Procedurální programování

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 01

B0B36PRP – Procedurální programování

Přehled témat

- Část 1 – Organizace předmětu
  - Cíle předmětu
  - Prostředky dosažení cílů PRP
  - Hodnocení předmětu a zkouška
- Část 2 – Zadání 1. domácího úkolu (HW00)
- Část 3 – Programování v C
  - První program
  - Příklad použití základní konceptů programování

S. G. Kochan: kapitoly 2, 3

Část I

Organizace předmětu

Předmět a přednášející

B0B36PRP – Procedurální programování

- Webové stránky předmětu
  https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp
- Odevzdávání domácích úkolů
  https://cw.felk.cvut.cz/upload
- Přednášející:

  - doc. Ing. **Jan Faigl**, Ph.D.
    - Katedra počítačů – http://cs.fel.cvut.cz
    - Centrum umělé inteligence – Artificial Intelligence Center (AIC)
      http://aic.fel.cvut.cz
    - Centrum robotiky a autonomních systému
      Center for Robotics and Autonomous Systems – CRAS
      http://robotics.fel.cvut.cz
    - Laboratoř výpočetní robotiky (Computational Robotics Laboratory)
      http://comrob.fel.cvut.cz

Cíle předmětu

- Osvojit si pohled na výpočetní prostředky jako „*počítačový vědec*“ a naučit se je efektivně používat

  Computer scientist
  - Formulovat problém a jeho řešení počítačovým programem
  - Získat povědomí jaké problémy lze výpočetně řešit
- Získat zkušenost s programováním

  získání vlastní zkušenosti
  - Programování v C

  cvičení, domácí úkoly, zkouška
- Osvojit si schopnost číst, psát a porozumět malým programům
- Získat programovací návyky jak psát
  - srozumitelné a přehledné zdrojové kódy;
  - opakovaně použitelné programy.

Výuka programování

„Separating Programming Sheep from Non-Programming Goats“
http://blog.codinghorror.com/separating-programming-sheep-from-non-programming-goats
http://www.eis.mdx.ac.uk/research/PhDArea/saeed/paper1.pdf

- Efektivní metody výuky programování se hledají již od dob prvních počítačů

  tj. přes více než 50 let
- Přesto se zdá, že je každý základní kurz programování obtížný a 30% až 60% studentů jej na poprvé nezvládne

  V PRP očekáváme průchodnost výrazně vyšší.
- Základní koncept je pochopení principu přiřazení hodnoty proměnné

Test pochopení principu přiřazení

- Zápis programu pro přiřazení hodnot do proměnných *a* a *b* a následné přiřazení proměnné *b* do *a*.

Přiřazení hodnoty proměnné

```
1 int a = 10;
2 int b = 20;
3
4 a = b;
```

- Jaké jsou hodnoty proměnných *a* a *b*?

a. a = 20, b = 0
b. a = 20, b = 20
c. a = 0, b = 10
d. a = 10, b = 10
e. a = 30, b = 20
f. a = 30, b = 0
g. a = 10, b = 30
h. a = 0, b = 30
i. a = 10, b = 20
j. a = 20, b = 10

Uživatelé počítačů

„Uživatel“

- Spouštěč programů
- Zadává vstup

  Píše, kliká, dotýká se
- Čeká na výstup
- Čte výstup

„Programátor“

- Spouští programy
- Dává počítači příkazy

  Řadí je do posloupnosti
- Vytváří nové programy
- Kombinuje příkazy

- Relativně omezená množina vstupů

  Pouze to co je dovoleno
- Omezen povrchovou znalostí

  Toho co je mu dovoleno vidět

- Rozmanitější možnosti použití

  Omezen pouze limity počítače
- **Chápe a rozumí principům**

  Rychle se učí nové technologie!

Způsob reprezentace znalostí

- Z hlediska výpočtu můžeme rozlišit dva základní typy znalostí

  Způsoby popisu problému

Deklarativní

- Tvrzení popisující stav
- Axiomatické
- Umožňuje jednoduše ověřovat (testovat) pravdivost tvrzení
- Neposkytuje návod jak hodnotu vypočítat

Příklad:

$\sqrt{x} = y, y^2 = x, x \geq 0, y \geq 0$

Imperativní

- Popis jak něco vypočítat
- Posloupnost výpočtu
- Test jak ovlivnit průběh výpočtu

Příklad:

1. If $y^2 \approx x$
2. Then
   return y
3. Else
   $y \leftarrow \frac{y+\frac{x}{y}}{2}$
   Go to Step 1

Program je „recept“

- Program je „recept“ – posloupnost kroků (výpočtů) popisující průběh řešení problému
- Programování je schopnost samostatně
  - tvořit programy
  - dekomponovat úlohy na menší celky
  - sestavovat z dílčích částí větší programy řešící komplexní úlohu

B0B36PRP – je příležitostí, jak se těmto schopnostem naučit

Organizace a hodnocení předmětu

- B0B36PRP – Procedurální programování
- Rozsah: 2p+2c; Zakončení: Z,ZK; Kredity: 6;

Z – zápočet, ZK – zkouška

- Průběžná práce v semestru – domácí úkoly a test
- Implementační a případně ústní zkouška

Schopnost samostatné práce na počítačích v učebnách

- Docházka na cvičení a odevzdání domácích úloh

Samostatná práce
Pro osvojení si základních návyků používání počítačů v učebně a řešení programovacích úloh

- „Alternativní“ absolvování předmětu pro velmi zkušené

Předmět A4B36ACM

Zdroje a literatura

- **Knihy (učebnice)**

„Programming in C“ (Kochan, 2014) nebo „Učebnice jazyka C“ (Herout, 2015)

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

Základní učební text

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

- Přednášky – podpora učebního textu, slidy, poznámky a především **vlastní poznámky** *Součástí přednášek jsou také zdrojové kódy s příklady!*
- Cvičení – získání praktických dovedností řešením domácích úkolů a dalších úloh

programovat, programovat, programovat

Další učebnice jazyka C

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

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

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

Další zdroje

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

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

The C++ Programming Language, 4th Edition (C++11) , *Bjarne Stroustrup*, Addison-Wesley, 2013, ISBN 978-0321563842

Přednášky – zimní semestr (ZS) akademického roku 2017/2018

- Harmonogram akademického roku 2017/2018

http://www.fel.cvut.cz/cz/education/harmonogram1718.html

- Přednášky:
  - Dejvice, místnost T2:D3-309, středa, 16:15–17:45
- 14 výukových týdnů

14 přednášek

Cvičící

- Ing. **Petr Váňa**

- Ing. **Daniel Fišer**

- Ing. **Tomáš Vintr**

- Ing. **Martin Mudroch**, Ph.D.

- RNDr. **Ladislav Serédi**

- Ing. **Rudolf Jakub Szadkowski**

Řešení problémů související s PRP

- Obracejte se na svého cvičícího dle cvičení, na které chodíte (jste přihlášeni)
- Komunikovat můžete elektronickou poštou (e-mail)
  - Pište ze své fakultní adresy (odesílatel)
  - Do předmětu zprávy uvádějte zkratku předmětu PRP
  - Kopii zprávy (Cc) posílejte též příslušnému vedoucímu cvičení (dle studijního programu)
  - V případě zásadních problému (např. týkajících se zápočtu) uvádějte do Cc též přednášejícího

Počítačové laboratoře

- Síťové bootování a síťové domovské adresáře (NFS v4)

Přenos a synchronizace souborů – ownCloud, SSH, FTP, USB

- Vývoj v C:
  - Překladače **gcc** a **clang**

https://gcc.gnu.org a http://clang.llvm.org

  - Sestavení projektu nástrojem **make** (GNU make)

Ukážeme si později na přednáškách a cvičení

  - Textový editor – `gedit`, `atom`, `sublime`, **vim**

https://atom.io/, http://www.sublimetext.com/

http://www.root.cz/clanky/textovy-editor-vim-jako-ide

  - C/C++ vývojová prostředí – **WARNING: Do Not Use An IDE**

http://c.learncodethehardway.org/book/ex0.html

  - `Geany` – https://www.geany.org/
  - `Code::Blocks`, `CodeLite`

http://www.codeblocks.org, http://codelite.org

  - `NetBeans 8.0 (C/C++)`, `Eclipse-CDT`
  - `CLion` – https://www.jetbrains.com/clion
- Odevzdávání domácích úkolů – Upload system

https://cw.felk.cvut.cz/upload

Služby akademické sítě – FEL, ČVUT

- http://www.fel.cvut.cz/cz/user-info/index.html
- Diskové úložiště ownCloud – https://owncloud.cesnet.cz
- Zasílání velkých souborů – https://filesender.cesnet.cz
- Rozvrh a termíny – FEL Portal – https://portal.fel.cvut.cz
- FEL Google Account – autentizovaný přístup do `Google Apps for Education`
  Více viz http://google-apps.fel.cvut.cz/
- Gitlab FEL – https://gitlab.fel.cvut.cz/
- Přístup k informačním zdrojům (IEEE Xplore, ACM, Science Direct, Springer Link)
  https://dialog.cvut.cz
- Akademické a kampusové licence
  https://download.cvut.cz
- Národní Gridová Infrastruktura MetaCentrum
  http://www.metacentrum.cz/cs/index.html

Domácí úkoly a další úlohy

- Samostatná práce s cílem osvojit si praktické zkušenosti
- Jednotné zadání na přednášce a jednotný termín odevzdání
- Odevzdání domácích úkolů prostřednictvím Upload system
  https://cw.felk.cvut.cz/upload
  - Nahrání (upload) archivu s nezbytnými zdrojovými soubory
  - Ověření správnosti implementace automatickými testy
  - Penalizace za překročení počtu uploadů
    Odevzdávejte funkční kódy, nikoliv „pouze" kódy, které projdou testy
  - Detekce plagiátů
    Cílem řešení úkolů je získat vlastní zkušenost
- Úkoly jsou jednoduché a navrhované tak, aby byly stihnutelné
- Klíčem k úspěšnému dokončení předmětu je samostatná práce a osvojení si technik a znalostí
  Průběžná práce a řešení úkolů
- Pokud něčemu nerozumíte, **ptejte se**!
  Pokud chybujete, tak se učíte, pokud nechybujete, tak už to umíte!

Přehled domácích úkolů

- Domácí úkoly s povinným, volitelným, případně bonusovým zadáním
  https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp/hw/start
  0. HW 00 - První program
  1. HW 01 - Načítání vstupu, výpočet a výstup
  2. HW 02 - První cyklus
  3. HW 03 - Kreslení (ASCII art)
  4. HW 04 - Prvočíselný rozklad
  5. HW 05 - Maticové počty
  6. HW 06 - Caesarova šifra
  7. HW 07 - Hledání textu v souborech
  8. HW 08 - Kruhová fronta v poli
  9. HW 09 - Načítání a ukládání grafu
  10. HW 10 - Integrace načítání grafu a prioritní fronta v úloze hledání nejkratších cest
      HW 09 + 12. přednáška, soutěž na extra body
- Podmínkou zápočtu je úspěšné odevzdání všech domácích úkolů
- Odevzdání volitelného zadání je doporučeno (není částečné odevzdání)
  Celkové body za povinné zadání **25b**, volitelné zadání **20b**, bonusové **10b+**

Odevzdávámí domácích úkolů

- Odevzdávací systém **BRUTE** (Bundle for Reservation, Uploading, Testing and Evaluation)
  - Formální kontrola – kompilace programu
  - Testování funkčnost a správnosti – kontrola výstupu pro daný vstup
    - Veřejné vstupy a odpovídající výstupy / neveřejné vstupy
  - Před uploadem programu si program otestujete sami
    - S využitím dostupných vstupů a výstupů
    - Vytvoření vlastních vstupů a laděním programu
    - Vytvoření vstupů přiloženým generátorem vstupů
    - Ověření výstupu přiloženým testovacím nebo referenčním programem
- Porozumění kódu a kontrola možných stavů
  - Pro každý řádek byste měli být schopni odpovědět proč tam je a co dělá
  - Pro kažou funkci nebo načtení vstupu od uživatele analyzujte možné vstupní hodnoty nebo návratové hodnoty funkcí
    - Pokud je z hlediska funkčnosti vstup nebo návratová hodnota zásadní, proveďte kontrolu vstupu a/nebo příslušnou akci, např. vypsání hlášení a ukončení programu
      Např. očekávaný vstup je číslo a uživatel zadá něco jiného.

Hodnocení předmětu

Zdroj bodů	Maximum bodů	Přípustné minimum bodů
Domácí úkoly	45	-
Bonusové úkoly	10^+	-
Test v semestru	5	-
Písemný zkouškový test	20	10
Implementační zkouška	20	5
Ústní zkouška	-	-
Součet	100^+ bodů	

- **Zápočet**: nejméně 30 bodů ze semestru a odevzdáné všechny domácí úkoly a to **nejpozději do 14.1.2018 ve 23:59 CET!**
- Předmět lze úspěšně ukončit **zápočtem** a **zkouškou**
- Implementační zkouška – prokázaní samostatně porozumět a napsat krátký program

Klasifikace předmětu

Klasifikace	Bodové rozmezí	Hodnocení	Slovní hodnocení
A	≥ 90	1	výborně
B	80–89	1,5	velmi dobře
C	70–79	2	dobře
D	60–69	2,5	uspokojivě
E	50–59	3	dostatečně
F	<50	4	nedostatečně

- Včasné odevzdáním všech domácích úkolů s povinným a **volitelným** zadáním (45 bodů)
- Bonusová úloha a bonusové odevzdání HW10 (5 bodů)
- Test v semestru (5 bodů)
- Písemná zkouška (20 bodů)
  15 a více bodů je velmi slušný výsledek
- Implementační zkouška (20 bodů)
- **95 bodů** a více (A – výborně), **76 bodů** (C – dobře) – (20% ztrata)
- Body jsou indikátorem průběžných výsledků
  Zkouška může známku zlepšit, ale také v případě zásadní neznalosti zhoršit

Přehled přednášek

- 01 - Informace o předmětu, Procedurální programování
- 02 - Základy programování v C
  S. G. Kochan: kapitoly 2 a 3
- 03 - Zápis programu v C a základní řídicí struktury
  S. G. Kochan: kapitoly 3, 4, 5 a část 6
- 04 - Řídicí struktury, výrazy a funkce
  S. G. Kochan: kapitoly 4, 5, 6 a 12
- 05 - Pole, ukazatel, textový řetězec, vstup a výstup programu
  S. G. Kochan: kapitoly 7, 10 a 11
- 06 - Ukazatele, paměťové třídy a volání funkcí
  S. G. Kochan: kapitoly 8 a 11
- 07 - Struktury a uniony, přesnost výpočtů a vnitřní reprezentace číselných typů
  S. G. Kochan: kapitoly 9, 14, 17 a Appendix B
- 08 - Standardní knihovny C. Rekurze. (Základní vlastnosti jazyka C probrány.)
- 09 - Spojové struktury
  S. G. Kochan: kapitola 16 a Appendix B
- 10 - Stromy
- 11 - Abstraktní datový typ (ADT) - zásobník, fronta, prioritní fronta
- 12 - Prioritní fronta, halda. Příklad použití při hledání nejkratší cesty v grafu
- 13 - Rezerva
- 14 - Přednáška na vyzvané téma např. *Systémy pro správu verzí* nebo *C vs C++*

Přednáška nemusí být prezentace slidů – je očekávána interakce, řešení dotazů a diskuse problematický a náročnějších částí

Podklady k přednášce jsou k dispozici před přednáškou podobně jako učebnice

Část II

Část 2 – Zadání 0. domácího úkolu (HW00)

Zadání 0. domácího úkolu HW00

Téma: **První program**

Povinné zadání: **1b**; Volitelné zadání: není; Bonusové zadání: není

- **Motivace**: Seznámení se s odevzdávacím systémem BRUTE
- **Cíl**: Osvojit si kompilaci a odevzdávání domácích úkolů
- **Zadání**: https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp/hw/hw00
  - Napište program, který vytiskne na obrazovku text `Hello PRP!` zakončený znakem nového řádku `\n`
- Termín odevzdání: 14.10.2017, 23:59:59 PDT
  PDT – Pacific Daylight Time

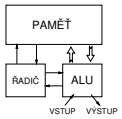
Část III

Část 3 – Programování v C

Počítač „počítá“, tedy pracuje s čísly

- Výpočet je realizován *aritmeticko-logickou jednotkou* (ALU)
- Číselné hodnoty jsou uloženy v paměti počítače
- Předpis jak a co počítat je zapsán programem

  Opět jako posloupnost číselných hodnot se specifickým významem



- Základní jednotkou uložení informace v paměti počítače je bit (binární hodnota 0 nebo 1)

  Historicky vychází z děrného štítku - zápis a strojové zpracování informací
- ALU pracuje s vyhrazenou pamětí
  např. součet dvou hodnot 10 + 4 může být realizován

registry

```
mov $10, %r1
mov $04, %r2
add r1, r2, r3
```

akumulátorem

```
lda $10
add $04
sto r3
```

Každá instrukce má svůj příslušný zápis jako číselná hodnota (opcode), program je tak posloupnost číselných hodnot

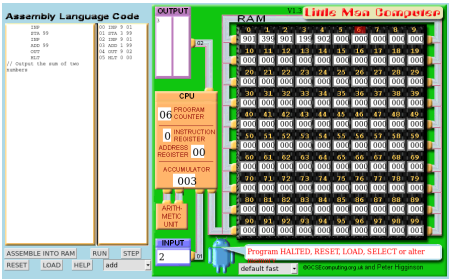
Princip výpočtu

- Pochopení principu výpočtu může pomoci simulátor procesoru např. Little Man Computer

  https://peterhigginson.co.uk/LMC/, https://gcsecomputing.org.uk/lmc/

  http://www.vivaxsolutions.com/web/lmc.aspx

  https://www.youtube.com/watch?v=6cbJWV4AGmk



Zápis programu

- Zápis instrukcí v „*opkódech*“ je možný, ale není příliš pohodlný
  - Číselné hodnoty jsou použity pro identifikaci operací a také míst v paměti, na kterých jsou uložena data (opět jako číselné hodnoty)
- Textový zápis pojmenovaných instrukcí procesoru (assembler) může být srozumitelný, ale je relativně dlouhý
- Přehlednost zápisu a schopnost orientovat se v kódu je jednou z motivací vzniku různých programovacích jazyků
- Jedním z jazyků nabízející kompromis mezi srozumitelností, čitelností a efektivitou zápisu je jazyk C

Programu v Cčku

- Pamětová místa s daty jsou „odkazována“ proměnnými
  - Typ proměnné definuje kolik paměti je použito pro uložení dat (číselné) hodnoty
  - Např. zavedení proměnných pro uložení celých čísel typu `int`

```
int a;
int b;
int c;
```

- Dále používáme obvyklý zápis operací

```
a = 10;
b = 4;
c = a + b;
```

Zápis uloží hodnotu 10 na paměťové místo odkazované proměnnou `a`, hodnotu 4 na paměťové místo odkazované proměnnou `b` a následně provede součet hodnot, který uloží na pamětové místo odkazované proměnnou `c`.

Základní koncepty programování

V programování jsou využívány tři klíčové koncepty, kterou jsou vzájemně kombinovány a umožňují vytvářet komplexní programy.

- **Přiřazení** - uložení hodnoty na definované místo v paměti
- **Větvení** - volba posloupnosti instrukcí na základě hodnoty nějaké proměnné (místa v paměti)
- **Cyklus** - Opakování nějaké posloupnosti instrukcí s novými daty

Abychom mohli lépe a snadněji organizovat posloupnosti instrukcí do složitější celků, je vhodné program strukturovat do znovupoužitelných částí: **procedur** a **funkcí**

- Procedura představuje předpis co se má s jednolivými paměťovými místy provádět
- Výsledek procedury závisí na hodnotách uložených v paměti
- Procedura/funkce/algoritmus řeší obecnou úlohu nějakého výpočtu

  Neméně důležitým konceptem je tak zobecňování výpočtu, které vlastně „zjednodušuje“ řešení problémů.

Program v C

- Program v C je organizován do funkcí
- U spustitelného programu musíme označit, která funkce se má spustit jako první
- V Cčku je to funkce pojmenovaná `main()`

```
1  void main(void)
2  {
3      int a;
4      int b;
5      int c;
6
7      a = 10;
8      b = 4;
9      c = a + b;
10 }
```

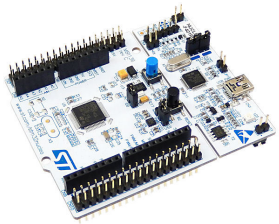
lec01/add.c

Program můžeme zkompilovat a spustit, ale úplně nemáme přehled co dělá a jaký je výsledek. Program přímo neinteraguje s uživatelem.

Interaktivní program

- Proměnné (paměťová místa) mohou přímo reprezentovat periferie - např. tlačítko (0 - stisknuto) a LED (1 - svítí).
- Ovládání LED tlačítkem tak můžeme realizovat jako nekonečnou smyčku, ve které nastavujeme hodnotu LED podle stisknutého nebo nestiknutého tlačítka

```
1  #include "mbed.h"
2
3  DigitalOut myled(LED1);
4  DigitalIn mybutton(USER_BUTTON);
5
6  int main()
7  {
8      while (1) {
9          if (mybutton == 0) {
10             myled = 1;
11         } else {
12             myled = 0;
13         }
14     }
15 }
```



Textově orientovaná interakce s uživatelem

- Dalším ze způsobů interakce s uživatelem je textový výstup a vstup.
- V případě programu běžícího v rámci operačního systému je nutné využívat služby operačního systému realizující interakci s uživatelem
- Proto musíme v Cčkovém programu přidat podporu pro vstup a výstup, např. knihovnu `stdio.h`

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

lec01/program.c

Program zároveň vrací návratovou hodnotu a tím komunikuje s uživatelem nebo nadřazeným programem, který tak může identifikovat jakým způsobem byl program ukončen.

Příklad opakovaného tisku na základě uživatelského vstupu

- Úkol: Uživatel zadá počet opakování tisku zprávy a pokud je počet větší než 0 a zároveň menší než 10 vypíše zprávu tolikrát kolik bylo zadáno. V opačném případě upozornění uživatele na omezený rozsah.
  - **Přiřazení** - uložení hodnoty počtu opakování od uživatele (proměnná `n`)
  - **Větvení** - kontrola mezí vstupní hodnoty
  - **Cyklus** - opakování vypisu *n* krát
    - Při opakovaném průchodu cyklem počítáme kolikrát byla zpráva vytištěna (řídicí proměnná `i`)
  - Načtení vstupu od uživatele realizujeme funkcí `scanf()`

Popis příště a vysvětlení syntaxe v dalších přednáškách

Příklad řešení

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main(void)
4  {
5     int ret = 0;
6     int n;
7     printf("Enter a positive integer number from 1 to 9: ");
8     scanf("%d", &n);
9     if (n > 0 && n < 10) {
10       int i = 0;
11       while (i < n) {
12          printf("I like B0B36PRP!\n");
13          i = i + 1;
14       }
15    } else {
16       printf("Input value must be in the range (0,10)\n");
17       ret = -1;
18    }
19    return ret;
20 }
```

lec01/print.c

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Informace o předmětu
- Procedurální programování (v C)

- Příště: Základy programování v C