Základy programování v C

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 01

B0B36PRP – Procedurální programování

Přehled témat

- Část 1 – Organizace předmětu
- Část 2 – Základy programování v C
  - Program v C
  - Proměnné a jejich hodnoty
  - Základní číselné typy
  - Výrazy a operátory
  - Formátovaný vstup a výstup

S. G. Kochan: kapitoly 2, 3

- Část 3 – Zadání 1. domácího úkolu (HW01)

Část I

Organizace předmětu

Část II

Část 2 – Základy programování v C

Jazyk C

- Nízko-úrovňový programovací jazyk
- Systémový programovací jazyk (operační systém)

  Jazyk pro vestavné (embedded) systémy — MCU, křížová (cross) kompilace
- Téměř vše nechává na uživateli (programátorovi)

  Inicializace proměnných, uvolňování dynamické paměti
- Má blízko k využití hardwarových zdrojů výpočetního systému

  Přímé volání služeb OS, přímý zápis do registrů a portů.
- Klíčové pro správné fungování programu je zacházení s pamětí

Cílem kurzu PRP je naučit se základním principům, které lze následně generalizovat též pro jiné programovací jazyky. Pochopení těchto principů je klíčem k efektivnímu psaní efektivních programů.

Je výhodné mít překlad programu plně pod kontrolou.

Přestože to může z počátku vypadat složitě, jsou základní principy relativně jednoduché. I proto je výhodné používat základní nástroje pro překlad programů a po jejich osvojení využít komplexnější vývojové prostředí.

Zápis programu

- Zdrojový kód programu v jazyce C se zapisuje do textových souborů
  - Zdrojové soubory zpravidla pojemnované s koncovkou **.c**
  - Hlavičkové soubory s koncovkou **.h**
- Kompilací zdrojových souborů překladačem do binární podoby vznikají objektové soubory **.o**
- Z objektovových souborů se sestavuje výsledný program
- Příklad zápisu jednoduchého programu:

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(void)
4 {
5    printf("I like B0B36PRP!\n");
6
7    return 0;
8 }
```

lec01/program.c

Překlad (kompilace) a spuštění programu

- Zdrojový soubor `program.c` přeložíme do spustitelné podoby kompilátorem např. `clang` nebo `gcc`

```
clang program.c
```

- Vznikne soubor `a.out`, který můžeme spustit např.

```
./a.out
```

Alternativně pouze jako `a.out` *pokud je aktuální pracovní adresář nastaven v prohledávané cestě spustitelných souborů*

- Program po spuštění vypíše text uvedený jako argument `printf()`

```
./a.out
I like B0B36PRP!
```

- Pokud nechce psát `./a.out` ale raději jen `a.out` lze přidat aktuální pracovní adresář do cest(y) definované proměnnou prostředí `PATH`

```
export PATH="$PATH:‘pwd‘"
```

Pracovních adresářů můžete mít více—používejte obezřetně.

- Příkaz `pwd` vytiskne aktuální pracovní adresář, více viz `man pwd`

Struktura zdrojového souboru

- Komentovaný zdrojový soubor `program.c`

```
1  /* komentar zapisujeme do dvojice vyhrazenych znaku */
2  // Nebo v C11 jako jednoradkovy
3  #include <stdio.h> /* vlozeni hlavickoveho souboru
       standardni knihovny stdio.h */
4
5  int main(void) // zjednodusena deklarace
6  {  // hlavni funkce program main()
7     printf("I like B0B36PRP!\n"); /* volani funkce
       printf() z knihovny stdio.h pro tisk textoveho
       retezce na standardni vystup. Znak \n definuje novy
        radek (odradkovani). */
8
9     return 0; /* ukonceni funkce a predani navratove
       hodnoty 0 operacnimu systemu */
10 }
```

Zdrojové soubory

- Rozdělení na zdrojové a hlavičkové soubory umožňuje rozlišit deklaraci a definici, především však podporuje
  - **Organizaci** zdrojových kódů v adresářové struktuře souborů
  - **Modularitu**
    - Hlavičkový soubor obsahuje popis co modul nabízí
    - Popis (seznam) funkcí a jejich parametrů bez konkrétní implementace
  - **Znovupoužitelnost**
    - Pro využití binární knihovny potřebuje znát její „rozhraní", které je definované v hlavičkovém souboru

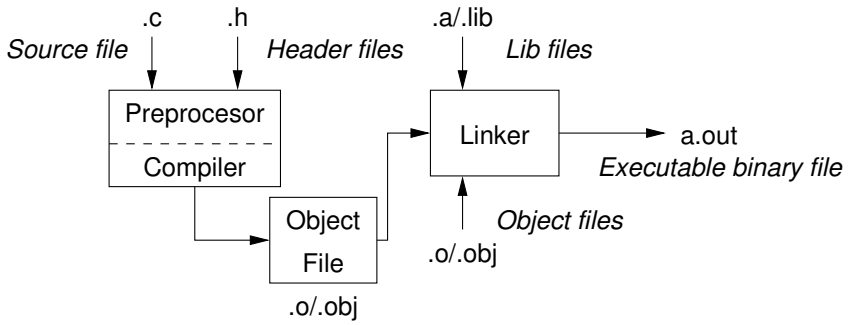
Překlad a sestavení programu

- Uvedený příklad slučuje jednotlivé kroky překladu a sestavení programu do volání jediného příkazu (`clang` nebo `gcc`). Překlad se však skládá ze tří částí, které lze provést individuálně

1. Textové předzpracování **preprocesorem**, který má vlastní makro jazyk (příkazy uvozeny znakem #)
   clang -c program.c -o program.o
   Všechny odkazované hlavičkové soubory se vloží do jediného zdrojového souboru
2. Vlastní překlad zdrojového souboru do objektového souboru
   *Zpravidla jsou jména souborů zakončena příponou **.o***
   clang -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.
   clang program.o -o program

Schema překladu a sestavení programu

- Vývoj programu se skládá z editace zdrojových souborů (.c a .h);
  Lidsky čitelných
- kompilace dílčích zdrojových souborů (.c) do objektových souborů (.o nebo .obj) ;
  Strojově čitelných
- linkování přeložených souborů do spustitelného programu;
- spouštění a ladění aplikace a opětovné editace zdrojových souborů.



Části překladu a sestavení programu

- **preprocesor** – umožňuje definovat makra a tím přizpůsobit překlad aplikace kompilačnímu prostředí
  Výstupem je textový („zdrojový") soubor.
- **compiler** – Překládá zdrojový (textový) soubor do strojově čitelné (a spustitelné) podoby
  Nativní (strojový) kód platformy, bytecode, případně assembler
- **linker** – sestavuje program z objektových souborů do podoby výsledné aplikace
  Stále může odkazovat na knihovní funkce (dynamické knihovny linkované při spuštění programu), může též obsahovat volání OS (knihovny).
- Dílčí části **preprocesor**, **compiler**, **linker** jsou zpravidla „jediný" program, který se volá s příslušnými parametry

Překladače jazyka C

- V rámci předmětu PRP budeme používat především překladače z rodin:
  - `gcc` – GNU Compiler Collection

    https://gcc.gnu.org
  - `clang` – C language family frontend for LLVM

    http://clang.llvm.org

Pro win platformy pak odvozená prostředí cygwin* https://www.cygwin.com/ *nebo MinGW* http://www.mingw.org/

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

  clang je kompatibilní s gcc
- Příklad použití
  - compile: `gcc -c main.c -o main.o`
  - link: `gcc main.o -o main`

Příklad součtu dvou hodnot

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main(void)
4  {
5    int sum; /* definice lokalni promenne typu int */
6
7    sum = 100 + 43; /* hodnota vyrazu se ulozi do sum */
8    printf("The sum of 100 and 43 is %i\n", sum);
9    /* %i formatovaci prikaz pro tisk celeho cisla */
10   return 0;
11 }
```

- Proměnná `sum` typu `int` reprezentuje celé číslo, jehož hodnota je uložena v paměti
- `sum` je námi zvolené symbolické jméno místa v paměti, kde je uložena celočíselná hodnota (typu `int`)

Příklad součtu hodnot dvou proměnných

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main(void)
4  {
5     int var1;
6     int var2 = 10; /* inicializace hodnoty promenne */
7     int sum;
8
9     var1 = 13;
10
11    sum = var1 + var2;
12
13    printf("The sum of %i and %i is %i\n", var1, var2, sum);
14
15    return 0;
16 }
```

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

Základní číselné typy

- Celočíselné typy – `int`, `long`, `short`, `char`

  `char` – celé číslo v rozsahu jednoho bajtu nebo také znak
  - 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 64-bitových systémech*
  - Aktuální velikost paměťové reprezentace lze zjistit operátorem **sizeof()**, kde argumentem je jméno typu nebo proměnné.

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

lec01/types.c

- Neceločíselné typy – `float`, `double`

  Jsou dané implementací, většinou dle standardu IEEE-754-1985
  - **float** – 32-bit IEEE 754
  - **double** – 64-bit IEEE 754

http://www.tutorialspoint.com/cprogramming/c_data_types.htm

Znaménkové a neznaménkové celočíselné typy

- Celočíselné typy kromě počtu bajtů rozlišujeme na
  - **signed** – **znaménkový** (základní)
  - **unsigned** – **neznaménkový**

    Proměnná neznaménkového typu nemůže zobrazit záporné číslo
  - Příklad (1 byte):

    `unsigned char`: 0 až 255

    `signed char`: -128 až 127

```
1 unsigned char uc = 127;
2 char su = 127;
3
4 printf("The value of uc=%i and su=%i\n", uc, su);
5 uc = uc + 2;
6 su = su + 2;
7 printf("The value of uc=%i and su=%i\n", uc, su);
```

lec01/signed_unsigned_char.c

Znak – char

- Znak je typ `char`
- Znak reprezentuje celé číslo (byte)

  Kódování znaků (grafických symbolů), např. ASCII – American Standard Code for Information Interchange.
- Hodnotu znaku lze zapsat jako tzv. znakovou konstatu, např. `'a'`.

```
1
2
3 printf("The value is %i or as char '%c'\n", c, c);
```

lec01/char.c

```
clang char.c && ./a.out
The value is 97 or as char 'a'
```

- Pro řízení výstupních zařízení jsou definovány řídicí znaky

  *Tzv. **escape sequences***
  - \t – tabulátor (tabular), \n – nový řádek (newline),
  - \a – pípnutí (beep), \b – backspace, \r – carriage return,
  - \f – form feed, \v – vertical space

Logický datový typ (Boolean) – _Bool

- Ve verzi **C99** je zaveden logický datový typ `_Bool`

```
_Bool logic_variable;
```

- Jako hodnota *true* je libovolná hodnota typu `int` různá od 0
- Dále můžeme využít hlavičkového souboru `stdbool.h`, kde je definován typ **bool** a hodnoty `true` a `false`

```
#define false 0
#define true  1

#define bool  _Bool
```

- V původním (ANSI) C explicitní datový typ pro logickou hodnotu není definován.
  - Můžeme však použít podobnou definici jako v `stdbool.h`

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


Rozsahy celočíselných typů

- Rozsahy celočíselných typů v C nejsou dány normou, ale implementací *Mohou se lišit implementací a prostředím 16 bitů vs 64 bitů*
- Norma garantuje, že pro rozsahy typů platí
  - `short` ≤ `int` ≤ `long`
  - `unsigned short` ≤ `unsigned` ≤ `unsigned long`
- Pokud chceme zajistit definovanou velikost můžeme použít definované typy například v hlavičkovém souboru `stdint.h`

  IEEE Std 1003.1-2001

`int8_t`	`uint8_t`
`int16_t`	`uint16_t`
`int32_t`	`uint32_t`

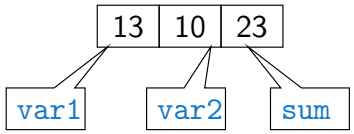
lec01/inttypes.c

http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/009695399/basedefs/stdint.h.html

Přiřazení, proměnné a paměť – Vizualizace unsigned char

```
1 unsigned char var1;
2 unsigned char var2;
3 unsigned char sum;
4
5 var1 = 13;
6 var2 = 10;
7
8 sum = var1 + var2;
```

- Každá z proměnných alokuje právě 1 byte
- Obsah paměti není po alokaci definován
- Jméno proměnné „odkazuje" na paměťové místo
- Hodnota proměnné je obsah paměťového místa

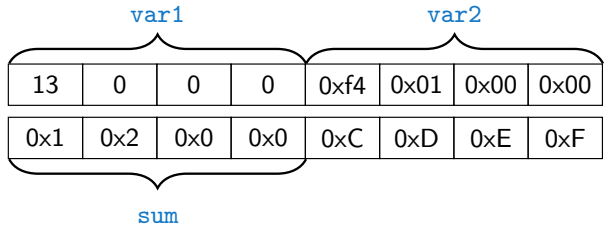


Přiřazení, proměnné a paměť – Vizualizace int

```
1 int var1;
2 int var2;
3 int sum;
4
5 var1 = 13;
6 var2 = 500;
7
8 sum = var1 + var2;
```

- Proměnné typu `int` alokují 4 bajty

  Zjistit velikost můžeme operátorem `sizeof(int)`
- Obsah paměti není po alokaci definován



500 (dec) je 0x01F4 (hex)

513 (dec) je 0x0201 (hex)

V případě architektury Intel x86 a x86-64 jsou hodnoty uloženy v pořadí ***little-endian***

Výrazy

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

Příklad

```
10 + x * y      // pořadí vyhodnocení 10 + (x * y)
10 + x + y      // pořadí vyhodnocení (10 + x) + y
```

** má vyšší prioritu než +*
+ je asociativní zleva

Základní rozdělení operátorů

- Operátory jsou vyhrazené znaky (nebo posloupnost znaků) pro zápis výrazů
- Můžeme rozlišit čtyři základní typy binárních operátorů
  - **Aritmetické** operátory – sčítání, odčítaní, násobení, dělení
  - **Relační** operátory – porovnání hodnot (menší, větší, ...)
  - **Logické** operátory – logický součet a součin
  - Operátor přiřazení - na levé straně operátoru $=$ je proměnná
- Unární operátory
  - indikující kladnou/zápornou hodnotu: $+$ a $-$

    operátor $-$ modifikuje znaménko výrazu za ním
  - modifikující proměnou: $++$ a $--$
  - logický operátor doplněk: **!**
- Ternární operátor – podmíněné přiřazení hodnoty

Proměnné, operátor přiřazení a příkaz přiřazení

- Proměnné definujeme uvedením typu a jména proměnné
  - Jména proměnných volíme malá písmena
  - Víceslovná jména zapisujeme s podtržítkem _
  - Proměnné definujeme na samostatném řádku

Nebo volíme CamelCase

```
int n;
int number_of_items;
```

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

$$\langle \textbf{proměnná} \rangle = \langle \textbf{výraz} \rangle$$

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

Základní aritmetické výrazy

- Pro operandy číselných typů `int` a `double` jsou definovány operátory

Ale také pro `char`, `short`, `float`

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

Implicitní typová konverze

- Dělení operandů typu **int** je celá část podílu

Např. 7/3 je 2 a −7/3 je −2

- Pro zbytek po dělení platí $x\%y = x - (x/y) * y$

Např. 7 % 3 je 1 -7 % 3 je -1 7 % -3 je 1 -7 % -3 je -1

*Pro záporné operendy je v C99 výsledek celočíselného dělení blíže 0, platí (a/b)*b + a%b = a. Pro starší verze C závisí výsledek na překladači.*

Další aritmetické operátory příště.

Příklad – Aritmetické operátory 1/2

```
1  int a = 10;
2  int b = 3;
3  int c = 4;
4  int d = 5;
5  int result;
6
7  result = a - b; // rozdil
8  printf("a - b = %i\n", result);
9
10 result = a * b; // nasobeni
11 printf("a * b = %i\n", result);
12
13 result = a / b; // celociselne deleni
14 printf("a / b = %i\n", result);
15
16 result = a + b * c; // priorita operatoru
17 printf("a + b * c = %i\n", result);
18
19 printf("a * b + c * d = %i\n", a * b + c * d);         // -> 50
20 printf("(a * b) + (c * d) = %i\n", (a * b) + (c * d)); // -> 50
21 printf("a * (b + c) * d = %i\n", a * (b + c) * d);     // -> 350
```

lec01/arithmetic_operators.c

Příklad – Aritmetické operátory 2/2

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main(void)
4  {
5     int x1 = 1;
6     double y1 = 2.2357;
7     float x2 = 2.5343f;
8     double y2 = 2;
9
10    printf("P1 = (%i, %f)\n", x1, y1);
11    printf("P1 = (%i, %i)\n", x1, (int)y1);
12    printf("P1 = (%f, %f)\n", (double)x1, (double)y1);
13    printf("P1 = (%.3f, %.3f)\n", (double)x1, (double)y1);
14
15    printf("P2 = (%f, %f)\n", x2, y2);
16
17    double dx = (x1 - x2); // implicitni konverze na float, resp.
       double
18    double dy = (y1 - y2);
19
20    printf("(P1 - P2)=(%.3f, %0.3f)\n", dx, dy);
21    printf("|P1 - P2|^2=%.2f\n", dx * dx + dy * dy);
22    return 0;
23 }
```

lec01/points.c

Standardní výstup a vstup

- Spuštěný program v prostředí operačního systému má přiřazený znakově orientovaný standardní vstup (`stdin`) a výstup (`stdout`)

  Výjimkou jsou zpravidla programy pro MCU bez OS.
- Program může prostřednictvím `stdout` a `stdin` komunikovat s uživatelem
- Základní funkce pro znakový výstup je `putchar()` a pro vstup `getchar()` definované ve standardní knihovně `stdio.h`.
- Pro načítání číselných hodnot lze využít funkci `scanf()`
- Formátovaný výstup je možné tisknout funkce `printf()`, např. číselné hodnoty

  Jedná se o knihovní funkce, ze standardní knihovny. Jména funkcí nejsou klíčová slova jazyka C.

Formátovaný výstup – `printf()`

- Číselné hodnoty lze tisknout (vypsat) na standardní výstup prostřednictvím funkce `printf()`

  `man printf`, *resp.* `man 3 printf`
- Argumentem funkce je textový řídicí řetězec formátování výstupu
- Řídicí řetězec formátu je uvozen znakem `'%'`
- Znakové posloupností (nezačínající %) se vypíší tak jak jsou uvedeny
- Základní řídicí řetězce pro výpis hodnot jednotlivých typů

`char`	`%c`
`_Bool`	`%i`, `%u`
`int`	`%i`, `%x`, `%o`
`float`	`%f`, `%e`, `%g`, `%a`
`double`	`%f`, `%e`, `%g`, `%a`

- Dále je možné specifikovat počet vypsaných míst, zarovnání vlevo (vpravo), atd.

  Více na cvičení a v domácích úkolech.

Formátovaný vstup – `scanf()`

- Číselné hodnoty ze standardního vstupu lze načíst funkcí `scanf()`

  `man scanf`, *resp.* `man 3 scanf`
- Argumentem je textový řídicí řetězec

  Syntax podobný příkazu `printf`
- Je nutné předat paměťové místo pro uložení hodnoty
- Příklad načtení hodnoty celého čísla a hodnoty typu `double`

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main(void)
4  {
5     int i;
6     double d;
7
8     printf("Enter int value: ");
9     scanf("%i", &i); /* operator & vraci adresu
       promenne i */
10
11
12    printf("Enter a double value: ");
13    scanf("%lf", &d);
14    printf("You entered %02i and %0.1f\n", i, d);
15
16    return 0;
17 }
```

lec01/scanf.c

Část III

Část 3 – Zadání 1. domácího úkolu (HW01)

Zadání 1. domácího úkolu HW01

-
- Termín odevzdání: 15.10.2016, 23:59:59 PST

PST – Pacific Standard Time

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Informace o předmětu
- Základy programování v C
  - Program, zdrojové soubory a kompilace programu
  - Struktura zdrojového souboru a zápis programu
  - Proměnné, základní číselné typy
  - Proměnné, přiřazení a paměť
  - Základní výrazy
  - Standardní vstup a výstup programu
  - Formátovaný vstup a výstup
- Příště: Zápis programu v C a základní řídicí struktury