METAPOST versus METAFONT

Miroslav Brož, miroslav.broz@email.cz 21. 11. 1999

METAPOST je silným nástrojem pro výrobu jednodušších postscriptových obrázků. Jazyk a principy METAPOSTu jsou takřka shodné s jeho předchůdcem METAFONTem (viz Šedivý, P. a kol. 1997) liší se pouze v detailech a přidává několik užitečných funkcí, jež jsou předmětem tohoto článku.

• Instalace pod DOSem a Linuxem

!!! Instalace pod DOSem, EMTEX, gjkt.zip
!!! Instalace pod Linuxem, tetex

• Sazba PostScriptu v TEXu

Protože METAPOST produkuje postscriptové obrázky, měli bychom vědět, jak se tyto obrázky sázejí v TEXu. Mějme tedy dokument `foo.tex` a obrázek `foo.eps` — přípona tohoto souboru může být jiná, důležité však je, aby byl ve formátu EPS (Encapsulated PostScript). Jedná se o podmnožinu formátu PS, má pouze jednu stranu a hlavně jsou na začátku souboru (nebo na konci) uvedeny rozměry obrázku (viz řádek začínající `%%BoundingBox:`).

Pro vkládání EPS obrázků slouží makra nazvaná `epsf`. Někde na začátku dokumentu je tedy třeba napsat `\input epsf` a v místě, kde chceme umístit obrázek pak `\epsfbox{foo.eps}`. Obrázek se v TEXu chová jako obyčejný box s rozměry bounding boxu (viz výše).

Pokud potřebujeme obrázek zvětšit nebo zmenšit na určitý rozměr, můžeme *před* makrem `\epsfbox` ještě uvést např. `\epsfxsize=\hsize` (šířka obrázku je rovna šířce stránky) nebo `\epsfysize=7.5cm` (výška obrázku rovná 7,5 cm). Poměr stran obrázku přitom zůstane zachován, přiřazení `\epsfxsize` má přitom přednost před nastavením výšky obrázku. S obrázkem se *změní i velikost popisků*, které obsahuje. Takovéto nastavení rozměru funguje *jen pro jeden obrázek*, pro další obrázky musíme nastavení `\epsfxsize` a `\epsfysize` provést znovu.

• Schéma práce METAPOSTu

Nejprve musíme vytvořit vlastní zdrojový text obrázku, obvykle má tento soubor příponu `.mp`, tedy např. `foo.mp`. V jednom souboru může být více obrázků najednou, každý začíná `beginpic(⟨číslo⟩);` a končí `endpic;`. METAPOST nám se souboru `foo.mp` vyrobí poscriptové obrázky `foo.1`, `foo.2`, atd. podle toho, jak jsme očíslovali obrázky v makru `beginpic`.

Pokud chceme výsledné obrázky včetně popisků (viz níže) ihned prohlížet (např. programem GhostView, `gv`), musíme splnit dvě podmínky. Za prvé je nutné na začátek souboru `foo.mp` napsat řádek `prologues:=1`, který říká METAPOSTu, že má do výsledných postscriptových obrázků vložit definice fontů použitých v popiscích. Za druhé musíme mít tyto *postscriptové fonty* nainstalované a program `ghostscript` o nich musí vědět (dostupné jsou i PS verze standardních Computer Modern fontů i jejich počeštěných variant, tzv. CS fonty – viz výše instalace).

Existuje však ještě druhá možnost využívající možnosti programu `dvips`, která tyto fonty nepotřebuje a stačí jí běžné TEXové fonty ve formátu `pk`. Nejprve vysázíme obrázky v dokumentu `foo.tex` pomocí maker `epsf` (viz výše), pak jej přeložíme TEXem a výsledný `dvi` soubor převedeme do PostScriptu příkazem

```
dvips -o foo.ps foo.dvi
```

Nesmíte přitom použít přepínač `-a`. Program `dvips` doplní potřebné znaky z fontů do popisků, rozdíl proti předchozímu způsobu je v tom, že fonty tentokrát nejsou vektorové (postscriptové), ale jsou uloženy na začátku souboru `foo.ps` v podobě bitmap, stadardně s rozlišením 600 dpi. Postscriptový soubor tím neztrácí nezávislost na rozlišení, stále jej můžeme libovolně škálovat a tisknout na zařízeních s libovolným rozlišením. Pokud však budeme tisknout s rozlišením např. 2400 dpi, popisky budou správně veliké, ale jejich kvalita bude odpovídat pouhým 600 dpi.

Výhodou je, že tento postup bychom stejně nejpíše nakonec prodělali, neboť konečné TEXové dokumenty včetně vysázených obrázků je zvykem šířit právě v postscriptovém formátu.

• Základní jednotka

Základní jednotkou vzdálenosti je postscriptový bod `bp=1=in/72`. Samozřejmě jsou definované i ostatní obvyklé jednotky jako `cm`, `mm`, `pt`.

• Transformace obrázků

Díky vlastnostem jazyka PostScript je nyní možné provádět všechny afinní transformace i s celými obrázky, nejen s body, cestami nebo s tvary pera. Tuto vlastnost oceníme zejména při tvorbě popisků, které se jako obrázky chovají (viz níže).

• Barvy a stupně šedi

Novinkou oproti METAFONTu je možnost využití stupňů šedi a barev. Barva je trojice čísel `(r,g,b)`, kterou deklarujeme primitivem `color`. Předdefinované barvy jsou `black=(0,0,0)`, `white=(1,1,1)`, `red`, `green`, `blue`. S barvami zacházíme podobně jako s vektory (typ `pair`). Složky barvy zjistíme primitivy `redpart`, `greenpart`, `bluepart` (obdoba `xpart`, `ypart` pro vektory). Před výstupem se všechny složky barev zaokrouhlí do intervalu $\langle 0; 1\rangle$, předchozí *výpočty* (např. sčítání, odčítání barev) však probíhají *v celém rozsahu*.

Chceme-li tedy kreslit jinou barvou, než standardní černou, musíme za `fill` nebo `draw` uvést `withcolor` ⟨barva⟩. Např. vyplnění provedeme pomocí

`fill` ⟨uzavřená cesta⟩ `withcolor` ⟨barva⟩

V případě, že budeme kreslit více cest stejnou barvou (vyberme např. `(0.4,0.5,0.9)`), vyplatí se před vlastním kreslením použít makro `drawoptions(withcolor (0.4,0.5,0.9));`. Nastavení platí až do dalšího `drawoptions` nebo do konce obrázku určeného `endpic`. Tento trik nám také pomůže tehdy, pokud kreslíme pomocí vlastních maker, která nemají barvu mezi svými parametry.

• Cesty – průsečíky, tvary ukončení a navázání

METAPOST zavádí několik nových maker pro práci s cestami a jejich průsečíky: `buildcycle`, `cutbefore` a `cutafter`.

Makro `buildcycle`$(p_1,p_2,p_3,\ldots,p_k)$ vybere průsečíky mezi cestami p_i a p_{i+1} a vytvoří uzavřenou cestu, kterou lze vyplnit.

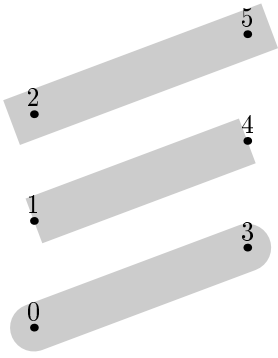
p_1 `cutbefore` p_2 uřízne cestu p_1 před průsečíkem s cestou p_2. Je definováno jako

`subpath (xpart(`p_1 `intersectiontimes` p_2`),length` p_1`) of` p_1

a navíc do cesty pojmenované `cuttings` uloží uříznutou část. Makro p_1 `cutafter` p_2 dělá totéž s `reverse` p_1.

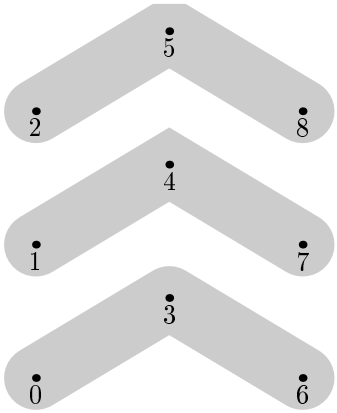
Parametr `linecap` určuje tvar ukončení cesty. Může nabývat hodnot `rounded`, `butt`, `squared` — konkrétní vzhled viz následující příklad:

```
beginfig(4);
for i=0 upto 2:
z[i]=(0,40i); z[i+3]-z[i]=(80,30);
endfor
pickup pencircle scaled 18;
def gray = withcolor .8white enddef;
draw z0..z3 gray;
linecap:=butt; draw z1..z4 gray;
linecap:=squared; draw z2..z5 gray;
dotlabels.top(0,1,2,3,4,5);
endfig; linecap:=rounded;
```



Parametr `linejoin` určuje způsob navázání cest. Tři možné hodnoty jsou `rounded`, `beveled`, `mitered`. Pokud cesty svírají úhel blízký 360°, může u posledního typu dojít k nežádoucímu prodloužení. Toto je omezeno parametrem `miterlimit`, který určuje maximální poměr prodloužení ku šířce čáry. Standardní hodnota je `miterlimit:=10;`

```
beginfig(5);
for i=0 upto 2:
z[i]=(0,50i); z[i+3]-z[i]=(50,40);
z[i+6]-z[i]=(100,0);
endfor
pickup pencircle scaled 24;
def gray = withcolor .8white enddef;
draw z0--z3--z6 gray;
linejoin:=mitered; draw z1..z4--z7 gray;
linejoin:=beveled; draw z2..z5--z8 gray;
dotlabels.bot(0,1,2,3,4,5,6,7,8);
endfig; linejoin:=rounded;
```



• **Čárkované čáry, operátory** `arclength`, `arctime`

Čárkované čáry je možné kreslit makrem

`draw` ⟨cesta⟩ `dashed` ⟨vzor⟩

⟨vzor⟩ se chová jako obrázek. Existují jednoduché předdefinované vzory `evenly`, `withdots`, ale lze nadefinovat i složitější vlastní pomocí makra

`dashpattern(on 3mm off 6mm on 6mm)`

Čárky mají vždy stejnou délku, i když je cesta extrémě zakřivena. Nevýhodou těchto čárkovaných čar však je, že nekončí čárkou v místě, kde končí cesta.

V tomto směru nám mohou být velmi užitečné jsou operátory `arclength p` a `arctime a of p`, které se vztahují k délce oblouku, nikoli k času, kterým je cesta `p` parametrizována. Jednoduché makro na kreslení čárkované čáry pak může vypadat např. takto

```
def drawdash(expr p,n)=
for t=0 upto n:
draw subpath(arctime(arclength(p)*3t/(3n+2)) of p,
arctime(arclength(p)*(3t+2)/(3n+2)) of p) of p
endfor
enddef
```

• **Primitivy** `cull` **a** `clip`

V METAPOSTu zcela chybí primitiv `cull`, který v METAFONTu sloužil k mazání bodů, jež byly několikrát překresleny. Velmi častou aplikací bylo vyšrafování určité oblasti. METAPOST však nemůže počítat, kolikrát byl každý bod překreslen, neboť vždy pracuje s vektorovým, nikoli rastrovým obrázkem. Navíc obecnou vlastností PostScriptu je, že později kreslené a vyplňované tvary zcela překrývají dřívější.

Jako náhradu zavádí METAPOST primitiv `clip`, který z obrázku nechá pouze část uvnitř cesty.

`clip` ⟨obrázek⟩ `to` ⟨cesta⟩

Vhodnou manipulací s obrázky a tímto primitivem (připomínáme, že aktuální obrázek se označuje `currentpicture` a že funguje primitiv `addto`), však můžeme dosáhnout stejných výsledků jako v METAFONTu.

• **Začlenění textu do grafiky**

Asi největší výhodou MetaPostu je možnost začlenění textu vysázeného TEXem do obrázku, bez toho, že bychom museli několikrát zkoušet přesné umístění popisku. K těmto účelům slouží makro zvané `label`.

`label`⟨umístění⟩`(`⟨řetězec nebo obrázek⟩, ⟨bod⟩`)`

Umístění popisku vzhledem k bodu buď nemusíme specifikovat vůbec, potom bod znamená střed popisku, anebo můžeme *za tečkou* uvést jednu z následujících možností: `rt`, `lft`, `top`, `bot`, `urt`, `ulft`, `llft`, `lrt` (vpravo, vlevo, nahoře, dole, vpravo nahoře, ...). Celá konstrukce pak může vypadat např. takto:

`label.lft("popisek bodu z1", z1);`

Vzhled popisu lze ještě ovlivnit nastavením parametrů `labeloffset` (vzdálenost popisu od bodu), `defaultfont` (písmo pro vysázení řetězce, pokud je parametrem `label` obrázek, nemá na výsledek vliv) a `defaultscale` (zvětšení/zmenšení popisu). Stadardní hodnoty těchto parametrů jsou `labeloffset:=3bp; defaultfont:="cmr10"; defaultscale:=1;`.

Místo řetězce můžeme v makru `label` přímo přistupovat ke znakům fontu `defaultfont` pomocí `char` ⟨číslo⟩ (v TEXu je obdobou primitiv `\char`).

Makro `label` má ještě dvě varianty — `dotlabel` zobrazí popis i s tečkou v daném bodě. Pokud nechceme popisek zobrazit, ale raději bychom jej získali v podobě obrázku `v`, použijeme `v:=thelabel` ... (`v` musí být samozřejmě předtím deklarováno jako obrázek — `picture v;`). Do aktuálního obrázku jej můžeme kdykoliv přidat příkazem `addto currentpicture also v;`.

Složitější popisky, ve kterých jsou potřeba různé fonty, matematické rovnice je možné vysázet TEXem. Použijeme k tomu primitivy

`btex` ⟨příkazy TEXu⟩ `etex`

Výsledkem této konstrukce je *obrázek*. Uveďme si jeden příklad — všimněte si přitom použití `\displaystyle` namísto dvojice `$$` (TEX musí totiž zůstat v horizontálním módu) a také toho, že obrázek (vysázenou rovnici) můžeme libovolně transformovat.

```
label.lft(btex $\displaystyle y{2\over 1+\cos x}$ etex rotated 90, (10mm,5mm));
```

Pokud bychom chtěli v příkazech používat nějaká vlastní TEXová makra, uvedeme je na začátku souboru mezi `verbatimtex` a `etex`. Typickým příkazem tudíž bývá `\input makra.tex`.

• **Určení rozměru obrázku – makro** `bbox`

Aby mohl být popisek (obrázek) správně umístěn, potřebuje makro `label` znát jeho okraje. K tomu slouží makro `bbox`⟨obrázek⟩, které je ekvivalentní

```
(llcorner v--lrcorner v--urcorner v--ulcorner v--cycle)
```

Výsledkem je tedy uzavřená cesta těsně obepínající obrázek. Navíc makro přidává okraj, jehož šířku udává `bboxmargin` (standardní hodnota je `bboxmargin:=2bp;`). Makro lze využít např. pro sazbu orámečkovaných popisků — nejprve si popisek uložíme do obrázku `v:=btex $x^2$ etex;`, zobrazíme jej makrem `label(v,z2);` a nakonec přidáme rámeček `draw bbox v shifted z2;`.

• **Další nová makra**

V METAPOSTu přibylo nové makro kreslící šipku na konci cesty `drawarrow` ⟨cesta⟩. Šipka je vyplněná a má poněkud složitější tvar, aby vypadala pěkně i na zakřivené cestě. Dvě proměnné `ahlength` a `ahangle` určují velikost a vrcholový úhel šipky, počáteční hodnoty definované v souboru `plain.mp` jsou `ahlength:=4bp; ahangle:=40`. Makro `drawdblarrow` ⟨cesta⟩ nakreslí cestu s šipkami na obou koncích.

O makru `drawoptions` jsme se již zmiňovali — slouží k uložení voleb pro kreslení pomocí `draw`, `fill`. Kromě `withcolor` funguje i s `dashed`, `withpen`.

• **Převod čísla na řetězec – makro** `format`

• `boxes.mp` – **kreslení diagramů**

• **Kreslení grafů** METAPOSTem

• **Literatura a odkazy**

Hobby, J. D.: A User's Manual for Metapost. postscriptový soubor `mpman.ps` lze nalézt v distribucích TEXu anebo je možno jej stáhnou např. ze serveru CSTUGu `http://www.cstug.cz`

Šedivý, P. a kol.: Kreslíme METAFONTem. Hradec Králové, 1997, postscriptovou verzi možno stáhnout z `http://sirrah.troja.mff.cuni.cz/~mira/kreslime/`