

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
- Část 2 – Řídící struktury (úvod)
 - Řídící struktury
 - Složený příkaz
 - Větvení
 - Cykly
- Část 3 – Zadání 2. domácího úkolu (HW02)

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

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

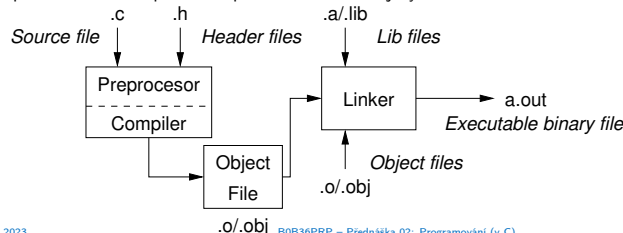
Část I Část 1 – Programování v C

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 výstižně (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 překladače a sestavení programu

- Vývoj programu se skládá z editace zdrojových souborů (`.c` a `.h`).
Lidsky čitelných zdrojově čitelných
 - Kompilace zdrojových souborů (`.c`) do objektových (`.o` nebo `.obj`).
 - **Preprocesor** – zpracování maker a přizpůsobení překladače kompilačnímu 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 překladače a sestavení v jediném příkazu `clang program.c -o program`
 - Linkování s vložením matematické knihovny `clang program.o -lm -o program`
Např. pokud použijeme funkci `sqrt` z knihovny `math.h`.
- Informace o souboru (`file`) a závislosti na dynamických knihovnách (`ldd`).

```
% clang var.c -o var % clang program.c -lm -o program
% file var % ldd program
var: ELF 64-bit LSB executable, x86_64, version 1 ( % ldd program:
FreeBSD), dynamically linked, interpreter / libm.so.5 => /lib/libm.so.5 (0x80024c000)
libexec/ld-elf.so.1, for FreeBSD 12.4 libc.so.7 => /lib/libc.so.7 (0x800283000)
(1204500), FreeBSD-style, with debug_info, not % clang program.c -lm -static -o program
stripped % ldd program
% ldd var ldd: program: not a dynamic ELF executable
var: libc.so.7 => /lib/libc.so.7 (0x2c41d000)
```

Zdrojové soubory

Proč psát program do více souborů?

- 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`.*
 - **Modularita**
 - Hlavičkový soubor obsahuje popis co modul nabízí, tj. popis (seznam) funkcí a jejich parametrů (**deklarace funkcí**) bez konkrétní implementace.
*Implementace funkce je **definice funkce**.*
- **Organizaci zdrojových kódů** v adresářové struktuře souborů.

Pro jednoduché programy a domácí úkoly nedává moc smysl. Vylatí se především v HW08 a HW10, případně HW06 (Matice)!

Příklad kompilace programu z více souborů

```
#ifndef __COMPUTE_H__
#define __COMPUTE_H__

// deklarace funkce (hlavička/prototyp)
int compute(int a);

#endif

#include "compute.h"

int compute(int a) // definice funkce
{
    int b = 10 + a; // tělo funkce
    return b; // návratová hodnota funkce
}

#include "compute.h" // vložení deklarace funkce
int main(int argc, char *argv[])
{ // hlavní funkce
    int v = 10; // definice proměnné
    int r = compute(v); // volání funkce
    return 0; // ukončení hlavní funkce
}

clang -c compute.c
clang -c main-compute.c
clang main-compute.o compute.o -o compute
./compute
```

- Výsledný spustitelný soubor linkujeme s `main-compute.o` a `compute.o`, musí obsah právě jednu funkci `main()`.
- Linkování spustitelné aplikace pouze s `main-compute.o`, skončí chybou.

```
% gcc main-compute.o -o compute
/usr/local/bin/ld: main-compute.o: in function 'main':
main-compute.c:(.text+0x21): undefined reference to 'compute'
collect2: error: ld returned 1 exit status
```

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.*
- Návratová hodnota je předána OS, kde je možné ji dále použít.
 - Návratová hodnota programu je v proměnné `$?` . *sh, bash, zsh*
 - Příklad spuštění s různým počtem argumentů.

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

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Příklad kompilace a spuštění programu

- Sestavení programu `clang var.c` automaticky dojde ke kompilaci a linkování programu do spustitelného souboru `a.out`.
Vychází 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, zah.

- 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

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 11 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

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)
{
    ...
}
```

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 15 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

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.

```
1 % clang min_max.c -o minmax
2 % shuf -i 1-99 -n 5 > in.txt
3 % ./minmax <in.txt
4 Read 5 numbers, min: 1, max: 9
5 % echo $?
6 0
```

lec02/min_max.c

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

```
1 % echo "a" >in2.txt
2 % lec02 cat in.txt >>in2.txt
3 % ./minmax <in2.txt
4 ERROR: No input given!
5 % echo $?
6 1
```

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 18 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

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.

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 13 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

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
```

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 16 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Číselné typy

- Celočíselné typy – `int`, `long`, `short`, `char`.
 - `char` – celé číslo v rozsahu jednoho bajtu nebo také znak.
 - Velikost paměti alokované příslušnou (celo)číselnou proměnnou se může lišit dle architektury počítače nebo překladače.
Typ int má zpravidla velikost 4 bajty a to i na 64-bitových systémech.
 - Aktuální velikost paměťové reprezentace lze zjistit operátorem `sizeof()`, kde argumentem je jméno typu nebo proměnné.
`int i;`
`printf("%lu\n", sizeof(int));`
`printf("ui size: %lu\n", sizeof(i));`
- Nečeločíselné typy – `float`, `double`
 - Konkretní 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

lec02/types.c

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 20 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

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

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 14 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

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>
4
5 void min_max(int v, int *min, int *max);
6
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;
14
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,
21           max: %d\n", c, min, max);
22 } else {
23     fprintf(stderr, "ERROR: No input
24             given\n");
25     ret = EXIT_FAILURE;
26 }
27
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

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 17 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Znaménkové a neznaménkové celočíselné typy

- Celočíselné typy kromě počtu bajtů rozlišujeme na
 - signed** – **znaménkový** (základní);
 - unsigned** – **neznaménkový**.
Proměnná neznaménkového typu nemůže zobrazit záporné číslo.
- Příklad (1 byte):
`unsigned char: 0 až 255;`
`signed char: -128 až 127.`

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

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
```

Jan Faigl, 2023 BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 21 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

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

1ec02/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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 22 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Logický datový typ (Boolean) – `_Bool`

- Ve verzi **C99** je zaveden logický datový typ `_Bool`.
`_Bool` *logic_variable*;
- Jako hodnota `true` je libovolná hodnota typu `int` různá od 0.
- Dále můžeme využít hlavičkového souboru `<stdbool.h>`, kde je definován typ `bool` a hodnoty `true` a `false`.

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

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

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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 23 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Rozsahy celočíselných typů

- Rozsahy celočíselných typů v C nejsou dány normou, ale implementací.
Mohou se lišit implementací a prostředím 16 bitů vs 64 bitů.
- Norma garantuje, že pro rozsahy typů platí.
 - `short ≤ int ≤ long`
 - `unsigned short ≤ unsigned ≤ unsigned long`
- Pokud chceme zajistit definovanou velikost můžeme použít definované typy například z hlavičkového souboru `<stdint.h>`.
IEEE Std 1003.1-2001

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

1ec02/inttypes.c
<http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/009695399/basedefs/stdint.h.html>

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 24 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Přirazení, proměnné a paměť – Vizualizace `int`

```
1 int var1;
2 int var2;
3 int sum;
4
5 // 00 00 00 13
6 var1 = 13;
7
8 // x00 x00 x01 xF4
9 var2 = 500;
10
11 sum = var1 + var2;
```

- Proměnné typu `int` alokují 4 bajty.
Zjistit velikost můžeme operátorem `sizeof(int)`.
- Obsah paměti není po alokaci definován.

var1				var2			
13	0	0	0	0xf4	0x01	0x00	0x00
0x1	0x2	0x0	0x0	0xc	0xd	0xe	0xf
sum							

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**.*

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 25 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Literály

- Jazyk C má 6 typů literálů (konstantních hodnot).
 - Celočíselné;
 - Racionální;
 - Znakové;
 - Řetězcové;
 - Výčtové – *pojmenovaná celá čísla* typu `int`;
- Symbolické – `#define NUMBER 10`.

Enum
Preprocesor

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 27 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

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;
```

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 28 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Znakové literály

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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 29 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Řetězcové literály

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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 30 / 60

Program v C Funkce Číselné typy Literály Výrazy a operátory

Konstanty výčtového typu

- Formát
 - Implicitní hodnoty konstanty výčtového typu začínají od 0 a každý další prvek má hodnotu o jedničku vyšší.
 - Hodnoty můžeme explicitně předefinovat.

```
enum { SPADES, CLUBS, HEARTS, DIAMONDS };
enum { SPADES = 10, CLUBS, /* the value is 11 */ HEARTS = 15, DIAMONDS = 13 };
```

Hodnoty výčtu zpravidla píšeme velkými písmeny.

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

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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 31 / 60

Program v C	Funkce	Číselné typy	Literály	Výrazy a operátory
<h2>Symbolické konstanty – #define</h2> <ul style="list-style-type: none"> Formát – konstanta je založena příkazem preprocesoru <code>#define</code>. <ul style="list-style-type: none"> Je to makro příkaz bez parametru. Každý <code>#define</code> musí být na samostatném řádku. <pre>#define SCORE 1</pre> <p style="text-align: right;"><i>Zpravidla píšeme velkými písmeny.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Symbolické konstanty mohou vyjadřovat konstantní výraz. <pre>#define MAX_1 ((10*6) - 3)</pre> Symbolické konstanty mohou být vnořené. <pre>#define MAX_2 (MAX_1 + 1)</pre> Preprocesor provede textovou náhradu definované konstanty za její hodnotu. <pre>#define MAX_2 (MAX_1 + 1)</pre> <p><i>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.</i></p> 				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			32 / 60

Program v C	Funkce	Číselné typy	Literály	Výrazy a operátory
<h2>Základní rozdělení operátorů</h2> <ul style="list-style-type: none"> Operátory jsou vyhrazené znaky (nebo posloupnost znaků) pro zápis výrazů. Můžeme rozlišit čtyři základní typy binárních operátorů. <ul style="list-style-type: none"> Aritmetické operátory – sčítání, odčítání, násobení, dělení; Relační operátory – porovnání hodnot (menší, větší, ...); Logické operátory – logický součet a součin; Operátor přiřazení – na levé straně operátoru <code>=</code> je proměnná. Unární operátory <ul style="list-style-type: none"> indikující kladnou/zápornou hodnotu: <code>+</code> a <code>-</code>; <p style="text-align: right;"><i>Unární operátor minus – modifikuje znaménko výrazu za ním.</i></p> modifikující proměnou <code>++</code> a <code>--</code>; logický operátor doplněk <code>!</code>; operátor přetypování (jméno typu). Ternární operátor – podmíněný výsledek výrazu ze dvou výrazů. <pre>výraz ? hodnota1 : hodnota2</pre> <p><i>Hodnota výrazu ternárního operátoru je buď druhý nebo třetí operand v závislosti na logické hodnotě prvního operandu.</i></p> 				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			36 / 60

Program v C	Funkce	Číselné typy	Literály	Výrazy a operátory
<h2>Příklad – Aritmetické operátory 1/2</h2> <pre>1 int a = 10; 2 int b = 3; 3 int c = 4; 4 int d = 5; 5 int result; 6 7 result = a - b; // rozdíl 8 printf("a - b = %i\n", result); 9 10 result = a * b; // násobení 11 printf("a * b = %i\n", result); 12 13 result = a / b; // celocíselné dělení 14 printf("a / b = %i\n", result); 15 16 result = a + b * c; // prioritá operátoru 17 printf("a + b * c = %i\n", result); 18 19 printf("a * b + c * d = %i\n", a * b + c * d); // -> 50 20 printf("(a * b) + (c * d) = %i\n", (a * b) + (c * d)); // -> 50 21 printf("a * (b + c) * d = %i\n", a * (b + c) * d); // -> 350</pre> <p style="text-align: right;">lec02/arithmetic_operators.c</p>				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			39 / 60

Program v C	Funkce	Číselné typy	Literály	Výrazy a operátory
<h2>Proměnné s konstantní hodnotou – modifikátor (const)</h2> <ul style="list-style-type: none"> Uvedením klíčového slova <code>const</code> můžeme označit proměnnou jako konstantní. <p style="text-align: center;"><i>Překladač kontroluje přiřazení a nedovolí hodnotu proměnné nastavit znovu.</i></p> Pro definici konstant můžeme použít konstantní proměnné, symbolické konstanty (preprocesor) a v případě celocíselných hodnot (<code>int</code>) také <code>enum</code>. Proměnné s konstantní hodnotou mají typ a paměť <pre>const float pi = 3.14159265;</pre> na rozdíl od symbolické konstanty <pre>#define PI 3.14159265</pre> reprezentující literál. 				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			33 / 60

Program v C	Funkce	Číselné typy	Literály	Výrazy a operátory
<h2>Proměnné, operátor přiřazení a příkaz přiřazení</h2> <ul style="list-style-type: none"> Proměnné definujeme uvedením typu a jména proměnné. <ul style="list-style-type: none"> Jména proměnných volíme malá písmena. Vícelslovná jména zapisujeme s podtržítkem <code>_</code>. <p style="text-align: right;"><i>Nebo volíme CamelCase.</i></p> Proměnné definujeme na samostatném řádku. <pre>int n; int number_of_items;</pre> 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. <pre>(proměnná) = (výraz)</pre> <p style="text-align: right;"><i>Výraz je literál, proměnná, volání funkce, ...</i></p> Příkaz přiřazení se skládá z operátoru přiřazení <code>=</code> a ;. <ul style="list-style-type: none"> Levá strana přiřazení musí být l-value – location-value, left-value. <p style="text-align: right;"><i>Tj. musí reprezentovat paměťové místo pro uložení výsledku.</i></p> Přiřazení je výraz a můžeme jej použít všude, kde je dovolen výraz příslušného typu. 				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			37 / 60

Program v C	Funkce	Číselné typy	Literály	Výrazy a operátory
<h2>Příklad – Aritmetické operátory 2/2</h2> <pre>1 #include <stdio.h> 2 3 int main(void) 4 { 5 int x1 = 1; 6 double y1 = 2.2357; 7 float x2 = 2.5343f; 8 double y2 = 2; 9 10 printf("P1 = (%i, %f)\n", x1, y1); 11 printf("P1 = (%i, %i)\n", x1, (int)y1); 12 printf("P1 = (%f, %f)\n", (double)x1, (double)y1); // operátor přetypování 13 printf("P1 = (%.3f, %.3f)\n", (double)x1, (double)y1); 14 15 printf("P2 = (%f, %f)\n", x2, y2); 16 17 double dx = (x1 - x2); // implicitní konverze na float, resp. double 18 double dy = (y1 - y2); 19 20 printf("P1 - P2=(%.3f, %.3f)\n", dx, dy); 21 printf(" P1 - P2 ^2=%.2f\n", dx * dx + dy * dy); 22 return 0; 23 }</pre> <p style="text-align: right;">lec02/points.c</p>				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			40 / 60

Program v C	Funkce	Číselné typy	Literály	Výrazy a operátory
<h2>Výrazy</h2> <ul style="list-style-type: none"> Výraz předepisuje výpočet hodnoty určitého vstupu. Struktura výrazu obsahuje operandy, operátory a závorky. Výraz může obsahovat <ul style="list-style-type: none"> literály, proměnné, konstanty, unární a binární operátory, volání funkcí, závorky. Pořadí operací předepsaných výrazem je dáno prioritou a asociativitou operátorů. <p>Příklad</p> <pre>10 + x * y // pořadí vyhodnocení 10 + (x * y) 10 + x + y // pořadí vyhodnocení (10 + x) + y</pre> <p style="text-align: right;"><i>* má vyšší prioritu než + je asociativní zleva</i></p>				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			35 / 60

Program v C	Funkce	Číselné typy	Literály	Výrazy a operátory
<h2>Základní aritmetické výrazy</h2> <ul style="list-style-type: none"> Pro operandy (ne)celocíselných typů <code>int</code>, <code>char</code>, <code>short</code> a <code>double</code> a <code>float</code> jsou definovány operátory: <ul style="list-style-type: none"> unární operátor změna znaménka <code>-</code>; binární sčítání <code>+</code> a odčítání <code>-</code>; binární násobení <code>*</code> a dělení <code>/</code>. Pro operandy celocíselných typů pak dále <ul style="list-style-type: none"> binární zbytek po dělení <code>%</code>. Pro oba operandy stejného typu je výsledek aritmetické operace stejného typu. V případě kombinace typů <code>int</code> a <code>double</code>, se <code>int</code> převede na <code>double</code> a výsledek je hodnota typu <code>double</code>. <p style="text-align: right;"><i>Implicitní typová konverze.</i></p> Dělení operandů typu <code>int</code> je celá část podílu. <p style="text-align: right;"><i>Např. 7/3 je 2 a -7/3 je -2</i></p> Pro zbytek po dělení platí <code>x%y = x - (x/y) * y</code>. <p>Např. 7 % 3 je 1 -7 % 3 je -1 7 % -3 je 1 -7 % -3 je -1</p> <p><i>Pro záporné operandy je v C99 výsledek celocíselného dělení blíže 0, platí (a/b)*b + a%b = a. Pro starší verze C závisí výsledek na překladači.</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Další operátory přístě.</i></p>				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			38 / 60

Řídící struktury	Složený příkaz	Větvení	Cykly	
<h1>Část II</h1> <h2>Část 2 – Řídící struktury</h2>				
Jan Faigl, 2023	BOB36PRP – Přednáška 02: Programování (v C)			41 / 60

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;
- **Větvení** – předepisuje provedení dílčích příkazů v závislosti na **splnění určité podmínky**;
- **Cyklus** – předepisuje **opakované provedení** dílčích příkazů v závislosti na splnění určité podmínky.

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 43 / 60

Typy řídicích struktur

- **Sekvence**
- **Podmínka If**
- **Podmínka If**
- **Větvení switch**
- **Cyklus for a while**
- **Cyklus do**

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 44 / 60

Složený příkaz a blok

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

```

{
    //blok je vymezen složenými závkorkami
    int steps = 10;
    printf("No. of steps %i\n", steps);
}
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.

Podmínečné opakování bloku nebo složeného příkazu.

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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 46 / 60

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 (celočíslného) typu.

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

Ukázká zápisu zjištění menší hodnoty z x a y.

Příkaz je zakončen středníkem ;

Varianta zápisu 1	Varianta zápisu 2	Varianta zápisu 3
<pre>int min = y; if (x < y) min = x;</pre>	<pre>int min = y; if (x < y) min = x;</pre>	<pre>int min = y; if (x < y) { min = x; }</pre>

Která varianta splňuje kódovací konvenci a proč?

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 48 / 60

Příklad větvení if

Příklad: Jestliže $x < y$ vyměňte hodnoty těchto proměnných
Nechť proměnné x a y jsou definovány a jsou typu int .

Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
<pre>if (x < y) tmp = x; x = y; y = tmp;</pre>	<pre>if (x < y) int tmp = x; x = y; y = tmp;</pre>	<pre>int tmp; if (x < y) tmp = x; x = y; y = tmp;</pre>	<pre>if (x < y) { int tmp = x; x = y; y = tmp; }</pre>

- Která varianta je správně a proč?

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 49 / 60

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	Varianta 2
<pre>if (x < y) min = x; max = y; else min = y; max = x;</pre>	<pre>if (x < y) { min = x; max = y; } else { min = y; max = x; }</pre>

- Která varianta odpovídá našemu zadání?

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 50 / 60

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;
}
```

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 52 / 60

Příklad cyklu while

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

Příklad

```
int x = 10;
int y = 3;
int q = x;
```

```
while (q >= y) {
    q = q - y;
}
```

- Jaká je hodnota proměnné q po skončení cyklu?

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 53 / 60

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

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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 54 / 60

Rídící struktury Složený příkaz Větvění Cyklus

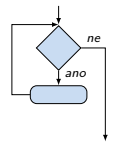
Cyklus for

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

```

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

```



Příklad

```

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

```

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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 55 / 60

Rídící struktury Složený příkaz Větvění Cyklus

Cyklus for – příklady

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

```

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

```

- V cyklu můžeme také řídicí proměnou dekrementovat.

```

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

```

Kolik program vypíše řádků?

- Kolik řádků vypíše program?

```

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

```

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

```

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

```

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 56 / 60

Část III

Část 3 – Zadání 2. domácího úkolu (HW02)

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 57 / 60

Zadání 2. domácího úkolu HW02

Téma: První cyklus

Povinné zadání: **2b**; 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 hromadně zpracování dat.
- Zadání:** <https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp/hw/hw02>
 - Zpracování **libovolně dlouhě** posloupnosti celých čísel.
 - Výpis načtených čísel.
 - Výpis statistiky vstupních čísel.
 - Počet načtených čísel; Počet kladných a záporných čísel a jejich procentuální zastoupení na vstupu.
 - Četnost výskytu sudých a lichých čísel a jejich procentuální zastoupení na vstupu.
 - Průměrná, maximální a minimální hodnota načtených čísel.
- Termin odevzdání:** **28.10.2023, 23:59:59 PDT.**

PDT – Pacific Daylight Time

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 58 / 60

Diskutovaná témata

Shrnutí přednášky

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 59 / 60

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
 - Řídicí struktury
- Příště: Dokončení řídicích struktur, výrazy.**

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 60 / 60

Část V

Appendix

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 61 / 60

Kódovací příklad – Zadání

- Implementujte program, který vytiskne vzor o sedmi řádkách.

```

* * * * *
* * * * *
* * * * *
*****
* * * * *
* * * * *
* * * * *

```

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

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 62 / 60

Příklad kódování – Strategie implementace 1/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím **enum**, aby byl „kód čistý“.

```

#include <stdio.h> //for putchar()
#include <stdlib.h> //for atoi()

```

- Definujeme platný rozsah (11, 67), (**#define**).

```

enum {
    ERROR_OK = 0,
    ERROR_INPUT = 100,
    ERROR_RANGE = 101
};

```

- 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.

```

#define MIN_VALUE 11
#define MAX_VALUE 67

#define LINES 3

// Print line of the with n using character
in c and space; with k continuous
characters c followed by space.
void print(char c, int n, int k);

```

Jan Faigl, 2023 B0B36PRP – Přednáška 02: Programování (v C) 63 / 60

Příklad kódování – Strategie implementace 2/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím `enum`, aby byl „kód čistý“.
- Definujeme platný rozsah (11, 67), (`#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.

```
...
int main(int argc, char *argv[])
{
    int ret = ERROR_OK;
    int n = argc > 1 ? atoi(argv[1]) : 27; //
    convert argv[1] or use default value

    ret = n % 2 == 0 ? ERROR_INPUT : ret; //
    ensure n is odd number
    if (!ret &&
        (n < MIN_VALUE || n > MAX_VALUE)) {
        ret = ERROR_RANGE; //ensure n is in the
        closed interval [MIN_VALUE, MAX_VALUE]
    }
    ...
    return ret;
}
```

Příklad kódování – Strategie implementace 3/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím `enum`, aby byl „kód čistý“.
- Definujeme platný rozsah (11, 67), (`#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.

```
// print a line with n characters with the
// pattern: k-times c, then space.
// the line ends by new line character '\n'.
void print(char c, int n, int k);

int main(int argc, char *argv[])
{
    ...
    if (!ret) { // only if ret == ERROR_OK
        for (int l = 1; l <= LINES; ++l) {
            print('* ', n, l); // print l x '* '
        }
        print('* ', n, n); // print n x '* '
        for (int l = LINES; l > 0; --l) {
            print('* ', n, l); // print l x '* '
        }
    }
    return ret;
}
```

Příklad kódování – Strategie implementace 4/4

- Definujeme návratové (chybové) hodnoty (0, 100, 101) využitím `enum`, aby byl „kód čistý“.
- Definujeme platný rozsah (11, 67), (`#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.

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

■ Řádek se skládá z  $n$  znaků, takže je třeba vypsat  $n$  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 (11, 67), (`#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.

```
void print(char c, int n, int k)
{
    int i, j;
    for (i = j = 0; i < n; ++i, ++j) {
        if (j == k) {
            putchar(' ');
            j = 0;
        } else {
            putchar(c);
        }
    }
    putchar('\n');
}

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