

## Computer grafica applicata - geometria analitica; la retta

In questo articolo tratteremo la retta, un argomento noto a tutti in quanto si tratta dell'elemento geometrico più elementare ed intuitivo. Data la sua importanza è bene, per chi si occupa di geometria, disegno o computer grafica, conoscerlo nei suoi vari aspetti.

Vedremo, ricorrendo a semplici concetti di geometria analitica, come si individua una retta, quali sono le sue caratteristiche, come si traccia una parallela o una perpendicolare, dove si incontrano due rette, ecc.

Il tutto con un programma che usa il digitizer di MCmicrocomputer per l'input dei dati e il monitor Apple II per la visualizzazione.

### Il concetto di funzione

La funzione (o corrispondenza) consiste di due insiemi A e B e di una regola che assegna ad ogni elemento di A un elemento (o un insieme di elementi) di B.

Se gli insiemi di cui si parla sono degli insiemi numerici, sarà facile tradurre le funzioni (o corrispondenze) in grafici utilizzando le coordinate cartesiane, dove, in genere, si pone sull'asse orizzontale l'insieme A e sull'asse verticale l'insieme B.

Facciamo il solito esempio della temperatura misurata in gradi Celsius e in gradi Fahrenheit.

L'insieme A è costituito da tutti i gradi Celsius (che altri non sono che i nostri gradi centigradi) e l'insieme B da tutti i gradi Fahrenheit. Per stabilire la corrispondenza si dice che la temperatura di fusione del ghiaccio è pari a 0 gradi Celsius e -32 gradi Fahrenheit mentre la temperatura di ebollizione dell'acqua è pari a 100 gradi Celsius e a 212 gradi Fahrenheit, e che ambedue le temperature variano linearmente.

Abbiamo così definito la regola che mette in corrispondenza i due insiemi, e poiché si tratta di insiemi numerici, potremo graficarli. Nel nostro caso, essendo la legge di corrispondenza lineare, essa sarà traducibile in una retta (fig. 1).

### La funzione retta

Abbiamo visto dunque che certe funzioni possono essere rappresentate da una retta, e che la retta è univocamente determinata quando si conoscono due suoi punti.

Altro concetto intuitivo è che tra due punti passa una sola retta.

Per individuare univocamente la retta

nel riferimento cartesiano, si ricorre all'equazione della retta:

$$Y = A * X + B$$

dove A e B sono valori noti, per cui per ogni valore di X esiste un valore di Y.

Il significato dei coefficienti A, B è intuitivo.

B è il valore di Y quando X è uguale a zero, ovvero è il punto in cui la retta interseca l'asse Y (determinata dall'equazione  $X = 0$ ).

Invece il coefficiente A rappresenta l'inclinazione della retta rispetto agli assi car-

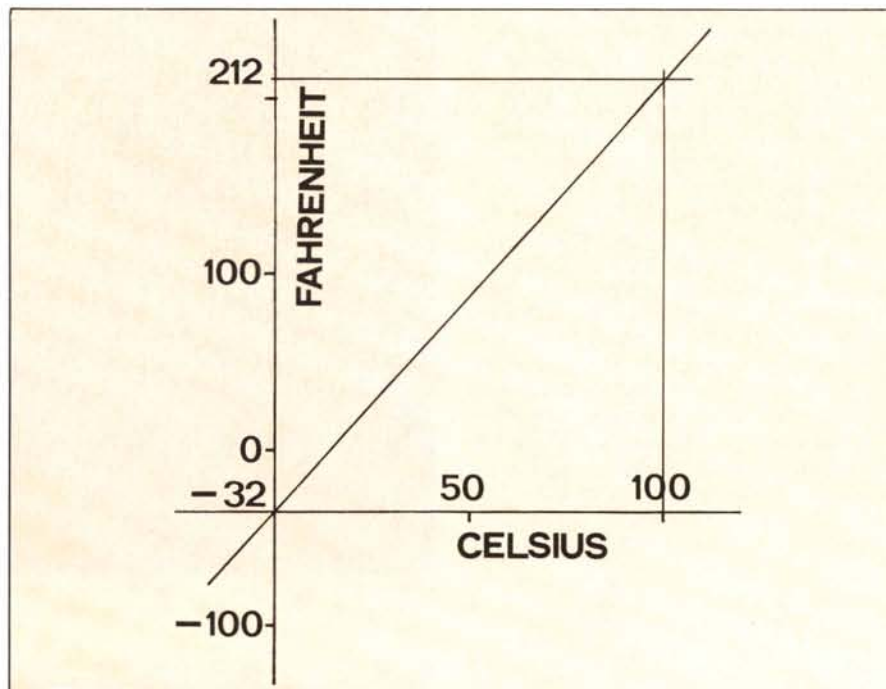


Figura 1 - Corrispondenza tra gradi Celsius e gradi Fahrenheit. La retta individua la corrispondenza tra tutte le temperature misurate in gradi Celsius (asse X) e quelle misurate in gradi Fahrenheit (asse Y).

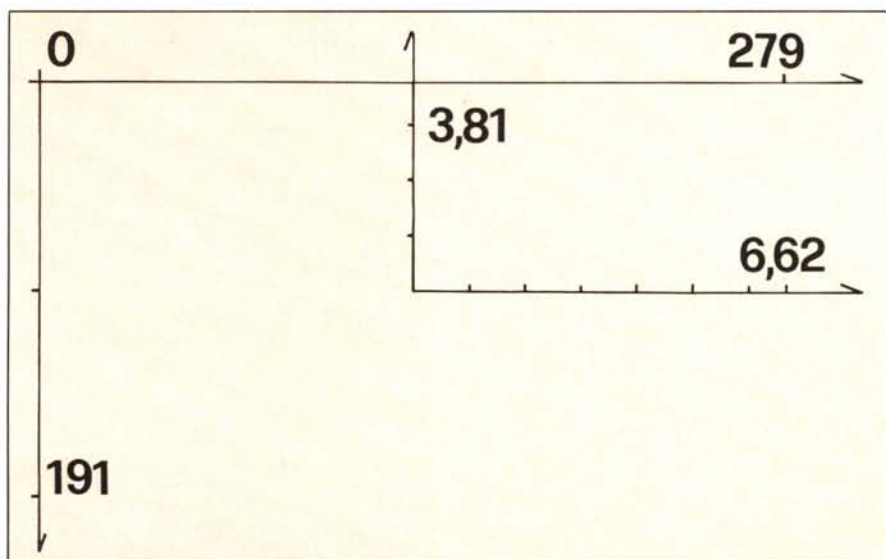


Figura 2 - Cambio di riferimento - Tra riferimento video (0 - 279 in orizzontale e 0 - 159 in verticale) e riferimento di lavoro (da MO = -6.67 a MO = 6.62 in orizzontale e da MS = -3.76 a MN = 3.81 in verticale).

tesiani. Infatti considerando per semplicità una retta con  $B=0$ , l'equazione diventa  $Y=A * X$ , cioè il valore  $Y$  si incrementa di  $A$  volte rispetto all'incremento del valore  $X$ .

**Le rette parallele e perpendicolari**

Giocando un po' con i valori  $A$  e  $B$  si trovano tutte le situazioni particolari.

Se  $B=0$  la retta passa per l'origine degli assi cartesiani. Infatti qualsiasi sia  $A$ , se  $X=0$  anche  $Y=0$ .

Se  $A=0$  per qualsiasi valore di  $X$  la  $Y$  sarà uguale a  $B$  e quindi avremo la retta  $Y=B$  parallela all'asse  $X$ .

Analogamente le rette parallele all'asse  $Y$  avranno equazione  $X=Cost.$ , in quanto qualsiasi valore daremo a  $Y$  la  $X$  sarà costante.

Due rette saranno parallele quando avranno l'inclinazione rispetto agli assi cartesiani  $A$  uguale. Quindi ogni retta ha una famiglia di rette parallele nella cui equazione il coefficiente  $A$  è lo stesso e può variare solo  $B$ .

Analogamente una retta è perpendicolare ad un'altra quando hanno inclinazione, ovvero coefficienti  $A$  opposti ( $A, -1/A$ ).

**L'equazione della retta**

Una retta è quindi direttamente definita e quindi sono definiti tutti i suoi punti  $P(X, Y)$  quando sono noti i coefficienti  $A, B$ .

Il problema inverso, cioè la determinazione dell'equazione della retta, noti due punti, si risolve facilmente con un po' di algebra:

$Y = A * X + B$  equazione generica in cui  $A, B$  non sono noti

$P1(X1, Y1)$  punti noti della retta  
 $P2(X2, Y2)$

Se  $P1, P2$  sono punti in cui passa la retta, sostituendo due volte tali valori nell'equazione generica e conseguentemente risolvendo il sistema di equazioni di 1° grado si trovano facilmente le incognite che altro non sono che i coefficienti  $A, B$ :

$A = (Y1 - Y2) / (X1 - X2)$   
 $B = Y1 - X1 * A$

Ancora più semplicemente per trovare la retta parallela alla retta nota  $Y = A * X + B1$  e passante per il punto  $P3(X3, Y3)$   
 $Y = A * X + B2$  equazione generica della parall.

$B2 = Y3 - A * X3$  valore di  $B2$  ottenuto risolvendo la retta generica rispetto a  $P3$ .

E per trovare la perpendicolare passante per il punto  $P3$

$Y = -1/A * X + B3$  equazione generica della perpend.

$B3 = Y3 - 1/A * X3$  valore di  $B3$  ottenuto risolvendo la retta generica rispetto a  $P3$ .

Un altro semplice problema di algebra è la ricerca del punto di intersezione tra due rette. Siano

$Y = A1 * X - B1$   
 $Y = A2 * X - B2$

le due rette, il punto di intersezione è indi-

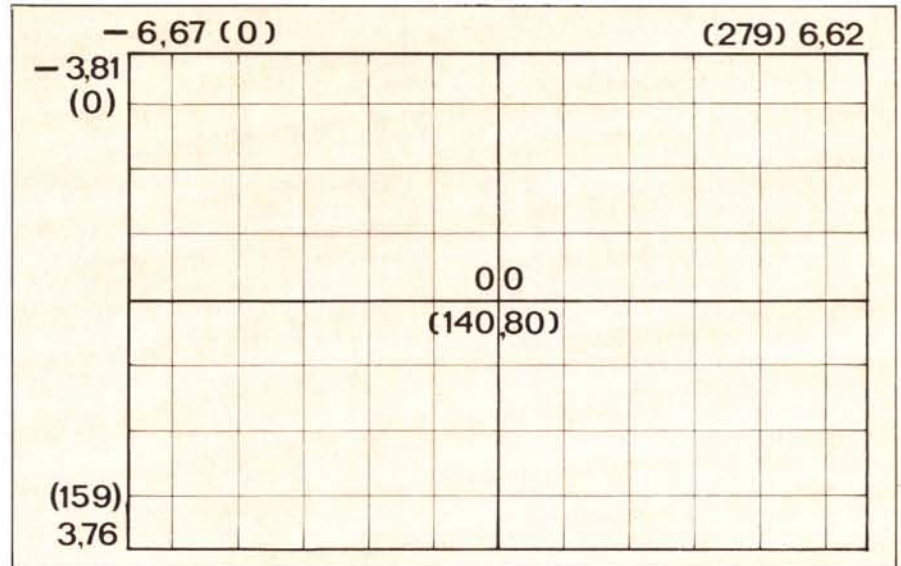


Figura 3 - Campo di lavoro - Tale campo di lavoro è stato fissato in maniera arbitraria. Si può modificare a piacimento lavorando sui valori SS, TX e TY di riga 120.

viduato dalla coppia di valori  $X1, Y1$  che soddisfano ambedue le equazioni:

$X1 = (B2 - B1) / (A1 - A2)$   
 $Y1 = X1 * A1 + B1$

Tali valori sono al solito ricavati risolvendo, con l'ausilio dell'algebra il sistema di equazioni di 1° grado.

È qui evidente che se le rette sono parallele  $X1$  va all'infinito e quindi anche  $Y1$ , cioè le rette non si incontrano mai.

Abbiamo un po' giocato con l'equazione della retta, ma quali sono i problemi che si incontrano a riportare tutte le formule in un programma analitico/grafico?

Dal punto di vista analitico non ci sono problemi, tutte le formule viste vanno benissimo anche in Basic. I problemi maggiori si trovano nella visualizzazione, nel nostro caso sul monitor Apple II, delle varie rette.

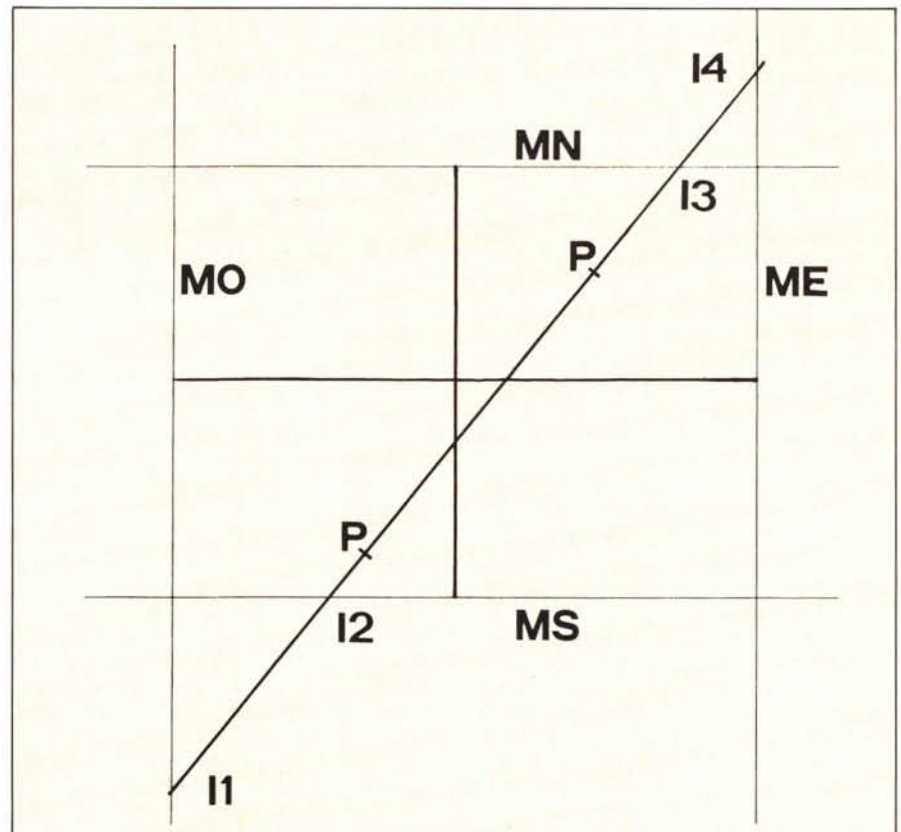


Figura 4 - Intersezioni - Le intersezioni tra la nostra retta e le quattro che individuano i margini dello schermo sono quattro. Di queste, se la retta attraversa lo schermo, due sono visibili.



## I problemi per visualizzare la retta

Dopo aver trattato brevemente l'equazione della retta, cerchiamo di realizzare un programma nel quale sviluppare in modo non solo analitico ma anche grafico le problematiche studiate.

Nel programma pubblicato utilizzeremo per l'input dei dati la tavoletta grafica per Apple II di MCmicrocomputer.

Il programma in questo caso va eseguito dopo la operazione di calibratura della tavoletta. Chi non avesse la tavoletta può o comprarsela al più presto oppure modificare il programma eliminando le routine relative alla tavoletta (righe 10/90, riga 901, righe 1000/1100) abilitando con ciò la riga 910 per l'input da tastiera. In questo caso è chiaro che i valori da immettere dovranno essere in coordinate schermo.

Le formule analitiche per individuare le rette che utilizzeremo sono esattamente quelle descritte prima e le vedremo distribuite nel programma, invece per visualizzare le rette dobbiamo risolvere preventivamente altri problemi.

## Problema della scala e della traduzione delle coordinate

Sia la tavoletta che il monitor Apple II hanno la stessa definizione 280 per 192 pixel, individuati da valori positivi X, Y. Poiché non è detto che tale riferimento vada bene, lo abbiamo cambiato e lo vediamo in figura 2.

Per far passare il punto PV (x, y) dal riferimento video a quello di lavoro PL (x, y) dovremo utilizzare le formule:

$$X = (X - TX) / SS$$

$$Y = (Y - TY) / SS$$

e per il viceversa le formule

$$X = X * SS + TX$$

$$Y = Y * SS + TY$$

dove SS è il fattore di scala, TX e TY le coordinate della origine del riferimento di lavoro "misurata" nel riferimento video. La presenza del segno meno per la coordinata Y dipende dal fatto che l'orientamento di tale asse è invertito nei due riferimenti. Inoltre, poiché lavorando sul monitor Apple II possiamo utilizzare solo valori interi, nelle formule usate per il programma abbiamo inserito gli opportuni arrotondamenti.

Abbiamo preferito fissare i valori della trasformazione di riferimento (SS=21, TX=140, TY=80), anziché renderli variabili per non appesantire il programma in una parte estranea all'argomento che stiamo trattando.

Il nostro campo di lavoro è quindi quello di figura 3, e di questa figura si può costruire una maschera per il digitizer direttamente in scala. Chi segue questi articoli si sarà trovato spesso di fronte a problemi di "scaling", cioè come ingrandire e spostare il disegno per farlo venire bene nell'output.

I software grafici più sofisticati comprendono comode routine di trasforma-

zione, l'importante è comunque capire il problema così da poter trovare comunque ed in poco tempo le formule di trasformazione.

## Retta tra due punti

L'altro problema è il tracciamento della retta tra due punti.

Noti i due punti P1 e P2, con l'istruzione Applesoft HPlot... TO..., possiamo tracciare il segmento che unisce i due punti. Per tracciare invece la retta che passa per i due

puntato i valori X, Y pronti per l'uso.

Il software fornito con la tavoletta è molto completo e contemporaneamente molto chiaro e documentato (anche negli articoli sul numero 8 e successivi della rivista) per poter essere modificato secondo le esigenze.

Il programma TAVOLETTA va spezzato in due per poter essere inserito nel programma LA RETTA (fig. 6). Una prima parte (righe 10-90) serve per la lettura del file PADDLE.CODE necessario per l'inizializzazione delle variabili e per lo azzeramento

```

100 REM CARICAMENTO DATI CALIBRAZIONE
110 PRINT CHR#(4)"BLOAD PADDLE.CODE"
120 DEF FN PK(I) = PEEK(I) + 256 * PEEK(I + 1)
130 Z0 = FN PK(797):Z1 = FN PK(799)
140 V0 = FN PK(801):V1 = FN PK(803)
150 PY = 3.14159 / V1:PZ = 3.14159 / V0
160 REM AZZERAMENTO COORDINATE
170 TEXT:HOME:PRINT "PUNTO IN ALTO A SINISTRA":PRINT
180 GOSUB 500:IF PEEK(49251) > 127 THEN 180
190 GOSUB 400:XI = X:YI = Y
200 REM INPUT PUNTO
210 PRINT:PRINT "INPUT PUNTO "
220 GOSUB 500:IF PEEK(49251) > 127 THEN 220
230 GOSUB 400:XX = X:YY = Y
240 PRINT XX,YY:PRINT:GOTO 200
400 REM
410 A = (Z0 - P0) * PZ:B = (P1 - Z1) * PY - A
420 XX = 150 * (COS(B) - COS(A))
430 YY = 150 * (SIN(B) + SIN(A))
440 RETURN
500 REM LETTURA PADDLES
510 POKE 779,100:CALL 768:P0 = 256 * PEEK(13) + PEEK(12)
520 FOR T = 1 TO 50:NEXT
530 POKE 779,101:CALL 768:P1 = 256 * PEEK(13) + PEEK(12)
540 FOR T = 1 TO 50:NEXT:RETURN

```

Figura 5 - Programma TAVOLETTA - Questo programma, usufruendo dei dati di calibratura della tavoletta grafica di MC, fornisce la coppia di coordinate della posizione del puntatore.

punti occorre utilizzare una opportuna routine, che individua le intersezioni della retta con tutte e quattro le rette costituenti i margini (vedi fig. 4). Delle quattro intersezioni solo due sono "visibili" e tra queste due si deve tracciare la retta. Anche questa routine (vedi la spiegazione nel commento del programma) va eseguita in coordinate reali, e una volta individuata l'intersezione basterà eseguire la routine di trasformazione delle coordinate.

## La tavoletta grafica di MC

Come noto la tavoletta grafica è l'apparecchio più idoneo per l'immissione dei dati grafici, in quanto il puntatore fornisce direttamente al computer le coordinate X, Y del punto, senza doverle rilevare a mano e immetterle da tastiera.

Useremo quindi la nuova tavoletta grafica per Apple II prodotta dalla nostra rivista.

La prima cosa da fare consiste nel preparare un programma che fornisca semplicemente le coordinate X, Y del punto sulla tavoletta, nella stessa scala dello schermo.

Chi ha la tavoletta lo avrà già fatto, comunque il programma è in figura 5.

Tale programma legge i valori memorizzati nel file PADDLE.CODE dal programma di calibratura, fornito nel software della macchina, e dopo un allineamento del punto 0,0 fornisce per ogni pun-

to degli assi. La seconda parte (righe 1000-1100) contiene la routine di lettura delle PADDLES (riga 1030 - valori P0, P1) e la routine di traduzione dei valori letti in valori coordinate (riga 1060 valori X%, Y%).

Chi non ha la tavoletta può ovviamente, come detto, usare il programma, eliminando le parti relative alla tavoletta ed eliminando la riga 901 di collegamento con la routine di lettura delle coordinate.

## Descrizione del programma

La lettura del menu (fig. 7) dà una chiara indicazione di cosa il programma fa, esegue una serie di routine per la visualizzazione di rette secondo le formule descritte in precedenza.

Il programma è molto compatto, cioè lavora con molte subroutine che vengono richiamate ciascuna da varie parti del programma.

routine 10 - 90: inizializzazione della tavoletta (già descritta)

routine 1000-1100: input da digitizer (già descritto),

routine 900-940: lettura di coordinate schermo, visualizzazione del punto, e traduzione in coordinate lavoro (già descritte),

routine 950-960: traduzione da coordinate schermo in coordinate di lavoro (già descritta).



```

10  REM  CARICAMENTO DATI E INIZIALIZZAZIONE
20  PRINT  CHR$(147);BORDO;PROLOGO;CODE
30  DEF FN PE(X) = PEEK(X) + 256 * PEEK(X + 1)
40  Z0 = FN PE(297) * 21 = FN PE(299) * V0 = FN PE(301) * V1 = FN PE(303)
50  VY = 5 * 14158 / V1 * P2 = 5 * 14158 / V0
60  REM  ACCERCIAMENTO COORDINATE
70  TEXT HOME PRINT "PUNTO IN RETTA O SINISTRA" PRINT
80  GOSUB 1060 IF PEEK(49251) > 127 THEN 80
90  GOSUB 1030 Z1 = 32 * V1 = V2
100  REM  INIZIALIZZAZIONE
110  TEXT "1" * " " FOR I = 0 TO 29:LF = LF + " " NEXT
120  SS = 21 * 15 = 140 * VY = 80 * 30 = 320 * VY = 150
130  M0 = - 6.67 * M1 = 6.62 * M2 = 2 * M1 * M2 = - 3.76
140  DIM PE(14) FOR I = 1 TO 14:PE(I) = NEXT
150  DEF FN II(X) = INT (X * 10049) * 100 / 100
160  TEXT HOME PRINT LF
170  PRINT "GEOMETRIA ANALITICA - LA RETTA" PRINT PRINT LF
180  PRINT "1 - DATI DUE PUNTI EQUAZIONE"
190  PRINT "2 - DATI I COEFFICIENTI A,B"
200  PRINT "3 - DISEGNO DELLA RETTA"
210  PRINT "4 - DATA UNA RETTA < PER PUNTI >"
220  PRINT "5 - PARALLELA DA UN PUNTO"
230  PRINT "6 - DATA UNA RETTA < PER PUNTI >"
240  PRINT "7 - PERPENDICOLARE AD UN PUNTO"
250  PRINT "8 - INTERSEZIONE TRA DUE RETTE"
260  PRINT "9 - DATE PER PUNTI"
270  PRINT "0 - INTERSEZIONE TRA DUE RETTE"
280  PRINT "1 - DATE PER COEFFICIENTI"
290  PRINT "2 - FINE" PRINT
300  PRINT "1" PRINT INPUT "SCEGLI " : S1
310  IF VAL (S1) < 1 OR VAL (S1) > 7 THEN 100
320  REM  DISEGNO DI CONTENUTO
330  TEXT HOME CLR COLOR = 3
340  FOR I = 14 TO 20 STEP 55:HPLOT 1,0 TO 1,3
350  HPLOT 1,156 TO 1,158 NEXT I:HPLOT 12,0 TO 12,150
360  FOR I = 17 TO 19 STEP 55:HPLOT 0,1 TO 0,1
370  HPLOT 276,1 TO 281,1 NEXT I:HPLOT 0,170 TO 281,170
380  HPLOT (21) * PRINT "6-5-4-3-2-1 0 1 2 3 4 5 6"
400  PEEK 34,21 ON VAL (S1) GOTO 420,440,460,500,550,570,410
410  TEXT HOME END
420  REM  EQUAZIONE E DISEGNO DELLA RETTA (DATI DUE PUNTI)
430  GOSUB 810 GOTO 160
440  REM  DISEGNO DELLA RETTA DATI I DUE COEFFICIENTI
450  GOSUB 770 GOTO 160
460  REM  DISEGNO DELLA PARALLELA DA UNA RETTA
470  GOSUB 810 VTRAB (22) PRINT PE(13) GOSUB 900 Z0 = 3 * V2 = VY
480  E = V2 = B * 33 * B0 = FN II(B) HOME VTRAB (22)
490  PRINT PE(12) * A0 * " * X + " * B0 GOSUB 650 GOSUB 880 GOTO 160
500  REM  DISEGNO DELLA PERPENDICOLARE AD UNA RETTA
510  GOSUB 810 VTRAB (22) PRINT PE(13) GOSUB 900 Z0 = 3 * V2 = VY
520  A = - 1 / (A * 10000) * B = V2 = B * 33
530  A0 = FN II(A) * B0 = FN II(B) HOME VTRAB (22)
540  PRINT PE(12) * A0 * " * X + " * B0 GOSUB 650 GOSUB 880 GOTO 160
550  REM  INTERSEZIONE TRA DUE RETTE (DATE PER PUNTI)
560  PRINT PE(13) GOSUB 810 A1 = A * B1 = B PRINT PE(11) GOSUB 810
GOTO 540
570  REM  INTERSEZIONE TRA DUE RETTE (DATE PER COEFFICIENTI)
580  PRINT PE(13) GOSUB 770 A1 = A * B1 = B PRINT PE(11) GOSUB 770
590  IN = A1 - B1 IF IN = 0 THEN IN = 100000
600  M1 = (B1 - B2) / IN * V1 = M2 * A1 + B1 GOSUB 880 VTRAB (22)
610  PRINT PE(8) FN II(M1) * V1 = " FN II(V1) GOSUB 880 GOTO 160
620  REM  CALCOLO COEFFICIENTI A,B - RETTA REALE
630  IN = 32 - 31 IF IN = 0 THEN IN = 100000
640  A = (V2 - V1) / IN * B = M1 * A + B1
650  A0 = FN II(A) * B0 = FN II(B) RETURN
660  REM  RICERCA INTERSEZIONI
670  X = (M1 - B1) / (A * 10000) * V1 = FN GOSUB 950
680  IF X < 0 AND X < 32 THEN HPLOT 3, V * FL = 1
690  X = (M2 - B2) / (A * 10000) * V1 = FN GOSUB 950
700  IF X < 0 AND X < 32 AND FL THEN HPLOT 10, 3, V GOTO 760
710  IF X < 0 AND X < 32 AND NOT FL THEN HPLOT 3, V * FL = 1
720  X = M0 * Y = M0 * A + B GOSUB 950
730  IF Y < 0 AND Y < 141 AND FL THEN HPLOT 10, 3, V GOTO 760
740  IF Y < 0 AND Y < 141 AND NOT FL THEN HPLOT 3, V
750  Z0 = M0 * Y = M0 * A + B GOSUB 950 HPLOT 10, 3, V
760  FL = 0 RETURN
770  REM  INPUT RETTA PER COEFFICIENTI
780  VTRAB (22) PRINT PE(8) INPUT "A,B: PRINT PE(7) INPUT "M,B
790  HOME VTRAB (22) PRINT PE(4) * A * " * B * "
800  GOSUB 650 GOSUB 880 HOME RETURN
810  REM  INPUT RETTA PER PUNTI
820  VTRAB (22) PRINT PE(13) GOSUB 900 Z0 = 3 * V2 = VY
830  VTRAB (24) PRINT PE(7) GOSUB 900 Z0 = 3 * V2 = VY
840  VTRAB (22) PRINT PE(13) FN II(Z0) TAB(20) FN II(V1)
850  VTRAB (24) PRINT PE(24) FN II(Z0) TAB(30) FN II(V2)
860  GOSUB 810 GOSUB 620 HOME VTRAB (22)
870  PRINT PE(4) * A0 * " * B * " * B0 GOSUB 650 GOSUB 880 HOME RETURN
880  REM  LOOP DI ATTESA
890  FOR I = 1 TO 2555 NEXT I RETURN
900  REM  SEZIONE INPUT
910  GOSUB 1000 GOTO 520
920  INPUT "X,Y:
930  HPLOT 0 = 2 * V * Y + 2 * VY HPLOT 3, V * Y + 2 * VY + 2
940  HPLOT 0 = 2 * V * Y + 2 * VY HPLOT 3, V * Y + 2 * VY + 2
950  X = (Y - 10) / SS * Y = (Y - 10) / SS HOME RETURN
960  REM  TRACCIATURA IN COORDINATE SCHEMIO
970  X = INT (X * SS + 15) * 50 * V = INT (X * V + 50 + 15) RETURN
980  DATA "PRIMO PUNTO" ; SECONDO PUNTO ; TERZO PUNTO ; RETTA : Y =
990  DATA COEFFICIENTE A ; COEFFICIENTE B ; INTERSEZIONE M1 =
DATA PRIMO RETTA ; SECONDA RETTA ; PARALLELA : Y = ; PERPENDICOLARE
M1 =
1000  REM  INPUT IN INIZIALIZZAZIONE
1010  GOSUB 1060 IF PEEK(49251) > 127 THEN 1010
1020  GOSUB 1030 Z1 = 32 * V1 = V2
1030  M1 = - 6.67 * M2 = 6.62 * M3 = 2 * M1 * M2 = - 3.76
1040  Z2 = 150 * A + 100 * B = 100 * B1 + 100
1050  V2 = 150 * A + 100 * B1 + 100 * B1 + 100 * B1
1060  REM  LETTORA PUNTI
1070  PEEK 779,100 PEEK 780,100 PERI = 15 * PEEK (12) + PEEK (13)
1080  FOR I = 1 TO 50 NEXT
1090  PEEK 779,101 GOTO 200 * P1 = 256 * PEEK (11) + PEEK (12)
1100  FOR I = 1 TO 50 NEXT RETURN

```

Figura 6 - Programma LA RETTA - Il programma è molto compatto, lavora con molte subroutine, ed è quindi indispensabile leggere il testo per capire come funziona.

routine 880-890: loop generico di attesa, serve per rallentare l'esecuzione del programma e si può modificare.

routine 660-760: routine di ricerca delle intersezioni tra la retta (in coordinate di lavoro) e i margini dello schermo. Vengono calcolate le intersezioni con le rette margini Y = MN, Y = MS, X = MO, X = ME.

Non appena si trovano i primi valori X, Y sul margine schermo si fissa il punto. Trovati poi i secondi valori X, Y si fissa il secondo punto e si può tracciare la retta. Il flag FL si pone uguale a 1 se il primo punto è già stato individuato. Tracciata la retta si esce fuori dalla routine senza dover cercare altre eventuali intersezioni.

routine 770-800: routine di input retta tramite i coefficienti. Questa routine viene richiamata dalle opzioni 2 e 6 del menu.

routine 810-870: routine di input della retta dati due punti. Tale routine viene richiamata dalle opzioni 1, 3, 4, 5 del menu, anzi due volte dall'opzione 5. I due punti P1 e P2 vengono tradotti in coordinate di lavoro, vengono poi calcolati i coefficienti A, B (tramite la routine 620), e con questi viene visualizzata la retta (routine 660).

routine 620-650: routine di calcolo dei valori A, B che usa le formule descritte

prima, e previene il caso di denominatore uguale a zero, nel calcolo del coefficiente A.

righe 100-150: inizializzazione dei valori "scaling", dei valori dello schermo di lavoro (tramite i valori dei margini nord, est,

sud, ovest). Caricamento dei dati con le stringhe di stampa. Definizione di una funzione di arrotondamento al centesimo, utilizzata per la scrittura (che avviene spesso) dell'equazione della retta.

righe 160 - 320: menu del programma. righe 330 - 390 disegno dello schermo di lavoro con il tracciamento degli assi e dei segmentini individuanti una specie di quadrettatura, e con la scrittura dei valori di riferimento.

Infine le routine richiamate dal menu sono:

- righe 420 - 430: retta per due punti;
- righe 440 - 450: retta dati i coefficienti;
- righe 460 - 490: parallela da un punto P3, ad una retta data per punti;
- righe 500 - 560: perpendicolare da un punto P3, ad una retta data per punti;
- righe 550 - 560: calcolo del punto di intersezione tra due rette date per punti;
- righe 570 - 610: calcolo del punto di intersezione tra due rette date per coefficienti.

Questo articolo contiene tutte le nozioni fondamentali sulla retta, che sono esemplificate nel programma dimostrativo. Con queste nozioni base è facile risolvere molti dei problemi che si presentano a chi si interessa di geometria e computer grafica.

```

*****
GEOMETRIA ANALITICA - LA RETTA
*****
1 - DATI DUE PUNTI EQUAZIONE
E DISEGNO DELLA RETTA
2 - DATI I COEFFICIENTI A,B
DISEGNO DELLA RETTA
3 - DATA UNA RETTA < PER PUNTI >
PARALLELA DA UN PUNTO
4 - DATA UNA RETTA < PER PUNTI >
PERPENDICOLARE AD UN PUNTO
5 - INTERSEZIONE TRA DUE RETTE
DATE PER PUNTI
6 - INTERSEZIONE TRA DUE RETTE
DATE PER COEFFICIENTI
7 - FINE
*****
SCEGLI 3

```

Figura 7 - Menu del programma LA RETTA - Le opzioni di lavoro sono 6.