



ΒΕΣ 04 – Συμπίεση και Μετάδοση Πολυμέσων



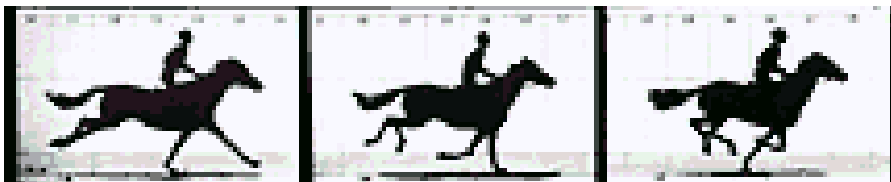
Συμπίεση Βίντεο: Αναλογικό και Ψηφιακό Βίντεο, Υποδειγματοληψία χρώματος

- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Εισαγωγή

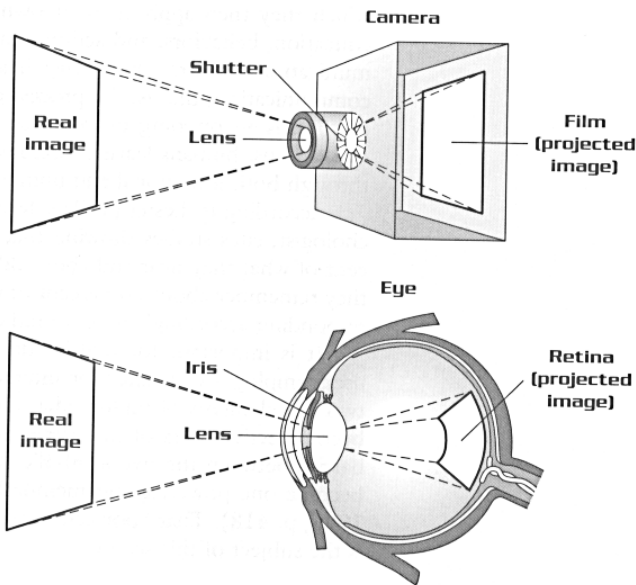


- ◇ Ο ανθρώπινος εγκέφαλος διατηρεί την αίσθηση μιας εικόνας για ένα ελάχιστο κλάσμα του δευτερολέπτου αφού αυτή χαθεί από το οπτικό του πεδίο.
- ◇ Η φυσιολογική αυτή ιδιαιτερότητα είναι γνωστή ως «**μεταισθημα**» ή «**μετείκασμα**» (persistence of vision)
 - ◇ Σε αυτήν αποδίδεται συνήθως η αίσθηση της συνεχόμενης κίνησης
 - ◇ Στον κινηματογράφο, π.χ. τα πλαίσια (οι ακίνητες εικόνες) προβάλλονται με ταχύτητα 24 ανά δευτερόλεπτο



- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formaf Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Αναλογικό Βίντεο



Βασικές έννοιες:

- ◇ Πλαίσια και γραμμές σάρωσης
- ◇ Αίσθηση του «βάθους»
- ◇ Φωτεινότητα (luminance) και Χρώμα (chrominance)
- ◇ Η διάσταση του χρόνου (διακοπή φωτός ανάμεσα σε frames - κινηματογράφος, σάρωση οθόνης - τηλεόραση, οθόνη υπολογιστή)
- ◇ Συνέχεια της κίνησης
- ◇ «Τρεμόπαιγμα» (flickering)

- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formaf Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

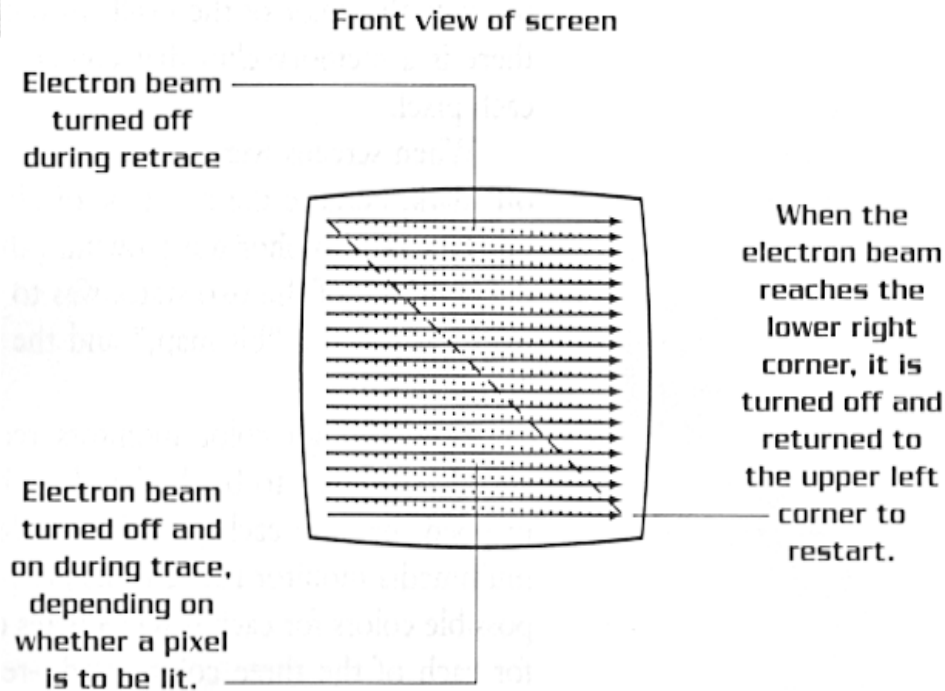
Βασικές έννοιες



- ◇ **Δομή σήματος**
 - ◇ Αποτελείται από **πλαίσια** (εικόνες) για τα οποία πολλές φορές χρησιμοποιούμε την αγγλική ονομασία **frames**
 - ◇ Κάθε πλαίσιο αποτελείται από έναν **αριθμό οριζόντιων γραμμών σάρωσης** (scan lines)
 - ◇ Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι αναπαράστασης χρωμάτων
- ◇ **Ρυθμός πλαισίων (Frame Rate)**
 - ◇ Ο αριθμός των πλαισίων που παράγονται από ένα σήμα βίντεο ανά sec
 - ◇ Τυπικές τιμές: 25-75 πλαίσια/sec (fps = frames per second)
 - ◇ Όχι τρεμόπαιγμα όταν $FR > 40$ πλαίσια/sec
 - ◇ Ελάχιστο όριο για ανθρώπινο μάτι ώστε να διατηρείται η αίσθηση της κίνησης $fps = 15$ πλαίσια/sec
- ◇ **Πλήθος γραμμών σάρωσης**
 - ◇ Σταθερό για όλα τα πλαίσια.
 - ◇ Ρυθμός σάρωσης (scan rate):
 - ◇ (αριθμός γραμμών σάρωσης) * (ρυθμός πλαισίων)

- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formats Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Απεικόνιση αναλογικού βίντεο



- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formats Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Απεικόνιση αναλογικού βίντεο (II)



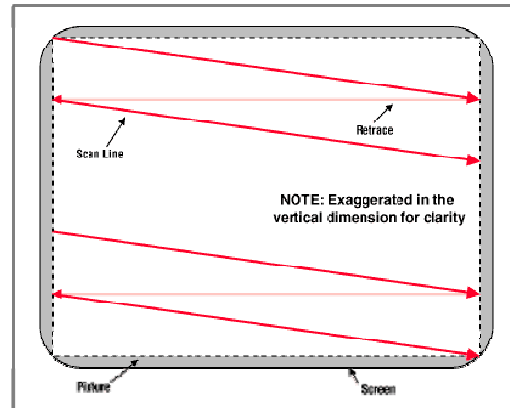
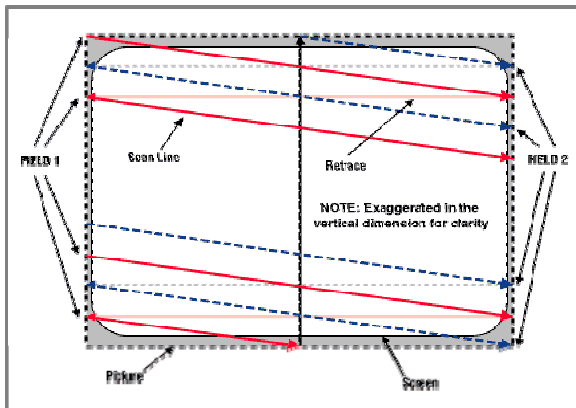
- ◇ Aspect ratio
 - ◇ Πλάτος προς ύψος οθόνης
 - ◇ Τυπικές τιμές:
 - ◇ 4:3 (TV), 16:9 (widescreen TV)
 - ◇ 2:1 (κινηματογράφος)
- ◇ Διαπλεκόμενη (Interlaced) και Προοδευτική (Progressive) σάρωση
 - ◇ Τεχνική για μείωση των προβλημάτων που προκύπτουν από χαμηλό ρυθμό πλαισίων
 - ◇ Τα πλαίσια χωρίζονται πεδία (fields). Τα μισά πεδία αποτελούνται από τις «μονές» γραμμές σάρωσης και τα άλλα από τις «ζυγές»
 - ◇ Κατά την απεικόνιση στην οθόνη, πρώτα παρουσιάζεται το πρώτο πεδίο ακολουθούμενο από τη δεύτερο. Αυτό δίνει την εντύπωση ότι η προβολή εικόνων γίνεται σε διπλάσιο από τον πραγματικό ρυθμό (frame rate).
 - ◇ Ο παραπάνω ρυθμός σύμπλεξης λέγεται 2:1 (λόγω των δύο μερών στα οποία χωρίζεται ένα πλαίσιο) και είναι ο πιο συνηθισμένος

- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Διαπλεκόμενη & προοδευτική σάρωση



- ◇ Διαπλεκόμενη (interlaced)
 - ◇ 1 πλαίσιο = 2 πεδία (fields)
 - ◇ Εναλλακτική σάρωση των δύο πεδίων
- ◇ Συνεχής (non-interlaced ή progressive)
 - ◇ Συνεχής σάρωση ενός πλαισίου



- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Πρότυπα αναλογικού βίντεο

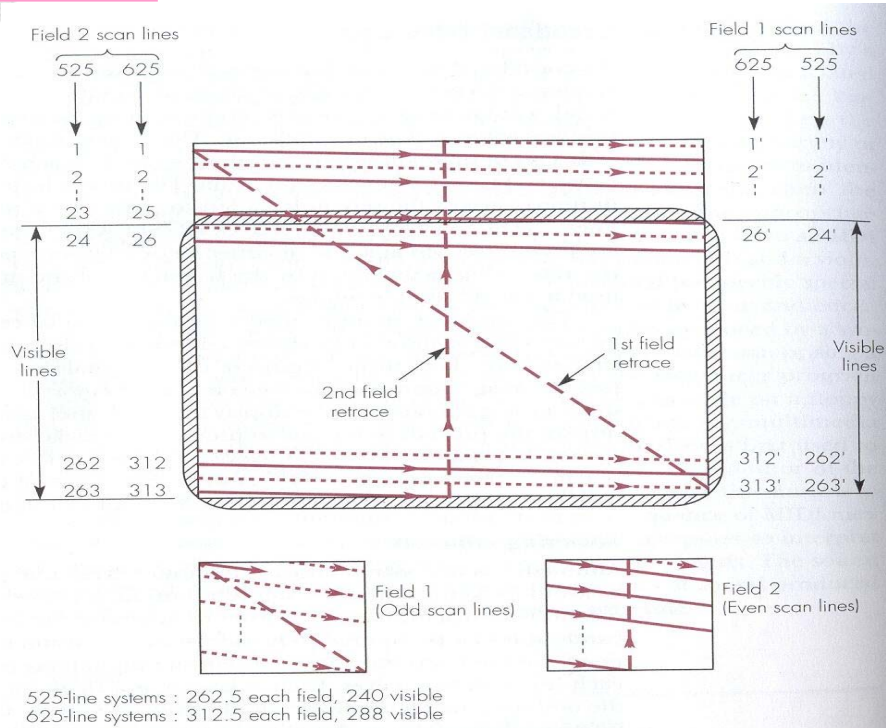


- ◇ NTSC (National Television Systems Committee)
 - ◇ Αμερικάνικο πρότυπο
 - ◇ Λόγος εικόνας 4:3 (πλάτος/ύψος), Χρωματικό μοντέλο YIQ
 - ◇ 525 γραμμές σάρωσης, 30 πλαίσια/sec
 - ◇ Κάθε πλαίσιο χωρίζεται σε 2 πεδία (σύμπλεξη) από 262,5 γραμμές, από τις οποίες 45 χρησιμοποιούνται για πληροφορίες ελέγχου
 - ◇ Επομένως, το οπτικό πεδίο αποτελείται από μόνο 480 γραμμές σάρωσης
- ◇ PAL (Phase Alternation Line)
 - ◇ Ευρωπαϊκό πρότυπο
 - ◇ Λόγος εικόνας 4:3, Χρωματικό μοντέλο YUV
 - ◇ 625 γραμμές σάρωσης (576 ορατές γραμμές εικόνα), 25 πλαίσια/sec
 - ◇ Κάθε πλαίσιο χωρίζεται σε 2 πεδία (σύμπλεξη) από 312,5 γραμμές
 - ◇ 20% περισσότερες γραμμές σάρωσης σε σχέση με το NTSC
- ◇ SECAM (Sequential Couleur Avec Memoire)
 - ◇ Γαλλικό πρότυπο - Όπως το PAL, αλλά βασισμένο σε frequency (και όχι amplitude) modulation



- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Φορματ Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Προβολή σημάτων PAL και NTSC



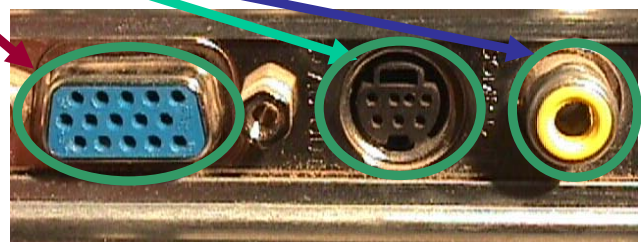
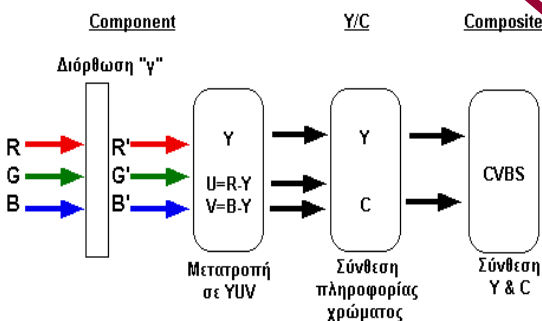
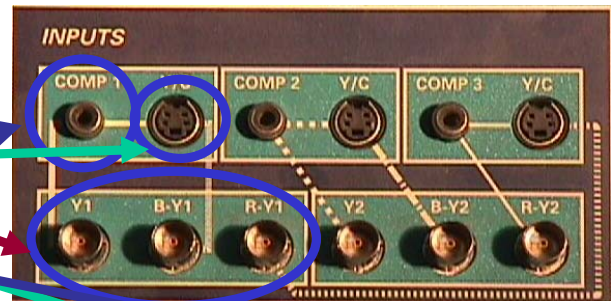
- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Φορματ Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Κωδικοποίηση χρώματος αναλογικού βίντεο

◇ Τρία βασικά σχήματα κωδικοποίησης έγχρωμου σήματος video (color encoding methods),

◇ Κατά φθίνουσα σειρά ποιότητας:

- ◇ Component
- ◇ Y/C
- ◇ Composite



- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formats Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Κωδικοποίηση Component



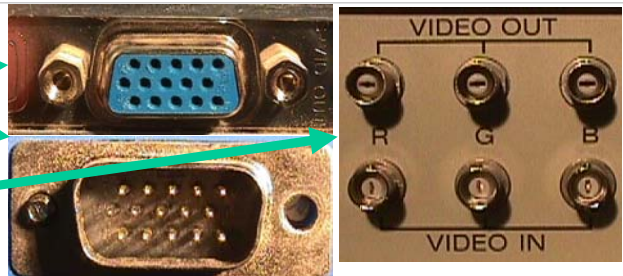
- ◇ Μεταφέρει τρία διαφορετικά συστατικά σήματα (components) με βάση τα οποία αναπαράγεται την πληροφορία της έγχρωμης εικόνας στο δέκτη.
- ◇ Μορφές Component είναι τα σήματα
 - ◇ **RGB** (χρησιμοποιείται στις οθόνες υπολογιστών)
 - ◇ **YUV** (χρησιμοποιείται στα συστήματα PAL και SECAM και προβάλλεται στις συμβατικές τηλεοράσεις)
 - ◇ **YIQ** (χρησιμοποιείται στο σύστημα NTSC και προβάλλεται στις συμβατικές τηλεοράσεις - Βόρεια Αμερική)
 - ◇ **YCrCb** (χρησιμοποιείται στα πρότυπα συμπίεσης ψηφιακού βίντεο - μετατρέπεται σε RGB για προβολή σε οθόνες υπολογιστών και σύγχρονους τηλεοπτικούς δέκτες)

- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formats Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Component: RGB



- ◇ **Ακροδέκτες:**
 - ◇ D15
 - ◇ BNC (Bayonet Neill-Concelman)



- ◇ **Διόρθωση γ:**
 - ◇ **Αρχική εικόνα video:** πρωταρχικά R, G, B που καταγράφονται από το περιβάλλον.
 - ◇ **Φωτεινότητα Y:** αναλογικό σήμα που καταγράφει το βαθμό φωτεινότητας της αρχικής εικόνας
 - ◇ ΌΜΩΣ η φωτεινότητα που παράγεται σε μια συσκευή (πχ. οθόνη) δεν είναι γραμμική συνάρτηση του εφαρμοζόμενου σήματος
 - ◇ Η μη γραμμική σχέση πρέπει να ληφθεί υπόψη για τη σωστή αναπαραγωγή της εικόνας

- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formats Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Component: YUV



- ◇ Προβλήματα στο RGB:
 - ◇ Η μετάδοση των τριών σημάτων R, G και B είναι πλεοναστική
 - ◇ Δεν υπάρχει ξεχωριστό το σήμα φωτεινότητας για συμβατότητα με τις ασπρόμαυρες τηλεοράσεις
- ◇ RGB σε YUV:
 - ◇ Φωτεινότητα (luminance, Y): $Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$
 - ◇ Χρωματικότητα (chrominance, U & V)
 - ◇ $U = B - Y$
 - ◇ $V = R - Y$
- ◇ Η χρωματική κωδικοποίηση YUV χρησιμοποιείται σε συστήματα τύπου PAL όπου:
 - ◇ $U = 0.492 (B - Y)$ και $V = 0.877 (R - Y)$
 - ◇ Μικρότερη ευαισθησία της ανθρώπινης όρασης στη χρωματικότητα μπορούμε να συμπίεσουμε το χρώμα περισσότερο (μικρότερο bandwidth)
- ◇ Επίσης χρησιμοποιείται σε κάμερες και συσκευές video τύπου Betacam και D1.

- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formats Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Η διόρθωση γ στο Component YUV



- ◇ Τα αρχικά R,G,B μετατρέπονται σε «διορθωμένα κατά γάμμα» (gamma corrected) σήματα R' , G' , B'
 - ◇ Παράγονται από τα RGB με μη γραμμικό τρόπο, δηλ. με εξισώσεις που περιέχουν εκθετικούς όρους.

$$R' = 1.099 * R_Y - 0.099$$

$$G' = 1.099 * G_Y - 0.099$$

$$B' = 1.099 * B_Y - 0.099$$
 - ◇ Εκθέτης: συντελεστής γ, συνήθως $\gamma = 0.45$
- ◇ Με βάση τα R' , G' & B' παράγεται:
 - ◇ η «διορθωμένη κατά γ» φωτεινότητα που ονομάζεται "luma" Y'

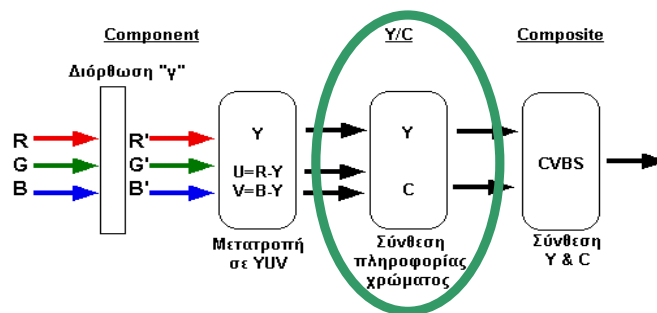
$$Y' = 0.299 * R' + 0.587 * G' + 0.114 * B'$$
 - ◇ η «διορθωμένη κατά γ» χρωματικότητα που ονομάζεται "chroma", U' , V'
- ◇ Τα luma & chroma σήματα χρησιμοποιεί η τεχνολογία ($Y'U'V'$)



- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formaf Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Y/C

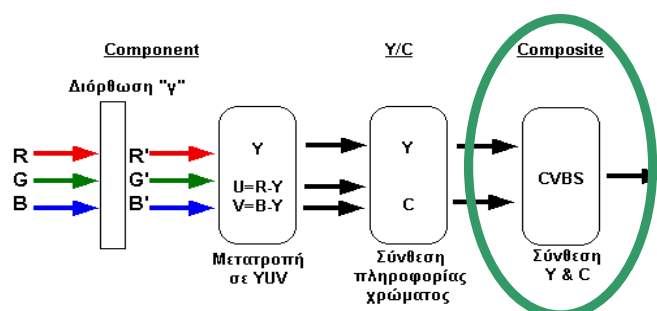
- ◇ Προκύπτει από το Component YUV συνθέτοντας σε ένα τα δύο σήματα χρώματος U & V
- ◇ Μεταφέρει ΔΥΟ συνιστώσες:
 - ◇ Ένα σήμα φωτεινότητας (luma) (Y), και
 - ◇ Ένα σήμα χρώματος (chroma) (C)
- ◇ Μεγαλύτερη συμπίεση (λόγω σύνθεσης U & V) αλλά χαμηλότερη ποιότητα από το YUV



- * Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Formaf Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Composite

- ◇ Προκύπτει με ΣΥΝΘΕΣΗ των luma (Y) και chroma (C) σε ένα μοναδικό σύνθετο (composite) σήμα
- ◇ Μεταφέρει ταυτόχρονα τις πληροφορίες φωτεινότητας, χρώματος αμαύρωσης και συγχρονισμού.
- ◇ Αναφέρεται και ως CVBS (από τα αρχικά των λέξεων Color, Video, Blanking, & Sync).
- ◇ Ακόμη μεγαλύτερη συμπίεση αλλά χαμηλότερη ποιότητα από όλες τις μορφές σημάτων





- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

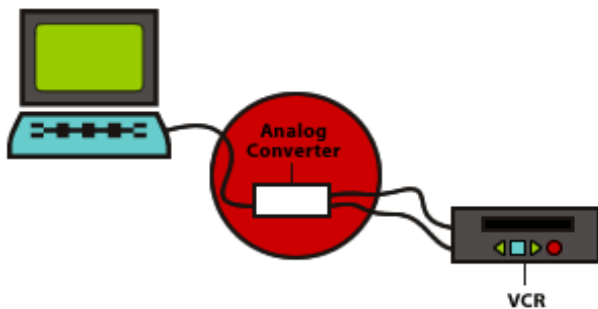
Ψηφιακό Βίντεο

- ◇ Ψηφιακό Βίντεο:
 - ◇ σύνολο ψηφιακών τεχνολογιών με τις οποίες είναι δυνατή η εξ αρχής παραγωγή, επεξεργασία, αποθήκευση και διαμοίραση ψηφιακών αρχείων οπτικοακουστικής πληροφορίας.
- ◇ Υπάρχουν ΔΥΟ τρόποι για να δημιουργήσει κανείς ψηφιακά αρχεία video:
 - ◇ Με ψηφιοποίηση αναλογικού video. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή ως «σύλληψη αναλογικού video» (analog video capturing)
 - ◇ Με χρήση τεχνολογιών απευθείας καταγραφής σε ψηφιακή μορφή,



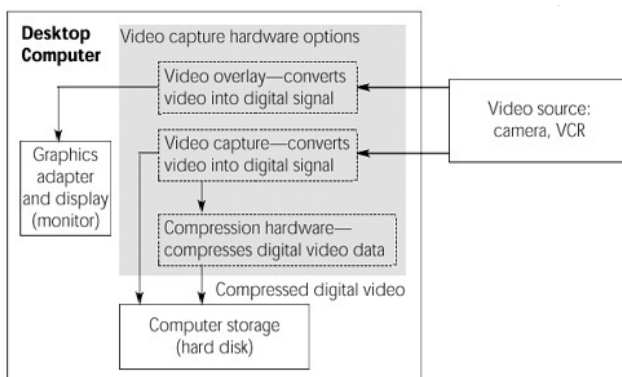
- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Ψηφιοποίηση αναλογικού βίντεο



Video overlay board:

Ψηφιοποίηση και απεικόνιση στην οθόνη του υπολογιστή (ταύτιση τιμών φωτεινότητας / χρώματος με τα αντίστοιχα pixel της οθόνης, μετατροπή γραμμών σε ύψος οθόνης σε pixels κλπ).

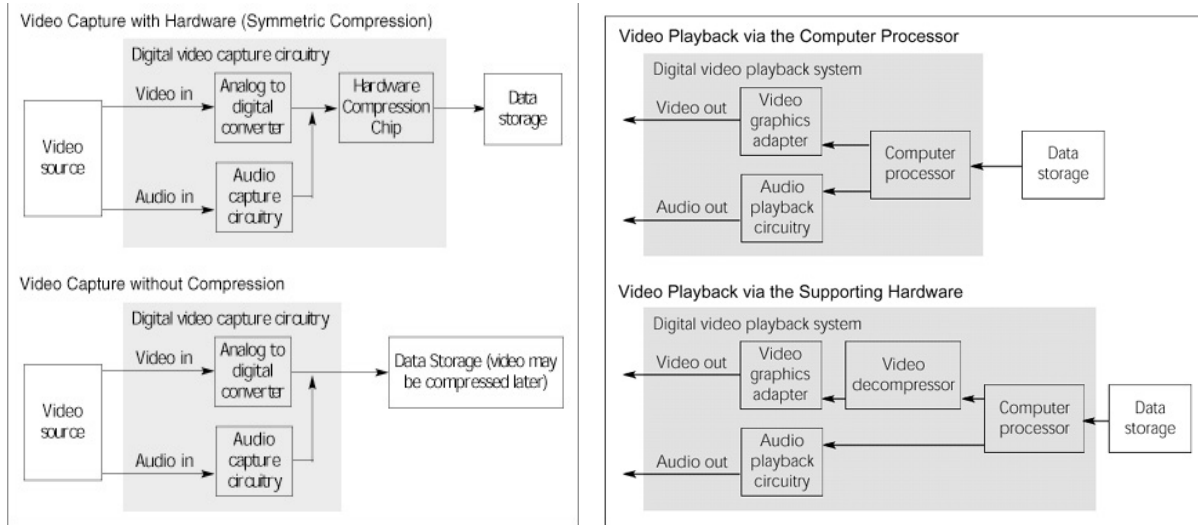


Video capture board (frame grabber):

Μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό με συγκεκριμένο ρυθμό δειγματοληψίας γραμμής (13,5 εκατομμύρια samples per second) και αναπαράσταση των τιμών φωτεινότητας / χρώματος κάθε pixel με συγκεκριμένο αριθμό bits (1 to 24 bit quality).

- Αναλογικό Βίντεο
- ★ Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Σύλληψη και αναπαραγωγή βίντεο σε PC



- Αναλογικό Βίντεο
- ★ Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

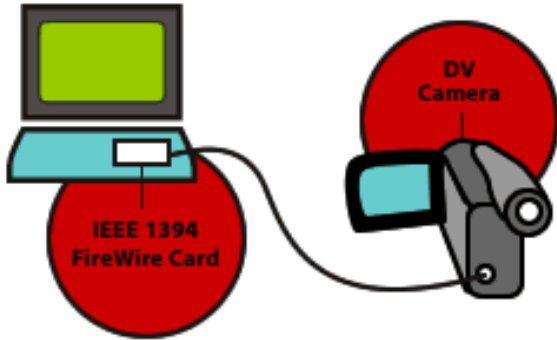
Κάρτα Σύλληψης Video (Video Capture Card)



- ◇ Τυπικά χαρακτηριστικά:
 - ◇ Δίαυλος Σύνδεσης: PCI (ή και USB)
 - ◇ Παραγόμενα αρχεία: AVI ή MPEG-1, MPEG-2
 - ◇ Είσοδος: Y/C, Composite
 - ◇ Έξοδος: (αν υπάρχει θα είναι συνήθως Y/C ή Composite)
 - ◇ Δυνατότητα TV-tuner: (μπορεί να υπάρχει ή όχι)
 - ◇ Μέγιστη Ανάλυση: 720x576 (PAL)
 - ◇ Λογισμικό: συνήθως η κάρτα συνοδεύεται από κάποιο λογισμικό επεξεργασίας αρχείων video

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Απευθείας δημιουργία ψηφιακού βίντεο



- ◇ Ψηφιακή βιντεοκάμερα:
 - ◇ CCD => Ροή ψηφιακών δεδομένων.
 - ◇ Χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά θύρες επικοινωνίας τύπου **IEEE-1394** (γνωστότερο ως FireWire ή iLink)
 - ◇ Σύνδεση με την αντίστοιχη θύρα 1394 στον υπολογιστή.
 - ◇ Ο διαυλος 1394 επιτυγχάνει υψηλούς ρυθμούς μεταγωγής ψηφιακών δεδομένων (μέχρι και 400 Mbps)

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Βασικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο



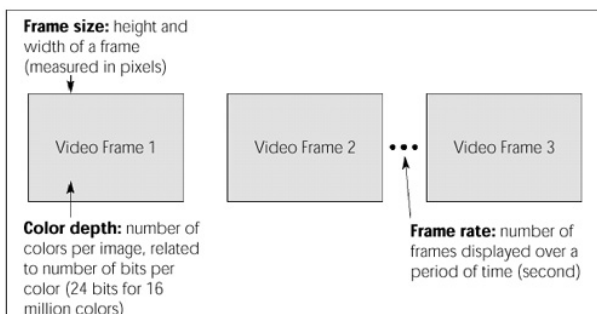
- ◇ **Frame Rate**
 - ◇ Αριθμός πλαισίων που προβάλλονται ανά δευτερόλεπτο ώστε να δίνεται η αίσθηση της κίνησης.
 - ◇ Το frame rate μετριέται σε συνήθως σε frames per second (fps).

Frame Size:

- ◇ Το ύψος και πλάτος (σε pixels) για κάθε πλαίσιο (frame).

Color Depth or Resolution

- ◇ Ο αριθμός των bits που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της φωτεινότητας / χρώματος για κάθε pixel.



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Δειγματοληψία βίντεο

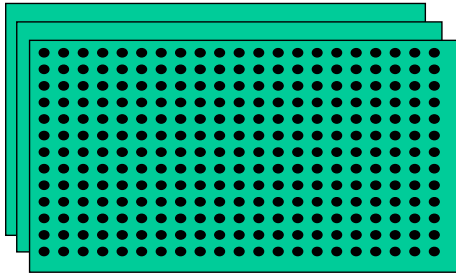


- ◇ Δειγματοληψία:
 - ◇ Χρονική (frames per second -fps).
 - ◇ Χωρική (οριζόντια + κάθετα) - pixels.

◇ Συχνότητα δειγματοληψίας:

1. τα δείγματα πρέπει να βρίσκονται σε **απόλυτη στοίχιση στη κάθετη διάσταση**
 2. η **απόσταση μεταξύ των δειγμάτων** να είναι η **ίδια** και στην **οριζόντια** και στη **κάθετη** διάσταση
 3. η συχνότητα δειγματοληψίας να παραμένει ίδια στα διάφορα συστήματα αναλογικού video (PAL, NTSC)
- ◇ Οι παραπάνω απαιτήσεις οδηγούν σε συχνότητα δειγματοληψίας 13.5 MHz

Ψηφιακό σήμα video



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Ρυθμός μετάδοσης



- ◇ Οι παρακάτω παράμετροι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων:
 - ◇ f = frame size (width * height - σε pixels)
 - ◇ r = frame rate (frames per second)
 - ◇ c = color depth (in bits/pixel)
 - ◇ t = time in seconds
 - ◇ **Ρυθμός μετάδοσης = $f * r * c * t$ (σε bps)**
 - ◇ **Παράδειγμα: δειγματοληψία αναλογικού video PAL**
 - ◇ Χωρική ανάλυση: $f = 720 \times 576$ pixels (576 είναι οι ενεργές γραμμές στο PAL)
 - ◇ Βάθος χρώματος: $c = 24$ bit = 3 Bytes
 - ◇ Αριθμός πλαισίων: $r = 25$ fps
- Ρυθμός μετάδοσης:** $720 \times 576 \times 25 \times 3 = 31104000$ Bytes = 30375 kB ~ 30 MB για κάθε δευτερόλεπτο !!

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Υποδειγματοληψία χρώματος



- ◇ Όπως είδαμε στην προηγούμενη διαφάνεια ψηφιακό βίντεο ποιότητας PAL δημιουργεί δεδομένα με ρυθμό 30 Mbyte / sec
=>Για video διάρκειας μιας ώρας χρειάζεται αποθηκευτικός χώρος: $30 \times 3600 = 108000 \text{ MB} = 108 \text{ GB} !!$
- ◇ Η υποδειγματοληψία χρώματος είναι μια από τις απλούστερες τεχνικές για τη μείωση του όγκου δεδομένων ψηφιακού βίντεο
- ◇ Υποδειγματοληψία χρώματος:
 1. Χρήση χρωματικού μοντέλου YCbCr αντί για RGB
 2. Το μάτι έχει μικρότερη διακριτική ικανότητα στις χρωματικές συνιστώσες (Cb, Cr) από ότι στη φωτεινότητα (Y)
 3. Δειγματοληψία των Cb και Cr καναλιών με μικρότερη χωρική ανάλυση
 - ◇ Η δειγματοληψία των καναλιών Cb και Cr με τη μισή χωρική ανάλυση κατά την οριζόντια και κάθετη κατεύθυνση (σχήμα υποδειγματοληψίας χρώματος 4:2:0) μειώνει τον όγκο δεδομένων του ψηφιακού βίντεο στο μισό

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Υποδειγματοληψία χρώματος (II)



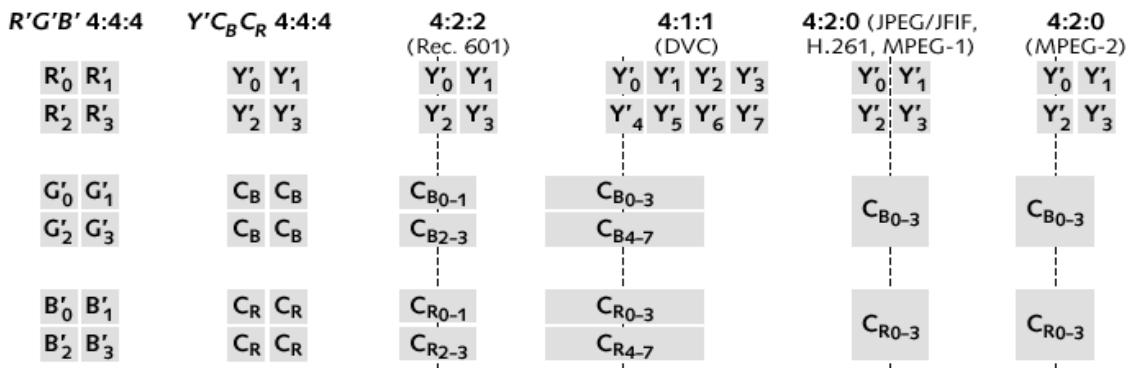
- ◇ Η αναλογία δειγμάτων που παράγονται μεταξύ των σημάτων Y και Cb, Cr εκφράζεται ως ένας διπλός λόγος ακεραίων αριθμών
 - ◇ Ο πρώτος ακεραίος εκφράζει τον αριθμό των δειγμάτων, ανά 4 pixels, στο σήμα Y σε κάθε γραμμή
 - ◇ Ο δεύτερος ακεραίος εκφράζει τον αριθμό των δειγμάτων, ανά 4 pixels, για κάθε ένα από τα σήματα Cb και Cr στις μονές γραμμές
 - ◇ Ο τρίτος ακεραίος εκφράζει τον αριθμό των δειγμάτων, ανά 4 pixels, για κάθε ένα από τα σήματα Cb και Cr στις ζυγές γραμμές
 - ◇ Οι συνηθέστερες μορφές υποδειγματοληψίας χρώματος είναι οι 4:2:2 και 4:2:0.

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Φορματ Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Υποδειγματοληψία χρώματος (III)



- ◇ 4:4:4 => Αρχικό σήμα χωρίς υποδειγματοληψία χρώματος
- ◇ 4:2:2 => 2 pixel για κάθε συνιστώσα chroma (Cb, Cr) έναντι 4 του luma (Y)
- ◇ 4:1:1 => 1 pixel για κάθε συνιστώσα chroma έναντι 4 του luma
- ◇ 4:2:0 => 1 pixel για κάθε συνιστώσα chroma έναντι 4 του luma (και Οριζόντια και Κάθετα) (εφαρμογή σε MPEG)



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Φορματ Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο

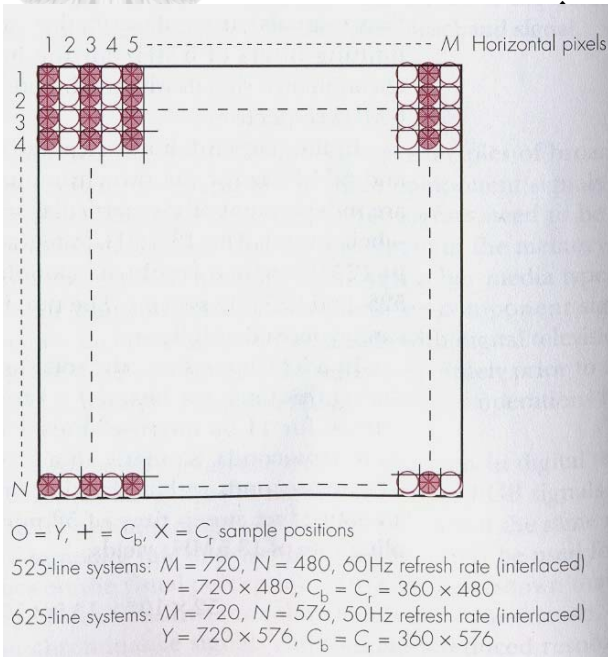


- ◇ Το χρωματικό μοντέλο YCbCr και η υποδειγματοληψία χρώματος χρησιμοποιείται σε όλα τα παρακάτω πρότυπα.
- ◇ Πρότυπα:
 - ◇ **CCIR-601** (CCIR: Consultative Committee for International Radio-communications).
 - ◇ **DVB** (Digital Video Broadcasting)
 - ◇ **HDTV** (High Definition TeleVision)
 - ◇ **SIF** (Source Intermediate Format)
 - ◇ **CIF** (Common Interchange Format)
 - ◇ **QCIF** (Quarter CIF)



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- ★ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

CCIR-601



Διαδεδομένο format για τηλεοπτικά στούντιο

Υποδειγματοληψία χρώματος 4:2:2

- ◇ Ανά τέσσερα pixels έχουμε 4 τιμές φωτεινότητας (Y channel) και από 2 τιμές για τα κανάλια χρώματος (Cr, Cb)
- ◇ 720 στήλες

Για ψηφιοποίηση σήματος PAL,SECAM:

- ◇ 25 frames (interlaced) => 50 fields
- ◇ $Y = 576 \times 720$ pixels (αριθμός γραμμών x αριθμός στηλών)
- ◇ $C_r = 576 \times 360$, $C_b = 576 \times 360$ pixels

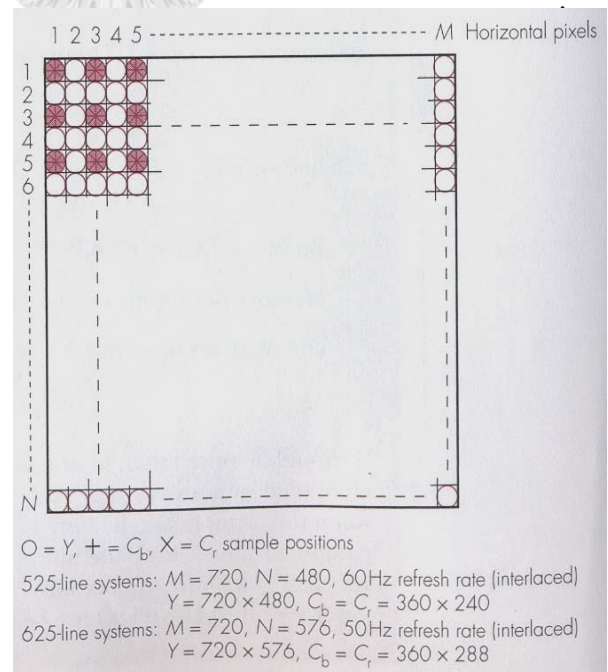
Για ψηφιοποίηση NTSC

- ◇ 30 frames (interlaced) => 60 fields
- ◇ $Y = 480 \times 720$ pixels
- ◇ $C_r = 480 \times 360$, $C_b = 480 \times 360$ pixels



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- ★ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

DVB



Διαδεδομένο format για τηλεοπτική μετάδοση (broadcasting)

Υποδειγματοληψία χρώματος 4:2:0

- ◇ Ανά τέσσερα pixels έχουμε 4 τιμές φωτεινότητας (Y channel) και από 1 τιμή για τα κανάλια χρώματος (Cr, Cb)
- ◇ 720 στήλες

Για ψηφιοποίηση σήματος PAL,SECAM:

- ◇ 25 frames (interlaced) => 50 fields
- ◇ $Y = 576 \times 720$ pixels (αριθμός γραμμών x αριθμός στηλών)
- ◇ $C_r = 288 \times 360$, $C_b = 288 \times 360$ pixels

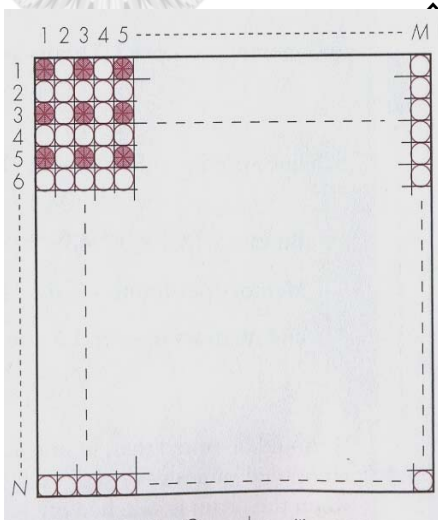
Για ψηφιοποίηση NTSC

- ◇ 30 frames (interlaced) => 60 fields
- ◇ $Y = 480 \times 720$ pixels
- ◇ $C_r = 240 \times 360$, $C_b = 240 \times 360$ pixels



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- ★ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

HDTV



Διαδεδομένο format για τηλεοπτική μετάδοση υψηλής ευκρίνειας

Υποδειγματοληψία χρώματος 4:2:0

- ◇ Ανά τέσσερα pixels έχουμε 4 τιμές φωτεινότητας (Y channel) και από 1 τιμή για τα κανάλια χρώματος (Cr, Cb)
- ◇ 1152 γραμμές για PAL και 960 γραμμές για NTSC
- ◇ Interlaced (50 ή 60 fields από 25 ή 30 frames)

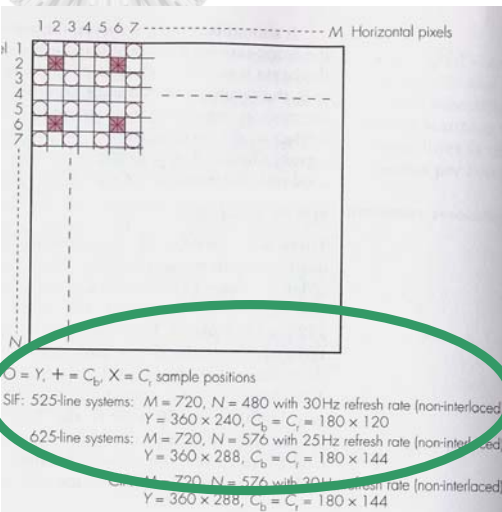
Για Aspect ratio 4:3 και σάρωση τύπου PAL

- ◇ $Y = 1152 \times 1440$ pixels
- ◇ $Cr = 576 \times 720, Cb = 576 \times 720$ pixels
- ◇ Για Aspect ratio 16:9 και σάρωση τύπου PAL
- ◇ $Y = 1152 \times 1920$ pixels
- ◇ $Cr = 576 \times 960, Cb = 576 \times 960$ pixels



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- ★ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

SIF



Διαδεδομένο για ψηφιοποίηση και αποθήκευση αναλογικών κασετών VHS

DV format

Χωρική υποδειγματοληψία και στο σήμα Y
360 στήλες

Υποδειγματοληψία χρώματος 4:1:1

Για ψηφιοποίηση σήματος PAL, SECAM:

- 25 frames (non-interlaced)
- $Y = 288 \times 360$ pixels
- $Cr = 144 \times 180, Cb = 144 \times 180$ pixels

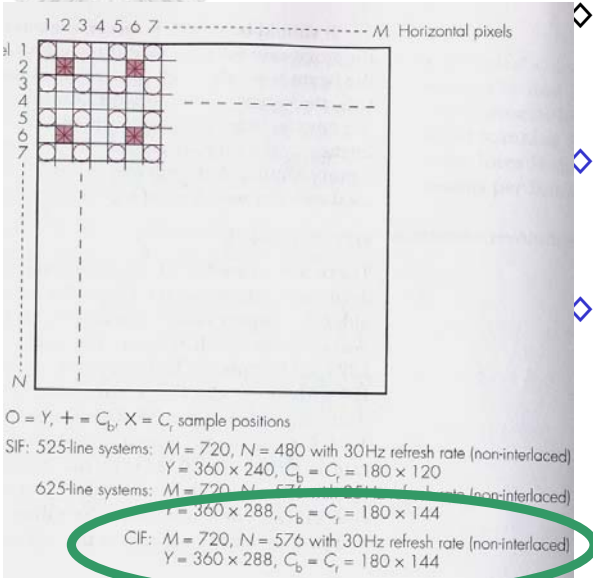
◇ Για ψηφιοποίηση NTSC

- ◇ 30 frames (non-interlaced)
- ◇ $Y = 240 \times 360$ pixels
- ◇ $Cr = 120 \times 180, Cb = 120 \times 180$ pixels



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- ★ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

CIF

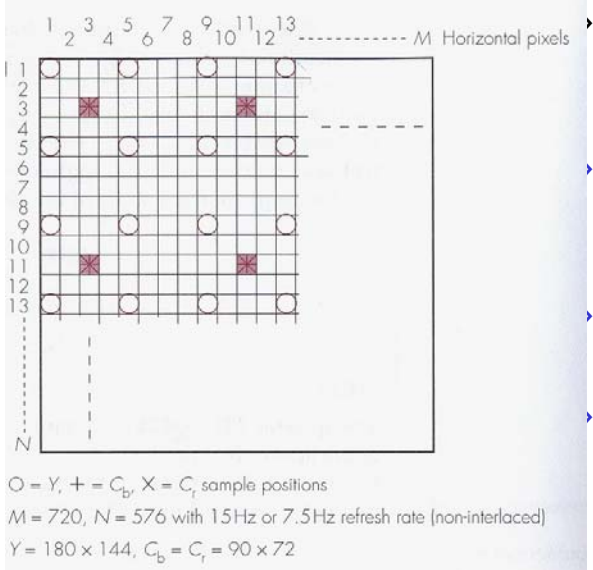


- ◇ Διαδεδομένο για ψηφιοποίηση και αποθήκευση αναλογικών κασετών VHS
- ◇ Χωρική υποδειγματοληψία και στο σήμα Y
- ◇ 360 στήλες
- ◇ Υποδειγματοληψία χρώματος 4:1:1
- ◇ 30 frames (non-interlaced)
- ◇ $Y = 288 \times 360$ pixels
- ◇ $Cr = 144 \times 180, Cb = 144 \times 180$ pixels



- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- ★ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

QCIF



- ◇ Διαδεδομένο για ψηφιοποίηση και αποθήκευση αναλογικών κασετών VHS
- ◇ Διπλή χωρική υποδειγματοληψία και στο σήμα Y
- ◇ 180 στήλες
- ◇ Χρονική υποδειγματοληψία
- ◇ 15 frames (non-interlaced)
- ◇ Υποδειγματοληψία χρώματος 4:1:1
- ◇ $Y = 144 \times 180$ pixels
- ◇ $Cr = 72 \times 90, Cb = 72 \times 90$ pixels

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ★ Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Format Αποθήκευσης Βίντεο



- ◇ Το βασικό μέσο αποθήκευσης ψηφιακού βίντεο υπήρξε ανέκαθεν η **μαγνητική ταινία (κασέτα)** για λόγους χωρητικότητας αλλά και συμβατότητας. Οι μαγνητικές ταινίες διαφέρουν σε σχέση με το εύρος τους (πλάτος ταινίας):
 - ◇ 1/2 inch,
 - ◇ 3/4 inch (19mm),
 - ◇ 8mm
- ◇ Υπάρχουν διάφορα format (πρότυπα) εγγραφής σε μαγνητικές ταινίες τα οποία διαφέρουν ως προς τον τύπο:
 1. της κασέτας
 2. του σήματος βίντεο (ψηφιακό, αναλογικό - composite, Y/C, component)

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ★ Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Τύποι σήματος βίντεο



- ◇ **Composite analog**
 - ◇ Συνδυασμός των χρωματικών συνιστωσών και φωτεινότητας (όπως στην περίπτωση τηλεοπτικής μετάδοσης)
 - ◇ Τυπικά format: **Betamax, VHS** (Video Home System)
- ◇ **Component analog**
 - ◇ Διαχωρισμός των χρωματικών συνιστωσών και της φωτεινότητας
 - ◇ S-Video (Y/C - φωτεινότητα Y, χρώμα C => τυπικά format S-VHS, Hi-8),
 - ◇ YUV (τυπικά format => **Betacam, Betacam SP**)
- ◇ **Composite digital**
 - ◇ Ψηφιοποιημένο composite analog video
 - ◇ Τυπικά format: **D-2, D-3**
- ◇ **Component digital**
 - ◇ Ψηφιακό σήμα με χρωματικά κανάλια RGB
 - ◇ Ψηφιοποιημένο component analog video (YCrCb κανάλια)
 - ◇ Τυπικά format: **Digital Betacam, DV, Digital 8**

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ★ Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Μερικά διαδεδομένα format



- **VHS** (Video Home System ή Video Helican Scan - 1976)
 - Μορφή σήματος: Αναλογικό
 - Τύπος σήματος: Composite
 - Μέγεθος κασέτας: 1/2 inch
 - Ανάλυση: 300 γραμμές ανά πεδίο
 - Βασική χρήση: Κλασικές βιντεοκασέτες (υπάρχουν και κασέτες σε μικρότερο μέγεθος VHS-C)
- **Betacam SP** (1986):
 - Μορφή σήματος: Αναλογικό
 - Τύπος σήματος: Component
 - Μέγεθος κασέτας: 1/2 inch
 - Ανάλυση: 360 γραμμές ανά πεδίο
 - Βασική χρήση: Κυρίαρχο πρότυπο για επεξεργασία / αποθήκευση αναλογικού βίντεο σε επαγγελματικό επίπεδο (τηλεοπτικά στούντιο)

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ★ Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Μερικά διαδεδομένα format (II)



- **S-VHS** (Super VHS - 1988)
 - Μορφή σήματος: Αναλογικό
 - Τύπος σήματος: Component (μορφή S-Video Y/C)
 - Μέγεθος κασέτας: 1/2 inch
 - Ανάλυση: 480 γραμμές ανά πεδίο
 - Βασική χρήση: Βελτιωμένη μορφή των βιντεοκασετών VHS, overlay αναλογικού σήματος βίντεο σε οθόνες υπολογιστή
- **Hi-8** (1989):
 - Μορφή σήματος: Αναλογικό
 - Τύπος σήματος: Component (μορφή S-Video Y/C)
 - Μέγεθος κασέτας: 8 mm
 - Ανάλυση: 415 γραμμές ανά πεδίο
 - Βασική χρήση: Κυρίαρχο πρότυπο για (μη επαγγελματικές) αναλογικές βιντεοκάμερες (παρόμοια ποιότητα με S-VHS, μικρότερο μέγεθος κασέτας)

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ★ Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Μερικά διαδεδομένα format (III)



- D-3 (1991)
 - Μορφή σήματος: Ψηφιακό (δειγματοληψία αναλογικού βίντεο)
 - Τύπος σήματος: Composite
 - Μέγεθος κασέτας: 1/2 inch
 - Ανάλυση: 450 γραμμές ανά πεδίο, 8-bits / sample
 - Βασική χρήση: Ψηφιοποιημένη μορφή για αποφυγή των απωλειών που προκύπτουν από δημιουργία αναλογικών αντιγράφων από αναλογικές κασέτες (generation loss)
- Digital Betacam:
 - Μορφή σήματος: Ψηφιακό
 - Τύπος σήματος: Component (μορφή YCrCb)
 - Μέγεθος κασέτας: 8 mm
 - Ανάλυση: Δειγματοληψία φωτεινότητας - χρωματικών καναλιών 4:2:2, 10 bits / sample, μικρή συμπίεση περίπου 2:1
 - Βασική χρήση: Κυρίαρχο πρότυπο για επεξεργασία / αποθήκευση ψηφιακού βίντεο σε επαγγελματικό επίπεδο (τηλεοπτικά στούντιο)

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ★ Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Μερικά διαδεδομένα format (IV)



- DV (1995):
 - Μορφή σήματος: Ψηφιακό
 - Τύπος σήματος: Component (μορφή YCrCb)
 - Μέγεθος κασέτας: 1/4 inch
 - Ανάλυση: Δειγματοληψία φωτεινότητας - χρωματικών καναλιών 4:1:1, 8 bits / sample, συμπίεση περίπου 5:1
 - Βασική χρήση: Κυρίαρχο πρότυπο για σύγχρονες ψηφιακές (μη επαγγελματικές) βιντεοκάμερες. Το miniDV δεν είναι διαφορετικό πρότυπο απλά χρησιμοποιεί μικρότερη κασέτα (στην ουσία αποτελεί αντικατάσταση των αναλογικών S-VHS και Hi-8)
- Digital 8 (1999):
 - Μορφή σήματος: Ψηφιακό
 - Τύπος σήματος: Component (μορφή YCrCb)
 - Μέγεθος κασέτας: 8 mm
 - Ανάλυση: Δειγματοληψία φωτεινότητας - χρωματικών καναλιών 4:1:1, 8 bits / sample
 - Βασική χρήση: Κυρίαρχο πρότυπο για σύγχρονες ψηφιακές (μη επαγγελματικές) βιντεοκάμερες. (προς τα πίσω συμβατό με το πρότυπο Hi-8)

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Σύγκριση DV & αναλογικού video



	DV	S-VHS / Hi8	VHS / 8mm
Οριζόντια ανάλυση (γραμμές)	500	400-420	240-250
Κωδικοποίηση χρώματος	Component	Y/C	Composite
Λόγος σήματος προς θόρυβο (Signal/Noise σε db)	60	45-46	43-45

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Format Αποθήκευσης Βίντεο
- Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο



- ◇ Υπάρχουν διάφορες πρότυπα μετάδοσης ψηφιακού βίντεο τα οποία έχουν σχεδιαστεί για βέλτιστη απόδοση σε συγκεκριμένα μέσα μετάδοσης.
- ◇ Τα πρότυπα αυτά περιγράφουν τους / τα:
 - ◇ **Codecs** (coder/decoder) δηλαδή τα σχήματα συμπίεσης βίντεο (αλγόριθμοι συμπίεσης και αποσυμπίεσης) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Υπάρχουν codecs βελτιστοποιημένοι για τα διαφορετικά είδη μεταφοράς (delivery), π.χ. για βίντεο σε DVD, CD-ROM, σκληρό δίσκο, Web, κλπ.
 - ◇ **Πρωτόκολλα μετάδοσης** που χρησιμοποιούνται
 - ◇ **Προδιαγραφές για το λογισμικό αναπαραγωγής** (player) το οποίο αναγνωρίζει αναπαράγει τα αρχεία που έχουν δημιουργηθεί με το συγκεκριμένο πρότυπο

- ☑ Αναλογικό Βίντεο
- ☑ Ψηφιακό Βίντεο
- ☑ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ☑ Formats Αποθήκευσης Βίντεο
- ★ Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Streaming vs Downloading



- **Streaming** (μετάδοση βίντεο σε πραγματικό χρόνο και αναπαραγωγή χωρίς αποθήκευση)
 - **Εύρος ζώνης (bandwidth):** Ίσο με το bitrate του βίντεο μετά από συμπίεση.
 - **Αποθήκευση (storage):** Δεν χρειάζεται αποθήκευση (ενόσω υπάρχει αρκετή RAM)
 - **Καθυστέρηση για αναπαραγωγή:** Μικρή (έως ότου συμπληρωθεί ένα αυτόνομο τμήμα για αποκωδικοποίηση)
 - **Ανάλυση:** Εξαρτάται από το διαθέσιμο εύρος ζώνης
- **Downloading** (Video on Demand):
 - **Εύρος ζώνης (bandwidth):** Μπορεί να είναι πάρα πολύ μικρό (από dial-up σύνδεση 56kbps έως LAN 100 Mbps).
 - **Αποθήκευση (storage):** Τόσο όσο να μπορεί να αποθηκευτεί ολόκληρο το αρχείο βίντεο.
 - **Καθυστέρηση για αναπαραγωγή:** Ίσο με το χρόνο που χρειάζεται για να γίνει download ολόκληρο το αρχείο
 - **Ανάλυση:** Εξαρτάται από το διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο

- ☑ Αναλογικό Βίντεο
- ☑ Ψηφιακό Βίντεο
- ☑ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ☑ Formats Αποθήκευσης Βίντεο
- ★ Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

IEEE 1394



- Χρησιμοποιείται για ενσύρματη μετάδοση ψηφιακού βίντεο σε μικρές αποστάσεις
- Οι ονομασίες:
 - **IEEE-1394** (το IEEE προέρχεται από τα αρχικά «Institute of Electrical and Electronics Engineers»),
 - **FireWire™** (κατοχυρωμένη εμπορική ονομασία της Apple),
 - **i.Link™** (κατοχυρωμένη εμπορική ονομασία της Sony Electronics, Inc)

δηλώνουν το ίδιο:

- ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας διαμεταγωγής ψηφιακών δεδομένων (μέχρι και 400 Mbps) που είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένο με τη τεχνολογία ψηφιακού video (κύρια με την πλατφόρμα DV25).

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Φορματ Αποθήκευσης Βίντεο
- ★ Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

IEEE 1394: Ταχύτητα μετάδοσης



Τύπος (Hardware Interface)	Mega Bytes per second
Σειριακή θύρα (RS-232)	0.01
Παράλληλη θύρα	0.115
USB	1.5
SCSI-1	5
SCSI-2	10
Ultra SCSI	20
1394 (FireWire)	12.5-50
Wide Ultra SCSI	40

- Αναλογικό Βίντεο
- Ψηφιακό Βίντεο
- Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- Φορματ Αποθήκευσης Βίντεο
- ★ Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

H26x



- H261:
 - Πρότυπο για συμπίεση βίντεο με στόχο τη μεταφορά του μέσω γραμμών ISDN χαμηλού εύρους ζώνης (p x 64 kbps)
 - Συμμετρική πολυπλοκότητα (ίδιος χρόνος συμπίεσης και αποσυμπίεσης)
 - Παράδειγμα: Video Telephony
- H263
 - Βασίζεται στο H261 αλλά έχει σχεδιαστεί για μετάδοση μέσω του πρωτοκόλλου IP
 - Συμμετρική πολυπλοκότητα (ίδιος χρόνος συμπίεσης και αποσυμπίεσης)
 - Παράδειγμα: Λογισμικό τηλεδιάσκεψης (π.χ. NetMeeting)

- ☑ Αναλογικό Βίντεο
- ☑ Ψηφιακό Βίντεο
- ☑ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ☑ Format Αποθήκευσης Βίντεο
- ★ Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Σειρά MPEG



- **MPEG-1**
 - Πρότυπο για αποθήκευση βίντεο ποιότητας VHS σε CD-ROM (Video CD)
 - Bit rate: 1.2 Mbps για το βίντεο και 250 kbps για τον ήχο
- **MPEG-2**
 - Πρότυπο για αποθήκευση βίντεο ποιότητας DV (αλλά και HDTV) σε DVD-ROM
 - Χρησιμοποιείται επίσης για τηλεοπτική μετάδοση ψηφιακού βίντεο
 - Bit rate 4 -50 Mbps : Δορυφορικά συνδρομητικά κανάλια (π.χ. Nova)
- **MPEG-4**
 - Σχεδιάστηκε για να επιτρέπει εκτός από συμπίεση και χειρισμό υπερμέσων (ανάκληση με βάση το περιεχόμενο, πλοήγηση, hyperlinking, δεικτοδότηση κλπ).
 - Επιτρέπει συνδυασμό φυσικού και συνθετικού βίντεο (κινούμενα γραφικά)
 - 3D -video (παρακολούθηση από διαφορετικές οπτικές γωνίες -views)

- ☑ Αναλογικό Βίντεο
- ☑ Ψηφιακό Βίντεο
- ☑ Πρότυπα Ψηφιακού Βίντεο
- ☑ Format Αποθήκευσης Βίντεο
- ★ Μετάδοση Ψηφιακού Βίντεο

Άλλα πρότυπα



- **Real Media:**
 - Πρότυπο για streaming και video on demand μέσω του πρωτοκόλλου IP
 - Υποστηρίζονται διάφοροι ρυθμοί μετάδοσης
 - Ασύμμετρη πολυπλοκότητα (μεγαλύτερος χρόνος για συμπίεση από αυτόν για αποσυμπίεση)
 - Παράδειγμα: Real Video
- **MJPEG (Motion JPEG)**
 - Πρότυπο συμπίεσης στο οποίο τα διάφορα frames ενός βίντεο συμπιέζονται με την τεχνική JPEG (ως ανεξάρτητες εικόνες)
 - Ασύμμετρη πολυπλοκότητα
 - Παράδειγμα: Ιδιωτικές εφαρμογές