

Marco Tarini - Computer Graphics 2024/2025  
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**

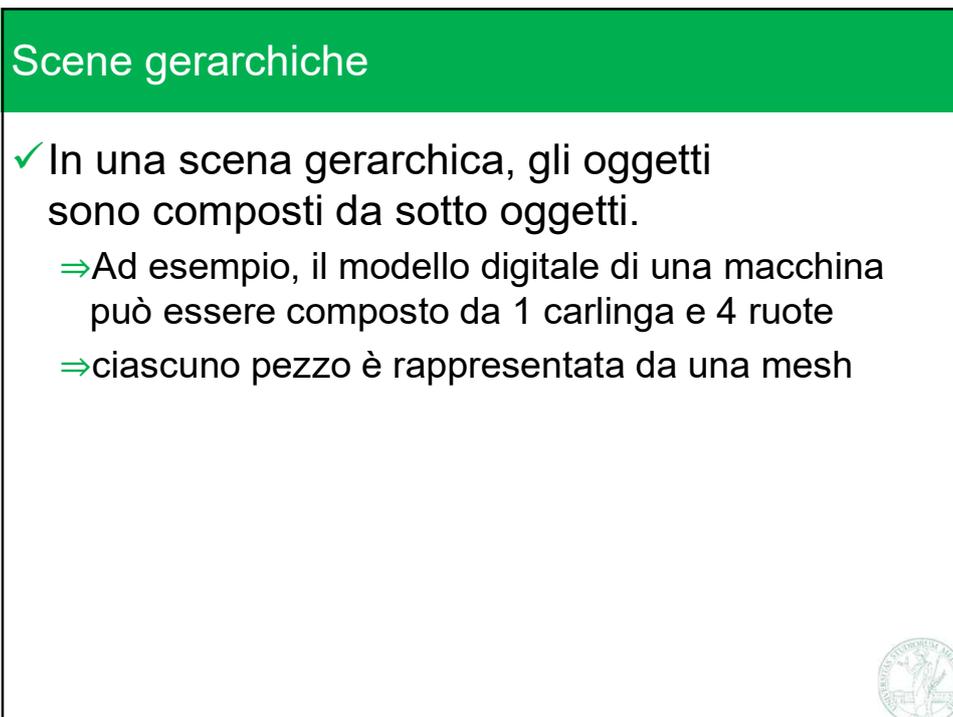
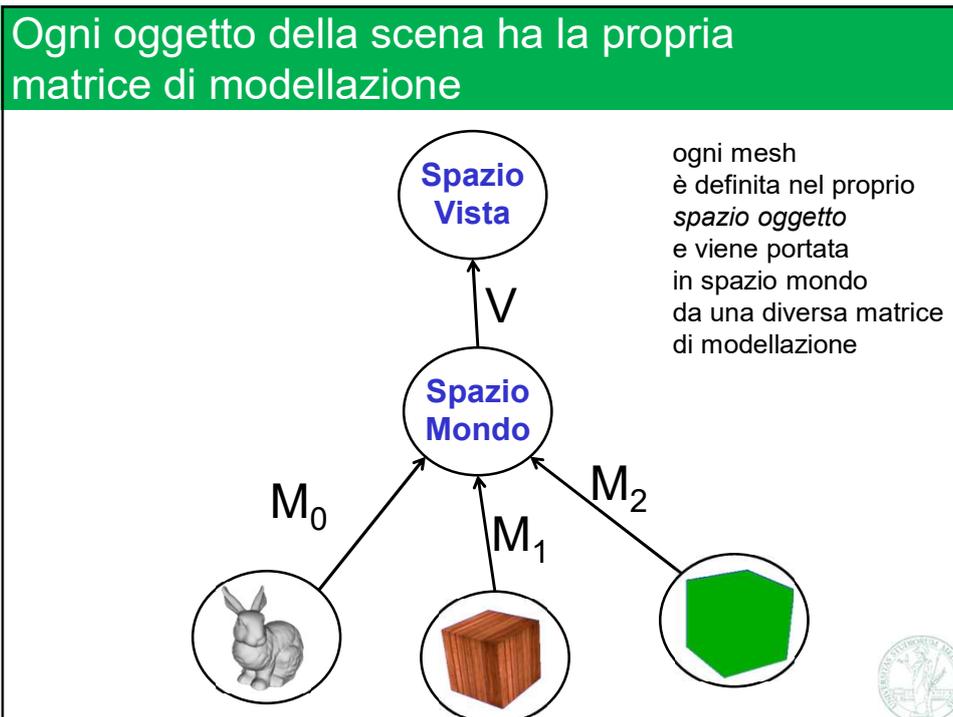
$M_M$   
Model-Matrix

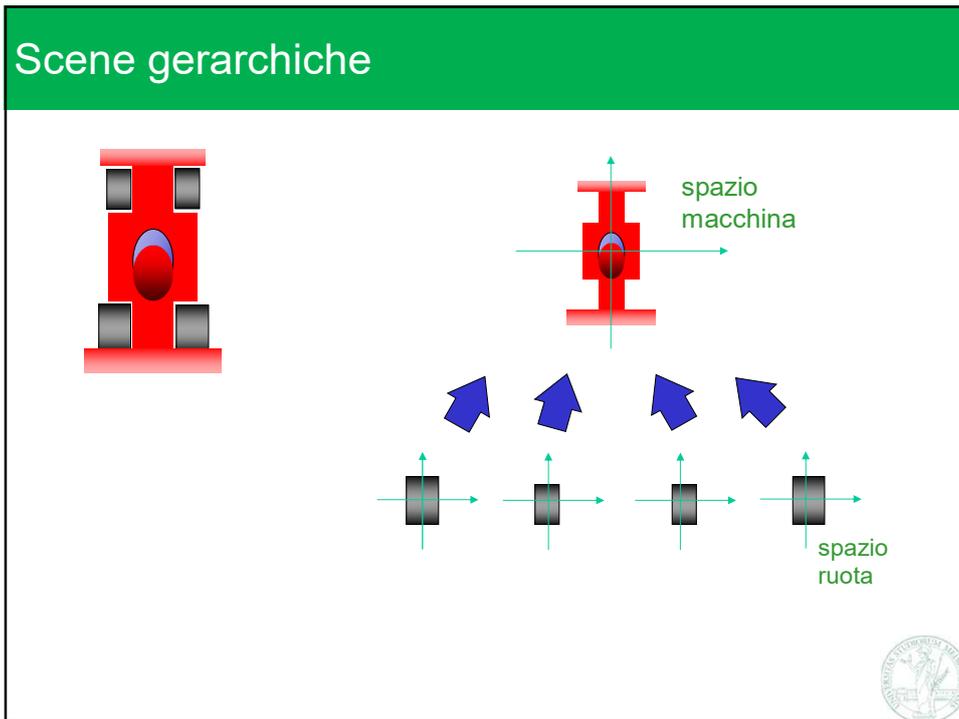
$M_V$   
View-Matrix

$M_P$   
Projection Matrix

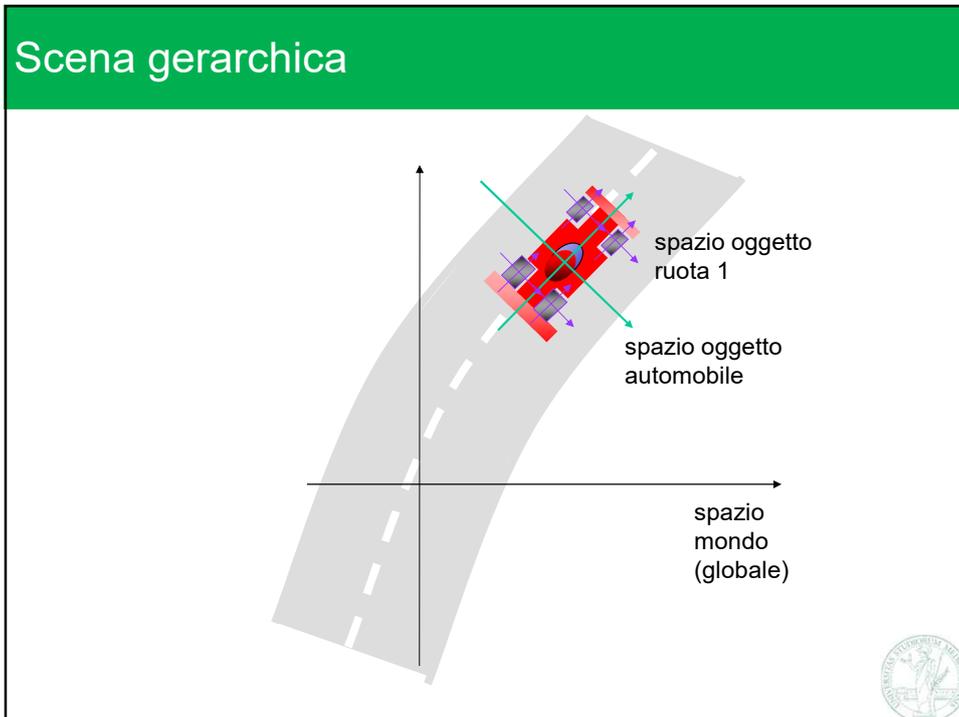
Spazio Oggetto      Spazio Mondo      Spazio Vista      Spazio Clip

3





7



8

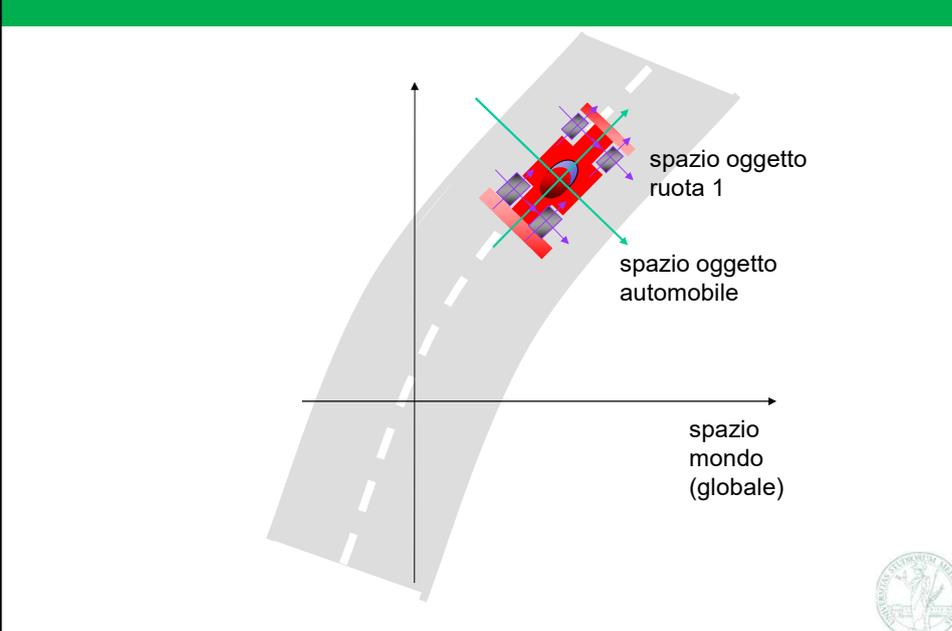
## Scene-graph a più livelli (albero della scena)

- ✓ 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 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

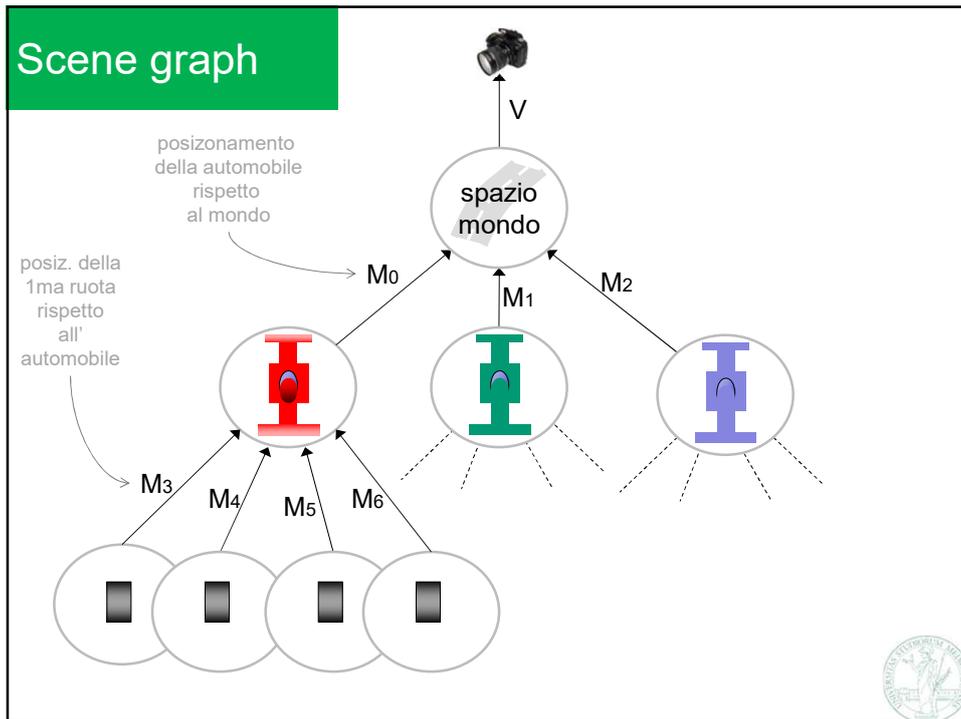


10

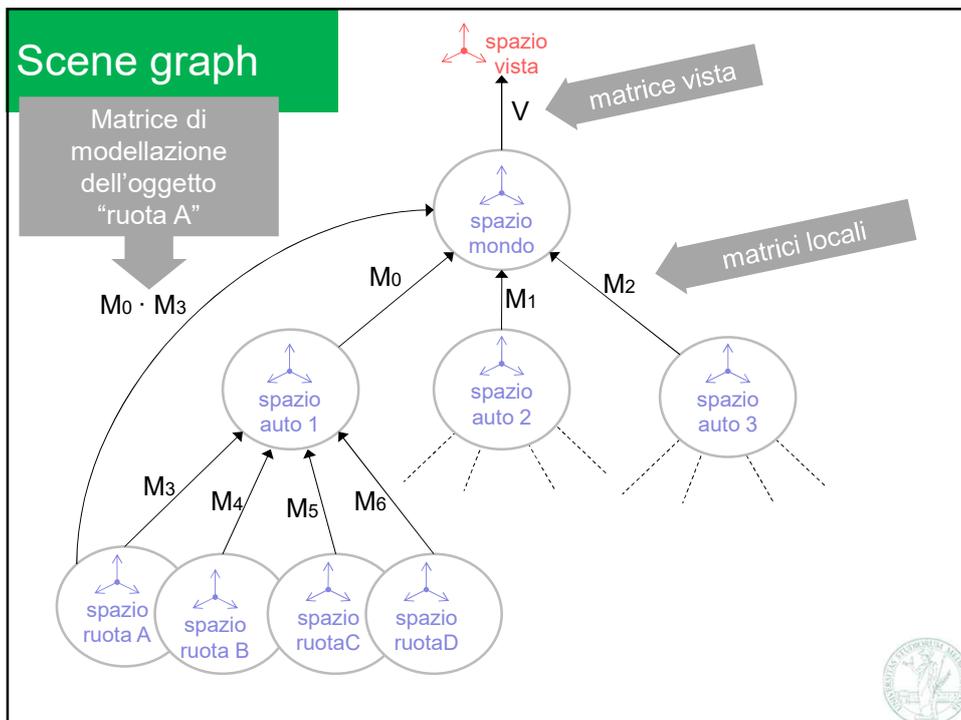
## Rendering di scene composite



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)

- ✓ Vantaggio 1:
  - ⇒ Modificando la matrice di modellazione della macchina ( $M_0$ ), viene modificata anche in modo corretto 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*

17

## 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 Lab08.html (mulino a vento)



18

## Esempio lab08.html

\*.matrix : matrici locali

Le matrici di modellazione ("globali") sono calcolate da THREE.js automaticamente prima di ogni rendering (moltiplicando quelle locali)

dov'è localizzato il (corpo del) mulino rispetto alla scena (alla città)?

dov'è localizzato la testa del mulino rispetto al corpo?

dov'è localizzato il perno delle pale nella testa?

dov'è localizzata la pala i-esima del rispetto al perno

modificando questa matrice la testa del mulino ruota

modificando questa matrice le pale del mulino ruotano



19