

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

```
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 }
```

- Píšte zdrojové kódy pokud možno anglicky (identifikátory)
- Pro proměnné volte podstatná jména
- Pro funkce volte slovesa

Podmíněné větvení – if

- `if (výraz) prikaz1; else prikaz2`
- Je-li hodnota výrazu `výraz != 0`, provede se příkaz `prikaz1` jinak `prikaz2`
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;
  }
}
```

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

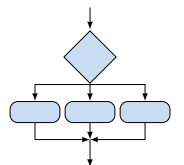
- Existuje mnoho různých kódovacích konvencí
- Inspirujte se existujícími doporučeními
- Inspirujte se čtením cizích kódů (reprezentativních)

<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. Není-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 vnořené

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

```
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).

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);
}
```

Programový přepínač switch – Příklad

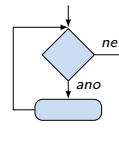
```
switch (v) {
  case 'A':
    printf("Upper 'A'\n");
    break;
  case 'a':
    printf("Lower 'a'\n");
    break;
  default:
    printf("It is not 'A' nor 'a'\n");
}

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
```

Cykly

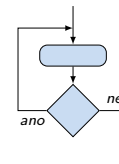
- Cyklus **for** a **while** testuje podmínku opakování před vstupem do těla cyklu

- **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.

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

Větvení 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 }
```

■ part ← 1
Branch 1

■ part ← 2
Branch 2
Branch 3

■ part ← 3
Branch 3

■ part ← 4
Branch 4

■ part ← 5
Default branch

lec04/demo-switch_break.c

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 $y \leftarrow 3$

while: 1, do-while: 1

- $x \leftarrow 2$ a $y \leftarrow 3$

while: 2, do-while: -1

lec04/demo-while.c

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

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
lec04/demo-goto.c
```

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`?

`lec04/demo-loop.c`

- 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, 2017 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). Chování i = ++i + 1++; není definováno, závisí na překladáči.
 - Pořadí vyhodnocení je definováno pro operandy v logickém součinu **AND** a součtu **OR**
http://en.cppreference.com/w/c/language/eval_order

Jan Faigl, 2017 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
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, 2017 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

Jan Faigl, 2017 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 | 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, 2017 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	poradí vyhodnocení 10 + (x * y)
10 + x + y	poradí vyhodnocení (10 + x) + y

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

Jan Faigl, 2017 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 | 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 |
| - | Odčítání | 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, 2017 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 | 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, 2017 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 $x \neq 0$ 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)
	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	= +=, -= *, /=, %= <<=, >>= &=, ^=, =	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

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

Část III

Zadání 3. domácího úkolu (HW03)

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.

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!**

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:** **04.11.2017, 23:59:59 PDT**

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“

Příklad nedefinovaného chování

- Standard C nepředpisuje 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

Analyzujte kód asm generovaný přepínačem -S

Shrnutí přednášky

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**