

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: **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 “**csz dj**” 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 prilično zabrinjavajući — oko 222.

Nažalost, zabrinjava to što,

- prema službenom popisu imamo (barem) 281 studenta.
- Dakle, fali oko 60 studenata!

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
$i > 1 \ \ j < 6$	istinito	1
$i > 1 \ \&\& \ j < 6$	neistinito	0
$!(i > 1)$	neistinito	0
$i > 1 \ \&\& \ (j < 6 \ \ c \ != \ 't')$	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)
                                   = 200 || 0 = 1 */
```

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.

Skraćeno računanje logičkih izraza — primjer

Primjer. Logički izrazi vezani operatorima `&&` i `||` računaju se slijeva nadesno ($L \rightarrow D$), bez obzira na prioritet operatora.

Neka su `a`, `b` i `c` varijable tipa `int`. U izrazu

$$x = a++ \ || \ b++ \ \&\& \ c++$$

prvo se računa `a++`, iako `&&` ima veći prioritet od `||`.

- Ako je `a != 0` (istina), onda je sigurno `x = 1` (istina).
 - Drugi operand za `||`, tj. `b++ && c++` se ne računa.
 - Dakle, `a` se poveća za 1, a `b` i `c` se ne mijenjaju!
- Ako je `a == 0` (laž), onda je `x = b++ && c++` i računa se `b++`. Ako je `b == 0` (laž), onda je sigurno `x = 0` (laž), pa se `c++` ne računa i `c` se ne mijenja!

Pogledajte primjere u dodatku.

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 $x[i] != 'a'$, 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 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 \mid 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 , \mid — 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):

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

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

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

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):

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

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** \iff množenje s 2 na nešto.

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**. Ponašanje **većine** \iff **dijeljenje** s 2 na nešto.

Operatori pomaka (nastavak)

Primjer. $b = a \ll 6$ radi sljedeće:

$$\begin{aligned} a &= 0x60ac \quad /* = 0110\ 0000\ 1010\ 1100 */ \\ a \ll 6 &= 0x2b00 \quad /* = 0010\ 1011\ 0000\ 0000 */ \end{aligned}$$

Svi bitovi pomiču se 6 mjesta **ulijevo** \iff množenje s 2^6 .

Primjer. $b = a \gg 6$ radi sljedeće:

$$\begin{aligned} a &= 0x60ac \quad /* = 0110\ 0000\ 1010\ 1100 */ \\ a \gg 6 &= 0x0182 \quad /* = 0000\ 0001\ 1000\ 0010 */ \end{aligned}$$

Svi bitovi pomiču se 6 mjesta **udesno** \iff dijeljenje s 2^6 .

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 = 0xfffffc0; /* = 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

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

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, **$L \rightarrow D$** .

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

Dodatak — primjeri za operatore

Skraćeno računanje logičkih izraza — primjer 1

Primjer 1. Računamo tablicu vrijednosti logičkih izraza

$$x = a++ \ || \ b++ \ \&\& \ c++ \qquad y = b++ \ \&\& \ c++ \ || \ a++$$

Vrijednosti su iste (komutativnost $\ || \$), a različito se računaju!

Nepromijenjena vrijednost \iff taj izraz se ne računa:

početni			x	novi			y	novi		
a	b	c		a	b	c		a	b	c
0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	2	1	0	1	2	1
0	1	1	1	1	2	2	1	0	2	2
1	0	0	1	2	0	0	1	2	1	0
1	0	1	1	2	0	1	1	2	1	1
1	1	0	1	2	1	0	1	2	2	1
1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2

Skraćeno računanje logičkih izraza — primjer 2

Primjer 2. Računamo tablicu vrijednosti logičkih izraza

$x = a++ \ \&\& \ b++ \ || \ c++$ $y = b++ \ \&\& \ a++ \ || \ c++$

Vrijednosti su iste (komutativnost $\&\&$), a različito se računaju!

Nepromijenjena vrijednost \iff taj izraz se ne računa:

početni			x	novi			y	novi		
a	b	c		a	b	c		a	b	c
0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	0	1	1	1	0	2	1	0	1	2
0	1	0	0	1	1	1	0	1	2	1
0	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2
1	0	0	0	2	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	2	1	2	1	1	1	2
1	1	0	1	2	2	0	1	2	2	0
1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1

Operatori — zadaća

Primjer. Koristi makro naredbu `PR(x)` za **ispis** parametra `x`.

```
#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; }
```

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