



Fondamenti di Computer Graphics

Andrea Giachetti

Department of Computer Science, University of Verona, Italy

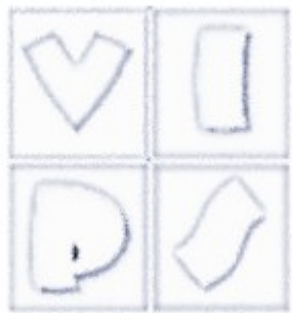
andrea.giachetti@univr.it



Il corso

- Simile al corso tenuto nella laurea triennale, solo teoria,
- Docente: Andrea Giachetti (andrea.giachetti@univr.it)
 - Wwb: www.andreagiachetti.it
 - Stanza 1.86

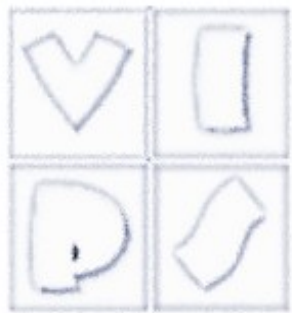




Orario

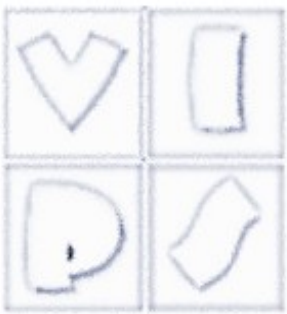


- Venerdì 10/10 11-13
- Venerdì 17/10 11-13
- Venerdì 31/10 9-11
- Venerdì 7/11 9-11
- Venerdì 14/11 9-11
- Venerdì 28/11 9-11
- Venerdì 12/12 9-11
- Venerdì 19/12 9-11



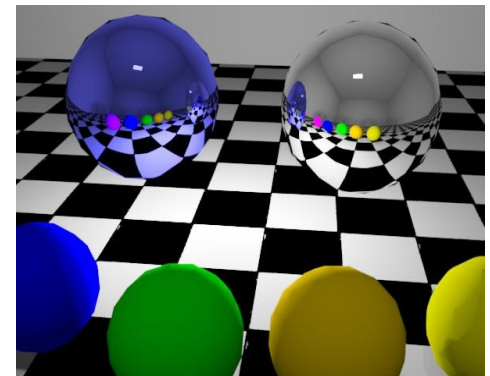
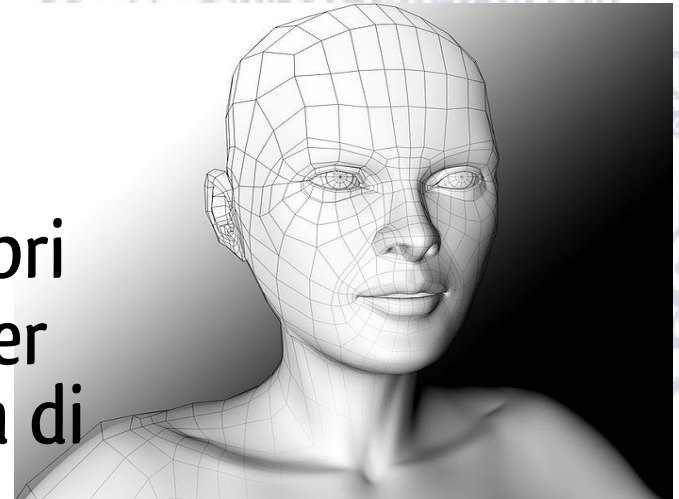
Testi di riferimento

- Lucidi del corso
- R. Scateni, P. Cignoni, C. Montani, R. Scopigno, Fondamenti di grafica tridimensionale interattiva, McGraw-Hill, 2005
- E. Angel, Interactive Computer Graphics with OpenGL, OpenGL, 6th edition, Addison Wesley 2011
- S.R. Buss, 3D Computer Graphics, Cambridge University Press, 2003.



Grafica al calcolatore

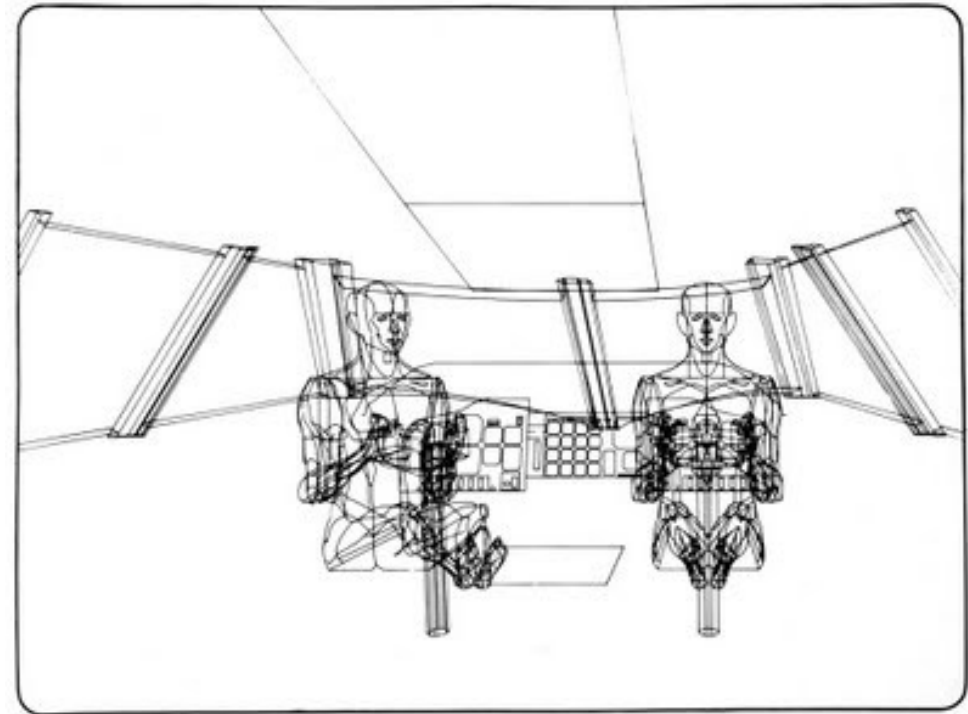
- Che cos'è?
 - Risposta meno ovvia di quanto sembri
- Intuitivamente: uso di un calcolatore per produrre un'immagine (o una sequenza di immagini)
 - Non necessariamente realistica o 3D
 - Non necessariamente interattiva
 - Ma le cose sono più complicate
- Per capire meglio vediamo un po' di storia
 - Nasce con i primi display per i calcolatori

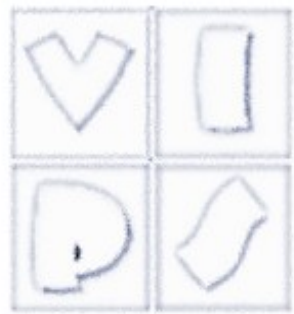




Storia

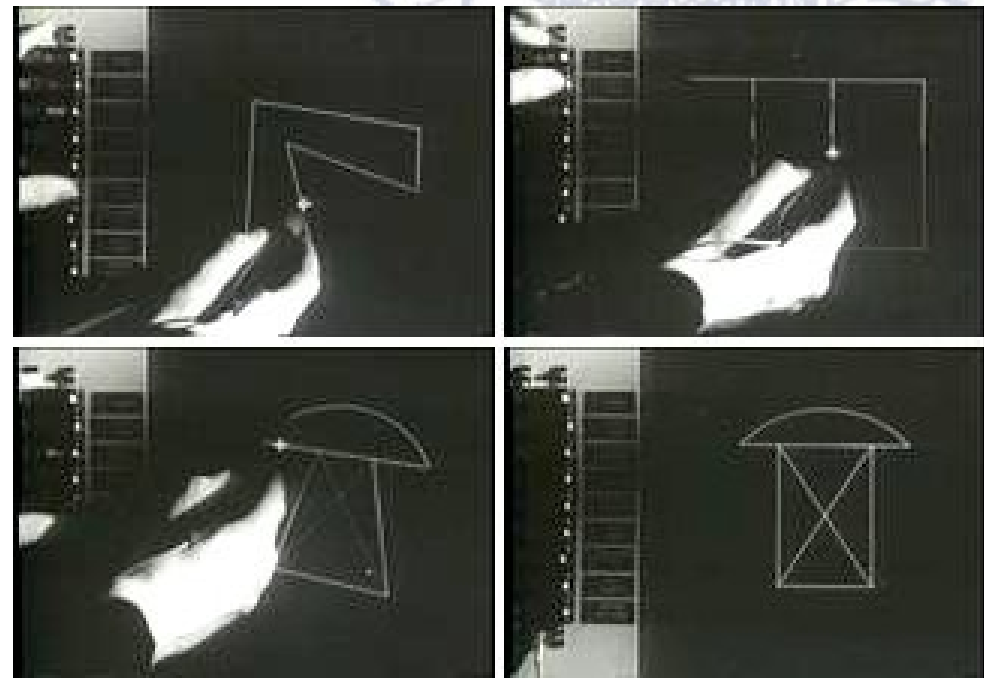
- 1960
 - William Fetter introduce il termine **Computer Graphics** per descrivere la ricerca che stava conducendo alla Boeing. Modello 3D del corpo umano per progettare la carlinga degli aerei.
 - C'è quindi l'idea della modellazione 3D
 - E' una parte rilevante della moderna CG





Storia

- 1963
 - Nascita della Computer Grafica interattiva: sistema sketchpad di Ivan Sutherland
 - In questo caso si tratta della prima **interfaccia grafica** interattiva
- Negli anni sessanta nascono i primi terminali grafici e giochi, si impara a disegnare sullo schermo 2D





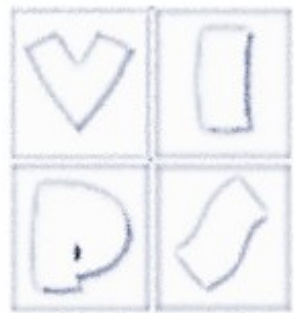
Storia

- Negli anni settanta nascono le moderne interfacce grafiche interattive dei computer (WIMP)
- La grafica interattiva, in questo caso 2D diventa parte integrante del sistema di **interazione uomo-macchina**



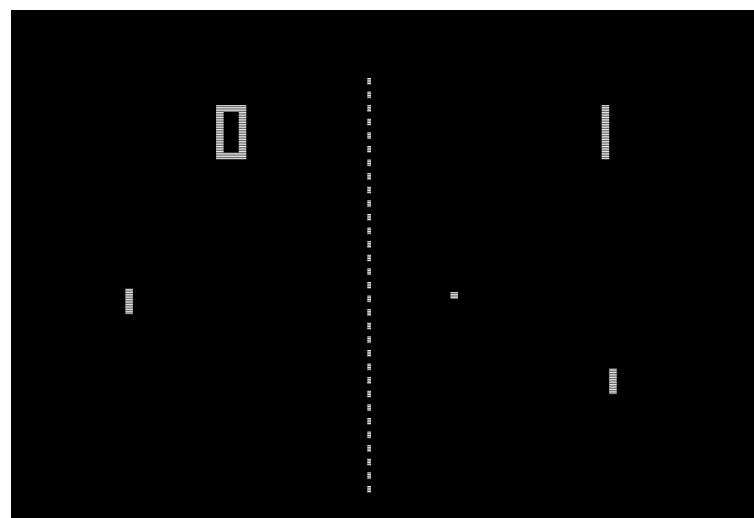
- Xerox star

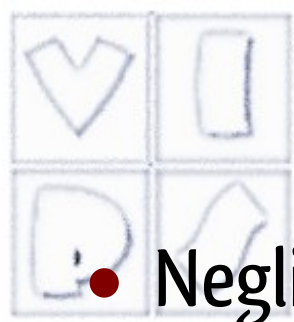




Storia

- 1961
 - Steve Russell at MIT crea il primo video game, Spacewar
- 1972
 - Nasce il videogioco Pong (Atari).
- Anche oggi una delle maggiori applicazioni della grafica interattiva è nel mondo dei **videogiochi**
- **Pubblicità: Master Computer Game development UniVR**





Storia

- Negli anni settanta nascono gli algoritmi per creare immagini da modelli 3D (rendering)
- 1972
 - Catmull (Univ. Utah) crea la prima **animazione** di grafica 3D
 - Modello della sua mano, 350 poligoni
 - Catmull diventerà un cofondatore della Pixar (oggi presidente)



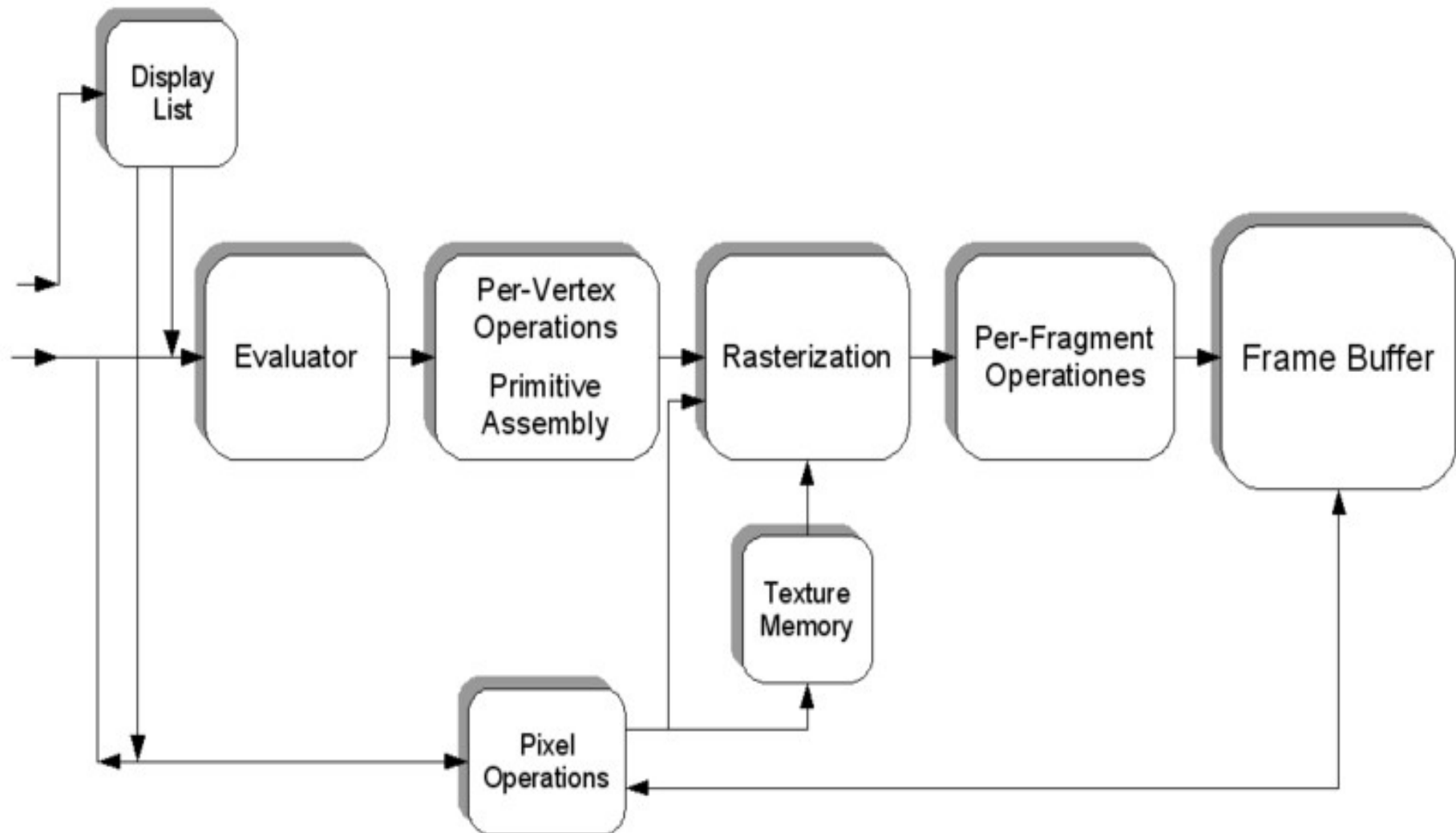


Storia

- Gli algoritmi per creare linee raster, riempire poligoni, proiettare oggetti 3D su telecamere virtuali vengono via via sviluppati negli anni '60-70-80
- Cuore della grafica 3D e di questo corso
- Si creano le pipeline di rendering per creare velocemente immagini sullo schermo a frame rate interattivi
- Si creano standard e implementazioni di sistemi grafici e si arriva alla situazione attuale
 - 1992 Silicon Graphics crea lo standard OpenGL
 - 1995 Microsoft rilascia Direct 3D



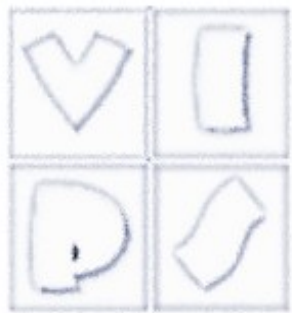
Pipeline grafica



Storia

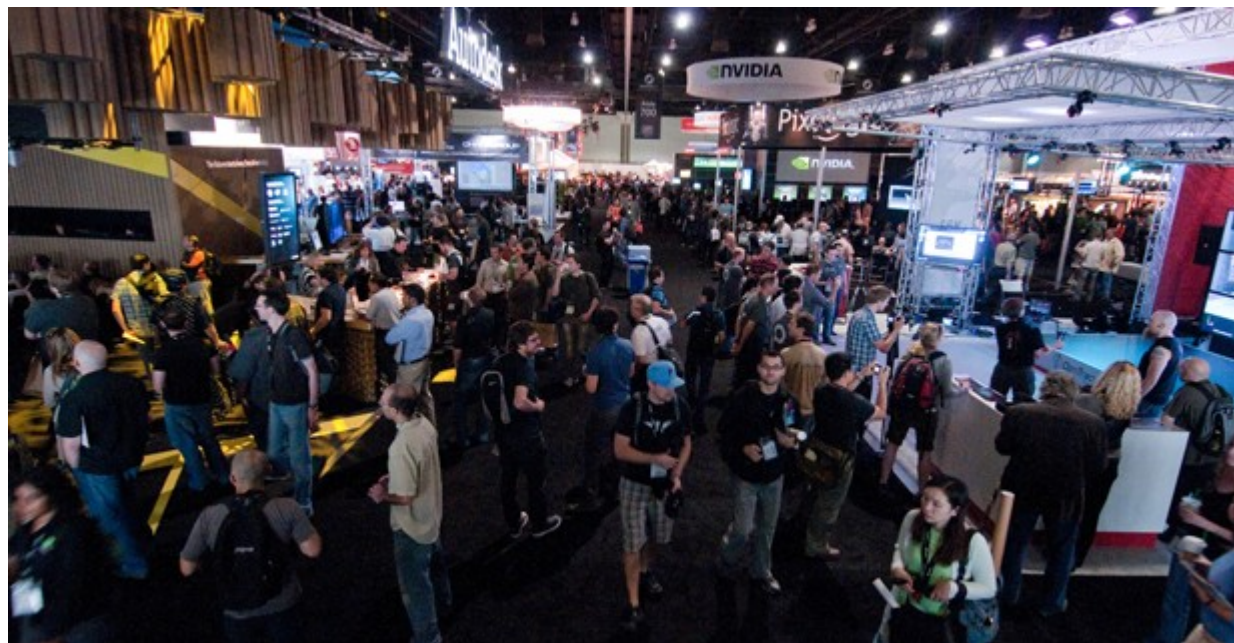
- Le operazioni grafiche vengono implementate su hardware specifico
- Inizialmente grafica raster calcolata su CPU, poi (doppio) buffer per mantenere le immagini (doppio perché il calcolo può essere lento rispetto al refresh dello schermo)
- 1985 Commodore Amiga, uno dei primi home computer con una GPU (Graphical Processing Unit)
- 1987 primo PC Ibm con operazioni 2D hardware
- 1995: prime schede video per PC con pipeline grafica 3D (S3 Virge)
- 1999 Nvidia GeForce 256 prima scheda con transform & lightning engine





Storia

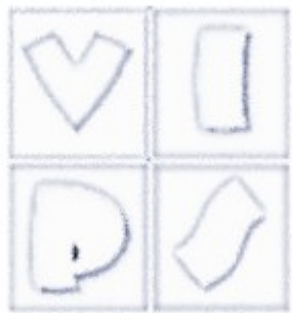
- 1969, the ACM initiated A Special Interest Group in Graphics (SIGGRAPH)
- 1973 SIGGRAPH organizza la prima conferenza internazionale





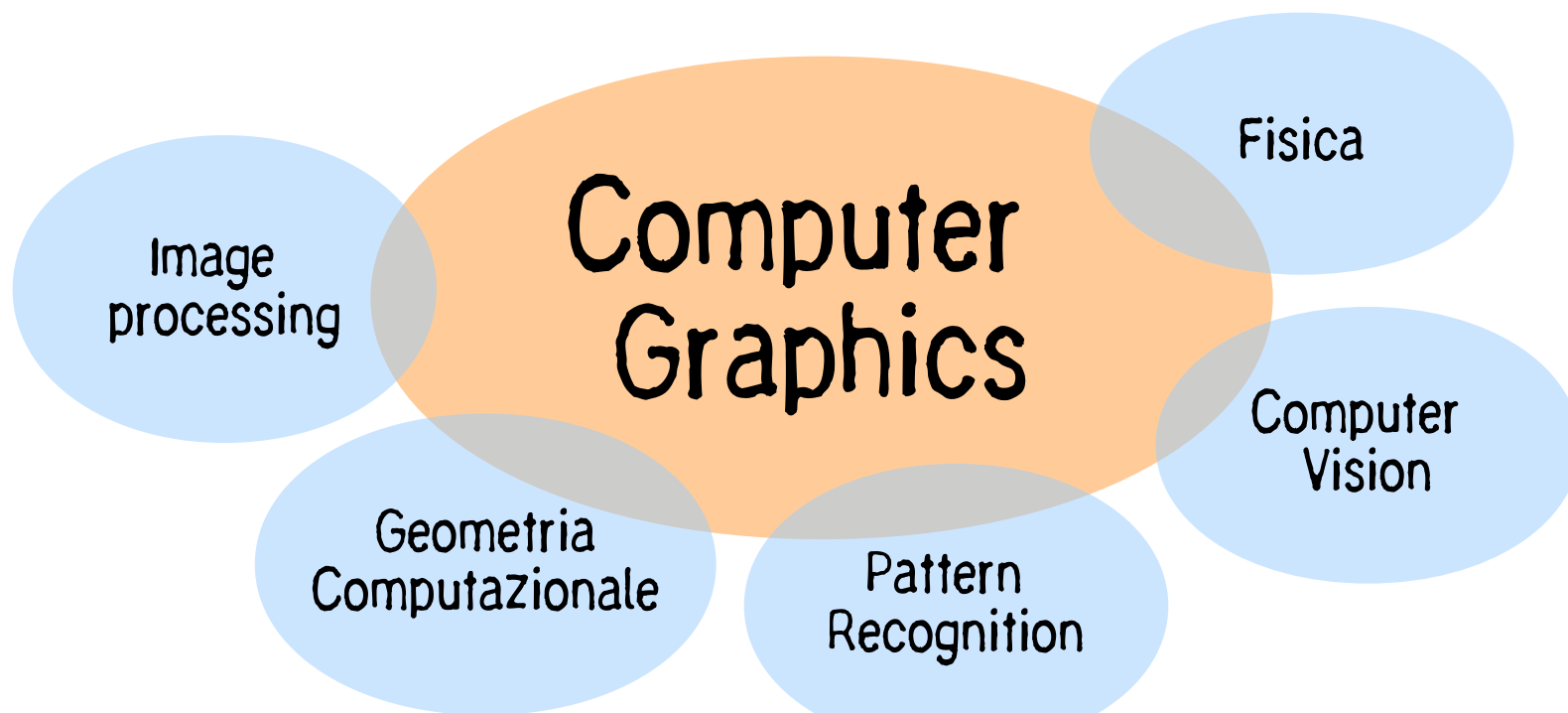
Quindi?

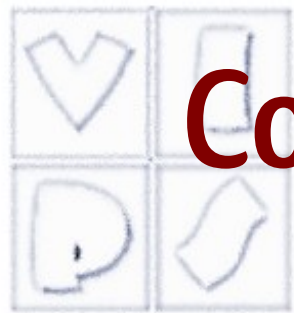
- Cos'è la “computer graphics”? Un po' tutto questo:
 - Creazione immagini 2d sintetiche e animazioni
 - Modellazione 2D, 3D, anche con comportamenti fisici
 - Computer Aided Design
 - Rendering delle scene, cioè creazione delle immagini simulando la proiezione ottica delle scene sulla camera
 - Animazione
 - Interfacce grafiche dei computer
 - Realtà virtuale
 - Enhancement video televisivo
 - Visualizzazione scientifica e dell'informazione



Una definizione semplice

- La disciplina che studia le tecniche e gli algoritmi per la rappresentazione visuale di informazioni numeriche prodotte o semplicemente elaborate dai computer (da Scateni e al.)
- E' quindi legata a molte altre discipline





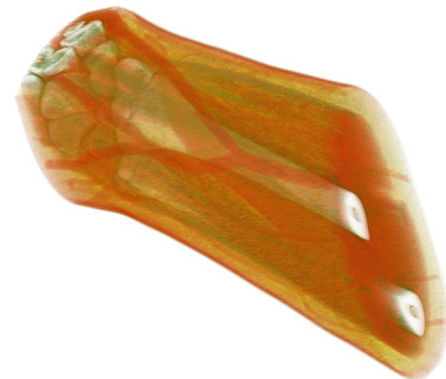
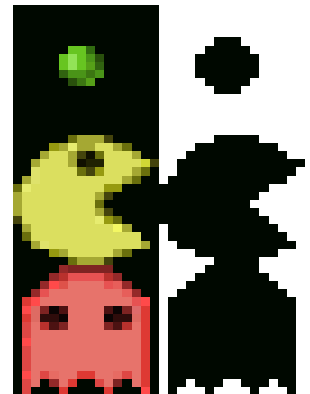
Computer Graphics vs Computer Vision

- In senso generale la grafica è l'opposto dell' "image understanding" o della "computer vision"
 - Nel primo caso si passa da immagini a parametri, a interpretazione
 - Nel secondo si crea un'immagine da un input parametrico
 - Quindi sono grafica tutti i sistemi informatici che creano e usano immagini sintetiche



2D vs 3D

- 2D
 - Generazione e miglioramento di immagini, disegno tecnico al PC, cartografia: occorre generare e rappresentare modelli 2D e visualizzarli su schermo raster. Anche grafica vettoriale
- 3D
 - Generazione di immagini 2D (o altre forme di visualizzazione per l'occhio umano, es. light fields) a partire da scene (rendering)
 - Progettazione al calcolatore di manufatti reali (CAD)
 - Display di dati volumetrici (es. medici TAC, MRI)





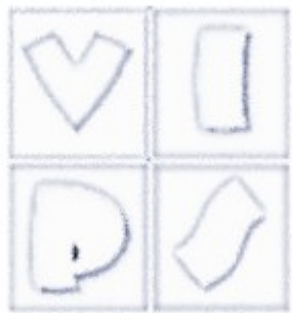
Interattività

- La grafica generata con un calcolatore può o meno essere interattiva, ovvero può o meno permettere ad un operatore esterno di interagire in tempo reale con uno qualsiasi (o tutti) dei parametri della rappresentazione grafica
- Nel caso di grafica interattiva si richiede una risposta in tempo reale ai comandi dell'operatore (frame rate 10fps); questo implica
 - necessità di hardware particolari (schede grafiche acceleratrici, processori potenti, molta memoria)
 - un modello semplificato di resa grafica (magari non "fotorealistica")



Fotorealismo

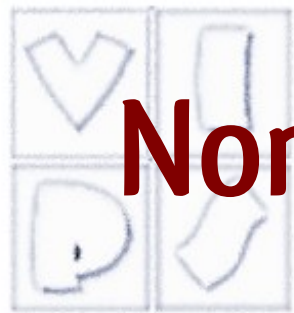
- Uno dei principali scopi della grafica al calcolatore sta nel creare algoritmi per creare dai modelli di oggetti reali immagini che sembrano le foto degli oggetti reali. Per ottenere il fotorealismo occorre:
 - Simulare numericamente l'interazione luce materia e la formazione dell'immagine
 - Oppure usare “trucchi” per “dare l'impressione” realistica. Nella grafica interattiva è tipico



Fotorealismo

- Richiede come vedremo algoritmi complessi
- Ed anche modelli complessi

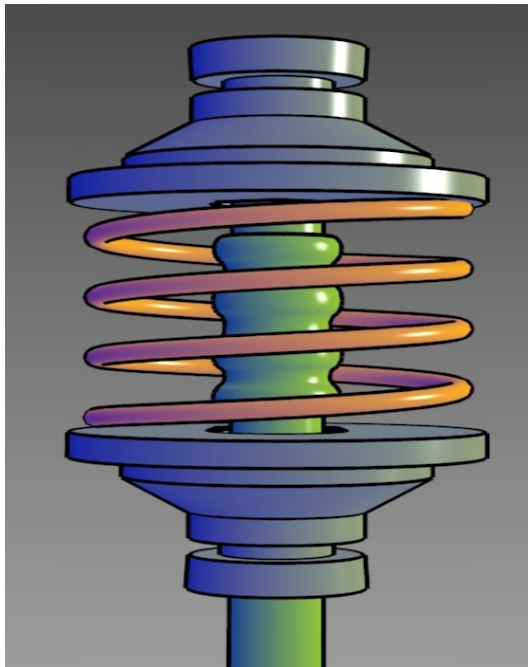




Non sempre si cerca il fotorealismo

- Non sempre lo scarso fotorealismo è un difetto dovuto a limitate risorse computazionali, interattività, ecc.
- Può essere utile evidenziare contorni, silhouette per il disegno tecnico, ad esempio
- O simulare tratteggio artistico
- O evitare il confronto con la realtà proponendo caratteristiche fantasiose, come nel cinema di animazione
- Si parla di tecniche NPR (Non-Photorealistic Rendering) per generare automaticamente effetti particolari

Non sempre si cerca il fotorealismo



Non-photorealistic = Off



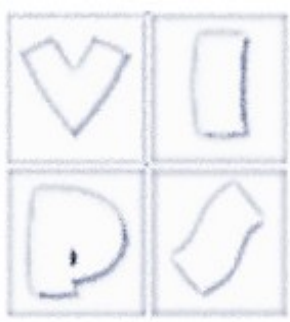
Non-photorealistic = On



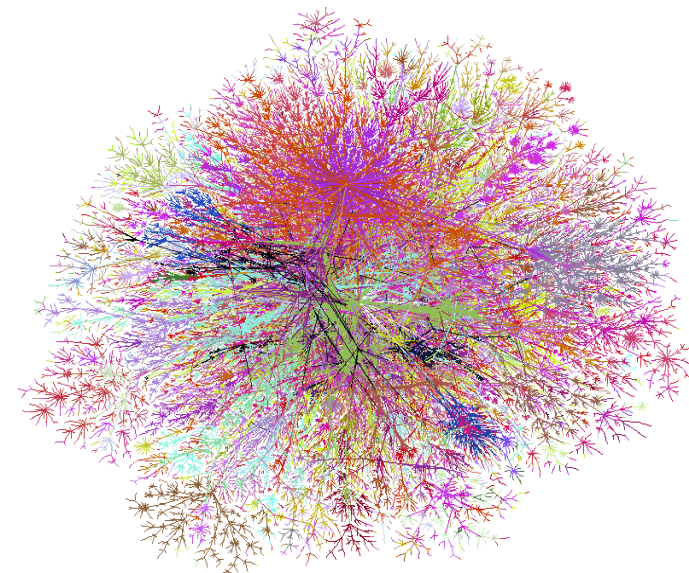
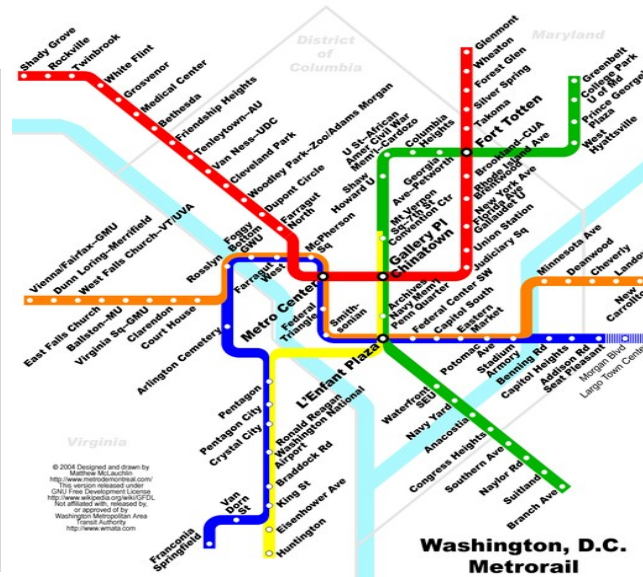
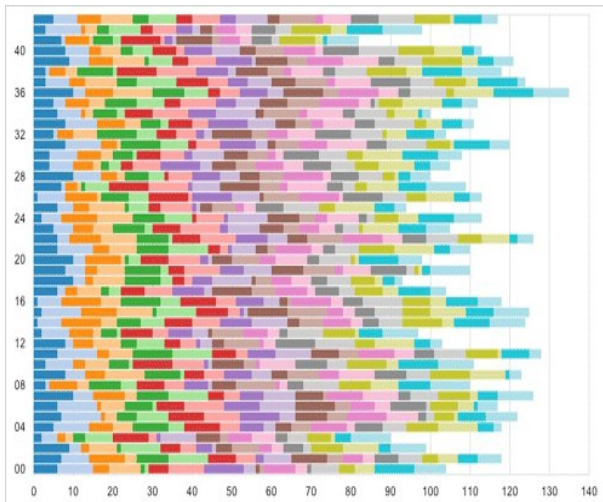
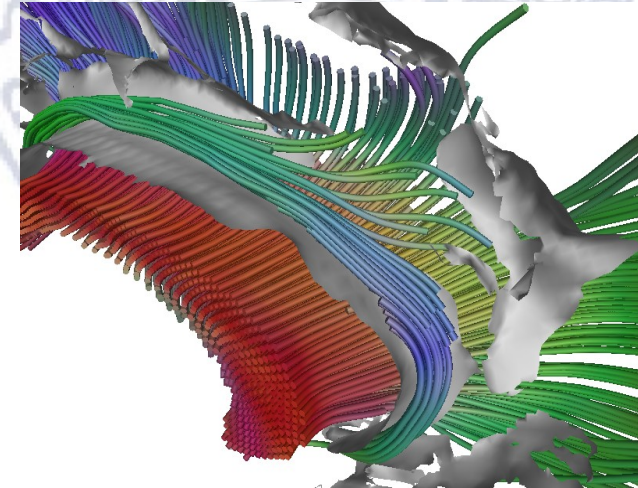
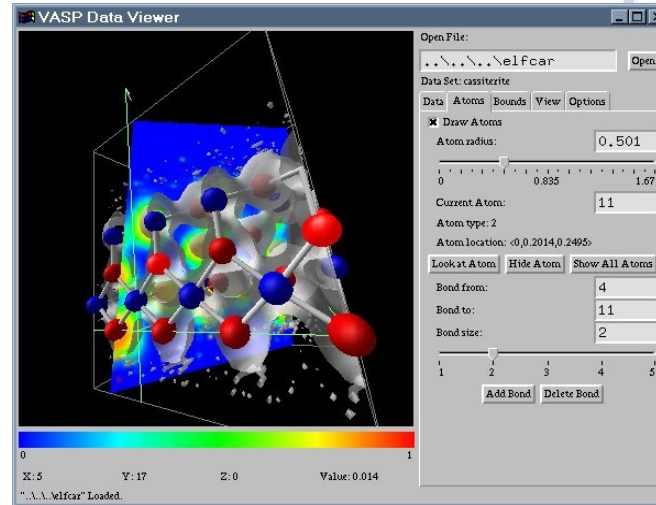
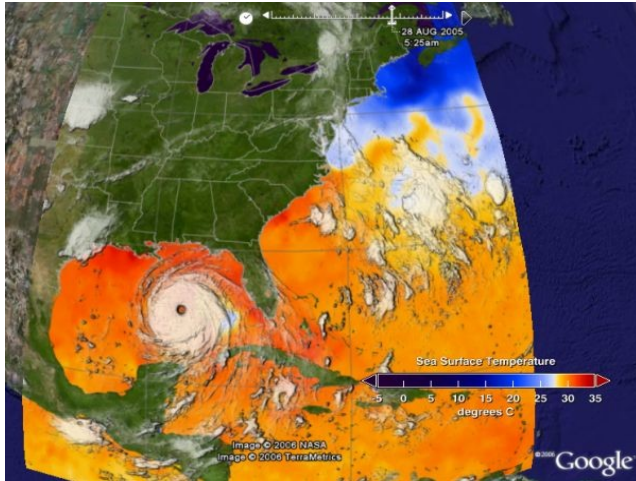


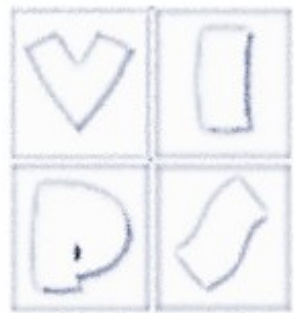
Non solo videogiochi

- Altre tipiche applicazioni
- Visualizzazione scientifica
 - Uso della grafica (2D-3D) per comunicare efficacemente informazione di misure o simulazioni
- Visualizzazione dell'informazione:
 - creazione di modelli “mentali” utili per rappresentare nello spazio dati astratti
- Realtà virtuale o aumentata e interazione uomo macchina
 - Interfacce naturali per comunicare con i computer o simulare attività reali



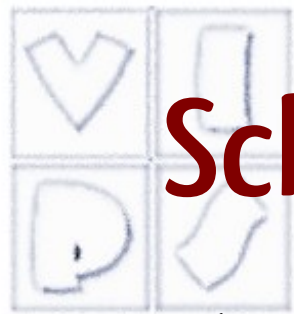
Visualizzazione





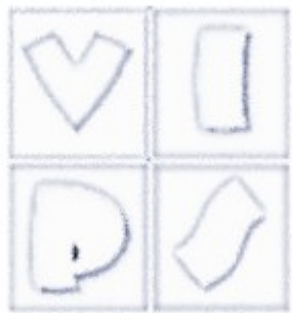
Realtà virtuale e aumentata





Schema di un'applicazione grafica

- Vi è una descrizione di qualche tipo (procedurale o meno) del mondo che deve essere rappresentato. La produzione di tale descrizione (modello) prende il nome di modellazione.
- Da tale descrizione si ottiene una immagine bidimensionale; tale processo è chiamato globalmente rendering
- La sequenza di procedure ed algoritmi che implementano il rendering prende il nome di pipeline grafica; la studieremo nel dettaglio nel seguito
- L'immagine ottenuta viene quindi visualizzata sullo schermo (in applicazioni interattive, per esempio) o salvata su file
- Se c'è l'interazione occorre naturalmente progettartela!



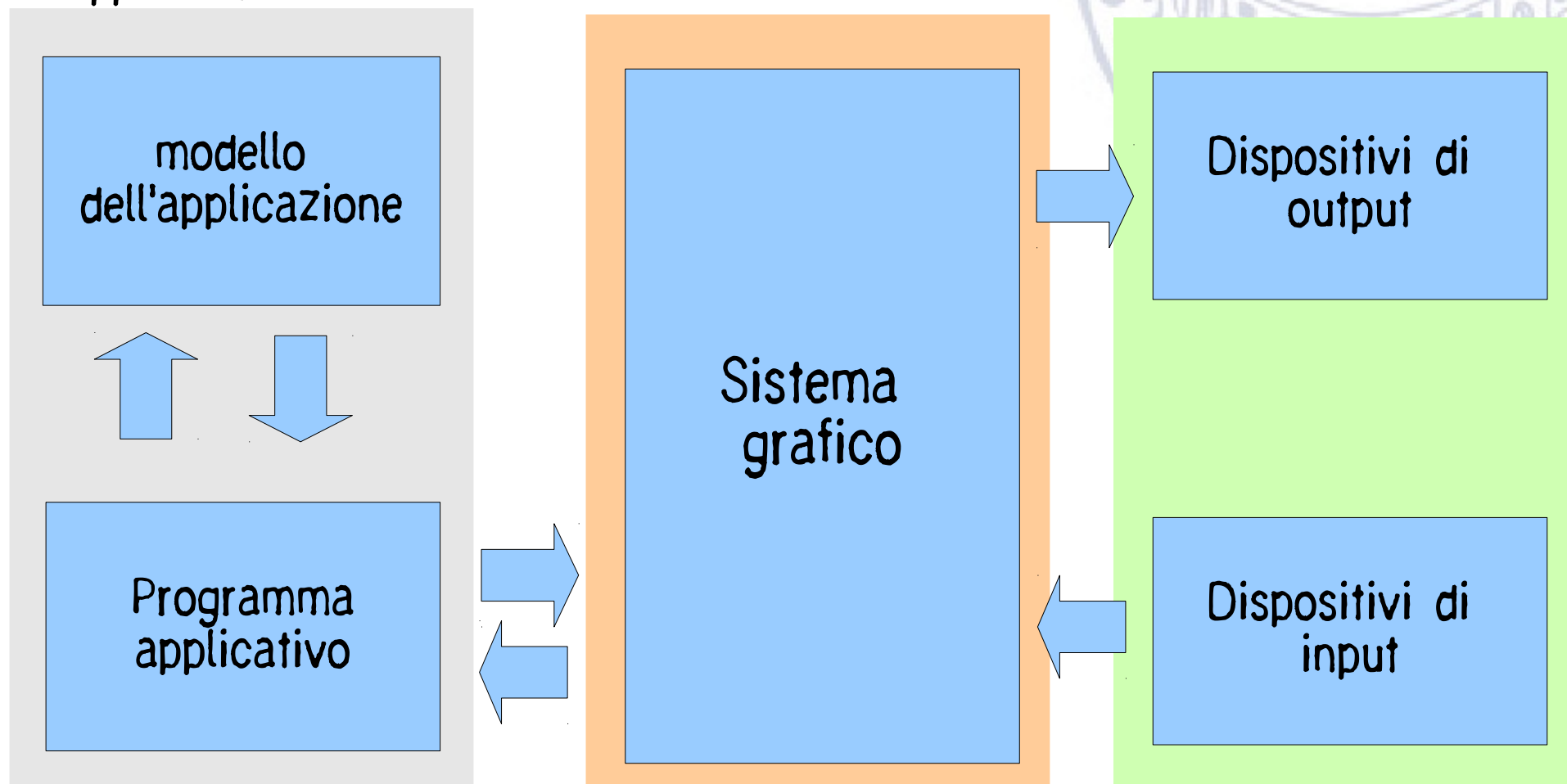
In pratica



Applicazione utente

Librerie

Hardware+driver





Modello della scena

- Dati gli oggetti della scena vedremo che lo scopo della pipeline da implementare è “simulare” la fisica della formazione delle immagini
- Le scene dovranno pertanto contenere gli oggetti, ed anche le sorgenti luminose, le telecamere virtuali e le proprietà di interazione tra luce e materiali. Per rappresentazioni dinamiche le scene dovranno modellare anche movimenti, collisioni, ecc.
- Tutto questo si inserisce nelle strutture dati del programma cercando di ottimizzare le operazioni che si dovranno svolgere
 - Ad esempio trovare gli oggetti che contribuiscono a formare l'immagine e come questi siano colpiti dai raggi luminosi



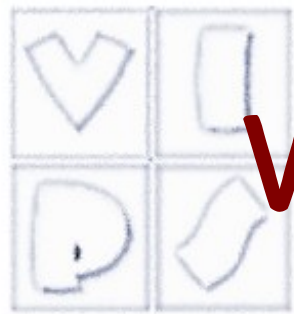
Visualizzazione della scena

- Visualizzazione della scena (o rendering)
- Requisiti dipendenti dalla applicazione di interesse:
 - Applicazioni interattive, real-time:
 - Frame rate alto (>10 fps)
 - Tempo di rendering del singolo frame prefissato
 - Si sacrifica la qualità per garantire l'interattività
 - Applicazioni non interattive (computer animation, grafica pubblicitaria)
 - l'obiettivo primario: massima qualità delle immagini di sintesi
 - non si hanno vincoli sul tempo di generazione del singolo frame
 - animazioni calcolate frame by frame da PC cluster, ricomposte successivamente nella successione temporale corretta



Visualizzazione della scena

- Come si implementa la fase di rendering?
- Applicazioni interattive:
 - si avvalgono pesantemente delle moderne GPU (Graphics Processing Unit)
 - Si programmano quindi utilizzando le librerie che gestiscono le operazioni realizzate in GPU
- Applicazioni non interattive:
 - fanno uso di ambienti di rendering più sofisticati e flessibili (ad es. RenderMan), spesso eseguiti SW su cluster di PC



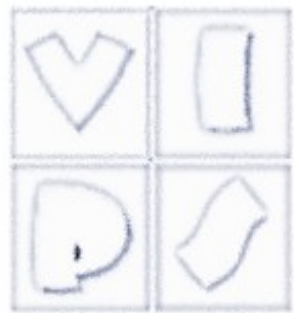
Visualizzazione della scena - API

- API (Application Programming Interface) per la grafica 3D
 - OpenGL, DirectX, ...
- Progettate per grafica 3D interattiva, organizzazione logica funzionale ad una efficiente implementabilità HW
- Efficienza direttamente dipendente dalla possibilità di elaborare in parallelo le diverse fasi del processo di rendering
- Soluzione vincente: suddivisione del processo in fasi indipendenti, organizzabili in pipeline
 - Maggiore parallelismo e velocità di rendering
 - Minore memoria (fasi indipendenti -> memoria locale, non necessario conoscere la rappresentazione dell'intera scena ma solo della porzione trattata)



Applicazione

- L'applicazione utente contiene il modello dell'applicazione e la sua implementazione che usa le librerie per accedere all'input e all'output dai relativi dispositivi
 - Mouse, controller, ecc
 - Display raster
- La pipeline di rendering che vedremo è implementata a livello di librerie e sostanzialmente demandata all'hardware grafico
- Implementa una simulazione dell'illuminazione di una scena geometrica
 - Oggi però le GPU si utilizzano anche per altri calcoli paralleli che possono essere



API per la grafica/storia

- GKS (Graphics Kernel System) primo standard europeo per grafica 2D. Poi estensione 3D
- PHIGS Programmer Hierarchical Interactive Graphics System appoggiato dall'ANSI. Separazione modelling/rendering e modello applicazione/programma applicativo
- Intanto Silicon Graphics crea API proprietaria IrisGL direttamente legata all'architettura, efficiente
- OpenGL versione “aperta” di IrisGL (1992)
 - Fornisce un'interfaccia uniforme all'hardware grafico
 - Emulazione software
- Alternativa: Microsoft Direct 3D (DirectX)
- → librerie e tool di più alto livello