

Úvod do programovacího jazyka C

Tomáš Faltejsek, Luboš Zápotočný, Michal Havelka

2022

Obsah

- 1 Bit vs. Byte
- 2 Binární a hexadecimální soustava
- 3 Hello world
- 4 Datové typy
- 5 Výstup programu na standardní proudy
- 6 Formátování výstupu
- 7 Reprezentace čísel v počítači
- 8 Čtení a kontrola validity vstupu
- 9 Modulární aritmetika
- 10 Logické, bitové operace
- 11 Literatura

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0 b 10001001	0 x 89	'a'

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0 b 10001001	0 x 89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0 b 10001001	0 x 89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0 b 10001001	0 x 89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1
- **1 byte** = 8 bitů

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0 b 10001001	0 x 89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1
- **1 byte** = 8 bitů
 - ▶ Nejmenší adresovatelná jednotka v paměti počítače

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0 b 10001001	0 x 89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1
- **1 byte** = 8 bitů
 - ▶ Nejmenší adresovatelná jednotka v paměti počítače
 - ▶ Nelze tedy od paměti požadovat například 11. bit v pořadí

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0 b 10001001	0 x 89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1
- **1 byte** = 8 bitů
 - ▶ Nejmenší adresovatelná jednotka v paměti počítače
 - ▶ Nelze tedy od paměti požadovat například 11. bit v pořadí
 - ▶ Musíme si nechat nahrát celý byte (bity 8-16) a z něho poté v programu vybrat 3. bit

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0 b 10001001	0 x 89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1
- **1 byte** = 8 bitů
 - ▶ Nejmenší adresovatelná jednotka v paměti počítače
 - ▶ Nelze tedy od paměti požadovat například 11. bit v pořadí
 - ▶ Musíme si nechat nahrát celý byte (bity 8-16) a z něho poté v programu vybrat 3. bit
- **Adresa do paměti**

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0b10001001	0x89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1
- **1 byte** = 8 bitů
 - ▶ Nejmenší adresovatelná jednotka v paměti počítače
 - ▶ Nelze tedy od paměti požadovat například 11. bit v pořadí
 - ▶ Musíme si nechat nahrát celý byte (bity 8-16) a z něho poté v programu vybrat 3. bit
- **Adresa do paměti**
 - ▶ Kladné celé číslo (\mathbb{N}^+)

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0b10001001	0x89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1
- **1 byte** = 8 bitů
 - ▶ Nejmenší adresovatelná jednotka v paměti počítače
 - ▶ Nelze tedy od paměti požadovat například 11. bit v pořadí
 - ▶ Musíme si nechat nahrát celý byte (bity 8-16) a z něho poté v programu vybrat 3. bit
- **Adresa do paměti**
 - ▶ Kladné celé číslo (\mathbb{N}^+)
 - ▶ Index buňky v paměti

Bit vs. Byte

Adresa	0	1	2	3
Data	137	0b10001001	0x89	'a'

- **1 bit** je základní a nejmenší jednotkou informace v počítači
 - ▶ Nabývá pouze hodnot 0 či 1
- **1 byte** = 8 bitů
 - ▶ Nejmenší adresovatelná jednotka v paměti počítače
 - ▶ Nelze tedy od paměti požadovat například 11. bit v pořadí
 - ▶ Musíme si nechat nahrát celý byte (bity 8-16) a z něho poté v programu vybrat 3. bit
- **Adresa do paměti**
 - ▶ Kladné celé číslo (\mathbb{N}^+)
 - ▶ Index buňky v paměti
 - ▶ Operační systém dává programu **virtuální adresy** místo fyzických

Binární soustava

Převod binárního čísla 10001001 do desítkové soustavy

Binární soustava

Převod binárního čísla 10001001 do desítkové soustavy

1	0	0	0	1	0	0	1
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
128	64	32	16	8	4	2	1

Binární soustava

Převod binárního čísla 10001001 do desítkové soustavy

1	0	0	0	1	0	0	1
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
128	64	32	16	8	4	2	1

$$\begin{aligned} 10001001 &= 1 * 128 \\ &+ 0 * 64 + 0 * 32 + 0 * 16 \\ &+ 1 * 8 \\ &+ 0 * 4 + 0 * 2 \\ &+ 1 * 1 \\ &= 137 \end{aligned} \tag{1}$$

Hexadecimání soustava

Hexadecimální kódování čísl

0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111

8	9	A (10)	B (11)	C (12)	D (13)	E (14)	F (15)
1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

Příklad čísla zapsaného v hexadecimální soustavě: 5FE9

Převod z hexadecimální soustavy do binární

Převod binárního čísla 5FE9 do binární soustavy

Převod z hexadecimální soustavy do binární

Převod binárního čísla 5FE9 do binární soustavy

5	F	E	9
0101	1111	1110	1001

Převod z hexadecimální soustavy do binární

Převod binárního čísla 5FE9 do binární soustavy

5	F	E	9
0101	1111	1110	1001

$0x5FE9 = 0b0101111111101001$

Převod z hexadecimální soustavy do binární

Převod binárního čísla 5FE9 do binární soustavy

5	F	E	9
0101	1111	1110	1001

$0x5FE9 = 0b0101111111101001$

Což lze také (ekvivalentně) vyjádřit pouze použitím 15 bitů místo 16 vynecháním první nuly, která hodnotu binárního čísla nezmění

$0x5FE9 = 0b1011111111101001$

Hello world

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Hello world

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Kompilace a spuštění

Hello world

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Kompilace a spuštění

❶ gcc hello-world.c

Hello world

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Kompilace a spuštění

- 1 gcc hello-world.c
- 2 ./a.out

Hello world

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Kompilace a spuštění

- 1 gcc hello-world.c
- 2 ./a.out
- 3 echo \$?

Hello world

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Kompilace a spuštění

- 1 gcc hello-world.c
- 2 ./a.out
- 3 echo \$?

Výsledky

Hello world

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Kompilace a spuštění

- 1 gcc hello-world.c
- 2 ./a.out
- 3 echo \$?

Výsledky

- 1 Výpis řetězce na stdout (terminál)

Hello world

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Kompilace a spuštění

- 1 gcc hello-world.c
- 2 ./a.out
- 3 echo \$?

Výsledky

- 1 Vypis řetězce na stdout (terminál)
- 2 Nastavená návratová hodnota v shellu (echo \$?)

Celočíselné datové typy

Jaké znáte celočíselné datové typy?

Celočíselné datové typy

Jaké znáte celočíselné datové typy?

```
int main() {  
    char c;                // 1 byte  
    unsigned char uc;      // 1 byte  
    short s;               // 2 bytes  
    unsigned short us;     // 2 bytes  
    int i;                 // 4 bytes  
    unsigned int ui;       // 4 bytes  
    long l;               // 8 bytes  
    unsigned long ul;      // 8 bytes  
    long long ll;         // 8 bytes  
    unsigned long long ull; // 8 bytes  
  
    return 0;  
}
```

Datové typy s plovoucí desetinnou čárkou

Jaké znáte datové typy s plovoucí desetinnou čárkou?

Datové typy s plovoucí desetinnou čárkou

Jaké znáte datové typy s plovoucí desetinnou čárkou?

```
int main() {  
    float f;           // 4 bytes  
    double d;          // 8 bytes  
    long double ld;    // 16 bytes  
  
    return 0;  
}
```

Výstup programu na standardní proudy

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main() {
    printf("Write to stdout!\n");
    fprintf(stdout, "Also write to stdout!\n");
    write(1, "Also write to stdout "
            "via write!\n", 32);

    fprintf(stderr, "Write to stderr!\n");
    write(2, "Also write to stderr!\n", 22);

    write(9, "Write to arbitrary "
            "file-descriptor!\n", 36);
    return 0;
}
```

1 gcc standard-stream-output.c

- ❶ gcc standard-stream-output.c
- ❷ ./a.out 1>fd1.txt 2>fd2.txt 9>fd9.txt

- 1 gcc standard-stream-output.c
- 2 ./a.out 1>fd1.txt 2>fd2.txt 9>fd9.txt

fd2.txt (stderr)

Write to stderr!

Also write to stderr!

- 1 gcc standard-stream-output.c
- 2 ./a.out 1>fd1.txt 2>fd2.txt 9>fd9.txt

fd2.txt (stderr)

Write to stderr!

Also write to stderr!

fd9.txt (file descriptor 9)

Write to arbitrary file-descriptor!

- 1 gcc standard-stream-output.c
- 2 ./a.out 1>fd1.txt 2>fd2.txt 9>fd9.txt

fd2.txt (stderr)

Write to stderr!

Also write to stderr!

fd9.txt (file descriptor 9)

Write to arbitrary file-descriptor!

fd1.txt (stdout)

Also write to stdout via write!

Write to stdout!

Also write to stdout!

- 1 gcc standard-stream-output.c
- 2 ./a.out 1>fd1.txt 2>fd2.txt 9>fd9.txt

fd2.txt (stderr)

Write to stderr!

Also write to stderr!

fd9.txt (file descriptor 9)

Write to arbitrary file-descriptor!

fd1.txt (stdout)

Also write to stdout via write!

Write to stdout!

Also write to stdout!

Pozor !!!

Nemíchat různé metody, které pracují se vstupem či výstupem
Každá metoda používá o kapku jiný princip a jiné buffery

Formátování výstupu - padding

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int n = 7;
    printf("%d\n", n);
    printf("%3d\n", n);
    printf("%03d\n", n);

    return 0;
}
```

Formátování výstupu - padding

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int n = 7;
    printf("%d\n", n);
    printf("%3d\n", n);
    printf("%03d\n", n);

    return 0;
}
```

stdout

7

_7

007

Formátování výstupu - desetinné místa

```
#include <stdio.h>

int main() {
    double n = 7.123456789;
    printf("%05.1f\n", n);
    printf("%05.2f\n", n);
    printf("%05.3f\n", n);
    printf("%05.9f\n", n);
    printf("%05.10f\n", n);
    printf("%05.15f\n", n);

    printf("%05.16f\n", n);
    printf("%05.20f\n", n);

    return 0;
}
```

stdout

007.1

07.12

7.123

7.123456789

7.1234567890

7.123456789000000

7.1234567889999996

7.12345678899999956712

stdout

```
007.1  
07.12  
7.123  
7.123456789  
7.1234567890  
7.123456789000000  
7.1234567889999996  
7.12345678899999956712
```

?!?!?

```
7.123456789000000  
7.1234567889999996  
7.12345678899999956712
```

stdout

```
007.1  
07.12  
7.123  
7.123456789  
7.1234567890  
7.123456789000000  
7.1234567889999996  
7.12345678899999956712
```

?!?!?

```
7.123456789000000  
7.1234567889999996  
7.12345678899999956712
```

Číslo n bylo explicitně nastaveno na hodnotu 7.123456789, přitom je v proměnné hodnota $<$ než 7.123456789

Reprezentace čísel v počítači

Celočíselné datové typy

- Reprezentace diskrétních jevů
- "Přesné" výpočty

Reálné datové typy

- Reprezentace "spojitých" jevů
- Výpočty jsou *nepřesné* - obsahují zaokrouhlovací chybu

Vyjádření čísla x v soustavě z :

$$(x)_z = \pm \sum_{i=0}^n b_i z^i, \quad b_i \in \langle 0, z-1 \rangle$$

Vyjádření čísla v soustavách

Vyjádření

$$(x)_z = \pm \sum_{i=0}^n b_i z^i, \quad b_i \in \langle 0, z-1 \rangle$$

- Decimální ($z = 10$): $(x)_{10} = 200$

Vyjádření čísla v soustavách

Vyjádření

$$(x)_z = \pm \sum_{i=0}^n b_i z^i, \quad b_i \in \langle 0, z-1 \rangle$$

- Decimální ($z = 10$): $(x)_{10} = 200$
- Binární ($z = 2$): $(x)_2 = 11001000$

Vyjádření čísla v soustavách

Vyjádření

$$(x)_z = \pm \sum_{i=0}^n b_i z^i, \quad b_i \in \langle 0, z-1 \rangle$$

- Decimální ($z = 10$): $(x)_{10} = 200$
- Binární ($z = 2$): $(x)_2 = 11001000$
- Hexadecimální ($z = 16$): $(x)_{16} = C8$

Vyjádření čísla v soustavách

Vyjádření

$$(x)_z = \pm \sum_{i=0}^n b_i z^i, \quad b_i \in \langle 0, z-1 \rangle$$

- Decimální ($z = 10$): $(x)_{10} = 200$
- Binární ($z = 2$): $(x)_2 = 11001000$
- Hexadecimální ($z = 16$): $(x)_{16} = C8$

Otázka

Proč jsou součástí hexadecimální soustavy charaktery?

Celočíselné datové typy

Reprezentaci **celočíselných** datových lze rozdělit dle:

- **Přesnosti**

- ▶ short - nižší přesnost
- ▶ long - vyšší přesnost

- **Znaménka (sign)**

- ▶ unsigned - bez znaménka (\mathbb{Z}^+)
- ▶ signed - se znaménkem (\mathbb{Z})

Rozsahy celočíselných datových typů

Typ	Paměť	Rozsah	Znaménko	Formátovací řetězec
short (<i>int</i>)	2 byte	$< -32,768; 32,767 >$	ano	%hd
unsigned short (<i>int</i>)	2 byte	$< 0; 65,535 >$	ne	%hu
int	4 byte	$< -2,147,483,648; 2,147,483,647 >$	ano	%d
unsigned int	4 byte	$< 0; 4,294,967,295 >$	ne	%u
long int	≥ 4 byte	$< -2,147,483,648; 2,147,483,647 >$	ano	%ld
unsigned long int	≥ 4 byte	$< 0; 4,294,967,295 >$	ne	%lu
long long (<i>int</i>)	≥ 8 byte	$< -(2^{63}); (2^{63}) - 1 >$	ano	%lld
unsigned long long (<i>int</i>)	≥ 8 byte	$< 0; \approx 2^{64} - 1 >$	ne	%llu

**Na 32-bitové architektuře kompilováno skrze gcc*

Rozsahy celočíselných datových typů

Typ	Paměť	Rozsah	Znaménko	Formátovací řetězec
short (<i>int</i>)	2 byte	$< -32,768; 32,767 >$	ano	%hd
unsigned short (<i>int</i>)	2 byte	$< 0; 65,535 >$	ne	%hu
int	4 byte	$< -2,147,483,648; 2,147,483,647 >$	ano	%d
unsigned int	4 byte	$< 0; 4,294,967,295 >$	ne	%u
long int	≥ 4 byte	$< -2,147,483,648; 2,147,483,647 >$	ano	%ld
unsigned long int	≥ 4 byte	$< 0; 4,294,967,295 >$	ne	%lu
long long (<i>int</i>)	≥ 8 byte	$< -(2^{63}); (2^{63}) - 1 >$	ano	%lld
unsigned long long (<i>int</i>)	≥ 8 byte	$< 0; \approx 2^{64} - 1 >$	ne	%llu

**Na 32-bitové architektuře kompilováno skrze gcc*

Otázka

Co se stane při výpisu unsigned int pomocí formátovacího řetězce %d ?

Přímý kód

Číslo je v počítači uloženo v binárním tvaru

$$(x)_2 = \pm \sum_{i=0}^n b_i 2^i, \quad b_i \in \langle 0, 1 \rangle$$

- **bit na první pozici (MSB) vymezen pro znaménko**

- ▶ **0** = + (*kladné číslo*), **1** = − (*záporné číslo*)

- **Problémy:**

- ① Dvojí reprezentace nuly: $P(0)_{10} = 00000000$, $P(-0)_{10} = 10000000$

- ② Není zachována (ne)rovnost:

$$P(100)_{10} = (01100100) < P(-100)_{10} = (11100100)$$

Otázka

Jakého rozsahu nabývá 8-bitové číslo reprezentované přímým kódem?

Přímý kód

Číslo je v počítači uloženo v binárním tvaru

$$(x)_2 = \pm \sum_{i=0}^n b_i 2^i, \quad b_i \in \langle 0, 1 \rangle$$

- **bit na první pozici (MSB) vymezen pro znaménko**

- ▶ **0** = + (kladné číslo), **1** = − (záporné číslo)

- Problémy:

- ① Dvojí reprezentace nuly: $P(0)_{10} = 00000000$, $P(-0)_{10} = 10000000$

- ② Není zachována (ne)rovnost:

$$P(100)_{10} = (01100100) < P(-100)_{10} = (11100100)$$

Otázka

Jakého rozsahu nabývá 8-bitové číslo reprezentované přímým kódem?

$$x \in \langle -2^m - 1; 2^m - 1 \rangle, \quad m = n - 1, \quad n = 8$$

Inverzní kód

Rozsah

$$x \in \langle -2^m - 1; 2^m - 1 \rangle, \quad m = n - 1$$

- Záporné číslo je **negací** (jedničkovým doplňkem) kladného čísla
- **Výhody:**
 - ① $I(100)_{10} = (01100100)_2 > I(-100)_{10} = !(01100100)_2 = (10011011)_2$
 - ★ Nyní platí (ne)rovnost, odpadá problém se zachováním relace
- **Problémy:**
 - ① Dvojitá reprezentace nuly:
 $I(0)_{10} = 00000000, I(-0)_{10} = !00000000 = 11111111$

Doplňkový kód

- Připočtením **1** k *jedničkovému doplňku* získáváme **dvojkový doplněk**
- $D(-100)_{10} = \neg(01100100)_2 + 1 = (10011100)_2$
- **Výhody:**
 - 1 Jediná reprezentace 0:
 $D(0)_{10} = 00000000 = D(-0) = 11111111 + 1 = 00000000$
 - 2 Zachovává relace:
 $D(100)_{10} = 01100100 > D(-105)_{10} = \neg(-105)_{10} + 1 = (10011100)_2$
- **Problémy:**
 - 1 Nesymetrický interval (nelze vyjádřit absolutní hodnotu nejzápornějšího čísla apod.)

Reálné datové typy

Pevná řádová čárka

- Reprezentace složením: **n** bitů pro *celou část*, **m** bitů pro desetinnou část a **1** bit pro znaménko (sign)

Obecný zápis

$$(x)_2 = (x_c + x_d), \quad x_c = \sum_{i=0}^n b_i 2^i, \quad \sum_{i=-1}^m b_i 2^i$$

$$\begin{aligned} 10.01_2 &= 1 * 2^1 + 0 * 2^0 + 0 * 2^{-1} + 1 * 2^{-2} \\ &= 1 * 2 + 0 * 1 + 0 * \frac{1}{2} + 1 * \frac{1}{4} \\ &= 2 + 0.25 \\ &= 2.25_{10} \end{aligned} \tag{2}$$

Plovoucí řádová čárka

Semilogaritmický tvar čísla

$$x = m \cdot z^e$$

Pokud číslo splňuje *normalizační podmínku*, nazýváme ho **normalizované**:

$$1 \leq m < z$$

Tedy:

- Mantisa vždy začíná binární číslicí **1**
- Mantisa leží v intervalu $[1, z)$

	exponent e						mantisa m						
\pm	2^{n-1}	...	2^2	2^1	2^0		2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}	...	2^{-m}

Přenos binárně uloženého reálného čísla

Čím více bitů má mantisa, tím vyšší přesnost čísla

Pro uložení exponentů stačí menší počet bitů

Semilogaritmický tvar: dekadické a binární číslo

- **Dekadické číslo:**

$$-123,000,000,000,000 = -1.23 \times 10^{14}$$

$$0.000\,000\,000\,000\,000\,123 = 1.23 \times 10^{-16}$$

- **Binární číslo:**

$$110\,1100\,0000\,0000 = 1.1011 \times 2^{14}$$

Přesnost desetinných čísel v počítači

```
#include <stdio.h>

// Co se vytiskne na stdout?

int main() {
    float a = 0.1;

    printf("%f", a);

    return 0;
}
```

Přesnost desetinných čísel v počítači

```
#include <stdio.h>

// Co se vytiskne na stdout?

int main() {
    float a = 0.1;

    printf("%f", a);

    return 0;
}
```

Odpověď

0.100000

Číslo 0.1 v binární soustavě

- Konečné číslo v dekadické soustavě \rightarrow nekonečné číslo v binární soustavě

$0.1_{10} = 0.00011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011$
 $0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011$
 $0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011$
 $0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011$
 $0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011$
 $0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011$
 $0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011$
 $0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011$
 \dots
 $0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011\ 0011_2$

\rightarrow **nekonečná** sekvence bitů

Nepřesné zobrazení reálných čísel

$$\frac{1}{3} \approx 0.0101\ 0101\ 0101\ \dots\ 01_2$$

$$\frac{1}{5} \approx 0.0011\ 0011\ 0011\ \dots\ 0011_2$$

$$\frac{1}{10} \approx 00011\ 0011\ 0011\ \dots\ 0011_2$$

Omezení

Přesně lze vyjádřit pouze čísla ve tvaru $\frac{x}{2^k}$
Všechna ostatní čísla se ukládají jako **nepřesná**

Uložení čísla dle normy IEEE754

- Jednoduchá přesnost (32 bitů) v jazyce C: **float**
- Dvojnásobná přesnost (64 bitů) v jazyce C: **double**

Poznámka

Ve verzi *IEEE 754-2008* představena *plovoucí přesnost*

- ▶ 16 bitová přesnost (využíváno při grafice)
- ▶ 128 a 256 bitová přesnost (vědecké výpočty)
- ▶ Definuje rozložení bitů mezi mantisou a exponentem

Aritmetika čísel s desetinou čárkou

```
#include <stdio.h>

// Co se vytiskne na stdout?

int main() {
    if (0.1 + 0.2 == 0.3) {
        printf("Rovna se \n");
    } else {
        printf("Nerovna se \n");
    }

    return 0;
}
```

Odpověď

Nerovna se

Aritmetika čísel s desetinou čárkou - epsilon

```
#include <stdio.h>
#include <float.h>
#include <stdlib.h>

// Co se vytiskne na stdout?

int main(void) {
    if (abs(0.1 + 0.2 - 0.3) < DBL_EPSILON) {
        printf("Je mensi \n");
    } else {
        printf("Neni mensi \n");
    }

    return 0;
}
```

Čtení standardního vstupu

```
#include <stdio.h>

int main() {
    printf("Write two numbers!\n");
    // fflush(stdout);

    int a, b;
    scanf("%d %d", &a, &b);

    printf("%d + %d = %d\n", a, b, a + b);
    return 0;
}
```

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a;
    scanf("%d", &a);

    char b;
    scanf("%c", &b);

    long c;
    scanf("%ld", &c);

    return 0;
}
```

Kontrola standardního vstupu

scanf

```
int scanf (const char *restrict format, ...);
```

$$\text{return value} = \begin{cases} -1 & \text{if end of file} \\ x & \text{if } x \text{ values had been processed correctly} \end{cases} \quad (3)$$

Kontrola standardního vstupu

scanf

```
int scanf (const char *restrict format, ...);
```

$$\text{return value} = \begin{cases} -1 & \text{if end of file} \\ x & \text{if } x \text{ values had been processed correctly} \end{cases} \quad (3)$$

Podobné formátovací řetězce jako pro formátování výstupu

Kontrola standardního vstupu

scanf

```
int scanf (const char *restrict format, ...);
```

$$\text{return value} = \begin{cases} -1 & \text{if end of file} \\ x & \text{if } x \text{ values had been processed correctly} \end{cases} \quad (3)$$

Podobné formátovací řetězce jako pro formátování výstupu

Nutné předávat reference (pointery) pro "naplnění" daných proměnných

Kontrola standardního vstupu

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a, b;
    // space ignores whitespaces (space, newline)
    int res = scanf(" %d %d", &a);
    if (res == EOF) {
        printf("End of file occurred!\n");
        return 1;
    } else if (res != 2) {
        printf("You did not pass "
               "two valid numbers!\n");
        return 1;
    }
    return 0;
}
```

Modulární aritmetika

Operace modulo - zbytek po dělení

modulo (%) je binární operátor, který dává zbytek po celočíselném dělení

Modulární aritmetika

Operace modulo - zbytek po dělení

modulo (%) je binární operátor, který dává zbytek po celočíselném dělení

Příklady

$$5 \% 3 = ?$$

$$9 \% 4 = ?$$

$$1024 \% 2 = ?$$

Modulární aritmetika

Operace modulo - zbytek po dělení

modulo (%) je binární operátor, který dává zbytek po celočíselném dělení

Příklady

$$5 \% 3 = ?$$

$$9 \% 4 = ?$$

$$1024 \% 2 = ?$$

Výsledky

$$5 \% 3 = 2$$

$$9 \% 4 = 1$$

$$1024 \% 2 = 0$$

Posun bitů

Posun doleva

Posun bitů o jednu pozici **vlevo** je stejná operace jako **násobení 2**

```
#include <stdio.h>

int main() {
    char a = 0b000000100;           // 4
    printf("%d\n", a);
    a = a << 1;                      // 4 * 2 ==> 8
    printf("%d\n", a);
    return 0;
}
```

Posun doprava

Posun bitů o jednu pozici **vpravo** je stejná operace jako **dělení 2 a následné zaokrouhlení dolů**

```
#include <stdio.h>

int main() {
    char a = 0b00000101;           // 5
    printf("%d\n", a);
    a = a >> 1;                     // floor(5 / 2) ==> 2
    printf("%d\n", a);
    return 0;
}
```

Literatura