

PRINCIPI DI  
**COMPUTER  
GRAPHICS**

**WILLIAM M. NEWMAN  
ROBERT F. SPROULL**

McGRAW-HILL Libri Italia srl

---

Milano New York St. Louis San Francisco Amstrong Auckland  
Bogotá Città del Guatemala Città del Messico Lisbona  
Londra Madrid Montreal Nuova Delhi Panama Parigi San Juan  
San Paolo Singapore Sydney Tokyo Toronto

# Indice

---

**Prefazione all'edizione italiana 19**

**Prefazione 21**

**Parte Prima**

**Concetti di base**

**Capitolo 1      Introduzione 27**

- 1.1    Le origini della Computer Graphics 30
  - 1.2    Come funziona un terminale grafico interattivo 31
  - 1.3    Alcuni problemi comuni 33
  - 1.4    Nuove periferiche di visualizzazione 36
  - 1.5    Software grafico per uso generale 36
  - 1.6    L'interfaccia utente 37
  - 1.7    La visualizzazione di oggetti solidi 38
- Esercizi 40

**Capitolo 2      Tecniche di tracciamento per punti 41**

- 2.1    Sistemi di coordinate 42
  - 2.2    Metodi incrementali 43
  - 2.3    Algoritmi per il disegno per linee 44
    - 2.3.1    il DDA simmetrico 47
    - 2.3.2    il DDA semplice 49
    - 2.3.3    l'algoritmo di Bresenham 50
  - 2.4    Generazione di circonferenze 51
    - 2.4.1    il DDA per la generazione di circonferenze 51
- Esercizi 53

**Capitolo 3      Terminali grafici per il disegno a linee 55**

- 3.1    I monitor e i controller 56

- 3.2 I monitor 57
- 3.3 Il CRT (Cathode Ray Tube) 57
  - 3.3.1 l'emettitore di elettroni 58
  - 3.3.2 il sistema di deviazione 60
  - 3.3.3 i fosfori 60
  - 3.3.4 il CRT a penetrazione 61
  - 3.3.5 il CRT a shadow mask 62
- 3.4 Periferiche a memoria intrinseca 63
  - 3.4.1 il tubo a memoria 63
  - 3.4.2 il pannello al plasma 65
  - 3.4.3 lo schermo a scansione laser 67
- 3.5 Terminali con tubo a memoria 68
- 3.6 Il terminale vettoriale a rinfresco 70
- Esercizi 75

#### **Capitolo 4 Trasformazioni bidimensionali 79**

- 4.1 Generalità sulle trasformazioni 79
  - 4.1.1 traslazione 80
  - 4.1.2 rotazione 80
  - 4.1.3 trasformazione di scala 80
- 4.2 Concatenazione 81
- 4.3 Rappresentazione matriciale 83
  - 4.3.1 forma matriciale delle trasformazioni 84
  - 4.3.2 concatenazione di trasformazioni in forma matriciale 84
  - 4.3.3 efficienza 86
- Esercizi 86

#### **Capitolo 5 Clipping e windowing 89**

- 5.1 Un algoritmo per il clipping di linee 91
- 5.2 Suddivisione delle linee nel punto medio 93
- 5.3 Clipping di altre entità grafiche 95
- 5.4 Clipping di poligoni 95
- 5.5 Trasformazioni di visualizzazione 99
- 5.6 Trasformazione di windowing 100
- Esercizi 103

### **Parte Seconda Package grafici**

#### **Capitolo 6 Un package grafico semplice 107**

- 6.1 Regole di base per la progettazione del software grafico 108
- 6.2 Settori funzionali 109
- 6.3 Primitive grafiche 110

6.4	Funzioni di windowing	111
6.5	Funzioni varie	111
6.6	Esempio: un programma per il trattamento di grafici	112
6.7	Realizzazione delle funzioni	115
6.8	Il processore di trasformazione	115
6.9	Il generatore di codici di visualizzazione	116
	Esercizi	119
<b>Capitolo 7</b>	<b>Display file segmentati</b>	<b>121</b>
7.1	I segmenti	122
7.2	Funzioni per la segmentazione del display file	123
7.3	Accensione e spegnimento di un segmento	125
7.4	Schemi per i nomi dei segmenti	126
7.5	Condizioni automatiche di errore	127
7.6	Aggiunte ai segmenti	128
	Esercizi	129
<b>Capitolo 8</b>	<b>Compilazione del display file</b>	<b>131</b>
8.1	Rinfresco contemporaneo alla ricostruzione	131
8.2	Gestione della memoria libera	133
8.3	Struttura del display file	136
8.4	Display file per terminali a memoria	138
	Esercizi	140
<b>Capitolo 9</b>	<b>Modelli geometrici</b>	<b>143</b>
9.1	Un esempio di modellazione semplice	144
9.2	La modellazione geometrica	147
9.2.1	visualizzazione di un modello geometrico	148
9.3	Simboli e instance	149
9.4	Realizzazione della trasformazione di instance	153
9.4.1	concatenazione delle trasformazioni di instance e di visualizzazione	153
9.4.2	costruzione della matrice di trasformazione di instance	154
9.4.3	clipping prima e dopo la trasformazione	156
	Esercizi	157
<b>Capitolo 10</b>	<b>Struttura dell'immagine</b>	<b>159</b>
10.1	Definizione dei simboli per mezzo di procedure	160
10.1.1	struttura di procedure multi livello	161
10.2	Procedure di visualizzazione	163
10.3	Boxing	165
10.4	Vantaggi e limiti delle procedure di visualizzazione	167
10.5	Display file strutturati	169
10.5.1	gruppi ed entità	170

- 10.5.2 realizzazione di gruppi ed entità 171
- 10.5.3 strutture dati grafiche 174
- 10.6 Conclusione 174
- Esercizi 175

### **Parte Terza**

#### **Grafica interattiva**

- Capitolo 11 Periferiche per l'input grafico 179**
  - 11.1 Periferiche di puntamento e di posizionamento 179
  - 11.2 il mouse 181
  - 11.3 Le tavolette 182
    - 11.3.1 le prime tavolette 182
    - 11.3.2 la tavoletta acustica 183
    - 11.3.3 la tavoletta elettro-acustica 184
  - 11.4 La penna ottica 184
  - 11.5 Periferiche per l'input tridimensionale 186
    - 11.5.1 periferiche acustiche 187
    - 11.5.2 periferiche meccaniche 188
    - 11.5.3 il twinkle box 189
  - 11.6 I comparatori 190
  - Esercizi 191
- Capitolo 12 Tecniche per l'input grafico 193**
  - 12.1 Introduzione 193
  - 12.2.1 l'uso del feedback 194
  - 12.2 Tecniche di posizionamento 195
    - 12.2.1 il posizionamento vincolato 196
    - 12.2.2 scale graduate e linee guida 198
    - 12.2.3 le tecniche a rubber-band 199
    - 12.2.4 trascinamento 201
    - 12.2.5 posizionamento di testi 202
    - 12.2.6 tecniche di dimensionamento e potenziometri grafici 203
  - 12.3 Puntamento e selezione 205
    - 12.3.1 la selezione 205
    - 12.3.2 il feedback di selezione 207
    - 12.3.3 selezione multipla 208
    - 12.3.4 selezione a menu 209
  - 12.4 Inking e pittura 211
    - 12.4.1 la pittura 212
    - 12.4.2 la pittura vincolata 213
  - 12.5 Riconoscimento on-line dei caratteri 214
  - 12.6 Conclusioni 217
  - Esercizi 217

<b>Capitolo 13</b>	<b>Gestione degli eventi 219</b>
13.1	Introduzione 219
13.2	Il polling 220
13.3	Gli interrupt 222
13.4	La coda di eventi 223
13.5	Funzioni per la gestione degli eventi 225
13.5.1	eventi ripetuti 226
13.6	Progettazione della funzione di polling 228
13.6.1	riposizionamento del cursore 228
13.6.2	inking 229
13.7	Gli interrupt della penna ottica 230
13.7.1	tracking della penna ottica 230
13.7.2	gli interrupt di selezione 232
	Esercizi 233

<b>Capitolo 14</b>	<b>Funzioni di input 235</b>
14.1	Il trascinamento e il fissaggio 236
14.2	La funzione <i>HitDetect</i> 237
14.3	Il riconoscimento on-line dei caratteri 239
14.3.1	la routine <i>tablet-polling</i> 239
14.3.2	la routine <i>feature-extraction</i> 240
14.3.3	la routine <i>dictionary-lookup</i> 243
14.3.4	la routine di training 244
14.4	Conclusione 245
	Esercizi 246

## **Parte Quarta**

### **Grafica raster**

<b>Capitolo 15</b>	<b>I principi della grafica raster 251</b>
15.1	Introduzione 251
15.1.1	applicazioni della grafica raster 252
15.2	Generazione di un'immagine raster: il terminale con frame buffer 253
15.3	Rappresentazione di un'immagine raster 255
15.3.1	il sistema di coordinate raster 256
15.4	La scan conversion dei disegni per linee 257
15.5	Visualizzazione di caratteri 259
15.6	Velocità dell'operazione di scan conversion 261
15.7	Immagini naturali 262
15.7.1	il campionamento 262
15.7.2	la mezzatinta 264
	Esercizi 267

- Capitolo 16**      **Scan conversion di superfici colorate 269**
- 16.1      Rappresentazioni geometriche di superfici 270
  - 16.2      L'operazione di scan conversion su poligoni 272
    - 16.2.1      la coerenza 273
    - 16.2.2      casi particolari 275
    - 16.2.3      il campionamento 277
  - 16.3      La priorità 280
  - 16.4      L'algoritmo Y-X 282
  - 16.5      Proprietà degli algoritmi di scan conversion 284
  - Esercizi 285
- Capitolo 17**      **Grafica raster interattiva 289**
- 17.1      L'aggiornamento dell'immagine 291
  - 17.2      Il modello pittorico 292
    - 17.2.1      vincoli per la pittura 294
    - 17.2.2      riempimento di aree 295
  - 17.3      Lo spostamento di parti di un'immagine 296
  - 17.4      Immagini con feedback 297
  - Esercizi 301
- Capitolo 18**      **Sistemi grafici raster 303**
- 18.1      Rappresentazioni 303
  - 18.2      Funzioni per la manipolazione dei raster 304
  - 18.3      I sistemi che utilizzano rappresentazioni raster 307
  - 18.4      I sistemi che usano rappresentazioni geometriche 309
    - 18.4.1      sistemi raster a linee 309
    - 18.4.2      sistemi raster a superfici colorate 310
    - 18.4.3      progettazione interna di un sistema grafico a superfici colorate 311
  - 18.5      Conclusione 315
  - Esercizi 315
- Capitolo 19**      **Hardware dei terminali raster 317**
- 19.1      Le apparecchiature dei terminali raster 317
  - 19.2      I frame buffer 319
    - 19.2.1      i frame buffer a memoria rotante 319
    - 19.2.2      i frame buffer a registri scorrevoli 320
  - 19.3      Il frame buffer ad accesso random 321
    - 19.3.1      mappatura del colore 322
    - 19.3.2      i frame buffer a più piani di memoria 322
    - 19.3.3      i punti di forza e i lati deboli del frame buffer 323
  - 19.4      Scan conversion in tempo reale 324
    - 19.4.1      la scan conversion di segmenti 325
    - 19.4.2      il mantenimento della lista attiva 327

- 19.4.3 la scan conversion in tempo reale di poligoni 328
- 19.5 Altri schemi di codifica 329
  - 19.5.1 codifica a run-length 330
  - 19.5.2 i terminali raster cell-organized 331
  - 19.5.3 i limiti delle tecniche di codifica 331
- Esercizi 332

## Parte Quinta

### Grafica tridimensionale

- Capitolo 20 Realismo nella grafica tridimensionale 335**
  - 20.1 Tecniche per raggiungere il realismo 337
  - 20.2 Modellazione di scene tridimensionali 342
    - 20.2.1 i sistemi di coordinate 343
    - 20.2.2 la modellazione di oggetti 344
    - 20.2.3 la rappresentazione della topologia e della geometria 345
    - 20.2.4 modelli tridimensionali strutturali 345
    - 20.2.5 la costruzione dei modelli 347
  - 20.3 Modellazione e realismo 349
  - Esercizi 350
- Capitolo 21 Curve e superfici 351**
  - 21.1 Requisiti per descrivere una forma 351
  - 21.2 Funzioni parametriche 355
  - 21.3 I metodi di Bézier 357
    - 21.3.1 le curve di Bézier 357
    - 21.3.2 le superfici di Bézier 361
  - 21.4 I metodi B-spline 362
    - 21.4.1 le superfici B-spline 367
  - 21.5 La visualizzazione di curve e superfici 368
    - 21.5.1 calcolo di punti appartenenti a curve e superfici 369
  - 21.6 Conclusione 372
  - Esercizi 372
- Capitolo 22 Trasformazione tridimensionali e prospettiva 375**
  - 22.1 Le trasformazioni 375
    - 22.1.1 traslazione 375
    - 22.1.2 rotazione 376
    - 22.1.3 variazione di scala 377
    - 22.1.4 trasformazioni inverse 377
    - 22.1.5 concatenazione 378
  - 2.2 Le trasformazioni nella modellazione 378
  - 22.3 Le trasformazioni nella visualizzazione 381
  - 22.4 La trasformazione ortografica 382



- 22.5 Il clipping tridimensionale 384
- 22.6 Package grafici tridimensionali 387
- 22.7 Esempi 388
- 22.7.1 rotazione attorno ad un asse qualunque 388
- vista prospettica di un cubo 390
- Esercizi 394

**Capitolo 23      Profondità prospettica 399**

- 23.1 Il sistema di coordinate dello schermo 400
- 23.1.1 il clipping prima della divisione 402
- 23.1.2 le coordinate window-edge 402
- 23.2 Le proprietà del sistema di coordinate dello schermo 404
- 23.2.1 le linee rette rimangono rette 405
- 23.3 Rappresentazioni delle trasformazioni proiettive per mezzo delle coordinate omogenee 407
- 23.4 Conclusione 409
- Esercizi 410

**Capitolo 24      Eliminazione delle superfici nascoste 413**

- 24.1 Due approcci 414
- 24.2 L'algoritmo depth buffer 415
- 24.2.1 i limiti dell'algoritmo depth buffer 416
- 24.3 I calcoli geometrici 417
- 24.3.1 le equazioni del piano 417
- 24.3.2 i test di sovrapposizione 418
- 24.3.3 i poligoni di copertura 419
- 24.4 Algoritmi basati sulla coerenza della linea di scansione 419
- 24.4.1 gli algoritmi basati sulla coerenza di intervallo 420
- 24.4.2 conclusione 423
- 24.5 Algoritmi basati sulla coerenza di area 423
- 24.5.1 l'algoritmo di Warnock 424
- 24.6 Algoritmi basati sulla priorità 428
- 24.6.1 l'algoritmo di Newell, Newell e Sancha 428
- 24.6.2 altri usi delle priorità 430
- 24.7 La scelta di un algoritmo 432
- 24.8 Ordinamento e coerenza 433
- Esercizi 435

**Capitolo 25      Ombreggiatura 437**

- 25.1 Un modello di illuminazione 438
- 25.1.1 il calcolo degli angoli 441
- 25.2 Applicazione del modello di illuminazione 443
- 25.2.1 ombreggiatura di poliedri 446
- 25.2.2 ombreggiatura di superfici curve 446

- 25.2.3 calcolo dell'ombreggiatura di ogni punto in modo indipendente 451
- 25.2.4 il campionamento 451
- 25.2.5 considerazioni sull'hardware 452
- 25.3 Effetti speciali 453
  - 25.3.1 la trasparenza 454
  - 25.3.2 dettagli della superficie dei poligoni 454
  - 25.3.3 le ombre 455
  - 25.3.4 la texture e i riflessi 457
- 25.4 Conclusione 458
- Esercizi 459

## Parte Sesta

### Sistemi grafici

#### Capitolo 26 Display processor 463

- 26.1 Il semplice terminale vettoriale a rinfresco 464
- 26.2 I terminali a scansione random con tubo a memoria 466
- 26.3 I terminali ad alte prestazioni 467
  - 26.3.1 hardware per la generazione di linee e curve 468
  - 26.3.2 hardware per la segmentazione 469
  - 26.3.3 hardware per la generazione dei codici di visualizzazione 469
  - 26.3.4 hardware per il clipping 469
  - 26.3.5 hardware per le trasformazioni 470
  - 26.3.6 hardware per la modellazione 470
  - 26.3.7 hardware per l'interazione 471
- 26.4 Il terminale ad alte prestazioni senza memoria 471
- 26.5 Il terminale ad alte prestazioni con memoria 473
- Esercizi 475

#### Capitolo 27 Sistemi grafici indipendenti dalle periferiche 477

- 27.1 L'indipendenza dalle periferiche 478
- 27.2 Il modello dei processi di output per il programmatore 478
  - 27.2.1 l'algoritmo di visualizzazione 479
  - 27.2.2 l'analogia col plotter 481
  - 27.2.3 un ponte tra modello concettuale e realtà 482
  - 27.2.4 un modello di display file trasformato 483
  - 27.2.5 i sistemi di modellazione 485
  - 27.2.6 altri moduli software 486
- 27.3 La progettazione del sistema grafico 487
  - 27.3.1 package grafici e linguaggi 488
  - 27.3.2 la struttura dei package grafici 489
- 27.4 La progettazione di un gruppo di funzioni 490
  - 27.4.1 la struttura del programma applicativo 491

27.4.2 categorie di funzioni 492

27.5 Conclusione 493

Esercizi 495

**Capitolo 28 Progettazione dell'interfaccia utente 497**

28.1 I componenti dell'interfaccia utente 497

28.1.1 l'analisi dei compiti 499

28.2 Il modello utente 500

28.2.1 oggetti e azioni 502

28.2.2 oggetti di controllo 502

28.3 Il linguaggio di comandi 503

28.3.1 problemi inerenti la progettazione di un linguaggio di comandi 504

28.4 Gli stili dei linguaggi di comandi 506

28.4.1 semplici dialoghi alla tastiera 507

28.4.2 i linguaggi di comandi da tastiera 507

28.4.3 una interazione semplice: i tasti funzione 509

28.4.4 i linguaggi di comandi guidati dal menu 510

28.4.5 i programmi di pittura 511

28.4.6 riconoscimento on-line di caratteri 512

28.5 La rappresentazione dell'informazione 513

28.5.1 lo schema globale 514

28.5.2 la visualizzazione degli oggetti 516

28.6 Il feedback 518

28.6.1 il feedback ai comandi 519

28.6.2 il feedback di selezione 521

28.6.3 il feedback indipendente dall'applicazione 522

28.7 Esempi 522

28.7.1 analisi dei compiti 522

28.7.2 esempio 1: Progetto di moduli con un terminale raster 523

28.7.3 esempio 2: Progetto di moduli su un terminale con tubo a memoria 531

28.8 Conclusione 534

Esercizi 534

**Parte Settima**

**Appendici**

**Appendice A Vettori e matrici 537**

A.1 Le matrici 537

A.2 I vettori 541

**Appendice B Tecniche delle coordinate omogenee 545**

B.1 Le coordinate omogenee 546

- B.2 Le notazioni 547
- B.3 Punti e linee bidimensionali 548
- B.4 Tecniche di soluzione 550
- B.5 Punti, linee e piani tridimensionali 552

**Appendice C Bibliografia 555**

- C.1 Introduzione 555
- C.2 L'hardware e le tecniche per la visualizzazione 556
- C.3 L'hardware e le tecniche per l'input 557
- C.4 I sistemi grafici 558
- C.5 La modellazione 559
- C.6 Gli algoritmi 560
- C.7 L'interfaccia utente 562
- C.8 Le applicazioni 564
- C.9 La matematica 566
- C.10 Riferimenti bibliografici 567

**Indice analitico 591**