

Řídicí struktury, výrazy a funkce

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 04

B0B36PRP – Procedurální programování

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

 - Přřazení

 - Nedefinované chování

S. G. Kochan: kapitola 4, 12

P. Herout: kapitola 3, 15

- Část 3 – Zadání 3. domácího úkolu (HW03)

Část I

Řídící 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 (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

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 nebát 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     }
9 }
```

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

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

Kódovací konvence

- Existuje mnoho různých kódovacích konvencí
- Inspirujte se existujícími doporučeními
- Inspirujte se čtením cizích kódu (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>

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 (vyraz) prikaz1; else prikaz2`
- Je-li hodnota výrazu `vyraz != 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;
    }
}
```

```
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?

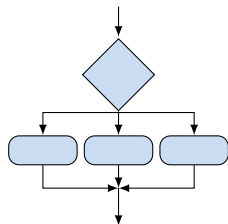
Příkaz větvení **switch**

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

```
switch (výraz) {  
    case konstanta1: příkazy1; break;  
    case konstanta2: příkazy2; break;  
    ...  
    case konstantan: příkazyn; break;  
    default: příkazydef; break;  
}
```

kde *konstanty* jsou téhož typu jako *výraz* a *příkazy_i* 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 konstantai: ...`
- Hodnota `vyraz` musí být celočíselná a hodnoty `konstantai` 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`

Sekce `default` se zpravidla uvádí jako poslední

- Příkazy `switch` mohou být vnořené

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");  
}
```

lec04/switch.c

Větvení **switch** – pokračování ve vykonávání dalších větví

- Příkaz **break** dynamicky ukončuje větev, pokud jej neuvědeme, 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](#)

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;

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");
}
```

```
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

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

Cykly

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

- **for** – inicializace, podmínka a změna řídicí proměnné jsou součástí syntaxe

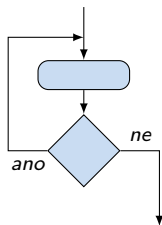
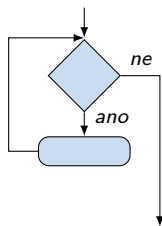
```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {
    ...
}
```

- **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 `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

`lec04/demo-while.c`

Cyklus `for`

- Základní příkaz cyklu `for` má tvar `for (inicializace; podmínka; změna) příkaz`
- Odpovídá cyklu `while` ve tvaru:
`inicializace;`
`while (podmínka) {`
 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);  
}
```


Cyklus `for(; ;)`

- Příkaz `for` cyklu má tvar `for ([vyraz1]; [vyraz2]; [vyraz3]) prikaz;`
- 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 `prikaz`, 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 přerušuje vykonávání těla (blokového příkazu) pokračuje vyhodnocením `vyraz3`.
- Při vynechání řídicího výrazu `vyraz2` se cyklus bude provádět nepodmíněně

```
for ( ;; ) { ... }
```

Nekonečný cyklus

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!

```
for (int i = 0; i < 10; ++i) {  
    printf("i: %i ", i);  
    if (i % 3 != 0) {  
        continue;  
    }  
    printf("\n");  
}
```

```
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 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`

Předčasné ukončení vykonávání cyklu – příkaz **break**

- Příkaz **break** předepisuje ukončení cyklu

Program pokračuje následujícím příkazem po cyklu

```
for (int i = 0; i < 10; ++i) {  
    printf("i: %i ", i);  
    if (i % 3 != 0) {  
        continue;  
    }  
    printf("\n");  
    if (i > 5) {  
        break;  
    }  
}
```

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

lec04/demo-break.c

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

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; ++j) {
        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 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

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.

Konečnost cyklů 3/3

```
while (i != n) {  
    ... //příkazy nemenící 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

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** nepřidávají příliš na přehlednosti
- Přerušování cyklu **break** nebo **continue** můžeme využít v těle dlouhých funkcí a vnořených cyklech

Nemyslíme tím break v příkazu switch

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](#)

Část II

Výrazy

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

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 předefinovat použitím kulatých závorek (`a`)
- Operátory: aritmetické, relační, logické, bitové
 - Aritmetického 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

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 `-`

operátor – modifikuje znaménko výrazu za ním

- modifikující proměnou: `++` 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

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
-	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

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 **liší výsledná hodnota výrazu!**

<code>int i; int a;</code>	hodnota <code>i</code>	hodnota <code>a</code>
<code>i = 1; a = 9;</code>	1	9
<code>a = i++;</code>	2	1
<code>a = ++i;</code>	3	3
<code>a = ++(i++);</code>	nelze, hodnota <code>i++</code> 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.

Relační operátory

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

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

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

<code>&&</code>	Logické AND	<code>x && y</code>	1 pokud x ani y není rovno 0, jinak 0
<code> </code>	Logické OR	<code>x y</code>	1 pokud alespoň jeden z x, y není rovno 0, jinak 0
<code>!</code>	Logické NOT	<code>!x</code>	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

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 $i \ll (2 + 1)$
Nebud'te 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
<code>&</code>	Adresa proměnné	<code>&x</code>	Ukazatel (pointer) na <code>x</code>
<code>*</code>	Nepřímá adresa	<code>*p</code>	Proměnná (nebo funkce) adresovaná pointerem <code>p</code>
<code>[]</code>	Prvek pole	<code>x[i]</code>	<code>*(x+i)</code> – prvek pole <code>x</code> s indexem <code>i</code>
<code>.</code>	Prvek struct/union	<code>s.x</code>	Prvek <code>x</code> struktury <code>s</code>
<code>-></code>	Prvek struct/union	<code>p->x</code>	Prvek struktury adresovaný ukazatelem <code>p</code>

Operandem operátoru `&` nesmí být bitové pole a proměnná typu register.

Operátor nepřímé adresy `` umožňuje přístup na proměnné přes ukazatel.*

Ostatní operátory

■	Operandem <code>sizeof()</code> může být jméno typu nebo výraz		
<code>()</code>	Volání funkce	<code>f(x)</code>	Volání funkce <code>f</code> s argumentem <code>x</code>
<code>(type)</code>	Přetypování (cast)	<code>(int)x</code>	Změna typu <code>x</code> na <code>int</code>
<code>sizeof</code>	Velikost prvku	<code>sizeof(x)</code>	Velikost <code>x</code> v bajtech
<code>? :</code>	Podmíněný příkaz	<code>x ? y : z</code>	Proveď <code>y</code> pokud <code>x != 0</code> jinak <code>z</code>
<code>,</code>	Postupné vy- hodnocení	<code>x, y</code>	Vyhodnotí <code>x</code> pak <code>y</code> , 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));
```

`lec04/sizeof.c`

- Příklad použití operátoru čárka

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

- Operandů jsou automaticky přetypovány na `int` nebo `unsigned int`.

Asociativita a prioritá operátorů

- Binární operace op na množině \mathbf{S} je **asociativní**, jestliže platí
$$(x \text{ op } y) \text{ op } z = x \text{ op } (y \text{ op } z), \text{ pro každé } x, y, z \in \mathbf{S}$$
- 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
- Přirazení je asociativní zprava
$$\text{Např. } y=y+8$$

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	<i>volání metody</i>
	[]		<i>indexace do pole</i>
	.		<i>přístup na položky struktury/unionu</i>
	->		<i>přístup na položky přes ukazatel</i>
2	! ~	P→L	logická a bitová negace
	- +		unární plus (minus)
	()		<i>přetypování</i>
	*		<i>nepřímé adresování (dereference)</i>
	&		<i>adresa (reference)</i>
	sizeof		<i>velikost</i>

Přehled operátorů a jejich priorit 2/3

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

Přehled operátorů a jejich priorit 3/3

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

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

Přiřazení

- Nastavení hodnoty proměnné

Uložení definované hodnoty na místo v paměti

- Tvar přiřazovacího operátoru

$\langle \text{proměnná} \rangle = \langle \text{výraz} \rangle$

- C je staticky typovaný jazyk

Výraz je literál, proměnná, volání funkce, ...

- Proměnné lze přiřadit hodnotu výrazu pouze identického typu

Jinak je nutné provést typovou konverzi

- Příklad implicitní konverze při přiřazení

```
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.

Zkrácený zápis přiřazení

- 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;  
double j = 12.6;
```

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

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

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

- Přiřazení je výraz

```
int x, y;
```

```
x = 6;
```

```
y = x = x + 6;
```

„syntactic sugar“

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

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!**

Příklad nedefinovaného chování

- Standard C nepředepisuje chování při přetečení celého čísla (**signed**)
 - V případě doplňkového 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 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);  
}
```

`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`

Část III

Zadání 3. domácího úkolu (HW03)

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:** **03.11.2018, 23:59:59 PDT**

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**