Procedurální programování

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 01

B0B36PRP – Procedurální programování

Přehled témat

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/brute`
- Přednášející:
  - prof. Ing. **Jan Faigl**, Ph.D.

- Detailní informace o předmětu, organizaci a hodnocení na 1. cvičení a na `https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp`.

**lec*00*.pdf*

Organizace a hodnocení **B0B36PRP** – Procedurální programování

- Rozsah: 2p+2c; Zakončení: Z,ZK; Kredity: 6; 1 ECTS kredit je 25–30 hodin za semestr, cca 180 h.
  - Kontaktní část (přednáška a cvičení): **3 hodiny týdně**, tj. 42 hodin celkem.
  - Zkouška včetně přípravy: *10 hodin*.
  - Domácí příprava (úkoly) cca **9 hodin týdně**. *Medián zátěže!*
- **Průběžná práce v semestru** – **Formativní výuka** - domácí úkoly, kvízy, test (zpětná vazba).
- **Zkouška (test a implementace)** - **Certifikační typ zkoušky** - uspěl(a)/neuspěl(a).

  Schopnost samostatné práce na počítačích v učebnách.
- Docházka na **cvičení** a odevzdání domácích úloh. *Samostatná práce (kontrola plagiátů).*
  - Postupujte systematicky, budete tak postupně rozvíjete své schopnosti.
  - Využijte čas v prvních úlohách a naučte se psát programy správně.

  Program musí být nejen správný a funkční, ale také čitelný a udržovatelný!
- Konzultace – **Je normální nevědět, proto se učíte**, ale netrapte se dlouho sami **konzultujete** s cvičícím/přednášejícím.

  Čtěte (učebnici), pochopte principy (nejen hledat řešení), hlídejte si čas a včas konzultujete!
  - **Maximálně využijte kontaktní čas na cvičení/přednášce, ptejte se, diskutujete!**
- *„Alternativní"* absolvování předmětu pro velmi zkušené – **Seminář ACM** - předmět A4B36ACM!

Co vám pomůže!

- **Knihy (učebnice)** *Základní učební text „Programming in C" (Kochan, 2014)*

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

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

- Přednášky – podpora učebního textu, slidy, videa, poznámky a **vlastní poznámky**.

  Součástí přednášek jsou také zdrojové kódy s příklady!
- Cvičení – získání praktických dovedností řešením domácích úkolů a dalších úloh.

  programovat, programovat, programovat

Není jeden styl (předávání znalostí)

Practical C Programming, *Steve Oualline*, O'Reilly Media, Inc., 3rd edition, 1997)

Briefer than Kochan's textbook, still comprehensive.

Effective C: An Introduction to Professional C Programming, *Robert C. Seacord*, William Pollock, 2020.

Great if you already known some of C syntax and like to improve your skill further.

Fluent C, Principles, Practices, and Patterns, *Christopher Preschern*, O'Reilly Media, Inc., 2022.

Suitable if you like to know more about coding practices.

21st Century C: C Tips from the New School, *Ben Klemens*, O'Reilly Media, 2012.

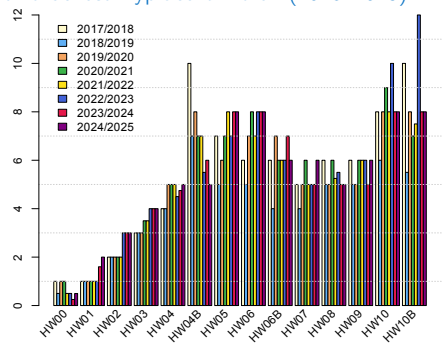
Medián reportované časové náročnosti vypracování úloh (2018–2025)

- Očekávaná náročnost cca 70 h.
  - Součet mediánů cca 40–54 h celkem bez bonus úloh.
  - Bonusy cca 16–26 h.
  - Celkem cca 56–76 h.
- Od HW04 jsou úlohy přibližně stejně časově náročné.
- V prvních týdnech věnujte čas seznámení se s prostředím, trénování kódování (přepisujte a zpřehledňujte) a čtení učebnice.

  Řešení pozdějších úloh pak může být rychlejší.
- **Časová dotace cca 180 h**.

  42 h kontaktní část, 10 h zkouška, 70 h úlohy, *"rezerva" cca 58 h.*
- Očekávané zatížení je min. cca 8–9 hodin týdně (14 výukových týdnů).

  Domácí příprava a samostudium – procvičování příkladů ze cvičení, studium učebnice, testovací implementace.



Co je programování?

- Schopnost (samostatně) implementovat výpočetní řešení problému (algoritmem).

  Programování vs. algoritmizace.
- Implementovat nejen funkční, ale správné řešení. *Jen funkční (nebo jakože funkční) nestačí.*
- Programování (implementování) je aplikování známých vzorů řešení a způsobů zápisu programu v konkrétním programovacím jazyce (syntax a semantika jazyka).

  Programování je dovednost, řemeslo, která se získá praxí, zkoušením, implementováním.
- Základní dovednosti a postupy.
  1. **Dekompozice** - rozdělení problému na jednodušší části.

     Části mohou být znovupožitelné (zoobecňování).
  2. **Paměťový** (datový) model výpočtu, práce s pamětí.

     Jaký je životní cyklus paměti, jak data předáváme a přistupujeme k nim.
  3. **Výpočetní** model, práce s pamětí (čtení, modifikace, změna - **přiřazení**) **posloupnost příkazů**, **větvení**, **cyklus**.
  4. **Správnost** - **kontrola správnosti vstupních dat**, reakce na nechtěný, ale možný uživatelský vstup, **kontrola úspěšného provedení kódu**.
  5. **Čitelnost**, **srozumitelnost** a **udržitelnost** kódu.

     Schopnost orientovat se v kódu, přehlednost pro sebe i v rámci týmu.

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.

Způsob výuky programování v B0B36PRP

- Naší snahou je vybudovat zkušenost a rozvinout dovednost programování.
  - Programování vs. algoritmizace;
  - Programování je „řemeslo“, jak správně implementovat nějaký algoritmus.
  - **Jen funkční nestačí - program musí být i správně!** *Očekávaný vstup vs. co všechno může uživatel na vstup zadat.*
- Studijní zátěž je proto rozložena do výukové části semestru zaměřené na **formativní výuku**.
  - Úkoly na cvičení a termíny domácích úkolů.
- Systematické rozvíjení dovednosti programování v průběhu semestru je zásadní. *Na začátku semestru čas pro čtení učebnice!*
- Vědět a umět použít (nikoliv “slepovat”). *Nezávislost na našeptávači!*
  - Začínáme relativně jednoduchými úlohami k osvojení programovacích konstruktů a způsobu organizace zdrojového kódu. *Přehledný kód a schopnost se efektivně orientovat v kódu!*
  - *Úkoly jdou vždy realizovat s tím, co si řekneme na přednášce/cvičení.* Řešení s pokročilejšími konstrukty může být elegantnější(kratší), nemusí však dodat potřebný vhled.
  - V prvních přednáškách pokrýváme nezbytné znalosti, které jsou dále prohlubovány.
    - Cvičení doplňují přednášky a dávají více prostoru pro praktické osvojení problematiky.
- Můžete volit praktický způsob vstřebávání znalosti programování z příkladů, který je vhodný doplnit teoretickou přípravou z učebnic(e).

Přehled přednášek

- 01 - Informace o předmětu, Úvod do programování *S. G. Kochan: kapitoly 1–3*
- 02 - Programování v C *S. G. Kochan: kapitoly 2–5 a část 6*
- 03 - Řídicí struktury, výrazy a funkce *S. G. Kochan: kapitoly 4–6 a 12*
- 04 - Pole, ukazatel, textový řetězec *S. G. Kochan: kapitoly 7, 10 a 11*
- 05 - Ukazatele, dynamická alokace, práce s textem *S. G. Kochan: kapitoly 7, 8 a 11*
- 06 - Struktury a uniony. *S. G. Kochan: kapitoly 9, 14, 17*
- 07 - Paměť programu. Standardní knihovny C. Rekurze. (Základní vlastnosti jazyka C probrány.) *S. G. Kochan: kapitola 16 a Appendix B*
- 08 - Spojové struktury
- 09 - Abstraktní datový typ (ADT) - zásobník, fronta, prioritní fronta
- 10 - Stromy
- 11 - Prioritní fronta, halda. Příklad použití při hledání nejkratší cesty v grafu
- 12 - Přesnost výpočtu
- 13 - Binární soubory
- 14 - Rezerva – *Dotazy, informace ke zkoušce*

Přednáška není jen prezentace slidů – interakce, řešení dotazů a diskuse.

Podklady k přednášce jsou k dispozici před přednáškou podobně jako **učebnice**.

Přehled domácích úkolů

- Domácí úkoly s povinným, volitelným, případně bonusovým zadáním. *39 h, bonus +19 h*

  `https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp/hw/start`

  0. HW 00 - První program *1 h*
  1. HW 01 - Načítání vstupu, výpočet a výstup (**Kontrola kódu**) *2 h*

     Seznámení se s prostředím, psaním programů, jejich laděním, testováním a odevzdáváním. ∼ 20–40 h
  2. HW 02 - První cyklus (**Kontrola přehlednosti kódu** – až -100% z dosažených bodů) *2 h*
  3. HW 03 - Kreslení (ASCII art) (**Kontrola kódu** – až -100%) *4 h*
  4. HW 04 - Četnost výskytu znaků (**Kontrola kódu** – až -100%) *4 h*
  5. HW 05 - Caesarova šifra (**Kontrola kódu** – až -100%) *8 h*
  6. HW 06 - Maticové počty (**Kontrola kódu** – až -100%) *8 h; bonus +7 h*
  7. HW 07 - Hledání textu v souborech *5 h*
  8. HW 08 - Kruhová fronta v poli - *Dynamicky linkovaná knihovna* *5 h*

  HW 10B - **Integrace** načítání grafu a prioritní fronta v úloze hledání nejkratších cest *11. přednáška, soutěž na extra body* *+12 h*
- Podmínkou zápočtu je úspěšné odevzdání všech povinných domácích úkolů.
- **Zadání a termíny jsou známy, sledujte svůj postup a plánujte si čas!**
- Odevzdání volitelného zadání je doporučeno (není částečné odevzdání).

  Celkové body za povinné zadání **25b**, volitelné zadání **15b**, bonusové **10b**$^+$

Odevzdávání domácích úkolů – BRUTE

- **BRUTE** – Bundle for Reservation, Uploading, Testing and Evaluation
  - Formální kontrola – kompilace programu.
  - Testování funkčnost – **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 **každou 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**, jako je vypsání hlášení a ukončení programu.

    Např. očekávaný vstup je číslo a uživatel zadá něco jiného.

Úkoly a BRUTE

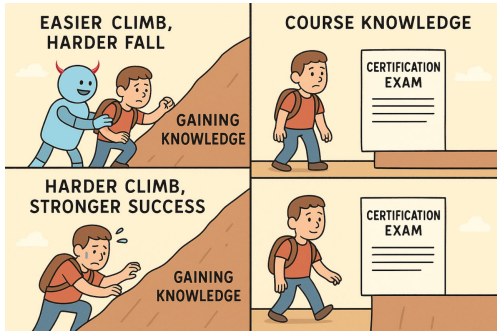
- Cílem úkolů není získat body (ty jsou motivace).
- Výukový cíl není ani odevzdání implementace, která projde BRUTE testy.

  Je to jeden z prostředků ověření základní funkčnosti programu.
  - Cíl je osvojit si programovací návyky, **programovat samostatně** funkční programy správně.
  - BRUTE je nástroj průběžné kontroly postupu a získávání znalostí.
- Úkoly jsou o **postupném získání zkušeností** s konkrétními konstrukty.
- Úkoly míří na začátečníky, jsou proto učebnicové, dobře popsané a zvládnutelné. *Velmi dobře i jazykovými modely LLM.*

- Úkoly mají relativní obtížnost velmi podobnou.
  - Je důležité postupně samostatně řešit jednotlivé úkoly a osvojovat si dílčích dovednosti.

  Absolutně jsou úlohy postupně náročnější a náročnější!
- Netrapte se s řešením příliš dlouho sami, ptejte se cvičících, přednášce, **konzultaci**.
- Úlohy HW02–HW06 budou manuálně kontrolovány na správnost a přehlednost kódu.
  - Zaměřeno na konzistenci, čitelnost, a **dekompozici** (rozdělení do funkcí).

    Z hlediska tréninku a učení, i zdánlivě triviální program se snažte rozumně rozdělit na více funkcí.
  - *Motivace je netrávit příliš mnoho času implementací bez výrazného postupu.*



Klidně si nechte věci vysvětlit, ale sledujte studijní cíl, kterým není jen úlohy odevzdat, ale naučit se.

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.

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

Imperativní

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

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

- Program je „recept“ – posloupnost kroků (výpočtů) popisující průběh řešení problému.

Program a programování

Základní koncept je princip přiřazení hodnoty proměnné!

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

- *Co je* `int`*?*
- *Co je* `a` *a* `b`*?*
- *Co je* `=` *na řádku 1–2 a na řádku 4?*

- Program (posloupnost instrukcí v paměti programu) je předpis práce s pamětí dat.
- Instrukce přesouvají hodnoty v paměti, počítají a testují (porovnávají) hodnoty.
  - **Posloupnost** instrukcí (příkazů).
  - **Větvení** - podmíněný skok na posloupnost instrukcí v závislosti na hodnotě proměnné.
  - **Cykly** - opakování stejné poslopnosti instrukcí s jinými daty.
- Programování je schopnost **samostatně**
  - **tvořit programy**;
  - **dekomponovat** úlohy na menší celky;
  - sestavovat z **dílčích částí větší programy** řešící komplexní úlohu.
- Programování je dovednost (řemeslo) zapsat řešení výpočetního problému programem.

  Čitelný, srozumitelný a udržovatelný zápis!

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: 27.09.2025, 23:59:59 PDT.

PDT – Pacific Daylight Time

Část III

Část 3 – Programování (v C)

Program a definice programovacího jazyka

- Program je posloupnost kroků (výpočtů) popisující průběh výpočtu řešení problému.
- Programovací jazyk je způsob zápisu programu, který definuje sadu konstrukcí programu.

  Zapisovaný v textové („lidsky čitelné") podobě.
- **Syntax** – definice povolených výrazů a konstrukcí programu.

  Plná kontrola a podpora vývojových prostředí.
  - Příklad popisu výrazu gramatikou v Backus-Naurově formě

    <exp> ::= <exp> + <exp> | <exp> * <exp> | <exp> | <number>
    <number> ::= <number> <digit> | <digit>
    <digit> ::= 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9.
- **Statická sémantika** – definuje jak jsou konstrukty používány.

  Částečná kontrola a podpora prostředí.
  - Příklad axiomatické specifikace: $\{P\}\ S\ \{Q\}$,
    - P - precondition,
    - Q - postcondition,
    - S - konstrukce jazyka.
- **Plná sémantika** – co program znamená a dělá, jeho smysluplnost.

  Kontrola a ověření správnosti je v režii programátora/ky.

Správnost programu

- Syntakticky i staticky sémanticky správný program neznamená, že dělá to co od něj požadujeme.
- Správnost a smysluplnost programu je dána očekávaným chováním při řešení daného problému.
- V zásadě při spuštění programu mohou nastat následující události.
  - Program havaruje a dojde k chybovému výpisu.

    Mrzuté, ale výpis (report) je dobrý start řešení chyby (bug).
  - Program běží, ale nezastaví se, počítá v nekonečné smyčce.

    Zpravidla velmi obtížné detekovat a program ukončujeme po nějaké době, proto je vhodné mít představu o výpočetní náročnosti řešené úlohy a použitém přístup řešení (algoritmu).
  - Program včas dává odpověď.

    Je dobré vědět, že odpověď je korektní.

Správnost programu je plně v režii programátorky nebo programátora, proto je důležité pro snadnější ověření správnosti, ladění a hledání chyby používat **dobrý programovací styl**.

Program a jeho zápis

- V předmětu B0B36PRP používáme programovací jazyk **C**.

  Programování není o znalosti konkrétního programovacího jazyka, je to o způsobu uvažování a řešení problému. Jazyk C nám dává příležitost osvojit si základní koncepty, které lze využít i v jiných jazycích.
- Klíčové pro správné fungování programu je pochopení **práce s pamětí**.

  Cílem kurzu PRP je naučit se základním principům, které lze následně generalizovat pro jiné programovací jazyky. Pochopení těchto principů je klíčem k efektivnímu psaní efektivních programů.
- Program se skládá z
  - **klíčových slov**, **výrazů** (operátorů/volání funkcí), **literálů** (hodnot);
  - **identifikátorů** proměnných a funkcí.

    Identifikátor proměnné je pojmenování datové oblasti v paměti.

    Identifikátor funkce je pojmenování posloupnosti instrukcí (příkazů).

Platné znaky pro zápis zdrojových souborů

- Malá a velká písmena, číselné znaky, symboly a oddělovače.

  ASCII – American Standard Code for Information Interchange.
  - a–z A–Z 0—9
  - ! " # % & ' ( ) * + , - . / : ; < = > ? [\ ] ^ _ { | } ~
  - mezera, tab, nový řádek.
- Escape sekvence pro symboly
  - \' – ', \" – ", \? – ?, \\– \.
- Escape sekvence pro tisk číselných hodnot v textovém řetězci
  - \o, \oo, kde o je osmičková číslice;
  - \xh, \xhh, kde h je šestnáctková číslice.

```
1 int i = 'a';
2 int h = 0x61;
3 int o = 0141;
4
5 printf("i: %i h: %i o: %i c: %c\n", i, h, o, i);
6 printf("oct: \141 hex: \x61\n");
```

Např. \141, \x61 lec01/esqdho.c

- \0 – znak pro konec textového řetězce (null character).

Klíčová slova

- Klíčová (rezervovaná) slova (**keywords**)$_{32}$:

  auto **break** **case** char const **continue** **default** **do** double **else** enum extern float **for** goto **if** int long register **return** short signed sizeof static struct **switch** typedef union unsigned void volatile **while**. C98

  Většina klíčový slov se týká paměťové reprezentace dat, definice **základních typů** proměnných a hodnot. Řízení běhu programu je 11 klíčový slov (**cykly** a **větvení**) doplněné o **výrazy**, volání **funkcí**, data (**proměnné**) a hodnoty (**literály**).
- Mezi klíčová slova patří označení typu hodnoty, které definuje potřebné paměťové místo reprezentace čísla: `int`, `double`, `float`, `char`, `short`, `long`.
  - Hodnoty jsou literály, výsledek výrazů, proměnné, návratová hodnota funkce, operandy.

    Každá hodnota (číslo) má svou reprezentaci (typ) a potřebnou velikost paměti.

Zápis programu

```
1  /*
2   * Funkce main je hlavní funkce programu v c, je spuštěna
3   * po spuštění programu.
4   */
5  int main(void)    // Funkce main vrací hodnotu typu int.
6  {
7     int a = 10;    // Definice proměnné a typu int.
8                    // inicializace literálem 10 (typ int).
10    int b = 20;    // Definice proměnné je přiřazení symbolu
11                   // alokovanému paměťovému místu.
13    int c;         // Hodnota proměnné c není definována.
15    c = a + b / 2; // Výraz má hodnotu typu int.
16                   // Dělení je celočíselné (oba operandy typu int).
18    return c;      // Návratová hodnota funkce (v případě main(), návratová hodnota programu).
19 }
```

- Použitá klíčová slova `int`, `void` a `return`.
- Literály jsou `10`, `20` a `2`.
- Použité operace ve výrazu jsou sčítání, dělení a přiřazení.
- Identifikátory jsou jména proměnných `a`, `b`, `c` a jméno funkce `main()`.

Jméno hlavní funkce `main()` je předepsané.

Literály – Zápis hodnot

- Hodnoty datových typů označujeme jako **literály**.
- Zápis celých čísel (celočíselné literály).
  - dekadický 123 450932
  - šestnáctkový (hexadecimální) 0x12 0xFAFF (začíná `0x` nebo `0X`)
  - osmičkový (oktalový) 0123 0567 (začíná `0`)
  - `unsigned` 12345U (přípona `U` nebo `u`)
  - `long` 12345L (přípona `L` nebo `l`)
  - `unsigned long` 12345ul (přípona `UL` nebo `ul`)
- Není-li přípona uvedena, jde o literál typu `int`. Výchozí typ Cčka.
- Neceločíselné datové typy `float` a `double` jsou dané implementací, většinou se řídí standardem IEEE-754-1985. `float`, `double`
  - `1.0` nebo `1.` výchozí typ necelého čísla je `double`.
  - `1.0f` nebo `1.f` literál typu `float`.

Identifikátory

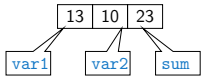
- **Identifikátory** jsou jména proměnných, funkcí, a vlastních typů.
- Pravidla pro volbu identifikátorů. *Názvy proměnných, typů a funkcí.*
  - Znaky a–z, A–Z, 0–9 a _.
  - První znak není číslice.
  - Rozlišují se velká a malá písmena (case sensitive).
  - Délka identifikátoru není omezena.
    Prvních 31 znaků je významných – může se lišit podle implementace.
- **Proměnné** jsou data, typicky volíme **podstatná jména**.
- **Funkce** něco provádí, typicky volíme **slovesa**.

Cvičte se v používání angličtiny!

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. *Undefined behavior*
- Jméno proměnné „odkazuje" na paměťové místo.
- Hodnota proměnné je obsah paměťového místa. *Paměť není incializována.*



Program v C

- Program v C je organizován do funkcí.
- Spustitelný program vyžaduje funkci, která se spustí jako první – `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 }
```

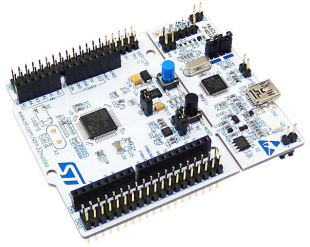
lec01/add.c

Takový 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

- Základním způsobem interakce s uživatelem je textový výstup a vstup.
- V případě programu běžícího v rámci operačního systému (OS) využíváme služby OS, který realizuje interakci s uživatelem s využitím hardwarových prostředků. *OS realizuje hardwarovou abstrakci.*
- V Cčkovém programu proto přidáme podporu pro vstup a výstup, knihovnu `stdio.h`.

```
1 #include <stdio.h> // Vložení deklarací funkcí pro vstup/výstup
2                   // Deklarace je hlavička funkce.
3 int main(void)
4 {
5     puts("I like B0B36PRP!"); // Volání funkce puts(), viz man puts.
6     return 0; // 0 indikuje úspěšné provedení programu - EXIT_SUCCESS
7 }
```

lec01/program0.c

- Program vrací návratovou hodnotu OS a tím komunikuje s uživatelem nebo nadřazeným programem, který tak může identifikovat jakým způsobem byl program ukončen. *Viz cvičení, shell a hodnota `$?`.*
- Funkce `puts()` vrací návratovou hodnotu indikující úspěšné vykonání funkce, viz `man puts`.
- Náš první program tak v podstatě **obsahuje chybu**, protože volání `puts()` se nemusí povést.

Ošetření návratových hodnot volání funkcí

- Funkce `puts()` vrací `EOF` při chybě, jinak nezáporné celé číslo.
- K zpřehlednění využijeme symbolické konstanty `EXIT_SUCCESS` a `EXIT_FAILURE` z knihovny `stdlib.h`.

```
1  #include <stdio.h>  // vložení deklarace funkce fputs()
2  #include <stdlib.h> // vložení EXIT_SUCCESS a EXIT_FAILURE
3
4  int main(void)
5  {
6      if (puts("I like B0B36PRP!") != EOF) {
7          return EXIT_SUCCESS;
8      } else {
9          return EXIT_FAILURE;
10     }
11 }
```

lec01/program.c

- Typicky k chybě na standardní (textový) výstup (`stdout`) nedochází, přesto je kontrola návratových hodnot funkcí zásadní, zejména při práci se soubory nebo načítání vstupu.
  Zejména z důvodu přehlednosti, není v B0B36PRP vyžadováno kontrolování návratových hodnot při výstupu na `stdout` s využitím funkcí typu `puts()` nebo `printf()`.

Hodnocení programů a programátorské styly

- Hodnocení programů je neosobní, program je správně nebo není. *Není to hodnocení Vás, ale programu.*
- Pokud program není správně, je to z hlediska učení se v pořádku, protože se učíte.
  Pokud je správně, už to umíte, už se neučíte. Tedy když se učíte, děláte chyby.
- Programování není o memorování fakt. Nezaměňujte memorování s programováním správně.
  - Naučit se fakta aplikovat v různých situacích, dokud nebudete vědět, jak je použít.
- Naučit se, znamená zkoušet, uvědomit si, vědět.
  Zkopírováním nebo vygenerováním funkčního programu se to zpravidla nenaučíte—programování vs. prompt engineerring.
- Všechny programy v PRP už někdo někdy implementoval.
  Naučit se programovat znamená umět řešit problémy, které ještě nikdo neřešil.
- Kreativní programování je rychlé prototypování. *Nedělám chyby, program je funkční a dokonalý, jako jeho autor.*
- Defenzivní programování předpokládá, že programy mají chyby, které nemůžeme plně odstranit, ale pouze redukovat jejich četnost. Nejste váš program, ale jste zoodpovědní za chyby.
- Draftujte program kreativně. Pak se přepněte do defenzivního stylu a řešte možné chyby.
  - **Najděte odvahu program kompletně přepsat.** Nestyďte se programovat na načisto (klidně i na papír).
- Programování není o bušení do klávesnice, ale o návrhu, přemýšlení a strategii implementace.

Zápis a kompilace programu

- Zdrojový kód programu v jazyce C se zapisuje do textových souborů (`.c` a také `.h`). *Jméno nebo koncovka není pro typ souboru úplně zásadní!*
- Kompilací zdrojových souborů překladačem do binární podoby vznikají objektové soubory (s koncovkou `.o`) nebo spustitelný program.

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
```

Nebo kompilujeme do souboru **program**.

```
clang program.c -o program
```

```
1  #include <stdio.h>  // vložení deklarace funkce fputs()
2  #include <stdlib.h> // vloží informaci o EXIT_SUCCESS a EXIT_FAILURE
3
4  int main(void)
5  {
6      int ret = EXIT_SUCCESS;
7      int r = puts("I like B0B36PRP!");
8      if (r == EOF) {
9          ret = EXIT_FAILURE;
10     }
11     return ret;
12 }
```

lec01/program.c

Příklad součtu dvou hodnot

```c
#include <stdio.h> // vložení deklarace funkce printf()

int main(void)
{
  int sum; /* definice lokalni promenne typu int */

  sum = 100 + 43; /* hodnota vyrazu se ulozi do sum */
  printf("The sum of 100 and 43 is %i\n", sum);
  /* %i formatovaci prikaz pro tisk celeho cisla */
  return 0;
}
```

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

Standardní vstup a výstup

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

  Výjimkou jsou programy pro MCU bez OS.

  Grafické programy mají grafický výstup a vstup z dalších periférií. Princip je obdobný jen komplexnější.
- Program může prostřednictvím `stdout` a `stdin` komunikovat s uživatelem.
- Základní funkce pro znakový výstup je `putchar()` a vstup `getchar()`, definované ve standardní knihovně `<stdio.h>`.
- Formátovaný výstup je možné tisknout funkcí `printf()`, např. číselné hodnoty.
- Formátované načítání číselných hodnot lze realizovat funkcí `scanf()`, uživatel ale nemusí na vstup zadat číslo. Proto kontrolujeme úspěšné načtení čísla!

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`

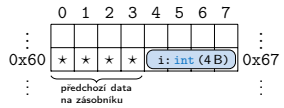
- Dále je možné specifikovat počet vypsaných míst, zarovnání vlevo (vpravo), atd.

  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 s podobným syntax jako `printf()`.
- Funkce uloží načtenou hodnotu na konkrétní paměťové místo.

  Paměť musí být alokovaná a dostatečně velká, proto předáváme adresu proměnné konkrétního typu.
- Příklad načtení hodnoty celého čísla s kontrolou a výpisem na standardní chybový výstup.




```c
int i; // Proměnná je uložena na, např.  0x64-0x67
printf("Enter int value: ");
int r = scanf("%i", &i); // operátor & vrací adresu proměnné i,
                         // např.  &i odpovídá adrese 0x64 (little endian)
if (r == 1) {
   fprintf(stdout, "You entered %02i\n", i);
} else {
   fprintf(stderr, "ERROR: Input does not contain valid integer value!\n");
}
```


Příklad formátovaného vstupu

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h> // for EXIT_SUCCESS

int main(void)
{
   int ret = EXIT_SUCCESS;
   double d;

   printf("Enter a double value: ");
   int r = scanf("%lf", &d);
   if (r == 1) {
      printf("You entered %0.1f\n", d);
   } else if (r == 0) {
      fprintf(stderr, "ERROR: Input does not match double value!\n");
      ret = 101; // Indicate error on input, number has not been given.
   } else {
      fprintf(stderr, "WARN: No input provided!\n"); //press Ctrl+D to terminate the input EOT - End-of-Transmission character (or Ctrl+Z on Disk Operating System / Windows like systems)
      ret = 102; // Indicate no input has been given.
   }
   return ret;
}
```

lec01/scanf.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 zobecňování výpočtu, které „zjednodušuje" řešení problémů.

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 upozorní 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`).

  Detailní popis a vysvětlení syntaxe v učebnici a další přednášce.

Opakovaný tisk textové zprávy uživateli

- Zprávu lze například vytisknout 4× opakováním příkazu tisku.

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
   printf("I like B0B36PRP!\n");
   printf("I like B0B36PRP!\n");
   printf("I like B0B36PRP!\n");
   printf("I like B0B36PRP!\n");
   return 0;
}
```

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
   const int N = 4;
   for (int i = 0; i < N; ++i) {
      printf("I like B0B36PRP!\n");
   }
   return 0;
}
```

- Použití cyklu a řídicí proměnné je programátorský přístup.
- Příklad zoobecníme o zadání počtu opakování uživatelem ze standardního vstupu.

Příklad řešení 1/3

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

int main(void)
{
   int ret = EXIT_SUCCESS;
   int n; // hodnota není incializována
   printf("Enter a positive integer number from 1 to 9: ");
   int r = scanf("%d", &n);  // kontrola úspěšnosti načtení celého čísla %d
   if (r == 1 && n > 0 && n < 10) {
      int i = 0;
      while (i < n) {
         puts("I like B0B36PRP!");
         i = i + 1;
      }
   } else {
      printf("ERROR: Input value must be in the range (0,10)\n");
      ret = EXIT_FAILURE;
   }
   return ret;
}
```

lec01/print.c

- Naivní, funkční řešení, v zásadě postačující, nicméně i takový program můžeme **dekomponovat**.

Příklad řešení 2/3

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
void print(int n); // Deklarace funkce, před její definicí!!!!
int main(void)
{
   int ret = EXIT_SUCCESS;
   int n;
   printf("Enter a positive integer number from 1 to 9: ");
   int r = scanf("%d", &n); // předáváme adresu proměnné n, hodnotu vyplní funkce
   if (r == 1 && n > 0 && n < 10) {
      print(n);
   } else {
      fprintf("ERROR: Input value must be in the range (0,10)\n");
      ret = EXIT_FAILURE;
   }
   return ret;
}
```

lec01/print2.c

- Tisk v samostatné funkce `print()`.
- Lepší, ale stále relativně složité – můžeme oddělit načítání, ale také zoobecnit hodnoty a vyhnout se „magic numbers" v definici funkcí.

Příklad řešení 3/3

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h> // Because of EXIT_SUCCESS
int read(int min, int max, int *n);
void print(int n);
const int MIN = 1; // nebo #define MIN 1
const int MAX = 9; // definici symbolicke konstanty
                   // podobně jako je EXIT_SUCCESS
int main(void)
{
   int ret = EXIT_SUCCESS;
   int n; // memory allocation for the read value
   if (read(MIN, MAX, &n)) {
      print(n);
   } else {
      printf("ERROR: Input value must be in the
       range (%d,%d)\n", MIN - 1, MAX + 1);
      ret = EXIT_FAILURE;
   }
   return ret;
}
```

- Funkci `read()` předáváme ukazatel na platnou adresu paměti, to zajišťujeme programově.
- Program vrací návratovou hodnotu a upozorňuje uživatele na chybný vstup.
  Můžeme dále použít `fprintf(stderr,)`.
- Hodnoty MIN a MAX můžeme dále rozšířit o možnost definování při překladu (`#ifndef`).

```c
int read(int min, int max, int *n)
{
   printf("Enter a positive integer
    number from %d to %d: ", min, max);
   return scanf("%d", n) == 1 && *n >=
    min && *n <= max;  // logical true is
    a value != 0, shortcut evaluation
}
void print(int n)
{
   int i = 0;
   while (i < n) {
      puts("I like B0B36PRP!");
      i = i + 1;
   }
}
```

lec01/print3.c

Výpočetní problém, algoritmus a program jako jeho řešení

Příklad: Najít největšího společného dělitele čísel 6 a 15.

- Víme co musí platit pro číslo d, aby bylo největším společným dělitele čísel x a y.
- Známou deklarativní znalost o problému můžeme využít pro návrh výpočetního postupu jak takové číslo najít, např.
  1. Nechť máme nějaký odhad čísla d;
  2. Potom můžeme ověřit, zdali d splňuje požadované vlastnosti ;
  3. Pokud ano, jsme u cíle;
  4. Pokud ne, musíme d vhodně modifikovat a znovu testovat.
- Výpočetní problém chceme vyřešit využitím konečné množiny primitivních operací počítače.
- Konkrétní úlohu pro čísla 6 a 15 zobecňujeme pro „libovolná" čísla x a y, pro který **navrhneme algoritmus**.
- Algoritmus následně přepíšeme do programu využitím konkrétního programovacího jazyka.

Příklad největší společný dělitel

- Úloha

  Najděte největší společný dělitel čísel 6 a 15.

  Co platí pro společného dělitele čísel?

- Řešení

  Návrh postupu řešení pro dvě libovolná přirozená čísla.

  *Definice **vstupu** a **výstupu** algoritmu.*

  - Označme čísla x a y.
  - Vyberme menší z nich a označme jej d.
  - Je-li d společným dělitelem x a y končíme.
  - Není-li d společným dělitelem pak zmenšíme d o 1 a opakujeme test až d bude společným dělitelem x a y.

- Symboly x, y a d reprezentují **proměnné** (paměťové místo), ve kterých jsou uloženy hodnoty, které se v průběhu výpočtu mohou měnit.

Slovní popis činnosti algoritmu

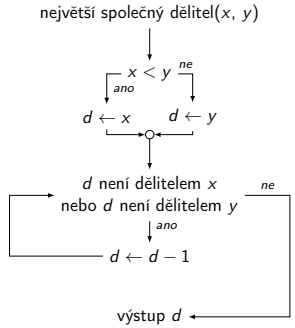
- Úloha:

  Najít největší společný dělitel přirozených čísel x a y.

- Popis řešení
  - **Vstup**: dvě přirozená čísla x a y.
  - **Výstup**: přirozené číslo d – největší společný dělitel x a y.
  - **Postup**
    1. Je-li $x < y$, pak d má hodnotu x, jinak má d hodnotu y.
    2. Pokud d není dělitelem x nebo d není dělitelem y opakuj krok 3, jinak proveď krok 4.
    3. Zmenši d o 1.
    4. Výsledkem je hodnota d.

Algoritmus = výpočetní postup jak zpracovat vstupní data a určit (vypočítat) požadované výstupní hodnoty (data) s využitím elementárních výpočetních instrukcí a pomocných dat.

Postup výpočtu algoritmu vyjádřený formou vývojového diagramu



Zápis algoritmu v pseudojazyku

- Zápis algoritmu využitím klíčových a dobře pochopitelných slov

Algoritmus 1: Nalezení největšího společného dělitele
Vstup: x, y – kladná přirozená čísla
Výstup: d – největší společný dělitel x a y

if $x < y$ **then**
  $d \leftarrow x$;
else
  $d \leftarrow y$;
while *d není dělitelem x nebo d není dělitelem y* **do**
  $d \leftarrow d - 1$;
return d

Neodpovídá přesně zápisu programu v konkrétním programovacím jazyku, ale je čitelný a lze velmi snadno přepsat.

Zápis algoritmu v C – motivační ukázka

```c
int getGreatestCommonDivisor(int x, int y)
{
   int d;
   if (x < y) {
      d = x;
   } else {
      d = y;
   }
   while ( (x % d != 0) || (y % d ! = 0)) {
      d = d - 1;
   }
   return d;
}
```

- Nebo také s využitím ternárního operátoru.

podmínka ? výraz : výraz

Více učebnice, cvičení nebo příští přednáška.

- Úlohu největšího společného dělitele čísel 6 a 15 jsme zobecnili.
- A dekomponovali na funkci `getGreatestCommonDivisor()`.
- Funkci můžeme opakovaně použít.
- Případně definovat v samostatném souboru.

```c
int getGreatestCommonDivisor(int x, int y)
{
   int d = x < y ? x : y;
   while ( (x % d != 0) || (y % d ! = 0)) {
      d = d - 1;
   }
   return d;
}
```

lec01/demo-gcd.c

Část IV

Část 4 – Zadání 1. domácího úkolu (HW01)

Zadání 1. domácího úkolu HW01

Téma: **Načítání vstupu, výpočet a výstup**

Povinné zadání: 3b; Volitelné zadání: není; Bonusové zadání: není

- **Motivace**: Získat představu o interakci uživatele s programem.
- **Cíl**: Osvojit si načítání vstupu, formátovaného výstupu a základní posloupnosti příkazů
- **Zadání**: `https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp/hw/hw01`
  - Načítání celých čísel ze standardního vstupu.

    (čísla v rozsahu [-10 000; 10 000])
  - Výpis čísel v dekadické a šestnáckové soustavě.
  - Provedení základní aritmetických operací s načtenými čísly.
  - Výpočet podílu a průměrné hodnoty čísel.
  - Dodržení správného formátování výstupu.

    Použijte hex zobrazení výstupu – `hexdump -C`.
- Termín odevzdání: 11.10.2025, 23:59:59 PDT.

PDT – Pacific Daylight Time

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Informace o předmětu
- Procedurální programování (v C)
- Standardní vstup a výstup programu
- Formátovaný vstup a výstup

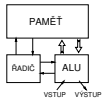
- Příště: Základy programování v C

Část VI

Appendix

Počítač „počítá“, pracuje s daty (čísly)

- Výpočet realizuje *aritmeticko-logická jednotka* (ALU).
- Číselné hodnoty jsou uloženy v paměti počítače – registry (ALU), paměť (RAM).
- Předpis jak a co počítat je zapsán programem – posloupností instrukcí.
- Instrukce jsou také číselné hodnoty (opcode), uložené v paměti (programu).



- Základní jednotkou uložení informace v paměti počítače je bit (binární 0 nebo 1).
- ALU pracuje s vyhrazenou pamětí, např. součet dvou hodnot 10 + 4 může být realizován registry nebo akumulátorem.

registry

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

akumulátorem

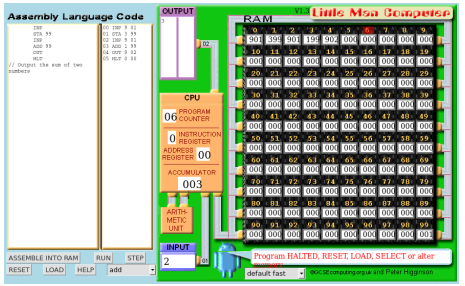
```
lda $10
add $04
sto r3
```

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

Princip výpočtu

- Pochopení principu výpočtu na simulátoru procesoru, např. Little Man Computer.

`https://peterhigginson.co.uk/LMC/`, `http://www.vivaxsolutions.com/web/lmc.aspx`



Základní instrukce:

- **LDA** – Load to the acc.;
- **STA** – Store the acc. to address;
- **ADD** – Add to the acc.;
- **INP** – Input to the acc.;
- **OUT** – Output of the acc.;
- **BRP** – Set PC on zero or possitive acc.;
- **HLT** – Stop executing program.

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