



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Arquitectura de Computadors

Tarjetas Gráficas y Aceleradores

Evolución de las Tarjetas Gráficas

Agustín Fernández

Departament d'Arquitectura de Computadors

Facultat d'Informàtica de Barcelona

Universitat Politècnica de Catalunya



Introducción

¿Qué es una tarjeta gráfica?

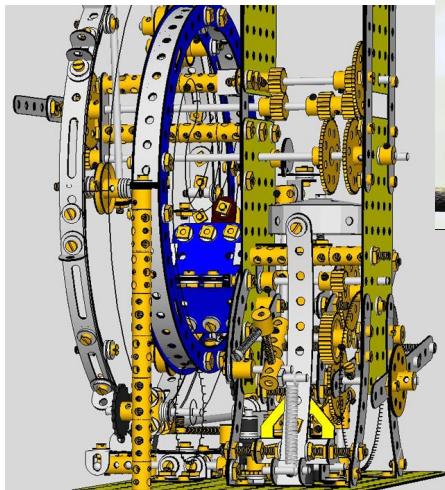
- Componente que transmite al monitor la información gráfica que debe aparecer en pantalla.
 - Procesa los datos que le llegan de la CPU calculando el color de cada píxel y lo almacena en su memoria interna para poder presentarlos en la pantalla.
 - Desde la memoria de vídeo, toma la salida de datos digitales resultante del proceso anterior y la transforma en una señal analógica/digital que pueda entender el monitor.



Introducción

- A día de hoy, los gráficos generados por ordenador son de uso común.
- Los usos son múltiples:

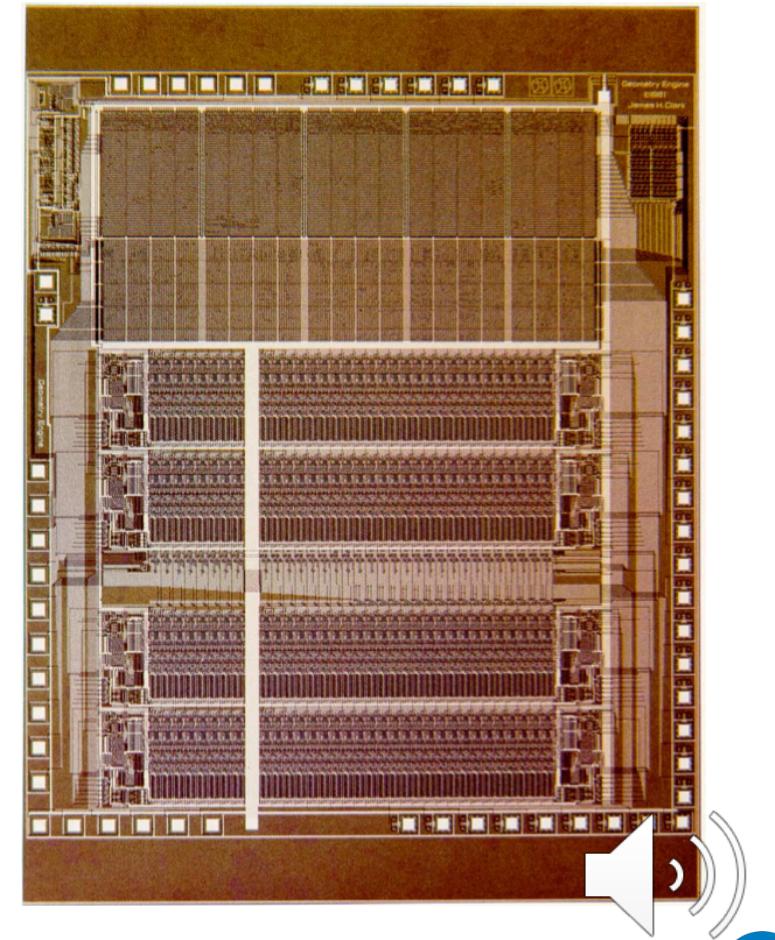
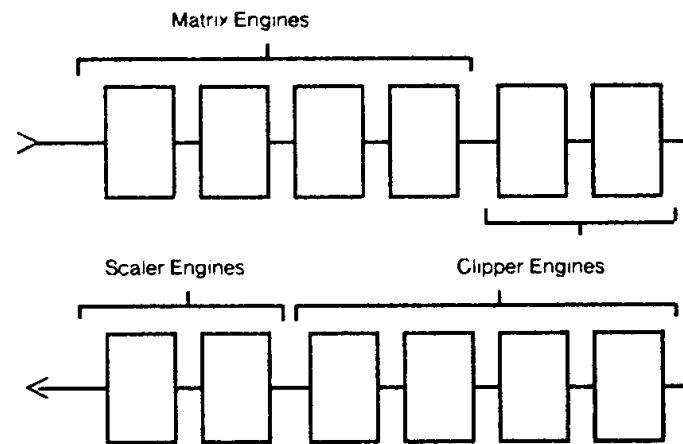
- Documentos & Presentaciones & GUI (Interfaz gráfica de usuario)
- CAD & CAM (Diseño Asistido por Computador)
- Video Juegos
- Multimedia
- Medicina



Evolución Gráficos por Computador

Orígenes

- ❑ Simuladores de vuelo durante los 70
- ❑ Circuitos especialmente diseñados para procesar geometría y hacer clipping:
 - “The Geometry Engine: A VLSI Geometry System for Graphics”, Jim Clark SIGGRAPH’82



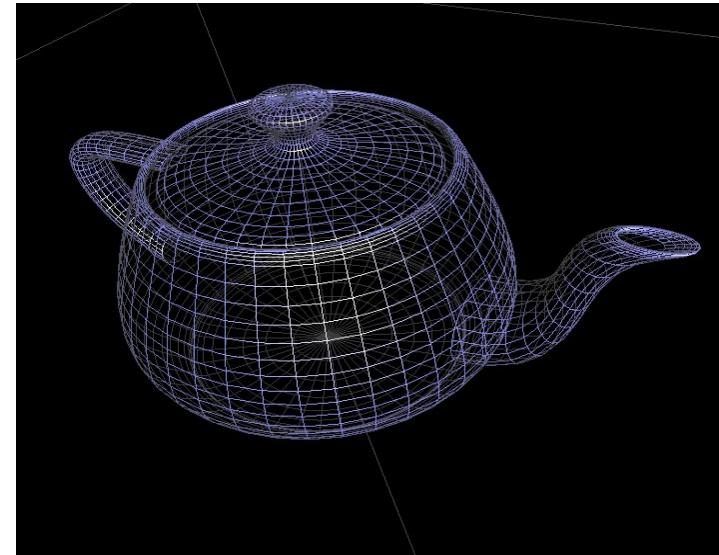
Evolución Gráficos por Computador

1^a Generación: gráficos con “alambres”

- Vértices:** Transformar, proyectar, clipping
- Rasterización:** interpolación de colores (puntos y líneas)
- Fragmentos:** escritura
- Periodo:** hasta 1987



Etapas básicas en el procesado de gráficos 3D



CLIPPING

Eliminar triángulos, los que no se ven en la imagen o los más pequeños que 1 píxel.



Evolución Gráficos por Computador

2ª Generación: sólidos sombreados

- Vértices:** Iluminación
- Rasterización:** interpolación (triángulos)
- Fragmentos:** Z buffer, blending
- Periodo:** 1987 - 1992

Z buffer

Estructura de datos que permite eliminar (NO DIBUJAR) los fragmentos ocultos.

Blending

Combinar el color de varios fragmentos en la misma posición (transparencias, niebla, ...).



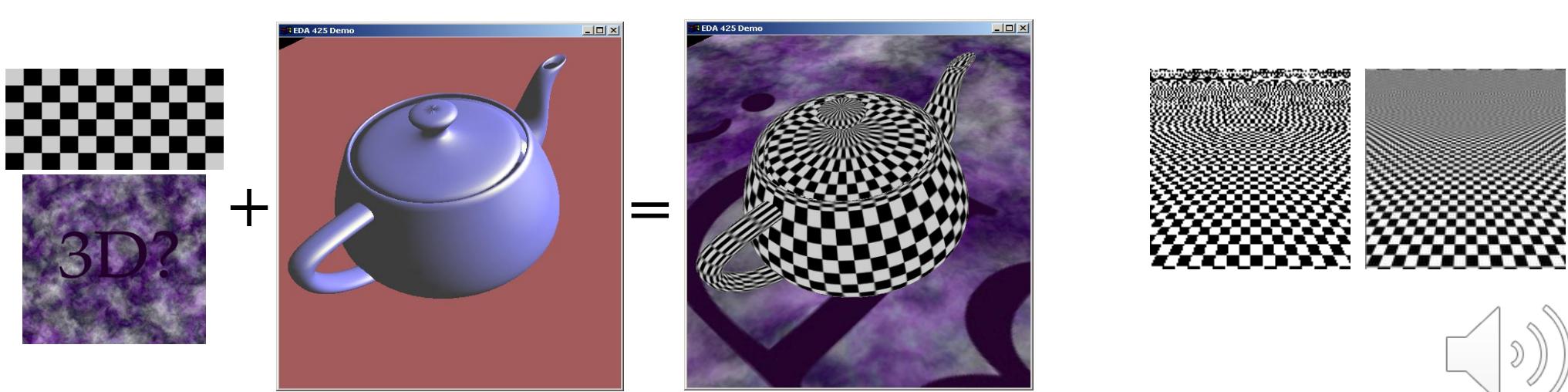
Evolución Gráficos por Computador

3^a Generación: Texturas

- ❑ **Vértices:** transformación coordenadas de texturas
- ❑ **Rasterización:** interpolación texturas
- ❑ **Fragmentos:** texturas y antialiasing
- ❑ **Periodo:** 1992 - 2000

Antialiasing

Algoritmo que permite eliminar los artefactos debidos al aliasing gráfico.



Evolución Gráficos por Computador

Algunos datos (SGI, Silicon Graphics, Inc.)

	Gen.	Producto	Tri. rate	TCA	Fill rate	TCA
1984	1a	Iris 2000	$10 \cdot 10^3$	-	$46 \cdot 10^6$	-
1988	2a	GTX	$135 \cdot 10^3$	1,9	$80 \cdot 10^6$	1,2
1992	3a	RealityEngine	$2 \cdot 10^6$	2	$380 \cdot 10^6$	1,5
1996	3a	InfiniteReality	$12 \cdot 10^6$	1,6	$1 \cdot 10^9$	1,3

Primeras Métricas de Rendimiento:

- Triangle rate: Triángulos renderizados por segundo
- Fill rate: Píxeles leidos/escritos por segundo
- TCA: Tasa de crecimiento anual (*CAGR, compound annual growth rate*)

Ley de Moore

En nov de 2016 HP ha comprado lo que quedaba de SGI



Evolución Gráficos por Computador

Rendering Off-line (CINE)

- ❑ Los gráficos NO-interactivos avanzan igualmente.
- ❑ En 1986 se funda Pixar [Steve Jobs].
- ❑ En 1995 se estrena Toy Story, el primer largometraje de Pixar.
- ❑ Reyes Graphics System (1)
- ❑ Implementación software que se ejecutaba en “granjas de CPUs”
- ❑ Horas por frame
 - En un juego interactivo: 20-50 fps
 - fps: frames por segundo (métrica de rendimiento)



REYES: Renders
Everything You Ever Saw

<http://graphics.pixar.com/library/ir.htm>

(1) Robert L. Cook, Loren Carpenter and Edwin Catmull. *The Reyes Image Rendering Architecture*. Computer Graphics, vol. 21, num. 4, July 1987.

Evolución Gráficos por Computador

Rendering On-line (Juegos de PC)

- Inicialmente Implementación software
- Wolfenstein es el primer “first-person shooter”. Creado en Id Software por John Carmack .
- El motor del juego ha sido licenciado y utilizado en múltiples juegos (Half-Life, ...).
- Las necesidades de los juegos 3D para PC han motivado la “aceleración hardware”.
- La existencia de OpenGL y DirectX ha permitido crecer el “mercado” de las tarjetas gráficas de forma ordenada.

Rendimiento aceptable en un juego interactivo: 20-50 fps

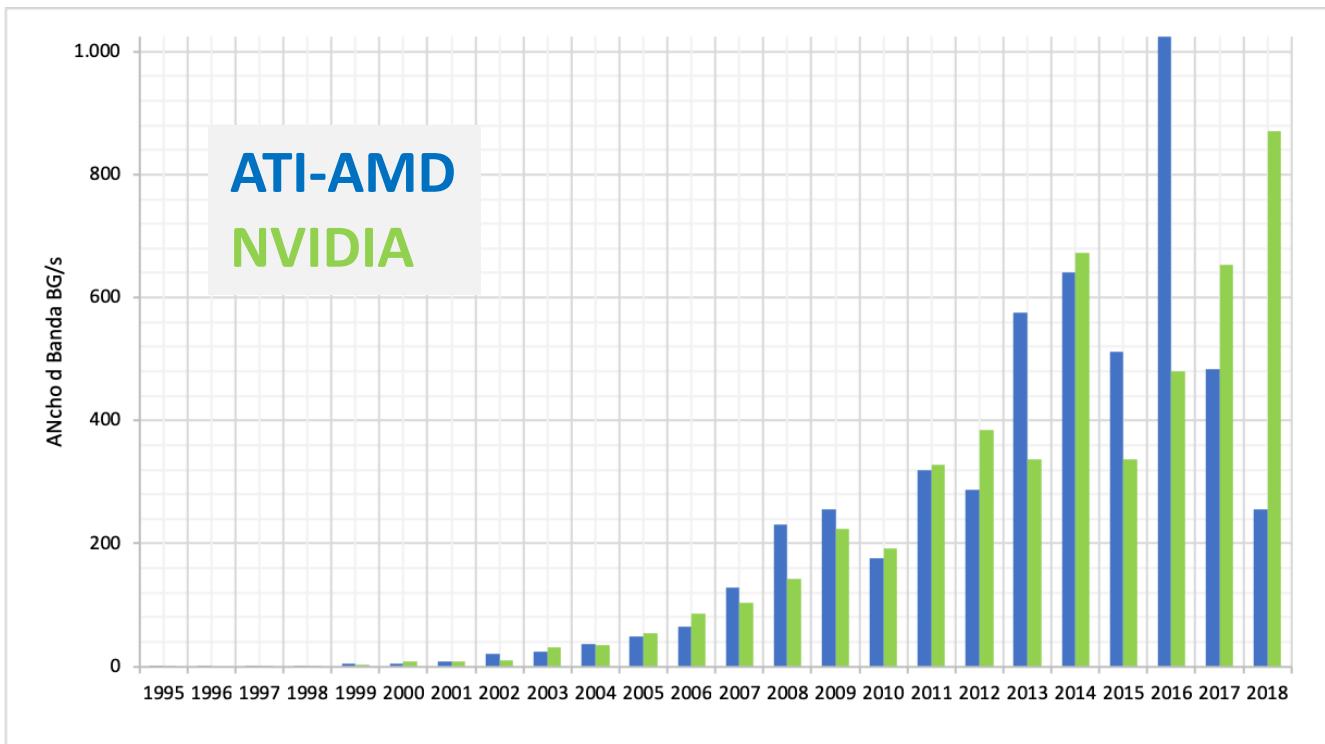


Wolfenstein 3D, 1992



10 / 43

Evolución Gráficos por Computador: Bandwidth GB/s

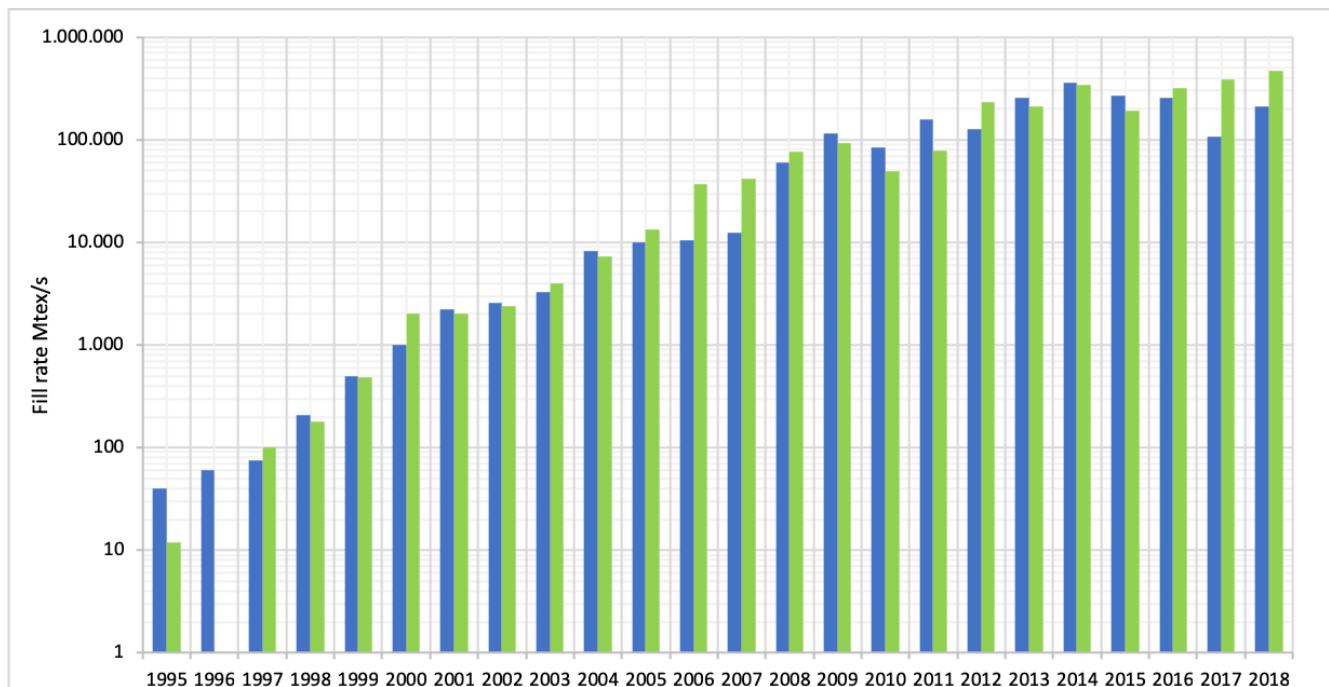


- Bandwidth, ancho de banda medido en GB/s
- Valor máximo del año

Ley de Moore

Year	ATI-AMD	Nvidia
1995	0,32 GB/s	0,6 GB/s
1996	0,67 GB/s	
1997	0,6 GB/s	1,6 GB/s
1998	1,65 GB/s	1,76 GB/s
1999	4,58 GB/s	2,93 GB/s
2000	5,31 GB/s	7,36 GB/s
2001	8,8 GB/s	8 GB/s
2002	19,8 GB/s	10,4 GB/s
2003	23,4 GB/s	30,4 GB/s
2004	35,8 GB/s	35,2 GB/s
2005	48 GB/s	54,4 GB/s
2006	64 GB/s	86,4 GB/s
2007	128 GB/s	103,7 GB/s
2008	230,4 GB/s	141,7 GB/s
2009	256 GB/s	223,8 GB/s
2010	176 GB/s	192,4 GB/s
2011	320 GB/s	327,7 GB/s
2012	288 GB/s	384,5 GB/s
2013	576 GB/s	336,5 GB/s
2014	640 GB/s	673 GB/s
2015	512 GB/s	336 GB/s
2016	1024 GB/s	483,8 GB/s
2017	652,8 GB/s	870,4 GB/s
2018	256 GB/s	

Evolución Gráficos por Computador: Tex rate Mtex/s



- tex rate: millones de operaciones con texturas por segundo
- Valor máximo del año

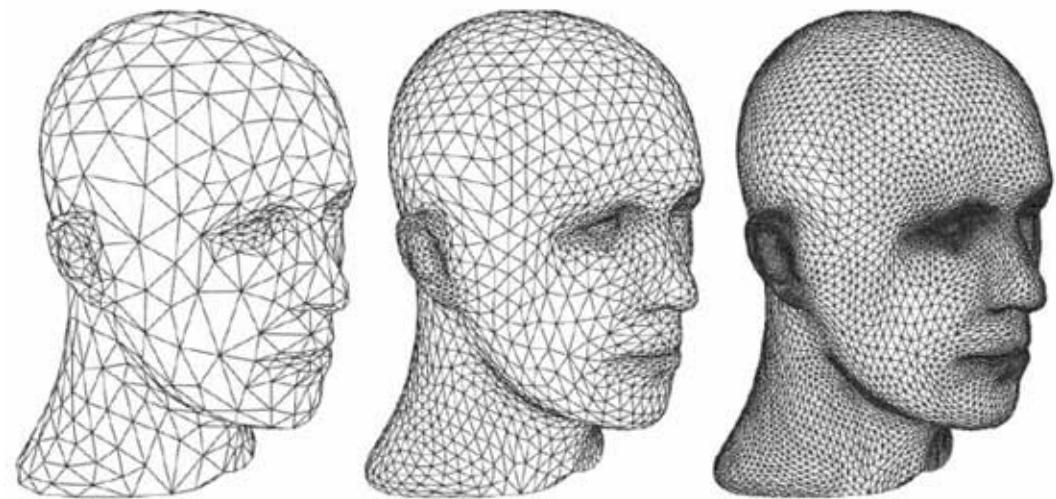
Ley de Moore

Year	ATI-AMD	Nvidia
1995	40 Mtex/s	12 Mtex/s
1996	60 Mtex/s	-
1997	75 Mtex/s	100 Mtex/s
1998	206 Mtex/s	180 Mtex/s
1999	500 Mtex/s	480 Mtex/s
2000	996 Mtex/s	2.000 Mtex/s
2001	2.200 Mtex/s	2.000 Mtex/s
2002	2.600 Mtex/s	2.400 Mtex/s
2003	3.296 Mtex/s	4.000 Mtex/s
2004	8.320 Mtex/s	7.200 Mtex/s
2005	10.000 Mtex/s	13.200 Mtex/s
2006	10.400 Mtex/s	36.800 Mtex/s
2007	12.400 Mtex/s	41.600 Mtex/s
2008	60.000 Mtex/s	76.800 Mtex/s
2009	116.000 Mtex/s	92.160 Mtex/s
2010	84.500 Mtex/s	49.410 Mtex/s
2011	159.200 Mtex/s	77.700 Mtex/s
2012	128.000 Mtex/s	234.240 Mtex/s
2013	256.000 Mtex/s	210.200 Mtex/s
2014	358.336 Mtex/s	338.000 Mtex/s
2015	268.800 Mtex/s	192.000 Mtex/s
2016	256.000 Mtex/s	317.400 Mtex/s
2017	107.300 Mtex/s	384.000 Mtex/s
2018	211.500 Mtex/s	465.600 Mtex/s

Evolución Gráficos por Computador

Generación Actual

- Shaders programables
- Shaders Unificados
- Teselación
- Ray Tracing



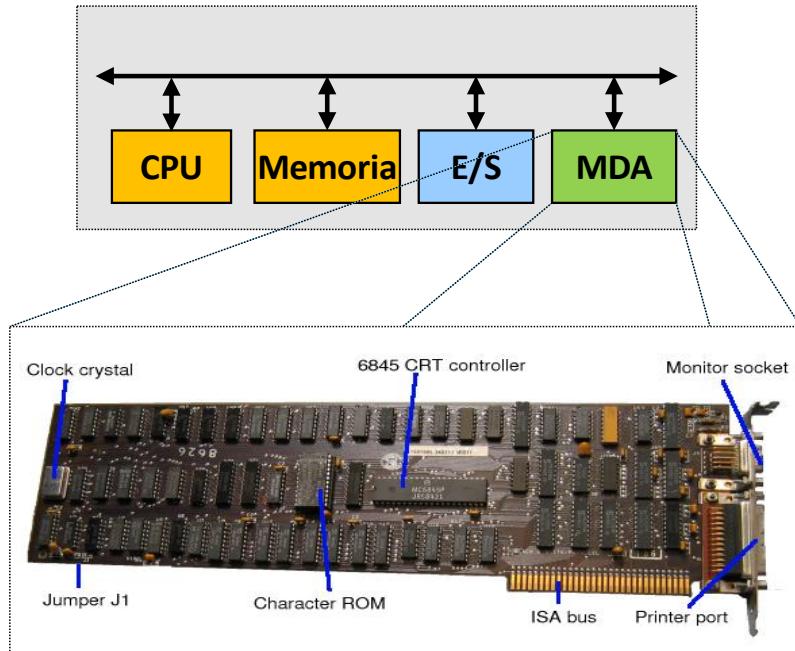
La versatilidad y potencia del hardware

gráfico actual permite:

- Técnicas de Iluminación global
- Física de los juegos
- Aplicaciones no-gráficas (cálculo científico) - GPGPU.

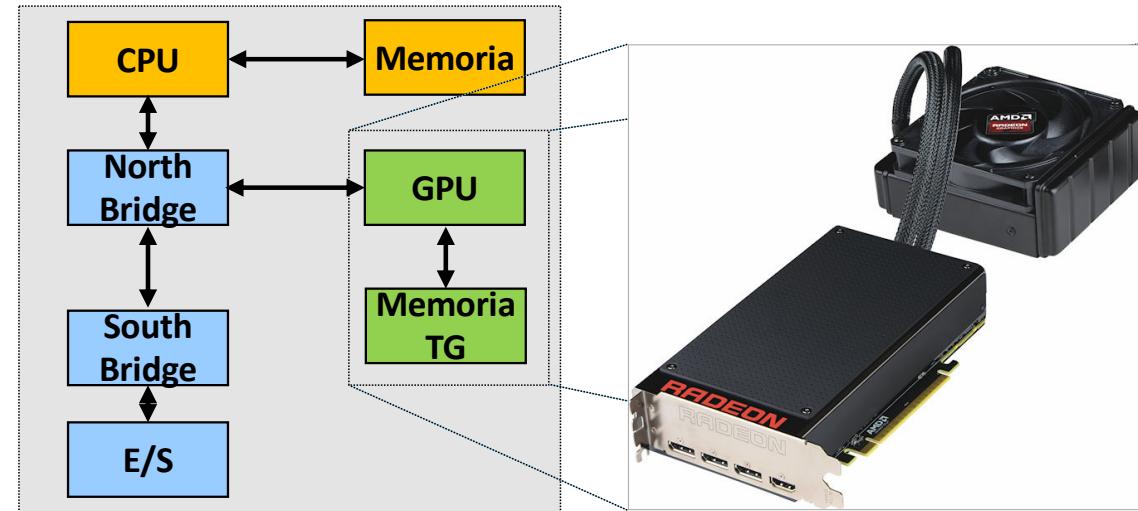


Historia de las Tarjetas gráficas: 1981 ... HOY



MDA [1981]

- Sólo texto: 80x25 caracteres
- Memoria CPU: 64KB
- Memoria video: 4KB
- Frecuencia: 4,7 MHz



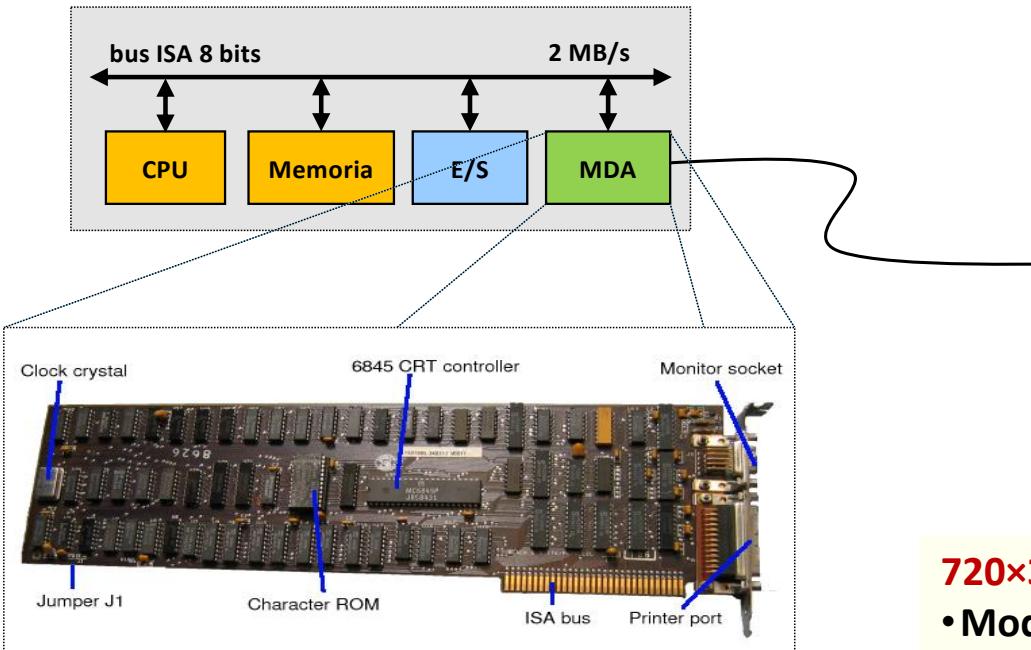
AMD Radeon R9 Fury X [2015]

Gráficos 3D, resolución depende monitor(es)

- Memoria CPU: varios GB
- Frecuencia CPU: ≈3 GHz
- Frecuencia GPU: 1050 MHz
- Memoria video: 4096 MB
- Frecuencia Memoria GPU: 1 GHz (HBM, 512 GB/s)



MDA (Monochrome Display Adapter) [1981]



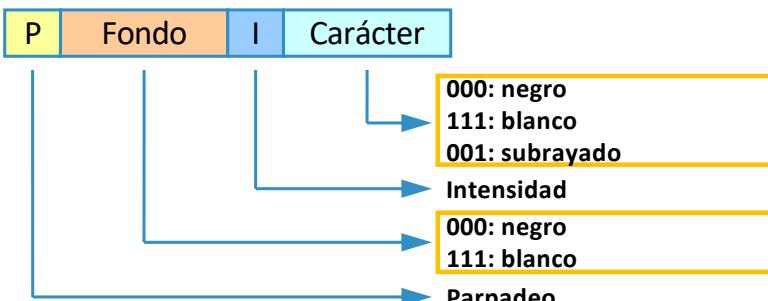
```
Enter today's date (m-d-y): 08-04-81
The IBM Personal Computer DOS
Version 1.00 (C)Copyright IBM Corp 1981

A>dir *.com
IBMBIO COM 1920 07-23-81
IBMDOS COM 6400 08-13-81
COMMAND COM 3231 08-04-81
FORMAT COM 2560 08-04-81
CHKDSK COM 1395 08-04-81
SYS COM 896 08-04-81
DISKCOPY COM 1216 08-04-81
DISKCOMP COM 1124 08-04-81
COMP COM 1620 08-04-81
DATE COM 252 08-04-81
TIME COM 250 08-04-81
MODE COM 860 08-04-81
EDLIN COM 2392 08-04-81
DEBUG COM 6049 08-04-81
BASIC COM 10880 08-04-81
BASICA COM 16256 08-04-81

A>_
```

720×350 píxeles

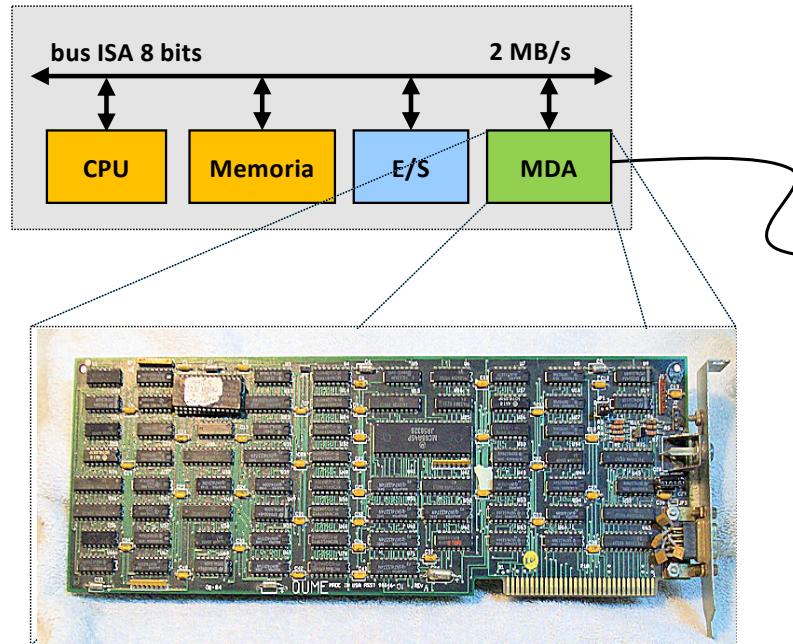
- Modo texto (#7): 80×25 caracteres (9×14 píxeles)
- Memoria de pantalla: 4 Kbytes, 2B por carácter.
- Pantalla: matriz de 25 filas × 80 columnas, almacenada por filas. Cada posición de la matriz era:



Atributo | Código ASCII

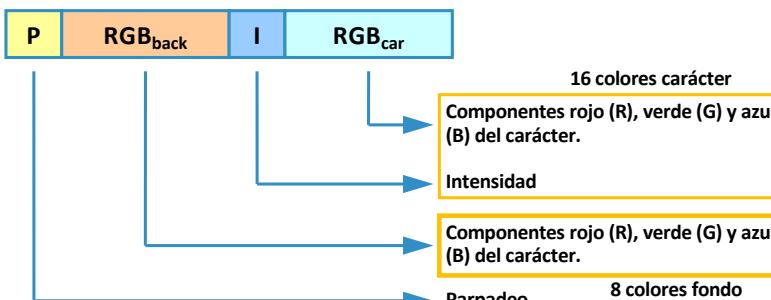


CGA (Color Graphics Adapter) [1981]

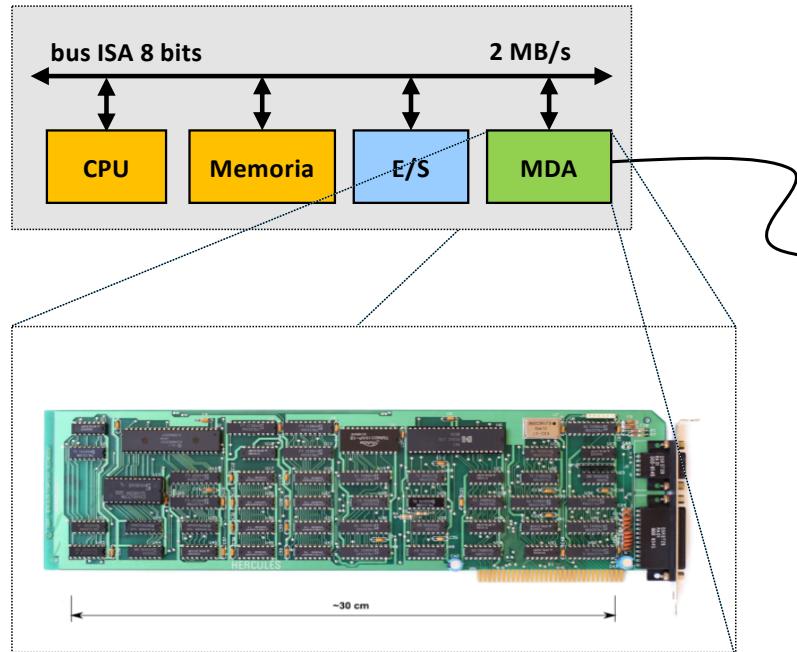


320×200 píxeles (4 colores)

- Modo texto: 80×25 caracteres (16 colores)
- Monitor incompatible con MDA
- Programación: acceso directo memoria pantalla
- Modo texto compatible MDA
- Problemas con el tamaño carácter (8×8 píxeles)
- Memoria Pantalla: 20 KB
- Los atributos se mantienen en los modos de texto actua...



Hercules [1981]

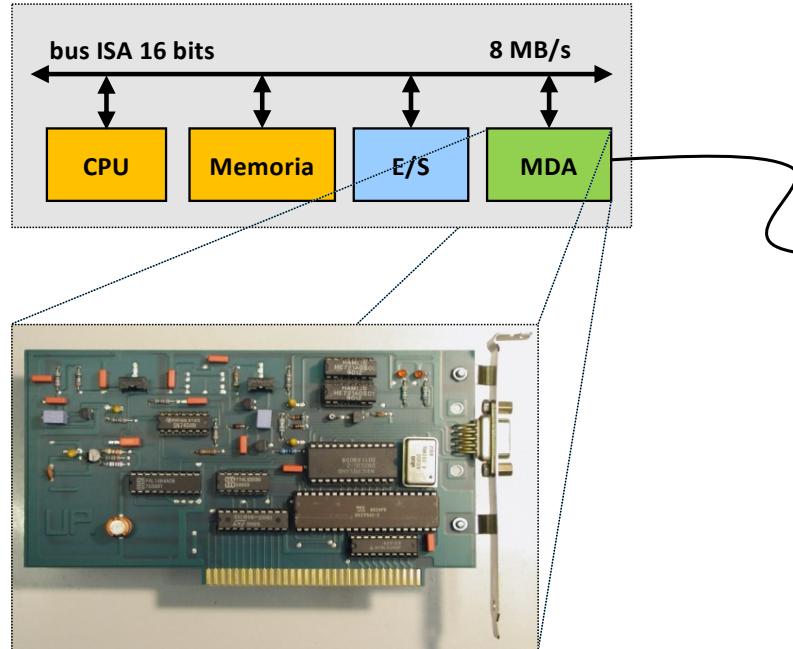


720x348 píxeles (2 colores)

- Modo texto: 80x25 caracteres
- Pierde 2 líneas de resolución (720x350) por motivos “técnicos”.
- Memoria de pantalla: 32 KB
- Gran éxito comercial
- Usa monitor MDA
- Problemas con la dirección de inicio de pantalla.
- Aspect ratio !!



EGA (Enhanced Graphics Adapter) [1984]

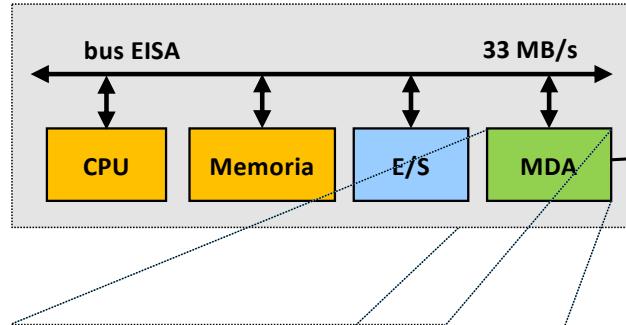


640×350 píxeles (16 colores)

- Introducida por IBM para los “nuevos” PC-AT con 80286
- Nuevo modo texto: 80×43 caracteres
- Memoria vídeo: 64 KB (algunas llegaron a 256 KB)
- Soporta mayoría de modos de texto y vídeo previos.
- ¡Espacio direcciones específico!
- BIOS propia. Programación a través de las BIOS.
Desaparecen problemas compatibilidad.



VGA (Video Graphics Array) [1987]



Todavía se utiliza:
• Boot de Windows
• Modo prueba de errores

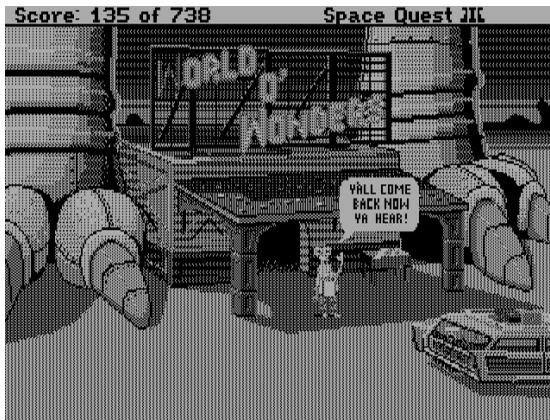
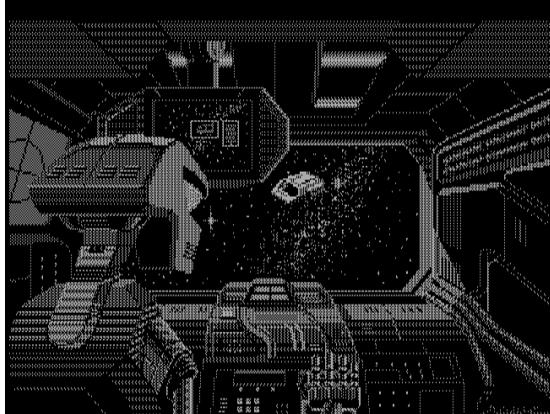
640×480 píxeles (16 colores) o 300×200 píxeles (256 colores)

- Diseño IBM para PS/2
- Primera tarjeta con gráficos en color de alta calidad.
- Aspect ratio 4:3.
- Doble buffer.
- Memoria vídeo: 256 KB
- Modo vídeo X (no documentado) 320×240 (256 colores)
- Acceso a la memoria de vídeo por planos.

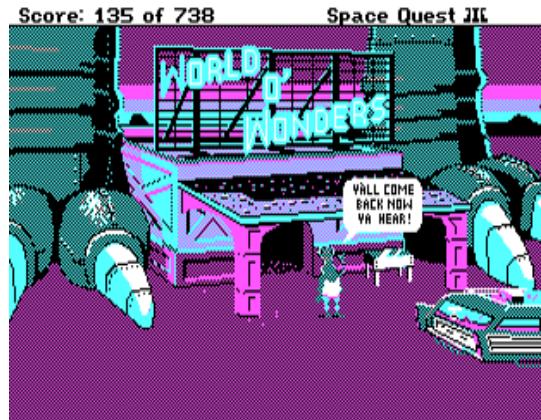
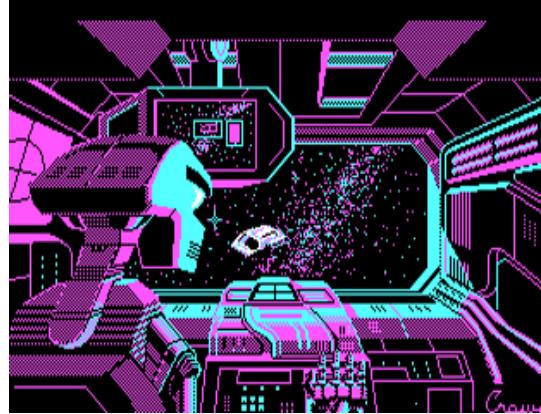


Comparando CGA - Hercules - EGA - VGA

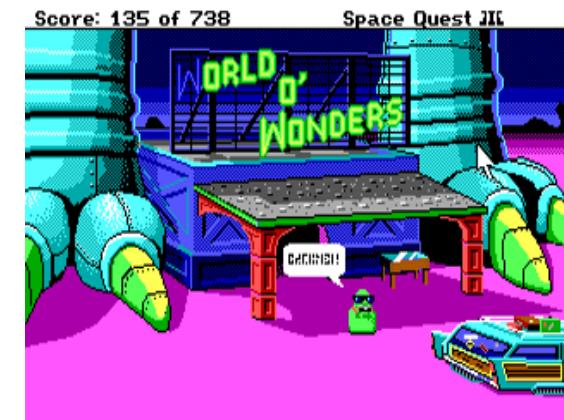
Space Quest III (1988)



Hercules (720x350, 2 colores)



CGA (320x200, 4 colores)

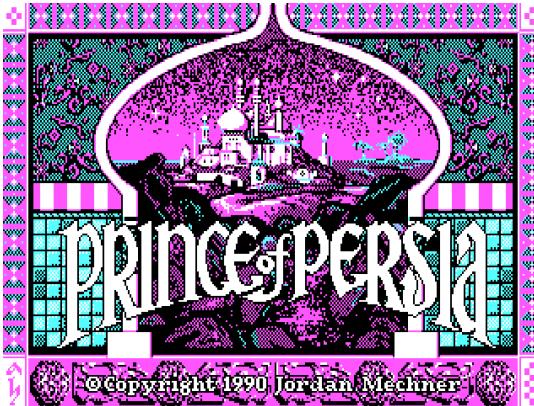


EGA (640x350, 16 colores)



Comparando CGA - Hercules - EGA - VGA

Prince of Persia (1990)



Budokan (1989)



CGA (320x200, 4 colores)



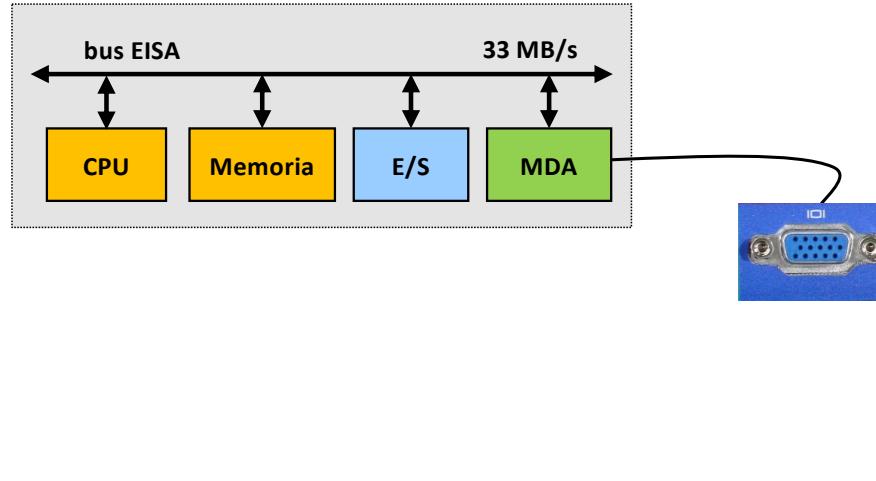
EGA (640x350, 16 colores)



VGA (640x480, 16 colores)



SVGA (Super Video Graphics Array) [1989]

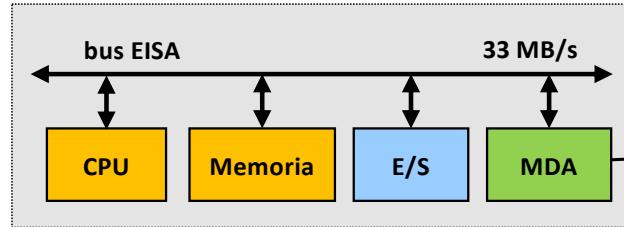


- 800x600 píxeles (16 colores)
- Aspect ratio 4:3.
- Pronto se extendió a 1024x768 (256 colores) y más allá
- A finales de 1993 ya existían tarjetas con 2MB.
- La resolución y el número de colores dependía directamente del tamaño de la memoria de vídeo.

Desde entonces casi todas las tarjetas han sido compatibles con el estándar SVGA.



XGA (Extended Graphics Array) [1990]



1024x768 píxeles (256 colores)

- Resolución alternativa 640x480 (65.536 colores)
- Aspect ratio 4:3.
- Último intento de IBM por controlar este mercado
- Memoria Pantalla: 600 KB



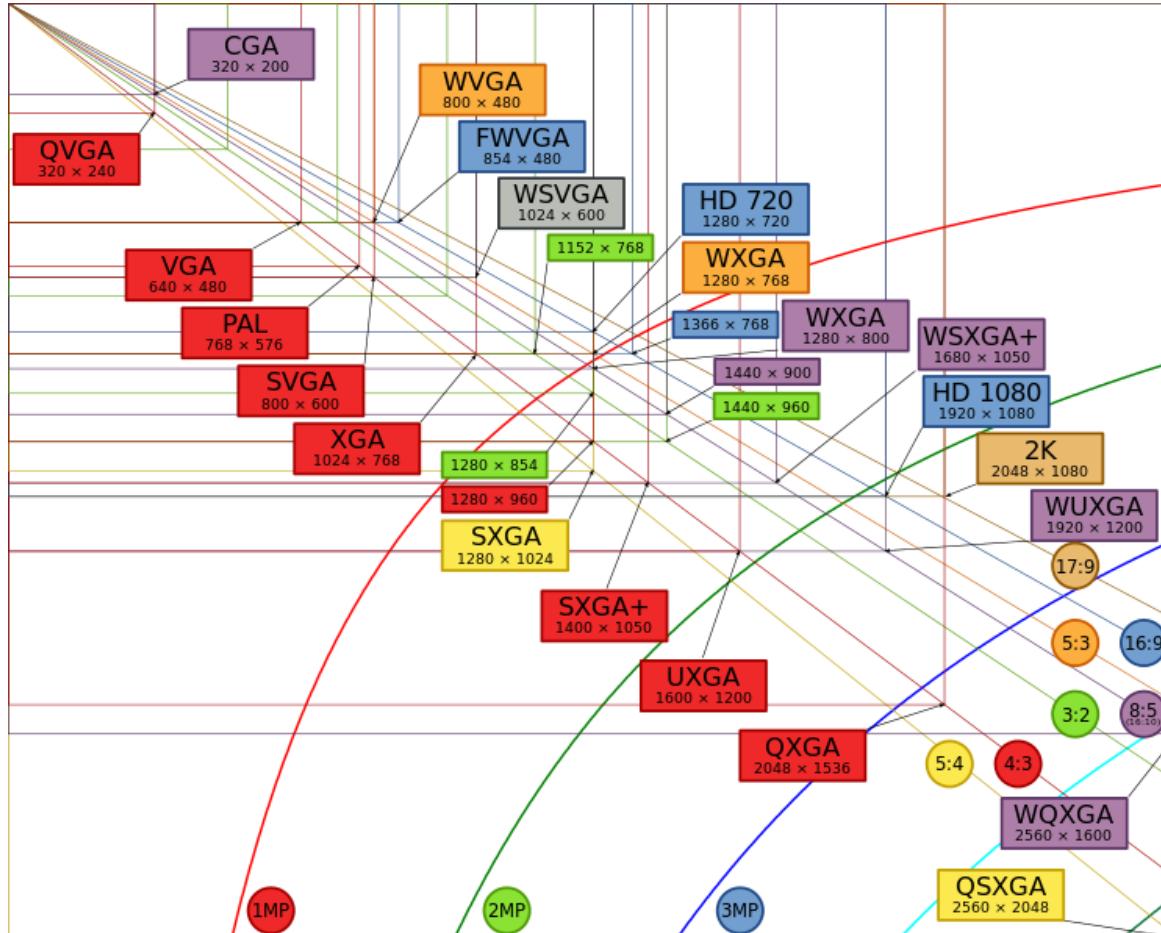
Hasta este punto las tarjetas gráficas básicamente se encargaban de:

- Almacenar la imagen que generaba la CPU
- Generar la señal analógica para mostrar la imagen en el monitor

Todavía NO han aparecido los gráficos 3D INTERACTIVOS.

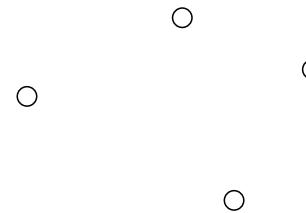


Resolución y Aspect Ratio

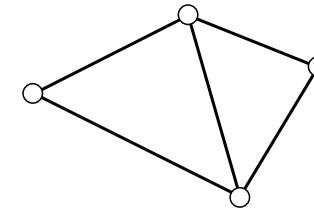


Nombre	Resolución	Aspect Ratio
CGA	320×200	"4:3"
Hercules	720×350	"4:3"
EGA	640×350	"4:3"
VGA	640×480	4:3
PAL	768×576	4:3
SVGA	800×600	4:3
XGA	1024×768	4:3
SXGA	1280×1024	
SXGA+	1400×1050	
UXGA	1600×1200	
QXGA	2048×1536	
QSXGA	2560×2048	
HD 720	1280×720	16:9
HD 1080	1920×1080	16:9
WUXGA	1920×1200	16:10
4K UHDV	3840×2160	16:9
Full 4K	4096×2160	17:9

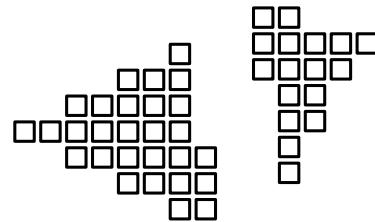
Gráficos 3D: Entidades



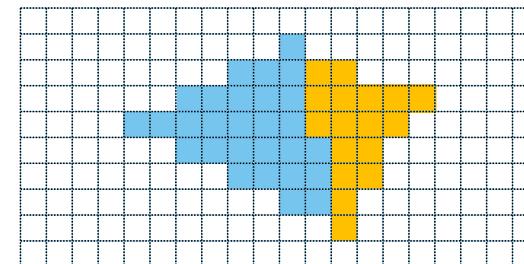
Vértices



Primitivas (triángulos, líneas, puntos)



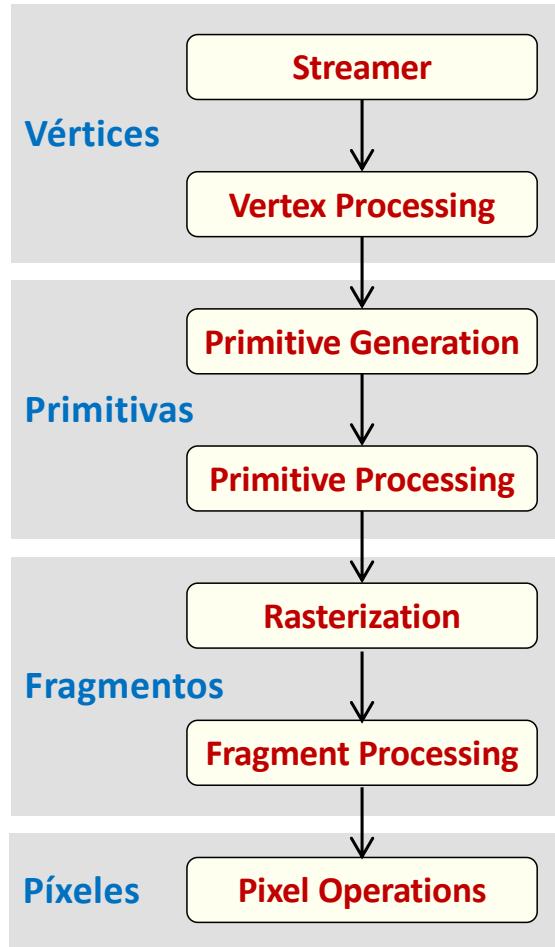
Fragmentos



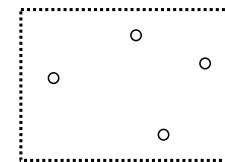
Píxeles



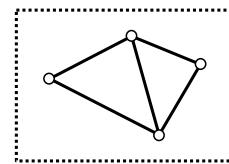
Gráficos 3D: Pipeline gráfico



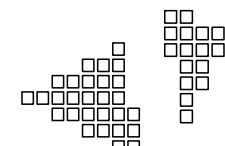
Vértices en un espacio 3D



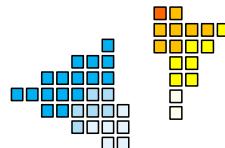
Vértices en la pantalla



Triángulos en la pantalla



Fragimentos que cubren los triángulos



Fragimentos “sombreados”

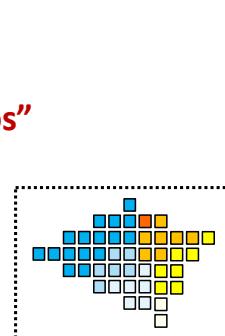
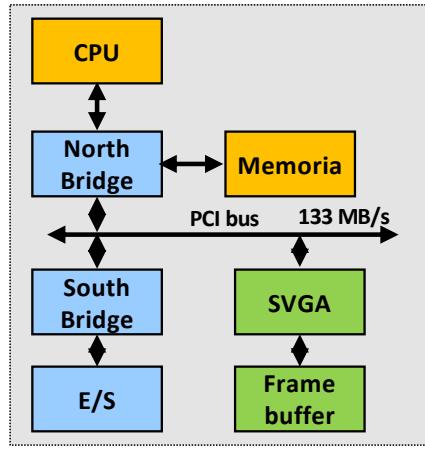


Imagen salida (píxeles)

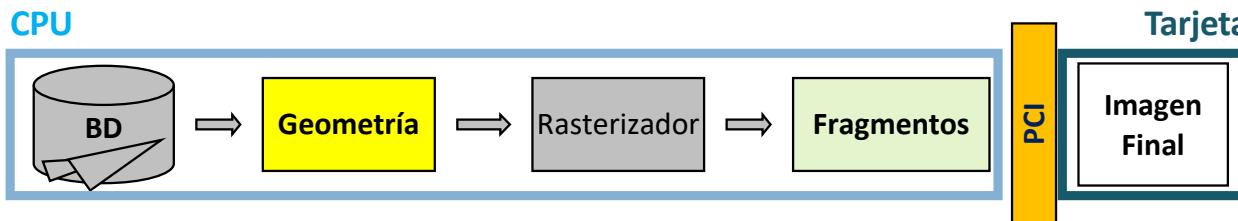


Tarjetas gráficas 2D [1991-95]

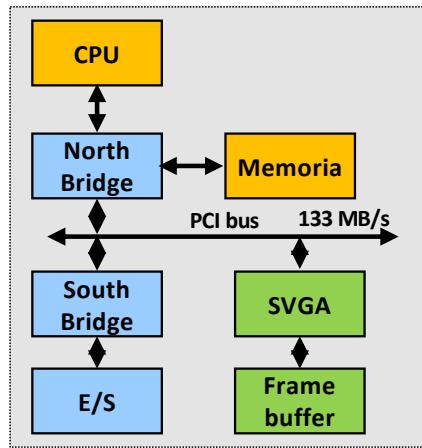


- ❑ En enero de 1992 aparece OpenGL 1.0.
- ❑ Diseñado por Silicon Graphics.
- ❑ Permitió la aparición de los primeros juegos interactivos 3D.
- ❑ OpenGL se implementaba completamente en la CPU.

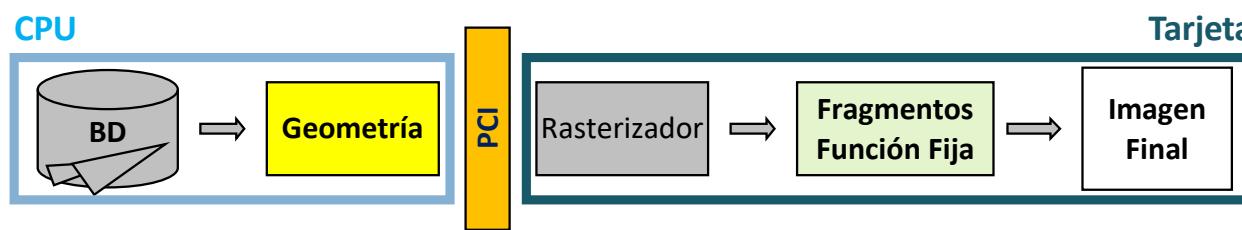
- ❑ La siguiente versión, OpenGL 1.1, no aparece hasta enero de 1997.



Aceleradoras 3D (3Dfx Voodoo) [1996-99]

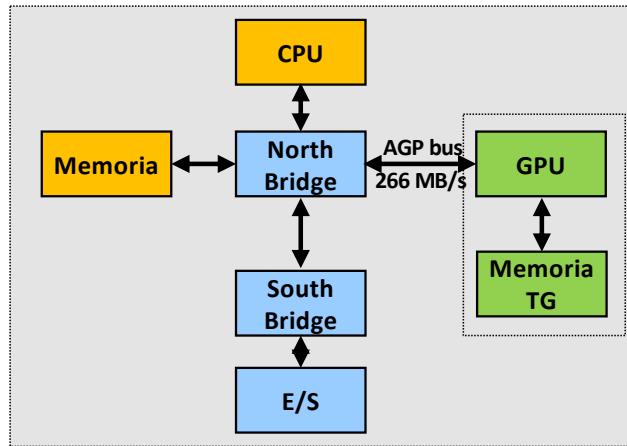


Need for Speed II 1997



- En febrero de 1992 Microsoft compró RenderMorphics. Esta empresa estaba desarrollando una API Gráfica.
- En junio de 1996, Microsoft publicó DirectX 2.0, que incluye el equivalente de OpenGL: Direct3D.
- Los primeros chips de Voodoo sólo implementaban la aceleración 3D. Sin hardware SVGA.
- En el año 2000, NVIDIA adquirió la mayor parte de su tecnología, patentes y propiedad intelectual.

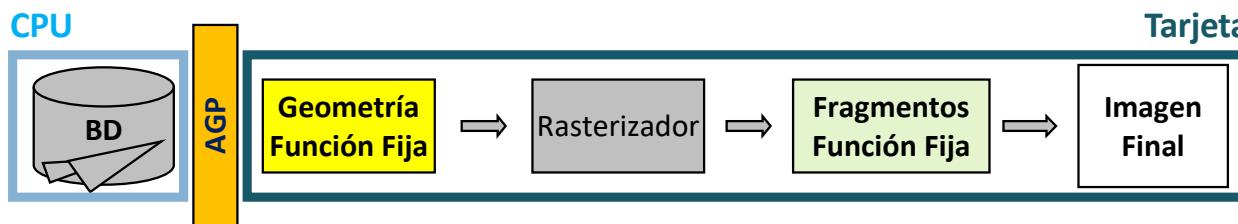
Graphical Processor Units (GPUs) [1999-01]



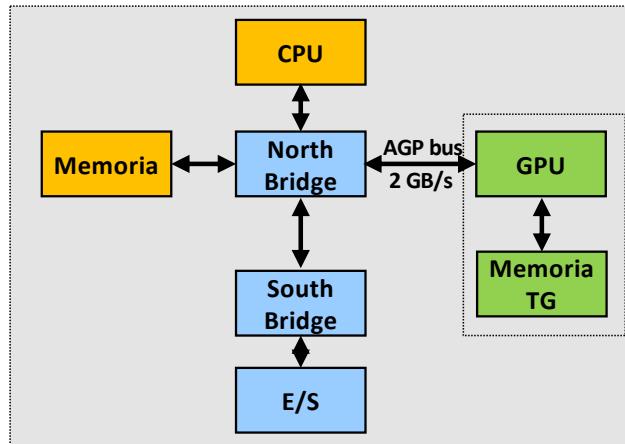
nVIDIA GeForce 256

- Primera GPU de la historia (agosto 1999)
- Memoria: hasta 128 MB
- 15M triángulos/s

- ❑ Las necesidades de ancho de banda de la GPU hacen que cambie la estructura de la placa base.
- ❑ NVIDIA y ATI son las únicas empresas que continúan en el mercado.
- ❑ En marzo de 2000 salió a la venta la PS2, con el Emotion Engine.



GPUs Programables [2001-05]



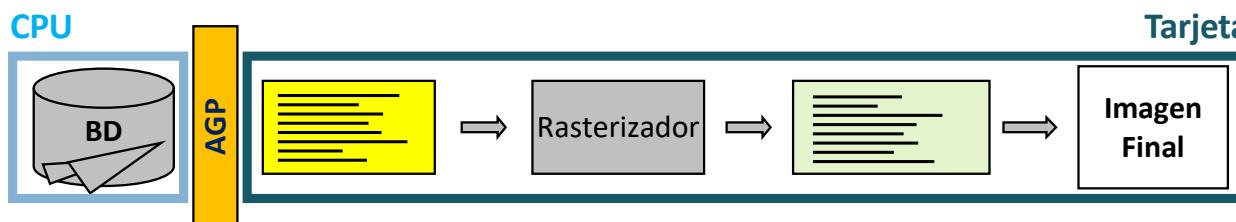
nVIDIA GeForce 3

- Primera GPU programable (2001)
- Memoria: DDR 128 MB
- 57 millones de transistores

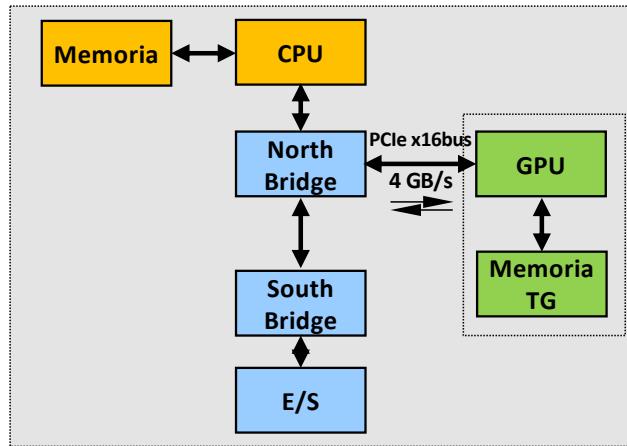


Doom3 2004

- ❑ A principio de los años 2000 aparece el concepto de GPGPU.
- ❑ En 2003 aparecen las primeras tarjetas con memoria GDDR3.
- ❑ En 2004 aparecen las primeras tarjetas con conexión PCIe x16. Durante unos años convivieron con la conexión AGP.



GPUs con Shaders Unificados [2006-09]



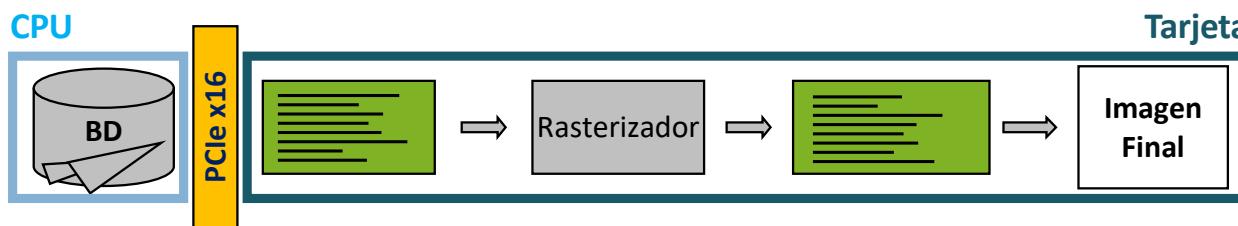
ATI Xenos (Xbox 360)

- Primera GPU con shaders unificados
- 337 millones de transistores



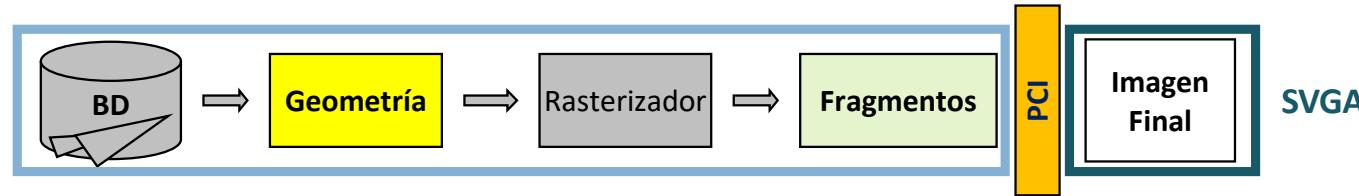
Duke Nukem Forever 2007

- ❑ Aparece CUDA 1.0 (jun/2007)
- ❑ En 2008 aparecen las primeras tarjetas con memoria GDDR5.
- ❑ En Nov/2006 aparece la Playstation3 con el Cell.
- ❑ Los primeros supercomputadores del Top500 con aceleradores llevaban una versión del Cell.

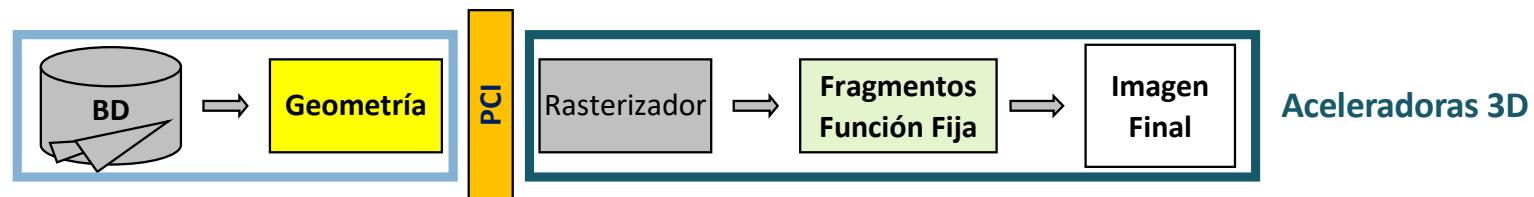


Evolución de la Aceleración 3D

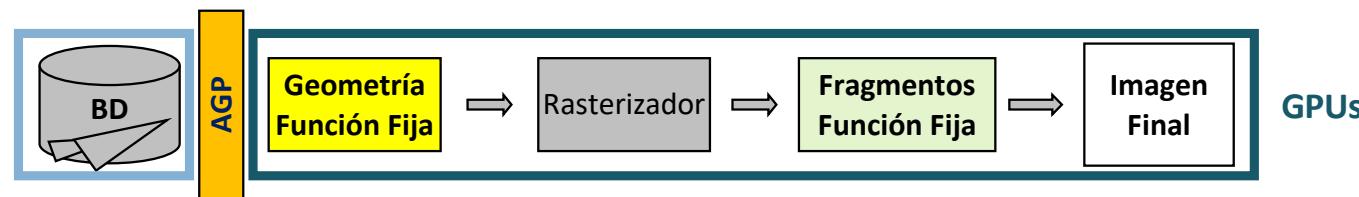
Aceleradoras 2D
(pre Voodoo) < 1996



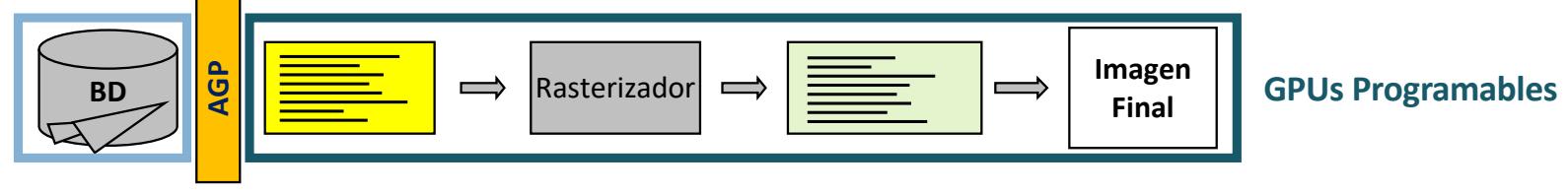
Aceleradoras 3D
(3Dfx Voodoo) 1996



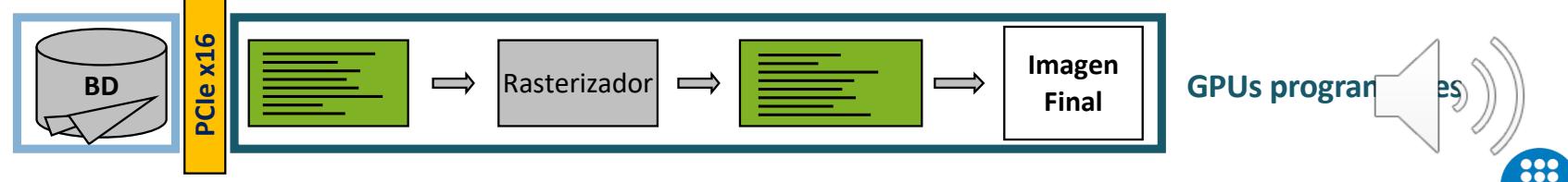
Graphical Processor Units
(GeForce) 1999



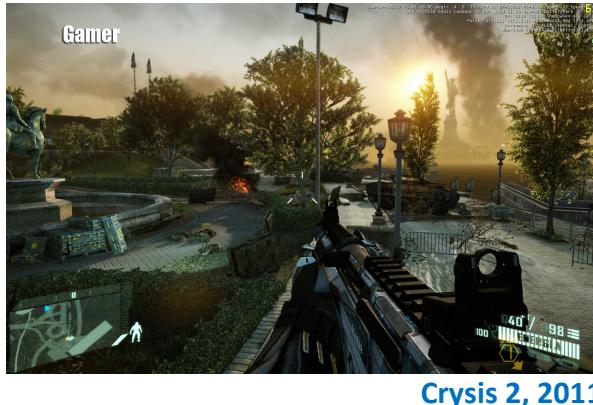
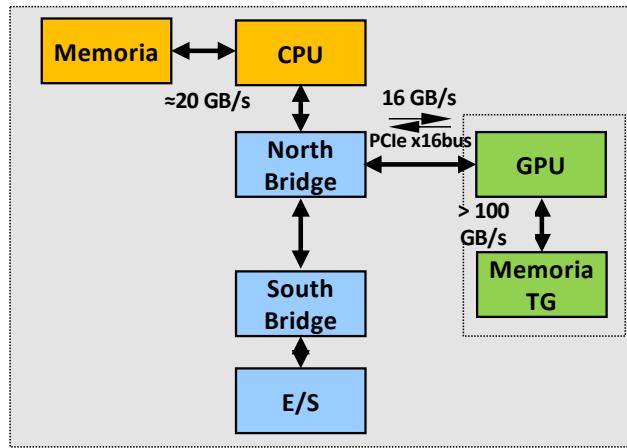
GPUs programables
(GeForce 3) 2001-2005



Shaders Unificados
(2006 - ...)



GPUs Actuales [2009-2016]



- Aparece OpenCL en 2009
- En 2013 salen a la venta la PS4 y la Xbox One. Ambas utilizan procesadores de AMD con la GPU integrada.
- En 2015 aparece la primera tarjeta con memoria "apilada".
Es la AMD Radeon R9 Fury X, con la memoria HBM.

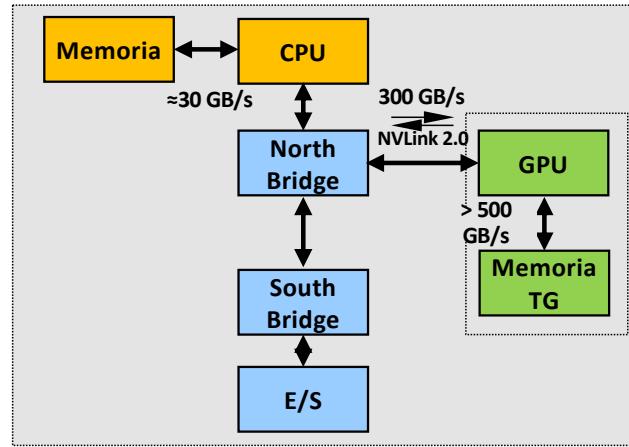
DirectX 10-11-12, OpenGL 4.5

- Aparecen nuevos elementos programables: Hull Shader, Geometry Shader.
- Teselación hardware.
- Las nuevas tarjetas gráficas muestran rendimientos espectaculares:
 - AMD Radeon HD 7850 (marzo 2012) **249 €**
 - GPU a 750 MHz, 2800M de transistores, 1761 GFLOPs
 - Memoria: 2GB GDDR5 a 4,8 GHz, 153 GB/s
 - Nvidia GeForce GTX 660 TI (agosto 2012) **225€**
 - GPU a 915 MHz, 3540M de transistores, 2459 GFLOPs
 - Memoria: 2GB GDDR5 a 6 GHz, 144 GB/s

La estructura del pipeline gráfico sufre un cambio importante.



Algo más que GPUs [2017-2020]



Battlefield V, 2018

Nuevos elementos de cálculo con nuevas funcionalidades (NVIDIA)

FAMILIA VOLTA

- Aparecen los Tensor Cores, pensados para Deep Learning, alcanzan 125 TFLOPs en aplicaciones de entrenamiento e inferencia
- NVIDIA Titan V (2017), dispone de 5120 shaders y 640 Tensor cores

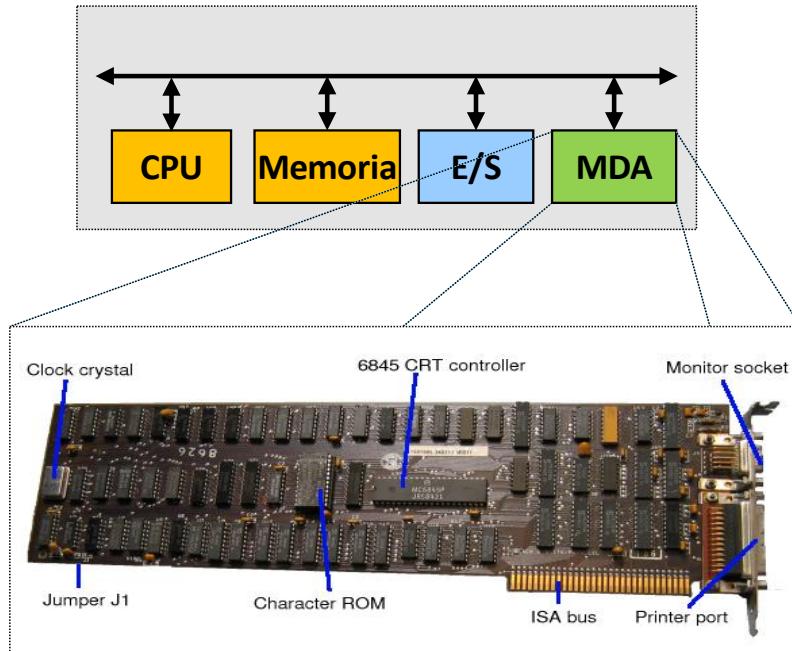
FAMILIA TURING

- Aparecen los RT Cores, pensados para implementar Ray Tracing en tiempo real
- NVIDIA Titan RTX (2018), dispone de 4608 shaders, 576 Tensor Cores y 72 RT Cores

- En febrero de 2016 aparece Vulkan (futuro sustituto de OpenGL).
- Aparecen las memorias HBM2, GDDR5X, GDDR6 y GDDR6X.

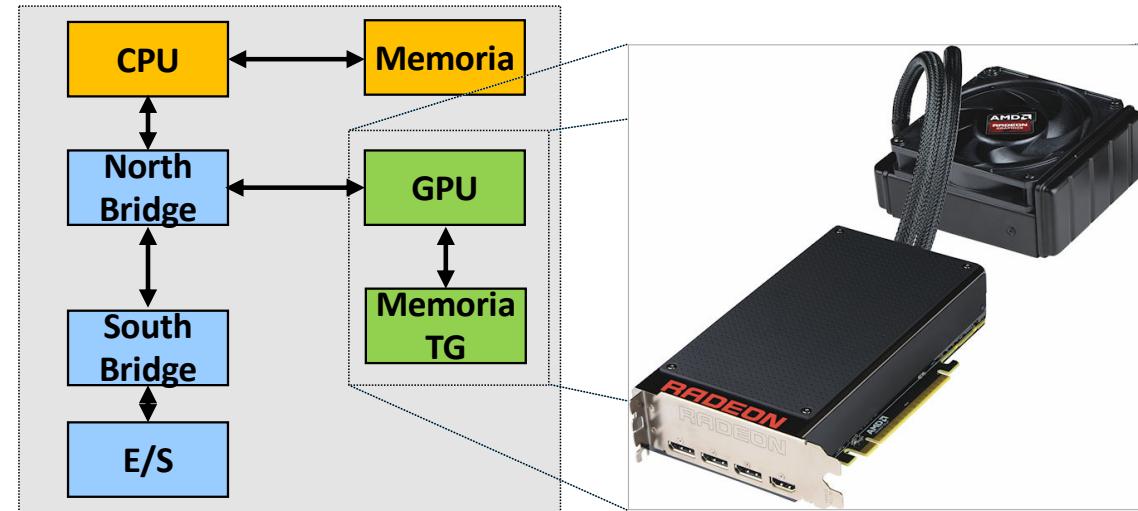


Historia de las Tarjetas gráficas: 1981 ... HOY



MDA [1981]

- Sólo texto: 80x25 caracteres
- Memoria CPU: 64KB
- Memoria video: 4KB
- Frecuencia: 4,7 MHz



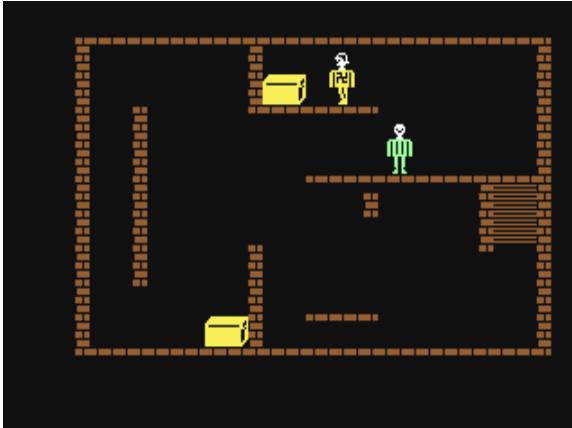
AMD Radeon R9 Fury X [2015]

Gráficos 3D, resolución depende monitor(es)

- Memoria CPU: varios GB
- Frecuencia CPU: ≈3 GHz
- Frecuencia GPU: 1050 MHz
- Memoria video: 4096 MB
- Frecuencia Memoria GPU: 1 GHz (HBM, 512 GB/s)



Video Juegos: 1981 ... 2014



Castle Wolfenstein (1981)



Return to Castle Wolfenstein (2001)



Wolfenstein (2009)



Wolfenstein 3D (1992)



Wolfenstein: Enemy Territory (2003)



Wolfenstein: The New Order (2014)

Video Juegos: 1992 ... 2016



Doom (1992)



Doom 2 (1993)



Doom 3 (2004)



Doom 4 (2016)

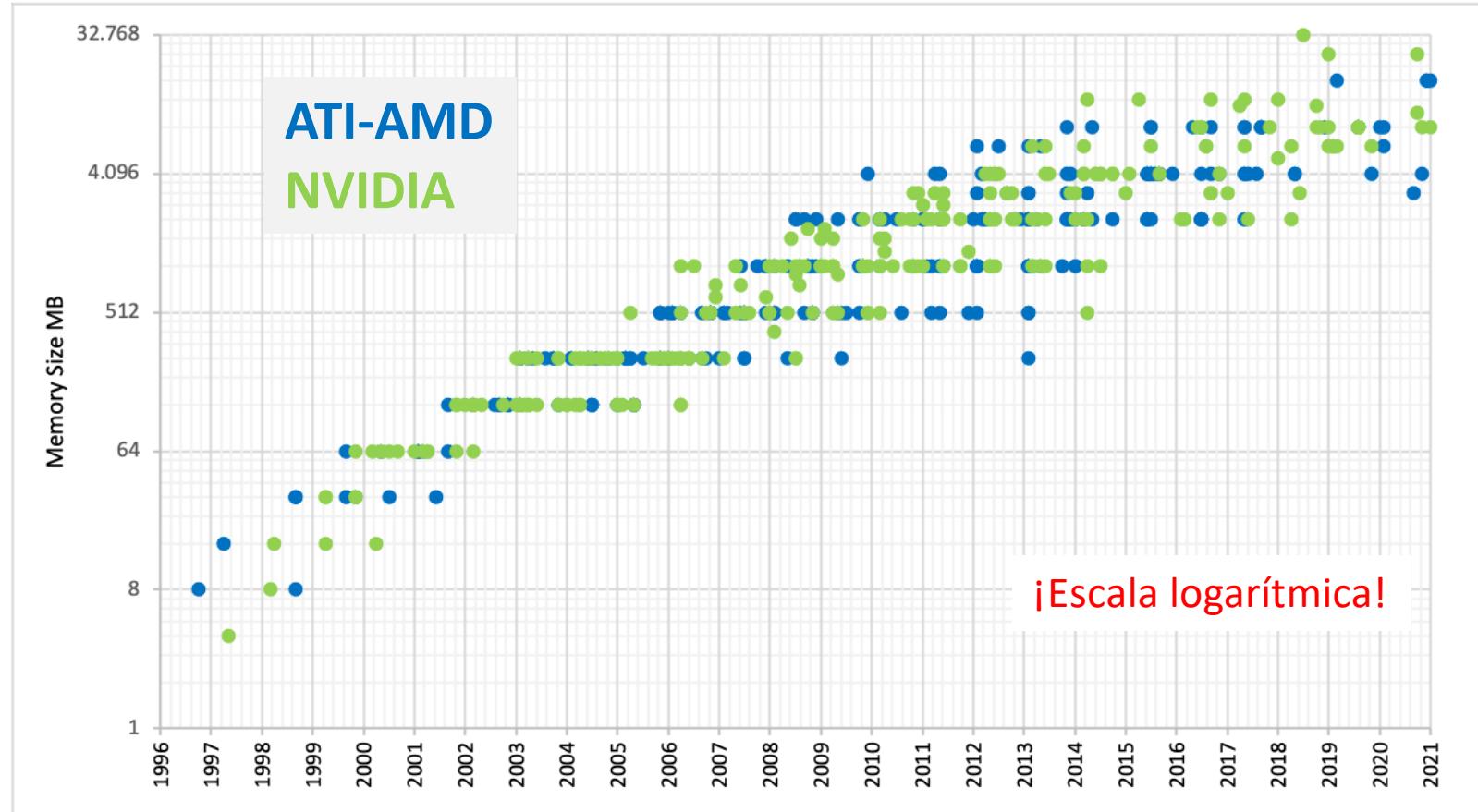
Memoria de la Tarjeta Gráfica

	Año	Memoria
MDA	1981	4 KB
CGA	1981	20 KB
Hercules	1982	32 KB
EGA	1984	64 KB
VGA	1987	256 KB
SVGA	1989 - 1998	256KB – ... MB

ATI-AMD	Year	Memoria
Rage 128 Pro	1999	32 MB
Radeon 7200	2000	64 MB
Radeon 7500	2001	64 MB
Radeon 9000 Pro	2002	128 MB
Radeon 9800 XT	2003	256 MB
Radeon X850 XT	2004	256 MB
Radeon X1800 XT	2005	512 MB
Radeon X1950 XT	2006	512 MB
Radeon HD 2900 XT	2007	1.024 MB
Radeon HD 4870	2008	2.048 MB
Radeon HD 4890	2009	2.048 MB
Radeon HD 5870	2009	2.048 MB
Radeon HD 6970	2010	2.048 MB
Radeon HD 6930	2011	2.048 MB
Radeon HD 7970	2012	6.144 MB
Radeon HD 8970	2013	6.144 MB
Radeon R9 290X	2013	4.096 MB
Radeon R9 280	2014	3.072 MB
Radeon R9 Fury X	2015	4.096 MB
Radeon RX 480	2016	8.192 MB
Radeon RX Vega 64	2017	8.192 MB
Radeon RX 590	2018	8.192 MB
Radeon VII	2019	16.384 MB
Radeon RX 5700 XT	2019	8.192 MB
Radeon RX 6900 XT	2020	16.384 MB

NVIDIA	Year	Memoria
Riva TNT2	1999	32 MB
GeForce 256 DDR	2000	64 MB
Geforce2 Pro	2000	64 MB
GeForce3	2001	64 MB
GeForce4 Ti 4600	2002	128 MB
GeForce FX 5950 Ultra	2003	256 MB
GeForce 6800 GT	2004	256 MB
GeForce 6800 Ultra	2005	512 MB
GeForce 7900 GTX	2006	512 MB
GeForce 8800 Ultra	2007	768 MB
GeForce 9800 GTX	2008	512 MB
GeForce GTS 150	2009	1.024 MB
GeForce GTX 285	2009	1.024 MB
GeForce GT 340	2010	1.024 MB
GeForce GTX 480	2010	1.536 MB
GeForce GTX 560 Ti OEM	2011	2.048 MB
GeForce GTX 680	2012	4.096 MB
GeForce GTX Titan	2013	6.144 MB
GeForce GTX Titan Black	2014	6.144 MB
GeForce GTX Titan X	2015	12.288 MB
Nvidia Titan X Pascal	2016	12.288 MB
Nvidia Titan V	2017	12.288 MB
Nvidia TITAN RTX	2018	24.768 MB
GeForce RTX 2080 Super	2019	24.768 MB
GeForce RTX 3090	2020	24.768 MB

Memoria de la Tarjeta Gráfica



La evolución del tamaño de la memoria sigue una tendencia exponencial.

Rendimiento de la Tarjeta Gráfica

ATI-AMD	Year	G3D mark
Rage 128 Pro	1999	28
Radeon 7200	2000	88
Radeon 7500	2001	104
Radeon 9000 Pro	2002	165
Radeon 9800 XT	2003	330
Radeon X850 XT	2004	646
Radeon X1800 XT	2005	699
Radeon X1950 XT	2006	770
Radeon HD 2900 XT	2007	742
Radeon HD 4870	2008	1.356
Radeon HD 4890	2009	1.501
Radeon HD 5870	2009	2.604
Radeon HD 6970	2010	3.504
Radeon HD 6930	2011	3.057
Radeon HD 7970	2012	5.106
Radeon HD 8970	2013	5.790
Radeon R9 290X	2013	7.022
Radeon R9 280	2014	4.731
Radeon R9 Fury X	2015	8.117
Radeon RX 480	2016	7.865
Radeon RX Vega 64	2017	11.759
Radeon RX 590	2018	9.406
Radeon VII	2019	14.152
Radeon RX 5700 XT	2019	14.026
Radeon RX 6900 XT	2020	25.852

x923

NVIDIA	Year	G3D mark
Riva TNT2	1999	19
GeForce 256 DDR	2000	65
Geforce2 Pro	2000	44
GeForce3	2001	177
GeForce4 Ti 4600	2002	244
GeForce FX 5950 Ultra	2003	272
GeForce 6800 GT	2004	406
GeForce 6800 Ultra	2005	468
GeForce 7900 GTX	2006	723
GeForce 8800 Ultra	2007	823
GeForce 9800 GTX	2008	907
GeForce GTS 150	2009	1.054
GeForce GTX 285	2009	1.252
GeForce GT 340	2010	846
GeForce GTX 480	2010	4.358
GeForce GTX 560 Ti OEM	2011	3.534
GeForce GTX 680	2012	5.699
GeForce GTX Titan	2013	7.965
GeForce GTX Titan Black	2014	8.688
GeForce GTX Titan X	2015	10.982
Nvidia Titan X Pascal	2016	12.949
Nvidia Titan V	2017	13.780
Nvidia TITAN RTX	2018	16.367
GeForce RTX 2080 Super	2019	15.912
GeForce RTX 3090	2020	25.473

x1340



www.passmark.com

Datos obtenidos con GPU PassMark

Recapitulando

Toy Story 1 (1995)

- Granja con 300 workstations
 - Alpha 21164
- 800.000 horas de CPU
 - ¡91,3 años de CPU!
- 15 horas por frame

Alpha 21164 (1995)

- 600 MFLOPs de pico
- $\times 300 = 180 \text{ GFLOPs}$
- Coste: $\approx 10.000 \text{ \$}$
- $\times 300 = 3.000.000 \text{ \$}$
 - Inflación acumulada España 1995-hoy: 63,3%

AMD HD 7850 (2012)

- 1761 GFLOPs
- Coste GPU: 300 \$
- 10 veces más potente
- 10.000 veces más barato

Intel i7-3770 (2013)

- Quad Core
- 100 GFLOPs
- Coste: 259 €
- GPU Integrada Intel HD 4000
- 300 GFLOPs



Lectura Complementaria

□ David Blythe.

Rise of the Graphics Processor

Proceedings of the IEEE, 96(5):761-778, May 2008.

□ Jim Clark.

The Geometry Engine: A VLSI Geometry System for Graphics

SIGGRAPH'82





UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Arquitectura de Computadors

Tarjetas Gráficas y Aceleradores

Evolución de las Tarjetas Gráficas

Agustín Fernández

Departament d'Arquitectura de Computadors

Facultat d'Informàtica de Barcelona

Universitat Politècnica de Catalunya

