

COMPUTER GRAFICA TRIDIMENSIONALE: I SOLIDI GEOMETRICI

Torniamo ancora sull'argomento Computer Grafica Tridimensionale stavolta per parlare dei solidi geometrici, cioè di cubi, tetraedri, parallelepipedi, dodecaedri, ecc.

Il cubo di Rubik ha acceso l'interesse per la geometria spaziale, la cui maggiore difficoltà, rispetto alla geometria bidimensionale, è l'impossibilità di avere una visione contemporanea del solido in tutti i suoi aspetti. Infatti se disegniamo un quadrato su un foglio di carta lo possiamo esaminare facilmente nel suo complesso guardando il foglio di carta, ma se maneggiamo il cubo di Rubik lo dobbiamo rigirare più volte per avere in testa tutte le sue facce. Oppure dobbiamo disegnarlo, disegnando in realtà tutte le sue facce quadrate (vedi fig. 1), perdendo però alcuni dei collegamenti tra le facce: per cui risulta anche difficile ricostruire mentalmente gli elementi di spigolo e di vertice.

Nel corso dei precedenti articoli abbiamo trattato più volte le funzioni tridimensionali, in cui il compito di calcolare, di posizionare nello spazio e di visualizzare è svolto direttamente dal computer, cui è stata data una certa funzione $F = F(X, Y)$.

Per visualizzare solidi, invece, al computer occorre qualcosa in più di una semplice funzione, occorrono una serie di informazioni che descrivano nel dettaglio le caratteristiche "spaziali" del solido.

Tra i solidi geometrici classici, alcuni sono definiti "solidi regolari" in quanto presentano delle caratteristiche molto particolari. Utilizzando queste caratteristiche troveremo delle regole empiriche che ci permetteranno di realizzare dei semplici programmi di visualizzazione.

Innanzitutto occorre chiarire la terminologia (vedi fig. 2).

Se domandate ad un vostro amico quante facce, spigoli, vertici ha un cubo è probabile che sbagli, ed è probabile che sbagli anche se gli date un cubo con il quale contare questi elementi.

È necessario conoscere del solido che esaminiamo con esattezza questi elementi, quanti sono e come sono situati nello spazio, in quanto solo tracciando tutti gli spigoli tra le coppie di vertici definiremo tutte le facce e quindi il solido.

Prima di passare a descrivere i solidi regolari dobbiamo ricordare (avendone parlato più volte) due concetti che ci serviranno in seguito, le coordinate polari nello spazio e l'assonometria.

Le coordinate polari

Un punto nello spazio può essere individuato in coordinate cartesiane $P(X, Y, Z)$ in cui le coordinate X, Y, Z , sono la distanza tra il punto e i piani YZ , XZ , XY rispettivamente, oppure in coordinate polari $P(R, A, B)$ in cui R è la distanza tra il punto e l'origine, A e B sono gli angoli formati dal piano passante per il punto con i piani di riferimento.

Ad esempio sulla terra questi angoli sono latitudine e longitudine ed i piani di riferimento sono quello che contiene l'asse terrestre e passa per la località Greenwich, formando il famoso omonimo meridiano e il piano perpendicolare all'asse terrestre e che forma la sezione di massimo raggio, cioè l'equatore.

Nella figura 3 sono visualizzati i due riferimenti e le formule di passaggio dalle coordinate polari alle coordinate cartesiane.

Utilizzeremo questi passaggi quando, tra poco, vedremo i solidi regolari, la cui prima caratteristica è che sono inscritti in

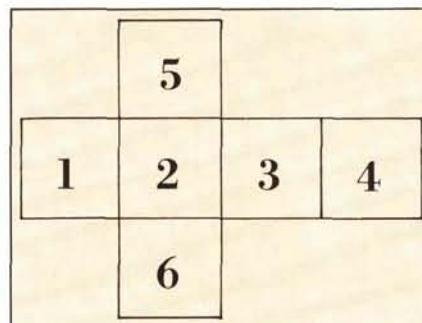


Figura 1 - Scomposizione di un cubo. Le sei facce sono riportate sul foglio di carta, ma vengono persi alcuni collegamenti tra di loro.

una sfera. Cioè ogni vertice del solido dista R (raggio) dal centro della sfera e quindi può essere semplicemente individuato sulla sfera stessa e quindi nello spazio fornendo i due angoli A, B .

Inoltre date le caratteristiche di simmetria dei solidi geometrici è relativamente facile individuare gli angoli A, B di tutti i punti.

L'assonometria

Abbiamo già trattato questo argomento

nel numero 9 di MC.

Nella figura 4 sono riassunti i passaggi che permettono di tradurre le coordinate cartesiane del punto $P(X, Y, Z)$ in coordinate schermo XS, YS , una volta dati gli angoli caratteristici dell'assonometria C, D .

Prima di passare ai solidi regolari verifichiamo le formule di traduzione delle coordinate, realizzando un programma che

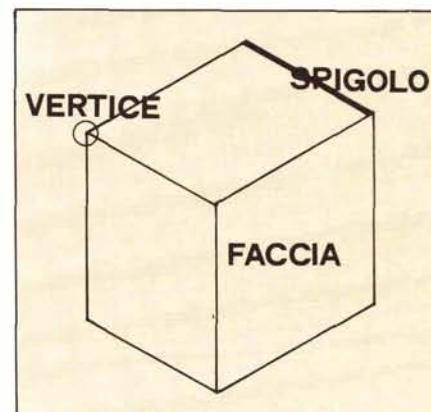


Figura 2 - Terminologia. E indispensabile prima di tutto chiarire la terminologia usata.

visualizza tramite una assonometria, una sfera (programma SFERA/1). Ritroviamo i passaggi descritti nel programma, listato figura 5, output figura 8.

Inizializzati i valori R raggio, C, D angoli di assonometria, XC, YC centro del disegno (righe 100-130) vengono eseguiti per due volte i loop sui due angoli A, B .

La prima volta (righe 140-240) il loop esterno è sulla A , che varia da $-PI/2$ a $+PI/2$, e quello interno sulla B che varia da 0 a $2*PI$. In tale modo si individuano i paralleli.

La seconda volta si invertono i loop (righe 250-350) e si individuano i meridiani. Cioè i singoli punti $P(A, B)$ vengono calcolati due volte, una volta come appartenenti al parallelo ed una volta come appartenenti al meridiano.

Calcolo di seni e coseni

Abbiamo realizzato una versione più rapida del programma SFERA/1, che si chiama, ovviamente SFERA/2, il listato è in fig. 6.

È noto che il calcolo di funzioni trigonometriche è in BASIC molto lento e quindi dobbiamo cercare di eseguirlo il meno possibile, precalcolando le funzioni ripetitive e immettendo il valore in variabili.

Ad esempio nel programma SFERA/1, i loop su A e B sono sovrapposti e quindi è inutile calcolare $\cos(A)$ e $\sin(A)$ anche per ogni valore del loop su B.

Inoltre il test di inizio linea eseguito con l'istruzione IF $B = 0$ rallenta il loop, mentre è noto a priori che la condizione si verifica solo al suo inizio. Allora per eliminare il test basta eliminare il caso $B = 0$ dal loop precalcolando e visualizzando il punto di inizio linea.

Il programma risulta meno sintetico ma veloce più del doppio.

Questo è ancora un programma che calcola e visualizza contemporaneamente; si

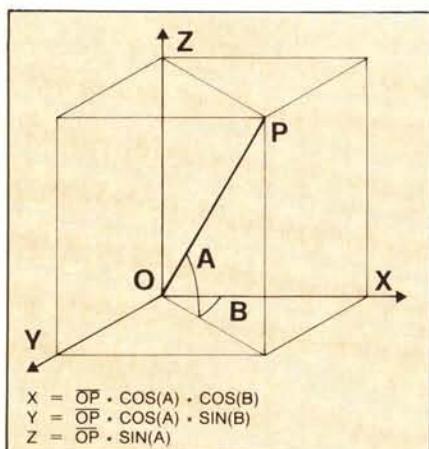


Figura 3 - Passaggio tra riferimenti. Da riferimento polare nello spazio a riferimento cartesiano nello spazio. Dato il punto $P(R,A,B)$, dove R è il raggio, A e B i due angoli, si ricava il punto $P(X,Y,Z)$.

```

100 REM SFERA/1
110 HGR2 : HCOLOR= 3
120 PI = 3.1416:C = 30:D = 30:P = PI / 180
130 R = 60:XC = 140:YC = 95.5
140 REM LOOP PRINCIPALE MERIDIANI
150 FOR R = - PI / 2 TO PI / 2 STEP PI / 16
160 FOR B = 0 TO 2 * PI STEP PI / <(16.0001)
170 X = R * COS (A) * COS (B)
180 Y = R * COS (A) * SIN (B)
190 Z = R * SIN (A)
200 XS = XC - X * COS (C * P) + Y * COS (D * P)
210YS = YC + X * SIN (C * P) + Y * SIN (D * P) + Z
220 IF B = 0 THEN HPLOT XS,YS: GOTO 240
230 HPLOT TO XS,YS
240 NEXT B,A
250 REM LOOP PRINCIPALE PARALLELI
260 FOR B = 0 TO 2 * PI STEP PI / <(16.0001)
270 FOR A = - PI / 2 TO PI / 2 STEP PI / 16
280 X = R * COS (A) * COS (B)
290 Y = R * COS (A) * SIN (B)
300 Z = R * SIN (A)
310 XS = XC - X * COS (C * P) + Y * COS (D * P)
320YS = YC + X * SIN (C * P) + Y * SIN (D * P) + Z
330 IF R = - PI / 2 THEN HPLOT XS,YS: GOTO 350
340 HPLOT TO XS,YS
350 NEXT A,B

```

Figura 5 - In alto il listato del programma SFERA/1. Ogni punto $P(XS,YS)$ viene calcolato due volte. La prima come appartenente al meridiano, la seconda come appartenente al parallelo.

Figura 6 - A destra il listato del programma SFERA/2. Con opportuni accorgimenti, che però allungano il listato del programma, l'esecuzione del disegno è molto più rapida.

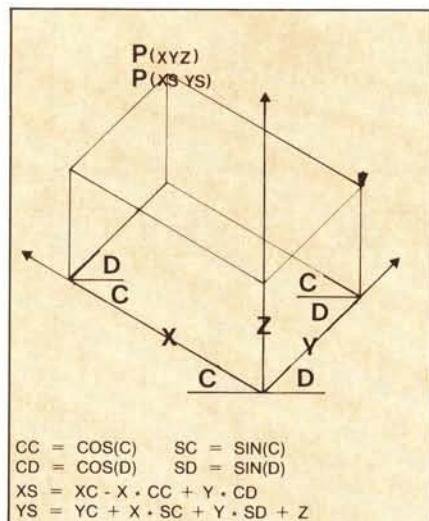


Figura 4 - Costruzione dell'assonometria. Si va dal punto $P(X,Y,Z)$ nello spazio al punto $P(XS,YS)$ sullo schermo, "costruendo" materialmente i valori XS , YS , tramite la conoscenza degli angoli di assonometria C , D .

può anticipare la parte calcolo, memorizzare i dati in una matrice ed infine visualizzare tutto insieme. Abbiamo realizzato anche il programma SFERA/3, listato in figura 7, che è il più lento di tutti come tempo totale, ma è velocissimo in fase di visualizzazione.

I solidi regolari

Ambientatichi nello spazio polare, occorre fare le conoscenze dei solidi regolari e delle loro caratteristiche geometriche.

I solidi di cui ci occupiamo appartengono alla famiglia dei Poliedri.

Per introdurre i poliedri scomodiamo la

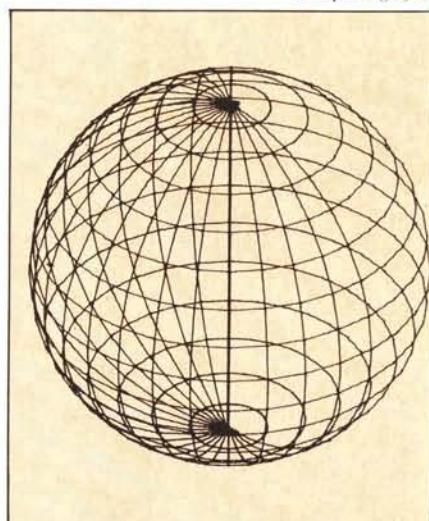


Figura 8 - Programma SFERA. Output su plotter. L'output, eseguito per comodità su plotter, è stato interrotto durante il tracciamento dei meridiani.

Encyclopédia Treccani, traendone le sintetiche definizioni:

- i poliedri sono solidi geometrici limitati da superfici piane poligonali;
- ogni vertice del poliedro è vertice di un angoloide che ha per spigoli e facce i lati e gli angoli uscenti da quel vertice ed appartenenti ai poligoni che contengono quel vertice;
- ogni spigolo del poliedro è spigolo di un diedro che ha per facce i semipiani dei poligoni contenenti quello spigolo;
- un poliedro si dice convesso se rispetto al piano di ogni sua faccia gli ulteriori vertici si trovano in un medesimo semispazio;

```

100 REM SFERA/2
110 HGR2 : HCOLOR= 3
120 PI = 3.1416:C = 30:D = 30:P = PI / 180
130 R = 60:XC = 140:YC = 95.5
140 CC = COS (C + P):CD = COS (D * P)
150 SC = SIN (C + P):SD = SIN (D * P)
160 SA = PI / 16 - .0001:SB = PI / 16 - .0001
170 REM LOOP PRINCIPALE PARALLELI
180 FOR A = - PM TO PM STEP SA
190 AC = COS (A):AS = SIN (A)
200 X = R * AC * COS (B)
210 Y = R * AC * SIN (B)
220 Z = R * AS
230 GOSUB 410: HPLOT XS,YS
240 FOR B = SB TO 2 * PI STEP SB
250 X = R * AC * COS (B)
260 Y = R * AC * SIN (B)
270 Z = R * AS
280 GOSUB 410: HPLOT TO XS,YS: NEXT B,A
290 REM LOOP PRINCIPALE MERIDIANI
300 FOR R = 0 TO 2 * PI STEP SB
310 BC = COS (B):BS = SIN (B)
320 X = R * COS (- PM) * BC
330 Y = R * COS (- PM) * BS
340 Z = R * SIN (- PM)
350 GOSUB 410: HPLOT XS,YS
360 FOR R = (- PM + SA) TO PM STEP SA
370 X = R * COS (A) * BC
380 Y = R * COS (A) * BS
390 Z = R * SIN (A)
400 GOSUB 410: HPLOT TO XS,YS: NEXT R,B: END
410 REM CALCOLO XS,YS
420 XS = XC - X * CC + Y * CD
430 YS = YC + X * SC + Y * SD + Z
440 RETURN

```

```

100 REM SFERA/3
110 HOME : R = 70: XC = 140: SXC = 95: SC = 30: D = 30
120 N = 32: DIM XS(N / 2,N), YSN(N / 2,N)
130 PI = 3.142: P = PI / 180: PM = PI / 2: PN = 2 * PI / N = 0
001
140 CC = COS (C + P): CD = COS (D + P)
150 SC = SIN (C + P): SD = SIN (D + P)
160 REM LOOP DI CARICA DATI
170 FOR I = 0 TO N / 2: R = I * PN - PI / 2
180 FOR L = 0 TO N: B = L * PN
190 X = R * COS (R) * COS (B): Y = R * COS (R) * SIN (B)
Z = R * SIN (R)
200 XS(I,L) = XC - X * CC + Y * CD
210 YSN(I,L) = XC + X * SC + Y * SD + Z
220 NEXT L: PRINT N / 2 - I: NEXT I
230 HOME : VTB(2): INPUT "PREMI RETURN PER CONTINUARE": FF#
240 HGR2 : HCOLOR= 3
250 REM LOOP DI VISUALIZZAZIONE PARALLELI
260 FOR I = 0 TO N / 2: HPLOT XS(I,0), YSN(I,0)
270 FOR L = 1 TO N: HPLOT TO XS(I,L), YSN(I,L)
280 NEXT L, I
290 REM LOOP DI VISUALIZZAZIONE MERIDIANI
300 FOR L = 0 TO N: HPLOT XS(0,L), YSN(0,L)
310 FOR I = 1 TO N / 2: HPLOT TO XS(I,L), YSN(I,L)
320 NEXT I, L: END

```

Figura 7 - Listato del programma SFERA/3. I valori P(XS,YS) vengono tutti precalcolati, in modo da rendere l'esecuzione del disegno ancora più veloce.

Elementi caratteristici dei solidi regolari

Cubo	Tetraedro	Icosaedro	Tetraedro
6 facce quadrate	4 facce triangolari	20 facce triangolari	12 facce pentagonali
8 vertici	4 vertici	12 vertici	20 vertici
12 spigoli	6 spigoli	30 spigoli	30 spigoli
$R = \sqrt{3/2} \cdot L$	$R = \frac{3}{4} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot L$	$R = \frac{L}{4} + \sqrt{10+2\sqrt{5}}$	$R = \frac{\sqrt{3}(1+\sqrt{5})}{4} \cdot L$
$R = .866 \cdot L$	$R = .612 \cdot L$	$R = .951 \cdot L$	$R = 1.402 \cdot L$

Figura 9 - Tabella specificativa dei poligoni regolari. Con questi elementi base è possibile ricavare tutti gli altri.

```

ATTENDERE PREGO
ASSONOMETRIE DEI
SOLIDI GEOMETRICI REGOLARI
1 - CUBO
2 - TETRAEDRO
3 - ICOSAEDRO
4 - DODECAEDRO
5 - FINE
- SCEGLI 4

IMMETTI GLI ANGOLI ASSON C.D 30.30
R B X Y Z XS YS
52 0 48 0 62 98 183
52 72 15 46 63 167 189
52 144 -40 28 63 199 153
52 216 -40 -29 63 149 125
52 288 15 -47 63 87 142
10 0 78 0 14 72 149
10 72 24 74 14 184 168
10 144 -64 46 14 235 181
10 216 -64 -47 14 155 55
10 288 24 -75 14 54 85
-11 36 62 46 -15 125 125
-11 108 -25 74 -15 226 105
-11 180 -79 0 -15 208 41
-11 252 -25 -75 -15 96 9
-11 324 63 -47 -15 45 89
-53 36 39 28 14 131 65
-53 108 -16 46 -64 193 47
-53 180 -49 0 -64 182 7
-53 252 -16 -47 -64 113 1
-53 324 39 -28 -64 81 37
RETURN PER IL DISEGNO

```

Figura 11 - Output alfanumerico su video. È necessario controllare sulla tabella che fornisce i risultati dei calcoli la compatibilità di formato dei punti schermo P(XS,YS).

```

100 REM SOLIDI REGOLARI
110 HOME : TEXT : VTB(20): PRINT "ATTENDERE PREGO"
120 FOR I = 1 TO 4: READ N\$(I), R\$(I), K\$(I): NEXT
130 DATA 8,80,-865,4,60,-612,12,80,-95,20,80,1,4
140 L# = "
150 DIM R(20,4), B(20,4): P = 3 14159: XC = 140: SXC = 95: SC = 30
160 DIM X(20), Y(20), Z(20), XS(20), YSN(20)
170 FOR I = 1 TO N\$(1): READ A(I,1), B(I,1): NEXT
180 FOR I = 1 TO N\$(2): READ A(I,2), B(I,2): NEXT
190 FOR I = 1 TO N\$(3): READ A(I,3), B(I,3): NEXT
200 FOR I = 1 TO N\$(4): READ A(I,4), B(I,4): NEXT
210 TEXT : HOME : PRINT L#: PRINT "ASSONOMETRIE DEI"
220 PRINT "SOLIDI GEOMETRICI REGOLARI": PRINT : PRINT L#
230 PRINT " 1 - CUBO": PRINT
240 PRINT " 2 - TETRAEDRO": PRINT
250 PRINT " 3 - ICOSAEDRO": PRINT
260 PRINT " 4 - DODECAEDRO": PRINT
270 PRINT " 5 - FINE": PRINT
280 PRINT L#: PRINT " - SCEGLI": PRINT
290 FOR K = 1 TO 13: PRINT CHR\$(80): NEXT
300 INPUT " ", S$:
310 S = VAL(S$): IF S < 1 OR S > 5 THEN 210
320 IF VAL(S$) = 5 THEN HOME : END
330 PRINT : PRINT L#: INPUT "IMMETTI GLI ANGOLI ASSON C.D": C,D
340 C = C + P / 180: D = D + P / 180
350 SC = SIN (C): SD = SIN (D): CC = COS (C): CD = COS (D)
360 HOME : PRINT "A B X Y Z XS YS"
370 FOR I = 1 TO N\$(S):
380 A = R\$(I,1) * P / 180: B = B\$(I,1) * P / 180
390 XC\$(I) = R\$(I,2) * COS (A) * COS (B)
400 YC\$(I) = R\$(I,2) * COS (A) * SIN (B)
410 ZC\$(I) = R\$(I,2) * SIN (A)
420 XC\$(I) = XC\$(I) + CC + YC\$(I) * CD
430 ZC\$(I) = XC\$(I) + XC\$(I) * SC + ZC\$(I) * SD + Z\$(I)
440 PRINT INT (XC\$(I)): TAB(6): INT (YC\$(I))
450 PRINT TAB(12): INT (ZC\$(I))
460 PRINT TAB(18): INT (YC\$(I))
470 PRINT TAB(24): INT (ZC\$(I))
480 PRINT TAB(32): INT (XC\$(I)), TAB(36): INT (ZC\$(I))
490 NEXT I: LT = R\$(S) / K\$)
500 PRINT : PRINT : INPUT "RETURN PER IL DISEGNO": FF#
510 REM DISEGNO
520 HGR2 : HCOLOR= 3
530 FOR I = 1 TO N\$(S) - 1: FOR L = I + 1 TO N\$(S):
540 IF I = L THEN 580
550 DD = (XC\$(I) - XC\$(L)) ^ 2 + (YC\$(I) - YC\$(L)) ^ 2 + (ZC\$(I) - ZC\$(L)) ^ 2
560 D = SQRT (DD)
570 IF D < LT THEN HPLOT XC\$(I), 192 - YC\$(I) TO XC\$(L), 192 - YC\$(L)
580 NEXT L, I: FOR K = 1 TO 1999: NEXT : GOTO 210
590 REM DHTA CUBO
600 DHTH 35, 26, 45, 35, 26, 135, 35, 26, 225, 35, 26, 315
610 DHTH -35, 26, 45, -35, 26, 135, -35, 26, 225, -35, 26, 315
620 REM DHTA TETRAEDRO
630 DHTH 90, 90, -15, 47, -45, -19, 47, 165, -19, 47, 285
640 REM DHTA ICOSAEDRO
650 DHTH 90, 90, 26, 5, 26, 5, 72, 26, 5, 144, 26, 5, 216, 26, 5, 288
660 DHTH -26, 5, 36, -26, 5, 108, -26, 5, 180, -26, 5, 252, -26, 5, 324, -90, 90
670 REM DHTA DODECAEDRO
680 DHTH 52, 6, 52, 6, 52, 52, 6, 144, 52, 6, 216, 52, 6, 288
690 DHTH 10, 8, 10, 8, 72, 10, 8, 144, 10, 8, 216, 10, 8, 288
700 DHTH -10, 8, 36, -10, 8, 108, -10, 8, 180, -10, 8, 252, -10, 8, 324
710 DHTH -52, 6, 36, -52, 6, 108, -52, 6, 180, -52, 6, 252, -52, 6, 324

```

Figura 10 - Listato del programma Poligoni regolari. Il menu di scelta prevede quattro solidi, per i quali occorre specificare gli angoli assonometrici C, D voluti.

mento assonometrico, di un poliedro scelto tra cubo, tetraedro, icosaedro e dodecaedro.

La fase di inizializzazione (righe 100 - 200) comprende la lettura dei dati N, R, K per ciascun solido. N è il numero dei vertici, R il raggio della sfera e K il rapporto tra raggio e lato. Questo valore servirà per calcolare il lato L della faccia del solido.

Vengono poi dimensionate le matrici A(20,4), B(20,4) nelle quali vengono immessi gli angoli A e B di ciascun poliedro nelle righe da 170 a 200, e i vettori X(20), Y(20), Z(20) e poi X⁰(20), Y⁰(20) nei quali vengono caricati, in fase di esecuzione, i valori dei punti nello spazio P(X,Y,Z) e i valori dei punti sullo schermo P(X⁰,Y⁰).

Il menu di scelta (vedi fig. 11), dalla riga 210 alla riga 350 del listato, offre le quattro possibilità. Scelto il solido occorre immettere, via input, gli angoli di assonometria C, D per i quali vengono subito calcolate, una volta per tutte, le quattro costanti SC, SD, CC, CD necessarie alla traduzione assonometrica delle coordinate cartesiane spaziali.

A questo punto inizia il calcolo delle coordinate spaziali a partire dalle coordinate polari, già ampiamente descritte, che

Il programma solidi regolari

Il programma (listato in fig. 10) permette la visualizzazione tramite un procedi-

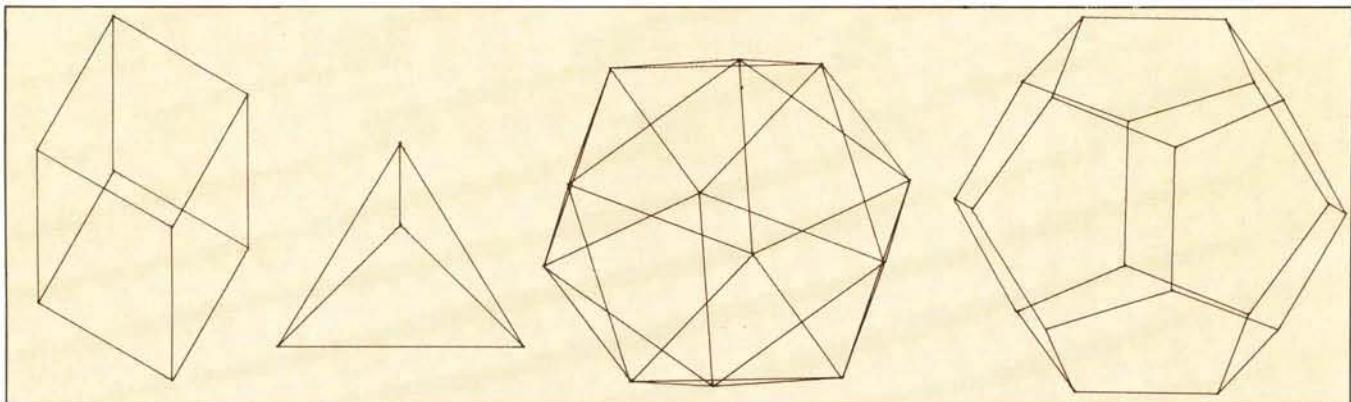


Figura 12 a, b, c, d - Output su plotter dei quattro solidi regolari. Gli angoli di assonometria scelti sono 30° per il cubo, 30° per il tetraedro, 120° per l'icosaedro e 120° per il dodecaedro.

occupa le righe 380 - 410. Subito, all'interno dello stesso loop c'è il calcolo dei valori assonometrici ovvero delle coordinate schermo.

Tutti questi valori vengono visualizzati perché occorre controllare la compatibilità del formato di uscita con il formato schermo. Tale formato è funzione del raggio scelto e degli angoli C e D.

Abbiamo evitato le routine di scaling per non appesantire il programma con il rischio di rendere meno comprensibili le routine più importanti.

Infine c'è la fase di visualizzazione che funziona in un modo molto elementare ma lento.

Tramite due loop sovrapposti viene calcolata la distanza di ogni vertice da ciascun altro, se questa distanza è pari al lato LT (riga 570) significa che il segmento considerato è un lato della faccia e quindi va visualizzato.

Poiché non si tratta di numeri interi abbiamo calcolato LT con approssimazione in eccesso e quindi la condizione è diventata $D < LT$.

In figura 12a/b/c/d sono visualizzati quattro degli output possibili. Abbiamo

utilizzato solo assonometrie standard, cioè coppie di valori C, D pari a 30,30 oppure 60,30, ma è chiaro che potremo scegliere altre coppie, facendo attenzione sempre alla compatibilità di formato per l'uscita.

Il programma ottaedro

Non abbiamo visualizzato l'ottaedro in quanto lo useremo per un altro programma.

Il programma Solidi regolari è lento, per determinare i segmenti da visualizzare esegue parecchi confronti a vuoto. Cerchiamo dunque un metodo che ci permetta di individuare a priori solo i segmenti da visualizzare. Questo si può fare facilmente creando un vettore di collegamento in cui sono immagazzinati, in ordine progressivo, i numeri dei vertici collegati tra loro.

Se i vertici sono in sequenza si crea una spezzata, altrimenti la sequenza va interrotta con uno 0 che indica che il vertice che sta prima non è collegato con il successivo.

L'ottaedro, poiché da ogni vertice partono 4 segmenti, è tutto tracciabile con una sola spezzata e quindi, battezzati con un numero progressivo i sei vertici, si può im-

maggazzinare nel vettore $P^0(I)$ l'ordine di esecuzione della spezzata.

Il programma è su video e simula la rotazione attorno al suo asse del solido. La rotazione è ottenuta incrementando volta per volta l'angolo B.

Il listato è in figura 13, mentre l'output indicativo, essendo una animazione, è su plotter, in figura 14.

Il programma è simile al precedente; oc-

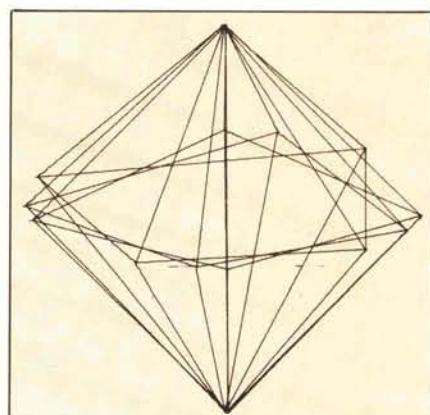


Figura 14 - Programma Ottaedro. Output su plotter. Il programma simula la rotazione su video dell'ottaedro. Per dare una idea di cosa si vede, abbiamo eseguito una uscita su plotter.

corre l'informazione in più relativa alla spezzata di collegamento tra i vertici.

P è il numero dei vertici interessati della spezzata, e $P^0(P)$ vettore con i dati.

Per chiarire questo concetto si pensi che un segmento è individuato da due punti, due segmenti in catena da tre punti, due segmenti non in catena da quattro punti separati a coppie da uno 0, che segnala che non c'è collegamento.

Gli altri solidi, ad esempio il cubo, hanno vertici da cui partono un numero dispari di segmenti e quindi l'intera figura deve essere suddivisa in più spezzate.

La parte relativa all'output è costituita da un solo loop sulla I che collega il vertice $P^0(I)$ -mo con il vertice $P^0(I+1)$ -mo. Se il vertice è contraddistinto con lo 0 non si effettua il collegamento (righe 290 + 320 del listato).

```

100 REM INIZIALIZZAZIONI
110 REM PARAMETRI PER LA PROSPETTIVA
120 HOME :D1 = 300:D2 = 50:CX = 0:CY = 100:CZ = 50:X0 = 140:YC = 0
130 REM DATI PER IL CALCOLO DELLE COORDINATE CARTESIANE
140 R = 40:PG = 3:14159:PI = PG / 180
150 REM DATI VERTICI E SEGMENTI / DIMENSIONAMENTO VETTORI
160 N = 6:P = 13: DIM X(N),Y(N),Z(N),XX(N),YY(N),PX(P),PY(P),B(N)
170 REM LETTURA DATI ANGOLARI
180 FOR I = 1 TO N: READ A(I),B(I):A(I) = A(I) * PI:B(I) = B(I) * P
I: NEXT
190 REM LETTURA SEQUENZA SEGMENTI
200 FOR I = 1 TO P: READ PX(I): NEXT
210 REM CALCOLO
220 FOR I = 1 TO N: A(I) = A(I) + IA:B(I) = B(I) + IB
230 X(I) = R * COS A(I)) * COS B(I)) + CX
240 Y(I) = R * COS A(I)) * SIN B(I)) + CY
250 Z(I) = R * SIN A(I)) + CZ:K = D1 / (D2 + Y(I))
260 XX(I) = X(I) * K + XC:YY(I) = Z(I) * K + YC: NEXT
270 REM VISUALIZZAZIONE
280 HGR2 : HCOLOR= 3
290 FOR I = 1 TO P - 1: IF PX(I) = 0 THEN 320
300 IF PX(I + 1) = 0 THEN 320
310 PLOT XX(PX(I)),YY(PY(I)) TO XX(PX(I + 1)),YY(PY(I + 1))
320 NEXT :IA = IA + .0:IB = IB + .1: GOTO 210
330 REM DATA OTTAEDRO
340 DATA 90,90,0,0,0,0,90,0,180,0,270,-90,90
350 DATA 1,2,3,4,5,2,6,4,1,3,6,5,1

```

Figura 13 - Listato del programma Ottaedro. In questo caso non utilizziamo il procedimento assonometrico, ma quello prospettico, descritto sul numero 8 di MCmicrocomputer.

BENVENUTO

VOYAGER-100 il fuoriclasse portatile

È finalmente arrivato in Italia il computer portatile VOYAGER-100.

Le sue caratteristiche d'avanguardia, unitamente alle prestazioni ed al costo "quasi incredibile", rendono questo fuoriclasse unico sul mercato.

Alcuni dati

- Architettura modulare basata sul "STD-BUS" (Mostek-Prolog)
- Video 9" a fosfori verdi (24 linee x 80 colonne)
- Tastiera alfanumerica standard VT 100
- Configurazione standard con 2 minifloppy da 386KB ciascuno.
Espansione con Hard Disk da 10MB
- Modello con stampante incorporata (80 colonne-100 cps)
- Funzionamento con 8-bit (Z80A) e 16-bit (68000)
- Sistemi operativi CP/M™ 2.2 - UNIX™
- Linguaggi di programmazione: BASIC-80, C-BASIC, COBOL, FORTRAN, PASCAL, ADA ecc.



Prezzo: da Lit. 4.200.000+IVA (rateizzabili)

La ELTRON, con la distribuzione esclusiva di questo fuoriclasse, completa la sua già ricca gamma di prodotti, confermandosi così l'unica sorgente in grado di dare **soluzioni totali** ad ogni esigenza EDP.

Per ulteriori informazioni contattare:
ELTRON
V.le Europa, 68 - 25100 Brescia
Tel. 030/396490-1-2

**SI CERCANO DISTRIBUTORI
PER TUTTO IL TERRITORIO NAZIONALE**

 **eltron**