

Programování (v C)

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 02

B0B36PRP – Procedurální programování

Přehled témat

■ Část 1 – Programování v C

- Program v C
- Funkce
- Číselné typy
- Literály
- Výrazy a operátory

S. G. Kochan: kapitoly 2, 3, 4

■ Část 2 – Řídicí struktury (úvod)

- Řídicí struktury
- Složený příkaz
- Větvení
- Cykly

S. G. Kochan: kapitola 5 a část kapitoly 6

■ Část 3 – Zadání 2. domácího úkolu (HW02)

Část I

Část 1 – Programování v C

Zdrojové soubory programu v C

- **Zdrojový** soubor s koncovkou **.c**.

Zpravidla—základní rozlišení souborů, viz např. .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**) nebo spustitelný program.

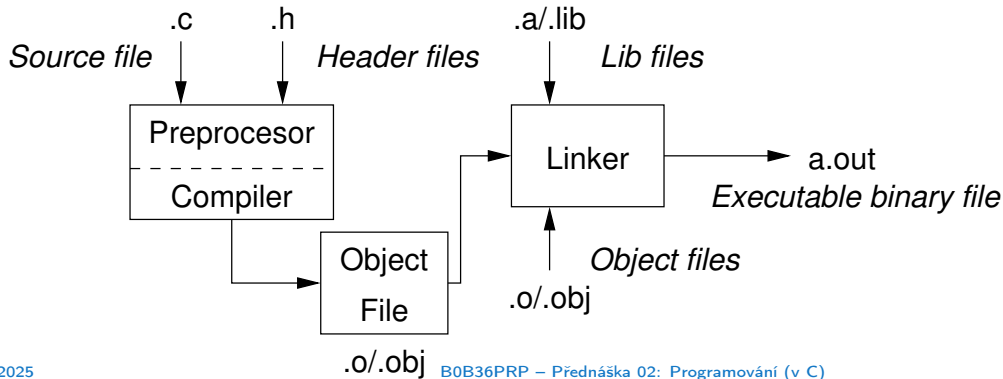
Objektový kód obsahuje relativní adresy proměnných a volání funkcí nebo pouze odkazy na jména funkcí, jejichž implementace ještě nemusejí být známy.

- 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.

Schéma překladač a sestavení programu

- Vývoj programu se skládá z editace zdrojových souborů (.c a .h).
 - Kompilace zdrojových souborů (.c) do objektových (.o nebo .obj).
 - **Preprocesor** – zpracování maker a přizpůsobení překladač kompilacímu prostředí.
 - Linkování přeložených (objektových) souborů do spustitelného programu.
 - Také vytváření dynamicky linkovaných knihoven.
- Spouštění a ladění aplikace a opětovné editace zdrojových souborů.



Překladače jazyka C

- V PRP používáme `gcc` a `clang` (C language family frontend for LLVM).

<https://gcc.gnu.org> <http://clang.llvm.org>

- Příklad použití

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

- `_compile`: `gcc -c program.c -o program.o`
- `link`: `gcc program.o -o program`
- Sloučení překladu a sestavení v jediném příkazu `clang program.c -o program`

- Informace o souboru (`file`) a závislosti na dynamických knihovnách (`ldd`).

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

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

```
% file var
var: ELF 64-bit LSB executable, x86-64, version 1 (
    FreeBSD), dynamically linked, interpreter /
    libexec/ld-elf.so.1, for FreeBSD 12.4
    (1204500), FreeBSD-style, with debug_info, not
    stripped
```

Zdrojové soubory

Proč .c a .h soubory?

- Zdrojové a hlavičkové soubory umožňují rozlišit **deklaraci** a **definici** podporující:
 - **Znovupoužitelnost**
 - K využití binární knihovny potřebuje znát „rozhraní“ funkcí (případně typů), které je deklarované v hlavičkovém souboru.
Např. funkce standardní knihovny C, libc.
 - **Modularitu**
 - Hlavičkový soubor obsahuje popis co modul nabízí, tj. popis (seznam) funkcí a jejich parametrů (**deklarace funkcí**) bez konkrétní implementace.
Implementace funkce je definice funkce.
Deklarování, že funkce existují a jaké mají rozhraní (vstup a výstup) argumenty a návratový typ udávající velikost paměti pro předávaná data.
- **Organizaci** zdrojových kódů v adresářové struktuře souborů.

Pro jednoduché programy a domácí úkoly nedává moc smysl.

Vyplatí se především v HW08 a HW10, případně HW06 (Maticy)!

Spustitelný program – main()

- Spustitelný program musí obsahovat jedinou definici funkce `main()`, která má základní tvary předání argumentů programu.

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    ...
}
```

```
int main(int argc, char **argv, char **envp)
{
    ...
}
```

- Při spuštění programu předává OS programu počet argumentů (`argc`) a argumenty (`argv`), jako pole textových řetězců. *První argument je jméno programu.*
- Návrátová hodnota je předána OS, kde je možné ji dále použít.

```
1 int main(int argc, char *argv[])
2 {
3     int v;
4     v = 10;
5     v = v + 1;
6     return argc;
7 }
```

- Návrátová hodnota programu je v proměnné `$?`. *sh, bash, zsh*
- Příklad spuštění s různým počtem argumentů.

```
./var
./var; echo $?
1
./var 1 2 3; echo $?
4
./var a; echo $?
2
```

lec02/var.c

Příklad kompilace a spuštění programu

- Sestavení programu `clang var.c` automaticky dojde ke kompilaci a linkování programu do spustitelného souboru `a.out`.
Výchozí jméno programu.
- Výstupní (output) soubor specifikujeme `clang var.c -o var` a spustíme, např. `./var`.
- Kompilaci a spuštění můžeme spojit do dvojice příkazů `clang var.c -o var; ./var`.
- Spuštění můžeme podmínit úspěšnou kompilací programu `clang var.c -o var && ./var`.
Návratová hodnota programu — 0 (EXIT_SUCCESS) znamená OK, chyb může být více.
Logický operátor && závisí na příkazovém interpretu, např. sh, bash, zsh.
- Příznakem `-E` můžeme při „kompilaci“ vyvolat pouze preprocesor: `gcc -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 }
```

lec02/var.c

Funkce

- Funkce tvoří základní stavební blok **modulárního** jazyka C.

Modulární program je složen z více modulů/zdrojových souborů.

- Každý spustitelný program v C obsahuje *alespoň* jednu funkci a to funkci `main()`.

- Běh programu začíná funkcí `main()`.

- **Deklarace** se skládá z hlavičky funkce.

```
typ_návratové_hodnoty jméno_funkce(seznam parametrů);
```

C používá **prototyp (hlavičku) funkce** k **deklaraci** informací nutných pro překlad tak, aby mohlo být přeloženo správné volání funkce i v případě, že **definice** je umístěna dále v kódu.

- **Definice** funkce obsahuje **hlavičku funkce a její tělo**, syntax:

```
typ_návratové_hodnoty jméno_funkce(seznam parametrů)
{
    //tělo funkce
}
```

Definice funkce bez předchozí deklarace je zároveň deklarací funkce.

Vlastnosti funkcí

- C nepovoluje funkce vnořené do jiných funkcí.
- Jména funkcí se mohou exportovat do ostatních modulů.

Modul je samostatně překládaný soubor.

- Funkce jsou implicitně deklarovány jako **extern**, tj. viditelné.
- Specifikátorem **static** před jménem funkce omezíme viditelnost jména funkce pouze pro daný modul (tj. konkrétní jméno souboru .c).

Lokální funkce modulu.

- Formální parametry funkce jsou **lokální proměnné**, které jsou inicializovány skutečnými parametry při volání funkce.

*Parametry se do funkce předávají **hodnotou** (**Call by Value**).*

- **C dovoluje rekurzi** – lokální proměnné jsou pro každé jednotlivé volání zakládány znovu na zásobník.

Kód funkce v C je reentrantní ve smyslu volání funkce ze sebe sama.

- Funkce nemusí mít žádné vstupní parametry, zapisujeme klíčovým slovem **void**.

fce(void)

- Funkce nemusí vracet funkční hodnotu – návratový typ je **void**.

void fce(void)

lec02/function.c

Příkaz return

- Příkaz ukončení funkce `return vyraz;`.
- `return` lze použít pouze v těle funkce.
- `return` ukončí funkci, vrátí návratovou hodnotu funkce určenou hodnotou `vyraz` a předá řízení volající funkci.
- `return` lze použít v těle funkce vícekrát.

Kódovací konvence může doporučovat nejvýše jeden výskyt return ve funkci.

- U funkce s prázdným návratovým typem, např. `void fce()`, nahrazuje uzavírací závorka těla funkce příkaz `return;`.

```
void fce(int a)
{
    ...
}
```

Argumenty funkce

- Argumenty funkce se předávají hodnotou.

```
1  int main(void)
2  {
3      int v1 = 10;
4      int v2 = 20;
5
6      printf("v1: %i v2: %i\n", v1, v2);
7      swap0(v1, v2);
8      printf("v1: %i v2: %i\n", v1, v2);
9      swap(&v1, &v2); //předání paměťového místa
10     printf("v1: %i v2: %i\n", v1, v2);
11     return 0;
12 }
```

```
14 void swap0(int a, int b)
15 {
16     int t = a; // dočasná proměnná
17     a = b;
18     b = t;
19 }
21 void swap(int *a, int *b)
22 {
23     int t = *a; // dočasná proměnná
24     *a = *b;
25     *b = t;
26 }
```

lec02/swap.c

- Proto předáváme adresu paměťového místa (pointer/ukazatel) – `&v1` a `&v2`.

```
% clang swap.c -o swap && ./swap
v1: 10 v2: 20
v1: 10 v2: 20
v1: 20 v2: 10
```

Argumenty funkce a návratová hodnota

- K „vracení“ více hodnot, můžeme využít předání paměťových míst. *Podobně jako scanf().*
- Příklad načtení celých čísel typu `int` a určení minimální a maximální hodnoty.

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <limits.h>
5  void min_max(int v, int *min, int *max);
7  int main(void)
8  {
9      int ret = EXIT_SUCCESS;
10     int min = INT_MAX; // limits
11     int max = INT_MIN; // limits
12     int c = 0;
13     int v;
15     while (scanf("%i", &v) == 1) {
16         min_max(v, &min, &max);
17         c = c + 1;
18     }
19     if (c > 0) {
20         printf("Read %d numbers, min: %d, max: %d\n",
21             c, min, max);
22     } else {
23         fprintf(stderr, "ERROR: No input given!\n");
24         ret = EXIT_FAILURE;
25     }
26     return ret;
28 void min_max(int v, int *min, int *max)
29 {
30     if (v < *min) *min = v;
31     if (v > *max) *max = v;
32 }
```

lec02/min_max.c

min_max() – příklad volání

- Vytvoříme vstupní soubor s pěti náhodnými čísly od 1 do 99: `shuf -i 1-99 -n 5`.
- Standardní výstup programu `shuf` přesměrujeme do souboru `in.txt`.
- Standardní vstup našeho programu `minmax` přesměrujeme ze souboru `in.txt`.
- Vytiskneme návratovou hodnotu volání programu.

```
% clang min_max.c -o minmax
% shuf -i 1-99 -n 5 > in.txt
% ./minmax <in.txt
Read 5 numbers, min: 1, max: 9
% echo $?
0
```

lec02/min_max.c

- Vytvoříme alternativní (chybný) vstup, nebo zadáme ručně.

```
% echo "a" >in2.txt
% lec02 cat in.txt >>in2.txt
% ./minmax <in2.txt
ERROR: No input given!
```

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.

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

`lec02/types.c`

- Neceločíselné typy – `float`, `double`

Konkrétní reprezentace je dána 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;  
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);
```

`lec02/signed_unsigned_char.c`

```
$ clang signed_unsigned.c && ./a.out
```

```
The value of uc=127 and su=127
```

```
The value of uc=129 and su=-127
```

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 konstantu, např. `'a'`.

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

`lec02/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`.

```
1  _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`.

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

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

```
1  #define FALSE 0
2  #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` $\leq$ `int` $\leq$ `long`

- `unsigned short` $\leq$ `unsigned` $\leq$ `unsigned long`

- Pokud chceme zajistit definovanou velikost můžeme použít definované typy například z hlavičkového souboru `<stdint.h>`.

IEEE Std 1003.1-2001

`int8_t`

`uint8_t`

`int16_t`

`uint16_t`

`int32_t`

`uint32_t`

[lec02/inttypes.c](#)

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

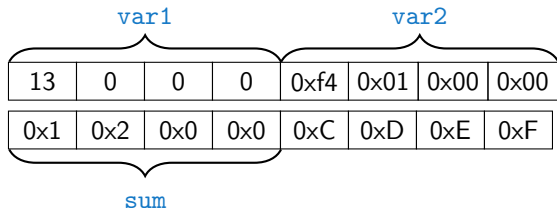
Přiřazení, proměnné a paměť – Vizualizace int

```
1  int var1;  
2  int var2;  
3  int sum;  
  
5  // 00 00 00 13  
6  var1 = 13;  
  
8  // x00 x00 x01 xF4  
9  var2 = 500;  
  
11 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**.*

Literály

- Jazyk C má 6 typů literálů (konstantních hodnot).

- Celočíselné;
- Racionální;
- Znakové;
- Řetězcové;
- Výčtové – *pojmenovaná celá čísla typu int;*

Enum

- Symbolické – `#define NUMBER 10.`

Preprocesor

Literály racionálních čísel

- Formát zápisu racionálních literálů:
 - S řádovou tečkou – `13.1`;
 - Mantisa a exponent – `31.4e-3` nebo `31.4E-3`.
- Typ racionálního literálu:
 - `double` – pokud není explicitně určen;
 - `float` – přípona `F` nebo `f`;
 - `long double` – přípona `L` nebo `l`.

```
float f = 10f;
```

```
long double ld = 10l;
```

Znakové literály

- Formát – jeden (případně více) znaků v jednoduchých apostrofech
`'A'`, `'B'` nebo `'\n'`.
- Hodnota – jednoznakový literál má hodnotu odpovídající kódu znaku
`'0'` $\sim$ 48, `'A'` $\sim$ 65.

Hodnota znaků mimo ASCII (větší než 127) závisí na překladači.

- Typ znakové konstanty.
 - **Znaková konstanta je typu `int`.** *Automatická konverze kódu ASCII znaku na typ `char`.*

Řetězcové literály

- Formát – posloupnost znaků a řídicích znaků (escape sequences) uzavřená v uvozovkách.

"Řetězcová konstanta s koncem řádku\n"

- Řetězcové konstanty oddělené oddělovači (white spaces) se sloučí do jediné, např.

"Řetězcová konstanta" " s koncem řádku\n"

se sloučí do

"Řetězcová konstanta s koncem řádku\n".

- Typ

- Řetězcová konstanta je uložena v poli typu `char` a zakončená znakem `'\0'`.

Např. řetězcová konstanta `"word"` je uložena jako posloupnost znaků/bajtů (pole).

'w'	'o'	'r'	'd'	'\0'
-----	-----	-----	-----	------

Pole tak musí být vždy o 1 položku delší!

Více o textových řetězcích na 4. přednášce a cvičení.

Konstanty výčtového typu

- Implicitní hodnoty konstanty výčtového typu začínají od 0 a hodnoty můžeme explicitně předepsat. Bez uvedení hodnoty má další prvek hodnotu o jedničku vyšší než ten předchozí.
- Výčtové konstanty mohou mít stejné hodnoty.

```
1 enum {  
2     SPADES, // začíná 0  
3     CLUBS,  
4     HEARTS,  
5     DIAMONDS  
6 };
```

```
1 enum {  
2     SPADES = 10,  
3     CLUBS, // hodnota je 11  
4     HEARTS = 15,  
5     DIAMONDS = 13  
6 };
```

```
1 enum {  
2     NUMBER_1 = 1,  
3     NUMBER_2 = 2,  
4     NUMBER_3 = 1,  
5     NUMBER_4, // hodnota je 2  
6 };
```

Hodnoty výčtu zpravidla píšeme velkými písmeny.

- Typ – výčtová konstanta je typu `int`.
 - Hodnotu konstanty můžeme použít pro iteraci v cyklu.

```
1 enum { SPADES = 0, CLUBS, HEARTS, DIAMONDS, NUM_COLORS };  
3 for (int i = SPADES; i < NUM_COLORS; ++i) {  
4     ...  
5 }
```

`lec02/enum.c`

Symbolické konstanty – #define

- Formát – konstanta je založena příkazem preprocesoru `#define`.
 - Je to makro příkaz bez parametru.
 - Každý `#define` musí být na samostatném řádku.

```
#define SCORE 1
```

Zpravidla píšeme velkými písmeny.

- Symbolické konstanty mohou vyjadřovat konstantní výraz.

```
#define MAX_1 ((10*6) - 3)
```

- Symbolické konstanty mohou být vnořené.

```
#define MAX_2 (MAX_1 + 1)
```

- **Preprocesor provede textovou náhradu definované konstanty za její hodnotu.**

```
#define MAX_2 (MAX_1 + 1)
```

*Je-li hodnota výraz, jsou kulaté závorky nutné pro správné vyhodnocení výrazu, např. pro $5*MAX_1$ s vnějšími závorkami je $5*((10*6) - 3)=285$ vs $5*(10*6) - 3=297$.*

Proměnné s konstantní hodnotou – modifikátor (const)

- Uvedením klíčového slova **const** můžeme označit proměnnou jako konstantní.

Překladač kontroluje přiřazení a nedovolí hodnotu proměnné nastavit znovu.

- Pro definici konstant můžeme použít konstantní proměnné, symbolické konstanty (pre-processor) a v případě celočíselných hodnot (**int**) také **enum**.
- Proměnné s konstantní hodnotou mají typ a paměť

```
const float pi = 3.14159265;
```

- na rozdíl od symbolické konstanty

```
#define PI 3.14159265
```

- reprezentující literál.

Výrazy

- **Výraz** předepisuje výpočet hodnoty určitého vstupu.
- Struktura výrazu obsahuje **operandy**, **operátory** a **závorky**.
- Výraz může obsahovat
 - literály,
 - unární a binární operátory,
 - proměnné,
 - volání funkcí,
 - konstanty,
 - 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, odčítání, 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 **-**;

Unární operátor minus – modifikuje znaménko výrazu za ním.

- modifikující proměnou **++** a **--**;
- logický operátor doplněk **!**;
- operátor přetypování (**jméno typu**).

- **Ternární operátor** – podmíněný výsledek výrazu ze dvou výrazů.

výraz ? hodnota₁ : hodnota₂

Hodnota výrazu ternárního operátoru je buď druhý nebo třetí operand v závislosti na logické hodnotě prvního operandu.

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;
```

- **Proměnné reprezentují data, proto volíme podstatná jména.**
- Přiřazení je nastavení hodnoty proměnné, tj. uložení definované hodnoty na místo v paměti, kterou proměnná reprezentuje.
- Tvar **přiřazovacího operátoru**.

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

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 (ne)celočíselných typů `int`, `char`, `short` a `double` a `float` jsou definovány operátory:

- 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 operandy je v C99 výsledek celočíselného dělení blíže 0, platí $(a/b)*b + a \% b = a$.*

Pro starší verze C závisí výsledek na překladači.

Další 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;

7  result = a - b; // rozdíl
8  printf("a - b = %i\n", result);

10 result = a * b; // násobení
11 printf("a * b = %i\n", result);

13 result = a / b; // celocíselné dělení
14 printf("a / b = %i\n", result);

16 result = a + b * c; // priorita operatoru
17 printf("a + b * c = %i\n", result);

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
```

lec02/arithmetic_operators.c

Příklad – Aritmetické operátory 2/2

```
1  #include <stdio.h>
3  int main(void)
4  {
5      int x1 = 1;
6      double y1 = 2.2357;
7      float x2 = 2.5343f;
8      double y2 = 2;
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); // operator pretypovani
        (double)
13     printf("P1 = (%.3f, %.3f)\n", (double)x1, (double)y1);
15     printf("P2 = (%f, %f)\n", x2, y2);
17     double dx = (x1 - x2); // implicitni konverze na float, resp. double
18     double dy = (y1 - y2);
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 }
```

lec02/points.c

Část II

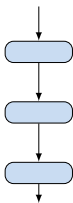
Část 2 – Řídicí struktury

Řídicí struktury

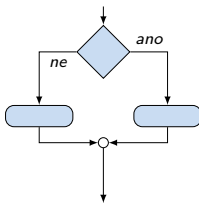
- Řídicí struktura je programová konstrukce, která se skládá z dílčích příkazů a předepisuje pro ně způsob provedení.
- Tři základní druhy řídicích struktur:
 - **Posloupnost** – předepisuje **postupné provedení** dílčích příkazů;
 - **Větvění** – předepisuje provedení dílčích příkazů v závislosti na **splnění určité podmínky**;
 - **Cyklus** – předepisuje **opakované provedení** dílčích příkazů v závislosti na splnění určité podmínky.

Typy řídicích struktur

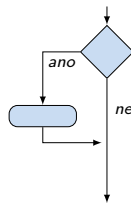
■ Sekvence



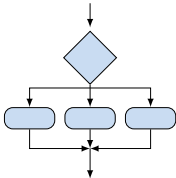
■ Podmínka **if**



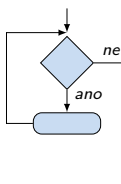
■ Podmínka **if**



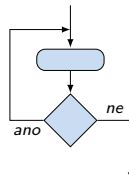
■ Větvení **switch**



■ Cyklus **for** a **while**



■ Cyklus **do**



Složený příkaz a blok

- Řídicí struktury mají obvykle formu strukturovaných příkazů.
 - **Složený příkaz** – posloupnost příkazů.
 - **Blok** – posloupnost definic proměnných a příkazů.

```
1 {  
2     //blok je vymezen složenými závorkami  
3     int steps = 10;  
4     printf("No. of steps %i\n", steps);  
5 }  
6  
7 steps += 1; //nelze - mimo rozsah platnosti bloku
```

Definice – alokace paměti podle konkrétního typu proměnné. Rozsah platnosti proměnné je lokální v rámci bloku.

- Budeme používat složené příkazy:
 - složený příkaz nebo blok pro posloupnost;
 - příkaz **if** nebo **switch** pro větvení;
 - příkaz **while**, **do** nebo **for** pro cyklus.

Podmíněné opakování bloku nebo složeného příkazu.

- **Funkce** je **pojmenovaný blok příkazů**, který můžeme **znovupoužít**.

Větvení `if`

- Příkaz `if` umožňuje větvení programu na základě podmínky.
- Má dva základní tvary.
 - `if (podmínka) příkaz1`
 - `if (podmínka) příkaz1 else příkaz2`
- `podmínka` je logický výraz, jehož hodnota je logického (celočíselného) typu.

Tj. false (hodnota 0) nebo true (hodnota různá od 0).
- `příkaz` je příkaz, složený příkaz nebo blok.

Příkaz je zakončen středníkem ;
- Ukázka zápisu zjištění menší hodnoty z `x` a `y`.

Varianta zápisu 1

```
1 int min = y;  
2 if (x < y) min = x;
```

Varianta zápisu 2

```
1 int min = y;  
2 if (x < y)  
3     min = x;
```

Varianta zápisu 3

```
1 int min = y;  
2 if (x < y) {  
3     min = x;  
4 }
```

Která varianta splňuje kódovací konvenci a proč?

Příklad větvení `if`

Příklad: Jestliže $x < y$ vyměňte hodnoty těchto proměnných

Nechť proměnné x a y jsou definovány a jsou typu `int`.

Varianta 1

```
1  if (x < y)
2      tmp = x;
3      x = y;
4      y = tmp;
```

Varianta 2

```
1  if (x < y)
2      int tmp = x;
3      x = y;
4      y = tmp;
```

Varianta 3

```
1  int tmp;
2  if (x < y)
3      tmp = x;
4      x = y;
5      y = tmp;
```

Varianta 4

```
1  if (x < y) {
2      int tmp = x;
3      x = y;
4      y = tmp;
5  }
```

- Která varianta je správně a proč?

Příklad větvení **if-then-else**

Příklad: Do proměnné *min* uložte menší z čísel *x* a *y* a do *max* uložte větší z čísel.

Nechť proměnné *x*, *y*, *min* a *max* jsou definovány a jsou typu *int*.

Varianta 1

```
1  if (x < y)
2      min = x;
3      max = y;
4  else
5      min = y;
6      max = x;
```

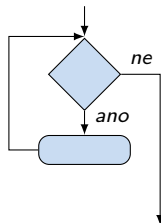
Varianta 2

```
1  if (x < y) {
2      min = x;
3      max = y;
4  } else {
5      min = y;
6      max = x;
7  }
```

- Která varianta odpovídá našemu zadání?

Cyklus while ()

- Příkaz **while** má tvar **while (vyraz) prikaz;**
- Příkaz cyklu **while** probíhá:
 1. Vyhodnotí se výraz **vyraz**;
 2. Pokud **vyraz != 0**, provede se příkaz **prikaz**, jinak cyklus končí;
 3. Opakování vyhodnocení výrazu **vyraz**.
- Řídicí cyklus se vyhodnocuje na začátku cyklu, cyklus se nemusí provést ani jednou.
- Řídicí výraz **vyraz** se musí aktualizovat v těle cyklu, jinak je cyklus nekonečný.



Příklad zápisu

```
int i = 0;
while (i < 5) {
    ...
    i += 1;
}
```

Příklad cyklu `while`

- Základní příkaz cyklu `while` má tvar `while (podmínka) příkaz.`

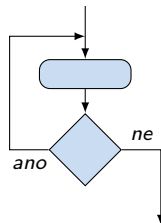
Příklad

```
1  int x = 10;  
2  int y = 3;  
3  int q = x;  
5  while (q >= y) {  
6      q = q - y;  
7  }
```

- Jaká je hodnota proměnné q po skončení cyklu?

Cyklus `do...while ()`

- Příkaz `do...while ()` má tvar
`do prikaz while (vyraz);`
- Příkaz cyklu `do...while ()` probíhá
 1. Provede se příkaz `prikaz`;
 2. Vyhodnotí se výraz `vyraz`;
 3. Pokud `vyraz != 0`, cyklus se opakuje provedením příkazu `prikaz`, jinak cyklus končí.
- Řídicí cyklus se vyhodnocuje na konci cyklu, tělo cyklu se vždy provede nejméně jednou.
- Řídicí výraz `vyraz` se musí aktualizovat v těle cyklu, jinak je cyklus nekonečný.



Příklad zápisu

```
1  int i = -1;  
2  do {  
3      ...  
4      i += 1;  
5  } while (i < 5);
```

Cyklus for

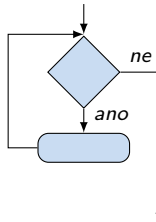
- Základní příkaz cyklu **for** má tvar **for** (*inicializace; podmínka; změna*) příkaz.
- Odpovídá cyklu while v následujícím tvaru.

```
inicializace;  
while (podmínka) {  
    příkaz;  
    změna;  
}
```

- Příklad

```
1 for (int i = 0; i < 10; ++i) {  
2     printf("i: %i\n", i);  
3 }
```

-
- Změnu řídicí proměnné lze zkráceně zapsat operátorem inkrementace **++** nebo dekrementace **--**.
 - Alternativně lze též použít zkrácený zápis přiřazení, např. **+=**.



Cyklus **for** – příklady

- Jak se změní výstup když použijeme místo prefixového zápisu `++i` postfixový zápis `i++`.

```
1 for (int i = 0; i < 10; i++) {  
2     printf("i: %i\n", i);  
3 }
```

- V cyklu můžeme také řídicí proměnou dekrementovat.

```
1 for (int i = 10; i >= 0; --i) {  
2     printf("i: %i\n", i);  
3 }
```

Kolik program vypíše řádků?

- Kolik řádků vypíše program?

```
1 for (int i = 10; i > 0; --i) {  
2     printf("i: %i\n", i);  
3 }
```

- Řídicí proměnná může být také neceločíselného typu, např. **double**.

```
1 #include <math.h>  
3 for (double d = 0.5; d < M_PI; d += 0.1) {  
4     printf("d: %f\n", d);  
5 }
```

`M_PI` je symbolická konstanta definovaná v `math.h`.

Část III

Část 3 – Zadání 2. domácího úkolu (HW02)

Zadání 2. domácího úkolu HW02

Téma: První cyklus

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

- **Motivace:** „Automatizovat“ a zobecnit výpočet pro „libovolně“ dlouhý vstup.
- **Cíl:** Osvojit si využití cyklů jako základní programové konstrukce pro hromadné zpracování dat.
- **Zadání:** <https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp/hw/hw02>
 - Zpracování **libovolně dlouhé** posloupnosti celých čísel.
 - Výpis načtených čísel.
 - Výpis statistiky vstupních čísel.
 - Počet načtených čísel; Počet kladných a záporných čísel a jejich procentuální zastoupení na vstupu.
 - Četnosti výskytu sudých a lichých čísel a jejich procentuální zastoupení na vstupu.
 - Průměrná, maximální a minimální hodnota načtených čísel.
- **Termín odevzdání:** **18.10.2025, 23:59:59 PDT.**

PDT – Pacific Daylight Time

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Programování v C
 - Zápis programu v C
 - Program, zdrojové soubory a kompilace programu
 - Literály a konstantní hodnoty
 - Proměnné, základní číselné typy
 - Proměnné, přiřazení a paměť
 - Základní výrazy
 - Řídící struktury

- Příště: Dokončení řídicích struktur, výrazy.

Část V

Appendix

Kódovací příklad – Zadání

- Implementujte program, který vytiskne vzor o sedmi řádcích.
- Výchozí šířka n je 27 znaků nebo je načtena jako první argument programu (je-li zadán).
- Šířka n musí být liché číslo, jinak program vrátí **100**.
- Platí $11 \leq n \leq 67$, jinak program vrátí **101**.
- Při úspěchu program vytiskne sedm řádků a vrátí **0** (`EXIT_SUCCESS`).
- Snažte se maximálně vyhnout použití “magic numbers” v programu.

```
1 * * * * * * * * * * * * * * * * * *
2 ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** **
3 *** *** *** *** *** *** *** ***
4 *****
5 *** *** *** ** ** ** ** ** ** ** **
6 ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** **
7 * * * * * * * * * * * * * * * * *
```

- Argument programu `argv[1]` převed'te na číslo `atoi()`, jeli zadán.
- Dekomponujte program jako tisk $7 \times$ řádků.
- Implementujte „infrastrukturu“ programu.
- Následně řešte logiku jednotlivých řádků řízených **vhodně navrženým výrazem**.

Příklad kódování – Strategie implementace 1/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím `enum`, aby byl „kód čistý“.
- Definujeme platný rozsah $\langle 11, 67 \rangle$, (`#define`).
- Zajistíme přístup k argumentům programu pouze tehdy, pokud jsou zadány.
- Kontrolujeme, že počet řádků n je platná hodnota, jinak program vrací chybu.
- Provádíme libovolnou operaci pouze v případě, že argumenty (hodnoty) jsou platné.
- Tisk 7-mi řádků rozdělíme do dvou `for` smyček, mezi smyčkami bude tisk plného * řádku.
- Implementujeme samostatnou funkci tisk vzoru řádku.

```
1  #include <stdio.h> //for putchar()
2  #include <stdlib.h> //for atoi()
4  enum {
5      ERROR_OK = 0,
6      ERROR_INPUT = 100,
7      ERROR_RANGE = 101
8  };
10 #define MIN_VALUE 11
11 #define MAX_VALUE 67
13 #define LINES 3
15 // Print line of the with n using character in c
    and space; with k continuous characters c
    followed by space.
16 void print(char c, int n, int k);
```

Příklad kódování – Strategie implementace 2/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím `enum`, aby byl „kód čistý“.
- Definujeme platný rozsah $\langle 11, 67 \rangle$, (`#define`).
- Zajistíme přístup k argumentům programu pouze tehdy, pokud jsou zadány.
- Kontrolujeme, že počet řádků n je platná hodnota, jinak program vrací chybu.
- Provádíme libovolnou operaci pouze v případě, že argumenty (hodnoty) jsou platné.
- Tisk 7-mi řádků rozdělíme do dvou `for` smyček, mezi smyčkami bude tisk plného * řádku.
- Implementujeme samostatnou funkci tisk vzoru řádku.

```
1  ...
2  int main(int argc, char *argv[])
3  {
4      int ret = ERROR_OK;
5      int n = argc > 1 ? atoi(argv[1]) : 27; //
        convert argv[1] or use default value
6      ret = n % 2 == 0 ? ERROR_INPUT : ret; // ensure
        n is odd number
7      if (!ret &&
8          (n < MIN_VALUE || n > MAX_VALUE)) {
9          ret = ERROR_RANGE; //ensure n is in the
        closed interval [MIN_VALUE, MAX_VALUE]
10     }
11     ...
12     return ret;
13 }
14 }
```

Příklad kódování – Strategie implementace 3/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím `enum`, aby byl „kód čistý“.
- Definujeme platný rozsah $\langle 11, 67 \rangle$, (`#define`).
- Zajistíme přístup k argumentům programu pouze tehdy, pokud jsou zadány.
- Kontrolujeme, že počet řádků n je platná hodnota, jinak program vrací chybu.
- Provádíme libovolnou operaci pouze v případě, že argumenty (hodnoty) jsou platné.
- Tisk 7-mi řádků rozdělíme do dvou `for` smyček, mezi smyčkami bude tisk plného `*` řádku.
- Implementujeme samostatnou funkci tisk vzoru řádku.

```
1 // print a line with n characters with the
   pattern: k-times c, then space.
2 // the line ends by new line character '\n'.
3 void print(char c, int n, int k);
4
5 int main(int argc, char *argv[])
6 { ...
7     if (!ret) { // only if ret == ERROR_OK
8         for (int l = 1; l <= LINES; ++l) {
9             print('*', n, l); // print l x '*'
10        }
11        print('*', n, n); // print n x '*'
12        for (int l = LINES; l > 0 ; --l) {
13            print('*', n, l); // print l x 'x'
14        }
15    }
16    return ret;
17 }
```

Příklad kódování – Strategie implementace 4/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím `enum`, aby byl „kód čistý“.
- Definujeme platný rozsah $\langle 11, 67 \rangle$, (`#define`).
- Zajistíme přístup k argumentům programu pouze tehdy, pokud jsou zadány.
- Kontrolujeme, že počet řádků n je platná hodnota, jinak program vrátí chybu.
- Provádíme libovolnou operaci pouze v případě, že argumenty (hodnoty) jsou platné.
- Tisk 7-mi řádků rozdělíme do dvou `for` smyček, mezi smyčkami bude tisk plného * řádku.
- Implementujeme samostatnou funkci tisk vzoru řádku.

```
1 void print(char c, int n, int k)
2 {
3     for (int i = 0; i < n; ++i) {
4         putchar( (i+1) % (k+1) ? c : ' ');
5     }
6     putchar('\n');
7 }
```

- Řádek se skládá z n znaků, takže je třeba vypsát n znaků.
- Za každým k -tým znakem c je mezera.
- Násobek k lze zjistit ze zbytku po celočíselném dělení, operátor `%`.
- Ošetříme, že i začíná od 0.
- Mezera je každý $(k+1)$ -tý znak.

Příklad kódování – Strategie implementace 4(b)/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím `enum`, aby byl „kód čistý“.
- Definujeme platný rozsah $\langle 11, 67 \rangle$, (`#define`).
- Zajistíme přístup k argumentům programu pouze tehdy, pokud jsou zadány.
- Kontrolujeme, že počet řádků n je platná hodnota, jinak program vrátí chybu.
- Provádíme libovolnou operaci pouze v případě, že argumenty (hodnoty) jsou platné.
- Tisk 7-mi řádků rozdělíme do dvou `for` smyček, mezi smyčkami bude tisk plného * řádku.
- Implementujeme samostatnou funkci tisk vzoru řádku.

```
1 void print(char c, int n, int k)
2 {
3     int i, j;
4     for (i = j = 0; i < n; ++i, ++j) {
5         if (j == k) {
6             putchar(' ');
7             j = 0;
8         } else {
9             putchar(c);
10        }
11    }
12    putchar('\n');
13 }
```

- Použijeme extra proměnnou `j` pro tisk mezery, jako každý `k`-tý vytištěný znak.
- Využijeme operátor čárky k inkrementaci `j` v rámci smyčky `for`.