

Cursul

Elemente de Grafica pe
Calculator

Profesor Florica Moldoveanu

UPB, Automatică și Calculatoare
2020-2021

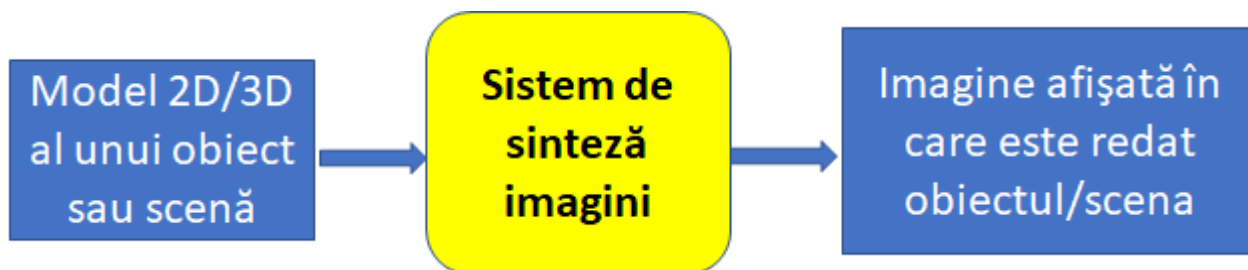
Echipa EGC

- Face parte din grupul de “Grafică și Realitate Virtuală 3DUPB” din departamentul de Calculatoare (<https://3d.pub.ro/>).
- **Activitati de cercetare** in domeniile: Grafica pe calculator (Computer Graphics), Sisteme cu viziune, Realitate Virtuala si aplicarea sa in special in domeniul medical, Aplicatii bazate pe Realitate Augmenta, Aplicatii in medicina bazate pe IoT.
 - Numeroase proiecte de cercetare de-a lungul anilor
 - Ultimul proiect important: **Sound of Vision** (<https://soundofvision.net/>)
 - Finalizat cu realizarea unui dispozitiv dedicat nevazatorilor, pentru a-i ajuta sa se deplaseze liber in orice spatiu interior sau exterior
- **Activitati didactice:** EGC, Ingineria programelor (anul III), SPG (Sisteme de Prelucrare Grafica – anul IV), cursuri la programele de masterat GMRV și MTI.
- **Coordonare doctoranzi**
- **Organizarea Scolii de vara 3D UPB**

Sisteme Grafice: clasificare (1)

De sinteză a imaginilor

Scop: crearea de imagini ale unor obiecte / scene reale sau virtuale, statice sau dinamice (animate); domeniul de studiu corespunzător: **Computer Graphics (CG)**.

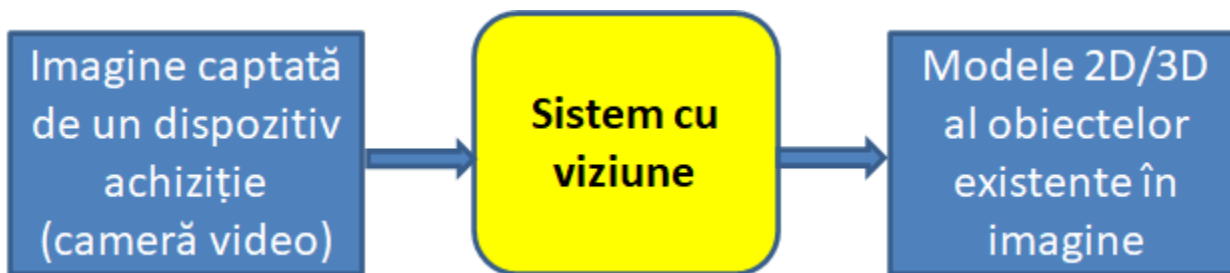


Aplicații: industria de jocuri, Realitate Virtuală, arhitectura, design industrial și artistic, producția de filme, etc.

Sisteme Grafice: clasificare (2)

De prelucrare si analiza a imaginilor /Sisteme cu viziune

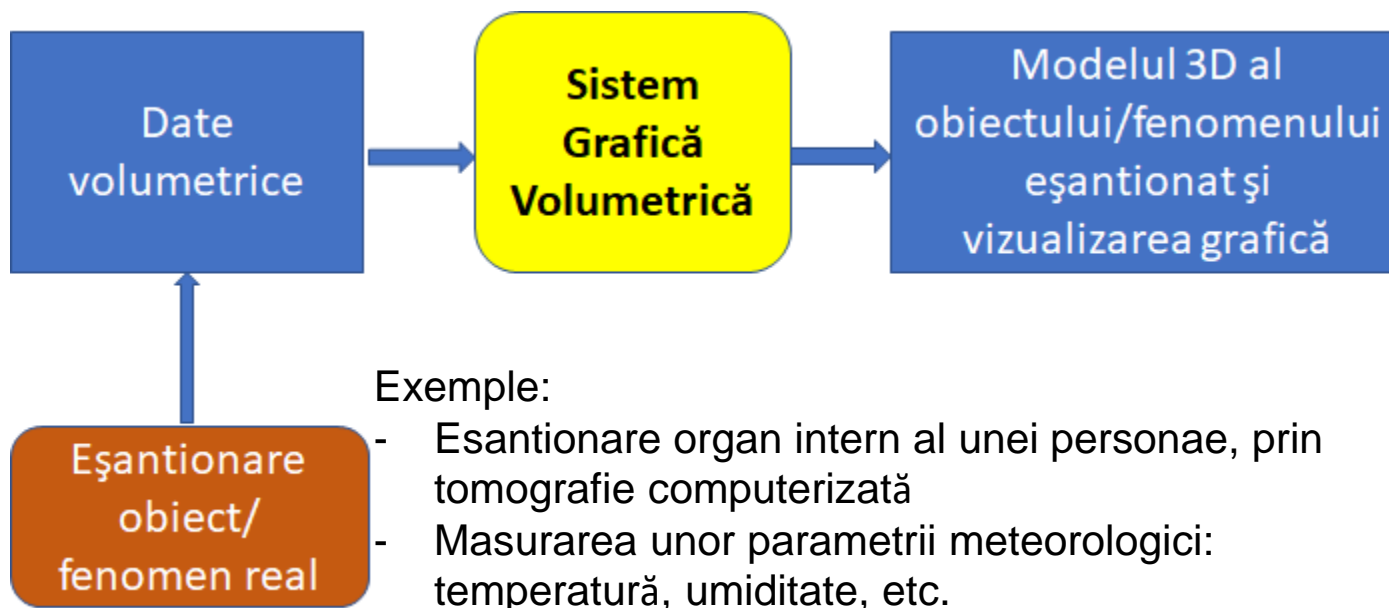
Scop: extragerea de informatii din imagini digitale produse de dispozitive de achizitie (camere video, scanner); domeniul de studiu: **Computer Vision (CV)**.



Aplicatii: analiza imaginilor medicale, recunoasterea obiectelor din mediul încojurator (in robotica, conducerea automata a autovehiculelor, etc), a fețelor, a caracterelor de text, recunoasterea obiectelor din imagini satelitare, etc.

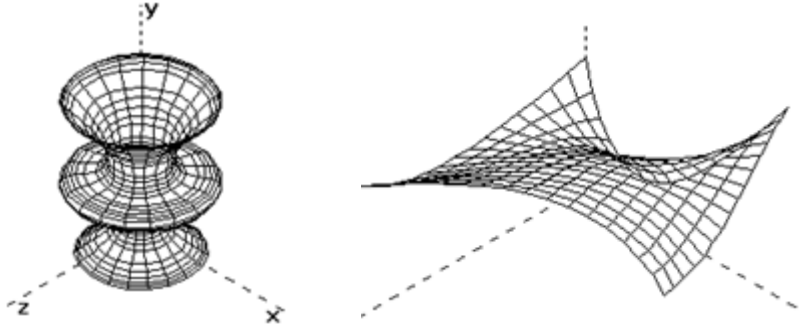
Sisteme Grafice: clasificare (3)

De reconstrucție și vizualizare a unor obiecte/ fenomene reale pornind de la date volumetrice; domeniul de studiu: **Volume Graphics** (combina algoritmi de CG și CV).



Aplicații: medicina (vizualizarea 3D a organelor interne pornind de la imagini tomografice), vizualizarea 3D a dinamicii moleculare, a datelor meteo, etc.

Computer graphics (1)

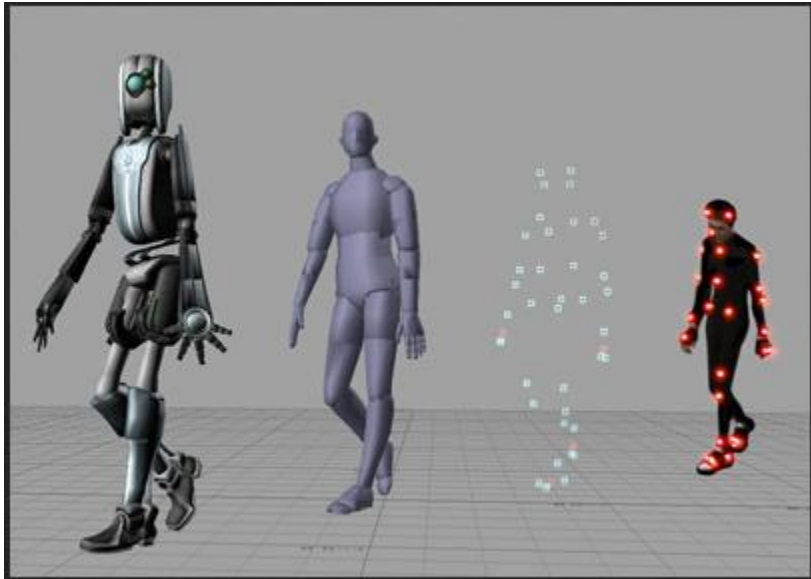


Modelarea suprafetelor 3D



Simularea detaliilor suprafetelor (texturi)

Animatia personajelor prin captura miscarii



Simularea reflexiei si a refractiei luminii



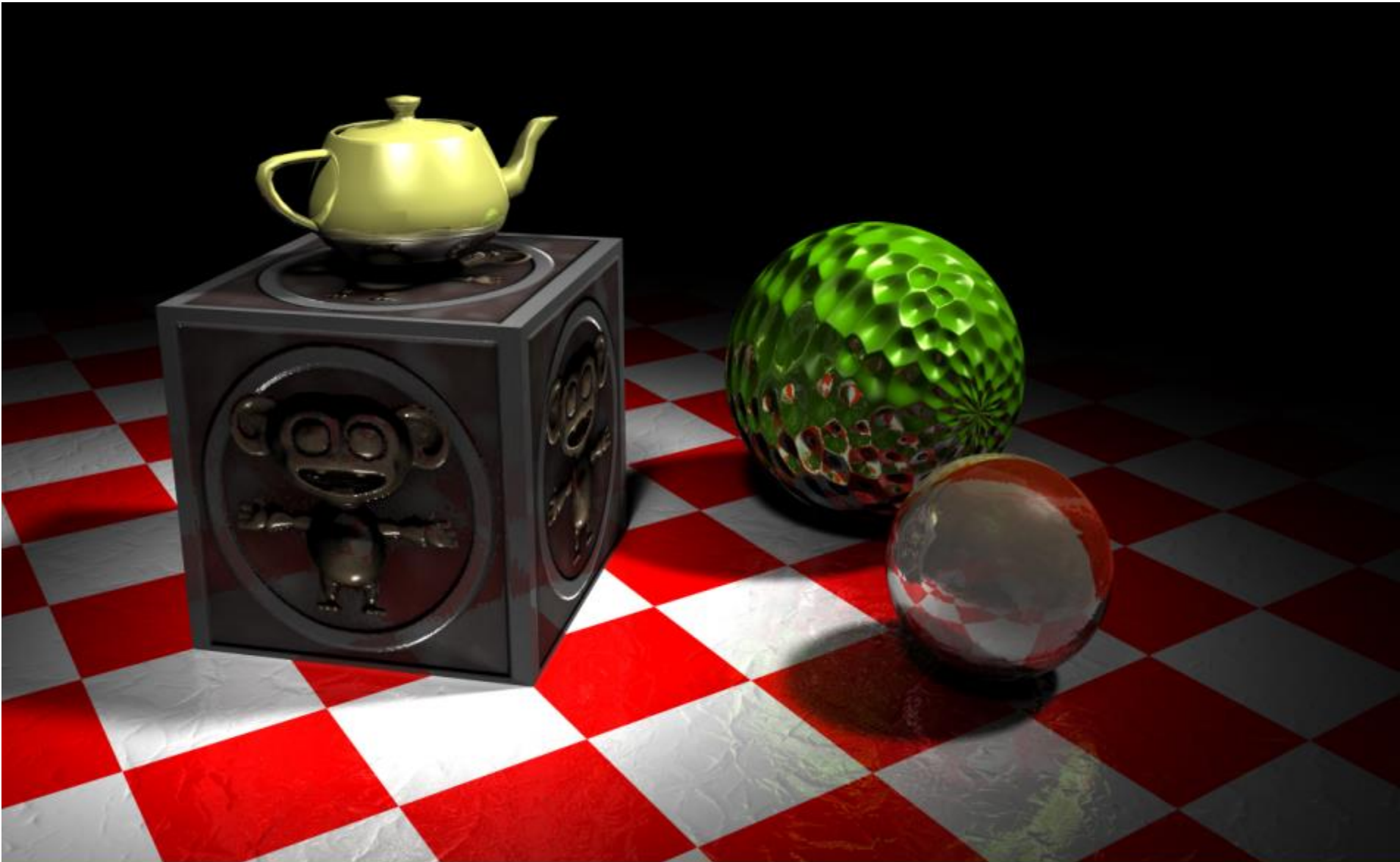
Computer graphics (2)

Imagine sintetizata prin algoritmul Ray-tracing

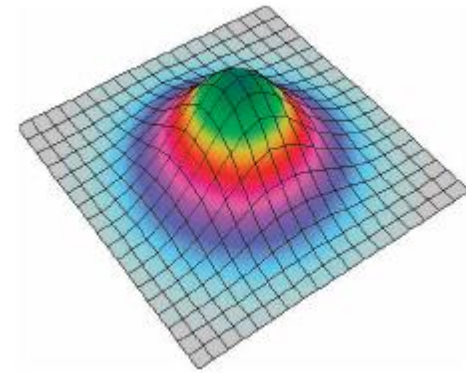


Computer graphics (3)

Imagine sintetizata prin Ray-tracing



Prelucrarea si analiza imaginilor (1)



Eliminarea zgomotelor



Extragerea frontierelor →

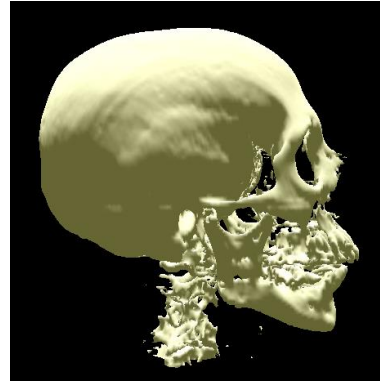
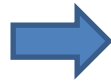


Prelucrarea si analiza imaginilor (2)

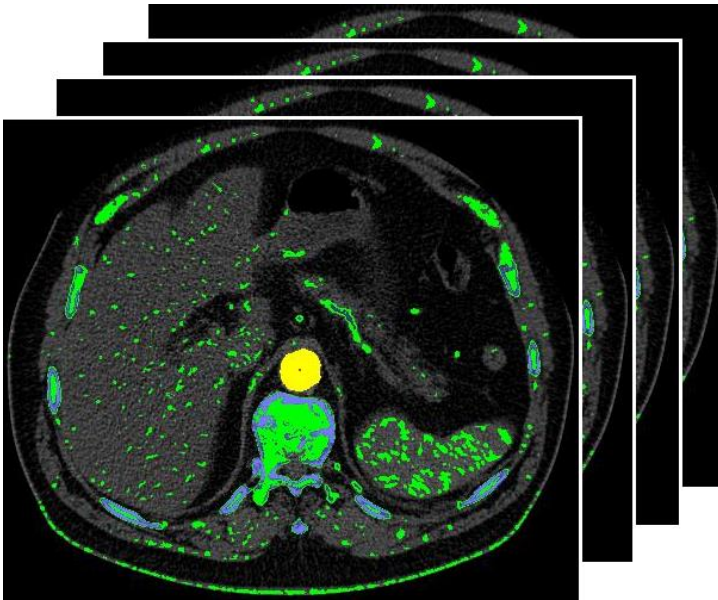


Analiza imaginilor medicale
(extragerea formei osului femural si efectuarea
de masuratori automate)

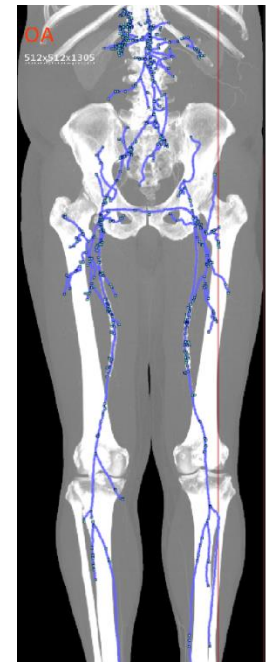
Reconstructia si vizualizarea volumelor



Reconstructia / vizualizarea volumelor pornind de la imagini 3D



Vizualizarea vaselor de sânge



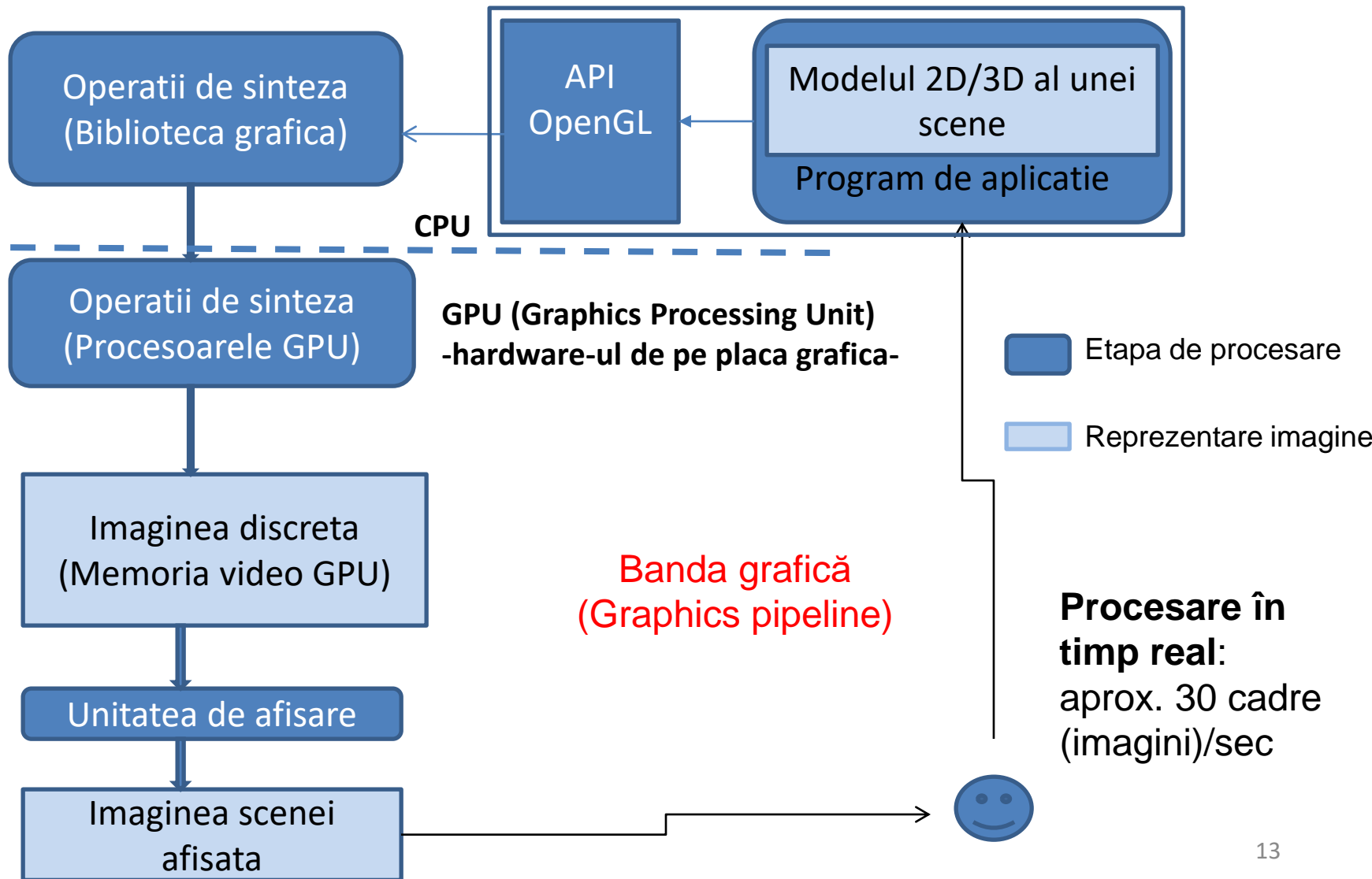
Sisteme grafice de sinteza - aplicații

Cursul Elemente de Grafica pe Calculator: curs de **Computer Graphics**.

Obiective:

- însușirea de către studenți a noțiunilor fundamentale de sinteză (creare) a imaginilor digitale
- formarea deprinderilor studenților de a crea aplicații folosind biblioteca grafică OpenGL.
- **Aplicații ale sistemelor grafice de sinteza:**
 - Proiectarea asistată de calculator: arhitectura, construcții, design industrial, confecții, etc.
 - Jocuri pe calculator și pe dispozitive mobile
 - Cartografie
 - Producția de filme
 - Spații virtuale interactive
 - Etc.

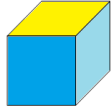
Model conceptual al unui sistem grafic de sinteză



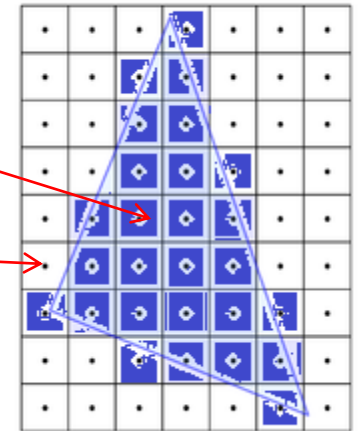
Modelul 2D/3D al scenei

- Inclus in programul de aplicatie
- Alcatuit din:
 - Primitive grafice 2D, 3D (linii, poligoane) sau obiecte complexe – alcatuiesc **scena 2D/3D redada intr-un cadru imagine**
 - Proprietati ale suprafetelor obiectelor din scena (culoare, textura, proprietati de reflexie/refractie a luminii)
 - Transformari de aplicat obiectelor in scopul compunerii, vizualizarii scenei si animarii obiectelor scenei
 - Surse de lumina (pozitie, caracteristici de culoare/luminozitate) – într-o scena 3D
 - Parametrii camerei virtuale: pozitia în scena 3D, directia privirii, câmpul vizual
- Este modificat de aplicatie conform logicii aplicatiei sau interactiunii cu utilizatorul
- Orice modificare trebuie sa aiba ca efect modificarea in timp real a imaginii afisate

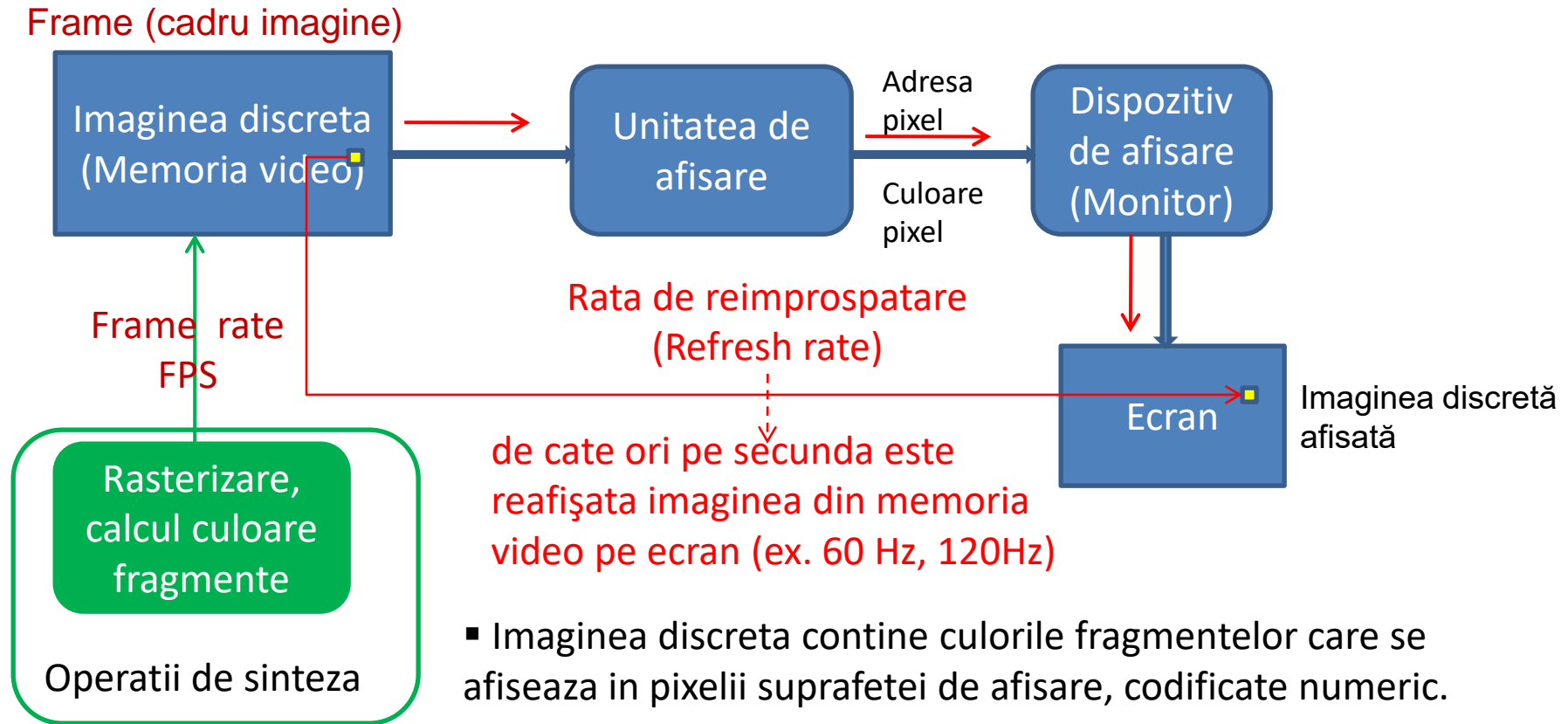
Operatii de sinteza a imaginilor grafice

- Efectuarea transformarilor care se aplică obiectelor pentru modelarea scenei sau animații
- Efectuarea transformarilor de proiectie din spatiul 3D in spatiul 2D
- Eliminarea obiectelor nevizibile din imaginea unei scene 3D: obiecte aflate in afara volumului vizual al camerei virtuale
- Eliminarea fețelor nevizibile (auto-obturate) ale obiectelor 
- Decuparea primitivelor care intersecteaza volumul vizual al camerei
- Rasterizarea: descompunerea primitivelor grafice in **fragmente** care se afiseaza in **pixeli**
- Calculul culorii fiecarui fragment folosind:
modele de reflexie si refractie a luminii, calcul de umbre, texturi, s. a.
- Operații la nivel de pixel (operații raster): testul de vizibilitate a fragmentelor în imagine (testul de adancime), combinarea culorii fragmentului cu cea a pixelului in care se afiseaza,ș.a

Suprafata de afisare



Imaginea discretă și afișarea sa (schema conceptuală)



FPS: Frames Per Second
Pentru aplicatii de timp
real (imagini dinamice):
30 FPS

- Imaginea discreta contine culorile fragmentelor care se afiseaza in pixelii suprafetei de afisare, codificate numeric.
- O culoare se reprezinta prin 3 numere, care definesc o combinatie a celor 3 culori primare Red, Green, Blue (3x 8 biti).

Scurt istoric al hardware-ului grafic de sinteza

Evoluția benzii grafice

- **Mijlocul anilor '90:** cel mai complex hard grafic realiza numai rasterizarea primitivelor.
- **Sfarsitul anilor '90:** NVIDIA a introdus termenul GPU, inlocuind termenul VGA – Video Graphics Addapter (introdus de IBM in 1987), devenit neadecvat pentru hardware-ul grafic dintr-un calculator.
- **Hardware de accelerare grafica: hardware specializat pentru sinteza imaginilor, dar scump (ex. statiile grafice SiliconGraphics –SGI, Evans& Sutherland)**
- ❖ **Prima generatie GPU: pana în 1998**
 - NVIDIA TNT2, ATI Rage
 - **Rasterizare linii si triunghiuri**, cu varfurile transformate pe CPU
 - Aplicare 1-2 texturi

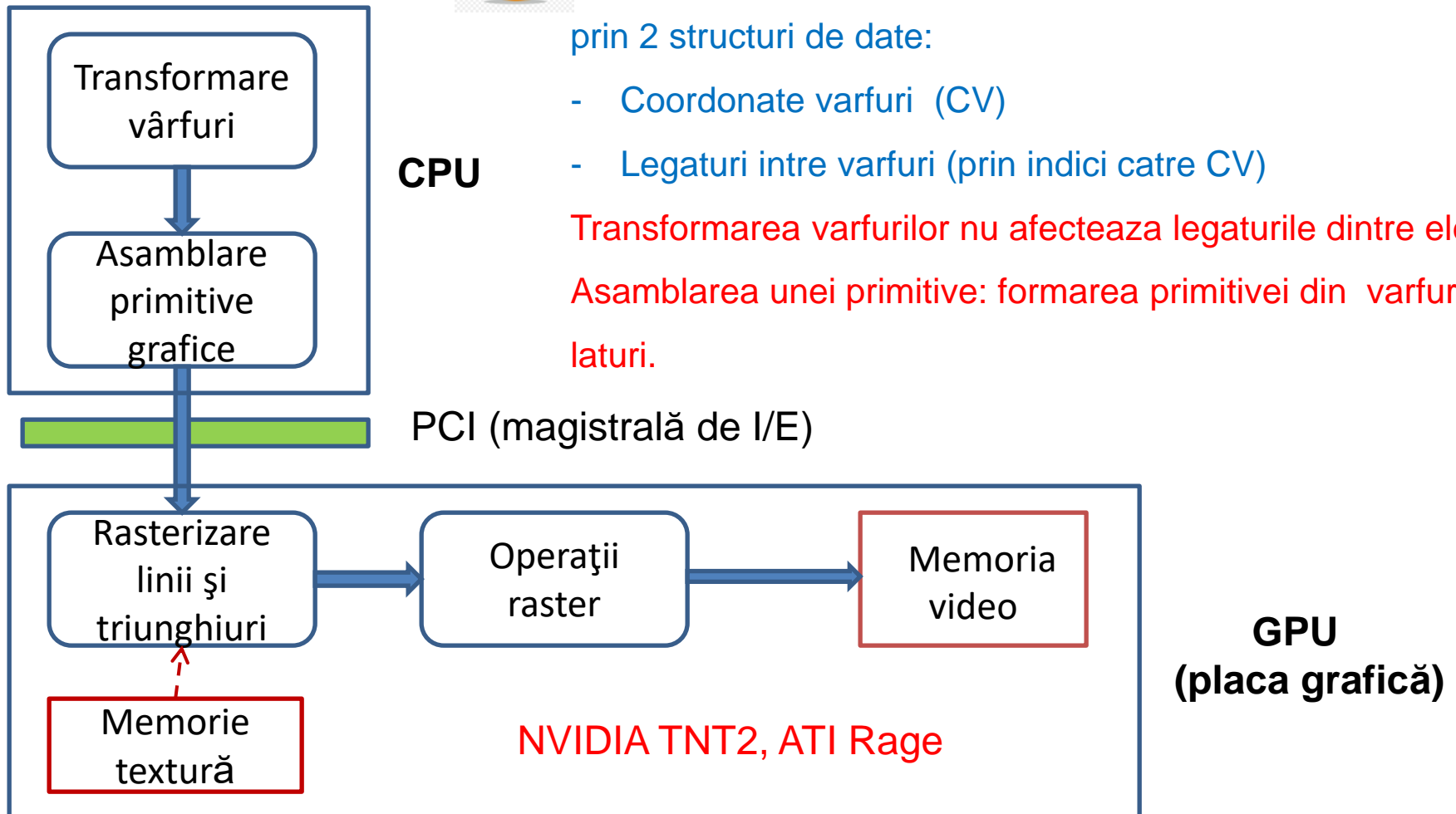
Banda grafică- prima generație GPU (până în 1998)



Orice primitiva grafica (linie, triunghi, s.a.) este specificata prin 2 structuri de date:

- Coordonate varfuri (CV)
- Legaturi intre varfuri (prin indici catre CV)

Transformarea varfurilor nu afecteaza legaturile dintre ele.
Asamblarea unei primitive: formarea primitivei din varfuri si laturi.



Scurt istoric al hardware-ului grafic de sinteza(2)

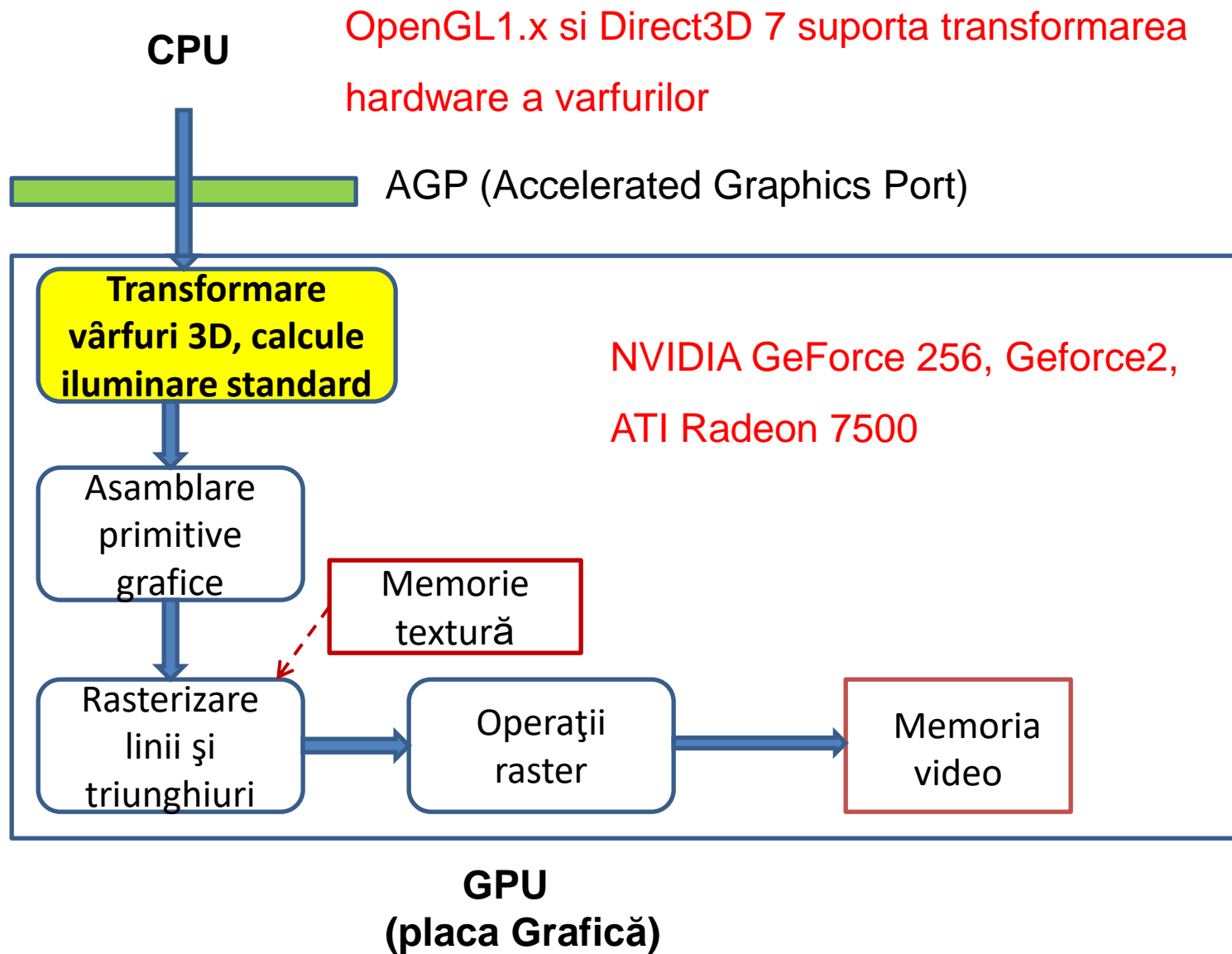
❖ A 2-a generatie GPU (1999-2000):

- NVIDIA GeForce 256, GeForce2, ATI Radeon 7500
- **Transformare varfuri 3D si calcule de iluminare standard la nivel de varfuri**
- Bibliotecile OpenGL 1.x si Direct3D 7 suporta transformarea hardware a varfurilor

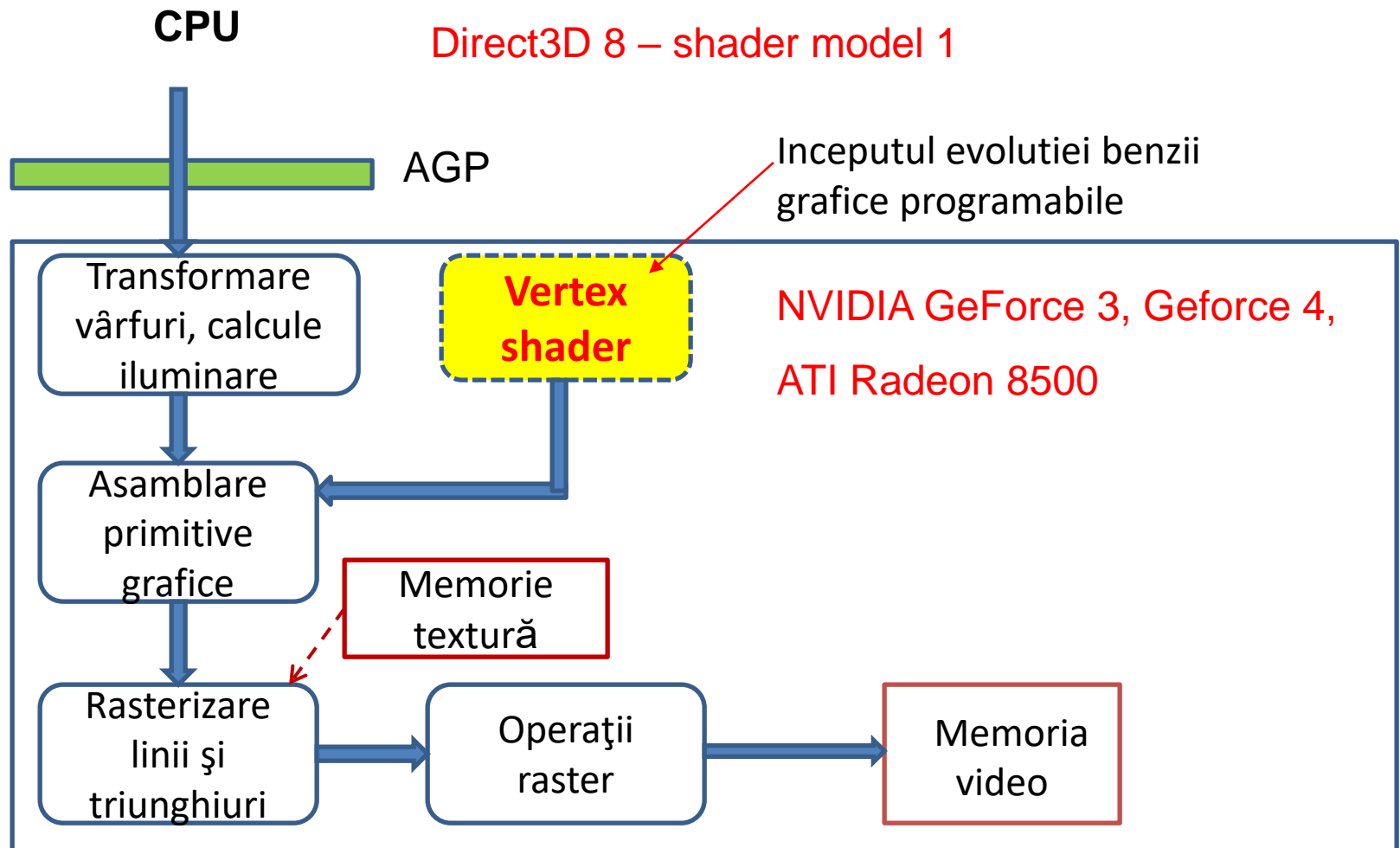
❖ A 3-a generatie GPU (2001-2002)

- NVIDIA GeForce 3, GeForce 4, ATI Radeon 8500
- Transformare varfuri 3D si calcule de iluminare standard la nivel de varfuri
- **Posibilitatea programarii calculelor de iluminare la nivel de varfuri → VERTEX SHADER**
(program scris de programator si transferat la GPU; executat in paralel de un numar mare de procesoare GPU pentru varfuri diferite)
- Biblioteca Direct3D 8 – introduce “shader model” 1: crearea de programe Vertex Shader folosind un limbaj proprietar compus din instructiuni in lb. de asamblare si in stil C.

Banda grafică- a II-a generație GPU (1999-2000)



Banda grafică - a III-a generație GPU (2001-2002)

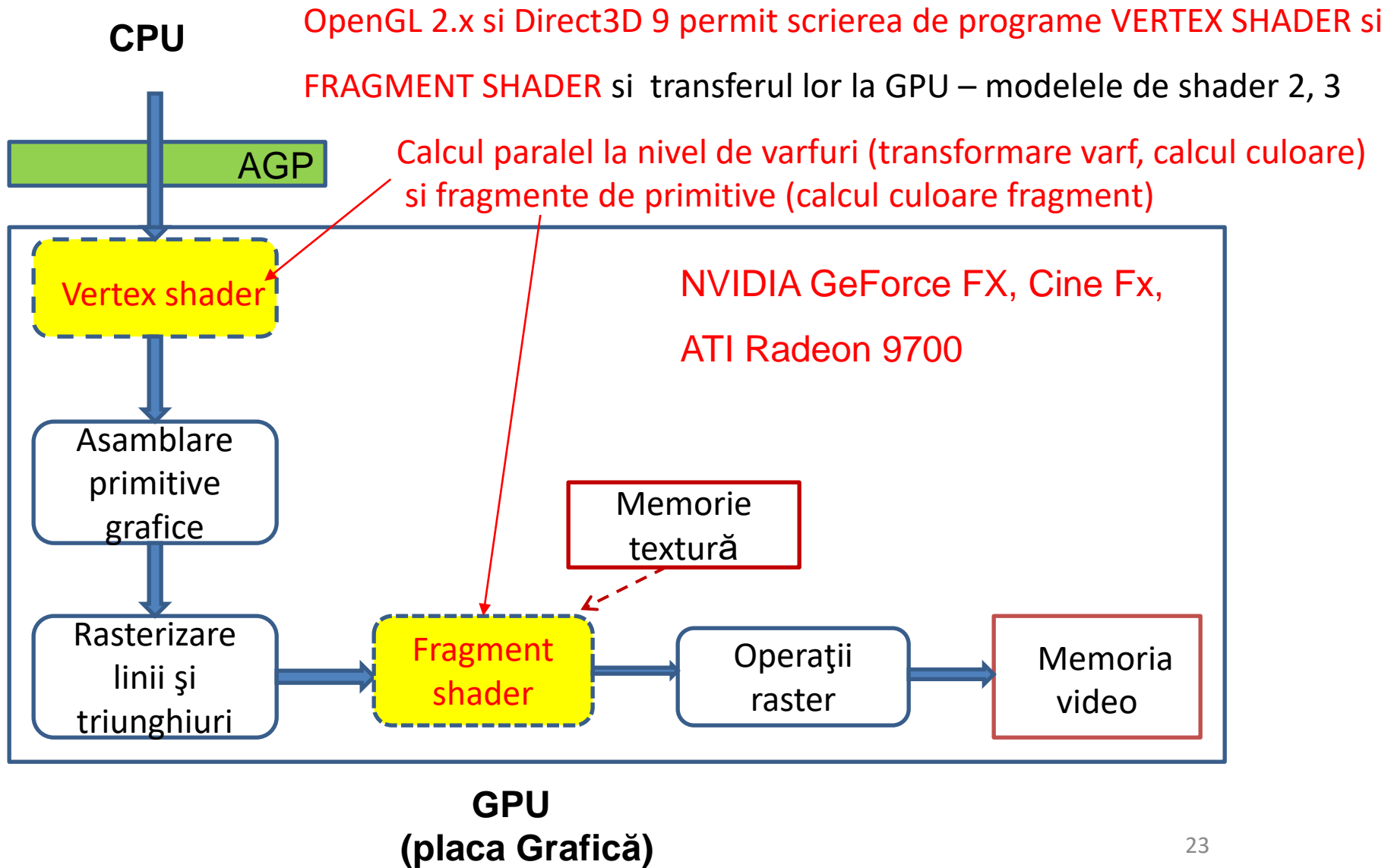


Scurt istoric al hardware-ului grafic de sinteza(3)

❖ A 4-a generatie GPU (2003 - 2005):

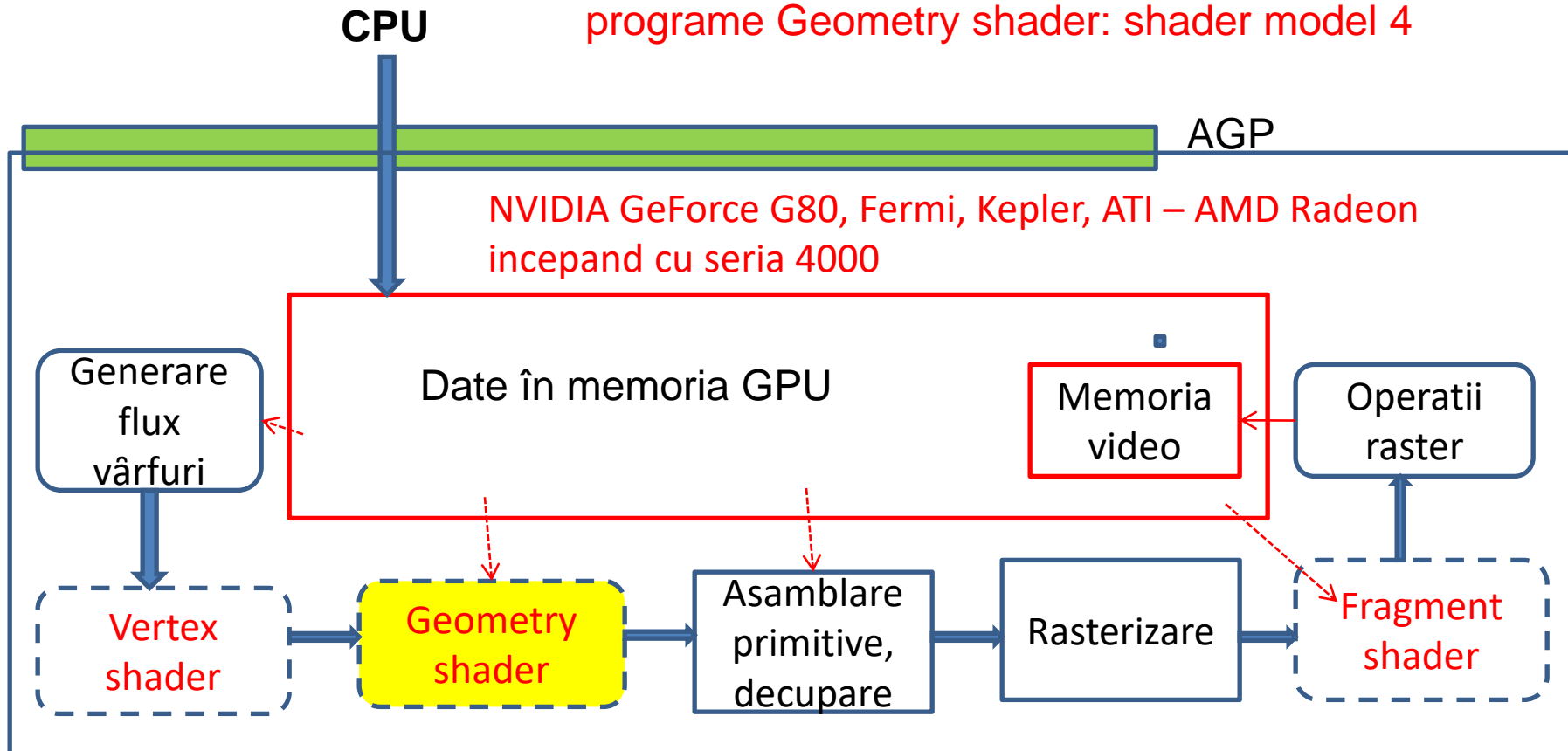
- NVIDIA GeForce FX, Cine Fx, ATI Radeon 9700
- **Procesoare programabile pentru calcule la nivel de varfuri si de fragment (pixel)**
- Procesoare specializate pentru calcule cu vectori si matrici
- **Calcul paralel la nivel de varfuri si fragmente de primitive**
- **OpenGL 2.x si Direct3D 9 permit scrierea de programe VERTEX SHADER si PIXEL SHADER si transferul lor la GPU – shader model 2, 3**
- Bibliotecile OpenGL si Direct3D au evolut odata cu hardware-ul grafic
 - OpenGL – independenta de platforma (implementata pe majoritatea sist. de operare)
 - Direct3D – API proprietar Microsoft, pentru aplicatii Windows
- **Limbajele pentru scrierea de shadere:** GLSL (OpenGL Shading Language) – parte din OpenGL si HLSL (High-Level Shading Language) – parte din Direct3D

Banda grafică- a IV-a generație GPU (2003-2005)



Banda grafică- a V-a generație GPU (2006-2010)

OpenGL 3.x si Direct3D 10 permit scrierea de programe Geometry shader: shader model 4



GPU (placa grafică)

Scurt istoric al hardware-ului grafic de sinteza(4)

❖ A 5-a generatie GPU (2006 ->): General Purpose GPUs

- NVIDIA GeForce G80, Fermi, Kepler, ATI – AMD Radeon incepand cu seria 4000
- Adauga etapa programabila GEOMETRY SHADER – in plus fata de generatia a 4-a
- OpenGL 3.x si Direct3D 10 permit scrierea de programe GS → shader model 4

❖ A 6-a generatie GPU (2011 ->):

- Procesoare programabile pentru teselare (marirea rezolutiei geometrice) –
TESSALLATION SHADER
- OpenGL4.x si Direct3D 11 – Shader model 5

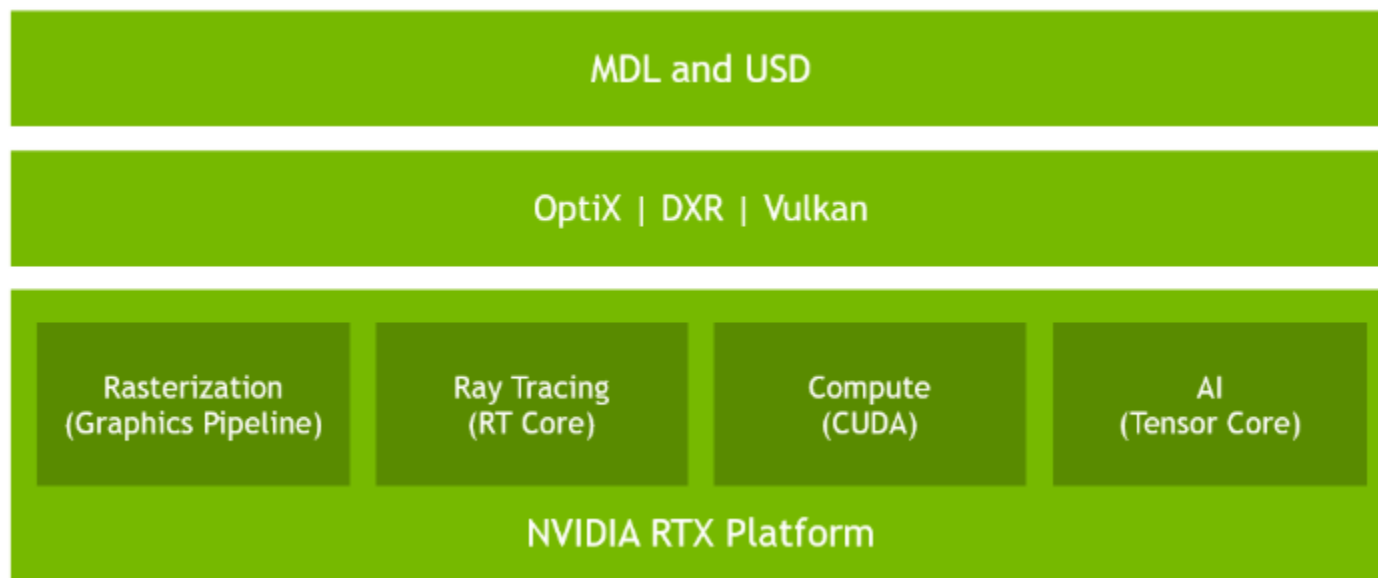
GPGPU (General Purpose Graphics Processing Unit)

- ❖ Performanța plăcii grafice (arhitectura multiprocessor, grad înalt de paralelism, procesoare dedicate, stream processing) → programare de aplicații ne-grafice pentru execuție pe placa grafică: **GPGPU (General Purpose Graphics Processing Unit)**
- Limbaje de programare paralelă pentru execuție pe placa grafică: CUDA, OpenCL
- ComputeShader (scris în GLSL) – program în care se poate implementa orice calcul paralel – nu se execută în banda grafică

Scurt istoric al hardware-ului grafic de sinteza(5)

NVIDIA RTX – cea mai recenta si mai avansata arhitectura GPU

Platforma NVIDIA RTX permite implementarea algoritmului Ray-tracing folosind API-uri si kituri software de dezvoltare dedicate: OptiX, Microsoft si DXR Vulkan.



Continutul cursului

1. Transformari geometrice 2D
2. Transformari geometrice 3D. Proiecții.
3. Transformarea vârfurilor primitivelor grafice în banda grafică OpenGL.
4. Eliminarea părților nevizibile ale scenelor 3D din imagini.
5. Modele de culoare.
6. Modele de iluminare locală a scenelor 3D.
7. Modele de “shading”.
8. Redarea umbrelor în imagini.
9. Aplicarea texturilor pe suprafețele obiectelor.
10. Iluminarea globală a scenelor 3D prin algoritmul Ray Tracing.
11. Rasterizarea primitivelor grafice.
12. Algoritmi de decupare a vectorilor și poligoanelor.

Laborator

<https://ocw.cs.pub.ro/courses/egc>

Pentru fiecare laborator va exista, anterior desfasurarii laboratorului, o prezentare audio/video.

1. Prezentare framework folosit pentru dezvoltarea aplicatiilor (laborator, teme) folosind OpenGL și GLSL.
2. Reprezentarea datelor grafice intr-un program bazat pe OpenGL.
3. Implementarea transformarilor grafice 2D.
4. Implementarea transformarilor grafice 3D.
5. Utilizarea transformarilor efectuate in banda grafica asupra varfurilor primitivelor.
6. Implementarea programelor “Shader” (Vertex shader si Fragment shader) folosind limbajul GLSL (OpenGL Shading Language)
7. Efecte de iluminare a scenelor 3D folosind programe shader
8. Aplicare texturi pe suprafete 3D.