

Řídicí struktury, výrazy a funkce

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 04

B0B36PRP – Procedurální programování

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

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

Různé kódovací konvence
```

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`

Přehled témat

- Část 1 – Řídicí struktury
Příkaz a složený příkaz
Příkazy řízení běhu programu
Konečnost cyklu
*S. G. Kochan: kapitoly 5 a 6
P. Herout: kapitola 5*
- Část 2 – Výrazy
Výrazy a operátory
Přiřazení
Nedefinované chování
*S. G. Kochan: kapitola 4, 12
P. Herout: kapitola 3, 15*
- Část 3 – Zadání 3. domácího úkolu (HW03)

Kódovací konvence a styl

- 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 základům
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
Nezřídka je užitečné nebat se začít úplně znovu a lépe.
- Doporučená konvence v rámci PRP
 - Pište 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 tabulátoru.

Podmíněné větvení – if

- `if (výraz) příkaz1; else příkaz2`
- Je-li hodnota výrazu `výraz != 0`, provede se příkaz `příkaz1` jinak `příkaz2`
Příkaz může být blok příkazů
- Část `else` je nepovinná
- Podmíněné příkazy mohou být vnořené a můžeme je řetězit

```
int max;
if (a > b) {
  if (a > c) {
    max = a;
  }
}

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

Příklad zápisu

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

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

Jaký je smysl těchto programů?

Část I Řídicí struktury

Kódovací konvence

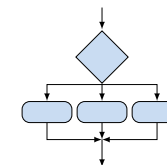
- Existuje mnoho různých kódovacích konvencí
- Inspirujte se existujícími doporučeními
- Inspirujte se čtením cizích kódů (reprezentativních)

<http://users.ece.cmu.edu/~eno/coding/CCodingStandard.html>
<https://www.doc.ic.ac.uk/lab/cplus/cstyle.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Indent_style
<https://google.github.io/styleguide/cppguide.html>
<https://www.kernel.org/doc/Documentation/CodingStyle>
<https://google.github.io/styleguide/cppguide.html>

Příkaz větvení switch

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

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



kde *konstanty* jsou téhož typu jako *výraz* a *příkazy*; jsou posloupnosti příkazů

Sémantika: vypočte se hodnota výrazu a provedou se ty příkazy, které jsou označeny konstantou s identickou hodnotou. Nemí-li vybrána žádná větev, provedou se příkazy_def (pokud jsou uvedeny).

Programový přepínač – switch

- Přepínač **switch(vyraz)** větví program do n směrů
 - Hodnota **vyraz** je porovnávána s n konstantními výrazy typu **int** příkazy **case konstanta_i: ...**
 - 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 sekci **default**
- Sekce default se zpravidla uvádí jako poslední*
- Příkazy **switch** mohou být vnorené

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 12 / 61

Příkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

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");
}

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

lec04/switch.c
```

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 13 / 61

Příkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Větvění switch – pokračování i 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   case 3:
9     printf("Branch 3\n");
10    break;
11   case 4:
12    printf("Branch 4\n");
13    break;
14   default:
15    printf("Default branch\n");
16    break;
17 }
```

lec04/demo-switch_break.c

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 14 / 61

Příkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

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 ... {
  ...
} else if (day_of_week == 7) {
  printf("Sunday");
} else {
  fprintf(stderr, "Invalid number");
}
```

lec04/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, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 15 / 61

Příkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

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

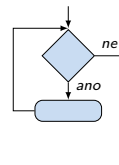
```
for (int i = 0; i < 10; ++i) {
  printf("i: %i\n", i);
}
```

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 18 / 61

Cykly

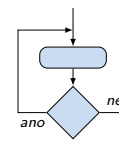
- Cyklus **for** a **while** testuje podmínku opakování před vstupem do těla cyklu

- **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 5ti cyklů.

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 16 / 61

Příkaz a složený příkaz Příkazy řízení běhu programu Konečnost cyklu

Cyklus for(; ;)

- Příkaz **for** cyklu má tvar **for ([vyraz₁]; [vyraz₂]; [vyraz₃]) příkaz;**
- Cyklus **for** používá řídicí proměnnou a probíhá následovně:
 1. **vyraz₁** – Inicializace (zpravidla řídicí proměnné)
 2. **vyraz₂** – Test řídicího výrazu
 3. Pokud **vyraz₂ != 0** provede se **příkaz**, jinak cyklus končí
 4. **vyraz₃** – Aktualizace proměnných na konci běhu cyklu
 5. 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, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: 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 přerušování 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);
}
```

lec04/continue.c

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 20 / 61

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
lec04/demo-continue.txt
```

Příkaz `goto`

- Příkaz nepodmíněného lokálního skoku `goto`
- Syntax `goto navesti`;
- Příkaz `goto` lze použít pouze v těle funkce
- Příkaz `goto` předá řízení na místo určené návěstím `navesti`
- Skok `goto` nesmí směřovat dovnitř bloku, který je vnořený do bloku, kde je příslušné `goto` umístěno

```
1 int test = 3;
2 for (int i = 0; i < 3; ++i) {
3     for (int j = 0; j < 5; ++j) {
4         if (j == test) {
5             goto loop_out;
6         }
7         fprintf(stdout, "Loop i: %d j: %d\n", i, j);
8     }
9 }
10 return 0;
11 loop_out:
12 fprintf(stdout, "After loop\n");
13 return -1;
lec04/goto.c
```

Konečnost cyklů 2/3

- Základní pravidlo pro konečnost cyklu
 - Provedením 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.

Příkaz `break`

- Příkaz nuceného ukončení cyklu `break`;
- Příkaz `break` lze použít pouze v těle cyklů
 - `for()`
 - `while()`
 - `do...while()`
- a v těle programového přepínače `switch()`
- Příkaz `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);
}
lec04/break.c
```

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;
 }
 }
}
i-j: 0-0
i-j: 0-1
i-j: 1-0
i-j: 1-1
i-j: 2-0
i-j: 2-1
```

- Vnější cyklus můžeme ukončit příkazem `goto`
- ```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {
    for (int j = 0; j < 3; ++i) {
        printf("i-j: %i-%i\n", i, j);
        if (j == 2) {
            goto outer;
        }
    }
}
outer:
i-j: 0-0
i-j: 0-1
i-j: 0-2
```

Konečnost cyklů 3/3

```
while (i != n) {
    ... //příkazy nemenici hodnotu promenne i
    i++;
}
lec04/demo-loop_byte.c
```

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

Jak by vypadala podmínka pro proměnné typu `double`?

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

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
lec04/demo-break.c
```

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
```

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;
}
lec04/demo-prime.c
```

- `break` – po nalezení 1. dělitele nemusíme dále testovat
 - Hodnota výrazu `(int)sqrt((double)n)` se v cyklu nemění
- ```
_Bool ret = true; // zbytecne 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`*

## Kódovací konvence

- Příkazy **break** a **continue** v podstatě odpovídají příkazům skoku
- Obecně můžeme říci, že příkazy **break** a **continue** nepridávají příliš na přehlednosti  
*Nemyslíme tím break v příkazu switch*
- Přerušeni 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, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 31 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

## 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  
*Nebo 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).*
    - Pořadí vyhodnocení je definováno pro operandy v logickém součinu AND a součtu OR  
*Chování i = ++i + 1++; není definováno, závisí na překladáči.*
- [http://en.cppreference.com/w/c/language/eval\\_order](http://en.cppreference.com/w/c/language/eval_order)

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 35 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

## 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 |
|----------------------|------------------------------------------|-----------|
| <b>i = 1; a = 9;</b> | <b>1</b>                                 | <b>9</b>  |
| <b>a = i++;</b>      | <b>2</b>                                 | <b>1</b>  |
| <b>a = ++i;</b>      | <b>3</b>                                 | <b>3</b>  |
| <b>a = ++(i++);</b>  | <b>nelze, hodnota i++ není l-hodnota</b> |           |

*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, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 38 / 61

## Část II

## Výrazy

## 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 **přířazení** - na levé straně operátoru **=** je proměnná (l-hodnota reprezentující místo v paměti)
  - Unární operátory
    - indikující kladnou/zápornou hodnotu: **+** a **-**  
*operátor – modifikuje znaménko výrazu za ním*
    - modifikující proměnnou: **++** a **--**
    - logický operátor doplněk: **!**
    - bitová negace: **~** (negace bit po bitu)
  - Ternární operátor – podmíněný příkaz  
*Jediný ternární operátor v C je podmíněný příkaz ? :*
- [http://www.tutorialspoint.com/cprogramming/c\\_operators.htm](http://www.tutorialspoint.com/cprogramming/c_operators.htm)

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 36 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

## Relační operátory

- Operandů relačních operátorů mohou být aritmetického typu, ukazatele shodného typu nebo jeden z nich **NULL** nebo typ **void**
- |    |                  |                  |                                     |
|----|------------------|------------------|-------------------------------------|
| <  | Menší než        | <b>x &lt; y</b>  | 1 pro x je menší než y, jinak 0     |
| <= | Menší nebo rovno | <b>x &lt;= y</b> | 1 pro x menší nebo rovno y, jinak 0 |
| >  | Větší než        | <b>x &gt; y</b>  | 1 pro x je větší než y, jinak 0     |
| >= | Větší nebo rovno | <b>x &gt;= y</b> | 1 pro x větší nebo rovno y, jinak 0 |
| == | Rovná se         | <b>x == y</b>    | 1 pro x rovno y, jinak 0            |
| != | Nerovná se       | <b>x != y</b>    | 1 pro x nerovno y, jinak 0          |

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 39 / 61

## 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

10 + x + y

poradí vyhodnocení 10 + (x \* y)

poradí vyhodnocení (10 + x) + y

*\* má vyšší prioritu než +  
+ je asociativní zleva*

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 34 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

## Aritmetické operátory

- Operandů aritmetických operátorů mohou být libovolného aritmetického typu  
*Výjimkou je operátor zbytek po dělení % definovaný pro int*
- |    |               |                |                                           |
|----|---------------|----------------|-------------------------------------------|
| *  | Násobení      | <b>x * y</b>   | Součin x a y                              |
| /  | Dělení        | <b>x / y</b>   | Podíl x a y                               |
| %  | Dělení modulo | <b>x % y</b>   | Zbytek po dělení x a y                    |
| +  | Sčítání       | <b>x + y</b>   | Součet x a y                              |
| -  | Odčítání      | <b>x - y</b>   | Rozdíl a y                                |
| +  | Kladné znam.  | <b>+x</b>      | Hodnota x                                 |
| -  | Záporné znam. | <b>-x</b>      | Hodnota -x                                |
| ++ | Inkrementace  | <b>++x/x++</b> | Inkrementace před/po vyhodnocení výrazu x |
| -- | Dekrementace  | <b>--x/x--</b> | Dekrementace před/po vyhodnocení výrazu x |

Jan Faigl, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 37 / 61

Výrazy a operátory Přířazení Nedefinované chování

## Logické operátory

- Operandů 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 | <b>x &amp;&amp; y</b> | 1 pokud x ani y není rovno 0, jinak 0              |
|    | Logické OR  | <b>x    y</b>         | 1 pokud alespoň jeden z x, y není rovno 0, jinak 0 |
| !  | Logické NOT | <b>!x</b>             | 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, 2018 B0B36PRP – Přednáška 04: Řídicí struktury, výrazy a funkce 40 / 61

## 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                                                            |

## 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
```

lec04/bits.c

## 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!

## Operátory přístupu do paměti

*Zde pro úplnost, více v následujících přednáškách*

- V C lze přímo přistupovat k adrese paměti proměnné, kde je hodnota proměnné uložena
- 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.*

## 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); }`

lec04/sizeof.c

## 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 překladu
- Pokud nový typ může reprezentovat původní hodnotu, přetypování ji vždy zachová
- Operandy typů char, unsigned char, short, unsigned short, případně bitová 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.

## 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 nejdříve 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

## 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 |
|          | ->       |              | přístup na položky přes ukazatel    |
| 2        | ! ~      | P→L          | logická a bitová negace             |
|          | - +      |              | unární plus (minus)                 |
|          | ()       |              | přetypování                         |
|          | *        |              | nepřímé adresování (dereference)    |
|          | &        |              | adresa (reference)                  |
|          | &&       |              | logický AND                         |
|          | sizeof   |              | velikost                            |

## Přehled operátorů a jejich priorit 2/3

| Priorita | Operátor     | Asociativita | Operace                    |
|----------|--------------|--------------|----------------------------|
| 3        | *, /, %      | L→R          | násobení, dělení, zbytek   |
| 4        | + -          |              | sčítání, 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                 |



## Přehled operátorů a jejich priorit 3/3

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

[http://en.cppreference.com/w/c/language/operator\\_precedence](http://en.cppreference.com/w/c/language/operator_precedence)

Jan Faigl, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: Řídící struktury, výrazy a funkce

50 / 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, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: Řídící struktury, výrazy a funkce

54 / 61

## Část III

## Zadání 3. domácího úkolu (HW03)

Jan Faigl, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: Řídící struktury, výrazy a funkce

58 / 61

## Přřazení

- Nastavení hodnoty proměnné  
*Uložení definované hodnoty na místo v paměti*
- Tvar přřazovacího operátoru  
 $\langle \text{proměnná} \rangle = \langle \text{výraz} \rangle$   
*Výraz je literál, proměnná, volání funkce, ...*
- C je staticky typovaný jazyk  
  - Proměnné lze přiřadit 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 C typově bezpečné  
*Za běhu programu může dojít například k zápisu mimo vyhrazenou paměť a tím může dojít k nedefinovanému chování.*

Jan Faigl, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: Řídící struktury, výrazy a funkce

52 / 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 také stát v případě, že nejsou proměnné inicializovány
- Vyhýbejte se příkazům (výrazům), které mohou vést na nedefinované chování!**

Jan Faigl, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: Řídící struktury, výrazy a funkce

56 / 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](https://en.wikipedia.org/wiki/ASCII_art)
  - Ošetření vstupních hodnot
  - Volitelné zadání rozšiřuje obrázek domečku o plot
- Termín odevzdání:** 03.11.2018, 23:59:59 PDT

Jan Faigl, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: Řídící struktury, výrazy a funkce

59 / 61

## Zkrácený zápis přřazení

- Zápis  
 $\langle \text{proměnná} \rangle = \langle \text{proměnná} \rangle \langle \text{operátor} \rangle \langle \text{výraz} \rangle$
- Lze zapsat zkráceně  
 $\langle \text{proměnná} \rangle \langle \text{operátor} \rangle = \langle \text{výraz} \rangle$

## Příklad

```
int i = 10; int i = 10;
double j = 12.6; double j = 12.6;

i = i + 1; i += 1;
j = j / 0.2; j /= 0.2;
```

- Přřazení je výraz

```
int x, y;
x = 6;
y = x = x + 6;
```

„syntactic sugar“

Jan Faigl, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: Řídící struktury, výrazy a funkce

53 / 61

Výrazy a operátory

Přřazení

Nedefinované chování

## Příklad nedefinovaného chování

- Standard C nepředepisuje chování při přetečení celého čísla (**signed**)
  - V případě doplnkového kódu může být např. hodnota výrazu `127 + 1` typu `char` rovna `-128` (viz `lec04/demo-loop_byte.c`)
  - Reprezentace celých čísel však může být realizována jinak dle architektury např. přímým kódem nebo inverzním kódem
- Zajištění predepsaného chování tak může být výpočetně komplikované, proto standard nedefinuje chování při přetečení
- Chování programu není definované a závisí na kompilátoru**, např. přkladače `clang` a `gcc` bez/s optimalizacemi `-O2`
  - `for (int i = 2147483640; i >= 0; ++i) { printf("%i %x\n", i, i); }`  
`lec04/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); }`  
`lec04/int_overflow-2.c`  
Program zkompileovaný `gcc` s `-O2` po spuštění padá  
*Analizujte kód asm generovaný přepínačem -S*

Jan Faigl, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: Řídící struktury, výrazy a funkce

57 / 61

Diskutovaná témata

## Shrnutí přednášky

Jan Faigl, 2018

B0B36PRP – Přednáška 04: 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**