Reprezentace základních typů, pole, funkce a procedury

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 4

A0B36PR1 – Programování 1

Část 1 – Reprezentace základních typů

Základní typy a reprezentace dat v počítači

Typové konverze

Část 2 – Pole

Reprezentace pole

Pole v Javě

Příklady

Přiřazení

Část 3 – Funkce a procedury

Dekompozice

Deklarace

Kódovací konvence

Předávání parametrů

Příklady

Část I

Reprezentace základních typů

Datové typy

- Při návrhu algoritmu abstrahujeme od binární podoby paměti počítače
- S daty pracujeme jako s hodnotami různých datových typů, které jsou uloženy v paměti předepsaným způsobem
- Datový typ specifikuje:
  - Množinu hodnot, které je možné v počítači uložit

    Záleží na způsobu reprezentace
  - Množinu operací, které lze s hodnotami typu provádět
- **Jednoduchý typ** je takový typ, jehož hodnoty jsou atomické, tj. z hlediska operací dále nedělitelné

Příklad typ **int** Java

Příklad – celočíselný typ **int** v Javě

- Umožňuje uložit celá čísla v intervalu $\langle -2147483648, 2147483647 \rangle$
- Můžeme použít například
  - aritmetické operace $+$, $-$, $*$, $/$ s výsledkem hodnota typu **int**
  - relační operace $==$, $!=$, $>$, $<$, $>=$, $<=$ jejichž výsledkem je hodnota typu **boolean**

```
1 int i; //deklarace promenne typu int
2 int decI = 120;  //deklarace spolu s prirazenim
3 int hexI = 0x78; //pocatecni hodnota v 16-kove soustave
4
5 int sum = 10 + decI + 0x13; //pocatecni hodnota je vyraz
```

lec04/DemoTypes.java

Reprezentace dat v počítači

- V počítači není u datové položky určeno jaký konkrétní datový typ je v paměti uložen
- V jazyce Java musíme přidělení paměti **deklarovat** s jakými typy dat budeme pracovat
- Překladač jazyka Java pak tuto deklaraci hlídá a volí odpovídající strojové instrukce pro práci s datovými položkami například jako s odpovídajícími číselnými typy

`javac`

Příklad ekvivalentních reprezentací v paměti počítače

- $(0100\ 0001)_2$ – binární zápis jednoho bajtu (8-mi bitů);
- $(65)_{10}$ – odpovídající číslo v dekadické soustavě;
- $(41)_{16}$ – odpovídající číslo v šestnáctkové soustavě;
- znak A – tentýž obsah paměťového místa $(0100\ 0001)_2$ o velikosti 1 byte může být interpretován také jako znak A.

Reprezentace celých čísel

- Číselné soustavy – poziční číselné soustavy (polyadické) jsou charakterizovány bází udávající kolik číslic lze maximálně použít $x_d = \sum_{i=-n}^{i=m} a_i \cdot z^i$, kde a_i je číslice a z je základ soustavy
- Unární – např. počet vypitých půllitrů
- Binární soustava (bin) – 2 číslice 0 nebo 1

$$
\begin{aligned}
11010,01^2 &= \mathbf{1} \cdot 2^4 + \mathbf{1} \cdot 2^3 + \mathbf{0} \cdot 2^2 + \mathbf{1} \cdot 2^1 + \mathbf{0} \cdot 2^0 + \mathbf{0} \cdot 2^{-1} + \mathbf{1} \cdot 2^{-2} \\
&= \mathbf{1} \cdot 16 + \mathbf{1} \cdot 8 + \mathbf{0} \cdot 4 + \mathbf{1} \cdot 2 + \mathbf{0} \cdot 1 + \mathbf{0} \cdot \frac{1}{2} + \mathbf{1} \cdot \frac{1}{4} \\
&= 26,25
\end{aligned}
$$

- Desítková soustava (dec) – 10 číslic, znaky 0 až 9

$$
\begin{aligned}
138,24 &= \mathbf{1} \cdot 10^2 + \mathbf{3} \cdot 10^1 + \mathbf{8} \cdot 10^0 + \mathbf{2} \cdot 10^{-1} + \mathbf{4} \cdot 10^{-2} \\
&= \mathbf{1} \cdot 100 + \mathbf{3} \cdot 10 + \mathbf{8} \cdot 1 + \mathbf{2} \cdot 0,1 + \mathbf{4} \cdot 0,01
\end{aligned}
$$

- Šestnáctková soustava (hex) – 16 číslic, znaky 0 až 9 a A až F

$$
\begin{aligned}
0x7D_h &= 7 \cdot 16^1 + D \cdot 16^0 \\
&= 112 + 13 \\
&= 125
\end{aligned}
$$

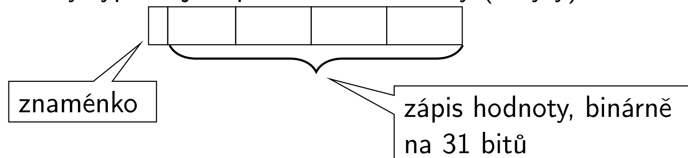
Více-bajtová reprezentace a pořadí bajtů

- Číselné typy s více-bajtovou reprezentací mohou mít bajty uloženy v různém pořadí
  - *little-endian* – nejméně významný bajt se ukládá na nejnižší adresu *x86*
  - *big-endian* – nejvíce významný bajt se ukládá na nejnižší adresu *Motorola*
- Pořadí je důležité při přenosu hodnot z paměti jako posloupnosti bajtů a jejich následné interpretaci
- **Network byte order** – je definován pro síťový přenos a není tak nutné řešit konkrétní architekturu
  - Tj. hodnoty z paměti jsou ukládány a přenášeny v tomto pořadí bajtů a na cílové stanici pak zpětně zapsány do konkrétního nativního pořadí *big-endian*
- Java používá **network byte order**

Informativní

Typ int – celá čísla v Javě

- Celočíselný typ int je reprezentován 32 bity (4 byty)



- Typ int je znaménkový typ
- Znaménko je zakódováno v 1 bitu a vlastní číselná hodnota pak ve zbývajících 31 bitech
  - Největší číslo je $0111\ldots111 = 2^{31}-1 = 2147483647$

    Nezapomínat na 0
  - Nejmenší číslo je $-2^{31} = -2147483648$

    0 už je zahrnuta
- Pro zobrazení záporných čísel je použit tzv. doplňkový kód
  Nejmenší číslo v doplňkovém kódu $1000\ldots000$ je -2^{31}

Reprezentace záporných celých čísel

- Doplňkový kód – $D(x)$
- Pro 8-mi bitovou reprezentací čísel
  - Můžeme reprezentovat 2^8=256 čísel
  - Rozsah $r = 256$

$$D(x) = \begin{cases} x & \textit{pro } 0 \leq x < \frac{r}{2} \\ r + x & \textit{pro } -\frac{r}{2} \leq x < 0 \end{cases} \tag{1}$$

- Příklady

Desítkově	**Doplňkový kód**
0–127	0000 0000 – 0111 1111
128	nelze zobrazit na 8 bitů v doplňkovém kódu
-128	$D(-128) = 256 + (-128) = 128$ to je 1000 0000
-1	$D(-1) = 256 + (-1) = 255$ to je 1111 1111
-4	$D(-4) = 256 + (-4) = 252$ to je 1111 1100

Informativní

Reprezentace reálných čísel

- Pro uložení čísla vyhrazujeme omezený paměťový prostor

  Příklad – zápis čísla $\frac{1}{3}$ v dekadické soustavě

  - $= 33333333\ldots3333$
  - $= 0,3\overline{3}$
  - $\approx 0,3333333333333333333$
  - $\approx 0,333$

  V trojkové soustavě: $0 \cdot 3^1 + 0 \cdot 3^0 + 1 \cdot 3^{-1} = (0,1)_3$

- Nepřesnosti v zobrazení reálných čísel v konečné posloupnosti bitů způsobují
  - Iracionální čísla, např. e, π, $\sqrt{2}$
  - Čísla, která mají v dané soustavě periodický rozvoj, např. $\frac{1}{3}$
  - Čísla, která mají příliš dlouhý zápis

Model reprezentace reálných čísel

- Reálná čísla se zobrazují jako aproximace daným rozsahem paměťového místa
- Reálné číslo x se zobrazuje ve tvaru

$$x = \textbf{mantisa} \cdot \textbf{základ}^{\textbf{exponent}}$$
$$x = m \cdot z^{exponent}$$

- Pro jednoznačnost zobrazení musí být mantisa normalizována

$$0,1 \leq m < 1$$

- Ve vyhrazeném paměťovém prostoru je pro zvolený základ uložen exponent a mantisa jako dvě celá čísla

Příklad modelu reprezentace reálných čísel 1/2

Reprezentace na 7 bajtů

- Délka mantisy 3 pozice (bajtů) plus znaménko
- Délka exponentu 2 pozice plus znaménko
- Základ $z = 10$
- Nula

- Příklad $x = 77,5 = 0,775 \cdot z^{+02}$

Příklad modelu reprezentace reálných čísel 2/2

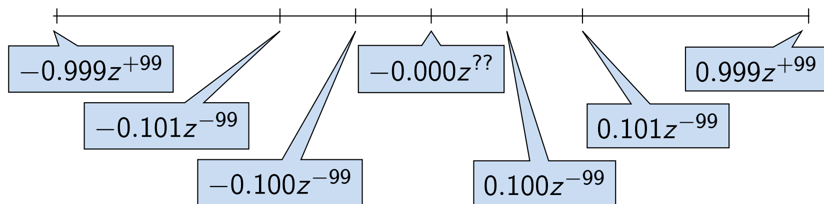
Limitní zobrazitelná čísla

- Maximální zobrazitelné kladné číslo $0,999z^{99}$

- Maximální zobrazitelné záporné číslo $-0,100z^{-99}$

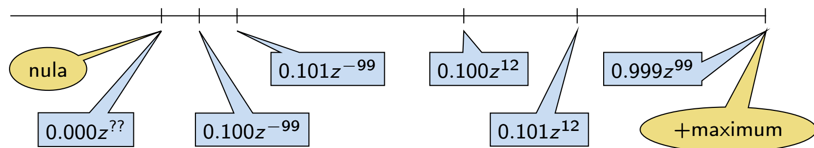
- Minimální zobrazitelné kladné číslo $0,100z^{-99}$

- Minimální zobrazitelné záporné číslo $-0,999z^{+99}$

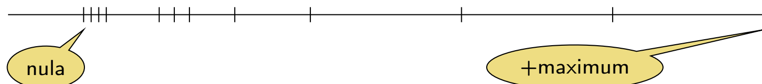


Model reprezentace reálných čísel a vzdálenost mezi aproximacemi

- Rozsah hodnot pro konkrétní exponent je dán velikostí mantisy
- Absolutní vzdálenost dvou aproximací tak záleží na exponentu
  - Mezi hodnotou 0 a 1,0 je využít celý rozsah mantisy pro exponenty $\{-99, -98, \ldots, 0\}$



- Aproximace reálných čísel nejsou na číselné ose rovnoměrně rozložené



Typ **double** – reprezentace necelých čísel v Java

- **double** – 64 bitů (8 bajtů), norma IEEE 754

ISO/IEC/IEEE 60559:2011

- s – 1 bit znaménko ($+$ nebo $-$)
- **exponent** – 11 bitů, tj. 2048 možností
- **mantisa** – 52 bitů $\approx$ 4.5 biliardy možností

4 503 599 627 370 496

  - Neumožňuje přesně uložit čísla se zápisem delším než 52 bitů
  - Čím vetší exponent tím větší „mezery" mezi sousedními aproximacemi čísel
- Reálné číslo x se zobrazuje ve tvaru

$$x = (-1)^s \mathbf{mantisa} \cdot 2^{\mathbf{exponent} - \mathbf{bias}}$$

- **bias** umožňuje reprezentovat exponent vždy jako kladné číslo

Lze zvolit, např. bias $= 2^{eb-1} - 1$, *kde eb je počet bitů exponentu*

http://www.root.cz/clanky/norma-ieee-754-a-pribuzni-formaty-plovouci-radove-tecky

Přiřazovací operátor a příkaz

- Slouží pro nastavení hodnoty proměnné

  Uložení číselné hodnoty do paměti, kterou proměnná reprezentuje

- Tvar přiřazovacího operátoru

  ⟨**proměnná**⟩ = ⟨**výraz**⟩

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

- Zkrácený zápis

  ⟨**proměnná**⟩ ⟨**operátor**⟩ = ⟨**výraz**⟩

- Přiřazení je výraz
  - Asociativní zprava
- Přiřazovací příkaz – výraz zakončený středníkem ;

```
int x; //deklarace promenne x
int y; //deklarace promenne y

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

```
int x, y; //deklarace promennych x a y

x = 10;
y = 7;

y += x + 10;
```

Typové konverze

- Typová konverze je operace převedení hodnoty nějakého typu na hodnotu typu jiného
- Typová konverze může být
  - **implicitní** – vyvolá se automaticky
  - **explicitní** – je nutné v programu explicitně úvést
- Konverze typu **int** na **double** je v jazyku Java implicitní

  Hodnota typu `int` *může být použita ve výrazu, kde se očekává hodnota typu* `double`*, dojde k automatickému převodu na hodnotu typu* `double`*.*

  Příklad

```
double x;
int i = 1;

x = i; //hodnota 1 typu int se automaticky
   prevede na hodnotu 1.0 typu double
```

- Implicitní konverze je bezpečná

Explicitní typové konverze

- Převod hodnoty typu **double** na **int** je třeba explicitně předepsat
- Dojde k „odseknutí" necelé části hodnoty int

Příklad

```
double x = 1.2; // deklarace promenne typu
    double
int i;          // deklarace prommene typu int
int i = (int)x; // hodnota 1.2 typu double se
    prevede na hodnotu 1 typu int
```

- Explicitní konverze je potenciálně nebezpečná

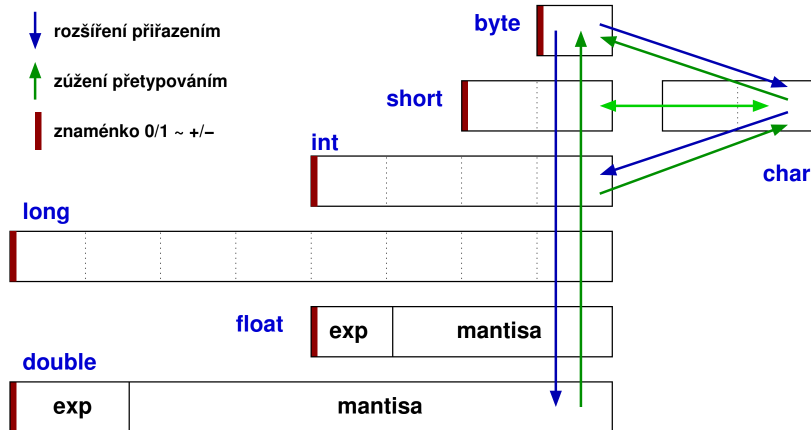
Příklady

```
double d = 1e30;
int i = (int)d;

// i je 2147483647
// to je asi 2e9 misto 1e30
```

```
long l = 5000000000L;
int i = (int)l;

// i je 705032704
// (oriznute 4 bajty)
```

Konverze primitivních číselných typů

- Primitivní datové typy jsou vzájemně nekompatibilní, ale jejich hodnoty lze převádět



Část II

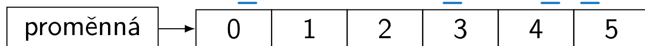
Pole

Pole (statické délky)

- Datová struktura pro uložení více hodnot stejného typu
- Slouží k reprezentaci posloupnosti hodnot v paměti
- Jednotlivé prvky mají identickou velikost a jejich relativní adresa vůči počátku pole je tak jednoznačně určena
  - Prvky můžeme adresovat pořadím prvku v poli

Relativní adresa vůči prvnímu prvku

„adresa"=velikost_prvku * index_prvku_v_poli



- Proměnná typu pole reprezentuje adresu vyhrazeného paměťového prostoru, kde je pole skutečně uloženo
- Deklarací proměnné dochází k alokaci paměti pro uložení odkazu na začátek pole
- Velikost pole statické délky nelze měnit

Garance souvislého přístupu k položkám pole

Deklarace pole v Javě

- Proměnná typu pole je referenční typ

  Druhý referenční typ je objekt

- Hodnota proměnné typu pole je reference (odkaz / adresa) na místo v paměti, kde je pole uloženo
- Deklarace proměnné typu pole se skládá z typu prvků, jména proměnné a hranatých závorek []

  typ proměnná [];

- Závorky [] slouží také k přístupu (adresaci) prvku pole

  proměnná_typu_pole [index_prvku_pole]

Příklad deklarace proměnné typu pole hodnot typu `int` a alokace paměti pro až 10 prvků pole

```
int values[] = new int[10];
```

Proměnná typu pole, deklarace a přidělení paměti

- Proměnná typu pole odkazuje na místo v paměti, kde je pole konkrétní délky umístěno
- Deklarací proměnné typu pole alokujeme (a pojmenováváme) místo v paměti pro uložení odkazu, kde jsou uloženy prvky pole

  Pole je referenční typ a v Javě musí být před prvním použitím pole explicitně nastavena jeho počáteční hodnota, např. ***null****.*
- Deklarací proměnné typu pole tak nealokujeme vlastní prostor pro prvky pole
- Alokaci paměti pro uložení hodnot prvků pole konkrétní délky provádíme operátorem **new** následovaný typem (prvků) a počtem prvků pole v hranatých závorkách []

  proměnná_typu_pole = new typ [počet_prvků_pole]

  Hodnoty prvků jsou nastaveny na výchozí hodnotu typu.

Specifikace JVM (Java Virtual Machine) neuvádí, že je pole uloženo v paměti jako souvislý blok paměti. Zpravidla tomu tak bývá např. v programovacím jazyku C. Java to však nespecifikuje a pouze garantuje přístup k prvkům pole prostřednictvím indexu, tj. není třeba se starat o adresaci prvků.

Deklarace a alokace pole v Javě

Příklad deklarace a alokace pole v Javě

```
int values[]; //deklarace prommenne typu pole int
                     //hodnot, pocatecni hodnotu je nutne
                     //nastavit, pokud nezname velikost
                     //tak muzeme nastavit na null

values = new int[10]; //alokace pameti pro 10 int hodnot

for (int i = 0; i < 10; i++) {
   values[i] = 3*i - 2*i*i; //naplneni hodnot prvku pole
}

values[10] = 10; //adresace mimo rozsah pole neni dovolena

int n = 5;
values = new int[n * 2]; //alokace noveho pole
                         //velikost je vyraz s hodnotou
                         //typu int

for (int i = 0; i < values.length; ++i) {
   //pocet prvku pole je pristupny pres prommenou typu pole
   System.out.println("values[" + i + "]: " + values[i]);
}
```

lec04/DemoArray.java

Příklad – Pole řetězců 1/3

- Vytvořte program, který načte 5 řádků ze souboru a následně načítá textový vstup od uživatele a vypíše čísla řádků s výskytem zadaného řetězce.
- Pro testování výskytu řetězce v řetězci použijte metodu `indexOf` třídy `String`

```
1  public String[] loadLines(int numberOfLines, String filename) {
2     String lines[] = new String[numberOfLines];
3     try {
4        Scanner scanner = new Scanner(new FileReader(filename));
5        for(int i = 0; i < lines.length; ++i) {
6           lines[i] = scanner.nextLine();
7           System.err.println("Info: line[" + i + "]: " + lines[i]);
8        }
9     } catch (FileNotFoundException e) {
10       System.err.println("Error: filename '" + filename + "' not
       found!");
11    }
12    return lines;
13 }
```

lec04/DemoArrayString.java

Příklad – Pole řetězců 2/3

```
1  public void printWordOccurrance(String[] lines, String word) {
2     String wordOccurrance = "";
3     int counter = 0;
4     for(int i = 0; i < lines.length; ++i) {
5        if (lines[i] != null && lines[i].indexOf(word) != -1) {
6           counter += 1;
7           wordOccurrance += " " + i;
8        }
9     }
10    if (counter > 0) {
11       System.out.println("Work '" + word + "' detected in " +
         counter + " lines: " +  wordOccurrance);
12    } else {
13       System.out.println("Word '" + word + "' has zero occurrence
         in the input lines");
14    }
15 }
```

- Explicitně testujeme, zda-li je řádek v poli nenulový, pokud se například soubor nepodaří kompletně načíst

lec04/DemoArrayString.java

Příklad – Pole řetězců 3/3

```
1  public static void main(String[] args) {
2     final String FILENAME = "lines.txt";
3     final int NUMBER_OF_LINES = 5;
4     DemoArrayString demo = new DemoArrayString();
5     Scanner scanner = new Scanner(System.in);
6
7     String[] lines = demo.loadLines(NUMBER_OF_LINES, (args.length
       > 0 ? args[0] : FILENAME));
8
9     String word = "";
10    do {
11       System.err.print("Enter a word: ");
12       System.err.flush();
13       word = scanner.nextLine();
14       if (word.length() > 0) {
15          demo.printWordOccurrance(lines, word);
16       }
17    } while (word != null && word.length() > 0);
18 }
```

Vyzkoušejte si program sami napsat a otestujte jeho chování pro různé vstupy!

lec04/DemoArrayString.java

Příklad – reprezentace matice 1/5

- Vytvořte program pro reprezentaci matice hodnot typu `double` s rozměrem $N \times M$, jako pole polí hodnot typu `double`
  - Napište funkci pro tisk matice na obrazovku
  - Napište funkci pro součet dvou matic

    Co musí být splněno pro součet dvou matic?
  - Dekompozice programu na
    1. Alokace paměti pro matici
    2. Vyplnění matice náhodnými hodnotami pro otestování
    3. Tisk proměnné typu pole polí (matice) na obrazovku
    4. Součet dvou matic

```
1 public double[][] createMatrix(int n, int m) {
2    double[][] matrix = new double[n][];
3    for(int row = 0; row < matrix.length; ++row) {
4       matrix[row] = new double[m];
5    }
6    return matrix;
7 }
```

lec04/DemoArrayOfArray.java

- Nebo jen

```
1 public double[][] createMatrix(int n, int m) {
2    return new double[n][m];
3 }
```

Příklad – reprezentace matice 2/5

```
1  public void fillMatrix(double[][] matrix) {
2     if (matrix != null) {
3        for(int row = 0; row < matrix.length; ++row) {
4           if (matrix[row] != null) {
5              for(
6                    int column = 0;
7                    column < matrix[row].length;
8                    ++column
9                 ) {
10                matrix[row][column] = Math.random() * 10;
11             }
12          }
13       }
14    }
15 }
```

- Explicitně testujeme alokaci polí a jejich velikost

lec04/DemoArrayOfArray.java

Příklad – reprezentace matice 3/5

```
1  public void printMatrix(double[][] matrix) {
2  if (matrix != null) {
3    for(int row = 0; row < matrix.length; ++row) {
4      if (matrix[row] != null) {
5        for(int column = 0; column < matrix[row].length; ++column)
         {
6          final String space = column > 0 ? " " : "";
7          System.out.printf("%s%4.1f", space, matrix[row][column]);
8        }
9        System.out.println(""); //print new line after row
10     }
11   }
12 }}
```

- Každý řádek matice vytiskneme na samostatný řádek, tj. za vytištěným řádkem odřádkujeme (tiskneme nový konec řádku)

lec04/DemoArrayOfArray.java

Příklad – reprezentace matice 4/5

```
1  public double[][] sum(double[][] m1, double[][] m2) {
2     double[][] sum = null;
3     if (
4           m1 != null && m2 != null &&
5           m1.length == m2.length
6        ) {
7        sum = new double[m1.length][];
8        for(int r = 0; r < m1.length; ++r) {
9           if (
10                m1[r] != null && m2[r] != null &&
11                m1[r].length == m2[r].length
12             ) {
13             sum[r] = new double[m1[r].length];
14             for(int c = 0; c < m1[r].length; ++c) {
15                sum[r][c] = m1[r][c] + m2[r][c];
16             }
17          } else {
18             System.err.println("Error: matrix dimensions does not
      match!");
19             sum = null;
20             break;
21          }
22       }  }
23    return sum;
24 }
```

lec04/DemoArrayOfArray.java

Příklad – reprezentace matice 5/5

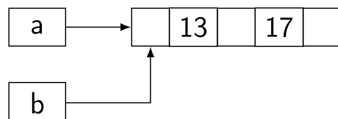
```
1   public static void main(String[] args) {
2      final int N = 3;
3      final int M = 4;
4      DemoArrayOfArray demo = new DemoArrayOfArray();
5      double[][] matrix = demo.createMatrix(N, M);
6
7      System.out.println("Matrix after initialization:");
8      demo.printMatrix(matrix);
9      demo.fillMatrix(matrix);
10
11     System.out.println("\nFirst matrix:");
12     demo.printMatrix(matrix);
13
14     System.out.println("\nSecond matrix:");
15     double[][] matrix2 = demo.createMatrix(N, M);
16     demo.fillMatrix(matrix2);
17     demo.printMatrix(matrix2);
18
19     System.out.println("\nSum of matrices");
20     double[][] sum = demo.sum(matrix, matrix2);
21     demo.printMatrix(sum);
22  }
```

Vyzkoušejte si program sami napsat a otestujte chování funkcí pro různé vstupy!

`lec04/DemoArrayOfArray.java`

Přiřazení mezi referenčními proměnnými typu pole

```
int[] a = new int[5];
int[] b = a;

b[1] = 13;
a[3] = 17;

System.out.println(a[1]); //vypise 13

System.out.println(b[3]); //vypise 17
```



- Po přiřazení obě proměnné odkazují na stejné pole
- Přiřazení hodnot pole není v Javě definováno

```
b = new int[a.length]
for (int i = 0; i < a.length; ++i) {
   b[i] = a[i];
}
```

Pro kopírování obsahu pole lze použít systémové knihovny `System.arrayCopy()`

Pole v Javě – shrnutí 1/2

- Pole *n* prvků typu **T** lze v Javě vytvořit pouze operátorem **new T[n]**

  Dynamické vytvoření
- Referenci na vytvořené pole typu **T** lze uložit do referenční proměnné typu **T[]**
- Referenční proměnnou pole lze deklarovat bez vytvoření pole deklarací např. `int[] a;`
- Před prvním použitím referenční proměnné pole je nutné přiřadit referenci na vytvořené pole, např. `a = new int[10];`
- Velikost vytvořeného pole nelze měnit

  Lze vytvořit pole nové a obsah zkopírovat
- Po vytvoření pole mají prvky výchozí hodnotu
- Přístup k prvkům pole je přes operátor [i], kde *i* je celočíselný výraz jehož hodnota je nezáporná a menší než počet prvků pole

  $0 \leq i < a.length$

Pole v Javě – shrnutí 2/2

- Indexace mimo rozsah pole způsobí chybu běhu programu `java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException`.
- Počet prvků pole (např. a) je přístupný přes položku `length` referenční proměnné typu pole, např. `a.length`

  *Hodnota referenční proměnné nesmí být **null**.*
- Pole lze zavést definicí hodnot prvků, například:

```
String[] months = { "jan", "feb", ..., "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 '" ...);
...
```

`lec04/DemoArrayMonth.java` vs `lec03/DemoSwitchMonth.java`

Část III

Funkce a procedury

Funkce a procedury

- Funkce a procedury jsou označené (pojmenované) části kódu (posloupnosti příkazů)
- Jsou klíčovým elementem pro **dekompozici** řešení problému na dílčí části
- „Zapouzdřují" nějakou konkrétní činnost – dílčí řešení výpočtu
  - Pomáhají zvýšit čitelnost a udržitelnost programu
  - Zvyšují znovu použitelnost konkrétních částí programu
- Můžeme rozlišit
  - **Funkce** – definovány vstupní hodnoty a návratová hodnota funkce
    - Vstupní hodnoty jsou použity pro výpočet hodnoty funkce

      Jedna návratová hodnota, ale můžeme „vyplňovat" více hodnot / proměnných vstupních parametrů
  - **Procedura** – definovány vstupní hodnoty a činnost procedury
  - *Metody* – funkce nebo procedury v objektově orientovaném programování (OOP), někdy nazývané služby třídy / objektu

Deklarace funkce

- Deklarace funkce
  - Hlavička funkce
  - Tělo funkce
- V Javě má základní hlavička funkce (metody) tvar

  typ jméno (parametry funkce)
  - **typ** – výsledku funkce (funkční hodnoty)
  - **jméno** – identifikátor funkce
  - **parametry** – seznam definic parametrů je ve tvaru **typ jméno** oddělené čárkou

    prázdná specifikace – funkce bez parametrů
- Tělo funkce je složený příkaz nebo blok, který se provede při volání funkce
- Tělo funkce musí dynamicky končit příkazem **return x;**
  kde x je výraz, jehož hodnota je výsledek volání funkce
  - Typ výsledku musí být shodný s typem v hlavičce
  - Pro funkce s prázdným typem **void** (procedury) není **return** nutný

Příklady deklarací funkcí

```
int computeFactorial(int n) {
  // funkce pro vypocet n!
  // jeden vstupni parametr typu int
  // navratova hodnota typu int
  int factorial = 1;
  ...
  return factorial;
}

int getRandomValue() {
  // funkce vraci nahodne cislo typu int
  int random;
  ...
  return random;
}

void execute() {
  // funkce bez parametru
  // navratovy typ void definuje prazdny navratovy typ, tj
    .
  // funkce nevraci zadnou hodnotu
  // v podstate se tak jedna o proceduru
  ...
}
```

Tělo funkce

- Složený příkaz nebo blok (posloupnost příkazů) vymezená složenými závorkami { a }
- Zápis těla funkce je definice funkce
- Deklarace proměnných v těle funkce se řídí stejnými pravidly jako v případě bloku, tj.
  - Rozsah platnosti je pouze uvnitř těla funkce
  - Proměnná stejného jména jako „globální" proměnná zastiňuje tu globální
- Vstupní parametry jsou proměnné definovaného typu a představují deklaraci lokálních proměnných, které jsou inicializovány na hodnotu předávanou voláním funkce

Příklad definice funkce

Příklad výpočtu faktoriálu celého čísla

```
int computeFactorial(int n) {
   int factorial = 1;  //lokalni promenna
   for(int i = 1; i <= n; ++i) {
      factorial *= i;
   }
   return factorial;
}

public static void main(String[] args) {
   DemoFactorial demo = new DemoFactorial();
   int n = 6;

   //predani funkci computeFactorial hodnoty promenne n
   int f  = demo.computeFactorial(n);

   //predani hodnoty vyrazu, tj. 2*6 = 12
   int f = demo.computeFactorial(2*n);
}
```

lec04/DemoFactorial.java

Předávání parametrů

- Deklarace funkce obsahuje formální parametry funkce pro předávání dat do funkce (metody)
- Formální parametry jsou proměnné uvedené v kulaté závorce hlavičky funkce
  - Jsou to lokální proměnné funkce
  - Při volání funkce se jim **přiřadí** hodnoty skutečných parametrů
- Skutečné hodnoty parametrů se přiřazují formálním parametrům **voláním hodnotou**
- Přípustný datový typ skutečného parametru vzhledem k datovému typu formálního parametru se řídí stejnými pravidly jako v případě **přiřazení**:
  - identické typy
  - automatická konverze typu
  - vynucená konverze typu
  - v případě nepovolené konverze nelze hodnotu přiřadit, např. typ `boolean` na typ `int`

Základní doporučení pro zápis funkcí / procedur

- Funkce by měly být krátké
  - Funkce by měla dělat jen jednu věc

Např. do 20 řádků, ale žádné takové pravidlo není striktní

- Malý počet parametrů (argumentů)
- Jméno funkce volíme jako sloveso
  - V Javě zapisujeme malými písmeny
  - V případě víceslovného jména slova spojujeme a první písmeno dalších slov píšeme velké
    např. `int computeFactorial(int n)`
- Jméno funkce a parametrů volíme tak, aby vyjadřovalo pořadí parametrů
- Snažíme se vyvarovat přepínání činnosti funkce hodnotou vstupních parametrů

Způsoby předávání parametrů

- Existují dva základní mechanismy předávání parametrů
  - „Volání hodnotou" (Call by Value)
  - „Volání odkazem" (Call by Reference)
- **Volání hodnotou**
  - Při volání funkce jsou předávány formálním parametrům kopie hodnot skutečných parametrům
  - Změnou formálního parametrům ve funkci tak nelze změnit hodnotu původního skutečného parametru

    Metoda zná jen kopii hodnoty nikoliv adresu skutečného parametru
  - Metoda / funkce tak nemůže ovlivnit své okolí

    Omezení
  - Formální parametr volaný hodnotou nelze použít jako výstupní bod z funkce (metody))
- **Volání odkazem**
  - V místě předání skutečných parametrů do formálních se předává reference na skutečný parametr

V Javě je možné pouze volání hodnotou!

Příklady volání hodnotou 1/3

- Voláním hodnotou dochází k vytvoření kopií hodnot proměnných a nastavení lokálních proměnných funkce definovaných v hlavičce

```
1  int computeAvg(int x, int y) {
2     System.out.println("computeAvg: x: " + x + " y: " + y);
3     x = x + y;
4     y = x / 2;
5     return y;
6  }
7
8  ...
9  int x = 1;
10 int y = 7;
11
12 System.out.println("x: " + x + " y: " + y);
13 //vytiskne 1 a 7
14
15 int avg = computeAvg(x + 1, y - 1);
16 // vytiskne 2 a 6
17
18 System.out.println("x: " + x + " y: " + y);
19 //vytiskne 1 a 7, volanim se hodnota x a y nezmeni
20
21 System.out.println("Avg: " + avg);
22 //vytiskne 4
```

lec04/DemoFunctionAvg.java

Příklady volání hodnotou 2/3

- Předáním referenční proměnné typu pole lze realizovat volání odkazem
  Platí pro libovolnou referenční proměnnou
- Vytváří se kopie referenční proměnné což je odkaz, kde je pole uloženo, lokální proměnná `values` tak odkazuje na stejné místo v paměti a dochází tak k modifikaci obsahu paměti kam odkazuje hodnota „původní" proměnné předávané funkci

```
1  void doSquare(int[] values) {
2     for (int i = 0; i < values.length; ++i) {
3        values[i] = values[i] * values[i];
4     }
5  }
6
7  ...
8  int array[] = {1, 2, 3, 4, 5}
9
10 print(array);
11 //vytiskne 1 2 3 4 5
12
13 doSquare(array);
14
15 print(array);
16 //vytiskne 1 4 9 16 25
```

lec04/DemoFunctionArray.java

Příklady volání hodnotou 3/3

- Referenční proměnná typu `String` se také předává odkazem, ale hodnotu řetězce nelze měnit, vytváří se řetězec nový.

Tzv. „immutable object"

```
1  String addPrefix(String prefix, String str) {
2     str = prefix + " " + str;
3     return str;
4  }
5
6  ...
7  String str = "CTU in Prague";
8
9  System.out.println(str);
10 //vytiskne 'CTU in Prague'
11
12 String full = addPrefix("FEE", str);
13
14 System.out.println(str);
15 //vytiskne 'CTU in Prague'
16
17 System.out.println(full);
18 //vytiskne 'FEE CTU in Prague'
```

lec04/DemoFunctionString.java

- Další příklady viz příklad součtu matic nebo načítání řetězců

lec04/DemoArrayofArray.java nebo lec04/DemoArrayString.java

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Číselné typy, jejich reprezentace a přetypování
- Pole – deklarace a alokace paměti
- Funkce a procedury – základní deklarace a volání hodnotou
- Příště: Dekompozice problému