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

Řidící 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 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 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 identifkátorů podporuje čitelnost

  Co může být jasné 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

```
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 (identifkátory)
- Pro proměnné volte podstatná jména
- Pro funkce volte slovesa

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

Kódovací konvence

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

http://users.ece.cmu.edu/~eno/coding/CCodingStandard.html

https://www.doc.ic.ac.uk/lab/cplus/cstyle.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Indent_style

https://google.github.io/styleguide/cppguide.html

https://www.kernel.org/doc/Documentation/CodingStyle

---

https://google.github.io/styleguide/cppguide.html

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`

Příkaz může být blok příkazů

- Část `else` je nepovinná
- Podmíněné příkazy mohou být vnořené a můžeme je řetězit

```
int max;
if (a > b) {
   if (a > c) {
      max = a;
   }
}
```

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

Příklad zápisu

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

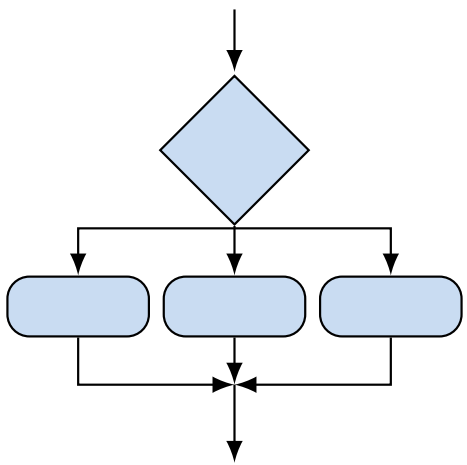
```
1  if (x < y) {
2     min = x;
3     max = y;
4  } else {
5     min = y;
6     max = x;
7  }
```

Jaký je smysl těchto programů?

Příkaz větvení **switch**

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

```
switch (výraz) {
    case konstanta_1: příkazy_1; break;
    case konstanta_2: příkazy_2; break;
    ...
    case konstanta_n: příkazy_n; break;
    default: příkazy_def; break;
}
```



kde *konstanty* jsou téhož typu jako *výraz* a *příkazy*$_i$ jsou posloupnosti příkazů

Sémantika: vypočte se hodnota výrazu a provedou se ty příkazy, které jsou označeny konstantou s identickou hodnotou. Není-li vybrána žádná větev, provedou se příkazy$_{def}$ (pokud jsou uvedeny).

Programový přepínač – `switch`

- Přepínač `switch(vyraz)` větví program do n směrů
- Hodnota `vyraz` je porovnávána s n konstantními výrazy typu `int` příkazy `case 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 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).

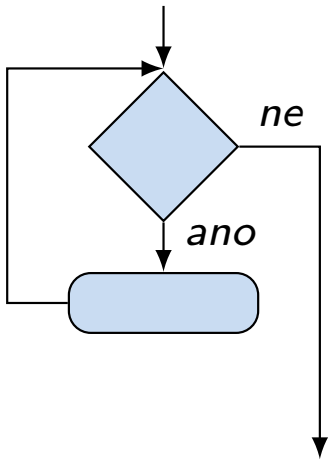
Cykly

- Cyklus **for** a **while** testuje podmínku opakování před vstupem do těla cyklu
  - **for** – inicializace, podmínka a změna řídicí proměnné jsou součástí syntaxe

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

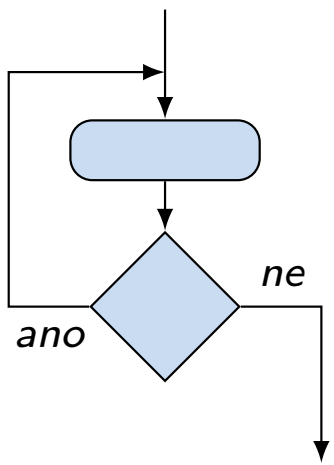
  - **while** – řídicí proměnná v režii programátora

```
int i = 0;
while (i < 5) {
    ...
    i += 1;
}
```



- Cyklus **do** testuje podmínku opakování cyklu po prvním provedení cyklu

```
int i = -1;
do {
    ...
    i += 1;
} while (i < 5);
```



Ekvivalentní provedení 5ti cyklů.

Cyklus **while** a **do–while**

- Základní příkaz cyklu **while** má tvar
  while (*podmínka*) `příkaz`
- Základní příkaz cyklu **do–while** má tvar
  do `příkaz` **while** (*podmínka*)

Příklad

```
q = x;
while (q >= y) {
   q = q - y;
}
```

```
q = x;
do {
   q = q - y;
} while (q >= y);
```

- Jaká je hodnota proměnné q po skončení cyklu pro hodnoty
  - $x \leftarrow 10$ a $y \leftarrow 3$

    while: 1, do-while: 1
  - $x \leftarrow 2$ a $y \leftarrow 3$

    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 $y \leftarrow 3$

    while: 1, do-while: 1
  - $x \leftarrow 2$ a $y \leftarrow 3$

    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 $y \leftarrow 3$

    while: 1, do-while: 1
  - $x \leftarrow 2$ a $y \leftarrow 3$

    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 přeruší 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 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);
}
```

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 směrovat 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; ++i) {
        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; ++i) {
        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; ++i) {
        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; ++i) {
      printf("i-j: %i-%i\n", i, j);
      if (j == 2) {
         goto outer;
      }
   }
}
outer:
```

```
i-j: 0-0
i-j: 0-1
i-j: 0-2
```

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 důvodu 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) {
    ... //prikazy 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

Konečnost cyklů 3/3

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

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

  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

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

Obsah

Výrazy a operátory

Přiřazení

Výrazy

- **Výraz** předepisuje výpočet hodnoty určitého vstupu
- Struktura výrazu obsahuje *operandy*, *operátory* a *závorky*
- Výraz může obsahovat
  - literály
  - proměnné
  - konstanty
  - unární a binární operátory
  - volání funkcí
  - 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

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 nemám.*)
  - Výraz zakončený středníkem `;` je příkaz
- Operátory jsou vyhrazené znaky pro zápis výrazů

  Nebo posloupnost znaků
- Postup výpočtu výrazu s více operátory je dán prioritou operátorů

  Postup výpočtu lze předepsat použitím kulatých závorek `(` *a* `)`
- Operátory: aritmetické, relační, logické, bitové
  - Arita operátoru (počet operandů) – unární, binární, ternární
  - Obecně (mimo konkrétní případy) není pořadí vyhodnocení operandů definováno (nezaměňovat s asociativitou).

    Např. pro součet `f1() + f2()` *není definováno, který operand se vyhodnotí jako první (jaká funkce se zavolá jako první).*
    Chování `i = ++i + i++;` není definováné, 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, odčítaní, násobení, dělení
  - Relační operátory – porovnání hodnot (menší, větší, . . .)
  - Logické operátory – logický součet a součin
  - Operátor přiřazení - na levé straně operátoru $=$ je proměnná (l-hodnota reprezentující místo v paměti)
- Unární operátory
  - indikující kladnou/zápornou hodnotu: $+$ a $-$

    operátor $-$ modifikuje znaménko výrazu za ním
  - modifikující proměnou: $++$ a $--$
  - logický operátor doplněk: **!**
  - bitová negace : $\sim$ (negace bit po bitu)
- Ternární operátor – podmíněné přiřazení hodnoty

  Jediný ternární operátor v C je podmíněný příkaz **? :**

http://www.tutorialspoint.com/cprogramming/c_operators.htm

Aritmetické operátory

- Operandy aritmetických operátorů mohou být libovolného aritmetického typu

*Výjimkou je operátor zbytek po dělení % definovaný pro **int***

*	Násobení	`x * y`	Součin x a y
/	Dělení	`x / y`	Podíl x a y
%	Dělení modulo	`x % y`	Zbytek po dělení x a y
+	Sčítání	`x + y`	Součet x a y
-	Odčítaní	`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!

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.

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

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
- 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 ^ y`	1 pokud oba x a y jsou 0 nebo 1 (bit po bitu)
`~`	Bitové NOT	`~x`	1 pokud x je rovno 0 (bit po bitu)
`<<`	Posun vlevo	`x << y`	Posun x o y bitů vlevo
`>>`	Posun vpravo	`x >> 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

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`

- Příklad použití operátoru čárka

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

Operátor přetypování

- Změna typu za běhu programu se nazývá přetypování
- Explicitní přetypování (cast) zapisuje programátor uvedením typu v kulatých závorkách, např.

```
int i;
float f = (float)i;
```

- Implicitní přetypování provádí překladač automaticky při překladu
- Pokud nový typ může reprezentovat původní hodnotu, přetypování ji vždy zachová
- 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 priorita operátorů

- Binární operace op na množině $\boldsymbol{S}$ je **asociativní**, jestliže platí
$$(x \,\mathrm{op}\, y)\,\mathrm{op}\, z = x\,\mathrm{op}(y\,\mathrm{op}\, z), \text{ pro každé } x, y, z \in \boldsymbol{S}$$
- 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

Přehled operátorů a jejich priorit 1/3

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

Přehled operátorů a jejich priorit 2/3

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

Přehled operátorů a jejich priorit 3/3

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

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

Obsah

Výrazy a operátory

Přiřazení

Přiřazení

- Nastavení hodnoty proměnné

  Uložení definované hodnoty na místo v paměti

- Tvar přiřazovacího operátoru

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

  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 přiřazení

- Zápis

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

- lze zapsat zkráceně

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

Příklad

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

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

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

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

- Přiřazení je výraz

```
int x, y;

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

„syntactic sugar"

Zkrácený zápis přiřazení

- Zápis

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

- lze zapsat zkráceně

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

Příklad

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

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

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

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

- Přiřazení je výraz

```
int x, y;

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

„syntactic sugar"

Výraz a příkaz

- Příkaz provádí akci a je zakončen středníkem

```
robot_heading = -10.23;
robot_heading = fabs(robot_heading);
printf("Robot heading: %f\n" + robot_heading);
```

- Výraz má určený **typ a hodnotu**

23	typ **int**, hodnota 23
14+16/2	typ **int**, hodnota 22
y=8	typ **int**, hodnota 8

- Přiřazení 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

- Příště: 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