

ASYMPTOTE A \LaTeX

RUDOLF BLAŠKO (SK)

Abstrakt. \TeX , resp. \LaTeX patria medzi najlepšie DTP programy na svete a v prípade odborných textov (matematických, fyzikálnych, chemických ap.) existuje len veľmi málo programov (aj to iba komerčných), ktoré by im mohli konkurovať. Kancelárske programy Office nemôžu \TeX -u konkurovať ani v prípade hladkej sadzby. Aj nakresliť graf matematickej funkcie nie je problém. Existuje mnoho programov, ktoré dokážu grafy pomerne pekne vykresliť. Problém nastáva s exportom a následným použitím v inom dokumente. Problém býva hlavne so sprievodným textom, t. j. použitým písmom. \LaTeX má k dispozícii už niekoľko rokov veľmi silný prostriedok – balíček `TikZ`. Skúsený pisateľ dokáže pomocou balíčka `TikZ` nakresliť prakticky všetko od jednoduchých obrázkov, cez grafy funkcií až po zložité schémy. Iná možnosť pri písaní dokumentov v \TeX -u, resp. \LaTeX -u je použitie programu `Asymptote`, ktorý je súčasťou distribúcie \TeX Live. Nevýhodou je nutnosť viacnásobného prekladu dokumentu (vrátane `Asymptote`). Nepopierateľná pridaná hodnota (pri použití `TikZ`-u aj `Asymptote`) ostáva v možnosti použitia všetkých dostupných prostriedkov \LaTeX -u. V spojení s balíčkom `Animate` môžeme grafy a obrázky vytvorené pomocou `TikZ`-u a `Asymptote` jednoducho animovať.

Kľúčové slová. \TeX , \LaTeX , balíček `TikZ`, `Asymptote`, balíček `Animate`, reálna funkcia, 3D funkcia.

ASYMPTOTE AND \LaTeX

Abstract. \TeX , respectively, \LaTeX belong to the best desktop publishing programs in the world and what is concerning the scientific texts (mathematical, physical, chemical, etc.), there are very few programs (even commercial ones) that could compete with them. The “Office type” programs cannot compete with \TeX even with smooth text typeset. Even drawing a graph of a mathematical function is not a problem. There are many programs that can render graphs quite nicely. The problem arises with the export and subsequent use in another document. The problem is especially with the accompanying text, i.e. font used. \LaTeX contains a very strong tool – the `TikZ` package – for several years now. The experienced writer can draw almost everything from simple pictures, function graphs to complex diagrams using the `TikZ` package. Another option when writing documents in \TeX , respectively, \LaTeX is the `Asymptote` program included with \TeX Live. The disadvantage is the necessity of multiple translations of the document (if it includes `Asymptote`). The undeniable added value (using both `TikZ` and `Asymptote`) remains in the use of all available \LaTeX tools. In conjunction with the `Animate` package, you can easily animate graphs and images.

Keywords. \TeX , \LaTeX , package `TikZ`, `Asymptote`, package `Animate`, real function, 3D function.

Úvod

\TeX , resp. \LaTeX patria medzi najlepšie DTP programy na svete a v prípade odborných textov (matematických, fyzikálnych, chemických, technických ap.), kde sa vyžadujú špeciálne symboly alebo dokonca zložitejšie vzťahy, existuje len veľmi málo programov (aj to iba komerčných), ktoré by im mohli konkurovať. V uvedených odborných kruhoch sú samozrejme aj najčastejšie používané. Ale to sa žiaľ, netýka Slovenska a Česka. Aj keď sú \TeX a \LaTeX zadarmo (Open Source), mnoho autorov uprednostní komerčný MS Office, v lepšom prípade Libre Office. Tieto programy sú výborné hlavne pre sekretárky, prípadne pre hladkú sadzbu. Pre vedecké a odborné texty (matematické, technické, chemické ap.) sú nevhodné a nepraktické. Ak chce niekto písať matematické vzorce a rovnice pomocou týchto kancelárskych programov, dokáže to, ale samozrejme s neporovnateľne väčším úsilím a neporovnateľne nižšou kvalitou.

Ak píšeme odborný text, mnohokrát potrebujeme svoje výsledky ilustrovať grafmi nejakých matematických funkcií. Sú to nielen funkcie jednorozmerné (ich grafy sú 2D), ale aj viacrozmerné s grafmi zobrazenými v 3D priestore. Nakresliť graf takejto matematickej funkcie nie je problém. Existuje mnoho programov (napr. komerčné programy Wolfram Mathematica, Maple, Matlab, Open Source Maxima, resp. wxMaxima, prípadne on line wolframalpha), ktoré dokážu grafy pomerne pekne vykresliť. Problém nastáva s exportom a následným použitím v inom dokumente. Statické grafy sa exportujú pomerne jednoducho, oveľa ťažšie je exportovať animované grafy. V prípade 2D grafov môžeme v uvedenom programe vytvoriť animovaný súbor vo formáte `.gif` a následne ho importovať do \TeX -ovského dokumentu. Oveľa výhodnejšie je v tomto prípade vytvoriť pre každý relevantný záber jeden grafický súbor (najlepšie vo formáte `.pdf`, `.png` alebo `.jpg`) a tie následne spojiť do jediného animovaného obrázka pomocou balíčka `animate`. Takto vytvorené obrázky môžeme pomocou jednoduchého menu ovládať (meniť rýchlosť prehrávania, prehrávať od zadu do predu, pozastaviť prehrávanie ap.). Balíček `animate` veľmi dobre spolupracuje s obrázkami vytvorenými pomocou balíčka `TikZ` a taktiež s obrázkami vytvorenými v programe `Asymptote`. Navyše aj 3D objekty vytvorené pomocou `Asymptote` môžeme tiež animovať (meniť veľkosť, otáčať do rôznych smerov ap.).

1. Asymptote

Program `Asymptote: The Vector Graphics Language` vyvinuli Andy Hammerlindl, John C. Bowman (University of Alberta) a Tom Prince. `Asymptote` je Open Source prostriedok, ktorý je k dispozícii na základe licencie GNU Lesser General Public License (LGPL). `Asymptote` funguje samozrejme nielen pod Linux-om, ale aj pod Mac OS a windows. Je vhodný na kreslenie grafov matematických funkcií a to dvojrozmerných a aj trojrozmerných.

Na domovskej stránke stránke <https://asymptote.sourceforge.io/> nájdeme mnoho užitočných informácií (dokumentácia, zdrojové a inštalačné súbory, galérie 2D a 3D príkladov, index, tutoriál, fórum, odkazy na iné stránky, ...). Môžeme si z tejto stránky stiahnuť inštalačné súbory a **Asymptote** nainštalovať na svoj počítač. **Asymptote** výstižne charakterizuje hneď prvý odstavec na tejto stránke: „**Asymptote** je výkonný popisný jazyk vektorovej grafiky, ktorý poskytuje prirodzené prostredie pre kreslenie technických obrázkov a schém. Popisky a rovnice sú vysádzané pomocou T_EX-u, resp. L^AT_EX-u, de facto štandardu pre sadzbu matematiky.“ Hlavnou výhodou **Asymptote** oproti iným grafickým programom je, že je navyše aj programovacím jazykom. Je inšpirovaný METAPOST-om, syntax jazyka je odvodená zo syntaxe C++. Grafické príkazy sú implementované v samotnom jazyku **Asymptote**, čo umožňuje ich prispôsobenie konkrétnym situáciám. Spomeňme ešte niektoré zaujímavé vlastnosti **Asymptote** (viď <https://asymptote.sourceforge.io/>):

- Generovanie vysoko kvalitnej vektorovej grafiky s možnosťami výstupu do formátov PostScript (.ps, resp. .eps), .pdf, .svg, WebGL, PRC.
- Možnosť vkladania 3D vektorovej grafiky WebGL (Web Graphics Library pre JavaScript) do súborov .html.
- Možnosť vkladania 3D vektorovej grafiky PRC (Product Representation Compact) do súborov .pdf.

Ak máme nainštalovaný T_EX a neplánujeme **Asymptote** samostatne používať, potom ho nemusíme samostatne inštalovať, pretože je štandardnou súčasťou inštalácie T_EX-u a veľmi dobre spolupracuje s L^AT_EX-om pomocou balíčka **asymptote**. Pre nás je interesantné, že 3D obrázky vytvorené pomocou **Asymptote** a exportované do súborov .pdf, môžeme rôzne otáčať, zmenšovať ap. Dvojrozmerné obrázky dokážeme animovať pomocou balíčka **animate**. Balíčkom **animate** sa zaoberal P. Stríž na OSSConf 2010 v príspevku „Jak jsem se skamarádil s L^AT_EXovým balíčkom **animate**“ [4], pričom autor obrázky vytváral na úrovni METAPOST-u.

2. Asymptote a T_EX

Najväčšia výhoda **Asymptote** je už spomínaná spolupráca a prepojenie s T_EX-ovým, resp. L^AT_EX-ovým dokumentom. Po vložení príkazu

```
\usepackage[inline]{asymptote}
```

do preamble L^AT_EX-ového zdrojového dokumentu môžeme **Asymptote** scripty písať priamo do textu do prostredia **asy**:

```
\begin{asy}
  zdrojový text pre Asymptote
\end{asy}
```

príčom za príkazom `\begin{asy}` nesmie byť prázdny riadok a príkaz `\end{asy}` musí byť na samostatnom riadku a musí byť na riadku jediný (ani T_EX-ovská

poznámka pomocou % nemôže byť za ním). L^AT_EX dokument sa prekladá na tri krát, preto je vhodné si vytvoriť script na takýto preklad. Napríklad, ak sa náš zdrojový súbor nazýva `subor.tex`, potom preklad by mal prebiehať nasledovne:

```
pdflatex subor.tex
asy subor-*.asy
pdflatex subor.tex
```

Prvý krok, preklad pomocou `pdflatex-u`, vytvorí v adresári súboru `subor.tex` súbory `subor-1.asy`, `subor-2.asy`, ... (ku každému prostrediu `asy` jeden súbor) a súbor `subor.pre`.

Druhý krok, preklad pomocou `Asymptote`, vytvorí v uvedenom adresári súbory `subor-1.tex`, `subor-2.tex`, ..., `subor-1.pre`, `subor-2.pre`, ..., a pomocné súbory `_subor-1.pdf`, `_subor-2.pdf`, ..., `subor-1_0.pdf`, `_subor-2_0.pdf`, Pri vytváraní 3D grafiky sa vygenerujú aj iné súbory, napr. `subor-?+0.prc`, `subor-?+0_0.pdf`, `subor-?_0.pbsdat`, `subor.out`.

Po druhom kroku je súbor `subor.pdf` nefunkčný, preto musíme urobiť ešte jeden preklad pomocou `pdflatex-u`. Ak sa pri písaní dokumentu údaje v prostrediach potrebných pre `Asymptote` nezmenia, preklad pomocou `asy` nemusíme robiť a postačí jeden preklad pomocou `pdflatex-u`.

Externý súbor `asysubor.asy` so zdrojovým kódom `Asymptote` môžeme do L^AT_EX-ovského dokumentu vložiť pomocou príkazu

```
\asyminclude[<voľby>]{asysubor.asy}
```

Druhá možnosť ako používať L^AT_EX s implementovanými zdrojovými kódmi `Asymptote` je použitie utility `latexmk` zo stránky <http://mirror.ctan.org/support/latexmk/>.

Nastavenia potrebné pre `Asymptote`, ktoré používame vo viacerých prostrediach `asy`, nemusíme písať samostatne v každom z nich. Môžeme ich definovať na začiatku (môžeme aj v preambule) v prostredí `asydef`, napr.

```
\begin{asydef}
  texpreamble("\usepackage[math]{iwona}");
  real cc=1.5; //hodnota cc > 0
  import graph;
\end{asydef}
```

Príkaz `texpreamble("\usepackage[math]{iwona}");` zariadi, že v celom dokumente, vrátane prostredí `asy` nastaví sanserifový font `iwona` (viď <https://tug.org/FontCatalogue/iwona/>). Ak tento príkaz použijeme iba v nejakom konkrétnom prostredí `asy`, tieto fonty sa nastavia v celom dokumente a iba v tomto prostredí `asy` a v ostatných prostrediach `asy` sa nenastavia. Ak dáme do preambuly príkaz `\usepackage[math]{iwona}` fonty sa nastavia iba v celom dokumente, ale nie v prostrediach `asy`.

Príkaz `import graph;` načíta modul `graph` na kreslenie grafov reálnych funkcií. Týchto modulov (Base modules) je okolo 40 (viď <https://asymptote.>

sourceforge.io/doc/, resp. súbor `asymptote.pdf`, ktorý dostaneme zadaním `texdoc asymptote` na príkazovej úrovni – v oboch prípadoch „Kapitola 8: Base modules“) a do prostredí `asy` sa načítavajú príkazom `import`. Základný modul je `plain`, ktorý je nastavený implicitne. Na animovanie dvojrozmerných obrázkov používame modul `animation`. Na vykresľovanie trojrozmerných grafov používame modul `graph3`. Z ostatných modulov spomeňme napríklad `interpolate` (modul implementuje Lagrangeovú, Hermitovú a štandardnú interpoláciu kubických spline do `Asymptote`), `geometry` (rôzne geometrické symboly, štruktúry, krivky ap.), `stats` (rôzne štatistické funkcie), `patterns` (rôzne vzory na vypĺňanie plôch), `markers` (rôzne možnosti na označovanie vrcholov, hrán, ciest, uhlov ap.), `tree`, `binarytree`, `drawtreetree` (binárne a jednoduché stromy), `palette` (rôzne nastavena farieb), `three` (možnosť konverzie dvojrozmerných kriviek na trojrozmerné a naopak), `grid3` (trojrozmerné mriežky), `flowchart` (vývojové diagramy), `contour` (vrstevnice).

```

\documentclass{article}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[inline]{asymptote}

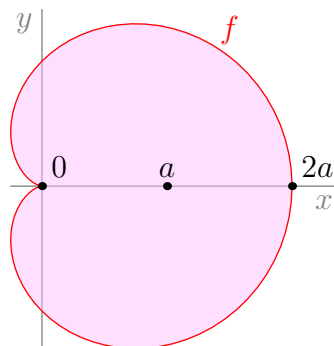
\begin{document}
\pagestyle{empty}
\begin{asy}
  import graph;size(0,5cm);

  xaxis("$x$",above=true,p=gray);
  yaxis("$y$",above=true,p=gray);

  real f(real t){return 1+cos(t);}
  path g=polargraph(f,0,2pi)--cycle;
  filldraw(g,pink+opacity(.5),drawpen=red);
  label("\large$f$",(1.5,1.25),red);

  dot("$0$",(0,0),N+E);
  dot("$a$",(1,0),N);dot("$2a$",(2,0),N+E);
\end{asy}
\end{document}

```



Obr. 1. Kardioda $f: \rho(\varphi) = a(1 + \cos \varphi)$, $\varphi \in \langle 0, 2\pi \rangle$, $a > 0$.

Rovnica krivky zvanej kardioda (srdcovka) má v polárnych súradniciach rovnicu $\rho(\varphi) = a(1 + \cos \varphi)$, $\varphi \in \langle 0, 2\pi \rangle$, $a > 0$. Táto krivka sa dá taktiež zostrojiť ako epicykloida, t. j. rovinná krivka, ktorú pri kotúlení kružnice k po vonkajšej strane pevne danej kružnice K opisuje daný bod B , ktorý je pevný vzhľadom na k . Kardiodidu dostaneme, ak majú obe kružnice rovnaký polomer a bod B leží na obvodě kružnice k . Na obr. 1 je kardioda vykreslená pomocou `Asymptote`.

Modul `animation` umožňuje generovať animované obrázky. Tieto animácie využívajú prevodný program `ImageMagick` na zlúčenie viacerých obrázkov do súborov vo formáte `.gif` alebo `.mpeg`. Vhodnejšie je použiť odvodený modul `animate`, ktorý generuje vyššiu kvalitu obrázkov vo formáte `.pdf` s možnosťami ovládania. Tento spôsob je podmienený inštaláciou balíčka `animate.sty` v `LATEX`-u a použiť ho môžeme v prostredí `asy` nasledovne:

```
usepackage("animate");
settings.tex="pdflatex";
defaultpen(.25);
import animation;
```

Ak animovanú časť označíme `animation a`; , potom ovládacie menu animácie dostaneme napríklad príkazom

```
label(a.pdf(delay=250,"buttonsize=10pt,controls,autoplay,
loop,palindrome",multipage=false));
```

Hypocykloida je rovinná krivka, ktorú pri kotúľaní kružnice k po obvodov vnútornej strany pevne danej kružnice K (kružnica k je vo vnútri kružnice K) opisuje daný bod B , ktorý je pevný vzhladom na k . Ak označíme $R > 0$ polomer kružnice K , $r > 0$ polomer kružnice k ($r < R$), $c \geq 0$ vzdialenosť bodu B od stredu kružnice k , potom môžeme hypocykloidu parametricky vyjadriť v tvare

$$x = (R-r) \cos \frac{rt}{R} + c \cos \frac{(R-r)t}{R}, \quad y = (R-r) \sin \frac{rt}{R} - c \sin \frac{(R-r)t}{R}, \quad t \in R.$$

Pohyb bodu B pre prípad $R = \frac{5r}{3}$, $c = \frac{3r}{2}$ je znázornený na obr. 2. Keďže sú pomery $\frac{r}{R} = \frac{3}{5}$, $\frac{(R-r)}{R} = \frac{2}{5}$ racionálne čísla, funkcie sínus a kosínus sú periodické s periódou 2π , pohyb sa uzavrie po piatich okruhoch, t. j. po hodnote $t = 10\pi$. Uvedená hypocykloida je periodická s periódou 10π a má tvar

$$x = \frac{2r}{3} \cos \frac{3t}{5} + \frac{3r}{2} \cos \frac{2t}{5}, \quad y = \frac{2r}{3} \sin \frac{3t}{5} - \frac{3r}{2} \sin \frac{2t}{5}, \quad t \in \langle 0, 10\pi \rangle.$$

Na začiatku zdrojového kódu sú definované základné hodnoty $c = cc$, $R = rv$, $r = rm$, rt koniec definičného intervalu, n počet vykresľovaných bodov grafu.

```
\begin{asy}
real cc=1.5,u=5,v=3,rv=u/v,rm=1,rt=2*u,rp=rv-rm;int n=90;
import graph;
usepackage("animate");settings.tex="pdflatex";defaultpen(.25);import animation;
size(0cm,5cm);
pair wheelpoint(real t)
{return (rp*cos(t*rm/rv)+cc*cos(rp*t/rv),rp*sin(t*rm/rv)-cc*sin(rp*t/rv));}
guide wheel(guide g=nullpath,real a,real b,int n)
{real width=(b-a)/n;for(int i=0;i<=n;++i)
{real t=a+width*i;g=g--wheelpoint(t);} return g;}
real tinterval=rt*pi,t1=0,t2=t1+tinterval;draw(circle((0,0),rv),olive+.75);
animation a;
pair z1=wheelpoint(t1);dot(z1,red);real dt=(t2-t1)/n;
for(int i=0;i<=n;++i) {save();
real t=t1+dt*i;real kx=rp*cos(rm*t/rv);real ky=rp*sin(rm*t/rv);
filldraw(circle((kx,ky),cc),.2paleblue+white,.2paleblue+white+.5);
```

```

draw((0,0)--(rv*cos(rm*t/rv),rv*sin(rm*t/rv)),lightblue);
if (t>0) {filldraw((kx,ky)--arc((kx,ky),rm,180*rm*t/rv/pi,
    -180*rp*t/rv/pi)--cycle,white+.75blue+opacity(.25),drawpen=lightblue);}
draw(circle((0,0),rv),olive+.75);label("$K$",(-.6*rv,-.75*rv),SW,olive);
draw(circle((0,0),rp),dotted+blue+white);
draw(circle((0,0),rp-cc),yellow+.35red);draw(circle((0,0),rp+cc),yellow+.35red);
    label("$x$", (rv+.25,0),N);draw((-rv-.25,0)--(rv+.25,0));
    label("$y$", (0,rv+.25),W);draw((0,-rv-.25)--(0,rv+.25));
draw(wheel(t1,t2,8*n),dotted+red);draw(circle((kx,ky),rm),blue+.75);
label("$k$", (kx-.6,ky-.75),SW,blue);draw((kx,ky)--wheelpoint(t),black+.625);
    dot((kx,ky));dot(wheelpoint(t),red+black);draw(wheel(t1,t,8*max(1,i)),red+.5);
    label("\scriptsize$t="+string(t,7)+"$", (.3*rv,-rv),SE,blue);
a.add();restore();} erase();
label(a.pdf(delay=250,"buttonsize=10pt,controls,autoplay,loop,
    palindrome",multipage=false));
\end{asy}

```

Obr. 2. Príklad animácie hypocykloidy

Na záver uvedieme príklad trojrozmerného grafu vytvoreného v **Asymptote**. Na obr. 3 je znázornený graf funkcie $z = \sin x \cdot \sin y$ na intervale $\langle -\pi, \pi \rangle \times \langle -\pi, \pi \rangle$.

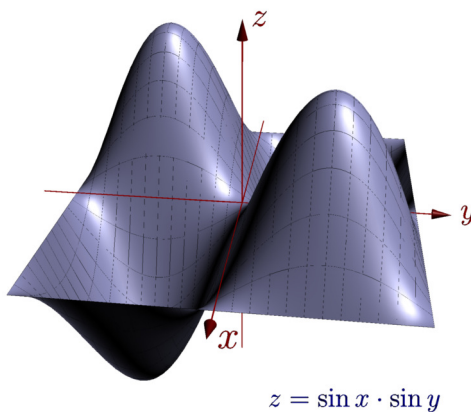
Záver

Iná možnosť na kreslenie je použitie balíčka **TikZ** (T ist kein Zeichenprogramm). ktorý je veľmi účinný nástroj na kreslenie jednoduchých aj zložitejších obrázkov, grafov, schém, grafov funkcií... Jeho autorom je Till Tantau. Základným princípom práce s týmto balíčkom sa zaoberal A. Kozubík na OSSConf 2012 v príspevku „Naučím vás kresliť alebo predstavenie balíčka TikZ“ [3]. Balíček je štandardnou súčasťou každej inštalácie T_EX-u. Manuál a mnoho užitočných informácií nájdeme na portáli CTAN <https://www.ctan.org/pkg/pgf>.

```

\begin{asy}
import graph3;import palette;
size(175,175,IgnoreAspect);
currentprojection=perspective(2,.55,0.25);
real f(pair z){return sin(z.x)*sin(z.y);}
draw(surface(f,(-pi,-pi),(pi,pi),nx=24,
    Spline),paleblue,render(merge=true));
surface f=surface(f,(-pi,-pi),(pi,pi),
    24,Spline);
draw(f,mean(palette(f.map(zpart),
    Rainbow(24))),brown);
draw(Label("$x$",1),
    (-1.2pi,0,0)--(1.2pi,0,0),brown,Arrow3);
draw(Label("$y$",1),
    (0,-1.2pi,0)--(0,1.2pi,0),brown,Arrow3);
draw(Label("$z$",1),
    (0,0,-1.2)--(0,0,1.2),brown,Arrow3);
label("$z=\sin{x}\cdot\sin{y}$",
    (.5,.5,-1.35),SE,deepblue);
\end{asy}

```



Obr. 3. Graf funkcie $z = \sin x \cdot \sin y$, $(x, y) \in \langle -\pi, \pi \rangle \times \langle -\pi, \pi \rangle$

Poďakovanie. Príspevok vznikol s príspevom grantu KEGA 011–4/2014ŽU „Experimentálna matematika – zviditeľnenie neviditeľného“ podporeného Slovenskou kultúrno-edukačnou grantovou agentúrou.

Literatúra

- [1] HAMMERLINDL, A., BOWMAN, J., PRINCE, T.: *Asymptote: The Vector Graphics Language*, <https://asymptote.sourceforge.io/>.
- [2] KNUTH, D. E.: *The TeXbook*, Volume A of *Computers and Typesetting*, Addison-Wesley Publishing Company (1984), ISBN 0-201-13448-9.
- [3] KOZUBÍK, A.: *Naučím vás kresliť alebo predstavenie balíčka TikZ*, Zborník príspevkov medzinárodnej konferencie OSSConf 2012, 2.–4. júla 2012, Žilina, str. 91–96. ISBN 978-80-970457-2-2.
- [4] STRÍŽ, P.: *Jak jsem se skamarádil s LaTeXovým balíčkom animate*, Zborník príspevkov medzinárodnej konferencie OSSConf 2010, 1.–4. júla 2010, Žilina, str. 177–184. ISBN 978-80-970457-0-8.
- [5] TANTAU, T.: *TikZ & PGF*, Manual for Version 3.1.3, <http://mirrors.ctan.org/graphics/pgf/base/doc/pgfmanual.pdf>.

Kontaktná adresa

RNDr. Rudolf Blaško, PhD., Katedra matematických metód a operačnej analýzy, Fakulta riadenia a informatiky, Žilinská univerzita, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovensko,
E-mailová adresa: beerb@frcatel.fri.uniza.sk