

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
FAKULTA STROJNÍ**



# **APLIKOVANÁ INFORMATIKA**

---

## **3. LEKCE – UKLÁDÁNÍ INFORMACE**

prof. Ing. Radim Farana, CSc.

**Ostrava 2013**

© prof. Ing. Radim Farana, CSc.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3017-9



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

# OBSAH

|            |                                     |           |
|------------|-------------------------------------|-----------|
| <b>3</b>   | <b>UKLÁDÁNÍ INFORMACE .....</b>     | <b>3</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Jednoduché datové typy .....</b> | <b>4</b>  |
| 3.1.1      | Logická informace.....              | 5         |
| 3.1.2      | Celá čísla.....                     | 6         |
| 3.1.3      | Reálná čísla .....                  | 8         |
| 3.1.4      | Přímý kód.....                      | 9         |
| 3.1.5      | Textová informace.....              | 14        |
| 3.1.6      | Ukazatel.....                       | 15        |
| <b>3.2</b> | <b>Složené datové typy.....</b>     | <b>15</b> |
| 3.2.1      | Pole.....                           | 15        |
| 3.2.2      | Struktura.....                      | 15        |
| 3.2.3      | Množina.....                        | 16        |
| 3.2.4      | Objekt.....                         | 16        |
| 3.2.5      | Soubor.....                         | 17        |
|            | <b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>     | <b>19</b> |



### 3 UKLÁDÁNÍ INFORMACE



#### OBSAH KAPITOLY:

Jednoduché datové typy

Složené datové typy



#### MOTIVACE:

Pro efektivní činnost programů je nutné ukládat co nejlépe vstupní, pomocná i výstupní data. K tomu slouží různé datové typy. Pro jejich správné používání je potřeba znát jejich možnosti a zejména jejich omezení. Z nich nejvýznamnější je pak otázka přesnosti uložení čísel a kumulace takto vzniklých chyb ve výpočtech. Při sestavování algoritmů je třeba tyto skutečnosti brát v úvahu.



#### CÍL:

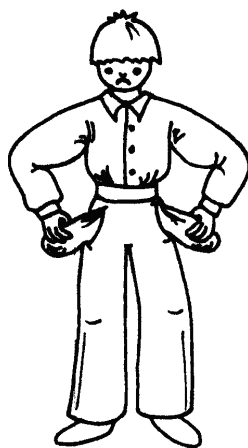
Seznámit se s používanými datovými formáty, jednoduchými i složenými. Umět správně používat datové formáty pro ukládání dat textových, číselných, datumů a časů, logických údajů i množin hodnot. U číselných datových formátů umět správně používat formáty pro celá čísla, i desetinná čísla jak s pevnou tak s pohyblivou řádovou čárkou. Znat jejich rozsahy a zejména zaokrouhlovací chyby a jejich akumulaci při výpočtech. Rozumět používání ukazatelů pro realizaci dynamických datových struktur i objektů a souborů. Chápat správné používání složených datových typů, jednorozměrných i vícerozměrných polí a záznamů, i jejich kombinací.



Pro práci s **informací** v počítači je potřeba tuto informaci nějakým vhodným způsobem interpretovat. K tomu využíváme **kódování** informace. Musíme tedy vytvořit vhodný kód, neboli přiřazení **kódových** slov jednotlivým zprávám. Možných zpráv je nepřehledné množství, o pravděpodobnosti jejich výskytu nic nevíme, takže vytvořit **optimální kód** nebude možné. Přesto nechceme zbytečně plýtvat prostorem pro uložení informace. Vytvořit vhodný kód pro uložení jakékoliv informace zřejmě nebude jednoduché.

V praxi se osvědčilo vytvořit speciální kódy pro jednotlivé typy informace, které se často vyskytují. Je zřejmé, že kód pro uložení čísel bude vypadat jinak, než kód pro uložení textů. Postupným vývojem se ustálilo několik základních kódů, které jsou vhodné pro ukládání informace v počítačích. Takto uloženou informaci obvykle označujeme jako **data**.

Pojem **data** můžeme definovat jako informaci, která má určitou vypovídací schopnost, je určitým způsobem uspořádána, seřazena apod. Způsob jejího uložení pak obvykle nazýváme datový typ.



Obrázek 3.1 Ukládání informace

Rozlišujeme **jednoduché datové typy** (primitivní) pro ukládání informace stejného typu (čísla, text apod.). Z nich pak vytváříme **složené datové typy** pro ukládání rozsáhlejší informace. Způsob uložení souhrnné informace o určitém objektu obvykle označujeme jako **datovou strukturu**.

Pokud se tato struktura během zpracování nemění, to znamená, že je vytvořena při spuštění programu a zaujímá stále stejný prostor pro uložení, nazýváme ji **statická datová struktura**. Pokud se tato struktura během zpracování mění (přibývá jejích prvků apod.), nazýváme ji **dynamická datová struktura**.

V následujících kapitolách budou rozebrány některé významné postupy zpracování informace v počítači.

### 3.1 JEDNODUCHÉ DATOVÉ TYPY

V této kapitole rozebereme typicky používané **jednoduché datové typy** (primitivní, základní). Základní vlastností datového typu je počet hodnot, kterých může nabývat typ **T**. Nazývá se **kardinalita** typu **T**. Jak uvidíme dále, kardinalita všech datových typů je vždy konečné velikosti, k dispozici máme konec konců paměť omezené velikosti. Co z této skutečnosti plyne, bude podrobně vysvětleno při ukládání reálných čísel.

Datové typy přiřazujeme jednotlivým **proměnným**, se kterými pracujeme v programu. Při práci s proměnnými mohou nastat dva zvláštní případy:



1. Proměnná nebyla **vytvořena**. Tato skutečnost má při manipulaci s proměnnou obvykle za následek havárii programu. Řada programovacích jazyků přitom vůbec neumožňuje vytvořit program, který používá proměnnou, která nebyla vytvořena (FORTRAN, PASCAL, C, C++...).
2. Proměnná byla **vytvořena**, ale nemá přiřazenu žádnou hodnotu. Různé programovací jazyky se v této situaci chovají různě. Některé umožňují implicitní inicializaci proměnných hodnotou 0 nebo speciální hodnotou **NULL** (Access BASIC). Jiné tuto inicializaci neprovádějí pouze u jistých paměťových tříd proměnných (C, C++).

Pokud jazyk nepodporuje implicitní inicializaci, pak má proměnná nějakou náhodnou hodnotu, obvykle určenou tím, co obsahovala paměť v době vytvoření proměnné. Obecně se doporučuje při vytvoření proměnné ihned definovat její obsah (provést inicializaci proměnné).

Pokud jazyk používá speciální hodnotou **NULL**, pak je dobré si uvědomit následující skutečnost. Při operaci, do níž vstoupí alespoň jeden z argumentů hodnoty **NULL**, bude výsledkem operace rovněž hodnota **NULL**.

Dále se již těmito problémy zabývat nebudeme a přejdeme přímo k jednotlivým datovým typům. Pro vytvoření proměnné požadovaného datového typu budeme, tam kde to bude potřebné, používat následující syntaxi:

seznam proměnných : datový typ

### 3.1.1 Logická informace

**Logická informace** nabývá dvou hodnot Pravda/Nepravda, True/False, Yes/No, 0/-1, 1/0. Obvykle jsou definovány následující základní Booleovské operátory. Jejich definice je uvedena v následné tabulce:

|           |     |                                         |
|-----------|-----|-----------------------------------------|
| - unární  | not | - $\neg$ , negace,                      |
| - binární | and | - $\wedge$ , logický součin, konjunkce, |
|           | or  | - $\vee$ , logický součet, disjunkce.   |

Tabulka 3.1 Pravdivostní hodnoty

| p     | q     | p or q | p and q | not p |
|-------|-------|--------|---------|-------|
| true  | true  | true   | true    | false |
| true  | false | true   | false   | false |
| false | true  | true   | false   | true  |
| false | false | false  | false   | true  |



Pro porovnání hodnot proměnných slouží binární operátory jejichž výsledkem je rovněž logická informace (označení odpovídá jazykům jako BASIC, PASCAL, aj.):

|    |                                                |
|----|------------------------------------------------|
| =  | - rovnost, shoda obsahu, (jazyk C používá ==), |
| <  | - je menší,                                    |
| >  | - je větší,                                    |
| >= | - je větší nebo rovno ( $\geq$ ),              |
| <= | - je menší nebo rovno ( $\leq$ ),              |
| <> | - není rovno ( $\neq$ ), (jazyk C používá !=). |

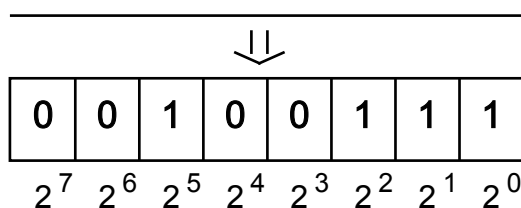
### 3.1.2 Celá čísla

Pro ukládání celých čísel se používá několik datových typů, které se liší velikostí zabírané paměti a tím i **kardinalitou**. Tabulka č. 3.2 uvádí vybrané datové typy.

V tabulce č.3.2 jsou uvedeny rozsahy jednotlivých datových typů pro různé typy operačních systémů. U šestnáctibitových OS (DOS, Windows) jsou kardinality menší než u třicetidvoubitových OS (Windows NT, Windows 95).

Čísla ukládáme v binární podobě. Vyjadřujeme je přitom v pozičním tvaru pomocí základu číselné soustavy polynomem, který ukládáme po jednotlivých bitech.

$$39 \Rightarrow 3 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0 \Rightarrow 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$



Tabulka 3.2 Vybrané celočíselné datové typy

| jazyk C, C++   | jazyk PASCAL | v šestnáctibitovém OS    | ve třicetidvoubitovém OS |
|----------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| char           | -----        | -128 ÷ 127               | -128 ÷ 127               |
| unsigned char  | Byte         | 0 ÷ 255                  | 0 ÷ 255                  |
| short          | ShortInt     | -128 ÷ 127               | -32 768 ÷ 32 767         |
| unsigned short | -----        | 0 ÷ 255                  | 0 ÷ 65 535               |
| int            | Integer      | -32 768 ÷ 32 767         | -2147483648 ÷ 2147483647 |
| unsigned int   | Word         | 0 ÷ 65 535               | 0 ÷ 4 294 967 295        |
| long           | LongInt      | -2147483648 ÷ 2147483647 | -2147483648 ÷ 2147483647 |
| unsigned long  | -----        | 0 ÷ 4 294 967 295        | 0 ÷ 4 294 967 295        |

Uložení kladného čísla nebo nuly je tedy velmi jednoduché. Potíže nastávají až při ukládání záporných čísel. Používají se tři způsoby kódování celých čísel (**číselné kódy**), které se liší právě ukládáním záporných čísel.

#### 3.1.2.1 Přímý kód

**Přímý kód** ukládá absolutní hodnotu čísla spolu se **znaménkovým bitem**, který určuje, zda se jedná o číslo kladné, či záporné.



$$\begin{array}{lcl}
 39 & \Rightarrow & \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1} \\
 -39 & \Rightarrow & \boxed{1} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1}
 \end{array}$$

Při použití tohoto kódu musíme rozlišovat sčítání dvou kladných čísel, jednoho kladného a jednoho záporného atd. Znaménkový bit se operace neúčastní, pouze rozhoduje o druhu použité operace.

### 3.1.2.2 Doplnkový kód

Záporné číslo v **doplňkovém kódu** ukládáme zvětšené o  $2^n$ , kde  $n$  je počet bitů datového typu. Např. pro uložení čísla na 8 bitů:

$$\begin{array}{lcl}
 39 & \Rightarrow & \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1} \\
 -39 & \Rightarrow & 2^8 - 39 \quad \boxed{1} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1}
 \end{array}$$

Při sčítání dvou čísel sčítáme čísla včetně **znaménkových bitů**. Pokud dojde k přenosu na nejvyšším místě, ignoruje se. Např. sečtení čísel 39 a -39 v doplňkovém kódu:

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
|      | znaménko                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |
| 39=  | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| -39= | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
|      | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">1</span> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> </div> |   |   |   |   |   |   |   |
|      | <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">přenos</span> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |

Jiným problémem je **přetečení rozsahu** zobrazitelných čísel (přeplnění). Ukažme si ho na součtu čísel 127 a 1 uložených v doplňkovém kódu v 1 Byte :

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
|      | znaménko                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |
| 127= | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1=   | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|      | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">0</span> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">1</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> </div> |   |   |   |   |   |   |   |
|      | <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">přenos</span> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |

Jak vidíme, sečtením dvou kladných čísel jsme získali číslo záporné. Pokud chceme při sčítání čísel kontrolovat, zda nedošlo k přetečení rozsahu, můžeme využít zdvojení znaménkového bitu. Ukažme si to na dříve uvedených příkladech:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| <table style="border-collapse: collapse; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td colspan="8" style="text-align: center;">znaménko</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">39=</td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">-39=</td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="8" style="border-top: 1px solid black; text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">1</span> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> </div> </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="8" style="text-align: center;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">přenos</span> </div> </td> </tr> </table> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | znaménko |   |   |   |   |   |   |   | 39= | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | -39= | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">1</span> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> </div> |  |  |  |  |  |  |  |  | <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">přenos</span> </div> |  |  |  |  |  |  |  | <table style="border-collapse: collapse; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td colspan="8" style="text-align: center;">znaménko</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">127=</td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">1=</td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">0</td> <td style="padding: 0 5px;">1</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="8" style="border-top: 1px solid black; text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">0</span> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">1</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> </div> </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="8" style="text-align: center;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">přenos</span> </div> </td> </tr> </table> |  | znaménko |  |  |  |  |  |  |  | 127= | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1= | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">0</span> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">1</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> </div> |  |  |  |  |  |  |  |  | <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">přenos</span> </div> |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | znaménko                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| 39=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0        | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| -39=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1        | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">1</span> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> </div> |          |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">přenos</span> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | znaménko                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| 127=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0        | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| 1=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">0</span> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">1</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> <span style="padding: 0 5px;">0</span> </div> |          |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">přenos</span> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| stejná hodnota znaménka<br>ukazuje na správný výsledek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | nestejná hodnota znaménka<br>ukazuje na přetečení rozsahu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |   |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |

Jednoduchost aritmetických operací s čísly v doplňkovém kódu je vyvážena složitějším převodem záporných čísel. Provádí se tak, že u kladného čísla zaměníme hodnotu všech bitů a



k poslednímu přičteme 1. Tento kód je dnes standardně využíván (např. v jazyku PASCAL, C).

### 3.1.2.3 Inverzní kód

U **inverzního kódu** je záporné číslo vyjádřeno jako inverze (změna hodnot všech bitů) kladného čísla stejné absolutní hodnoty. Záporné číslo pro uložení zvětšíme o  $2^n - 1$ . Opět pracujeme se všemi bity čísla.

$$\begin{array}{lcl} 39 & \Rightarrow & \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \\ -39 & \Rightarrow & 2^8 - 1 - 39 \quad \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array}$$

Jak vidíme, záporné číslo v inverzním kódu je vždy o 1 větší než v doplňkovém kódu. Tuto skutečnost musíme uvažovat při aritmetických operacích.

#### Poznámka:

Pozorný čtenář si jistě uvědomil, že v inverzním kódu existují dva způsoby uložení hodnoty 0:

### 3.1.2.4 Operace s celými čísly

S celými čísly je možno provádět všechny běžné operace

- + - sčítání,
- - odečítání,
- \* - násobení,
- / - dělení, jeho výsledek závisí na programovacím jazyku. V jazyku C, C++ bude výsledkem opět celé číslo, v jiných jazycích je však výsledkem **reálné číslo**,
- div - celočíselné dělení, např. **22 div 5 = 4**,
- mod - zbytek po celočíselném dělení, např. **22 mod 5 = 2**.

Některé programovací jazyky umožňují provádět operace s bity celých čísel, jako jsou logické operace s jednotlivými bity, nebo **rotace bitů**:

- doleva (**nahoru**) - posunutí bitů na vyšší pozici, nejvyšší bit se ztrácí, nebo přesouvá na nejnižší pozici,
- doprava (**dolů**) - posunutí bitů na nižší pozici, nejnižší bit se ztrácí, nebo přesouvá na nejvyšší pozici.

### 3.1.3 Reálná čísla

Množina **reálných čísel** je sjednocením množin:

- **racionálních čísel** - ty je možno vyjádřit jako podíl dvou přirozených čísel a znaménkem. Tuto vlastnost využívaly některé speciální číselné kódy.

- **iracionálních čísel** - ty není možno vyjádřit jako podíl dvou přirozených čísel, patří sem např.:  $\pi$ ,  $e$ .

Při ukládání reálných čísel si musíme uvědomit, že máme k dispozici jen omezený paměťový prostor, proto zejména iracionální čísla není možno uložit celá. Při ukládání reálných čísel existují dva přístupy.

- **kódy s pevnou řádovou čárkou**, kdy pozice řádové čárky je stále stejná. Nevýhodou je omezení rozsahu uložitelných čísel, výhodou vyšší rychlost operace s čísly.







### 3.1.4.2 Inverzní kód

Inverzní kód můžeme definovat vztahem:

$$x_{pr} = \begin{cases} x & x \geq 0 \\ 2 - 2^{-n} + x & x < 0 \end{cases} \quad |x| < 1, \quad (3.5)$$

kde je  $n$  - řád poslední zobrazené dvojkové cifry (počet bitů pro uložení čísla bez znaménka).

Příklad uložení čísel v doplňkovém kódu:

$$0,65625_{inv} = 0,10101$$

$$-0,65625_{inv} = 1,01010$$

### 3.1.4.3 Operace s reálnými čísly

S reálnými čísly je možno provádět základní operace, jako

|   |             |
|---|-------------|
| + | - sčítání   |
| - | - odečítání |
| * | - násobení  |
| / | - dělení.   |

Při jejich provádění si musíme uvědomit skutečnost, že reálná čísla lze uložit jen na omezený počet **platných cifer**. Jejich počet je určen počtem bitů pro uložení mantisy. **Přesnost ukládání čísel** vyjadřujeme pojmem **počítačové epsilon** ( $\epsilon$ ). Je to nejmenší číslo zobrazitelné v daném číselném kódu, pro které platí:

$$1,0 + \epsilon > 1,0. \quad (3.6)$$

Pokud neznáme přesně použitý **číselný kód**, můžeme určit  $\epsilon^*$ , splňující podmínku, že je to největší zobrazitelné číslo, pro které platí:

$$1,0 + \epsilon^* = 1,0. \quad (3.7)$$

Pomocí jednoduchého postupu s použitím proměnných  $e$  a  $e1$  rozebíraného číselného kódu zjistíme  $\epsilon^*$  následujícím algoritmem:

```
e = 1
e1 = 1+e
while e1 > 1
  e = 0.5 * e
  e1 = 1 + e
end while
tiskni e
```

Z dosavadních znalostí snadno určíme, že  $\epsilon = 2\epsilon^*$ .

#### Příklad:

V programovacím jazyku PASCAL zaujímá reálné číslo (datový typ real) 6 Byte. Testem zjistíme, že

$$\epsilon^* = 9,0949470177 * 10^{-13} = 2^{-40},$$

$$\epsilon = 1,8189894035 * 10^{-12} = 2^{-39}.$$

Aby bylo možno uložit číslo  $1 + \epsilon$ , tedy konkrétně číslo  $2^0 + 2^{-39}$ , potřebujeme k tomu 40 bitů, jeden bit zabere znaménko, na exponent tedy zbývá 7 bitů. Z toho usuzujeme, že exponent



tedy nabývá rozsahu  $-64 \div 63$ , neboli číslo  $2^{64}$  by již nemělo být možno uložit (to je přibližně  $1,8 \cdot 10^{19}$ ). Můžeme si však ověřit, že uložíme i větší čísla. Kde je v našich propočtech chyba? Odpověď je jednoduchá – nikde. Celý problém je spojen s využitím následující úvahy. Díky **normování** mantisy je první uložený bit vždy roven jedné. Takže tento bit vůbec neukládáme (říkáme mu **skrytý bit**). Mantisa pak zabírá 39 bitů + znaménko, na exponent zbývá 8 bitů. Nesmíme přitom opomenout uložení čísla 0. To je uloženo pomocí samých nul, tedy včetně exponentu. U ostatních čísel je exponent uložen zvětšen o 128 (27).

Konkrétně tedy např.:

```
0,1 = 01001100 11001100 11001100 11001100 11001101 01111011
0,5 = 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 10000000
1,0 = 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 10000001
1,5 = 01000000 00000000 00000000 00000000 00000000 10000001
```

Z ukázky je zřejmé, že zatímco třeba číslo 0,5 je uloženo přesně, číslo 0,1 nikoliv, tedy již při jeho ukládání vzniká **zaokrouhlovací chyba**, která se pak jeho opakovaným přičítáním akumuluje. Proto není divu, že následující algoritmus neskončí pro hodnotu 10 000, ale bude vesele pokračovat dále:

```
x = 0
repeat
  provedení potřebné činnosti
  x = x + 0,1
until x = 10 000
```

Pokud necháme do proměnné x 100 000 krát přičíst 0,1 zjistíme, že bude mít hodnotu pouze 9999,9999784. Nejlepšího výsledku dosáhneme následující úpravou algoritmu:

```
x = -0,1
repeat
  x = x + 0,1
  provedení potřebné činnosti
until x >= 10 000
```

Jistě nás nepřekvapí, že činnost uvnitř smyčky proběhla celkem 100 002 krát. Po skončení algoritmu má proměnná x hodnotu 10 000,099978. Pokud se nám to nelíbí, můžeme využít jako počítadlo pro opakování proměnnou **celočíslného typu**:

```
for i = 0 to 100 000 step 1
  x = i*0,1
  provedení potřebné činnosti
end for
```

Pokud se proměnná x nezvětšuje vždy o stejnou hodnotu, pak nelze využít popsaný postup. V záloze však máme jiný postup. Nazývá se **Kahanův trik** (vymyslel ho již v roce 1965 W. Kahan). Vychází ze zjištění, že při výpočtech na počítači neplatí základní matematické zákony (distributivní a asociativní zákon), pak se může stát že:

$$(a + b) + c \neq a + (b + c)$$

Např. při výpočtech s čísly na 7 platných cifer získáme:

```
A =      0,1234567
B =      2381,325
A+B=     2381,448
```



Přitom se ztratila informace 0,0004567, neboť při sčítání musely být exponenty obou čísel stejné. Vhodným postupem jsme schopni tuto ztracenou informaci získat. Pro  $B > A$  platí:

$$\begin{array}{rcl} B & = & 2381,325 \\ -(A+B) & = & -2381,448 \\ B-(A+B) & = & -0,123 \\ A & = & 0,1234567 \\ (B-(A+B))+A & = & 0,0004567 \end{array}$$

Upozorníme ještě, že pro rozebíraný případ, kdy  $B > A$ , nám vyjde  $(A-(A+B))+B = 0$ . Pořadí operandů tedy není zvoleno náhodně.

Uplatněním Kahanova triku získáme algoritmus:

```
x = 0 c = 0
for i=1 to 100000 step 1
  y = 0,1 + c
  t = x + y
  c = (x - t) + y
  x = t
end for
```

Výsledkem bude hodnota  $x = 10000,000000$ . Přesněji to již vskutku nejde.

Pokud využijeme informaci o ukládání reálných čísel, pak se budeme snažit přičítat hodnoty, které jsou uloženy přesně, např. místo 0,1 použijeme  $0,109375 = 2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-6}$ . Pokud je potřeba tuto hodnotu měnit, pak nejlépe násobením, či dělením dvěma. Způsobí totiž změnu exponentu o 1, mantisa a tedy ani přesnost uložení čísla se nezmění. Nesmíme ale zapomenout na další zdroj nepřesnosti. Tím je odříznutí desetinných míst při zarovnání sčítanců na stejnou velikost exponentu. Tento problém se vyskytuje zejména při součtu řad čísel.

Obdobným problémem je testování **rovnosti dvou reálných čísel**, zejména pokud jejich hodnoty byly vypočteny. Je zřejmé že přímé srovnání jejich hodnot použít nelze.

První, co začátečník obvykle udělá je určení, zda jsou si testovaná čísla "hodně blízká", např. určením, zda absolutní hodnota rozdílu čísel je velmi malé číslo, např. :

```
x = -0,1
repeat
  x = x + 0,1
  if ABS(x - 1000) < 10-26
    hlášení shody
  end if
until x >= 10 000
```

Shoda hodnot však nebude hlášena. Z přesnosti ukládaných čísel (na asi 11 **platných cifer**) plyne, že shoda bude hlášena až při nastavení "malého čísla" na hodnotu asi 0,0000011. Jenže jeho hodnota závisí na hodnotě testované, nelze tedy najít všeobecně platnou srovnávací hodnotu.

Řešení problému je přitom nasnadě. Řešitel může s úspěchem použít právě krok řešení, např. úpravou testu :

```
if ABS(x - 1000) < krok řešení/2
  hlášení shody
end if
```



Pokud se však krok řešení mění, může vzniknout jiný problém, a to případ, kdy se krok řešení zmenší natolik, že jeho přičtení k aktuální hodnotě proměnné  $x$  její hodnotu nezmění.

Další problém spojený s **reálnými čísly** je nestejnosemnost pokrytí číselné osy zobrazitelnými čísly. Zkusme si tuto skutečnost dokumentovat na datovém typu, kde mantisa v přímém kódu a se skrytým bitem zaujímá 5 bitů a exponent 3 bity. Je možno zobrazit tato čísla:

**Tabulka 3.3 Zobrazitelná čísla pro mantisu 4bity (+ skrytý bit) a exponent 3 bity**

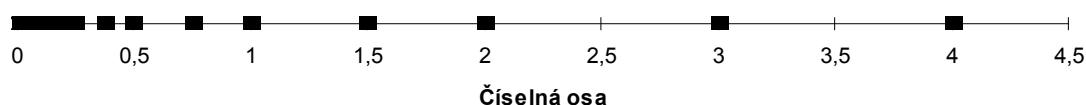
|         | Exponent (nahore bitové vyjádření, dole číselné vyjádření) |          |          |          |         |        |        |        |
|---------|------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|---------|--------|--------|--------|
|         | 000                                                        | 001      | 010      | 011      | 100     | 101    | 110    | 111    |
| Mantisa | -4                                                         | -3       | -2       | -1       | 0       | 1      | 2      | 3      |
| 0000    | 0                                                          | 0.0625   | 0.125    | 0.25     | 0.5     | 1      | 2      | 4      |
| 0001    | 0.033203                                                   | 0.066406 | 0.132813 | 0.265625 | 0.53125 | 1.0625 | 2.125  | 4.25   |
| 0010    | 0.035156                                                   | 0.070313 | 0.140625 | 0.28125  | 0.5625  | 1.125  | 2.25   | 4.5    |
| 0011    | 0.037109                                                   | 0.074219 | 0.148438 | 0.296875 | 0.59375 | 1.1875 | 2.375  | 4.75   |
| 0100    | 0.039063                                                   | 0.078125 | 0.15625  | 0.3125   | 0.625   | 1.25   | 2.5    | 5      |
| 0101    | 0.041016                                                   | 0.082031 | 0.164063 | 0.328125 | 0.65625 | 1.3125 | 2.625  | 5.25   |
| 0110    | 0.042988                                                   | 0.085975 | 0.17195  | 0.3439   | 0.6878  | 1.3756 | 2.7512 | 5.5024 |
| 0111    | 0.044922                                                   | 0.089844 | 0.179688 | 0.359375 | 0.71875 | 1.4375 | 2.875  | 5.75   |
| 1000    | 0.046875                                                   | 0.09375  | 0.1875   | 0.375    | 0.75    | 1.5    | 3      | 6      |
| 1001    | 0.048828                                                   | 0.097656 | 0.195313 | 0.390625 | 0.78125 | 1.5625 | 3.125  | 6.25   |
| 1010    | 0.050781                                                   | 0.101563 | 0.203125 | 0.40625  | 0.8125  | 1.625  | 3.25   | 6.5    |
| 1011    | 0.052734                                                   | 0.105469 | 0.210938 | 0.421875 | 0.84375 | 1.6875 | 3.375  | 6.75   |
| 1100    | 0.054688                                                   | 0.109375 | 0.21875  | 0.4375   | 0.875   | 1.75   | 3.5    | 7      |
| 1101    | 0.056641                                                   | 0.113281 | 0.226563 | 0.453125 | 0.90625 | 1.8125 | 3.625  | 7.25   |
| 1110    | 0.058594                                                   | 0.117188 | 0.234375 | 0.46875  | 0.9375  | 1.875  | 3.75   | 7.5    |
| 1111    | 0.060547                                                   | 0.121094 | 0.242188 | 0.484375 | 0.96875 | 1.9375 | 3.875  | 7.75   |

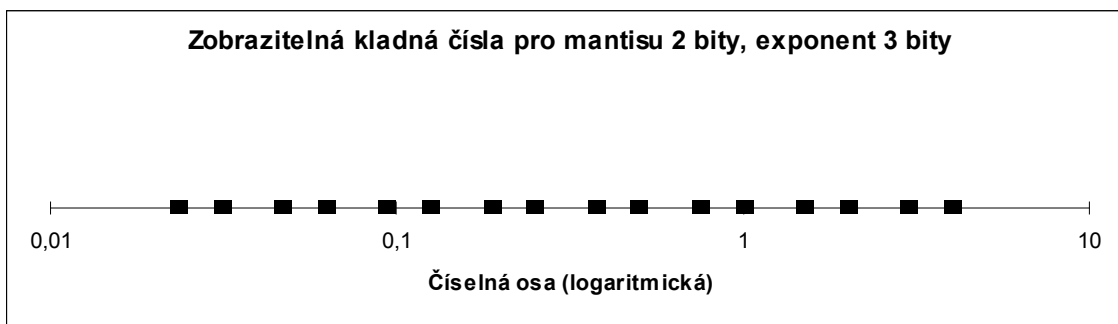
Pokud nám výčet čísel není zcela jasný, můžeme vypsát zobrazitelná kladná čísla pro mantisu 2 bity (bez skrytého bitu) a exponent 3 bity. Všimněte si zejména skutečnosti, že nepoužití skrytého bitu vede k tomu, že řada čísel je zobrazitelná více způsoby. Celkem je takto možno uložit 17 kladných čísel + nulu.

**Tabulka 3.4 Zobrazitelná kladná čísla pro mantisu 2 bity a exponent 3 bity**

|         | Exponent (nahore bitové vyjádření, dole číselné vyjádření) |         |        |       |      |     |     |     |
|---------|------------------------------------------------------------|---------|--------|-------|------|-----|-----|-----|
|         | 000                                                        | 001     | 010    | 011   | 100  | 101 | 110 | 111 |
| Mantisa | -4                                                         | -3      | -2     | -1    | 0    | 1   | 2   | 3   |
| 00      | 0                                                          | 0       | 0      | 0     | 0    | 0   | 0   | 0   |
| 01      | 0.015625                                                   | 0.03125 | 0.0625 | 0.125 | 0.25 | 0.5 | 1   | 2   |
| 10      | 0.03125                                                    | 0.0625  | 0.125  | 0.25  | 0.5  | 1   | 2   | 4   |
| 11      | 0.046875                                                   | 0.09375 | 0.1875 | 0.375 | 0.75 | 1.5 | 3   | 6   |

**Zobrazitelná kladná čísla pro mantisu 2 bity, exponent 3 bity**



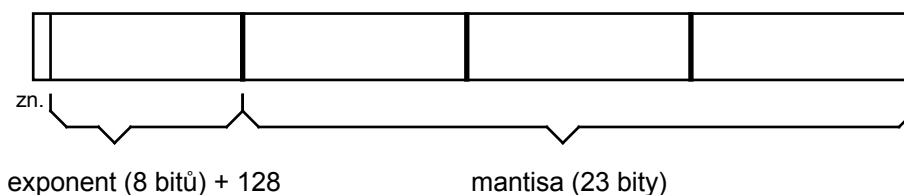


Na číselné ose je dobře patrné, že kolem nuly je soustředěna většina čísel, s rostoucí hodnotou se vzdálenost mezi zobrazitelnými čísly zvětšuje.

**Tabulka 3.5 Vybrané neceločíselné datové typy**

| jazyk C, C++ | jazyk PASCAL | rozsah                         | délka   | des. míst |
|--------------|--------------|--------------------------------|---------|-----------|
| float        | Single       | $\pm 3,4 \cdot 10^{\pm 38}$    | 4 Byte  | 7         |
| -----        | Real         | $\pm 1,2 \cdot 10^{\pm 39}$    | 6 Byte  | 11        |
| double       | Double       | $\pm 1,797 \cdot 10^{\pm 308}$ | 8 Byte  | 15        |
| long double  | Extended     | $\pm 1,2 \cdot 10^{\pm 4932}$  | 10 Byte | 19        |

číslo datového typu float-Single  $\varepsilon^* = 2^{-24} \doteq 5,96 \cdot 10^{-8}$



### 3.1.5 Textová informace

Základním prvkem textu je **znak** (*character*). Pro kódování znaků se zpočátku užíval pětibitový kód (32 znaků), nejvíce se však rozšířil kód definovaný Mezinárodní organizací pro standardizaci (ISO), zejména jeho americká verze **ASCII** – Americký standardní kód pro výměnu informace. Kód je sedmibitový, obsahuje 33 řídicích znaků a 95 tisknutelných znaků. Byl vytvořen zejména pro tisk na tiskárně. Brzy však začala chybět kódová slova pro další znaky (grafické znaky, znaky jiných národních abeced apod.). Nejprve začaly být využívány řídicí znaky také pro zobrazení (na monitoru apod.), pak byl kód rozšířen na osmibitový pod označením **ASCII - 2**. Tento kód se značně rozšířil. V dnešní době se používá jeho zpracovaná verze podle normy **ANSI**. Potřeba velkého množství znaků pro národní abecedy je řešena použitím různých kódových stránek. Například čeština používá kódovou stránku 852. Problém s jednotlivými národními abecedami zcela odstranilo až použití šestnáctibitového kódu Unicode).

Spojením několika znaků vzniká řetězec (string). Někdy je jeho délka omezena (typicky na 255 znaků). Některé programovací jazyky přímo podporují operace pro práci s řetězci. Např. jazyk PASCAL pracuje s řetězcem maximálně délky 255 znaků. Jazyky C, C++ naproti tomu typ řetězec (string) vůbec nepodporují. S daty typu řetězec se pracuje vždy jako s **polem znaků**, takže by měl být tento typ zařazen do následující kapitoly věnované složeným datovým typům.



### 3.1.6 Ukazatel

Mezi základní datové typy náleží také ukazatel. Je určen k tvorbě **dynamických datových struktur**. Obsahuje adresu paměti na které se nacházejí vlastní data. Jeho kardinalita závisí na několika hlediscích. Adresy (modely adresování) mohou být tzv. **blízké** (NEAR) nebo **vzdálené** (FAR). V závislosti na tom může ukazatel zabírat 2 Byte nebo 4 Byte. Manipulaci s ukazateli je věnována samostatná kapitola věnovaná dynamickým datovým strukturám.

## 3.2 SLOŽENÉ DATOVÉ TYPY

Větší množství informace obvykle ukládáme pomocí složitějších datových struktur, které vzniknou skládáním **základních datových typů**.

### 3.2.1 Pole

Často používanou datovou strukturou je **pole** (*array*) sestávající z prvků stejného datového typu (jednoduchého nebo také složeného, např. typu záznam, který bude představen později). Jednotlivé **prvky** jsou uspořádány v paměti za sebou a vzestupně očíslovány. V některých programovacích jazycích má první prvek vždy číslo 0, jindy 1, někdy je možno jeho číslo určit, vždy to však musí být číslo celé.

Strukturu pole použijeme také pro uložení **vektoru** hodnot. Pro uložení **matice** potřebujeme **dvourozměrné pole**. První rozměr bude udávat číslo řádku a druhý číslo sloupce, na kterém leží prvek v matici. Maximální použitelný rozměr pole se liší podle použitého programovacího jazyka. Na pole se odkazujeme názvem a číslem prvku, nejčastěji v hranaté závorce:

- jednorozměrné pole  $x[1], x[i], \dots$
- dvourozměrné pole  $x[1,1], x[i,j] \dots$

I v případě **vícerozměrného pole** jsou prvky uloženy v paměti za sebou, a to buď po řádcích, nebo po sloupcích. K nalezení konkrétního prvku slouží **mapovací funkce**.

Pro uložení matice po řádcích platí:

$$\begin{aligned} \text{adresa prvku} = & \text{adresa prvního prvku matice} + \\ & + [(i - i_{\min}) * (j_{\max} - j_{\min} + 1) + \\ & + (j - j_{\min})] * \text{velikost paměti pro jeden prvek.} \end{aligned}$$

Vyhodnocování mapovací funkce je programátor většinou ušetřen.

Zvláštní datové struktury jsou někdy tvořeny pro ukládání **řídých matic**, tedy matic, které mají většinu prvků nulových. Jednou z cest je využití tří jednorozměrných polí. Jedno obsahuje číslo řádku, druhé číslo sloupce a třetí hodnotu prvku matice vždy na stejné pozici v polích.

### 3.2.2 Struktura

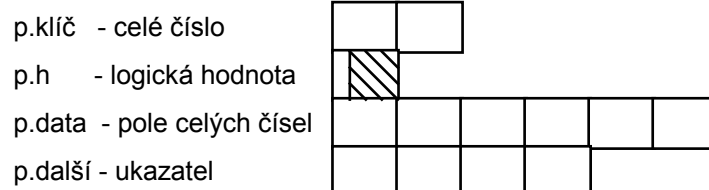
**Struktura** (structure, v některých jazycích také record) je složený datový typ, který umožňuje sdružit informaci složenou z prvků různých datových typů (základních nebo složených) do jednoho celku. Informace je rozdělena na jednotlivé **položky** označené jejich názvy. Přístup k položkám je možný přes název proměnné typu záznam, za který píšeme tečku a název položky, např.:

```
p.klíč, data.n[i], copy.a.data apod.
```



Záznam má v paměti vymezen kompaktní prostor. Jeho velikost je dána součtem nároků jednotlivých položek. Obvykle se však paměťové prostory jednotlivých položek zarovnávají na celistvý počet datového typu Byte nebo Word (slov o 2 Byte).

Paměťový prostor proměnné typu záznam



V dalším textu budeme používat následující syntaxi pro definici datového typu struktura:

```
structure
  seznam proměnných : datový typ
  seznam proměnných : datový typ
  ....
end structure
```

### 3.2.3 Množina

Některé programovací jazyky (PASCAL) podporují následující datový typ, zatímco většina jiných ho nezná. **Množina** (set) je skupina prvků určeného datového typu. Množina všech prvků, které je možno do určené množiny zařadit se nazývá **potenční množina**. Může být definována některým základním datovým typem (pak je počet prvků potenční množiny roven kardinalitě základního datového typu), nebo **výčet hodnot**. Výčet hodnot je někdy chápán jako samostatný datový typ (výčtový typ), je definován seznamem hodnot, případně rozsahem např. 1 ÷ 100. Kardinalita množinového datového typu je dána vztahem:

$$\text{kardinalita} = 2^{\text{kardinalita potenční množiny}} \quad (3.8)$$

#### 3.2.3.1 Operace s množinami

- \* - průnik množin,
- + - sjednocení množin,
- - rozdíl množin,
- in - operátor příslušnosti prvku k množině (oznamuje, zda se prvek v množině nachází).

### 3.2.4 Objekt

Když mluvíme o objektově orientované technologii, musíme si ujasnit pomocí jakých nástrojů probíhá vývoj. Jsou to tedy: **Objektově Orientovaná Analýza**, **Objektově Orientovaný Návrh**, **Objektově Orientované Programování** a **Objektově Orientované Databáze**. Principiálně, objektově orientované technologie modelují chování reálného světa tak, že rozdělí komplexní problémy na základní části. Objektová orientace je pak základem pro čtyři klíčové koncepty:

**Datová Abstrakce** (Data Abstraction)

**Zaobalení** (Encapsulation)

**Ukrytí Informací** (Information Hiding)

**Dědičnost** (Inheritance)





Datová abstrakce definuje datové typy na vyšší úrovni tak, aby byly pokryty speciální potřeby programovaného problému. Společně s datovou abstrakcí vytváříme zaobalení a ukrytí informací. Zaobalení vzniká, když jsou datové položky a způsoby práce s nimi umístěny do jednoho logického datového typu - **třídy** (class), jehož konkrétní proměnná se jmenuje **Objekt**.

Ukrytí informace se vztahuje k myšlence ukrýt datové položky od okolního světa a poskytnout pouze metody, které umí s nimi pracovat. Těmto metodám se potom říká **Veřejné Rozhraní** (public interface). Tímto velice jednoduchým způsobem mohou být data chráněna před poškozením a navíc nemusí být známo, jak jsou interně implementovány.

Dědičnost spočívá ve vytváření hierarchie tříd. Použitím koncepce předků, což znamená, že např. třída A je předkem třídy B, která je jeho potomkem, můžeme pak definovat, že třída B dědila všechny atributy třídy A a definuje své další atributy.

Abychom využili plnou sílu objektově orientovaných technologií, musíme použít při vývoji různé metody systémové analýzy a návrhu, které byly již vyvinuty.

V této publikaci se objekty zabývat nebudeme, čtenáře odkazujeme na specializovanou literaturu zabývající se objektově orientovaným programováním (OOP – Object Oriented Programming).

### 3.2.5 Soubor

Pro uložení větších objemů dat, zejména mimo paměť počítače (na disketě apod.) slouží **soubory** (*file*). Soubor je posloupnost za sebou uložených **prvků**, ke kterým je možno se dostat jen postupným průchodem souboru od jeho začátku. Tento postup nazýváme **sekvenční prohledávání**, odtud také soubory nazýváme jako **sekvenční soubory**.

Pokud mají všechny prvky souboru stejnou datovou strukturu - stejný datový typ, nazýváme je jako **typové soubory**. Při známé velikosti datové struktury prvku umožňují rychlejší přístup k i-tému prvku, protože dokáží rychle projít prvky předchozí.

V poslední době se začínají ve velké míře využívat **textové soubory**. V zásadě bychom je mohli chápat jako typové soubory, neboť je do nich uložena posloupnost **znaků**. Jak víme, jeden znak = 1 Byte. Tyto znaky však tvoří ucelené **řetězce**, vzájemně oddělené dvojicí řídicích znaků CR a LF (Carriage Return & Line Feed = návrat vozíku & posuv o řádku), které pochází z doby, kdy sloužily pro řízení tiskárny a podobných zařízení. Řetězce znaků tedy představují jednotlivé řádky textu. Délka řádků je různá, může být omezená, např. 255 znaky. Výhodou textových souborů je možnost ruční opravy obsahu, pokud došlo k jeho porušení a možnost přečtení jeho obsahu v jakémkoliv textovém editoru.

Pro ukládání speciálních typů informace se vyvíjejí různé **formáty souborů**. Soubory ve stejném formátu jsou zpravidla označeny stejnou **příponou** v názvu souboru. Jako ukázkou uvádíme formát **"BMP"** pro ukládání obrázků složených z jednotlivých **bodů** (pixelů) umístěných v matici. Někdy jsou takové obrázky nazývány jako **bodová grafika**.

Soubor ve formátu BMP lze rozdělit do čtyř oblastí. Ukážeme si je přímo na rozboru souboru obsahujícího bílou plochu velikosti 10 × 20 bodů. Obsah jednotlivých Byte je zapsán hexadecimálně v (šestnáctkové soustavě):

#### 1. **BitMapFileHeader** (14 Byte) - záhlaví souboru

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| 42 4D = "BM" | - typ souboru, tedy BMP        |
| 8E 00 00 00  | - délka souboru (142 Byte)     |
| 00 00        | - rezervováno, musí být nulové |
| 00 00        | - rezervováno, musí být nulové |



3E 00 00 00 - délka všech záhlaví a palety barev (62 Byte)

## 2. **BitMapInfoHeader** (40 Byte) - informace o obrázku

28 00 00 00 - počet Byte vyhrazených pro toto záhlaví (40)

0A 00 00 00 - šířka obrázku v bodech (10)

14 00 00 00 - výška obrázku v bodech (20)

01 00 - počet vrstev, musí být jedna

01 00 - počet bitů na uložení jednoho bodu (1  $\Rightarrow$  obrázek je černobílý, 4  $\Rightarrow$  16 barev)

00 00 00 00 - použitý typ komprese

00 00 00 00 - velikost obrazu v Byte, pro nekomprimovaný obrázek 0

00 00 00 00 - horizontální rozlišení zdrojového zařízení v bodech na metr

00 00 00 00 - vertikální rozlišení zdrojového zařízení v bodech na metr

00 00 00 00 - počet barev v tabulce barev, pokud počet odpovídá počtu bitů k zobrazení bodu, je zde 0

00 00 00 00 - počet importovaných barev, 0 znamená, že všechny barvy byly importovány

3. **RGBQuadArray** - určení kódů barev v pořadí modrá, zelená, červená, čtvrtý byte je rezervovaný, musí být 0 (Velikost oblasti je v našem případě 8 Byte = dvě barvy)

00 00 00 00 - černá barva

FF FF FF 00 - bílá barva (svítí vše)

4. **Vlastní data** (80 Byte) - obrázek je uložen po řádcích, počet Byte pro uložení řádku je vždy zarovnán na nejbližší vyšší celistvý násobek 4 Byte. Informace o bodech je uložena od začátku řádku, nepotřebné bity na konci řádku mohou obsahovat cokoli.

FF C0 54 20

FF C0 6A 65

FF C0 28 2A

FF C0 43 58



## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Arlow, J. & Neustadt, I. *UML a unifikovaný proces vývoje aplikací*. 1. Vyd. Brno, Computer Press, 2003, 388 s. ISBN 80-7226-947-X.
- [2] Barton, D. P. & Pears, A. N. Application of Evolutionary Computation. In *Proceedings of First International Conference on Genetic Algorithms "Mendel '95"*. Red. Ošměra, P. Brno, VUT 1995, s. 15 - 21.
- [3] Bayer, R. & McCreight, E. M. Organization and Maintenance of Large Ordered Indices. *Acta Informatica*, 1, 1972.
- [4] Březina, T. *Informatika pro strojní inženýry I*. 1. vyd. Praha ČVUT 1991, 187 s.
- [5] Brodský, J. & Skočovský, L. *Operační systém UNIX a jazyk C*. 1. vyd. Praha, SNTL 1989, 368 s.
- [6] Cockburn, A. *Use Case – Jak efektivně modelovat aplikace*. 1. vyd. Brno, CP Books a.s., 2005, 262 s. ISBN 80-251-0721-3.
- [7] Častová, N. & Šarmanová, J. *Počítače a algoritmizace*. 3. vyd. Ostrava, skriptum VŠB 1983, 190 s.
- [8] Donghui Zhang. *B Trees*. Northeastern University, 22 pp. Dostupný z webu:  
[http://zgking.com:8080/home/donghui/publications/books/dshandbook\\_BTtree.pdf](http://zgking.com:8080/home/donghui/publications/books/dshandbook_BTtree.pdf)
- [9] Drózd, J. & Kryl, R. *Začínáme s programováním*. Praha, Grada 1992, 312 s.
- [10] Drozdová, V. & Záda, V. *Umělá inteligence a expertní systémy*. 1. vyd. Liberec, skriptum VŠST 1991, 212 s.
- [11] Farana, R. *Zaokrouhlovací chyby a my*. Bajt 1994, č. 9, s 243 – 244.
- [12] Flaming, B. *Practical data structures in C++*. New York, USA, Wiley, 1993.
- [13] Hodinár, K. *Štandardné aplikačné programy osobných počítačov*. 1. vyd. Bratislava, Alfa 1989, 272 s.
- [14] Holeček, J. & Kuba, M. *Počítače z hlediska uživatele*. Praha, SPN 1988, 240 s.
- [15] Honzík, J. M., Hruška, T. & Máčel, M. *Vybrané kapitoly z programovacích technik*. 3. vyd. Brno, skriptum VUT 1991, 218 s.
- [16] Hudec, B. *Programovací techniky*. Praha, ČVUT 1990.
- [17] Jackson, M. A. *Principles of Program Design*. New York (USA), Academic Press 1975.
- [18] Jandoš, J. *Programování v jazyku GW BASIC*. Praha, NOTO - Kancelářské stroje 1988, 164 s.
- [19] Kačmář, D. *Programování v jazyce C++*. Objektová a neobjektová rozšíření jazyka. Ostrava, ES VŠB-TU 1995, 92 s.
- [20] Kačmář, D. & Farana, R. *Vybrané algoritmy zpracování informací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1996. 136 s. ISBN 80-7078-398-2.



- [21] Kaluža, J., Kalužová, L., Maňasová, Š. *Základy informatiky v ekonomice*. 1. vyd. Ostrava, skriptum VŠB 1992, 193 s.
- [22] Kanisová, H. & Müller, M. *UML srozumitelně*. 1. vyd. Brno, Computer Press, 2004. 158 s. ISBN 80-251-0231-9.
- [23] Kapoun, K. & Šmajstrla, V. *Základní fyzikální problémy - programy v jazyce BASIC a FORTRAN*. 1. vyd. Ostrava, skriptum VŠB 1987, 312 s.
- [24] Kelemen, J. aj. *Základy umelej inteligencie*. 1. vyd. Bratislava, Alfa 1992, 400 s.
- [25] Knuth, D. E. *The Art of Computer Programming*. Volumes 1-4A, 3<sup>rd</sup> ed. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 2011, 3168 pp. ISBN 0-321-75104-3.
- [26] Kopeček, I. & Kučera, J. *Programátorské poklesky*. Praha, Mladá fronta 1989, s. 150-155.
- [27] Krček, B. & Kreml, P. *Praktická cvičení z programování. FORTRAN*. 1. vyd. Ostrava, skripta VŠB 1986, 199 s.
- [28] Kučera, L. *Kombinatorické algoritmy*. 2. vyd. Praha, SNTL 1989, 288 s.
- [29] Kukal, J. *Myšlením k algoritmům*. 1. vyd. Praha, Grada 1992, 136 s.
- [30] Marko, Š. - Štěpánek, M. *Operační systémy mikropočítačů SMEP*. 2. vyd. Bratislava/Praha, Alfa/SNTL 1988, 264 s.
- [31] Medek, V. & Zámožík, J. *Osobný počítač a geometria*. 1. vyd. Bratislava, Alfa 1991, 256 s.
- [32] Michalewicz, Z. *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. 1. vyd. Heidelberg, Springer-Verlag Berlin 1992, 250 s.
- [33] *Microsoft Developer Network*. Development Library January 1995. Microsoft Corporation 1995, CD - ROM.
- [34] Molnár, Ľ. & Návrat, P. *Programovanie v jazyku LISP*. 1. vyd. Bratislava, Alfa 1988, 264 s.
- [35] Molnár, Ľ. *Programovanie v jazyku Pascal*. Bratislava/Praha, Alfa/SNTL 1987, 160 s.
- [36] Molnár, Z. *Moderní metody řízení informačních systémů*. Praha, Grada 1992, s. 211 - 221.
- [37] Moos, P. *Informační technologie*, 1. vyd. Praha, ČVUT 1993, 200 s.
- [38] Nešvera, Š., Richta, K. & Zemánek, P. *Úvod do operačního systému UNIX*. 1. vyd. Praha, ČVUT 1991, 185 s.
- [39] Olehla, J. & Olehla, M. aj. *BASIC u mikropočítačů*. 1. vyd. Praha, NADAS 1988, 386 s.
- [40] Ošmera, P. Použití genetických algoritmů v neuronových modelech. In *Sborník konference "EPVE 93"*. Brno VUT 1993, s. 88 - 95.
- [41] Paleta, P. *Co programátory ve škole neučí aneb Softwarové inženýrství v reálné praxi*. 1. vyd. Brno, Computer Press, 2003, 337 s. ISBN 80-251-0073-1.



- [42] Petroš, L. *Turbo Pascal 5.5 – Uživatelská příručka*. 1. vydání. Zlín, MTZ 1990, s. 20 – 21.
- [43] Plávka, J. *Algoritmy a zložitost'*. Košice, TU Košice, 1998. ISBN 80-7166-026-4.
- [44] Podlubný, I. *Počítat' na počítači nie je jednoduché*. PC World, 1994, č. 2, s. 112 – 115.
- [45] Rawlins, G. J. E. *Compared to what – an introduction to the analysis of algorithms*. Computer Science Press, New York, 1992.
- [46] Reverchon, A. & Ducamp, M. *Mathematical Software Tools in C++*. West Sussex (England) John Wiley & Sons Ltd. 1993, 507 s.
- [47] Rychlík, J. *Programovací techniky*. České Budějovice, KOPP 1992, 188 s.
- [48] Sedgewick, R. *Algorithms*. 1<sup>st</sup> ed. Addison-Wesley. ISBN 0-201-06672-6.
- [49] Sirotová, V. *Programovacie jazyky*. 1. vyd. Bratislava, skriptum SVTŠ 1985, 138 s.
- [50] Soukup, B. SGP verze 2.30. *Referenční a uživatelská příručka systému*. Uherské hradiště, SGP Systems 1991, s. 25-55.
- [51] Synovcová, M. *Martina si hraje s počítačem*. 1. vyd. Praha, Albatros 1989, 144 s.
- [52] Šarmanová, J. *Teorie zpracování dat*. Ostrava, FEI VŠB-TU Ostrava, 2003, 160 s.
- [53] Šmiřák, R. *Unified Modeling Language*. Softwarové noviny, 2004, č. 12, s. 76 – 77.
- [54] Tichý, V. *Algoritmy I*. Praha, FIS VŠE v Praze, 2006, 190 s. ISBN 80-245-1113-4.
- [55] Vejmla, S. *Hry s počítačem*. 1. vyd. Praha, SPN 1988, 256 s.
- [56] Virius, M. *Základy algoritmizace*. Praha, ČVUT 2008, 265 s. ISBN 978-80-01-04003-4.
- [57] Vítěček, A. aj. *Využití osobních počítačů ve výuce*. 1. vyd. Ostrava, ČSVTS FS VŠB Ostrava 1986, 202 s.
- [58] Vítěčková, M., Smutný, L., Farana, R. & Němec, M. *Příkazy jazyka BASIC*. Ostrava, katedra ASŘ VŠB Ostrava 1989, 44 s.
- [59] Vlček, J. *Inženýrská informatika*. 1. vyd. Praha, ČVUT 1994, 281 s.
- [60] Wirth, N. *Algoritmy a struktury údajov*. 2. vydání. Bratislava, Alfa 1989, s. 19 – 89.
- [61] *Základy algoritmizace a programové vybavení*. 2. vyd. Praha, Tesla Eltos 1986, 168 s.
- [62] Zelinka, I., Oplatková, Z., Šeda, M., Ošmera, P. & Včelař, F. *Evoluční výpočetní techniky. Principy a aplikace*. 1. vyd. Praha, BEN – Technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-218-3.

