

Υπολογιστές στην Ιατρική Απεικόνιση

Δίκτυα – PACS και Τηλε-ακτινολογία

**Σημειώσεις για το κατ' επιλογήν μάθημα  
«Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές στην Ιατρική»**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ I & II**

της

Σοφίας Κότπου

Φυσικός Ιατρικής

Επίκουρη Καθηγήτρια  
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής  
Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Αθηνών

Μάρτιος 2006

# Υπολογιστές στην Ιατρική Απεικόνιση Δίκτυα – PACS και Τηλε-ακτινολογία **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ I & II**

Σοφία Κότπου

## **Περιεχόμενα**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I.....	3
I.1. Γενικά περί ψηφιοποίησης.....	3
Η μορφή των ακέραιων αριθμών .....	3
Το δυαδικό σύστημα ( $\beta=2$ ) .....	3
Ψηφιακή Παρουσίαση Δεδομένων .....	3
Μεταφορά δεδομένων ψηφιακής μορφής .....	4
Σειριακή ή Παράλληλη μεταφορά ψηφιακών δεδομένων .....	5
Μορφή των δεδομένων .....	6
Μετατροπή αναλογικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή .....	7
ADC: πιθανότητα απώλειας δεδομένων .....	7
I.2. Γενικά για τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή και τις περιφερικές μονάδες.....	7
Η Κύρια Μνήμη (main memory) .....	7
Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU: Central Processing Unit) .....	8
Εκτέλεση του προγράμματος της CPU .....	9
Δίαυλος Εισόδου Εξόδου (I/O bus) .....	9
Συσκευές Μαζικής Αποθήκευσης (floppy disk, hard disk, CD, DVD, μαγνητική ταινία, στερεάς κατάστασης) .....	10
Διασυνδετικές Διατάξεις (interfaces) οθόνης, πληκτρολογίου, δείκτη.....	11
Διασυνδετικές Διατάξεις (interfaces) απόκτησης (δεδομένων) και επικοινωνίας.....	11
Λειτουργία Υπολογιστικών Συστημάτων .....	11
Γλώσσα Υπολογιστή .....	12
Προτεραιότητες (ιεραρχία) στο Software .....	12
Η ασφάλεια στον υπολογιστή .....	13
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.....	14
II.1 Παραγωγή, αποθήκευση και επεξεργασία ψηφιακής εικόνας.....	14
Παραγωγή της ψηφιακής εικόνας .....	14
Συμπίεση δεδομένων .....	16
Αποθήκευση ψηφιακών εικόνων .....	17
Επεξεργασία εικόνας.....	17
Διάγνωση με βοήθεια υπολογιστή (Computer aided detection or diagnosis).....	17
II.2 Παρουσίαση της εικόνας .....	18
Ασπρόμαυρος και έγχρωμος καταγραφέας (οθόνη) με σωλήνα καθοδικών ακτίνων (CRT monitor).....	18
Καταγραφέας (οθόνη) Flat Panel .....	20
Επίταση της αντίθεσης (contrast enhancement) στην οθόνη .....	21
Χαρακτηριστικά της εικόνας.....	22
Κοκκιομορφή υφή και dot pitch.....	24
Ψευδο-έγχρωμη παρουσίαση .....	24

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## 1.1. Γενικά περί ψηφιοποίησης

### Η μορφή των ακέραιων αριθμών

κάθε αριθμητικό σύστημα κωδικοποιεί τους αριθμούς με τη μορφή:

$$a_n\beta^n + a_{n-1}\beta^{n-1} + \dots + a_0\beta^0$$

όπου  $0 < a_i < \beta$ ,  $i=0,1,2,\dots,n$

και  $\beta$  ακέραιος, μεγαλύτερος του 1

ο  $\beta$  καλείται **βάση** του συστήματος

το πιο αριστερό ψηφίο είναι το σημαντικότερο και το πιο δεξί το λιγότερο σημαντικό

ένα παράδειγμα στο δεκαδικό σύστημα:

$$42_{10} = (4 \times 10^1) + (2 \times 10^0)$$

### Το δυαδικό σύστημα ( $\beta=2$ )

ένα παράδειγμα:

$$101010_2 = (1 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (0 \times 2^0)$$

οι δυνάμεις του 2: 1,2,4,8,16,32,64,128,256,512,1024,....

επομένως ο αριθμός του παραδείγματος «μεταφράζεται» σε:  $32_{10} + 8_{10} + 2_{10} = 42_{10}$

άλλες βάσεις που χρησιμοποιούν οι υπολογιστές:

- οκταδική ( $\beta=8$ )
- δεκαεξιδική ( $\beta=16$ )

### Ψηφιακή Παρουσίαση Δεδομένων

Bits, Bytes και Words

- μικρότερη μονάδα χωρητικότητας μνήμης:  
1bit (bit=binary digit, δηλαδή 1 ή 0)
- τα bits ομαδοποιούνται σε bytes: 8 bits=1 byte
- word = 16,32 ή 64 bits

εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του υπολογιστή,  
συγκεκριμένα στο σύστημα αντιστοίχισης αριθμών – θέσεων

Η χωρητικότητα αποθήκευσης στον υπολογιστή μετράται σε:

- kilobytes (kB) –  $2^{10}$  bytes = 1024 bytes
- megabytes (MB) –  $2^{20}$  bytes = 1024 kilobytes
- gigabytes (GB) –  $2^{30}$  bytes = 1024 megabytes
- terabytes (TB) –  $2^{40}$  bytes = 1024 gigabytes

Ψηφιακά μπορούν να παρουσιαστούν

- Κείμενο, ακέραιοι, μη ακέραιοι

Με  $n$  bits μπορούν να παρουσιαστούν  $2^n$  τιμές

- 8 bits :  $2^8 = 256$  τιμές
- 10 bits :  $2^{10} = 1024$  τιμές
- 16 bits :  $2^{16} = 65536$  τιμές

Αν συμπεριληφθούν οι αρνητικοί αριθμοί:

- 8 bits → 256 τιμές, με φάσμα: “- 127 ως 127”

Για πολύ μεγάλους ή πολύ μικρούς αριθμούς

- Παράδειγμα στο δεκαδικό σύστημα:  $6,023 \times 10^{23}$
- Παράδειγμα στο δυαδικό σύστημα :  
 $0,11111111_2 \times 2^{01001111}_2$

Για την παρουσίαση σύνθετου κειμένου (αριθμοί και γράμματα)

- Χρησιμοποιείται ο κώδικας ASCII
- ASCII = American Standard Code for Information Interchange
- Παράδειγμα : A = 01000001

## Μεταφορά δεδομένων ψηφιακής μορφής

Τα δεδομένα μεταφέρονται μεταξύ των συστημάτων ενός υπολογιστή ή σε εξωτερικές μονάδες, με τη μορφή δυαδικού συστήματος

Ένα σταθερό δυναμικό (π.χ. +5V) χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύσει το 1  
Ένα δεύτερο σταθερό δυναμικό (π.χ. 0V) αντιπροσωπεύει το 0

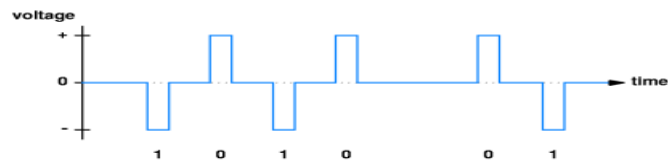
Οι αλλαγές στο δυναμικό, από τη μια τιμή στην άλλη, υπακούουν σε σήματα συγχρονισμού από το ρολόι του υπολογιστή

Ένας ωρολογιακός κύκλος είναι η ελάχιστη χρονική αύξηση ( $\tau$ ) κατά την οποία το 1 μπορεί να μετατραπεί σε 0 ή το αντίστροφο

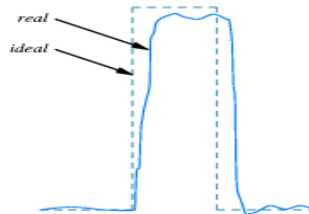
Συχνότητα του ρολογιού:

$$\frac{1}{\tau}$$

που συνήθως δίνεται σε MHz ή GHz



**Figure 5.1** Illustration of how positive and negative voltage can be used to transmit bits across a wire. In this example, the sender applies a negative voltage to send a 1 bit or a positive voltage to send a 0 bit.



**Figure 5.4** An illustration of the voltage emitted by a real device as it transmits a bit. In practice, voltages are often worse than this example.

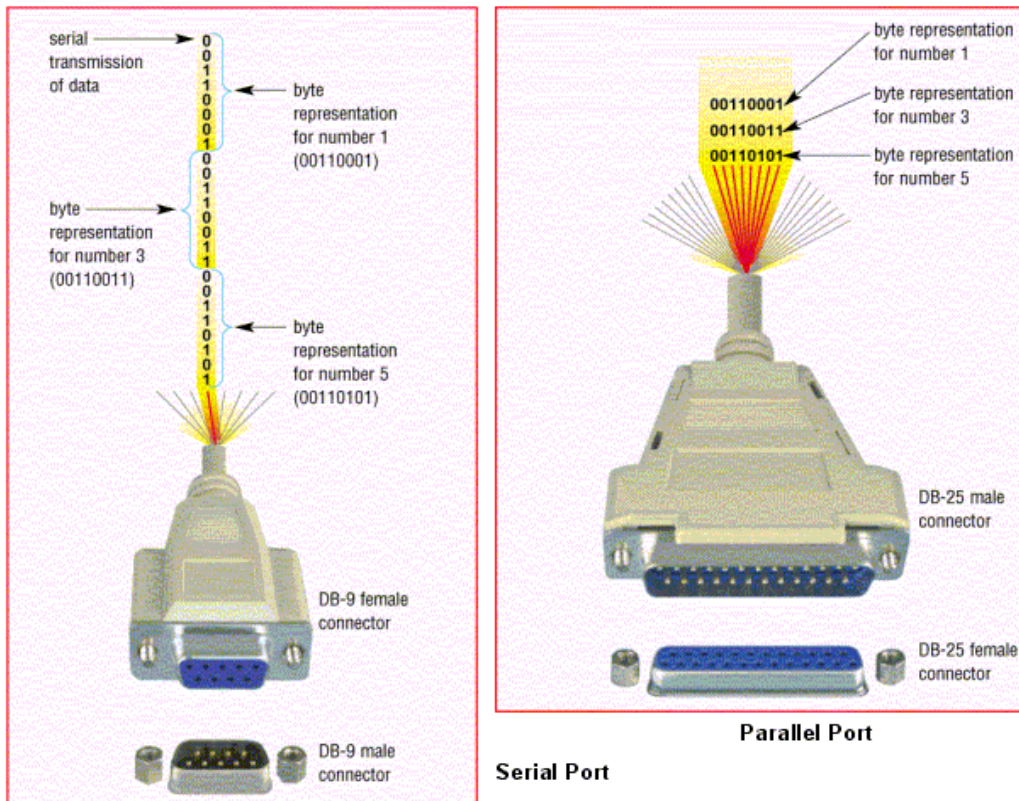
## Σειριακή ή Παράλληλη μεταφορά ψηφιακών δεδομένων

Σειριακή : οι παλμοί δυναμικού μεταφέρονται ο ένας μετά τον άλλο πάνω σε ένα μοναδικό καλώδιο

Παράλληλη : όλοι οι παλμοί μεταφέρονται ταυτόχρονα πάνω σε πολλά καλώδια

Αν χρησιμοποιούνται N καλώδια, η παράλληλη είναι N φορές ταχύτερη από την σειριακή

Δίαυλος : ομάδα καλωδίων για την παράλληλη μεταφορά δεδομένων



Κάθε συσκευή που συνδέεται με το δίαυλο ταυτοποιείται με μια διεύθυνση ή σειρά διευθύνσεων

Μόνο μια συσκευή μπορεί να απασχολεί κάθε φορά το δίαυλο

Γενικά μόνο μια συσκευή λαμβάνει τα δεδομένα που έχουν σταλεί

Η συσκευή - αποστολέας μεταδίδει τα δεδομένα μαζί με τη διεύθυνση του δέκτη

Το «πλάτος» του δίαυλου αναφέρεται στον αριθμό των παράλληλων καλωδίων μεταφοράς των δεδομένων (π.χ. 32 bits)

Ο δίαυλος περιέχει επίσης καλώδια γείωσης, για σήματα ελέγχου κ.λ.π.

## Μορφή των δεδομένων

Αναλογική : συνεχής κυματομορφή, όπου το πλάτος της αντιπροσωπεύει την αριθμητική τιμή του σήματος

Πλεονεκτήματα της ψηφιακής:



- περιέχει ειδικές διευθύνσεις για δεδομένα και για εντολές

Υπάρχουν και:

- η ROM (read only memory) με στοιχεία που μπορεί να διαβάσει ο χρήστης, αλλά όχι να επεξεργαστεί
- η DRAM: δυναμική RAM
- η SRAM: στατική RAM (cache)
- η VRAM: video RAM (κάρτα γραφικών)

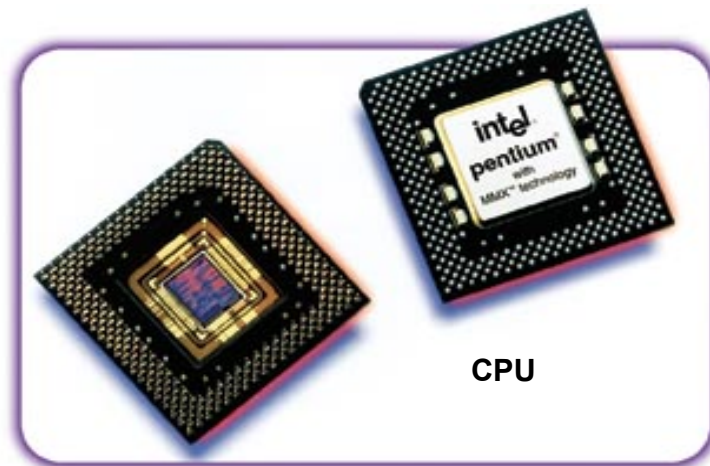
## Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU: Central Processing Unit)

Εκτελεί μια σειρά εντολών: πρόγραμμα

Περιέχεται σε ένα chip, τον μικροεπεξεργαστή

Περιέχει μεγάλο αριθμό θέσεων αποθήκευσης (storage registers):

- δεδομένα
- διευθύνσεις μνήμης



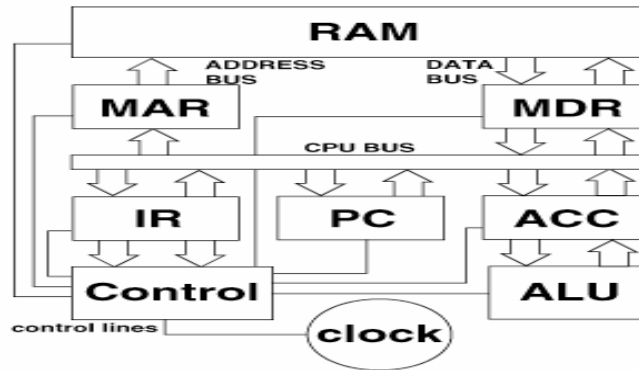
Περιέχει τη Μονάδα Αριθμητικής Λογικής (ALU – Arithmetic Logic Unit)

Οι λογικές πράξεις και η μεταφορά δεδομένων ρυθμίζονται από ρολόι

Η ταχύτητά της μετράται σε εντολές ή πράξεις ανά δευτερόλεπτο (π.χ, MIPS – mega instructions per sec ή GFLOPS – giga floating point logical operations per sec) και καθορίζεται από:

- την συχνότητα – ρυθμό του ρολογιού (σε MHz ή GHz)
- την αρχιτεκτονική (bits per instruction και τις δυνατότητες της παράλληλης επεξεργασίας)





## Εκτέλεση του προγράμματος της CPU

Το πρόγραμμα είναι σειρά εντολών

Η CPU φέρνει τις εντολές από τη μνήμη και τις εκτελεί διαδοχικά

Κάθε εντολή μπορεί να απαιτήσει:

- μαθηματική πράξη
- μεταφορά δεδομένων
- σύγκριση
- μεταπήδηση σε εντολή διαφορετική από την επόμενη

Κάθε εντολή αποτελείται από δύο μέρη:

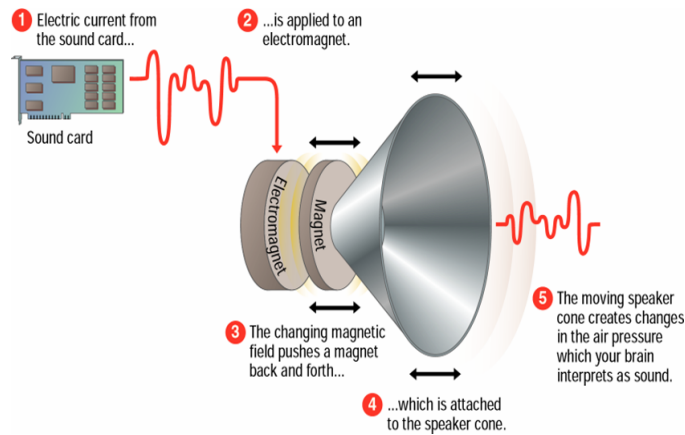
- έναν κωδικό που αντιστοιχεί στη ζητούμενη πράξη
- μια διεύθυνση

## Δίαυλος Εισόδου Εξόδου (I/O bus)

Ο δίαυλος ήδη αναφέρθηκε στο θέμα μεταφοράς των δεδομένων (σειριακή ή παράλληλη)

Οι περισσότεροι δίαυλοι I/O εμπεριέχουν ειδικές υποδοχές για ηλεκτρονικές κάρτες πολλαπλών λειτουργιών, π.χ.

- κάρτα modem
- κάρτα γραφικών
- κάρτα ήχου



Οι υποδοχές καθιστούν έναν υπολογιστή «γενικών καθηκόντων», ικανό να ανταποκριθεί σε «ειδικές αποστολές» π.χ. συνεργασία με μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα ή με σαρωτή μαγνητικού συντονισμού

Πύλες εισόδου – εξόδου (I/O):

- σειριακές
- παράλληλες
- USB (Universal Serial Bus)
- SCSI (Small Computer System Interface)

### **Συσκευές Μαζικής Αποθήκευσης (floppy disk, hard disk, CD, DVD, μαγνητική ταινία, στερεάς κατάστασης)**

Επιτρέπουν τη μόνιμη αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων

Διαφόρων μορφών αναλόγως των απαιτήσεων :

- χρόνος πρόσβασης: τυχαία ή διαδοχικά
- ρυθμός μεταφοράς δεδομένων (kpbs, Mbps, Gbps)
- κόστος
- φορητότητα
- είδος διατήρησης (CD-R ή CD – RW)

Αποτελούνται από:

- μηχανικό οδηγό
- υλικό στο οποίο γίνεται η αποθήκευση
- ελεγκτή (controller)

Για την επιλογή, δύο κύριες παράμετροι:

- ταχύτητα αποθήκευσης – επανάκτησης
- κόστος ανά MB

## **Διασυνδετικές Διατάξεις (interfaces) οθόνης, πληκτρολογίου, δείκτη**

Βοηθούν στην προώθηση των πληροφοριών για παρουσίαση πχ σε οπτική μορφή

Η εικόνα συνήθως εκτίθεται σε οθόνη ή σε εκτυπωτή

Η οθόνη είναι:           ή σωλήνας καθοδικών ακτίνων (CRT)  
                                  ή flat panel με TFT (thin film transistors)

Η κάρτα ελέγχου της οθόνης

- δέχεται ψηφιακά δεδομένα από τη μνήμη
- τα αποθηκεύει σε δικό της χώρο
- παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα επεξεργασίας των αρχικών δεδομένων (εικόνας και κειμένου)
- μετατρέπει το ψηφιακό σε αναλογικό σήμα για την τελική παρουσίαση στην οθόνη

## **Διασυνδετικές Διατάξεις (interfaces) απόκτησης (δεδομένων) και επικοινωνίας**

Απόκτηση δεδομένων και μέσω κάρτας ADC

Επικοινωνία με άλλους υπολογιστές ή δίκτυο

modem = modulator /demodulator

NIC = network interface card, π.χ. Ethernet

Κάθε διασυνδετική διάταξη πρέπει να εξοπλιστεί με μια μοναδική διεύθυνση του δικτύου:

- αριθμός τηλεφώνου (δεκαψήφιος)
- IP (internet protocol) διεύθυνση, π.χ. 123.45.678.9

## **Λειτουργία Υπολογιστικών Συστημάτων**

Παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο που απαιτεί ο υπολογιστής για να φέρει σε πέρας ένα έργο:

- Ταχύτητα στο ρολόι της CPU (πχ. 3.4 GHz Pentium4)
- Αρχιτεκτονική της CPU (πχ. bits/instruction και «παραλληλισμός»)
- Πλάτος διαύλου και ταχύτητα στο ρολόι ρύθμισης εισόδου – εξόδου
- Προτεραιότητες στη μνήμη, διαστάσεις και στοιχεία

- Χρόνοι πρόσβασης και μεταφοράς δεδομένων προς και από συσκευές μαζικής αποθήκευσης
- Ταχύτητα μεταφοράς εντολών και έλεγχος χαρακτηριστικών

## Γλώσσα Υπολογιστή

### Γλώσσα μηχανής

- εντολές στο δυαδικό σύστημα, για να εκτελεστούν από την CPU που απαιτεί λεπτομερή γνώση του συγκεκριμένου υπολογιστή πχ. 100111101.....

### Γλώσσες υψηλού επιπέδου

- για τη «συγγραφή» προγράμματος χωρίς να είναι απαραίτητη η γνώση χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου υπολογιστή
- απαιτούν την παρουσία μιας διάταξης αποδελτοποίησης (compiler) που θα μεταφράζει το πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής
- FORTRAN, Basic, Pascal, C, Java

## Προτεραιότητες (ιεραρχία) στο Software

Εφαρμογές του software, δηλ. των προγραμμάτων που απαιτούνται για την εκτέλεση ειδικών λειτουργιών που επιθυμεί ο χρήστης

- γραμμένα σε γλώσσα μηχανής ή υψηλού επιπέδου
- συνήθως σε εκτελέσιμη μορφή (από το επιχειρησιακό σύστημα – OS- Operating System)
- επιθυμητά: φιλικά στο χρήστη, κατανοητά και προσαρμόσιμα

Το OS είναι το πρόγραμμα που φορτώνεται αρχικά στον υπολογιστή και διευθύνει όλα τα προγράμματα που φορτώνονται στη συνέχεια

- για την εκτέλεση οποιουδήποτε προγράμματος, το OS το αντιγράφει από τη μαζική στην κύρια μνήμη, κινεί τη διαδικασία εκτέλεσης της πρώτης εντολής από την CPU, παραδίδει τον έλεγχο στο πρόγραμμα και επανέρχεται μετά το τέλος του προγράμματος
- διαχειρίζεται τα πολύπλοκα καθήκοντα των I/O και του διαμοιρασμού των μέσων
- πχ. Windows, Mac OS, Linux, UNIX

## Η ασφάλεια στον υπολογιστή

### Στόχοι:

- άρνηση πρόσβασης στα δεδομένα σε μη εξουσιοδοτημένα άτομα
- προστασία ενάντια στην απώλεια των προγραμμάτων και των δεδομένων από αθέλητη ή κακόβουλη ενέργεια

Περιοδική αποθήκευση δεδομένων και δυνατότητα επανάκλησής τους σε περίπτωση εσφαλμένης διαγραφής (back up)

Άμυνα στα κακόβουλα προγράμματα με ιούς, σκουλήκια, trojans, χρονικές βόμβες και αρπαγές κωδικών χρήστη

### Προστασία από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση:

- προσεκτική επιλογή κωδικού χρήστη (όχι λέξεις που περιέχονται σε οποιοδήποτε λεξικό, ανάμειξη κεφαλαίων-μικρών, χρήση χαρακτήρων εκτός γραμμάτων και αριθμών, ...)
- firewall software/hardware π.χ. zone alarm ή black ice

-

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### ΙΙ.1 Παραγωγή, αποθήκευση και επεξεργασία ψηφιακής εικόνας

#### Παραγωγή της ψηφιακής εικόνας

Σε πολλές κλινικές τα απεικονιστικά συστήματα δίνουν τις εικόνες σε ψηφιακή μορφή. Η αξονική τομογραφία και η εικόνα του μαγνητικού συντονισμού είναι ήδη **ψηφιοποιημένες**.

Όπου όμως υπάρχει ακόμη το αναλογικό ακτινολογικό φιλμ, αυτό μπορεί να ψηφιοποιηθεί με:

- **ειδικές συσκευές laser**
- ή συσκευές ενοποιημένου φορτίου (ή ζευγών φορτίου) (**ccd** – charged-coupled device).

Η διαμόρφωση της ψηφιακής εικόνας πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να ελαχιστοποιείται η «αποδυνάμωσή» της, δηλ. η μείωση της διαγνωστικής της αξίας.

Για όσες εικόνες απαιτείται **υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα** (όπως ακτινογραφίες της επεμβατικής μονάδας) θα πρέπει να φορμαριστούν σε μεγάλο **πλήθος pixel** ( $512^2$  ή  $1024^2$ )

Για όσες εικόνες απαιτείται **καλή ποιότητα αντίθεσης** (high contrast resolution) (όπως οι εικόνες ποζιτρονιακής τομογραφίας) θα πρέπει να καταγράφονται σε **pixels με μεγάλο αριθμό bit** (16 bits per pixel)

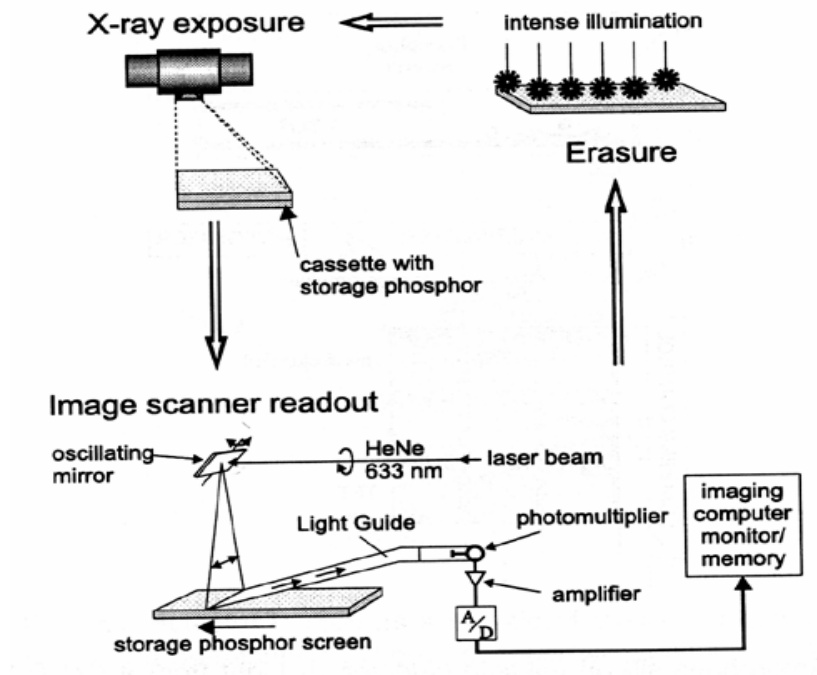
Ο **ψηφιοποιητής** του ακτινολογικού φιλμ σαρώνει την εικόνα με μια δέσμη φωτός, μετράει στην έξοδο το φως που διαπερνά την εικόνα και δημιουργεί μια δεύτερη εικόνα, όπου καταγράφεται, στα αντίστοιχα σημεία, η **οπτική πυκνότητα** (OD – optical density) του αρχικού φιλμ

Η πηγή φωτός μπορεί να είναι **laser** ή μια πηγή **παράλληλων ακτίνων φωτός** (συνήθως μια φωτεινή πηγή)

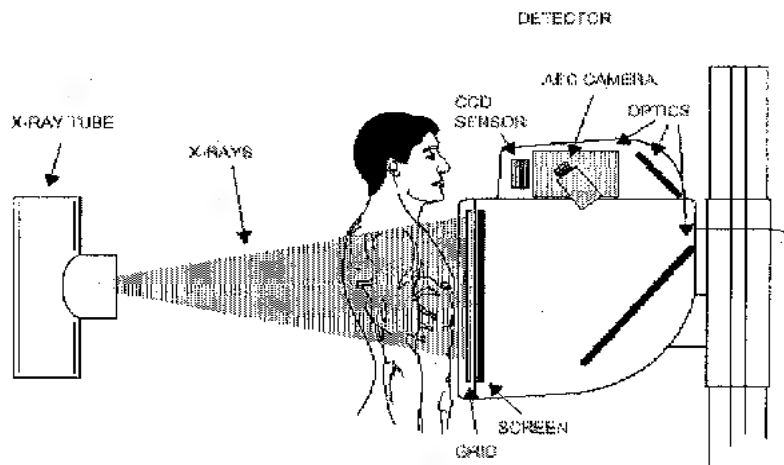
Σε γενικές γραμμές το laser είναι αποδοτικότερο - ακριβέστερο, κυρίως στις μεγάλες οπτικές πυκνότητες, ενώ η πηγή των παράλληλων ακτίνων, συνοδεύεται από μια ευθύγραμμη σειρά ζευγών φορτίου (CCD) και σαν σύστημα είναι φθηνότερο και χρειάζεται λιγότερη συντήρηση

Το σύστημα laser εμπεριέχει:

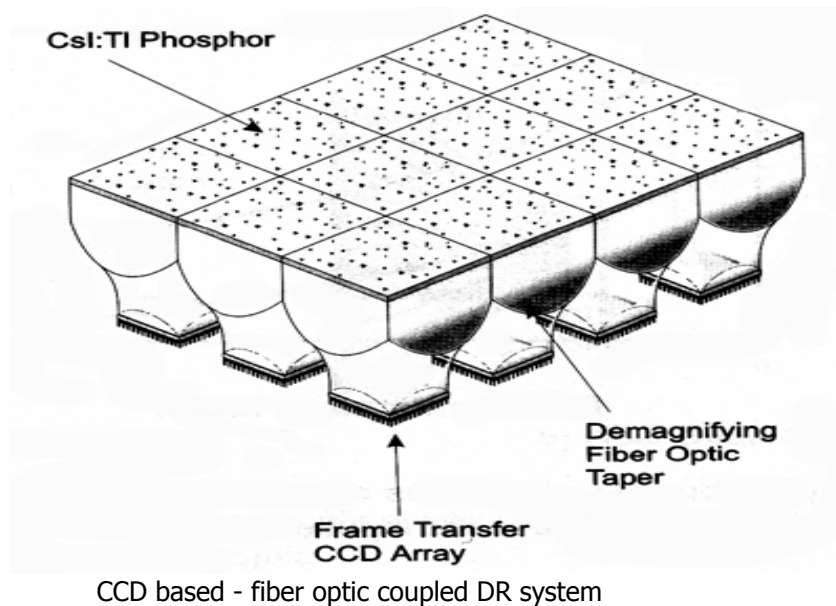
- ανιχνευτή φωτός,
- φωτοπολλαπλασιαστή ή φωτοδίοδο
- και έναν μετατροπέα αναλογικού προς ψηφιακό σήμα (ADC -- analog-to-digital converter).



Το σύστημα CCD μετατρέπει το φωτεινό σήμα σε ηλεκτρονικό και έχει απλούστερη κατασκευή



CCD based - lens coupled DR system



## Συμπύεση δεδομένων

- Μια τυπική ακτινογραφία θώρακος (PA+LAT) απαιτεί περίπου 20 MBy
- Αξονική τομογραφία 120 εικόνων " " 64 MBy
- SPECT Thallium 201 αιμάτωσης μυοκαρδίο " " 1 MBy
- Υπερηχοτομογραφία 60 εικόνων " " 16 MBy
  
- Καρδιακός Καθετηριασμός  
(στεφανιαία και αριστερής κοιλίας) " 450-3000 MBy
- Ψηφιακή Μαστογραφία (2 CC και 2 MLO) " " 32-220 MBy  
CC = Craniocaudal (κεφαλοουριαία), MLO = Lateromedial oblique (μεσοπλάγια λοξή)

### Η συμπίεση δεδομένων

- **μειώνει το κόστος** υλικού του δικτύου, καθώς οι δεσμοί (links) μπορεί να έχουν χαμηλότερο bandwidth,
- όπως επίσης μειώνει και το κόστος της απαιτούμενης χωρητικότητας αποθήκευσης

Βέβαια, πριν από την προβολή στην οθόνη του τερματικού, θα πρέπει τα δεδομένα να απο-συμπιεστούν

### Η συμπίεση είναι **δύο ειδών**:

- στην πρώτη δε χάνονται πληροφορίες, αλλά ο λόγος του αρχικού προς τον τελικό όγκο είναι μέχρι 3:1,
- ενώ στη δεύτερη ο λόγος μπορεί να ξεπεράσει το 15:1 με μικρή απώλεια της ποιότητας της εικόνας



## Αποθήκευση ψηφιακών εικόνων

Συνήθως αποθηκεύονται με τη μορφή δισδιάστατης σειράς δεδομένων:

$I(1,1), I(2,1), \dots, I(n,m)$

Η μικρότερη περιοχή της εικόνας καλείται pixel (picture element) και αντιπροσωπεύεται από μια τιμή (π.χ. ψηφιακή, επίπεδο αμαύρωσης ή Hounsfield unit)

Τυπικές μήτρες:

- CT: 512 x 512 x 12 bits/pixel
- DR: 2048 x 2560 x 10 bits/pixel

Συνολικός αριθμός:  $\text{bytes/image} = \text{pixels/image} \times \text{bits/pixel} \times 1\text{byte}/8\text{bits}$

## Επεξεργασία εικόνας

Πρόσθεση ή αφαίρεση (π.χ. ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία DSA)

Διήθηση χώρου (spatial filtering)

- εξομάλυνση (αφαίρεση ψηφιακού θορύβου-quantum mottle)
- επίταση διαχωριστικών (edge enhancement)

Ανακατασκευή από προβολές

- back projection (π.χ. CT, SPECT, PET)
- fast fourier transform (π.χ. MRI)

Υπολογισμός δεικτών φυσιολογικής λειτουργίας

(π.χ. Πυρηνική Ιατρική – LVEF left ventricular ejection fraction)  
από σειρά εικόνων (π.χ. της αριστερής κοιλίας)

Δημιουργία και διαχείριση ογκομετρικών δεδομένων

Συν-εγγραφή εικόνας (fusion) π.χ. CT και PET

## Διάγνωση με βοήθεια υπολογιστή (Computer aided detection or diagnosis)

Πρόκειται για πρόγραμμα υπολογιστή με ειδικό αλγόριθμο και παραμέτρους, που υπολογίζει και συγκρίνει με προαποφασισμένο κατώφλι. Ανιχνεύονται δηλαδή χαρακτηριστικά της εικόνας που πιθανότατα είναι κλινικώς σημαντικά

Λειτουργούν ως δευτερεύοντες «αναγνώστες», για να επισημάνουν σημεία που πιθανώς διαφεύγουν από την προσοχή του διαγνώστη

Π.χ. στη μαστογραφία βοηθούν στο διαχωρισμό:

- μικρών μαζών
- μικροασβεστομάτων
- παραμορφώσεων από το σύστημα

## **II.2 Παρουσίαση της εικόνας**

Μετατροπή μιας ψηφιακής μήτρας-εικόνας, που βρίσκεται στη μνήμη της κάρτας γραφικών, σε αναλογικό οπτικομαγνητικό σήμα με τη βοήθεια DAC

Οι ψηφιακές τιμές στη μήτρα περνούν από σάρωση πριονωτής μορφής (σε συνάρτηση με το χρόνο) και μετατρέπονται σε αναλογικό σήμα μεταβαλλόμενο με το χρόνο

Το αναλογικό σήμα οδηγείται στην οθόνη (video monitor, καταγραφέας)

### **Ασπρόμαυρος και έγχρωμος καταγραφέας (οθόνη) με σωλήνα καθοδικών ακτίνων (CRT monitor)**

Ο ασπρόμαυρος καταγραφέας παρέχει εμπλουτισμένο φάσμα φωτεινότητας (δυναμικό φάσμα) σε σχέση με τον έγχρωμο

Η ένταση του φωτός είναι ανάλογη του ηλεκτρικού ρεύματος της δέσμης, η οποία με τη σειρά της καθορίζεται από το δυναμικό του εισερχόμενου αναλογικού σήματος

Ο έγχρωμος καταγραφέας CRT χρησιμοποιεί τρία ανεξάρτητα μεταξύ τους «πυροβόλα» ηλεκτρονίων (θερμαινόμενες κάθοδοι), συγχρονισμένα έτσι ώστε οι τρεις δέσμες να φτάνουν ταυτόχρονα (αλλά καθεμία με τη δική της ένταση) σε μικρή περιοχή της οθόνης φωσφόρου, η οποία περιέχει ομάδα κουκίδων κόκκινης – πράσινης - κυανής χρωστικής

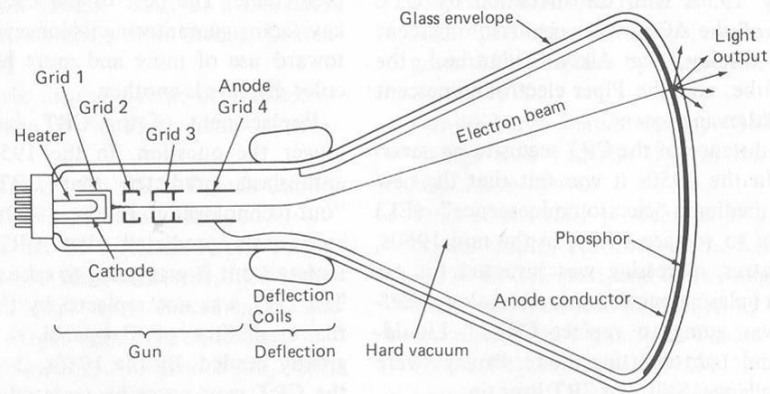
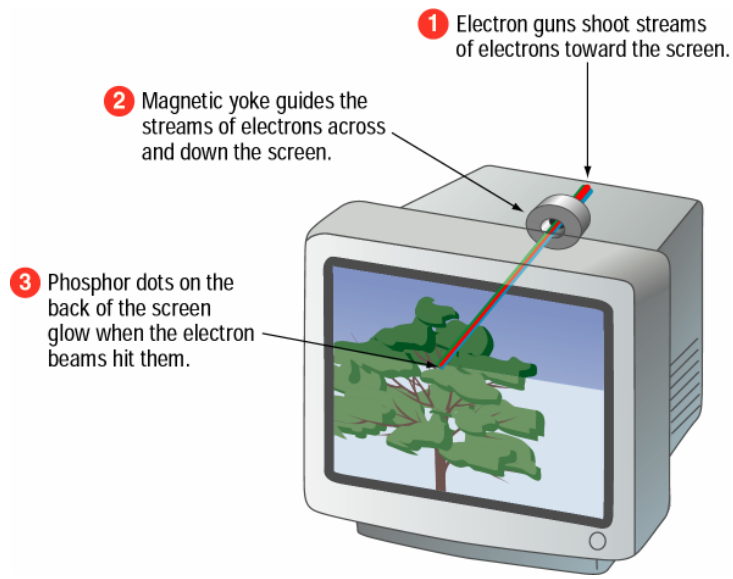


Fig. 1-1. Cathode-ray tube using electrostatic focus and magnetic deflection.

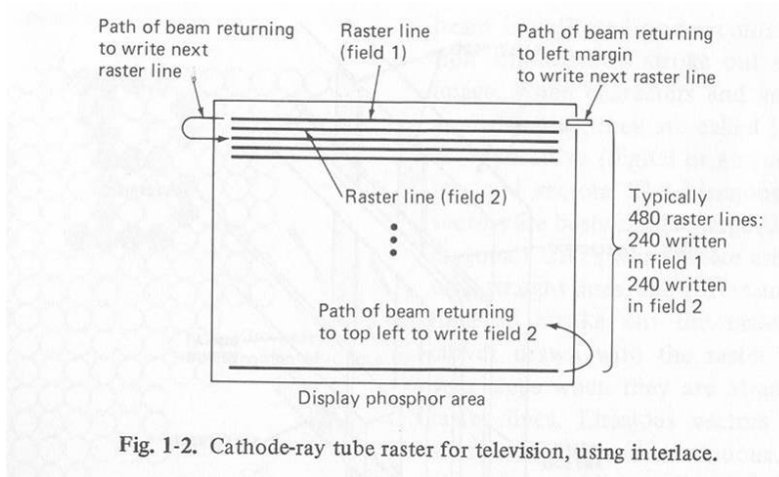


Fig. 1-2. Cathode-ray tube raster for television, using interlace.

## Καταγραφείας (οθόνη) Flat Panel

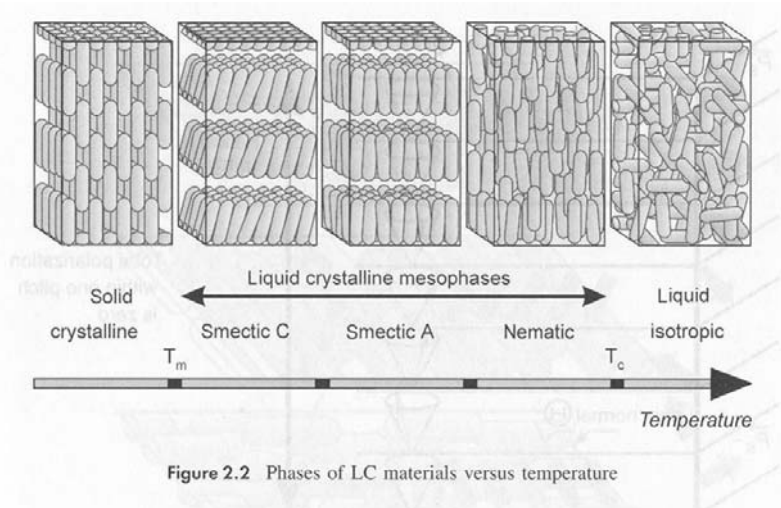
Οι περισσότεροι χρησιμοποιούν στρώμα υγρών κρυστάλλων (LCD liquid crystal display) Όταν εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού στους υγρούς κρυστάλλους, οι τελευταίοι περιστρέφουν το επίπεδο πολωμένου φωτός που πέφτει πάνω τους

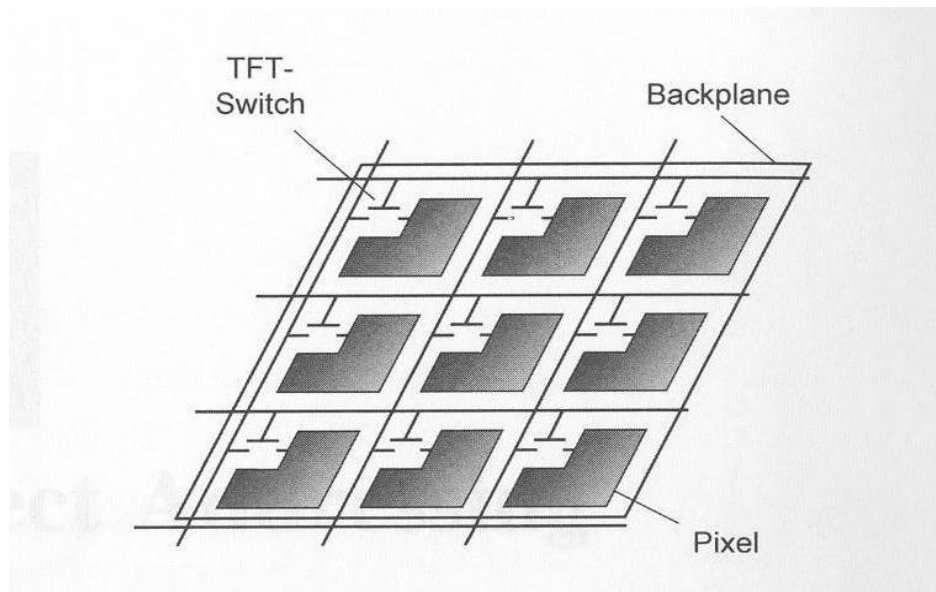
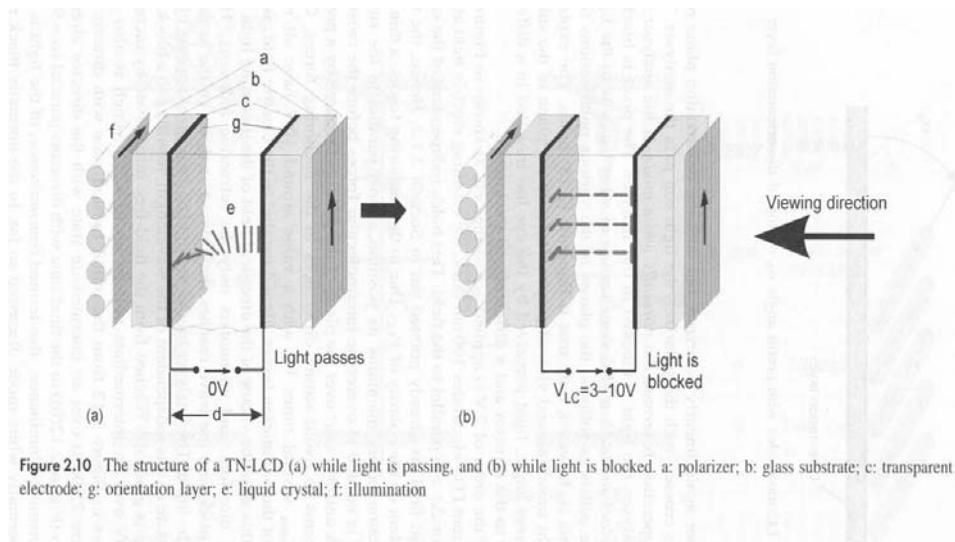
Στη συνέχεια το ίδιο φως πέφτει σε δεύτερο πολωτή με επίπεδο πόλωσης κάθετο ως προς του πρώτου

Αποτέλεσμα: το αναλογικό σήμα (δυναμικό) ρυθμίζει και ελέγχει την ένταση του εξερχόμενου φωτεινού σήματος

Κατά τη σάρωση των pixels της οθόνης, ειδικές μήτρες ελέγχουν την ηλεκτρική τους αγωγιμότητα ρυθμίζοντας την ένταση του τελικού σήματος (τεχνική: thin film transistor, TFT). Κάθε pixel θα δώσει φως μόνον όταν δεχθεί σήμα ταυτόχρονα από την οριζόντια και κάθετη 'συνιστώσα' του

- παθητικές μήτρες (μια τριόδος για κάθε γραμμή και μια για κάθε στήλη pixel)
- ενεργές μήτρες (μια τριόδος και ένας πυκνωτής διατήρησης της έντασης του σήματος για κάθε pixel ή τρεις και τρεις αντίστοιχα στις έγχρωμες οθόνες)





## Επίταση της αντίθεσης (contrast enhancement) στην οθόνη

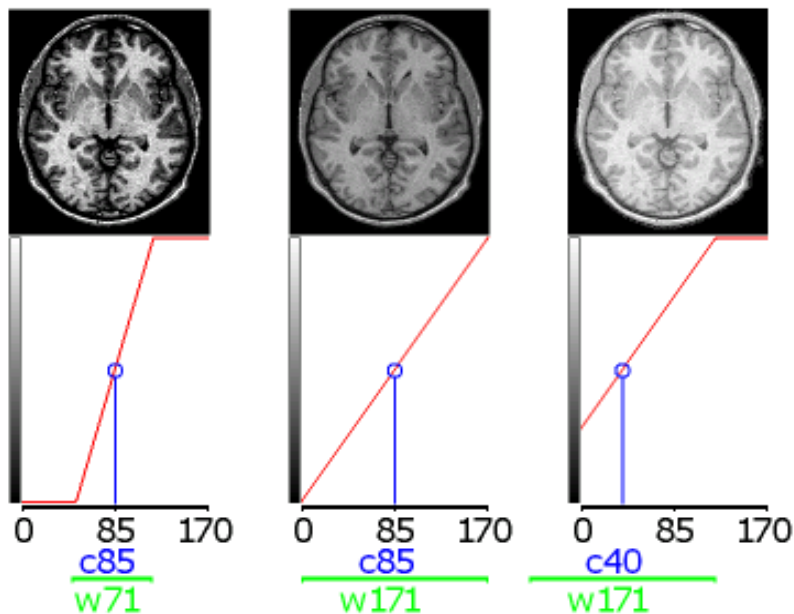
Παρόλο που υπάρχουν DAC των 10-bit, το οπτικό σύστημα του ανθρώπου μπορεί να διακρίνει μόνο  $2^6$  ως  $2^8$  αποχρώσεις του γκρι

Γι' αυτό από μια εικόνα CT των 12-bit, αποθηκεύονται μεν κάθε στιγμή 4096 αποχρώσεις, αλλά παρουσιάζονται μόνο 256

Είναι πολλές φορές επιθυμητή η διαδραστική ρύθμιση της αντίθεσης (contrast) μιας εικόνας

Η μεταβολή-ενίσχυση της αντίθεσης σε μια εικόνα για βελτιωμένη οπτική παρουσίαση, απαιτεί τη χρήση ενός «πίνακα μετάφρασης» (LUT - look-up table), ή της τεχνικής

‘windowing’ που παρεμβάλλονται μεταξύ της μνήμης της κάρτας γραφικών και του DAC



## Χαρακτηριστικά της εικόνας

Ανάλογα με το είδος της ψηφιακής εικόνας (CT, MRI, US, PET, mammo) αλλάζουν και τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει η **οθόνη** ενός τερματικού.

- π.χ. εικόνες από την Πυρηνική Ιατρική, συνήθως θέλουν **χρώμα** και δυνατότητα προβολής **κινούμενης** εικόνας,
- ενώ η ερμηνεία τυπικής ακτινογραφίας βασίζεται στη διάκριση **αποχρώσεων του γκρι**

Σήμερα, τα περισσότερα τερματικά είναι της τεχνολογίας **CRT**, αλλά η χρήση των **flat-panel** με την ενεργή μήτρα υγρών κρυστάλλων (LCD), αυξάνεται συνεχώς.

Μια οθόνη χαρακτηρίζεται από παραμέτρους όπως:

- διακριτική ικανότητα,
- βαθμός παραμόρφωσης,
- διάκριση της αντίθεσης,
- μέγιστη φωτεινότητα,
- δυναμικό εύρος και ομοιογένεια φωτεινότητας,
- θόρυβος,
- ρυθμός ανανέωσης (refresh rate),
- παραμονή (persistence) κλπ.

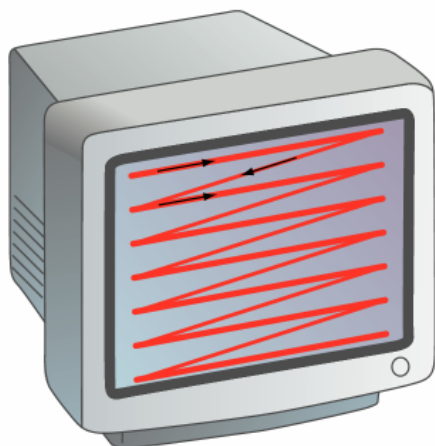
Η λαμπρότητα (**brightness**) μιας οθόνης περιγράφεται με το μέγεθος: φωτεινότητα (**luminance**), η οποία όμως επηρεάζεται από τη διαφορετική ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού στα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φωτός.

Η διάκριση της αντίθεσης (**contrast resolution**) μιας οθόνης καθορίζεται από το δυναμικό εύρος της φωτεινότητας και ειδικότερα από τη διαφορά (ή το λόγο) της μέγιστης από (ή προς) την ελάχιστη τιμή της.

Η **διακριτική ικανότητα** ενός CRT, σε διεύθυνση κάθετη των γραμμών σάρωσης, καθορίζεται κυρίως από τον **αριθμό των γραμμών σάρωσης** και τη **διάμετρο** (σε κάθετη διεύθυνση) της διατομής της **δέσμης** των ηλεκτρονίων, όταν συγκρουσθούν με την φθορίζουσα οθόνη.

Η **διακριτική ικανότητα** σε διεύθυνση παράλληλη με τις γραμμές σάρωσης, καθορίζεται κυρίως από τη **διάμετρο** της διατομής της δέσμης των ηλεκτρονίων, αλλά και το ηλεκτρικό κύκλωμα: πόσο γρήγορα μπορεί να αλλάξει η ένταση της δέσμης των ηλεκτρονίων, σε σχέση με το χρόνο σάρωσης μιας γραμμής.

1 The electron gun scans from left to right,



2 and from top to bottom,

3 refreshing every phosphor dot in a zig-zag pattern.

Ο ρυθμός ανανέωσης (refresh rate), είναι ο **αριθμός των ολοκληρωμένων σαρώσεων** της οθόνης **ανά δευτερόλεπτο**. Πρέπει να είναι μεγαλύτερος των 50 κύκλων / sec (συνήθως 60 – 120 MHz), ώστε το ανθρώπινο μάτι να βλέπει την οθόνη ως συνεχώς φωτεινή.

Η παραμονή (**persistence**) είναι η καθυστερημένη εκπομπή φωτός από τη φθορίζουσα οθόνη. Το φθορίζον υλικό εκπέμπει φως και στο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο σαρώσεων. Η παραμονή διευκολύνει στην παρατήρηση **στατικών** εικόνων, γιατί μειώνει το στατιστικό θόρυβο, αλλά μπορεί να «παραμορφώσει» τις πληροφορίες μιας **δυναμικής** μελέτης.

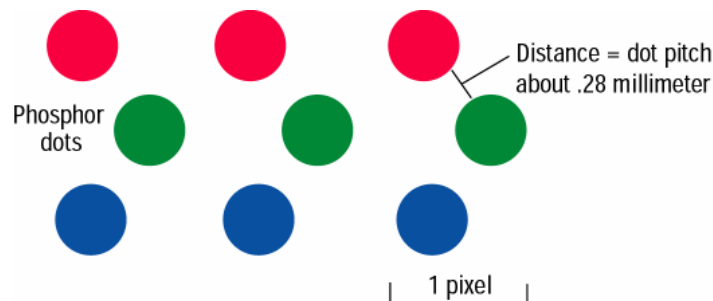
Όλες οι οθόνες των τερματικών μονάδων προσθέτουν **θόρυβο χώρου και χρόνου** στις προβαλλόμενες εικόνες.

Στις οθόνες CRT, το θόρυβο χώρου δημιουργεί κυρίως η κοκκιόμορφη υφή του φθορίζοντος υλικού, ενώ ο θόρυβος χρόνου οφείλεται κυρίως στις μικρές αυξομειώσεις της έντασης της δέσμης των ηλεκτρονίων.

## Κοκκιόμορφη υφή και dot pitch

Dot pitch είναι η απόσταση μεταξύ των κόκκων του φωσφόρου που συναποτελούν ένα pixel

Στις έγχρωμες οθόνες τρεις κόκκοι (κόκκινος, πράσινος και κυανός) συνιστούν το pixel. Σε μια καλή οθόνη το dot pitch δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0.28 mm



## Ψευδο-έγχρωμη παρουσίαση

Το πλάτος του σήματος που δημιουργείται κατά την παραγωγή των ακτινολογικών εικόνων δεν εμπεριέχει πληροφορία για χρώμα

Υπάρχουν περιπτώσεις (π.χ. υπέρηχοι Doppler ή στην Πυρηνική Ιατρική) που «προστίθεται» χρώμα στην τελική εικόνα για να βοηθηθεί η «ερμηνεία» της

Η προσθήκη χρώματος γίνεται με τη χρήση ομάδας LUT και DAC

Η καταγραφή της ψηφιακής εικόνας μπορεί να γίνει σε φωτογραφικό φιλμ ή σε χαρτί



