

Úvod do jazyka C

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 7

A0B36PR2 – Programování 2



Úvod do jazyka C

Zdroje

Úvod

Zápis a kompilace programu

Příklad programu v jazyce C

Příklad programu s výstupem



Obsah

Zdroje

Úvod

Zápis a kompilace programu

Příklad programu v jazyce C

Příklad programu s výstupem



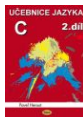
Knihy 1/2



Učebnice jazyka C, VI. vydání, *Pavel Herout*, KOPP, 2010, ISBN 978-80-7232-406-4



Učebnice jazyka C – 2. díl, IV. vydání, *Pavel Herout*, KOPP, 2008, ISBN 978-80-7232-367-8



The C Programming Language, 2nd Edition (ANSI C), *Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie*, Prentice Hall, 1988 (1st edition – 1978)



Algorithms, 4th Edition, *Robert Sedgwick, Kevin Wayne*, Addison-Wesley, 2011, ISBN 978-0321573513



Knihy 2/2



Programming in C, 4th Edition,
Stephen G. Kochan, Addison-Wesley, 2014,
ISBN 978-0321776419



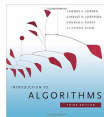
C Programming: A Modern Approach, 2nd
Edition, *K. N. King*, W. W. Norton & Company,
2008, ISBN 860-1406428577



21st Century C: C Tips from the New School,
Ben Klemens, O'Reilly Media, 2012,
ISBN 978-1449327149



Introduction to Algorithms, 3rd Edition, *Cormen,
Leiserson, Rivest, and Stein*, The MIT Press,
2009, ISBN 978-0262033848



Obsah

Zdroje

Úvod

Zápis a kompilace programu

Příklad programu v jazyce C

Příklad programu s výstupem



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 výrazně blíže k využití hardwarových zdrojů

Přímé volání služeb OS, přímý zápis do registrů a portů.

- Klíčové pro správné fungování programu je zacházení s pamětí

*Segmentation fault – **valgrind***

Jazyk C nám dává možnost (a někdy povinnost) mít program a jeho překlad plně pod kontrolou.

Zpravidla se vyplatí být obezřetný—základní principy jsou však relativně jednoduché.



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 výrazně blíže k využití hardwarových zdrojů

Přímé volání služeb OS, přímý zápis do registrů a portů.

- Klíčové pro správné fungování programu je zacházení s pamětí

*Segmentation fault – **valgrind***

Jazyk C nám dává možnost (a někdy povinnost) mít program a jeho překlad plně pod kontrolou.

Zpravidla se vyplatí být obezřetný—základní principy jsou však relativně jednoduché.



Obsah

Zdroje

Úvod

Zápis a kompilace programu

Příklad programu v jazyce C

Příklad programu s výstupem



Zápis programu

- Zdrojový kód programu v jazyce C se zapisuje do textových souborů

- **zdrojový** soubor s koncovkou **.c**

Zpravidla—základní rozlišení souborů, pozor na .C

- **hlavičkový** soubor s koncovkou **.h**

Jména souborů volíme výstižné (krátké názvy) a zpravidla zapisujeme malými písmeny.

- Zdrojové soubory jsou překládány do binární podoby překladačem a vznikají objektové soubory (**.o**)

Objektový kód obsahuje relativní adresy proměnných a volání funkcí nebo pouze odkazy na jména funkcí, jejichž implementace ještě nemusejí být známy.

- Z objektových souborů (**object files**) se sestavuje výsledný program, ve kterém jsou již všechny funkce známy a relativní adresy se nahradí absolutními.

Program se zpravidla sestavuje z více objektových souborů umístěných například v knihovnách.



Zdrojové soubory

- Rozdělení na zdrojové a hlavičkové soubory umožňuje rozlišit deklaraci a definici, především však podporuje
 - **Organizaci** zdrojový 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

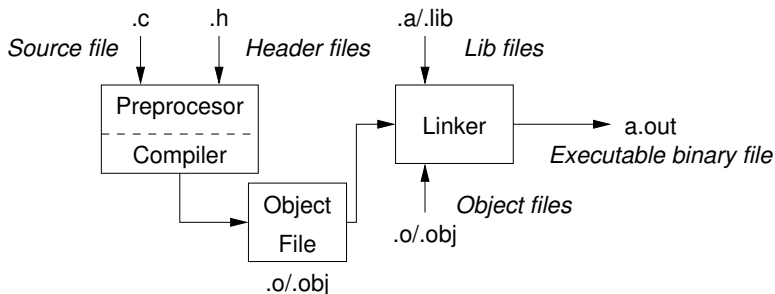


Překlad a sestavení programu

- Před vlastním překladem se zdrojové soubory předzpracují **preprocesorem**

Všechny odkazované hlavičkové soubory se vloží do jediného zdrojového souboru

- Zdrojový soubor se přeloží do objektového souboru
- Výsledný spustitelný soubor se sestaví z příslušných dílčích objektových souborů a odkazovaných knihoven



Části překladač 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 PR2 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`



Obsah

Zdroje

Úvod

Zápis a kompilace programu

Příklad programu v jazyce C

Příklad programu s výstupem



Příklad triviálního C programu

- Spustitelný program musí obsahovat právě jednu definici funkce `main`
- Při spuštění programu předává operační systém programu počet argumentů (`argc`) a argumenty (`argv`)

Pokud používáme OS

- Prvním argumentem je jméno spouštěného programu

```
1  int main(int argc, char **argv) {  
2      int v;  
3      v = 10;  
4      v = v + 1;  
5      return argc;  
6  }
```

lec07/var.c



Překlad a příklad spuštění programu

- Překlad programu překladačem `clang` – automaticky dojde ke kompilaci a linkování programu do soubor `a.out`

```
clang var.c
```

- Překlad programu do soubor `var`

```
clang var.c -o var
```

- Spuštění programu

```
./var
```

- Překlad a spuštění

```
clang var.c -o var; ./var
```

- Překlad a spuštění pouze pokud překlad proběhl v pořádku

```
clang var.c -o var && ./var
```

*Programy vrací návratovou hodnotu—0 znamená v pořádku
Logický operátor dle použitého interpretu příkazů (např. `sh`, `bash`, `zsh`).*



Příklad spuštění programu

- Navratová hodnota programu je uložena v proměnné `$?`

sh, bash, zsh

- Příklad spuštění programu s různým počtem argumentů

```
./var
```

```
./var; echo $?
```

```
1
```

```
./var 1 2 3; echo $?
```

```
4
```

```
./var a; echo $?
```

```
2
```



Příklad zdrojového souboru po zpracování preprocesorem

- Přepínačem **-E** můžeme provést pouze zpracování zdrojového souboru preprocesorem

```
gcc -E var.c
```

Alternativně též clang -E var.c

```
1 # 1 "var.c"
2 # 1 "<built-in>"
3 # 1 "<command-line>"
4 # 1 "var.c"
5 int main(int argc, char **argv) {
6     int v;
7     v = 10;
8     v = v + 1;
9     return argc;
10 }
```



Příklad zdrojového souboru přeloženého do Assembleru

- Přepínačem **-S** můžeme zdrojový kód přeložit do Assembleru

```
clang -S var.c -o var.s
```

```

1  .file "var.c"
2  .text
3  .globl main
4  .align 16, 0x90
5  .type main,@function
6  main:
7      # @main
8      .cfi_startproc
9      # BB#0:
10     pushq %rbp
11     .Ltmp2:
12     .cfi_def_cfa_offset 16
13     .Ltmp3:
14     .cfi_offset %rbp, -16
15     movq %rsp, %rbp
16     .Ltmp4:
17     .cfi_def_cfa_register %rbp
18     movl $0, -4(%rbp)
19     movq %rsi, -16(%rbp)
20     movl $10, -20(%rbp)
21     movl -20(%rbp), %edi
22     addl $1, %edi
23     movl %edi, -20(%rbp)
24     movl -8(%rbp), %eax
25     popq %rbp
26     ret
27 .Ltmp5:
28     .size main, .Ltmp5-main
29     .cfi_endproc
30
31
32     .ident "FreeBSD clang
33     version 3.4.1 (tags/
34     RELEASE_34/dot1-final
35     208032) 20140512"
36     .section ".note.GNU-stack",
37     ",@progbits

```



Příklad překladu souboru

■ Překlad do objektového souboru

```
clang -c var.c -o var.o
```

```
% clang -c var.c -o var.o
```

```
% file var.o
```

```
var.o: ELF 64-bit LSB relocatable, x86-64, version 1  
(FreeBSD), not stripped
```

■ Linkování objektového souboru do spustitelného souboru

```
clang var.o -o var
```

```
% clang var.o -o var
```

```
% file var
```

```
var: ELF 64-bit LSB executable, x86-64, version 1 (  
FreeBSD), dynamically linked (uses shared libs),  
for FreeBSD 10.1 (1001504), not stripped
```

*dynamically linked
not stripped*



Příklad spustitelného souboru 1/2

- Standardně je při překladu binární soubor stále vázán na knihovny jazyka C (a služby operačního systému)
- Závislosti můžeme zobrazit voláním `ldd var`

```
ldd var                                ldd – list dynamic object dependencies  
var:
```

```
    libc.so.7 => /lib/libc.so.7 (0x2c41d000)
```

- Statické linkování můžeme vynutit přepínačem `static`

```
clang -static var.o -o var
```

```
% ldd var
```

```
% file var
```

```
var: ELF 64-bit LSB executable, x86-64, version 1 (FreeBSD), statically linked, for FreeBSD 10.1 (1001504), not stripped
```

```
% ldd var
```

```
ldd: var: not a dynamic ELF executable
```

Porovnejte výslednou velikost souborů!



Příklad spustitelného souboru 2/2

- Přeložený program (objektový soubor) standardně obsahuje symbolická jména

Vhodná například pro ladění programu, ladění viz další přednášky.

```
clang var.c -o var
```

```
wc -c var
```

```
7240 var
```

wc – word, line, character, and byte count

-c – byte count

- Symboly můžeme odstranit nástrojem (programem) **strip**

```
strip var
```

```
wc -c var
```

```
4888 var
```

Alternativně lze velikost souboru zobrazit například příkazem `ls -l`



Obsah

Zdroje

Úvod

Zápis a kompilace programu

Příklad programu v jazyce C

Příklad programu s výstupem



Knihovní funkce

- Jazyk C sám o sobě poskytuje relativně jednoduchou syntax a sémantiku
- V zásadě umožňuje definovat proměnné, funkce, cykly a výrazy
- V podstatě pro každou trochu složitější činnost je nutné „importovat“ (*includovat*) knihovní funkce
- Základní knihovny (std) jsou součástí vývojového prostředí (překladače)
Viz výpis závislosti na knihovně libc.so.7
- Knihovní funkce se importují klíčovým slovem **preprocesoru #include** a uvedením jména hlavičkového souboru knihovny uzavřené ve dvojici znaků
 - `<` a `>` pro systémové knihovny
 - `"` a `"` pro vlastní hlavičkové soubory modulů
- Při překladačném specifikujeme příslušné prohledávané adresáře přepínačem `-I` a uvedením cesty

Pro standardní systémové adresáře není třeba.

Na pořadí uvedení cest a dále pak souborů při linkování záleží!



Knihovní funkce

- Jazyk C sám o sobě poskytuje relativně jednoduchou syntax a sémantiku
- V zásadě umožňuje definovat proměnné, funkce, cykly a výrazy
- V podstatě pro každou trochu složitější činnost je nutné „importovat“ (*includovat*) knihovní funkce
- Základní knihovny (std) jsou součástí vývojového prostředí (překladače)
Viz výpis závislosti na knihovně libc.so.7
- Knihovní funkce se importují klíčovým slovem **preprocesoru #include** a uvedením jména hlavičkového souboru knihovny uzavřené ve dvojici znaků
 - < a > pro systémové knihovny
 - " a " pro vlastní hlavičkové soubory modulů
- Při překladačném specifikujeme příslušné prohledávané adresáře přepínačem **-I** a uvedením cesty

Pro standardní systémové adresáře není třeba.

Na pořadí uvedení cest a dále pak souborů při linkování záleží!



Příklad programu s výstupem na stdout

- Pro výpis na standardní výstup použijeme příkaz formátovaného výstupu `fprintf` z knihovny `stdio.h`

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(int argc, char **argv) {
4     fprintf(stdout, "My first program in C!\n");
5     fprintf(stdout, "Its name is \"%s\"\n", argv[0]);
6     fprintf(stdout, "Run with %d arguments\n", argc);
7     if (argc > 1) {
8         fprintf(stdout, "The arguments are:\n");
9         for(int i = 1; i < argc; ++i) {
10             fprintf(stdout, "Arg: %d is \"%s\"\n", i, argv[i]);
11         }
12     }
13 }
```



Příklad spuštění

- V případě zahrnutí hlavičkového soubor `stdio.h` jsou „includovány“ další soubory, dále jsou definovány příslušné typy a deklarovány další funkce pro vstup a výstup

Ověřte např. `clang -E print_args.c`

```
clang print_args.c -o print_args
./print_args first second
My first program in C!
Its name is "./print_args"
It has been run with 3 arguments
The arguments are:
Arg: 1 is "first"
Arg: 2 is "second"
```



Shrnutí přednášky



Diskutovaná témata

- Jazyk C – překlad zdrojových kódů a linkování programu
- Příklad překladu programu
- Příklad programu s výstupem na standardní výstup

- Příště: základní typy, řídicí struktury, řetězce, pole a ukazatele.

