

Stručný obsah

1. Úvod do OpenGL	29
2. Správa stavů a kreslení geometrických objektů	49
3. Transformace	109
4. Barva	159
5. Osvětlení	173
6. Míchání barev, antialiasing, mlha a posun polygonu	209
7. Zobrazovací seznamy	247
8. Kreslení pixelů, bitových map, fontů a obrázků	267
9. Mapování textur	317
10. Buffery	391
11. Teselátory a kvadriky	423
12. Evaluátory a NURBS	445
13. Výběr a zpětná vazba	473
14. Nyní, když už umíte...	497
15. OpenGL 2.0 a shadery	523
A. Pořadí operací	557
B. Stavové proměnné	563
C. OpenGL a systémy oken	591
D. Základy GLUT: Nástroj pro práci s utilitami OpenGL	609
E. Výpočet normálových vektorů	615
F. Homogenní souřadnice a transformační matice	621
G. Tipy pro programování	627
H. Invariance OpenGL	633
I. Vestavěné proměnné a funkce v shaderech OpenGL	635

Obsah

Co tato kniha obsahuje	19
Novinky v tomto vydání	21
Co byste před čtením této knihy měli znát	21
Jak získat ukázkové kódy	22
Sestava cvičných programů OpenGL od Natea Robinse	23
Errata	23
Konvence zápisu	23

Kapitola 1

Úvod do OpenGL **29**

Co je OpenGL?	30
Špetka kódu OpenGL	32
Syntaxe příkazů OpenGL	34
OpenGL jako stavový automat	36
OpenGL pipeline	36
Zobrazovací seznam (display list)	37
Vyčíslení parametrických objektů	37
Operace s geometrickými vrcholy	37
Zpracování geometrické informace	38
Operace s body (pixely)	38
Práce s texturami	39
Rasterizace	39
Operace s fragmenty	39
Spřízněné knihovny OpenGL	39
Vkládání hlavičkových souborů	40
GLUT – Nástroj pro práci s knihovnou grafických utilit	41
Animace	45
Čekání na změnu bufferů	46
Pohyb = vykreslení + změna bufferů	47

Aplikace mapování textur	516
Renderování do depth-bufferu	517
Dirichletovy oblasti	518
Život v stencil-bufferu	519
Alternativní použití glDrawPixels() a glCopyPixels()	520

Kapitola 15

OpenGL 2.0 a shadery **523**

Proč OpenGL 2.0?	523
Bodové sprity	524
OpenGL pipeline a shadery	525
Zpracování vrcholů – vertex-shader	526
Zpracování fragmentů – fragment-shader	528
Používání shaderů GLSL	529
Ukázkový shader	529
Rozhraní OpenGL/GLSL	529
GLSL	535
Tvorba shaderů pomocí GLSL	535
Začátek	535
Deklarace proměnných	536
Agregované typy	537
Výrazy	543
Funkce	545
Používání stavových hodnot OpenGL v programech GLSL	546
Přístup k texturám v shaderech	546
Specifika vertex-shaderů	548
Fragment-shadery	553

Příloha A

Pořadí operací **557**

Přehled	557
Geometrické operace	558
Operace na vrcholech	559
Základní kompletace	559
Pixelové operace	560
Paměť textur	560
Operace na fragmentech	560
Drobnosti	561

Příloha B

Stavové proměnné 563

Příkazy dotazování	563
Stavové proměnné OpenGL	565
Aktuální hodnoty a související data	567
Pole vrcholů	568
Transformace	570
Barvy	571
Osvětlení	571
Rasterizace	573
Multisampling	574
Texturování	575
Operace na fragmentech	579
Řízení bufferů	580
Pixely	581
Evaluátory	585
Tipy	586
Proměnné závislé na implementaci	586
Hloubky pixelů závislé na implementaci	589
Různé	590

Příloha C

OpenGL a systémy oken 591

Přístup k novým funkcím OpenGL	592
GLX: Rozšíření OpenGL pro systém X Window	592
Inicializace	593
Řízení renderování	594
Prototypy GLX	596
AGL: Rozšíření OpenGL pro Apple Macintosh	598
Inicializace	599
Renderování a kontexty	599
Ovládání renderovacího kontextu OpenGL	599
Renderování na obrazovku	599
Skryté renderování	599
Renderování celé obrazovky	600
Překlápění bufferů	600
Úprava renderovacích bufferů	600
Použití fontu Apple Macintosh	600

Zpracování chyb	600
prototypy AGL	600

PGL: Rozšíření OpenGL pro IBM OS/2 Warp **602**

Inicializace	602
Řízení renderování	603
prototypy PGL	604

WGL: Rozšíření OpenGL pro Microsoft Windows 95/98/NT/ME/2000/XP **605**

Inicializace	605
Řízení renderování	606
prototypy WGL	607

Příloha D

Základy GLUT: Nástroj pro práci s utilitami OpenGL **609**

Inicializace a vytvoření okna	610
Zpracování událostí okna a vstupu	611
Načtení barevné palety	612
Inicializace a kreslení trojrozměrných objektů	612
Řízení procesu na pozadí	613
Spuštění programu	614

Příloha E

Výpočet normálových vektorů **615**

Hledání normál u analytických povrchů	616
Hledání normál z polygonálních dat	618

Příloha F

Homogenní souřadnice a transformační matice **621**

Homogenní souřadnice	622
Transformace vrcholů	622
Transformace normál	622
Transformační matice	623
Posun	623
Změna měřítka	623
Rotace	624
Projekce s perspektivou	625
Ortografická projekce	625

Příloha G

Tipy pro programování 627

Tipy pro korektnost v OpenGL	627
Tipy pro výkon v OpenGL	629
Tipy pro GLX	630

Příloha H

Invariance OpenGL 633

Příloha I

Vestavěné proměnné a funkce v shaderech OpenGL 635

Proměnné	635
Proměnné vstupních atributů vertex-shaderů	635
Speciální výstupní proměnné vertex-shaderů	636
Výstupní proměnné vertex-shaderů typu varying	637
Vestavěné konstanty implementace	637
Vestavěné uniformní stavové proměnné	638
Vestavěné funkce	644
Převody úhlů a trigonometrické funkce	644
Transcendentní funkce	645
Základní numerické funkce	646
Funkce pro operace s vektory	646
Maticové funkce	647
Relační funkce na komponentách vektorů	647
Vyhledávací funkce textur	648
Funkce zpracování fragmentů	651
Funkce šumu	652

Vysvětlivky 653**Rejstřík 671**

Kapitola 2**Správa stavů a kreslení geometrických objektů 49**

Základy kreslení	51
Smazání okna	51
Nastavení barvy	54
Jak přinutit OpenGL k renderování	55
Základy kreslení do okna	56
Popis bodů, přímk a polygonů	57
Co jsou body, přímky a polygony?	57
Specifikace vrcholů	61
Kreslení geometrických primitiv v OpenGL	62
Základní správa stavů	66
Zobrazení bodů, přímk a polygonů	68
Nastavení vlastností bodu	68
Nastavení vlastností úsečky	68
Nastavení vlastností polygonů	72
Normálové vektory	79
Pole vrcholů („vertex buffers“)	80
Krok 1: Aktivace polí	82
Krok 2: Specifikace dat pro pole	83
Krok 3: Přístup k hodnotám a renderování	85
Prokládaná pole („interleaved arrays“)	90
Pole vrcholů v objektech bufferů	93
Použití objektů bufferů pro data polí vrcholů	94
Vytvoření objektů bufferů pro data vrcholů	94
Aktivace objektu bufferu	95
Alokace a inicializace objektu bufferu s daty vrcholů	95
Úprava dat v objektu bufferu	98
Mazání objektu bufferu	100
Skupiny atributů	100
Rady pro vytváření polygonálních modelů povrchů	102
Příklad: Generování dvacetistěny	104

Kapitola 3**Transformace 109**

Přehled: Analogie s fotoaparát	111
Jednoduchý příklad: Kreslení krychle	114
Obecné příkazy transformace	118

Pohledové a modelovací transformace	120
Přemýšlíme o transformacích	120
Modelovací transformace	122
Pohledové transformace	127
Projekční transformace	133
Perspektivní projekce	133
Ortografická projekce	136
Ořez objemu pohledu	137
Zobrazovací transformace	137
Definice zobrazovacího okna	138
Transformovaná souřadnice hloubky	139
Problémy s transformacemi	140
Manipulace se zásobníkem matic	142
Zásobník pohledově modelačních matic	145
Zásobník projekčních matic	145
Přídavné ořezové roviny	146
Příklady kompozice několika transformací	148
Vytvoření sluneční soustavy	149
Simulace kloubové paže robota	151
Inverzní transformace	154

Kapitola 4

Barva 159

Vnímání barev	160
Počítačová barva	161
Mód RGBA versus indexovaná barva	163
Mód RGBA	163
Mód indexované barvy	166
Rozhodování mezi RGBA módem a indexovanou barvou	167
Přepínání mezi módy	167
Určení barvy a modelu stínování	168
Určení barvy v módu RGBA	168
Určení barvy v módu indexované barvy	169
Určení modelu stínování	170

Kapitola 5

Osvětlení	173
Jak odstranit skryté povrchy	175
Osvětlení v reálném světě a v OpenGL	176
Ambientní, difuzní, zrcadlové a vyzářené světlo	177
Barvy materiálu	178
Hodnoty RGB pro světla a materiály	178
Jednoduchý příklad: Generování osvětlené koule	178
Vytváření zdrojů světla	182
Barva	183
Umístění a útlum světla	184
Bodová světla	185
Vícenásobná světla	186
Řízení pozice a směru světla	187
Výběr modelu osvětlení	192
Globální ambientní světlo	193
Bod pohledu ve scéně nebo nekonečně daleko	193
Oboustranné osvětlení	193
Sekundární zrcadlová barva	194
Zapnutí a vypnutí osvětlení	194
Definice materiálových vlastností	195
Difuzní ambientní odraz	196
Zrcadlový odraz	196
Vyzářování barvy	197
Změna vlastností materiálu	197
Mód barevného materiálu	199
Matematika osvětlení	202
Vyzářování materiálu	202
Globální ambientní světlo	203
Příspěvky od zdrojů světla	203
Všechno dohromady	205
Sekundární zrcadlová barva	205
Osvětlení v módu indexované barvy	206
Matematika osvětlení v módu indexované barvy	207

Kapitola 6

**Míchání barev, antialiasing, mlha
a posun polygonu****209**

Míchání barev	211
Zdrojový a cílový faktor	211
Povolení míchání	213
Kombinování pixelů s použitím rovnic míchání	213
Příklady použití míchání	216
Příklad míchání	218
Míchání s bufferem hloubky	220
Antialiasing	223
Antialiasing bodů nebo úseček	224
Antialiasing geometrických primitiv pomocí vícenásobného vzorkování	229
Antialiasing polygonů	233
Mlha	233
Použití mlhy	234
Rovnice mlhy	236
Parametry bodu	242
Posun polygonu	244

Kapitola 7

Zobrazovací seznamy**247**

Proč používat zobrazovací seznamy?	248
Příklad použití zobrazovacího seznamu	248
Filozofie designu zobrazovacích seznamů	251
Vytvoření a provedení zobrazovacího seznamu	253
Pojmenování a vytváření zobrazovacího seznamu	254
Co je uloženo v zobrazovacím seznamu?	255
Provádění zobrazovacího seznamu	257
Hierarchické zobrazovací seznamy	257
Obsluha indexů zobrazovacích seznamů	258
Vykonávání vícenásobných zobrazovacích seznamů	259
Obsluha stavových proměnných v zobrazovacích seznamech	263
Zapouzdření změn módu	265

Kapitola 8

Kreslení pixelů, bitových map, fontů a obrázků 267

Bitové mapy a fonty	269
Aktuální rastrová pozice	270
Kreslení bitové mapy	271
Výběr barvy pro bitovou mapu	273
Fonty a zobrazovací seznamy	273
Definice a použití kompletního fontu	275
Obrázky	276
Čtení, zápis a kopírování pixelových dat	277
Pipeline pro zpracování obrázků	283
Balení a rozbalování pixelů	285
Řízení módů ukládání pixelů	286
Operace při přesunu pixelů	289
Mapování pixelů	291
Zvětšování, zmenšování a převracení obrázku	293
Čtení a kreslení pixelových pravouhlých oblastí	295
Proces kreslení pravouhlé oblasti pixelů	295
Proces čtení pravouhlé oblasti pixelů	297
Tipy pro zlepšení výkonu renderování pixelů	298
Speciální funkce pro zpracování obrázků	299
Tabulky barvy	300
Konvoluce	304
Matice barvy	310
Histogram	311
Minimum a maximum	314

Kapitola 9

Mapování textur 317

Přehled a příklad	322
Kroky při mapování textur	322
Ukázkový program	323
Zadání textury	325
Zástupce textury	329
Nahrazení textury nebo její části	331
Jednozměrné textury	333
Trojrozměrné textury	335
Komprimované textury	339

Použití okrajů textury	341
Mipmapy: více úrovní detailů	342
Filtrování	350
Objekty textur	353
Pojmenování objektu textury	353
Vytváření a používání objektů textur	354
Vymazání objektů	356
Pracovní množina rezidentních textur	356
Texturovací funkce	358
Přiřazování souřadnic textur	362
Výpočet vhodných souřadnic textur	363
Opakování a úprava textur do rozsahu	364
Automatické generování souřadnic textur	368
Vytváření kontur	369
Sférická mapa	372
Textury kubických map	374
Multitexturování	375
Funkce kombinující textury	380
Interpolační kombinující funkce	383
Aplikace sekundární barvy po texturování	384
Sekundární barva při vypnutém osvětlení	385
Sekundární barva při zapnutém osvětlení	385
Zásobník matic textur	385
Textury hloubky	386
Vytvoření stínové mapy	387
Generování souřadnic textury a renderování	388

Kapitola 10

Buffers**391**

Buffers a jejich použití	393
Color-buffer	394
Mazání bufferů	395
Výběr color-bufferu pro čtení a zápis	396
Maskování bufferů	398
Testování a operace s fragmenty	399
Test ořezu	399
Alfa-test	400
Stencil-test	401

Test hloubky	406
Výřazovací dotaz – „occlusion query“	406
Míchání barev, dithering a logické operace	409
Akumulační buffer	411
Antialiasing scény	412
Rozostření pohybu	416
Hloubka ostrosti	417
Měkké stíny	420
Posun scény pro antialiasing	421

Kapitola 11

Teselátory a kvadriky **423**

Teselace polygonů	424
Vytvoření teselačního objektu	425
Procedury zpětného volání teselace	425
Vlastnosti teselace	429
Definice polygonu	433
Mazání teselačního objektu	435
Popis chyb GLU	436
Zpětná kompatibilita	436
Kvadriky: Renderování koulí, válců a disků	437
Obsluha kvadrik	438
Řízení atributů kvadrik	438
Základní kvadriky	440

Kapitola 12

Evaluátory a NURBS **445**

Předpoklady	446
Evaluátory	447
Jednorozměrné evaluátory	447
Dvojezměrné evaluátory	452
Použití evaluátorů pro textury	456
Rozhraní GLU NURBS	458
Jednoduchý příklad NURBS	458
Obsluha objektu NURBS	461
Vytváření křivky nebo plochy NURBS	465
Ořez plochy NURBS	469

Kapitola 13

Výběr a zpětná vazba 473

Výběr	474
Základní kroky	474
Vytvoření zásobníku jmen	475
Záznam zásahů	477
Příklad výběru	477
Zaměření	480
Rady pro psaní programu využívajícího výběr	488
Zpětná vazba	490
Pole zpětné vazby	491
Použití značek v módu zpětné vazby	492
Příklad zpětné vazby	492

Kapitola 14

Nyní, když už umíte... 497

Zpracování chyb	499
Jakou verzi používám?	500
Verze knihovny utilit	501
Verze rozšíření systému oken	501
Rozšíření standardů	502
Rozšíření standardů pro Microsoft Windows (WGL)	503
Průsvitnost pomocí vzorků	503
Jednoduchý efekt mizení polygonů	504
Výběr objektu pomocí zadního bufferu	505
Nenáročná transformace obrazu	506
Zobrazování vrstev	507
Antialiasing znaků	508
Kreslení kulatých bodů	510
Interpolace obrazů	510
Renderování „obtisků“ („decals“)	510
Renderování vyplněných konkávních polygonů pomocí stencil-bufferu	511
Hledání oblastí průniků	513
Stíny	514
Odstraňování skrytých úseček	515
Odstraňování skrytých úseček pomocí posunu polygonu	515
Odstraňování skrytých úseček pomocí stencil-bufferu	516