova u aritmetičkim izrazima.
  - Eksplicitno pretvaranje tipova — cast operator.
  - Redoslijed računanja izraza.

# Sadržaj predavanja (nastavak)

- **Operatori i izrazi** (nastavak):
  - Prioritet i asocijativnost operatora.
  - Unarni operatori inkrementiranja i dekrementiranja.
- **Operatori i izrazi** (drugi dio) — sljedeće predavanje:
  - `sizeof` operator.
  - Relacijski i logički operatori.
  - Skraćeno računanje logičkih izraza.
  - Operatori nad bitovima.
  - Operator pridruživanja i složeni operatori pridruživanja.
  - Uvjetni operator `? : .`
  - Operator zarez `,`.

# Informacije — kolokviji

Programiranje 1 je u kolokvijskom razredu **F3**.

Službeni termini svih **kolokvija** su:

- **Prvi** kolokvij: **petak**, **2. 12. 2016.**, u **15** sati.
- **Drugi** kolokvij: **petak**, **10. 2. 2017.**, u **15** sati.
- **Popravni** kolokvij: **petak**, **24. 2. 2017.**, u **15** sati.

**Anketa:**

- **Koliko** vas je instaliralo **Code::Blocks**
- i **probalo** izvršiti **neki program**?

# Informacije — računi i prijava za zadaće

Ne zaboravite da treba napraviti neke stvari vezane uz

- **papir** kojeg ste dobili u **indeksu**, za pristup računalima.

Na tom papiru piše i vaše **korisničko ime** na **studentu**.

- To je ono “**kratko**” (**bez** znaka @ i dodataka, koji **naliče** na **e-mail** adresu) = **login** u praktimumima i za webmail.

Za početak, **promijenite** početnu lozinku (**password**).

- Kako — piše pri dnu papira, i **zapamtite novu!**

Nadalje, obavezno trebate:

- **obaviti prijavu** i, zatim, **potvrditi prijavu**

u **aplikaciji** za domaće zadaće (“**ku**”), na internetskoj adresi

<http://degiorgi.math.hr/prog1/ku/>

## Informacije — korektna prijava, hrvatski znakovi

Kod **prve** prijave u aplikaciju, treba **popuniti 6** polja:

- **dva gore** = JMBAG (10 znamenki), lozinka,
- i još **četiri malo niže** = potvrda lozinke, ime, prezime, korisničko ime = **ono s papira** (bitno za potvrdu).

Čim **kliknete** na neko polje — **prije** no što išta stignete,

- uredno vam se pokaže **uputa što treba upisati**.

Zato, pažljivo **čitajte upute** — **prije popunjavanja** i slanja!

**Bitno:** Prilikom **prijave** u aplikaciju za “**ku**”,

- svoje **podatke** trebate upisati **korektno** — što znači i
- korištenje **hrvatskih** znakova u **imenu i prezimenu!**

## Informacije — potvrda prijave, ispravci

Ako je **taj** dio **uredno** prošao, nakon kraćeg vremena,

- trebate dobiti **e-mail** na vašu adresu na **studentu**,
- u kojem piše **kako potvrditi** prijavu.

Kad to **uspješno** napravite, tek onda je prijava **gotova**.

Studenti koji su upisali “**cszdj**” varijantu imena i prezimena, ili imaju **problema** s **potvrdom** prijave

- neka se jave **e-mailom** (sa **studenta**) **meni** na adresu

**singer@math.hr**

i napišu

- svoj **JMBAG** i **ispravno** ime i prezime.

# Informacije — Upozorenje

Vežano uz prijave za zadaće:

- trenutni broj uspješno prijavljenih studenata je pomalo zabrinjavajući — oko 200, od preko 280.

Upozorenje: Lijepo molim, “ne šalite” se, uspješna prijava je

- nužan preduvjet za izlazak na kolokvij.

To pravilo se ne mijenja!

- Rok za prijavu je 7 dana = 168 sati prije kolokvija.



# Konstante i varijable

# Sadržaj

- Konstante i varijable:
  - Konstante.
  - Varijable i deklaracija.
  - Inicijalizacija varijabli.
  - Enumeracije — pobrojani tipovi.

# Operandi u izrazima

Osnovni **operandi** u jeziku **C** su:

- konstante,
- varijable.

Poslije dođu još i **vrijednosti funkcija**.

**Operandi** imaju sljedeće **atribute** (“osobni opis”):

- ime,
- vrijednost,
- tip.

Za **varijablu** — **ime** je **identifikator**.

**Konstante** nemaju posebno **ime** (tj. **vrijednost** konstante je, ujedno, i njezino **ime**).

# Cjelobrojne konstante

Cjelobrojne konstante mogu biti zapisane u **tri** brojevnih sustava:

- decimalnom (baza 10),
- oktalnom (baza 8)
- i heksadecimalnom (baza 16).

Baza zapisa prepoznaje se

- po početnim znakovima zapisa konstante.

Napomena. Binarni zapis konstanti **nije predviđen** (čisto zbog duljine zapisa — oktalni i heksadecimalni zapisi su kraći).

# Cjelobrojne konstante (nastavak)

**Decimalne** (dekadske) konstante:

- sadrže znamenke **0-9**, dozvoljen predznak **-** ili **+**,
- ako konstanta ima **više** od jedne znamenke (bar **dvije**), **prva** znamenka **nije 0** (služi kao oznaka za ostale baze).

**Primjer.**

---

0, 1, 234, -456, 99999

---

**Napomena.** Decimalna točka **nije dozvoljena**, jer dobijemo **realni broj**. Dakle, **17 nije isto** što i **17.** (s točkom).

- Prva konstanta je tipa **int**, a druga je tipa **double**.

One **jesu** iste kad se uspoređuju, ali **nije** isto kod **dijeljenja!**

# Cjelobrojne konstante (nastavak)

Oktalne konstante:

- sadrže znamenke 0-7, dozvoljen predznak - ili +,
- prva znamenka je uvijek 0.

Primjer.

---

0, 01, 0235, -0651, 077777

---

# Cjelobrojne konstante (nastavak)

## Heksadecimalne konstante:

- sadrže znamenke 0-9, dozvoljen predznak - ili +,
- mala slova a-f ili velika slova A-F,
- ova slova su heksadecimalne znamenke:  
a = 10, b = 11, c = 12, d = 13, e = 14, f = 15,
- uvijek počinju s 0x ili 0X.

## Primjer.

---

0x0, 0x1, -0x7FFF, 0X1FFF,  
0xabcd, 0XABCD, -0x23aa

---

## Cjelobrojne konstante (nastavak)

Ako specijalno **ne navedemo** drugačije, onda konstanta ima tip **int** (svi prošli primjeri).

Konstante **ostalih** cjelobrojnih tipova definiraju se

- dodavanjem **sufiksa** (na **kraju** konstante).

Konstanta tipa:

- **long** — formira se tako da se na **kraj** cjelobrojne konstante doda slovo **L** (veliko ili malo),
- **unsigned** — formira se dodavanjem slova **U** (veliko ili malo), **nema** predznaka,
- **unsigned long** — formira se dodavanjem slova **U** i **L** (veliko ili malo, u bilo kojem poretku), **nema** predznaka.



# Cjelobrojne konstante (nastavak)

## Primjer.

---

```
500000U      /* unsigned (decimalna) */
123456789L   /* long (decimalna) */
123456789ul  /* unsigned long (decimalna) */
123456789LU /* unsigned long (decimalna) */
01234561     /* long (oktalna) */
0X50000U     /* unsigned (heksadecimalna) */
```

---

Oznake “konverzije” za formatirano čitanje i pisanje (zasad):

- 🔴 `%d`, `%ld` (decimalno),
- 🔴 `%u`, `%lu` (unsigned).

# Znakovne konstante (tipa char)

Znakovna konstanta (tipa char) je

- jedan znak napisan u jednostrukim navodnicima ' '.

Primjer.

---

'A', 'x', '5', '?', ' '

---

Zadnji znak je bjelina (praznina, blank).

Svi objekti tipa char, pa tako i znakovne konstante, prikazuju se kao cjelobrojne vrijednosti (bez predznaka).

- Taj cijeli broj odgovara (jednak je) kôdu znaka u odgovarajućem načinu prikazivanja znakova (na pr. ASCII kôd).

# Zadavanje znaka kôdom

Bilo koji znak može se zadati i svojim kôdom, u obliku:

- `\ooo`, gdje je `ooo` troznamenkasti **oktalni** broj, ili
- `\xoo`, gdje je `oo` dvoznamenkasti **heksadecimalni** broj.

To je bitno za one znakove kojih **nema** na tipkovnici.

Primjer.

---

```
\170    /* znak s kodom 170 oktalno
        = znak s kodom 120 decimalno
        = ASCII znak 'x' */
```

```
\x78    /* znak s kodom 78 heksadecimalno
        = znak s kodom 120 decimalno
        = ASCII znak 'x' */
```

---

# Posebni znakovi

Posebni znakovi u C-u reprezentiraju se pomoću dva znaka:

---

```
\b      /* idi 1 mjesto unazad (backspace) */
\f      /* nova stranica (form feed) */
\n      /* novi red (new line) */
\r      /* povratak na pocetak linije
         (carriage return) */
\t      /* horizontalni tabulator */
\v      /* vertikalni tabulator */
\0      /* nul znak (null character) */
\?      /* upitnik - svrha?, jer radi i ? */
\"      /* navodnik */
\'      /* jednostruki navodnik */
\\      /* obrnuta kosa crta (backslash) */
```

---

## Posebni znakovi (nastavak)

---

`\a` /\* ASCII znak BELL ili alert \*/

---

Ovaj znak postoji, ali **nema** nikakvog efekta kad se napiše na ekran. Služio je **nekad** davno, na teleprinterima.

Zapis **svih specijalnih** znakova počinje znakom `\`.

Takav **oblik** zapisa **znaka**

• **kôdom** ili **posebnim imenom**,

**smijemo** koristiti i u znakovnim **konstantama**.

Primjer.

---

`'\n'`, `'\b'`, `'\\'`, `'\170'`, `'\x78'`

---

# Konstantni znakovni nizovi (stringovi)

Konstantni znakovni nizovi (konstantni stringovi) su nizovi znakova navedeni unutar dvostrukih navodnika " .

Primjer.

---

```
"Zagreb"
```

```
"01/07/2001"
```

```
"Linija 1\nLinija 2\nLinija3"
```

---

Bitno. Zadnji znak u nizu, iza svih navedenih znakova, je nul-znak `'\0'`.

Napomena. `'a'` nije isto što i `"a"`.

- `'a'` je tipa `char` i sadrži 1 znak: `a`,
- `"a"` je niz (ili polje) od 2 znaka: `a` i `\0`.

## Stringovi (nastavak)

Kako pisati **dugačke** stringove koji **ne stanu** uredno u **jedan** red programa? Imamo **dvije** mogućnosti:

- koristimo znak `\` na kraju linije, kao oznaku da će se string **nastaviti** na početku sljedećeg reda, ili
- **rasječemo** znakovni niz u **nekoliko** nizova, a oni će se **nadovezati** (spojiti, ili konkatenerirati) u jedan.

**Primjer.** String **s1** jednak je stringu **s2**.

---

```
char s1[] = "Vrlo dugacak \  
niz znakova";
```

```
char s2[] = "Vrlo dugacak "  
           "niz znakova";
```

---

# Realne konstante

Realna konstanta je broj zapisan u dekadskom sustavu koji:

- sadrži decimalnu točku,
- i/ili eksponent baze 10. Tada decimalna točka nije potrebna. Eksponent mora biti cijeli broj kojem prethodi slovo e (malo ili veliko).

Primjer. Zapis realnih konstanti s decimalnom točkom.

---

0.    1.    -0.2    5000.0

---

Primjer. Razni mogući zapisi realne konstante  $3.0 \times 10^5$ .

---

300000.    3e5    3E+5    3.0e+5    .3e6    30E4

---



## Realne konstante (nastavak)

Ako specijalno **ne navedemo** drugačije, onda **realna** konstanta ima tip **double** (svi prošli primjeri).

Konstante **ostalih** realnih tipova definiraju se **dodavanjem** **sufiksa** (na **kraju** konstante).

Za konstantu tipa:

- **float** — na kraju treba dodati **f** ili **F**,
- **long double** — na kraju treba dodati **l** ili **L**.

Primjer.

---

3.f	0.337f	-3.e4f	3e-3f	1.345E-8F
-0.2e31	5000.0L			

---

# Realne konstante (nastavak)

Oznake “konverzije” za formatirano čitanje (zasad):

- `%g` za `float`,
- `%lg` za `double`,
- `%Lg` za `long double`.

Oznake “konverzije” za formatirano pisanje (zasad):

- `%g` za `double` (`float` se uvijek pretvara u `double`),
- `%Lg` za `long double`.

# Simboličke konstante

Simboličke konstante su imena koja pretprocesor zamjenjuje zadanim nizom znakova.

- Definiraju se najčešće na početku programa.
- Svrha: olakšavaju razumijevanje programa (čitljivost).

Sintaksa (pravilo pisanja):

---

```
#define ime tekst
```

---

gdje je:

- ime — ime simboličke konstante, a
- tekst — niz znakova koji će biti doslovno substituiran umjesto ime, na svakom mjestu nadalje u programu na kojem se javlja ime (osim u konstantnim stringovima).

# Simboličke konstante (nastavak)

Primjer.

---

```
#define PI 3.141593
#define TRUE 1
#define FALSE 0
```

---

**Napomena.** Prvi primjer je formalno korektan, ali ga matematičari **ne bi trebali** koristiti (**zabranjujem**)! Razlog:

- mala točnost **PI** **ne može** dati točnije rezultate!

Koristite  $\pi$  u **punoj** točnosti realnog tipa s kojim računate!

- `PI = 3.1415926535897932384626433;` (može i dalje),

- `PI = 4.0 * atan(1.0);` (ovo je sasvim dovoljno).

Za `atan` (= `arctan`) treba uključiti zaglavlje `<math.h>`.

# Simboličke konstante (nastavak)

**Uputa.** Simboličke konstante treba koristiti zaista

● samo za konstante, a ne za složenije izraze.

Razlog: zbog doslovne supstitucije zamjenskog teksta, složeniji izraz se svaki puta ponovno računa.

Osim toga, može doći do neželjenih efekata (grešaka) unutar drugih izraza. Zato zamjenski izraz uvijek treba zatvoriti u okrugle zgrade.

**Primjer.** Ako već mora, onda ovako:

---

```
#define PI (4.0 * atan(1.0))
```

---

Uočite vanjske zagrade oko izraza za **PI**. One služe korektnom uvrštavanju u složenije izraze, poput  $1/PI$ . Ako ih nema ...?

## Simboličke konstante (nastavak)

U ovakvim slučajevima, puno **bolje** je koristiti

• **inicijalizaciju** varijable i kvalifikator **const**.

Detaljni opis malo kasnije.

**Primjer.** “Prava” deklaracija **konstante** za  $\pi$ :

---

```
const double pi = 4.0 * atan(1.0);
```

---

# Varijable

Varijable su **simbolička imena** za **lokacije** u memoriji u koje možemo pohraniti neke vrijednosti. Imaju **adresu** i **sadržaj**.

Osnovni **tipovi** varijabli:

- **numerički** (cjelobrojni, realni, ...),
- **znakovni**,
- **pokazivači** — varijable koje sadrže adrese drugih varijabli.

**Ime** varijable je **identifikator**:

- **počinje slovom** i ima maksimalno **255** znakova,
- **razlikuju se mala i velika** slova: **a nije isto** što i **A**,
- **dozvoljeni znakovi** u imenu su: **slova**, **znamenke** i znak **\_**,
- **ključna riječ ne smije** biti ime varijable.

# Ime varijable

Primjer. Ispravna imena varijabli:

---

x    y2    rez\_mjerenja    Program\_V03    \_\_SYSTEM

---

Savjet. Izbjegavajte imena koja počinju znakom `_` (donja crta, engl. underscore), da ne dođe do kolizije sa sistemskim ili internim imenima!

Primjer. Neispravna imena varijabli:

---

"x"    ad-c    extern    3x

---



# Deklaracija varijable

Deklaracija određuje **ime** i **tip varijable**. Ima oblik:

---

```
tip ime;
```

---

gdje je **tip** = **tip** varijable, a **ime** = njezino **ime**.

Primjer.

---

```
int a, b;  
unsigned c;  
char d;
```

---

# Deklaracija varijable (nastavak)

Varijable **istog tipa** moguće je deklarirati u **istoj** deklaraciji **tipa**, a varijable (**imena**) se odvajaju **zarezom**.

Primjer.

---

```
short a, b, c;
```

---

Svaku od tih varijabli možemo deklarirati i u **zasebnoj** deklaraciji **tipa**:

---

```
short a;  
short b;  
short c;
```

---

# Inicijalizacija varijabli

Varijable se mogu **inicijalizirati** u trenutku **deklaracije**.

**Sintaksa** (pravilo pisanja):

---

```
tip varijabla = izraz;
```

---

Izraz se računa **odmah** — “na licu mjesta”, tj. sve **varijable** u njemu moraju imati **definiranu vrijednost**.

Znak **=** je **operator pridruživanja** vrijednosti.

**Primjer.**

---

```
int a = 7, b;  
unsigned c = 2345, c1 = c + 1;  
char d = '\t';
```

---

Varijable **a**, **c**, **c1** i **d** su **inicijalizirane**, a **b** **nije**.

# Deklaracija i inicijalizacija varijable

Uočite da svaka **varijabla** ima **dva** bitna dijela (ili atributa):

● **adresu** i **vrijednost** (ili sadržaj).

**Deklaracija** rezervira prostor, tj. “**dodjeljuje**” **adresu** varijabli. Međutim, **vrijednost** varijable **nije definirana**, osim kad

● eksplicitno **inicijaliziramo** varijablu u **deklaraciji**.

---

```
int a = 7, b;
```

---

Varijabla **a** je deklarirana i inicijalizirana — njezina adresa **&a** **ima** vrijednost i sama varijabla **a** **ima** vrijednost.

Za razliku od toga, varijabla **b** je deklarirana, ali **ne** i inicijalizirana. Dakle, **&b** **ima** vrijednost, ali **b** **nema**.

Bez deklaracije — **nema** adrese, a kamo li vrijednosti!

# Inicijalizacija varijabli (nastavak)

Varijable se mogu **inicijalizirati** i kvalifikatorom **const** (ključna riječ) na **početku** deklaracije.

- Prevoditelj tada **neće dozvoliti izmjenu** vrijednosti te varijable u programu. Drugim riječima, ta “varijabla”, zaista, ima **konstantnu** vrijednost.

Zgodno za **fizikalne** konstante, **faktore** pri pretvorbi jedinica.

Primjer.

---

```
const double c = 299792.458;  
const double e = 2.71828182845905;
```

---

Zbog točnosti, opet, ima i **boljih** rješenja. Recimo:

- `e = exp(1.0);`. Funkcija **exp** ( $= e^x$ ) je u `<math.h>`.

# Deklaracija polja

Polje je niz varijabli istog tipa, indeksiranih cjelobrojnim indeksom u rasponu od 0 do  $n - 1$ , gdje je  $n$  broj elemenata polja.

Deklaracija polja ima oblik:

---

```
tip ime[dimenzija];
```

---

gdje je:

- $tip = tip$  podataka svakog elementa polja,
- $ime$  je ime polja (zajedničko ime svih elemenata), a
- $dimenzija$  je broj elemenata polja.

Pojedini elementi polja razlikuju se po indeksu, koji se piše unutar uglatih zagrada.

# Deklaracija polja (nastavak)

Primjer.

```
float vektor[10];
```

Elementi polja su:

```
vektor[0], vektor[1], ..., vektor[9].
```

Svaki element polja je **varijabla** tipa **float**.

# Inicijalizacija polja

Polja se mogu **inicijalizirati** navođenjem popisa **vrijednosti** elemenata **polja** unutar **vitičastih** zagrada.

Primjer.

---

```
double x[] = {1.2, 3.4, -6.1};
```

---

**Dimenzija** polja se računa na osnovu **broja** konstanti u popisu unutar zagrada.

Prethodna deklaracija **rezervira** prostor za polje **x** s **3** elementa tipa **double** i **inicijalizira** ga na vrijednosti:

---

```
x[0] = 1.2,    x[1] = 3.4,    x[2] = -6.1.
```

---



# Inicijalizacija polja (nastavak)

Polje znakova može se inicijalizirati i konstantnim znakovnim nizom (stringom), a ne samo popisom znakova.

Primjer.

---

```
char tekst[] = "Init";
```

---

Ovo definira polje od 5 znakova (dodaje se i nul-znak `\0` na kraju stringa).

Ekvivalentne inicijalizacije su:

---

```
char tekst[5] = "Init";  
char tekst[] = {'I', 'n', 'i', 't', '\0'};  
char tekst[5] = {'I', 'n', 'i', 't', '\0'};
```

---

# Deklaracija pokazivača

Pokazivači su **varijable** koje sadrže **adrese** drugih varijabli (nekog zadanog tipa).

Deklaracija pokazivača sadrži **\*** (operator **dereferenciranja**):

---

```
tip *ime;
```

---

gdje je:

- 🔴 **ime** = ime **pokazivača** (varijable), a
- 🔴 **\*** označava da identifikator **ime nije** varijabla tipa **tip**, nego **pokazivač** na varijablu tipa **tip** (tj. sadrži **adresu** varijable tipa **tip**).

Za lakše čitanje: **tip \*ime** — kad **dereferenciramo ime** (uzmemo **sadržaj** na toj **adresi**) dobijemo objekt tipa **tip**.

## Deklaracija pokazivača (nastavak)

Deklaracije **varijabli** nekog **tipa** i **pokazivača** na **isti tip** mogu se pisati u jednom retku:

```
double u, *pu;
```

ili u više redaka:

```
double u;  
double *pu;
```

**Ekvivalentne** deklaracije su i ovo:

```
double *pu, u;  
double* pu, u;
```

tj. operator **\*** djeluje na **prvu sljedeću** varijablu!

## Inicijalizacija pokazivača

Varijablu tipa **pokazivač** smijemo **inicijalizirati** adresom neke druge, već **deklarirane** **varijable** (tako da ona ima adresu).

Primjer.

```
float u = 7.5f, *pu = &u;
```

Znak **&** je unarni operator **adresiranja** (uzimanja adrese).  
Pokazivač **pu** sadrži stvarnu adresu varijable **u**.

Do **vrijednosti** spremljene na adresi koju sadrži pokazivač dolazimo unarnim operatorom **dereferenciranja** — znak **\***.

```
*pu    /* Isto sto i sadrzaj od u, tj. 7.5f */
```

# Enumeracije

U C-u postoji još jedna vrsta konstanti, tzv. enumeracijske konstante. Te konstante su

- simbolička imena za cjelobrojne konstante, a pišu se kao identifikatori.

Enumeracija (nabrajanje ili pobrojani tip) je tip koji

- počinje ključnom riječi `enum`, a zatim sadrži
- popis takvih imena za cjelobrojne konstante u vitičastim zagradama (slično kao kod inicijalizacije).

Princip enumeracije (ako ne navedemo drugačije):

- prvom identifikatoru pridružuje se konstanta 0, drugom konstanta 1, i tako redom ...

# Enumeracijske konstante

Enumeracije su alternativa uvođenju simboličkih konstanti korištenjem pretprocesorske direktive `#define`.  
Svrha je ista: čitljivost programa.

Primjer.

```
enum { FALSE, TRUE };
```

Nakon te deklaracije, vrijednosti identifikatora su:

```
FALSE = 0,    TRUE = 1.
```

To je (skoro) ekvivalentno pretprocesorskim naredbama:

```
#define FALSE 0  
#define TRUE 1
```

# Ime tipa enumeracije

Enumeraciji možemo dati ime, odmah iza riječi `enum`.

- To ime je naziv (ime) za tip podataka koji sadrži samo vrijednosti iz te enumeracije.

Katkad se takav tip zove još i pobrojani tip.

Primjer.

---

```
enum logical { FALSE, TRUE };
```

---

Nakon toga možemo deklarirati varijable tipa te enumeracije.

Primjer.

---

```
enum logical x, y;
```

---

# Varijable tipa enumeracije

Te varijable mogu poprimiti **samo one vrijednosti** koje su navedene u **enumeraciji**.

Možemo ih koristiti na sljedeći način:

---

```
x = FALSE;  
...  
if (x == TRUE) y = FALSE;
```

---



# Deklaracija tipa enumeracije

Enumeracija se, općenito, **deklarira** naredbom oblika:

```
enum ime {clan_1, clan_2, ..., clan_n};
```

gdje je:

- **ime** = ime **enumeracije**, tj. pripadnog **enum tipa**,
- a **clan\_1, clan\_2, ..., clan\_n** predstavljaju **identifikatore** koji su **imena vrijednosti** u tom **tipu**.

Te vrijednosti mogu se pridružiti **varijabli** tipa **enum ime**.

Napomena.

- **Identifikatori** koji su imena za **vrijednosti** u tipu **moraju** biti međusobno **različiti**.

# Vrijednosti u tipu enumeracije

Ako **ne zadamo** (inicijaliziramo) vrijednosti za **identifikatore**, onda se tim **identifikatorima**

**automatski** pridružuju cjelobrojne vrijednosti.

Početna je **0**, a svaka **sljedeća** je za **1 veća** od prethodne.

---

```
clan_1 = 0
clan_2 = 1
...
clan_n = n - 1
```

---

**Varijable** tipa enumeracije **deklariraju** se naredbom:

---

```
enum ime var_1, var_2, ..., var_m;
```

---

## Tip i varijable, inicijalizacija vrijednosti u tipu

Deklaracije tipa **enumeracije** i **varijabli** tog tipa mogu se **spojiti** (ali nije naročito čitljivo):

```
enum ime {clan_1, clan_2, ..., clan_n}
        var_1, var_2, ..., var_m;
```

Vrijednosti koje se dodijeljuju pojedinim **identifikatorima**

🔴 mogu se **modificirati** — eksplicitnom **inicijalizacijom**.

Primjer.

```
enum esc_ch { BACKSPACE = '\b', TAB = '\t',
             NEWLINE = '\n', RETURN = '\r' };
```

Ovdje koristimo da su znakovi, zapravo, cijeli brojevi!

# Inicijalizacija vrijednosti u tipu enumeracije

Primjer.

```
enum boje {plavo = -1, zuto, crveno,  
           zeleno = 0, ljubicasto, bijelo};
```

Time dobivamo:

```
plavo = -1  
zuto = 0  
crveno = 1  
zeleno = 0  
ljubicasto = 1  
bijelo = 2
```

Uočiti: identifikatori moraju biti različiti, ali vrijednosti ne.

## Primjer enumeracije

**Primjer.** Uvođenje imena za mjesece u godini (umjesto brojeva) bitno poboljšava čitljivost.

```
enum month { JAN = 1, FEB, MAR, APR, MAY, JUN,  
            JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC };
```

Slično može i za dane u tjednu (probajte sami).

Kod deklaracije varijabli tipa enumeracije, dosad smo stalno za tip pisali dvije riječi: `enum ime`. To se može skratiti tako

• da ovom tipu damo novo ime u `typedef` deklaraciji.

# Imenovanje tipova — typedef

Opći oblik `typedef` deklaracije je:

```
typedef stari_tip novi_tip;
```

Primjer.

```
typedef float real;    /* za Pascalce */
real a, b;
enum logical { FALSE, TRUE };
typedef enum logical boolean;
boolean x, y, flag;
```

Identifikator `boolean` je **sinonim** (novo ime) za `enum logical`.

Može i kraće: `typedef enum { FALSE, TRUE } boolean;`

# Operatori i izrazi

# Sadržaj

- **Operatori i izrazi** (prvi dio):
  - Izraz, operandi i operatori.
  - Operator pridruživanja.
  - Aritmetički operatori.
  - Pretvaranje tipova u aritmetičkim izrazima.
  - Eksplicitno pretvaranje tipova — cast operator.
  - Redoslijed računanja izraza.
  - Prioritet i asocijativnost operatora.
  - Unarni operatori inkrementiranja i dekrementiranja.



# Izraz

Većina stvarnog posla kod izvršavanja programa svodi se na

- računanje vrijednosti raznih izraza u programu.

Tipična mjesta na kojima se pojavljuju izrazi su:

- desna strana naredbe pridruživanja, argument funkcije,
- uvjeti u uvjetnim naredbama i petljama,
- granice u petljama.

Kako se pišu i izračunavaju izrazi?

- Pravila pisanja strukture “izraza” su najkompliciraniji dio gramatike jezika C.
- Kog zanima, može pogledati zadnji dio knjige KR2.
- Dajemo “samo” relativno detaljni opis tih pravila.

# Operandi i operatori

Svaki **izraz** ima **tip** i **vrijednost**, a formira se od

- **operanada** i **operatora**.

**Operand** je **objekt** (vrijednost) nekog **tipa**. **Jezički** gledano, to može biti

- **konstanta**, **varijabla**, **vrijednost funkcije**, **podizraz**, itd.

**Operatori** djeluju na **operande** (određenih tipova) i daju neku **vrijednost** (nekog tipa) kao **rezultat**.

**C** je jezik **bogat operatorima**, jer podržava **sve operacije** koje se mogu izvesti na modernim računalima.

U ovom pregledu, **preskačemo** operatore vezane uz strukture i pokazivače. Njih obrađujemo kasnije.

# Operator pridruživanja

Osnovni operator pridruživanja je `=`. Prioritet mu je

niži od većine ostalih operatora (`,` je izuzetak).

To je zato da naredba pridruživanja, oblika

---

```
varijabla = izraz;
```

---

prvo izračuna `izraz` na desnoj strani, a onda tu vrijednost pridruži varijabli na lijevoj strani operatora.

Primjer.

---

```
x = 3.17;  
y = x + 5.342;  
a = a + 1;  
c = 'm';
```

---

# Aritmetički operatori

U programskom jeziku C postoji 5 aritmetičkih operatora:

operator	značenje
+	zbrajanje, unarni plus
-	oduzimanje, unarni minus
*	množenje
/	dijeljenje
%	ostatak (modulo)

Operatori - i + imaju dva različita značenja, ovisno o tome kako se operator napiše — obzirom na operand(e).

## Aritmetički operatori (nastavak)

Operator **promjene** predznaka  $-$  je **unarni** operator i

● piše se **ispred** operanda

(tzv. **prefiks** notacija).

---

`-operand`

---

Slično vrijedi i za **unarni**  $+$  (ne mijenja predznak).

Ostali **aritmetički** operatori su **binarni** i

● pišu se **između** dva operanda

(tzv. **infiks** notacija).

---

`operand_1 operacija operand_2`

---

# Aritmetički operatori (nastavak)

Aritmetički operatori djeluju na **numeričke** operande raznih tipova. **Operandi** mogu biti:

- nekog **cjelobrojnog** tipa,
- nekog **realnog** tipa,
- **znakovnog** tipa (**char** se prikazuje kao cijeli broj).

**Problem.** Kad operandi **nisu** istog tipa, kojeg **tipa** je **rezultat**?

- Tada dolazi do **konverzije** ili pretvaranja **tipova** po određenim pravilima (v. malo kasnije).

Za početak, pogledajmo kako **radi cjelobrojno dijeljenje!**

# Cjelobrojno dijeljenje

Operacija **dijeljenja**  $/$ , u slučaju kad su

• oba operanda cjelobrojna,

daje **cjelobrojan** rezultat (operacija **div** od ranije).

Po **C99** standardu, rezultat se uvijek dobiva **zaokruživanjem** kvocijenta **prema nuli**. Dakle, vrijedi:

---

$$3/2 = 1 \quad -3/2 = -1$$

---

Po **C90** standardu, to vrijedi za **pozitivne** operande. Inače, ako je bar jedan operand **negativan**, rezultat **ovisi o implementaciji**.

**Napomena.** Ako je **bar jedan** operand realan broj, dijeljenje je uobičajeno dijeljenje **realnih brojeva**, pa je  $3.0/2 = 1.5$ .

# Cjelobrojni ostatak (modulo)

Operator `%` (modulo) djeluje **samo** na **cjelobrojnim** operandima i kao rezultat daje

● **cjelobrojni ostatak** pri **cjelobrojnom** dijeljenju operanada.  
(operacija **mod** od ranije).

Primjer. Za  $x = 10$  i  $y = 3$  dobivamo

---

$$x / y = 3 \quad x \% y = 1$$

---

**Ostatak** se računa tako da uvijek **vrijedi** (osim za  $y == 0$ ):

---

$$(x / y) * y + x \% y == x$$

---

Dakle, **ostatak** ima predznak **prvog** operanda.



# Veza cjelobrojnog i običnog dijeljenja

Ponavljanje:  $a = q \cdot b + r$

● kvocijent  $q$  se uvijek “zaokružuje” prema nuli,

$$a / b = a \text{ div } b = q = \text{sign} \left( \frac{a}{b} \right) \cdot \left\lfloor \left| \frac{a}{b} \right| \right\rfloor,$$

● ostatak  $r$  ima isti predznak kao i  $a$ .

$$a \% b = a \text{ mod } b = r = \text{sign}(a) \cdot (|a| \text{ mod } |b|).$$

Za ostatak  $r$  ovdje vrijedi:

● ako je  $a \geq 0$ , onda je  $r \in \mathbb{Z}_b$ , tj.  $0 \leq r < |b|$ ,

● ako je  $a < 0$ , onda je  $r \in -\mathbb{Z}_b$ , tj.  $-|b| < r \leq 0$ .

Onda je  $(a \text{ div } b) * b + a \text{ mod } b = a$ , za svaki  $b \neq 0$ .

# Konverzije (pretvaranja) tipova

U C programu, svaka vrijednost ima svoj tip. Na određenim mjestima u programu pojavljuje se potreba za pretvaranjem vrijednosti iz jednog tipa u neki drugi tip.

Konverzije ili pretvaranja tipova događaju se automatski (po C standardu) na sljedećim mjestima.

- U aritmetičkim izrazima, kad neka operacija djeluje na operande različitog tipa.
- U operaciji pridruživanja, ako tip lijeve strane nije isti kao tip desne strane.
- Pri prijenosu argumenata u funkciju, ako su stvarni i formalni argument različitog tipa.
- Pri prijenosu vrijednosti iz funkcije na mjesto poziva, ako je vraćena vrijednost različitog tipa od deklariranog.

# Konverzije u aritmetičkim izrazima

Kad aritmetički operator ima dva operanda **različitog** tipa, onda dolazi do

- **konverzije** ili pretvaranja **tipova**.

U pravilu:

- **prije** operacije, operand “**nižeg**” ili “**užeg**” tipa se **promovira**, odnosno, **pretvara** u “**viši**” ili “**širi**” tip,
- **zatim** se izvršava **operacija** — sad na operandima **istog** tipa,
- **rezultat** operacije ima taj **isti** (zajednički) tip.

Ovo **pretvaranje** se radi **onim redom** kojim se **izvršavaju operacije** u izrazu, tj. po **prioritetu** operacija (v. kasnije).

# Konverzije u aritmetičkim izrazima (nastavak)

Pravila konverzije tipova u aritmetičkim izrazima:

Operandi tipa `short` i `char` (s predznakom ili bez njega) **automatski** se konvertiraju u `int` ili `unsigned int`, i to **prije** **svake** aritmetičke operacije.

- Ako je `short` **kraći** od `int`, onda konverzija ide u `int`.  
(Ovo je **najčešći** slučaj u modernim realizacijama C-a.)
- Ako je `short` **isto** što i `int`, onda je `unsigned short` **širi** od `int`, pa konverzija ide u `unsigned int`.

U **svakoj** operaciji koja uključuje operande **različitih** tipova, **prije** izvršenja operacije, vrši se **konverzija** operanada u **širi tip** (od ta dva).

# Konverzije u aritmetičkim izrazima (nastavak)

Tipovi su, prema širini, poredani na sljedeći način, od najšireg prema najužem:

- long double,
- double,
- float,
- unsigned long long,
- long long,
- unsigned long,
- long,
- unsigned int,
- int.

# Konverzije u aritmetičkim izrazima (nastavak)

Jedina **iznimka** je kad su `long` i `int` isti (**najčešće** je tako).

- 🔴 Tada je `unsigned int` **isto** što i `unsigned long`, pa je **širi** od `long`,
- 🔴 tj. možemo uzeti da tablica vrijedi za “jači” tip `long`.

**Uži** tipovi od `int` se ovdje **ne pojavljuju**, jer se oni **automatski** konvertiraju u `int` ili `unsigned int` (prema prvom pravilu).

## Napomena.

- 🔴 Kod **ovih** konverzija **nema gubitka** informacije, osim, eventualno, kod pretvaranja **cjelobrojnog** tipa u **realni**.

(Na primjer, “dugački” cjelobrojni u “kratki” realni tip.)

# Konverzije kod pridruživanja

U operaciji pridruživanja dolazi do konverzije, ako tip lijeve strane nije isti kao tip desne strane. Tada se:

- operand na desnoj strani konvertira u tip operanda na lijevoj strani.

Pri tome može doći do gubitka informacije,

- ako se širi tip konvertira u uži.

Najčešći primjer je pretvaranje realnog u cjelobrojni tip.

- To se radi “odbacivanjem”, tj. zaokruživanjem prema nuli.

Na primjer, ako je  $x$  varijabla tipa `float` i  $n$  varijabla tipa `int`, prilikom pridruživanja  $n = x$ , doći će do odsjecanja decimala u broju  $x$ .

# Konverzije tipova — primjer

## Primjer.

```
double x = 2.0;
float y = 3.0f;
int z;
...
z = x + y;
```

Ovdje imamo **dvije** konverzije tipova:

- prvo se **y**, **prije zbrajanja**, pretvara iz **float** u **double**,
- rezultat zbrajanja je tipa **double**,
- a zatim se u **naredbi pridruživanja**, taj rezultat pretvara u tip **int** varijable **z** na lijevoj strani naredbe (zaokruživanjem **prema nuli**).



# Konverzije kod prijenosa argumenata

Do konverzije pri prijenosu argumenata u funkciju dolazi ako su stvarni i formalni argument različitog tipa.

Naime, stvarni argument je, općenito, izraz. Kad se izračuna njegova vrijednost, taj rezultat ima neki tip.

- Ako taj tip nije isti kao i tip pripadnog formalnog argumenta, dolazi do konverzije.

Pravilo ovisi o tome ima li funkcija prototip (zaglavlje) ili ne.

- Ako funkcija nema prototipa, onda se svaki argument tipa char i short konvertira u int, a float u double.
- Ako funkcija ima prototip, onda se svi stvarni argumenti pri pozivu konvertiraju (ako je to potrebno) u tipove deklarirane u prototipu.

# Konverzije kod prijenosa argumenata — primjer

Primjer.

---

```
void f(float);  
...  
f(2.4);
```

---

Ovdje imamo **konverziju** tipova.

- **Stvarni argument** funkcije je **konstanta 2.4 (double)**.
- U **prototipu** funkcije, pripadni **formalni argument** je tipa **float**.
- Dolazi do **konverzije** iz tipa **double** u tip **float** i funkcija radi s **2.4f**.

Usput dolazi i do **gubitka točnosti!**

# Eksplicitne konverzije — cast operator

Vrijednost nekog **izraza** može se **eksplicitno** pretvoriti u željeni **tip**, tako da

- **ispred** izraza, u **zagradama** navedemo **ime** tog **tipa**.

Sintaksa:

---

```
(tip_podataka) izraz
```

---

Ovdje je:

- **(tip\_podataka)** tzv. **cast** operator, ili operator **eksplicitne konverzije tipa** (**unarni**).

**Prvo** se računa **vrijednost** izraza, a **onda** se radi **konverzija**.

Ako **izraz** sadrži druge **operatore**, treba ga zatvoriti u **zagrade** — **(izraz)**, zbog **visokog prioriteta** “cast” operatora.

# Eksplicitne konverzije — primjeri

Primjer.

---

```
double x;  
float y;  
...  
x = (double) y;
```

---

**Vrijednost** varijable **y** **eksplicitno** se pretvara u tip **double** (naravno, **točnost** te vrijednosti se **nije** povećala sama od sebe).

**Napomena.** **Eksplicitna** konverzija ovdje **nije** potrebna. Ista konverzija se radi po standardnim pravilima.

Usput, u **C**-u je **pogrešno** napisati: **x = double(y);**  
(dozvoljeno u **C++**).

# Eksplicitne konverzije — primjeri (nastavak)

Primjer.

```
double x;  
int i, j;  
...  
j = ((int) (i + x)) % 2;
```

Ovdje je **eksplicitna** konverzija **nužna**, jer:

- operator **%** djeluje na **cjelobrojne** operande, a
- vrijednost** izraza **i + x** ima tip **double**.

Uočiti **zagrade** oko **izraza** koji se konvertira. One su **nužne**, zbog **visokog prioriteta** “cast” operatora (v. malo kasnije).

“**Vanjske**” zagrade **ne trebaju**, osim za **čitljivost**.

## Eksplisitne konverzije — primjeri (nastavak)

Prototip funkcije `sqrt` za drugi korijen iz matematičke biblioteke (zaglavlje `<math.h>`) je:

```
double sqrt(double);
```

Ako je `n` cjelobrojna varijabla tipa `int`, možemo pisati

```
x = sqrt((double) n);
```

za računanje  $x = \sqrt{n}$ . Međutim, ovdje eksplisitna konverzija nije nužna, zbog pravila o konverziji kod prijenosa argumenata u funkciju. Iz istog razloga, korektno radi i

```
x = sqrt(2);
```

# Redoslijed računanja izraza

Redoslijed računanja operacija u nekom izrazu određen je prioritetoj pojedinih operatora.

- Svi operatori grupirani su hijerarhijski u grupe, prema svom prioritetu.
- Operatori višeg prioriteta izvršavaju se prije onih s nižim prioritetom.
- Kad imamo više operatora istog prioriteta, redoslijed izvršavanja određen je
  - smjerom asocijativnosti te grupe operatora.
- Obične zagrade ( ) služe za promjenu redoslijeda izvršavanja, tako da se uvijek
  - prvo računa podizraz u zagradama.

# Prioritet operacija

Za aritmetičke operatore vrijede standardna pravila prioriteta:

- multiplikativni operatori ( $*$ ,  $/$ ,  $%$ ) imaju viši prioritet od aditivnih ( $+$ ,  $-$ ),
- unarni operator  $-$  promjene predznaka ima viši prioritet od svih binarnih.

Operator pridruživanja  $=$  ima niži prioritet od većine ostalih operatora, zato da naredba pridruživanja

---

```
varijabla = izraz;
```

---

(ujedno i izraz) radi onako kako očekujemo:

- prvo izračunaj izraz na desnoj strani,
- a onda pridruži tu vrijednost objektu na lijevoj strani.



# Prioritet operacija — primjeri

Primjer.

---

$$x = 2 + 4 / 2;$$

---

daje rezultat  $x = 4$ , dok

---

$$x = (2 + 4) / 2;$$

---

daje rezultat  $x = 3$ .

Dakle, **zagrada** imaju “najviši” prioritet (kao u matematici).

# Asocijativnost operatora

Već smo rekli da **zagrade** koristimo zato da bismo

- eksplicitno **grupirali operande** oko **operatora**.

Ako **nema zagrada**, operandi se **grupiraju** oko operatora koji (tog trena) ima **najviši** prioritet.

Kad **više** operatora ima **isti** (trenutno najviši) prioritet,

- **redoslijed** izvršavanja određen je pravilom **asocijativnosti** te **grupe** operatora.

**Asocijativnost** može biti:

- **slijeva nadesno**, oznaka  $L \rightarrow D$  (uobičajeno, kako čitamo),
- **zdesna nalijevo**, oznaka  $D \rightarrow L$  (obratno od čitanja).

## Asocijativnost operatora — primjer

Ako imamo dva operatora **istog** prioriteta, čija je **asocijativnost slijeva nadesno** ( $L \rightarrow D$ ), onda se

operandi **prvo grupiraju** oko **lijevog** operatora.

**Primjer.** Aditivni operatori imaju uobičajenu asocijativnost  $L \rightarrow D$ , pa je

---

$$a - b + c$$

---

ekvivalentno s

---

$$(a - b) + c$$

---

a **ne** s  $a - (b + c)$ !

Baš **zato** je **asocijativnost** aritmetičkih operatora  $L \rightarrow D$ .

# Trenutna tablica prioriteta operatora

Kategorija	Operatori	Asocijativnost
unarni	+ - * & (type)	$D \rightarrow L$
aritm. mult.	* / %	$L \rightarrow D$
aritm. adit.	+ -	$L \rightarrow D$
pridruživanje	=	$D \rightarrow L$

Objašnjenje za asocijativnost operatora pridruživanja = ( $D \rightarrow L$ ) ide malo kasnije.

Asocijativnost svih unarnih operatora je  $D \rightarrow L$ , zato što se obično pišu ispred operanda (prefiks notacija). Izuzetak su ++ i --, koji se mogu pisati i iza operanda (postfiks notacija).

Razmislite zašto to mora biti tako, tj. ispred povlači  $D \rightarrow L$ .

# Nema pravila za redosljed operanada!

**Napomena.** Kod binarnih operatora nema pravila kojim redom se računaju operandi.

Sasvim općenito, u primjeru

---

izraz\_1 operacija izraz\_2

---

nema pravila po kojem bi se

- izraz\_1 trebao izračunati prije izraz\_2.

Dozvoljeno je i obratno. Zato, oprez!

To, uglavnom, nije neki problem za “obične” izraze, ali može “biti svega” u složenijim izrazima. Na primjer,

- kod poziva funkcija koje mijenjaju okolne (globalne) varijable — recimo,  $f(x) + g(y)$ .

# Operator inkrementiranja

Operator **inkrementiranja** `++` je **unarni** operator koji

- **povećava** vrijednost **varijable** za **1**.

Operand **mora** biti **varijabla** (**ne smije** biti **izraz**) i mora biti nekog **brojevnog** ili kompatibilnog tipa (na pr. **pokazivač**).

Naredba

---

```
++x;
```

**ekvivalentna** je naredbi

---

```
x = x + 1;
```

Na ovom mjestu možemo koristiti i **postfiks** notaciju `x++`, s **istim** značenjem.

# Operator dekrementiranja

Operator **dekrementiranja** `--` je **unarni** operator koji

• **smanjuje** vrijednost **varijable** za 1.

Naredba

---

```
--x;
```

**ekvivalentna** je naredbi

---

```
x = x - 1;
```

Na ovom mjestu možemo koristiti i **postfiks** notaciju `x--`, s **istim** značenjem.

# Inkrementiranje i dekrementiranje (nastavak)

Razlika između **prefiks** i **postfiks** notacije ovih operatora pojavljuje se u **složenim** izrazima, s **više** operatora.

U **prefiks** notaciji (**++x**, **--x**)

- 🕒 **prvo** se **promijeni** vrijednost varijable, a
- 🕒 **onda** se ta vrijednost **iskoristi** u složenom izrazu.

U **postfiks** notaciji (**x++**, **x--**)

- 🕒 **prvo** se (trenutna) vrijednost varijable **iskoristi** u složenom izrazu, a
- 🕒 **onda** se **promijeni** vrijednost varijable.



## Inkrementiranje i dekrementiranje (nastavak)

Ova dva operatora (u obje forme) vrlo se često koriste za povećavanje ili smanjivanje brojača u petljama (na pr. `for`).

```
for (brojac = 0; brojac < n; ++brojac) ... ;  
for (brojac = n; brojac > 0; --brojac) ... ;
```

U ovakvim primjerima, potpuno je svejedno koju formu operatora koristimo — prefiks ili postfiks.

Inače, treba paziti na razliku između jedne i druge forme, tj. pažljivo izabrati koju formu stvarno želimo.

# Prefiks i postfiks forma — primjeri

## Primjer.

---

```
x = 3;  
y = ++x;    /* daje y = 4, x = 4 */  
y = x++;    /* daje y = 4, x = 5 */
```

---

## Primjer.

---

```
i = 7;  
printf("i = %d\n", --i); /* ispisuje i = 6 */  
printf("i = %d\n", i--); /* ispisuje i = 6 */  
printf("i = %d\n", i);   /* ispisuje i = 5 */
```

---

## Inkrementiranje i dekrementiranje (nastavak)

**Oprez.** Kod složenih izraza, **nema** pravila o tome **kad** se **mijenja** vrijednost varijable, obzirom na **računanje cijelog** izraza:

- prije (poslije) računanja **čitavog** izraza ili naredbe,
- **tik prije** (poslije) korištenja **trenutne** vrijednosti pojedine varijable u procesu računanja vrijednosti izraza.

To **nije** opasno ako se **varijabla** na koju djeluje **++** ili **--** pojavljuje samo **jednom** u izrazu ili naredbi.

Međutim, ako se takva **varijabla** javlja **više** puta, rezultat može biti **različit** na različitim **C** prevoditeljima (**Intel**, **Gnu**)!

Opasni primjeri (v. **KR2**, str. **53–54**):

•  $j = i++ + i++$ ,  $k = ++i + ++i$ ,  $a[i] = i++$ .