

Computer grafica con il plotter

In questo numero e nel successivo tratteremo ampiamente le problematiche connesse con l'uso del plotter in computer grafica. Problematiche che concernono sia le applicazioni, ovvero in quali campi conviene utilizzare e in quali no il plotter, sia le difficoltà che si incontrano a livello software nella sua utilizzazione.

Poiché i comandi per utilizzarlo via software sono pochi e di immediata comprensione, si vedrà come prevedere una uscita su plotter non costituisce un appesantimento della programmazione né presenta problemi di compatibilità con qualsiasi Basic e quindi con qualsiasi microcomputer.

Inoltre, e il discorso vale per chi non ha un plotter, ma ha perlomeno un microcomputer, i programmi presentati possono essere facilmente convertiti per altre unità di output.

Le unità di output proprie della Computer Grafica sono il plotter e il video grafico anche se, come abbiamo visto nei numeri precedenti, per talune applicazioni si possono ottenere risultati soddisfacenti con unità di output non grafico.

I campi di applicazione delle due unità sono sostanzialmente differenti. Il video grafico ha una minore definizione, ma una maggior velocità nella formazione dell'immagine, e può fornire, e solo quando si abbia una stampante grafica, solo una hard copy dello schermo, quindi con pari definizione. Il suo uso è principalmente in Computer Grafica Interattiva dove, ad esempio, è importante esaminare oggetti in movimento oppure chiedere ed ottenere immediatamente variazioni di scala o rotazioni di un disegno. Il plotter invece fornisce un disegno su carta con una definizione altissima (ai limiti della visibilità) e con una velocità altissima, insomma prestazioni superiori a qualsiasi bravo disegnatore.

Ma a fronte di questi enormi vantaggi, quali sono gli svantaggi? Innanzitutto il prezzo, che pur potendo scendere per i tipi più economici ai due milioni, diventa elevato per i plotter con caratteristiche migliori, e quindi può entrare in modo determinante nell'analisi costi-benefici. Poi c'è il problema del software.

Per realizzare un disegno occorre comunque realizzare un programma che può diventare estremamente complesso e quindi costoso, e in definitiva può costituire l'elemento fondamentale di scelta.

A conferma di questo c'è la constatazione che le applicazioni più diffuse negli studi professionali, dove la C.G. trova un uso non hobbistico e sicuramente non antieconomico, sono proprio quelle in cui il software è più generalizzabile, ovvero è utilizzabile più volte.

Sono infatti diffuse applicazioni nel campo della progettazione stradale, dove i disegni (profili e sezioni) sono ripetitivi, nel campo della progettazione meccanica, dove gli elementi base sono sempre gli stessi (si pensi al disegno di un pezzo meccanico in cui compaiono quindici bulloni identici), nella progettazione elettronica, si pensi alla soluzione analitica dei circuiti elettronici e al disegno di una scheda, ecc.

Ma se si dovesse realizzare un programma che disegna ad esempio il prospetto del Colosseo, ci vorrebbe tanto tempo e il programma non sarebbe più riutilizzabile se non che per disegnare il prospetto del Colosseo.

Come è fatto un plotter

Semplificando al massimo la descrizione del plotter, potremmo dire che consiste in una base (superficie su cui poggia la carta)

e in un meccanismo costituito da due motori in grado di realizzare il movimento relativo, nelle due direzioni X e Y, tra foglio di carta e penna. Ci sarà infine un meccanismo in grado di alzare ed abbassare la punta scrivente. Tutto qui.

Ci sono due tipi di plotter: il plotter piano ha una base fissa e si muove solo la penna lungo il braccio (per movimento Y) e la penna con tutto il braccio (per movimento X), e il plotter a rullo costituito da una superficie cilindrica su cui poggia la carta e che ruota (movimento X) mentre il braccio su cui scorre la penna (movimento Y) è fisso.

Caratteristiche tecniche del plotter

1) Formato della carta nei plotter a rullo ed in alcuni plotter piani, in cui è previsto lo scorrimento della carta, è definita solo la dimensione lungo la quale scorre la testa con la penna, l'altra può essere infinita.

2) Definizione del tratto consiste nel più piccolo incremento nella posizione X o Y indirizzabile via software.

3) Velocità della penna tanto più elevate sono la velocità e l'accele-

COMANDI PLOTTER WATANABE

comandi principali

PRINT "M"; X; Y

muove la penna (alzata) fino al punto XY in coordinate assolute del plotter

PRINT "I"; X; Y

muove la penna (alzata) fino al punto di coordinate relative XY rispetto al punto di partenza

PRINT "D"; X; Y

traccia la linea fino al punto XY in coordinate assolute del plotter

PRINT "R"; X; Y

traccia le linee fino al punto di coordinate relative XY rispetto al punto di partenza

comandi di utilità

PRINT "X"; P; Q; R

traccia un asse X (se P = 0) o Y (se P = 1) composta da R segmenti di lunghezza Q

PRINT "H"

muove la penna alzata fino al punto di coordinate plotter 0,0

PRINT "L"; P

se P = 1 traccia linee tratteggiate

PRINT "B"; L

L indica la lunghezza del tratto nel tratteggio

comandi di print

PRINT "S"; N

N indica la scala con la quale tracciare i caratteri

PRINT "Q"; N

N indica la rotazione con la quale tracciare i caratteri

PRINT "P"; XS

XS è la stringa da scrivere

PRINT "N"; n

traccia un simbolo grafico, in aggiunta al set di caratteri alfanumerici, specificato da N.

0=	1=	2=	3=	4=	5=	6=	7=
8=	9=	10=	11=	12=	13=	14=	15=
16=	17=	18=	19=	20=	21=	22=	23=
24=	25=	26=	27=	28=	29=	30=	31=
32=	33=I	34="	35=#	36=#	37=%	38=&	39='
40=(41=)	42=*	43=+	44=,	45=-	46=.	47=/
48=0	49=1	50=2	51=3	52=4	53=5	54=6	55=7
56=8	57=9	58=:	59=;	60=<	61==	62=>	63=?
64=@	65=A	66=B	67=C	68=D	69=E	70=F	71=G
72=H	73=I	74=J	75=K	76=L	77=M	78=N	79=O
80=P	81=Q	82=R	83=S	84=T	85=U	86=V	87=W
88=X	89=Y	90=Z	91=[92=\	93=]	94=†	95=>
96='	97=a	98=b	99=c	100=d	101=e	102=f	103=g
104=h	105=i	106=j	107=k	108=l	109=m	110=n	111=o
112=p	113=q	114=r	115=s	116=t	117=u	118=v	119=w
120=x	121=y	122=z	123={	124=	125=}	126=^	127=

Figura 1 - SET di caratteri del DIGILOT. Questo è il set di caratteri alfanumerici disponibile nel software del DIGILOT. Ci sono poi, richiamabili con appositi comandi, sei simboli speciali.

```

90 D$ = CHR$(4)
100 FOR I = 0 TO 255 STEP 16
110 FOR L = 0 TO 15
120 K = I + L
130 X = L * 160 + 100 : Y = 2300 - I * 5
140 S$ = STR$(K) + "=" + CHR$(K)
150 GOSUB 1000 : GOSUB 1100 : NEXT L : I = END
1000 PRINT D$;"PR#1": PRINT "M":X":Y": PRINT D$;"PR#0": RETURN
1100 PRINT D$;"PR#1": PRINT "P":S$: PRINT D$;"PR#0": RETURN
    
```

Figura 2 - Programma di scrittura alfanumerica. Per richiamare i caratteri è bene utilizzare la solita funzione BASIC CHR\$(X), che permette anche di tracciare i caratteri non disponibili sulla tastiera.

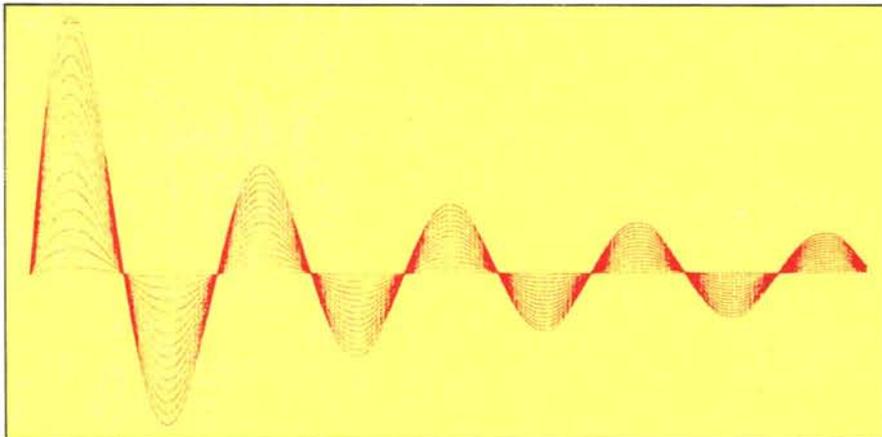


Figura 3 - Tipico disegno da fare eseguire al plotter.

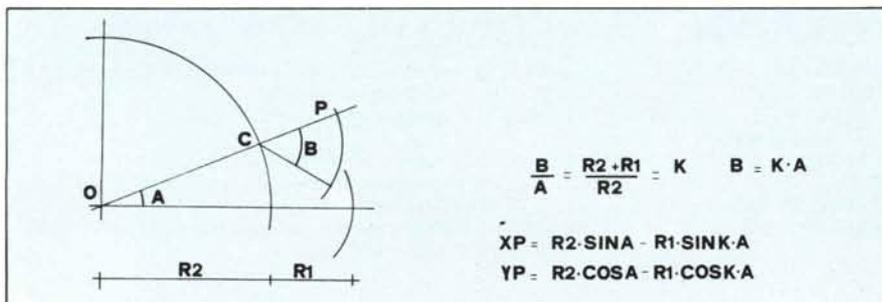


Figura 4 - Analisi geometrica del funzionamento di uno spirografo.

razione tanto più sono grandi e costosi i motori di trascinamento. Peraltro la velocità è condizionata dal tipo di penna e di carta che si usano. Per taluni tipi di applicazione, ad esempio pennini tipo Rapidograph su carta lucida, le velocità devono essere contenute per garantire la continuità del tratto.

4) Numero delle penne
il poter cambiare penna via software potenzia sensibilmente le caratteristiche del plotter. Il dispositivo meccanico che realizza tale possibilità è relativamente economico (sia il tipo a rastrelliera in cui la penna è pescata volta per volta dal braccio, sia il tipo in cui il braccio trascina sempre tutte le penne), rispetto ai meccanismi principali.

I plotter a più penne sono quindi sempre più diffusi.

5) Software applicativo
è utilissimo, se non addirittura indispensabile, che il plotter sia intelligente. Sia ovvero munito di un minimo di software di base in ROM, richiamabile da programma con semplici comandi. Ad esempio è indispensabile un Character Generator, con il quale è possibile eseguire scritte di formato ed inclinazione variabile con comandi semplici.

Come si usa il plotter via software

Utilizzando per questo articolo il plotter Watanabe Digiplot, vera utilitaria nel campo e con un rapporto costi/prestazioni interessante. Esaminiamo rapidamente il suo software, elencando i comandi (richiamabili semplicemente in BASIC) e descrivendone il significato.

Viene riconosciuta, per questi comandi, una area di azione di 36 cm per 24 cm con una definizione di 0.1 mm. Nel sistema di riferimento del plotter sono quindi individuati ben 3600 per 2400 punti.

L'origine degli assi, dove in genere va posizionata la penna al momento dell'accensione è in basso a sinistra. Le coordinate devono essere espresse in numeri interi, pena la segnalazione di errore e il blocco del programma.

Il primo comando è il comando di MOVE, quello che fa posizionare la penna in un determinato punto individuato da XY. Questo e gli altri comandi sono meglio descritti nella apposita tabellina, nella quale vengono divisi in tre gruppi logici, comandi elementari di disegno, comandi ausiliari di disegno e comandi di scrittura stringhe. Per quanto concerne il set di caratteri alfanumerici disponibili, sono visualizzati nella fig. 1, realizzata con il programma listato in fig. 2, che fa uso delle funzioni del plotter di PRINT e MOVE.

Prima di cominciare la trattazione dei programmi realizzati per illustrare l'uso del plotter, facciamo una ultima considerazione.

Abbiamo già detto che la semplicità dei comandi non appesantisce la programmazione e quindi è semplice implementare

con uscita su plotter qualsiasi programma grafico. Va però considerato che, essendo il plotter, anche il più veloce, una unità molto lenta rispetto all'elaboratore, conviene prendere provvedimenti, già in fase di stesura del programma, per velocizzare il più possibile l'esecuzione.

Il movimento della penna avviene a velocità costante sia a penna giù, quando il plotter scrive, sia a penna su. Conviene quindi rendere minimi i percorsi a vuoto.

Questo si può fare ovviamente solo in fase di programmazione e con provvedimenti non generalizzabili, ma variabili da caso a caso. Ad esempio se occorre realizzare una campitura di una area tramite tratteggio, converrà alternare il senso di scrittura in modo che ad una linea eseguita da sinistra a destra segua una linea eseguita da destra a sinistra e così via.

Un po' quello che realizzano le stampanti bidirezionali ottimizzate, nelle quali il buffer immagazzina, al momento di stampare una riga, anche il contenuto della riga successiva; quindi non debbono andare necessariamente a capo in quanto possono scrivere da destra a sinistra.

Minimizzando i percorsi a vuoto si possono ottenere sensibili risparmi sui tempi di esecuzione.

Il programma spirografo

Per esemplificare quanto detto finora, abbiamo realizzato alcuni programmi dimostrativi dell'uso del plotter; programmi che comunque possono essere "rigenerati" anche per altre unità output.

Le prime prove che abbiamo fatto sono quelle che richiedono un programma corto e producono un disegno (apparentemente) molto complesso. Un programma corto, ad esempio, è quello che fa tracciare sulla carta una curva o una serie di curve, definita da una funzione i cui valori sono calcolati e visualizzati via via (fig. 3).

Esaminiamo il programma spirografo. Lo spirografo, per chi non lo sapesse, è un giocattolo (l'ho visto recentemente in un grande magazzino) che permette di tracciare su un foglio di carta dei disegni geometrici molto decorativi.

Consiste in una piastrina di plastica con dei fori di varia forma e con il bordo dentellato. Poggiata la piastrina sul foglio di carta va posto, all'interno del foro, un altro pezzetto di plastica di varia forma a sua volta dentellato ai bordi. Questo pezzetto di plastica ha dei buchini nei quali si può infilare la matita colorata.

Tenendo ferma la piastrina e spingendo la matita in modo tale che il pezzetto di plastica ruoti all'interno del foro, si ottengono sul foglio di carta disegni curvilinei chiusi di varia forma e complessità, molto decorativi, specie se ne sovrappongono di diversi colori.

La forma del disegno dipende dalla forma del foro e dalla forma della piastrina e dalla forma del pezzetto di plastica che vi ruota dentro.

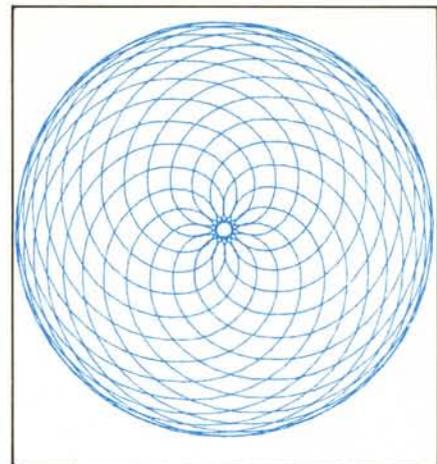
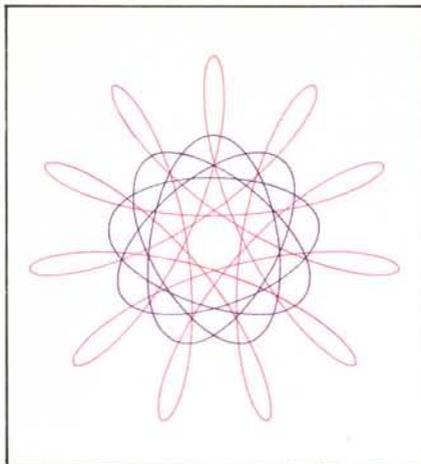


Figura 5 e 6 - Due disegni realizzati con il programma Spirografo

```

80 D$ = CHR$(4): HOME
90 XS = 1800: YS = 1200
100 REM INPUT DATI
110 INPUT " RAGGIO CERCHIO ESTERNO " R2
120 INPUT " RAGGIO CERCHIO INTERNO " R1
130 K = 1 + R1 / R2: D = 5 / 57.295
200 REM PUNTO INIZIALE
210 XP = R2 * SIN (A) - R1 * SIN (A * K)
220 YP = R2 * COS (A) - R1 * COS (A * K)
230 XP = INT (XP + XS + .5)
240 YP = INT (YP + YS + .5)
250 PRINT D$"PR#1": PRINT "M"; XP; ", "; YP: PRINT D$"PR#0"
300 REM LOOP PRINCIPALE
310 A = A + D
320 XP = R2 * SIN (A) - R1 * SIN (A * K)
330 YP = R2 * COS (A) - R1 * COS (A * K)
340 XP = INT (XP + XS + .5)
350 YP = INT (YP + YS + .5)
360 PRINT D$"PR#1": PRINT "D"; XP; ", "; YP: PRINT D$"PR#0"
370 GOTO 300
    
```

Figura 7 - Listing del Programma Spirografo. Per una migliore definizione del disegno si può ridurre l'incremento D da dare all'angolo, per il calcolo del punto successivo.

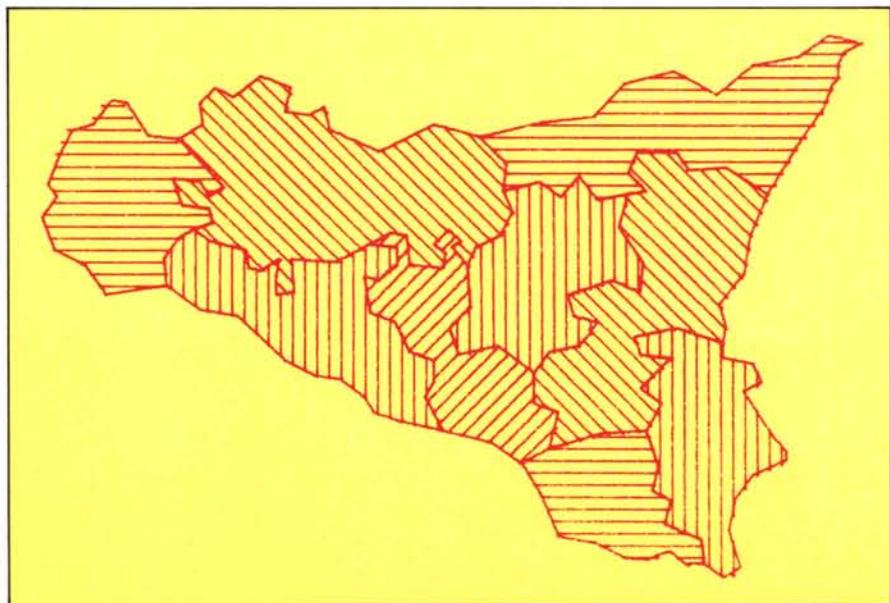


Figura 8 - Piantina della Sicilia. È stata realizzata con il programma di campitura, descritto nel testo. Per disegni così complessi va senz'altro potenziata la sezione INPUT.

Per realizzare il programma abbiamo semplificato i dati del problema, abbiamo infatti simulato un foro circolare e un pezzetto di plastica circolare, con il buchetto per la matita posto sul bordo.

Geometricamente il problema è elementare. Il centro del dischetto di plastica interno ruota attorno al foro con traiettoria circolare e con raggio pari alla differenza tra i due raggi, mentre lo spostamento dei forellini è dato dalla composizione del moto di tutto il dischetto, con quello della rotazione del dischetto stesso attorno al suo centro. Poiché i due pezzi di plastica non slittano l'uno rispetto all'altro, gli angoli di cui ruotano il cerchietto rispetto al foro e il cerchietto rispetto a se stesso stanno nello stesso rapporto in cui stanno i raggi. Basta quindi conoscere i due raggi e un po' di geometria ed il programma è fatto; (vedi Fig. 4).

Le funzioni software del plotter da richiamare sono solo due; quella di MOVE, per posizionare la penna nel punto calcolato di inizio, e quella di DRAW, per raggiungere, a penna abbassata, i vari punti

calcolati incrementando di un angolo D la rotazione del dischetto.

L'output e il listing sono in fig. 5, 6 e 7.

Il programma di campitura

La rivista PIXEL, organo ufficiale della Associazione Italiana Computer Grafica, presenta nel numero 3 del 1981, nell'interessante rubrica di "Algoritmi per la grafica", un algoritmo per il tratteggio di figure poligonali comunque complesse, descritto dettagliatamente e presentato in forma di subroutine in Fortran.

Questa subroutine si presta a numerose utilizzazioni, nei vari campi della Computer Grafica e si presta inoltre a numerose implementazioni.

Abbiamo quindi pensato di "tradurre" la subroutine in BASIC per utilizzarla con i microcomputer e di inserirla in un programmino DEMO con output su plotter.

Il programma, essendo dimostrativo, semplifica l'input dei dati, chiedendoli da tastiera. L'implementazione ottimale è quella, speriamo di poterla presentare pre-

sto, che prevede un digitizer per l'input rapido per i dati, una gestione di file per l'archiviazione dei dati grafici e un plotter per l'output.

In realtà in certe applicazioni, come ad esempio nella cartografia, è impensabile utilizzare il plotter immettendo dati da tastiera, basta considerare che la piantina della Sicilia, realizzata con il programma di campitura, è definita da oltre 300 punti (mezzora di lavoro di input), che sono ben poca cosa in confronto degli oltre 8 milioni di punti definibili dal Plotter.

Esaminiamo il programma di campitura.

I dati da immettere sono:

- numero delle regioni da campire e per ogni singola regione;
- valori delle coordinate dei vertici,
- angoli del tratteggio,
- distanza tra i vari segmenti del tratteggio.

Per chi ha un APPLE II il programma tramite lo switch PL, indirizza l'output o sul monitor grafico o sul plotter.

Una volta caricati i perimetri delle varie regioni viene richiamata per ciascuna regione la subroutine di tratteggio.

Questa, ma rimandiamo chi vuole approfondire l'argomento alla lettura di PIXEL, consiste:

- nella rotazione di un angolo AG del poligono, in modo da avere un tratteggio orizzontale,
- nel calcolo dei punti di intersezione tra tutti i segmenti del suo perimetro presi in sequenza e le varie rette parallele necessarie al tratteggio,
- nell'immagazzinamento in un vettore di questi punti-intersezione,
- nella nuova rotazione dei punti trovati per riportarli nella posizione originaria,
- nel tracciamento del tratteggio, ottenuto unendo l'una o più coppie trovate di punti-intersezione.

La subroutine risolve, con questo sistema del vettore dei punti-intersezione il problema del tratteggio in caso di convessità. Anzi il programma funziona anche con poligoni intrecciati.

Le implementazioni immediate sono la campitura totale del poligono, ottenuta infittendo la tratteggiatura, la quadrettatura del poligono, ottenuta sovrapponendo due tratteggi ruotati di 90 gradi.

Con un plotter a più penne si possono ottenere "con una istruzione in più", campiture e tratteggi a più colori.

Con il plotter ad una sola penna, ma con un certo numero di penne a disposizione si possono ottenere ugualmente piantine colorate, basta cambiare, dando uno STOP al programma, la penna durante l'esecuzione.

Output e listing in figg. 8 e 9.

Nel prossimo numero continueremo la trattazione dell'argomento Plotter e presenteremo altri programmi DEMO, esaminati ancora dal punto di vista dell'utilizzatore o dell'eventuale utilizzatore.

Francesco Petroni

```

1100 GOSUB 9000: FOR J = 1 TO NR: GOSUB 5000: NEXT J: REM DISEGNO CONTORNI
1200 FOR J = 1 TO NR: GOSUB 2000: NEXT J: END: REM DISEGNO TRATTEGGIO
2000 REM ROUTINE TRATTEGGIO
2100 VM = 9999: VN = - 9999: AR = AG(J) + 3.14159 / 180: S = SIN (AR): C = COS (AR)
2200 FOR I = 1 TO N(J): REM ROTAZIONE DEL POLIGONO
2210 A(I) = D1X(I, J) * C + D2X(I, J) * S: B(I) = - D1X(I, J) * S + D2X(I, J) * C
2240 IF B(I) < VM THEN VM = B(I)
2250 IF B(I) > VN THEN VN = B(I)
2260 NEXT
2300 LO = VM + .5 * D(J): REM RICERCA LINEA ORIZZONTALE
2320 IF LO > VN THEN 2740
2330 REM RICERCA INTERSEZIONI
2340 C1 = 0: FOR I = 1 TO N(J)
2350 YP = B(I): IF B(I) >= B(I + 1) THEN YP = B(I + 1)
2360 IF LO < YP THEN 2460
2370 YQ = B(I): IF B(I) <= B(I + 1) THEN YQ = B(I + 1)
2380 IF LO > YQ THEN 2460
2390 IL = A(I) - ((B(I) - LO) * (A(I) - A(I + 1))) / (B(I) - B(I + 1))
2400 C1 = C1 + 1: C2 = C1
2410 IF C2 = 1 THEN 2450
2420 IF IM(C2 - 1) >= IL THEN 2450
2430 IM(C2) = IM(C2 - 1): C2 = C2 - 1: GOTO 2410
2450 IM(C2) = IL
2460 NEXT
2500 FLAG = 0: FOR I = 1 TO C1: REM PLOTTEGGIO TRATTI
2510 A = IM(I) * C - LO * S + .5 * B = IM(I) * S + LO * C + .5: IF FLAG = 1 THEN 2600
2520 FLAG = 1: ON PL GOSUB 8500, 8000: GOTO 2700
2600 ON PL GOSUB 8600, 8100: FLAG = 0: REM PUNTO FINALE
2700 NEXT
2710 REM NUOVA LINEA
2720 LO = LO + D(J): GOTO 2320
2740 RETURN
5000 REM ROUTINE DISEGNO
5010 FOR J = 1 TO NR: A = D1X(1, J): B = D2X(1, J)
5020 ON PL GOSUB 8500, 8000
5030 FOR I = 2 TO N(J): A = D1X(I, J): B = D2X(I, J)
5040 ON PL GOSUB 8600, 8100
5050 NEXT I, J: RETURN
8000 XP = A * SC: YP = 2400 - B * SC: REM PLOTTER
8020 PRINT D#"PR#1": PRINT "M": INT (XP), ", " INT (YP): PRINT D#"PR#0": RETURN
8100 XP = A * SC: YP = 2400 - B * SC: REM PLOTTER
8120 PRINT D#"PR#1": PRINT "D": INT (XP), ", " INT (YP): PRINT D#"PR#0": RETURN
8500 HPL0T A, B: RETURN: REM MONITOR
8600 HPL0T TO A, B: RETURN: REM MONITOR
9000 TEXT: HOME: REM INIZIALIZZAZIONI
9010 DIM D1X(100, 9), D2X(100, 9), A(100), B(100): SC = 4: D# = CHR# (4)
9100 REM CARICAMENTO DATI REGIONI
9110 PRINT: INPUT " NUMERO DELLE REGIONI "; NR: FOR N1 = 1 TO NR
9130 PRINT: PRINT " REGIONE NUM. "; N1: PRINT
9140 INPUT " DIST TRATTEGGIO "; D(N1): PRINT
9150 INPUT " ANGOL TRATTEGGIO "; AG(N1): PRINT
9160 INPUT " NUMERO DEI VERTICI "; NV: PRINT
9170 FOR N2 = 1 TO NV: PRINT " VERTICE N. "; N2
9190 INPUT " COORDINATE "; D1X(N2, N1), D2X(N2, N1): NEXT N2
9210 D1X(NV + 1, N1) = D1X(1, N1): D2X(NV + 1, N1) = D2X(1, N1)
9220 N(N1) = NV + 1: NEXT N1: PRINT: PRINT: PRINT " SCEGLI TIPO DI OUTPUT "
9250 PRINT " 1 - MONITOR "; INPUT " 2 - PLOTTER "; PL
9260 IF PL = 2 THEN 9280
9270 HGR2: HCOLOR = 3: RETURN
9280 PRINT: INPUT " FATTORE DI SCALA "; SC: RETURN

```

Figura 9 - Programma di Campitura. Le uniche righe che interessano il plotter sono la 8020, funzione MOVE e la 8120, funzione DRAW.