

Funkce a procedury

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 5

A0B36PR1 – Programování 1

Část 1 – Funkce, lokální proměnné a přidělování paměti

Jména funkcí

Předání návratové hodnoty funkce

Rozsah platnosti proměnných

Paměť lokálních proměnných

Část 2 – Cykly a řízení jejich průchodu

Cykly

Řízení průchodu cyklu

Konečnost cyklu

Příklad ukončení cyklu

Vnořené cykly

Část 3 – Příklady

Výpočet největšího společného dělitele

Rozklad problému na podproblémy

Rekurze vs Iterace

Část I

Funkce, lokální proměnné a přidělování paměti

Přetížení jména funkce

- Funkce lišící se v počtu nebo typu parametrů se mohou jmenovat stejně
- Přetěžování jmen (overloadings of names)

```
int max(int x, int y) {  
    return x > y ? x : y;  
}  
  
int max(int x, int y, int z) {  
    return max(x, max(y, z));  
}  
  
double max(double x, double y) {  
    return x > y ? x : y;  
}  
  
void execute() {  
    System.out.println(max(3, 5));  
    System.out.println(max(4, 7, 5));  
    System.out.println(max(1.4, 4.3));  
}
```

lec05/DemoFunctionNameOverloading.java

Předání návratové hodnoty funkce – **return** 1/2

- Předání hodnoty volání funkce je předepsáno voláním **return**

```
int doSomethingUseful() {  
    int ret = -1;  
    ...  
    return ret;  
}
```

- Jak často umisťovat volání **return** ve funkci?

```
int doSomething() {  
    if (  
        !cond1  
        && cond2  
        && cond3  
    ) {  
        ... do some long code ...  
    }  
    return 0;  
}
```

```
int doSomething() {  
    if (cond1) {  
        return 0;  
    }  
    if (!cond2) {  
        return 0;  
    }  
    if (!cond3) {  
        return 0;  
    }  
    ... some long code ....  
    return 0;  
}
```

<http://llvm.org/docs/CodingStandards.html>

Předání návratové hodnoty funkce – **return** 2/2

- Volání **return** na začátku funkce může být přehlednější

Podle hodnoty podmínky je volání funkce ukončeno

- Kódovací konvence může také předepisovat použití nejvýše jednoho volání **return**

Má výhodu v jednoznačné identifikaci místa volání, můžeme pak například jednoduše přidat další zpracování výstupní hodnoty funkce.

- Dále není doporučováno bezprostředně používat **else** za voláním **return** (nebo jiným přerušení toku programu), např.

```
case 10:
    if (...) {
        ...
        return 1;
    } else {
        if (cond) {
            ...
            return -1;
        } else {
            break;
        }
    }
}
```

```
case 10:
    if (...) {
        ...
        return 1;
    } else {
        if (cond) {
            ...
            return -1;
        }
    }
    break;
```


Rozsah platnosti lokální proměnné

- Lokální proměnné mají rozsah platnosti pouze uvnitř bloku nebo funkce

```
int a = 10; //lokalni promenna

if (a == 10) {
    int a = 1; // v Jave nelze zastinit lokalni
              // promennou jinou lokalni
              // promennou riziko chyby
              //
    int b = 20; // lokalni promena s platnosti
              // uvnitr bloku
    a = b + 10; //
}

b = 10; // b neni platnou promennou
```

- „Globální“ proměnné, které mají rozsah platnosti „kdekoliv“ v programu můžeme v Javě realizovat jako třídní proměnné, případně jako atributy objektu.

K tomu však potřebujeme znát základy objektově orientovaného programování, viz přednáška 7, 8 a 9.

Přidělování paměti proměnným

- **Přidělením paměti proměnné** rozumíme určení pamětového místa pro uložení hodnoty proměnné (příslušného typu) v paměti počítače
- **Lokálním proměnným** a parametrům funkce
 - se paměť přiděluje při volání funkce.
 - Paměť zůstane přidělena jen do návratu z funkce.
Při návratu funkce se přidělené pamětové místo uvolní pro další použití
 - Paměť se alokuje z rezervovaného místa – **zásobník (stack)**
- **Dynamické přidělování paměti**
 - Alokace paměti řetězce nebo pole se provádí příkazem **new**
Alokace objektů
 - Paměť se alokuje z rezervovaného místa – **halda (heap)**

Alokace paměti

- Java program běží ve virtuálním stroji JVM (Java Virtual Machine)
- Při spuštění JVM specifikujeme kolik fyzické paměti dedikujeme virtuálnímu stroji *Podobně funguje fyzický limit na úrovni OS*
- Paměť je rozdělena na **zásobník** (stack) a **haldu** (heap)
- Při běhu programu paměť přiděluje správce paměti (součást JVM)
- Dynamicky přidělovanou paměť (voláním `new`) v Javě spravuje a automaticky uvolňuje *Garbage Collector*

Zásobník

- Úseky paměti přidělované lokálním proměnným a parametrům funkce tvoří tzv. **zásobník** (stack)
- Úseky se přidávají a odebírají
 - Vždy se odebere naposledy přidaný úsek

LIFO – last in, first out

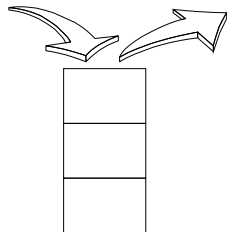
- Na zásobník se ukládá „volání funkce“

Na zásobník se také ukládá návratová hodnota funkce a také hodnota „program counter“ původně prováděné instrukce, před voláním funkce

- Ze zásobníku se alokují proměnné parametrů funkce

Argumenty (parametry) jsou de facto lokální proměnné

Opakovaným rekurzivním voláním funkce můžeme velice rychle zaplnit velikost přiděleného zásobníku



Příklad rekurzivního volání funkce

```
void printValue(int v) {  
    System.out.println("value: " + v);  
    printValue(v + 1);  
}  
  
demo.printValue(1);
```

[lec05/DemoStackOverflow.java](#)

- Vyzkoušejte si program pro různé hodnoty přidělené paměti pro zásobník

```
java DemoStackOverflow 2>err | tail -n 2  
value: 9918  
value: 9919
```

```
java -Xss10m DemoStackOverflow 2>err | tail -n 2  
value: 137803  
value: 137804
```

Část II

Cykly a řízení jejich průchodu

Cykly

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

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

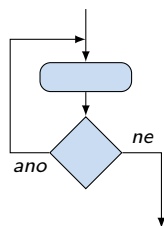
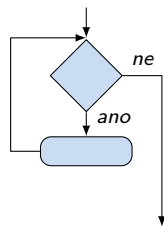
```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    ...
}
```

- **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.

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) {  
    System.out.print("i:" + i + " ");  
    if (i % 3 != 0) {  
        continue;  
    }  
    System.out.println(" ");  
}
```

```
javac DemoContinue.java  
java DemoContinue  
i:0  
i:1 i:2 i:3  
i:4 i:5 i:6  
i:7 i:8 i:9
```

`lec05/DemoContinue.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) {  
    System.out.print("i:" + i + " ");  
    if (i % 3 != 0) {  
        continue;  
    }  
    System.out.println(" ");  
    if (i > 5) {  
        break;  
    }  
}
```

```
javac DemoBreak.java  
java DemoBreak  
i:0  
i:1 i:2 i:3  
i:4 i:5 i:6
```

lec05/DemoBreak.java

Příklad – ukončení cyklu lineárního vyhledávání

```
String[] months = { "jan", "feb", "mar", "apr", "may", "jun", "jul", "aug", "sep", "oct", "nov", "dec"};
String monthStr = (args.length > 0) ? args[0] : "Jun";
int month = -1;
monthStr = monthStr.substring(0, 3);
for(int i = 0; i < months.length; ++i) {
    if (monthStr.equalsIgnoreCase(months[i])) {
        month = i + 1;
        break;
    }
}
if (month >= 0 && month < months.length) {
    System.out.println("Parsed month '" + monthStr + "' is " + month + " month of the year");
} else {
    System.err.println("Month has not been matched");
}
```

[lec04/DemoArrayMonth.java](#)

[lec05/DemoArrayMonth.java](#)

- Při nalezení odpovídajícího řetězce je zbytečné testovat další prvky pole.

Konečnost cyklů 1/3

- Konečnost algoritmu – pro přípustná data v konečné době skončí
2. přednáška
- 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 3/3

```
while (i != n) {  
    ... //prikazy nemenici hodnotu promenne i  
    i++;  
}
```

lec05/DemoLoopByte.java

- Vstupní podmínka konečnosti uvedeného cyklu

- $i \leq n$ pro celá čísla

Jak by vypadala podmínka pro proměnné typu double?

lec05/DemoLoop.java

- Splnění vstupní podmínky konečnosti cyklu musí zajistit příkazy předcházející příkazu cyklu
- Zabezpečený program testuje přípustnost vstupních dat

Příklad – test, je-li zadané číslo prvočíslem

```
public boolean isPrimeNumber(int n) {
    boolean ret = true;
    for (int i = 2; i <= (int)Math.sqrt(n); ++i) {
        if (n % i == 0) {
            ret = false;
            break;
        }
    }
    return ret;
}
lec05/DemoPrimeNumber.java
```

- Po nalezení prvního dělitele je zbytečné pokračovat ve zkoušení dalších hodnot
- Hodnota výrazu `(int)Math.sqrt(n)` se v cyklu nemění a je zbytečné výraz opakovaně vyhodnocovat

```
boolean ret = true;
final int MAX_BOUND = (int)Math.sqrt(n);
for (int i = 2; i <= MAX_BOUND ; ++i) {
    ...
}
```

V JVM bude výraz pravděpodobně vyhodnocen pouze jednou v důsledku optimalizace kódu za běhu Java HotSpot Virtual Machine

Vnořené cykly

■ `break` ukončuje vnitřní cyklus

```
for (int i = 0; i < 3; i++) {
    for (int j = 0; j < 3; j++) {
        System.out.println("i-j: " + 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

```
outer:
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    for (int j = 0; j < 3; j++) {
        System.out.println("i-j: " + i + "-" + j);
        if (j == 2) {
            break outer;
        }
    }
}
```

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

[lec05/DemoLabeledBreak.java](#)

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/nutsandbolts/branch.html>

Kódovací konvence

- Příkazy **break** a **continue** v podstatě odpovídají příkazům skoku.
- Obecně můžeme říci, že příkazy **break** a **continue** nepřidávají příliš na přehlednosti
- Přerušování cyklu **break** nebo **continue** můžeme využít v těle dlouhých funkcí a vnořených cyklech

Nemyslíme tím break v příkazu switch

Ale funkce bychom měli psát krátké a přehledné

- Je-li funkce (tělo cyklu) krátké je význam **break/continue** čitelný
- Podobně použití na začátku bloku cyklu např. jako součást testování splnění předpokladů, je zpravidla přehledné
- Použití uprostřed bloku je však už méně přehledné a může snížit čitelnost a porozumění kódu

<https://www.scribd.com/doc/38873257/>

[Knuth-1974-Structured-Programming-With-Go-to-Statements](#)

Část III

Příklady

Příklad – Výpočet největšího společného dělitele 1/3

- **Vstup** - celá čísla x a y
- **Výstup** - největší společný dělitel x a y , tj. celé číslo d takové, že $x \% d == 0$ a $y \% d == 0$ a zároveň d je maximální možné.
- Základní varianta

```
int getGreatestCommonDivisor(int x, int y) {  
    int d = x < y ? x : y;  
    while ( (x % d != 0) || (y % d != 0) ) {  
        d = d - 1;  
    }  
    return d;  
}
```

lec03/DemoGCD.java

Příklad – Výpočet největšího společného dělitele 2/3

- Místo výběru menšího z čísel x a y vnoříme do těla hlavního cyklu dva cykly zmenšující hodnoty aktuální hodnoty x a y

```
int getGreatestCommonDivisorLoops(int x, int y) {  
    while (x != y) {  
        while (x > y) {  
            x = x - y;  
        }  
        while (y > x) {  
            y = y - x;  
        }  
    }  
    return x;  
}
```

lec05/DemoGCD.java

- Vnitřní cykly počítají nenulový zbytek po dělení většího čísla menším

Příklad – Výpočet největšího společného dělitele 3/3

- Vnitřní cykly můžeme nahradit přímým výpočtem zbytku po dělení operátorem %

```
int getGreatestCommonDivisorEuclid(int x, int y) {  
    int remainder = x % y;  
    while (remainder != 0) {  
        x = y;  
        y = remainder;  
        remainder = x % y;  
    }  
    return y;  
}
```

lec05/DemoGCD.java

Euklidův algoritmus

- Určíme zbytek po dělení daných čísel
- Zbytkem dělíme dělitele a určíme nový zbytek, až dosáhneme nulového zbytku
- Poslední nenulový zbytek je největší společný dělitel

Rozklad problému na podproblémy

- Postupný návrh programu rozkladem problému na podproblémy
 - Zadaný problém rozložíme na podproblémy
 - Pro řešení podproblémů zavedeme **abstraktní příkazy**
 - S abstraktními příkazy sestavíme hrubé řešení
 - Abstraktní příkazy realizujeme jako procedury (funkce)

- Rozklad problému na podproblémy ilustrujeme na příkladu hry NIM

- Pravděpodobně první počítačová hra (1951)
- Hra dvou hráčů v odebírání herních kamenů (nebo např. zápalek)

*Čínská hra ve sbírání kamenů „Tsyanchidzi”
"L'Année Dernière a Marienbad"*



http://www.jot101.com/2013/09/nim-first-computer-game-1951_19.html

Hra NIM - Pravidla

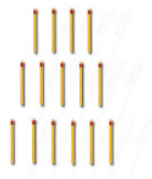
■ Pravidla

- Hráč zadá počet herních kamenů (např. od 15 do 35)
- Pak se střídá se strojem v odebírání; odebrat lze 1, 2 nebo 3 kameny
- Prohraje ten, kdo odebere poslední herní kámen



■ Dílčí problémy

- Zadání počtu kamenů
- Odebrání kamenů hráčem
- Odebrání kamenů strojem



Příklad průběhu hry

- Zadej počet kamenů (15 až 35): 18
- Stav hry
 - Počet kamenů ve hře
 - Kdo je na tahu – počítač (P) nebo hráč (H)
- Průběh:
 1. Počet kamenů 18; Kolik odeberete? **1** (H)
 2. Počet kamenů 17; Odebírám **1** (P)
 3. Počet kamenů 16; Kolik odeberete? **3** (H)
 4. Počet kamenů 13; Odebírám **1** (P)
 5. Počet kamenů 12; Kolik odeberete? **3** (H)
 6. Počet kamenů 9; Odebírám **1** (P)
 7. Počet kamenů 8; Kolik odeberete? **3** (H)
 8. Počet kamenů 5; Odebírám **1** (P)
 9. Počet kamenů 4; Kolik odeberete? **3** (H)
 10. Počet kamenů 1; Odebírám **1** (P)
- Hráč vyhrál, počítač odebral poslední kámen.



NIM pravidla pro odebírání

- Počet kamenů nevýhodných pro protihráče je $1, 5, 9, \dots$, obecně $4n + 1$, kde n je celé nezáporné číslo
- Stroj musí z počtu kamenů K odebrat x kamenů, aby platilo

$$K - x == 4n + 1$$

- $x == (K - 1) - 4n$, tj. hledáme zbytek po dělení 4
- $x \leftarrow (K - 1) \bmod 4$
- $x \leftarrow (K - 1) \% 4$
- Je-li $x == 0$, je okamžitý počet kamenů pro stroj nevýhodný a bude-li protihráč postupovat správně, stroj prohraje.

Hra NIM – Hrubý návrh řešení

```
int numberOfStones;
boolean machine = true;
numberOfStones = getNumberOfStones(limits);
do {
    if (machine) {
        machineTurn();
    } else {
        humanTurn();
    }
    machine = !machine; //change the player
} while (numberOfStones > 0);
return machine ? "Machine win!" : "Human win!";
```

- Podproblémy `getNumberOfStones`, `machineTurn` a `humanTurn` reprezentují abstraktní příkazy, které implementujeme jako funkce vracující počet kamenů k odebrání.

Hra NIM – Podrobnější návrh

```
1  final int MIN_INIT_STONES = 15;
2  final int MAX_INIT_STONES = 35;
3  boolean machine = true;
4  int numberOfStones = getNumberOfStones(limits);
5
6  if (
7      numberOfStones < MIN_INIT_STONES
8      || numberOfStones > MAX_INIT_STONES
9  ) {
10     return "Given number of stones is out of range";
11 }
12
13 do {
14     if (machine) {
15         numberOfStones -= machineTurn(numberOfStones);
16     } else {
17         numberOfStones -= humanTurn(numberOfStones);
18     }
19     machine = !machine; //change the player
20 } while (numberOfStones > 0);
21
22 return machine ? "Machine win!" : "Human win!";
```

Hra NIM – Implementace 1/4

```
Scanner scan;
```

```
int getNumberOfStones(int min, int max) {  
    int n = -1;  
    System.out.print("Enter number of stones in range [  
        " + min + ", " + max + " ]: ");  
    n = scan.nextInt();  
    return (n >= min && n <= max ? n : -1);  
}
```

lec05/DemoNIM.java

Hra NIM – Implementace 2/4

```
int humanTurn(int n) {  
    int r = 0;  
    while(r != 1 && r != 2 && r != 3) {  
        System.out.print("No. of stones is " + n + ".  
        How many stones you will take: " );  
        r = scan.nextInt();  
    }  
    return r;  
}
```

lec05/DemoNIM.java

Hra NIM – Implementace 3/4

```
int machineTurn(int n) {  
    int r = (n - 1) % 4;  
    if (r == 0) {  
        r = 1;  
    }  
    System.out.println("No. of stones is " + n + ". I  
        take " + r + ".");  
    return r;  
}
```

lec05/DemoNIM.java

Hra NIM – Implementace 4/5

```
1 public String play(boolean machineStart) {
2     final int MIN_INIT_STONES = 15;
3     final int MAX_INIT_STONES = 35;
4
5     boolean machine = machineStart;
6
7     int numberOfStones = getNumberOfStones(MIN_INIT_STONES,
8         MAX_INIT_STONES);
9     if (numberOfStones < MIN_INIT_STONES || numberOfStones
10        > MAX_INIT_STONES) {
11         return "Given number of stones is out of range";
12     }
13     do {
14         if (machine) {
15             numberOfStones -= machineTurn(numberOfStones);
16         } else {
17             numberOfStones -= humanTurn(numberOfStones);
18         }
19         machine = !machine;
20     } while(numberOfStones > 0);
21     return machine ? "Machine win!" : "Human win!";
22 }
```

lec05/DemoNIM.java

Hra NIM – Implementace 5/5

```
public static void main(String[] args) {  
    DemoNIM nim = new DemoNIM();  
    String result = nim.play(true); //machine start  
    true/false  
    System.out.println("Result of the game is: " +  
        result);  
}
```

lec05/DemoNIM.java

Vyzkoušejte si program sami napsat a otestujte jej pro případ kdy začíná počítač nebo člověk!

Kdo vyhrává při aplikování optimální strategie?

Výpočet faktoriálu

■ Iterace

$$n! = n(n-1)(n-2)\dots 2 \cdot 1$$

```
int factorialI(int n) {  
    int f = 1;  
    for(; n > 1; --n) {  
        f *= n;  
    }  
    return f;  
}
```

■ Rekurze

$$n! = 1 \text{ pro } n \leq 1$$

$$n! = n(n-1)! \text{ pro } n > 1$$

```
int factorialR(int n) {  
    int f = 1;  
    if (n > 1) {  
        f = n * factorialR(n-1);  
    }  
    return f;  
}
```

lec05/DemoFactorial.java

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Funkce, jejich jména a předání návratové hodnoty příkazem **return**
- Lokální proměnné a alokace paměti
- Cykly a řízení průchodu cyklu, příkazy **break** a **continue**
- Příklady dekompozice problému a jeho řešení
 - Výpočet největšího společného dělitele
 - Hra NIM
 - Výpočet faktoriálu iteračně a rekurzí
- **Příště: Rekurze a iterace**