

Programování (v C)

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 02

BAB36PRGA – Programování v C



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 1. domácího úkolu (HW1)



Část I

Část 1 – Programování v C



Obsah

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



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.

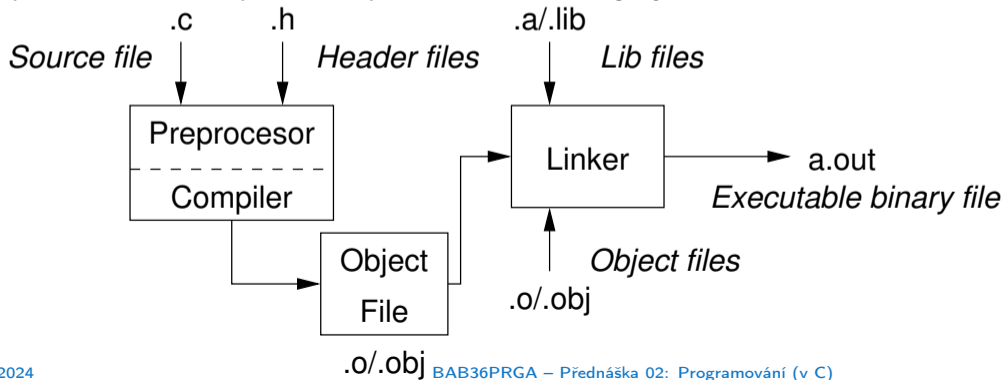
- Z objektových souborů (**object files**) se sestavuje výsledný program, ve kterém jsou již všechny funkce známy a relativní adresy se nahradí absolutními.

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 komparačnímu 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 PRGA 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
% 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
% ldd var
var:
  libc.so.7 => /lib/libc.so.7 (0x2c41d000)
```

```
% clang program.c -lm -o program
% ldd program
program:
  libm.so.5 => /lib/libm.so.5 (0x80024c000)
  libc.so.7 => /lib/libc.so.7 (0x800283000)
% clang program.c -lm -static -o program
% ldd program
ldd: program: not a dynamic ELF executable
```



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.*
 - **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 HW7, HW8 a HW9, případně HW6 (Maticce)!



Příklad kompilace programu z více souborů

```

1 #ifndef __COMPUTE_H__
2 #define __COMPUTE_H__
3
4 // deklarace funkce (hlavička/prototyp)
5 int compute(int a);
6
7 #endif                                lec02/compute.h

```

```

1 #include "compute.h"
2
3 int compute(int a) // definice funkce
4 {
5     int b = 10 + a; // tělo funkce
6     return b; // návratová hodnota funkce
7 }                                lec02/compute.c

```

```

1 #include "compute.h" // vložení deklarace funkce
2
3 int main(int argc, char *argv[])
4 { // hlavní funkce
5     int v = 10; // definice proměnné
6     int r = compute(v); // volání funkce
7     return 0; // ukončení hlavní funkce
8 }                                lec02/main-compute.c

```

```

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.

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

- Návratová 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
```



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`

Obsah

- 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.



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)`



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>
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
20    if (c > 0) {
21        printf("Read %d numbers, min: %
22              d, max: %d\n", c, min, max);
23    } else {
24        fprintf(stderr, "ERROR: No
25              input given!\n");
26        ret = EXIT_FAILURE;
27    }
28    return ret;
29 }
30
31 void min_max(int v, int *min, int *
32              max)
33 {
34     if (v < *min) *min = v;
35     if (v > *max) *max = v;
36 }
```



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
```



Obsah

- 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));
```

`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);
```

`lec02/signed_unsigned_char.c`

```
5 uc = uc + 2;
```

```
6 su = su + 2;
```

```
7 printf("The value of uc=%i and su=%i\n", uc, su);
```

```
$ 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



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.
 - `\t` – tabulátor (tabular), `\n` – nový řádek (newline),
 - `\a` – pípnutí (beep), `\b` – backspace, `\r` – carriage return,
 - `\f` – form feed, `\v` – vertical space

Tzv. *escape sequences*



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
```



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

```

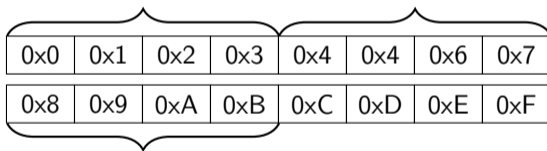
1 int var1;
2 int var2;
3 int sum;

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**.*



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;

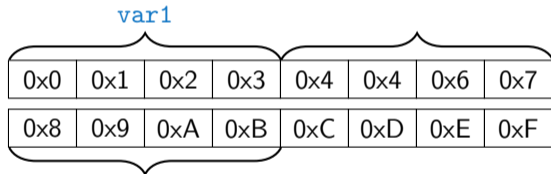
11 sum = var1 + var2;

```

- 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**.*



Přiřazení, proměnné a paměť – Vizualizace int

```

1 int var1;
2 int var2;
3 int sum;

5 // 00 00 00 13
6 var1 = 13;

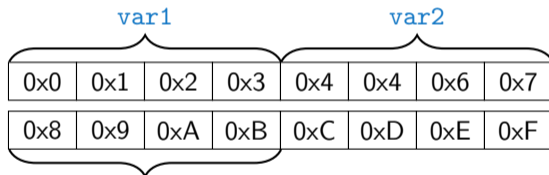
8 // x00 x00 x01 xF4
9 var2 = 500;

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**.*



Přiřazení, proměnné a paměť – Vizualizace int

```

1 int var1;
2 int var2;
3 int sum;

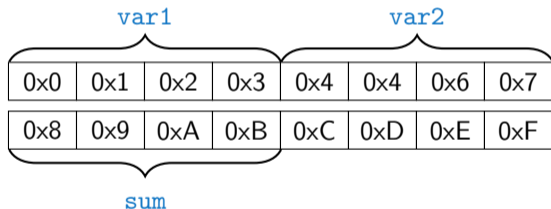
5 // 00 00 00 13
6 var1 = 13;

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**.*



Přiřazení, proměnné a paměť – Vizualizace int

```

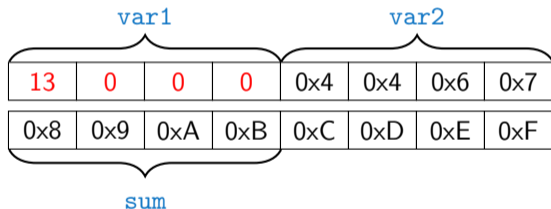
1 int var1;
2 int var2;
3 int sum;

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**.*



Přiřazení, proměnné a paměť – Vizualizace int

```

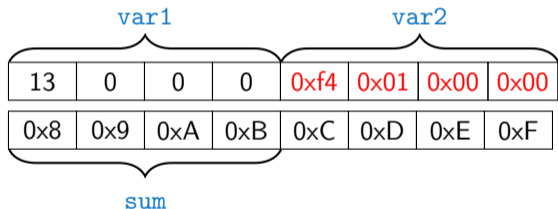
1 int var1;
2 int var2;
3 int sum;

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**.*



Přiřazení, proměnné a paměť – Vizualizace int

```

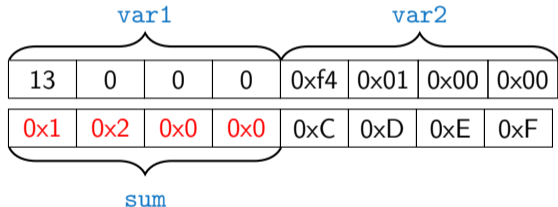
1 int var1;
2 int var2;
3 int sum;

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**.*



Obsah

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



Literály

- Jazyk C má 6 typů literálů (konstantních hodnot).
 - Celočíslné;
 - Racionální;
 - Znakové;
 - Řetězcové;
 - Výčtové – *pojmenovaná celá čísla typu int*;

- Symbolické – `#define NUMBER 10`.

Enum

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'` ~ 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`.



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

■ Formát

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

```
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) {  
    ...  
}
```



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.



Obsah

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



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)celočíslných 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
13     printf("P1 = (%.3f, %.3f)\n", (double)x1, (double)y1);
14     // pretypovani (double)

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



Obsah

- Řídicí struktury
- Složený příkaz
- Větvení
- Cykly



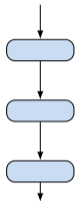
Řídicí struktury

- 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.

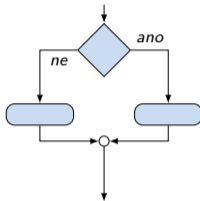


Typy řídicích struktur

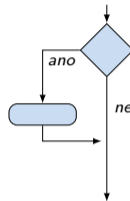
■ Sekvence



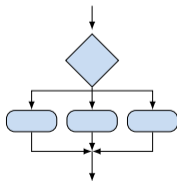
■ Podmínka **If**



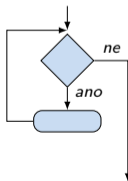
■ Podmínka **If**



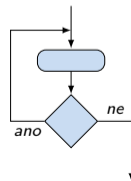
■ Větvení **switch**



■ Cyklus **for** a **while**



■ Cyklus **do**



Obsah

- Řídicí struktury
- Složený příkaz
- Větvení
- Cykly



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;  
  
5     printf("No. of steps %i\n", steps);  
6 }  
  
8 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**.



Obsah

- Řídicí struktury
- Složený příkaz
- Větvení
- Cykly



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

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

Varianta zápisu 2

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

Varianta zápisu 3

```
int min = y;  
if (x < y) {  
    min = x;  
}
```

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

```
if (x < y)
    tmp = x;
    x = y;
    y = tmp;
```

Varianta 2

```
if (x < y)
    int tmp = x;
    x = y;
    y = tmp;
```

Varianta 3

```
int tmp;
if (x < y)
    tmp = x;
    x = y;
    y = tmp;
```

Varianta 4

```
if (x < y) {
    int tmp = x;
    x = y;
    y = tmp;
}
```

- 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

```
if (x < y)
    min = x;
    max = y;
else
    min = y;
    max = x;
```

Varianta 2

```
if (x < y) {
    min = x;
    max = y;
} else {
    min = y;
    max = x;
}
```

- Která varianta odpovídá našemu zadání?



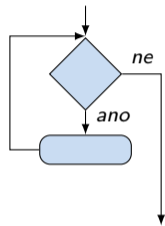
Obsah

- Řídicí struktury
- Složený příkaz
- Větvení
- **Cykly**



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

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

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

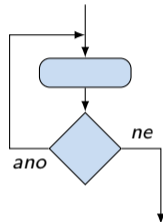
- Jaká je hodnota proměnné q po skončení cyklu?



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

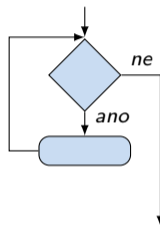
```
int i = -1;
do {
    ...
    i += 1;
} while (i < 5);
```



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

```
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. **+=**.



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);  
}
```

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



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);  
}
```

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



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);  
}
```

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



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);  
}
```

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



Část III

Část 3 – Zadání 1. domácího úkolu (HW1)



Zadání 1. domácího úkolu HW1

Téma: Načítání vstupu

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/bab36prga/hw/hw1>
 - 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:** **16.03.2024, 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.



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



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.

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

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

```
#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);
```



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.

```
...
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 $\langle 11, 67 \rangle$, (`#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.

```
// 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 $\langle 11, 67 \rangle$, (`#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.

```
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 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.

```
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`.

