

Řídicí struktury, výrazy a funkce

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 03

B0B36PRP – Procedurální programování

Příkaz a složený příkaz (blok)

- Příkaz je výraz zakončený středníkem
Příkaz tvořený pouze středníkem je prázdný příkaz
- Blok je tvořen seznamem deklarací a seznamem příkazů
- Uvnitř bloku musí deklarace předcházet 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 *S. G. Kochan: kapitola 4, 12*
P. Herout: kapitola 3, 15
 - Přiřazení
- Část 3 – Zadání 3. domácího úkolu (HW03)

Kódovací konvence a štábní kultura

- Důležitá je štábní kultura, které 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 jasně nyní, za pár dní či měsíců může být jinak
 - **Cvičte se ve štábní kultuře 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
 - Píšte zdrojové kódy pokud možno anglicky (identifikátory)
 - Pro proměnné volte podstatná jména
 - Pro funkce volte slovesa
- ```
1 void function(void)
2 { /* function block start */
3 for (int i = 0; i < 10; ++i)
4 {
5 //inner for-loop block
6 if (i == 5) {
7 break;
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 {
  ...
}
```
- 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

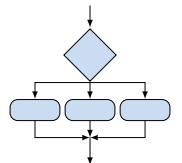
- Existuje mnoho různých kódovacích konvencí
- Inspirujte se existujícími doporučeními
- Inspirujte se čtením cizích kódů (reprezentativních)

<http://users.ece.cmu.edu/~eno/coding/CCodingStandard.html>
<https://www.doc.ic.ac.uk/lab/cplus/cstyle.html>
https://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 konstantan: příkazyn; break;
  default: příkazydef; 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 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 week");
    break;
}
lec03/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 week");
}
lec03/demo-switch_day_of_week.c
```

Oba způsoby jsou sice funkční, nicméně elegantnější 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");
    break;
}

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

lec03/switch.c

Cykly

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

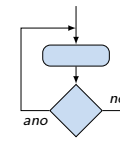
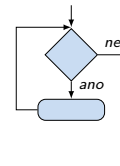
- **for** – inicializace, podmínka a změna řídicí proměnné jsou součástí syntaxe **for (int i = 0; i < 5; ++i) { ... }**

- **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

lec03/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

lec03/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);
}
```

lec03/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
lec03/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;
lec03/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);
}
lec03/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; ++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
lec03/demo-goto.c
```

Konečnost cyklů 3/3

```
while (i != n) {
  ... //příkazy nemenici hodnotu promenne i
  i++;
}
lec03/demo-loop_byte.c
```

- Vstupní podmínka konečnosti uvedeného cyklu

- $i \leq n$ pro celá čísla

Jak by vypadala podmínka pro proměnné typu double?

```
lec03/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
lec03/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 provede 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;
      break;
    }
  }
  return ret;
}
lec03/demo-prime.c
```

- break** – po nalezení 1. dělitele nemusíme dále testovat
- Hodnota výrazu $(int)sqrt((double)n)$ se v cyklu nemění a je zbytečně výraz opakovaně vyhodnocovat

```
_Bool ret = true;
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
Nemyslíme tím break v příkazu switch
- Přerušování 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, 2016 B0B36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 31 / 59

Výrazy a operátory

Přirazení

Výrazy a operátory

- Výraz se skládá z operátorů a operandů
 - Nejjednodušší výraz tvoří konstanta, proměnná nebo volání funkce
 - Výraz sám může být operandem
 - Výraz má **typ** a **hodnotu** (*Pouze výraz typu void hodnotu nemá.*)
 - Výraz zakončený středníkem **;** je příkaz
- Operátory jsou vyhrazené znaky pro zápis výrazů
- Postup výpočtu výrazu s více operátory je dán prioritou operátorů
Nebo posloupnost znaků
Postup výpočtu lze předepsat použitím kulatých závorek (a)
- Operátory: aritmetické, relační, logické, bitové
 - Arita operátoru (počet operandů) – unární, binární, ternární
 - Obecně (mimo konkrétní případy) není pořadí vyhodnocení operandů definováno (*nezaměňovat s asociativitou*).
Např. pro součet f1() + f2() není definováno, který operand se vyhodnotí jako první (jaká funkce se zavolá jako první).
Chování i = ++i + i++; není definováno, závisí na 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, 2016 B0B36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 35 / 59

Výrazy a operátory

Přirazení

Unární aritmetické operátory

- Unární operátory **++** a **--** mění hodnotu svého operandu
Operand musí být l-hodnota, tj. výraz, který má adresu, kde je uložena hodnota výrazu (např. proměnná)
- lze zapsat prefixově např. **++x** nebo **--x**
- nebo postfixově např. **x++** nebo **x--**
- v obou případech se však **liší 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, 2016 B0B36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 38 / 59

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 **přirazení** - 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, 2016 B0B36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 36 / 59

Výrazy a operátory

Přirazení

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, 2016 B0B36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 39 / 59

Výrazy

- **Výraz** předepisuje výpočet hodnoty určitého vstupu
- Struktura výrazu obsahuje *operandy, operátory a závorky*
- Výraz může obsahovat

- literály
- unární a binární operátory
- proměnné
- volání funkcí
- konstanty
- závorky

- Pořadí operací předepsaných výrazem je dáno **prioritou** a **asociativitou** operátorů.

Příklad

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

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

Jan Faigl, 2016 B0B36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 34 / 59

Výrazy a operátory

Přirazení

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, 2016 B0B36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 37 / 59

Výrazy a operátory

Přirazení

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, 2016 B0B36PRP – Přednáška 03: Řídicí struktury, výrazy a funkce 40 / 59

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 oba x a y jsou 0 nebo 1 (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
```

lec03/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);
}
```

lec03/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
- Přirazení 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	=		přirazení
	+ =, - =		přirazení součtu, rozdílu
	* =, / =, % =	P→L	přirazení součinu, podílu a zbytku
	<< =, >> =		přirazení bitového posunu vlevo, vpravo
	& =, ^ =, =		přirazení bitového AND, XOR, OR
15	,	L→P	operátor čárka

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

Jan Faigl, 2016

B0B36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

50 / 59

Výrazy a operátory

Přirazení

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
```

- Přirazení je výraz a jeho hodnotou je hodnota přirazená levé straně
- Z výrazu se stává příkaz, pokud je ukončen středníkem

Jan Faigl, 2016

B0B36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

54 / 59

Zadání 3. domácího úkolu HW03

Téma: Kreslení (ASCII art)

Povinné zadání: 3b; Volitelné zadání: 3b; 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:** 29.10.2016, 23:59:59 PDT

Jan Faigl, 2016

B0B36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

57 / 59

Přirazení

- Nastavení hodnoty proměnné

Uložení definované hodnoty na místo v paměti

- Tvar přířazovacího 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.

Jan Faigl, 2016

B0B36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

52 / 59

Výrazy a operátory

Přirazení

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 zkompilevat, 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, 2016

B0B36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

55 / 59

Diskutovaná témata

Diskutovaná témata

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Řídící struktury - přepínač, cykly, vnořené cykly, `break` a `continue`
- Konečnost cyklů
- Kódovací konvence
- Výrazy - unární, binární a ternární
- Přehled operátorů a jejich priorit
- Přirazení a zkrácený způsob zápisu
 - Příkazy a nedefinované chování
- **Příště: Pole, ukazatel, textový řetězec, vstup a výstup programu**

Jan Faigl, 2016

B0B36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

59 / 59

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

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

- Přirazení je výraz

```
int x, y;
```

```
x = 6;
```

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

„syntactic sugar“

Jan Faigl, 2016

B0B36PRP – Přednáška 03: Řídící struktury, výrazy a funkce

53 / 59

Výrazy a operátory

Přirazení

Část III

Zadání 3. domácího úkolu (HW03)