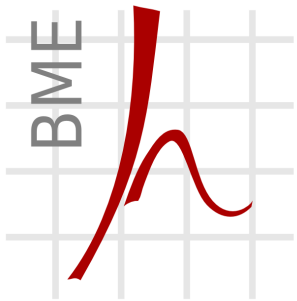
A C nyelv aritmetikai típusai.

A programozás alapjai I.



Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
Farkas Balázs, Fiala Péter, Vitéz András, Zsóka Zoltán

2021. szeptember 28.

Tartalom

1. fejezet

Gyakorló feladatok

1. Gyakorló feladat

Írjon C programot, mely egy egész számot (R) olvas be a standard bemenetről, majd a standard kimeneten megjelenít egy 10×10 mező méretű karakterábrát.

- Az ábra mezőit balról jobbra (x) és fentről lefelé (y), 1-től kezdve egyesével számozzuk.
- Azon mezőkbe, melyekre $x^2 + y^2 < R^2$, a program a '#' karaktert írja, a többi mezőt a '.' karakterrel jelölje.
- $R = 8$-ra pl. az alábbi ábra jelenik meg:

```
#######...
#######...
#######...
######....
######....
#####.....
###.......
..........
..........
..........
```

Megoldás

2. Gyakorló feladat

Írjon C programot, mely a standard bemenetére érkező egész számokat dolgozza fel.

- A program feladata, hogy képezze az összes bejövő szám abszolút értékét, majd kiírja a standard kimenetre a legkisebb és a legnagyobb érték különbségét.
- A számsor végét a 0 szám jelzi, melyet már nem kell feldolgoznia.
- Feltételezheti, hogy legalább egy feldolgozandó szám érkezik.

Megoldás

3. Gyakorló feladat

Írjon C programot, mely egy legfeljebb 100 valós számot tartalmazó végjeles sorozatot olvas be a standard bemenetről.

- A program feladata, hogy a standard kimeneten megadja, hogy hány olyan érték érkezett, mely nagyobb, mint a sorban tízzel korábban érkező érték.
- A sorozat végjele a 0.0 érték.

Megoldás

2. fejezet

A C nyelv aritmetikai típusai

Típusok – Bevezetés

A típus

- Értékkészlet
- Műveletek
- Ábrázolás

Valódi számítógép – véges értékkészlet

- Nem ábrázolhatunk tetszőlegesen nagy számokat
- Nem ábrázolhatunk tetszőlegesen pontos számokat
  $\pi \neq 3{,}141592654$
- Ismernünk kell az ábrázolható tartományokat, hogy adatainkat
  - információveszteség nélkül vagy
  - elfogadható információveszteséggel de ne túl pazarlóan tárolhassuk

A C nyelv típusai

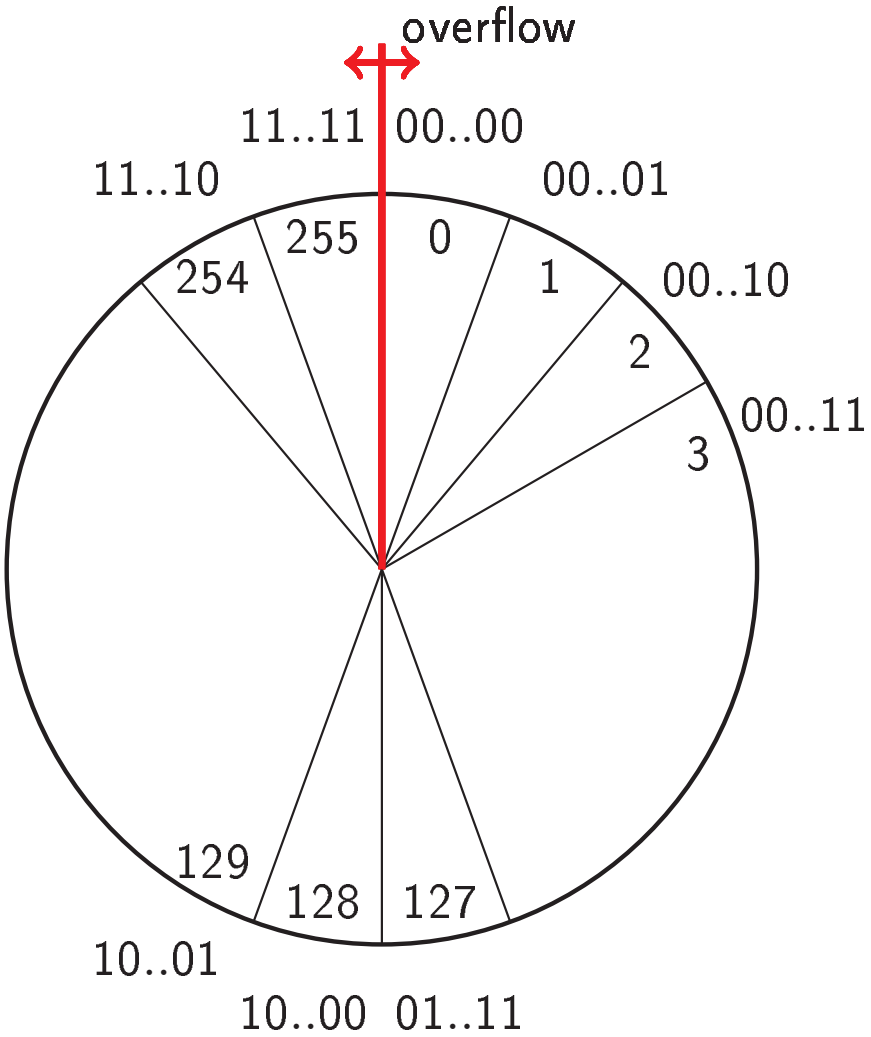
- void
- skalár
  - aritmetikai
    - egész: integer, karakter, felsorolás
    - lebegőpontos
  - mutató
- függvény
- union
- összetett
  - tömb
  - struktúra
- Ma ezekről lesz szó

Egészek bináris ábrázolása

- 8 biten tárolt előjel nélküli egészek bináris ábrázolása

dec	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	hex
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0x02
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0x03
⋮	⋮							⋮	⋮
127	0	1	1	1	1	1	1	1	0x7F
128	1	0	0	0	0	0	0	0	0x80
129	1	0	0	0	0	0	0	1	0x81
⋮	⋮							⋮	⋮
253	1	1	1	1	1	1	0	1	0xFD
254	1	1	1	1	1	1	1	0	0xFE
255	1	1	1	1	1	1	1	1	0xFF

A túlcsordulás (overflow)



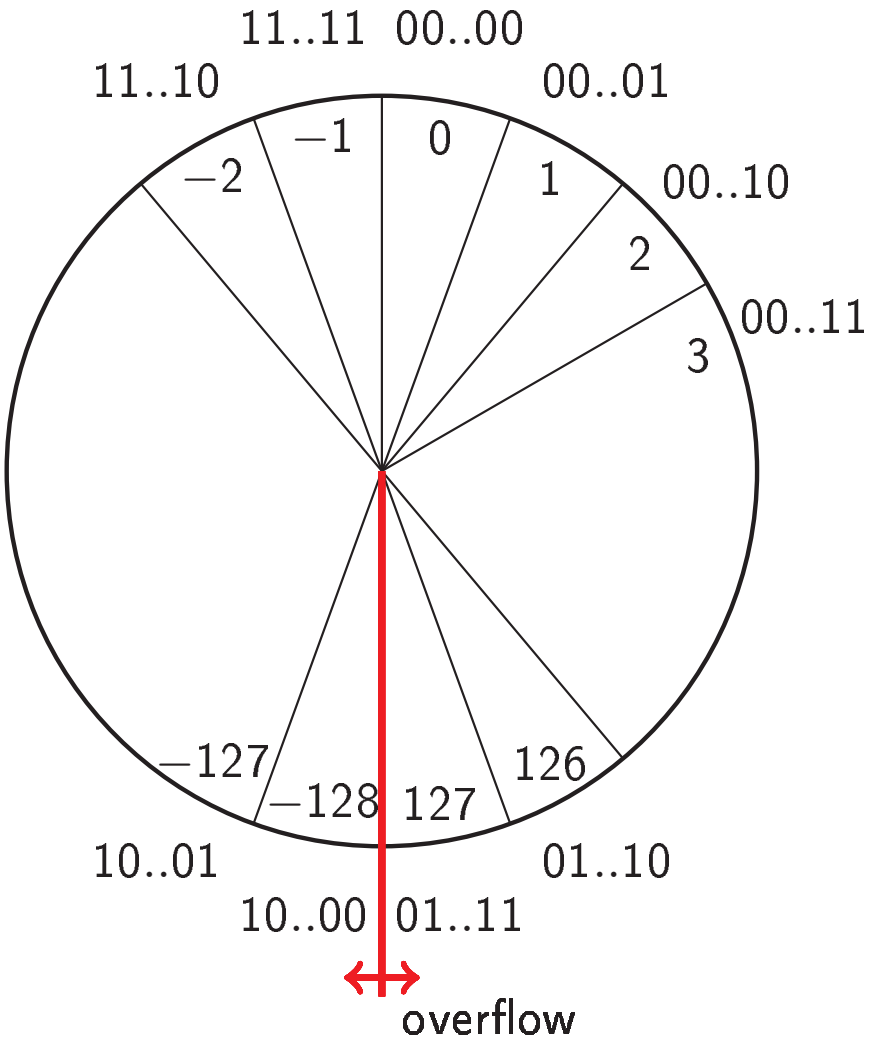
- 8 biten ábrázolt előjel nélküli számok esetén
  - 255+1 = 0
  - 255+2 = 1
  - 2-3 = 255
- „modulo 256 aritmetika”
  - Mindig csak az eredmény 256-tal vett maradékát látom

Egészek kettes komplemens ábrázolása

- 8 biten tárolt előjeles egészek kettes komplemens ábrázolása

dec	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	hex
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0x02
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0x03
⋮	⋮							⋮	⋮
127	0	1	1	1	1	1	1	1	0x7F
−128	1	0	0	0	0	0	0	0	0x80
−127	1	0	0	0	0	0	0	1	0x81
⋮	⋮							⋮	⋮
−3	1	1	1	1	1	1	0	1	0xFD
−2	1	1	1	1	1	1	1	0	0xFE
−1	1	1	1	1	1	1	1	1	0xFF

A túlcsordulás (overflow)



- 8 biten ábrázolt előjeles számok esetén
  - 127+1 = -128
  - 127+2 = -127
  - -127-3 = 126
- viszont
  - 2-3 = -1

Egész típusok C-ben

típus	bit[1]	<limits.h>		printf
`signed char`	8	`CHAR_MIN`	`CHAR_MAX`	`%hhd`[2]
`unsigned char`	8	0	`UCHAR_MAX`	`%hhu`[2]
`signed short int`	16	`SHRT_MIN`	`SHRT_MAX`	`%hd`
`unsigned short int`	16	0	`USHRT_MAX`	`%hu`
`signed int`	32	`INT_MIN`	`INT_MAX`	`%d`
`unsinged int`	32	0	`UINT_MAX`	`%u`
`signed long int`	32	`LONG_MIN`	`LONG_MAX`	`%ld`
`unsigned long int`	32	0	`ULONG_MAX`	`%lu`
`signed long long int`[2]	64	`LLONG_MIN`	`LLONG_MAX`	`%lld`
`unsigned long long int`[2]	64	0	`ULLONG_MAX`	`%llu`

[1] Tipikus értékek, a szabvány csak a minimumot írja elő

[2] C99 szabvány óta

Egészek deklarációja

- Alapértelmezések
  - A `signed` előjelmódosító elhagyható

```
1  int i;            /* signed int */
2  long int l;       /* signed long int */
```

  - Ha van előjel- vagy hosszmódosító, az `int` elhagyható

```
1  unsigned u;         /* unsigned int */
2  short s;            /* signed short int */
```

Egész típusok

- Példa a táblázat használatához: egy igen sokáig futó program[3]

```
1  #include <limits.h> /* egész határokhoz */
2  #include <stdio.h>  /* printf-hez */
3
4  int main(void)
5  { /* majdnem összes long long int */
6    long long i;
7
8    for (i = LLONG_MIN; i < LLONG_MAX; i = i+1)
9      printf("%lld\n", i);
10
11   return 0;
12 }
```

link

[3] feltéve, hogy `long long int` 64 bites, a program másodpercenként millió szám kiírásával 585 000 évig fut

Egész számkonstansok

- Egész számkonstansok megadási módjai

```
1  int i1=0, i2=123, i4=-33;              /* decimális */
2  int o1=012, o2=01234567;               /* oktális */
3  int h1=0x1a, h2=0x7fff, h3=0xAa1B      /* hexadecimális */
4
5  long l1=0x1al, l2=-33L;                /* l vagy L */
6
7  unsigned u1=33u, u2=45U;               /* u vagy U */
8  unsigned long ul1=33uL, ul2=1231U;     /* l és u */
```

- Ha nincs megadva u vagy l, akkor az első, amibe belefér:
  1. `int`
  2. `unsigned int` – hexa és oktális esetén
  3. `long`
  4. `unsigned long`

Miért kell ismerni az ábrázolás korlátait?

Határozzuk meg a következő értéket!

$$\binom{15}{12} = \frac{15!}{12! \cdot (15-12)!}$$

(Hányféleképpen választhatok ki 15 különböző csoki közül 12-t?)

- A számláló értéke $15! = 1\ 307\ 674\ 368\ 000$
- A nevező értéke $12! \cdot 3! = 2\ 874\ 009\ 600$
- Egyik sem ábrázolható 32 bites `int`-tel!
- A kifejezést egyszerűsítve

$$\frac{15 \cdot 14 \cdot 13}{3 \cdot 2 \cdot 1} = \frac{2730}{6} = 455$$

minden részletszámítás gond nélkül elvégezhető már akár 12 biten is

Karakterek ábrázolása – Az ASCII karaktertáblázat

- 128 karakter, melyeket a 0x00–0x7f számokkal indexelhetünk

Kód	00	10	20	30	40	50	60	70
+00	NUL	DLE	␣	0	@	P	‘	p
+01	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
+02	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
+03	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
+04	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
+05	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
+06	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
+07	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
+08	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
+09	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
+0a	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
+0b	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
+0c	FF	FS	,	<	L	\	l	|
+0d	CR	GS	-	=	M	]	m	}
+0e	SO	RS	.	>	N	^	n	~
+0f	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Karakterek tárolása, kiírása, beolvasása

- Karaktereket (az ASCII tábla indexeit) a `char` típusban tárolunk
- kiíratás/beolvasás `%c` formátumkóddal

```
1 char ch = 0x61; /* hex 61 = dec 97 */
2 printf("%d: %c\n", ch, ch);
3 ch = ch+1; /* értéke hex 62 = 98 lesz */
4 printf("%d: %c\n", ch, ch);
```

- A program kimenete

```
97:  a
98:  b
```

- Ezek szerint karakterek kiírásához meg kell tanulnunk az ASCII-kódokat?

Karakterkonstansok

- Aposztrófok közé írt karakter ekvivalens az ASCII-kóddal

```
1 char ch = 'a'; /* ch-ba a 0x61 ASCII-kód kerül */
2 printf("%d: %c\n", ch, ch);
3 ch = ch+1;
4 printf("%d: %c\n", ch, ch);
```

```
97:  a
98:  b
```

- Vigyázat! '0' $\neq$ 0 !

```
1 char n = '0'; /* ch-ba a 0x30 ASCII-kód kerül !!! */
2 printf("%d: %c\n", n, n);
```

```
48:  0
```

Karakterkonstansok

- Speciális karakterkonstansok – amiket egyébként nehéz lenne beírni

0x00	`\0`	nullkarakter	null character (NUL)
0x07	`\a`	hangjelzés	bell (BEL)
0x08	`\b`	visszatörlés	backspace (BS)
0x09	`\t`	tabulátor	tabulator (HT)
0x0a	`\n`	soremelés	line feed (LF)
0x0b	`\v`	függőleges tabulátor	vertical tab (VT)
0x0c	`\f`	lapdobás	form feed (FF)
0x0d	`\r`	kocsi vissza	carriage return (CR)
0x22	`\"`	idézőjel	quotation mark
0x27	`\'`	aposztróf	apostrophe
0x5c	`\\`	visszaper	backslash

Karakter vagy egész szám?

- C-ben a karakterek egész számokkal ekvivalensek
- Csak megjelenítéskor dől el, hogy egy egész értéket számként vagy karakterként (`%d` vagy `%c`) ábrázolunk
- Karaktereken ugyanolyan műveleteket végezhetünk, mint egészeken (összeadás, kivonás stb. . .)
- De mi értelme lehet karaktereket összeadni-kivonni?

Műveletek karakterekkel

Írjunk programot, mely karaktereket olvas be mindaddig, míg az újsor karakter nem érkezik. Ezután a program írja ki a beolvasott számjegyek összegét.

```
1  char c;
2  int sum = 0;
3  do
4  {
5    scanf("%c", &c);                  /* beolvasás */
6    if (c >= '0' && c <= '9')         /* ha számjegy */
7      sum = sum + (c-'0');            /* összegzés */
8  }
9  while (c != '\n');                  /* leállási feltétel */
10 printf("Az összeg: %d\n", sum);
```

```
Karambolozott a 12:35-ös gyors
Az összeg:  11
```

Műveletek karakterekkel

Írjunk programot, mely az angol ábécé kisbetűs karaktereit nagybetűssé alakítja, a többi karaktert változatlanul hagyja.

```
1  #include <stdio.h>
2  int main(void)
3  {
4    char c;
5    while (scanf("%c", &c) != EOF)
6    {
7      if (c >= 'a' && c <= 'z')
8        c = c + 'A' - 'a';
9      printf("%c", c);
10   }
11   return c;
12 }
```

Lebegőpontos típusok

- Normálalak

$$23{,}2457 = (-1)^{0} \cdot 2{,}3245700 \cdot 10^{+001}$$
$$-0{,}001822326 = (-1)^{1} \cdot 1{,}8223260 \cdot 10^{-003}$$

Normálalak ábrázolása

- Lebegőpontos tört = előjelbit + mantissza + exponens
  1. előjelbit: 0–pozitív, 1–negatív
  2. mantissza: előjel nélküli egész (a tizedesvesszőt elhagyva), normalizálás miatt az első számjegy ≥ 1
  3. exponens (másként karakterisztika): előjeles egész

Lebegőpontos típusok

- Bináris normálalak

$$5{,}0 = 1{,}25 \cdot 2^{+2} = (-1)^{0} \cdot 1{,}0100_{\mathrm{b}} \cdot 2^{010_{\mathrm{b}}}$$

0	0100	010

Bináris normálalak ábrázolása

- Lebegőpontos tört = előjelbit + mantissza + exponens
  1. előjelbit: 0–pozitív, 1–negatív
  2. mantissza: előjel nélküli egész (a **kettedesvesszőt** elhagyva), normalizálás miatt az első számjegy = 1, nem is tároljuk[4].
  3. exponens: előjeles egész

[4] implicit bites ábrázolás

Lebegőpontos típusok C-ben

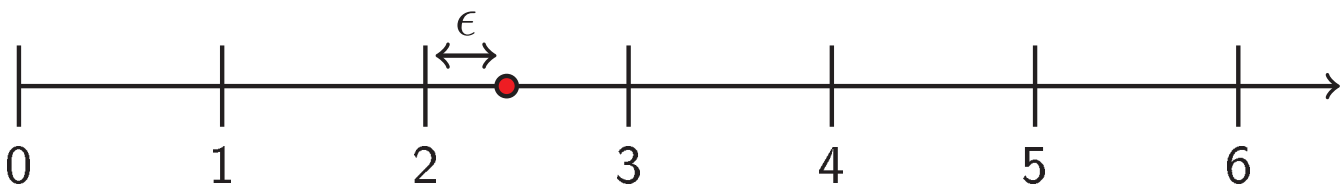
- A C nyelv lebegőpontos típusai

típus	tipikus értékek bitszám	mantissza	exponens	printf/scanf
`float`	32 bit	23 bit	8 bit	`%f`
`double`	64 bit	52 bit	11 bit	`%f`/`%lf`
`long double`	128 bit	112 bit	15 bit	`%Lf`

- Lebegőpontos számkonstansok (tizedespont)

```
1 float       f1=12.3f , f2=12.F , f3=.5f , f4=1.2e-3F ;
2 double      d1=12.3  , d2=12.  , d3=.5  , d4=1.2e-3  ;
3 long double l1=12.3l , l2=12.L , l3=.5l , l4=1.2e-3L ;
```

Egész típusok ábrázolási pontossága

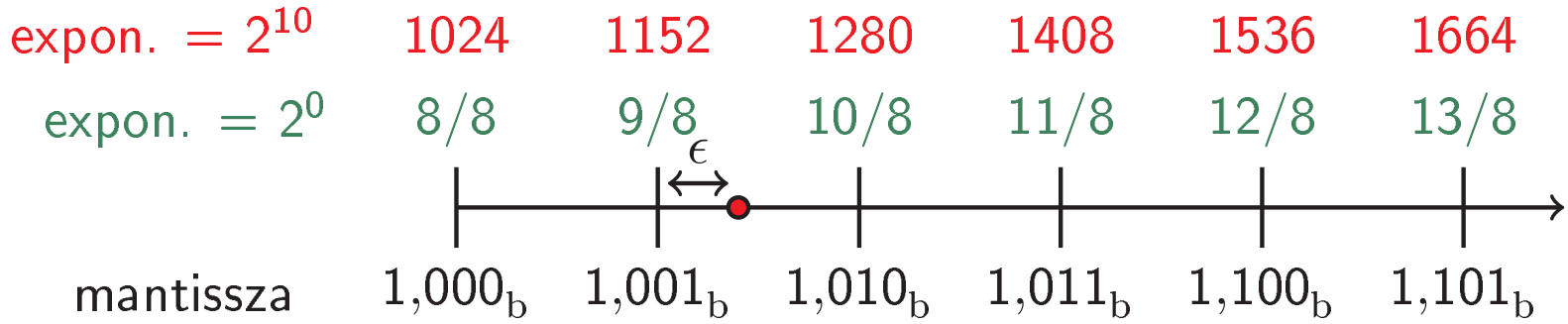


Abszolút számábrázolási pontosság

A maximális ϵ hiba, ha egy tetszőleges valós számot a hozzá legközelebbi ábrázolt értékkel közelítünk

- Az egész típusok abszolút ábrázolási pontossága 0,5

Lebegőpontos típusok ábrázolási pontossága



- jelen példában
  - A mantissza (abszolút) ábrázolási pontossága $1/16$
  - 2^0 exponens mellett az ábrázolási pontosság $1/16$
  - 2^{10} exponens mellett az ábrázolási pontosság $2^{10}/16 = 64$
- Nem beszélhetünk abszolút, csak relatív ábrázolási pontosságról, ami jelen esetben 3 bit.

A véges számábrázolás következménye

- Mivel a lebegőpontos számábrázolás pontatlan, műveletek eredményét nem szabad egyenlőségre összehasonlítani!

$$\frac{22}{7} + \frac{3}{7} \neq \frac{25}{7}$$

helyette

$$\left| \frac{22}{7} + \frac{3}{7} - \frac{25}{7} \right| < \varepsilon$$

- A nagy számok sokkal pontatlanabbak, mint a kis számok. A nagy számok hibája „megeheti” a kicsiket:

$$A + a - A \neq a$$

A bináris számábrázolás következménye

- Ami decimálisan véges, binárisan nem biztos, hogy az. pl:

$$0{,}1_{\mathrm{d}} = 0{,}0\overline{0011}_{\mathrm{b}}$$

- Hányszor fut le az alábbi ciklus?

```
1  double d;
2  for (d = 0.0; d < 1.0; d = d+0.1) /* 10? 11? */
3  {
4     ...
5  }
```

- Helyesen:

```
1  double d, eps = 1e-3; /* mekkora eps jó ide? */
2  for (d = 0.0; d < 1.0-eps; d = d+0.1) /* 10-szer */
3  {
4     ...
5  }
```

Keressük meg a hibát!

hibás:

```
1 double d = 3 / 2;
2 long long int c = 500000 * 500000;
```

helyesen:

```
1 double d = 3.0 / 2.0;
2 long long int c = 500000LL * 500000LL;
```

Köszönöm a figyelmet.