

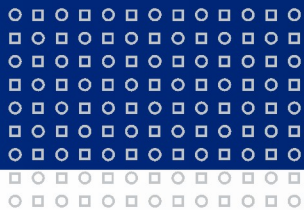


**MASARYKOVA UNIVERZITA**

STŘEDISKO PRO POMOC STUDENTŮM SE SPECIFICKÝMI NÁROKY

**Technologie pro zpřístupnění výuky  
matematiky zrakově postiženým na  
Masarykově univerzitě  
(INSPO 2012)**

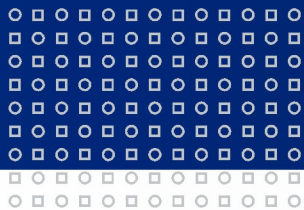
**Lukáš Másilko, Ondřej Nečas**



## Nevidomí a počítače

- **Počítač** – revoluční nástroj umožňující nevidomým komunikovat s okolním světem, za pomoci:
  - **odečítače obrazovky** = softwarová aplikace, která interpretuje informace v počítači prostřednictvím hlasového (syntetického) výstupu
  - **brailského řádku** = mechanické zařízení nabízející informace z počítače v hmatové podobě prostřednictvím brailského osmibodu – zkrácení zápisu čísel a velkých písmen
  
- **Důsledek:** nevidomý komunikuje s ostatními prostřednictvím elektronické pošty, přečte si většinu informací nabízených na internetu

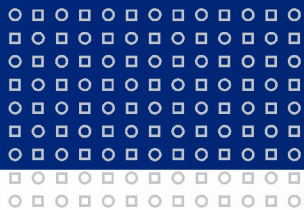




## Slabozrací a počítače

- Způsob práce slabozrakého na PC závisí na míře a typu zrakového postižení
  - odlišné nastavení zobrazení (nižší rozlišení, schéma barev)
  - využití optických pomůcek (lupy, dalekohledové a monokulární systémy)
  - softwarové lupy (ZoomText, Magic, Supernova, ...)

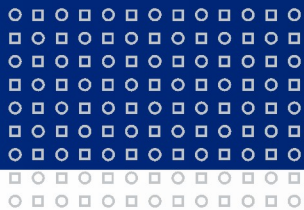




## Zpracování informací

- Nevidomí a slabozrací nemohou ihned rozpoznat, která informace je pro ně důležitá
  - V jednom okamžiku vnímají pouze určitou část dokumentu
- Způsob čtení je lineární
  - člověk se zrakovým postižením musí přečíst mnoho textu, aby se dostal k tomu, co hledá nebo co jej zajímá,
  - obtížně získává představu o celkové struktuře dokumentu.
- Vizuálně podané informace jsou pro něj bez alternativní pomoci nepřístupné



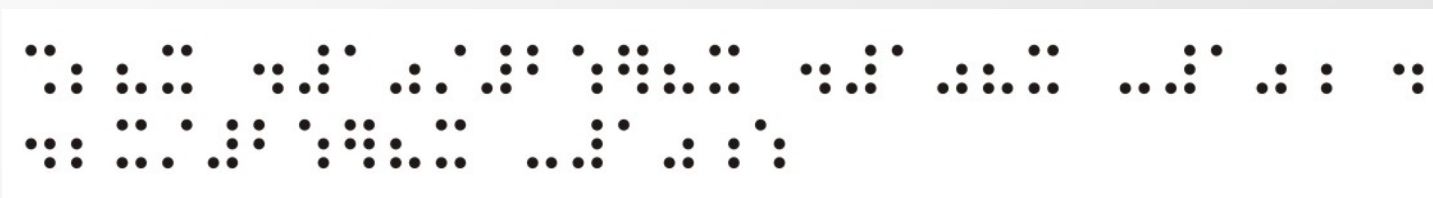


## Obtíže při práci nevidomých s matematikou

$$\sqrt{\frac{(x+1)^2}{(x+1)(x-1)}} + \frac{x^2}{x-1}$$

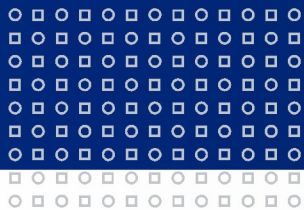
**Vizuální reprezentace  
matematických výrazů**  
– umožňuje lépe chápat  
jejich logickou strukturu

VS.



**Lineární (sekvenční) způsob čtení** = absence okamžitého globálního pohledu, nemožnost abstrahovat od konkrétních hodnot





## Obtíže při práci nevidomých s matematikou (2)

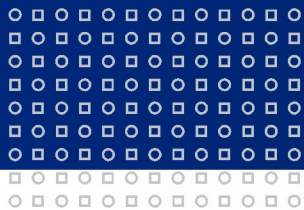
- ☒ Kontextová závislost braillovské reprezentace matematiky

$$\sqrt{\frac{(x+1)^2}{(x+1)(x-1)}} + \frac{x^2}{x-1}$$

VS.

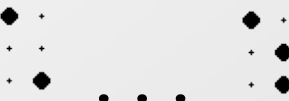
$$\begin{aligned} \text{č; } & (x + \boxed{\#}a) \boxed{\#}b\text{š} / (x + \boxed{\#}a) (x - \boxed{\#}a) \boxed{\#} + \\ & + ; x \boxed{\#}b\text{š} / (x - \boxed{\#}a) \boxed{\#} \end{aligned}$$





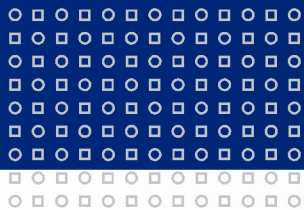
## Kontextová závislost reprezentace matematiky

- ☞ Systém založený na symetrii a dodržení sémantiky zápisu respektující linearitu čtení

- ☞ Odmocnina:  $\sqrt{\quad}$  č . . . š 
- ☞ Mocnina, horní index:  $x^y$  í . . . š 
- ☞ Dolní index:  $x_y$  á . . . š 
- ☞ Zlomek:  $\frac{\quad}{\quad}$  ; . . . / . . . >>> 

- ☞ Důvod: Zkrácení zápisu a zlepšení čitelnosti pro nevidomého





## Práce nevidomých s matematikou na počítači

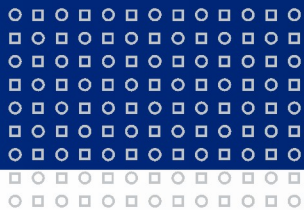
- Nevidomí začali používat počítač a běžné textové editory k zápisu matematických výrazů
- **Krok vpřed:** učitel je schopen matematický text číst
- **Nevýhody:**
  - běžné editory nepodporují speciální matem. symboliku (z logiky, množin, diferenciálního a integrálního počtu) – pokud ano, tak ve vizuální formě obrázků ☹
  - přetrvává lineární (sekvenční) způsob čtení výrazů
- **Důsledek:** vlastní transkripční kódy studentů
  - navzájem nekompatibilní, čitelné úzkým okruhem „zasvěcených“ (student, učitel, nikdo další)





## Ukázka transkripčního kódu (autor: Roman Kabelka)

- (1) Kvadrat. formule:  $q(f) = \text{sum}[i \text{ in } 0..n] (a[i] * f(x[i]))$
- (2) Císla  $a[i]$  se nazývají koeficienty,  $x[i]$  jsou uzly.
- (3) Chyba kvadraturní formule:  $r(f) = q(f) - \int_a^b f(x) dx$
- (4) Řekneme, že formule má stupeň přesnosti  $p$ , jestliže
- (5)  $r(x^j) = 0$ :  $j \text{ in } 0..p$
- (6)  $r(x^{(p+1)}) \neq 0$
- (8)  $j = 2$ :
- (9)  $i(x^2) = q(x^2) - \int_{-1}^1 (x^2) dx$
- (10)  $r(x^2) = A^2 + (-A)^2 - (1^3/3 - (-1)^3/3)$
- (11)  $= 2A^2 - (1/3 + 1/3) = 2a^2 - 2/3$
- (12)  $2a^2 = 2/3$
- (13)  $a^2 = 1/3$ ,  $a = \text{sqr}(3)/3$
- (14)  $r(x^3) = A^3 + (-A)^3 - \int_{-1}^1 (x^3) dx$
- (15)  $= \text{sqr}(3)/9 - \text{sqr}(3)/9 - (1^4/4 - (-1)^4/4) = 0$
- (16)  $r(x^4) = A^4 + (-A)^4 - \int_{-1}^1 x^4 dx$
- (17)  $= (\text{sqr}(3)/3)^4 + (\text{sqr}(3)/3)^4 - (1^5/5 + 1^5/5) = 2/9 - 2/5$



## Sazební systém Braille Universal Format (BUF)

- ☞ Sazba probíhá v běžném dokumentu MS Word, včetně kontroly pravopisu, modulu pro dělení slov atd.
- ☞ Obsahuje pravidla pro hmatovou sazbu českých i vícejazyčných textů v souladu s příslušnou národní normou mnoha jazyků, k nimž lze přidávat další.
- ☞ Obsahuje propracovanou podporu sazby matematických vzorců v souladu s českou hmatovou normou.
- ☞ Umožňuje tisk hmatového písma s černým podtiskem, důsledně znak za znak. Mírně poučený vidící čtenář tedy může sledovat přesně to, co vidí nevidomý.





## Editor BlindMoose

- Vyvinut v r. **2004** na Masarykově univerzitě ve Středisku pro pomoc studentům se specifickými nároky
- Poprvé umožnil standardní zápis matematiky pro nevidomé
- Důsledně implementuje českou národní šestibodovou normu
- **Čtení** prostřednictvím brailského řádku
- **Editace** pomocí klávesnice (běžné symboly), menu či klávesových zkratk
- **Nevýhody:**
  - národní a platformově závislý nástroj
  - absence kompenzačních funkcí usnadňujících pochopení logické struktury výrazů, přetrvávající lineární způsob čtení

## Editor BlindMoose 1 – ukázka

The screenshot shows a Microsoft Word window titled 'Dokument1 - Microsoft Word'. The 'Blind Moose' menu is open, displaying a list of mathematical symbols and their keyboard shortcuts. The menu items are:

- Obecné
- Množinové
- Geometrické
- Logické
- Negované
- Šipky (↔)
- Závorky
- Řecká abeceda (α)
- Prefixy
- Nástroje (g)

The symbols and shortcuts listed are:

- $\sqrt{\quad}$  odmocnina (Q)
- $\downarrow$  dolní index (L)
- $\uparrow$  horní index, mocnina (Z)
- $\sqrt{\quad}$  konec indexu, odmocniny (J)
- $\leq$  menší nebo rovno (J)
- $\geq$  větší nebo rovno (J)
- $\emptyset$  prázdná množina (Z)
- $\infty$  nekonečno (8)
- $\approx$  přibližně (Shift+B)
- % procento
- $\text{‰}$  promile (Shift+%)
- ' negace, s čárkou (S)
- $\bar{\quad}$  komplement, s pruhem (Shift+S)
- $\int$  integrál (Shift+G)
- $\partial$  parciální derivace (Shift+E)
- $\sim$  je podobné (Shift+;) )
- $\cong$  je shodné (-)
- $\ll$  index pod (Shift+1)
- $\Uparrow$  index nad (Shift+2)
- $\equiv$  kongruence, identicky rovno (C)
- $\circ$  kompozice, skládání funkcí (Shift+L)
- $\backslash$  oddělovník (přehláska)

The document text in the background shows mathematical formulas with some characters highlighted in red, indicating they are not yet fully rendered or are placeholders.

## Editor BlindMoose 2 - ukázka

The screenshot shows a Microsoft Word window titled "vzorce\_bm.doc - Microsoft Word". The interface is customized for a blind user, with a menu bar and a ribbon. The main text area contains mathematical examples:

**BlindMoose 2**  
Příklady vzorců

Pythagorova věta:  

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Obecný logaritmus:  

$$\log_a x = \frac{\log_b x}{\log_b a} = \log_a b \cdot \log_b x$$

Goniometrické funkce:  

$$\sin 2\alpha = 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

A context menu is open over the text, listing various mathematical symbols and their keyboard shortcuts:

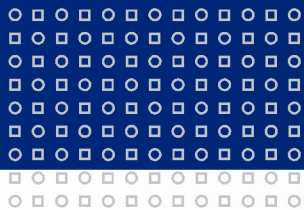
- začátek zlomku (3)
- konec zlomku (4)
- levá hranatá závorka (5)
- pravá hranatá závorka (6)
- levá složená závorka (Shift+7)
- pravá složená závorka (Shift+8)
- levá úhlová závorka
- pravá úhlová závorka
- absolutní hodnota
- maticová závorka (Shift+9)

## Projekt LAMBDA



**L**inear  
**A**ccess to  
**M**athematics for  
**B**raille  
**D**evice and  
**A**udio-synthesis

- Iniciativa konsorcia 15 partnerů z osmi evropských zemí
- Nabízí vše, co má k dispozici BlindMoose
- Navíc:
  - umožňuje **přenositelnost** mat. textu do různých národních prostředí Lambdy
  - nabízí **kompensační funkce**, díky nimž nevidomý rychle rozpozná logickou strukturu mat. výrazu



## Kompenzační funkce čtení logické struktury výrazu

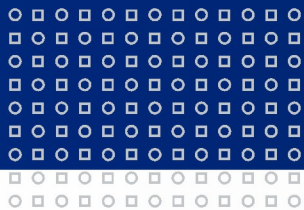
$$\sqrt{\frac{(x+1)^2}{(x+1)(x-1)}} + \frac{x^2}{x-1}$$



Vizuální reprezentace výrazu – čitelná braillovským řádkem i odečítačem obrazovky







## Kompenzační funkce čtení logické struktury výrazu (2)

$$\sqrt{\frac{(x+1)^2}{(x+1)(x-1)}} + \frac{x^2}{x-1}$$

√ //

∅

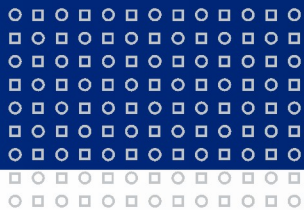
// + //

∅

// }

Vizuální reprezentace výrazu – čitelná braillovským řádkem i odečítačem obrazovky





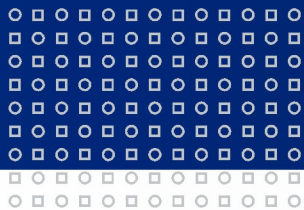
## Kompenzační funkce čtení logické struktury výrazu (3)

$$\sqrt{\frac{(x+1)^2}{(x+1)(x-1)}} + \frac{x^2}{x-1}$$

$\sqrt{\left( \right)^2} \div \left( \right) \left( \right) + x^2 \div x-1$

Vizuální reprezentace výrazu – čitelná braillovým řádkem i odečítačem obrazovky





## Kompenzační funkce čtení logické struktury výrazu (4)

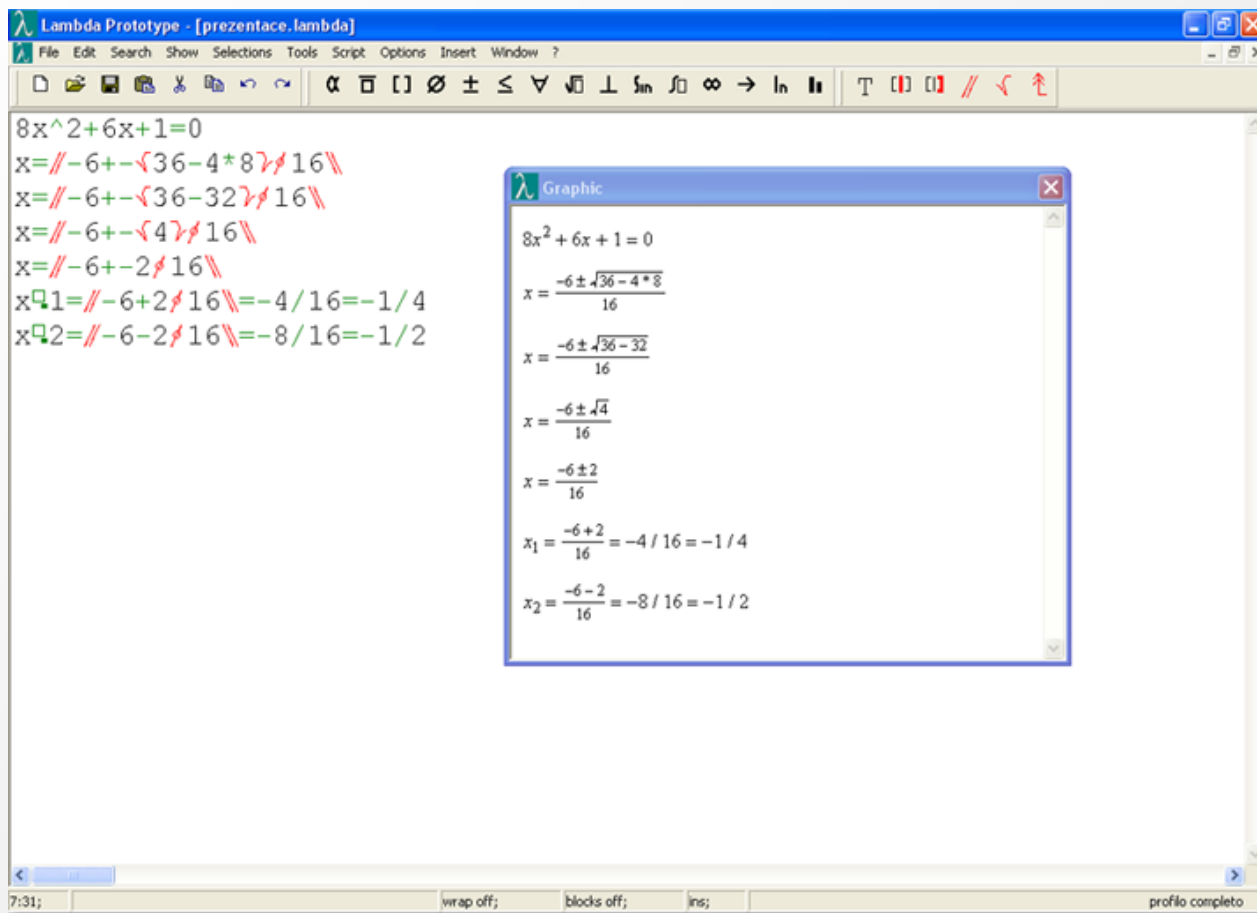
$$\sqrt{\frac{(x+1)^2}{(x+1)(x-1)}} + \frac{x^2}{x-1}$$

$\sqrt{\text{// } (x+1) \wedge 2 \text{ / } (x+1) (x-1) \text{ \\} + \text{// } x \wedge 2 \text{ / } x-1 \text{ \\}}$

Vizuální reprezentace výrazu – čitelná braillovským řádkem i odečítačem obrazovky



## Editor Lambda – ukázka



The screenshot shows the Lambda Prototype editor window titled "Lambda Prototype - [prezentace.lambda]". The main editing area contains the following text:

```
8x^2+6x+1=0
x=//-6+-√36-4*8/16\\
x=//-6+-√36-32/16\\
x=//-6+-√4/16\\
x=//-6+-2/16\\
x1=//-6+2/16=-4/16=-1/4
x2=//-6-2/16=-8/16=-1/2
```

A "Graphic" window is open, displaying the same equation and its solutions in a more formal mathematical layout:

$$8x^2 + 6x + 1 = 0$$
$$x = \frac{-6 \pm \sqrt{36 - 4 \cdot 8}}{16}$$
$$x = \frac{-6 \pm \sqrt{36 - 32}}{16}$$
$$x = \frac{-6 \pm \sqrt{4}}{16}$$
$$x = \frac{-6 \pm 2}{16}$$
$$x_1 = \frac{-6 + 2}{16} = -4 / 16 = -1 / 4$$
$$x_2 = \frac{-6 - 2}{16} = -8 / 16 = -1 / 2$$

The editor interface includes a menu bar (File, Edit, Search, Show, Selections, Tools, Script, Options, Insert, Window), a toolbar with various icons, and a status bar at the bottom showing "7:31; wrap off; blocks off; ins; proflo completo".

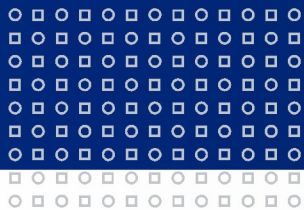
## Editor Lambda – shrnutí

### ➤ Další výhody:

- text může sestavit i učitel, který neumí číst bodové písmo
- díky hlasové syntéze může s editorem pracovat i nevidomý či slabozraký, který neumí číst braillové písmo
- efektivnější práce s maticemi

### ➤ Plány do budoucna:

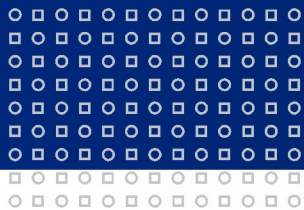
- Podpora větší strukturace dokumentu (vlození číslovaných či odrážkových seznamů, tabulek, ...)
- Funkcionalita exportu a importu MathML souborů
- Rozšiřitelnost o další matematické symboly
- Více možností pro slabozraké uživatele



## Další možnosti

- ⇒ Nástroje pracující s běžnými formáty:
  - ⇒ MathType v MS Wordu (hlasový výstup – v brzké době i v češtině – závisí na dokončení české lokalizace MathPlayeru)
  - ⇒ odt2braille (platforma OpenOffice Math) – převod matematického textu do brailu
- ⇒ Nástroje s vlastním interním formátem (na základě XML a MathML):
  - ⇒ Infty Editor
  - ⇒ MathDaisy
- ⇒ Chybí podpora české braillové normy
- ⇒ Řešení není kompletní: omezená možnost editace, vazba na konkrétní hardware, omezené možnosti importu a exportu...

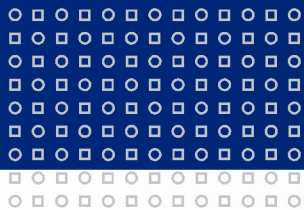




## Grafika a její zpracování

- Adaptace pro slabozraké: zvětšení obrázku, zvýraznění detailů, zvýšení kontrastu
- Adaptace pro nevidomé:
  - textovým popisem (je-li možné obsah obrázku popsat)
  - hmatovou grafikou (je-li možné znázornit obrázek v rovině)
  - trojrozměrným modelem (v nejhorším případě 😊)



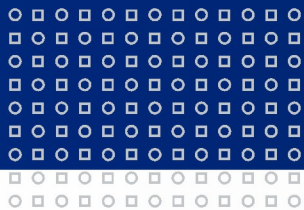


## Technologie pro výrobu hmatové grafiky

- Bodová grafika (ViewPlus SpotDot) – tisk hmatové grafiky pomocí braillovské tiskárny (nižší rozlišení)
- Tisk pomocí reliéfní barvy – speciální tiskárna, sítotisk
- Tisk na mikrokapslový (nadouvací) papír (Zy-Fuse Heater) – tisk grafiky na běžné laserové tiskárně
- Vakuově tvarovaná plastová fólie (Maxi-Form) – matrice je buď ručně připravená nebo nařezaná pomocí řezacího plotteru

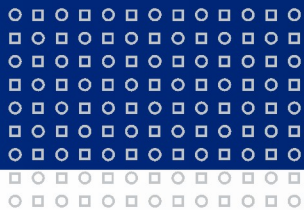






## Technologie pro výrobu hmatové grafiky (2)





# Děkujeme za pozornost

Lukáš Másilko, Ondřej Nečas

[masilko@teiresias.muni.cz](mailto:masilko@teiresias.muni.cz)

[necas@teiresias.muni.cz](mailto:necas@teiresias.muni.cz)

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

