

Řídicí struktury, výrazy a funkce

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 03

BOB36PRP – Procedurální programování

Přehled témat

- Část 1 – Řídicí struktury
Příkaz a složený příkaz
Příkazy řízení běhu programu
Konečnost cyklu
- Část 2 – Výrazy
Výrazy a operátory
Přiřazení
Nedefinované chování
- Část 3 – Zadání 3. domácího úkolu (HW03)

S. G. Kochan: kapitoly 5 a 6

S. G. Kochan: kapitola 4, 12

Část I Řídicí struktury

Příkaz a složený příkaz (blok)

- Příkaz je výraz zakončený středníkem.
Příkaz tvořený pouze středníkem je prázdný příkaz.
- Blok je tvořen seznamem definic proměnných a příkazů.
- Uvnitř bloku zpravidla definice proměnných předchází příkazům.
Záleží na standardu jazyka, platí pro ANSI C (C89, C90).
- Začátek a konec bloku je vymezen složenými závorkami { a }.
- Bloky mohou být vnořené do jiného bloku.

```
void function(void) { /* function block start */  
  { /* inner block */  
    for (int i = 0; i < 10; ++i) {  
      //inner for-loop block  
    }  
  }  
}
```

Různé kódovací konvence

Srozumitelnost, čitelnost kódu - kódovací konvence a styl (čistota kódu)

- Konvence a styl je důležitý, protože podporuje přehlednost a čitelnost.
https://www.gnu.org/prep/standards/html_node/Writing-C.html
- Formátování patří k úplným základem. *Nastavte si automatické formátování v textovém editoru.*
- Volba výstižného jména identifikátorů podporuje čitelnost.
Co může být jasné nyní, za pár dní či měsíců může být jinak.
- **Cvičte se v kódovací konvenci a zvoleném stylu i za cenu zdánlivě pomalejšího zápisu kódu. Přehlednost je důležitá, zvláště pokud hledáte chybu.**
- Doporučená konvence v rámci PRP
Nezřídka je užitečné nebat se začít úplně znovu a lépe.
- Píšte zdrojové kódy pokud možno anglicky (identifikátory).
- Pro proměnné volte podstatná jména.
- Pro funkce volte slovesa.

```
1 void function(void)  
2 { /* function block start */  
3   for (int i = 0; i < 10; ++i) {  
4     //inner for-loop block  
5     if (i == 5) {  
6       break;  
7     }  
8   }  
9 }
```

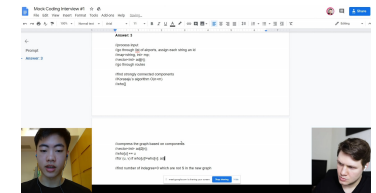
Osobní preference přednášejícího: odsazení 3 znaky, mezery místo tabulátorů.

Srozumitelnost a čitelnost kódu - kódovací konvence

- Existují různé kódovací konvence; inspiřte se existujícími doporučeními a čtením reprezentativních kódů.



Clean Code - Uncle Bob / Lesson 1
<https://youtu.be/7EmboKQH81M>



Google Coding Interview with a High School Student
<https://youtu.be/qz9tK1F431k>

<http://users.ece.cmu.edu/~eno/coding/CodingStandard.html>;
<https://www.doc.ic.ac.uk/lab/cpluscstyle.html>;
http://en.wikipedia.org/wiki/Indent_style;
<https://google.golang.org/styleguide/cppguide.html>;
<https://www.kernel.org/doc/Documentation/process/coding-style.txt>

Příkazy řízení běhu programu

- Podmíněné řízení běhu programu
 - Podmíněný příkaz: `if ()` nebo `if () ... else`
 - Programový přepínač: `switch () case ...`
- Cykly
 - `for ()`
 - `while ()`
 - `do ... while ()`
- Nepodmíněné větvení programu
 - `continue`
 - `break`
 - `return`
 - `goto`

Podmíněné větvení – if

- `if (vyráz) prikaz1; else prikaz2`
- Je-li hodnota výrazu `vyráz != 0`, provede se příkaz `prikaz1` jinak `prikaz2`.
- Část `else` je nepovinná.
Příkaz může být blok příkazů.
- Podmíněné příkazy mohou být vnořené a můžeme je řetězit.

```
int max;  
if (a > b) {  
  ...  
} else if (a < c) {  
  ...  
} else {  
  ...  
}
```

Příklad zápisu

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

```
int max;  
if (a > b) {  
  ...  
} else if (a < c) {  
  ...  
} else {  
  ...  
}
```

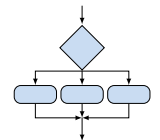
```
1 if (x < y) {  
2   min = x;  
3   max = y;  
4 } else {  
5   min = y;  
6   max = x;  
7 }
```

Jaký je smysl těchto programů?

Příkaz větvení switch

- Příkaz `switch` (přepínač) umožňuje větvení programu do více větví na základě různých hodnot výrazu výčtového (celočíslného) typu, jako jsou např. `int`, `char`, `short`, `enum`.
- Základní tvar příkazu.

```
switch (vyráz) {  
  case konstanta1: příkazy1; break;  
  case konstanta2: příkazy2; break;  
  ...  
  case konstanta_n: příkazy_n; break;  
  default: příkazy_def; break;  
}
```



kde *konstanty* jsou téhož typu jako *vyráz* a *příkazy_i* jsou posloupnosti příkazů.
Semantika: vypočte se hodnota výrazu a provedou se ty příkazy, které jsou označeny konstantou s identickou hodnotou. Není-li vybrána žádná větev, provedou se příkazy_{def} (pokud jsou uvedeny).

Programový přepínač – switch

- Přepínač **switch(vyraz)** větvi program do n směrů.
- Hodnota **vyraz** je porovnávána s n konstantními výrazy typu **int** příkazy. `case konstantai: ...`
- Hodnota **vyraz** musí být celočíselná a hodnoty **konstanta_i** musejí být navzájem různé.
- Pokud je nalezena shoda, program pokračuje od tohoto místa dokud nenajde příkaz **break** nebo konec příkazu **switch**.
- Pokud shoda není nalezena, program pokračuje nepovinnou sekcí **default**.
Secke default se zpravidla uvádí jako poslední.
- Příkazy **switch** mohou být vnořené.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 12 / 61

Programový přepínač switch – Příklad

```

switch (v) {
    case 'A':
        printf("Upper 'A'\n");
        break;
    case 'a':
        printf("Lower 'a'\n");
        break;
    default:
        printf("It is not 'A' nor 'a'\n");
        break;
}
    
```

```

if (v == 'A') {
    printf("Upper 'A'\n");
} else if (v == 'a') {
    printf("Lower 'a'\n");
} else {
    printf("It is not 'A' nor 'a'\n");
}
    
```

lec03/switch.c

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 13 / 61

Větvení switch – pokračování ve vykonávání dalších větví

- Příkaz **break** dynamicky ukončuje větev, pokud jej neuvedeme, pokračuje se v provádění další větve.

Příklad volání více větví

```

1 int part = ?
2 switch(part) {
3     case 1:
4         printf("Branch 1\n");
5         break;
6     case 2:
7         printf("Branch 2\n");
8         break;
9     case 3:
10        printf("Branch 3\n");
11        break;
12       case 4:
13           printf("Branch 4\n");
14           break;
15       default:
16           printf("Default branch\n");
17           break;
18 }
    
```

- part ← 1 Branch 1
- part ← 2 Branch 2 Branch 3
- part ← 3 Branch 3
- part ← 4 Branch 4
- part ← 5 Default branch

lec03/demo-switch_break.c

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 14 / 61

Příklad větvení switch vs if-then-else

- Napište konverzní program, který podle čísla dnu v týdnu vytiskne na obrazovku jméno dne. Ošetřete případ, kdy bude zadané číslo mimo platný rozsah (1 až 7).

Příklad implementace

```

int day_of_week = 3;
switch (day_of_week) {
    case 1:
        printf("Monday");
        break;
    case 2:
        printf("Tuesday");
        break;
    case 7:
        printf("Sunday");
        break;
    default:
        fprintf(stderr, "Invalid number");
        break;
}
    
```

```

int day_of_week = 3;
if (day_of_week == 1) {
    printf("Monday");
} else if (day_of_week == 2) {
    printf("Tuesday");
} else if (day_of_week == 7) {
    printf("Sunday");
} else {
    fprintf(stderr, "Invalid number");
}
    
```

lec03/demo-switch_day_of_week.c

Oba způsoby jsou sice funkční, nicméně elegantněji lze vyřešit úlohu použitím datové struktury pole nebo ještě lépe asociativním polem / hash mapou.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 15 / 61

Cykly

- Cyklus **for** a **while** testuje podmínku opakování před vstupem do těla cyklu.
 - for** – inicializace, podmínka a změna řídicí proměnné jsou součástí syntaxe. `for (int i = 0; i < 5; ++i) { ... }`
 - while** – řídicí proměnná v režii programátora. `int i = 0; while (i < 5) { ... i += 1; }`
- Cyklus **do** testuje podmínku opakování cyklu po prvním provedení cyklu. `int i = -1; do { ... i += 1; } while (i < 5);`

Ekvivalentní provedení pěti cyklů.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 16 / 61

Cyklus while a do-while

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

Příklad

```

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

```

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

- Jaká je hodnota proměnné q po skončení cyklu pro hodnoty.
 - $x \leftarrow 10$ a $y \leftarrow 3$
 - $x \leftarrow 2$ a $y \leftarrow 3$

while: 1, do-while: 1
while: 2, do-while: -1

lec03/demo-while.c

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 17 / 61

Cyklus for

- Základní příkaz cyklu **for** má tvar `for (inicializace; podmínka; změna) příkaz`.
- Odpovídá cyklu while ve tvaru: `inicializace; while (podmínka) { příkaz; změna; }`
- Změnu řídicí proměnné lze zkráceně zapsat operátorem inkrementace nebo dekrementace **++** a **--**.
- Alternativně lze též použít zkrácený zápis přiřazení, např. **+=**.

Příklad

```

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

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 18 / 61

Cyklus for (; ;)

- Příkaz **for** cyklu má tvar `for ([vyraz1]; [vyraz2]; [vyraz3]) příkaz;`
- Cyklus **for** používá řídicí proměnnou a probíhá následovně:
 - vyraz₁** – Inicializace (zpravidla řídicí proměnné);
 - vyraz₂** – Test řídicího výrazu;
 - Pokud **vyraz₂ != 0** provede se **příkaz**, jinak cyklus končí;
 - vyraz₃** – Aktualizace proměnných na konci běhu cyklu;
 - Opakování cyklu testem řídicího výrazu.
- Výrazy **vyraz₁** a **vyraz₃** mohou být libovolného typu.
- Libovolný z výrazů lze vynechat.
- break** – cyklus lze nuceně opustit příkazem **break**.
- continue** – část těla cyklu lze vynechat příkazem **continue**.
Příkaz přeruší vykonávání těla (blokového příkazu) pokračuje vyhodnocením vyraz₃.
- Při vynechání řídicího výrazu **vyraz₂** se cyklus bude provádět nepodmíněně. `for (;) { ... }`

Nekonečný cyklus

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 19 / 61

Příkaz continue

- Příkaz návratu na vyhodnocení řídicího výrazu – **continue**.
- Příkaz **continue** lze použít pouze v těle cyklů.
 - `for ()`
 - `while ()`
 - `do...while ()`
- Příkaz **continue** způsobí přerušení vykonávání těla cyklu a nové vyhodnocení řídicího výrazu.
- Příklad**

```

int i;
for (i = 0; i < 20; ++i) {
    if (i % 2 == 0) {
        continue;
    }
    printf("%d\n", i);
}
    
```

lec03/continue.c

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 20 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Předčasné ukončení průchodu cyklu – příkaz `continue`

- Někdy může být užitečné ukončit cyklus v nějakém místě uvnitř těla cyklu.
 - Například ve vnořených `if` příkazech.
- Příkaz `continue` předepisuje ukončení průchodu těla cyklu.

Platnost pouze v těle cyklu!

```
clang demo-continue.c
./a.out
i:0
i:1 i:2 i:3
i:4 i:5 i:6
i:7 i:8 i:9
```

```
lec03/demo-continue.txt
```

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 21 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Příkaz `break`

- Příkaz nuceného ukončení cyklu `break`; lze použít pouze v těle cyklů.
 - `for()`
 - `while()`
 - `do...while()`
- a v těle programového přepínače `switch()`.
- `break` způsobí opuštění těla cyklu nebo těla `switch()`.
- Program pokračuje následujícím příkazem, např.


```
int i = 10;
while (i > 0) {
    if (i == 5) {
        printf("i reaches 5, leave the loop\n");
        break;
    }
    i--;
    printf("End of the while loop i: %d\n", i);
}
```
- Z hlediska přehlednosti a čitelnosti je vhodné změnu řídicí proměnné realizovat na konci cyklu.

```
lec03/break.c
```

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 22 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Předčasné ukončení vykonávání cyklu – příkaz `break`

- Příkaz `break` předepisuje ukončení cyklu.

Program pokračuje následujícím příkazem po cyklu.

```
clang demo-break.c
./a.out
i:0
i:1 i:2 i:3
i:4 i:5 i:6
```

```
lec03/demo-break.c
```

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 23 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Příkaz `goto`

- Příkaz nepodmíněného lokálního skoku `goto` předá řízení na místo určené návěstím `navesti` – syntax `goto navesti`;
- Návěští má tvar `navesti příkaz`. *Definice proměnné není příkaz.*
- Příkaz `goto` lze použít pouze v těle funkce a skok je možný pouze rámci jediné funkce.


```
int test = 3;
for (int i = 0; i < 3; ++i) {
    for (int j = 0; j < 5; ++j) {
        if (j == test) {
            goto loop_out;
        }
        fprintf(stdout, "Loop i: %d j: %d\n", i, j);
    }
}
return 0;
loop_out:
fprintf(stdout, "After loop\n");
return -1;
```

```
lec03/goto.c
```

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 24 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Vnořené cykly

- `break` ukončuje vnitřní cyklus.


```
for (int i = 0; i < 3; ++i) {
    for (int j = 0; j < 3; ++j) {
        printf("i-j: %i-%i\n", i, j);
        if (j == 1) {
            break;
        }
    }
}
```
- Vnější cyklus můžeme ukončit příkazem `goto`.


```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {
    for (int j = 0; j < 3; ++j) {
        printf("i-j: %i-%i\n", i, j);
        if (j == 2) {
            goto outer;
        }
    }
}
outer;
```

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 25 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Konečnost cyklů 1/3

- Konečnost algoritmu – pro přípustná data v konečné době skončí.
- Aby byl algoritmus **konečný** musí každý cyklus v něm uvedený skončit po konečném počtu kroků.
- Jedním z důvodů neukončení programu je zacyklení.
 - Program opakovaně vykoná cyklus, jehož podmínka ukončení není nikdy splněna.


```
while (i != 0) {
    j = i - 1;
```
 - Cyklus se neprovede ani jednou, nebo neskončí.
 - Záleží na hodnotě `i` před voláním cyklu.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 27 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Konečnost cyklů 2/3

- Základní pravidlo pro konečnost cyklu
 - Provedení těla cyklu se musí změnit hodnota proměnné použité v podmínce ukončení cyklu.


```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {
    ...
}
```
 - Uvedené pravidlo konečnost cyklu nezaručuje.


```
int i = -1;

while ( i < 0 ) {
    i = i - 1;
}
```

Konečnost cyklu závisí na hodnotě proměnné před vstupem do cyklu.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 28 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Konečnost cyklů 3/3

```
while (i != n) {
    ... //příkazy nemenící hodnotu promenne i
    i++;
}
```

```
lec03/demo-loop_byte.c
```

- Vstupní podmínka konečnosti uvedeného cyklu
 - $i \leq n$ pro celá čísla.

*Jak by vypadala podmínka pro proměnné typu double?
Co se stane pokud by proměnná i byla typu unsigned char?*

```
lec03/demo-loop.c
```

- Splnění vstupní podmínky konečnosti cyklu musí zajistit příkazy předcházející příkazu cyklu.
- Zabezpečený program testuje přípustnost vstupních dat.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 29 / 61

Príkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Příklad – test, je-li zadané číslo prvočíslem

```
#include <stdbool.h>
#include <math.h>
_Bool isPrimeNumber(int n)
{
    _Bool ret = true;
    for (int i = 2; i <= (int)sqrt((double)n); ++i) {
        if (n % i == 0) {
            ret = false; // leave the loop once if it sure
            break; // n is not a prime number
        }
    }
    return ret;
}
```

```
lec03/demo-prime.c
```

- `break` – po nalezení prvního dělitele nemusíme dále testovat.
- Hodnota výrazu `(int)sqrt((double)n)` se v cyklu nemění.

```
_Bool ret = true; // zbytečně vypocet opakovat
const int maxBound = (int)sqrt((double)n);
for (int i = 2; i <= maxBound; ++i) {
    ...
}
```

Příklad kompilace spuštění demo-prime.c: clang demo-prime.c -lm ./a.out 13

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 30 / 61

Příkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Kódovací konvence

- Příkazy **break** a **continue** v podstatě odpovídají příkazům skoku.
- Obecně můžeme říci, že příkazy **break** a **continue** nepřidávají příliš na přehlednosti.

Nemyslíme tím break v příkazu switch.
- Prerušeni cyklu **break** nebo **continue** můžeme využít v těle dlouhých funkcí a vnořených cyklech.

Ale funkce bychom měli psát krátké a přehledné.
- Je-li funkce (tělo cyklu) krátké, je význam **break/continue** čitelný.
- Podobně použití na začátku bloku cyklu, např. jako součást testování splnění předpokladů, je zpravidla přehledné.
- Použití uprostřed bloku je však už méně přehledné a může snížit čitelnost a porozumění kódu.

<https://www.scribd.com/doc/38873257/Knuth-1974-Structured-Programming-With-Go-to-Statements>

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 31 / 61

Výrazy a operátory Přirazení

Část II

Výrazy

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 32 / 61

Výrazy a operátory Přirazení

Výrazy

- **Výraz** předepisuje výpočet hodnoty určitého vstupu.
- Struktura výrazu obsahuje *operandy, operátory a závorky*.
- Výraz může obsahovat:
 - literály;
 - proměnné;
 - konstanty;
 - unární a binární operátory;
 - volání funkcí;
 - závorky.
- Pořadí operací předepsaných výrazem je dáno **prioritou** a **asociativitou** operátorů.

Příklad

10 + x * y	poradí vyhodnocení 10 + (x * y)
10 + x + y	poradí vyhodnocení (10 + x) + y

** má vyšší prioritu než + je asociativní zleva*

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 34 / 61

Výrazy a operátory Přirazení

Výrazy a operátory

- Výraz se skládá z operátorů a operandů.
 - Nejjednodušší výraz tvoří konstanta, proměnná nebo volání funkce.
 - Výraz sám může být operandem.
 - Výraz má **typ a hodnotu**. *(Pouze výraz typu void hodnotu nemá.)*
 - Výraz zakončený středníkem ; je příkaz.
- Operátory jsou vyhrazené znaky pro zápis výrazů.

Případně posloupnost znaků.
- Postup výpočtu výrazu s více operátory je dán prioritou operátorů.

Postup výpočtu lze předepsat použitím kulatých závorek (a).
- Operátory: aritmetické, relační, logické, bitové.
 - Arita operátoru (počet operandů) – unární, binární, ternární.
 - Obecně (mimo konkrétní případy) není pořadí vyhodnocení operandů definováno *(nezaměňovat s asociativitou)*.

*Např. pro součet f1() + f2() není definováno, který operand se vyhodnotí jako první (jaká funkce se zavolá jako první).
Chování i = ++i + i++; není definováno, závisí na překladači.*
 - Pořadí vyhodnocení je **definováno pro operandy v logickém součinu AND a součtu OR**.

http://en.cppreference.com/w/c/language/eval_order

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 35 / 61

Výrazy a operátory Přirazení

Základní rozdělení operátorů

- 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 (l-hodnota reprezentující místo v paměti).
- Unární operátory:
 - indikující kladnou/zápornou hodnotu: + a -;
 - modifikující proměnou: ++ a --;
 - logický operátor doplněk: !;
 - bitová negace: ~ (negace bit po bitu).

operátor – modifikuje znaménko výrazu za nim.
- Ternární operátor – podmíněný příkaz.

Jediný ternární operátor v C je podmíněný příkaz ? :

http://www.tutorialspoint.com/cprogramming/c_operators.htm

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 36 / 61

Výrazy a operátory Přirazení

Aritmetické operátory

- Operandy aritmetických operátorů mohou být libovolného aritmetického typu.

Výjimkou je operátor zbytek po dělení % definovaný pro int.

*	Násobení	x * y	Součin x a y
/	Dělení	x / y	Podíl x a y
%	Dělení modulo	x % y	Zbytek po dělení x a y
+	Sčítání	x + y	Součet x a y
-	Odečítání	x - y	Rozdíl a y
+	Kladné znam.	+x	Hodnota x
-	Záporné znam.	-x	Hodnota -x
++	Inkrementace	++x/x++	Inkrementace před/po vyhodnocení výrazu x
--	Dekrementace	--x/x--	Dekrementace před/po vyhodnocení výrazu x

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 37 / 61

Výrazy a operátory Přirazení

Unární aritmetické operátory

- Unární operátory ++ a -- mění hodnotu svého operandu.

Operand musí být l-hodnota, tj. výraz, který má adresu, kde je uložena hodnota výrazu (např. proměnná).
- lze zapsat prefixově např. ++x nebo --x;
- nebo postfixově např. x++ nebo x--;
- v obou případech se však **liši výsledná hodnota výrazu!**

int i; int a;	hodnota i	hodnota a
i = 1; a = 9;	1	9
a = i++;	2	1
a = ++i;	3	3
a = ++(i++);	nelze, hodnota i++ není l-hodnota	

V případě unárního operátoru i++ je nutné v paměti uchovat původní hodnotu i a následně inkrementovat hodnotu proměnné i. V případě použití ++i pouze inkrementujeme hodnotu i. Proto může být použití ++i efektivnější.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 38 / 61

Výrazy a operátory Přirazení

Relační operátory

- Operandy relačních operátorů mohou být aritmetického typu, ukazatele shodného typu nebo jeden z nich NULL nebo typ void.

<	Menší než	x < y	1 pro x je menší než y, jinak 0.
<=	Menší nebo rovno	x <= y	1 pro x menší nebo rovno y, jinak 0.
>	Větší než	x > y	1 pro x je větší než y, jinak 0.
>=	Větší nebo rovno	x >= y	1 pro x větší nebo rovno y, jinak 0.
==	Rovná se	x == y	1 pro x rovno y, jinak 0.
!=	Nerovná se	x != y	1 pro x nerovno y, jinak 0.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 39 / 61

Výrazy a operátory Přirazení

Logické operátory

- Operandy mohou být aritmetické typy nebo ukazatele.
- Výsledek 1 má význam **true**, 0 má význam **false**.
- Ve výrazech && a || se vyhodnotí nejdříve levý operand.
- Pokud je výsledek dán levým operandem, pravý se nevyhodnocuje.

Zkrácené vyhodnocování – složité výrazy.

&&	Logické AND	x && y	1 pokud x ani y není rovno 0, jinak 0.
	Logické OR	x y	1 pokud alespoň jeden z x, y není rovno 0, jinak 0.
!	Logické NOT	!x	1 pro x rovno 0, jinak 0.

- Operace && a || se vyhodnocují **zkráceným způsobem**, tj. druhý operand se nevyhodnocuje, pokud lze výsledek určit již z hodnoty prvního operandu.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 40 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Bitové operátory

- Bitové operátory vyhodnocují operandy bit po bitu.

&	Bitové AND	$x \& y$	1 když x i y je rovno 1 (bit po bitu).
	Bitové OR	$x y$	1 když x nebo y je rovno 1 (bit po bitu).
^	Bitové XOR	$x \wedge y$	1 pokud pouze x nebo pouze y je 1 (exkluzivně právě jedna z variant) (bit po bitu).
~	Bitové NOT	$\sim x$	1 pokud x je rovno 0 (bit po bitu).
<<	Posun vlevo	$x \ll y$	Posun x o y bitů vlevo.
>>	Posun vpravo	$x \gg y$	Posun x o y bitů vpravo.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 41 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Příklad – bitových operací

```
uint8_t a = 4;
uint8_t b = 5;

a dec: 4 bin: 0100
b dec: 5 bin: 0101
a & b dec: 4 bin: 0100
a | b dec: 5 bin: 0101
a ^ b dec: 1 bin: 0001

a >> 1 dec: 2 bin: 0010
a << 1 dec: 8 bin: 1000
```

lec03/bits.c
See recursive version in lec03/bits-recursive.c

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 42 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Operace bitového posunu

- Operátory bitového posunu posouvají celý bitový obraz o zvolený počet bitů vlevo nebo vpravo.
 - Při posunu vlevo jsou uvolněné bity zleva plněny 0.
 - Při posunu vpravo jsou uvolněné bity zprava:
 - u čísel kladných nebo typu unsigned plněny 0;
 - u záporných čísel buď plněny 0 (logický posun) nebo 1 (aritmetický posun vpravo), dle implementace překladače.
- Operátory bitového posunu mají nižší prioritu než aritmetického operátory!
 - $i \ll 2 + 1$ znamená $i \ll (2 + 1)$.
Nebudte zaskočení nečekanou interpretací – závorkujte!

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 43 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Operátory přístupu do paměti

Zde pro úplnost, více v následujících přednáškách.

- V C lze přímo přistupovat k adrese paměti proměnné, kde je uložena hodnota.
- Přístup do paměti je prostřednictvím ukazatele (pointeru).
Dává velké možnosti, ale také vyžaduje zodpovědnost.

Operátor	Význam	Příklad	Výsledek
&	Adresa proměnné	$\&x$	Ukazatel (pointer) na x
*	Nepřímá adresa	$*p$	Proměnná (nebo funkce) adresovaná pointerem p
[]	Prvek pole	$x[i]$	$*(x+i)$ – prvek pole x s indexem i
.	Prvek struct/union	$s.x$	Prvek x struktury s
->	Prvek struct/union	$p->x$	Prvek struktury adresovaný ukazatelem p

*Operandem operátoru & nesmí být bitové pole a proměnná typu register. Operátor nepřímé adresy * umožňuje přístup na proměnné přes ukazatel.*

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 44 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Ostatní operátory

- Operandem sizeof() může být jméno typu nebo výraz.

()	Volání funkce f(x)	Volání funkce f s argumentem x
(type)	Přetypování (cast) (int)x	Změna typu x na int
sizeof	Velikost prvku sizeof(x)	Velikost x v bajtech
? :	Podmíněný příkaz x ? y : z	Proveď y pokud x != 0 jinak z
,	Postupné vyhodnocení x, y	Vyhodnotí x pak y, výsledek operátoru je výsledek posledního výrazu
- Operandem operátoru sizeof() může být jméno typu nebo výraz.


```
int a = 10;
printf("%lu %lu\n", sizeof(a), sizeof(a + 1.0));
```
- Příklad použití operátoru čárka.


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

lec03/sizeof.c

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 45 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Operátor přetypování

- Změna typu za běhu programu se nazývá přetypování.
- Explicitní přetypování (cast) zapisuje programátor uvedením typu v kulatých závorkách, např.


```
int i;
float f = (float)i;
```
- Implicitní přetypování provádí překladač automaticky při překladači.
- Pokud nový typ může reprezentovat původní hodnotu, přetypování ji vždy zachová.
- Operandy typů char, unsigned char, short, unsigned short, případně bitové pole, mohou být použity tam kde je povolen typ int nebo unsigned int.
C očekává hodnoty alespoň typu int.
 - Operandy jsou automaticky přetypovány na int nebo unsigned int.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 46 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Asociativita a prioritá operátorů

- Binární operace op na množině S je asociativní, jestliže platí $(x \text{ op } y) \text{ op } z = x \text{ op } (y \text{ op } z)$, pro každé $x, y, z \in S$.
- U neasociativních operací je nutné řešit v jakém pořadí jsou operace implicitně provedeny.
 - Asociativní zleva – operace jsou seskupeny zleva.
Např. výraz $10 - 5 - 3$ je vyhodnocen jako $(10 - 5) - 3$
 - Asociativní zprava – operace jsou seskupeny zprava.
Např. $3 + 5^2$ je 28 nebo $3 \cdot 5^2$ je 75 vs. $(3 \cdot 5)^2$ je 225
- Přířazení je asociativní zprava, např.


```
y=y+8.
```

Vyhodnotí se nejdrive celá pravá strana operátoru =, která se následně přiřadí do proměnné na straně levé.
- Priorita binárních operací vyjadřuje v algebře pořadí, v jakém jsou binární operace prováděny.
- Pořadí provedení operací lze definovat důsledným závorkováním.

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 47 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Přehled operátorů a jejich priorit 1/3

Priorita	Operátor	Asociativita	Operace
1	++	P/L	pre/post inkrementace
	--		pre/post dekrementace
	()	L→P	volání metody
	[]		indexace do pole
	.		přístup na položky struktury/unionu
2	->		přístup na položky přes ukazatel
	! ~	P→L	logická a bitová negace
	- +		unární plus (minus)
	()		přetypování
	*		nepřímé adresování (dereference)
3	&		adresa (reference)
	sizeof		velikost

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 48 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

Přehled operátorů a jejich priorit 2/3

Priorita	Operátor	Asociativita	Operace
3	*, /, %	L→R	násobení, dělení, zbytek
4	+ -		scítání, odečítání
5	>>, <<		bitový posun vlevo, vpravo
6	<, >, <=, >=		porovnání
7	==, !=		rovno, nerovno
8	&		bitový AND
9	^		bitový XOR
10			bitový OR
1	&&		logický AND
12			logický OR

Jan Faigl, 2022 BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce 49 / 61

Výrazy a operátory

Přřazení

Nedefinované chování

Přehled operátorů a jejich priorit 3/3

Priorita	Operátor	Asociativita	Operace
13	? :	P→L	ternární operátor
14	= + =, - = * =, / =, % = << =, >> = & =, ^ =, =	P→L	přřazení přřazení součtu, rozdílu přřazení součinu, podílu a zbytku přřazení bitového posunu vlevo, vpravo přřazení bitového AND, XOR, OR
15	,	L→P	operátor čárka

http://en.cppreference.com/w/c/language/operator_precedence

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

50 / 61

Výrazy a operátory

Přřazení

Nedefinované chování

Přřazení

- Nastavení hodnoty proměnné. *Uložení definované hodnoty na místo v paměti.*
- Tvar přířazovacího operátoru. $(\text{proměnná}) = (\text{výraz})$
Výraz je literál, proměnná, volání funkce, ...

■ Přřazení je výraz, který můžeme použít v jiném výrazu, např. `a = b = c = 10;`
Je to výraz v přířazu přřazení.

■ C je staticky typovaný jazyk.

- Proměnné lze přřadit hodnotu výrazu pouze identického typu.
Jinak je nutné provést typovou konverzi.
- Příklad implicitní konverze při přřazení.
`int i = 320.4; // implicit conversion from 'double' to 'int' changes value from 320.4 to 320 [-Wliteral-conversion]`
- `char c = i; // implicit truncation 320 -> 64`

■ C je typově bezpečné v omezeném kontextu kompilace, např. na `printf("%d\n", 10.1);` kompilátor upozorní na chybu. **Obecně není typově bezpečné.**
Za běhu programu může dojít například k zápisu mimo vyhrazenou paměť a tím může dojít k nedefinovanému chování.

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

52 / 61

Výrazy a operátory

Přřazení

Nedefinované chování

Zkrácený zápis přřazení

- Zápis $(\text{proměnná}) = (\text{proměnná}) (\text{operátor}) (\text{výraz})$
- Lze zapsat zkráceně $(\text{proměnná}) (\text{operátor}) = (\text{výraz})$.

Příklad

```
int i = 10;
double j = 12.6;
i = i + 1;
j = j / 0.2;
```

```
int i = 10;
double j = 12.6;
i += 1;
j /= 0.2;
```

- Přřazení je výraz
`int x, y;`
`x = 6;`
`y = x = x + 6;`
„syntactic sugar“

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

53 / 61

Výrazy a operátory

Přřazení

Nedefinované chování

Výraz a příkaz

- Příkaz provádí akci a je zakončen středníkem.
`robot_heading = -10.23;`
`robot_heading = fabs(robot_heading);`
`printf("Robot heading: %f\n", robot_heading);`
- Výraz má určený **typ a hodnotu**.
`23` typ `int`, hodnota 23
`14+16/2` typ `int`, hodnota 22
`y=8` typ `int`, hodnota 8
- Přřazení je výraz a jeho hodnotou je hodnota přřazená levé straně.
- Z výrazu se stává příkaz, pokud je ukončen středníkem.

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

54 / 61

Výrazy a operátory

Přřazení

Nedefinované chování

Nedefinované chování

- Dle standardu C mohou některé příkazy (výrazy) způsobit **nedefinované chování**.
 - `c = (b = a + 2) - (a - 1);`
 - `j = i * i++;`
- Program se může chovat rozdílně podle použitého kompilátoru, případně nemusí jít zkompileovat, spustit, nebo dokonce padat a chovat se neobvykle či produkovat nesmyslné výsledky.
- To se může například také stát v případě, že nejsou proměnné inicializovány.
- Vyhýbejte se příkazům (výrazům), které mohou vést na nedefinované chování!**

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

56 / 61

Výrazy a operátory

Přřazení

Nedefinované chování

Příklad nedefinovaného chování

- Standard C nepředpisuje chování při přetečení celého čísla (`signed`)
 - V případě doplňkového kódu může být např. hodnota výrazu `127 + 1` typu `char` rovna `-128`, viz `lec03/demo-loop_byte.c`.
 - Reprezentace celých čísel však může být realizována jinak dle architektury např. přímým kódem nebo inverzním kódem.
- Zajištění předepsaného chování tak může být výpočetně komplikované, proto standard nedefinuje chování při přetečení.
- Chování programu není definované a závisí na kompilátoru, např. překladače `clang` a `gcc` bez/s optimalizacemi `-O2`.

```
for (int i = 2147483640; i >= 0; ++i) {
    printf("%i %x\n", i, i);
}
```

lec03/int_overflow-1.c

Bez optimalizací program vypíše 8 řádků, pro `-O2` program zkompileovaný `clang` vypíše 9 řádků, `gcc` program skončí v nekonečné smyčce.

```
for (int i = 2147483640; i >= 0; i += 4) {
    printf("%i %x\n", i, i);
}
```

lec03/int_overflow-2.c

Program zkompileovaný `gcc` s `-O2` po spuštění (může) padat(at).

Analyzujte kód asm generovaný přřepínačem -S.

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

57 / 61

Část III

Zadání 3. domácího úkolu (HW03)

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

58 / 61

Zadání 3. domácího úkolu HW03

Téma: Kreslení (ASCII art)

Povinné zadání: **2b**; Volitelné zadání: **2b**; Bonusové zadání: **není**

- Motivace:** Zábavným a tvůrčím způsobem získat praktickou zkušenost s cykly a jejich parametrizací na základě uživatelského vstupu.
- Cíl:** Osvojit si použití cyklů a vnořených cyklů.
- Zadání:** <https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp/hw/hw03>
 - Načtení parametrizace pro vykreslení obrázku domečku s využitím vybraných ASCII znaků. https://en.wikipedia.org/wiki/ASCII_art
 - Ošetření vstupních hodnot.
 - Volitelné zadání rozšiřuje obrázek domečku o plot.
- Termín odevzdání:** 22.10.2022, 23:59:59 PDT.

PDT – Pacific Daylight Time

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

59 / 61

Diskutovaná témata

Shrnutí přednášky

Jan Faigl, 2022

BOB36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

60 / 61

Diskutovaná témata

- Řídicí struktury - přepínač, cykly, vnořené cykly, `break` a `continue`
- Konečnost cyklů
- Kódovací konvence
- Výrazy - unární, binární a ternární
- Přehled operátorů a jejich priorit
- Přiřazení a zkrácený způsob zápisu
 - Příkazy a nedefinované chování

- **Příště: Pole, ukazatel, textový řetězec, vstup a výstup programu.**