

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

obor 23-40-8

automatizované systémy řízení výrobních procesů

ve strojírenství

katedra technické kybernetiky

Možnosti počítačové grafiky na IQ 151

Libor Dlask

Vedoucí práce: Ing. Jan Tišer

KTR-ASŘ-SF-140

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 72

Počet příloh: 17

Počet obrázků: 15

Vysoká škola: **VŠB - TUO** Fakultu: **Strojní**
Katedra: **Technická kreslení** Skolní rok: **1986/87**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DÍLA, UMELECKÉHO VÝKONU)

pro **g. Libera D i a s k a**
obor **21-40-8 ASŘ výrobních procesů ve strojírenství**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Možnosti počítačové grafiky na IQ 151**

Zásady pro vypracování:
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 6
PSČ 461 17

1. Seznámení s počítačem IQ 151 a minigrafem AR IEMA 0507.
2. Vypracování knihovny podprogramů pro počítačovou grafiku a využití displeje a minigrafu.
3. Vypracovat programy pro modelování křivek a ploch.
4. Zpracování možnosti použití počítačové grafiky na IQ 151.

V 21/87

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

50 stran

Seznam odborné literatury:

- Grunt, L.; Šebek, H.: Počítačová grafika. SNTL, Praha 1980.
Klvaňa, I., Petr, J.: Počítačová grafika. ČVUT, Praha 1984.
Dro, L., Ješek, P., Novák, I.: Počítačová grafika. ČVUT, Praha 1980.
Urbán, J.: Počítačová grafika v projektování. ČVUT, Praha.
Programování počítače IQ 151 v jazyku BASIC. Kamenium Praha.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Tišer

Datum zadání diplomové práce:

3. 10. 1986

Termín odevzdání diplomové práce:

11. 5. 1987



Vochet

Doc. Ing. Vladimír Vochet, CSc.
Vedoucí katedry

Ján Alexin
Doc. Ing. Ján Alexin, CSc.
Děkan

V Liberci dne 26. 3. 19 86

Místopřísežně prohlašuji, že jsem
diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 28.4.1987

Libor Klasek

OBSAH

1.	Úvod	6
2.1	Školní počítač IQ 151	9
2.2	Minigraf 0507	12
3.	Podprogramy pro dvourozměrnou grafiku..	17
3.1	Zadání souřadného systému	18
3.2	Zakreslení souřadného systému	20
3.3	Označení bodu	22
3.4	Zakreslení úsečky	25
3.5	Zakreslení kružnice	27
3.6	Zakreslení elipsy	31
3.7	Zakreslení průběhu funkce	32
3.8	Fergusonova kubika	35
3.9	Bézierova křivka	38
3.10	Coonsova křivka	41
4.	Podprogramy pro třírozměrnou grafiku ..	44
4.1	Zadání souřadného systému	45
4.2	Zakreslení souřadného systému	46
4.3	Fergusonova kubika	47
4.4	Bézierova křivka	49
4.5	Coonsova křivka	51

4.6	Plocha zadaná explicitně	53
4.7	Bilineární plocha	56
4.8	Bikubická plocha	59
4.9	Bézierova plocha	62
5.	Závěr	68
	Seznam použité literatury	71
	Seznam příloh	72

1. Úvod

Počítačová grafika se vyčlenila z aplikací výpočetní techniky jako obor zabývající se zpracováním grafických informací pomocí počítače, t.j. řešící otázky vstupu grafických informací do počítače, zpracování a vytváření grafických informací a výstupu grafických informací z počítače. Vedle uplatnění v řadě přírodních a technických věd nachází počítačová grafika a především konstruování pomocí počítače - CAD (angl. computer aided design) stále větší pole působnosti i ve strojírenství.

Výsledným efektem využívání CAD je:

- racionalizace konstrukčních prací
- zkrácení inovačního cyklu
- optimalizace výrobku
- rychlé zpracování variant výrobku
- rychlá a přesná reprodukce konstrukční činnosti
- automatická tvorba výkresové dokumentace
- lepší archivace a přístup k dokumentaci

V neposlední řadě pak CAD zbavuje kvalifikované pracovníky rutinních prací a umožňuje jim více se soustředit na vlastní tvůrčí činnost. S využitím CAD systémů se můžeme setkat při konstruování nejrůznějších výrobků (automobily, letadla, lodě, turbíny, atd.) a v budoucnu se bude oblast uplatňování konstruování pomocí počítače nepochybně stále více rozšiřovat.

Příklady praktického využití CAD uvádí např. literatura /1/.

Jako výhodné se ukázaly být tzv. interakční grafické systémy, které umožňují vést dialog konstruktéra s počítačem, jak to vyžaduje řada konstrukčních úloh. Dialog probíhá v alfanumerické i grafické formě prostřednictvím nejrůznějších vstupních a výstupních zařízení (grafické obrazovky, souřadnicové zapisovače, snímače souřadnic, pákové a kulové ovladače, světelná pera, atd.), která jsou součástí tzv. komunikačního modulu. Dále je interakční systém tvořen softwarovým aplikačním modulem a datovou bází. Softwarový modul slouží k řešení konstrukčních problémů. Datová báze slouží k uchování úplného dvourozměrného nebo třírozměrného popisu navrhovaného objektu. Dvourozměrový popis odpovídá v podstatě technickému výkresu. Neposkytuje ale takové možnosti jako třírozměrný popis. Ten je základem pro řešení různých konstrukčních úloh (výpočtů pevnosti, hmotnosti, atd.) a současně umožňuje tvorbu různých zobrazení objektu (pravoúhlé průměty, perspektivní zobrazení, atd.). Právě automatické kreslení technických výkresů patří k nejčastějšímu využití CAD. Z toho vyplývá důležité postavení počítačové grafiky v rámci CAD.

V souvislosti s rostoucími nároky na uplatňování vědeckotechnické revoluce v intenzifikaci rozvoje národního

hospodářství, na což poukázal i XVII.sjezd KSČ, je nutné urychleně zavádět do praktického života perspektivní a účinné metody práce. Konstruování pomocí počítače a využívání počítačové grafiky mezi takové metody nepochybně patří.

Na potřeby praxe musí pružně reagovat také školství, aby se konstruktéři a techničtí pracovníci po absolvování studia nesetkávali s tímto způsobem využívání počítačů jako s něčím novým a neznámým. To je také důvod, proč katedra technické kybernetiky VŠST bude provádět výuku počítačové grafiky.

V plánu je vybudování učebny počítačové grafiky, vybavené počítačem SM 50/50 M1 s rozšířenou kapacitou operační paměti, komunikačními jednotkami PAD8, PAD16, QASAD/A, sítí 16-ti terminálů VDT52C, grafickými tiskárnami, diskovými jednotkami EC5061 a dalšími vnějšími pamětmi (pružné disky, magnetické páskové paměti). Součástí vybavení by měly být i dvě grafické interaktivní stanice s vektorovým displejem a barevný grafický terminál.

Než bude učebna počítačové grafiky s tímto vybavením uvedena do provozu, bude k výuce využíván školní počítač IQ 151 a Minigraf 0507. Protože VŠST připravuje také pedagogické pracovníky pro střední školy, kde jsou tato zařízení především využívána, bude výuka probíhat na IQ 151 a Minigrafu i po zprovoznění učebny. Proto je cílem této práce zhodnocení možností počítačové grafiky na IQ 151

a Minigrafu 0507. Součástí práce je rovněž vytvoření základních podprogramů pro počítačovou grafiku a programů pro modelování křivek a ploch.

2.1 Školní počítač IQ 151

Tento počítač je zatím poslední sériově vyráběnou verzí počítačové řady IK-80, IQ150, IQ151, t.j. počítačů vyráběných pro potřeby školství. Jeho výroba započala v roce 1984 v ZPA, k.p., Nový Bor a během následujících let se na našich školách poměrně rychle rozšířil.

Počítač je vybaven membránovou klávesnicí, zřejmě z výrobních a cenových důvodů. Po dlouhodobém používání se u ní bohužel objevuje poruchovost a snížená citlivost na stisk tlačítka. Stisk každého tlačítka je akusticky signalizován pípnutím, jehož výška je různá podle významu tlačítka. Počítač je vybaven funkcí autorepeat, tzn. při trvalém stisku tlačítka se příslušný znak vypisuje na obrazovku až do uvolnění tlačítka nebo zaplnění řádku (max. 79 znaků, tj. asi 2,5 řádku na obrazovce).

Kromě běžných tlačítek, odpovídajících klávesnici psacího stroje, má počítač pět tlačítek pro ovládání kurzoru, pět editačních tlačítek a pět funkčních tlačítek.

Význam tlačítek mohou měnit obvyklá tlačítka SHIFT a CTRL, a dále tlačítka FA, FB, která umožňují vkládat klíčová slova jazyka BASIC (FA přiřazuje horní, FB dolní klíčové slovo příslušnému tlačítku).

Stiskem tlačítka CTRL se zastavuje výpis nebo běh programu, po jeho uvolnění a stisku libovolného tlačítka příslušná činnost počítače pokračuje. Kombinací CTRL a písmene lze vytvořit další řídicí funkce, např.:

- CTRL B ... zablokování klávesnice, zruší se opakováním příkazu
- CTRL C ... trvalé přerušování výpisu nebo běhu programu s hlášením, na kterém řádku došlo k přerušování
- CTRL O ... přepnutí do grafického režimu, tlačítkům odpovídají grafické symboly
- CTRL N ... návrat z grafického do normálního režimu
- CTRL S ... přepnutí do inverzního režimu, zobrazování tmavých znaků na světlém pozadí
- CTRL R ... návrat z inverzního do normálního režimu
- CTRL ... zrušení režimu automatického číslování řádků při sestavování programu (nastavuje se příkazem AUTO a, b ; a - číslo prvního řádku, b - krok číslování)

Jazyk BASIC6, který počítač používá, je rozšířenou verzí jazyka BASIC a jeho podrobný popis je uveden v li-

teratuře /3/. Pokud není připojen modul s jazykem BASIC (nebo jiným jazykem) nebo je-li v jazyku BASIC použit příkaz BYE, lze pracovat i se strojovým kódem mikroprocesoru 8080.

Vedle modulu BASIC6 (paměť 8kB EPROM) lze připojit k IQ151 i další moduly. Povinný je modul VIDEO 32 (RAM 1kB) nebo VIDEO 64, které umožňují spolupráci IQ151 s běžným TV přijímačem naladěným na 10. až 12. kanál. Další moduly jsou např.: GRAFIK (modul pro grafiku 512x256 bodů na TV monitoru). PASCAL, ASSEMBLER (paměti EPROM s příslušnými překladači), STAPER (modul pro připojení snímače děrné pásky, děrovače a tiskárny) aj.

Programy je možné zaznamenávat na běžné magnetofonové kazety.

K IQ151 jsou vyráběna i další zařízení např. zapisovač XY4120, resp. XY4130 (vyrábí Laboratorní přístroje, k.p. Praha), floppydisková jednotka (vyrábí ZPA Čakovice, k.p.), Minigraf 0507 (vyrábí Aritma, k.p. Praha).

2.2 Minigraf 0507

Zařízení je určeno pro grafický výstup počítače IQ151. Připojení se provádí zasunutím modulu do konektoru v zadní části počítače.

Kreslicí plocha Minigrafu je maximálně 187,5x262,5 mm, což odpovídá formátu A4 na výšku. Velikost kroku je 1/8mm, t.j. 0,125 mm, rozsah souřadnic je 0 až 1500 pro souřadnici X a 0 až 2100 pro souřadnici Y. Pisátko může být podle zvoleného nastavce Fix, technické pero apod.

Voláním podprogramů ve tvaru CALL adresa, parametry lze provádět 8 funkcí (adresy je přitom vhodné nahradit dvoupísmenými identifikátory). Tyto funkce jsou následující:

1) HOME

- adresa 49190, vhodný identifikátor HM

- bez parametrů

Zajišťuje synchronizaci motorků pohonu pisátka. Automaticky provádí funkci SIZE 1,0 (viz dále). Funkce HOME se provádí před prováděním dalších funkcí a před založením papíru do Minigrafu. Papír se zakládá tak, aby pisátko bylo v levém horním rohu (poloha odpovídá souřadnicím 0,2100). Pokud je funkce volána po provedení jiných funkcí, nenastaví se pisátko do stejné polohy jako při jejím prvním volání.

2) MOVE

- adresa 49548, vhodný identifikátor MV
- parametry X, Y

Provádí přesun pisátka bez kreslení do polohy o souřadnicích X, Y.

3) VECTOR

- adresa 49542, vhodný identifikátor VC
- parametry X, Y

Zakreslí úsečku z bodu okamžité polohy pisátka do bodu se souřadnicemi X, Y. Souřadnice musí ležet na kreslicí ploše.

4) POINT

- adresa 49555, vhodný identifikátor PT
- parametry X, Y

Provede se přesun pisátka do polohy X, Y, zakreslí se bod a pisátko zůstane spuštěno.

5) SIZE

- adresa 49234, vhodný identifikátor SZ
- parametry V, S

Nastavuje parametry pro funkci WRITE (viz dále)
Parametr V určuje velikost znaků. Základní velikost je pro V = 1 rovna 4x6 kroků a mezera mezi znaky 2 kroky (tj. 0,5x0,75 mm a mezera 0,25 mm). Volbou parametru V > 1 se velikost znaku i mezera V-krát zvětší. Parametr S určuje směr řádku pro WRITE následovně:

- S = 0 ... řádek vodorovně zleva doprava
- S = 2 ... řádek svisle vzhůru
- S = 4 ... řádek zprava doleva (vzhůru nohama)
- S = 6 ... řádek svisle dolů.

6) WRITE

- adresa 49245, vhodný identifikátor WR
- parametr PTR (N\$)

Provede vypsání řetězce N\$ z dosavadní polohy pisátka, po zakreslení posledního znaku se pisátko posune ještě o mezeru (zůstane na počátečním bodě dalšího znaku). Funkci nelze volat ve tvaru CALL WR, PTR ("řetězec").

7) LISTF

- adresa 49682, vhodný identifikátor LF
- parametr R

Provádí výpis prvních R řádků z obrazovky (program, libovolný text bez grafických symbolů). Automaticky provádí funkci HOME (nastaví pisátko vlevo nahoru).

Postup výpisu např. programu je následující:

- zhustí se řádkování na obrazovce (POKE 20,1)
- program (text) se nastaví na obrazovce tak, aby 1.řádek, který má být opsán byl na 2.řádku obrazovky
- vloží se příkaz CALL 49682,R a odešle tlačítkem CR, tím se text posune o řádek nahoru a opíše se R řádků
- pro další výpis stačí používat funkci LISTC

8) LISTC

- adresa 49705, vhodný identifikátor LC
- parametr R

Pracuje obdobně jako LISTF, ale neobsahuje funkci HOME. Opíše pouze prvních R řádků z obrazovky.

V současné době je k Minigrafu 0507/86 (verze vyráběná od roku 1986) dodáván připojovací modul 0509/86. Ten se od předchozího typu 0509/85 liší obsahem paměti EPROM. Programy pro modul 0509/85 je nutno pro modul 0509/86 přeprogramovat a naopak.

Nový modul má oproti předchozímu řadu vylepšení. Příkazy pro práci s Minigrafem je možné volat přímo klíčovými slovy (tedy ne ve tvaru CALL adresa). Modul pracuje s absolutními i relativními souřadnicemi a uživatel může libovolně umisťovat počátek souřadného systému. Je možné v určitém rozmezí nastavovat rychlost kresby. Pro výpis řetězců je možné zvolit kompletní sadu ASCII znaků nebo sadu ASCII znaků, z nichž 5 je nahrazeno diakritickými znaménky (čárka, kroužek, háček, vokán, přehláska). Dále může uživatel definovat vlastní znaky, např. řecká písmena. U písma lze volit směr a sklon psaní.

Další možnosti modulu 0509/86 a podrobný popis instrukcí uvádí literatura /5/. V době vypracování této práce nebyl uvedený modul na katedře technické kybernetiky VŠST k dispozici.

3. Podprogramy pro dvourozměrnou grafiku

Soubor je tvořen relativně samostatnými podprogramy pro grafiku v rovině. V prvním z nich, t.j. v podprogramu pro zadání souřadného systému, jsou totiž definovány funkce pro transformaci souřadnic užívaných v podprogramech do souřadnic Minigrafu. Pokud jsou ostatní podprogramy používány tak, jak jsou sestaveny, je tato transformace, a tedy i použití uvedeného podprogramu, nezbytná. V opačném případě je nutno definovat vlastní transformační funkce.

V podprogramech jsou pro označení konstant, proměnných i definovaných funkcí použita písmena K, M, O, T a jejich kombinace s jinými písmeny. Proto není vhodné je ve vlastním programu používat. Pro označení souřadnic jsou použita písmena X, Y a jejich kombinace. Adresy podprogramů jsou zvoleny jako dostatečně vysoká čísla, aby vlastní program měl dostatečný prostor.

Soubor obsahuje tyto podprogramy:

- zadání souřadného systému
- zakreslení souřadného systému
- označení bodu definovanou značkou
- zakreslení úsečky definovanou čarou

- zakreslení kružnice
- zakreslení elipsy
- zakreslení průběhu funkce
- zakreslení Fergusonovy kubiky
- zakreslení Bézierovy křivky
- zakreslení Coonsovy křivky

Podrobnosti o jednotlivých podprogramech přináší následující přehled.

3.1 Zadání souřadného systému

Podprogram je uložen od adresy 20 000. Plní funkci, které např. u počítače PMD-85 odpovídá příkaz SCALE. Umožňuje tedy zadání souřadného systému podle požadavků uživatele. Zadání probíhá formou dialogu.

Uživatel nejdříve určí, zda budou měřítka na osách X,Y stejná nebo různá. Pak následuje volba souřadnic levého a pravého okraje kreslicí plochy (v programu jsou tyto hodnoty označeny LO,PO). Pokud mají být měřítka na osách různá, určí uživatel souřadnice dolního a horního okraje kreslicí plochy (DO,HO). Mají-li být měřítka stejná, určí pouze souřadnice dolního okraje. Pak počítač provede výpočet souřadnice horního okraje a pokud

tato uživateli vyhovuje, definují se následující funkce pro přepočítání zvolených souřadnic do souřadného systému

Minigrafu:

$$FNX(X) = X * MX + XO \quad (1)$$

$$FNY(Y) = Y * MY + YO \quad (2)$$

kde jsou

X,Y... uživatelem zadané souřadnice např. bodu
MX,MY.. měřítko na osách X,Y

$$(MX=1500/(PO-LO), MY=2100/(HO-DO))$$

nebo MY=MX pro stejná měřítko na osách)

XO,YO.. souřadnice počátku souřadného systému

$$(XO=-LO * MX, YO= - DO * MY).$$

Při zadávání je kontrolována přípustnost všech hodnot. Na začátku podprogramu jsou přiřazeny hodnoty identifikátorům používaným při volání funkcí Minigrafu (tj. adresy podprogramů, viz 2.2). Ve vlastním programu tedy lze volat funkce Minigrafu ve tvaru CALL HM; CALL MV,X,Y; atd. Dále je přiřazena hodnota "R" řetězcové proměnné KŠ, která slouží k větvení programů, pokud mohou pracovat se souřadným systémem v rovině i v prostoru (např. podprogram pro kreslení úsečky, viz. 3.4).

Podprogram provádí funkci HOME (nastavení pisátka do počáteční polohy), což umožňuje ihned po jeho spuštění založit papír do Minigrafu.

Výpis podprogramu je uveden v příloze č.1

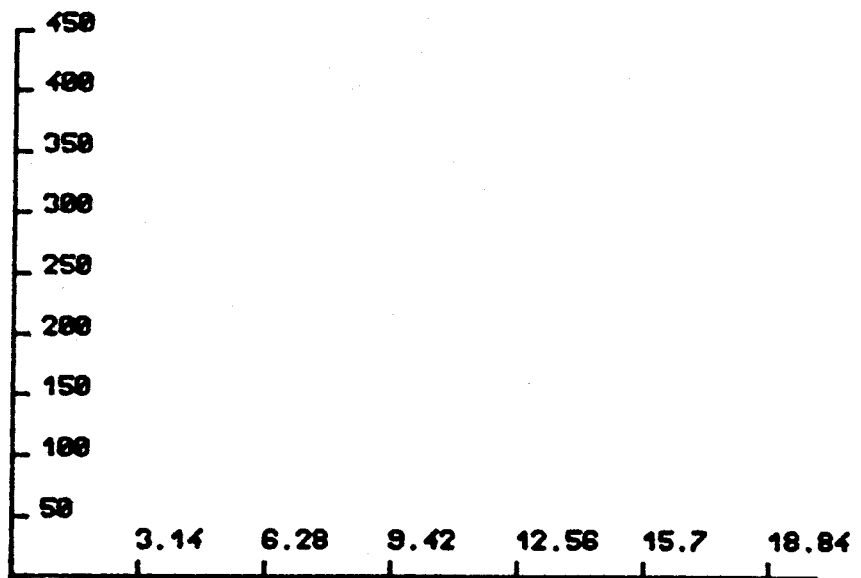
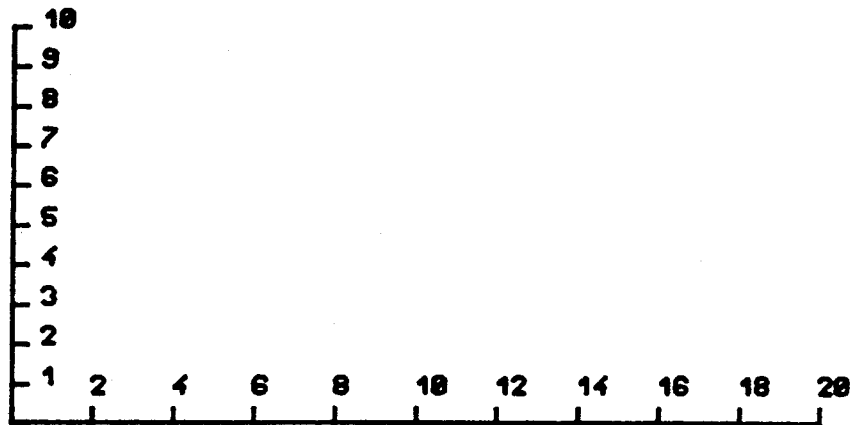
3.2 Zakreslení souřadného systému

Podprogram je uložen od adresy 20 500. Provádí zakreslení a popis os zvoleného souřadného systému. Zadávání potřebných hodnot probíhá dialogovou formou.

Uživatel zvolí interval $\langle A0, B0 \rangle$ na ose X a interval $\langle C0, E0 \rangle$ na ose Y, které mají být zakresleny. Po zkontrolování přípustnosti zadání (vzhledem k hodnotám $L0, P0, D0, H0$, zvoleným v podprogramu z odstavce 3.1), volí uživatel krok na osách (hodnoty KX, KY), t.j. přírůstek, po kterém se označí souřadnice na osách X, Y. Pokud je krok zvolen záporný, příliš velký nebo příliš malý (srovnává se velikost kroku s délkou řetězce, popisujícího osu), je na to uživatel upozorněn a musí provést volbu znovu. Je-li zadání přípustné, provádí se vlastní kresba. Popis os se provádí od nižších hodnot k vyšším. Jako první je označen nejmenší celočíselný násobek kroku KX , resp. KY , který leží v příslušném intervalu $\langle A0, B0 \rangle$, resp. $\langle C0, E0 \rangle$.

V případě, že nulové souřadnice leží mimo kreslící plochu nebo by popis os zasahoval mimo ni, nejsou zakresleny osy, ale pouze měřítko na levém a dolním okraji kreslící plochy.

Ukázka činnosti podprogramu je na obr.1. Výpis podprogramu je uveden v příloze č.2.



Obr. 1 Souřadné systémy zakreslené podprogramem
z 3.2

3.3 Označení bodu

Podprogram je uložen od adresy 21 300. Provádí zakreslení bodu některou z deseti definovaných značek.

Před voláním podprogramu je třeba definovat následující parametry:

- X ... x-ová souřadnice bodu
- Y ... Y-ová souřadnice bodu
- OB .. označení bodu, celé číslo z intervalu $\langle 0, 11 \rangle$
určuje typ značky, pokud nenabývá přípustné hodnoty, zakresluje se značka +.

Zadané souřadnice X, Y se nejdříve transformují do souřadného systému Minigrafu pomocí vztahů (1), (2). Podle hodnoty parametru OB se příslušným příkazem RESTORE nastaví, která data se budou při kreslení číst (tím je určen typ značky). Pohyb pisátka při kreslení je určen relativními souřadnicemi X1, Y1 vzhledem k souřadnicím bodu X, Y, X1, Y1 jsou načítána z dat, stejně jako parametr F0, který určuje pohyb pisátka (0 - přesun bez kreslení, 1 - zakreslení úsečky, 2 - konec dat). Velikost značky lze řídit změnou velikosti relativních souřadnic X1, Y1, tedy změnou velikosti jmenovatelů ve výrazech na řádku 21475 (viz příloha č.3).

Vytvořením vlastních dat lze definovat libovolné

znaky, např. řecká písmena. Tento způsob definování vlastních znaků je ovšem poněkud nepraktický, vzhledem k možnostem, které má připojovací modul 0509 Minigrafu (viz 2.2). Příkazy RESTORE mohou totiž ve vlastním programu způsobit některé komplikace a je proto třeba brát je v úvahu při sestavování programu.

Přehled značek a příslušných parametrů OB je na straně 24. Výpis podprogramu je uveden v příloze č.3.

Přehled značek a odpovídajících parametrů OB

Značka	Parametr
■	1
×	2
+	3
✱	4
□	5
⊠	6
▣	7
⊙	8
⊕	9
⊗	10
△	11

Velikost zobrazených značek odpovídá jmenovateli v řádku 21475 rovnému 3. Pro OB=0 se zakreslí pouze bod. Jestliže se OB nerovná žádné z uvedených hodnot, zakreslí se značka pro OB=3.

3.4 Zakreslení úsečky

Podprogram je uložen od adresy 21 900. Provádí kresbu úsečky z bodu kde se právě nachází pisátko do bodu zadaného souřadnicemi. Před voláním podprogramu je třeba definovat následující parametry:

- X ... x-ová souřadnice koncového bodu
- Y ... y-ová souřadnice koncového bodu
- Z ... z-ová souřadnice koncového bodu (pokud je zadán souřadný systém v prostoru)
- OC .. označení čáry, pro níže uvedené hodnoty definuje příslušné druhy čar:
 - 0 ... přesun pisátka bez kreslení
 - 1 ... plná čára
 - 2 ... přerušovaná čára
 - 3 ... čerchovaná čára

Úsečka je určena parametrickými rovnicemi:

$$OX = (X-TX) * T + TX \quad (3)$$

$$OY = (Y-TY) * T + TY \quad (4)$$

kde jsou

TX, TY ... souřadnice počátečního bodu úsečky

X, Y ... souřadnice koncového bodu úsečky

T ... parametr z intervalu $\langle 0;1 \rangle$

OX, OY .. souřadnice bodu úsečky pro danou hodnotu parametru T

Rovnice (3), (4) jsou uloženy jako podprogram od řádku 22064 (viz příloha č.4).

V programu jsou nejprve souřadnice krajních bodů úsečky přepočítány do souřadného systému Minigrafu pomocí funkcí (1), (2) nebo (24), (25) u souřadného systému v prostoru, viz 4.1. Příslušné větvení programu je určeno hodnotou řetězcové proměnné KŽ. Pokud leží celá úsečka uvnitř kreslicí plochy, provede se její zakreslení. Jinak jsou nejdříve určeny hodnoty parametrů, příslušející průsečíkům dané úsečky s hraničními přímkami kreslicí plochy (v programu je to určení hodnot parametrů T1, T2, posloupností příkazů IF...THEN). Potom se zakreslí část úsečky zasahující kreslicí plochu. Koncový bod se stává počátečním bodem pro následující úsečku (hodnoty X,Y se uloží na TX,TY).

U přerušované a čerchované čáry se v závislosti na délce úsečky určí přírůstek TK parametru T, tj. velikost mezer (v programu řádky 22018 až 22024).

Výpis podprogramu je uveden v příloze č.4.

3.5 Zakreslení kružnice

Podprogram je uložen od adresy 22300. Provádí zakreslení kružnice nebo kruhového oblouku. Před voláním podprogramu je třeba definovat následující parametry:

XS ... x-ová souřadnice středu kružnice

YS ... y-ová souřadnice středu kružnice

RO ... poloměr kružnice

O1 ... orientovaný úhel počátečního bodu oblouku
(ve stupních)

O2 ... orientovaný úhel koncového bodu oblouku
(ve stupních)

Ve skutečnosti se kreslí mnohoúhelník, jehož souřadnice jsou počítány z rovnic

$$X = RO * MX * \cos(O) + XS \quad (5)$$

$$Y = RO * MY * \sin(O) + YS \quad (6)$$

kde parametr O nabývá hodnot od O1 do O2. Krok parametru (v programu označen OF, viz příloha č.5) se určuje v závislosti na poloměru kružnice. Pokud má O1 i O2 stejnou hodnotu, položí se O1=0, O2=360 a kružnice se zakreslí celá. Pokud je O2 menší než O1, zvětší se O2 o 360 stupňů.

Podprogram provádí kresbu i v případě, že část kružnice nebo kruhového oblouku leží mimo kreslicí plochu.

Příslušná strana mnohoúhelníka se zakreslí, jestliže její počáteční i koncový bod leží uvnitř kreslicí plochy, tj. když jsou hodnoty $PK(1)=1$ a $PK(2)=1$ ($PK(1)$ pro počáteční, $PK(2)$ pro koncový bod úsečky). Jestliže koncový bod leží mimo kreslicí plochu, je $PK(2)=0$ a zakreslení úsečky se neprovede. Položí se $PK(1)=0$ (koncový bod se stává počátečním bodem další úsečky) a provádí se výpočet souřadnic dalšího koncového bodu.

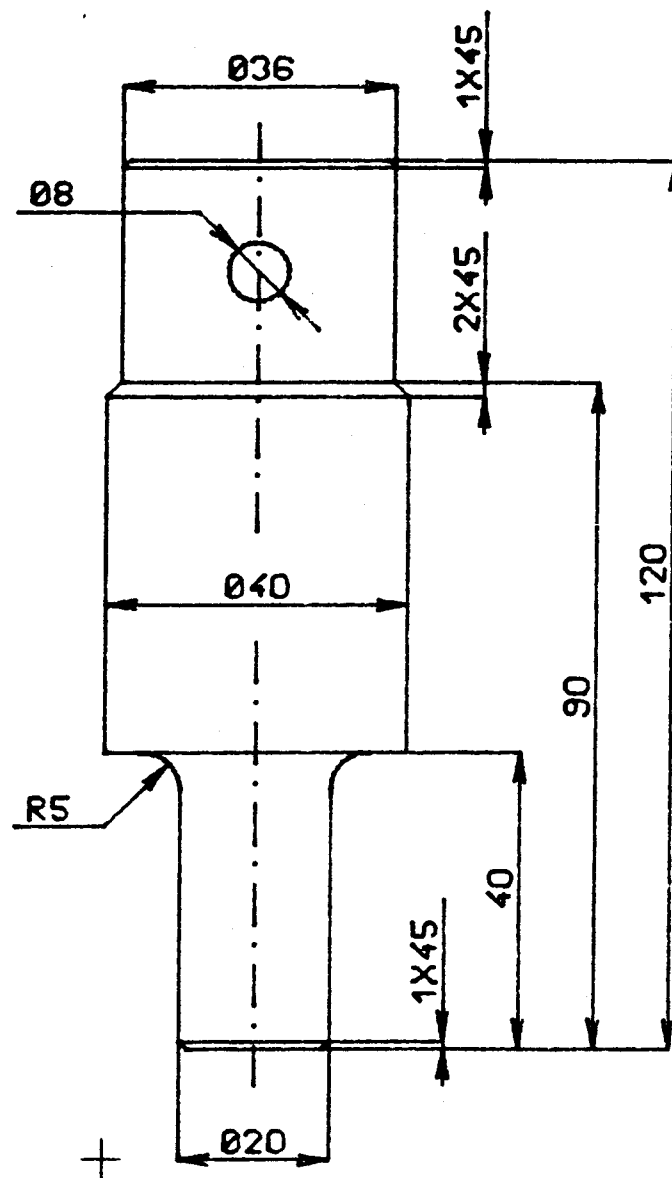
Řádek 22459 (viz příloha č.5) provádí zdvihnutí písátka, protože při déle spuštěném písátku samovolně vytékala náplň fixu a vznikaly tak nežádoucí skvrny (obdobné opatření je provedeno i ve většině ostatních podprogramů). Pokud uvedený problém nevzniká, je možné tento řádek zrušit.

Výpis podprogramu je uveden v příloze č.5. Ukázka použití tohoto podprogramu a podprogramu pro kreslení úseček je na obr.2. Výpis programu je uveden v příloze č.16, data pro zobrazenou součást v příloze č.17.

Nejprve je použit podprogram pro zadání souřadného systému (viz 3.1). Zadáním souřadného systému lze v určitém rozmezí měnit měřítko kresby, případně pozici kresby na kreslicí ploše. Dále je použit podprogram pro kreslení úseček. Z dat od řádku 1000 do řádku 1160 (příloha č.17) jsou načítány hodnoty X, Y, OC (viz 3.4) a provádí

se zakreslení příslušných úseček. Obdobným způsobem se provede zakreslení kruhových oblouků. Šipky na kótách jsou kresleny samostatně (nejsou vázány na kótovací čáry). Každá šipka je určena dvěma body a směřuje od prvního do druhého. Souřadnice příslušných bodů (X1,Y1,X2,Y2) jsou uloženy v datech od řádku 1190. Zbytek datového souboru tvoří popis kót. Data jsou uložena v pořadí PK(1), PK(2), PPŽ,V,S, kde PK(1), PK(2) jsou souřadnice místa kam bude popis umístěn, PPŽ je vlastní popis a V,S jsou parametry pro funkci SIZE (viz 2.2). Všechny kóty v datovém souboru jsou vztaženy k bodu označenému křížkem (počátek souřadného systému).

Zakreslení celého obrázku trvá přibližně 3 minuty (Přitom nejsou přesuny pisátka zvoleny optimálně). Nevýhodou je ovšem značná pracnost při pořizování dat.



Obr. 2 Ukázka použití podprogramu pro kreslení úseček a kružnic

3.6 Zakreslení elipsy

Podprogram je uložen od adresy 22600. Provádí zakreslení elipsy, jsou-li definovány následující parametry:

X1 ... x-ová souřadnice hlavního vrcholu
Y1 ... y-ová souřadnice hlavního vrcholu
X2 ... x-ová souřadnice druhého hlavního vrcholu
Y2 ... y-ová souřadnice druhého hlavního vrcholu
B ... velikost vedlejší poloosy

Ze zadaných souřadnic vrcholů se nejprve určí střed XS, YS elipsy a velikost hlavní poloosy A. Body elipsy se pak počítají z rovnic:

$$X = A * \cos(O) \quad (7)$$

$$Y = B * \sin(O) \quad (8)$$

kde je

A, B ... velikost hlavní a vedlejší poloosy
O ... parametr z intervalu $\langle 0; 2\pi \rangle$, přírůstek parametru závisí na velikosti poloosy A

Dále se provádí natočení elipsy vzhledem k souřadnému systému přepočtením souřadnic podle vztahů

$$XZ = X * \cos(F0) - Y * \sin(F0) + XS \quad (9)$$

$$YZ = X * \sin(F0) + Y * \cos(F0) + YS \quad (10)$$

kde F0 je úhel natočení vypočtený ze vztahu

$$F0 = \text{ATN}((Y2 - Y1)/(X2 - X1)) \quad (11)$$

Vztahy (9), (10) lze obecně použít pro natočení souřadného systému nebo rovinného útvaru.

Podprogram provádí kresbu i v případě, že část elipsy leží mimo kreslicí plochu. V tom případě je použit stejný postup jako v podprogramu pro kreslení kružnic (viz 3.5).

Výpis podprogramu je uveden v příloze č.6.

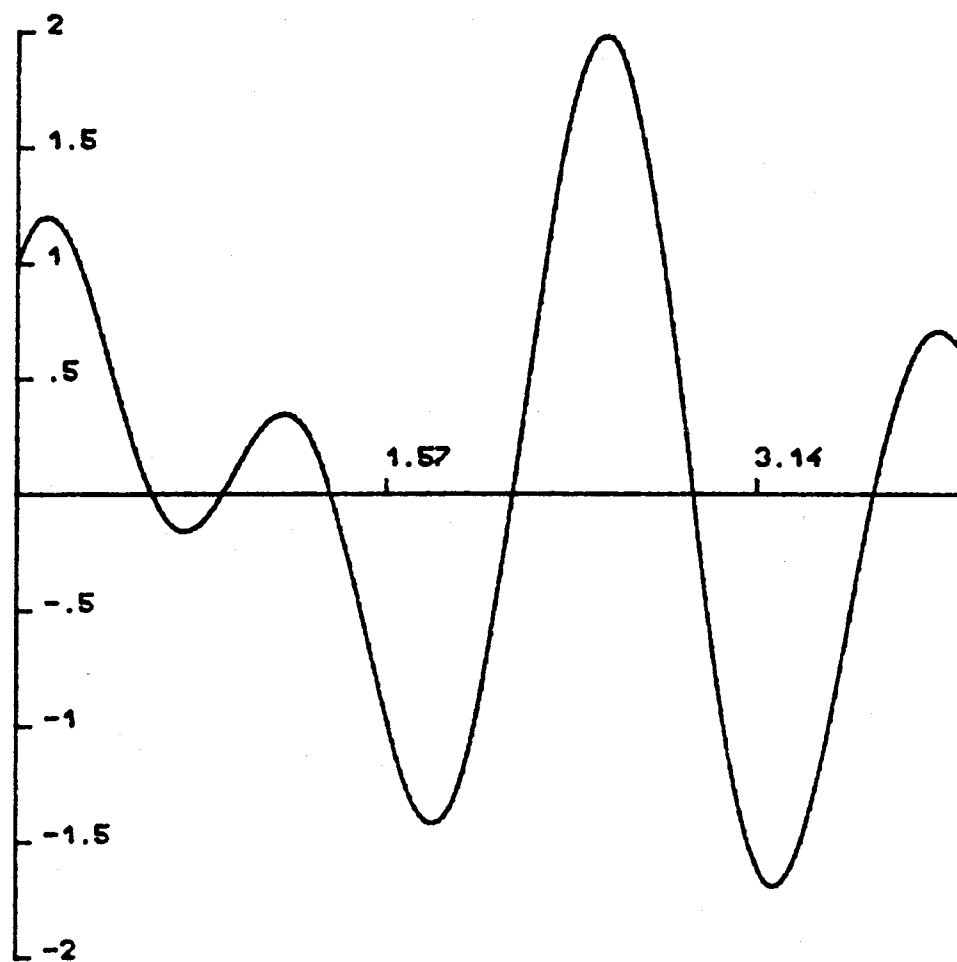
3.7 Zakreslení průběhu funkce

Program je uložen od adresy 22800. Provádí zakreslení funkce zadané uživatelem. Zadání probíhá dialogovým způsobem.

Program se spouští příkazem RUN 22800. Na obrazovku se vypíše instrukce pro uživatele a běh programu se přeruší. Po definování funkce s proměnnou X uživatel znovu spustí program příkazem GOTO 22840. Použitím podprogramů z 3.1 a 3.2 je pak zadán a zakreslen souřadný systém. Dále uživatel určí definiční obor funkce. Jestliže je definiční obor nepřipustný vzhledem k zakreslenému souřadnému systému, musí uživatel provést novou volbu nebo je za definiční obor vzata pouze přípustná část zakreslené osy X.

Jemnost kresby lze určit velikostí jmenovatele ve výrazu na řádku 22920 (viz příloha č.7). Části grafu funkce zasahující mimo zakreslený souřadný systém se nezobrazují. K tomu je zde použit stejný postup jako u podprogramů z 3.5 a 3.6.

Ukázka činnosti programu je na obr.3. Výpis programu je uveden v příloze 7.



Obr. 3 Průběh funkce $Y = \sin(3.2 \cdot X) + \cos(5 \cdot X)$
zakreslený programem z 3.7

3.8 Fergusonova kubika

Podprogram je uložen od adresy 25500. Provádí zakreslení Fergusonovy kubiky, určené parametrickou rovnicí:

$$P(t) = P_0 F_1(t) + P_1 F_2(t) + P_0' F_3(t) + P_1' F_4(t) \quad (12)$$

kde F jsou polynomy třetího stupně

$$F_1(t) = 2t^3 - 3t^2 + 1 \quad (13)$$

$$F_2(t) = -2t^3 + 3t^2 \quad (14)$$

$$F_3(t) = t^3 - 2t^2 + t \quad (15)$$

$$F_4(t) = t^3 - t^2 \quad (16)$$

$$t \in \langle 0, 1 \rangle$$

a P jsou následující vektory

P_0 ... polohový vektor počátečního bodu

P_1 ... polohový vektor koncového bodu

P_0' ... tečný vektor v počátečním bodu

P_1' ... tečný vektor v koncovém bodu

Odvození je uvedeno v literatuře /2/.

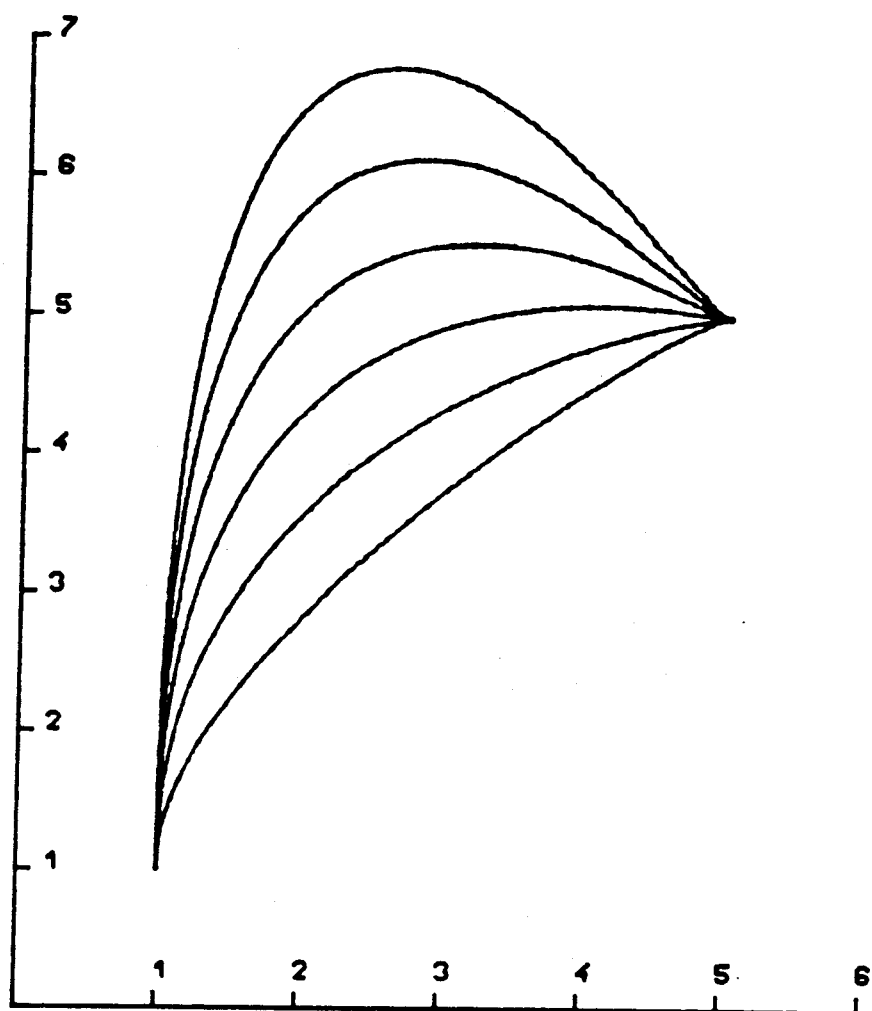
Fergusonova kubika je určena krajními body a tečnými vektory v nich. Čím větší je tečný vektor, tím těsněji křivka přimyká ke své tečně. To umožňuje i málo zkušenému uživateli křivku poměrně snadno modelovat.

Fergusonovou kubikou lze také dobře aproximovat rovinné i prostorové křivky, např.: kružnici, elipsu, sinusoidu, evolventu kružnice apod. (viz literatura /1/). Výhodou Fergusonovy kubiky je, jak už bylo uvedeno, jednoduché zadání, které dává uživateli přibližnou představu o tvaru křivky již při volbě vstupních parametrů. Nevýhodou naopak je, že tvarově složitější křivky je třeba rozdělit na větší počet oblouků a každý z nich modelovat samostatně.

Uvedený podprogram má dvě varianty - pro křivku zadanou v rovině nebo pro křivku zadanou v prostoru (o druhé variantě podrobněji v 4.3). Větvení podprogramu je provedeno na základě hodnoty proměnné KŽ (viz 3.1, 4.1). Zadávání probíhá dialogovým způsobem.

Pro výpočet souřadnic bodů křivky je na řádku 25710 definována funkce, získaná dosazením (13), (14), (15), (16) do (12) a vytknutím stejných mocnin parametru t . Jemnost kresby lze ovlivnit změnou kroku cyklu v řádku 25730. Kresba se provádí i když křivka zasahuje mimo kreslicí plochu. Na řádcích 25830 až 25845 je proto použit stejný postup jako v 3.5.

Ukázka činnosti podprogramu je na obr.4. Výpis podprogramu je uveden v příloze č.10.



Obr. 4 Fergusonova kubika

Křivky s počátečním bodem $(1,1)$, koncovým bodem $(5,5)$ a tečným vektorem v koncovém bodě $(5,0)$. Tečný vektor v počátečním bodě nabývá postupně hodnot $(0,5)$, $(0,10)$, $(0,15)$, $(0,20)$, $(0,25)$, $(0,30)$.

3.9 Bézierova křivka

Podprogram je uložen od adresy 26000. Je určen pro modelování Bézierových křivek.

Uživatel zadává lomenou čáru (řídící polygon), které počítač přiřadí křivku. Je-li zadáno n vrcholů řídícího polygonu, je Bézierova křivka určena následujícím polynomem:

$$P(t) = \sum_{i=0}^n P_i B_{in}(t), \text{ te } \langle 0,1 \rangle \quad (17)$$

kde jsou

P_i ... polohové vektory vrcholů řídícího polygonu

B_{in} ... tzv. Bernsteinovy polynomy

$$B_{in} = \binom{n}{i} \cdot t^i \cdot (1-t)^{n-i} \quad (18)$$

Podrobnosti uvádí literatura /1/, /2/.

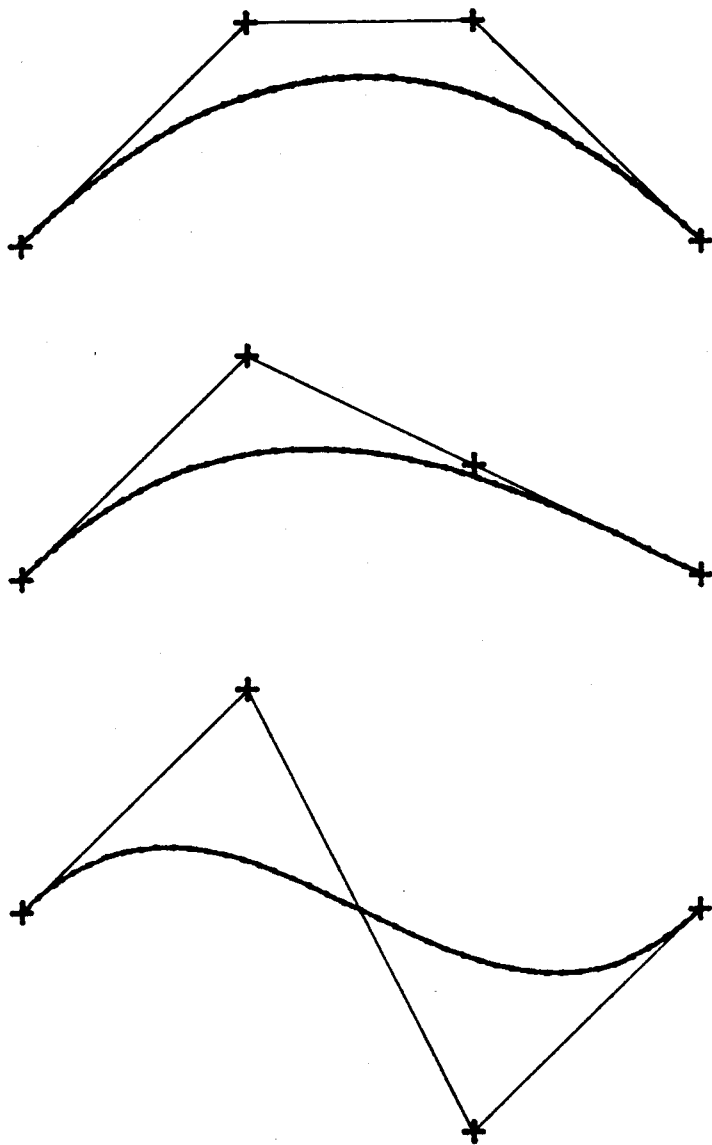
Počáteční (resp.koncový) bod řídícího polygonu je totožný s počátečním (resp.koncovým) bodem Bézierovy křivky. Dále platí, že spojnice prvního a druhého bodu polygonu je tečnou křivky v počátečním bodě (a analogicky pro předposlední a poslední bod).

Podprogram má opět dvě varianty, jako podprogram z 3.8 (o variantě pro prostorovou křivku blíže v 4.4).

Zadávání vrcholů řídícího polygonu probíhá dialogovou formou. Uživatel zadává minimálně čtyři vrcholy ři-

dícího polynomu. V části podprogramu od řádku 26150 do 26340 (viz příloha č.11) jsou vypočítána kombinační čísla ze vztahu (18) a jsou uložena na indexovanou proměnnou Q0. Ta je pak použita při výpočtu souřadnic bodů křivky, řádek 26380 a 26390. Souřadnice bodů jsou přepočítány do souřadného systému Minigrafu pomocí funkcí (1), (2). Změnou kroku cyklu na řádku 26350 lze řídit jemnost kresby.

Ukázka činnosti podprogramu je na obr.5. Výpis podprogramu je uveden v příloze č. 11.



Obr. 5 Bézierovy křivky a příslušné řídicí polygony.
Z obrázku je patrné, jak lze změnou polohy
vrcholu řídicího polygonu křivku modelovat

3.10 Coonsova křivka

Podprogram je uložen od adresy 26800. Provádí zakreslení Coonsovy křivky definované následujícím vztahem:

$$P(t) = \frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1}^4 V_{i+k} C_i(S) \quad (19)$$

kde V_{i+k} jsou vrcholy řídicího polygonu

C_i jsou polynomy třetího stupně

$$C_1(S) = (1-s)^3 \quad (20)$$

$$C_2(S) = 3s^3 - 6s^2 + 4 \quad (21)$$

$$C_3(S) = -3s^3 + 3s^2 + 3s + 1 \quad (22)$$

$$C_4(S) = s^3 \quad (23)$$

a platí, jestliže $t \in \langle 0,1 \rangle$, pak

pro $t \neq 1$ je k rovno celé části p , $p = t \cdot (n-3)$

je s rovno desetinné části p

pro $t = 1$ je k rovno $n-4$

je s rovno 1

Coonsova křivka je zadána stejným způsobem jako Bézierova křivka, tj. řídicím polygonem. Vazba mezi polygonem a křivkou je však volnější než v případě Bézierovy křivky. Obecně neprochází Coonsova křivka počátečním ani koncovým bodem polygonu. Aby křivka procházela určitým bodem, musí být zadán jako trojnásobný. Další speciální vlastnosti Coonsovy křivky uvádí literatura /1/.