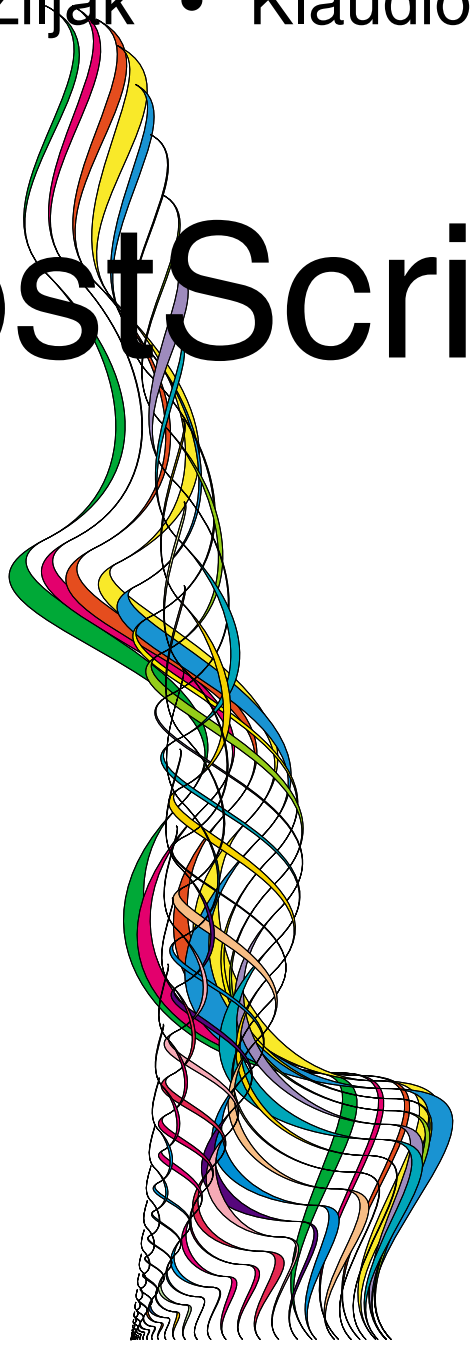
Vilko Žiljak • Klaudio Pap

PostScript



Sadržaj:

I poglavlje

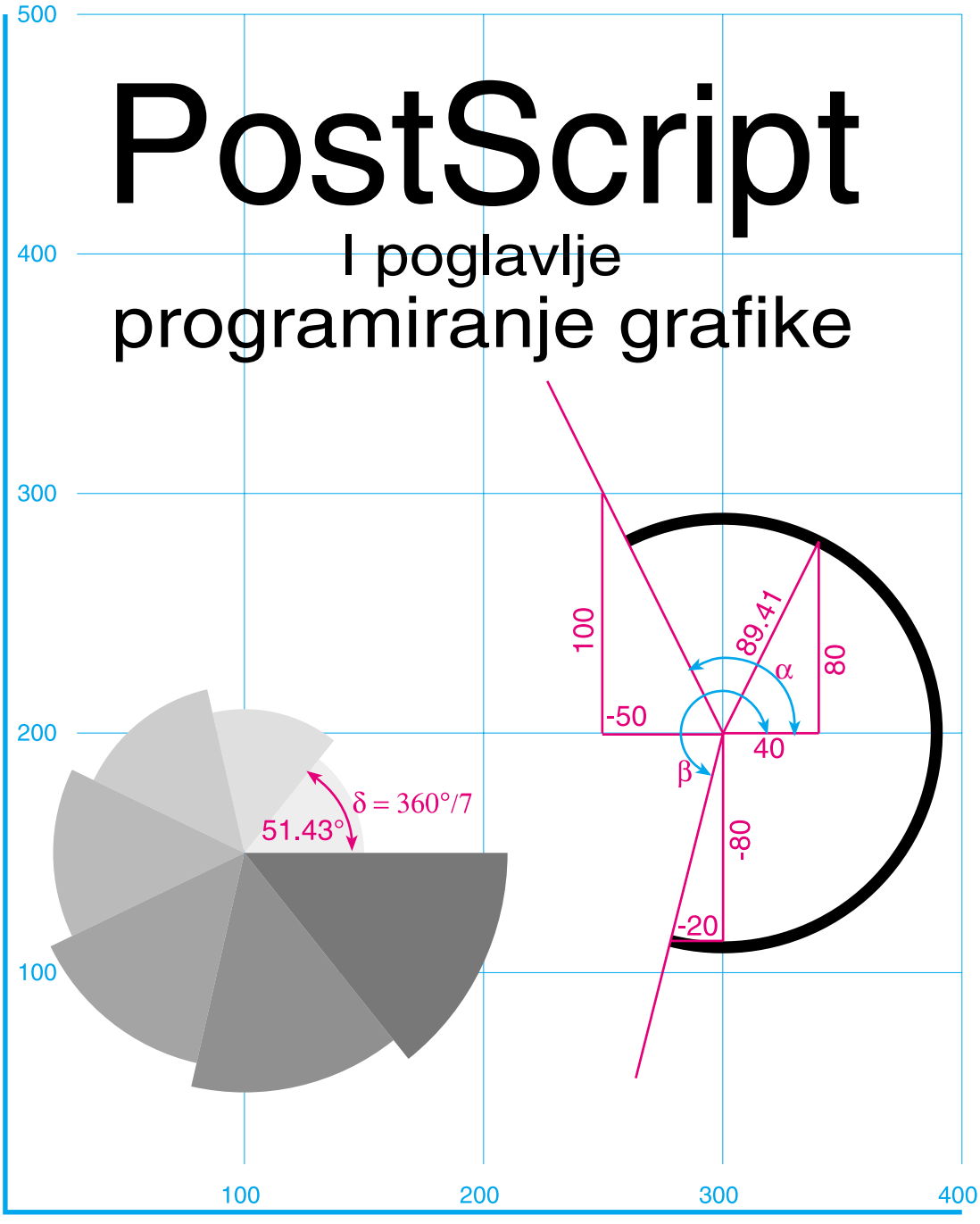
II poglavlje

III poglavlje

Vilko Žiljak • Klaudio Pap

PostScript

I poglavlje
programiranje grafike



Predgovor

Ovaj digitalni udžbenik namijenjen je učenju programiranja PostScript grafike, bez obzira da li se radi o studentima, učenicima ili zaljubljenicima u računarsku grafiku i računarstvo. Obuhvaća se programiranje tipografije, boja i oblikovanje složenih grafičkih rješenja. To je digitalni udžbenik o grafičkom jeziku za opis stranice koji je podloga mnogih programa od PageMakera, QuarkXPressa, FreeHanda, CorelDrawa do programa koji su zaštićeni i primjenljivi samo na računalima za posebne namjene u području multimedije koji uključuju video, zvuk, crtež, sliku i animaciju. Namjera nam je, a i dužnost kao nastavnicima na studijima koji imaju računarsku grafiku, da ovaj digitalni udžbenik omogući čitaocu ulaz u svijet tajanstvenog PostScripta te omogući rješavanje složenih grafičkih situacija. PostScript je dio kolegija iz računarske tipografije i računarske grafike koji se predaju na studijima: Grafičkom fakultetu, studiju dizajna pri Arhitektonskom fakultetu, studiju poslovne informatike i studiju Informatičkog dizajna. Sličnu smo publikaciju, ali u tiskanom obliku, napravili prije deset godina kada smo objavili postupke dizajna PostScript fontova koji su zbog specifičnosti naših znakova u to vrijeme otvarali nepotrebne diskusije: kako, gdje, s kojim pravima, da li je moguće, što je zaštićeno i mnoga druga pitanja. PostScript je idealni alat za sve one koji imaju volju eksperimentirati u računarskoj tipografiji, grafici, slici, rasterima, i bojama. Nadamo se da ovaj digitalni udžbenik bude osvježenje i stimulativni početak aktivnog programiranja grafike u širem značenju te riječi. Primjere i način prezentacije kreirali smo onako kako smo našli najbolji odziv kod studenata za najlakše razumijevanje programiranja PostScripta.

PostScript

Na početku želimo prikazati kako PostScript jezik za opis stranice brzo i jednostavno prikazuje grafiku, a tek u drugom koraku njegovu apstraktnu strukturu. Ne zahtjeva se da čitaoc prethodno znade bilo kakvo programiranje računala, ali da ima sklonosti prema grafičkoj umjetnosti i tipografiji. Napravili smo primjere sa objašnjenjima kako program radi, što je omogućilo baš prikazano rješenje i na što treba pripaziti da se ne realizira željena grafika. PostScript je programski jezik kao i Basic, Pascal, C te ima sličnu strukturu komandi ali ipak, namijenjen je samo području oblikovanja grafike na stranicama za tisak. PostScript ima svoj specifični grafički rječnik koji je nastao razvojem računarske tipografije, fotosloga, i računarske reprofotografije.

Da bi se odredio grafički oblik slova ili slike koristi se komandni jezik kojim se određuje "staza" ili put te "operator" i "operandi" (parametri). Operatori, a mi ćemo ih nazivati "komande" pisane su kurentnim i verzalnim slovima na engleskom jeziku (na pr. `image`, `show`, `fill`) ili kraticama (na primjer: `arc`, `def`, `div`) izvedenim iz engleske riječi. Većina komandi je sastavljena od nekoliko engleskih riječi ili kratica ali tako da se te riječi i kratice pišu kompaktno kao jedna tipografska riječ (na pr. `setlinewidth`, `rlineto`). Parametri, ili operandi su najčešće numeričke veličine pisane ispred komandi, a određuju način djelovanje komande kao na primjer: gdje komanda počinje, završava, koliko traje, kako se prikazuje, kako djeluje. U pisanju se jednakovrijedno koriste razmak između riječi, tabulator ili kôd za novi redak, kao razdjelna oznaka između parametara i komandi. Niz komandi može se kontinuirano pisati u istom retku. Upotreba tabulatora i "cariage return" (cr) kôda, omogućuje preglednije pisanje programa. Znak postotka % određuje početak komentara koji služi programeru kao podsjetnik, ili za olakšavanje snalaženja u programu i taj komentar nema utjecaja ne PostScript komande. Komentar prestaje aktiviranjem (cr) prelaza u novi redak.

Koordinatni sustav PostScripta je zasnovan u mjernim veličinama "točka" sa X/Y kordinatama, a početak je u donjem lijevom dijelu stranice. Standardna veličina točke (tako je i u našim primjerima) određena je preko inča. Inč je podijeljen u 6 dijelova nazvanih pica (pajk - engleski cicero), a pica u 12 točaka. Tako inč ima 72 točke, odnosno jedna točka je 0.353 mm. Koristili smo decimalnu podjelu pa primjeri imaju mrežu 100 x 100 točaka ili 35,3 x 35,3 mm.

Program i grafike u prvim primjerima, koje su rezultat programskih komandi i parametara prikazane su crnom bojom. Rasteri koji dočaravaju sivilo, a rezultat su programskih komandi također su prikazani crnom bojom. Da bi se bolje snalazili u položaju grafike, dodat je preko grafike koordinatni sustav u plavoj boji. Program te mreže objašnjen je tek sa rutinama ponavljanja i petlje. Komentar i neke numeričke veličine koje su nužne da bi se pojasnile komande docrtane su crvenom bojom.

Svi primjeri se pišu u tekst editoru koji može zapisati tekst u čistoj ASCII formi, odnosno bez ikakvih tipografskih zahvata. Da bi se vidio rezultat tako pisanog PostScript programa može se poslati prema PostScript printeru sa programom za download sa bilo kojeg operativnog sustavu, ili se može vidjeti na sustavima koji podržavaju Display PostScript. Predlažemo kao najlakše rješenje rad preko programa Ghostscript koji je PostScript Level 2 interpreter za Mac, Windows, Unix, Amiga i Atari platforme, a sve informacije o njemu mogu se naći na internetu:

ftp.cs.wisc.edu/pub/ghost/aladdin
http://www.cs.wisc.edu/~ghost/index.html

Svi primjeri su originalni i planirani s namjerom da čitaoc što lakše uđe u svijet PostScripta. Digitalni udžbenik ima digitalne indeks veze i digitalne veze preko sadržaja. Čitaocu preporučamo proučavanje i čitanje od početka jer su primjeri građeni od jednostavnijih prema složenijima ili preko digitalnih veza do željenog dijela s ciljanim učenjem.

moveto
lineto
stroke
showpage

```
x y moveto
x y lineto
stroke
showpage
```

Najčešći početak PostScript stranice je `moveto` komanda. Ova komanda postavlja početak novog puta grafike u točki koja je određena parametrima pisanim ispred komande moveto.

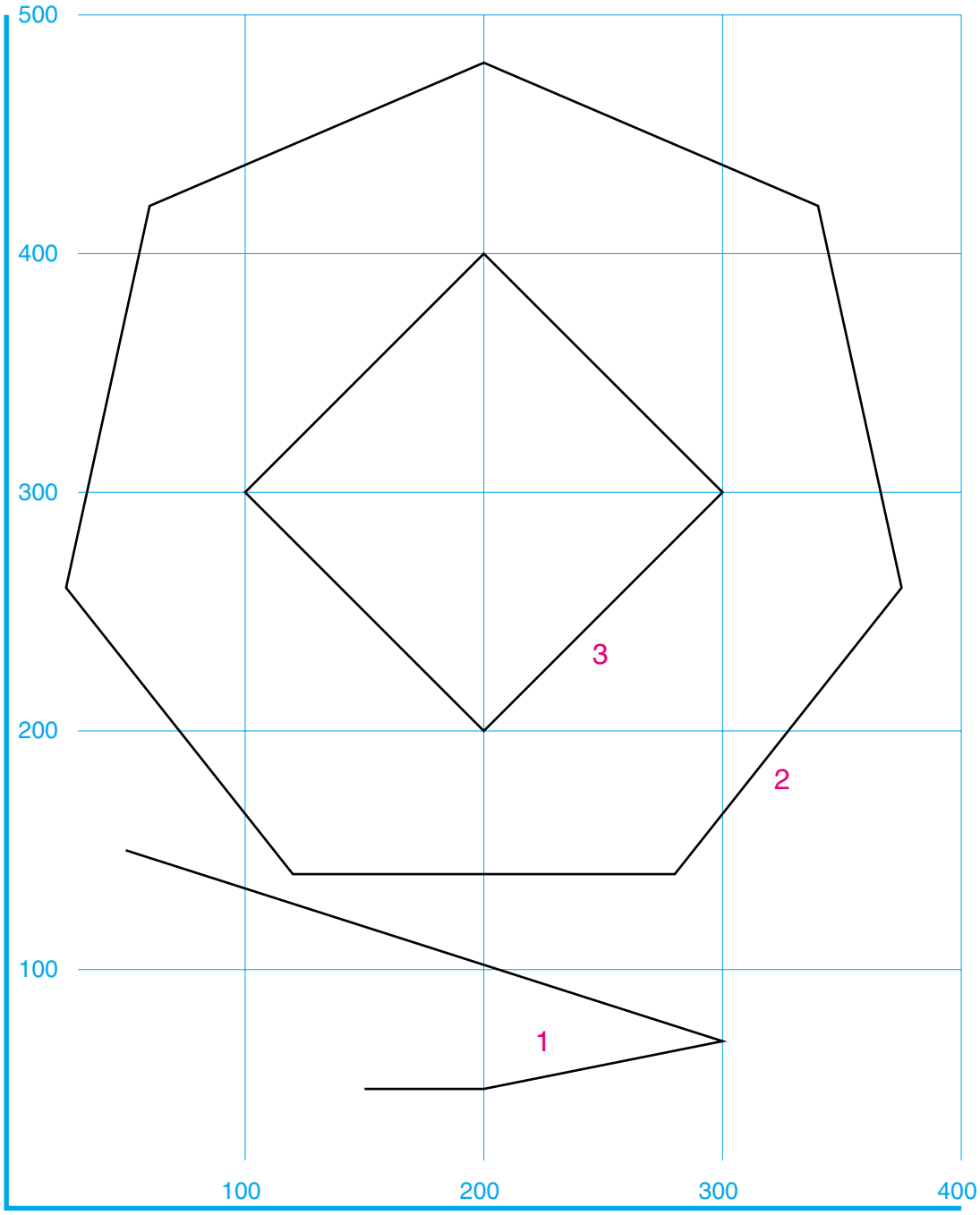
```
150 50 moveto
```

Sama komanda nije prikazala neku točku na ekranu već je samo odredila poćetak nekog puta. Prvi primjer oblikovat ćemo tako da nacrtamo nekoliko povezanih pravaca. Dužine se povlače od točke do točke koje su određene sa obje koordinate: horizontalna i vertikalna. To omogućuje iscrtavanje istim alatom kose, vodoravne i okomite linije. Od točke koja je posljednja određena, povlači se dužina do točke koja je definirana komandom `lineto`. Prošećemo se do točaka na pozicijama 200 50 pa dalje do točaka 300 70 i 50 150.

Premda su ove komande odredile put spojivši četiri točke, ipak nisu postale vidljive. Sama linija je bezdimenzionalna dokle joj se ne pridruži debljina. Komanda `stroke` omogućuje prikazivanje linija. Sama komanda nema parametara. `Stroke` iscrtava liniju prema prije postavljenim karakteristikama za debljinu, boju, sivilo. Ako prethodno nije ništa određeno tada će se iscrtati crna linija debljine jedne točke. Grafička stranica šalje se na ispisni uređaj: ekran, pisač, fotoosvjetljivač, već prema tome kako je ispis zamišljen da se realizira. Komanda `showpage` briše postojeće stanje i postavlja parametre za ispis slijedeće stranice.

```
% primjer br. 1
150 50 moveto
200 50 lineto
300 70 lineto
50 150 lineto
stroke

% primjer br. 2
200 480 moveto
60 420 lineto
25 260 lineto
120 140 lineto
280 140 lineto
375 260 lineto
340 420 lineto
200 480 lineto
stroke
```

```
% primjer br. 3
200 400 moveto
100 300 lineto
200 200 lineto
300 300 lineto
200 400 lineto
stroke
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3

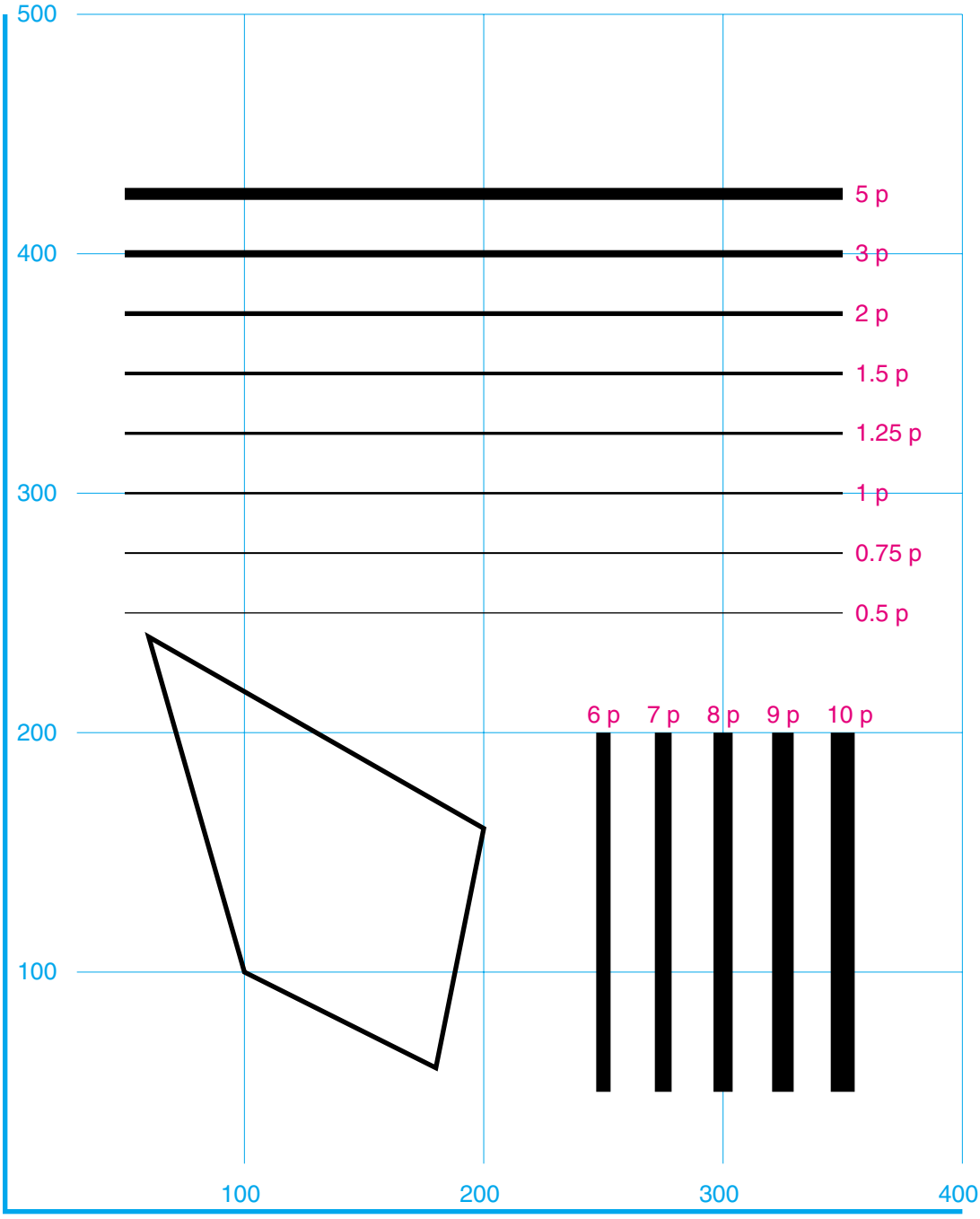
rlineto closepath setlinewidth

```
x y rlineto
closepath
d setlinewidth
```

Nakon što se odredi polazna točka, pomicanje do sljedeće točke za neku udaljenost horizontalno ili vertikalno postiže se komandom `rlineto`. Ili, parametri komande `rleneto` određuju za koliko je pomak u vodoravnom ili okomitom smjeru od zadnje točke gdje smo se zaustavili. U primjeru je nacrtan četverokutni lik koji počinje u točki 100 100 te nastavlja desno za 80 točaka i dolje za 40 točaka, zatim u točku: gore za 100, desno za 20 pa u treću točku: gore za 80 i lijevo za 140 točaka. Višestruko korištenje komande `rlineto` otežava precizno računanje položaja početne točke. Trebali bi sada izračunati koliki je pomak gore ili dolje, lijevo ili desno da dođemo do početne točke. Zatvaranje lika demonstriramo komandom `closepath`. Komanda nema parametre već potraži polaznu točku u nizu prije zadnjeg pozicioniranja startne točke, na primjer točka nastala komandom `moveto`, i povuće liniju do nje. Ako debljina linije nije definirana ona je debela jednu točku kao što smo imali linije na pređašnjoj stranici. Željena debljina linije određuje se komandom `setlinewidth`. U primjerima horizontalnih linija demonstriraju se debljine linija od 0.5 do 5 točaka, a u vertikalnim linijama su linije debljine od 6 do deset točaka.

```
50 250 moveto 300 0 rlineto
0.5 setlinewidth stroke

50 275 moveto 300 0 rlineto
0.75 setlinewidth stroke

50 300 moveto 300 0 rlineto
1 setlinewidth stroke

50 325 moveto 300 0 rlineto
1.25 setlinewidth stroke

50 350 moveto 300 0 rlineto
1.5 setlinewidth stroke

50 375 moveto 300 0 rlineto
2 setlinewidth stroke

50 400 moveto 300 0 rlineto
3 setlinewidth stroke

50 425 moveto 300 0 rlineto
5 setlinewidth stroke
```

```
100 100 moveto
80 -40 rlineto
20 100 rlineto
-140 80 rlineto
closepath
2 setlinewidth
stroke

250 50 moveto 0 150 rlineto
6 setlinewidth stroke

275 50 moveto 0 150 rlineto
7 setlinewidth stroke

300 50 moveto 0 150 rlineto
8 setlinewidth stroke

325 50 moveto 0 150 rlineto
9 setlinewidth stroke

350 50 moveto 0 150 rlineto
10 setlinewidth stroke
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
5 p
3 p
2 p
1.5 p
1.25 p
1 p
0.75 p
0.5 p
6 p
7 p
8 p
9 p
10 p

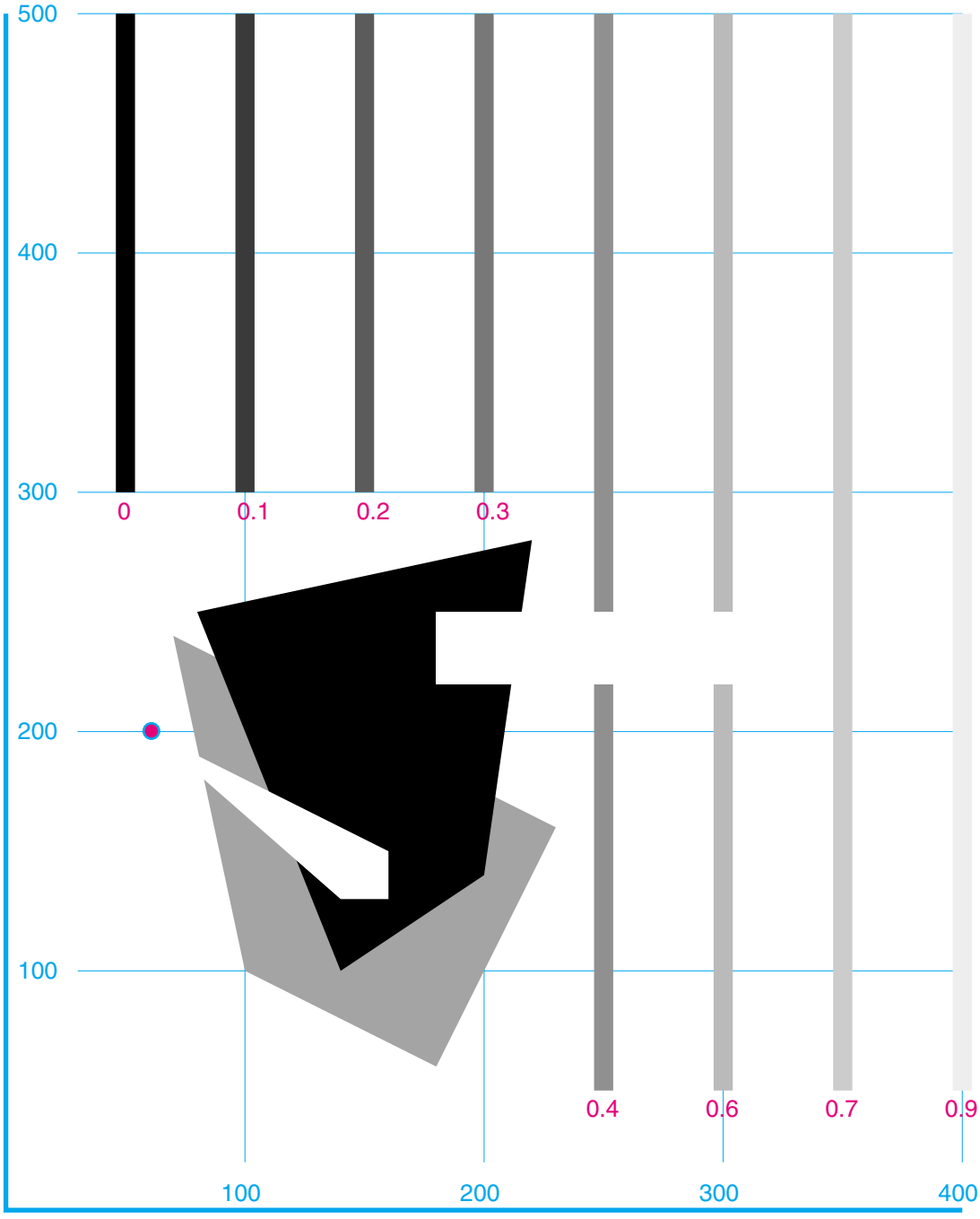
fill
setgray

fill
s setgray

Komanda `fill` omogućuje popunjavanje i bojanje likova. Bojanje linija i zatvorenih površina, u željenim razinama sivog, postiže se komandom `setgray`. Komanda `setgray` postavlja vrijednost svjetline sivog tona. Ima jedan parametar koji određuje inverznost sive: 1 označuje suprotno od prirodnog tiska, tj. potpuno svjetlo odnosno bijelo. Vrijednost parametra 0.9 određuje 90% svjetli ton a vrijednost nula je isčezavanje svjetline tj. lik će se prikazati u crnom tonu. Linijama su demonstrirane svjetline određene komandom `setgray`.

U primjerima četverokuta date su kombinacije različitih situacija prekrivanja površina. Redosljed pisanja komandi u ovim primjerima određuje redosljed prekrivanja površina. Prva je površina siva, druga crna a treće bijela. Četvrta površina napisana je na kraju programa i ona kao bijela prekriva dio crne površine i dvije sive vertikalne linije pa ove izgledaju kao da imaju prekid. Druga i treća površina nisu završile sa komandom `closepath` već samo komandom `fill`.

```
0.5 setgray
100 100 moveto
80 -40 rlineto
50 100 rlineto
-160 80 rlineto
closepath fill

0 setgray
140 100 moveto
60 40 rlineto
20 140 rlineto
-140 -30 rlineto fill

1 setgray
140 130 moveto
20 0 rlineto
0 20 rlineto
-100 50 rlineto fill

8 setlinewidth
50 300 moveto 0 200 rlineto
0 setgray stroke

100 300 moveto 0 200 rlineto
0.1 setgray stroke

150 300 moveto 0 200 rlineto
0.2 setgray stroke

200 300 moveto 0 200 rlineto
0.3 setgray stroke

250 50 moveto 0 450 rlineto
0.4 setgray stroke

300 50 moveto 0 450 rlineto
0.6 setgray stroke

350 50 moveto 0 450 rlineto
0.7 setgray stroke

400 50 moveto 0 450 rlineto
0.9 setgray stroke

1 setgray
180 220 moveto 320 220 lineto
320 250 lineto 180 250 lineto
closepath fill
showpage
```


500
400
300
200
100
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.6
0.7
0.9
100
200
300
400

setlinecap

p setlinecap

Linije se iscrtavaju komandom `stroke`. Njihova debljina se određuje komandom `setlinewidth`. Početni i završni oblik linije, što postaje važno kod debljih linija, može se oblikovati komandom `setlinecap`. Komanda ima jedan parametar koji može imati vrijednosti:

0 - kvadratni rub koji završava s definicijom linije,

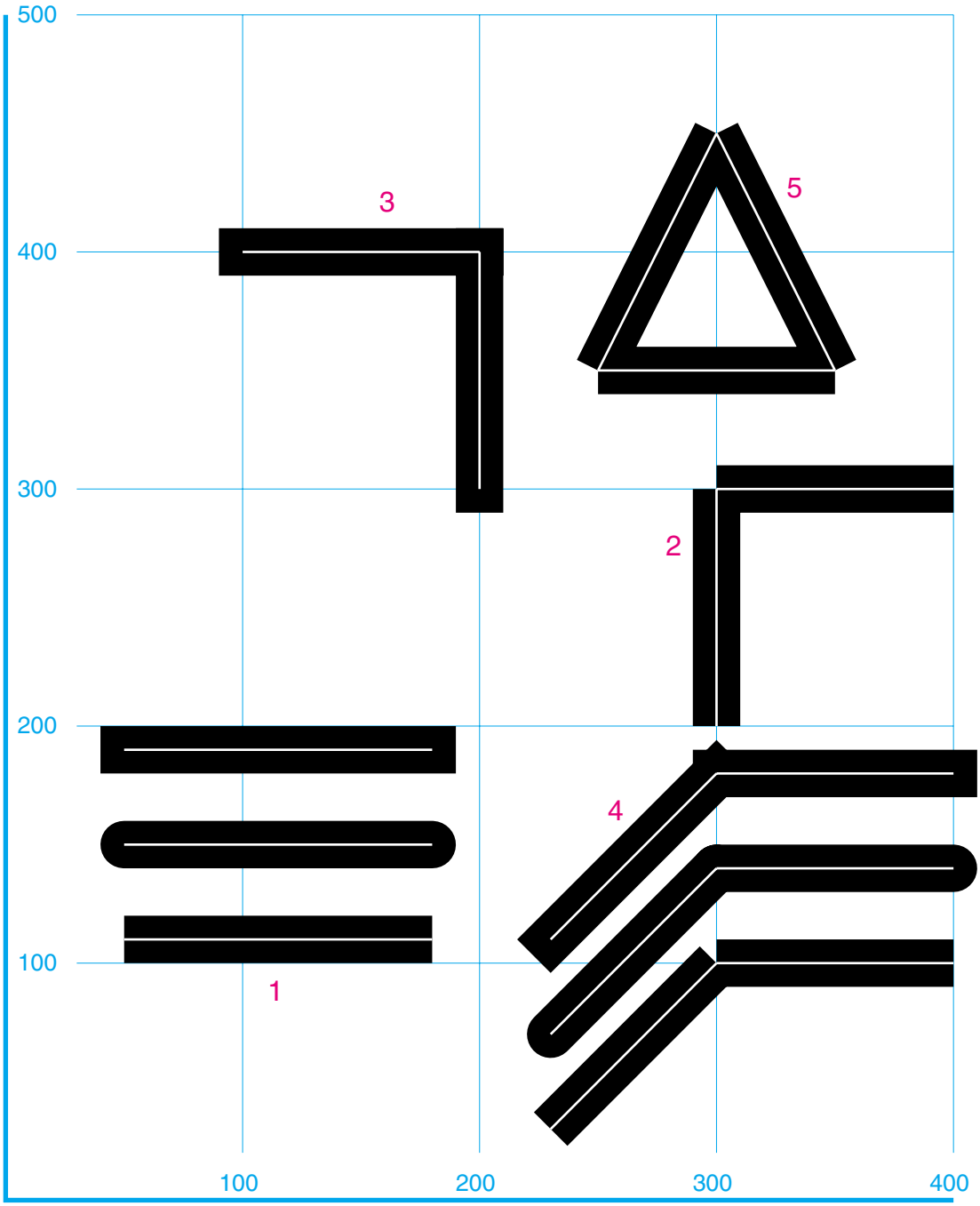
1 - zaobljeni rub radijusa poludebljine linije i

2 - kvadratni završetak ali produžen za polovicu debljine linije.

Dok se prva dva oblika koriste kod samostojećih linija, zadnji oblik važan je u oblikovanju spoja vertikalnih i vodoravnih linija kakve spojeve najčešće imamo u slaganju tabličnih linija. U primjerima je preko linija povučena tanka bijela linija da bi se demonstrirao centar linije. U programu ispisanom na ovoj stranici izostavljene su komande za crtanje tih bijelih linija. Ostali primjeri pokazuju spajanje kosih i okomitih linija u različitim situacijama. Svaka linija koja se iscrtava sa `lineto` ili `rlineto` morala je prije imati definiran početak sa `moveto` naredbom da bi se izbjeglo automatsko spajanje koje inače PostScript ima definirano po početku (vidi komandu `setlinejoin`).

```
%primjer br.1
20 setlinewidth 0 setlinecap
50 110 moveto 130 0 rlineto
stroke
1 setlinecap
50 150 moveto 130 0 rlineto
stroke
2 setlinecap
50 190 moveto 130 0 rlineto
stroke

%primjer br.2
0 setlinecap
300 200 moveto 300 300 lineto
300 300 moveto 400 300 lineto
stroke

%primjer br.3
2 setlinecap
100 400 moveto 100 0 rlineto
200 400 moveto 0 -100 rlineto
stroke
```

```
%primjer br.4
0 setlinecap
230 30 moveto 300 100 lineto
300 100 moveto 400 100 lineto
stroke

1 setlinecap
230 70 moveto 300 140 lineto
300 140 moveto 400 140 lineto
stroke

2 setlinecap
230 110 moveto 300 180 lineto
300 180 moveto 400 180 lineto
stroke

%primjer br.5
0 setlinecap
250 350 moveto 300 450 lineto
300 450 moveto 350 350 lineto
350 350 moveto 250 350 lineto
stroke showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3
4
5

setlinejoin
setmiterlimit

p setlinejoin
p setmiterlimit

Način spajanja linija rješava se komandom `setlinejoin`. Komanda ima jedan parametar koji može poprimit 3 vrijednosti:

0 - linije se spajaju tako da se njihova slika produžuje do tvorbe šiljastog vrha.

1 - dvije linije zatvaraju se kružnim oblikom čiji dijametar je jednak debljini linije i

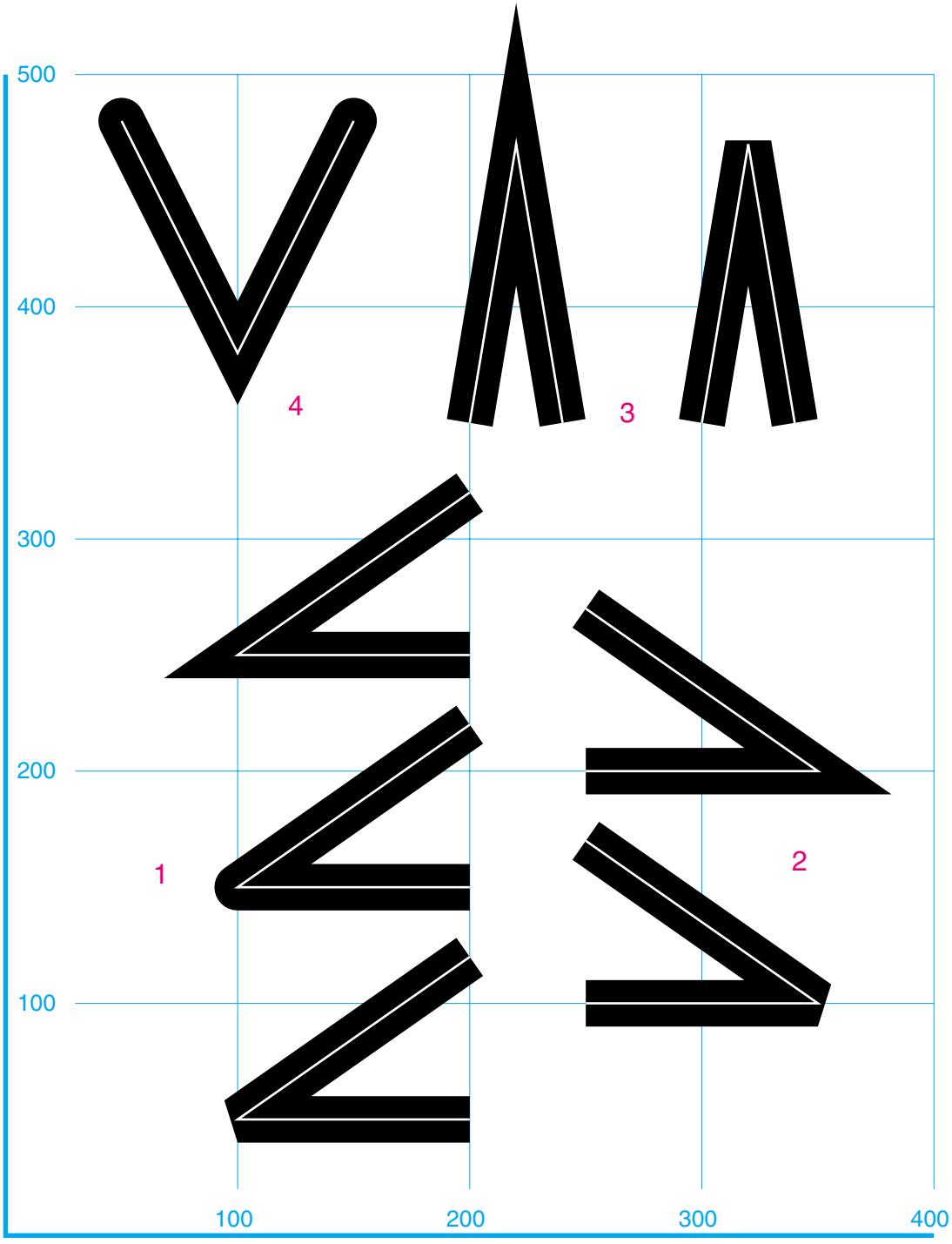
2 - vrh spoja dviju linija je okomit na simetralu kuta spajanja, a dužina je jednaka debljini linije (tupo spajanje).

Početno stanje u PostScriptu za način spajanja je 0 tj. šiljasto spajanje i zbog toga u prvom primjeru gdje se prikazuju načini spajanja na početku nema komande `0 setlinejoin` za šiljasti način jer se ona podrazumijeva.

`Miterlimit` je maksimalni dozvoljeni omjer između dužine dijagonalne linije i debljine linije u šiljastom spoju što ovisi o kutu spajanja. On određuje kada će se šiljasto spajanje pretvoriti u tupo. U drugom se primjeru za zadani kut spajanja tek sa parametrom `3` komande `setmiterlimit` prekinulo formiranje šiljastog vrha. To znači da će se za kuteve za koje je dijagonala spoja tri i više puta veća od debljine linije primjeniti tupo spajanje, a za manje šiljasto spajanje. Duljina dijagonalne linije se dobije iz omjera debljine linije i sinusa polovice kuta između linija u spoju.

```
%primjer br.1
20 setlinewidth
200 250 moveto 100 250 lineto
200 320 lineto stroke

1 setlinejoin
200 150 moveto 100 150 lineto
200 220 lineto stroke

2 setlinejoin
200 50 moveto 100 50 lineto
200 120 lineto stroke

%primjer br.2
0 setlinejoin
250 200 moveto 350 200 lineto
250 270 lineto stroke

3 setmiterlimit
250 100 moveto 350 100 lineto
250 170 lineto stroke
```

```
%primjer br.3
10 setmiterlimit
200 350 moveto 220 470 lineto
240 350 lineto stroke

6 setmiterlimit 20
setlinewidth 0 setgray
300 350 moveto 320 470 lineto
340 350 lineto stroke

%primjer br.4
10 setmiterlimit 1 setlinecap
50 480 moveto 100 380 lineto
150 480 lineto stroke

showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3
4

setdash

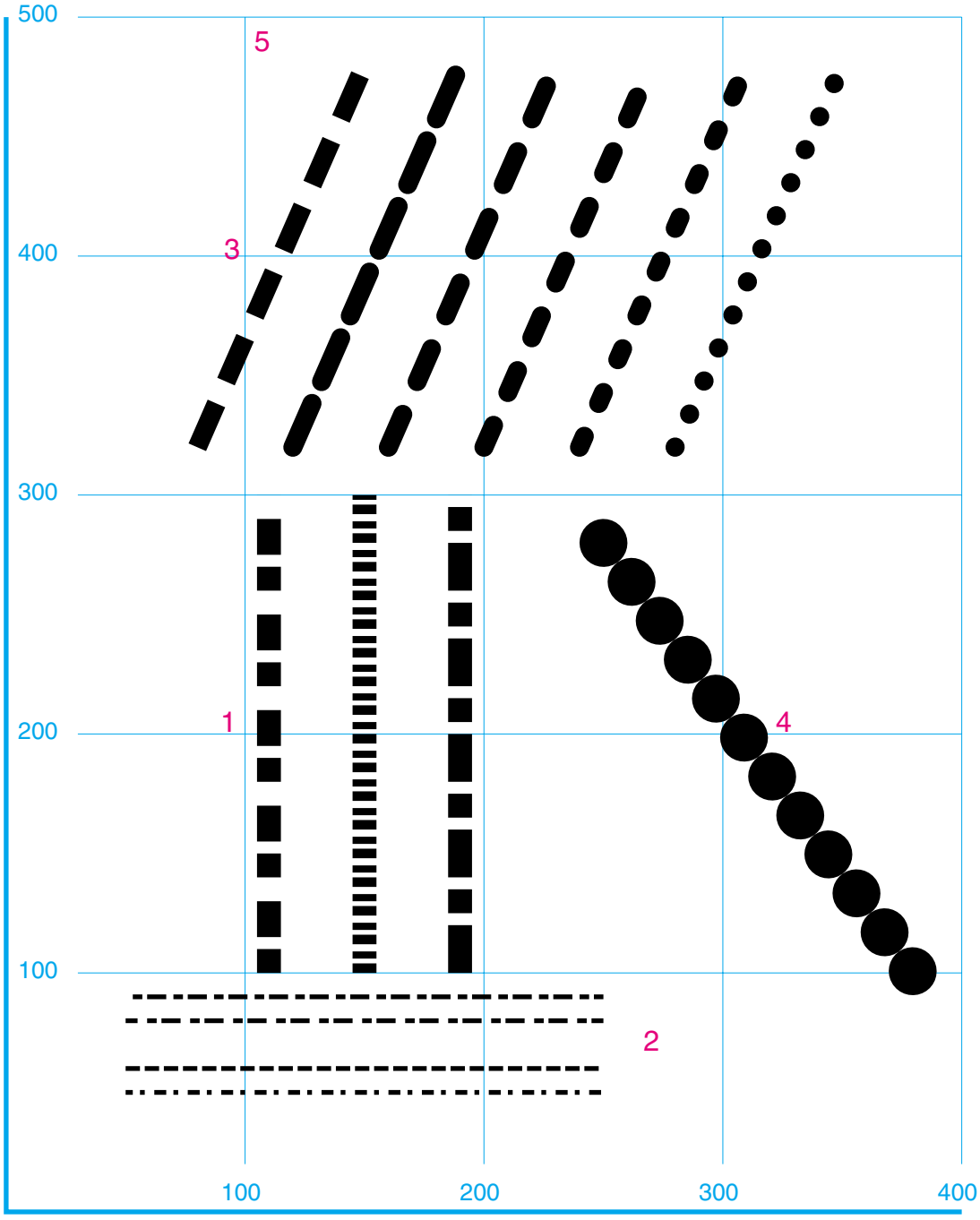
`[C1 B2...Cn Bn] p setdash`

Linija se najčešće prikazuje kao puna, ali moguće ju je pretvoriti u crtkanu, točkastu ili kombinaciju kračih i dužih crtica. Izmjenično iscrtavanje crnih i bijelih crtica postiže se komandom **setdash**. Komandi prethodi niz brojeva u uglatoj zagradi, koji određuju elementarnu kombinaciju crne, bijele, crne i bijele crtice od kojih će se formirat isprekidana linija. Parametrom **p** se precizira skraćenje prve linije. Svi podaci dužina zadaju se u točkama. Tako na primjer komanda **[5 3 2 4] 2 setdash** određuje da će se linija, bez obzira na debljinu, sastojati od ponavljanja dviju različitih crtice i dviju različitih bjelina između crtica: prva crtica dužine 5 točaka, bjelina duljine 3 točke, crna crtica duljine 2 točke i bjelina od 4 točke. Prva crtica, ali samo u prvom javljanju, skraćena je za 2 točke.

Primjerima se demonstriraju i druge mogućnosti definiranja crtica kao naprimjer samo jedna crtica i jedna praznina što je najčešći oblik korištenja komande **setdash**. S komandom **setlinecap** mogu se dobiti i ostale vrste isprekidanih linija kao npr. točkasta. Komanda se vraća u stanje pune linije tako da se u uglatoj zagradi ne definira niti jedan podatak.

```
10 setlinewidth %primjer br.1
[10 5 15 10] 0 setdash
110 100 moveto 110 300 lineto
stroke
[4 2 3 3] 0 setdash
150 100 moveto 150 300 lineto
stroke
[20 5 10 5] 0 setdash
190 100 moveto 190 300 lineto
stroke
2 setlinewidth %primjer br.2
[5 3 2 4] 2 setdash
50 50 moveto    250 50 lineto
stroke
[6 2] 0 setdash
50 60 moveto    250 60 lineto
stroke
[8 4 4 2] 3 setdash
50 80 moveto    250 80 lineto
stroke
[8 3 4 2] 8 setdash
50 90 moveto    250 90 lineto
stroke
```

```
8 setlinewidth %primjer br.3
[20 10] 0 setdash
80 320 moveto   150 480 lineto
stroke
[20 10] 0 setdash 1 setlinecap
120 320 moveto  190 480 lineto
stroke
[15 15] 0 setdash 1 setlinecap
160 320 moveto  230 480 lineto
stroke
[10 15] 0 setdash 1 setlinecap
200 320 moveto  270 480 lineto
stroke
[5 15] 0 setdash 1 setlinecap
240 320 moveto  310 480 lineto
stroke
[0 15] 0 setdash 1 setlinecap
280 320 moveto  350 480 lineto
stroke
20 setlinewidth %primjer br.4
[0 20] 0 setdash 1 setlinecap
250 280 moveto 380 100 lineto
stroke showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3
4
5

arc
translate

`x y r L1 L2 arc`
`x y translate`

Likovi: krug, kružnica, isječci kruga i njihovi dijelovi programiraju se komandama `arc`, `arcn` i `arcto`. Komande `arc` i `arcn` imaju 5 parametara: koordinate središta i radijus zadaju se u točkama, a kut početka i kut završetka luka kruga zadaju se u stupnjevima.

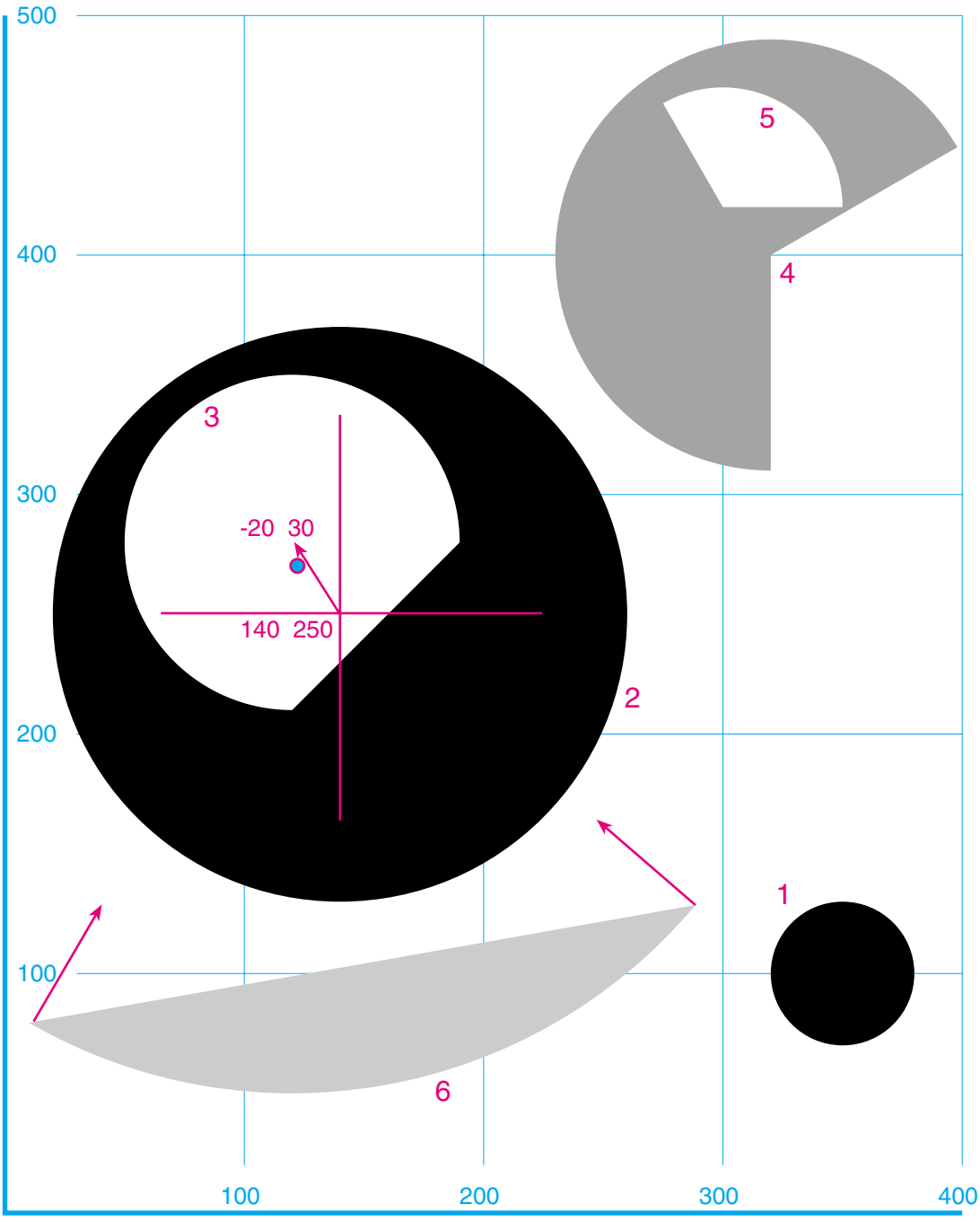
Prvi krug na primjeru nalazi se na poziciji x = 300, y = 100, r = 30 a luk polazi od nule do 360 stupnjeva.

Drugi i treći krug pomaknuti su (translatirani) u novi koordinatni sustav. Komanda `translate` ima dva parametra: horizontalni = 140 i vertikalni = 250 točaka. Crni krug zadan je tako da mu je centar u ishodištu novog koordinastnog sustava. Treči krug s radijusom 80 točaka, odmaknut je lijevo za 20 i gore za 30 točaka od ishodišta. Luk kruga zatvara površinu od nula do 270 stupnjeva sa smjerom suprotan kazaljki na satu. Krug je popunjen bijelom bojom - najviši stupanj svjetline.

Četvrti i peti kružni oblici pomaknuti su od prethodnog ishodišta za još 250 po x osi i 100 po y osi. Lukovi ne zatvaraju polaznu i završnu točku u komandi `arc` već se završna točka luka spaja s centrom kruga pomoću komande `lineto` a cijeli oblik se zatvara sa početnom točkom komandom `closepath`.

Polumjesec, kao šesti lik, ima ishodište pomaknuto od ishodišta primjera 4 i 5 za -200 i -100 točaka. Kamanda `fill` spaja početak i kraj luka definiranog od 240 do 320 stupnjeva. Centar je u komandi određen sa (0, 0), a stvarna pozicija zbog višekratnog korištenja komande translate je: x=140 + 180 -200 = 120, z = 250+ 150 -130 = 270 (mali kružić u polukrugu trećeg primjera).

```
% primjer br.1
350 100 30 0 360 arc fill

% primjer br.2
140 250 translate
0 0 120 0 360 arc fill

% primjer br.3
1 setgray
-20 30 70 0 270 arc fill

% primjer br.4
0.5 setgray
180 150 translate
0 0 90 30 270 arc
0 0 lineto closepath fill
% primjer br.5
1 setgray
-20 20 50 0 120 arc
-20 20 lineto closepath fill

% primjer br.6
-200 -130 translate
0.7 setgray
0 0 220 240 320 arc fill
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
5
4
3
-20 30
140 250
2
1
6

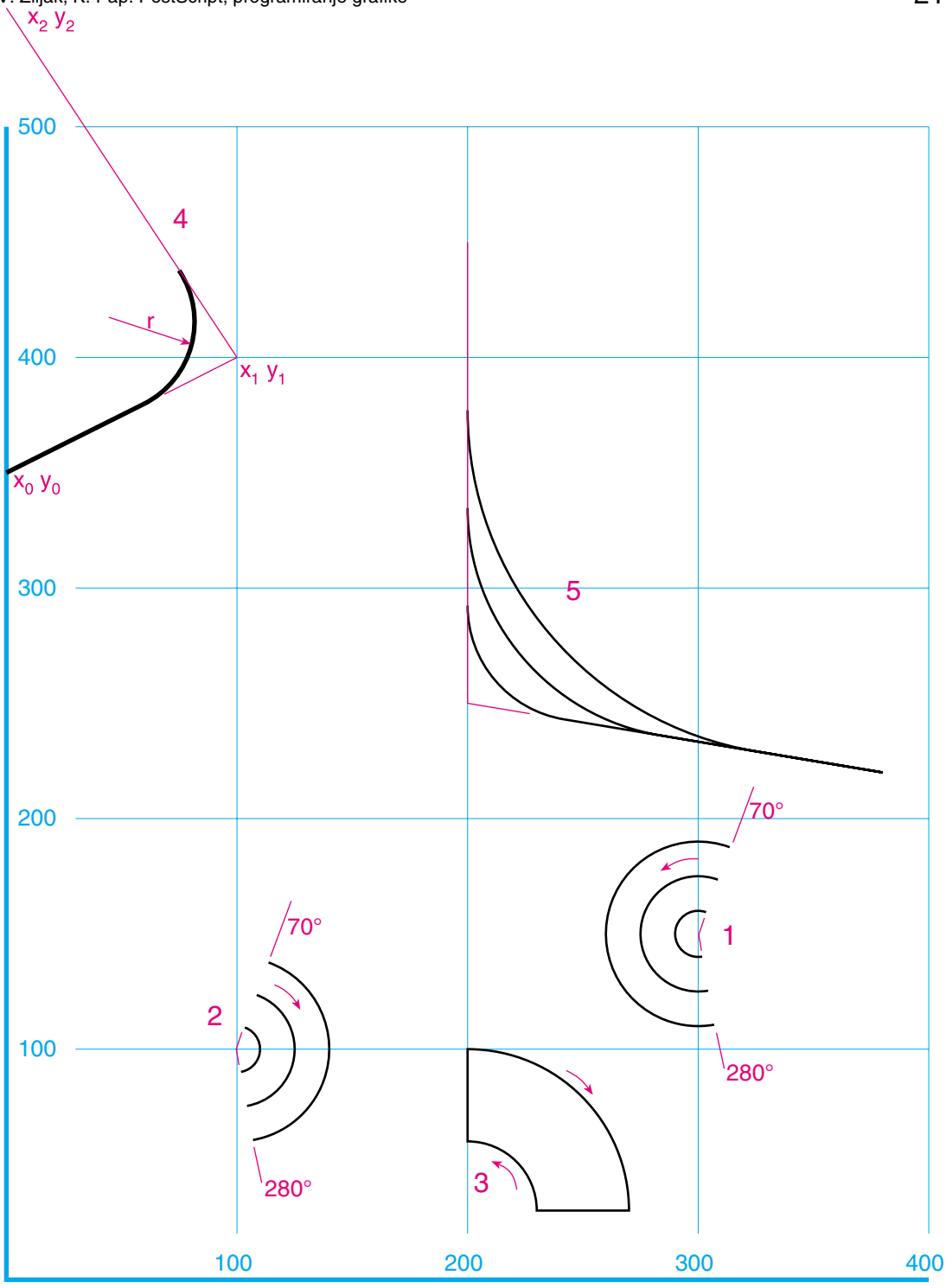
arc
arcn
arcto

`xy r L1 L2 arcn`
`x1y1 x2y2 r arcto`

Luk u `arcn` komandi ima smjer kretanja kazaljke na satu. Lukovi pod brojem 1 koncentrično su poslagane linije od 70 do 280 stupnjeva, izvedene komandom `arc`. Isti kutevi u komandi `arcn` prikazani su primjerom broj 2. Primjer 2 pomaknut je lijevo prema dolje. Treći primjer demonstrira zatvaranje lika omeđenog s dva kružna luka gdje put unutarnjeg luka ide obrnuto kazaljke na satu, a vanjski luk ide ide u smjeru kazaljke na satu.

Četvrti primjer demonstrira komandu `arcto`. Komanda je određena s dvije točke i radijusom: `x1 y1 x2 y2 r arcto`. Prva točka povezuje zadnje stanje (u primjeru dato komandom `moveto` koja je na primjeru označena kao x0 y0), druga točka je smjer tangente kraja luka. Za različite radijuse u petom primjeru ilustriramo tangentne završetke kružnih linija za iste polazne i završne točke u komandi `arcto`.

```
gsave   %primjer br.1
300 150 translate
0 0 10 70 280 arc
stroke
0 0 25 70 280 arc
stroke
0 0 40 70 280 arc
stroke
grestore

gsave   %primjer br.2
100 100 translate
0 0 10 70 280 arcn
stroke
0 0 25 70 280 arcn
stroke
0 0 40 70 280 arcn
stroke
grestore

gsave   %primjer br.3
230 30 moveto
200 30 30 0 90 arc
200 100 lineto
200 30 70 90 0 arcn
closepath
stroke
grestore

gsave   %primjer br.4
0 350 moveto 2 setlinewidth
100 400 0 550 40 arcto
stroke
grestore

gsave   %primjer br.5
380 220 moveto 1 setlinewidth
200 250 200 450 50 arcto
stroke
380 220 moveto
200 250 200 450 100 arcto
stroke
380 220 moveto
200 250 200 450 150 arcto
stroke
grestore

showpage
```


x2 y2
500
4
r
400
x1 y1
x0 y0
300
5
200
70°
1
70°
2
100
280°
280°
3
100
200
300
400

curveto

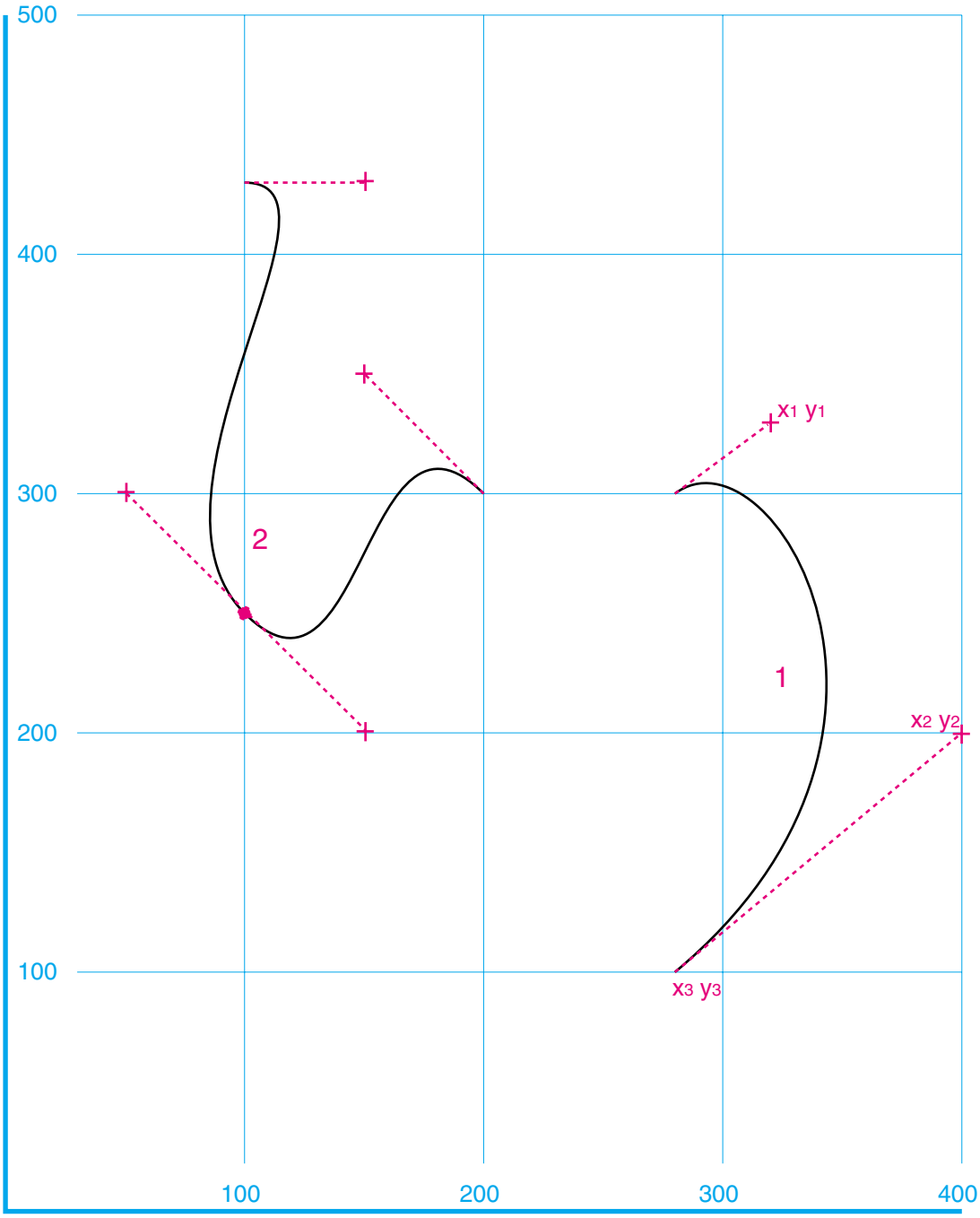
$x_1 y_1$ $x_2 y_2$ $x_3 y_3$ curveto

Bezierova krivulja osnova je mnogih zaobljenih linija kao na primjer, ovojnica slovnih znakova. Bezierova krivulja je polinom trećeg stupnja. Definirana je s četiri točke: prva, od koje točke počinje, zadnja, gdje završava krivulja te dvije tangentne točke koje određuju smjer napredovanja linije.

Komanda curveto koja opisuje stazu Bezierove krivulje ima samo tri para x/y točaka. Prva Bezierova točka se ne zadaje već je to ona točka koja je zadnja ostala u upotrebi. U prvom primjeru polazna točka je određena komandom `280 300 moveto`. Krivulja `corveto` u istom primjeru ima tri točke s koordinatama: prvi par x_1/y_1 točaka je vrh tangente od prve Bezierove točke (320 330), drugi par x_2/y_2 (400 200) je vrh tangente zadnje Bezierove točke, a treći par x_3/y_3 (280 100) su koordinate zadnje Bezierove točke.

Drugi primjer demonstrira tangentno spajanje dvije Bezierove krivulje. Primjer je podignut za 200 točaka (`0 200 translate`). Spoj dvije krivulje je u točki 100 50 koja je određena kao zadnja točka prve krivulje. Druga krivulja u programu je napisana odmah poslije prve krivulje. Vrhovi tangenata u toj točki su simetrično postavljenji. Dvije Bezierove krivulje imaju glatki tangentni prelaz.

```
280 300 moveto
320 330 400 200 280 100
curveto
stroke

0 200 translate
100 230 moveto
150 230 50 100 100 50
curveto
150 0 150 150 200 100
curveto
stroke

showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
x1 y1
x2 y2
x3 y3
1
2

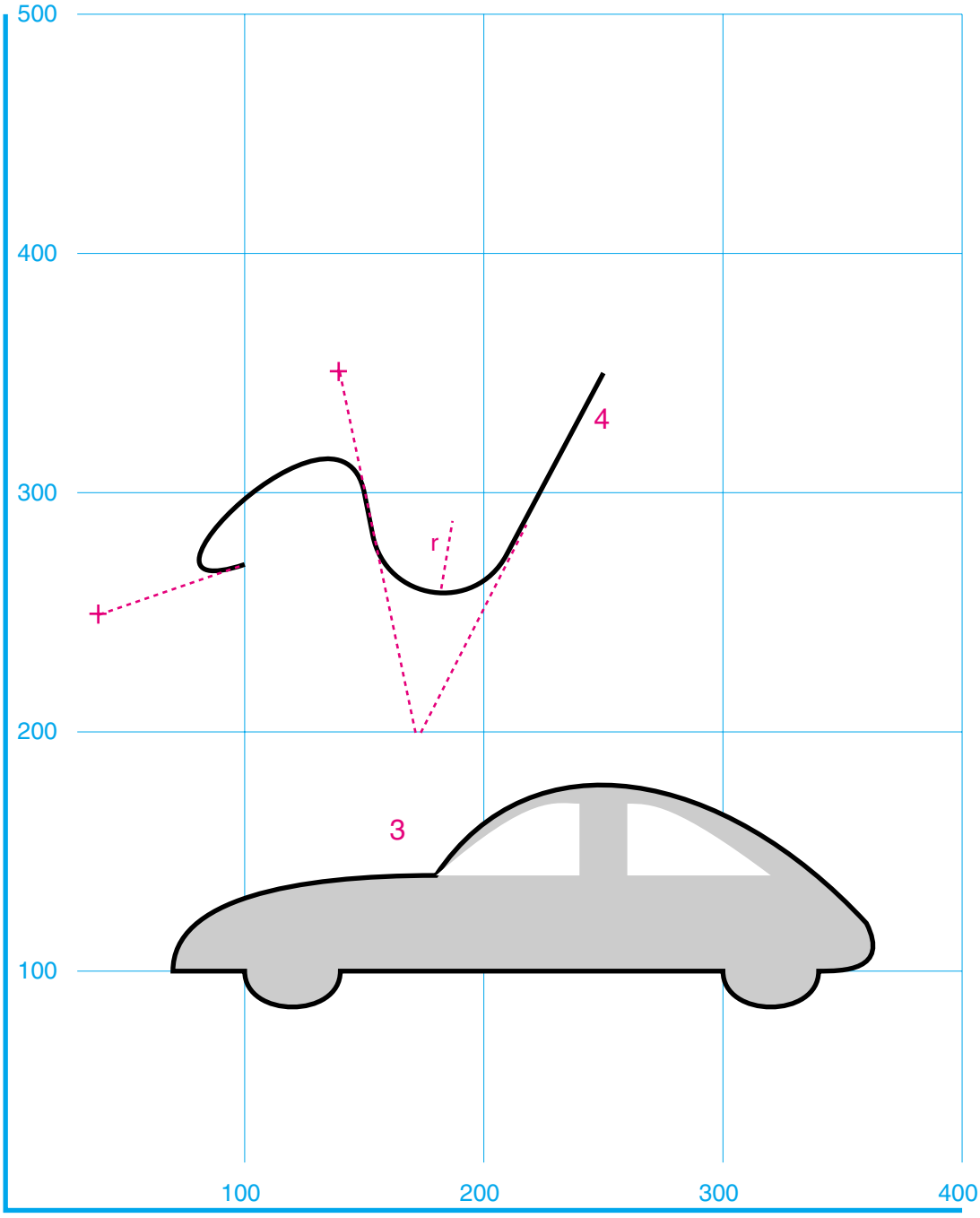
curveto
arcto

U trećem primjeru, oblikovanja automobila s Bezierovim krivuljama, koristimo više komandi i povezujemo nekoliko linija. Prva grupa komandi je zatvoren grafički oblik popunjen svjetlim rasterom datim komandom `0.7 setgray` i izbijanjem: `1 setgray`. Druga grupa komandi su te iste Bezierove krivulje ali realizirane kao crne linije debljine 2 točke.

U povezivanju komandi `curveto` i `arcto` treba voditi brigu o tangentnim nastavcima kao i primjerima višestrukog povezivanja komandi `curveto`. Četvrti primjer demonstrira povezivanje zadnje Bezierove točke sa kružnom linijom. Vektor tangente kružne linije je dvostruko duži od vektora zadnje Bezierove točke ali je postavljen točno u suprotnom smjeru. Treba primjetiti da je dužina između dvije krivulje iscrtana bez da je definirana nekom programskom rutinom.

```
70 100 moveto %primjer br. 3
70 130 120 140 180 140 curveto    % hauba
220 200 300 185 360 120 curveto   % krov
370 100 350 100 340 100 curveto   % pozadina
340 80 300 80 300 100 curveto     % kotač
140 100 lineto                    % pod
140 80 100 80 100 100 curveto     % kotač
closepath 0.7 setgray fill

70 100 moveto
70 130 120 140 180 140 curveto
220 200 300 185 360 120 curveto
370 100 350 100 340 100 curveto
340 80 300 80 300 100 curveto
140 100 lineto
140 80 100 80 100 100 curveto
closepath 0 setgray 2 setlinewidth
stroke

%1. prozor
180 140 moveto
220 175 230 170 240 170 curveto
240 140 lineto closepath
%2. prozor
260 170 moveto
270 170 280 170 320 140 curveto
260 140 lineto closepath
1 setgray fill
```

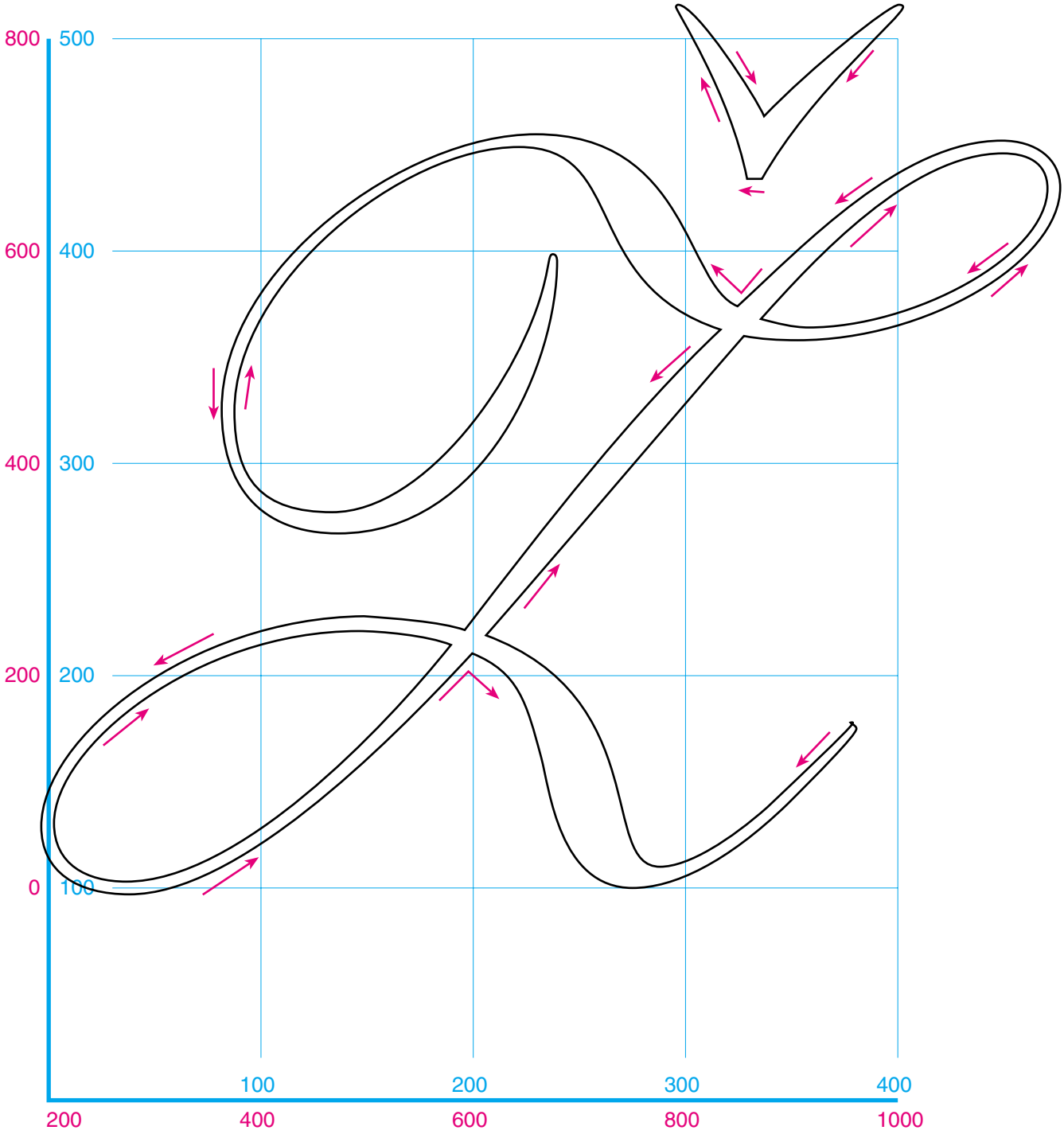
```
%primjer br. 4
0 100 translate 0 setgray
100 170 moveto
40 150 140 250 150 200 curveto
170 100 250 250 30 arcto
250 250 lineto
stroke showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
4
r
3

PostScript tipografija je riješena Bezierovim krivuljama. Ilustriramo rukopisno slovo Ž iz fonta Shelly iz FS biblioteke. Podaci za krivulje su prepisani iz originalnog slova pomoću Fontographera.

Ispis slova je smanjen na polovicu sa komandom `0.5 0.5 scale`. Pismovna linija cijele tipografske biblioteke nalazi se na visini od 0 točaka. Slika slova Ž ima pomak u desno za 200 točaka. Smjer unutarnjih linija, suprotan je smjeru vanjskih linija.

```
-100 100 translate
0.5 0.5 scale
276 -6 moveto
376 -6 514 129 599 221 curveto
643 203 650 175 664 123 curveto
672 93 681 0 750 0 curveto
789 0 839 24 896 79 curveto
921 104 961 144 961 150 curveto
961 154  952 156 957 156 curveto
960 156 955  150  877  76  curveto
843  46  803  20  776 20 curveto
718 20 771 179 612 238 curveto
695 333 774 427 855 520 curveto
871 517 887 516 906 516 curveto
1027 516 1153 590 1153 660 curveto
1153 687 1130 704 1098 704 curveto
1004 704 911 605 849 548 curveto
800 568 803 710 659 710 curveto
536 710 363 584 363 451 curveto
363 380 398 334 473 334 curveto
611 334 679 496 679 590 curveto
679 594 678 597 675 597 curveto
671 597 672 590 667 570 curveto
646 483 555 354 467 354  curveto
401 354 375 384 375 449 curveto
375 570 533 698 643 698 curveto
747 698 699 570 833 526 curveto
750 448 668 342 592 243 curveto
569 251 524 254 497 256 curveto
333 254 193 141 193 58 curveto
193 15 227 -6 276 -6 curveto
%unutarnje krivulja donja
579 229 moveto
515 149 378 6 273 6 curveto
236 6 205 22 205 61 curveto
205 132 338 242 492 242 curveto
512 242  557 238 579 229 curveto
%unutarnje krivulja gornja
871 536 moveto
922 593 1013 692 1099 692 curveto
1121 692 1141 684 1141 659 curveto
1141 595 1014 528 916 528 curveto
901 528 886 532 871 536 curveto
%kvacica
872 668 moveto
872 668 858 668 858 668 curveto
842 749 791 826 791 830 curveto
791 831 792 832 793 832 curveto
810 832 867 744 874 727 curveto
918 773 992 832 1001 832 curveto
1004 832 1005 831 1005 830 curveto
1005 821 919 751 872 668 curveto
stroke
showpage
```


800
600
400
200
0
500
400
300
200
100
100
200
300
400
200
400
600
800
1000

repeat

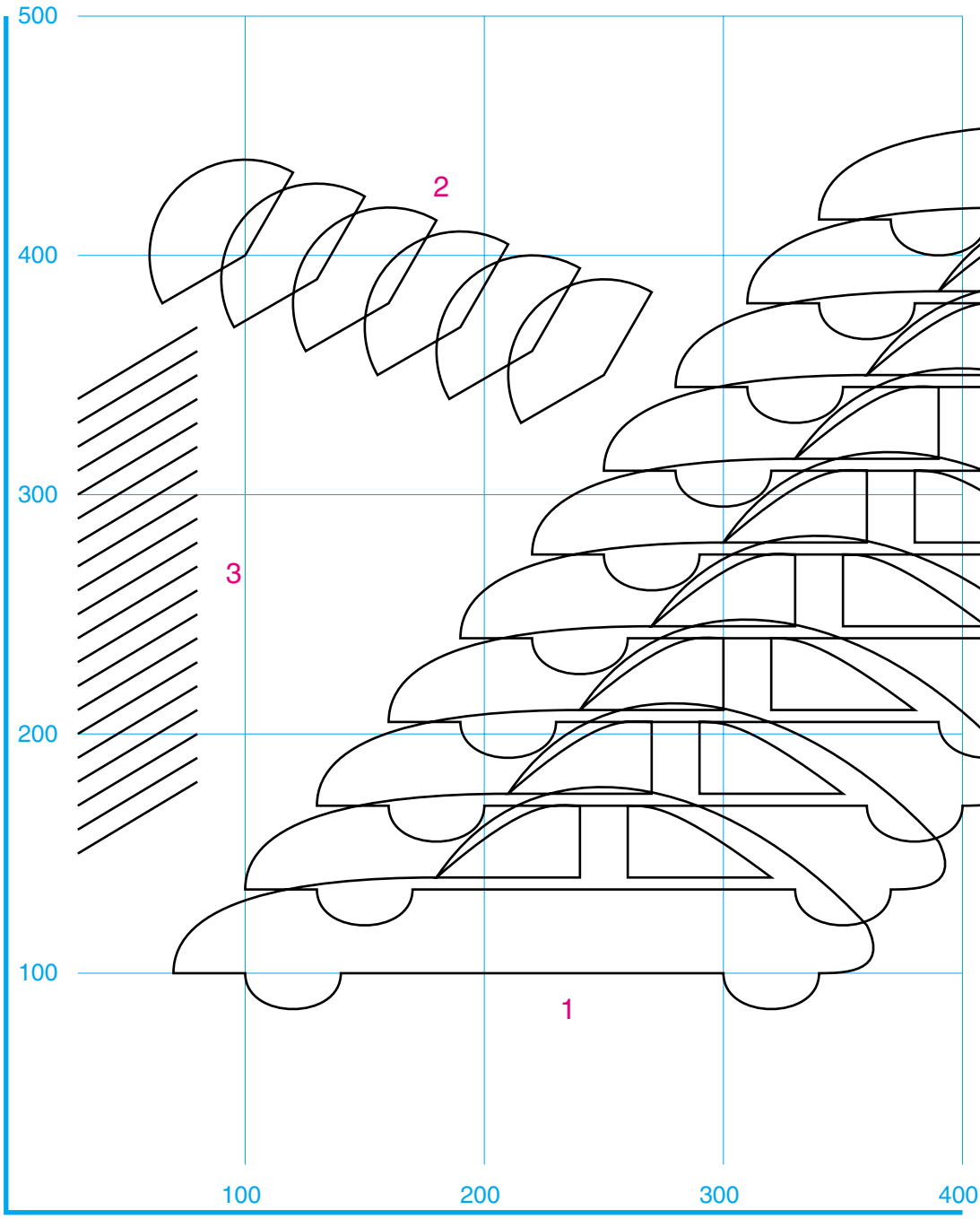
n proc repeat

Grafike rađene pomoću računala prepune su likova s ponavljanim oblicima. Dizajneri najčešće planiraju ponavljanje crteža po nekom pravcu, krivudavom putu, kružnici, simetriji. Komande `repeat` i `for` imaju u PostScriptu slična pravila kao i u drugim programskim jezicima. U dosadašnjim primjerima imali smo ponavljanje likova upisujući podatke položaja, pomaka i multipliciranjem komandi. Ali, ako nam je namjera da višestruko i precizno oblikujemo lik u pravilnom pomaku tada je računalo idealno da samo izračuna te korake. Automobil ponavljamo 10 puta sa stalnim pomakom za 30 vodoravnih i 35 vertikalnih točaka. Komanda `repeat` počinje brojem planiranih ponavljanja ispred vitičaste zagrade. Sama komanda piše se nakon zatvorene vitičaste zagrade. Brojač `repeat` petlje se ne može dohvatiti i iskoristiti kao varijabla unutar same petlje za razliku od `for` petlje.

Sličan primjer je i sa kružnim isječkom koji se pomiče za x 30, i y -10 točaka, 6 puta. U trećem primjeru dvadeset puta ponavljamo kosu liniju u vertikalnom smjeru odozgo prema dolje.

```
%primjer br.1
10 {
180 140 moveto
220 175 230 170 240 170 curveto
240 140 lineto closepath
260 170 moveto
270 170 280 170 320 140 curveto
260 140 lineto closepath stroke
70 100 moveto
70 130 120 140 180 140 curveto
220 200 300 185 360 120 curveto
370 100 350 100 340 100 curveto
340 80 300 80 300 100 curveto
140 100 lineto
140 80 100 80 100 100 curveto
closepath stroke
30 35 translate } repeat
```

```
%primjer br.2
-200 50 translate
6 { 0 0 moveto
0 0 40 60 210 arc 0 0 lineto
30 -10 translate  stroke
 } repeat

%primjer br.3
-250 0 translate
20 { 0 0 moveto
50 30 rlineto stroke
 0 -10 translate
 } repeat
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3

gsave
grestore
rotate

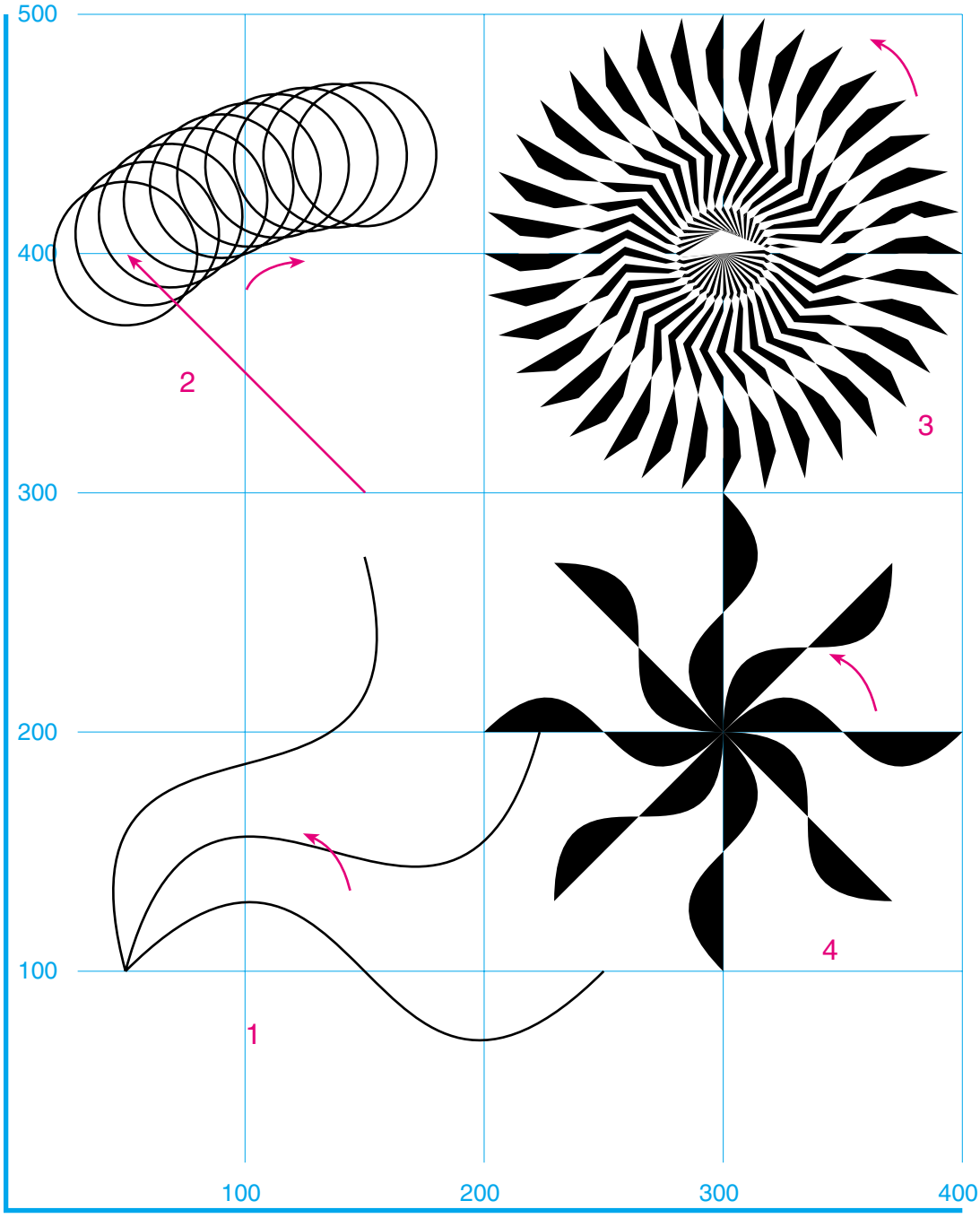
```
gsave
grestore
kut rotate
```

Programiranje grafičkog puta sa komandama kao što su `moveto`, `lineto`, `translate` i `rotate` definira jedno grafičko stanje. U njemu je zapamćena i odabrana debljina linija, svjetlina, vrsta spajanja i sve ostale komande koje se brinu za način iscrtavanja puta. Kada se upotrebe komande `stroke` ili `fill` vrši se iscrtavanje po tim parametrima i definiranom putu. Nakon njih nestati će informacija o prethodno programiranom putu, a svi ostali parametri ostaju sačuvani.

Ako želimo zapamtiti put i način iscrtavanja za kasniju upotrebu možemo upotrebiti komandu `gsave` za spremanje tekućeg grafičkog stanja i komandu `grestore` koja obnavlja (restaurira) zadnje spremljeno grafičko stanje. Tako je moguće spremati više grafičkih stanja i restaurirati ih po redoslijedu spremanja. To se izvršava preko stacka grafičkih stanja. Komanda `gsave` sprema sve parametre i putanju na vrh stacka, a `grestore` ih skida sa stacka i čini ih opet aktuelnim. Stanje koje se skinulo sa `grestore` više ne postoji na stacku pa ukoliko ga želimo opet kasnije, moramo ga opet spremiti sa `gsave`. Zbog toga je poželjno iza svakog `grestora` izvršiti i `gsave` čime slobodno možemo mijenjati tek obnovljeno stanje, a da se još uvijek možemo vratiti na početno.

Komanda `rotate` zakreće koordinatni sistem po pozitivno zadanom kutu u stupnjevima u smjeru suprotnom od sata. Ako se želi izvršiti rotacija objekta, prvo se mora zakrenuti koordinatni sistem pa tek onda izvršiti programiranje objekta u zakrenutom sistemu.

```
%primjer br.1
gsave
50 100 translate
3 { 0 0 moveto
100 100 100 -100 200 0 curveto
stroke
30 rotate } repeat
grestore

%primjer br.2
gsave
150 300 translate
10 {  -100 100 30 0 360 arc
stroke
-5 rotate } repeat
grestore

%primjer br.3
gsave
300 400 translate
37 { -20 0 moveto 20 10 rlineto
40 -20 rlineto 40 20 rlineto
20 -10 rlineto closepath fill
5 rotate 1 setgray
-20 0 moveto 20 10 rlineto
40 -20 rlineto 40 20 rlineto
20 -10 rlineto closepath fill
5 rotate 0 setgray
} repeat grestore

%primjer br.4
gsave
300 200 translate
8 { 0 0 moveto
50 50 50 -50 100 0 curveto
closepath fill
45 rotate } repeat
grestore showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3
4

scale

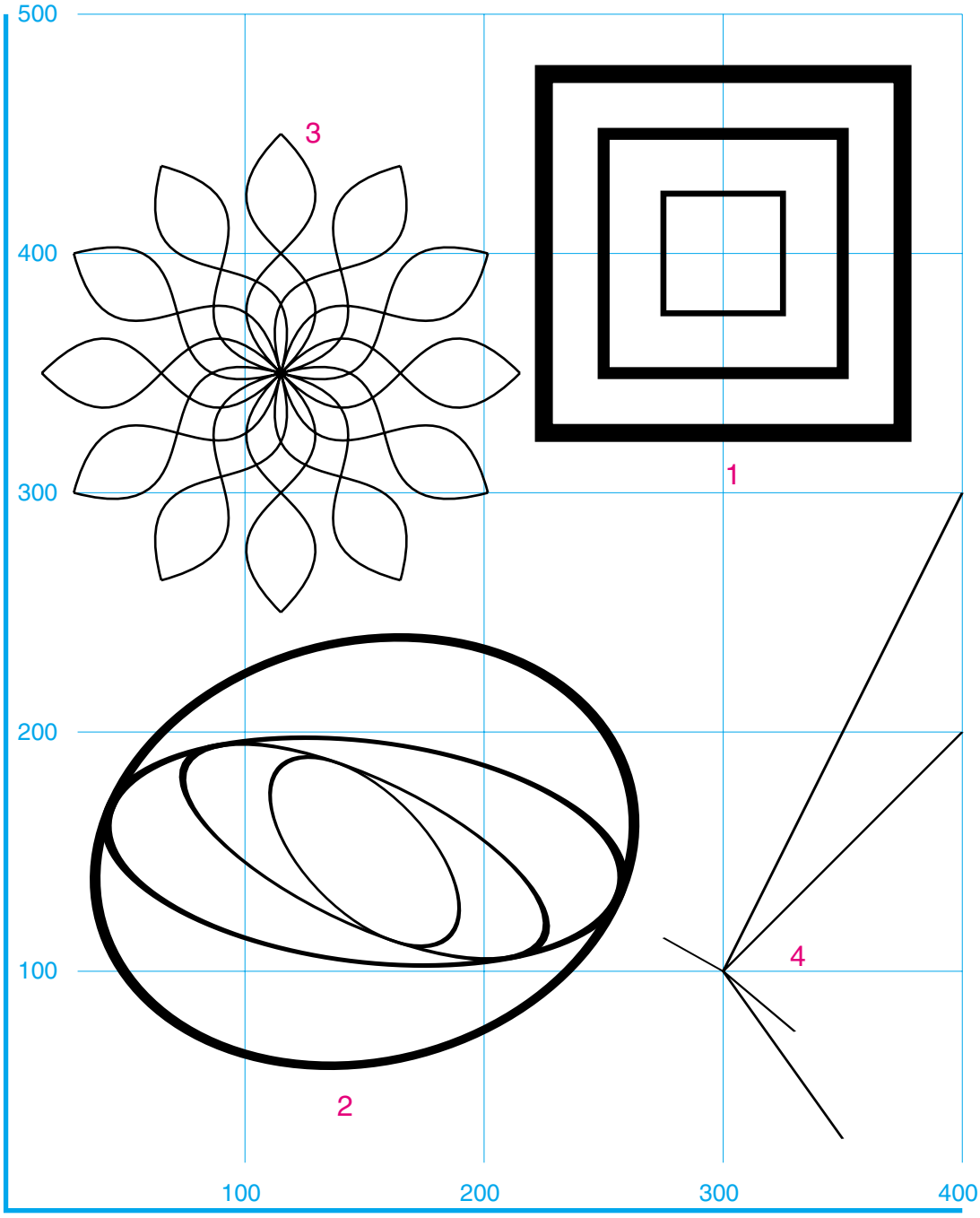
s_x s_y scale

Proširivanje, sužavanje, smanjivanje, povečavanje i zrcaljenje i to proporcionalno ili neproporcionalno postiže se komandom **scale**. Njezina dva parametra s_x i s_y su faktori s kojima se množi nezavisno x i y koordinata grafičkog koordinatnog sistema pa se dobiva sužena ili proširena x ili y os. Vraćanje u prvobitno stanje koordinatnog sustava iza komande **scale** je najjednostavnije upotrebom **gsave** i **grestore** komandi. Tako imamo sačuvan referentni početak za daljnje programiranje.

U prvom primjeru su kvadrati crtani istim komandama, ali sa istim faktorima skaliranja (s_x=s_y). Debljina linija se također transformirala ovisno o faktorima. Drugi primjer crta elipse koje se dobivaju sa **1 2 scale** komandom koje se superponiraju u svakom krugu **repeat** petlje. Tako se je promjenio odnos x osi naprema y osi iz početne kružnice zadane komandom **arc**. U svakom krugu petlje zarotirao se koordinatni sistem i na njemu primjenio **scale** i **arc**.

Zrcaljenje objekta se vrši promjenom orijentacije koordinatnog sistema sa upotrebom negativnih faktora **scale** komande. U trećem primjeru se sa unutrašnjom **repeat** petljom s brojačem **12** iscrtalo međusobno zakrenutih 12 krivulja, a sa vanjskom **repeat** petljom s brojačem 2 se sve to još jednom ponovilo sa **-1 1 scale** komandom. Tako je dobiveno 12 listova iscrtanih od zrcalnih Bezier krivulja. U četvrtom primjeru se prikazuje igra sa linijama upotrebom različitih **scale** komandi.

```
%primjer br.1
gsave
5 setlinewidth
300 400 translate
gsave
1 1 scale
-50 -50 moveto
100 0 rlineto
0 100 rlineto
-100 0 rlineto
closepath stroke
grestore
gsave
1.5 1.5 scale
-50 -50 moveto
100 0 rlineto
0 100 rlineto
-100 0 rlineto
closepath stroke
grestore
gsave
0.5 0.5 scale
-50 -50 moveto
100 0 rlineto
0 100 rlineto
-100 0 rlineto
closepath stroke
grestore
grestore

%primjer br.2
1 setlinewidth
gsave
150 150 translate
4 {  45 rotate
1 2 scale
0 0 25 0 360 arc
stroke
} repeat
grestore

%primjer br.3
1 setlinewidth
gsave
115 350 translate
2 {
12 { 0 0 moveto
50 50 50 -50 100 0 curveto
30 rotate
} repeat
-1 1 scale
} repeat stroke
grestore

%primjer br.4
4 setlinewidth
gsave
300 100 translate
1 1 scale 0 0 moveto
100 200 rlineto
1 0.5 scale 0 0 moveto
100 200 rlineto
0.5 -0.7 scale 0 0 moveto
100 200 rlineto
-0.5 -0.2 scale 0 0 moveto
100 200 rlineto
-1.2 -1.8 scale 0 0 moveto
100 200 rlineto
stroke
grestore
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3
4

eofill

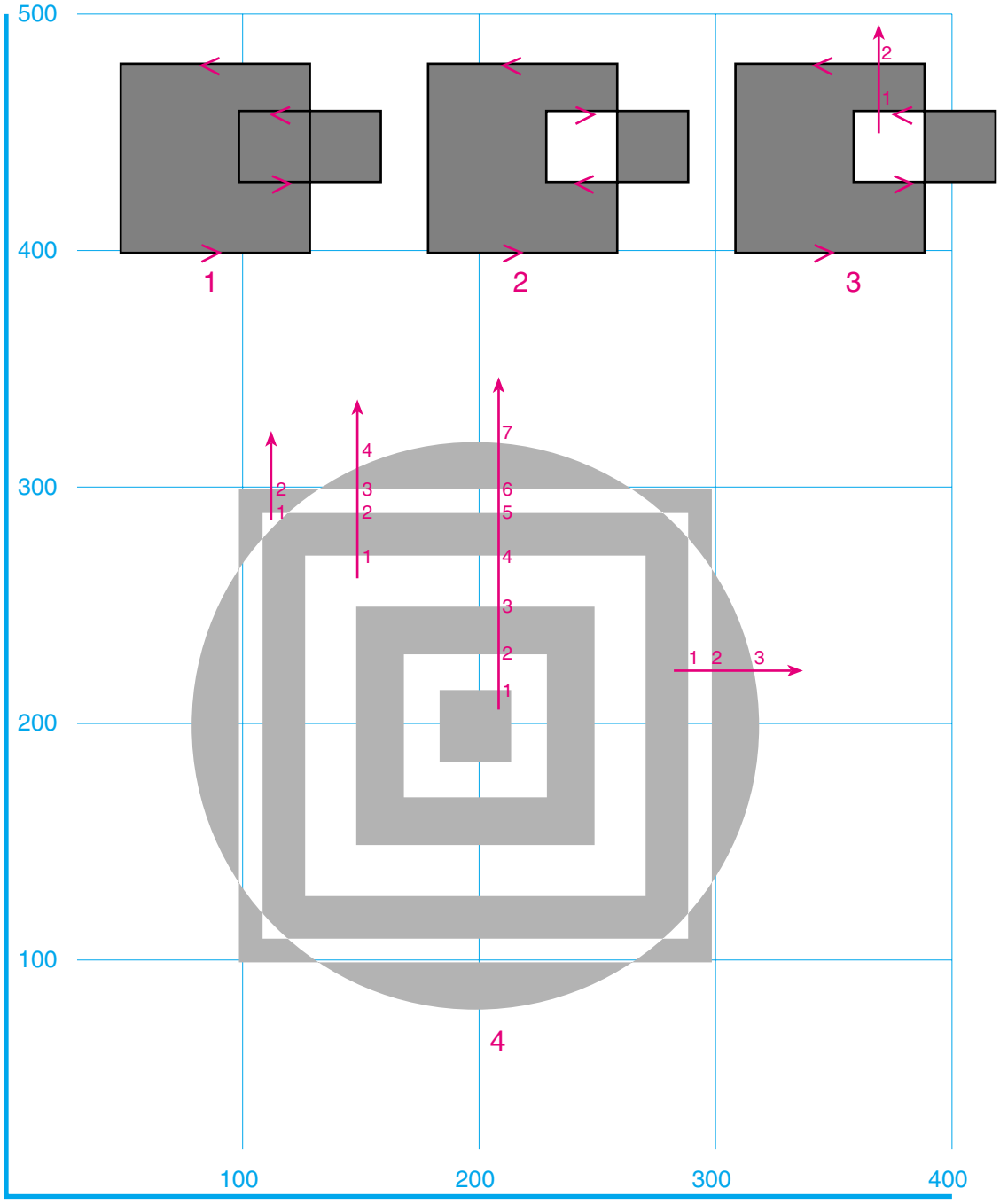
`eofill`

U PostScriptu se može na više načina definirati kako će se preklapati dva objekta i njihovo različito ponašanje nakon naredbe **`fill`**. Ako su obje staze objekata programirane u istom smjeru onda će i njihov presjek imati isti **`setgray`** iznos (primjer br.1). U primjeru br. 2 mali pravokutnik crtan je u suprotnom smjeru pa je dobivena "rupa" na mjestu presjeka.

Isti efekt se dobiva ako se crtaju oba objekta u istom smjeru, ali se umjesto komande **`fill`** upotrijebi komanda **`eofill`** (even-odd fill). Ona radi tako što se odluka, da li će neki presjek biti ispunjen ili ne, donosi pomoću zamišljenog polupravca od točke iz presjeka do beskonačnosti i broja prelaska preko staza objekata do vanjske okoline. Ako je taj broj paran tada taj presjek nema ispune, a ako je neparan ima ispunu. U primjeru br. 4 na slici mogu se prebrojati prelasci preko staza za nekoliko preklapanja pa je razumljiv način njihove ispune ovisno o parnom ili neparnom broju prelaska.

Primjetimo kako je u primjerima br. 1,2 i 3 upotrebljen **`gsave`** i **`grestore`** za iscrtavanje linija pravokutnika čime ponovno programiranje staze za komandu **`stroke`** postaje suvišno. Ta mjesta su označena u programu crvenom točkom.

```
%primjer br.1
0.5 setgray
gsave
50 400 translate
0 0 moveto
80 0 rlineto
0 80 rlineto
-80 0 rlineto
closepath
50 30 moveto
60 0 rlineto
0 30 rlineto
-60 0 rlineto
closepath
gsave fill grestore
0 setgray stroke
grestore

%primjer br.2
gsave
180 400 translate
0 0 moveto
80 0 rlineto
0 80 rlineto
-80 0 rlineto
closepath
50 30 moveto
0 30 rlineto
60 0 rlineto
0 -30 rlineto
closepath
gsave fill grestore
0 setgray stroke
grestore

%primjer br.3
gsave
310 400 translate
0 0 moveto
80 0 rlineto
0 80 rlineto
-80 0 rlineto
closepath
50 30 moveto
60 0 rlineto
0 30 rlineto
-60 0 rlineto closepath
gsave eofill grestore
0 setgray
stroke
grestore

%primjer br.4
0.7 setgray
gsave
200 200 translate
0 0 moveto
0 0 120 0 360 arc
1 -0.1 0.4 { dup scale
-100 -100 moveto
200 0 rlineto
0 200 rlineto
-200 0 rlineto closepath
} for eofill
grestore
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3
4
1
2
3
4
1
2
3
4
5
6
7
1
2
3
1
2
3
1
2

stack

U PostScriptu postoje četiri vrste stacka: stack operanada, stack riječnika, stack grafičkih stanja i izvršni stack. Stack operanada je spremnik (memorijski lanac) podataka i rezultata za skoro sve PostScript komande (operatore). Stack riječnika uspostavlja parove između imena varijabli i procedura sa njihovim sadržajem. Stack grafičkih stanja pamti programirani put i njegov način iscrtavanja. PostScript izvršava samo ono što je na vrhu izvršnog stacka koji mu služi kao radni stack. On je praktički transparentan za programera za razliku od ostalih.

PostScript jezik zasnovan je na stack procedurama i to najviše za stack operanada. Interpreter dodaje novi objekt (parametre, imena) iz programa i postavlja ga na vrh stacka gurajući prijašnje vrijednosti u stacku za jedno mjesto dublje. Kada PostScript interpreter pokrene izvršenje komande uzima se podatak sa vrha stacka i uklanja. Gledajući s pozicije programa tada program čita parametre s lijeva na desno, a komanda uzima podatke s desna na lijevo.

Na primjer za `100 200 moveto` imat ćemo ove situacije na stacku:

1. 100
2. 100 200 -> vrh stacka
3. ----- (prazno iza komande)

Najčešći operatori (komande) za rad sa sadržajem stacka su `exch`, `dup`, `pop`, `clear`, `roll`, `neg`, `index` i `copy`.

`exch` zamjenjuje pozicije prva dva podatka na stacku
Ako je stanje na stacku: 70 20 0 300 40,
nakon `exch`, stanje je: 70 20 0 40 300.

`dup` komanda duplicira podatak na vrhu stacka
Ako je stanje na stacku: 30 40 700,
nakon `dup`, stanje je: 30 40 700 700.

`pop` komanda briše podatak na vrhu stacka
Ako je stanje na stacku: 60 50 100,
nakon pop, stanje je: 60 50 .

`clear` komanda briše sve podatke na stacku
Ako je stanje na stacku: 30 90 60,
nakon `clear`, stanje je: ----- .

`n p roll` komanda rotira `n` gornjih elemenata na stacku `p` puta
Ako je stanje na stacku: 70 20 0 300 40,

nakon `4 2 roll`, stanje je: 70 300 40 20 0.

`neg` komanda mijenja predznak podatku na vrhu stacka
Ako je stanje na stacku: 0 500 30 70,
nakon `neg`, stanje je: 0 500 30 -70.

`i index` komanda duplicira `i`-ti element na stacku i postavlja kopiju na vrh stacka, a ostale podatke gura dolje
Ako je stanje na stacku: 30 70 120 50 40,
komanda `3 index` će napraviti: 30 70 120 50 40 70.

`n copy` komanda duplicira n podataka sa vrha stacka
Ako je stanje na stacku: 50 40 30 60 80,
komanda `3 copy` će napraviti: 50 40 30 60 80 30 60 80.

Slijedeći primjeri pokazuju stanje stacka za pojedine komande po koracima izvršavanja:

`10 20 add` komanda zbrajanja

1. 10
2. 10 20 (potrebno stanje za `add`)
3. 30 (rezultat)

`30 50 sub` komanda oduzimanja

1. 30
2. 30 50(potrebno stanje za `sub`)
3. -20 (rezultat)

`30 70 80 90 0 40 curveto`

1. 30
2. 30 70
3. 30 70 80
4. 30 70 80 90
5. 30 70 80 90 0
6. 30 70 80 90 0 40 (`curveto`)
7. ----- (prazno iza komande)

`-20 10 mul` komanda množenja

1. -20
2. -20 10 (potrebno stanje za mul)
3. -200 (rezultat)

`10 3 div` komanda dijeljenja

1. 10
2. 10 3 (potrebno stanje za `div`)
3. 3.33333325 (rezultat)

`10 3 idiv` komanda za cijelobr. dijelj.

1. 10
2. 10 3 (potrebno stanje za `div`)
3. 3 (rezultat)

`5 3 mod` daje ostatak dijeljenja 5/3

1. 5
2. 5 3 (potrebno stanje za mod)
3. 2 (rezultat)

`10 -50 atan` komanda koja daje kut čija je tangentna točka (10, -50)

1. 10
2. 10 -50 (potrebno stanje za `atan`)
3. 168.690063 (rezultat)

`10 5 add /x exch def` definiranje varijable x koja sadržava rezultat kom. `add`

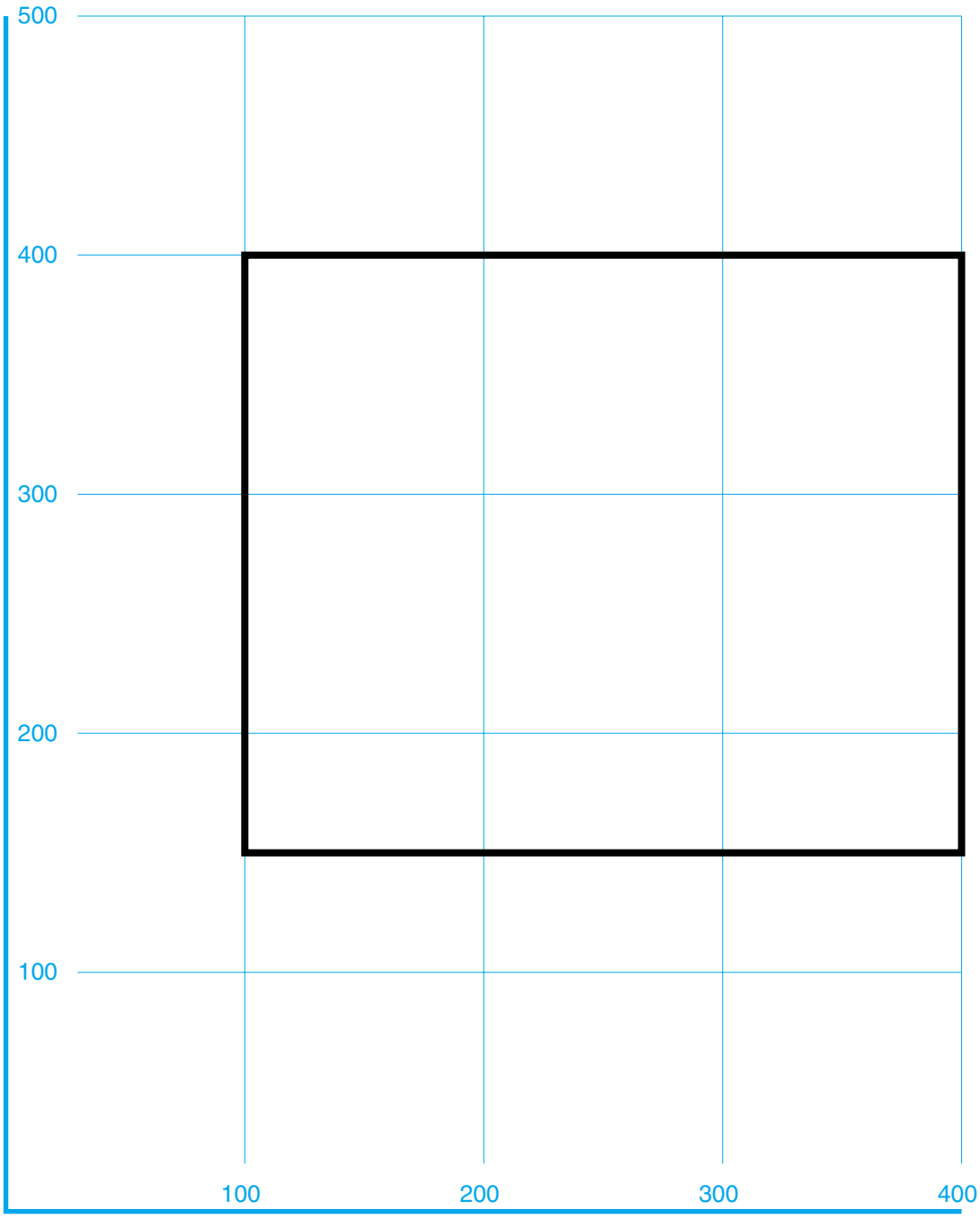
1. 10
2. 10 5
3. 15
4. /x 15
5. 15 /x
6. ----- (prazno iza komande def)

```
-mark-
100
-mark- 1
150
100
-mark-
-mark-
300
-mark- 2
250
300
-mark-
300
250
-mark-
300
300
250
-mark- 3
0
300
300
250
-mark- 4
300
250
-mark-
250
300
-mark-
0
250
300
-mark- 5
250
0
300
-mark- 6
300
-mark- 7
-300
-mark-
0
-300
-mark-
-mark- 8
-mark- 9
-mark- 10
3
-mark- 11
-mark- 12
```

dup, neg procedure (okvir)

Procedure su skup rutina sa korisnikovim imenom a upotrebljavaju se, pozivaju, kao i bilo koja PostScript komanda. Ilustracija procedure nazvane `okvir` pokazana je primjerom iscrtavanja pravokutnika tako da se zadaje samo dijagonalna točka, točka nasuprot polaznoj točki. Budući da je time dato dovoljno podataka moguće je rješenje iscrtavanja puta od početne točke preko ostalih točaka pravokutnika. Svaki programer bi na svoj način rješio proceduru, redoslijed postavljanja i uzimanja vrijednosti u stacku prije izvršenja komande `rlineto` ili `lineto`. U slijedeće dvije stranice data su dva rješenja. Na početku programa data je kratka procedura s imenom `"s"` za ispis stanja stacka i teksta `"mark"`. Plavom bojom označena su mjesta ispisa stacka, a crvenom bojom veza programa sa ispisom točke na lijevom dijelu stranice.

```
/s { mark pstack pop } def

/okvir {
exch s dup s 0 s 3 rlineto s 4
exch s 0 s exch s 5 rlineto s 6
neg s 7 0 s  rlineto s
closepath s 8
} bind def
100 s 1 150 s  moveto s
300 s 250 s 2 okvir s 9
3 s 10 setlinewidth s 11 stroke s 12

showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400

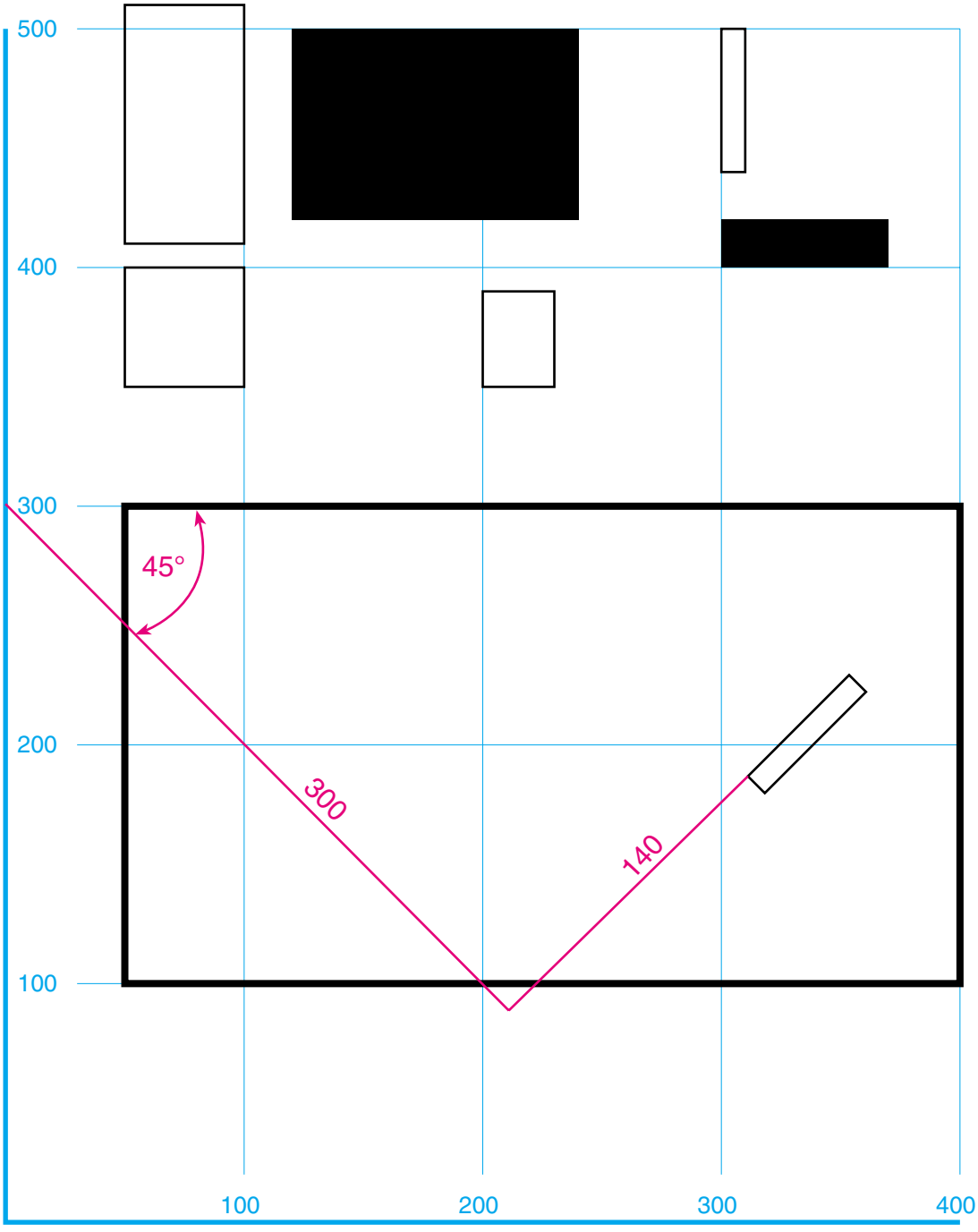
Index

Procedura drugog rješenja okvira koristi komandu `index`. Tom se komandom duplicira i prebacuje neki podatak iz sredine stacka na vrh stacka. `Index` komanda kopira broj udaljen od vrha stacka za toliko, kolika je vrijednost (index) u prvom stacku. Taj broj stavlja na prvo mjesto, a stari broj na vrhu (index) briše se. Ilustracije radi, ispisali smo stanje stacka za sedam okvira. Zadnji okvir je rotiran za 45 stupnjeva. Podaci u stacku za taj okvir su u jedinicama novog - rotiranog koordinatnog sustava.

```
/s { mark pstack pop } def

/okvir {
1 index 0 s 2 rlineto
 0 exch s 3 rlineto
neg 0 s 4 rlineto
closepath
} bind def
50 s 100 s 1 moveto
350 200 okvir
3 setlinewidth stroke

1 setlinewidth
0 300 translate
50 50 moveto 50 50 okvir stroke      I
50 110 moveto 50 100 okvir stroke    II
120 120 moveto 120 80 okvir fill     III
200 50 moveto 30 40 okvir stroke     IV
300 100 moveto 70 20 okvir fill      V
300 140 moveto 10 60 okvir stroke    VI
-45 rotate
300 140 moveto 10 60 okvir stroke    VII

showpage
```

```
-mark-
50
-mark-
100
50
-mark- moveto
0
350
200
350
-mark- 2
200  y
0    x
350
-mark- 3
0
-350
-mark- 4
0
50
50
50
-mark- 2 I
50
0
50
-mark- 3 I
0
-50
-mark- 4 I
0
50
100
50
-mark- 2 II
100
0
50
-mark- 3 II
0
-50
-mark- 4 II
0
120
80
120
-mark- 2 III
80
0
120
-mark- 3 III
0
-120
```

```
-mark- 4 III
0
30
40
30
-mark- 2 IV
40
0
30
-mark- 3 IV
0
-30
-mark- 4 IV
0
70
20
70
-mark- 2 V
20
0
70
-mark- 3 V
0
-70
-mark- 4 V
0
10
60
10
-mark- 2 VI
60
0
10
-mark- 3 VI
0
-10
-mark- 4 VI
0
10
60
10
-mark- 2 VII
60
0
10
-mark- 3 VII
0
-10
       4 VII
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
45°
300
140

add

sub

mul

div

sqrt

atan

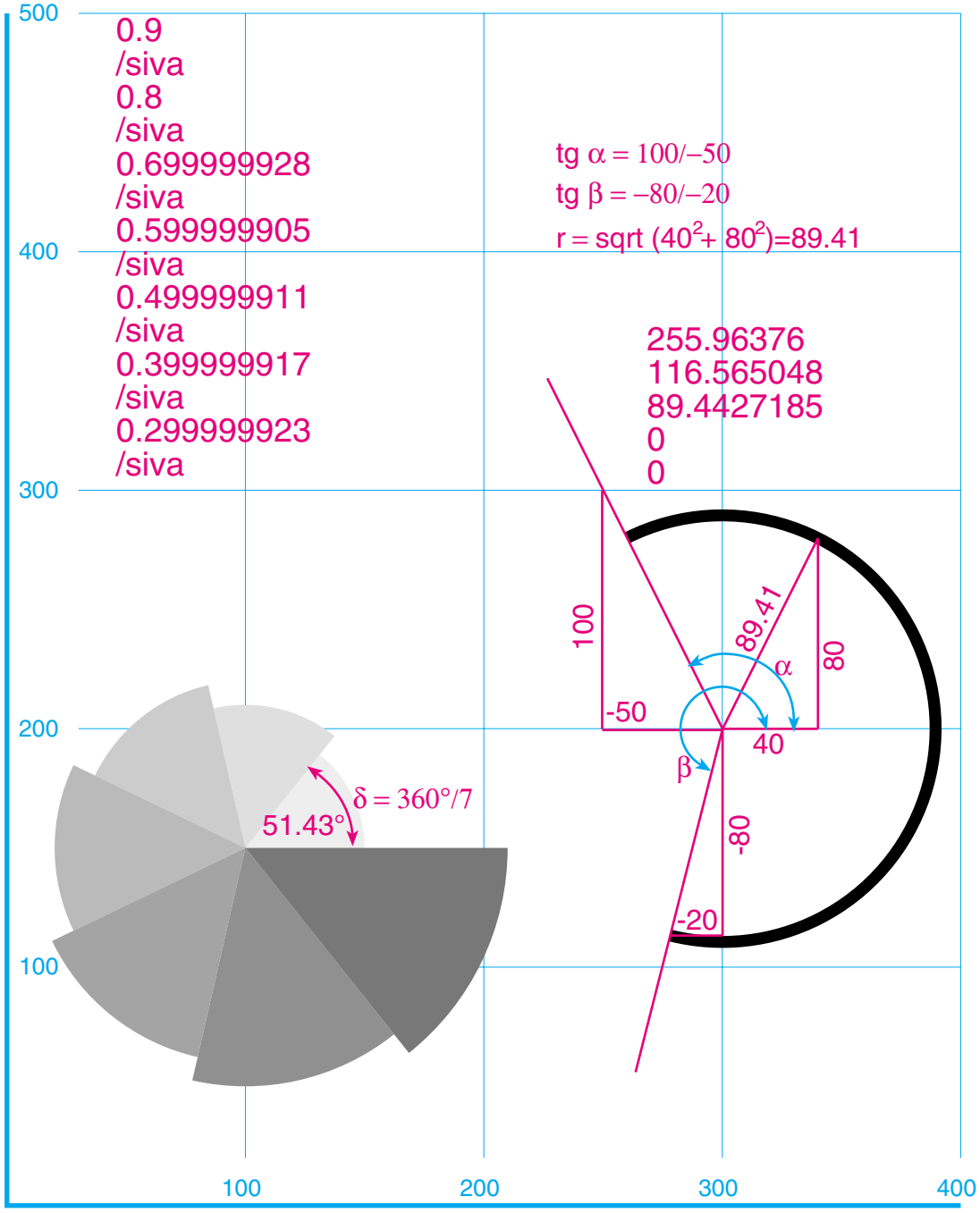
```
a b add
a b sub
a b mul
a b div
  a sqrt
a b atan
```

Matematičke operacije: zbrajanje, oduzimanje, množenje, dijeljenje, korjen, arkus-tanges imaju parametre slično kao i u drugim programskim jezicima. Zbrajanje uzima dva podatka s vrha stacka, zbraja ih, a rezultat stavlja na vrh stacka. Slično je i sa komandama `sub`, `mul` i `div`. U prvom primjeru, kut za sedam isječaka dobiva se dijeljenjem 360/7 (`360 7 div`). Za svaki isječak smanjuje se svjetlina: (siva - 0.1) za deset posto: `siva 0.1 sub`. Radijus se povečava za10 točaka: `polumjer 10 add`. Za svih sedam isječaka ispisana su stanja stacka sive boje (crvena točka).

Drugi korjen se izračunava od podatka na vrhu stacka, a rezultat se stavlja na to isto mjesto. Arkus-tangens izračunava se na temelju dva podatka trigonometrijske kružnice kao što je ilustrirano na drugom primjeru. Početak luka je i drugom kvadrantu dat podacima: atan (100/-50) =116,5°. Kraj luka je u trećem kvadrantu određen podacima: atan (-80 / -20) = 255,9°. Radijus se izračunava iz trokuta s katetama duljina 80 i 40 točaka: sqrt (80^2 + 40^2). Prije aktiviranja crtanja luka ispisano je stanje u stacku (crvena točka).

```
clear
/polumjer 50 def
/siva 1 def
gsave
100 150 translate
7 {
siva 0.10 sub
/siva exch def
siva setgray
0 0 moveto
0 0 polumjer 0 360 7 div arc
0 0 lineto
polumjer 10 add
/polumjer exch def
closepath fill
360 7 div rotate
} repeat
grestore

gsave
0 setgray
```

```
300 200 translate
0 0 40 40 mul 80 80 mul add sqrt
100 -50 atan -80 -20 atan arcn
5 setlinewidth
stroke
grestore showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
0.9
/siva
0.8
/siva
0.699999928
/siva
0.599999905
/siva
0.499999911
/siva
0.399999917
/siva
0.299999923
/siva
tg α = 100/–50
tg β = –80/–20
r = sqrt (40²+ 80²)=89.41
255.96376
116.565048
89.4427185
0
0
100
89.41
80
α
-50
40
β
-80
-20
δ = 360°/7
51.43°

```
/s { mark pstack pop } def
/krivulja {
dup s 1 2 s 2 mul s 3 s 3 index s 4 sub s 5
/y exch s 6 def s 7
1 s 8 index s 9 2 s 10 mul s 11 4 s 12 index s 13
sub s 14
/x exch s 15 def s 16 curveto
x y s 17
} def

100 500 s moveto
300 400 50 450 100 400 s krivulja
140 320 100 300 krivulja
200 250 150 200 krivulja
150 100 200 100 krivulja
250 200 200 200 krivulja
stroke
clear
showpage
```

Simetrični kontinuitet Bazierove linije

Simetrični kontinuitet Bazierove krivulje može se postići napredovanjem krivulje po tangenti suprotnog smjera, iste dužine udaljenosti od posljednje Bazierove točke. Formirali smo proceduru s imenom **krivulja** za koju se zadaju samo dvije točke: treća i četvrta Bazierova točka. Prva tangentna točka se izračunava (prema crtežu) relacijama:

$x_1 = x_0 + a = x_0 + (x_0 - x) = 2x_0 - x$

$y_1 = y_0 - b = y_0 - (y - y_0) = 2x_0 - y$

```
-mark-
500
100
-mark-
400
100
450
50
400
300
-mark- 1
2
400
400
100
450
50
400
300
-mark- 2
800
400
100
450
50
400
300
-mark- 3
450
800
400
100
450
50
400
300
-mark- 4
```

A

```
350
400
100
450
50
400
300
-mark- 5
350
/y
400
100
450
50
400
300
-mark- 6
400
100
450
50
400
300
-mark- 7
1
400
100
450
```

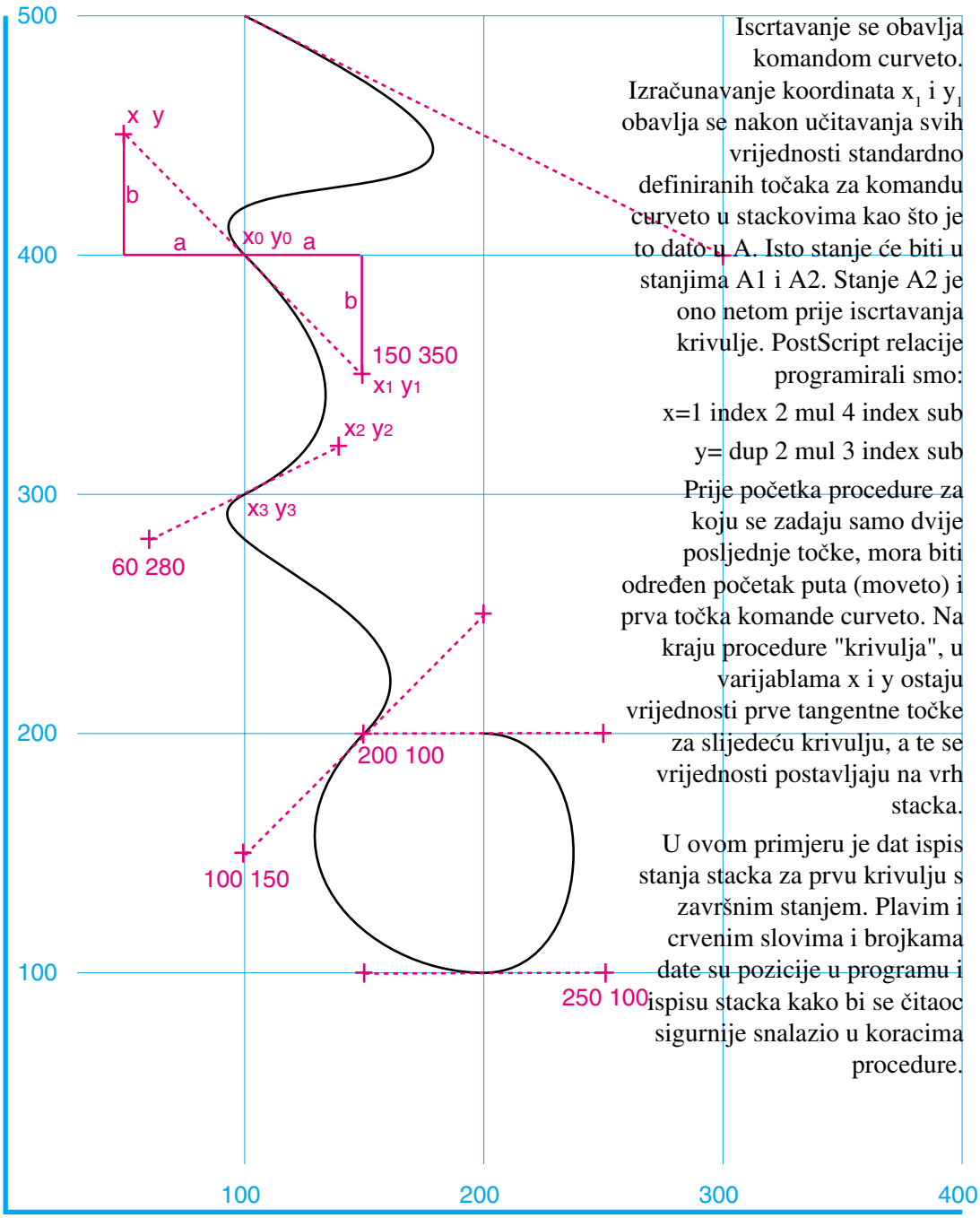
A1

```
50
400
300
-mark- 8
100
400
100
450
50
400
300
-mark- 9
2
100
400
100
300
-mark- 10
200
400
100
450
50
400
300
-mark- 11
```

```
4
200
400
100
450
50
400
300
-mark- 12
50
200
400
100
450
50
400
300
-mark- 13
150
400
100
450
50
400
300
-mark- 14
150
/x
400
100
```

```
450
50
400
300
-mark- 15
400
100
450
50
400
300
-mark- 16
350
y
150
x
```

A2



Iscrtavanje se obavlja komandom curveto. Izračunavanje koordinata x_1 i y_1 obavlja se nakon učitavanja svih vrijednosti standardno definiranih točaka za komandu curveto u stackovima kao što je to dato u A. Isto stanje će biti u stanjima A1 i A2. Stanje A2 je ono netom prije iscrtavanja krivulje. PostScript relacije programirali smo:

x=1 index 2 mul 4 index sub

y= dup 2 mul 3 index sub

Prije početka procedure za koju se zadaju samo dvije posljednje točke, mora biti određen početak puta (moveto) i prva točka komande curveto. Na kraju procedure "krivulja", u varijablama x i y ostaju vrijednosti prve tangentne točke za slijedeću krivulju, a te se vrijednosti postavljaju na vrh stacka.

U ovom primjeru je dat ispis stanja stacka za prvu krivulju s završnim stanjem. Plavim i crvenim slovima i brojkama date su pozicije u programu i ispisu stacka kako bi se čitaoc sigurnije snalazio u koracima procedure.

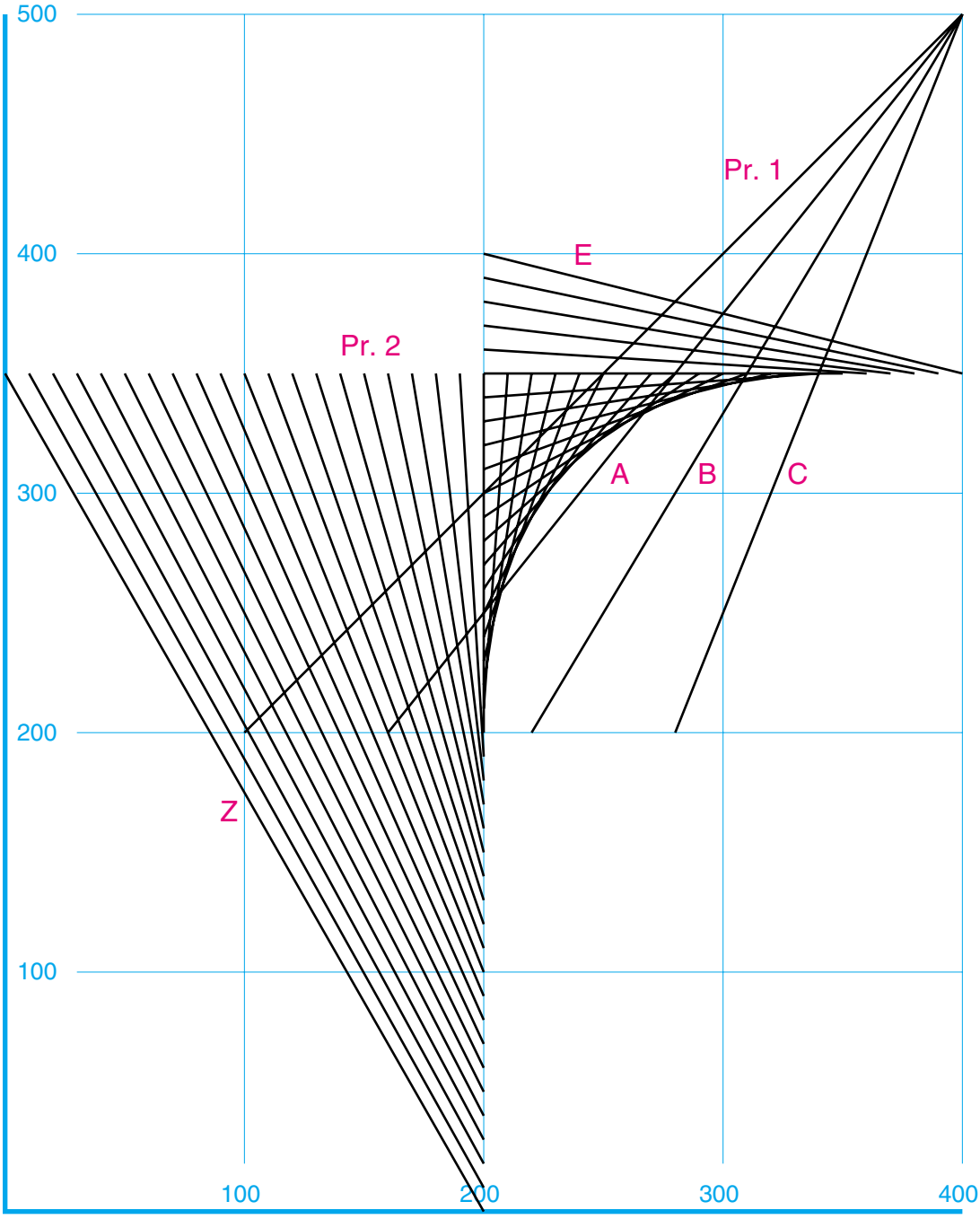
for

Petlja s komandom `for` kontrolira brojač petlje za koji su date granice i korak napredovanja slično kao u drugim programskim jezicima, definirano kao na primjer: for ... to ... next. Komanda `for` ima 4 parametra: početna vrijednost, korak povećanja, konačna vrijednost i brojač petlje te proceduru izvršavanja komande. Početna vrijednost odmah postavlja brojač (trenutna vrijednost petlje) na vrh stacka (2 2A 2B 2C). Brojač `for` petlje u PostScriptu može imati vrijednost cjelobrojnu, necjelobrojnu, pozitivnu i negativnu. Brojač se može povečavati ili smanjivati. Prije prvog početka `for` procedure brišu se tri podatka iz stacka (1). U prvom primjeru komanda `moveto` koristi vrijednost `for` petlje za poziciju x. Komanda `moveto` miče dvije vrijednosti u stacku. Početkom slijedećeg kruga petlje na vrhu stacka postavlja se vrijednost slijedećeg brojača petlje.

Drugi primjer koristi vrijednost brojača petlje dva puta. Zbog toga je ta vrijednost duplicirana (4). Prije iscrtavanja linije E uvađa se x pozicija kraja linije. Za drugu grupu linija ispisane su vrijednosti stacka (4 i 5) u programu za prve tri linije i za zadnje tri linije (Z).

```
-mark-
300
60
100   1
-mark-
100   2
-mark-
200
100   3
-mark-
160   2A
-mark-
200
160   3A
-mark-
220   2B
-mark-
200
220   3B
-mark-
280   2C
-mark-
200
280
      3C      ..............................
-mark-
350
400           350
400   4E      20
-mark-        20    4
400           -mark-
200   5E      20
-mark-        200   5
350           -mark-
390           350
390   4'      10
-mark-        10    4X
390           -mark-
200   5'      10
-mark-        200   5X
350           -mark-
380           350
380   4"      0
-mark-        0     4Z
380           -mark-
200   5"      0
-mark-        200   5Z
```

```
/s { mark pstack pop } def
%primjer br.1
100 60 300 s 1 { s 2 200 s 3 moveto
400 500 lineto stroke  } for

%primjer br. 2
400 -10 0  { dup  350 s 4 moveto
200 exch s 5 lineto stroke  } for

showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
Pr. 1
E
Pr. 2
A
B
C
Z

for

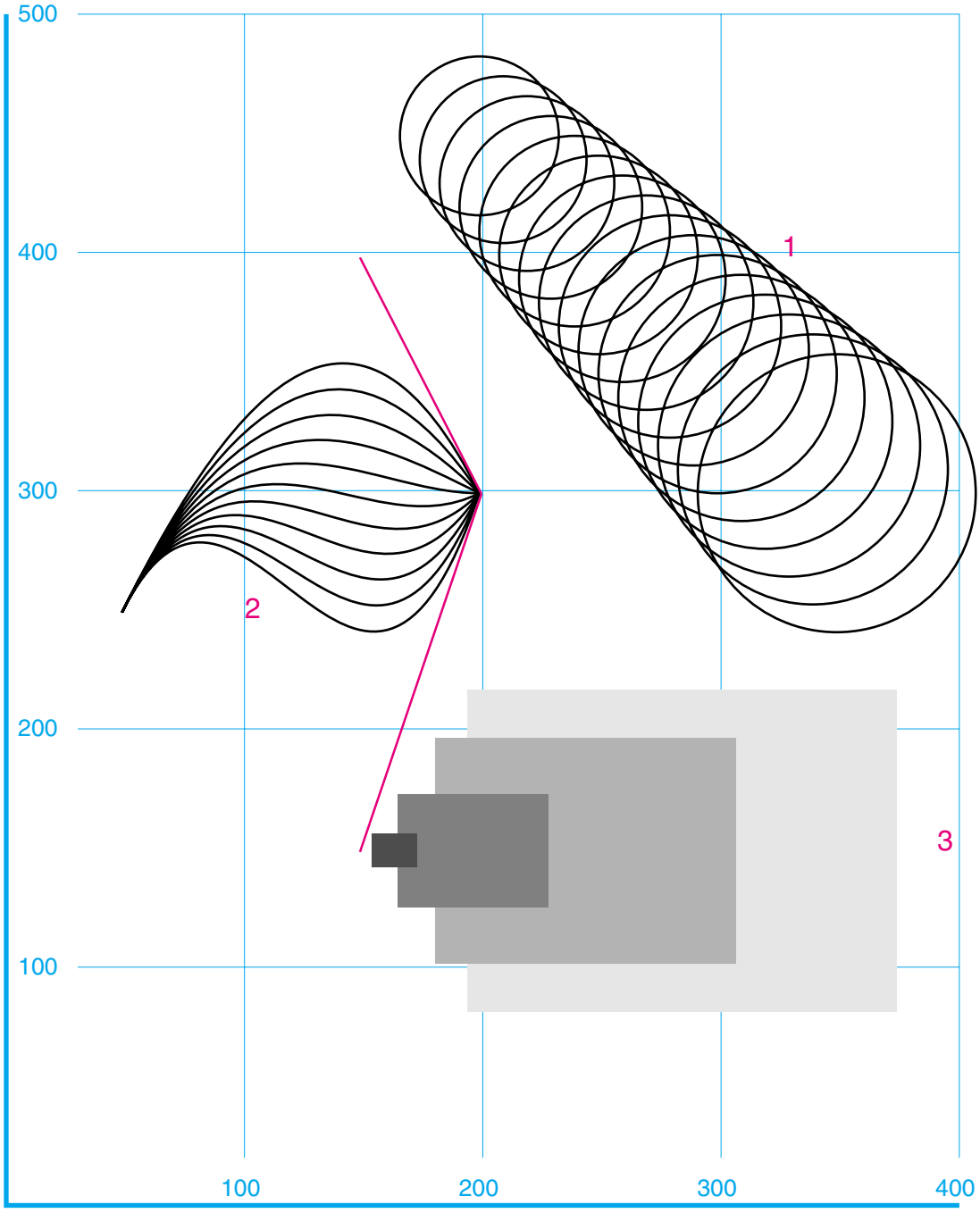
Ako se brojač petlje želi višestruko koristiti unutar petlje tada predlažemo da se brojač upiše u neku varijablu. U prvom primjeru vrijednost brojača je stavljena u varijablu `j` koja se koristi kao x koordinata središta kružnice. Nadalje, u relaciji y koordinate: y=300+(350-j) te u izračunavanju radijusa: r=j/6. U svakom krugu petlje `j` se smanjuje za 10 od početnih 350 do 200.

U drugom primjeru y koordinata druge tangentne točke Bezierove krivulje ima vrijednost brojača petlje. Postavlja se na početak stacka u momentu kada je bila gurnuta na četvrto mjesto učitavanjem parametara 100, 350 i 150. Na kraju izvršavanja Bezierove krivulje u stacku je ostala stara vrijednost brojača. Poslije svih krugova petlje ostale su na stacku sve vrijednosti brojača. To bi se trebalo ukloniti brisanjem te vrijednosti, na primjer, poslije komande `curveto` dodati komandu pop. Nakon kraja petlje stavili smo komandu `clear`.

U trećem primjeru, vrijednost brojača koristi se tri puta. Jednom, da odredi svjetlinu (`setgray` će iskoristiti vrh stacka), a drugi i treći puta kao parametri u komandi `scale`. Zbog toga se vrijednost brojača dva puta kopira (`dup dup setgray scale`).

```
%primjer br.1
350 -10 200 { /j exch def
 j 300 350 j sub add j 6 div 0 360 arc
stroke }
for

%primjer br.2
400 -25 150 {
50 250 moveto
100 350 150 3 index 200 300 curveto
stroke }
for pstack clear

%primjer br.3
150 150 translate
0.9 -0.2 0.3 { dup dup setgray scale
50 -75 moveto
200 0 rlineto 0 150 rlineto -200 0 rlineto closepath
fill }
for
showpage
```

```
Ispis pstack:
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3

Program mreže

U dosadašnjim primjerima na početku svakog programa programirana je mreža. Tanke horizontalne linije počinju 30 točaka udaljene od nultočke. Svaki novi krug `repeat` petlje translatira koordinatni sustav vertikalno za 100 točaka. Vertikalne linije počinju na visini 20 točaka.

Vertikalno ispisivanje brojaka za označavanje vodoravnih linija riješen je `for` petljom gdje se brojač petlje koristi za ispis slova brojaka te za izračunavanje pozicije ispisa brojaka. Vrijednost brojača petlje postavlja se u varijablu `y`. Tekst brojaka se ispisuje: `y tekst cvs` gdje je u varijabli `tekst` određena dužina od 3 znaka (`/tekst 3 string def`), a komanda `cvs` pretvara numeričku vrijednost u string. Tekst se postavlja na udaljenost 5 točaka, a pomaknut je dolje za 2 točke od vrijednosti koju ispisuje: `5 y 2 sub moveto`. Ispis teksta iz fonta FSHelvetica obavlja se procedurom: `/FSHelvetica findfont 10 scalefont setfont`.

Brojke u podnožju koje označuju koordinate vertikalnih linija riješene su na drugi način. Podignute su za 5 točaka od nultočke. Vrijednost brojača petlje kreće se od 90, 190 ... do 390. Pozicija početka ispisa brojke u tom slučaju jednaka je: `x 5 moveto` , gdje je x jednak brojaču petlje. Sama slika brojaka izračunata je zbrajanjem: `x 10 add`. Ta vrijednost konvertirana je na kraju u string.

```
/mreza {1 0 0 0 setcmykcolor  %Linije se iscrtavaju cijan bojom
gsave         %Linije koordinatnih osi
2 setlinewidth 400 0 moveto 0 0 lineto 0 500 lineto  stroke
grestore
gsave         %Mreža horizontalnih linija
0.3 setlinewidth
5 { 30 100 moveto 400 100 lineto stroke 0 100 translate } repeat
grestore
gsave         %Mreža vertikalnih linija
0.3 setlinewidth
4 { 100 20 moveto 100 500 lineto stroke 100 0 translate } repeat
grestore
gsave         %Numeričke vrijednosti horizontalnih linija
/tekst 3 string def /FSHelvetica findfont 10 scalefont setfont
100 100 500 { /y exch def 5 y 2 sub moveto y tekst cvs show } for
              %Numeričke vrijednosti vertikalnih linija
90 100 400 { /x exch def x 5 moveto x 10 add tekst cvs show } for
grestore
0 setgray} bind def
%Prije pocetka pisanja ostalih programa treba kopirati ovu proceduru i
%pozvati je sa mreza kao u slijedecem primjeru
mreza
100 200 translate 0 0 moveto /FSHelvetica findfont 100 scalefont setfont
(mreža) show showpage
```


500
400
300
200
100
mreža
100
200
300
400

Mreža tip2

U knjizi se još koriste tri vrste mreža. Prikazan je ispis i programski kod procedura `mreza2` i `mreza3`. Postoji i procedura mreza4 koja se razlikuje od mreze3 samo u tome što se ne ispisuju tanke vodoravne linije. Naredbe za proceduru mreza4 nisu prikazane u knjizi.

```
/mreza2 {1 0 0 0 setcmykcolor
gsave          %Linije koordinatnih osi
2 setlinewidth 400 0 moveto 0 0 lineto 0 500 lineto  stroke
grestore
          %Mreža horizontalnih linija
gsave
0.3 setlinewidth 30 50 moveto 400 50 lineto stroke 0 50 translate
2 { 30 150 moveto 400 150 lineto stroke 0 150 translate } repeat
grestore
          %Numeričke vrijednosti horizontalnih linija
gsave
/tekst 3 string def /FSHelvetica findfont 10 scalefont setfont
50 150 350 { /y exch def 5 y 2 sub moveto y tekst cvs show } for
grestore
0 setgray} bind def
mreza2
showpage
```

350

200

50

Mreža tip3

Kada u nekim primjerima u knjizi primjetite razliku u mreži podloge od standardne procedure **mreza** znači da se radi o nekoj od ovih mreža. Tada treba programske naredbe pripadne procedure kopirati prije programskog primjera i pozvati sa imenom da se izvrši njen ispis.

```
/mreza3 {1 0 0 0 setcmykcolor
gsave          %Linije koordinatnih osi
2 setlinewidth 400 0 moveto 0 0 lineto 0 500 lineto  stroke
grestore
               %Mreža horizontalnih linija
gsave
0.3 setlinewidth
25 { 30 20 moveto 400 20 lineto stroke 0 20 translate } repeat
grestore
               %Numeričke vrijednosti horizontalnih linija
gsave
/tekst 3 string def /FSHelvetica findfont 10 scalefont setfont
20 20 500 { /y exch def 5 y 2 sub moveto y tekst cvs show } for
grestore
0 setgray} bind def
mreza3
showpage
```

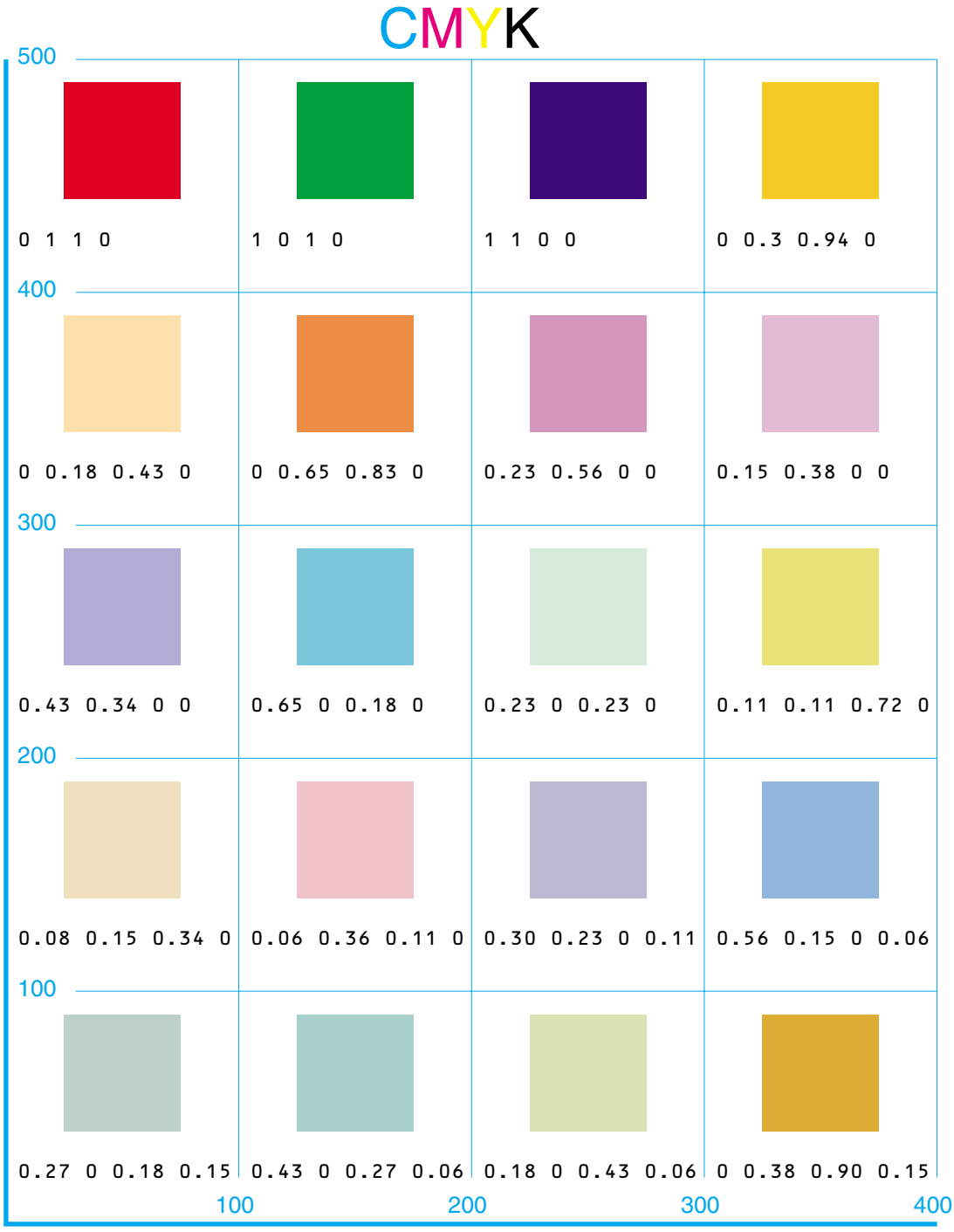
setcmykcolor

```
c m y k setcmykcolor
```

Komanda `setcmykcolor` definira boju sa četiri parametra: cijan(c), magenta(m), žuta(y), crna(k). Parametri se zadaju u intervalu od 0.0. do 1.0 na inverzni način od `setgray` komanda. Kada parametar iznosi 1.0 tada je pokrivenost boje 100%.

Program `CMYK` crta tablicu boja koristeći procedure `kvadrat` i `txt` da bi se prikazale pojedine boje tog tiskarskog modela boja i pripadni iznos parametara komande.

```
%program CMYK
gsave
/kvadrat {translate 0 0 moveto 50 0 rlineto 0 50 rlineto
-50 0 rlineto closepath} bind def
/txt {-20 -20 moveto 0 setgray show } bind def
/FSHelvetica findfont 24 scalefont setfont
160 505 moveto
1 0 0 0 setcmykcolor (C) show 0 1 0 0 setcmykcolor (M) show
0 0 1 0 setcmykcolor (Y) show 0 0 0 1 setcmykcolor (K) show
/FS0cb-B findfont 8 scalefont setfont
25 440 kvadrat 0 1 1 0 setcmykcolor fill (0 1 1 0) txt
100 0 kvadrat 1 0 1 0 setcmykcolor fill (1 0 1 0 ) txt
100 0 kvadrat 1 1 0 0 setcmykcolor fill (1 1 0 0 ) txt
100 0 kvadrat 0 0.3 0.94 0 setcmykcolor fill (0 0.3 0.94 0) txt
-300 -100 kvadrat 0 0.18 0.43 0 setcmykcolor fill (0 0.18 0.43 0) txt
100 0 kvadrat 0 0.65 0.83 0 setcmykcolor fill (0 0.65 0.83 0) txt
100 0 kvadrat 0.23 0.56 0 0  setcmykcolor fill (0.23 0.56 0 0) txt
100 0 kvadrat 0.15 0.38 0 0 setcmykcolor fill (0.15 0.38 0 0) txt
-300 -100 kvadrat 0.43 0.34 0 0 setcmykcolor fill (0.43 0.34 0 0) txt
100 0 kvadrat 0.65 0 0.18 0 setcmykcolor fill (0.65 0 0.18 0 ) txt
100 0 kvadrat 0.23 0 0.23 0 setcmykcolor fill (0.23 0 0.23 0) txt
100 0 kvadrat 0.11 0.11 0.72 0 setcmykcolor
fill (0.11 0.11 0.72 0 ) txt
-300 -100 kvadrat 0.08 0.15 0.34 0 setcmykcolor
fill (0.08 0.15 0.34 0) txt
100 0 kvadrat 0.06 0.36 0.11 0 setcmykcolor fill (0.06 0.36 0.11 0) txt
100 0 kvadrat 0.30 0.23 0 0.11 setcmykcolor fill (0.30 0.23 0 0.11) txt
100 0 kvadrat 0.56 0.15 0 0.06 setcmykcolor fill (0.56 0.15 0 0.06) txt
-300 -100 kvadrat 0.27 0 0.18 0.15 setcmykcolor
fill (0.27 0 0.18 0.15) txt
100 0 kvadrat 0.43 0 0.27 0.06 setcmykcolor fill (0.43 0 0.27 0.06) txt
100 0 kvadrat 0.18 0 0.43 0.06 setcmykcolor fill (0.18 0 0.43 0.06) txt
100 0 kvadrat 0 0.38 0.90 0.15 setcmykcolor fill (0 0.38 0.90 0.15) txt
grestore
showpage
```


CMYK
500
0 1 1 0
1 0 1 0
1 1 0 0
0 0.3 0.94 0
400
0 0.18 0.43 0
0 0.65 0.83 0
0.23 0.56 0 0
0.15 0.38 0 0
300
0.43 0.34 0 0
0.65 0 0.18 0
0.23 0 0.23 0
0.11 0.11 0.72 0
200
0.08 0.15 0.34 0
0.06 0.36 0.11 0
0.30 0.23 0 0.11
0.56 0.15 0 0.06
100
0.27 0 0.18 0.15
0.43 0 0.27 0.06
0.18 0 0.43 0.06
0 0.38 0.90 0.15
100
200
300
400

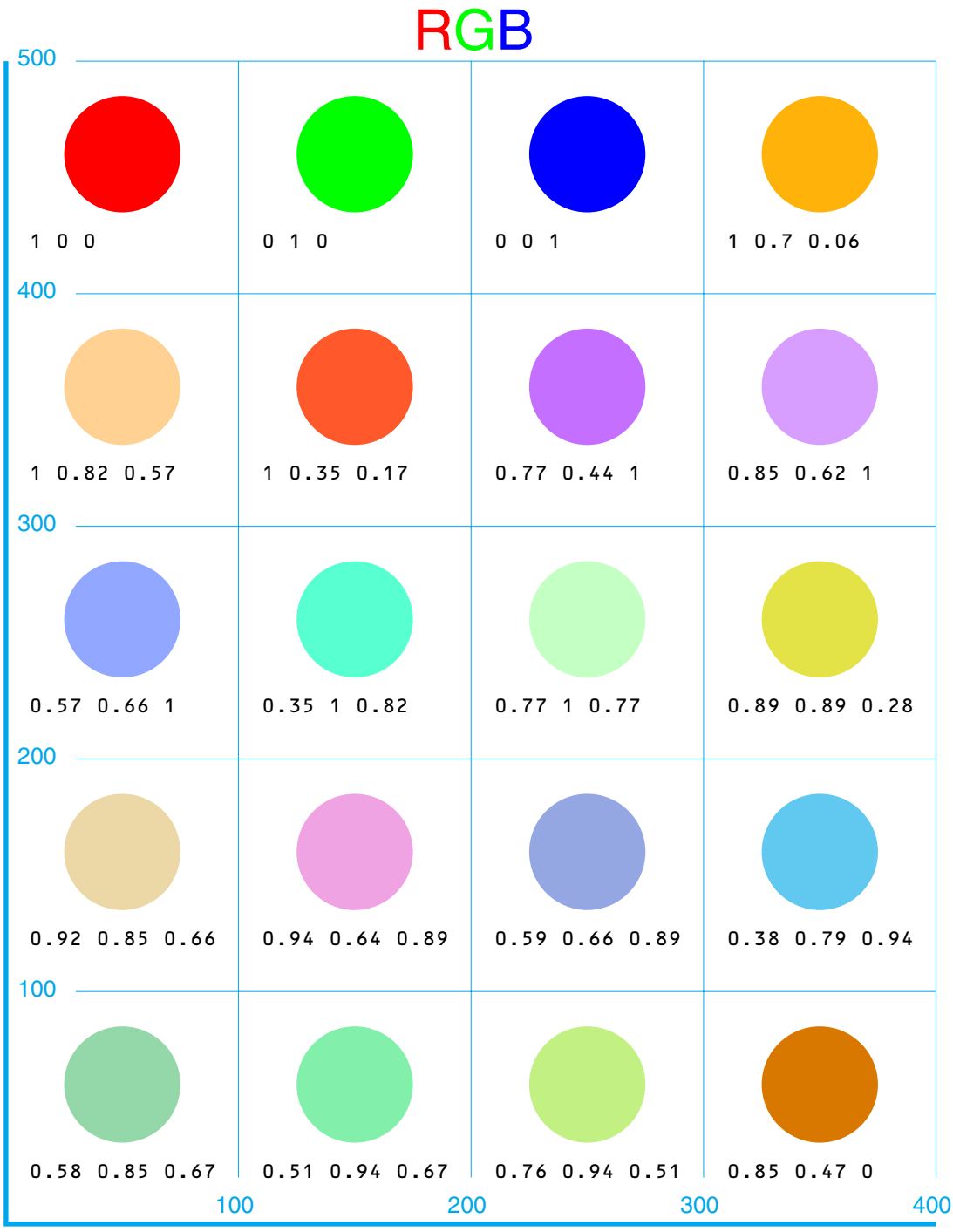
setrgbcolor
sethsbcolor

```
r g b setrgbcolor
h s b sethsbcolor
```

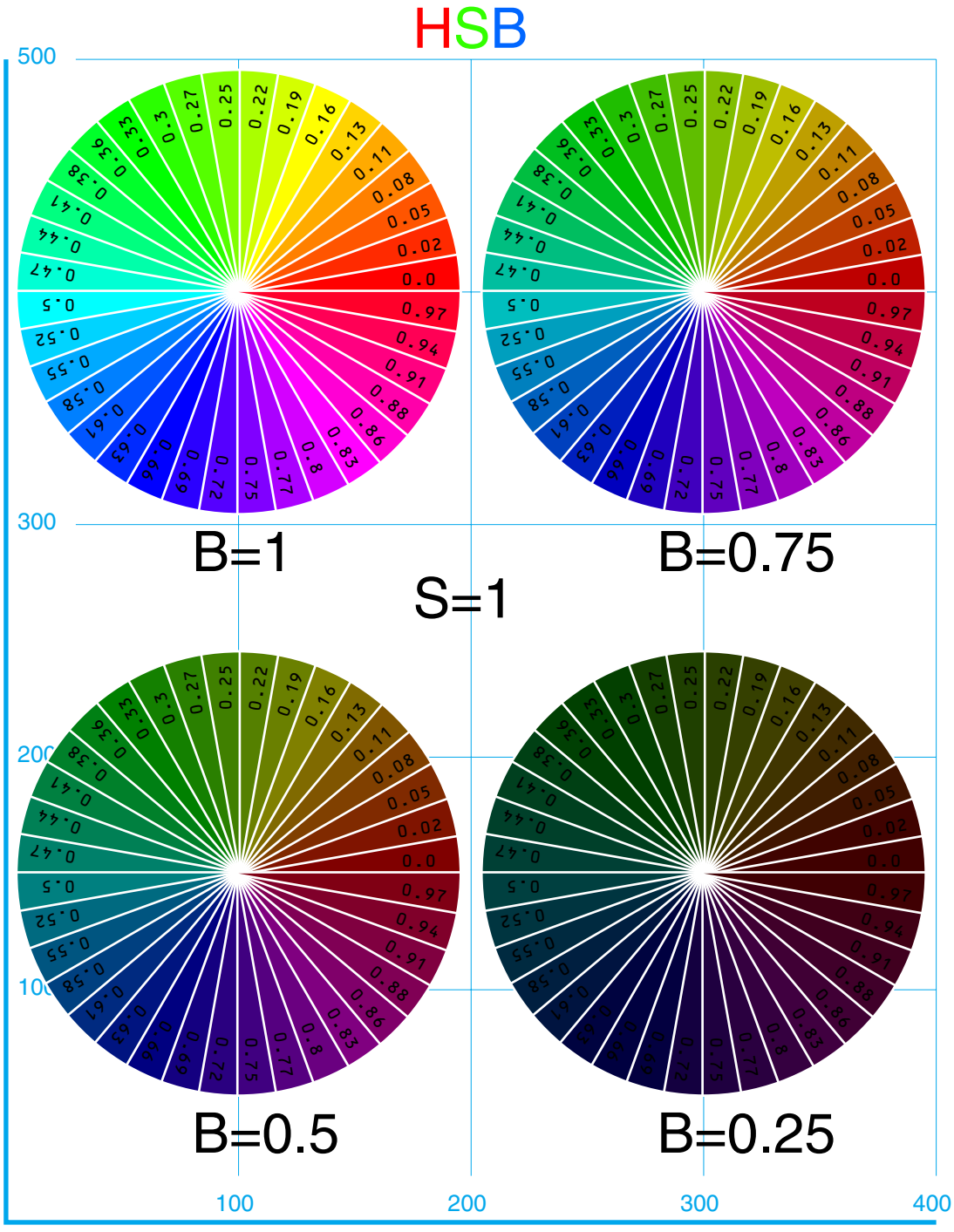
Komanda `setrgbcolor` definira boju sa tri parametra: crvena(r), zelena(g), plava(b). Oni se zadaju u intervalu od 0.0 do 1.0. Iznos 1.0 predstavlja pokrivenost od 100% te boje. Pošto se tisak izvršio četverobojnim digitalnim tiskom konverzija iz RGB u CMYK sustav boja se događa automatski u RIP-u u momentu slanja programa.

Komanda `sethsbcolor` definira boju sa parametrom tona (hue), zasićenosti (saturation) i svjetline (brightness). Da bi se predstavio HSB model boja isprogramirana su na slijedećoj programskoj stranici četiri kolorna kruga. Svaki od njih ima drugu svjetlinu (B), svi zajedno istu zasićenost (S=1), a unutar kruga mijenja se ton boje (H).

```
%program RGB
gsave
/krug {translate 0 0 moveto 0 0 25 0 360 arc} bind def
/txt {-40 -40 moveto 0 setgray show } bind def
/FSHelvetica findfont 24 scalefont setfont
175 505 moveto
1 0 0 setrgbcolor (R) show 0 1 0 setrgbcolor (G) show
0 0 1 setrgbcolor (B) show
/FS0cb-B findfont 8 scalefont setfont
50 460 krug 1 0 0 setrgbcolor fill (1 0 0 ) txt
100 0 krug 0 1 0 setrgbcolor fill (0 1 0) txt
100 0 krug 0 0 1 setrgbcolor fill (0 0 1) txt
100 0 krug 1 0.7 0.06 setrgbcolor fill (1 0.7 0.06) txt
-300 -100 krug 1 0.82 0.57 setrgbcolor fill (1 0.82 0.57) txt
100 0 krug 1 0.35 0.17 setrgbcolor fill (1 0.35 0.17) txt
100 0 krug 0.77 0.44 1 setrgbcolor fill (0.77 0.44 1) txt
100 0 krug 0.85 0.62 1 setrgbcolor fill (0.85 0.62 1) txt
-300 -100 krug 0.57 0.66 1 setrgbcolor fill (0.57 0.66 1) txt
100 0 krug 0.35 1 0.82 setrgbcolor fill (0.35 1 0.82) txt
100 0 krug 0.77 1 0.77 setrgbcolor fill (0.77 1 0.77) txt
100 0 krug 0.89 0.89 0.28 setrgbcolor fill (0.89 0.89 0.28) txt
-300 -100 krug 0.92 0.85 0.66 setrgbcolor
fill (0.92 0.85 0.66) txt
100 0 krug 0.94 0.64 0.89 setrgbcolor fill (0.94 0.64 0.89) txt
100 0 krug 0.59 0.66 0.89 setrgbcolor fill (0.59 0.66 0.89) txt
100 0 krug 0.38 0.79 0.94 setrgbcolor fill (0.38 0.79 0.94) txt
-300 -100 krug 0.58 0.85 0.67 setrgbcolor
fill (0.58 0.85 0.67) txt
100 0 krug 0.51 0.94 0.67 setrgbcolor fill (0.51 0.94 0.67) txt
100 0 krug 0.76 0.94 0.51 setrgbcolor fill (0.76 0.94 0.51) txt
100 0 krug 0.85 0.47 0 setrgbcolor fill (0.85 0.47 0) txt
grestore
showpage
```


RGB
500
400
300
200
100
1 0 0
0 1 0
0 0 1
1 0.7 0.06
1 0.82 0.57
1 0.35 0.17
0.77 0.44 1
0.85 0.62 1
0.57 0.66 1
0.35 1 0.82
0.77 1 0.77
0.89 0.89 0.28
0.92 0.85 0.66
0.94 0.64 0.89
0.59 0.66 0.89
0.38 0.79 0.94
0.58 0.85 0.67
0.51 0.94 0.67
0.76 0.94 0.51
0.85 0.47 0
100
200
300
400

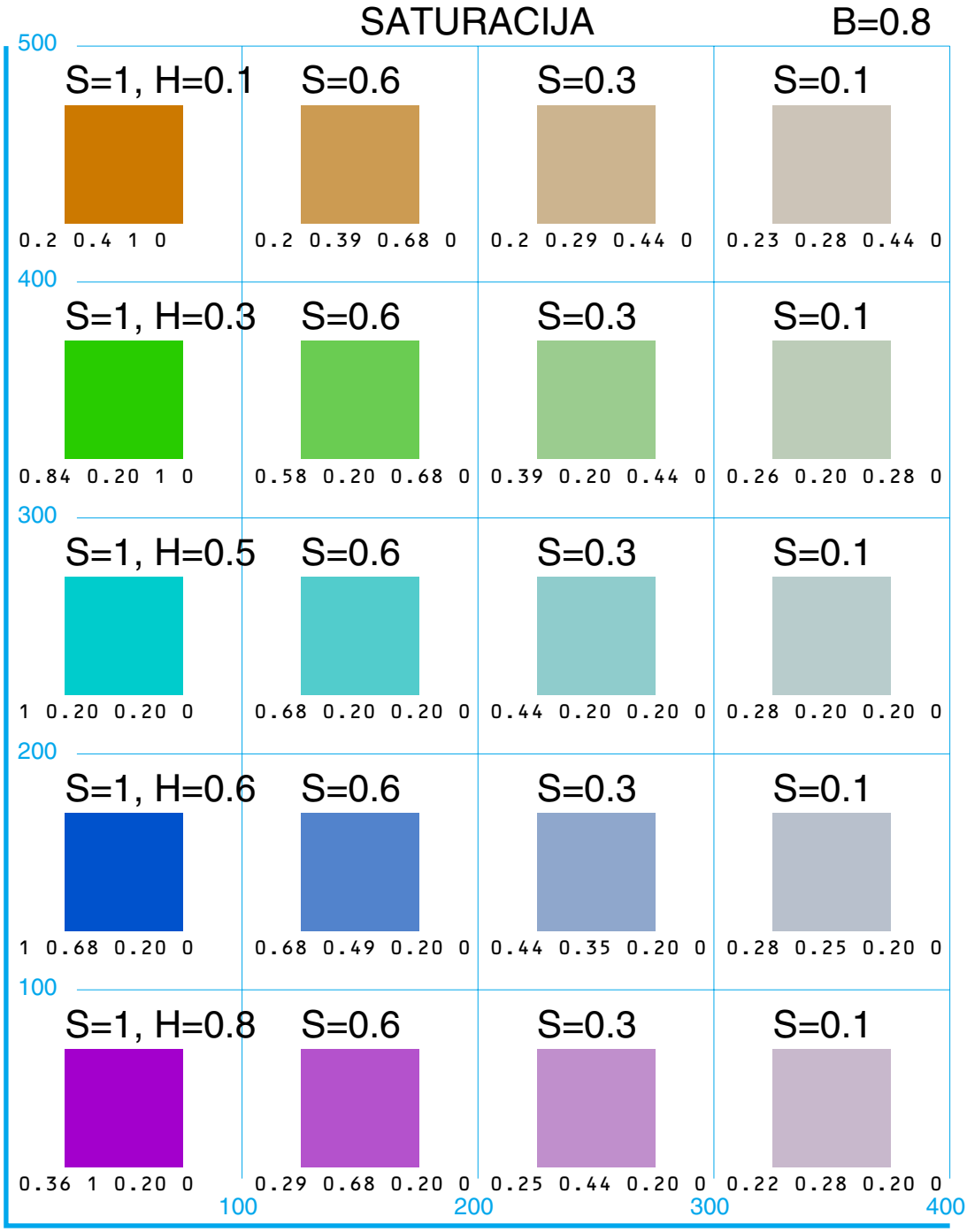
```
%program HSB
/FSHelvetica findfont 24 scalefont setfont
/str 4 string def 1 36 div /korak exch def
gsave 175 505 moveto
0 1 1 sethsbcolor (H) show 0.3 1 1 sethsbcolor (S) show
0.6 1 1 sethsbcolor (B) show grestore
gsave /FS0cb-B findfont 7 scalefont setfont       %B=1
/H 0 def /S 1 def /B 1 def 100 400 translate
36 { H S B sethsbcolor
0 0 moveto 0 0 95 0 10 arc
gsave 1 setgray 2 setlinewidth  0 0 lineto stroke grestore
closepath fill
gsave 0 setgray 70 3 moveto H 100 mul cvi 100 div str cvs show grestore
10 rotate H korak add /H exch def
} repeat grestore gsave 80 280 moveto (B=1) show grestore
gsave /FS0cb-B findfont 7 scalefont setfont       %B=0.75
/H 0 def /S 1 def /B 0.75 def 300 400 translate
36 { H S B sethsbcolor
0 0 moveto 0 0 95 0 10 arc
gsave 1 setgray 2 setlinewidth  0 0 lineto stroke grestore
closepath fill
gsave 0 setgray 70 3 moveto H 100 mul cvi 100 div str cvs show grestore
10 rotate H korak add /H exch def
} repeat grestore gsave 280 280 moveto (B=0.75) show grestore
gsave /FS0cb-B findfont 7 scalefont setfont       %B=0.5
/H 0 def /S 1 def /B 0.5 def 100 150 translate
36 { H S B sethsbcolor
0 0 moveto
0 0 95 0 10 arc
gsave 1 setgray 2 setlinewidth  0 0 lineto stroke grestore
closepath fill
gsave 0 setgray 70 3 moveto H 100 mul cvi 100 div str cvs show grestore
10 rotate H korak add /H exch def
} repeat grestore gsave 80 30 moveto (B=0.5) show grestore
gsave /FS0cb-B findfont 7 scalefont setfont       %B=0.25
/H 0 def /S 1 def /B 0.25 def 300 150 translate
36 { H S B sethsbcolor
0 0 moveto 0 0 95 0 10 arc
gsave 1 setgray 2 setlinewidth  0 0 lineto stroke grestore
closepath fill
gsave 0 setgray 70 3 moveto H 100 mul cvi 100 div str cvs show grestore
10 rotate H korak add /H exch def
} repeat grestore
gsave 280 30 moveto (B=0.25) show grestore
175 260 moveto (S=1) show
showpage
```


HSB
500
300
100
100
200
300
400
B=1
B=0.75
S=1
B=0.5
B=0.25

U prethodnom primjeru sa HSB krugovima parametar S je uvijek bio 1, odnosno sve boje su imale maksimalnu zasićenost (saturaciju). U ovom primjeru sve boje imaju istu svjetlinu (B=0.8), a svaki redak ima isti ton boje (h). Unutar svakog retka mijenja se zasićenost od S=1 do S=0.1.

Kao i kod RGB modela konverzija iz HSB modela u CMYK događa se kada se PostScript komanda `sethsbcolor` pošalje prema PostScript RIP-u koji ima podešenu konverziju za taj vanjski CMYK uređaj. Slično se događa kada šaljemo kolor komande na crno bijeli PostScript printer pri čemu se vrši konverzija u ekvivalentni parametar `setgray` komande.

```
%program HSB saturacija
gsave
/kvadrat {translate 0 0 moveto 50 0 rlineto 0 50 rlineto
-50 0 rlineto closepath} bind def
/txt {/FSHelvetica findfont 16 scalefont setfont
0 55 moveto 0 setgray show } bind def
/txt2 {/FS0cb-B findfont 8 scalefont setfont
-20 -10 moveto 0 setgray show } bind def
/FSHelvetica findfont 16 scalefont setfont
150 505 moveto (SATURACIJA) show 350 505 moveto (B=0.8) show
25 425 kvadrat 0.1 1 0.8 sethsbcolor fill (S=1, H=0.1) txt (0.2 0.4 1 0) txt2
100 0 kvadrat 0.1 0.6 0.8 sethsbcolor fill (S=0.6) txt (0.2 0.39 0.68 0) txt2
100 0 kvadrat 0.1 0.3 0.8 sethsbcolor fill (S=0.3) txt (0.2 0.29 0.44 0) txt2
100 0 kvadrat 0.1 0.1 0.8 sethsbcolor fill (S=0.1) txt (0.23 0.28 0.44 0) txt2
-300 -100 kvadrat 0.3 1 0.8 sethsbcolor fill (S=1, H=0.3) txt (0.84 0.20 1 0) txt2
100 0 kvadrat 0.3 0.6 0.8 sethsbcolor fill (S=0.6) txt (0.58 0.20 0.68 0) txt2
100 0 kvadrat 0.3 0.3 0.8 sethsbcolor fill (S=0.3) txt (0.39 0.20 0.44 0) txt2
100 0 kvadrat 0.3 0.1 0.8 sethsbcolor fill (S=0.1) txt (0.26 0.20 0.28 0) txt2
-300 -100 kvadrat 0.5 1 0.8 sethsbcolor fill (S=1, H=0.5) txt (1 0.20 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.5 0.6 0.8 sethsbcolor fill (S=0.6) txt (0.68 0.20 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.5 0.3 0.8 sethsbcolor fill (S=0.3) txt (0.44 0.20 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.5 0.1 0.8 sethsbcolor fill (S=0.1) txt (0.28 0.20 0.20 0) txt2
-300 -100 kvadrat 0.6 1 0.8 sethsbcolor fill (S=1, H=0.6) txt (1 0.68 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.6 0.6 0.8 sethsbcolor fill (S=0.6) txt (0.68 0.49 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.6 0.3 0.8 sethsbcolor fill (S=0.3) txt (0.44 0.35 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.6 0.1 0.8 sethsbcolor fill (S=0.1) txt (0.28 0.25 0.20 0) txt2
-300 -100 kvadrat 0.8 1 0.8 sethsbcolor fill (S=1, H=0.8) txt (0.36 1 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.8 0.6 0.8 sethsbcolor fill (S=0.6) txt (0.29 0.68 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.8 0.3 0.8 sethsbcolor fill (S=0.3) txt (0.25 0.44 0.20 0) txt2
100 0 kvadrat 0.8 0.1 0.8 sethsbcolor fill (S=0.1) txt (0.22 0.28 0.20 0) txt2
grestore showpage
```

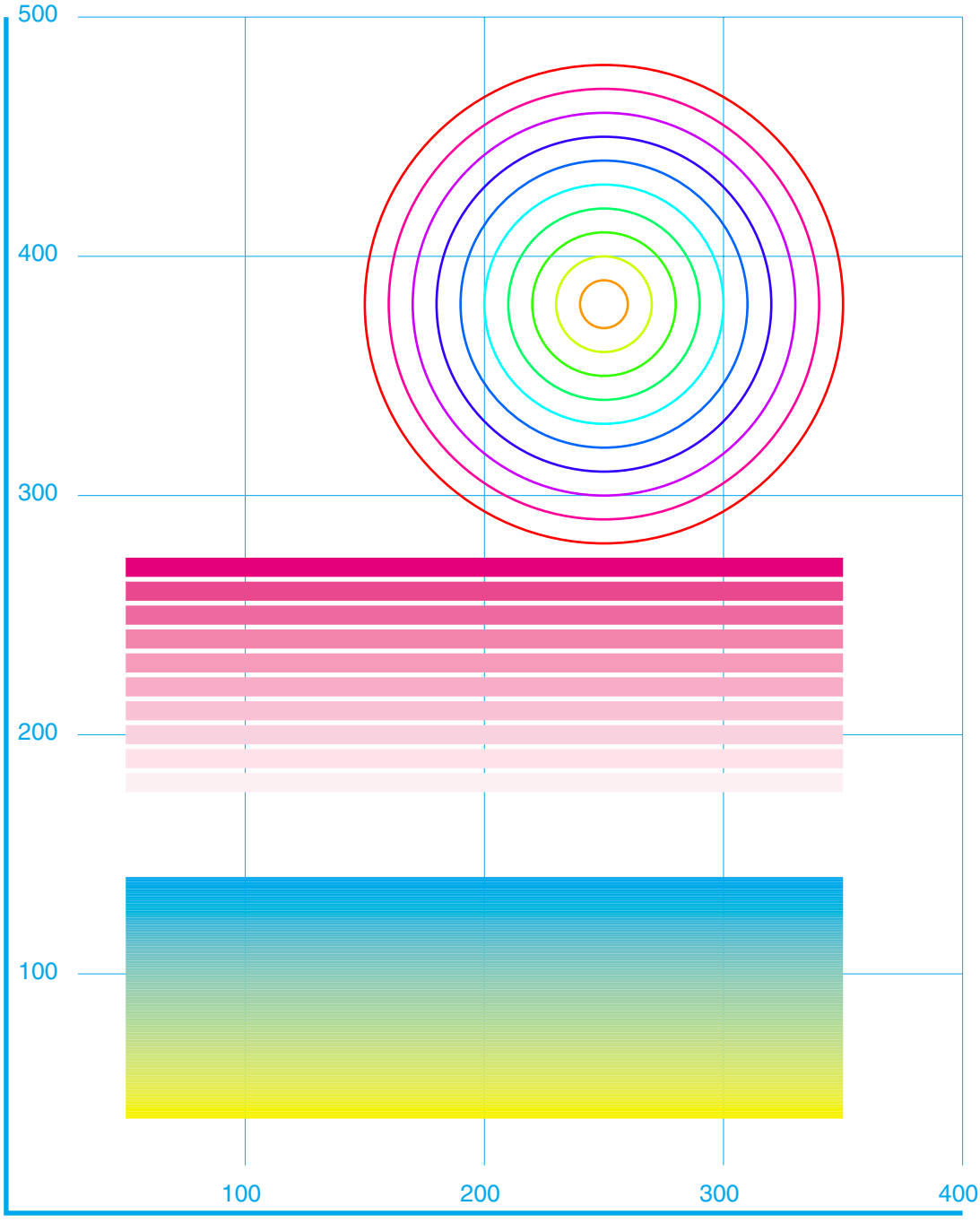

SATURACIJA
B=0.8
500
400
300
200
100
S=1, H=0.1
S=0.6
S=0.3
S=0.1
0.2 0.4 1 0
0.2 0.39 0.68 0
0.2 0.29 0.44 0
0.23 0.28 0.44 0
S=1, H=0.3
S=0.6
S=0.3
S=0.1
0.84 0.20 1 0
0.58 0.20 0.68 0
0.39 0.20 0.44 0
0.26 0.20 0.28 0
S=1, H=0.5
S=0.6
S=0.3
S=0.1
1 0.20 0.20 0
0.68 0.20 0.20 0
0.44 0.20 0.20 0
0.28 0.20 0.20 0
S=1, H=0.6
S=0.6
S=0.3
S=0.1
1 0.68 0.20 0
0.68 0.49 0.20 0
0.44 0.35 0.20 0
0.28 0.25 0.20 0
S=1, H=0.8
S=0.6
S=0.3
S=0.1
0.36 1 0.20 0
0.29 0.68 0.20 0
0.25 0.44 0.20 0
0.22 0.28 0.20 0
100
200
300
400

Programskim mjenjanjem parametara kolor komandi možemo dizajnirati različite kolorne efekte. U prvom primjeru se u `for` petlji sa promjenom radijusa mijenja i parametar tona boje (h) komande `sethsbcolor`.

U drugom primjeru se u petlji crta linija debljine 8 točaka s time da se u svakom koraku petlje vrši pomak prema gore i povećava parametar magente u `setcmykcolor` komandi.

Treći primjer ostvaruje gradaciju od žute do cijan boje crtajući u petlji liniju po liniju s pomakom od jedne točke i ujedno promjenom njene boje u `setcmykcolor` komandi.

```
%program BOJE
gsave
250 380 translate
/boja 0 def
1 1 10 {/b exch def /r {b 10 mul} def /boja {b 10 div}
def
0 0 r 0 360 arc
boja 1 1 sethsbcolor
stroke
} for
grestore

gsave
50 170 translate
/boja 0 def
1 1 10 {/b exch def /boja {b 10 div} def
0 b 10 mul moveto 300 0 rlineto
0 boja 0 0 setcmykcolor
8 setlinewidth
stroke
} for
grestore
gsave
50 40 translate
0 0.01 1
{dup  /C exch def 1 exch sub /Y exch def C 0 Y 0
setcmykcolor
0 0 moveto 300 0 rlineto stroke 0 1 translate} bind for
grestore
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400

Vilko Žiljak • Klaudio Pap

PostScript

II poglavlje
programiranje tipografije

findfont
scalefont
setfont
show

```
/imefonta findfont
s scalefont
font setfont
string show
```

Slovni znakovi oblikuju se unutar "četverca". Četverac je pravokutnik unutar kojeg se postavljaju slika slovnog znaka i njegova geometrija. Tokom pisanja teksta, kada definiramo visinu slova, mi definiramo visinu četverca a ne visinu slike slova. Slika slova, za većinu slova, smještena je unutar četverca (A B C a b c..), a neki slovni znakovi djelomično (g j Σ ∏ √ ..) ili u cjelosti (neki samostalni akcenti) izlaze iz četverca. Dno četverca leži na pismovnoj liniji, donji lijevi ugao četverca je nulta točka slovnog znaka. Debljinska vrijednost slova uglavnom uključuje cijelu širinu slike slova sa dodatnom bjelinom do slijedečeg slovnog znaka. Nulta točka pozicioniranja slijedečeg slova u tekstu je na točki debljinske vrijednosti prethodnog slova.

Latiničko pismo je četverolinijsko: pismovna linija, krov verzala, krov kurenta i descender. Visina slike verzalnih slova (A B C D..) je oko 70% četverca, visina kurantnih slova (a c e i m..) je do 50% četverca, spuštanje descendera u kurentnim slovima (j g..) je od 20 do 30%. Točne veličine za karakteristična slova i neke fontove ilustrirali smo programom na ovoj stranici. Dizajneri su dodali još četiri linije: dvije linije za krov nekih kurentnih slova (t b d f..), liniju akcenta (Ž Š Č Ć) i liniju spajanja kurentnih slova nekih rukopisnih fontova.

Komande:

`findfont` - određuje traženje fonta koji treba biti na raspolaganju programu slaganja teksta

`scalefont` - definiranje visine četverca u točkama

`setfont` - postavljanje fonta aktivnim

`show` - prikaz fonta na postscript stranici

Komandom `scale` na početku programa i parametrima 0.9 i 1 suzila su se slova na 90% osnovne širine.

```
0.9 1 scale
30 50 moveto
/FSFutura findfont 100 scalefont setfont
(ARČjktbgf) show
30 200 moveto
/FSShellyAllegro findfont 100 scalefont setfont
(ARČjktbgf) show
30 350 moveto
/FSTimesRom  findfont 100 scalefont setfont
(ARČjktbgf) show
showpage
```


88
67
66
68
58
46
ARČjktbgf
350
-21
86
70
60
47
28
ARČjktbgf
200
-31
-27
100
87
79
75
77
65
48
ARČjktbgf
50
-27

findfont scalefont setfont show

Ovdje je prikazano 24 različita fonta veličine četverca od 12 točaka. Međusobno se razlikuju po debljinskim vrijednostima i po tome što nemaju istovrsni set znakova. Zato se moralo definirati više setova znakova (stringova) koji su se željeli prikazati. Da bi program radio treba prije njegovog slanja na PostScript uređaj (printer, fotojedinicu...) poslati fontove sa programom kao što je Downloader. To je jednostavnije nego pakirati fontove unutar našeg programa jer je jedan znak u fontu PostScript program za sebe .

```
%program FONTOVI
/str1 (abcčćddđefghijklmnoprsštuvzžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠTUVZŽ0123456789,!:.) def
/str2 (abcčćddđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.) def
/str3 (abcčćddđefghoprsšžABCČĆDĐEFGHOPRSŠŽ0123456789,!:.) def
/str4 (abcdefghoprsABCDEFGHOPRS0123456789,!:.) def
/str5 (abcdefghijklmnopqrstuvwxyzDFGJLPQSVWXY) def
/str6 (abcdefghijklmnopqrstuvwxyz{~ABCDEFGHIJKLNOSTUVWXYZ) def
/str7 (abcdefghijklmnopqrstuvwxyzDIJLNOQTXZ[\];) def

30 20 moveto /FSShellyAllegro findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 40 moveto /FSFetteFraktur findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 60 moveto /FSTimesRom findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 80 moveto /FSLinoText findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 100 moveto /FSPresentScript findfont 12 scalefont setfont str3 show
30 120 moveto /FSPostAntiqua findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 140 moveto /FSPeignotBold findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 160 moveto /FSIjessica-Regular findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 180 moveto /FSTekton findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 200 moveto /FSFutura findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 220 moveto /FSArhaicNormal findfont 12 scalefont setfont str6 show
30 240 moveto /FSAntiqueOliveRoman findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 260 moveto /FSBodoni findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 280 moveto /FSCourier findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 300 moveto /FSGlagoljica findfont 12 scalefont setfont str7 show
30 320 moveto /FSMilosav findfont 12 scalefont setfont str1 show
30 340 moveto /FSMistral findfont 12 scalefont setfont str1 show
30 360 moveto /FSOcr-A findfont 12 scalefont setfont str4 show
30 380 moveto /FSOcb-B findfont 12 scalefont setfont str3 show
30 400 moveto /FSSymbol findfont 12 scalefont setfont str5 show
30 420 moveto /FSMoskva findfont 12 scalefont setfont str3 show
30 440 moveto /FSOptima findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 460 moveto /FSStoneSans findfont 12 scalefont setfont str2 show
30 480 moveto /FSHelvetica findfont 12 scalefont setfont str2 show
showpage
```

500

480 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

460 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

440 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

420 абцчћдђефгхопрсшжАБЦЧЋДЂЕФГХОПРСШЖ0123456789,!:.

400 αβχδεφγηιφκλμνοπθρστυϖωξψζΔΦΓϑΛΠΘΣςΩΞΨ

380 abcčćdđefghoprsšžABCČĆDĐEFGHOPRSŠŽ0123456789,!:.

360 abcdefghoprsABCDEFGHOPRS0123456789,!:.

340 abcčćdđefghijklmnoprsštuvzžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠTUVZŽ0123456789,!:.

320 abcčćdđefghijklmnoprsštuvzžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠTUVZŽ0123456789,!:.

300

280 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

260 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

240 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

220 eʒйилнмопѣутфцхъщыьўћЯгЁЖШҐӽЦђЂЃѓЉљњќћЊЌЋЦџДѓ ʒЙѢЦ

200 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

180 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

160 *abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.*

140 **abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.**

120 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

100 abcčćdđefghoprsšžABCČĆDĐEFGHOPRSŠŽ0123456789,!:.

80 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

60 abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.

40 **abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.**

20 *abcčćdđefghijklmnoprsšžABCČĆDĐEFGHIJKLMNOPRSŠŽ0123456789,!:.*

scalefont get

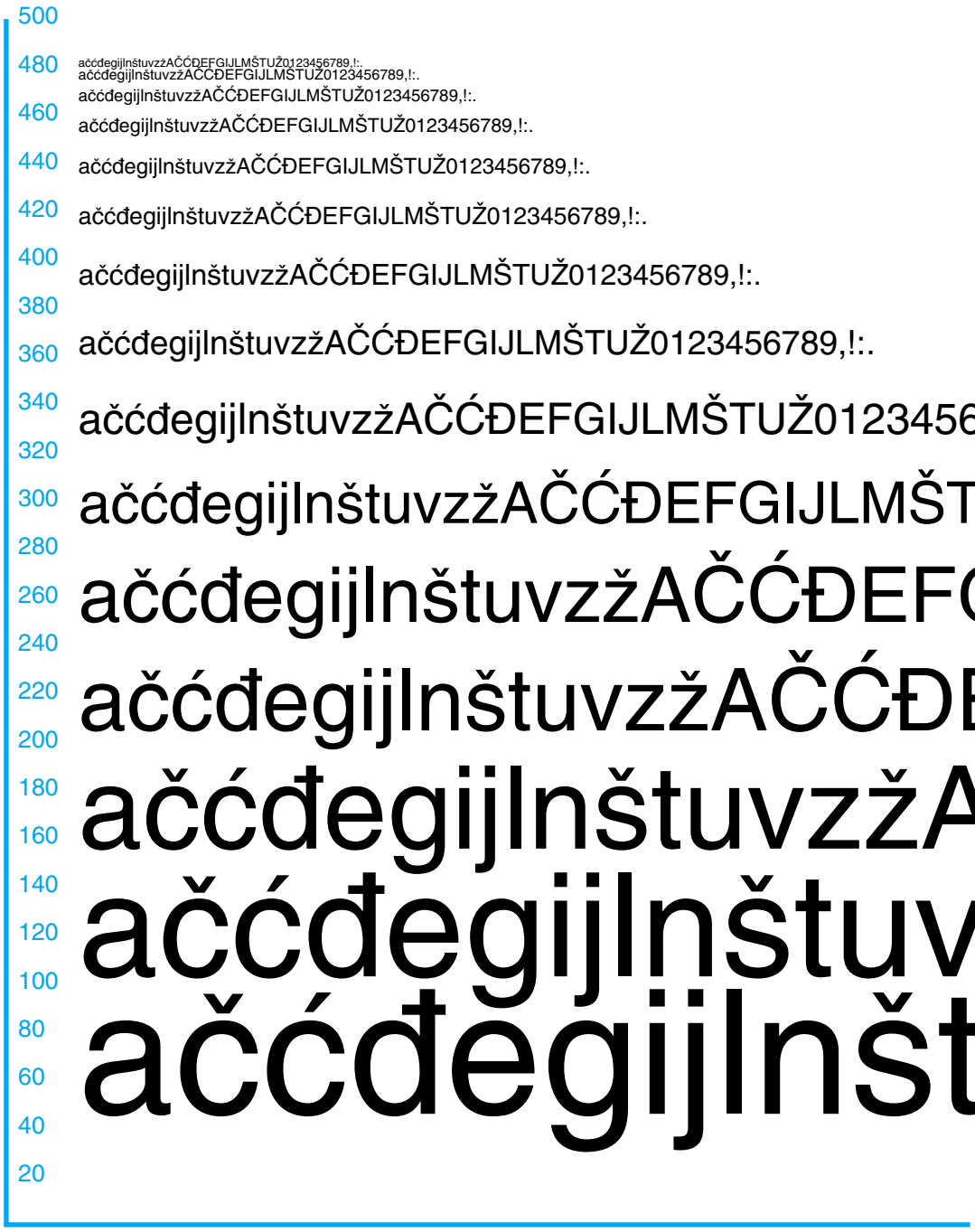
`[a1 a2 ...] j get`

Čitljivost ovisi o pravilnom odabiru visine slova. Savjetujemo relaciju odnosa visine slova i udaljenosti gledanja pisma. Visina slike verzala neka je tri milimetra ako čitamo tekst s udaljenosti 30 centimetara (četverac cicera je 4,51 mm = 300 mm / 133, slika verzala: 4.51 * 0.70 = 3.15 mm). Taj grubi savjet namjerno dajemo kako bi se zapamtilo da je odnos visine slike verzala i udaljenosti čitanja 1:100. Na primjer, na plakatu kojeg gledamo s udaljenosti 20 metara, visina verzala A, B, C... treba biti 20 centimetra a kurenta a, c, e... 10 centimetra.

Sličan savjet dajemo i za širinu retka. Zadaje se indirektno: neka se redak sastoji od 50 slovnih znakova. U slovne znakove ubraja se i razmak između riječi, štoviše, razmak između riječi je najčešći slovni znak.

Prikazan program demonstrira mogućnost dohvaćanja parametra za visinu `scalefont` preko polja (vektora). Brojač `for` petlje se preuzima u `j` varijablu (`/j exch def`) koju koristimo kao indeks člana polja u `get` naredbi. Iza svakog ispisa sa `show` naredbom se izvršava translatiranje ishodišta koje se prije ulaska u petlju postavilo na (30, 480). Prelaženje u novi redak (y okomita koordinata naredbe `translate`) funkcijski se povezalo sa brojačem petlje kako bi ispis što bolje ispunio prostor budući da se veličina pisma dinamički povećava prelaženjem u slijedeći redak.

```
%program SKALIRANJE FONTOVA
/str1 (ačćđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.) def
30 480 translate
0 1 14 {/j exch def 0 0 moveto
/FSHelvetica findfont
[5 6 7 8 9 10 12 14 18 24 32 36 48 60 72] j get
scalefont setfont str1 show
0 j neg 4 mul 5 neg add translate
} for
showpage
```


500
480
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.
460
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.
440
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.
420
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.
400
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.
380
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.
360
340
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ0123456789,!:.
320
300
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJLMŠTUŽ012
280
260
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFGIJL
240
220
aććđegijlnštuvzžAČĆĐEFG
200
180
aććđegijlnštuvzžAČĆ
160
140
aććđegijlnštuvzž
120
100
80
aććđegijlnštuv
60
40
20

charpath

`string sud charpath`

Slova u računarskoj grafici, još od fotosloga treće generacije, određena su putanjom ovojnice na različite načine: pravci, dijelovi kružnice. PostScript koristi Bezierovu stazu. Slovni znak najčešće se prikazuje kao popunjen prostor omeđen unutarnjom i vanjskom ovojnicom. Za to nam je dovoljna komanda `show`.

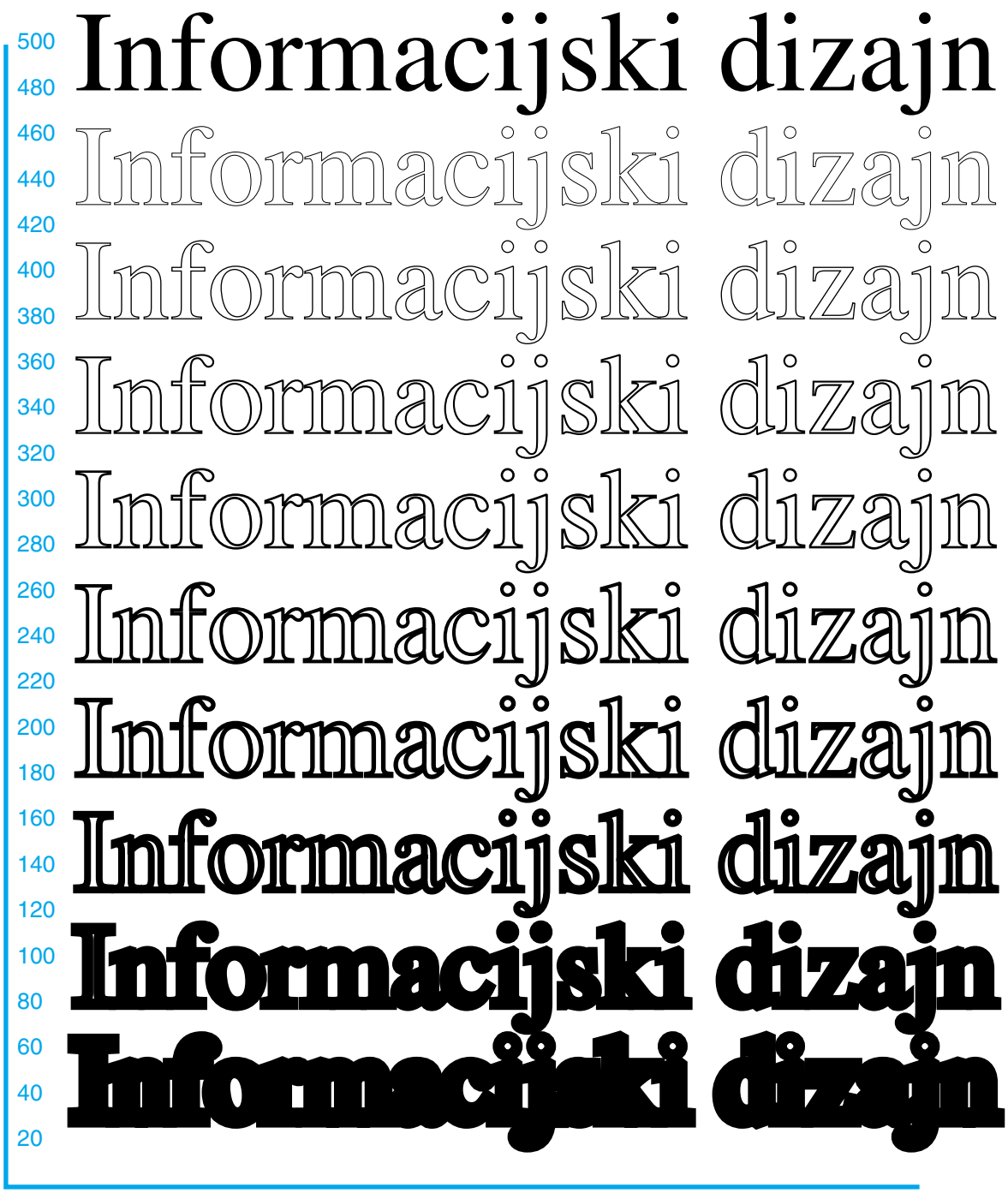
Slova se mogu ispisivati tipa "outline" tj. samo linijama koje leže na Bezierovim putanjama. Pri tome se mora zadati debljina linije. Naredbom `charpath` stvaraju se ovojnice slova zadanog stringa koje će se prikazati tek upotrebom naredbe `stroke`.

Sa logičkim sudom *true* ili *false* definira se vrsta outline koja će se dobiti. To ovisi o vrsti fonta koje želimo pretvoriti u outline. Postoje fontovi koji su definirani upravo kao outline sa PostScript programom koji se popune (`fill`) u momentu ispisivanja, nadalje fontovi čiji su znakovi definirani nezatvorenim linijama ili fontovi definirani bitmapom. Danas se upotrebljava samo prva vrsta fonta (outline font) za koju je rezultat naredbe `charpath` identičan i za *false* i *true* logički sud pa ćemo upotrebljavati u svim primjerima *false* parametar.

U našim primjerima ispisana su outline slova sa posve tankim linijama i linijama koje su deblje i od nekih dijelova slova. Linija se iscrtava tako da je središte debljine linije na položaju Bezierove staze - debljina se širi okomito na tu stazu.

Varijabla `j` se u svakom krugu petlje puni sa trenutnom vrijednošću brojača petlje i sa njom se, kao indeksom polja, dohvaća slijedeći parametar naredbe `setlinewidth`. Ispis svakog slijedećeg primjera u petlji se translatira po y koordinati za -50.

```
%program OVOJNICE SLOVNIH ZNAKOVA
/tekst (Informacijski dizajn) def
/FSTimesRom findfont 50 scalefont setfont
30 480 translate 0 0 moveto tekst show
0 1 8 {/j exch def 0 50 neg moveto
tekst false charpath
[0.3 0.5 0.8 1 1.5 2 3 5 8 10] j get
setlinewidth
stroke
0 50 neg  translate
} for
showpage
```

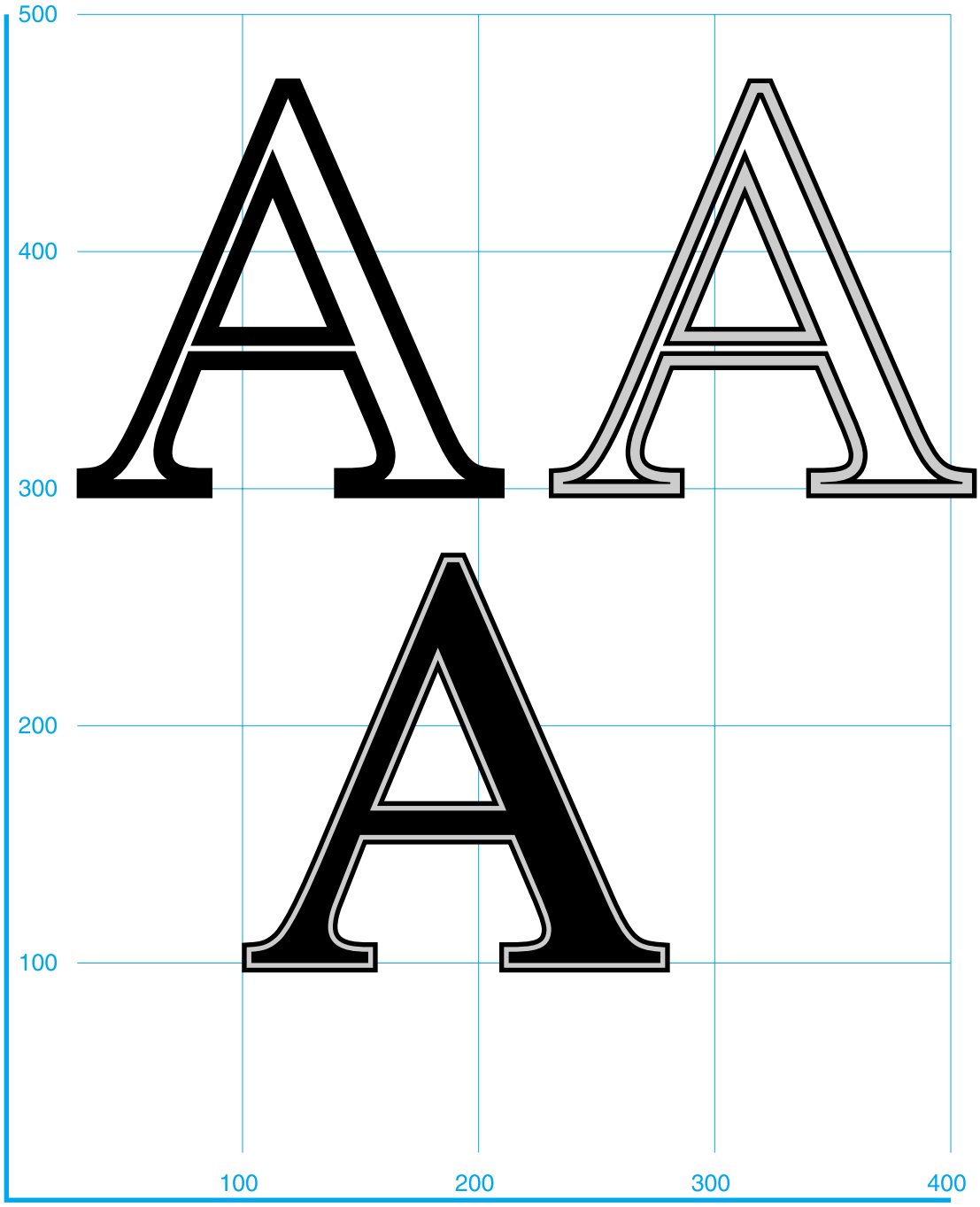

500
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
Informacijski dizajn

charpath

Višeslojno iscrtavanje ovojnice s različitim debljinama, zacrnjenjem, bojama i redosljedom prikaza, omogućuje dizajneru veoma kompleksna rješenja. Charparh se može kombinirati sa linijama bilo kojeg geometrijskog lika kao naprimjer kvadrat, krug, slobodna Bezierova linija. Treba voditi računa da se linija proširuje okomito na njenu putanju jednako prema centru i prema van.

Treći znak je završni dizajn. Prethodna dva su faze njegove izrade. Prvi znak je prvi sloj gdje je crnom bojom otisnut outline slova A s debljinom linije od 8 točaka. Na taj sloj se u drugom primjeru dodao isti outline samo sa 30% sive i debljinom 4 točke. Konačno treći primjer se dobio dodavanjem crnog sloja s ispunjenim outlineom (`fill`) na prethodna dva sloja.

```
%program OVOJNICA U OVOJNICI
/str (A) def
/FSTimesRom findfont 250 scalefont setfont

gsave 30 300 translate
%Prvo slovo
0 0 moveto str false charpath  8 setlinewidth stroke

%Drugo slovo
%Prvi sloj
200 0 moveto str false charpath 8 setlinewidth stroke
%Drugi sloj
200 0 moveto str false charpath 4 setlinewidth
0.7 setgray stroke
grestore

gsave 100 100 translate
%Treće slovo
%Prvi sloj
0 0 moveto str false charpath 8 setlinewidth stroke
%Drugi sloj
0 0 moveto str false charpath 4 setlinewidth
0.7 setgray stroke
%Treći sloj
0 0 moveto str false charpath 0 setgray fill
grestore
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400

clip newpath

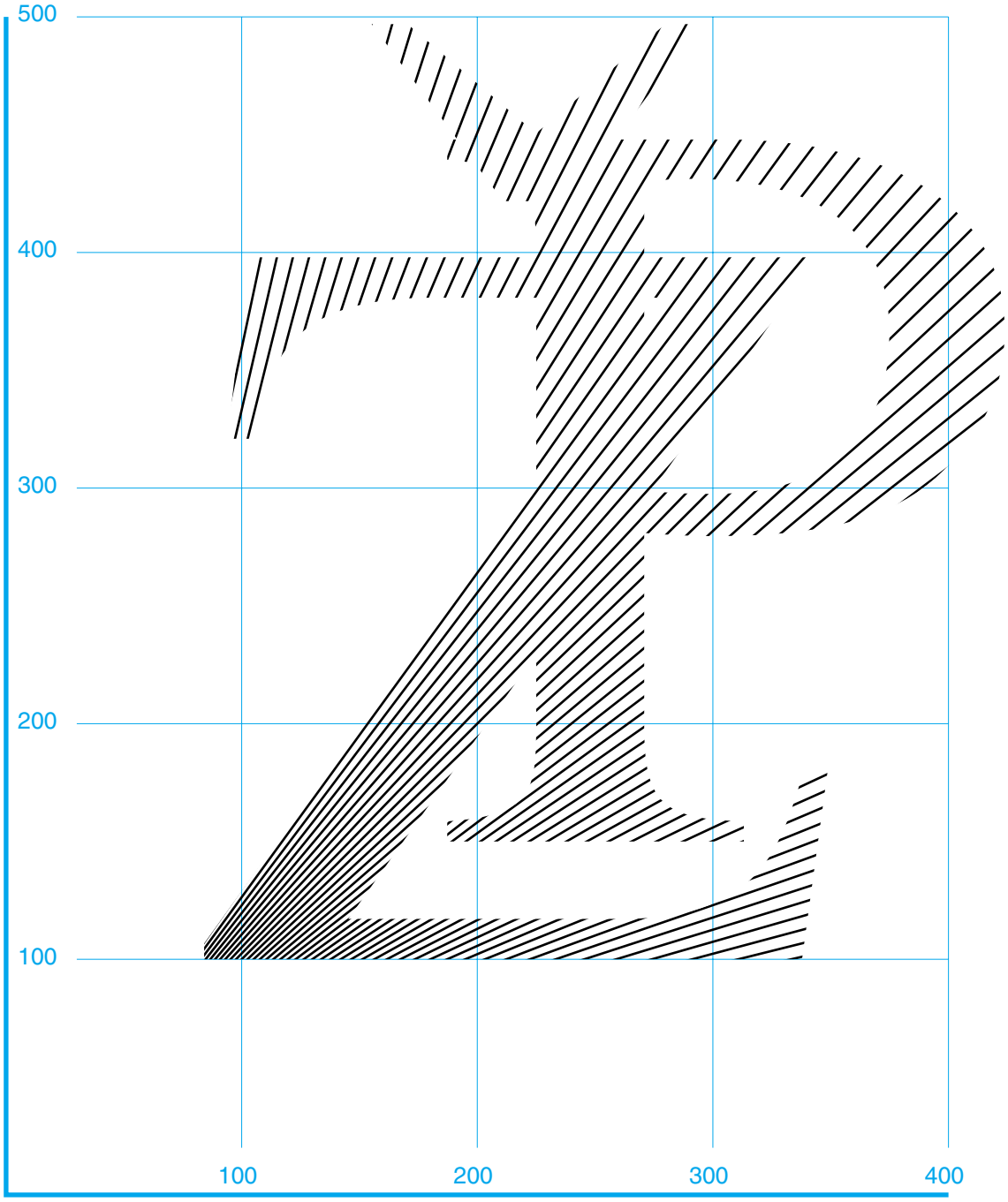
```
clip
newpath
```

Popunjavanje zatvorenog puta nekim grafičkim rješenjem realizira se komandom `clip` bez obzira da li je osnova grafički lik ili ovojnica slova. Prema toj naredbi možemo se odnositi kao maski, prozoru ili izrezu za neki dizajn. Kada se iza programiranih zatvorenih staza upotrijebi naredba `clip` sve ono što će se nadalje programirati biti će vidljivo samo kroz stvorenu masku.

Naredba `clip` ne stvara iza sebe mogućnost programiranja početka nove staze kao što rade naredbe `fill` i `stroke` već ako se to želi mora se iza tih naredbi upotrijebiti eksplicitno naredba `newpath.` U našem primjeru, bez naredbe `newpath,` vidjela bi se `clip` staza nakon završne upotrebe naredbe `stroke`.

Nakon što se isprogramirala `clip` maska od slova P i Ž slijedi program koji crta linije rotirane u svakom koraku `repeat` petlje za jedan stupanj. `Repeat` petlja se vrti 90 puta pa se dobije jedna četvrtina kruga pomoću linija iz jednog žarišta. To je vidljivo samo kroz definiranu masku.

```
%program CLIP PATH
80 100 moveto
/FSTimesRom findfont 450 scalefont setfont
(Ž) false charpath

180 150 moveto
(P) false charpath
clip
newpath %da se ne vidi outline zbog zavrsnog stroke
1 setlinewidth
30 30 translate
90 {
0 0 moveto 550 0 rlineto
1 rotate
} repeat
stroke
showpage
```

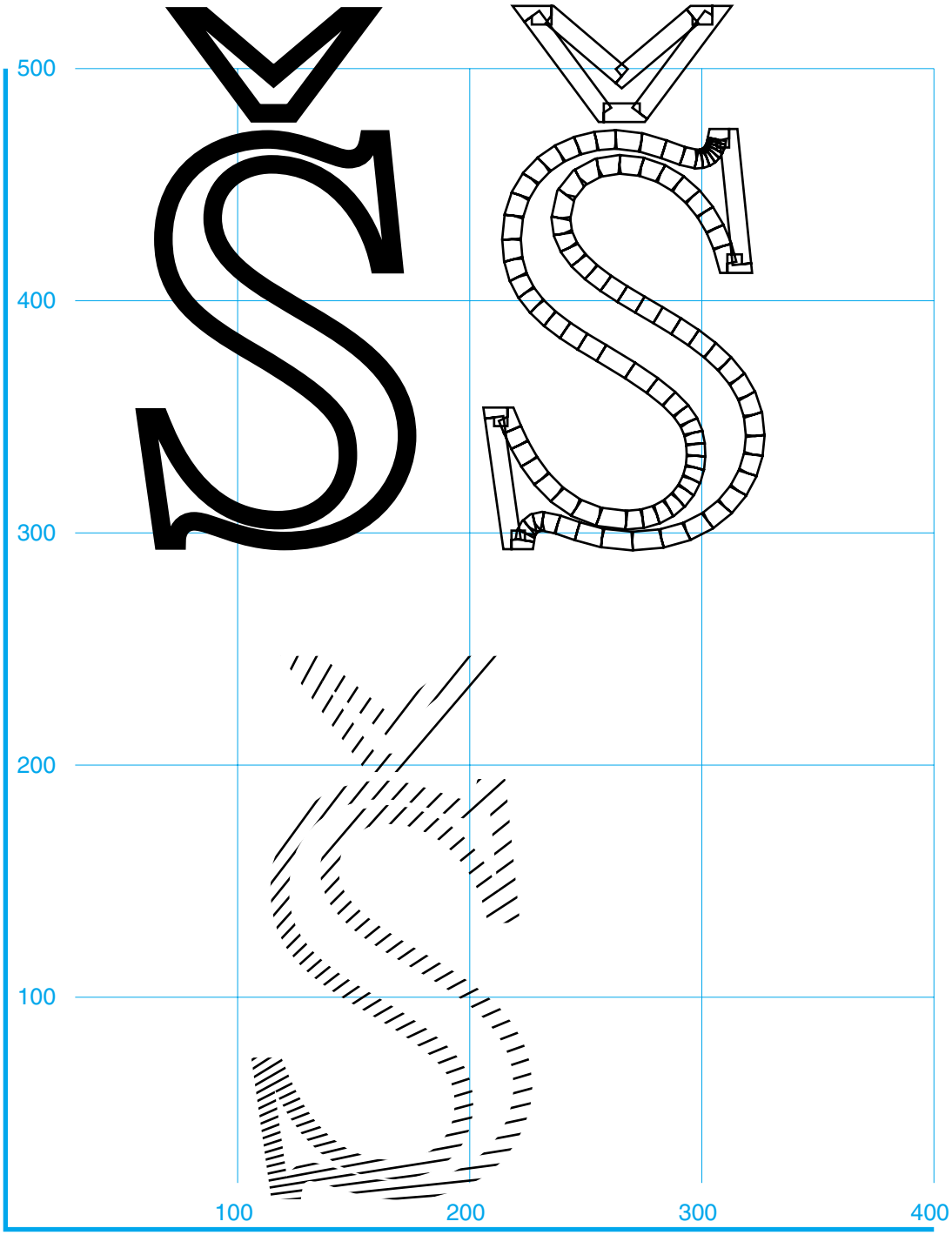

500
400
300
200
100
100
200
300
400

strokepath

strokepath

Komanda `strokepath` omogućuje određivanje ovojnice linija, tj. stazu oko linije koja ima zadanu debljinu. Ako su linije nastale komandom `charpath` tada komanda `strokepath` daje nove površine oko linija koje su tako nastale. Ta se površina može popunjavati, bojati, podlagati (komande `fill` i `clip`). Staze nastale komandom strokepath sastoje se od poligona kao što je prikazano na drugom primjeru iscrtavanjem tih poligona. Poligoni se sastoje od okomica na početnu liniju i dužina koje su paralelne sa početnom linijom. Što je početna linija više zaobljena to su poligoni gušći i uži. Zbog toga nije prikladno iza te naredbe upotrijebiti naredbu `stroke` već prvenstveno `fill` ili `clip`. Nakon aktiviranja komande `strokepath` znatno se povećava potreba za memorijom pa se predlaže što prije iscrtavanje takve površine kako bi se očistio stack.

```
%program CLIP STROKEPATH
/FSTimesRom findfont 250 scalefont setfont
gsave
50 300 moveto 8 setlinewidth
(Š) false charpath stroke

200 300 moveto 8 setlinewidth
(Š) false charpath
strokepath 1 setlinewidth  stroke
grestore

gsave
100 20 moveto 8 setlinewidth
(Š) false charpath
strokepath
clip newpath
1 setlinewidth
0 0 moveto
180 {
0 0 moveto 400 0 lineto
1.5 rotate
} repeat
stroke
grestore
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400

makefont

`font [a b c d t_x t_y] makefont`

Komanda **makefont** transformira font u drugi font po transformacijskom polju (matrici). Transformacijsko polje definira linearnu transformaciju koordinatnog para (x, y) u (x',y') na ovaj način:

$x' = ax + cy + t_x; \quad y' = bx + dy + t_y.$

Komande **translate**, **scale**, **rotate** i **scalefont** definiraju se preko transformacijskog polja na ovaj način:

10 20 **translate** => [1 0 0 1 10 20]
x'=x+10; y'= y +20

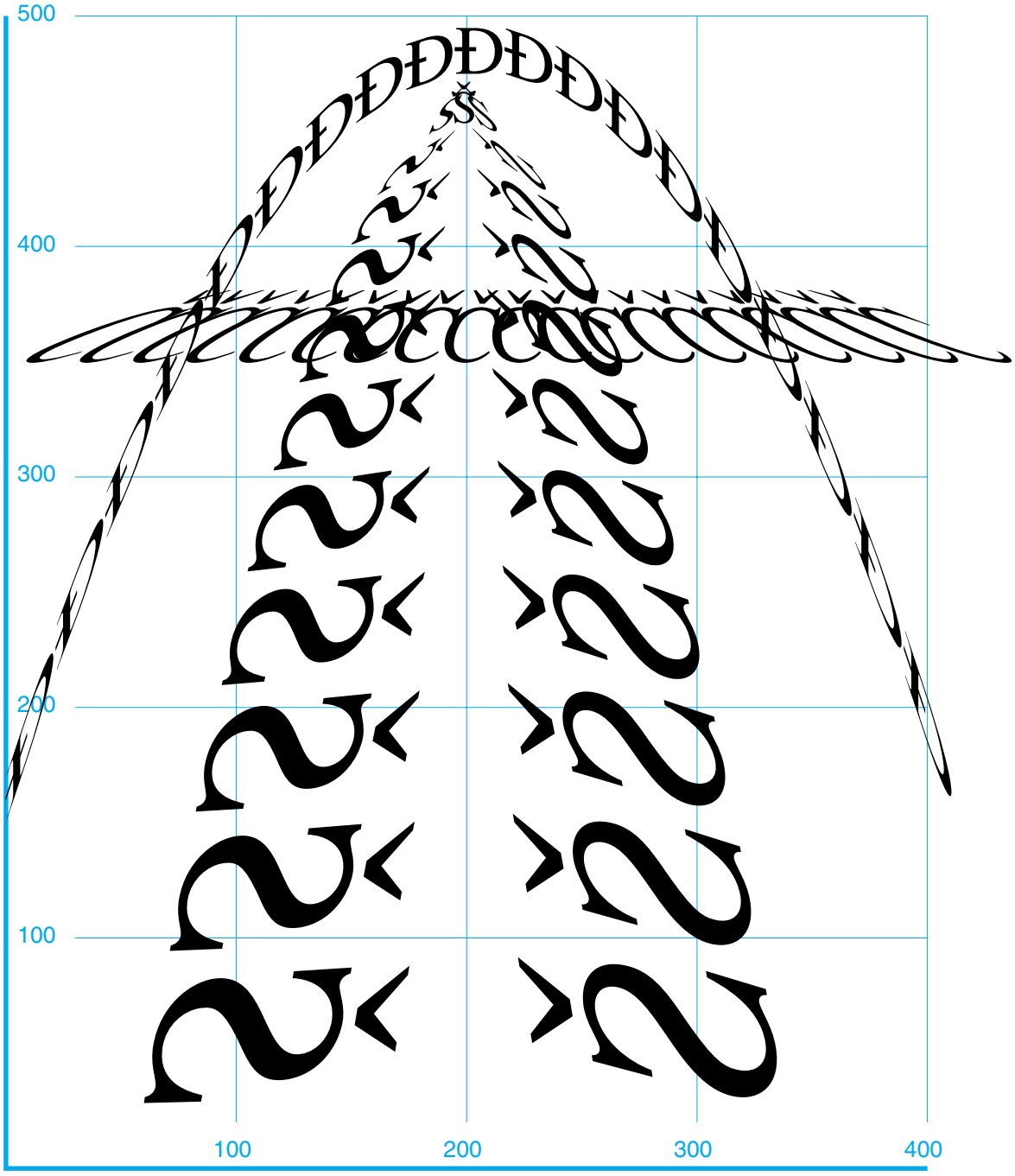
2 4 **scale** => [2 0 0 4 0 0]
x'=2x; y'= 4y

45 **rotate** => [cos(45) sin(45) -sin(45) cos(45) 0 0]
x'=cos(45)x-sin(45)y; y'= sin(45)x+cos(45)y

30 scalefont=> [30 0 0 30 0 0] makefont

Transformacija fonta po transformacijskom polju izvodi se tako da se transformira koordinatni sustav četverca svakog znaka u fontu po navedenim formulama, a postojeći koordinatni sustav ostaje netaknut. Sa **makefont** naredbom stvaraju se novi deformirani fontovi. Početak slijedećeg znaka definira se pomakom nakon naredbe **show**.

```
%program MAKEFONT
0 150 moveto
90 -10  -90 {/j exch def
/FSTimesRom findfont [30 j 0 30 0 0 ] makefont setfont
(Đ) show     %   x´=30x; y´=jx+30y
} for

0 350 moveto
90 -10  -90 {/j exch def
/FSTimesRom findfont [35 0 j 35 0 0 ] makefont setfont
(Č) show     %   x´=35x+jy;  y´=35y
} for

60 20 moveto
120 -10  -120 {/j exch def
/FSTimesRom findfont [20 j j 20 0 0 ] makefont setfont
(Š) show     %   x´=20x+jy;  y´=jx+20y
} for
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400

ashow

Ako želimo vodoravno spacionirati tekst možemo to raditi sa naredbom `ashow`. Parametri dx i dy su relativni pomaci po x odnosno y osi u odnosu na pismovnu liniju za svaki znak iz zadanog stringa. Kada je definiran samo dx parametar, a dy je 0 tada se radi o horizontalnom spacioniranju.

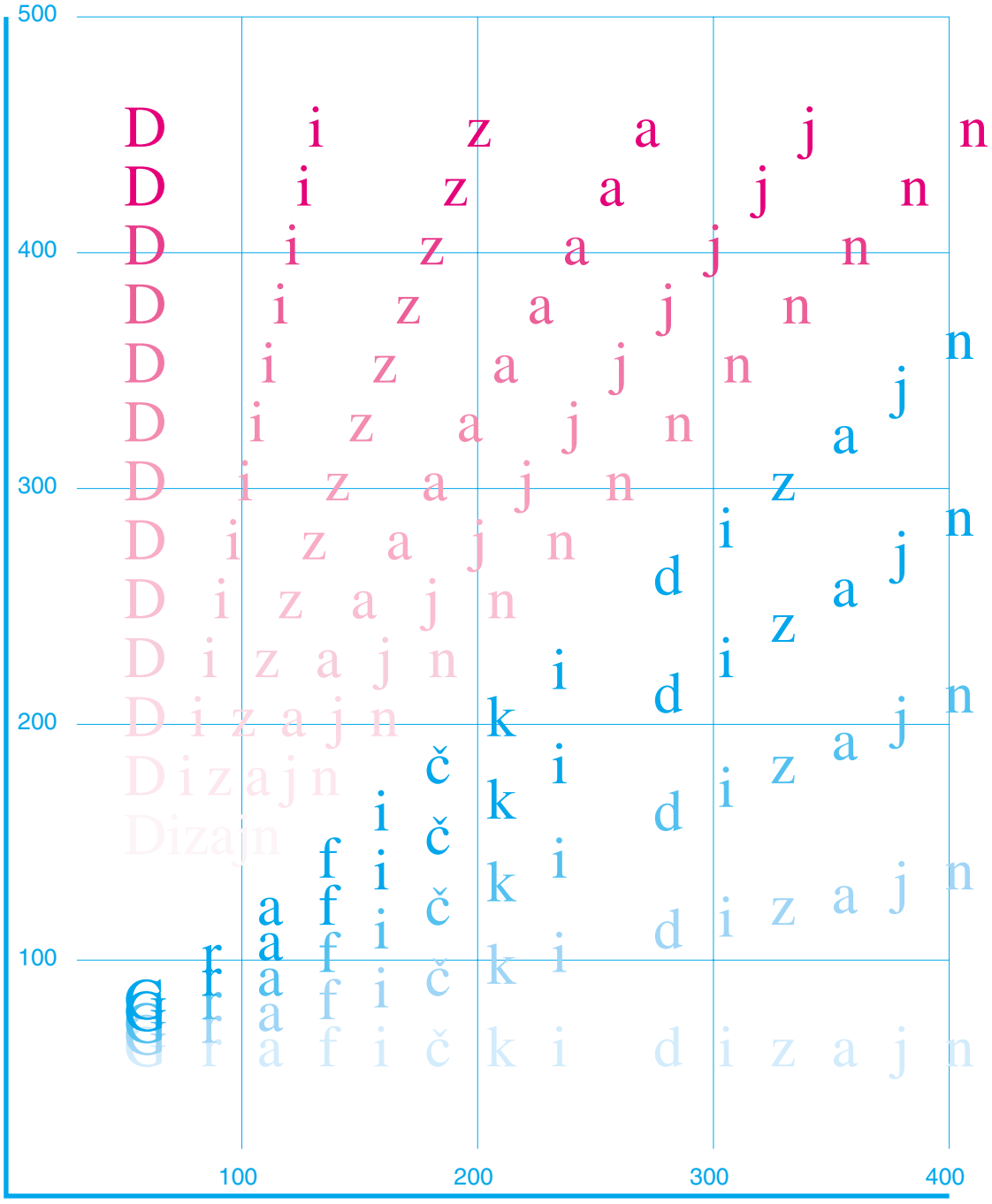
Naredbe `j 0 (Dizajn) ashow`

`15 j (Grafički dizajn) ashow`

`dx dy string ashow`

stavile su se u for petlje čiji su indeksi ujedno i dx odnosno dy parametri `ashow` naredbe. Zajedno sa tim naredbama u petlji se vrtila naredba `setcmykcolor` čiji se parametar magente odnosno cijana mjenjao u svakom krugu petlje sa varijablom `brojac` koja se mijenja sa varijablom `korak`.

```
%program ASHOW
/FSTimesRom findfont 25 scalefont setfont
gsave
50 145 moveto
1 12 div /korak exch def
/brojac  korak def
0 5 60 {/j exch def
0 brojac 0 0 setcmykcolor
gsave
j 0 (Dizajn) ashow
grestore
0 25 rmoveto
brojac korak add /brojac exch def
} for
grestore
gsave
50 55 moveto
1 4 div /korak exch def
/brojac  korak def
0 5 20 {/j exch def
brojac 0 0 0 setcmykcolor
gsave
15 j (Grafički dizajn) ashow
grestore
0 5 rmoveto
brojac korak add /brojac exch def
} for
grestore
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400

length stringwidth ashow

string length
string stringwidth

Ovaj program pokazuje kako se može proširiti neki tekst na zadani puni format povečavajući razmak između slova. Ovdje je format definiran sa širinom prvog stringa (PostScript programiranje) koji se dobio sa naredbom `string1 stringwidth`. Naredba `stringwidth` daje zbroj širine svih debljinskih vrijednosti u stringu zadanog fonta odnosno jednak je relativnom pomaku tekuće pozicije na pismovnoj liniji koji bi se dogodio nakon naredbe `show`. Na stacku ostaje x i y relativni pomak. Pošto se naši znakovi nižu vodoravno, za razliku od npr. japanskih koji se nižu vertikalno, y relativni pomak treba zanemariti pa se iza svake upotrebe naredbe `stringwidth` upotrebljava `pop` naredba za skidanje y parametra.

Algoritam ovog problema je: 1. Napravi razliku zadanog formata i izmjerene širine stringa zadanog fonta; 2. Razlika se podjeli sa brojem razmaka između znakova (broj znakova-1); 3.Rezultat dijeljenja je dx parametar ashow naredbe.

Naredba `length` ostavlja na stacku broj znakova zadanog stringa. Da bi se lakše programiralo, prethodno su definirane varijable `w` (širina stringa) i `l` (broj znakova u stringu).

```
%program STRINGWIDTH
/font1 {/FSTimesRom findfont 38 scalefont setfont} def
/font2 {/FSFutura findfont 45 scalefont setfont} def
/font3 {/FSShellyAllegro findfont 35 scalefont setfont} def
/string1 (PostScript programiranje) def
/string2 (PostScript) def /string3 (programiranje) def
/string4 (Grafički dizajn) def /string5 (Grafički) def
/string6 (dizajn) def
/w2 {string2 stringwidth pop} def /l2 {string2 length} def
/w3 {string3 stringwidth pop} def /l3 {string3 length} def
/w4 {string4 stringwidth pop} def /l4 {string4 length} def
/w5 {string5 stringwidth pop} def /l5 {string5 length} def
/w6 {string6 stringwidth pop} def /l6 {string6 length} def
font1 string1 stringwidth pop /w1 exch def
20 450 moveto string1 show
20 380 moveto font2 w1 w2 sub l2 1 sub div 0 string2 ashow
20 300 moveto font3 w1 w3 sub l3 1 sub div 0 string3 ashow
20 200 moveto font1 w1 w4 sub l4 1 sub div 0 string4 ashow
20 100 moveto font2 w1 w5 sub l5 1 sub div 0 string5 ashow
20 20 moveto font3 w1 w6 sub l6 1 sub div 0 string6 ashow
showpage
```


500
PostScript programiranje
400
PostScript
300
programiranje
200
Grafički dizajn
100
Grafički
dizajn
100
200
300
400

widthshow
xyshow
awidthshow

```
dx dy kod str widthshow
str [dx1 dy1 dx2 dy2...]xyshow
cx cy kod dx dy str awidthshow
```

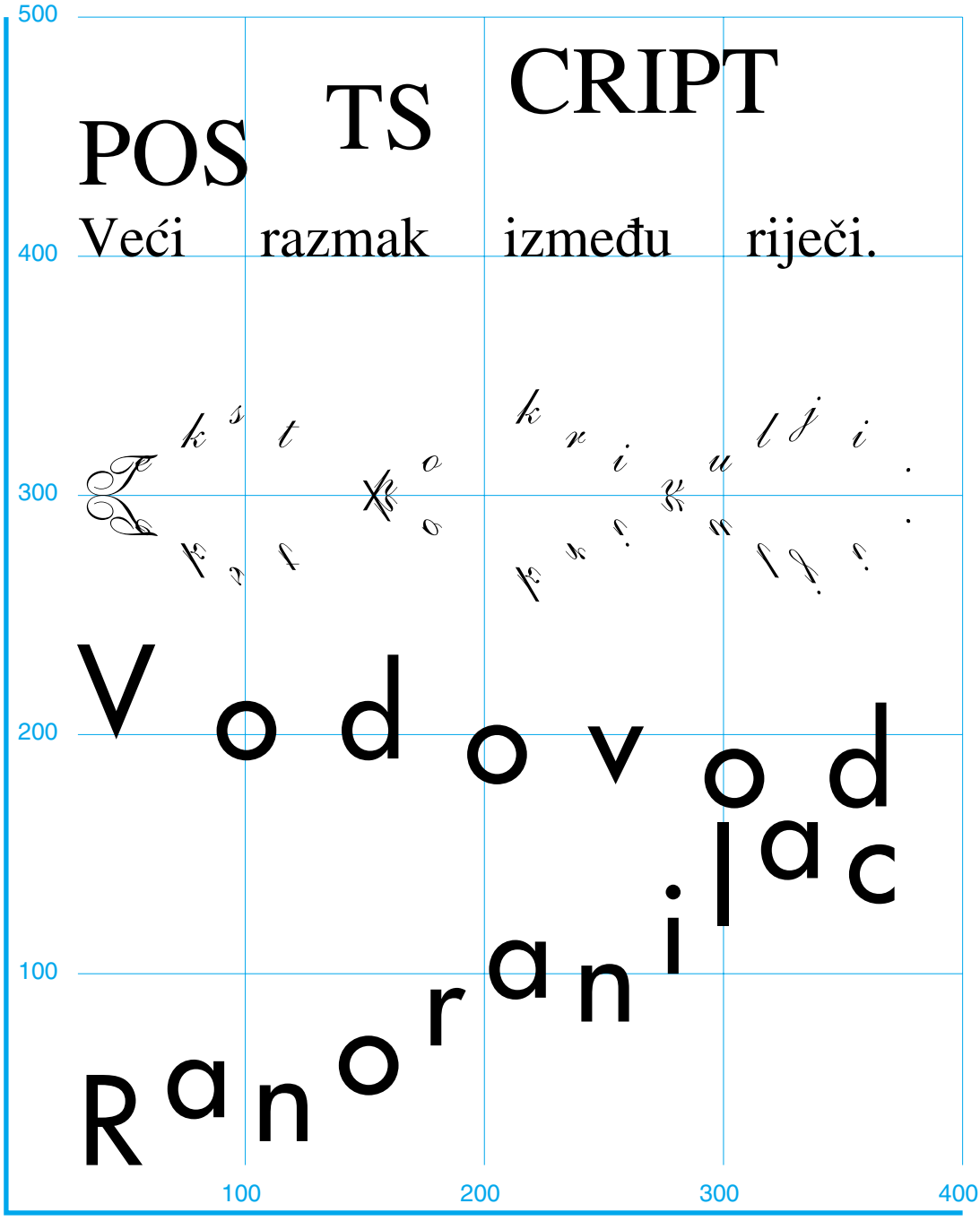
Ovdje su prikazani primjeri koji demonstriraju još tri načina kontrole ispisa znakova iz zadanog stringa. Naredba `widthshow` mijenja poziciju ispisa slijedećeg znaka za dx i dy iza znaka koji je definiran dekadskim ASCII kodom.

U prvom primjeru u riječi POSTSCRIPT dolazi do relativnog pomaka za dx=30 i dy=15 iza svakog pojavljivanja slova S (dekadski ASCII kod 83). Drugi primjer dodaje 25 točaka vodoravno iza svakog pojavljivanja znaka razmaka između riječi (kod 32). To je pogodno kada želimo formatirati tekst na puni format samo sa povećavanjem razmaka između riječi.

Treći primjer koristi naredbu `xyshow` koja iza svakog znaka stringa vrši (dx,dy) pomak definiran parom točaka iz polja. Zbog toga mora broj članova polja biti točno dvostruko veći od broja znakova stringa. Ukoliko nije dobiti će se greška.

Komanda `awidthshow` je kombinacija `ashow` i `widthshow` naredbe. Sa dx i dy se mijenja relativna pozicija za sve znakove u stringu, a sa cx i cy se još dodatno mijenja pozicija iza znaka definiranog dekadskim ASCII kodom. U primjeru sa riječi "Vodovod" su svi znakovi sa pomakom dx=25, dy=-10, dok se iza znaka o (kod 111) vrši pomak jedino za cy=10. Tako se dobio efekt da se znak ispisuju vodoravno samo onda kada se pojavilo slovo o, inače za sva ostala slova koso prema dolje. Primjer sa riječi Ranoranilac pokazuje kako izgleda efekt kada se iza slova a (kod 97) vrši veći okomiti pomak prema dolje (cy=-30) nego što je okomiti pomak prema gore (dy=20) za sve znakove u riječi.

```
gsave
/F {findfont exch scalefont setfont} bind def
30 430 moveto 40 /FSTimesRom F 30 15 83 (POSTSCRIPT) widthshow

30 400 moveto 24 /FSTimesRom F
25 0 32 (Veći razmak između riječi.) widthshow

/proc1 {(Tekst po krivulji.)
[20 10 20 10 20 10 20 -10 20 -10 20 -10 20 10  20 10  20 10
20 -10 20 -10 20 -10 20 10 20 10 20 10 20 -10 20 -10 20 -10 ]
xyshow} bind def
30 300 moveto 24 /FSShellyAllegro F gsave proc1 grestore
1 -1 scale proc1 grestore

30 200 moveto 50 /FSFutura F 0 10 111 25 -10 (Vodovod) awidthshow
30 20 moveto 0 -30 97 9 20 (Ranoranilac) awidthshow showpage
```


500
400
300
200
100
POS TS CRIPT
Veći razmak između riječi.
Vodovod
Ranoranilac
100
200
300
400

kshow

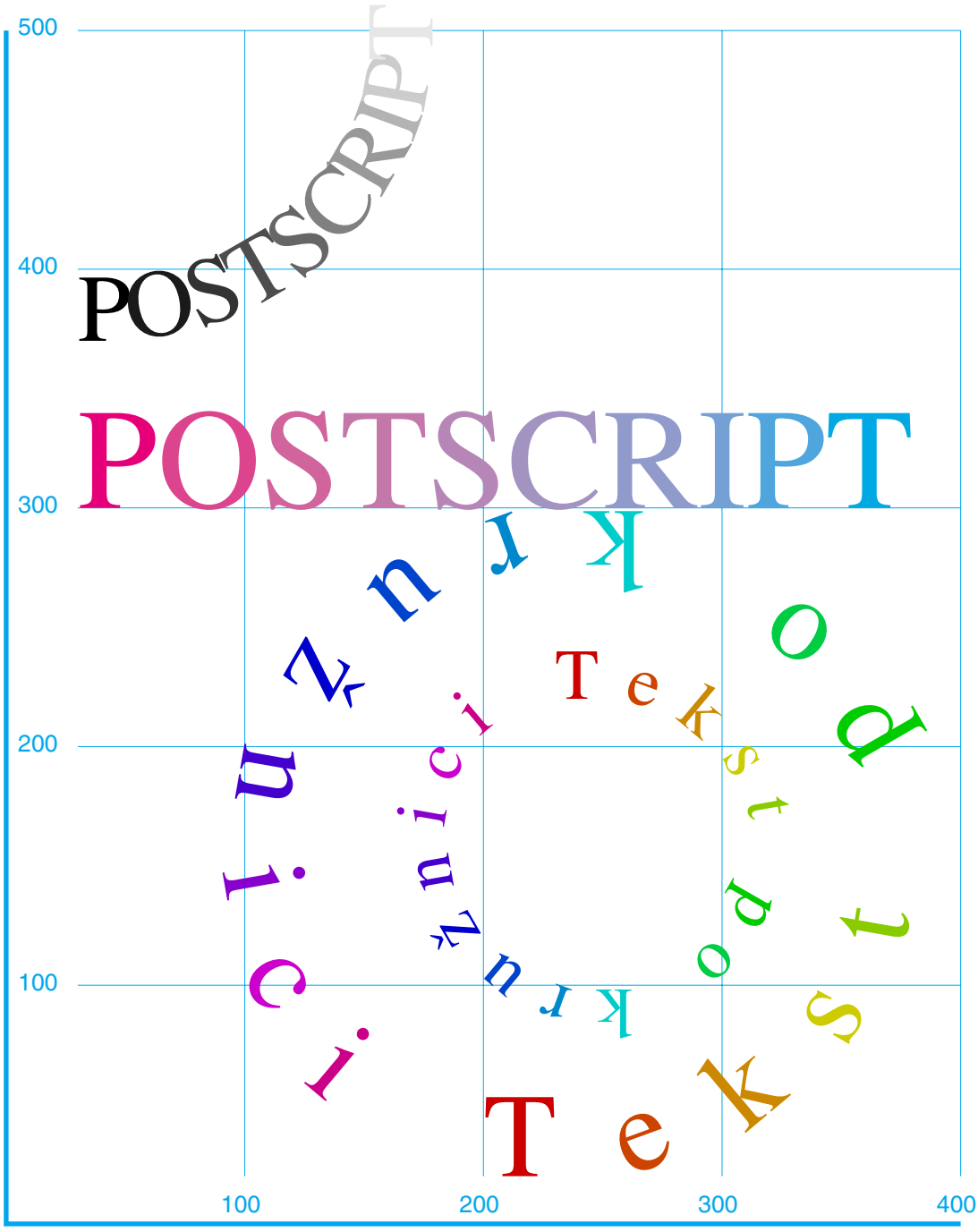
```
{proc} string kshow
```

Naredba `kshow` je naprednija od svih dosadašnjih naredbi koje se tiču kontrole ispisa znakova iz stringa. Ona daje mogućnost izvršavanja programske procedure između svakog znaka stringa i to na ovaj način: 1. Ispiše se prvi znak stringa, a tekuća pozicija se pomakne sa širinu tog znaka; 2. Postavlja se na stack dekadski ASCII kod prvog znaka, a potom drugog znaka; 3. Izvršava se procedura {proc}; 4. Ispisuje se drugi znak... .

Kada se poziva procedura na stacku su dvije vrijednosti: kôd znaka koji je upravo ispisan i kôd slijedećeg znaka. Procedura se ne poziva prije nego što se prikaže prvi znak. Ako je broj znakova u stringu n, `kshow` poziva n-1 puta proceduru.

U našim primjerima koristimo `kshow` naredbu tako da sa stacka skidamo kôdove na početku svake procedure (`pop pop`) jer ih ne koristimo. Pri svakom pozivu procedure, mijenjaju se obojenja i vrše se relativni pomaci i rotacije ispisa znakova da bi se postigli željeni efekti na našem primjeru.

```
%program KSHOW
/F {findfont exch scalefont setfont} bind def
gsave
40 /FSTimesRom F 30 370 moveto
/sivo 0 def
{pop pop /sivo sivo 0.1 add def sivo setgray 10 rotate}
(POSTSCRIPT) kshow  %Iza svakog slova rotacija 10st.
grestore gsave
60 /FSTimesRom F 30 300 moveto
/sivo 0 def 0 1 0 0 setcmykcolor
{ pop pop /sivo sivo 0.1 add def /csivo 1 sivo sub def
sivo csivo 0 0 setcmykcolor} (POSTSCRIPT) kshow
grestore gsave
%Vanjska kružnica obrnuto od smjera sata
50 /FSTimesRom F 200 20 moveto
/H 0 def 1 18 div /korak exch def 0 1 0.8 sethsbcolor
{ pop pop 30 0 rmoveto 20 rotate /H H korak add def
H 1 0.8 sethsbcolor} (Tekst po kružnici) kshow
grestore gsave
%Unutarnja kružnica u smjeru sata
30 /FSTimesRom F 230 220 moveto
/H 0 def 1 18 div /korak exch def 0 1 0.8 sethsbcolor
{ pop pop 10 0 rmoveto -20 rotate /H H korak add def
H 1 0.8 sethsbcolor } (Tekst po kružnici) kshow
grestore showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
POSTSCRIPT
POSTSCRIPT
Tekst
Tekst
Tekst
Tekst

Operatori

PostScript posjeduje aritmetičke operatore (sub, add, mul, div...), stack operatore (exch, dup, pop...), relacijske operatore, logičke operatore, operatore uvjetnog izvršavanja procedura, operatore polja, string operatore i mnoge druge.

Pomoću relacijskih operatora se uspoređuju se dva elementa na stacku. Rezultat te usporedbe (relacije) je logički sud koji može biti istina ili laž i pojavljuje se na stacku sa riječima *true* ili *false*. Te logičke sudove najčešće koriste operatori uvjetnog grananja if i ifelse, kao i logički operatori not, and, or i xor.

Relacijski operatori i primjeri:

eq	jednako	
	Ako je stanje na stacku:	(graf) (graf), >vrh stacka
	nakon eq, stanje je:	*true*.
ne	nije jednako	
	Ako je stanje na stacku:	10 10,
	nakon ne, stanje je:	*false*.
gt	veće od	
	Ako je stanje na stacku:	20 10,
	nakon gt, stanje je:	*true*.
ge	veće ili jednako od	
	Ako je stanje na stacku:	20 20,
	nakon ge, stanje je:	*true*.
lt	manje od	
	Ako je stanje na stacku:	10 5,
	nakon lt, stanje je:	*false*.
le	manje ili jednako od	
	Ako je stanje na stacku:	5 5,
	nakon le, stanje je:	*true*.

Logički operatori:

and	"i"	stanje na stacku	rezultat na stacku
		false *false*	*false*
		false *true*	*false*
		true *false*	*false*
		true *true*	*true*
or	"ili"	stanje na stacku	rezultat na stacku
		false *false*	*false*
		false *true*	*true*
		true *false*	*true*
		true *true*	*true*
xor	"ex ili"	stanje na stacku	rezultat na stacku
		false *false*	*false*
		false *true*	*true*
		true *false*	*true*
		true *true*	*false*
not	"ne"	stanje na stacku	rezultat na stacku
		false	*true*
		true	*false*

Operatori uvjetnog izvršavanja procedura (grananja):

sud {proc} if — Ako je sud *true* izvršava se procedura proc, a inače se preskače.

Nakon
```
c 0.5 ge c 1.0 le and {/c 1 def} if
```
stack je prazan, a varijabla c se napuni sa 1 ako je prethodni logički uvjet dao *true*.

sud {proc1} {proc2} ifelse — Ako je sud *true* izvršava se procedura proc1, a ako je bio *false* izvršava se proc2.

Nakon
```
c 0.5 ge c 1 le and {/c 1 def} {/c 0 def} if
```
stack je prazan, a varijabla c će biti napunjena sa 1 ako je prethodni logički uvjet dao *true*, odnosno sa 0 ako je bio *false*.

Operatori polja:

n array — stvara na stacku polje od n članova koji su svi null objekti
Nakon 2 array
stanje na stacku je: [null null].

[polje] length — daje na stacku broj članova polja
Nakon [54.6 (grafika)] length
stanje na stacku je: 2.

[polje] j get — daje na stacku član na poziciji j (indeksiranje polja počinje sa 0)
Nakon [43 34 0 0 (271CVC)] 0 get
stanje na stacku je: 43.

[polje] j član put — stavlja u polje novi član na poziciju j preko stare vrijednosti
Nakon /A [2 3 5] def A 1 (ab) put
polje A izgleda ovako: [2 (ab) 5].

[polje] j d getinterval — daje na stacku novo polje stvoreno od d članova polja počevši od j pozicije
Nakon [43 34 0 0 (271CVC)] 0 4 getinterval
stanje na stacku je: [43 34 0 0].

[polje1] j [polje2] putinterval — zamjenjuje dio polja1 sa članovima polja2 počevši od j pozicije
Nakon /B [2 0 0 6] def B 1 [10 11] putinterval
polje B izgleda ovako: [2 10 11 6].

[polje] {proc} forall — izvršava se procedura proc za svaki član polja
Nakon 1 [2 6 3 1] {mul} forall
stanje na stacku je: 36.

Operatori stringa:

n string — stvara na stacku string (niz znakova) od n \000 kôdova. To je oktalni zapis za 0.
Nakon 4 string
stanje na stacku je: (\000\000\000\000).

string length daje na stacku broj znakova stringa
Nakon (dizajn) length
stanje na stacku je: 6.

string j get daje na stacku dekadski ASCII kôd znaka
na poziciji j (indeksiranje stringa počinje sa 0)
Nakon (grafika) 2 get
stanje na stacku je: 97. (dek. ASCII kôd "a")

string j kôd put stavlja u string novi znak definiran s
dekadski ASCII kôdom na poziciju j preko
stare vrijednosti
Nakon /A (rupa) def A 1 107 put
string A izgleda ovako: (rkpa). (107 je dek. ASCII kôd "k")

string j d getinterval daje na stacku novi string stvoren od d
znakova početnog stringa od j pozicije
Nakon (Zagreb) 2 3 getinterval
stanje na stacku je: (gre).

string1 j string2 putinterval zamjenjuje dio stringa1 sa
znakovima stringa2 počevši od pozicije j
Nakon /A (abcdef) def A 2 (rkl) putinterval
string A izgleda ovako: (abrklf).

string {proc} forall izvršava se proc za svaki znak stringa
dobivenog kao dekadski ASCII kôd.
Nakon /b 0 def
(grafika) {97 eq {b 1 add /b exch def} if} forall
u varijabli b je: 2.

string stringpogotka search
- ako je string pogotka nađen u stringu,
na stacku će biti stanje:
(postpogodak) (string pogotka) (predpogodak) *true*
- ako string pogotka nije nađen u stringu, na stacku će
biti stanje: (string) *false*

Nakon (grafika) (af) search
stanje na stacku je: (ika) (af) (gr) *true*.
Nakon (grafika) (c) search
stanje na stacku je: (grafika) *false*.

LTEKST
CTEKST
RTEKST

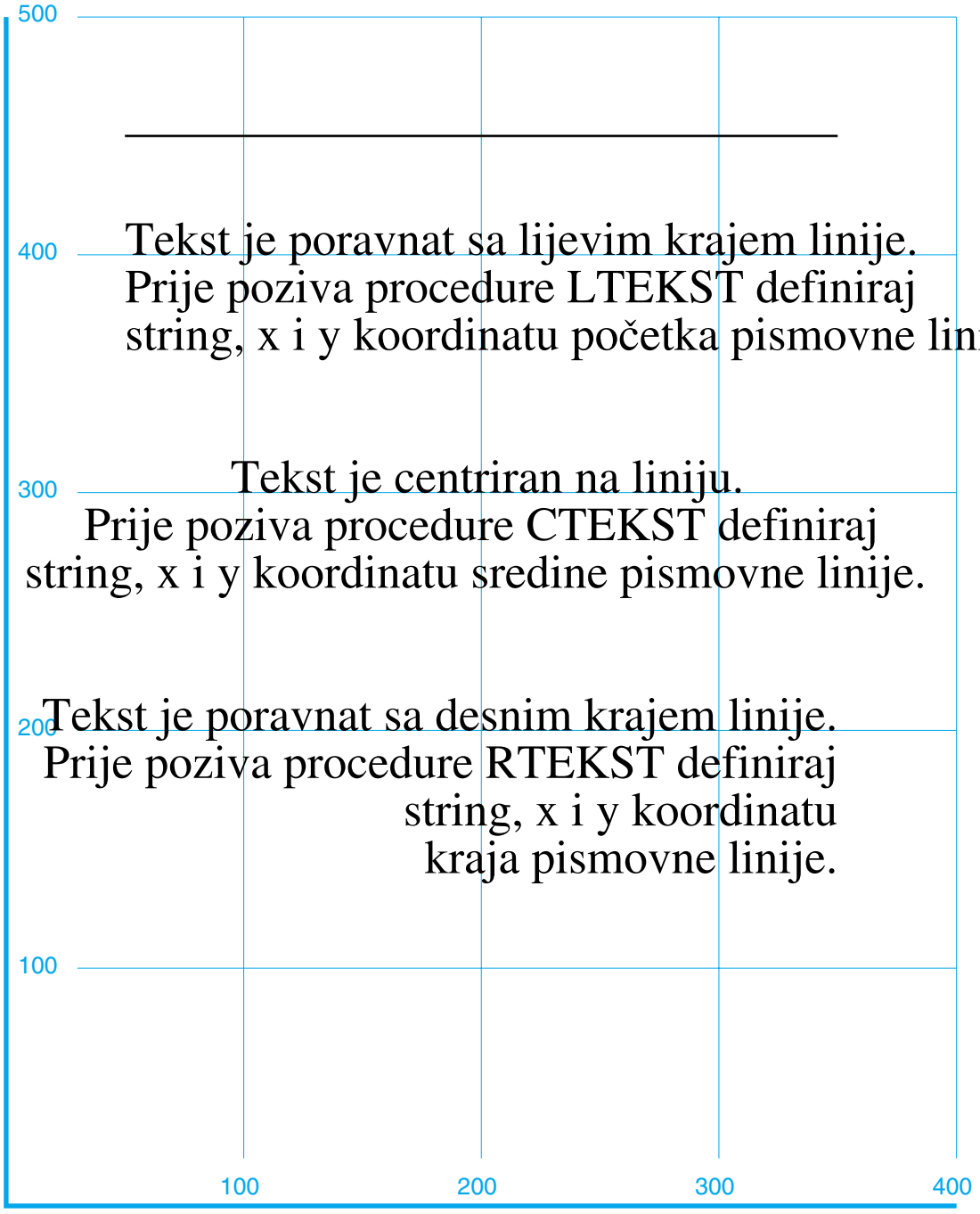
```
string xl yl LTEKST
string xc yc CTEKST
string xr yr RTEKST
```

Ovdje su prikazane procedure kojima se isključuje redak u lujevo, sredinu i desno. Prva procedura `LTEKST` prikazuje tekst poravnat s lijeve strane počevši od zadane pozicije xl, yl. Ona se sastoji samo od `moveto` i `show` naredbe.

Procedura `CTEKST` centrira tekst u odnosu na zadanu koordinatnu točku. Nakon postavljanja na poziciju xc, yc sa `moveto` naredbom vrši se negativni relativni pomak sa `rmoveto` po x koordinati za (širina stringa)/2. `Dup` iza `moveto` je potreban radi dupliciranja stringa na stacku jer ga potroši naredba `stringwidth`, a treba ga završni `show`.

Treći primjer prikazuje proceduru `RTEKST` koja, nakon postavljanja teksta na poziciju xr, yr sa `moveto` vrši negativni relativni pomak teksta sa `rmoveto` po x koordinati za punu širinu stringa.

```
%program POZICIONIRANJE TEKSTA U ODNOSU NA ZADANU PISMOVNU LINIJU
/F {findfont exch scalefont setfont} bind def
/LTEKST
{moveto show} bind def
/CTEKST
{ moveto dup stringwidth pop neg 2 div 0 rmoveto show} bind def
%pop skida y parametar od stringwidth koji je bespotreban
/RTEKST
{moveto dup stringwidth pop  neg  0  rmoveto show} bind def
20 /FSTimesRom F
50 450 moveto 300 0 rlineto stroke %nacrtana pismovna linija
(Tekst je poravnat sa lijevim krajem linije.) 50 400 LTEKST
(Prije poziva procedure LTEKST definiraj) 50 380 LTEKST
(string, x i y koordinatu početka pismovne linije.) 50 360 LTEKST

( Tekst je centriran na liniju.) 200 300  CTEKST
(Prije poziva procedure CTEKST definiraj) 200 280 CTEKST
(string, x i y koordinatu sredine pismovne linije.) 200 260 CTEKST

(Tekst je poravnat sa desnim krajem linije.) 350 200 RTEKST
(Prije poziva procedure RTEKST definiraj) 350 180 RTEKST
(string, x i y koordinatu) 350 160 RTEKST
(kraja pismovne linije.) 350 140 RTEKST
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
Tekst je poravnat sa lijevim krajem linije.
Prije poziva procedure LTEKST definiraj
string, x i y koordinatu početka pismovne linije.
Tekst je centriran na liniju.
Prije poziva procedure CTEKST definiraj
string, x i y koordinatu sredine pismovne linije.
Tekst je poravnat sa desnim krajem linije.
Prije poziva procedure RTEKST definiraj
string, x i y koordinatu
kraja pismovne linije.

JTEKST

`string d xl yl JTEKST`

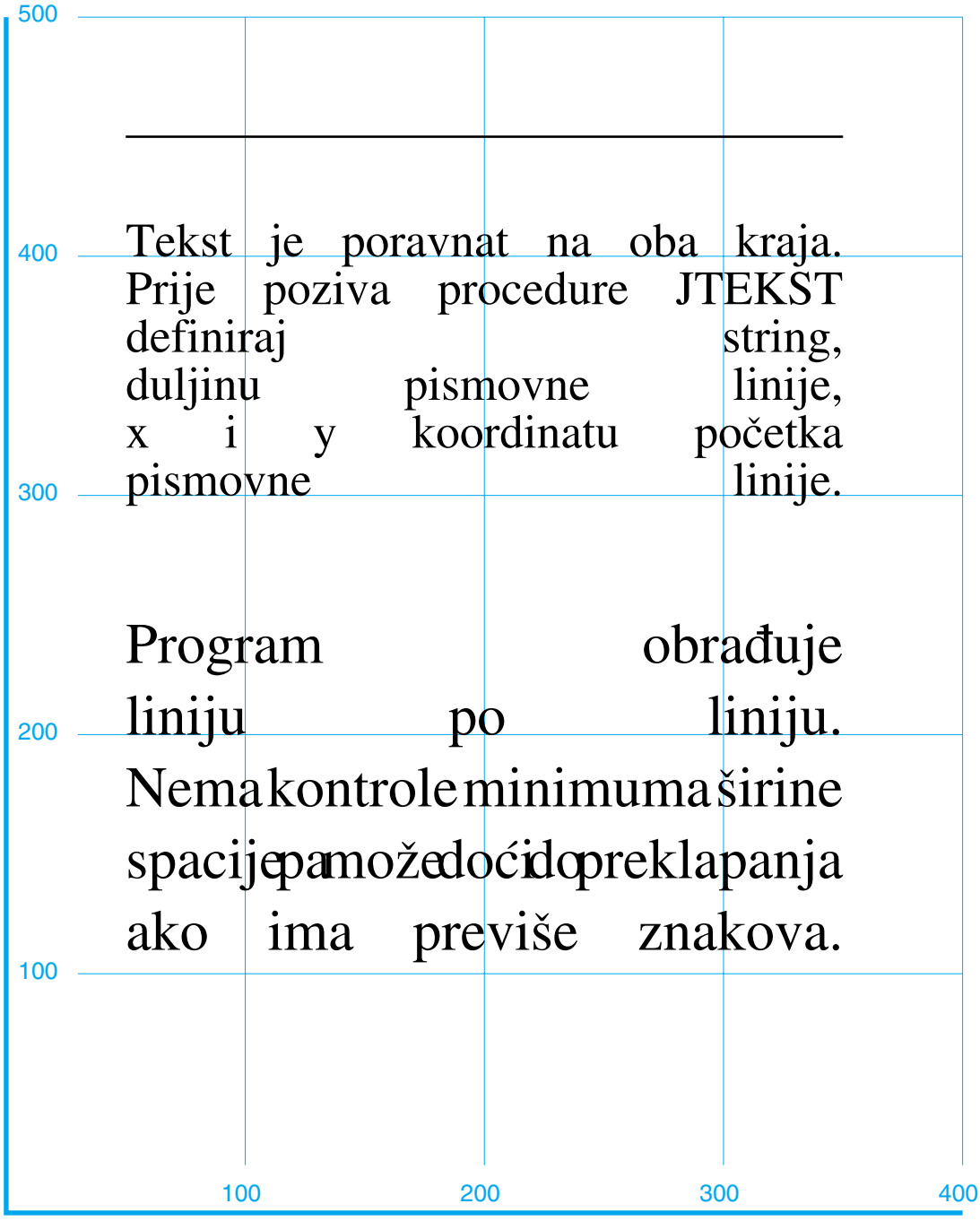
Ovdje je prikazana procedura JTEKST koja isključuje, odnosno poravnava zadani tekst na lijevu i desnu stranu pismovne linije korigirajući širinu razmaka između riječi. Prije upotrebe te procedure potrebno je na stack staviti string, duljinu pismovne linije i koordinate početka pismovne linije. Nakon izvršavanja naredbe `forall` u varijabli `brojspac` nalazi se broj pojavljivanja razmaka između riječi (kôd 32) u tekstu. Potrebnu korekciju širine razmaka između riječi sadrži varijabla dspacija koja se dobila formulom

(duljina pismovne linije - širina stringa)/broj razmaka.

Varijabla dspacija je dx parametar widthshow naredbe sa kojom se izvršava ispis teksta na način da se iza svake pojave razmaka između riječi (kôd 32) vrši relativni pomak tekuće pozicije za dx=dspacija, dy=0.

U glavnom programu poziva se procedura JTEKST za svaki ispis jednog tekstualnog retka. Prelazak u novi redak vrši se apsolutnim definiranjem koordinata početka nove pismovne linije za svako pozivanje JTEKST procedure.

```
/F {findfont exch scalefont setfont} bind def
/JTEKST
    {moveto /duljpislin exch def /tekst exch def
    tekst stringwidth pop /sirstringa exch def
    /brojac 0 def
        tekst
        {32 eq {brojac 1 add /brojac exch def} if
        } forall    %za svaki znak stringa izvršava se proc
    /brojspac brojac def
    duljpislin sirstringa sub brojspac div /dspacija exch def
    dspacija 0 32 tekst widthshow } bind def    %32 je spacija
%%%GLAVNI PROGRAM
20 /FSTimesRom F
50 450 moveto 300 0 rlineto stroke %nacrtana pismovna linija
(Tekst je poravnat na oba kraja.) 300 50 400 JTEKST
(Prije poziva procedure JTEKST) 300 50 380 JTEKST
(definiraj string,) 300 50 360 JTEKST
(duljinu pismovne linije,) 300 50 340 JTEKST
(x i y koordinatu početka) 300 50 320 JTEKST
(pismovne linije.) 300 50 300 JTEKST
24 /FSTimesRom F (Program obrađuje) 300 50 230 JTEKST
(liniju po liniju.) 300 50 200 JTEKST
(Nema kontrole minimuma širine) 300 50 170 JTEKST
(spacije pa može doći do preklapanja) 300 50 140 JTEKST
(ako ima previše znakova.) 300 50 110 JTEKST showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
Tekst je poravnat na oba kraja. Prije poziva procedure JTEKST definiraj string, duljinu pismovne linije, x i y koordinatu početka pismovne linije.
Program obrađuje liniju po liniju. Nema kontrole minimuma širine spacije pa može doći do preklapanja ako ima previše znakova.

SPOJI
INSERT

```
str1 str2 SPOJI
str vektor znak INSERT
```

Stvaranjem biblioteke procedura obogaćujemo i olakšavamo programiranje složenih PostScript programa. Plavom bojom su označene procedure koje ćemo kasnije samo pozvati po imenu podrazumijevajući da smo ih u ovom obliku stavili ispred poziva. Da bi se takva procedura mogla pravilno upotrijebiti kao gotova naredba treba korisniku dati definiciju argumenata na stacku (ako je potrebno) prije upotrebe procedure i rezultata na stacku (ako ga daje) nakon upotrebe procedure.

Ovdje demonstriramo procedure SPOJI i INSERT. Procedura SPOJI nam služi za spajanje dva stringa u novi string. Prije poziva procedure SPOJI moraju biti dva stringa na stacku. Njihov poredak na stacku je bitan jer spajanje stringova nije komutativna operacija. Nakon izvršenja procedure na vrhu stacka nalazi se spojeni string, a početni stringovi su nestali sa stacka. Svaki put kada želimo da procedure, koje stvaramo, skidaju početne argumente na stacku, rješenje je sa preuzimanjem argumenata u lokalne varijable procedure kao na primjer u proceduri SPOJI sa naredbama `/S2 exch def /S1 exch def`.

Algoritam za spajanje stringova počinje prebrojavanjem znakova jednog i drugog stringa sa naredbom `length` da bi se mogao stvoriti inicijalni prazni string `wspoj` koji ima broj znakova jednak zbroju znakova ulaznih stringova. Njega punimo sa naredbom `putinterval`. Prvo se puni od pozicije 0 sa znakovima iz prvog stringa, a zatim sa znakovima iz drugog stringa od slijedeće pozicije definirane duljinom prvog stringa varijablom `L1`. Na kraju procedure stavljamo rezultat procedure na stack koji se nalazi u varijabli `wspoj`. U glavnom programu prikazan je primjer slaganje rečenice od stringova riječi uključujući i razmak između riječi koji se može stavljati u string na kraj riječi ili prije početka riječi.

Procedura INSERT ima zadatak da ubacuje definirani znak ili string u zadani string na pozicije definirane vektorom (poljem). Na primjer, ako je u vektoru broj dva, a znak je crtica, tada se crtica insertira (ubacuje) iza drugog znaka u stringu. Prije poziva procedure INSERT na stacku mora biti string, vektor i znak ili string. Nakon izvršavanja procedure na stacku će se nalaziti string sa ubačenim znakom. Nakon uzimanja pozicije ubacivanja iz vektora (varijabla `poz`) spaja se prethodno formirani string (procedura SPOJI) sa dijelom riječi definirane početkom u varijabli `poc` i duljinom u varijabli `interval`. Nakon toga se znak za ubacivanje spaja na prethodno formirani string. Rezultat se sprema u varijablu `wcrt`, korigira se novi početak (`poc`) i kreće se u novi krug petlje. Crvenom bojom prikazan je ispis stacka procedure `/s` nakon izvršavanja glavnog programa.

```
/s {mark pstack pop} def
/SPOJI
{/S2 exch def /S1 exch def
/L1 S1 length def /L2 S2 length def
/Lw L1 L2 add def
/wspoj Lw string def
wspoj 0 S1 putinterval
L2 0 ne
{wspoj L1 S2 putinterval }
if
wspoj
} bind def
%
/INSERT %ispis stringa sa znakom po vektoru
{/znak exch def /vektor exch def /rijec exch def
/VL vektor length def
/poz 0 def
/poc 0 def  %index zadnje crtice
/wcrt () def /interval {poz poc sub} def
0 1 VL 1 sub
    {/i exch def
     vektor i get /poz exch def
    wcrt rijec poc interval getinterval SPOJI znak SPOJI
/wcrt exch def
    /poc poz def
    }bind for
wcrt rijec poc rijec length poc sub getinterval SPOJI
}bind def
%
%GLAVNI PROGRAM
(Danas ) (je ) SPOJI (lijepi ) SPOJI (dan.) SPOJI
(Laringitis) [2 5 7] (-) INSERT
(Rascjepkano) [1 2 3 4 5 6 7 8 9 10] (.) INSERT
(NASLOV) [0 6] (***) INSERT s


-mark-
(***NASLOV***)
(R.a.s.c.j.e.p.k.a.n.o)
(La-rin-gi-tis)
(Danas je lijepi dan.)
```

CISCVEKTOR

Sa procedurom CISCVEKTOR mogu se izbaciti svi jednaki elementi iz zadanog vektora. Sadržaj vektora može biti raznovrstan, od brojaka do stringova i miješano. Prije poziva procedure na stacku mora biti ulazni vektor koji se želi pročistiti, a iza izvršenja procedure na stacku ostane pročišćeni vektor.

`vektor CISCVEKTOR`

Za vektore čija je duljina veća ili jednaka od 3 primjenjen je algoritam koji koristi pomoćni vektor `pomocv`. Koriste se dvije petlje. Jedna se vrti od 0 do predzadnjeg člana vektora (i-petlja), a druga od i+1 do zadnjeg člana vektora (j-petlja). Znak koji se pretražuje definiran je i-petljom, a sa j-petljom dohvaćamo znakove od i-tog do kraja stringa. Usporedba i-tog i j-tog člana radi se sa naredbom `vektor i get vektor j get eq`. Kada se dogodi pogodak, varijabla `sud` puni se sa `true` i izlazi se iz j-petlje s naredbom `exit`. Pročišćeni vektor se slaže u vektoru `pomocv`. U njega se slažu i-ti članovi početnog vektora koji nemaju više svog duplikata do kraja tog vektora. To je samo onda kada je varijabla `sud false` odnosno kada se izašlo iz j-petlje bez pogotka. Iza i-petlje potrebno je još staviti zadnji znak u varijablu `pomocv`. Varijabla `vektor`, koja se na kraju stavlja na stack kao rezultat procedure, puni se sa onim sadržajem dijela vektora `pomocv` koji se tokom programa napunio. To se radi naredbom `pomocv 0 inter getinterval /vektor exch def`.

Vektori, koji imaju dva člana, pročišćavaju se jednom usporedbom. Vektori sa jednim članom, odnosno bez članova (nul vektor) prolaze kroz cijelu proceduru netaknuti i opet se na kraju pojavljuju na vrhu stacka.

Crvenom bojom prikazan je ispis stacka nakon izvršenja glavnog programa koji koristi proceduru CISCVEKTOR u različitim situacijama.

```
/s {mark pstack pop} def
/CISCVEKTOR %stack: vektor;izlaz:vektor
{/vektor exch def
/pomocv 50 array def
/VL vektor length def
/poz 0 def
VL 3 ge
    {0 1 VL 2 sub                %brojac for petlje
        {/i exch def
        /sud false def
            i 1 add  1 VL 1 sub %brojac for petlje
                {/j exch def
                vektor i get vektor j get eq
                    {/sud true def exit} if
                }bind for
        sud false eq
        {pomocv poz vektor i get put /poz poz 1 add def}
        if
        }bind for
    pomocv poz vektor VL 1 sub get put
    /inter poz 1 add def
    pomocv 0 inter getinterval /vektor exch def
    }
    {VL 2 eq
        {vektor 0 get vektor 1 get eq
            {vektor 0 1 getinterval /vektor exch def}
            if
        }if
    }
    ifelse
vektor
}bind def
%GLAVNI PROGRAM
[1 1 2 2 5 5 5 5 7 7 7 7 7 7 7 4 3 3 3 3 3] CISCVEKTOR
[(abc) (abc) 1 3 5 1 (cc)] CISCVEKTOR
[4 4] CISCVEKTOR
s


-mark-
[4]
[(abc) 3 5 1 (cc)]
[1 2 5 7 4 3]
```

JEVOKAL

znak JEVOKAL

Ovdje demonstriramo proceduru JEVOKAL koja prepoznaje vokale u tekstu. Prije procedure JEVOKAL mora na stacku biti znak (string od jednog elementa) kojeg ona testira da li je iz skupa samoglasnika (vokala) i na stacku ostavlja rezultat u obliku suda (*true* ili *false*).

Nakon (a) JEVOKAL stanje na stacku je: *true*.

U proceduri JEVOKAL definirano je polje samoglasnika čiji se članovi dohvaćaju preko indeksa for petlje. Ako operator eq dade na stacku *true* (postignut pogodak) tada se varijabla sud puni sa *true* i sa exit naredbom izlazi iz for petlje.

U nastavku je prikazan primjer glavnog programa koji ispisuje samoglasnike, njihove pozicije unutar zadanog stringa i njihov ukupni broj. Koristeći proceduru JEVOKAL testira se svaki znak koji je dohvaćen forall operatorom. Crvenom bojom su označene naredbe potrebne za pretvaranje dekadskog ASCII koda u pripadni znak jer procedura JEVOKAL koristi znakove, a ne kodove.

Svaki put kada procedura JEVOKAL dade *true* na stacku if naredba pokreće proceduru u kojoj se ispisuje pozicija samoglasnika i nađeni samoglasnik sa procedurom za ispis stanja stacka /s. Varijabla "brojac" poveča se također za jedan.

Na kraju programa se iznos varijable "brojac" postavlja na stack i ispisuje sa procedurom /s. String (Tipografsko oblikovanje) spremljen u string varijabli filetxt ima 9 samoglasnika što se vidi na zadnjem ispisu stanja stacka.

Na sličan način se može odrediti procedura za bili koji set znakova. Potrebno je samo promjeniti polje znakova koje tražimo. Na primjer umjesto polja

```
/V [(a) (e) (i) (o) (u) (A) (E) (I) (O) (U)]def
```

stavimo

```
/V [(B) (D) (W) (k) (s)]def.
```

```
/s {mark pstack pop} def
/JEVOKAL    %stack:znak; izlaz na stack: sud
{/V [(a) (e) (i) (o) (u) (A) (E) (I) (O) (U)] def
/brojzn V length 1 sub def
/test exch def /sud false def
0 1 brojzn  {/k exch def
             test V k get eq
             {/sud true def exit}
             if
             }bind for
sud          %postavljanje rezultata na stack
}bind def
/filetxt (Tipografsko oblikovanje) def
%GLAVNI PROGRAM
/pozicija 0 def /brojac 0 def
/str 1 string def
filetxt
{/kod exch def /pozicija pozicija 1 add def str 0 kod put
str JEVOKAL
{pozicija str s pop pop /brojac brojac 1 add def}if}forall
brojac s
-mark-
(i)
2
-mark-
(o)
4
-mark-
(a)
7
-mark-
(o)
11          18
-mark-      -mark-
(o)         (a)
13          20
-mark-      -mark-
(i)         (e)
16          23
-mark-      -mark-
(o)         9
```

file
readstring
writestring
closefile

```
imedat (r) file
imedat (w) file
imedat string readstring
imedat string writestring
imedat closefile
```

Tekst može ući u PostScript program preko ulazne tekstualne datoteke (file) koja se prethodno napunila sa nekim tekst editorom, pisanjem rukom, programskim zapisivanjem ili generiranjem podataka.

Sa naredbom `imedat (r) file` definira se ulazna datoteka koja se želi čitati (opcija `r`-read). Znakovi se čitaju iz ulazne datoteke sa naredbom `imedat string readstring`. Znakovi koji se čitaju pune `string` koji prethodno mora biti dimenzioniran i postavljen na vrh stacka. Čitanje se odvija sve do oznake kraja datoteke (EOF-End Of File) ili dok se ne napuni `string`. Nakon izvršenja naredbe `readstring` na stacku se mogu pojaviti dvije situacije. Ukoliko je `string` bio dovoljno dimenzioniran da preuzme sve znakove iz datoteke, na vrhu stacka će biti cijeli tekst iz datoteke i riječ *true* koja to pokazuje. Ukoliko je `string` bio popunjen prije oznake EOF, na vrhu stacka će biti dio teksta iz datoteke koji je uspio stati u `string` i riječ *false* koja to pokazuje.

Naredba `imedat (w) file` definira izlaznu datoteku u koju će se zapisivati tekst (opcija `w`-write). Zapisivanje u izlaznu datoteku se radi naredbom `writestring` kojoj se prethodno na stacku mora staviti ime izlazne datoteke i niz znakova koji se žele zapisati u nju. Prilikom ispisa nekog stringa mogu se koristiti kontrolni znakovi za vrstu isključivanja kao `\n\r`, a koji su ujedno i komande za prelazak u novi redak (LF i CR).

Nakon upotrebe ulazne i izlazne datoteke, datoteke se moraju zatvoriti sa naredbom `closefile`. Na taj način se prekinula veza između programa i datoteka koja je cijelo vrijeme bila prisutna tokom programa.

U našem primjeru tekst `Pretraživanje teksta` nalazi se izvan programa u datoteci s imenom ULAZ, a željeni rezultat programa ispisuje se u datoteku IZLAZ.txt. Ovaj program je samo primjer. Zadatak je ispitati da li je četvrti znak iz ulaznog teksta konzonant iz skupa K2 i da li je sedmi znak iz skupa konzonanta K1 čiji su članovi definirani u programu. Procedure JEK1 i JEK2 rade po principu procedure JEVOKAL. Rezultat ispitivanja četvrtog i sedmog člana se ispisuje u obliku rečenica u izlaznu datoteku koju možemo otvoriti i pročitati sa nekim editorom teksta. Na kraju je ispisan sadržaj izlazne datoteke crvenom bojom.

Sadržaj ulazne datoteke ULAZ na disku:

```
Pretraživanje teksta

/CETVRTI {3 1 getinterval} bind def
/SEDMI {6 1 getinterval} bind def
/JEK1   {/K1 [(s) (š) (z) (ž) (S) (Š) (Z) (Ž)] def
        /brojzn K1 length 1 sub def
        /test exch def /sud false def
        0 1 brojzn  {/m exch def
                    test K1 m get eq
                    {/sud true def exit}
                    if
                    }bind for
        sud
        }bind def
/JEK2   {/K2 [(j) (l) (r) (v) (J) (L) (R) (V)] def
        /brojzn K2 length 1 sub def
        /test exch def /sud false def
        0 1 brojzn  {/n exch def
                    test K2 n get eq
                    {/sud true def exit}
                    if
                    }bind for
        sud
        }bind def
%GLAVNI PROGRAM
/spremnik 1000 string def
(ULAZ) (r) file /ULAZ exch def
(IZLAZ.txt) (w) file /IZLAZ exch def
ULAZ spremnik readstring pop /filetxt exch def
filetxt CETVRTI JEK2
{IZLAZ (4. znak je iz skupa K2 konzonanta\n\r) writestring}
{IZLAZ (4. znak nije iz skupa K2 konzonanta\n\r)  writestring}
ifelse
filetxt SEDMI JEK1
{IZLAZ (7. znak je iz skupa K1 konzonanta)  writestring}
{IZLAZ (7. znak nije iz skupa K1 konzonanta)  writestring}
ifelse IZLAZ closefile ULAZ closefile
```

Sadržaj datoteke IZLAZ.txt na disku:

```
4. znak nije iz skupa K1 konzonanta
7. znak je iz skupa K2 konzonanta
```

IZBACICLAN DVOSTRUKI

```
vektor indeks IZBACICLAN
string vektor DVOSTRUKI
```

Često je potrebno izbaciti neki član vektora po zadanom indeksu odnosno poziciji na kojoj se član nalazi unutar vektora. Prvi član vektora je na poziciji 0. Tu je pokazana procedura IZBACICLAN kojoj su argumenti na stacku ulazni vektor i indeks, a njen rezultat na stacku je reducirani vektor za izbačeni član po zadanom indeksu.

Algoritam procedure IZBACICLAN rješava četiri moguća slučaja: ulazni vektor ima jedan član, indeks izbacivanja pokazuje početnu poziciju, indeks izbacivanja pokazuje zadnju poziciju i indeks izbacivanja pokazuje na unutrašnju poziciju. Samo u slučaju izbacivanja unutrašnjeg člana vektora mora se upotrijebiti preslagivanje pomoću pomoćnog vektora PV sa naredbom `putinterval`, u koji se slaže finalni vektor, i preko pomoćnih vektora V1 i V2 koji preuzimaju dijelove od početne pozicije do pozicije izbacivanja odnosno od pozicije izbacivanja do kraja vektora. Ostali slučajevi pune direktno izlaznu varijablu `vektor` koristeći naredbu `getinterval`.

Procedura DVOSTRUKI koristi kao argumente na stacku jednu riječ (string) i zadani vektor pozicija znakova te riječi. Izlaz iz procedure je vektor reduciran za one članove čija vrijednost pokazuje na pozicije znakova unutar riječi koja odgovaraju drugim slovima glasova lj, nj i dž pisanih u kombinacijama: lj, nj, dž, LJ, NJ, DŽ, Lj, Nj i Dž. To ćemo kasnije koristiti u proceduri CRODIJELI. Ti se glasovi nalaze unutar procedure u polju `poljeznakova`.

Sa i-petljom dohvaćaju se članovi vektora koji pokazuju pozicije znakova unutar riječi (varijabla `poz`), a sa k-petljom se dohvaćaju članovi polja `poljeznakova`. Prvi cilj je dohvat dva susjedna znaka iz riječi na pozicijama `poz-1` i `poz` u varijablu `dznak`. Kada se u k-petlji dogodio pogodak sa naredbom `dznak poljeznakova k get eq` izbacuje se i-ti član vektora umanjen za korekciju `korek` koji je doveo do pogotka. Varijabla `korek` korigira indeks vektora `i` za broj izbacivanja koji su se dogodili do tog trenutka. To je potrebno jer se sa svakim izbacivanjem početni vektor smanjio za jedan član kao i njegova indeksacija od indeksa izbacivanja do kraja vektora.

Crvenom bojom je prikazan ispis stacka nakon izvršavanja glavnog programa koji koristi procedure IZBACICLAN i DVOSTRUKI. U primjeru sa procedurom DVOSTRUKI izbačeni su članovi vektora sa vrijednostima 3, 7, i 12. Te vrijednosti pokazuju na istaknute pozicije u riječi `(Zaljubljivanje)`.

```
/IZBACICLAN
{/indeks exch def /vektor exch def
/PV 50 array def /VL vektor length def
VL 1 eq
    {/vektor [] def}
    {indeks 0 eq
        {vektor 1 VL 1 sub getinterval /vektor exch def}
        {indeks VL 1 sub eq
            {vektor 0 VL 1 sub getinterval /vektor exch def}
            {vektor 0 indeks getinterval /V1 exch def
            vektor indeks 1 add VL indeks 1 add sub getinterval
            /V2 exch def
            PV 0 V1 putinterval PV V1 length V2 putinterval
            PV 0 VL 1 sub getinterval /vektor exch def
            }ifelse
        }ifelse
    }ifelse
vektor}bind def
%
/DVOSTRUKI  %stack:rijec, vektor; iza na stacku:vektor
{/vektor1 exch def /rijec1 exch def
/VL vektor1 length def
/poljeznakova [(lj) (nj) (dž) (LJ) (NJ) (DŽ) (Lj) (Nj) (Dž)] def
/PL poljeznakova length def
/korek 0 def
0 1 VL 1 sub
    {/i exch def  /poz vektor1 i korek sub get def
    /dznak rijec1 poz 1 sub 2 getinterval def
    0 1 PL 1 sub{/k exch def
                dznak poljeznakova k get eq
                {/vektor1 vektor1 i korek sub IZBACICLAN def
                /korek korek 1 add def exit}
                if
                }bind for
    }bind for
vektor1}bind def
%GLAVNI PROGRAM
[(a) 4 (cc) 10 1] 0 IZBACICLAN
[2 (ww) 1 0.6 3] 3 IZBACICLAN
(Zaljubljivanje) [2 3 6 7 9 11 12] DVOSTRUKI
-mark-
[2 6 9 11]
[2 (ww) 1 3]
[4 (cc) 10 1]
```

Dijeljenje riječi

CROVEKTOR
CRODIJELI
PRVIZADNJI

Algoritam za dijeljenje riječi po pravilima hrvatskog pravopisa objavljen je u knjizi "Stolno izdavaštvo-DeskTop Publishing", V. Žiljak, 1989. na strani 132 i 133. Tamo je prikazan dijagram toka kao i pripadni Basic program osnovnog dijeljenja. Ovdje je taj algoritam usavršen i isprogramiran kao PostScript procedura koju kasnije mogu pozivati programi za automatsko dijeljenje riječi na kraju retka.

```
string CROVEKTOR
string CRODIJELI
string vektor PRVIZADNJI
```

Procedura CRODIJELI daje na stacku riječ koja u sebi ima znak crtice na mjestima dozvoljenog dijeljenja riječi po hrvatskom pravopisu. Argument procedure je riječ postavljena na vrh stacka. Takva riječ će se kasnije koristiti za automatsko dijeljenje riječi na kraju retka u proceduri LPRELOM.

Procedura se izvršava tako da se prvo poziva procedura CROVEKTOR koja na bazi ulazne riječi daje `vektor` s pozicijama dozvoljenog dijeljenja osnovnog algoritma. Sa procedurom CISCVEKTOR vrši se pročišćavanje duplih pozicija za dijeljenje što ne riješava osnovni algoritam. Početna ulazna riječ i pročišćeni vektor su argumenti procedure DVOSTRUKI koja riješava izbacivanje pozicija dozvoljenog dijeljenja ukoliko su se pojavile između lj, nj i dž što su iznimke osnovnog algoritma. Sa procedurom PRVIZADNJI izbacuju se iz vektora članovi koji pokazuju na moguće dijeljenje iza prvog znaka u riječi i ispred zadnjeg znaka u riječi. Nakon toga se može pristupiti insertiranju znaka crtice na pozicije unutar riječi po finalnom vektoru sa procedurom INSERT.

Procedura CROVEKTOR analizira znakovne trojke unutar riječi od početka do kraja riječi. Svaka trojka se dohvaća i-petljom, a sprema se u varijablu `trojka`. Svaki znak u trojci testira se sa već prikazanim procedurama JEVOKAL, JEK1, JEK2. Ovisno o testovima po algoritmu, izvršavaju se procedure RASTAV1 i RASTAV2 ili se rastavljanje preskače. Procedura RASTAV1 stavlja u `vektor` broj pozicije unutar riječi po pravilu Z_1-Z_2Z_3, a procedura RASTAV2 po pravilu Z_1Z_2-Z_3 gdje su Z_1, Z_2 i Z_3 znakovi tekuće trojke koja se analizira.

Crvenom bojom je ispisan stack kao rezultat glavnog programa. Naredba `pop` iza poziva procedure `/s` skida ispisanu riječ sa stacka da se ne bi ponovno pojavila u slijedećem ispisu stanja stacka.

```
/CROVEKTOR stack: rijec ; izlaz na stacku: vektor
{/wfin exch def
/RASTAV1 {vektor j i 1 add put /j j 1 add def} bind def
/RASTAV2 {vektor j i 2 add put /j j 1 add def} bind def
/PRVI  {trojka 0 1 getinterval} bind def
/DRUGI {trojka 1 1 getinterval} bind def
/TRECI  {trojka 2 1 getinterval} bind def
/vektor 50 array def /LR wfin length def
/j 0 def    %inicijalizacija indeksa polja
LR 3 ge
{   0 1 LR 3 sub        %brojac for petlje
    {/i exch def wfin i 3 getinterval /trojka exch def
    DRUGI JEVOKAL
        {TRECI JEVOKAL {RASTAV2} if }
        {TRECI JEVOKAL
            {PRVI JEVOKAL {RASTAV1} if}
            {DRUGI JEK1
                {RASTAV1}
                {TRECI JEK2
                    {DRUGI JEK2
                        {DRUGI (l) eq TRECI (j) eq and
                            {RASTAV1}
                            {RASTAV2} ifelse}
                        {RASTAV1}
                        ifelse}
                    {RASTAV2}
                    ifelse}
                ifelse}
            ifelse}
        ifelse
    }for
}
if
vektor 0 j getinterval /vektor exch def
vektor
}bind def
```

```
/PRVIZADNJI %stack:riječ vektor; iza na stacku:vektor
{/vektor2 exch def /rijec exch def
/VL2 vektor2 length def
VL2 0 ne
{/DR rijec length def
/prvi vektor2 0 get def /zadnji vektor2 VL2 1 sub get def
prvi 1 eq
    {/vektor3 vektor2 0 IZBACICLAN def
    zadnji DR 2 sub eq
        {/vektor3 vektor3 vektor3 length 1 sub IZBACICLAN def}
        if}
    {zadnji DR 2 sub eq
        {/vektor3 vektor2 VL2 1 sub IZBACICLAN def}
        {/vektor3 vektor2 def}
        ifelse}
ifelse
vektor3
} {vektor2} ifelse
}bind def
%
/CRODIJELI
{/rijec exch def
rijec CROVEKTOR CISCVEKTOR
rijec exch DVOSTRUKI rijec exch PRVIZADNJI
rijec exch (-) INSERT}bind def
%
/s {mark pstack pop} def
%GLAVNI PROGRAM
(Pojednostavljenje) CRODIJELI s pop
(naglašavanje) CRODIJELI s pop
(prostorno) CRODIJELI s pop (uređivanje) CRODIJELI s pop
(troškovnik) CRODIJELI s pop (korektura) CRODIJELI s
-mark-
(Po-jed-no-stav-lje-nje)
-mark-
(na-gla-ša-va-nje)
-mark-
(pro-stor-no)
-mark-
(ure-đi-va-nje)
-mark-
(tro-škov-nik)
-mark-
(ko-rek-tu-ra)
```

Prijelom teksta

Na slijedeće dvije stranice prikazan je program koji prelama tekst u fontu FSHelvetica sa veličinom od 16 točaka na zadanu širinu stupca i zadanim vertikalnim pomakom (proredom). Prije poziva procedure LPRELOM mora se u glavnom programu definirati početak prve pismovne linije sa `moveto` naredbom i postaviti tekst (string) na vrh stacka.

Na početku programa nalaze se svi parametri prijeloma: zadani font, širina stupca `M`, vertikalni pomak `L`, širina crtice `dc` za prijelom na kraju retka u zadanom fontu, širina razmaka između riječi `ds` u zadanom fontu i širina stupca (retka) umanjena za širinu crtice `MC`. Varijabla `dM` sadrži tekuću poziciju u pismovnoj liniji. Varijabla `dw` tokom programa sadrži cijelu riječ ili slog riječi.

Procedura LPRELOM preuzima poziciju početka prve pismovne linije i šalje riječ po riječ u proceduru PRELOM. U proceduri LPRELOM riješavaju se dva moguća slučaja:

1. Nađen razmak između riječi (nije zadnja riječ) -> šalji riječ u proceduru PRELOM
2. Nije nađen razmak između riječi (zadnja riječ)

   -> šalji riječ u proceduru PRELOM i završi proceduru sa `exit` (gotov prijelom)

Procedura PRELOM rješava ove situacije:

1. Riječ stane u redak -> ispiši riječ i razmak, korigiraj dM=dM+dw+ds
2. Riječ ne stane u redak -> šalji riječ u CRODIJELI za ubacivanje (-) i odi u PRELOMRIJECI

Ulaz u proceduru PRELOMRIJECI je riječ koja nije stala u tekući redak. Ta riječ ima u sebi ugrađene crtice od procedure CRODIJELI. Procedura CRODIJELI riješava ove moguće situacije:

1. Riječ nema crtice -> prelazi u novi redak, ispiši riječ i razmak, korigiraj dM=dw+ds
2. Riječ ima crticu

   2.1 Nije zadnji slog i stane u `MC`=redak-širina crtice -> ispiši slog i korigiraj dM=dM+dw

   2.2 Prvi slog i ne stane u `MC` -> prelazi u novi redak, ispiši slog i korigiraj dM=dw

   2.3 Nije zadnji slog niti prvi slog i ne stane u MC

   -> ispiši (-), prelazi u novi redak, ispiši slog, korigiraj dM=dw

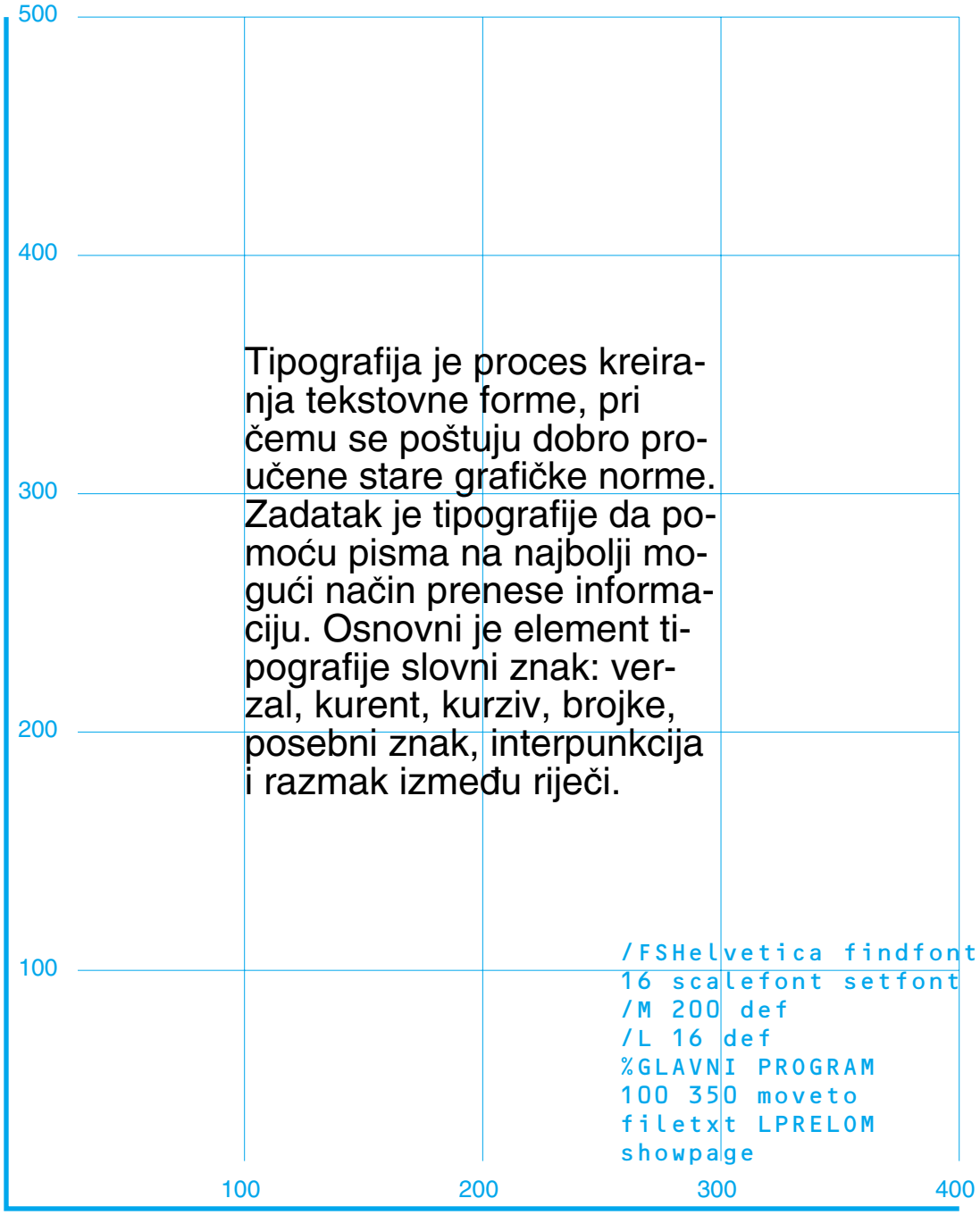
   2.4 Zadnji slog i ne stane u puni redak

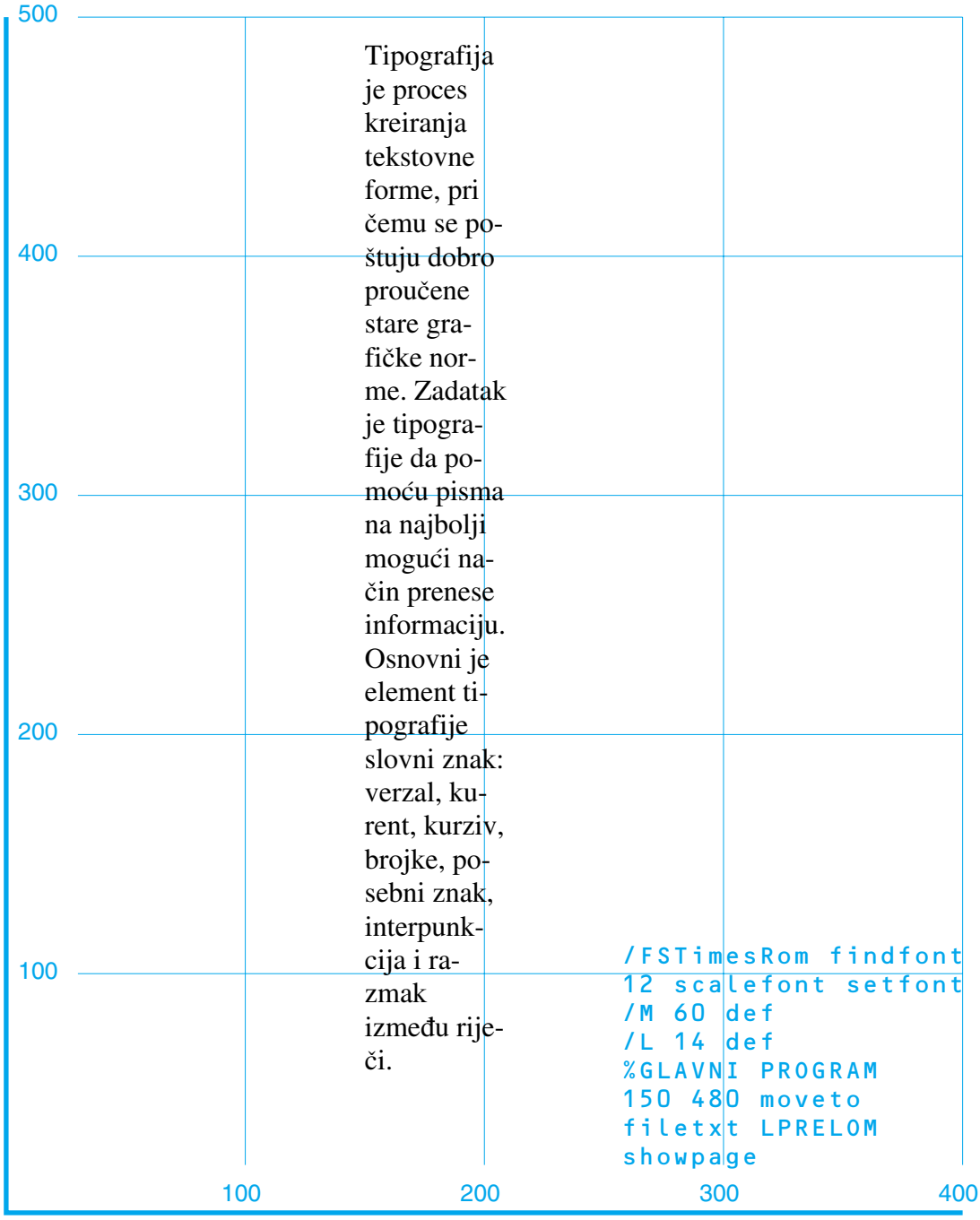
   -> ispiši (-), prelazi u novi redak, ispiši slog, razmak između riječi, korigiraj dM=dw+ds

Na stranicama iza programa prikazani su ispisi za dva različita prijeloma. Parametri prijeloma kao i pripadni glavni programi ispisani su plavom bojom unutar mreže. Ulazni tekst se nalazi pri kraju programa kao string varijabla `filetxt`. U string varijabli je dozvoljena upotreba specijalnog znaka (\) koji omogućuje pisanje stringa u više redova. Inače bi kôd za prijelaz u novi redak bio dio stringa.

```
/FSHelvetica findfont 16 scalefont setfont
/dM 0 def       %tekuca pozicija u liniji
/M 200 def      %sirine stupca (linije, teksta)
/L 16 def               %prored
/ds ( ) stringwidth pop def
/dc (-) stringwidth pop def
/MC M dc sub def
%
/PRELOMRIJECI
{/restw exch def
restw (-) search
    {pop pop pop /PRVISLOG 1 def
        {restw (-) search
            { /w exch def pop
            /restw exch def
            /dw w stringwidth pop def
            dM dw add MC le
                {w show /dM dM dw add def /PRVISLOG 0 def}
                {PRVISLOG 1 eq
                    {/PRVISLOG 0 def /Y Y L sub def X Y moveto
                    w  show  /dM dw def}
                    { (-) show
                    /Y Y L sub def X Y moveto
                    w show /dM dw def}
                    ifelse}
                ifelse}
            {/w exch def
            /dw w stringwidth pop def
            dM dw add M le
                {w show ( ) show
                /dM dM dw add ds add def}
                {(-) show
                /Y Y L sub def X Y moveto
                w show ( ) show
                /dM dw ds add def}
                ifelse exit}
            ifelse
        }loop}
    {pop /Y Y L sub def X Y moveto
    w show ( ) show /dM dw ds add def}
    ifelse
}bind def
```

```
/PRELOM
{/w exch def
/dw w stringwidth pop def
dM dw add M le
    {w show ( ) show /dM dM dw add ds add def}
        {w CRODIJELI  PRELOMRIJECI }
        ifelse
}bind def
%
/LPRELOM
{currentpoint   /Y exch def /X exch def
/txt exch def
/resttxt txt def
    {resttxt ( ) search
        {/w exch def pop /resttxt exch def w PRELOM }
        {/w exch def w PRELOM exit}
        ifelse
    }loop
}bind def
%
/filetxt
(Tipografija je proces kreiranja tekstovne forme, pri čemu \
se poštuju dobro proučene stare grafičke norme. Zadatak je \
tipografije da pomoću pisma na najbolji mogući način prenese \
informaciju. Osnovni je element tipografije slovni znak: \
verzal, kurent, kurziv, brojke, posebni znak, interpunkcija \
i razmak između riječi.) def
%
%
%GLAVNI PROGRAM
100 350 moveto
filetxt LPRELOM
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
Tipografija je proces kreiranja tekstovne forme, pri čemu se poštuju dobro proučene stare grafičke norme. Zadatak je tipografije da pomoću pisma na najbolji mogući način prenese informaciju. Osnovni je element tipografije slovni znak: verzal, kurent, kurziv, brojke, posebni znak, interpunkcija i razmak između riječi.
/FSHelvetica findfont
16 scalefont setfont
/M 200 def
/L 16 def
%GLAVNI PROGRAM
100 350 moveto
filetxt LPRELOM
showpage


500
400
300
200
100
100
200
300
400
Tipografija je proces kreiranja tekstovne forme, pri čemu se poštuju dobro proučene stare grafičke norme. Zadatak je tipografije da pomoću pisma na najbolji mogući način prenese informaciju. Osnovni je element tipografije slovni znak: verzal, kurent, kurziv, brojke, posebni znak, interpunkcija i razmak između riječi.
/FSTimesRom findfont
12 scalefont setfont
/M 60 def
/L 14 def
%GLAVNI PROGRAM
150 480 moveto
filetxt LPRELOM
showpage

PostScript

III poglavlje

Programiranje piksel grafike

Piksel grafika

U ovom poglavlju prikazujemo sliku sastavljenu od sivih kvadratića nazvanih piksel (picture element). Za svaki pojedinačni piksel karakteristično je da na cijeloj svojoj površini ima jednoličnu sivoću. Vrijednost sivoće piksla data je jednim brojem u jednom bajtu a to znači da je raspon od bijelog do crnog razdjeljen nekontinuirano na 265 stepenica sivog tona. U digitalnoj reprofotografiji korist se termin "siva skala" kako bi se razlikova od kontinuiranog tonskog prelaza sivoće kakvu imamo u tradicionalnoj fotografskoj tehnici. Ljudsko oko razlikuje oko 50 nijansi sive skale pa razdiobu od 256 doživljavamo kao kontinuirani ton.

Slika se određuje nizom brojaka koje pravilno grade ukupnu površinu slike od gornjeg lijevog ugla, horizontalno desno tvoreći retke od vrha slike do dna, završavajući s donjim desnim uglom kao zadnjim pikslom. Prikaz slike na ekranu ili pisaču traži podatke o broju piksla u retku, broju stupaca, veličini otisnutog piksla i položaju slike na stranici.

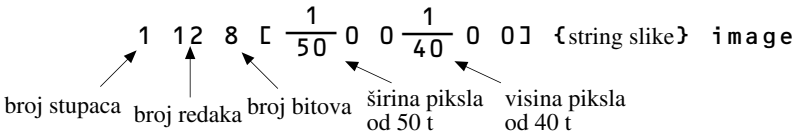
Interpretacija slike tiskom, metodom piksla i raster, uzima u obzir nekoliko faktora: reprodukcija detalja na slici, zauzetost memorije računala, brzina procesora računala, ograničenja tiskarskog procesa digitalnog i analognog. Slika, česće nazivana original, obično se unosi u računalo skaniranjem. Pri tome se određuje veličina piksla to jest, elementarna kvadratična površina od kojih će se sastojati digitalni zapis slike. Na površini savakog elementarnog djeliča slike integralno se čitata zacrnjenje i taj broj pridružiti pikslu. O detaljima ili strukturi originala unutar površine piksla, nakon skaniranja, neće postojati nikakva informacija. Razlikovanje tih detalja moguće je jedino ponovnim skaniranjem, smanjivanjem elementarne površine čitanja, a to znači da se ista slika interpretira s mnogo više podataka.

```
/GRGA <
2B372A52D6D04A005C4F162325222425211511151E25221F201F1D
28362A8CE3D17C100E3316181C1519180C21312A111A20191B1D1A
223441C3C3B07841002918 0E0D201A1442757A774F222C1A1B1E18
11162B4818110D0E110F0E09034B745B5F4E3B4A78722A211C1916
0E240F020A0E0C0B130F1A2310284C342E2E1E182D6252241A1919
155E29050C0E0C0C0F101027271E15111411 0B151013171B191718
0C0F0B0B0D0C0A0E1B23180A0B0F0B0A0D0F121C1A1C1319191514
0E0B0A0C0B0A070C131B12100E10110D0F161A1E2729221E1D2413
0E0C0A0C0A0D19080D11121F162027171010121D232027272B3827
0D0C0B0C062F5D0A0C11181E2524200E100F131D241B1B2633303A
0D0D0C0D0A153033 0B161E4556493730221632343B2E212C383D41
0D0D0C0D0E0612221A2B37646E686D816458695E634C363A48473C
090F0F0D0D0B0903394F5671707A93ADB4B5AC98997C646F6C595E
38632008 0E0B0A083A515A6B70859FBED0DADAD2CBB7B2B0996B6C
304F1E0A0E0C0B07264564556186ACC8DCE7E8E5DAD6D2C1A37760
064554130B0D06061A375A4B5B8FB2C8D8E2E8EADDD6CEBD9E693B
0C17230E0B0E23061230545D648FB1C4CFDAE3E4D9D2CCBA9B5C30
0E0D0B0A0A1F56402 02B63736B8EAAA9ACC4D1D3CAC6BAAA9C694D
0E0F0D0A0C53528D7A31698E979670 5A7EA7C2CAB7957D7A83746A
0E0E0D0C0B0C55A0813E71ABB088560072A4BDCE9952 0B44628477
0501000507011286BF5C61A6B5C2BFAAB5AFB1B8919D7197A8B686
39656833144A083B935A52A3BBC7CBCDC8A6A2BC97AEC6C7CABB85
E5F3F4E2B6931A05586B4A9AB6CEDCE0D79DB6C4A5B4DACFC8AC81
EBEBEBEDF06E00061C433C89B0CEDDD8CCBDBDB2ABBFE1DBBE9566
ECE2D2C0DCA50C0007032079A1B6B193B2C9D8DBC5AFBDC9A86B57
E5C08280B0BD854005030B499DAC9B694B64666A596492A27E483E
E7DCB97FB2D0EBEDBD49000B51A3B2A2404E76483483A6926B2A07
DFC3A3B8CBD9E2EEFAED7905073282BD9C7B8483A3B4AA7E32080E
A09F91928BC3D3E9F3F0F9890804104BBBCCC4C2B3824C1C080B0F
91516287A6CDECDFDEE8F0F57B060600318BB3AB702606080C0D0C
5E62777F96DDFAEEE8E6E9F1EF750A08050A1E20315E0E0A0F0B23
436C5F527DBAE5F4F9FFFCEEDFE683040A0906040F5711090B0FA7
544F49585B4067838BA8C4EAF2E0B513070908070 31F100B0818D0
5B6097A373323951555 14C5988D7D72B040B0B0B0A0B0D0E080EAF
3651999DC3781C2D415D523D3745813201 0A0B0D0B0A0B0A0A0044
56606D8047180703 0F7A886E565B534E1E050A0D0B0A090B0A0143
2A2E33240405090802218366575 45B726C2107 0C0B0B0A0A0B0051
02010003080A0909090034C04286987260781C090C0C0B0A0B0523
0807080908090909090 8056C9BBB85897C4621 0B0B0B090B0A0518
0809080708080808090A090625728E7388605F1E090A090B0B1B55
> def

%600/40=405/27=15x15 točaka po pikslu

405 600 scale
27 40 8 [27 0 0 40 neg 0 40] {GRGA}
image showpage
```

```
1 12 8
[ 0.02 0 0 0.025 0 0]
{<002952EE1EA070993E6680B8>} image
```

minimalni PostScript program prikaza piksel slike

Slika u piksel grafici definira se nizom podataka koji određuju zacrnjenje pojedinog piksla u nizu. Naš primjer je dat preko heksadecimalnih veličina. Prvi piksel ima svjetlinu 0, drugi piksel svjetlinu 29_H (heksadecimalno) od maksimalne svjetline FF_H. Treći piksel ima vrijednost 52_H do zadnjeg s vrijednošću $B8_H$. Svaki piksel zapisan je preko 8 bitova, a prikazat će se u jednom stupcu svih dvanaest vrijednosti slike. Veličina ispisa pojedinog piksla je 50 horizontalnih točaka i 40 vertikalnih točaka. Prva dva parametra programa određuju slaganje niza piksla u stupce i redove. Treći parametar određuje broj bitova za sivu skalu: $2^8 = 256$ sivih razina.

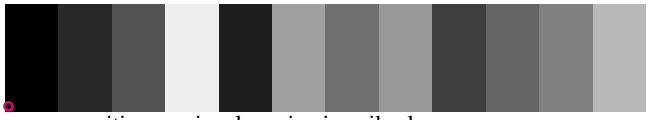


8-bitna svjetlina		razina sivog	
hex	dec	255-dec	postotak
00	0	255	100%
29	41	214	84%
52	82	173	68%
EE	238	17	7%
1E	30	225	88%
A0	160	95	37%
70	112	143	56%
99	153	102	40%
3E	62	193	76%
66	102	153	60%
80	128	127	50%
B8	184	71	28%

Tablica konverzije zadanog heksadecimalnog zapisa svjetline u dekadski zapis svjetline, pripadnu diskretnu dekadsku razinu sivog (0 -255) i postotak zacrnjenja površine piksla

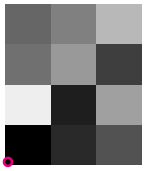
Dvodimenzionalni raspored piksla ima dva načina slaganja. Prvi način odgovara točnom (potpunom) iskorištenju podataka u stringu slike (1, 2, 3 i 4). Drugi način odnosi se na nejednak broj piksla u slici s brojem podataka u stringu slike. Smjerovi slaganja prikazani su strelicama. Slike (5, 6 i 7) prikazuju kako se slažu piksli kada je piksel matrica S x R manja (5) odnosno veća (6 i 7) od ponuđenog niza piksela. Kada je manja, popunjavanje prestaje na podatku koji zadnji popunjava zadanu matricu, a ako je veća onda **`image`** naredba počinje nanovo uzimati podatke od početka stringa dok se ne popuni zadana matrica piksela. U oba načina slaganja piksla popuniti će se dvodimenzionalni oblik slike.

```
12 1 8
[ 1 20 div 0 0 1 40 div 0 0]
{<002952EE1EA070993E6680B8>}
image
```



(1)

```
3 4 8
[ 1 15 div 0 0 1 15 div 0 0]
{<002952EE1EA070993E6680B8>}
image
```



(2)

```
2 6 8
[ 1 15 div 0 0 1 15 div 0 0]
{<002952EE1EA070993E6680B8>}
image
```

(3)

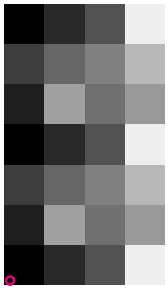
```
6 2 8
[ 1 15 div 0 0 1 15 div 0 0]
{<002952EE1EA070993E6680B8>}
image
```

(4)

```
2 4 8
[ 1 15 div 0 0 1 15 div 0 0]
{<002952EE1EA070993E6680B8>}
image
```

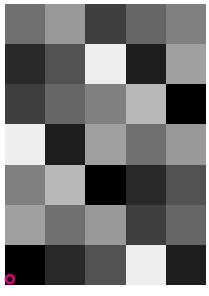
(5)

```
4 7 8
[ 1 15 div 0 0 1 15 div 0 0]
{<002952EE1EA070993E6680B8>}
image
```



(6)

```
5 7 8
[ 1 15 div 0 0 1 15 div 0 0]
{<002952EE1EA070993E6680B8>}
image
```



(7)

Naredba `image` koristi 5 parametara koji moraju biti postavljeni na stacku:

- broj piksela u retku čime je određen broj stupaca S;
- broj piksela u stupcu (broj redaka) R;
- broj bitova po pikslu G čime je određen broj stepenica sive skale (2^G);
- transformacijska matrica slike;
- string vrijednosti sivih razina slike.

```
S R G
[A B C D tx ty]{string slike}
image
```

Transformacijska matrica data je relacijama:

$$x' = Ax + Cy + t_x$$
$$y' = Bx + Dy + t_y$$

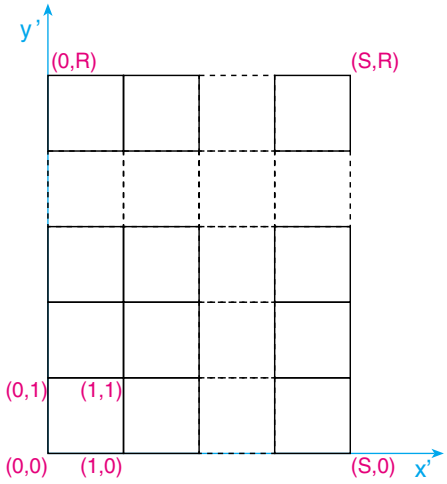
Određivanje veličine slike naredbom scale

Transformacijska matrica `[1 0 0 1 tx ty]` daje dimenziju piksla kao kvadrat od 1 točke, a time je širina slike od S piksla jednaka S točaka, a visina slike od R piksla je R točaka. Za transformacijsku matricu `[2 0 0 5 tx ty]` piksl je pravokutnik širine 1/2=0.5 točaka i visine 1/5=0.2 točaka, a širina cijele slike 0.5S točaka, a visina 0.2R točaka. Ako je transformacijska matrica slike takva da je A=S, a D=R `[ S 0 0 R tx ty ]` tada je piksl širine 1/S točaka i visine 1/R točaka, a dimenzija cijele slike je kvadrat od 1 točke.

Vidi se da je dimenzija slike s matricom `[A 0 0 D tx ty]` zadana indirektno i to tako da kvocijent S/A definira širinu slike, a kvocijent R/D visinu slike. Direktno definiranje širine i visine slike može se postići upotrebom naredbe `scale` prije `image` naredbe i prikladnom transformacijskom matricom:

```
W H scale
S R G [S 0 0 R tx ty]{string slike}
image
```

Tako podešena transformacijska matrica formira dimenziju slike kao jedinični kvadrat koji se skalira (povečava ili smanjuje) na dimenziju W i H točaka.



(slika 1)

Definicija piksla preko inverzne transformacije

Uvriježeno je razmišljanje da je piksel kvadratičnog oblika jer mnogi programi imaju samo takovu mogućnost manipulacije s njim. Piksli su definirani kao paralelogrami pa svaki pojedini piksel može poprimiti zakrenute deformirane oblike.

Koordinatni prostor slike je zaseban koordinatni prostor gdje su pikseli predstavljeni kao kvadrati sa stranicama od 1 točke (slika 1), pa su kutne koordinate prvog piksla (0,0), (1,0), (1,1) i (0,1), a kutne koordinate cijele slike u tom prostoru su (0,0), (S,0), (S,R) i (0,R).

Stvarne koordinate svakog piksla dobivaju se inverznom transformacijom zadanom sa transformacijskom matricom [A B C D t_x t_y] na način da je ciljni koordinatni prostor jedinični koordinatni prostor slike. Transformacijska matrica definira relacije s time da su koordinate (x',y') iz jediničnog koordinatnog prostora slike:

$$\begin{aligned} x' &= Ax + Cy + t_x \\ y' &= Bx + Dy + t_y \end{aligned} \quad \text{ili} \quad \begin{bmatrix} x'-t_x \\ y'-t_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & C \\ B & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Koordinate piksela koji će se prikazati (u tisku ili na ekranu) dobivaju se rješavanjem gornjeg sustava jednadžbi:

$$x = \frac{det_1}{det} \qquad det_1 = \begin{vmatrix} x'-t_x & C \\ y'-t_y & D \end{vmatrix} \qquad det = \begin{vmatrix} A & C \\ B & D \end{vmatrix}$$

$$y = \frac{det_2}{det} \qquad det_2 = \begin{vmatrix} A & x'-t_x \\ B & y'-t_y \end{vmatrix}$$

$$x = \frac{(x'-t_x)D - (y'-t_y)C}{AD - BC} \quad ; \quad y = \frac{(y'-t_y)A - (x'-t_x)B}{AD - BC}$$

Koordinate prvog piksela izračunavaju se iz četiri sustava jednadžbi s dvije nepoznanice:

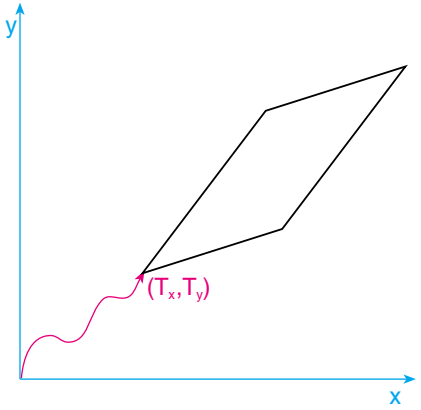
$$0 = Ax + Cy + t_x \qquad 1 = Ax + Cy + t_x$$
$$0 = Bx + Dy + t_y \qquad 0 = Bx + Dy + t_y$$

$$1 = Ax + Cy + t_x \qquad 0 = Ax + Cy + t_x$$
$$1 = Bx + Dy + t_y \qquad 1 = Bx + Dy + t_y$$

Točka (x,y) koja se dobiva kada je (x',y') = (0,0) označena je sa (T_x, T_y) jer ona predstavlja translaciju slike (slika 2):

$$T_x = \frac{Ct_y - Dt_x}{AD - BC} \quad ; \quad T_y = \frac{Bt_x - At_y}{AD - BC}$$

(slika 2)



Iz izračunavanja preostalih (x,y) točaka za jedinični piksel izvedene su relacije preko kojih se vide nagibi i izdužavanja jednog piksla (slika 3):

$$\Delta x = \frac{D - C}{AD - BC} \qquad tg\gamma = \frac{\Delta y}{\Delta x} \qquad tg\gamma = \frac{A - B}{D - C}$$

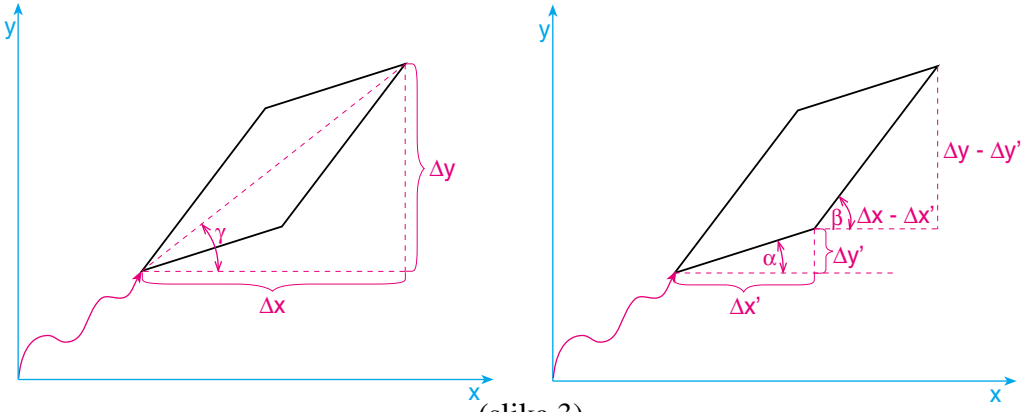
$$\Delta y = \frac{A - B}{AD - BC} \qquad \gamma = arctg\left(\frac{A - B}{D - C}\right)$$

$$\Delta x' = \frac{D}{AD - BC} \qquad tg\alpha = \frac{\Delta y'}{\Delta x'} \qquad tg\alpha = \frac{-B}{D}$$

$$\Delta y' = \frac{-B}{AD - BC} \qquad \alpha = arctg\left(\frac{-B}{D}\right)$$

$$\Delta x-\Delta x' = \frac{-C}{AD-BC} \qquad \Delta y-\Delta y' = \frac{A}{AD-BC}$$

$$tg\beta = \frac{\Delta y-\Delta y'}{\Delta x-\Delta x'} \qquad tg\beta = \frac{-A}{C} \qquad \beta = arctg\left(\frac{-A}{C}\right)$$



(slika 3)

Bez ponovnog rješavanja sustava jednadžbi za svaku koordinatu piksela čitave matrice slike S x R, može se pomoću prethodnih relacija za prvi piksel izračunati koordinatna točka bilo kojeg piksla slike samo na temelju poznavanja pozicije piksela preko broja retka *i* i stupca *j* slike ((x_I, y_I), (x_{II}, y_{II}), (x_{III}, y_{III}), (x_{IV}, y_{IV})) (slika 4):

$$x_I = (i-1)(\Delta x-\Delta x') + (j-1)\Delta x' \qquad x_I = \frac{(j-1)D-(i-1)C}{AD-BC} + T_x$$

$$y_I = (i-1)(\Delta y-\Delta y') + (j-1)\Delta y' \qquad y_I = \frac{(i-1)A-(j-1)B}{AD-BC} + T_y$$

$$x_{II} = x_I + \Delta x' \qquad x_{II} = \frac{jD-(i-1)C}{AD-BC} + T_x$$

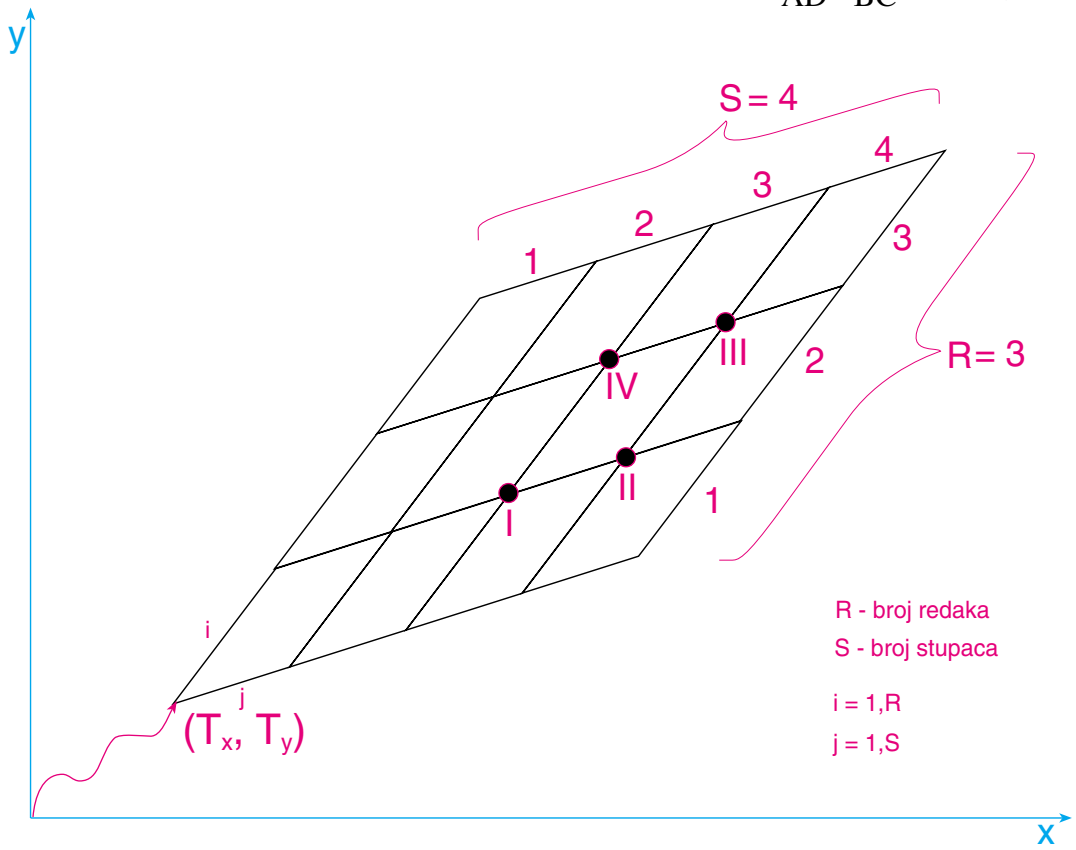
$$y_{II} = y_I + \Delta y' \qquad y_{II} = \frac{(i-1)A-jB}{AD-BC} + T_y$$

$$x_{III} = x_I + \Delta x \qquad x_{III} = \frac{jD-iC}{AD-BC} + T_x$$

$$y_{III} = y_I + \Delta y \qquad y_{III} = \frac{iA-jB}{AD-BC} + T_y$$

$$x_{IV} = x_I + (\Delta x - \Delta x') \qquad x_{IV} = \frac{(j-1)D - iC}{AD - BC} + T_x$$

$$y_{IV} = y_I + (\Delta y - \Delta y') \qquad y_{IV} = \frac{iA - (j-1)B}{AD - BC} + T_y$$



(slika 4)

Koordinate cijele slike ((x_{11}, y_{11}), (x_{S1}, y_{S1}), (x_{SR}, y_{SR}), (x_{IR}, y_{IR})) i kut deformacije δ prikazane su na slici 5 i definirane su sa relacijama:

$$x_{11} = T_x \qquad x_{S1} = \frac{SD}{AD - BC} + T_x$$

$$y_{11} = T_y \qquad y_{S1} = \frac{SB}{AD - BC} + T_y$$

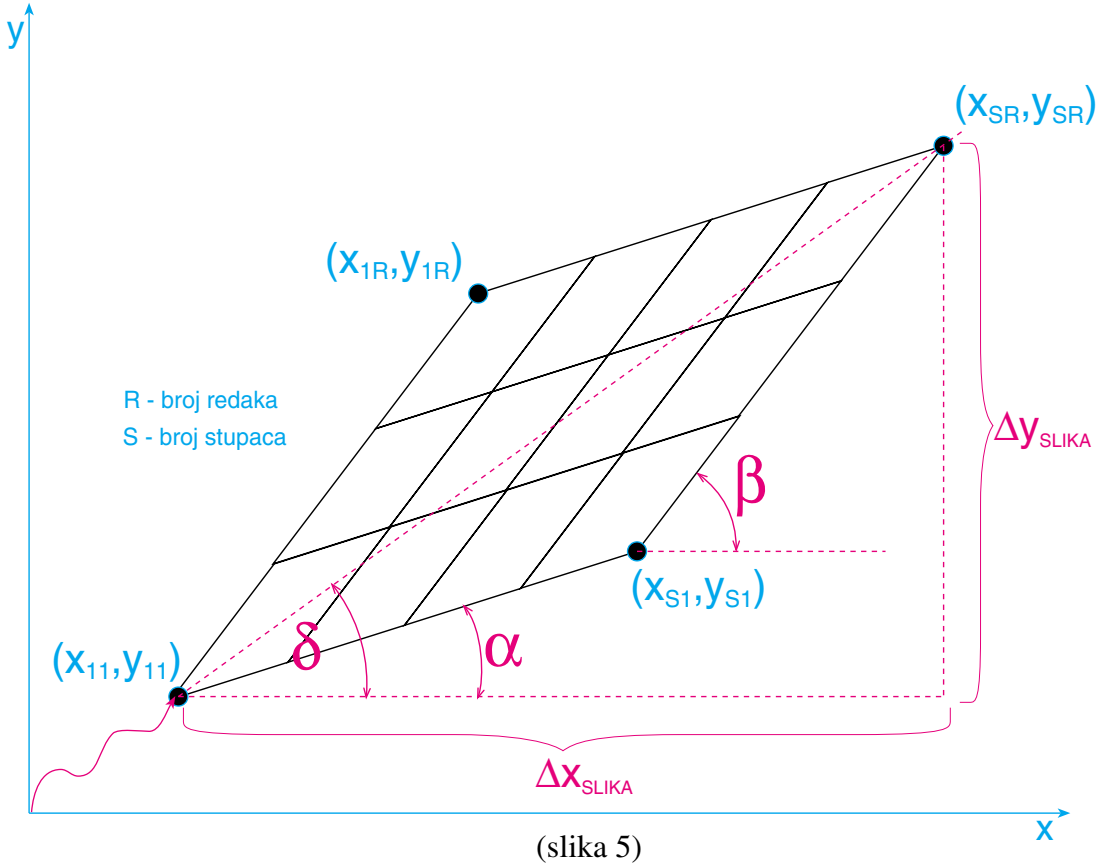
$$x_{SR} = \frac{SD - RC}{AD - BC} + T_x \qquad x_{1R} = \frac{- RC}{AD - BC} + T_x$$

$$y_{SR} = \frac{RA - SB}{AD - BC} + T_y \qquad y_{1R} = \frac{RA}{AD - BC} + T_y$$

$$\Delta x_{SLIKA} = x_{SR} - x_{11} \qquad \Delta x_{SLIKA} = \frac{SD - RC}{AD - BC} \qquad \Delta y_{SLIKA} = \frac{RA - SB}{AD - BC}$$

$$\Delta y_{SLIKA} = y_{SR} - y_{11}$$

$$tg\delta = \frac{\Delta y_{SLIKA}}{\Delta x_{SLIKA}} \qquad tg\delta = \frac{RA - SB}{SD - RC} \qquad \delta = arctg\left(\frac{RA - SB}{SD - RC}\right)$$



(slika 5)

Sve relacije su date za početni koordinatni sustav definiran s `1 1 scale`. Ako se ispred naredbe `image` definira skaliranje `W H scale` tada će se x relacije množiti sa skalarom W, a sve y relacije sa skalarom H. Koordinate slike i kutevi deformacije slike u takvom skaliranom koordinatnom prostoru imaju relacije:

$$x_{11} = T_x W \qquad x_{S1} = \left(\frac{SD}{AD - BC} + T_x\right) W$$

$$y_{11} = T_y H \qquad y_{S1} = \left(\frac{SB}{AD - BC} + T_y\right) H$$

$$x_{SR} = \left(\frac{SD - RC}{AD - BC} + T_x\right) W \qquad x_{1R} = \left(\frac{- RC}{AD - BC} + T_x\right) W$$

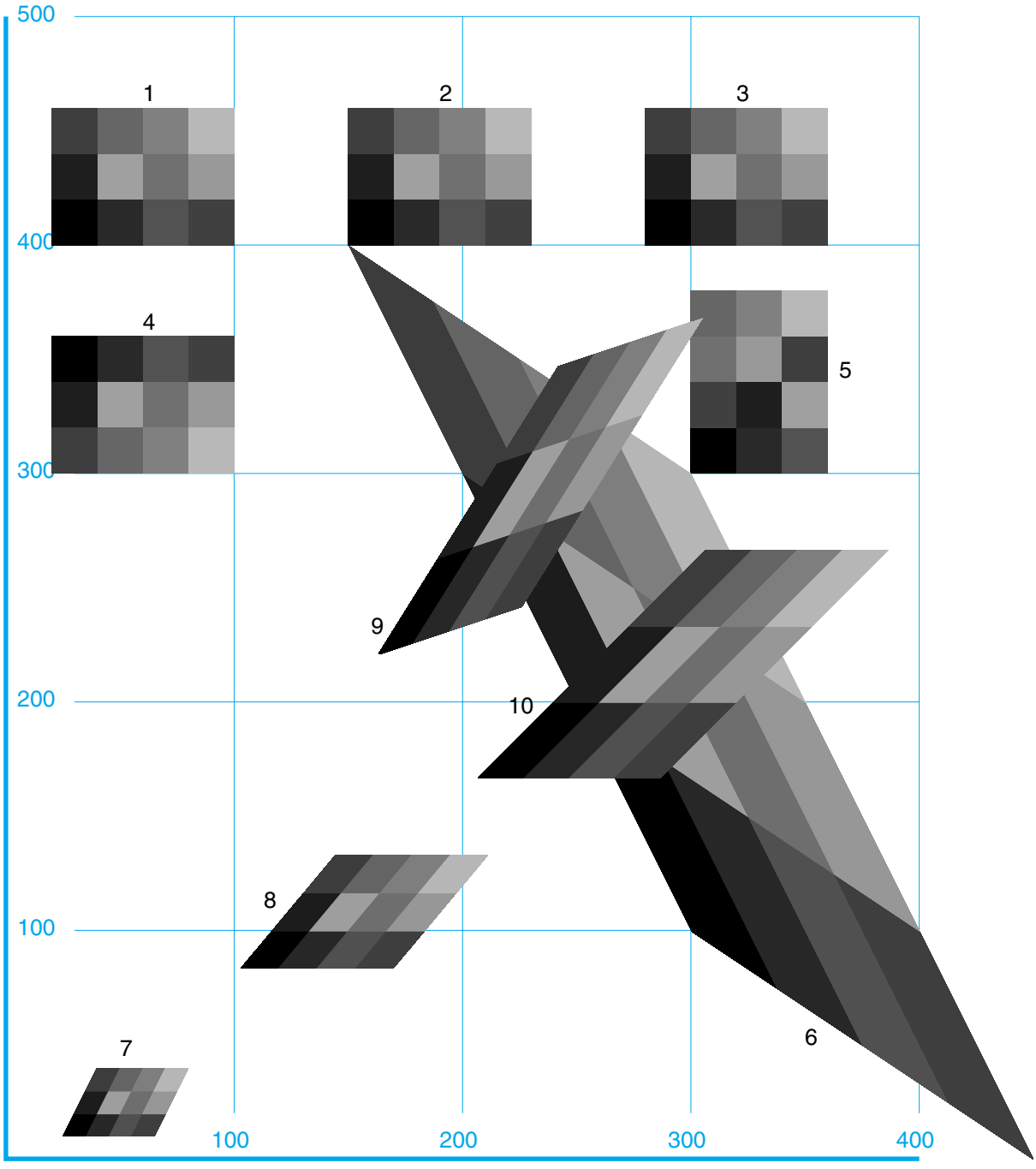
$$y_{SR} = \left(\frac{RA - SB}{AD - BC} + T_y\right) H \qquad y_{1R} = \left(\frac{RA}{AD - BC} + T_y\right) H$$

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{- B}{D}\frac{H}{W}\right) \qquad \beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{- A}{C}\frac{H}{W}\right)$$

$$\gamma = \operatorname{arctg}\left(\frac{A - B}{D - C}\frac{H}{W}\right) \quad \delta = \operatorname{arctg}\left(\frac{RA - SB}{SD - RC}\frac{H}{W}\right)$$

U primjerima koji slijede prikazane su razne kombinacije parametara rasporeda piksla po slici S i R, matrice transformacije i parametara W i H u naredbi `scale`. U prve četiri slike postignut je isti oblik slike premda su korištene različite kombinacije parametara W, H, A i D. U četvrtom primjeru je prvi piksel podignut od ishodišta slike (`20 300 translate`) za cijelu visinu slike, a napredovanje slaganja piksla je u tekućem retku desno a potom vertikalno prema dolje (negativni smjer). U primjerima od šestog do desetog demonstrirano je djelovanje parametara B, C, t_x i t_y, s time da imaju zajedničko ishodište u (0, 0).

```
/slika <002952401EA070993E6680B8> def
/font1 {/FSHelvetica findfont 10 scalefont setfont} def
gsave
20 400 translate font1 40 63 moveto (1) show
1 1 scale 4 3 8 [0.05 0 0 0.05 0 0]
{slika} image grestore

gsave
150 400 translate font1 40 63 moveto (2) show
20 20 scale 4 3 8 [1 0 0 1 0 0]
{slika} image grestore

gsave
280 400 translate font1 40 63 moveto (3) show
80 60  scale 4 3 8 [4 0 0 3 0 0]
{slika} image grestore

gsave
20 300 translate font1 40 63 moveto (4) show
80 60  scale 4 3 8 [4 0 0 -3 0 3]
{slika} image grestore

gsave
300 300 translate font1 65 42 moveto (5) show
80 60  scale 3 4 8 [4 0 0 3 0 0]
{slika} image grestore

gsave
300 100 translate font1 50 -50 moveto (6) show
200 200 scale 4 3 8 [8 2 4 3 0 0]
{slika} image grestore

gsave
0 0 translate font1 50 45 moveto (7) show
1 1  scale 4 3 8 [0.10 0 -0.05 0.10 -2 -1]
{slika} image grestore

gsave
0 0 translate font1 113 110 moveto (8) show
10 10  scale 4 3 8 [0.6 0 -0.5 0.6 -2 -5]
{slika} image grestore
%%%% Isto bi se dobilo sa 1 1 scale i [0.06 0 -0.05 0.06 -2 -5]

gsave
0 0 translate font1 160 230 moveto (9) show
1 1  scale 4 3 8 [0.08 -0.01 -0.05 0.03 -2 -5]
{slika} image grestore

gsave
0 0 translate font1 220 195 moveto (10) show
1 1  scale 4 3 8 [0.05 0 -0.05 0.03 -2 -5]
{slika} image grestore showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

S pikslima koji opisuju sliku GRGA demonstriraju se paralelogramske transformacije realne slike. U svim primjerima korišten je postupak određivanja veličine slike s relacijama S=A i R=D, a veličina slike se kontrolira s parametrima W i T naredbe `scale`.

Transformacijski kutevi slika su:

	α°	β°	γ°	δ°
1.	0°	90°	-45°	-56°
2.	20°	90°	54°	62°
3.	0°	-70°	-36°	-44°
4.	20°	63°	-52°	-77°

```
/font1 {/FSHelvetica findfont
10 scalefont setfont} def

gsave
50 70 translate font1 81 -10 moveto (1)
show
162 240 scale
27 40 8 [27 0 0 40 neg 0 40] {GRGA}
image grestore

gsave
300 70 translate font1 85 15 moveto (2)
show
162 240 scale
27 40 8 [27 -10 0 40 0 0] {GRGA}
image grestore

gsave
130 350 translate font1 -60 120 moveto (3)
show
162 240 scale
27 40 8 [27 0 15 40 neg 0 40] {GRGA}
image grestore

gsave
200 230 translate font1 230 330 moveto (4)
show
162 240 scale
27 40 8 [27 10 -20 40 neg 0 40] {GRGA}
image grestore
showpage
```

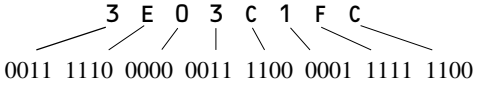

γ
β
δ
3
β
4
α
γ
δ
γ
δ
1
2
δ
γ
α

1-bitna svjetlina		razina sivog	
bin.kod	dec	255-dec	postotak
0	0	255	100%
1	255	0	0%

2-bitna svjetlina		razina sivog	
bin.kod	dec	255-dec	postotak
00	0	255	100,00%
01	85	170	66,67%
10	170	85	33,33%
11	255	0	0,00%

4-bitna svjetlina		razina sivog	
hex-kod	dec	255-dec	postotak
0	0	255	100,00%
1	17	238	93,33%
2	34	221	86,67%
3	51	204	80,00%
4	68	187	73,33%
5	85	170	66,67%
6	102	153	60,00%
7	119	136	53,33%
8	136	119	46,67%
9	153	102	40,00%
A	170	85	33,33%
B	187	68	26,67%
C	204	51	20,00%
D	221	34	13,33%
E	238	17	6,67%
F	255	0	0,00%

Broj razina sive skale je prva karakteristika digitalne slike. PostScript ima mogućnost interpretirati sliku sa 2, 4, 16, 256 i 4096 stepenica sivih tonova. Parametrom G (1, 2, 4, 8, 12) zadanim neposredno prije matrice transformacije piksla, određujemo broj bitova, a time i stepenice sive skale. Prvi redak našeg uzorka dat je heksadecimalno odnosno binarno:



Za raspored od 2 bita po pikslu imamo:

00	11	11	10	00	00	00	11	11	00	00	01	11	11	11	00
100%	0%	0%	33%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	66%	0%	0%	0%	100%

Za raspored od 4 bita po pikslu imamo:

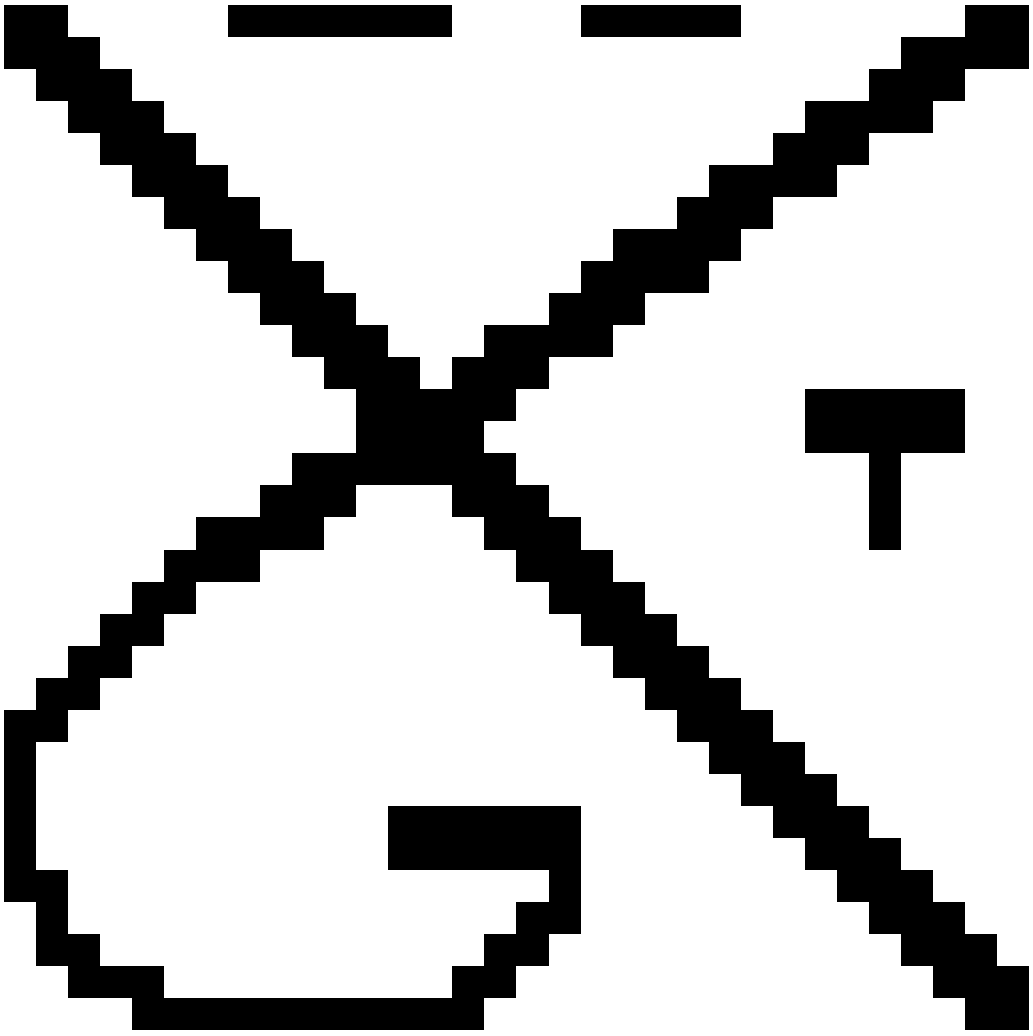
0011	1110	0000	0011	1100	0001	1111	1100
80%	6,67%	100%	80%	20%	93%	0%	20%

Za raspored od 8 bita po pikslu imamo:

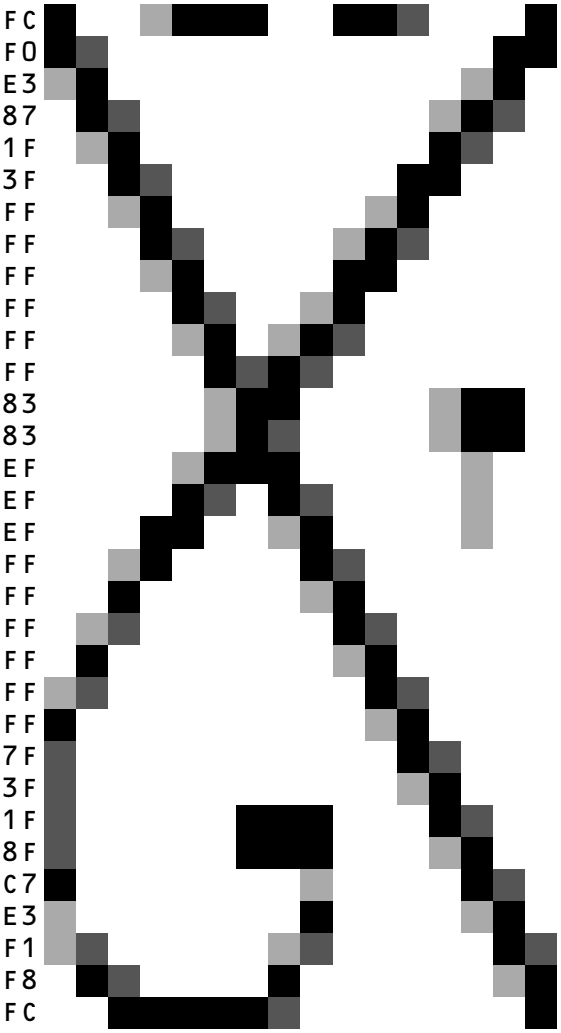
0011 1110	0000 0011	1100 0001	1111 1100
75%	99%	24%	1%

U primjerima sa 2, 4, 16 i 256 razina sivog naredba image je podešena da su piksli u ispisu kvadrati dimenzije 12 točaka.

```
% 2 razine sivog=1 bit po pikslu
384 384 scale

32 32 1
[32 0 0 32 neg 0 32]
{<
3E03C1FC
1FFFFFF0
8FFFFFE3
C7FFFF87
E3FFFF1F
F1FFFC3F
F8FFF8FF
FC7FE1FF
FE3FC3FF
FF1F8FFF
FF8E1FFF
FFC47FFF
FFE0FF83
FFE1FF83
FF80FFEF
FF1C7FEF
FC3E3FEF
F8FF1FFF
F3FF8FFF
E7FFC7FF
CFFFE3FF
9FFFF1FF
3FFFF8FF
7FFFFC7F
7FFFFE3F
7FF03F1F
7FF03F8F
3FFFBFC7
BFFF3FE3
9FFE7FF1
C7FCFFF8
F001FFFC
>}
image

showpage
```



```
% 4 razine sivog=2 bit po pikslu
192 384 scale

16 32 2
[16 0 0 32 neg 0 32]
{<
3E03C1FC
1FFFFFF0
8FFFFFE3
C7FFFF87
E3FFFF1F
F1FFFC3F
F8FFF8FF
FC7FE1FF
FE3FC3FF
FF1F8FFF
FF8E1FFF
FFC47FFF
FFE0FF83
FFE1FF83
FF80FFEF
FF1C7FEF
FC3E3FEF
F8FF1FFF
F3FF8FFF
E7FFC7FF
CFFFE3FF
9FFFF1FF
3FFFF8FF
7FFFFC7F
7FFFFE3F
7FF03F1F
7FF03F8F
3FFFBFC7
BFFF3FE3
9FFE7FF1
C7FCFFF8
F001FFFC
>}
image

showpage
```



```
% 16 razine sivog=4 bit po pikslu
96 384 scale

8 32 4
[8 0 0 32 neg 0 32]
{<
3E03C1FC
1FFFFFF0
8FFFFFE3
C7FFFF87
E3FFFF1F
F1FFFC3F
F8FFF8FF
FC7FE1FF
FE3FC3FF
FF1F8FFF
FF8E1FFF
FFC47FFF
FFE0FF83
FFE1FF83
FF80FFEF
FF1C7FEF
FC3E3FEF
F8FF1FFF
F3FF8FFF
E7FFC7FF
CFFFE3FF
9FFFF1FF
3FFFF8FF
7FFFFC7F
7FFFFE3F
7FF03F1F
7FF03F8F
3FFFBFC7
BFFF3FE3
9FFE7FF1
C7FCFFF8
F001FFFC
>}
image

showpage
```

```
% 256 razine sivog=8 bit po pikslu
48 384 scale

4 32 8
[4 0 0 32 neg 0 32]
{<
3E03C1FC
1FFFFFF0
8FFFFFE3
C7FFFF87
E3FFFF1F
F1FFFC3F
F8FFF8FF
FC7FE1FF
FE3FC3FF
FF1F8FFF
FF8E1FFF
FFC47FFF
FFE0FF83
FFE1FF83
FF80FFEF
FF1C7FEF
FC3E3FEF
F8FF1FFF
F3FF8FFF
E7FFC7FF
CFFFE3FF
9FFFF1FF
3FFFF8FF
7FFFFC7F
7FFFFE3F
7FF03F1F
7FF03F8F
3FFFBFC7
BFFF3FE3
9FFE7FF1
C7FCFFF8
F001FFFC
>}
image

showpage
```

Reprodukcija fotografije danas je najčešća sa 8 bitnim razinama sivog. Ljusko oko dobro razlikuje 50 stepenica sive skale za što bi bilo dovoljno 6 bita ($2^6 = 64$). Standard od 8 bita proširen je i na boju RGB, CMYK. Crno bijele slike maloga Grge prezentirane su s jednim, dva, četiri i osam bita. Proporcionalno tome, memorija pojedinih slika je:

stepenice sivog	broj bitova po pikslu	broj piksla horiz.	vert.	memorija (byte)
2	1	825	1241	127.978
4	2	825	1241	225.956
16	4	825	1241	511.912
256	8	825	1241	1.023.825

Slike su ispisane na jednake dimenzije 148.5 x 223.38 točaka (naredba `scale`).

2 stepenice sivog

```
148.5 223.38 scale
825 1241 1 [825 0 0 1241 neg 0 1241]
{<000000000000000000000000...
...0000000000000000FFFFFF80>}
image showpage
```

4 stepenice sivog

```
148.5 223.38 scale
825 1241 2 [825 0 0 1241 neg 0 1241]
{<000000000000000000000000...
...555555555556AAAAAAAAAAAA>}
image showpage
```

16 stepenice sivog

```
148.5 223.38 scale
825 1241 4 [825 0 0 1241 neg 0 1241]
{<1122222223333223333333333...
...888888889988899888899989>}
image showpage
```

256 stepenice sivog

```
148.5 223.38 scale
825 1241 8 [825 0 0 1241 neg 0 1241]
{<1D1F22272827292E2F303031...
...8E919189838B8D9093908D91>}
image showpage
```

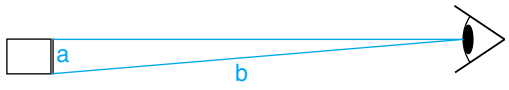
U standardnim programima za piksel grafiku, kao što je npr. Photoshop, piksl na ekranu je uvijek kvadratične dimenzije. Veličina piksla se zadaje implicitno preko pojma rezolucije, odnosno brojem piksla po nekoj dužinskoj mjernoj jedinici npr. po inchu ili centimetru. Na primjer rezolucija 400 ppi (pixl per inch) određuje kvadratični piksel čija je stranica velika 0,18 tipografskih točaka (1 inch=72tp). Ako se širina i visina cijele slike u takvim programima ne izrazi kao višekratnik od 0.18tp tada se ulazi u za njih nedozvoljeno stanje koje se može ispraviti jedino zaokruživanjem na najbliže višekratnike od 0,18 tp. To tržišni softveri kao Photoshop rade pri upisivanju željene dimenzije slike automatski pretvarajući nedozvoljeno upisanu dimenziju u najbliži višekratnik dimenzije piksla.

Piksel se može opisati i kao prostor slike koji je na cijeloj svojoj površini istog tona. Skaniranjem, prostor piksla integrira sve tonove na tom području, usrednjuje ih u samo jednu vrijednost. Ukoliko je piksel grub (to je relativno) tada su nakon skaniranja ili resempliranja zauvijek izgubljeni detalji manji od piksla.

Četiri 8-bitne slike demonstriraju promjene detalja smanjenjem memorije, odnosno smanjenjem broja piksla iste slike za faktor 10 od 1MB do 1kB.

slika	broj piksla		memorija		
	horiz.	vert.	(byte)		
1	825	1241	1.023.825	≈	1 MB
2	260	391	101.660	≈	100 kB
3	80	211	9.680	≈	10 kB
4	27	40	1.080	≈	1 kB

Veličina piksla određuje se ispisom, prikazom slike. Dobri rezultati se dobe ako je ispis slike oko 300 piksla po inču. Budući da je kvaliteta otiska određena veličinom piksla, prilikom skaniranja fotografije, rezolucija skaniranja podređena je dvema brojkama: povečanje (smanjenje) originala i broja piksla po dužnom inču (najčešće 300). U obzir može biti uzet i treći faktor - udaljenost gledanja otiska. Značajan je ako se otisci gledaju iz veće udaljenosti (plakati) jer dozvoljavaju proporcionalno povečanje dimenzije piksla u otisku. Predlažemo grubu relaciju:



$\frac{b}{a} \approx 3000$, gdje je *a* veličina stranice jednog piksla

ili

udaljenost (inč) x broj piksla / (inču) ≈ 3000

udaljenost (cm) x broj piksla / (centimetru) ≈ 3000

400 ppi

1.023.825 B
≈ 1 MB

```
148.5 223.38 scale
825 1241 8 [825 0 0 1241 neg 0 1241]
{<1D1F22272827292E2F303031...
...8E919189838B8D9093908D91>}
image showpage
```

126 ppi

101.660 B
≈ 100 kB

```
148.5714 223.4286 scale
260 391 8 [260 0 0 391 neg 0 391]
{<20272C2F3134333535333434...
...5D646B7277797D898A888B8D>}
image showpage
```

39 ppi

9.680 B
≈ 10 kB

```
147.6923 223.3846 scale
80 121 8 [80 0 0 121 neg 0 121]
{<253134353536382 92A324DCA...
...0D0C0D0E1118273B51657F91>}
image showpage
```

13 ppi

1.080 B
≈ 1 kB

```
149.5385 221.5385 scale
27 40 8 [27 0 0 40 neg 0 40]
{GRGA}
image showpage
```

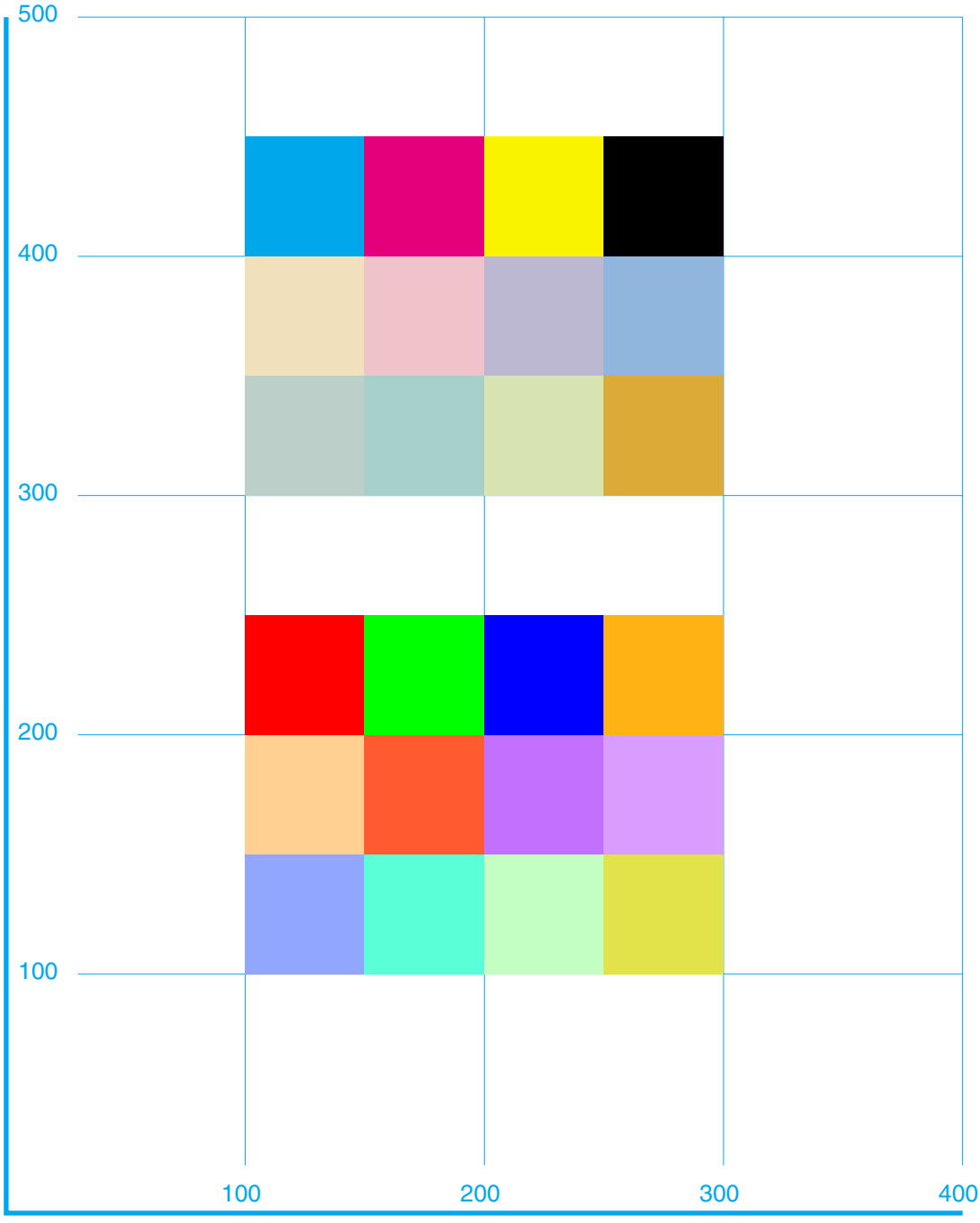
Pikseli se mogu ispisivati sivi (Gray), RGB ili CMYK sa komandom `colorimage`:

`4 3 8 [ 4 0 0 -3 0 3] {string`$_1$ `slike}...{string`$_N$ `slike} METODA N colorimage`

transformacijska matrica

Prva tri parametra su istog značenja kao i kod `image` naredbe. S parametrom N definira se kolorni prostor odnosno broj komponenata boje po pikslu. Za sivi zapis (ponaša se kao `image` komanda) N=1, za RGB N=3, a za CMYK N=4. RGB i CMYK komponente mogu se zapisivati na jednostruki i višestruki način. U jednostrukom zapisu se sve komponente zapisuju u jednom stringu naizmjenično piksl po piksl (npr. $R_1G_1B_1R_2G_2B_2R_3G_3B_3$...), a u višestrukom se komponente zapisuju u odvojenim stringovima kao u primjeru na ovoj stranici. Ako je parametar METODA *true* definira se višestruki, a ako je *false* definira se jednostruki zapis komponenata.

```
gsave
100 100 translate
200 150  scale
4 3 8
[4 0 0 -3 0 3]
{<FF0000FFFFFFC4D99159C4E3>}    prvih 12 boja sa 57 str.
{<00FF00B3D159709EA8FFFFE3>}
{<0000FF0F912BFFFFFFD9C447>}
true
3
colorimage
grestore

gsave
100 300 translate
200 150  scale
4 3 8
[4 0 0 -3 0 3]
{<FF000000140F4D8F456E2E00>}    osnovne 4 i
{<00FF0000265C3B2600000061>}    8 zadnjih boja sa 57 str.
{<0000FF00571C00002E456EE6>}
{<000000FF00001C0F260F0F26>}
true
4
colorimage
grestore
showpage
```


500
400
300
200
100
100
200
300
400

INDEX

LITERATURA

1. I. Adobe Systems: „PostScript Language Reference Manual", Addison-Wesley, 1985
2. I. Adobe Systems: „PostScript Language Tutorial and Cookbook", Addison-Wesley, 1985
3. I. Adobe Systems, G. C. Reid: „PostScript Language Program Design", Addison-Wesley, 1988
4. S. F. Roth: „Real World PostScript", Addison-Wesley, 1988
5. D. Holzgang: „PostScript Programmer's Reference Guide", Scott, Foresman and Company, 1989
6. R. Smith: „Learning PostScript: A Visual Approach", Peachpit Press, 1990
7. I. Adobe Systems: „PostScript Language Reference Manual", Addison-Wesley, 1990
8. C. R. Glenn: „Thinking in PostScript", Addison-Wesley, 1990
9. I. Adobe Systems: „Adobe Type 1 Font Format", Addison-Wesley, 1990
10. H. McGilton, M. Campione: „PostScript by Example", Addison-Wesley, 1992
11. P. Fink: „PostScript Screening: Adobe Accurate Screens", Adobe Press, 1992
12. T. Merz: „PostScript & Acrobat, PDF", Springer, 1996