

Programiranje 1

7. predavanje

Saša Singer

`singer@math.hr`

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

PMF – Matematički odsjek, Zagreb

Sadržaj predavanja

- **Operatori i izrazi** (drugi dio):
 - sizeof operator.
 - Relacijski operatori.
 - Logički operatori.
 - Skraćeno računanje logičkih izraza.
 - Operatori nad bitovima.
 - Operator pridruživanja i složeni operatori pridruživanja.
 - Uvjetni operator `? : .`
 - Operator zarez `,`.
 - Tablica prioriteta i asocijativnosti operatora.

Informacije — kolokviji

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

Službeni termini svih **kolokvija** su:

- **Prvi** kolokvij: **ponedjeljak**, 24. 11. 2014., u **15** sati.
- **Drugi** kolokvij: **ponedjeljak**, 2. 2. 2015., u **15** sati.
- **Popravni** kolokvij: **ponedjeljak**, 16. 2. 2015., 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:

- preuzeti korisnički račun u Računskom centru.
- Računi se “preuzimaju” svaki dan, od 12:30 do 14:30 sati.

Promijenite password!

Nadalje, treba:

- obaviti prijavu i, zatim, potvrditi prijavu u aplikaciji za tzv. “domaće zadaće”, na web-adresi

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

Informacije — korektna prijava

Bitno: Prilikom prijave u aplikaciju za “ku”,

- svoje podatke trebate upisati korektno, što, između ostalog, znači i
- korištenje hrvatskih znakova u imenu i prezimenu!

Za početak, pažljivo čitajte upute na stranici za prijavu.

- Za svako od 6 polja koja treba popuniti,
 - dva gore, i još četiri malo niže — kod prve prijave,
- čim kliknete na polje,
 - uredno vam se pokaže uputa što treba upisati.

Zato, čitajte — prije popunjavanja i slanja!

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 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 sasvim zadovoljavajući — oko 240.

Zabrinjava broj nepotvrđenih prijava:

- 9, od toga čak 7 starijih od 7 dana!

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.

Operatori i izrazi (prvi dio) ponavljanje

Sadržaj

- **Operatori i izrazi** (prvi dio) — ponavljanje:
 - Aritmetički operatori.
 - Pretvaranje tipova u aritmetičkim izrazima.
 - Unarni operatori inkrementiranja i dekrementiranja.

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.

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)

Na primjer:

- Operandi tipa `char` i `short` (s predznakom ili bez njega) **automatski** se pretvaraju u tip `int` ili `unsigned int`, i to **prije svake** aritmetičke operacije.
- Ako su operandi tipa `float` i `double`, onda se, **prije** izračunavanja,
 - `float` pretvara u `double`.
- Ako je jedan od operanada **realnog** tipa (`float`, `double`), a drugi **cjelobrojnog** (`int`, `unsigned`, `long`, ...), onda se
 - **cjelobrojni** tip pretvara u **realni**.

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 .

Operatori inkrementiranja i dekrementiranja

Operatori inkrementiranja i dekrementiranja pišu se u prefiks i postfix obliku.

Značenje: $++x$ i $x++$ znači “povećaj x za 1”, a $--x$ i $x--$ znači “smanji x za 1”.

Primjer. Razlika između prefiksa i postfixa — kad se izvrši operacija inkrementiranja/dekrementiranja!

```
/* prefiks */                /* postfix */
int x, z;                    int x, z;
x = 3;                       x = 3;
z = ++x - 2;                 z = x++ - 2;
                               /* rezultati */
/* x = 4, z = 2 */          /* x = 4, z = 1 */
```

Operatori i izrazi (nastavak)

Sadržaj

- **Operatori i izrazi** (drugi dio):
 - sizeof operator.
 - Relacijski operatori.
 - Logički operatori.
 - Skraćeno računanje logičkih izraza.
 - Operatori nad bitovima.
 - Operator pridruživanja i složeni operatori pridruživanja.
 - Uvjetni operator `? : .`
 - Operator zarez `,`.
 - Tablica prioriteta i asocijativnosti operatora.

Operator sizeof

Operator `sizeof` vraća **veličinu** svog **operanda** u **bajtovima**.

- Operand može biti **izraz** (ne izračunava se) ili **tip podatka**, zatvoren u zagrade: **(tip)**.

Primjer.

```
int i;
double x;
printf("Velicina tipa int      = %u\n",
      sizeof i);    // moze i sizeof(i)
printf("Velicina tipa double = %u\n",
      sizeof x);    // moze i sizeof(x)
```

Na standardnim računalima rezultati su **4** i **8**.

Ovdje je operand **izraz** (sastavljen od jedne **varijable**).

Operator sizeof (nastavak)

Isti efekt postizemo ako `sizeof` primijenimo na tip podatka:

```
printf("Velicina tipa int      = %u\n",
      sizeof(int));
printf("Velicina tipa double = %u\n",
      sizeof(double));
```

Napomena. Po “definiciji”, `sizeof(char)` je uvijek jednak 1.

Kod složenijih tipova podataka dobivamo ukupan broj bajtova koji podatak (tog tipa) zauzima.

Na primjer, za polje dobivamo “veličinu” cijelog polja (ako smo u funkciji u kojoj je rezervirana memorija za polje, inače ne — v. kasnije).

Operator sizeof (nastavak)

Primjer.

```
char tekst[] = "Program";  
printf("Broj znakova u varijabli tekst = %u\n",  
      sizeof(tekst));
```

ispisuje

```
Broj znakova u varijabli tekst = 8
```

Operator `sizeof` vraća cjelobrojnu vrijednost bez predznaka (zato `%u`) koja ovisi o implementaciji.

Pripadni tip definiran je u datoteci zaglavlja `<stddef.h>` i zove se `size_t` (tip za “veličine”, ili “duljine” objekata).

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

Operator `sizeof` je

• unarni operator, asocijativnost $D \rightarrow L$,

i pripada istoj prioritetnoj grupi kao i ostali unarni operatori.

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|---------------|--|-------------------|
| unarni | <code>++</code> <code>--</code> <code>+</code> <code>-</code> <code>*</code> <code>&</code> <code>(type)</code> <code>sizeof</code> | $D \rightarrow L$ |
| aritm. mult. | <code>*</code> <code>/</code> <code>%</code> | $L \rightarrow D$ |
| aritm. adit. | <code>+</code> <code>-</code> | $L \rightarrow D$ |
| pridruživanje | <code>=</code> | $D \rightarrow L$ |

Relacijski operatori

Jezik C ima šest relacijskih operatora:

 $<$, $<=$, $>$, $>=$, $==$, $!=$,

podijeljenih u dvije grupe po prioritetu.

Standardni ili “uređajni” relacijski operatori su:

| operator | značenje |
|----------|-------------------|
| $<$ | strogo manje |
| $<=$ | manje ili jednako |
| $>$ | strogo veće |
| $>=$ | veće ili jednako |

Oni imaju isti prioritet, niži od prioriteta aritmetičkih i unarnih operatora.

Operatori jednakosti

Operatori jednakosti su:

| operator | značenje |
|-----------------|-----------|
| <code>==</code> | jednako |
| <code>!=</code> | različito |

Oni imaju zasebnu prioritetnu grupu s

- manjim prioritetom od standardnih relacijskih operatora.

Asocijativnost relacijskih operatora i operatora jednakosti je

- slijeva udesno, $L \rightarrow D$.

Relacijski operatori — primjer

Primjer.

```
int a = 1, b = 20, limit = 100;
int rezultat;

rezultat = a < b;
    /* rezultat = 1 (istina), jer 1 < 20 */

rezultat = a == b;
    /* rezultat = 0 (laz), jer 1 != 20 */

rezultat = (a + 10) >= limit;
    /* rezultat = 0 (laz), jer (1 + 10) < 100 */
```

Napomena. Ne smije se napisati \Rightarrow ili \Leftarrow !

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|----------------|--------------------------------|-------|
| unarni | ++ -- + - * & (type) sizeof | D → L |
| aritm. mult. | * / % | L → D |
| aritm. adit. | + - | L → D |
| relacijski | < <= > >= | L → D |
| rel. jednakost | == != | L → D |
| pridruživanje | = | D → L |

Logički izrazi

Relacijskim operatorima formiraju se tzv. **logički izrazi**.

Njihova vrijednost je

• **istina** (1) ili **laž** (0).

C90 nema poseban logički tip, pa je **vrijednost logičkih** izraza tipa **int**.

Primjer. Za $i = 1$, $j = 2$, $k = 4$ imamo

| izraz | istinitost | vrijednost |
|------------------|------------|------------|
| $i < j$ | istinito | 1 |
| $(i + j) \geq k$ | neistinito | 0 |
| $i == 2$ | neistinito | 0 |
| $k != i$ | istinito | 1 |

Logički izrazi (nastavak)

Prioritet relacijskih operatora **niži** je od prioriteta aritmetičkih operatora.

Zato je izraz

$$i \geq 'A' - 'a' + 1$$

ekvivalentan s

$$i \geq ('A' - 'a' + 1)$$

Prioritet je “podešen” tako

👉 da **zagrade ne treba** pisati,

iako je katkad korisno — za čitljivost, kao u $(i + j) \geq k$.

Logički operatori

Složeniji logički izrazi tvore se pomoću logičkih operatora:

| operator | značenje |
|----------|---------------------------|
| ! | logička negacija (unarna) |
| && | logičko I |
| | logičko ILI |

Operandi logičkih operatora su logičke vrijednosti (najčešće, logički izrazi), s tim da se

- svaka cjelobrojna vrijednost različita od nule interpretira kao istina,
- a samo nula se interpretira kao laž.

Vrijednost složenog logičkog izraza je 0 (laž) ili 1 (istina).

Logički operatori (nastavak)

Svaki od logičkih operatora ima svoj poseban prioritet.

- Unarni operator **!** (logička negacija) spada u istu grupu kao i ostali unarni operatori.
 - Asocijativnost je, također, $D \rightarrow L$.
- Binarni operatori **&&** i **||** imaju niži prioritet od relacijskih i aritmetičkih operatora.
 - Asocijativnost je uobičajena, slijeva udesno, $L \rightarrow D$.
- Operator **&&** (logičko **i**, što odgovara množenju) ima viši prioritet od **||** (logičko **ili**, što odgovara zbrajanju).

Logički operatori (nastavak)

Primjer. Ako je

• `i > 1` i `c == 't'` istinito, a

• `j < 6` lažno,

onda je:

| izraz | istinitost | vrijednost |
|---|------------|------------|
| <code>i > 1 j < 6</code> | istinito | 1 |
| <code>i > 1 && j < 6</code> | neistinito | 0 |
| <code>!(i > 1)</code> | neistinito | 0 |
| <code>i > 1 && (j < 6 c != 't')</code> | neistinito | 0 |

Uočite da u tablici pišu samo one zagrade koje zaista hoćemo — za promjenu prioriteta.

Logički operatori — primjer 1

Primjer.

```
int a = 0, b = 10, c = 100, d = 200;  
int rezultat;
```

```
rezultat = !(c < d);  
/* rezultat = 0, jer !(100 < 200) = !1 = 0 */
```

```
rezultat = (a - b) && 1;  
/* rezultat = 1, jer -10 && 1 = 1 */
```

```
rezultat = d || b && a;  
/* rezultat = 1, jer 200 || (10 && 0) */
```

Logički operatori — primjer 2

Primjer. Operator **negacije** **!** može se koristiti i ovako:

```
if (!zadovoljava) ...
```

što je ekvivalentno s

```
if (zadovoljava == 0) ...
```

Prvi oblik je **zgodan** za **logičke** testove (“ako ne zadovoljava, onda ...”).

Drugi oblik je **čitljiviji** za **numeričke** testove.

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|----------------|----------------------------------|-------|
| unarni | ! ++ -- + - * & (type) sizeof | D → L |
| aritm. mult. | * / % | L → D |
| aritm. adit. | + - | L → D |
| relacijski | < <= > >= | L → D |
| rel. jednakost | == != | L → D |
| logičko I | && | L → D |
| logičko ILI | | L → D |
| pridruživanje | = | D → L |

Skraćeno izračunavanje logičkih izraza

Logički izrazi koji se sastoje od pojedinačnih logičkih izraza

- povezanih binarnim operatorima `&&` i `||`

izračunavaju se slijeva nadesno ($L \rightarrow D$).

Važno. U C-u se koristi tzv. skraćeno izračunavanje takvih izraza. To znači da se

- izraz prestaje računati onog trena kad njegova vrijednost postane poznata.

Standardni primjeri. U izrazima:

- `op1 || op2` — ako je `op1` istinit, `op2` se ne računa.
- `op1 && op2` — ako je `op1` lažan, `op2` se ne računa.

Izračunavanje logičkih izraza (nastavak)

Skraćeno izračunavanje logičkih izraza se vrlo često koristi u programima. Pri tome treba biti oprezan

• kojim redom pišemo pojedine izraze, jer može doći do grešaka koje se relativno teško otkrivaju!

Primjer. U odsječku kôda

```
char x[128];  
for (i = 0; i < 128 && x[i] != 'a'; ++i) {  
    ...  
}
```

za $i = 128$ (na kraju petlje), neće doći do ispitivanja $x[i] \neq 'a'$, što je korektno, jer $x[128]$ ne postoji!

Izračunavanje logičkih izraza (nastavak)

Za **razliku** od prethodnog, kôd s **obratnim** poretком izraza

```
char x[128];  
for (i = 0; x[i] != 'a' && i < 128; ++i) {  
    /* GRESKA */  
    ...  
}
```

za $i = 128$,

prvo ispituje je li $x[128]$ različito od 'a',
što je **greška** (“gazimo” po memoriji).

Operatori — zadaća

Primjer. Koristi složene operatore pridruživanja (v. malo iza).

```
#include <stdio.h>
#define PR(x) printf("%d\n", (x));

int main(void) {
    int x, y, z;
    x = -4 % 4 / 4 + -4;          PR(x);
    y = 4 / -x ++ -4;           PR(x); PR(y);
    y *= z = x + 4 == 4 / -y;   PR(y); PR(z);
    x = x || y && --z;          PR(x); PR(y); PR(z);
    PR(++x && ++y || ++z) ;    PR(x); PR(y); PR(z);
    return 0; }

```

Rješenje: -4 , -3 , -3 , -3 , 1 , 1 , -3 , 1 (ne 0), 1 , 2 , -2 , 1 .

Operatori nad bitovima

Operatori nad bitovima mogu se primijeniti na cjelobrojne tipove podataka `char`, `short`, `int` i `long` (s predznakom ili bez njega), a djeluju na bitove u prikazu podatka:

| operator | značenje |
|-----------------------|------------------------------------|
| <code>~</code> | 1-komplement (negacija bit-po-bit) |
| <code><<</code> | lijevi pomak bitova |
| <code>>></code> | desni pomak bitova |
| <code>&</code> | logičko I bit-po-bit |
| <code>^</code> | ekskluzivno logičko ILI bit-po-bit |
| <code> </code> | logičko ILI bit-po-bit |

Operator `~` je unarni, a svi ostali operatori su binarni.

Pazite na razliku između `&`, `|` (po bitovima) i `&&`, `||` (logički).

Logički operatori nad bitovima

Operatori $\&$, \wedge i $|$ uzimaju dva operanda i vrše operacije na bitovima koji se nalaze na odgovarajućim mjestima.

Definicije operacija za odgovarajući par bitova dane su u sljedećoj tablici:

| b1 | b2 | b1 & b2 | b1 ^ b2 | b1 b2 |
|----|----|---------|---------|---------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Svaki ima svoj prioritet, redom: $\&$, \wedge , $|$ — ispod relacijskih jednakosti, iznad logičkog $\&\&$. Asocijativnost je $L \rightarrow D$.

Oprez! C nema binarnih konstanti!

Logički operatori nad bitovima (nastavak)

Primjer. Uzmimo da su **a** i **b** cjelobrojne varijable duljine 16 bitova (za lakše “crtanje”).

Logičko I (oba bita = 1):

$$\begin{array}{rcl} a & = & 0x0003 \quad /* = 0000\ 0000\ 0000\ 0011 */ \\ b & = & 0x0009 \quad /* = 0000\ 0000\ 0000\ 1001 */ \\ \hline a \ \& \ b & = & 0x0001 \quad /* = 0000\ 0000\ 0000\ 0001 */ \end{array}$$

Logičko ILI (bar jedan bit = 1):

$$\begin{array}{rcl} a & = & 0x0003 \quad /* = 0000\ 0000\ 0000\ 0011 */ \\ b & = & 0x0009 \quad /* = 0000\ 0000\ 0000\ 1001 */ \\ \hline a \ | \ b & = & 0x000b \quad /* = 0000\ 0000\ 0000\ 1011 */ \end{array}$$

Logički operatori nad bitovima (nastavak)

Ekskluzivno logičko ILI (točno jedan bit = 1):

$$a = 0x0003 \quad /* = 0000 \ 0000 \ 0000 \ 0011 \ */$$

$$b = 0x0009 \quad /* = 0000 \ 0000 \ 0000 \ 1001 \ */$$

$$a \wedge b = 0x000a \quad /* = 0000 \ 0000 \ 0000 \ 1010 \ */$$

Logički operator 1–komplement

Unarni operator 1–komplement (\sim) djeluje tako da jedinice u zapisu pretvara u nule i obratno, nule u jedinice.

Primjer. Neka je a cjelobrojna varijabla duljine 16 bitova (za lakše “crtanje”).

1–komplement (svaki bit u suprotni):

$$\begin{array}{l} a = 0x0c03 \quad /* = 0000\ 1100\ 0000\ 0011 \quad */ \\ \hline \sim a = 0xf3fc \quad /* = 1111\ 0011\ 1111\ 1100 \quad */ \end{array}$$

Operatori pomaka

Operatori pomaka \ll i \gg pomiču binarni zapis broja **nalijevo** ili **nadesno**.

- Operatori pomaka **nalijevo** \ll i **nadesno** \gg uzimaju dva operanda:
 - **prvi** operand mora biti **cjelobrojnog tipa** i nad tim operandom se vrši operacija,
 - a **drugi** operand je **broj bitova** za koji treba izvršiti pomak (tipa **unsigned int**).
- Drugi operand **ne smije** premašiti **broj bitova** u prvom operandu.

Prioritet operatora \ll i \gg je isti, **ispod** aritmetičkih aditivnih, **iznad** relacijskih. **Asocijativnost** je $L \rightarrow D$.

Operatori pomaka (nastavak)

Operator `<<` pomiče bitove **ulijevo** i to **ne ciklički**, tj.

- najznačajniji se bitovi **gube**,
- a **zdesna** se dodaju **nule**.

Operator `>>` pomiče bitove **udesno** i to **ne ciklički**, tj.

- najmanje značajni bitovi se **gube**.
- Ako se pomak vrši na podatku tipa **unsigned**, **slijeva** se dodaju **nule**.
- Ako je podatak cjelobrojnog tipa **s predznakom**, rezultat **ovisi** o implementaciji. Većina prevoditelja na **lijevoj** strani uvodi **bit predznaka** (to “čuva” predznak broja), dok ostali popunjavaju prazna mjesta **nulama**.

Operatori pomaka (nastavak)

Primjer. $b = a \ll 6$ radi sljedeće:

$a = 0x60ac$ /* = 0110 0000 1010 1100 */
 $a \ll 6 = 0x2b00$ /* = 0010 1011 0000 0000 */

Svi bitovi pomiču se 6 mjesta ulijevo.

Primjer. $b = a \gg 6$ radi sljedeće:

$a = 0x60ac$ /* = 0110 0000 1010 1100 */
 $a \gg 6 = 0x0182$ /* = 0000 0001 1000 0010 */

Svi bitovi pomiču se 6 mjesta udesno.

Ako je a cjelobrojnog tipa s predznakom, rezultat ovisi o implementaciji — slijeva se uvodi bit predznaka ili nule.

Jednostavni primjer

Primjer. Ako je u programu definirano:

```
int x = 3;    /* ... 0011 */
int y = 5;    /* ... 0101 */
```

onda bitovni operatori daju sljedeće rezultate:

```
~x = -4      /* x + ~x + 1 = 0, v. ranije. */
x & y = 1    /* ... 0001 */
x | y = 7    /* ... 0111 */
x ^ y = 6    /* ... 0110 */
x << 2 = 12  /* ... 1100 */
y >> 2 = 1   /* ... 0001 */
```

Maskiranje

Bitovni logički operatori najčešće služe tzv. “maskiranju” (prekrivanju ili filtriranju) pojedinih bitova u operandu:

- logičko I ($\&$) služi postavljanju određenih bitova na 0 — “maska” ima 0 na tim mjestima,
- logičko ILI ($|$) služi postavljanju određenih bitova na 1 — “maska” ima 1 na tim mjestima.

Ostali bitovi se ne mijenjaju, tj. “propuštaju se kroz filter”.

Slično tome,

- ekskluzivno ILI (\wedge) služi nalaženju mjesta na kojima operandi imaju različite bitove,
- negacija (\sim) služi “okretanju” bitova u suprotne.

Maskiranje (nastavak)

Primjer. Postavimo deseti najmanje značajan bit u **a** na nulu.

Kad u varijabli **a** želimo postaviti neki bit na nulu, dovoljno je napraviti logičko **I** s varijablom **mask** koja na tom mjestu ima nulu, a na svim ostalim jedinice.

Varijablu **mask** najlakše je napraviti ovako:

- krenemo od broja 1 (prvi najmanje značajni bit je 1),
- pomaknemo ga za 9 mjesta ulijevo (deseti najmanje značajni bit je 1),
- dobiveni rezultat 1-komplementiramo (suprotni bitovi).

```
unsigned mask = ~(1 << 9);    // jos bolje: 1u
a = a & mask;    /* a &= mask, v. malo kasnije */
```

Maskiranje (nastavak)

Primjer. Šest najmanje značajnih bitova treba iz varijable **a** kopirati u **b**. Sve ostale bitove u **b** treba staviti na 1.

Prvo definiramo varijablu **mask** koja ima šest najmanje značajnih bitova jednakih 0, a ostale 1. Logički ILI s **mask** izdvaja tražene bitove u **a**, a sve ostale postavlja na 1.

```
mask = 0xffc0; /* = 1111 1111 1100 0000 */  
b = a | mask;
```

Ovako napisano, rezultat u **mask** ovisi o duljini tipa **int**.

To se može izbjeći korištenjem 1–komplementa.

```
mask = ~0x3f; /* = ~11 1111 */ // ~0x3fu
```

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|------------------|------------------------------------|-------|
| unarni | ! ~ ++ -- + - * & (type) sizeof | D → L |
| aritm. mult. | * / % | L → D |
| aritm. adit. | + - | L → D |
| op. pomaka | << >> | L → D |
| relacijski | < <= > >= | L → D |
| rel. jednakost | == != | L → D |
| bitovni I | & | L → D |
| bitovni eks. ILI | ^ | L → D |
| bitovni ILI | | L → D |

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|---------------|-----------|-------|
| logičko I | && | L → D |
| logičko ILI | | L → D |
| pridruživanje | = | D → L |

Operatori 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.

```
i = 2;      j = 3 * i;
x = 3.17;   y = x + 5.342;
a = a + 1;  c = 'm';
```

Operatori pridruživanja (nastavak)

Pridruživanje `varijabla = izraz` je, ujedno, i `izraz`.

- **Vrijednost** tog izraza je **vrijednost** varijable na lijevoj strani, **nakon** što se izvrši pridruživanje.

Stoga, pridruživanje može biti dio **složenijeg** izraza.

Primjer.

```
while ((a = x[i]) != 0) {  
    ...  
    ++i;  
}
```

U testu `while` naredbe, **prvo** se `x[i]` pridruži varijabli `a`, a **onda** se testira je li vrijednost tog izraza (a to je vrijednost varijable `a`) različita od nule. Zagrade su **nužne!**

Operatori pridruživanja (nastavak)

Ovakva mogućnost **može** uzrokovati **teško** uočljive **greške**.

Primjer. Pogledajmo što će se dogoditi ako napišemo

```
if (varijabla = izraz) ...;
```

umjesto uobičajenog

```
if (varijabla == izraz) ...;
```

U prvoj **if** naredbi: **prvo** se vrijednost izraza **pridruži** varijabli, a **zatim** se **izvršava** tijelo **if** naredbe ako je varijabla **različita od nule**.

U drugoj **if** naredbi: **vrijednost** varijable se **ne mijenja**, već se samo **uspoređuje** s vrijednošću izraza. Tijelo **if** naredbe se **izvršava** ako su te dvije vrijednosti **jednake**.

Operatori pridruživanja (nastavak)

Asocijativnost operatora pridruživanja je

- zdesna nalijevo, $D \rightarrow L$.

Zato operatore pridruživanja možemo **ulančati**:

```
varijabla_1 = varijabla_2 = ...  
              = varijabla_n = izraz;
```

To znači da se

- **izraz jednom** izračuna,
- a **zatim** se ta vrijednost, redom, **pridružuje** varijablama:
varijabla_n, ..., varijabla_2, varijabla_1.

Operatori pridruživanja (nastavak)

Primjer.

$$x = y = \cos(3.22);$$

je ekvivalentno s

$$x = (y = \cos(3.22));$$

odnosno,

$$y = \cos(3.22);$$
$$x = y;$$

Složeni operatori pridruživanja

Složeni operatori pridruživanja su:

• $+=$, $-=$, $*=$, $/=$, $\%=$ (binarni aritmetički, pa =).

• $<<=$, $>>=$, $\&=$, $\^=$, $\|=$ (binarni bitovni, pa =).

Općenito, izraz oblika

$$\text{izraz_1 op= izraz_2}$$

gdje je **op** jedna od **operacija** $+$, $-$, $*$, $/$, $\%$, $<<$, $>>$, $\&$, $\^$, $\|$,
ekvivalentan je s

$$\text{izraz_1} = \text{izraz_1 op} (\text{izraz_2})$$

Tj., **lijeva** strana **izraz_1**, koji mora biti **varijabla**, je, ujedno, i **prvi** operand. Uočite **zagrade** oko **izraz_2**.

Složeni operatori pridruživanja (nastavak)

Ovi složeni operatori pridruživanja spadaju u istu prioritetnu grupu s osnovnim operatorom pridruživanja = i imaju istu asocijativnost zdesna nalijevo, $D \rightarrow L$.

Primjer.

| Izraz | Ekvivalentan izraz |
|----------------------------|-------------------------------|
| <code>i += 5</code> | <code>i = i + 5</code> |
| <code>i -= j</code> | <code>i = i - j</code> |
| <code>i *= j + 1</code> | <code>i = i * (j + 1)</code> |
| <code>i /= 4</code> | <code>i = i / 4</code> |
| <code>i %= 2</code> | <code>i = i % 2</code> |
| <code>i <<= 2</code> | <code>i = i << 2</code> |
| <code>i &= k</code> | <code>i = i & k</code> |

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|------------------|------------------------------------|-------|
| unarni | ! ~ ++ -- + - * & (type) sizeof | D → L |
| aritm. mult. | * / % | L → D |
| aritm. adit. | + - | L → D |
| op. pomaka | << >> | L → D |
| relacijski | < <= > >= | L → D |
| rel. jednakost | == != | L → D |
| bitovni I | & | L → D |
| bitovni eks. ILI | ^ | L → D |
| bitovni ILI | | L → D |

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|---------------|--------------------------------------|-------|
| logičko I | && | L → D |
| logičko ILI | | L → D |
| pridruživanje | = += -= *= /= %= &= ^= = <<= >>= | D → L |

Uvjetni operator ? :

Uvjetni izraz je izraz oblika

$$\text{izraz_1} \text{ ? } \text{izraz_2} \text{ : } \text{izraz_3}$$

U njemu se **prvo** izračunava **izraz_1**.

- Ako je on **istinit** (različit od nule), onda se izračunava **izraz_2** i on postaje **vrijednost** čitavog uvjetnog izraza. U ovom slučaju, **izraz_3** se **ne računa**.
- Ako je **izraz_1** **lažan** (jednak nuli), onda se izračunava **izraz_3** i on postaje **vrijednost** čitavog uvjetnog izraza. U ovom slučaju, **izraz_2** se **ne računa**.

“**Paket**” od dva simbola “**? :**” je, zapravo, **ternarni** operator, tj. ima **3** operanda. **Prioritet** mu je **nizak** — odmah **iznad =**.

Uvjetni operator ? : (nastavak)

Primjer. Izraz koji daje manji od brojeva a i b.

```
double a, b;  
...  
(a < b) ? a : b;
```

Vrijednost uvjetnog izraza može se pridružiti nekoj varijabli:

```
double a, b, min;  
...  
min = (a < b) ? a : b;
```

Korisno za razne inicijalizacije!

Zagrade ovdje nisu potrebne, zbog prioriteta (v. malo kasnije).

Operator zarez ,

Operator **zarez ,** separira **dva izraza**. Izrazi separirani zarezom **izračunavaju se slijeva nadesno** i rezultat čitavog izraza je vrijednost **desnog** izraza.

Primjer.

$$i = (i = 3, i + 4);$$

daje rezultat **i = 7**. Operator zarez, **uglavnom**, se koristi u **for** naredbi (v. kasnije).

Prioritet operatora **,** je **niži** od operatora **pridruživanja**, tj. nalazi se **na dnu** tablice prioriteta. Zato su **nužne** zagrade na desnoj strani **prvog** operatora **=** u gornjem primjeru.

Asocijativnost je, naravno (po ideji), slijeva nadesno, **L → D**.

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

Uvjetni operator ima **nizak** prioritet, odmah **iznad** operatora pridruživanja, tako da zagrade oko prvog, drugog i trećeg izraza, najčešće, **nisu** potrebne.

Operator `,` ima **najniži** prioritet.

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|----------------|------------------------------------|-------|
| unarni | ! ~ ++ -- + - * & (type) sizeof | D → L |
| aritm. mult. | * / % | L → D |
| aritm. adit. | + - | L → D |
| op. pomaka | << >> | L → D |
| relacijski | < <= > >= | L → D |
| rel. jednakost | == != | L → D |

Tablica prioriteta operatora (nepotpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|------------------|--------------------------------------|-------|
| bitovni I | & | L → D |
| bitovni eks. ILI | ^ | L → D |
| bitovni ILI | | L → D |
| logičko I | && | L → D |
| logičko ILI | | L → D |
| uvjetni | ? : | D → L |
| pridruživanje | = += -= *= /= %= &= ^= = <<= >>= | D → L |
| operator zarez | , | L → D |

Tablica prioriteta operatora (potpuna)

Sad smo obradili skoro sve operatore u jeziku C.

Do potpune tablice operatora fale nam još samo tzv. primarni operatori. Ima ih 4:

- () — za poziv funkcije,
- [] — za pristup elementima polja,
- . — za pristup članovima strukture,
- -> — za pristup članovima strukture preko pokazivača.

Obradit ćemo ih kasnije, kad navedeni “objekti” stignu na red.

Primarni operatori su grupa s najvišim prioritetom, a asocijativnost im je uobičajena, $L \rightarrow D$.

Tablica prioriteta operatora (potpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|----------------|------------------------------------|-------|
| primarni | () [] -> . | L → D |
| unarni | ! ~ ++ -- + - * & (type) sizeof | D → L |
| aritm. mult. | * / % | L → D |
| aritm. adit. | + - | L → D |
| op. pomaka | << >> | L → D |
| relacijski | < <= > >= | L → D |
| rel. jednakost | == != | L → D |

Tablica prioriteta operatora (potpuna)

| Kategorija | Operatori | Asoc. |
|------------------|--------------------------------------|-------|
| bitovni I | & | L → D |
| bitovni eks. ILI | ^ | L → D |
| bitovni ILI | | L → D |
| logičko I | && | L → D |
| logičko ILI | | L → D |
| uvjetni | ? : | D → L |
| pridruživanje | = += -= *= /= %= &= ^= = <<= >>= | D → L |
| operator zarez | , | L → D |