



Universidad
de Huelva

Tema 1

Introducción a la Informática Gráfica

1.1 Principios básicos de representación en 3D

1.2 Un poco de historia

1.3 Las etapas de renderizado

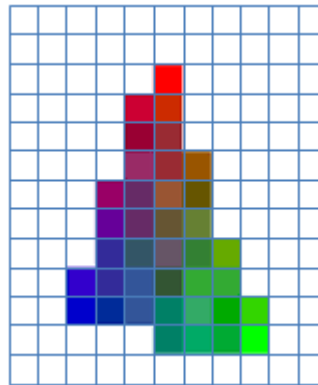
1.1 Principios básicos de representación en 3D

1.2 Un poco de historia

1.3 Las etapas de renderizado

- La **Informática gráfica** (*Computer graphics*) es la rama de la Informática dedicada a la generación y manipulación de imágenes.
- El término fue propuesto por primera vez en 1960 por William Fetter, diseñador gráfico de Boeing.

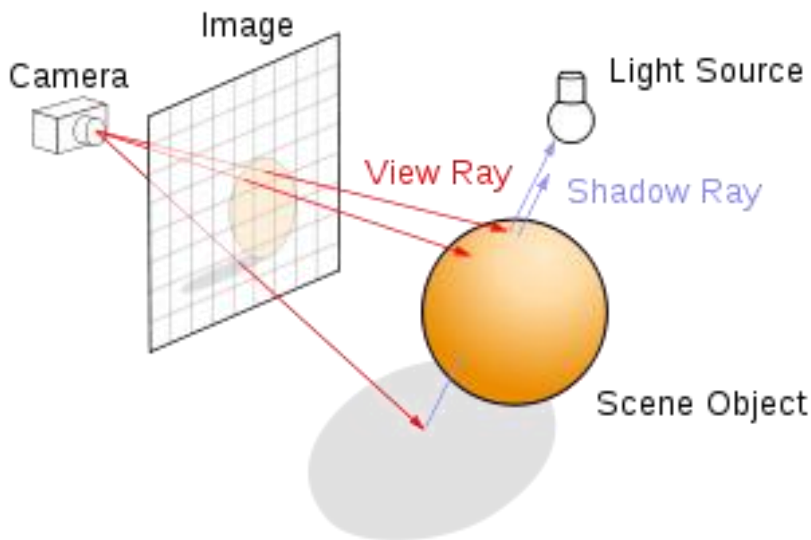
- **Raster:** Se denomina raster a la representación de una imagen como una matriz de píxeles.



- **Pixel:** Acrónimo de picture element. Cada uno de los puntos de color que se muestran en una pantalla.

- **Gráficos vectoriales:** Formato de imagen formado por objetos geométricos (puntos, líneas, polígonos) de los que se almacena sus atributos matemáticos. Permiten modificar el tamaño de una imagen sin sufrir la pérdida de calidad.
- **Renderizado:** Proceso de creación de una imagen a partir de un modelo. En esencia, consiste en calcular el color de cada uno de los píxeles de la imagen, considerando las propiedades del modelo a representar.

- **RayTracing** (trazado de rayos): técnica de renderizado que calcula el color de los píxeles simulando las trayectorias de los rayos de luz.



Cornell box

(una imagen es real, la otra está generada por computador)



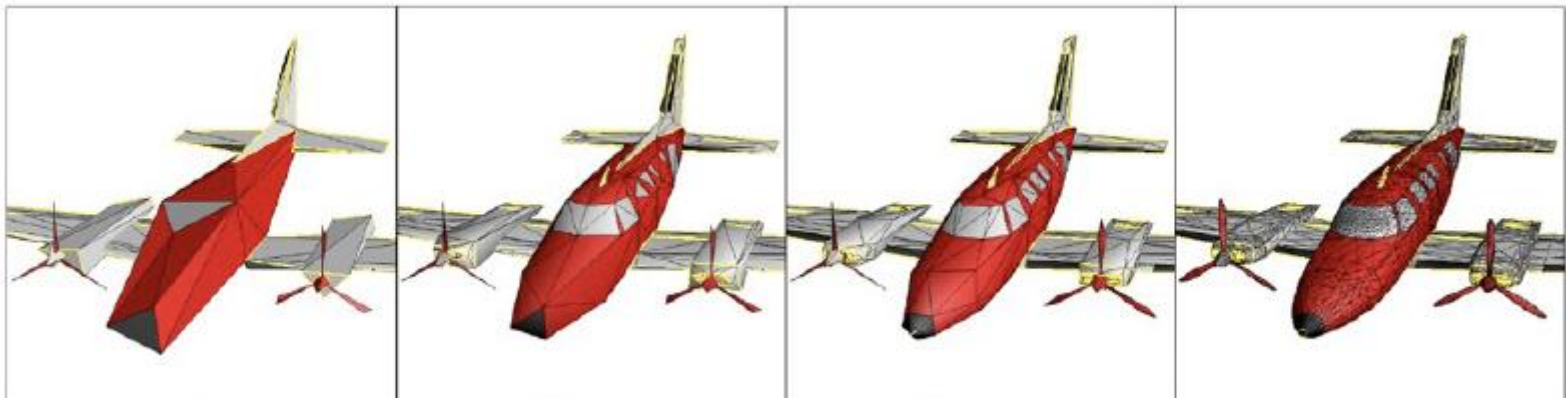
- El RayTracing produce imágenes de enorme calidad, pero requieren un gran esfuerzo de cómputo por lo que no puede utilizarse en aplicaciones en tiempo real.
- Es la técnica utilizada comúnmente en los efectos visuales de las películas de cine.



- Una de las principales herramientas software basadas en RayTracing es *Arnold*, creada por un programador español (Marcos Fajardo) fundador de la empresa SolidAngle.
- SolidAngle fue absorbida por Autodesk. Actualmente tiene sede en Madrid y Londres.
- Arnold está incluido como módulo de renderizado de RayTracing en las herramientas Maya, Cinema4D, Houdini, 3DSMax y Katana.
- (<https://www.arnoldrenderer.com/>)



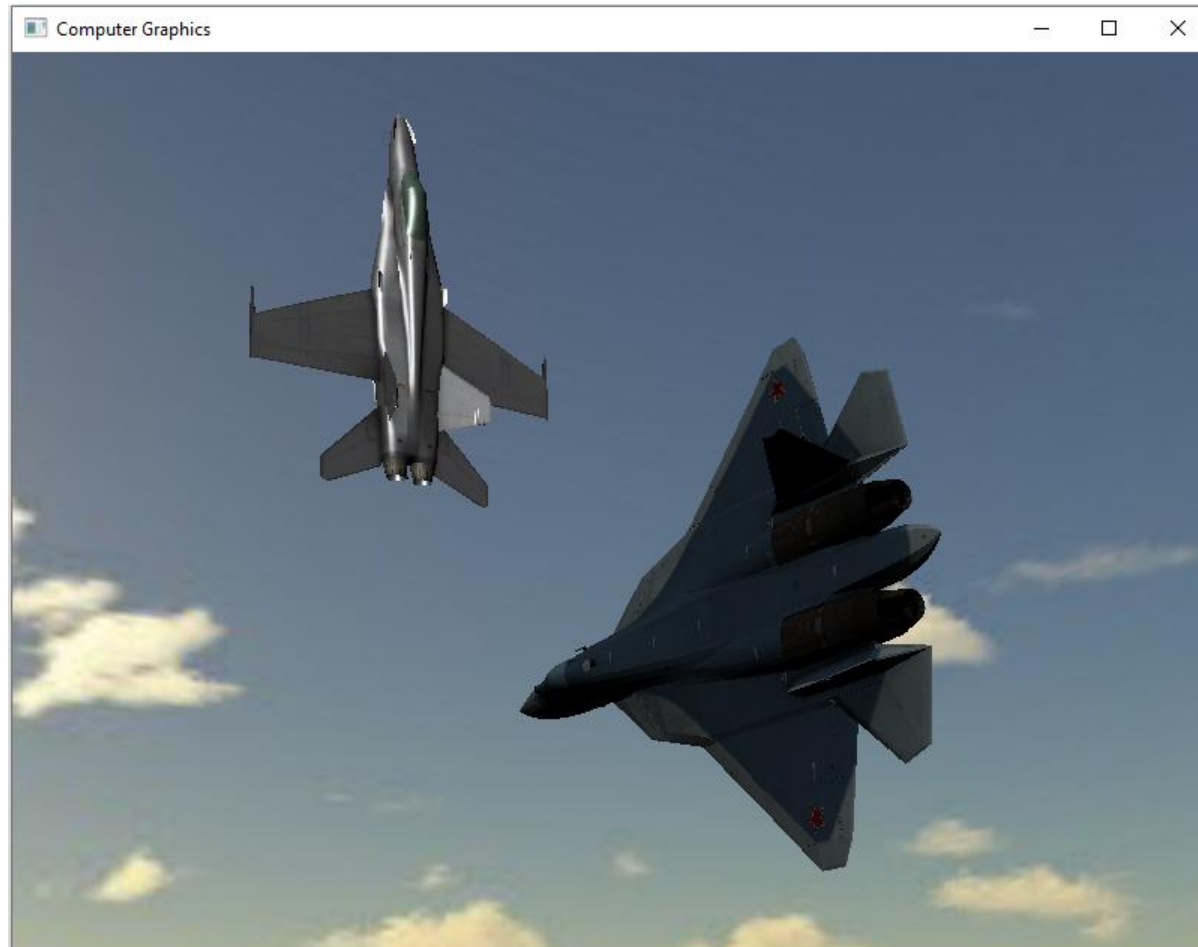
- **Rasterisation** (rasterizado): Técnica de renderizado que se basa en la proyección de figuras geométricas (gráficos vectoriales) sobre la matriz de píxeles (raster).
- **Vertex** (vértice): Un punto de un espacio en 2 o 3 dimensiones. Los vertex tienen asociadas propiedades como color, transparencia, dirección normal. Son el elemento básico para definir el modelo que se pretende representar. Son la base de los gráficos vectoriales.



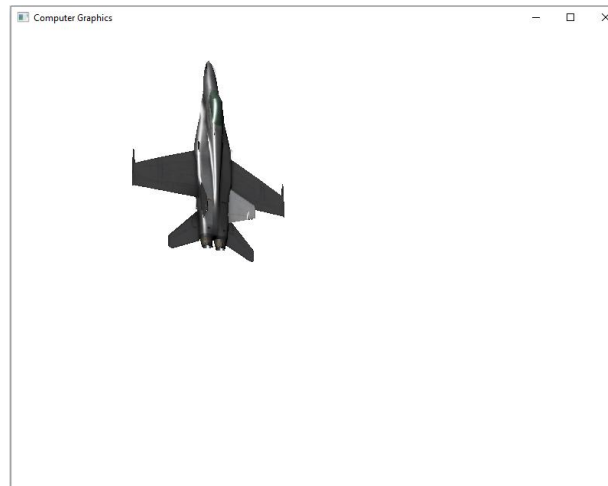
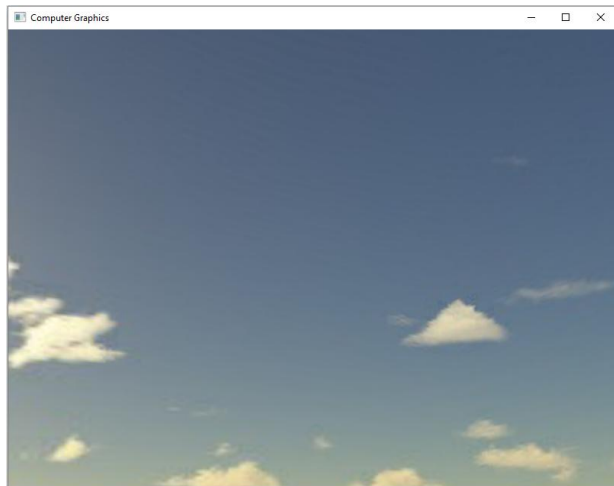
- **Tesellation** (teselado): proceso de división de una superficie plana en un conjunto de triángulos o cuadriláteros.
- **Shader** (sombreador): programa que se ejecuta directamente en la GPU (procesador de la tarjeta gráfica) para realizar el renderizado. Se pueden programar diferentes etapas del proceso, lo que da lugar a diferentes shaders (vertex shader, fragment shader, geometry shader).
- **Viewport**: área de la ventana en la que se muestra el gráfico renderizado. Sus dimensiones determinan las coordenadas físicas (píxeles) a las que hay que transformar la imagen.

- **Clipping volume:** volumen del espacio 3D que se utiliza para calcular la imagen renderizada. Lo que está fuera del clipping volume queda fuera de la imagen generada
- **Aliasing:** efecto visual que permite apreciar que una imagen está compuesta de pixels. Para evitarlo existen técnicas de antialiasing, que suavizan la imagen para evitar este efecto
- **Pipeline:** conjunto de etapas en las que se divide el proceso de renderizado.

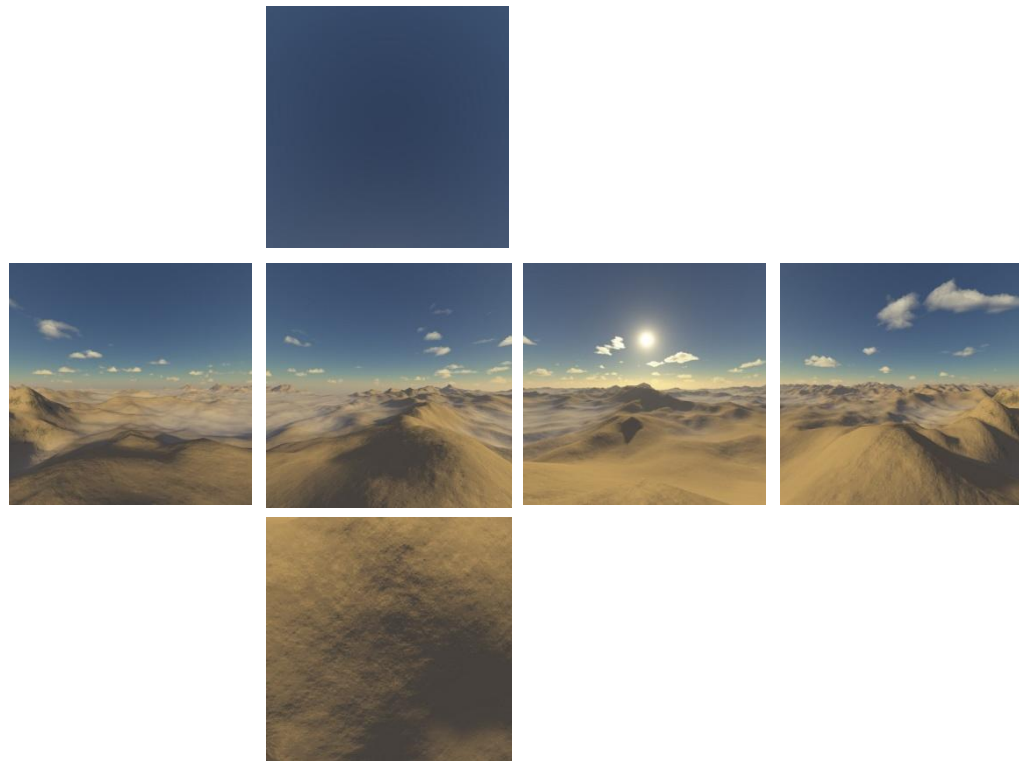
- ¿Cómo se genera una imagen?



- El esquema básico para generar un imagen consiste en dibujar el fondo de la imagen y, a continuación, dibujar los objetos que forman parte de la escena.



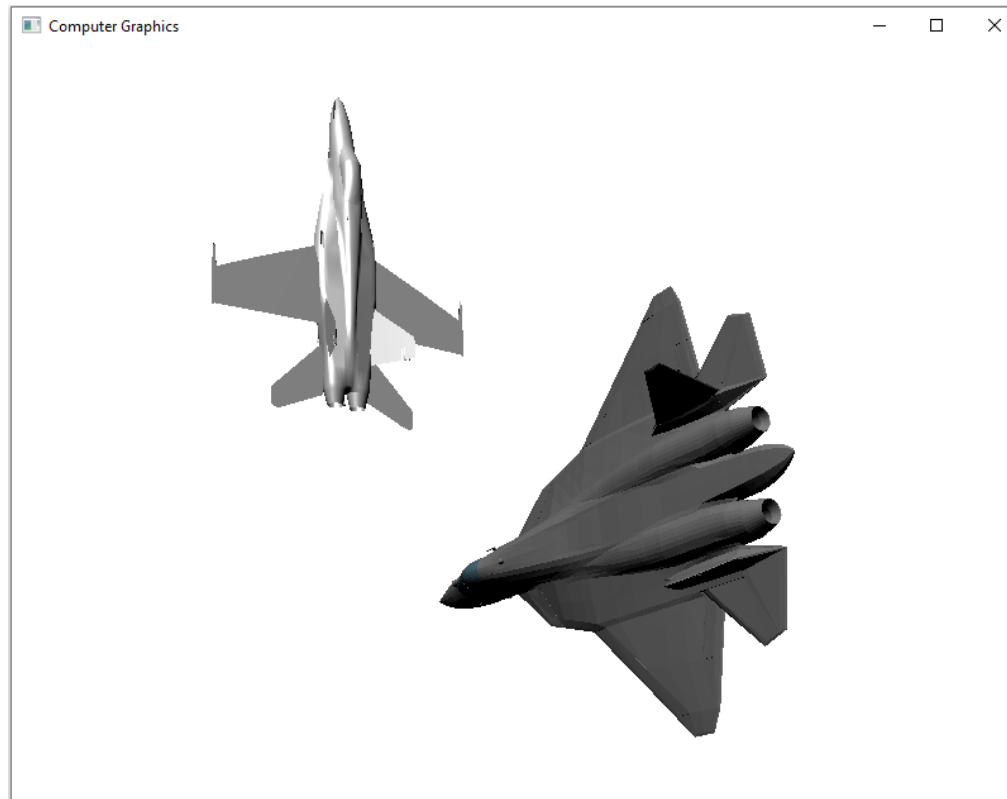
- El fondo se genera a partir de un conjunto de seis imágenes en forma de cubo (lo que se conoce como *cubemap*). Estas imágenes se proyectan sobre las caras de un cubo de forma que el observador está colocado en el centro de ese cubo (*skybox*).



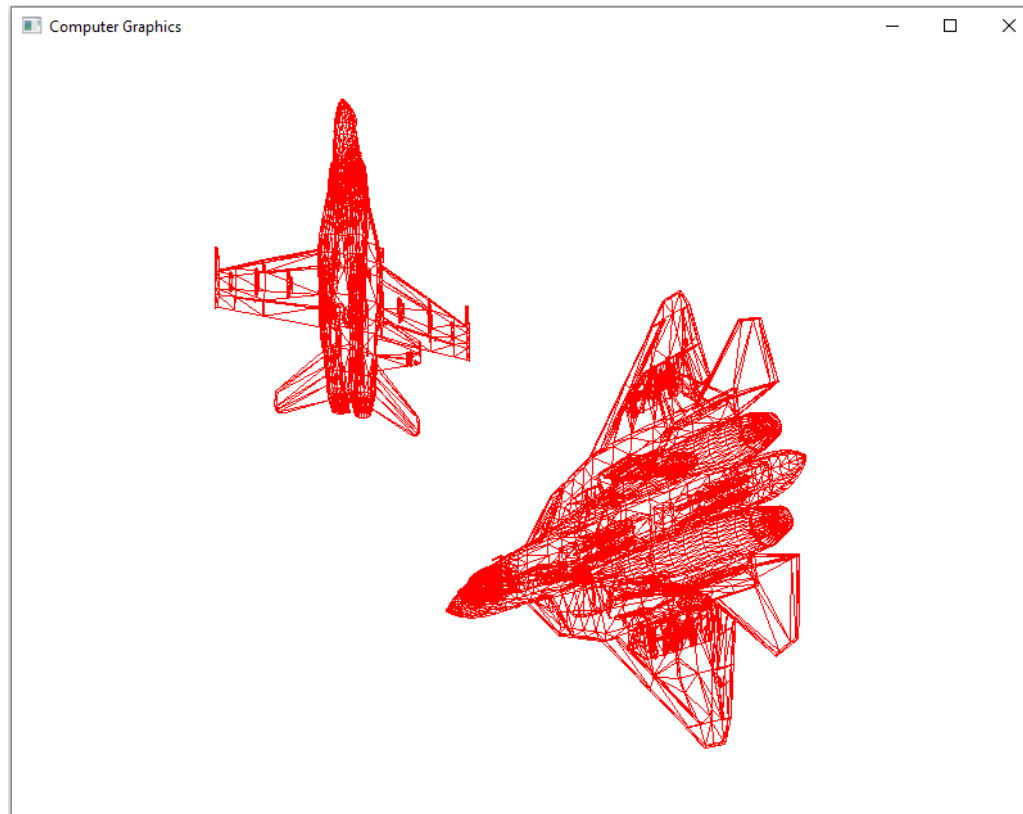
- Para dibujar los objetos se utilizan texturas, que describen el aspecto que tiene la superficie del objeto.



- Si quitamos la textura a los objetos podemos ver como la superficie se dibuja más clara o más oscura en base a la iluminación.



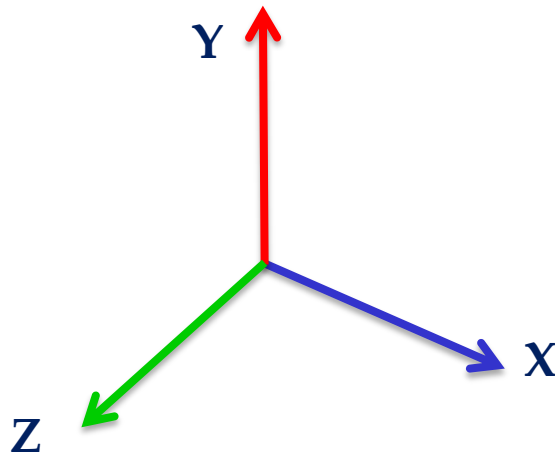
- La superficie de los objetos se basa en dibujar una malla (*mesh*) formada por vértices unidos por líneas. Cada superficie triangular se conoce como una primitiva.



- La definición de un objeto está formada por la descripción de un conjunto de vértices (de los que se indican su posición, su normal y su coordenada de textura) y una lista de caras formadas por la referencia a tres vértices.

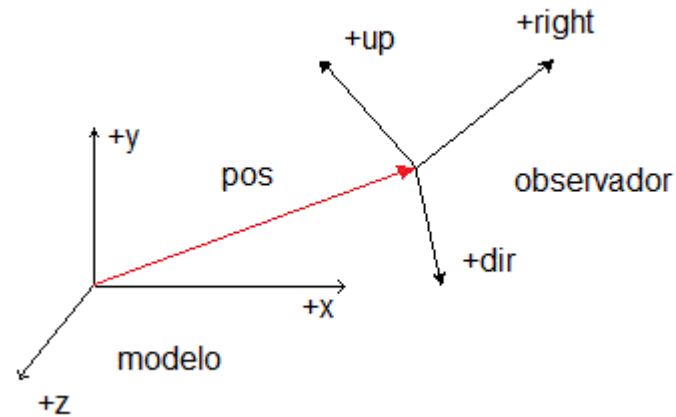
```
p_vertices_0[438][3] = { { -0.521909f, 2.569959f, -5.647568f }, .... };  
p_textures_0[438][2] = { { 0.176717f, 0.662548f }, ... };  
p_normals_0[438][3] = { { -0.913319f, 0.375991f, -0.156459f }, ...};  
p_indexes_0[146][3] = { { 0, 1, 2 }, { 3, 4, 5 }, { 6, 7, 8 }, ...};
```

- Sistema de coordenadas:
 - Para situar los objetos en el espacio 3D es necesario trabajar sobre un sistema de coordenadas X-Y-Z. La dirección de los ejes se rige por la “regla de la mano derecha”.



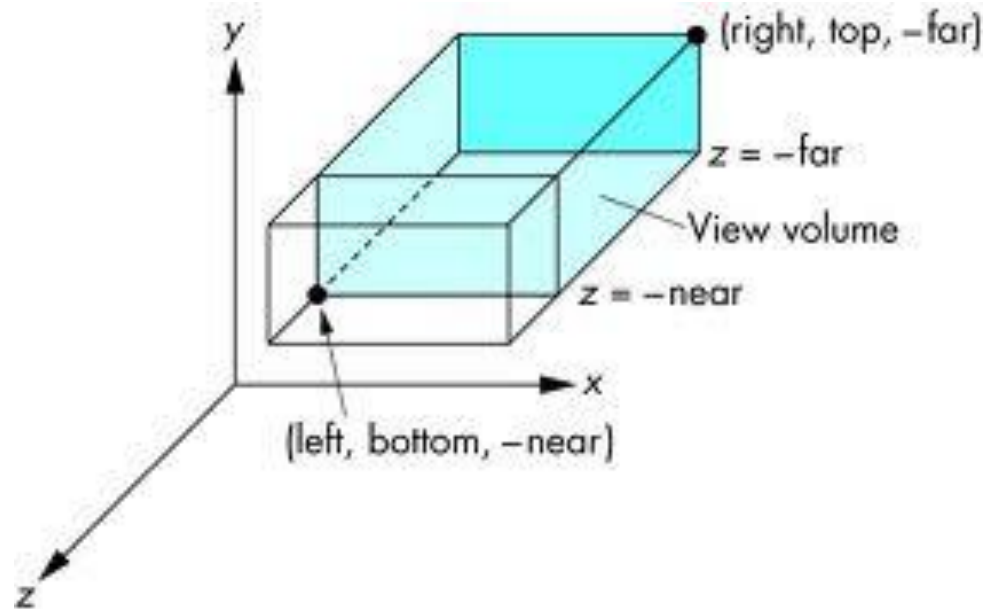
- Sistemas de coordenadas
 - A la hora de generar modelos en 3D se utilizan diferentes sistemas de coordenadas.
 - El sistema de coordenadas local de un objeto considera el origen de coordenadas en un punto fijo del objeto (independientemente de su posición u orientación).
 - El sistema de coordenadas del modelo permite establecer la posición y orientación de los objetos presentes en el modelo.
 - El sistema de coordenadas del observador considera el origen de coordenadas en la posición del observador.

- Transformaciones de coordenadas
 - Para realizar transformaciones de coordenadas se utilizan matrices de transformación.

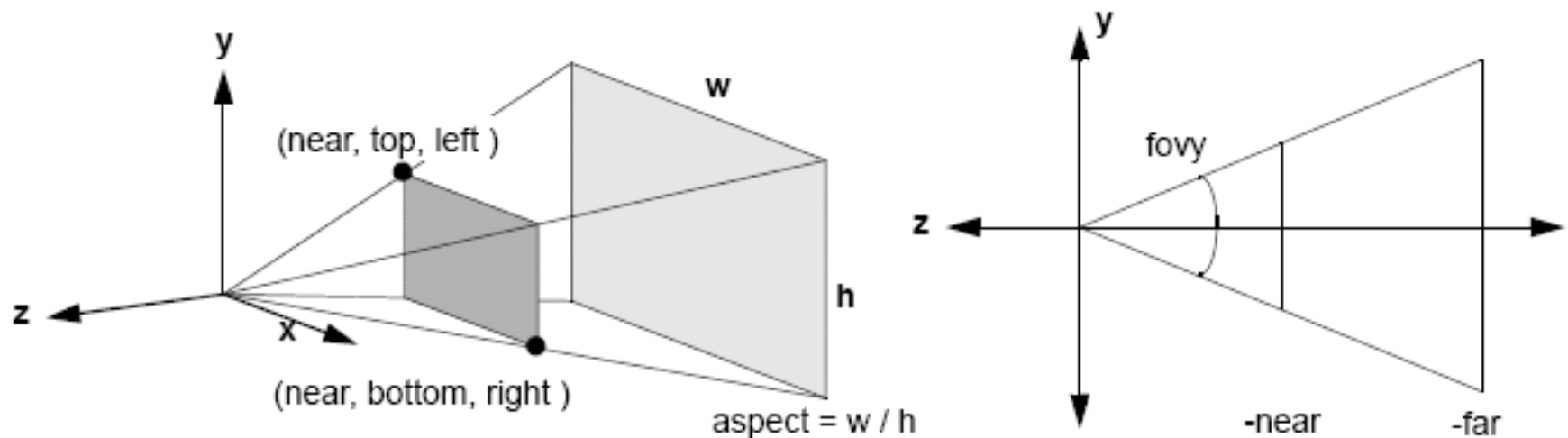


- Proyecciones:
 - Para dibujar la imagen, es necesario proyectar sobre un plano los polígonos que forman el modelo.
 - Hay dos tipos de proyección: ortográfica y en perspectiva.

- Proyección ortográfica:
 - Es una proyección paralela al eje Z.
 - El volumen a proyectar (clipping volume) es un prisma rectangular.
 - La proyección consiste en eliminar la componente Z.



- Proyecciones en perspectiva:
 - Es una proyección en la que los objetos más cercanos aparecen más grandes que los objetos más alejados.
 - El volumen a proyectar (*clipping volume*) es un tronco de pirámide (*frustrum*).



1.1 Principios básicos de representación en 3D

1.2 Un poco de historia

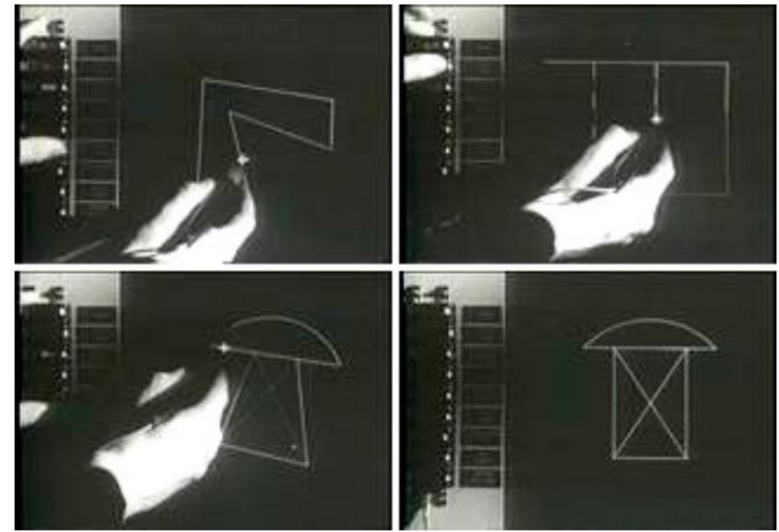
1.3 Las etapas de renderizado

- Durante la década de 1960's se desarrollaron las primeras técnicas de generación de imágenes.
- En 1962, Steve Russell desarrolló *Spacewar!*, el primer videojuego publicado con éxito en el mundo académico. Unos años antes se había programado *Tennis for two*, pero no tuvo ninguna repercusión.
- A principios de los 60's Pierre Bézier, ingeniero de Renault, propuso la formulación matemática de curvas para modelado 3D.

- A mediados de los 60's la Universidad de Utah se convierte en el principal centro de investigación en esta materia bajo la dirección de Ivan Sutherland.
- Los investigadores de esta universidad desarrollaron, entre otras técnicas, los sombreados Gouraud, Phong, y Blinn, los mapas de texturas, algoritmos de determinación de cara oculta, subdivisión de superficies, trazado de líneas en tiempo real y los primeros intentos de realidad virtual.

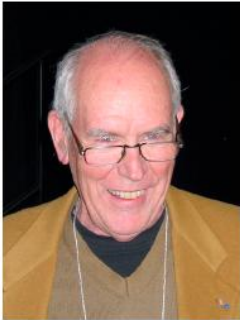
The beginning of Computer Graphics

SketchPad [1963] from Ivan Sutherland — how can we talk to computers?



1960s-1970s
University of Utah —
the epicenter of Computer Graphics

Professors



Ivan Sutherland



David Evans

founders of
Evans & Sutherland



Edwin Catmull
founder of Pixar
textures, antialiasing,
subdivision, Z buffer, alpha



John Warnock
founder of Adobe
32 pages PhD thesis
"Warnock algorithm"



Bui Tuong-Phong
Phong shading
Phong reflection



James Clark
founder of
SGI, Netscape,
myCFO, Healthcon
Clark-Catmull subdivision
geometry engine



Jim Blinn
Blinn-Phong
environment map
bump map



Alan Kay
inventor of
object-oriented prog.
windowed GUI



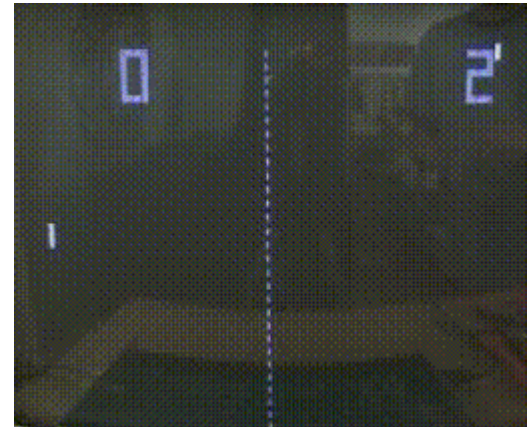
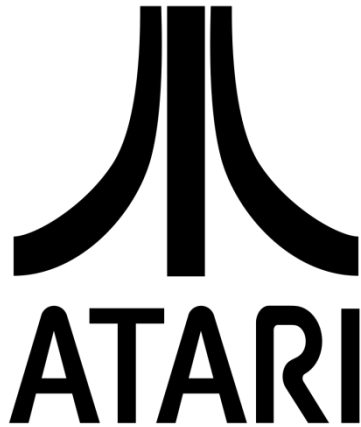
Lance Williams
mipmapping
shadow mapping



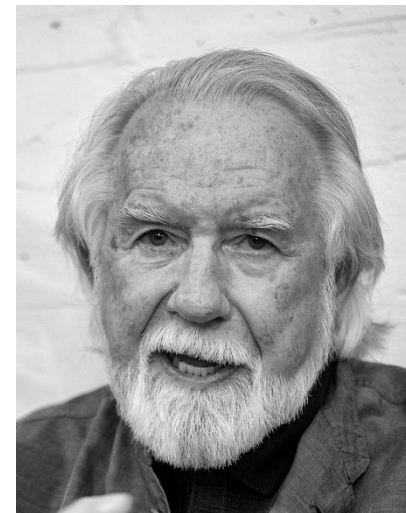
Nolan Bushnell
founder of Atari
(indirect) inventor of Pong

- En 1969 se creó el Grupo de Interés en Informática Gráfica de la ACM (SIGGRAPH). Desde 1974 este grupo organiza el congreso internacional SIGGRAPH, que es la referencia mundial en el desarrollo de esta materia.
- La generación de gráficos por ordenador es un proceso muy costoso computacionalmente y durante años fue imposible generar gráficos de una mínima calidad en tiempo real. La investigación desarrollaba conceptos y algoritmos que debían probarse offline.

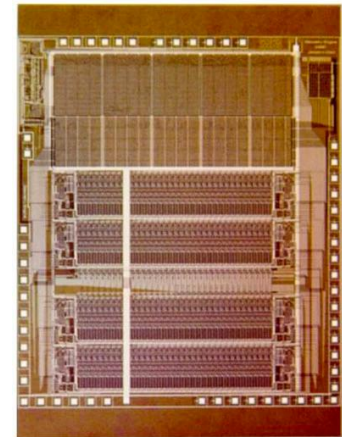
- En 1972 Nolan Bushnell y Ted Dabney fundan Atari Inc. una de las primeras compañías dedicadas a producir videojuegos.
- Su primer videojuego comercial fue Pong, creado por Allan Alcorn.
- Inicialmente se vendía como máquina recreativa y en 1975 se desarrolló como videoconsola.



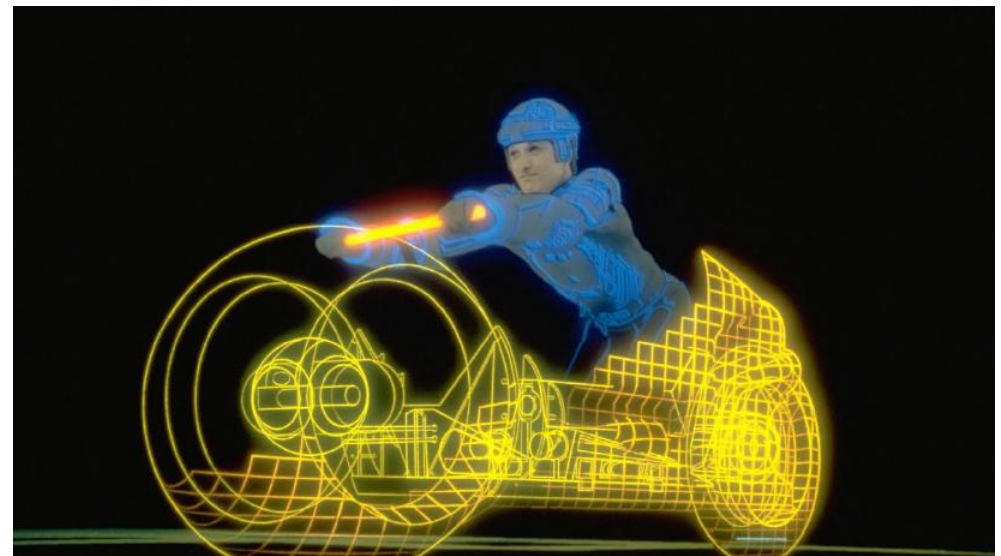
- En 1975 George Lucas funda Industrial Light and Magic como empresa dedicada a la creación de efectos especiales (comenzando con Star Wars).
- En 1979 se crea la división de efectos digitales “The Graphic Group” con la incorporación de Edwin Catmull y Alvy Ray Smith.



- En 1981, el Dr. James H. Clark (entonces profesor asociado de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Stanford) diseñó el primer hardware dedicado a la generación de imágenes basadas en modelos geométricos (*Geometry Engine*).
- En 1982, Jim Clark abandonó la universidad para formar la compañía Silicon Graphics Inc. junto con Abbey Silverstone.



- En 1982 se estrena TRON, la primera película con un uso intensivo de gráficos por ordenador



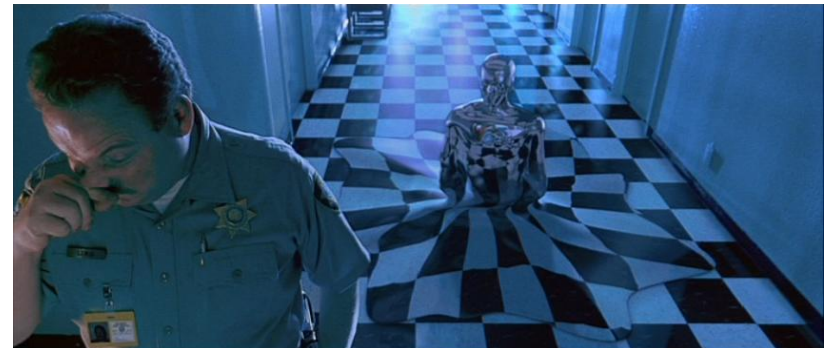
- En 1986 George Lucas vende “The Graphics Group” a Steve Jobs, que lo convierte en una nueva empresa que llaman Pixar.
- El primer trabajo de la nueva empresa es el cortometraje Luxi Jr., que presentan en el SIGGRAPH de ese año.



- En 1991 Pixar trabaja con Disney en la producción de La Bella y la Bestia. Los gráficos por computador se utilizaron fundamentalmente en la escena del baile.
- La primera película de animación totalmente generada por ordenador fue Toy Story, en 1995.



- Durante la década de 1990 los sistemas y estaciones de trabajo de Silicon Graphics fueron el soporte de la mayor parte de las aplicaciones gráficas desarrolladas en esa época.
- Las primeras películas con gráficos realistas fueron The Abyss (1989) y Terminator II (1991). Los efectos 3D se encargaron a IL&M, que utilizó el software Alias (de Alias Research) sobre estaciones de trabajo SGI 4D/70G y SGI 4D/80GT.



- En 1992, SGI se decidió reescribir su librería gráfica IrisGL e inició un movimiento para permitir que la biblioteca resultante, llamada OpenGL, fuera licenciado a un precio económico para los competidores de SGI.
- Para desarrollar un estándar abierto se creó un consorcio industrial llamado OpenGL Architecture Review Board (OpenGL ARB), formado inicialmente por SGI, DEC, IBM, Intel y Microsoft.
- La primera versión de OpenGL se publicó el 1 de julio de 1992.



- Aunque Microsoft forma parte inicialmente del desarrollo de OpenGL, pronto decide crear su propia biblioteca gráfica. Para ello en 1995 compra una empresa ya existente, RenderMorphics, que tenía una biblioteca gráfica llamada RealityLab y la convierte en Direct3D.
- Direct3D está integrada dentro de la API DirectX.



Microsoft
DirectX

- En 1985 se funda ATI Technologies, dedicada a la fabricación de chips gráficos en 2D. (Tarjetas EGA y VESA)
- En 1996 comienzan a fabricar las primeras tarjetas gráficas con aceleración 3D y compatibles con OpenGL. (RAGE)
- En 2000 lanza su línea de tarjetas gráficas de alto rendimiento Radeon.
- En 2006 la compañía AMD compró ATI Technologies.



- En 1993, Jensen Huan (ingeniero de AMD), Chris Malachowsky (ingeniero de Sun Microsystems) y Curtis Priem (ingeniero de IBM) fundan NVIDIA.
- En 1999 lanzan la línea de tarjetas gráficas GeForce.
- En 2005 la gama alta se denomina GTX
- En 2018 lanzan la serie GeForce RTX que incluye núcleos dedicados a RayTracing



- En el año 2001 aparecen las primeras tarjetas gráficas en las que se incluye la posibilidad de programar externamente algunas etapas del pipeline (NVIDIA GeForce 3, ATI Radeon 8500).
- Las etapas programables eran *vertex_program*, que se ejecutaba sobre cada vértice, y *fragment_program*, que se ejecutaba sobre cada pixel de cada fragmento.
- Inicialmente, esta programación debía hacerse en un ensamblador específico y con un tamaño de programa reducido. Pese a las limitaciones, estas etapas programables permitían incorporar nuevas técnicas de interpolación, mezcla o sombreado sin necesidad de añadirlas como opciones del estándar OpenGL.

- En 2006, la quiebra de SGI hizo que el desarrollo de OpenGL pasara a manos de The Khronos Group, un consorcio de empresas dedicado al desarrollo de estándares abiertos.
- El Khronos Group se organiza en subgrupos. El dedicado a OpenGL se denomina OpenGL ARM Working Group.



- En 2016 el Khronos Group presentó la primera versión de su nueva biblioteca gráfica que denominó Vulkan.
 - Vulkan 1.0 (febrero 2016)
 - Vulkan 1.1 (marzo 2018)
 - Vulkan 1.2 (enero 2020)
 - Vulkan 1.3 (febrero 2022)
 - Vulkan 1.4 (diciembre 2024)



- La tecnología de GPUs ha avanzado muchísimo



VGA-EISA (1991)



Nvidia GeForce RTX 5090

Alone in the Dark (1992) Infogrames



Doom II (1994) Id Software



Doom Eternal (2021) Bethesda

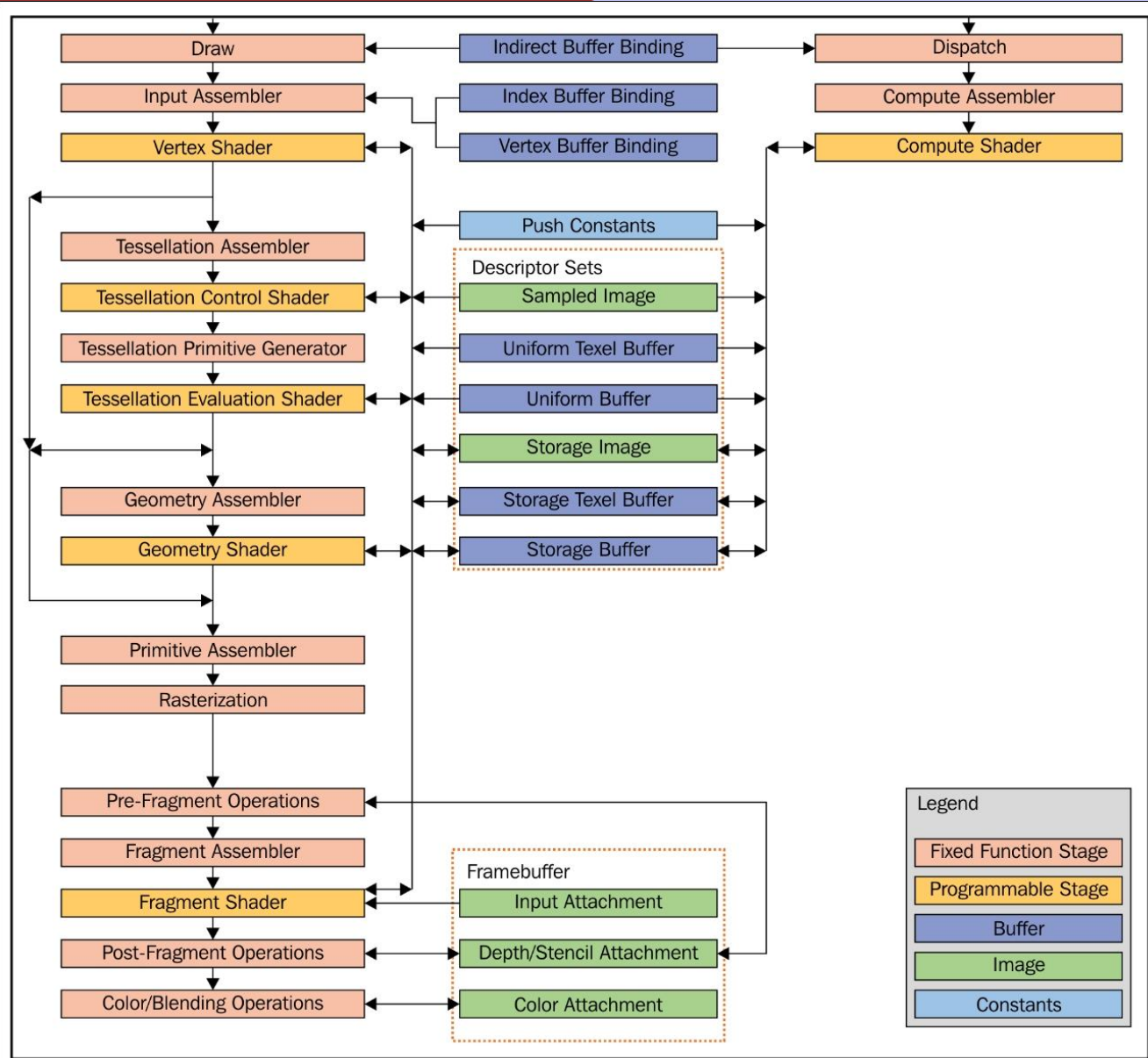


1.1 Principios básicos de representación en 3D

1.2 Un poco de historia

1.3 Las etapas de renderizado

- La generación de imágenes en una tarjeta gráfica se realiza siguiendo un conjunto de etapas que se denomina *pipeline*.
- Estas etapas pueden ser programables (denominadas *shaders*) o de funcionalidad fija.
- Las etapas programables se configuran mediante unos programas que deben ser cargados en el dispositivo. Vulkan utiliza el lenguaje intermedio SPIR-V para la definición de estos programas.
- Las etapas de funcionalidad fija se deben configurar mediante parámetros en el proceso de definición del *pipeline*.
- La siguiente imagen describe las diferentes etapas del *pipeline* utilizadas en Vulkan.



- La siguiente imagen muestra el proceso de forma simplificada.
- En primer lugar se leen los vértices que forman la malla de entrada y en el vertex shader se transforman los atributos de estos vértices.
- Las etapas de teselado y geometría permiten transformar las primitivas o crear nuevas.
- A continuación se deciden que píxeles forman parte de cada primitiva y se decide su color en el fragment shader. Por último se mezclan los píxeles de las diferentes primitivas.

