

1ο Μάθημα – Εισαγωγή

Γραφικά

Ευάγγελος Σπύρου

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ακ. Έτος 2018-19



Σύνοψη του σημερινού μαθήματος

- 1 Σχετικά
- 2 Σύντομη Ιστορία των Γραφικών
- 3 Εφαρμογές
 - Εφαρμογές των Γραφικών
- 4 Έννοιες
 - Βασικές έννοιες
- 5 Σωλήνωση
 - Σωλήνωση γραφικών
- 6 Καταχωρητές Εικόνες
 - Καταχωρητές Εικόνες
- 7 Υλικό
 - Υλικό γραφικών
- 8 Σύνοψη
 - Ανασκόπηση του σημερινού μαθήματος



Το μάθημα

Γραφικά

Μάθημα Επιλογής, Ζ' εξαμήνου

Σκοπός

Εισαγωγή στις βασικές αρχές και τεχνικές σχεδιασμού 2Δ/3Δ γραφικών σε υπολογιστές, εργαλεία σχεδιασμού και ανάπτυξης λογισμικού με ρεαλιστικά γραφικά.



Τα βιβλία

- 01 *Γραφικά και Οπτικοποίηση*
Θεοχάρης Θ., Πλατής Ν., Παπαϊωάννου Γ., Πατρικαλάκης
- 02 *Γραφικά Υπολογιστών με Open GL*
D. Hearn, M.P. Baker



Γραφικά και Οπτικοποίηση – Θεοχάρης et al.

Γραφικά και Οπτικοποίηση

ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 35474

Συγγραφείς: Θεοχάρης Θ., Πλατής Ν., Παπαϊωάννου Γ., Πατρικαλάκης Ν.

Αριθμός Έκδοσης	Α' ΕΚΔΟΣΗ
Έτος Τρέχ. Έκδοσης	2010
Λέξεις κλειδιά	
Θεματικές Ενότητες	
ISBN	978-960-266-296-0
Εκδόσεις	Συμμετρία
Δέσιμο	Μαλακό Εξώφυλλο
Διαστάσεις	[17 x 24]
Αριθμός Σελίδων	762
Διαθέτης (Εκδότης)	Σ.ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.
Τύπος	Υπόγραμμα
Ιστοσελίδα Βιβλίου	Εδώ


Γραφικά και Οπτικοποίηση
Αρχές και Αλγόριθμοι
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ
Θ. Θεοχάρης · Γ. Παπαϊωάννου · Ν. Πλατής · Ν. Μ. Πατρικαλάκης
[Πίνακας Περιεχομένων](#)

Τι; πού; πότε; πώς;

Γραφικά Υπολογιστών με Open GL – Hearn/Baker

Γραφικά Υπολογιστών με Open GL, 3η Έκδοση Βελτιωμένη



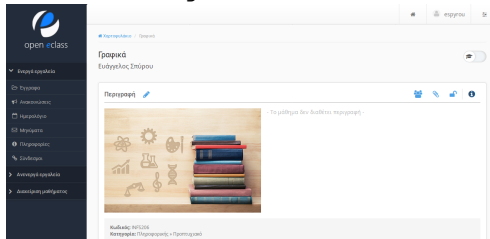
Κωδικός Βιβλίου στον Εοδοξο: 77119515

Συγγραφείς: Bakers H.

Αριθμός Έκδοσης	3η Βελτιωμένη
Έτος Τρέχ. Έκδοσης	2018
Λέξεις κλειδιά	Baker, OPEN GL, Γραμμική Άλγεβρα, Γραφικά Υπολογιστών, Γραφικές Διεπαφές Χρήστη, Εκδόσεις Τζόλα, Προσαρμοσθή Κίνησης, Τρισδιάστατα Αντικείμενα
Θεματικές Ενότητες	
ISBN	978-960-418-833-8
Εκδόσεις	ΤΖΙΟΛΑ
Δέσμευμα	Σκληρό Εξώφυλλο
Διαστάσεις	[21 x 29]
Αριθμός Σελίδων	880
Διοργανισμός (Εκδόσεις)	ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε.
Τύπος	Σύγγραμμα
Ιστοσελίδα Βιβλίου	ΕΔΩ

Γραφτείτε στο e-class του μαθήματος!!

<http://eclass.uth.gr/eclass/courses/INFS206/>

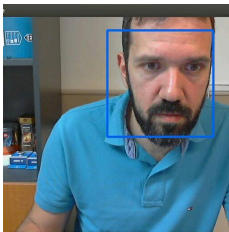


Ωρα και αίθουσα διδασκαλίας

Δευτέρα, 18:00–21:00, Αιθ. IV



Ο διδάσκων



Βαγγέλης Σπύρου
Επίκουρος Καθηγητής
Γενικό Τμήμα - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Συνεργαζόμενος Ερευνητής
Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
ΕΚΕΦΕ - Δημόκριτος

e-mail: vspyrou@uth.gr



Όραση

- Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τον κόσμο μέσω των **αισθήσεων**
- Η **όραση** είναι αυτή που “προσπαθούμε” να **ικανοποιήσουμε** τις περισσότερες φορές
- Π.χ., επιλέγουμε τα προσωπικά μας αντικείμενα με βάση την **εμφάνισή** τους
- Η όραση είναι ίσως η αίσθηση που μεταφέρει την μεγαλύτερη **ποσότητα** πληροφορίας
- Θα ξεκινήσουμε με μια ιστορική **αναδρομή** των γραφικών με χρήση υπολογιστή και της οπτικοποίησης



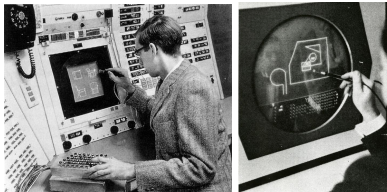
Νηπιακή Ηλικία 1960–1969

“Μιά εικόνα αξίζει 1000 λέξεις”

- Η ιστορία των γραφικών ξεκινά όταν ο πρώτος υπολογιστής χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά προκειμένου να προσφέρει **οπτική** πληροφορία
- Ο όρος “**γραφικά** υπολογιστή” (computer graphics) πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 1960
- Η πρώτη **ερευνητική** εργασία αφορούσε τη δημιουργία γραφικών με χρήση ψηφιακού υπολογιστή
- Η εργασία αυτή ήταν το **Sketchpad** του Ivan Sutherland



Το Sketchpad – 1963



- Δημιουργήθηκε στο **MIT**, το 1963
- Αποτελέσει την πρώτη προσπάθεια για τη δημιουργία μιας αποτελεσματικής **διεπαφής** μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή
- Έθεσε τις **βάσεις** για πολλές σημαντικές έννοιες, όπως διάκριση χώρου αντικειμένων και χώρου εικόνας, διαδραστικά γραφικά με χρήση φωτεινής γραφίδας κλπ



Νηπιακή Ηλικία 1960–1969

- 1960 Πρώτη χρήση του όρου “Computer Graphics”
- 1963 Sketchpad, I.Sutherland (MIT)
- 1965 Πρώτες εκθέσεις τέχνης με υπολογιστή (Στουτγκάρδη και Ν. Υόρκη)
- 1967 Επιφάνειες Coons (MIT) – κατασκευή σύνθετων επιφανειών από στοιχειώδη συνδεδεμένα τμήματα, πρόγονος του CAGD)
- 1968 Πρώτη εταιρεία: Evans & Sutherland
<http://www.es.com>
- 1969 Πρώτο συνέδριο: ACM SIGGRAPH



Παιδική Ηλικία 1970–1979

- Το 1970 κατασκευάστηκε η πρώτη RAM που βασιζόταν σε **ημιαγωγούς**
- Έτσι έγινε δυνατή η κατασκευή των πρώτων **καταχωρητών** πλαισίου εικόνας
- Γεννήθηκαν οι **πλεγματικές** οθόνες και τα **πλεγματικά** γραφικά
- Ο **καταχωρητής πλαισίου** διαχώρισε τη δημιουργία μιας εικόνας από την ανανέωση της συσκευής απεικόνισης
- Ήταν πλέον εφικτό να παραχθούν **πολύπλοκες** συνθετικές εικόνες και επιφάνειες γεμισμένες με **χρώμα**
- Άρχισε το ενδιαφέρον για **φωτορεαλιστικούς** αλγορίθμους (η έρευνα συνεχίζει ακόμη και σήμερα)



Παιδική Ηλικία 1970–1979

- 1970 Πλεγματικά Γραφικά
- 1973 Πολυδιάστατη Οπτικοποίηση: πρώτη προσπάθεια από τον Chernoff, αντιστοίχισε διαστάσεις των δεδομένων σε χαρακτηριστικά του ανθρώπινου προσώπου
- 1974 Z-buffer: απομάκρυνση κρυμμένων επιφανειών κατά την κατασκευή συνθετικών εικόνων – έχει καθιερωθεί ως τμήμα των επιταχυντών γραφικών
- 1975 Fractals (μορφοκλάσματα): αντικείμενα μη ακέραιας διάστασης που διαθέτουν αυτο-ομοιότητα σε διάφορες κλίμακες – χρησιμοποιήθηκαν στη μοντελοποίηση φυσικών αντικειμένων και μοτίβων

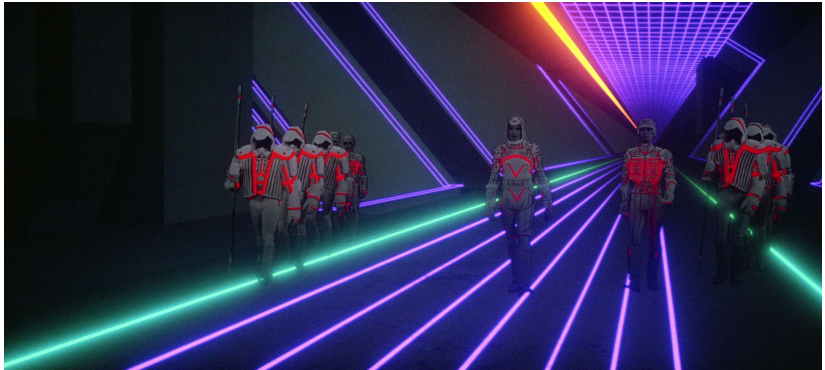


Εφηβεία 1980–1989

- 1980 Ιδρύεται η επιστημονική εταιρεία Eurographics
- 1980 Παρακολούθηση ακτίνων για σύνθεση εικόνας, T. Whitted: αλγόριθμος που περιλαμβάνει την οπτικοποίηση των επιφανειών, ταξινομημένων σωστά ως προς το βάθος σε συνδυασμό με περίπλοκα φαινόμενα φωτισμού
- 1982 Κυκλοφορεί το TRON, η πρώτη ταινία που περιλαμβάνει εκτεταμένη χρήση συνθετικών εικόνων (<http://www.imdb.com/title/tt0084827/>)
- 1982 Geometry Engine, J. Clark: ακολουθία μονάδων υλικού που αναλαμβάνει τα γεωμετρικά στάδια της σωλήνωσης γραφικών, απελευθερώνοντας τον επεξεργαστή
- 1982 Ιδρύεται η Silicon Graphics (<http://www.sgi.com/>)



TRON – 1982



Εφηβεία 1980–1989

- 1985 Graphical Kernel System: πρώτο πρότυπο για 2Δ γραφικά
- 1987 Χρηματοδότηση Οπτικοποίησης από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών ΗΠΑ
- 1987 Παρουσιάζεται ο αλγόριθμος marching cubes, έλυσε το πρόβλημα οπτικοποίησης ανεπεξέργαστων 3Δ δεδομένων
- 1988 ANSI PHIGS, ISO GKS-3D: πρότυπα για 3Δ γραφικά



Πρώιμη Ενήλικη Ζωή 1990–1999

1991 Visualization Data Explorer, IBM → OpenDX: Επέτρεψε:

- σε μη προγραμματιστές να συνθέσουν προκαθορισμένες μονάδες λογισμικού για την εισαγωγή, μετατροπή και απεικόνιση δεδομένων
- σε προγραμματιστές να γράψουν επαναχρησιμοποιήσιμες μονάδες

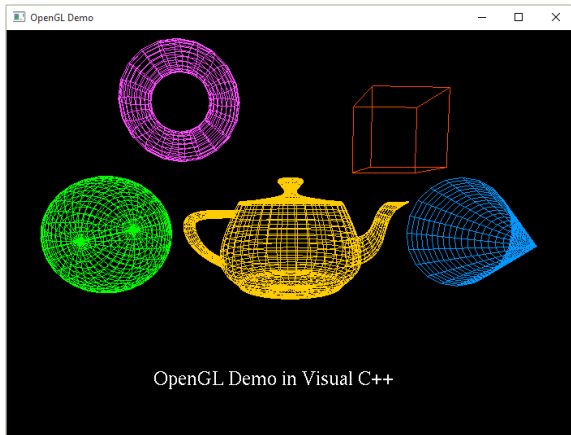
1992 OpenGL, SGI: API

1995 Direct3D, Microsoft: API

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 εισάγονται μαζικά στην αγορά οι 3D επιταχυντές γραφικών!

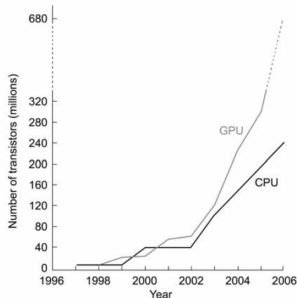


OpenGL Demo



Ωριμότητα 2000–σήμερα

- Ο ρυθμός ανάπτυξης των επιταχυντών γραφικών **ξεπέρασε** κατά πολύ αυτόν των κεντρικών επεξεργαστών
- Οι αυξανόμενες ανάγκες ειδικά της αγοράς παιχνιδιών οδήγησαν σε **φτηνότερους** και **ταχύτερους** επιταχυντές γραφικών



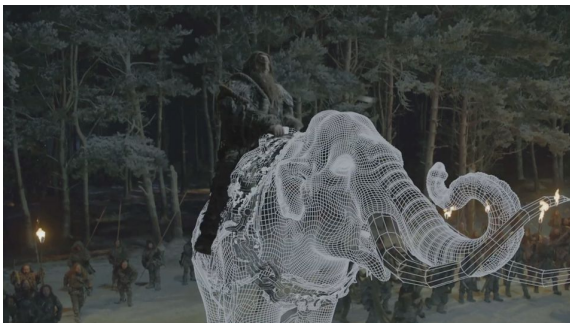
Outline

- 1 Σχετικά
- 2 Σύντομη Ιστορία των Γραφικών
- 3 Εφαρμογές**
 - Εφαρμογές των Γραφικών
- 4 Έννοιες
 - Βασικές έννοιες
- 5 Σωλήνωση
 - Σωλήνωση γραφικών
- 6 Καταχωρητές Εικόνας
 - Καταχωρητές Εικόνας
- 7 Υλικό
 - Υλικό γραφικών
- 8 Σύνοψη
 - Ανασκόπηση του σημερινού μαθήματος



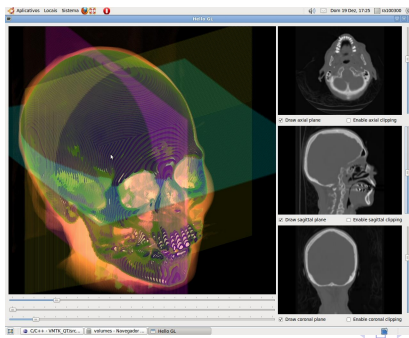
Ειδικά εφέ για ταινίες και διαφημίσεις

- Η ικανότητα παρουσίασης του **αδύνατου** ή ανύπαρκτου, αν χρησιμοποιηθεί προσεκτικά μπορεί να παράγει πολύ ελκυστικά αποτελέσματα



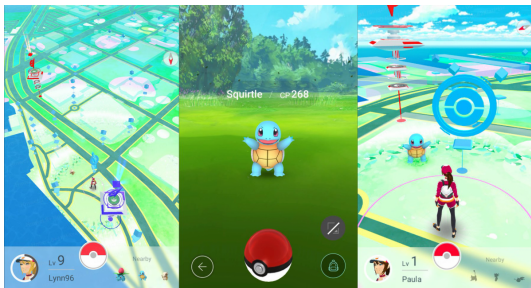
Επιστημονική εξερεύνηση μέσω οπτικοποίησης

- Η διερεύνηση **σχέσεων** μεταξύ μεταβλητών ενός πολυδιάστατου συνόλου δεδομένων βοηθείται σημαντικά από την οπτικοποίηση
- Εφαρμογές σε ιατρική, φυσικές επιστήμες, οικονομικά ...



Διαδραστική προσομοίωση

- Η άμεση **διάδραση** με τον άνθρωπο επιβάλλει επαχθείς απαιτήσεις επιδόσεων σε ολοκληρωμένα συστήματα προσομοίωσης-οπτικοποίησης
- Π.χ., **προσομοίωση** πτήσης, **εικονική** πραγματικότητα



Παιχνίδια με υπολογιστή

- Η μεγαλύτερη βιομηχανία στο χώρο των γραφικών



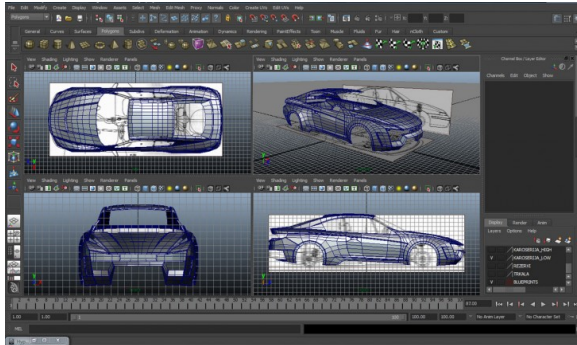
Παιχνίδια με υπολογιστή

- Πλέον προσφέρουν **ρεαλιστική** σύνθεση με χαμηλό κόστος



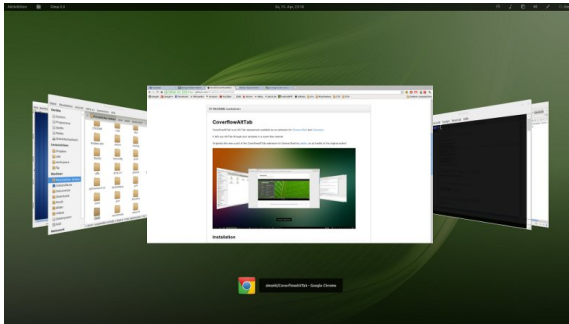
Γεωμετρική σχεδίαση με υπολογιστή

- Computer-Aided Design – CAD
- Ο κύκλος σχεδίασης ξεκινά **πριν** την κατασκευή των πρωτοτύπων



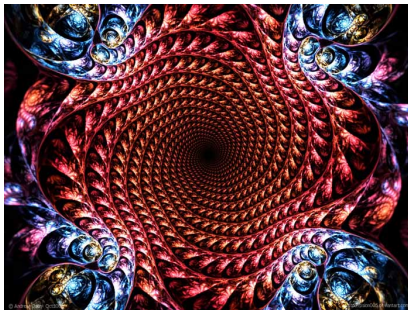
Γραφικές Διεπαφές

- Οι γραφικές διεπαφές συσχετίζουν **αφηρημένες** έννοιες, οντότητες και διαδικασίες με οπτικά αντικείμενα



Τέχνη με υπολογιστή

- Η τέχνη με υπολογιστή έχει κερδίσει πλέον την **αναγνώριση** της επιστημονικής κοινότητας



Outline

- 1 Σχετικά
- 2 Σύντομη Ιστορία των Γραφικών
- 3 Εφαρμογές
 - Εφαρμογές των Γραφικών
- 4 Έννοιες
 - **Βασικές έννοιες**
- 5 Σωλήνωση
 - Σωλήνωση γραφικών
- 6 Καταχωρητές Εικόνες
 - Καταχωρητές Εικόνες
- 7 Υλικό
 - Υλικό γραφικών
- 8 Σύνοψη
 - Ανασκόπηση του σημερινού μαθήματος



Μιά εικόνα αξίζει 1000 λέξεις – Οπτικό κανάλι

- Τα γραφικά μπορούν να μεταφέρουν πληροφορία στους ανθρώπους με **υψηλό** ρυθμό
- Ανθρώπινο οπτικό **κανάλι**: 30–40 Mbits/sec (= 64–85 M λέξεις /min με 4 γράμματα/λέξη, 7 bits/γράμμα)
- Γραπτό **κείμενο**: 600-1200 λέξεις/min
- 100.000 φορές αποδοτικότερη επικοινωνία ανθρώπου–Η/Υ μέσω γραφικών
- Πόσες λέξεις αξίζει η εικόνα **τελικά**;



Σκηνή

Ως 3Δ σκηνή ή 2Δ σχέδιο ορίζουμε:

- Ένα σύνολο από **στοιχειώδη** αντικείμενα σχεδίασης...
- ...συνδυασμένα με συγκεκριμένους **κανόνες**...
- ...και **λειτουργίες** χειρισμού ...
- ...ώστε να κατασκευαστούν συγκεκριμένες **οντότητες**



Σκηνή

- Η σκηνή αποτελείται συνήθως από **πολλά** στοιχειώδη μοντέλα ανεξάρτητων αντικειμένων
- Τα αντικείμενα αυτά συλλέγονται από διάφορες **πηγές**
- Τα βασικά δομικά στοιχεία των μοντέλων είναι στοιχειώδη **σχήματα** (σημεία, ευθείες, καμπύλες, πολύγωνα...)
- Μια σκηνή ή ένα σχέδιο χρειάζεται να μετατραπεί σε κατάλληλη **μορφή** προκειμένου να εμφανιστεί σε μια οθόνη ή να τυπωθεί σε έναν εκτυπωτή
- Η πλειοψηφία των συσκευών αυτών “καταλαβαίνει” **ψηφιογραφικές** (raster) εικόνες (πίνακες από pixels)



Αλγόριθμοι

- Χρησιμοποιούνται **αλγόριθμοι** που παράγουν από μια σκηνή ή ένα σχέδιο, μια ψηφιογραφική εικόνα
- Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως “**rendering**”
- Βασίζονται σε αρχές από **πολλά** επιστημονικά πεδία (γεωμετρία, μαθηματικά, φυσική, φυσιολογία)
- Είναι ένα πολύ **ευρύ** πεδίο, χρειάζεται πολλές προαπαιτούμενες γνώσεις για να καλυφθεί πλήρως



Οπτικοποίηση

- Αποσκοπεί στο να εκμεταλλευτεί την **οπτική** παρουσίαση, ώστε να αυξήσει την κατανόηση
 - μεγάλων **συνόλων** δεδομένων
 - φυσικών **φαινομένων**
 - υπολογιστικών **διαδικασιών**
- Οι αλγόριθμοι οπτικοποίησης εφαρμόζονται σε μεγάλα σύνολα δεδομένων και παράγουν ένα **αντικείμενο** οπτικοποίησης (επιφάνεια/στερεό)
- Μπορούν να ανακαλυφθούν **σχέσεις** μεταξύ μεταβλητών (έπειτα να επαληθευθούν/αποδειχθούν!)
- Μπορούμε να πούμε ότι η οπτικοποίηση μετατρέπει ένα **σύνολο** δεδομένων σε ένα **μοντέλο** που μπορεί να απεικονιστεί
- δηλαδή **μοντέλο = οπτικοποίηση(σύνολο δεδομένων)**



Μοντελοποίηση

- Περιλαμβάνει **τεχνικές** για την αναπαράσταση των γραφικών αντικειμένων
- Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν μοντέλα **επιφανειών** όπως
 - κοινά **πολυγωνικά** μοντέλα
 - **καμπύλες** πολυωνυμικές επιφάνειες
 - **κομψές** επιφάνειες υποδιαίρεσης
 - μοντέλα **στερεών**
- Τα μοντέλα επιφανειών είναι τα πιο κοινά, καθώς τα περισσότερα αντικείμενα είναι **αδιαφανή**



Outline

- 1 Σχετικά
- 2 Σύντομη Ιστορία των Γραφικών
- 3 Εφαρμογές
 - Εφαρμογές των Γραφικών
- 4 Έννοιες
 - Βασικές έννοιες
- 5 Σωλήνωση**
 - Σωλήνωση γραφικών**
- 6 Καταχωρητές Εικόνες
 - Καταχωρητές Εικόνες
- 7 Υλικό
 - Υλικό γραφικών
- 8 Σύνοψη
 - Ανασκόπηση του σημερινού μαθήματος



Σωλήνωση γραφικών

- Η **σωλήνωση** γραφικών (graphics pipeline) είναι μια ακολουθία σταδίων που δημιουργεί μια ψηφιακή εικόνα, ξεκινώντας από ένα μοντέλο ή μια σκηνή
- δηλαδή **εικόνα = σωλήνωση** γραφικών(μοντέλο)
- Ο όρος αναφέρεται στη συνήθη ακολουθία βημάτων που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μιας ψηφιακής εικόνας από **γεωμετρικά** δεδομένα
- Δε λαμβάνεται υπόψη η **αλληλεπίδραση** του φωτός μεταξύ αντικειμένων της σκηνής



Σωλήνωση γραφικών

- Ένα γραμμικό σχέδιο, μια μαθηματική έκφραση στο χώρο ή μια 3Δ σκηνή, πρέπει να μετατραπούν σε **τιμές αποχρώσεων** σε έναν καταχωρητή γραφικών
- Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως **“rasterization”**
- Έπειτα, ενδέχεται να προωθηθούν για **έξοδο** σε μια κατάλληλη συσκευή ή σε ένα αρχείο , ή ακόμη και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή άλλου περιεχομένου
- Για να κατανοήσουμε την αναγκαιότητα της **ακολουθίας** των λειτουργιών, θα πρέπει να εξετάσουμε πώς ορίζονται και τι αντιπροσωπεύουν
- Από την οπτική γωνία του σχεδιαστή, τα σχήματα αυτά εκφράζονται ως προς ένα **σύστημα συντεταγμένων** που ορίζει έναν χώρο μοντελοποίησης (ή έναν “καμβά” σχεδίασης) με χρήση ενός συστήματος **μονάδων**



Σωλήνωση γραφικών

- Ας σκεφτούμε τώρα πώς ένας ξυλουργός δημιουργεί ένα έργο και στο τέλος το **“αποθανατίζει”** σε μια φωτογραφία



Το παράδειγμα του ξυλουργού

- Ένα ή περισσότερα αντικείμενα **δημιουργούνται**
 - **συνδυάζονται** διάφορα κομμάτια, παίρνουν **μορφή** με χρήση διαφόρων εργαλείων
 - τοποθετούνται στις κατάλληλες **θέσεις** και στάσεις, διαμορφώνονται, λυγίζουν, ομαδοποιούνται
 - **ομαδοποιούνται** προκειμένου να σχηματίσουν τμήματα των αντικειμένων του τελικού έργου
- Τα κομμάτια αποτελούνται από διαφορετικά **υλικά**
 - χάρη σε αυτά το αποτέλεσμα έχει την επιθυμητή όψη όταν **φωτιστεί** κατάλληλα



Το παράδειγμα του ξυλουργού

- Για να αποθανατίσει ένα **στιγμιότυπο** του έργου:
 - θα **απομακρύνει** από την επιφάνεια τα ανεπιθύμητα αντικείμενα
 - θα τοποθετήσει ένα ζωγραφισμένο χαρτόνι ως **υπόβαθρο**
 - θα ανάψει και θα ρυθμίσει κατάλληλα τα **φώτα**
 - θα βρει ένα καλό **σημείο** για να τραβήξει μια **φωτογραφία** της σκηνής



Χώρος εικόνας/χώρος αντικειμένων

- Το τελικό αποτέλεσμα είναι μια **ψηφιακή εικόνα**
 - ορίζει έναν **2Δ χώρο εικόνας** ο οποίος αποτελείται από εικονοστοιχεία και μετριέται με βάση αυτά
 - τα αντικείμενα που απεικονίζονται, αρχικά ορίζονται σε έναν **3Δ χώρο αντικειμένων** και έχουν αντικειμενικές διαστάσεις
 - η κάμερα κινείται και μπορεί να επιλέξει **οπτική γωνία** ή να αλλάξει **παράγοντα μεγέθυνσης**



Σχέδιο σε 2Δ

- Ας δούμε τι γίνεται στην περίπτωση σχεδίασης 2Δ κειμένου

...forming a ray instead of the object also facilitates the use of spatial partitioning (ray objects) for complex models, because rigid animation of the later requires no modification of the acceleration structure. Finally, when rendering mathematical primitives such as solids or sphere functions, it can be very difficult to re-parameterize them to calculate a transformed version of the object, the other hand, moving the ray in the local space of the original mathematical expression is straightforward.

Μετασχηματισμός παρατήρησης/παραθύρου

...applied to an object in a scene transformation. The resulting intersection point \mathbf{q} is the resulting intersection point in the original object coordinate frame of the ray. \mathbf{p} is the ray origin and \mathbf{r} is the direction vector. For rays of a scene, or when a ray is first tested against a scene frame, the inverse matrix is calculated and applied to the object to be rendered. For oriented bounding boxes or other solids, as they are frequently generated via principal component analysis on the geometry of the object, the bounding dimensions of the container. So we may completely and stay in the oriented bounding volume the transformation. It also allows the original and rigidly transformed solid from its transformed state and compare to several.

$$\mathbf{M}_{inv} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & t_x \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & t_y \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (14.27)$$

where T_{inv} is the translation according to the bounding volume origin offset and M_{inv} scales the bounding volume according to fit its new dimensions.

14.5.3 Constructive Solid Geometry

Σύστημα συντεταγμένων και μονάδες του εγγράφου

\mathbf{q} is the resulting intersection point in the original (e.g. WCS) and is intersection point expressed in the original coordinate system. \mathbf{p} is the ray origin and \mathbf{r} is the direction vector parts of a scene, or when a ray is first tested against a scene, the inverse matrix is calculated and applied to the object to be rendered. For oriented bounding boxes or other solids, as they are frequently generated via principal component analysis on the geometry of the object, the bounding dimensions of the container. So we may completely and stay in the oriented bounding volume the transformation. It also allows the original and rigidly transformed solid from its transformed state and compare to several.

Εγγραφο στο σύστημα συντεταγμένων του παραθύρου

Σχεδίαση σχημάτων



Σχέδιο σε 2Δ

- Έστω ένας **καμβά**, στον οποίο κείμενο και άλλα σχήματα τοποθετούνται σε συγκεκριμένες **θέσεις**
 - π.χ., **μετακινώντας** τα πάνω σε ένα επίπεδο ή **ζωγραφίζοντας** απευθείας πάνω στον καμβά
- Τα πάντα εκφράζονται στο **σύστημα συντεταγμένων** του καμβά, πιθανώς σε πραγματικές μονάδες
- Κατόπιν, αυτό το μαθηματικά ορισμένο έγγραφο πρέπει να απεικονιστεί πάνω σε ένα **παράθυρο** (π.χ., σε μια εφαρμογή επεξεργασίας κειμένου)
 - ορίζεται ένα **εικονικό** παράθυρο, στον πιθανώς άπειρο χώρο του καμβά του εγγράφου
 - “συλλαμβάνονται” τα περιεχόμενα του παραθύρου σε έναν καταχωρητή **εικόνας**
 - μετατρέπονται οι **μαθηματικές** αναπαραστάσεις που είναι **ορατές** στο παράθυρο σε εντάσεις **εικονοστοιχείων**



Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών

- **Γεωμετρικοί μετασχηματισμοί:** για την παραμόρφωση ή τον μετασχηματισμό των αντικειμένων στον 2D ή στον 3D χώρο, αλλά και για την έκφραση όλων των αντικειμένων της σκηνής σε κοινό σύστημα συντεταγμένων
- **Μετασχηματισμός παρατήρησης:** εκφράζει τα αντικείμενα ως προς το σύστημα συντεταγμένων του παρατηρητή, έτσι απλοποιούνται σημαντικά οι διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθούν
- **Προβολή:** μετατρέπει τα αντικείμενα στο χώρο προβολής της κάμερας, μετασχηματίζοντας τη σκηνή ώστε να αντανακλά τον τρόπο με τον οποίο θα την αντιλαμβανόμασταν μέσω εικονικής κάμερας



Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών

- **Περικοπή:** αφαίρεση των στοιχειωδών αντικειμένων που απαρτίζουν τη σκηνή, ενώ είναι μη ορατά από το συγκεκριμένο σημείο παρατήρησης που χρησιμοποιείται (δεν φαίνονται στην τελική εικόνα)
- **Αποκοπή:** μετά την προβολή τους, τα στοιχειώδη αντικείμενα αποκόπτονται πάνω στα όρια του οπτικού πεδίου της εικονικής κάμερας και σχεδιάζονται τελικά όλα τα ορατά τμήματά τους
- **Δειγματοληψία στοιχειωδών αντικειμένων:** κάθε στοιχειώδες αντικείμενο δειγματοληπτείται στο χώρο της εικόνας και έτσι δημιουργείται ένας αριθμός τεμαχίων (fragments), δηλαδή στοιχείων δεδομένων που αντιπροσωπεύουν τις ιδιότητες της επιφάνειας σε κάθε δείγμα εικονοστοιχείου



Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών

- **Παρεμβολή χαρακτηριστικών:** όταν υπολογίζεται ένα δείγμα της επιφάνειας, τα δεδομένα κάθε τεμαχίου παράγονται με παρεμβολή των παρεχόμενων δεδομένων του αντικειμένου (π.χ., τρίγωνο περιγράφεται πλήρως από τις τρεις κορυφές του)
- **Απομάκρυνση κρυμμένων επιφανειών (ΑΚΕ):** τα τεμάχια αντιστοιχούν στις θέσεις δειγματοληψίας στην τελική εικόνα, αλλά δεν εμφανίζονται αμέσως – είναι σημαντικό να προσδιοριστεί ποια από αυτά είναι όντως ορατά από το συγκεκριμένο σημείο παρατήρησης και τα κρυμμένα απορρίπτονται

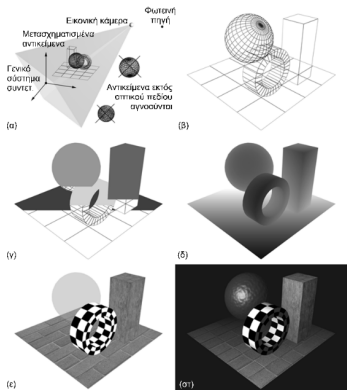


Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών

- **Χρώμα, σκίαση:** τα τεμάχια που περνούν επιτυχώς τη λειτουργία της ΑΚΕ χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του χρώματος και της σκίασης με χρήση ενός μοντέλου φωτισμού, το οποίο προσομοιώνει την αλληλεπίδραση του φωτός με την επιφάνεια, χρησιμοποιώντας το υλικό και τη θέση κάθε τεμαχίου
- **Υφή:** ο χρωματισμός του τεμαχίου και η τελική εμφάνιση της επιφάνειας μπορεί να αλλάξει τοπικά, μεταβαλλοντας ιδιότητες της επιφάνειας με εφαρμογή μίας ή περισσότερων υφών



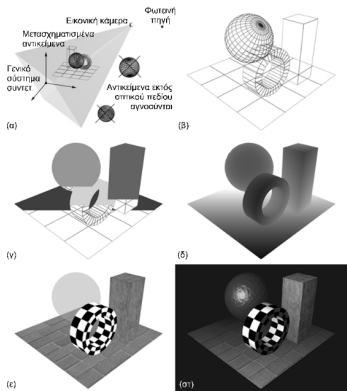
Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών



(a) μετασχηματισμός **γεωμετρίας** σε κοινό σύστημα συντεταγμένων και **περικοπή** στο οπτικό πεδίο



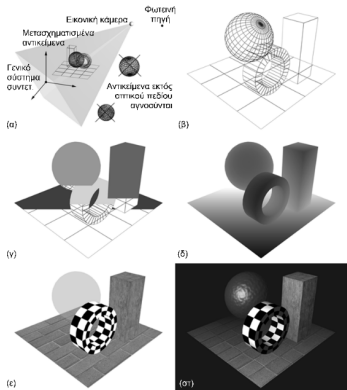
Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών



(β) τα στοιχειώδη αντικείμενα μετά τον μετασχηματισμό παρατήρησης, την **προβολή** και την **περικοπή** πίσω όψεων



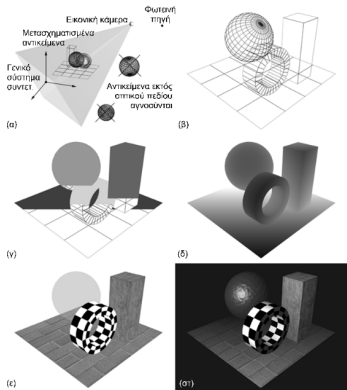
Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών



(γ) σχεδίαση των τεμαχίων



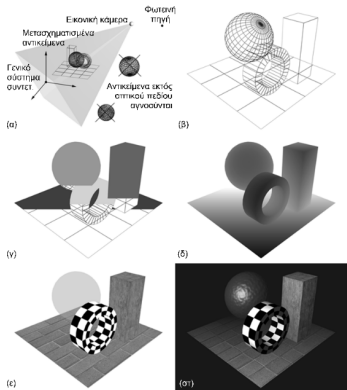
Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών



(δ) ταξινόμηση κατά **βάθος** των τεμαχίων (σκοτεινά = κοντά στην κάμερα)



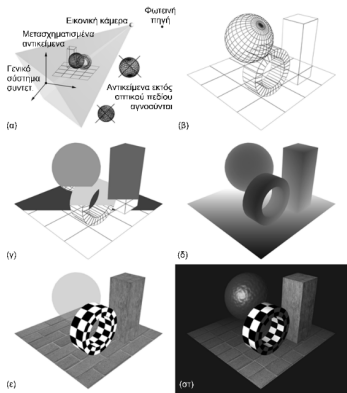
Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών



(ε) εκτίμηση χρώματος υλικών



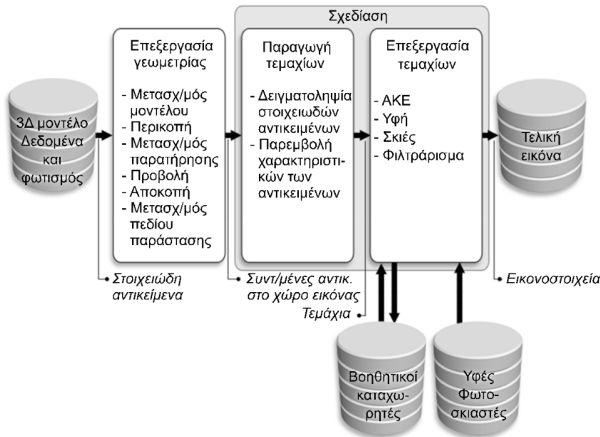
Βασικές λειτουργίες σωλήνωσης 3D γραφικών



(στ) **φωτοσκίαση** και άλλες λειτουργίες (π.χ. ομίχλη)



Στάδια και ροή δεδομένων σωλήνωσης 3Δ γραφικών



Περισσότερα σε **επόμενα** μαθήματα!



Outline

- 1 Σχετικά
- 2 Σύντομη Ιστορία των Γραφικών
- 3 Εφαρμογές
 - Εφαρμογές των Γραφικών
- 4 Έννοιες
 - Βασικές έννοιες
- 5 Σωλήνωση
 - Σωλήνωση γραφικών
- 6 **Καταχωρητές Εικόνας**
 - **Καταχωρητές Εικόνας**
- 7 Υλικό
 - Υλικό γραφικών
- 8 Σύνοψη
 - Ανασκόπηση του σημερινού μαθήματος



Αποθήκευση και κωδικοποίηση ψηφιακής εικόνας

- Η συνηθισμένη δομή δεδομένων για την αποθήκευση μιας ψηφιακής εικόνας είναι ένας **2Δ πίνακας**
 - ο πίνακας αυτός μπορεί να αποθηκεύεται στη **μνήμη** κατά γραμμές ή κατά στήλες
- Αυτός είναι και ο **καταχωρητής εικόνας**
- Κάθε κελί του καταχωρητή κωδικοποιεί το χρώμα του αντίστοιχου εικονοστοιχείου της εικόνας
 - **μονοχρωματική** αναπαράσταση: κλίμακα του **γκρι**
 - **έγχρωμη** πολλαπλών καναλιών: π.χ., κόκκινο/πράσινο/μπλε
- Για μια εικόνα που αποτελείται από $w \times h$ εικονοστοιχεία, το **μέγεθος** του καταχωρητή εικόνας είναι τουλάχιστον $w \times h \times \text{bpp}/8$ byte
- bpp: πλήθος bit για την κωδικοποίηση και αποθήκευση του **χρώματος** κάθε εικονοστοιχείου (**βάθος χρώματος**)

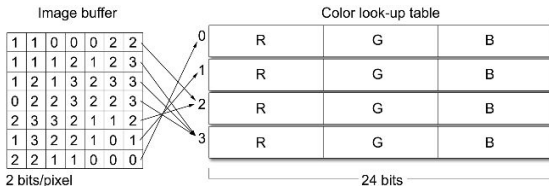


Αποθήκευση και κωδικοποίηση ψηφιακής εικόνας

- Σε **μονοχρωματικές** εικόνες συνήθως αποθηκεύονται 1 ή 2 bytes για κάθε εικονοστοιχείο
 - αυτά αντιστοιχίζουν **διακριτοποιημένα** την ένταση της απόχρωσης σε θετικές **ακέραιες** τιμές
 - π.χ., βάθος χρώματος **8 bpp** διακριτοποιεί την ένταση σε **256** επίπεδα (0 η χαμηλότερη τιμή, 255 η υψηλότερη)
- Σε **έγχρωμες εικόνες** πολλαπλών καναλιών χρησιμοποιείται για κάθε μία από τις **συνιστώσες** που απαρτίζουν τη χρωματική πληροφορία μια κωδικοποίηση παρόμοια με αυτή των μονοχρωματικών εικόνων
 - συνήθως, οι τιμές του χρώματος στους καταχωρητές εικόνας αντιπροσωπεύονται από **τρία** κανάλια (κόκκινο, πράσινο και μπλε)
 - τα **συνηθισμένα** βάθη χρώματος για ακέραια αναπαράσταση έγχρωμων εικόνων είναι 16, 24 και 32 bpp



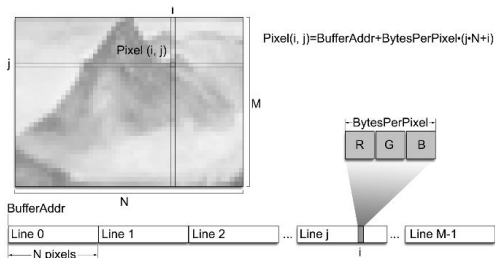
Αποθήκευση και κωδικοποίηση ψηφιακής εικόνας



- Στην αναπαράσταση εικόνας με **παλέτα χρωμάτων** η τιμή σε κάθε κελί δεν αναπαριστά άμεσα την ένταση της εικόνας ή των συνιστωσών του χρώματος σε αυτό
- Αντί γι'αυτό, αποθηκεύεται ένας **δείκτης** προς έναν εξωτερικό πίνακα αναφοράς χρώματος (**παλέτα**)
- Τα διατιθέμενα bits δεν επηρεάζουν την **ακρίβεια** του χρώματος αλλά το **πλήθος** των διαφορετικών χρωμάτων που μπορούν να αποδοθούν **ταυτόχρονα**



Καταχωρητές εικόνας και μνήμη



- Ένας καταχωρητής εικόνας καταλαμβάνει ένα **συνεχές** τμήμα της μνήμης
- Συνήθως χρησιμοποιείται μια διάταξη κατά **γραμμές** με **επάλληλη** καταχώριση των συνιστωσών του χρώματος
- Για την **ανάγνωση**, απαιτείται να γνωρίζουμε το **βάθος** χρώματος



Ο καταχωρητής πλαισίου

- Κατά την παραγωγή μιας συνθετικής εικόνας, τα υπολογιζόμενα **χρώματα** των εικονοστοιχείων αποθηκεύονται σε έναν καταχωρητή εικόνας, τον καταχωρητή **πλαίσιου** (frame buffer)
- Αυτός βρίσκεται στην **κύρια** μνήμη του υλικού γραφικών
- Αποθηκεύει το **τρέχον** πλαίσιο (καρέ) μιας ακολουθίας κινούμενης συνθετικής εικόνας
- Στην περίπτωση συστημάτων γραφικών **πραγματικού** χρόνου, είναι η περιοχή της μνήμης γραφικών στην οποία συγκεντρώνεται όλη η πληροφορία χρώματος των εικονοστοιχείων από τη διαδικασία σχεδίασης, **πριν** οδηγηθεί στην έξοδο γραφικών
- Φυσικά, χρειάζεται **συνεχή ανανέωση**



Ο καταχωρητής πλαισίου

- Είναι αναγκαίος καθώς η διαδικασία σχεδίασης εξελίσσεται με βάση τη σειρά **παροχής** των στοιχειωδών αντικειμένων
 - και **όχι** με βάση τα **εικονοστοιχεία** της τελικής εικόνας!
- Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει εγγύηση ότι τα εικονοστοιχεία θα παραχθούν με ορισμένη **διάταξη**
- Η πρόσβαση στον καταχωρητή πλαισίου είναι **τυχαία** για εγγραφή από τον αλγόριθμο σχεδίασης
- Είναι **σειριακή** για την έξοδο προς τη συσκευή απεικόνισης
- Στο υποσύστημα γραφικών, συνήθως οι καταχωρητές πλαισίου ορίζονται σε **ζεύγη**



Άλλοι καταχωρητές

- Υπάρχουν και κάποιοι άλλοι τύποι καταχωρητών, οι οποίοι ορίζονται στη **μνήμη** του υλικού γραφικών
- Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση **ενδιάμεσων** αποτελεσμάτων διαφόρων αλγορίθμων
- Συνήθως, όλοι οι καταχωρητές έχουν **ίδιες** διαστάσεις με τον καταχωρητή πλαισίου και υπάρχει μία ένα-προς-ένα **αντιστοιχία** μεταξύ των κελιών τους και των εικονοστοιχείων του καταχωρητή πλαισίου
- **Καταχωρητής βάθους** (Z-buffer): αποθηκεύει τιμές αποστάσεων για τον αλγόριθμο ταξινόμησης τεμαχίων κατά το στάδιο της **ΑΚΕ**
- **Καταχωρητής μάσκας/συσσώρευσης**: εξειδικευμένοι καταχωρητές που χρησιμοποιούνται σε διάφορους αλγορίθμους π.χ., σκιών



Κανάλι διαφάνειας (alpha channel)

- Συχνά απαιτείται η αποθήκευση της τιμής **διαφάνειας** των παραγόμενων τεμαχίων για να υποστηριχθούν λειτουργίες **ανάμειξης** με τα υπάρχοντα χρώματα στον καταχωρητή πλαισίου
- Για το λόγο αυτό, στα περισσότερα σύγχρονα υποσυστήματα γραφικών απαιτείται ένα **επιπλέον** κανάλι για κάθε εικονοστοιχείο
- Αυτό είναι το κανάλι **διαφάνειας** ή **άλφα** (alpha channel)
- Μια τιμή **διαφάνειας** αποθηκεύεται μαζί με τις πληροφορίες για το κόκκινο (red - R), το πράσινο (green - G) και το μπλε (blue - B) στον καταχωρητή πλαισίου
- Για καταχωρητές πλαισίου 32 bit, τα τρία χρωματικά κανάλια καταλαμβάνουν 24 bit, ενώ το **τέταρτο** κανάλι (alpha - A) καταλαμβάνει τα υπόλοιπα **8 bit**



Outline

- 1 Σχετικά
- 2 Σύντομη Ιστορία των Γραφικών
- 3 Εφαρμογές
 - Εφαρμογές των Γραφικών
- 4 Έννοιες
 - Βασικές έννοιες
- 5 Σωλήνωση
 - Σωλήνωση γραφικών
- 6 Καταχωρητές Εικόνες
 - Καταχωρητές Εικόνες
- 7 **Υλικό**
 - **Υλικό γραφικών**
- 8 Σύνοψη
 - Ανασκόπηση του σημερινού μαθήματος



Υλικό Γραφικών

- Για να εμφανιστούν εικόνες σε μια **πλεγματική** οθόνη, οι τιμές χρώματος που αντιστοιχούν στα ορατά σημεία στην επιφάνεια απεικόνισης διαβάζονται **σειριακά**
- Το σήμα **εισόδου** (που αντιστοιχεί στις αποχρώσεις των εικονοστοιχείων) διαβάζεται κατά **γραμμές** σάρωσης
- Η εικόνα που προκύπτει παράγεται κατά γραμμές από **πάνω** προς τα **κάτω**
- Η πηγή της εικόνας εξόδου είναι ο καταχωρητής **πλαισίου**, ο οποίος διαβάζεται σειριακά από ένα κύκλωμα εξόδου εικόνας, σε συνδυασμό με την **ανανέωση** της συσκευής απεικόνισης
- Το πλήθος γραμών και εικονοστοιχείων/γραμμή της συσκευής απεικόνισης καθορίζει την **ανάλυση**



Προσαρμογείς Οθόνης

- Τα πρώτα πλεγματικά υποσυστήματα γραφικών αποτελούνταν από **μνήμη** και κυκλώματα **εξόδου**
- Αποκαλούνταν **προσαρμογείς οθόνης** γιατί ο μοναδικός τους σκοπός ήταν να **συγκεντρώνουν** τα τυχαία και ασύγχρονα εγγραφόμενα εικονοστοιχεία στον καταχωρητή πλαισίου και να **προσαρμόζουν** το προκύπτον ψηφιακό σήμα της εικόνας σε ένα συγχρονισμένο **σειριακό** αναλογικό σήμα
- Οι πρώτοι καταχωρητές εικόνας χρησιμοποιούσαν **παλέτες** χρωμάτων
- Ο κεντρικός **επεξεργαστής** πραγματοποιούσε τη σχεδίαση και προσπέλαζε με **τυχαίο** τρόπο τον καταχωρητή εικόνας για να γράψει τις **υπολογιζόμενες τιμές των εικονοστοιχείων**



Προσαρμογείς Οθόνης

- Από την άλλη πλευρά, το κύκλωμα **RAMDAC** ήταν υπεύθυνο για την **ανάγνωση** του καταχωρητή εικόνας γραμμή προς γραμμή και για την **ανάκληση** των χρωμάτων από την παλέτα
- Επίσης ήταν υπεύθυνο και για τη **μετατροπή** των τιμών των χρωμάτων σε κατάλληλη **τάση** στην έξοδο
- Το κύκλωμα εξόδου παράγει **συγχρονισμένο** σήμα για τη συνεχή ανανέωση των συσκευών εξόδου
- Ένα εσωτερικό ρολόι καθορίζει την ταχύτητα **μετατροπής** και επομένως τον μέγιστο ρυθμό **ανανέωσης**
- Ο **ρυθμός ανανέωσης** είναι η συχνότητα με την οποία η συσκευή απεικόνισης πραγματοποιεί μια πλήρη **επανασχεδίαση** της εικόνας



Χρήση διπλού καταχωρητή

- Λόγω **ασυμβατότητας** μεταξύ ανάγνωσης και εγγραφής της μνήμης του καταχωρητή εικόνας (σειριακή/τυχαία) είναι πολύ πιθανό να αρχίσει η ανάγνωση μιας γραμμής σάρωσης προς εμφάνιση, ενώ **δεν** έχει ολοκληρωθεί ακόμη η **παραγωγή** της
- Έτσι εμφανίζεται μια **μη ολοκληρωμένη** εικόνα (“σπάσιμο”)
- Το κύκλωμα εξόδου **δεν** μπορεί να περιμένει το σχηματισμό της εικόνας στον καταχωρητή πλαισίου, λόγω του ότι η έξοδος ανανεώνεται με ρυθμό **ανεξάρτητο** αυτού της σχεδίασης
- Η λύση στο πρόβλημα αυτό είναι η χρήση **διπλού καταχωρητή**: ένας **δεύτερος** καταχωρητής πλαισίου δεσμεύεται στη μνήμη



Χρήση διπλού καταχωρητή

- Οι λειτουργίες της ανάγνωσης και της εγγραφής πραγματοποιούνται σε **διαφορετικούς** καταχωρητές και έτσι **αποσυνδέονται** πλήρως
- Όταν ο πρώτος καταχωρητής είναι “ενεργός” για **εγγραφή**, η έξοδος διαβάζεται σειριακά από τον **δεύτερο**
- Όταν η διαδικασία εγγραφής **ολοκληρώσει** το τρέχον πλαίσιο εικόνας, οι ρόλοι των δύο καταχωρητών **εναλλάσσονται**
- Η εμφάνιση σπασίματος στην εικόνα είναι **δυνατή** ακόμη και με αυτόν τον μηχανισμό
- Για αποφευχθεί αυτό, η εναλλαγή των καταχωρητών μπορεί να πραγματοποιείται **συγχρονισμένα**, στο διάστημα της ανανέωσης (**VBLANK**) μεταξύ των πλαισίων



Επιταχυντές γραφικών

- Οι πρώτοι προσαρμογείς οθόνης ανέθεταν στον **κεντρικό** επεξεργαστή να πραγματοποιήσει όλη τη **σχεδίαση** και το **χειρισμό** των καταχωρητών
- Ωστόσο, με την πρόοδο στην κατασκευή VLSI και στην τυποποίηση αλγορίθμων απεικόνισης, οι τελευταίοι “**μετακινήθηκαν**” σε εξειδικευμένο υλικό
- Οι πρώτες εφαρμογές που αξιοποίησαν τους 2Δ **επιταχυντές** γραφικών ήταν τα παιχνίδια και τα παραθυρικά περιβάλλοντα
- Ένα επιπλέον βήμα επιτάχυνσης επιτεύχθηκε με την **τυποποίηση** της σωλήνωσης των 3Δ γραφικών και την ευρεία υιοθέτηση του αλγορίθμου Z-buffer

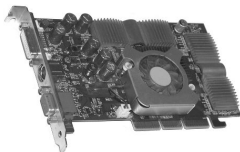


Επιταχυντές γραφικών

- Οι **βιβλιοθήκες** 3D γραφικών (OpenGL, Direct3D) εστίασαν στην απεικόνιση επιφανειών ως **πολύγωνα**
- Η **σωλήνωση** γραφικών στο υλικό βελτιστοποιήθηκε γι' αυτό το σκοπό
- Τα βασικά στοιχεία ενός επιταχυντή 3D γραφικών **επεκτάθηκαν** ώστε να περιλαμβάνουν πιο πολύπλοκες μαθηματικές πράξεις και λειτουργίες
- **Απελευθερώθηκε** έτσι ο κεντρικός επεξεργαστής από υπολογισμούς για την απεικόνιση των 3D σχημάτων
- Όταν μια εφαρμογή απαιτήσει μια λειτουργία **σχεδίασης** ή **επεξεργασίας** μιας 3D σκηνής, τα πάντα **μεταφέρονται** μέσω του προγράμματος οδήγησης στον επεξεργαστή γραφικών



Προγραμματιζόμενο υλικό γραφικών

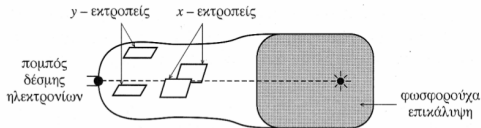


- Στις σύγχρονες GPUs, τόσο οι λειτουργίες επεξεργασίας γεωμετρίας, όσο και τα στάδια σχεδίασης, αντικαταστάθηκαν από τους **φωτοσκιαστές** (shaders): μικρά, εξειδικευμένα προγράμματα που εκτελούνται στους επεξεργαστές γραφικών
- Κάθε κατασκευαστής μπορεί να παρέχει τη **δική** του εσωτερική υλοποίηση του επεξεργαστή γραφικών, με την προϋπόθεση να υποστηρίζει ένα συγκεκριμένο σύνολο **ΕΝΤΟΛΩΝ** για τους φωτοσκιαστές



Συσκευές Εξόδου – Οθόνη

- Αποτελούν τον πιο **κοινό** τύπο συσκευής εμφάνισης εικόνας
- Όλες οι οθόνες, ανεξαρτήτως τεχνολογίας διαβάζουν τα περιεχόμενα του καταχωρητή εικόνας (**πλεγματική εικόνα**)
- **Κλασική** τεχνολογία οθόνης:

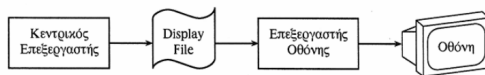


- Ανάγκη **ανανέωσης** 50-110 Hz (από απαίτηση 30 καρέ / sec για animation).
- Εγχρωμες οθόνες: 3 δέσμες (**RGB**)
- **Προσθετική** διαδικασία πάνω στη μαύρη οθόνη



Διανυσματική Οθόνη

- Σχεδιασμός (γραμμικών) αντικειμένων με κατάλληλη μετακίνηση δέσμης **ηλεκτρονίων**
- **Εντολές** της μορφής: `point (x, y)`, `line (x1, y1, x2, y2)` στο `display-file`
- Ανάγκη **φρεσκαρίσματος** περιορίζει μέγιστο αριθμό εντολών του `display-file`:

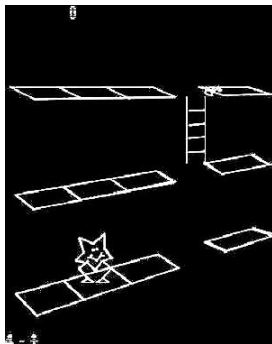


- Αδυναμία παράστασης επιφανειών, αλλά **όχι** ταύτιση (aliasing)



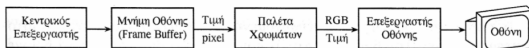
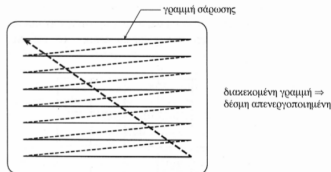
Παράδειγμα διανυσματικής κονσόλας

■ Η κονσόλα **Vectrex** (1982)



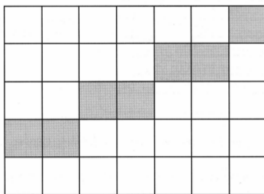
Πλεγματική Οθόνη

- 2Δ πλέγμα **ανεξάρτητα** χρωματιζόμενων εικονοστοιχείων
- Ανανέωση σε **σταθερά** διαστήματα από μνήμη οθόνης κατά γραμμές σάρωσης
- Δυνατότητα παράστασης **οποιασδήποτε** εικόνας
- **Αποδέσμευση** ανανέωσης από δημιουργία εικόνας (τεχνολογία VRAM):



Πλεγματική Οθόνη

- Μνήμη οθόνης πολύ **μεγάλη** (π.χ. $1024 \times 1024 \times 24 = 3\text{Mb}$)
- Μείωση μεγέθους με **παλέτα** χρωμάτων (lookup-table)
- Δημιουργία σχημάτων με αλγορίθμους **επιλογής** pixels, πρόβλημα **ταύτισης**:



- Νέες τεχνολογίες **επίπεδων** (LCD, plasma) ή **μικροσκοπικών** πλεγματικών οθονών (Virtual Reality)
- Παρόμοιες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται και στα **συστήματα προβολής**



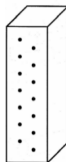
ΕΚΤΥΠΩΤΕΣ

- Διαχωρισμός σε **διανυσματικούς** και **πλεγματικούς**
- Εγχρωμοι με χρήση **αφαιρετικού** χρωματικού μοντέλου (π.χ. CMY):
 - Π.χ. θαλασσί μπογιά **αφαιρεί** κόκκινη συνιστώσα προσπίπτοντος λευκού φωτός
 - **Αποτέλεσμα:** $(R+G+B) - R = G+B =$ θαλασσί
 - Συχνά CMY+B για **οικονομία** μελανιού και **καλύτερα** αποτελέσματα



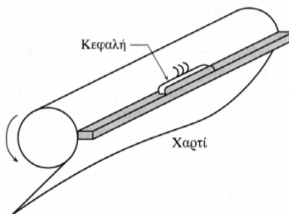
Πλεγματικοί Εκτυπωτές

- Dot-Matrix: κεφαλή με **ακίδες** σε 1 ή περισσότερες στήλες:
 - Πεταγόμενη ακίδα σχηματίζει **κουκίδα** (παρεμβάλλεται μελανοταινία)
 - Κεφαλή **σαρώνει** κατά X, χαρτί κατά Y
 - Αύξηση ανάλυσης με πολλαπλές **σαρώσεις** (αργή) ή πολλαπλές **στήλες** ακίδων, μετατοπισμένες κατά Y
 - Χρώμα με **έγχρωμες** μελανοταινίες



Πλεγματικοί Εκτυπωτές

- Ink-Jet: **εκτοξεύει CMY μελάνι** από 3 jets ταυτόχρονα κατά τη σάρωση



- Συσσκευές εκτύπωσης σε **φίλμ** (animation κλπ)



Outline

- 1 Σχετικά
- 2 Σύντομη Ιστορία των Γραφικών
- 3 Εφαρμογές
 - Εφαρμογές των Γραφικών
- 4 Έννοιες
 - Βασικές έννοιες
- 5 Σωλήνωση
 - Σωλήνωση γραφικών
- 6 Καταχωρητές Εικόνες
 - Καταχωρητές Εικόνες
- 7 Υλικό
 - Υλικό γραφικών
- 8 **Σύνοψη**
 - **Ανασκόπηση του σημερινού μαθήματος**



Τι είδαμε σήμερα

- Σήμερα κάναμε μια πρώτη **γνωριμία** με το χώρο των γραφικών
- Είδαμε την **ιστορία** τους και εισάγαμε βασικές **έννοιες**
- Κάναμε μια εισαγωγή στα στάδια **σωλήνωσης** των γραφικών
- Επίσης, παρουσιάστηκαν τρόποι **δημιουργίας**, αλλά και **απεικόνισης** γραφικών



Πλάνο μαθήματος

- 01 Εισαγωγή
- 02 Αλγόριθμοι σχεδίασης
- 03 Συστήματα συντεταγμένων και μετασχηματισμοί στις 2Δ και στις 3Δ
- 04 Προβολές και μετασχηματισμοί παρατήρησης
- 05 Περικοπή και απομάκρυνση κρυμμένων επιφανειών
- 06 Αναπαράσταση και απλοποίηση μοντέλων
- 07 Παραμετρικές καμπύλες και επιφάνειες
- 08 Διαχείριση σκηνής
- 09 Το χρώμα στα γραφικά
- 10 Μοντέλα και αλγόριθμοι φωτισμού
- 11 Σκιές
- 12 Υφή
- 13 Βασικές τεχνικές συνθετικής κίνησης

