

Řídicí struktury, výrazy a funkce

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 03

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

Přiřazení

S. G. Kochan: kapitola 4, 12

P. Herout: kapitola 3, 15

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



Část I

Řídící struktury



Obsah

Příkaz a složený příkaz

Příkazy řízení běhu programu

Konečnost cyklu



Příkaz a složený příkaz (blok)

- Příkaz je výraz zakončený středníkem

Příkaz tvořený pouze středníkem je prázdný příkaz

- Blok je tvořen seznamem deklarácí 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 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 startu.
 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 tabulátor.



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>



Obsah

Příkaz a složený příkaz

Příkazy řízení běhu programu

Konečnost cyklu



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?



Podmíněné větvení – if

- `if (vyraz) prikaz1; else prikaz2`
- Je-li hodnota výrazu `vyraz != 0` provede se příkaz `prikaz1` jinak `prikaz2`
- Část `else` je nepovinná
- Podmíněné příkazy mohou být vnořené a můžeme je řetězit

Příkaz může být blok příkazů

```
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?



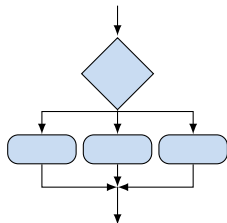
Příkaz větvení **switch**

- 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} (jsou-li uvedeny).



Programový přepínač – `switch`

- Přepínač `switch(vyraz)` větví program do n směrů
- Hodnota `vyraz` je porovnávána s n konstantními výrazy typu `int`
příkazy `case konst_x: ...`
- Hodnota `vyraz` musí být celočíselná a hodnoty `konst_x` 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");  
}
```

lec03/switch.c



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

lec03/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;
}

lec03/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).



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;
}
lec03/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).



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;
}
```

lec03/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 součást syntaxe

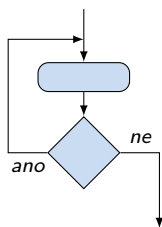
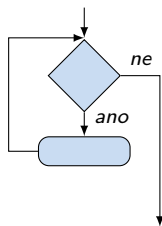
```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {
    ...
}
```

- **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 ← 10` a `y ← 3`
 - `x ← 2` a `y ← 3`

while: 1, do-while: 1

while: 2, do-while: -1

lec03/demo-while.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 ← 10` a `y ← 3`
 - `x ← 2` a `y ← 3`

while: 1, do-while: 1

while: 2, do-while: -1

[lec03/demo-while.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 $y \leftarrow 3$
 - $x \leftarrow 2$ a $y \leftarrow 3$

while: 1, do-while: 1

while: 2, do-while: -1

[lec03/demo-while.c](#)



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. **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);
}
```

[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!

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

`lec03/demo-continue.txt`



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
```

`lec03/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);
}
```

[lec03/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;  
    }  
}
```

lec03/demo-break.java



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
```

lec03/demo-break.java



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



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;
        }
    }
}
```

■ Vnější cyklus můžeme ukončit příkazem `break` se jménem

```
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:
```

lec03/demo-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 `break` se jménem

```
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:
```

lec03/demo-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 `break` se jménem

```
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:
```

lec03/demo-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 `break` se jménem

```
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



Obsah

Příkaz a složený příkaz

Příkazy řízení běhu programu

Konečnost cyklu



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.



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 proměnné 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



Konečnost cyklů 3/3

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



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 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`



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 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`



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](#)



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](#)



Část II

Výrazy



Obsah

Výrazy a operátory

Přřazení



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
 - 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 definované, závisí na překladači.*
 - Pořadí vyhodnocení je definováno pro operandy v logické 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

- 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 – podmíněné přiřazení hodnoty

Jediný ternární operátor 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`. 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 <code>x</code> je menší než <code>y</code> , jinak 0 |
| <code><=</code> | Menší nebo rovno | <code>x <= y</code> | 1 pro <code>x</code> menší nebo rovno <code>y</code> , jinak 0 |
| <code>></code> | Větší než | <code>x > y</code> | 1 pro <code>x</code> je větší než <code>y</code> , jinak 0 |
| <code>>=</code> | Větší nebo rovno | <code>x >= y</code> | 1 pro <code>x</code> větší nebo rovno <code>y</code> , jinak 0 |
| <code>==</code> | Rovná se | <code>x == y</code> | 1 pro <code>x</code> rovno <code>y</code> , jinak 0 |
| <code>!=</code> | Nerovná se | <code>x != y</code> | 1 pro <code>x</code> nerovno <code>y</code> , 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, lze-li výsledek určit již z hodnoty prvního operandu



Bitové operátory

- Bitové operátory vyhodnocují operandy bit po bitu
- 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 (logical shift) nebo 1 (arithmetic shift right), dle implementace překladače.

| | | | |
|----|--------------|--------------|---|
| & | 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
```

[lec02/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 |
|--------------------|--------------------|----------------------|--|
| <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 `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 vy- hodnocení | <code>x, y</code> | Vyhodnotí <code>x</code> pak <code>y</code> |

- Příklad použití operátoru čárka



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 priorit operátorů

- Binární operace op na množině S je **asociativní**, jestliže platí
$$(x \text{ op } y) \text{ op } z = x \text{ op } (y \text{ op } z), \text{ pro každé } x, y, z \in S$$
- 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
- 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 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> | L→R | násobení, dělení, zbytek |
| 4 | <code>+ -</code> | | sčítání, odečítání |
| 5 | <code>>> <<</code> | | bitový posun vlevo/vpravo |
| 6 | <code><, >, <=, >=</code> | | porovnání |
| 7 | <code>==, !=</code> | | rovno, nerovno |
| 8 | <code>&</code> | | bitový AND |
| 9 | <code>^</code> | | bitový XOR |
| 10 | <code>^</code> | | bitový OR |
| 11 | <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 | = | | přirazení |
| | + = - = | | přirazení součtu / rozdílu |
| | * = / = % = | P→L | přirazení součinu/podílu/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



Obsah

Výrazy a operátory

Přirazení



Přiřazení

- Nastavení hodnoty proměnné

Uložení definované hodnoty na místo v paměti

- Tvar přiřazovacího operátoru

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

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

- C je staticky typovaný jazyk

- Proměnné lze přiřadit hodnotu výrazu pouze identického typu

Jinak je nutné provést typovou konverzi

- Příklad nedovoleného příkazů přiřazení

```
int i = 1.4;
```

- 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 přřazení

- Zápis

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

- lze zapsat zkráceně

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

Přřklad

```
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;
```

- Přřazení je výraz

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

„syntactic sugar”



Zkrácený zápis přřazení

- Zápis

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

- lze zapsat zkráceně

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

Přřklad

```
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;
```

- Přřazení 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 |

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



Část III

Zadání 3. domácího úkolu (HW03)



Zadání 3. domácího úkolu HW03

-
- Termín odevzdání: 29.10.2016, 23:59:59 PST

PST – Pacific Standard Time



Shrnutí přednášky



Diskutovaná témata

- Řídicí struktury - přepínač, cykly, vnořené cykly, `break` a `continue`
- Končnost cyklů
- Kódovací konvence
- Výrazy - unární, binární a ternární
- Přehled operátorů a jejich priorit
- Přiřazení a zkrácený způsob zápisu

- Příklad: Pole, ukazatel, textový řetězec, vstup a výstup programu



Diskutovaná témata

- Řídicí struktury - přepínač, cykly, vnořené cykly, `break` a `continue`
- Končnost cyklů
- Kódovací konvence
- Výrazy - unární, binární a ternární
- Přehled operátorů a jejich priorit
- Přiřazení a zkrácený způsob zápisu

- **Příště: Pole, ukazatel, textový řetězec, vstup a výstup programu**

