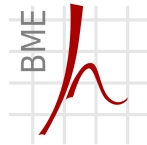




A C nyelv aritmetikai típusai.

A programozás alapjai I.



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

2020. szeptember 28.

1. fejezet

Gyakorló feladatok

Tartalom

- 1 Gyakorló feladatok
- 2 A C nyelv aritmetikai típusai
 - Bevezetés
 - Egészek
 - Karakterek
 - Valósak

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

2. fejezet

A C nyelv aritmetikai típusai



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

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
 - információvesztés nélkül vagy
 - elfogadható információvesztéssel 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



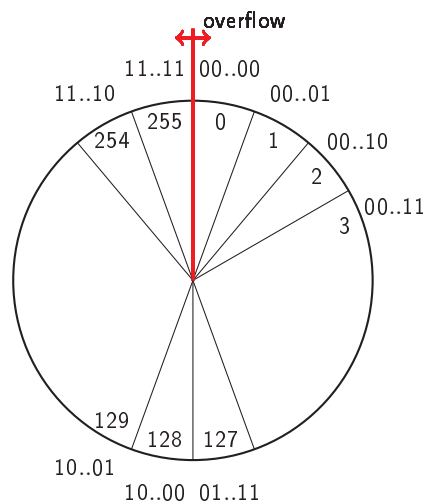
Egészek bináris ábrázolása

- 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 túlcordulás (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



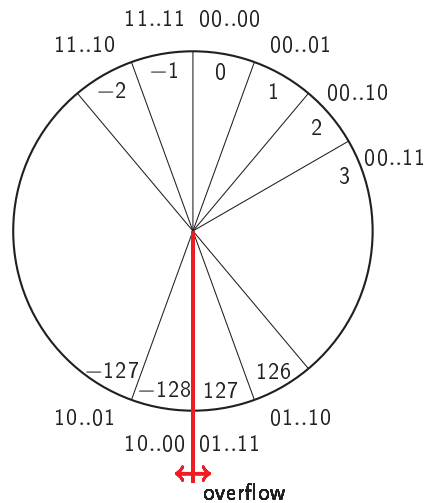
Egészek kettes komplementes ábrázolása

- 8 biten tárolt előjeles egészek kettes komplementes 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 túlsordulás (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	%hd ²
unsigned char	8	0	UCHAR_MAX	%hu 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
unsigned 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

¹Tipikus értékek, a szabvány csak a minimumot írja elő

²C99 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 program³

```
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 }
```

³feltéve, 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=0x1a1, 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



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



Miért kell ismerni az ábrázolás korlátait?

Határozzuk meg a következő értéket!

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

(Hányféleképpen választhatók 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 tárolása, kiírása, beolvasása

- Karaktereket (az ASCII tábla indexeit) a `char` típusban tárolunk

- kiírás/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' ≠ 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 egészekben (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

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

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

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

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 tároljuk⁴.
- 3 exponens: előjeles egész

⁴implicit bites ábrázolás



Lebegőpontos típusok C-ben

■ A C nyelv lebegőpontos típusai

típus	tipikus értékek			printf/scanf
	bitszám	mantissza	exponens	
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



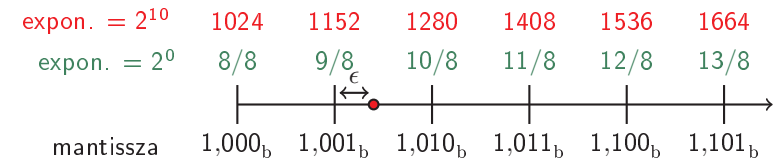
Abszolút számábrázolási pontosság

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

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

- 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:

$$0,1_d = 0,0001\overline{1}_b$$

- 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;
```