

2. Základy programování v C

B0B99PRPA – Procedurální programování

Stanislav Vítek

Katedra radioelektroniky
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení v Praze

Přehled témat

- Část 1 – Programování v jazyce C

Proměnné

Základní datové typy

Výrazy a operátory

Formátovaný vstup a výstup

- Část 2 – Překlad a sestavení programu

Překlad

Chyby při překladu

Část I

Programování v jazyce C

I. Programování v jazyce C

Proměnné

Základní datové typy

Výrazy a operátory

Formátovaný vstup a výstup

Příklad součtu dvou hodnot

lec02/sum1.c

```
1  #include <stdio.h>
3  int main(void)
4  {
5      /* definice lokalni promenne typu int */
6      int sum;
7      /* hodnota vyrazu se ulozi do sum */
8      sum = 100 + 43;
9      printf("Soucet 100 a 43 je %i\n", sum);
10     /* %i formatovaci prikaz pro tisk celeho cisla */
11     return 0;
12 }
```

- Proměnná typu `int` reprezentuje celé číslo, jehož hodnota je uložena v paměti
- Jméno proměnné `sum` symbolizuje paměťové místo v rámci programu

Příklad součtu hodnot dvou proměnných

lec02/sum2.c

```
1  #include <stdio.h>
3  int main(void)
4  {
5      int var1;
6      int var2 = 10; /* inicializace hodnoty promenne */
7      int sum;
9      var1 = 13;
10     sum = var1 + var2;
11
12     printf("The sum of %i and %i is %i\n", var1, var2, sum);
13     return 0;
14 }
```

- Proměnné `var1`, `var2` a `sum` reprezentují tři různá místa v paměti (automaticky přidělené), ve kterých jsou uloženy tři celočíselné hodnoty.

I. Programování v jazyce C

Proměnné

Základní datové typy

Výrazy a operátory

Formátovaný vstup a výstup



**PROGRAMMING IN
C WITH NO TYPE SAFETY
OR DATA STRUCTURES**

ME

**USING
A MODERN
PROGRAMMING
LANGUAGE**

Datové typy

Datový typ objektu (proměnná, pole...) určuje:

- Hodnoty, kterých může objekt nabývat
 - `float` může obsahovat reálná čísla
- Operace které lze (resp. nelze) nad objektem provádět
 - k celému číslu lze přičíst 10
 - pole nelze podělit dvěma

C má následující datové typy:

- Primitivní
 - numerické (`int`, `float`, `double` a jejich modifikátory)
 - znakový (`char`)
 - ukazatelový
 - logický (od C99)
- Strukturované
 - pole
 - definované uživatelem (`struct`, `union`, `enum` a operátor `typedef`)

Celočíselné datové typy

int, short, long, char

- velikost paměti alokované příslušnou (celo)číselnou proměnnou se může lišit dle architektury počítače nebo překladače
 - typ `int` má zpravidla velikost 4 bajty a to i na 64bitových systémech
 - typ `char` má vždy velikost 1 bajt
- aktuální velikost paměťové reprezentace lze zjistit operátorem `sizeof()`
 - argumentem operátoru je jméno typu nebo proměnné

```
1 | int i;  
2 | printf("%lu\n", sizeof(int));  
3 | printf("ui size: %lu\n", sizeof(i));
```

Znaménkové celočíselné typy

unsigned [typ]

- Specifikace, zda typ zobrazuje pouze kladná čísla, nebo i záporná
 - **signed** – implicitní, modifikátor není třeba uvádět
 - `signed char` – rozsah -128 - 127
 - **unsigned** – nemůže zobrazit záporné číslo
 - `unsigned char` – rozsah 0 - 255

```
1 unsigned char A = 127;
2 char B = 127;
3 printf("Promenne A=%i a B=%i\n", A, B);
4 A = A + 2;
5 B = B + 2;
6 printf("Promenne A=%i a B=%i\n", A, B);
```

Neceločíselné datové typy

float, double

- Umožňují zobrazit aproximace racionálních čísel v určitém rozsahu a s určitou přesností
- Jsou dané implementací, většinou dle standardu IEEE-754-1985
 - `float` 32-bit IEEE 754, `single-precision` ↗ floating number
 - `double` 64-bit IEEE 754, `double-precision` ↗ floating number
- Reprezentace reálných čísel $n = m \times b^e$
- IEEE reprezentace 32bitového (4B) čísla `float` má
 - **znaménkový bit** – znaménko mantisy
 - **exponent** – 8 bitů, číslo v rozsahu $\{-126; 127\}$
 - není uložen se znaménkem, nýbrž posunut o hodnotu 127
 - takže exponent -126 je uložen jako hodnota 1, exponent 127 se stane 254 atd.
 - **mantisa** – 23 bitů, normalizována do intervalu $\{1.0; 2.0\}$.

Více o vnitřní implementaci datových typů na 8. přednášce.

Znakový datový typ

char

- Reprezentuje celé číslo (byte) nebo znak (gr. symbol)
- Kódování znaků **ASCII** – American Standard Code for Information Interchange.
 - znaménkový, implicitní specifikátor záleží na kompilátoru
 - lze s nimi používat aritmetické nebo relační operátory a pod.
 - hodnotu znaku lze zapsat jako tzv. znakovou konstantu

lec02/char.c

```
1 char C = 'a';  
2 printf("Hodnota C=%i nebo znak '%c'\n", C, C);  
3 C = C + 1;  
4 printf("Hodnota C=%i nebo znak '%c'\n", C, C);
```

- Řídící znaky
 - `\n` – new line, `\t` – tabular, `\r` – carriage return
 - `\a` – beep, `\b` – backspace, `\f` – form feed, `\v` – vertical space

Logický datový typ

- Ve verzi **C99** je zaveden logický datový typ `_Bool`
- Jako hodnota `true` je libovolná hodnota typu `int` různá od 0

Tento přístup je zcela dostatečný.

- Lze využít hlavičkového souboru `<stdbool.h>`, kde je definován typ `bool` a hodnoty `true` a `false`

```
#define false 0
#define true 1
#define bool _Bool
```

- **ANSI C** explicitní datový typ pro logickou hodnotu nedefinuje.
- Běžně se používá podobná definice jako v `<stdbool.h>`

```
#define FALSE 0
#define TRUE 1
```

Modifikátory délky numerických datových typů

short, long, long long

- Modifikátory mění rozsah oběma směry, nemusí být nutně možné všechny kombinace
- **short** — kratší verze typu
 - **short int** \equiv **short**
 - neceločíselné datové typy zkrácení neumožňují, od IEEE 754-2008 ↗ lze používat half-precision floating-point ↗ formát, využívá se např. v HDR pro úsporu místa
- **long** — delší verze typu (podpora překladače)
 - **long int** \equiv **long**
 - **long double** – 80bitová verze **double** (ve skutečnosti zabírá 96b), na některých platformách lze pracovat i se čtyřnásobnou přesností ↗, kde je číslo reprezentováno 128 bity; často se ale typ jmenuje jinak – např. **double double** (SPARC) nebo **__float128** (gcc pro x86, x86-64 a Itanium)
- **long long** — ještě delší verze typu (podpora překladače)
 - od standardu C99
 - **unsigned long long** může reprezentovat číslo +18.446.744.073.709.551.615, na některých platformách případně i více

Rozsahy celočíselných typů

- Rozsahy celočíselných typů v C nejsou dány normou, ale implementací
 - Mohou se lišit implementací a prostředím 16 bitů vs. 32 bitů vs. 64 bitů
 - Bývá zvykem, že `int` je 4 bytový

Embedded platformy (8051, Arduino) mívají `int` 16 bitový.

- Norma garantuje, že pro rozsahy typů platí

`short` ≤ `int` ≤ `long`
`unsigned short` ≤ `unsigned` ≤ `unsigned long`

- Typy se specifickou velikostí jsou definované např. v `<stdint.h>`

IEEE Std 1003.1-2001, známá jako POSIX.1-2001

`int8_t`

`int16_t`

`uint32_t`

`uint8_t`

`uint16_t`

`uuint32_t`

I. Programování v jazyce C

Proměnné

Základní datové typy

Výrazy a operátory

Formátovaný vstup a výstup

Výraz

- Výraz předepisuje výpočet hodnoty určitého vstupu
- Struktura výrazu obsahuje operandy, operátory a závorky
- Výraz může obsahovat
 - proměnné
 - operátory
 - volání funkcí
 - konstanty
 - závorky
- Pořadí operací předepsaných výrazem je dáno prioritou a asociativitou operátorů

Operátory

- Znak (nebo posloupnost znaků) vyhrazené pro zápis výrazů
- Binární operátory
 - **Aritmetické** sčítání, odčítání, násobení, dělení
 - **Relační** porovnání hodnot (menší, větší, ...)
 - **Logické** logický součet a součin
 - **Přiřazení** na levé straně operátoru = je proměnná
- Unární operátory
 - indikující kladnou/zápornou hodnotu: + a - (operátor - modifikuje znaménko výrazu za ním)
 - modifikující proměnnou: ++ a --
 - logický operátor doplněk: !
 - operátor pretypování: (jméno typu)
- Ternární operátor
 - podmíněné přiřazení hodnoty

Proměnné a přiřazení

- Proměnné deklarujeme uvedením typu a jména proměnné
 - Jména proměnných volíme malá písmena
 - Víceslovná jména zapisujeme s podtržítkem (nebo **CamelCase**)
 - Proměnné definujeme na samostatném řádku

```
1 | int n;  
2 | int number_of_items;  
3 | int LongNameOfVariable;
```

- Přiřazení je nastavení hodnoty proměnné, tj. uložení hodnoty na místo v paměti, kterou proměnná reprezentuje
- Tvar přiřazovacího operátoru: **proměnná = výraz**

Výraz je literál, proměnná, volání funkce,...

- **Příkaz přiřazení** se skládá z operátoru přiřazení = a ;
 - Levá strana přiřazení musí být **l-value** – location-value, left-value
 - Tj. musí reprezentovat paměťové místo pro uložení výsledku.
 - Přiřazení je výraz a můžeme jej použít všude, kde je dovolen výraz příslušného typu

Příklad – operátor přiřazení

lec02/swap-tmp.c

```
1  #include <stdio.h>
3  int main()
4  {
5      int a = 3, b = 7;
6      int tmp;
7      tmp = a;
8      a = b;
9      b = tmp;
10     return 0;
11 }
```

lec02/swap.c

```
1  #include <stdio.h>
3  int main()
4  {
5      int a = 3, b = 7;
6      a = a + b;
7      b = a - b;
8      a = a - b;
9      return 0;
10 }
```

Aritmetické operátory

- Pro operandy číselných typů jsou definovány operátory
 - unární operátor změna znaménka -
 - binární sčítání +, odčítání -, násobení * a dělení /
- Pro operandy celočíselných typů pak dále
 - binární operátor zbytek po dělení %
- Pro oba operandy stejného typu je výsledek aritmetické operace stejného typu
- V případě kombinace typu **int** a **double**, se **int** převede na **double** a výsledek je hodnota typu double.

Implicitní typová konverze.

Příklad – Aritmetické operátory 1/2

lec02/arith.c

```
1  int a = 10;
2  int b = 3, c = 4;
3  int d = 5, result;
4
5  result = a - b; // rozdíl
6  printf("a - b = %i\n", result);
7  result = a * b; // násobení
8  printf("a * b = %i\n", result);
9  result = a / b; // celocíselné dělení
10 printf("a / b = %i\n", result);
11
12 result = a + b * c; // priorita operatoru
13 printf("a + b * c = %i\n", result);
14
15 printf("a * b + c * d = %i\n", a * b + c * d); // 50
16 printf("(a*b) + (c*d) = %i\n", (a*b) + (c*d)); // 50
17 printf("a * (b+c) * d = %i\n", a * (b+c) * d); // 350
```

Příklad – Aritmetické operátory 2/2

lec02/points.c

```
1  int x1 = 1;
2  double y1 = 2.2357;
3  float x2 = 2.5343f;
4  double y2 = 2;
5
6  printf("P1 = (%i, %f)\n", x1, y1);
7  printf("P1 = (%i, %i)\n", x1, (int)y1);
8  // operator pretypovani (double)
9  printf("P1 = (%f, %f)\n", (double)x1, (double)y1);
10 printf("P1 = (%.3f, %.3f)\n", (double)x1, (double)y1);
11
12 printf("P2 = (%f, %f)\n", x2, y2);
13 // implicitni konverze na float, resp. double
14 double dx = (x1 - x2);
15 double dy = (y1 - y2);
16
17 printf("(P1 - P2) = (%.3f, %0.3f)\n", dx, dy);
18 printf("|P1 - P2|^2 = %.2f\n", dx * dx + dy * dy);
```


I. Programování v jazyce C

Proměnné

Základní datové typy

Výrazy a operátory

Formátovaný vstup a výstup

Standardní vstup a výstup

- Program spuštěný v prostředí operačního systému má přístup ke znakově orientovanému standardnímu vstupu (`stdin`) a výstupu (`stdout`)

Jsou to prostředky operačního systému.

- Prostřednictvím `stdout` a `stdin` program komunikuje s uživatelem

U MCU probíhá komunikace jinými prostředky (např. sériový port).

- Funkce definované v knihovně `<stdio.h>`
 - `putchar()` – výstup (tisk) znaku
 - `getchar()` – vstup (načtení) znaku
 - `printf()` – výstup formátovaného textu
 - `scanf()` – vstup formátovaného textu

Standardní vstup a výstup

- Program spuštěný v prostředí operačního systému má přístup ke znakově orientovanému standardnímu vstupu (`stdin`) a výstupu (`stdout`)

Jsou to prostředky operačního systému.

- Prostřednictvím `stdout` a `stdin` program komunikuje s uživatelem

U MCU probíhá komunikace jinými prostředky (např. sériový port).

- Funkce definované v knihovně `<stdio.h>`

- `putchar()` – výstup (tisk) znaku
- `getchar()` – vstup (načtení) znaku
- `printf()` – výstup formátovaného textu
- `scanf()` – vstup formátovaného textu



Výstup znaku putchar

- Vytiskne na standardní výstup jeden znak
 - hodnota datového typu `char`
 - znak odpovídající hodnotě celočíselného typu v ASCII tabulce

Příklad

```
1  #include <stdio.h>
3  int main()
4  {
5      char a = 'A';
6      int b = 8;
8      putchar(a);
9      putchar(a++);
10     putchar(b);
11     putchar(b+80);
12 }
```

AX

lec02/putchar.c

Formátovaný výstup printf

- Na rozdíl od `putc()` umí tisknout obsah proměnných různých datových typů
- Argumentem funkce je textový řídicí řetězec formátování výstupu
 - řídicí řetězec formátu je uvozen znakem `'%'`
 - znakové posloupnosti (nezačínající `%`) se vypíší tak jak jsou uvedeny
 - důležité řídicí řetězce pro výpis hodnot proměnných:

<code>char</code>	<code>%c</code>
<code>_Bool</code>	<code>%i, %u</code>
<code>int</code>	<code>%i, %x, %o</code>
<code>float</code>	<code>%f, %e, %g, %a</code>
<code>double</code>	<code>%f, %e, %g, %a</code>

- Je možné specifikovat počet vypsání míst, zarovnání, atd.

```
1 | printf("barva: %s znamka: %i pi: %f\n", "bila", 1, 3.14);
```

Formátovaný výstup printf – příklad

lec02/printf.c

```
1  #include <stdio.h>
3  int main(void)
4  {
6     int i = 'a';
7     int h = 0x61; /* sestnactkova soustava */
8     int o = 0141; /* osmickova soustava */
10    printf("i: %i h: %i o: %i c: %c\n", i, h, o, i);
11    printf("oct: \141 hex: \x61\n");
13    return 0;
14 }
```

Vstup znaku `getchar`

- Přečte jeden znak ze standardního vstupu
- HW rozhraním mezi standardním vstupem a programem je buffer
 - Co se stane, pokud uživatel zadá více než jeden znak?
 - Co se stane, pokud uživatel nezadá žádný znak (jen stiskne Enter)?

[lec02/getchar.c](#)

```
1  #include <stdio.h>
3  int main () {
4      char c;
6      printf("Zadejte znak: ");
7      c = getchar();
9      printf("Zadany znak: %c %i\n", c, c);
11     return 0;
12 }
```

Formátovaný vstup scanf

- Načtení obecně textové hodnoty ze standardního vstupu a konverze na vhodný datový typ
- Argumentem je textový řídicí řetězec, podobně jako u funkce `printf()`
- Je nutné předat adresu paměťového místa pro uložení hodnoty

lec02/scanf.c

```
1  #include <stdio.h>
3  int main(void)
4  {
5      int i;
7      // program ceka na data, operator & vraci adresu promenne i
8      // na kterou se ulozi nactena hodnota
9      scanf("%i", &i);
10     printf("Zadal jsi %in", i);
12     return 0;
13 }
```


Část II

Překlad a sestavení programu

II. Překlad a sestavení programu

Překlad

Chyby při překladu

Překlad a sestavení programu

- Překlad je posloupností tří dílčích úloh, které se zpravidla provádí automaticky
- Jednotlivé kroky překladu lze provést i individuálně
 1. Textové předzpracování **preprocesorem** (má vlastní makro jazyk, příkazy uvozeny znakem #)
Odkazované hlavičkové soubory se vloží do jediného zdrojového souboru

```
$ gcc -E program.c -o program.i
```

2. Vlastní **překlad** zdrojového souboru do objektového souboru

Zpravidla jsou jména souboru zakončena příponou `.o`

```
$ gcc -c program.c -o program.o
```

Příkaz kombinuje volání preprocesoru a kompilátoru.

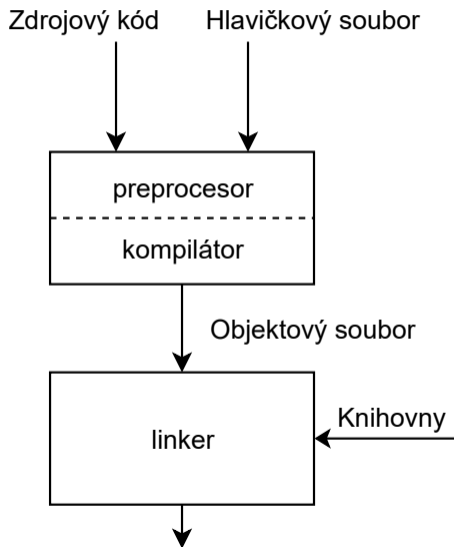
3. Spustitelný soubor se sestaví z příslušných dílčích objektových souborů a odkazovaných knihoven, tzv. linkováním (**linker**), např.

```
$ gcc program.o -o program
```

Schéma překladač a sestavení programu

Vývoj programu v C

- editace zdrojových souborů
- kompilace dílčích zdrojových souborů do objektových souborů
- linkování přeložených souborů do spustitelného programu
- spouštění a ladění aplikace
- opětovná editace zdrojových souborů



Dílčí kroky překladač a sestavení programu

preprocesor umožňuje definovat makra a tím přizpůsobit překlad aplikace kompilačnímu prostředí

Výstupem je zdrojový soubor – text.

kompilátor překládá zdrojový (textový) soubor do strojově čitelné (a spustitelné) podoby

Nativní (strojový) kód platformy, objektový soubor má pouze relativní adresy volání funkcí.

linker sestavuje program z objektových souborů do podoby výsledné aplikace

Může odkazovat na knihovní funkce (dynamické knihovny linkované při spuštění programu) nebo volání OS (knihovny). Relativní adresy jsou nahrazeny absolutními.

Dílčí části (preprocesor, kompilátor a linker) jsou zpravidla součástí jednoho programu (clang, gcc), který lze spouštět s různými parametry.

RUN GCC

RUN

Překladače jazyka C

- V rámci předmětu budeme používat především překladače
 - **gcc** – GNU Compiler Collection

<https://gcc.gnu.org>

- **clang** – C language family frontend for LLVM

<http://clang.llvm.org>

Základní použití (přepínače a argumenty) je u obou překladačů stejné.

- Pro win* platformy existují odvozená prostředí cygwin nebo MinGW

<https://www.cygwin.com/>, <http://www.mingw.org/>

Příklad

```
$ gcc -c program.c -o program.o
$ gcc program.o -o program
```

II. Překlad a sestavení programu

Překlad

Chyby při překladu



**DID YOU SEE THE SIGN OUTSIDE
THAT SAID**

**"DEAD PROGRAMMER
STORAGE"??!**

Chybová hlášení


- Analýze chybových hlášení je třeba věnovat zvýšenou pozornost
- Obvykle zjistíte přesný popis problému

A ještě se trochu pocvičíte v angličtině.

- Překládejte se zapnutým hlášením všech chyb

```
$ gcc -Wall ...
```

```
hw2.c : 87 : 7 : error : 'foo' undeclared
```

- **Soubor** 
- Číslo řádky
- Pozice písmena
- Klasifikace (error nebo warning)
- Samotné chybové hlášení

Chybová hlášení

- Analýze chybových hlášení je třeba věnovat zvýšenou pozornost
- Obvykle zjistíte přesný popis problému

A ještě se trochu pocvičíte v angličtině.

- Překládejte se zapnutým hlášením všech chyb

```
$ gcc -Wall ...
```

```
hw2.c : 87 : 7 : error : 'foo' undeclared
```

- Soubor
- Číslo řádky
- Pozice písmena
- Klasifikace (error nebo warning)
- Samotné chybové hlášení

Chybová hlášení

- Analýze chybových hlášení je třeba věnovat zvýšenou pozornost
- Obvykle zjistíte přesný popis problému

A ještě se trochu pocvičíte v angličtině.

- Překládejte se zapnutým hlášením všech chyb

```
$ gcc -Wall ...
```

```
hw2.c : 87 : 7 : error : 'foo' undeclared
```

- Soubor
- Číslo řádky
- **Pozice písmena**
- Klasifikace (error nebo warning)
- Samotné chybové hlášení

Chybová hlášení

- Analýze chybových hlášení je třeba věnovat zvýšenou pozornost
- Obvykle zjistíte přesný popis problému

A ještě se trochu pocvičíte v angličtině.

- Překládejte se zapnutým hlášením všech chyb

```
$ gcc -Wall ...
```

```
hw2.c : 87 : 7 : error : 'foo' undeclared
```

- Soubor
- Číslo řádky
- Pozice písmena
- **Klasifikace (error nebo warning)**
- Samotné chybové hlášení

Chybová hlášení

- Analýze chybových hlášení je třeba věnovat zvýšenou pozornost
- Obvykle zjistíte přesný popis problému

A ještě se trochu pocvičíte v angličtině.

- Překládejte se zapnutým hlášením všech chyb

```
$ gcc -Wall ...
```

```
hw2.c : 87 : 7 : error : 'foo' undeclared
```

- Soubor
- Číslo řádky
- Pozice písmena
- Klasifikace (error nebo warning)
- **Samotné chybové hlášení**

Kaskádování chyb

```
1  int numStudents;
2  for (i = 0; i < numStudents; i++) {
3      total += grades[i];
4  }
5  avg = total/numStudents;
```

```
$ gcc -Wall average.c
```

```
average.c:1:5: warning: unused variable 'numStudents'
```

```
average.c:2:17: error: 'numStudents' undeclared
```

```
average.c:5:13: error: 'numStudents' undeclared
```

Po opravě první chyby ve výpisu jsou ošetřeny i ostatní chyby.

Chyby při kompilaci

- většinou překlepy a jednodušší chyby

`hw2.c:37:6: warning: unused variable 'bar'`

- proměnné je deklarována, ale nepoužita
- typický překlep, nebo nedokončená myšlenka

`hw2.c:54: warning: suggest parentheses around assignment used as truth value`

- častá chyba při psaní podmínek
- záměna operátorů `==` a `=`

`hw2.c: 51: error: expected ';' before 'for'`

- chybějící znak `;` na **předchozím** řádku
- místo `for` může být jiné klíčové slovo

Chyby při linkování

- mohou být trochu těžší na odhalení

```
hw4.o: In function 'main':
```

```
hw4.c:91: undefined reference to 'Fxn'
```

- linker nemůže najít kód funkce 'Fxn' v žádném objektovém souboru
 - není přilinkován správný objektový soubor
 - špatně zapsané jméno funkce Fxn
 - jiný než očekávaný seznam parametrů funkce
 - rozdíly mezi prototypem / definicí / voláním

```
/usr/lib64/gcc/[...]/crt1.o: In function '_start':
```

```
[...]/start.S:119: undefined reference to main
```

- zdrojový soubor neobsahuje funkci `main`
- při separátní kompilaci modulu bez volby `-c`

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Programování v jazyce C
 - Charakteristika
 - Překlad
- Proměnné
- Základní datové typy
- Výrazy a operátory
- Formátovaný vstup a výstup

- Příště: Základní řídicí struktury

Diskutovaná témata

- Programování v jazyce C
 - Charakteristika
 - Překlad
- Proměnné
- Základní datové typy
- Výrazy a operátory
- Formátovaný vstup a výstup

- Příště: Základní řídicí struktury