

Marco Tarini - Computer Graphics 2025/2026  
Università degli Studi di Milano

**La sequenza di trasformazioni nel rendering:  
trasformazione di modellazione  
nelle scene gerarchiche**

Oggetto      Mondo      Vista      Clip

1

**Pipeline di trasformazioni**

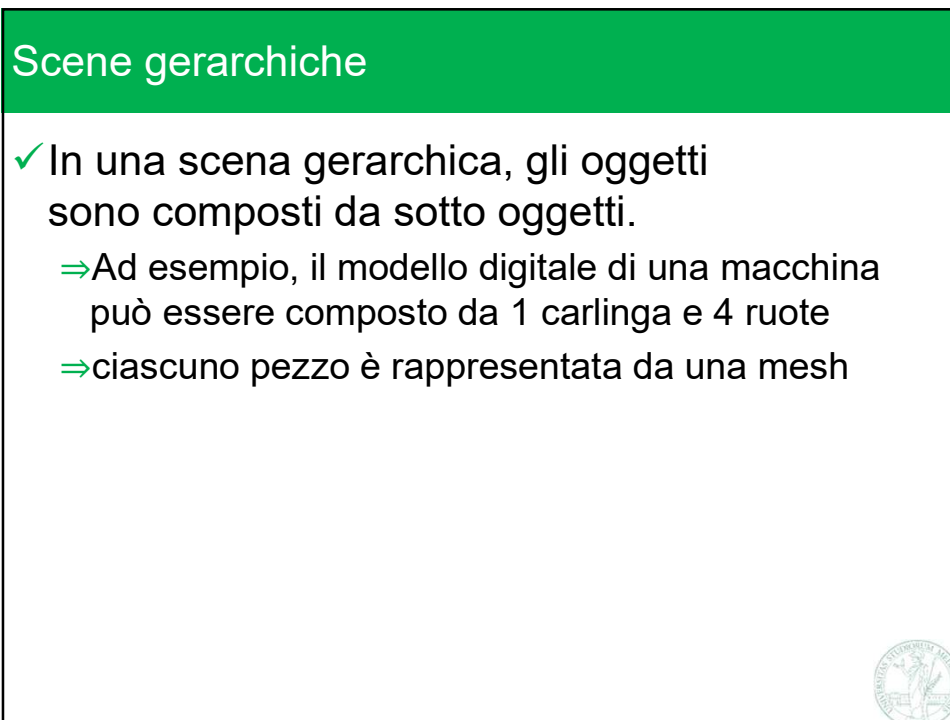
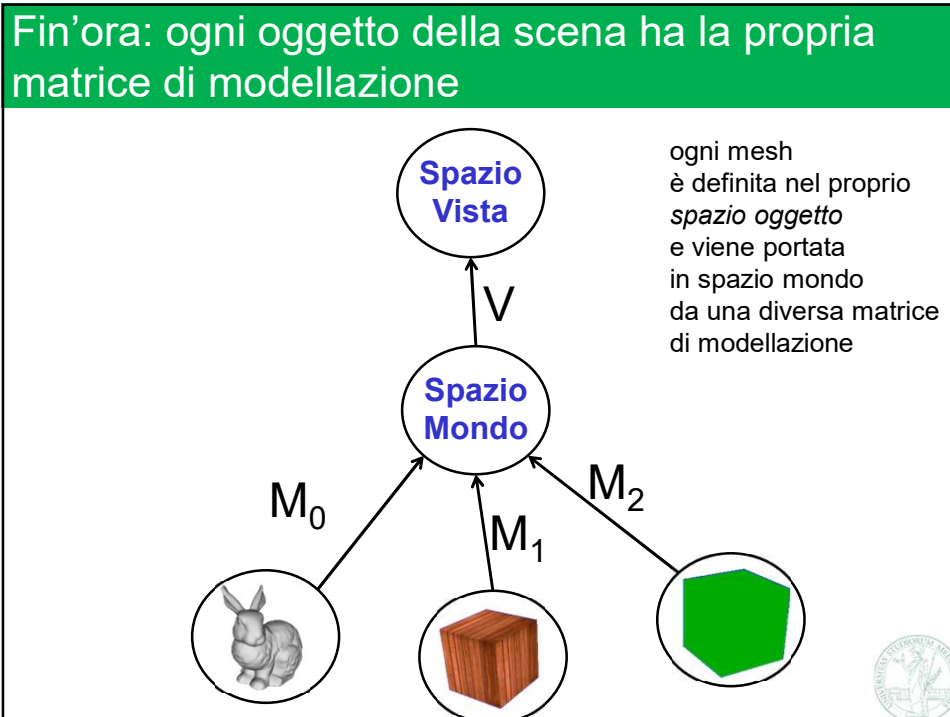
$M_M$   
Model-Matrix

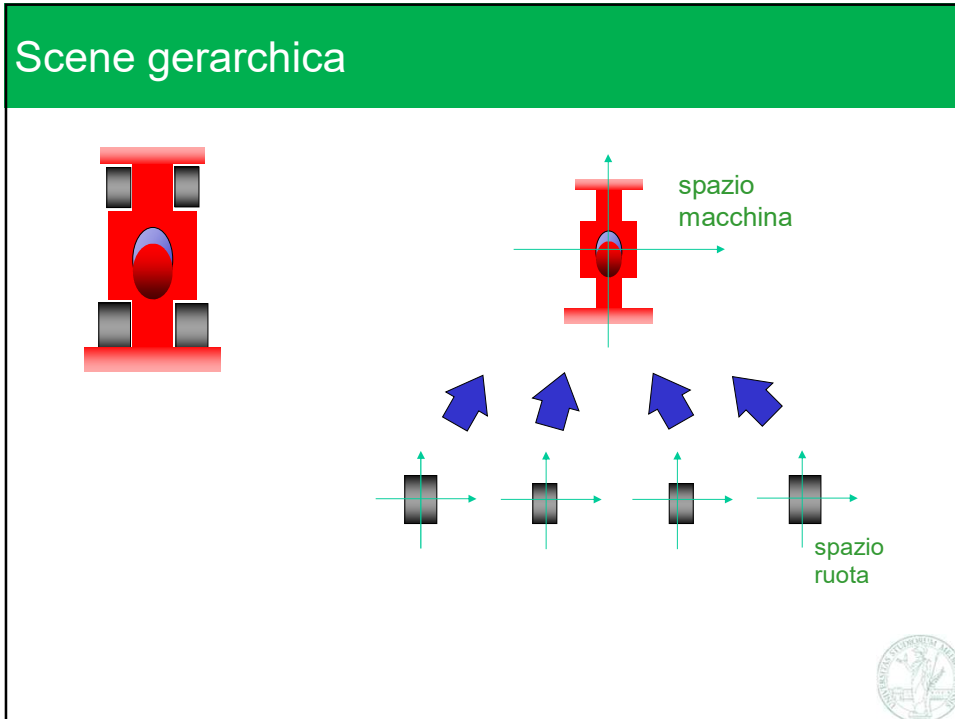
$M_V$   
View-Matrix

$M_P$   
Projection Matrix

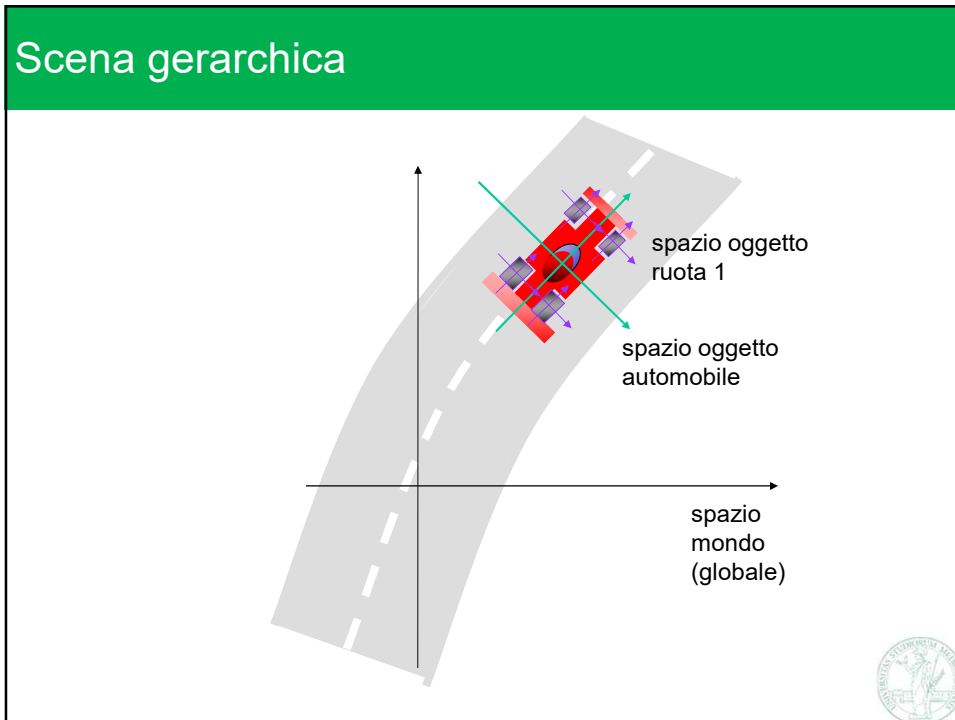
Spazio Oggetto      Spazio Mondo      Spazio Vista      Spazio Clip

3





7



8

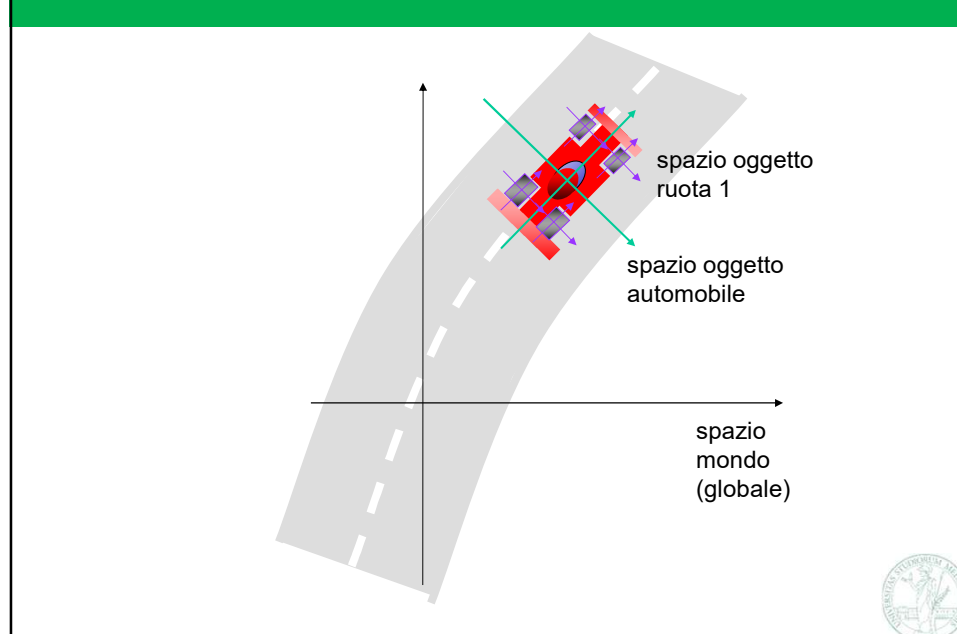
## Scene-graph a più livelli (albero della scena)

- ✓ Albero che rappresenta la composizione gerarchica della scena
- ✓ Ad ogni nodo è associato uno spazio
  - ⇒ Radice: **spazio mondo**
  - ⇒ Nodi interni e foglie: spazi oggetto (di un dato oggetto)
  - ⇒ Le mesh da disegnare risiedono nei nodi
- ✓ Ad ogni nodo  $i$ ,  
associa una matrice «locale» che porta al padre di  $i$
- ✓ La **matrice di modellazione** per un nodo  $i$  è definita cumulando tutte trasformazioni dal nodo  $i$  alla radice
  - ⇒ Nota: le matrici vengono cumulate dal basso verso l'alto:
  - ⇒ La matrice del nodo più profondo viene eseguita per prima
- ✓ Lo scene-graph può avere qualsiasi profondità
  - ⇒ Vediamo un esempio con due livelli sotto la radice

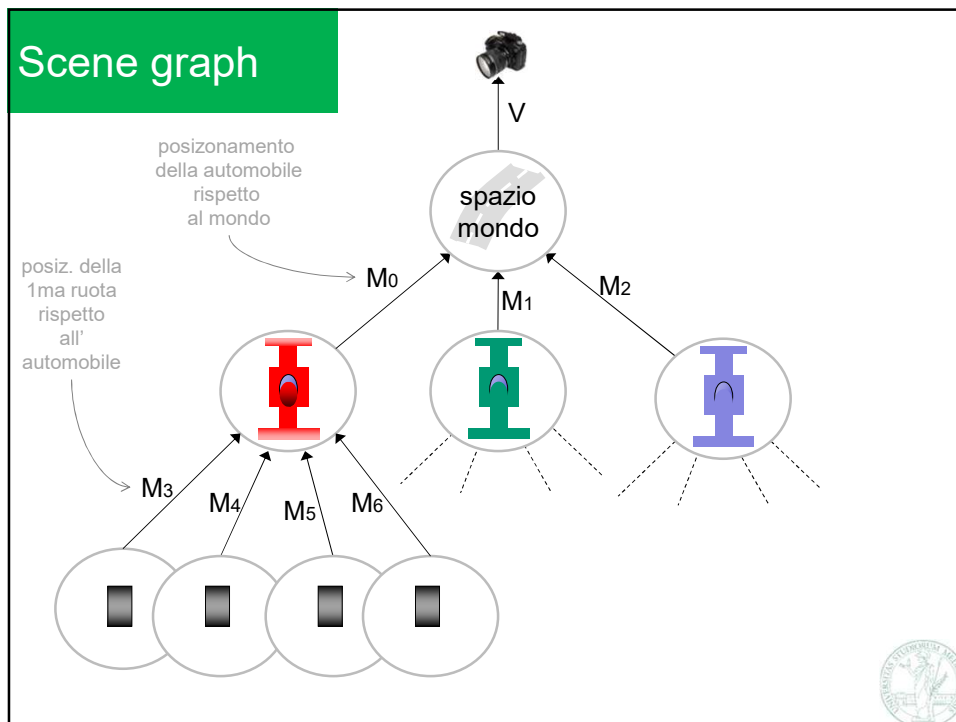


10

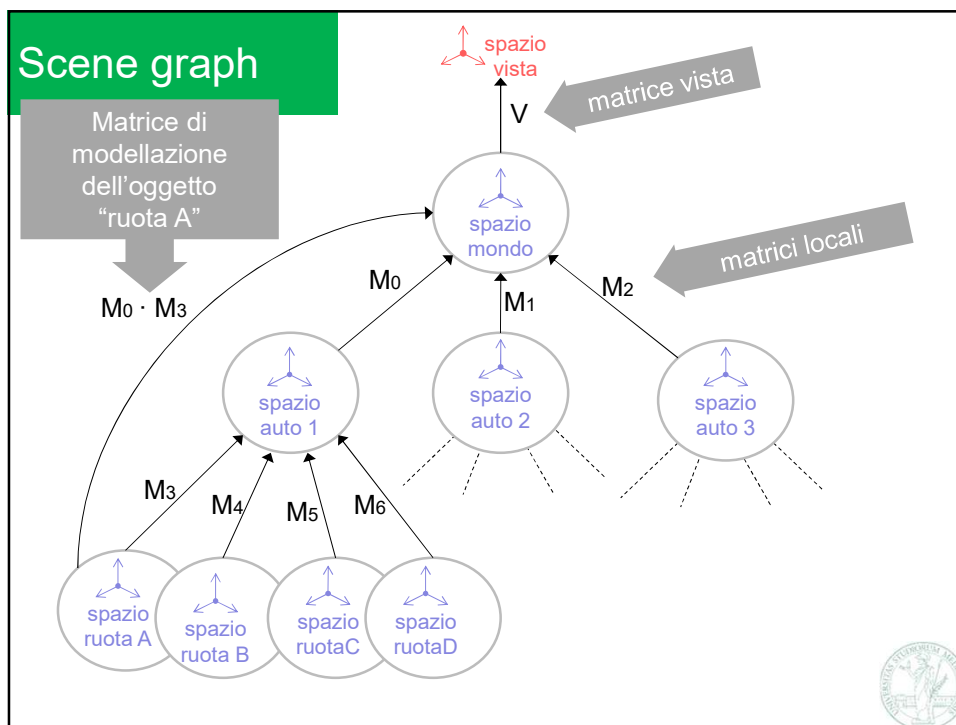
## Rendering di scene gerarchiche



11



12



13

### Scene graph (albero della scena)

$$M_0(M_3(\mathbf{p})) = (M_0 \cdot M_3)\mathbf{p}$$

matrice di modellazione ruota

14

### Scene graph a più livelli (albero della scena)

- ✓ Vantaggio1:
  - ⇒ Modificando la matrice di modellazione della macchina ( $M_0$ ), viene modificata anche in modo corretta anche quella della ruota ( $M_0 \cdot M_3$ )
  - ⇒ Cioè: spostando (per es, traslando e ruotando) la macchina, le ruote la seguono!
  - ⇒ Idem per qualsiasi altra trasformazione affine (scalatura, rotazione, etc)
- ✓ Vantaggio 2:
  - ⇒ E' intuitivo definire le matrici di modellazione locali in termini del sistema di riferimento del padre
  - ⇒ Per es, è facile determinare in quale posizione (traslazione) debba assumere la ruota, *rispetto alla macchina*

16

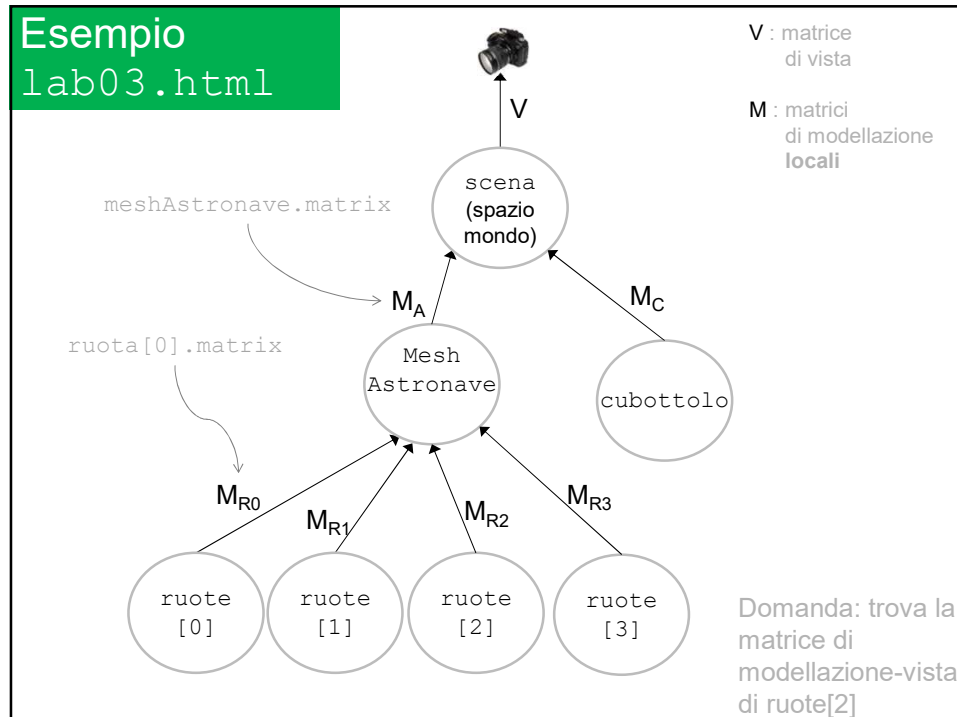
## In three.js

- ✓ La scena è un oggetto di tipo `THREE.Scene` che rappresenta la radice della scena
- ✓ Ogni nodo della scena (per es una mesh) può essere appeso come figlio con un comando `add` alla scena, oppure ad un altro nodo, costruendo così la scena gerarchica
- ✓ La matrice `locale` è memorizzata nel campo `matrix` di ciascun nodo
- ✓ La matrice di modellazione finale è memorizzata nel campo `worldMatrix` di ciascun nodo
  - ⇒ Questo campo viene automaticamente aggiornato (di default) cumulando le matrici locali, prima di ogni rendering
- ✓ Vedi esempio in Lab03.html (astronave a rotelle)



17

## Esempio lab03.html



18