

Řídicí struktury, výrazy a funkce

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 04

B0B36PRP – Procedurální programování

Část I

Řídicí struktury

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)

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 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 štabní kultura

- Důležitá je štabní 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 jasné nyní, za pár dní či měsíců může být jinak
 - **Cvičte se ve štabní kultuře i za cenu zdánlivě pomalejšího zápisu kódu. Přehlednost je důležitá, zvláště pokud hledáte chybu**
Nezřídká 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.*

## 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`

## 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](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>

## 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;
 }
}

```

### Příklad zápisu

```

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

```

```

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

```

```

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

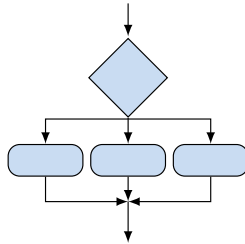
```

*Jaký je smysl těchto programů?*

## Příkaz větvení `switch`

- Příkaz `switch` (přepínač) umožňuje větvení programu do více větví na základě různých hodnot výrazu výčtového (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<sub>i</sub>* jsou posloupnosti příkazů

*Sémantika: vypočte se hodnota výrazu a provedou se ty příkazy, které jsou označeny konstantou s identickou hodnotou. Nemá-li vybrána žádná větev, provedou se příkazy<sub>def</sub> (pokud jsou uvedeny).*

## 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

## 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

## Větvení `switch` – pokračování ve vykonávání dalších větví

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

### Příklad volání více větví

```
1 int part = ?
2 switch(part) {
3 case 1:
4 printf("Branch 1\n");
5 break;
6 case 2:
7 printf("Branch 2\n");
8 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
week");
}

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;
}
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 `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*

## Cykly

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

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

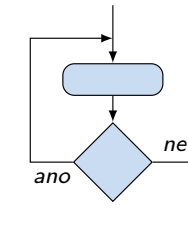
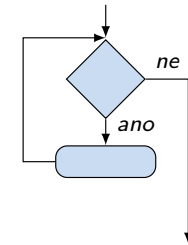
```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {
 ...
}
```

- `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`

- 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);
}
```

## Cyklus for( ; ; )

- Příkaz **for** cyklu má tvar `for ([vyraz1]; [vyraz2]; [vyraz3]) prikaz;`
- Cyklus **for** používá řídicí proměnnou a probíhá následovně:
  1. **vyraz<sub>1</sub>** – Inicializace (zpravidla řídicí proměnné)
  2. **vyraz<sub>2</sub>** – Test řídicího výrazu
  3. Pokud **vyraz<sub>2</sub> != 0** provede se **prikaz**, jinak cyklus končí
  4. **vyraz<sub>3</sub>** – Aktualizace proměnných na konci běhu cyklu
  5. Opakování cyklu testem řídicího výrazu
- Výrazy **vyraz<sub>1</sub>** a **vyraz<sub>3</sub>** 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 vyraz<sub>3</sub>.*
- Při vynechání řídicího výrazu **vyraz<sub>2</sub>** se cyklus bude provádět neopodmíněně

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

*Nekonečný cyklus*

## 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 continue

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

### ■ Příklad

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

`lec04/continue.c`

## 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

## 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

## 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 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

## 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.*

## 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;
}
```

*lec04/demo-prime.c*

- **break** – po nalezení 1. dělitele nemusíme dále testovat
- Hodnota výrazu `(int)sqrt((double)n)` se v cyklu nemění a je zbytečné 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*

## Konečnost cyklů 3/3

```
while (i != n) {
 ... //prikazy 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

## 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*
- Přerušení 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](#)



## Část II

## Výrazy

## 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
  - Aritmetický operátor (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](http://en.cppreference.com/w/c/language/eval_order)

## 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      poradi vyhodnoceni 10 + (x \* y)  
10 + x + y      poradi vyhodnoceni (10 + x) + y

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

## 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 (-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](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 |

## Relační operátory

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

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

## 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++);  | <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.*

## Logické operátory

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

*Zkrácené vyhodnocování – složité výrazy*

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

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

## 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                                                            |

## 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  $i \ll (2 + 1)$   
**Nebuďte zaskočení nečekanou interpretací – závorkujte!**

## 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`

## 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    | <code>&amp;x</code>  | Ukazatel (pointer) na x                       |
| *        | Nepřímá adresa     | <code>*p</code>      | Proměnná (nebo funkce) adresovaná pointerem p |
| []       | Prvek pole         | <code>x[i]</code>    | $*(x+i)$ – prvek pole x s indexem i           |
| .        | Prvek struct/union | <code>s.x</code>     | Prvek x struktury s                           |
| ->       | Prvek struct/union | <code>p-&gt;x</code> | 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
- |                     |                      |                        |                                                                                                |
|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <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 vyhodnocení | <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);
}
```

## 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  $x, y, z \in \mathbf{S}$
- 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
- Přiřazení 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**

## 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`.

## Přehled operátorů a jejich priorit 1/3

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

## Přehled operátorů a jejich priorit 2/3

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

## Přirazení

- Nastavení hodnoty proměnné

*Uložení definované hodnoty na místo v paměti*

- Tvar přiřazovacího operátoru

`<proměnná> = <výraz>`

- 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.*

## Přehled operátorů a jejich priorit 3/3

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

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

## Zkrácený zápis přiřazení

- Zápis

`<proměnná> = <proměnná> <operátor> <výraz>`

- lze zapsat zkráceně

`<proměnná> <operátor> = <výraz>`

## 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;
```

- 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
```

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

## 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 zkompilovaný `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 zkompilovaný `gcc` s `-O2` po spuštění padá

*Analyzujte kód asm generovaný přepínačem -S*

## 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 zkompilovat, 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!**

## 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](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**

## Shrnutí přednášky

### Diskutovaná témata

## 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
- Přiřazení a zkrácený způsob zápisu
  - Příkazy a nedefinované chování
- **Příště: Pole, ukazatel, textový řetězec, vstup a výstup programu**