

# ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ

(Θεωρία)

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

Γ' ΕΠΑ.Λ.





# **ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ**



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

### ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

- 1.- Γεωργάκης Θεόδωρος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης ΠΕ-12
- 2.- Κάππας Κωνσταντίνος, Ηλεκτρονικός-Ηλεκτρολόγος, Υπάλληλος Ο.Τ.Ε., Καθηγητής Ι.Ε.Κ.

### ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

- 1.- Μακρογιάννης Σωκράτης, Φυσικός, Υποψήφιος Διδάκτορας Πανεπιστημίου Πατρών
- 2.- Φωτεινός Αντώνιος, Φυσικός, Υποψήφιος Διδάκτορας Πανεπιστημίου Πατρών
- 3.- Χονδρογιάννης Ελευθέριος, Ηλεκτρονικός ΑΣΕΤΕΜ, Υπάλληλος ΥΠΕΘΑ

### ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

Βιβιαδάκης Ανδρέας

### ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

Γεωργάκης Θεόδωρος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης ΠΕ-12

### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

Μιχάλη Γαδ

### ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Μικράκη Μαρία, Φιλόλογος, Καθηγήτρια Δ/θμιας Εκπαίδευσης ΠΕ-2

### ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Επιστημονικός Υπεύθυνος του Τομέα «ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ»,  
Δρ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΔΗΜ. ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ (Ph.D)  
(Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου)

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας  
Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Θ. Γεωργάκης, Κ. Κάππας

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε  
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

# ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ

(Θεωρία)

**ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ**

Γ' ΕΠΑ.Λ.

Ειδικότητα: Τεχνικών Ηλεκτρονικών & Υπολογιστικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων,  
Δικτύων & Τηλεπικοινωνιών

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»



# *Πρόλογος*

Το βιβλίο "Παραγωγή και Επεξεργασία Σήματος" απευθύνεται στους μαθητές της Α΄ Τάξης του 2ου Κύκλου της Ειδικότητας "Ηλεκτρονικός Οπτικοακουστικών Συστημάτων" του Τομέα Ηλεκτρονικών των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (Τ.Ε.Ε.)

Αποτελείται από δύο μέρη. Στο Α΄ Μέρος καλύπτει τη θεωρία της παραγωγής και επεξεργασίας σήματος και στο Β΄ Μέρος αναπτύσσονται εργαστηριακές ασκήσεις, οι οποίες βασίζονται στη θεωρία. Σκοπός του βιβλίου είναι ο μαθητής να γνωρίσει τις αρχές, που διέπουν την εγγραφή και αναπαραγωγή του αναλογικού και ψηφιακού σήματος εικόνας και ήχου, καθώς επίσης και τις βασικές λειτουργίες των συσκευών αποθήκευσης και επεξεργασίας ήχου και εικόνας. Καταβάλαμε τη μέγιστη δυνατή προσπάθεια, ώστε η μελέτη του βιβλίου να αποτελέσει ευχάριστη και δημιουργική εμπειρία για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς. Ευχαριστούμε τα μέλη της Επιτροπής Κρίσης του βιβλίου για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις. Με μεγάλη ευχαρίστηση θα δεχθούμε κάθε παρατήρηση ή υπόδειξη, που αποσκοπεί στη βελτίωση του βιβλίου.

Οι συγγραφείς



# Περιεχόμενα

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο Αναλογικές συσκευές λήψης και επεξεργασίας ήχου

|            |                                                                      |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1        | Βασικές αρχές ηχοληψίας .....                                        | 17 |
| 1.1.1      | Γενικά περί του ήχου .....                                           | 17 |
| 1.1.2      | Κατηγορίες ήχων .....                                                | 19 |
| 1.1.3      | Φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου - ακουστικό φάσμα<br>συχνοτήτων ..... | 19 |
| 1.1.4      | Ιδιότητες του ήχου .....                                             | 20 |
| 1.1.4.1    | Ηχώ (ανάκλαση του ήχου).....                                         | 20 |
| 1.1.4.2    | Διακροτήματα .....                                                   | 20 |
| 1.1.4.3    | Στάσιμα ηχητικά κύματα .....                                         | 21 |
| 1.1.5      | Υποκειμενικά χαρακτηριστικά τού ήχου.....                            | 21 |
| 1.1.5.1    | Υψος ήχου.....                                                       | 21 |
| 1.1.5.2    | Ένταση ήχου (ακουστότητα) .....                                      | 21 |
| 1.1.5.3    | Χροιά του ήχου.....                                                  | 22 |
| 1.2        | Μικρόφωνα .....                                                      | 24 |
| 1.2.1      | Χαρακτηριστικά μικροφώνων.....                                       | 24 |
| 1.2.2      | Είδη μικροφώνων.....                                                 | 26 |
| 1.2.2.1    | Μικρόφωνα άνθρακα.....                                               | 26 |
| 1.2.2.2    | Κρυσταλλικά μικρόφωνα.....                                           | 27 |
| 1.2.2.3    | Πυκνωτικά μικρόφωνα.....                                             | 28 |
| 1.2.2.4    | Δυναμικά μικρόφωνα.....                                              | 29 |
| 1.2.2.5    | Μικρόφωνα ταινίας.....                                               | 30 |
| 1.2.2.6    | Μικρόφωνα επαφής.....                                                | 31 |
| 1.2.2.7    | Υπερκατευθυντικά μικρόφωνα.....                                      | 31 |
| 1.2.2.8    | Στερεοφωνικά μικρόφωνα.....                                          | 31 |
| 1.2.2.9    | Τεχνικοί όροι ηχοληψίας.....                                         | 32 |
| 1.2.2.10   | Ταξινόμηση μικροφώνων.....                                           | 34 |
| 1.2.2.10.1 | Κινητά μικρόφωνα.....                                                | 34 |
| 1.2.2.10.2 | Στατικά μικρόφωνα.....                                               | 34 |
| 1.3        | Τράπεζα μίξης ήχου ή κονσόλα ελέγχου ήχου .....                      | 36 |
| 1.3.1      | Διακλάδωση των ηχητικών πηγών.....                                   | 36 |
| 1.3.2      | Επεξεργασία των εισόδων.....                                         | 37 |
| 1.3.3      | Μίξη των ηχητικών σημάτων.....                                       | 37 |
| 1.3.4      | Ποιοτικός έλεγχος των ηχητικών σημάτων.....                          | 38 |
| 1.3.4.1    | Εξισωτής κονσόλας ελέγχου.....                                       | 38 |
| 1.3.4.2    | Φίλτρα αποκοπής ζώνης συχνοτήτων.....                                | 38 |
| 1.3.4.4    | Πρόσθετα ρυθμιστικά.....                                             | 38 |
| 1.3.5      | Επεξεργασία των σημάτων εξόδου.....                                  | 38 |
| 1.3.6      | Κονσόλες ήχου σε συνεργασία με Η/Υ.....                              | 39 |
| 1.4        | Ρυθμιστές τόνου και ισοσταθμιστές.....                               | 40 |
| 1.4.1      | Ρυθμιστής τόνου του ηχητικού σήματος.....                            | 40 |

|         |                                                               |    |
|---------|---------------------------------------------------------------|----|
| 1.4.1.1 | Απλά κυκλώματα ρύθμισης χαμηλών και υψηλών<br>συχνοτήτων..... | 40 |
| 1.4.2   | Ισοσταθμιστές (BALANCE CONTROL).....                          | 41 |
| 1.5     | Συστήματα αποθρομβοποίησης-Περιορισμός θορύβου.....           | 43 |
| 1.5.1   | Σύστημα αποθρομβοποίησης Dolby B.....                         | 43 |
| 1.5.2   | Σύστημα αποθρομβοποίησης Dolby B.....                         | 43 |
| 1.5.3   | Σύστημα αποθρομβοποίησης Dolby S.....                         | 44 |
| 1.6     | Ηχεία - Μεγάφωνα - Φίλτρα Cross-over.....                     | 46 |
| 1.6.1   | Κουτιά ηχείων.....                                            | 46 |
| 1.6.1.1 | Χαρακτηριστικά κουτιών ηχείων.....                            | 46 |
| 1.6.1.2 | Τύποι κατασκευής κουτιών ηχείων.....                          | 47 |
| 1.6.2   | Μεγάφωνα.....                                                 | 48 |
| 1.6.2.1 | Μεγάφωνα Μόνιμου Μαγνήτη.....                                 | 48 |
| 1.6.2.2 | Ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα.....                                 | 49 |
| 1.6.2.3 | Μεγάφωνα Χοάνης ή Κόρνες.....                                 | 50 |
| 1.6.2.4 | Πιεζοηλεκτρικά Μεγάφωνα Κόρνας (Κορνάκια).....                | 50 |
| 1.6.3   | Συνδέσεις Μεγαφώνων.....                                      | 51 |
| 1.6.3.1 | Σύνδεση σειράς.....                                           | 51 |
| 1.6.3.2 | Παράλληλη σύνδεση.....                                        | 52 |
| 1.6.3.3 | Μικτή σύνδεση.....                                            | 52 |
| 1.6.3.4 | Σύνδεση με Μ/Τ γραμμής (Line Transformer).....                | 52 |
| 1.6.4   | Κροσς-όβερ (CROSS OVER).....                                  | 53 |
| 1.6.4.1 | Κροσς-όβερ δύο δρόμων (Two way cross-over).....               | 53 |
| 1.6.4.2 | Κροσς-όβερ τριών δρόμων (Three way cross-over).....           | 54 |
| 1.7     | Ενισχυτικές διατάξεις ακουστικών σημάτων.....                 | 56 |
| 1.7.1   | Χαρακτηριστικά των ενισχυτών ακουστικών σημάτων.....          | 57 |
| 1.7.1.1 | Κέρδος ή απολαβή (GAIN).....                                  | 57 |
| 1.7.1.2 | Απόκριση συχνοτήτων (Frequency Response).....                 | 58 |
| 1.7.1.3 | Βαθμός απόδοσης "η".....                                      | 59 |
| 1.7.1.4 | Ωφέλιμη ισχύς εξόδου POR.....                                 | 59 |
| 1.7.1.5 | Παραμορφώσεις (Distortions).....                              | 59 |
| 1.7.2   | Προενισχυτής εισόδου.....                                     | 60 |
| 1.7.3   | Ενισχυτής εξόδου ισχύος.....                                  | 62 |
| 1.8.1   | Ερωτήσεις κεφαλαίου 1.....                                    | 64 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο Μαγνητική εγγραφή και αναπαραγωγή ήχου

|       |                                              |    |
|-------|----------------------------------------------|----|
| 2.1.1 | Βασικά στοιχεία μαγνητικής εγγραφής.....     | 69 |
| 2.1.2 | Μαγνητικές κεφαλές.....                      | 71 |
| 2.1.3 | Πόλωση εγγραφής.....                         | 72 |
| 2.1.4 | Βασική αρχή διαγραφής της ταινίας.....       | 74 |
| 2.1.5 | Διάγραμμα εγγραφής.....                      | 76 |
| 2.2.1 | Βασικά στοιχεία μαγνητικής αναπαραγωγής..... | 77 |
| 2.2.2 | Απώλειες κατά την εγγραφή - αναπαραγωγή..... | 78 |
| 2.2.3 | Διάγραμμα αναπαραγωγής.....                  | 79 |
| 2.3   | Μαγνητικές ταινίες.....                      | 80 |
| 2.4   | Μηχανισμός κίνησης της ταινίας.....          | 81 |
| 2.5.1 | Ερωτήσεις κεφαλαίου.....                     | 84 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο Ψηφιακές συσκευές επεξεργασίας ήχου

|       |                                                                                         |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1   | Ψηφιακό σήμα.....                                                                       | 89  |
| 3.2   | Μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό .....                                           | 91  |
| 3.2.1 | Συμπίεση δεδομένων .....                                                                | 91  |
| 3.2.2 | Κβαντοποίηση (κβάντιση) .....                                                           | 95  |
| 3.2.3 | Κωδικοποίηση .....                                                                      | 96  |
| 3.3   | Αρχή ψηφιακής εγγραφής .....                                                            | 101 |
| 3.4   | Συσκευές επεξεργασίας ψηφιακού ήχου .....                                               | 102 |
| 3.4.1 | Αναλογικοί Είσοδοι - Έξοδοι.....                                                        | 103 |
| 3.4.2 | Ψηφιακές Είσοδοι - Έξοδοι .....                                                         | 104 |
| 3.4.3 | Πλεονεκτήματα -Μειονεκτήματα των ψηφιακών<br>συσκευών ήχου .....                        | 105 |
| 3.4.4 | Συσκευή ανάγνωσης και εγγραφής οπτικού δίσκου (CD) .....                                | 105 |
| 3.4.5 | Συσκευή εγγραφής ψηφιακού ήχου σε ταινία (DAT).....                                     | 109 |
| 3.4.6 | Σύστημα ψηφιακού ήχου ADAT .....                                                        | 113 |
| 3.4.7 | Σύστημα εγγραφής και αναπαραγωγής ψηφιακού<br>ήχου DCC (Digital Compact Cassette) ..... | 115 |
| 3.4.8 | Ψηφιακά Συστήματα μικρού δίσκου ΜΔ(Mini Disc).....                                      | 115 |
| 3.4.9 | Σκληρός Δίσκος (Hard disc recording) .....                                              | 121 |
| 3.5   | Ψηφιακές Συσκευές μίξης .....                                                           | 122 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο Αναλογικές Συσκευές λήψης εικόνας

|           |                                                                                |     |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.1     | Η τηλεοπτική αλυσίδα. ....                                                     | 127 |
| 4.1.2     | Βασικές αρχές ασπρόμαυρου τηλεοπτικού σήματος. ....                            | 131 |
| 4.1.2.1   | Τα χαρακτηριστικά του φωτός. ....                                              | 131 |
| 4.1.2.2   | Το ασπρόμαυρο αναλογικό τηλεοπτικό σήμα.....                                   | 132 |
| 4.1.3     | Το έγχρωμο αναλογικό τηλεοπτικό σήμα .....                                     | 133 |
| 4.1.3.1   | Γενικά για τις χρωματικές συντεταγμένες. ....                                  | 133 |
| 4.1.3.2   | Παραγωγή σημάτων χρωματοδιαφοράς και σήματος<br>φωτεινότητας.....              | 137 |
| 4.1.3.3   | Μέθοδος Υπολογισμού των Ποσοτήτων R, G, B, Y .....                             | 142 |
| 4.1.3.4   | Παραγωγή σύνθετου έγχρωμου τηλεοπτικού σήματος .....                           | 144 |
| 4.1.3.4.1 | Τετραγωνική Διαμόρφωση πλάτους Q.A.M.<br>QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION ..... | 144 |
| 4.1.3.4.2 | Το σύνθετο έγχρωμο τηλεοπτικό σήμα στο σύστημα<br>PAL.....                     | 147 |
| 4.2       | Αρχή λειτουργίας ασπρόμαυρου εικονοσκόπιου.....                                | 158 |
| 4.2.1     | Λειτουργία εικονοσκόπιου .....                                                 | 158 |
| 4.2.2     | Δομικό Διάγραμμα Ασπρόμαυρης Κάμερας VIDICON .....                             | 164 |
| 4.3.1     | ΦΑΚΟΙ.....                                                                     | 166 |
| 4.3.1.1   | Βασική λειτουργία του φακού .....                                              | 166 |
| 4.3.1.2   | Κυρτοί φακοί.....                                                              | 169 |
| 4.3.1.3   | Διαμόρφωση εικόνας.....                                                        | 170 |
| 4.3.1.4   | Σύνθετοι φακοί .....                                                           | 171 |
| 4.3.1.5   | Οπτικό πεδίο .....                                                             | 173 |
| 4.3.1.6   | Πλάτος πεδίου.....                                                             | 174 |
| 4.3.1.7   | Ευρυγώνιοι φακοί και Τηλεφακοί.....                                            | 175 |
| 4.3.1.8   | Φακοί Zoom .....                                                               | 176 |



|         |                                                                                    |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.1.9 | Ταχύτητα φακού .....                                                               | 177 |
| 4.3.2   | Εγχρωμη κάμερα με σύζευξη φορτίων CCD (CHARGE COUPLED DEVICE) .....                | 178 |
| 4.3.2.1 | Χαρακτηριστικά και λειτουργία του CCD .....                                        | 178 |
| 4.3.2.2 | Διαδικασία σειριακής ανάγνωσης από ένα καταγραφέα CCD .....                        | 181 |
| 4.3.2.3 | Μπλοκ διάγραμμα ενός CCD με μετασχηματισμό γραμμών (INTER LINE TRANSFER CCD) ..... | 184 |
| 4.4     | Μη επαγγελματικές κάμερες (Camcorders).....                                        | 186 |
| 4.4.1   | Γενικά .....                                                                       | 186 |
| 4.4.2   | Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Camcorder VKR 6843 .....                             | 187 |
| 4.4.3   | Σύνδεση του Camcorder με τηλεοπτικό δέκτη .....                                    | 187 |
| 4.4.4   | Βασικές ρυθμίσεις λειτουργίας. ....                                                | 189 |
| 4.5     | Επαγγελματικές κάμερες.....                                                        | 192 |
| 4.5.1   | Κάμερες Ηλεκτρονικής συλλογής Ειδήσεων ENG (ELECTRONIC NEWS GATHERING).....        | 192 |
| 4.5.2   | Κάμερες Ηλεκτρονικής Παραγωγής Πεδίου (EFP) (ELECTRONIC FIELD PRODUCTION) .....    | 193 |
| 4.5.3   | Βασικά τμήματα και λειτουργίες επαγγελματικής κάμερας ENG/EFP .....                | 195 |
| 4.5.4   | Σύνδεση και λειτουργία κάμερας σε εφαρμογή ENG. ....                               | 198 |
| 4.5.5   | Σύνδεση και λειτουργία κάμερας ENG & KEY, DSK σε εφαρμογή EFP.....                 | 198 |
| 4.5.6   | Ερωτήσεις κεφαλαίου 4.....                                                         | 200 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο Αναλογικές συσκευές επεξεργασίας εικόνας

|       |                                                               |     |
|-------|---------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1   | Βασικές αρχές της τηλεόρασης .....                            | 205 |
| 5.1.1 | Τηλεοπτικά Συστήματα .....                                    | 205 |
| 5.1.2 | Σάρωση.....                                                   | 205 |
| 5.1.3 | Αναπαραγωγή χρώματος.....                                     | 207 |
| 5.1.4 | Διεθνείς Τυποποιήσεις Αναλογικού Έγχρωμου Βίντεο Σήματος..... | 208 |
| 5.2   | Αρχές μαγνητικής εγγραφής.....                                | 210 |
| 5.2.1 | Σιδηρομαγνητικά Υλικά .....                                   | 210 |
| 5.2.2 | Καμπύλη μαγνήτισης .....                                      | 210 |
| 5.2.3 | Μαγνητική εγγραφή.....                                        | 211 |
| 5.2.4 | Μαγνητική αναπαραγωγή .....                                   | 212 |
| 5.2.5 | Μαγνητική διαγραφή .....                                      | 213 |
| 5.3   | Μαγνητικά μέσα .....                                          | 215 |
| 5.3.1 | Πλαστικό Υπόστρωμα .....                                      | 215 |
| 5.3.2 | Μαγνητική Επίστρωση .....                                     | 215 |
| 5.3.3 | Μη μαγνητική επίστρωση.....                                   | 216 |
| 5.3.4 | Διαστάσεις μαγνητικής ταινίας.....                            | 216 |
| 5.4   | Μαγνητικές Κεφαλές.....                                       | 217 |
| 5.5   | Μαγνητικά ίχνη.....                                           | 218 |
| 5.5.1 | Τεχνικά χαρακτηριστικά ίχνους.....                            | 219 |
| 5.5.2 | Είδη ιχνών.....                                               | 220 |

|        |                                               |     |
|--------|-----------------------------------------------|-----|
| 5.6    | Επεξεργασία βίντεο σήματος .....              | 223 |
| 5.6.1  | Προενισχυτής Μαγνητικής Κεφαλής .....         | 223 |
| 5.6.2  | Διαμόρφωση Συχνότητας .....                   | 223 |
| 5.6.3  | Διαμόρφωση Color - under .....                | 225 |
| 5.7    | Αναλογικά Συστήματα Βίντεο .....              | 227 |
| 5.7.1  | Συστήματα βίντεο 1 ίντσας .....               | 227 |
| 5.7.2  | Συστήματα βίντεο 3/2 ίντσας .....             | 228 |
| 5.7.2  | Συστήματα βίντεο 1/2 ίντσας .....             | 228 |
| 5.7.3  | Σύστημα 8 mm .....                            | 231 |
| 5.8    | Πίνακας χειρισμού .....                       | 233 |
| 5.9    | Όργανα μέτρησης-Ενδείξεις .....               | 235 |
| 5.10   | Βύσματα - Καλώδια σύνδεσης .....              | 236 |
| 5.11   | Υποδοχές βύσματος .....                       | 237 |
| 5.12   | Συστήματα παρακολούθησης βίντεο σήματος ..... | 238 |
| 5.12.1 | Βίντεο μόνιτορ .....                          | 238 |
| 5.12.2 | Μόνιτορ κυματομορφής (Waveform Monitor) ..... | 240 |
| 5.12.3 | Χρωματοσκόπιο (Vectroscope) .....             | 241 |
| 5.13   | Μοντάζ .....                                  | 242 |
| 5.13.1 | Μοντάζ συναρμολόγησης .....                   | 242 |
| 5.13.2 | Μοντάζ παρεμβολής .....                       | 243 |
| 5.13.3 | Σύστημα μοντάζ .....                          | 244 |
| 5.14   | Τράπεζα μίξης εικόνας .....                   | 248 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο Ψηφιακές συσκευές λήψης και επεξεργασίας εικόνας

|        |                                                            |     |
|--------|------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1    | Ψηφιοποίηση Τηλεοπτικού Σήματος .....                      | 255 |
| 6.2    | Συμπίεση Βίντεο Σήματος .....                              | 256 |
| 6.2.1  | Αλγόριθμος Συμπίεσης JPEG .....                            | 256 |
| 6.2.2  | Αλγόριθμος Συμπίεσης MPEG .....                            | 257 |
| 6.3    | Τυποποιήσεις Ψηφιακού VIDEO Σήματος .....                  | 258 |
| 6.3.1  | Τυποποίηση ITU-R Rec. BT.601-5 .....                       | 258 |
| 6.3.2  | Τυποποίηση SMPTE 125 M .....                               | 259 |
| 6.3.3  | Τυποποίηση SMPTE 259 M (Σειριακή ψηφιακή διασύνδεση) ..... | 259 |
| 6.3.4  | Τυποποίηση IEEE 1394 .....                                 | 259 |
| 6.3.5  | Τυποποίηση ψηφιακού σύνθετου βίντεο σήματος .....          | 260 |
| 6.3.6  | Τυποποίηση MPEG .....                                      | 260 |
| 6.4    | Αρχή Λειτουργίας Ψηφιακών Εικονοληπτών .....               | 261 |
| 6.5    | Ψηφιακοί Μαγνητικοί Εγγραφείς (Ψηφιακά Βίντεο) .....       | 263 |
| 6.5.1  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-1 .....                    | 263 |
| 6.5.2  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-2 .....                    | 264 |
| 6.5.3  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-3 .....                    | 265 |
| 6.5.4  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-5 .....                    | 267 |
| 6.5.5  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-6 .....                    | 269 |
| 6.5.6  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας DV .....                     | 270 |
| 6.5.7  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας DVCAM .....                  | 271 |
| 6.5.8  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας DVCPRO .....                 | 273 |
| 6.5.9  | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας Betacam .....                | 275 |
| 6.5.10 | Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας Betacam SX .....             | 277 |

|              |                                                            |     |
|--------------|------------------------------------------------------------|-----|
| <b>6.6</b>   | Ψηφιακός Μεταγωγέας Εικόνας-Ψηφιακές Τράπεζες              |     |
|              | Μίξης Εικόνας .....                                        | 279 |
| <b>6.7</b>   | Ψηφιακά Περιφερειακά Μηχανήματα .....                      | 280 |
| <b>6.7.1</b> | Γεννήτρια τεχνασμάτων DVE .....                            | 280 |
| <b>6.7.2</b> | Γεννήτρια χαρακτήρων .....                                 | 280 |
| <b>6.8</b>   | Ψηφιακό Μοντάζ - Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές στο Στούντιο.... | 282 |
| <b>6.9</b>   | Συστήματα Γραφικών .....                                   | 284 |

# 10

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Αναλογικές συσκευές λήψης και επεξεργασίας ήχου

#### Σκοπός

Σκοπός του Πρώτου Κεφαλαίου είναι οι μαθητές να μπορούν :

- Να γνωρίζουν τις βασικές αρχές της ηχοληψίας
- Να διακρίνουν τις διάφορες κατηγορίες των ήχων και τις ιδιότητές τους
- Να γνωρίζουν τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά των ήχων
- Να περιγράφουν τους τύπους των μικροφώνων καθώς και τις βασικές αρχές λειτουργίας τους.
- Να αναλύουν τις αρχές λειτουργίας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κονσόλας ελέγχου ήχων
- Να γνωρίζουν τη λειτουργία των ρυθμιστών τόνου και των ισοσταθμιστών
- Να διακρίνουν τα διάφορα συστήματα αποθρομβοποίησης
- Να περιγράφουν τους τύπους των μεγαφώνων και τις βασικές αρχές λειτουργίας τους.
- Να έχουν την ευχέρεια υπολογισμού και σύνδεσης μεγαφώνων στην έξοδο ενός ενισχυτή
- Να γνωρίζουν τη λειτουργία των φίλτρων cross-over
- Να αναλύουν τις αρχές λειτουργίας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ακουστικών σημάτων των ενισχυτών.
- Να έχουν τη δυνατότητα μελέτης και σχεδίασης των δομικών διαγραμμάτων ροής του ακουστικού σήματος στις διάφορες ηχητικές διατάξεις
- **Να έχουν την ευχέρεια να διακρίνουν τις οικιακές ηχητικές συσκευές από τις επαγγελματικές.**

## **Εισαγωγή**

Στο Κεφ.1, οι μαθητές μελετούν τις βασικές αρχές ηχοληψίας και τα χαρακτηριστικά των ήχων. Μαθαίνουν τους διάφορους τύπους των μικροφώνων, τη χρήση τους καθώς και τις συσκευές επεξεργασίας και ρύθμισης ηχητικών πηγών όπως οι τράπεζες μίξης.

Επίσης μελετούν τη λογική της λειτουργίας των μεγαφώνων και ηχείων, τους τύπους αυτών τους τρόπους σύνδεσης αυτών με ενισχυτικές διατάξεις.

## 1.1. Βασικές αρχές ηχοληψίας.

Ο ήχος προσδιορίζεται σαν:

- α) η μεταβολή της πίεσης ή της ταχύτητας των σωματιδίων ενός ελαστικού μέσου, η οποία διαδίδεται κυματικά εντός του μέσου αυτού, το αίτιο, το
- β) οποίο διεγείρει το αισθητήριο της ακοής ή αλλιώς η αίσθηση, η οποία δημιουργείται στον εγκέφαλο μέσω του αυτιού από τη μεταβολή της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα.

### 1.1.1 Γενικά περί του ήχου

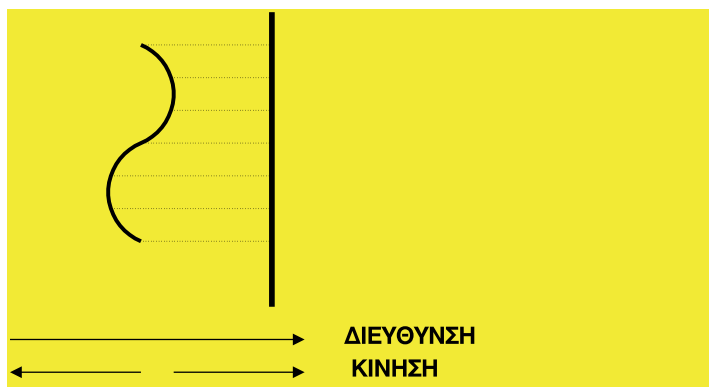
Ο ήχος παράγεται από ηχητικές πηγές και διαδίδεται μέσα στην ύλη και όχι στο κενό.

Διακρίνονται δύο είδη κυμάτων:

τα **διαμήκη** και τα **εγκάρσια**.

Στα διαμήκη κύματα η διαδιδόμενη αναταραχή προκαλεί κίνηση των σωματιδίων του ελαστικού μέσου κατά μήκος της διεύθυνσης μετάδοσης του κύματος (σχ.1.1.1.1)

Στα εγκάρσια κύματα η διαδιδόμενη αναταραχή προκαλεί κίνηση των σωματιδίων του ελαστικού μέσου κατά διεύθυνση κάθετη προς τη διεύθυνση μετάδοσης του κύματος (σχ. 1.1.1.2)

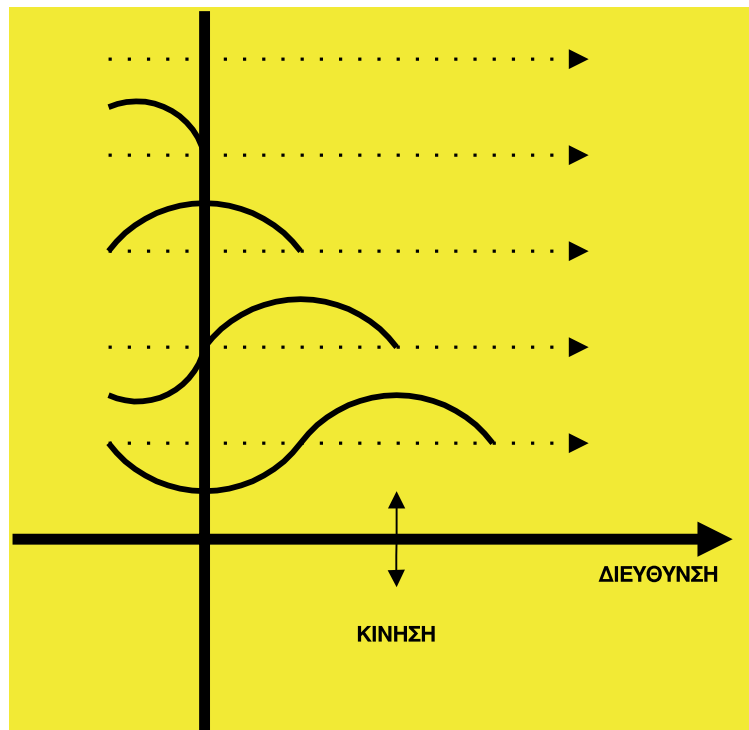


Σχήμα 1.1.1.1 Κίνηση σωματιδίων μέσου σε διαμήκες κύμα

Στη μελέτη των προβλημάτων της ηλεκτροακουστικής, εξετάζεται η παραγωγή και η διάδοση των ηχητικών κυμάτων κυρίως μέσα στον αέρα.

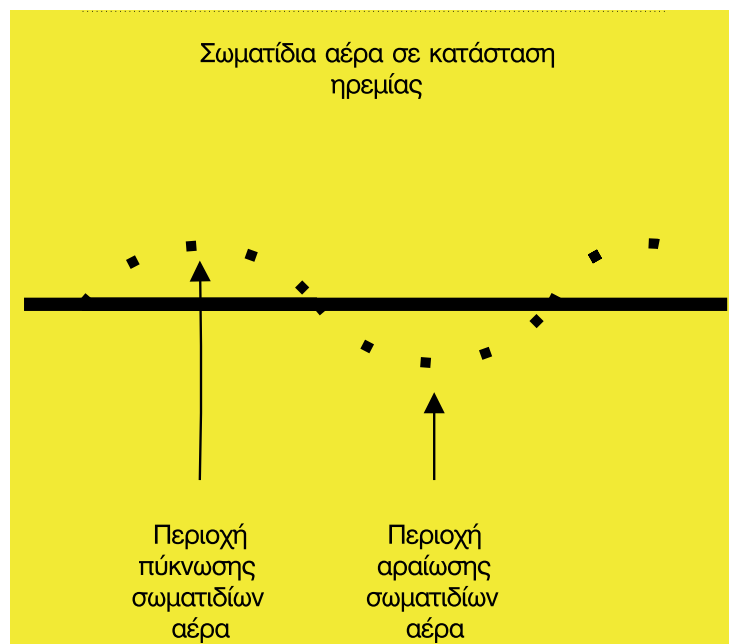
Σ'αυτή την περίπτωση, τα ηχητικά κύματα παράγονται από ένα σώμα ή μία δονούμενη μάζα και διαδίδονται με διαμήκη κύματα.

Το δονούμενο σώμα, ονομάζεται **ηχητική πηγή** (π.χ. πνευστό όργανο, κρουστό όργανο, μεγάφωνο κλπ) και προκαλεί μία αναταραχή των σωματιδίων του αέρα με αποτέλεσμα την κίνηση αυτών εμπρός - πίσω. Η κίνηση αυτή των σωματιδίων διαδιδόμενη μέσω ενός διαμήκους κύματος προκαλεί πυκνώματα - αραιώματα ή αλλιώς μεταβολές της πυκνότητας του αέρα και της πίεσης κατά μήκος της διεύθυνσης μετάδοσης.



Σχήμα 1.1.1.2 Κίνηση σωματιδίων μέσου σε εγκάρσιο κύμα

Γραφικά μπορούμε να αναπαραστήσουμε ένα ηχητικό κύμα όπως στο σχήμα 1.1.1.3.

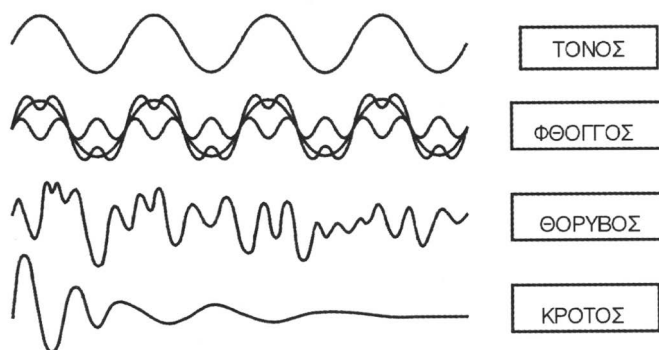


Σχήμα 1.1.1.3. Διάταξη σωματιδίων ελαστικού μέσου σε διαμήκες κύμα

Οι ήχοι διακρίνονται:

Σε απλούς ήχους ή τόνους, σε σύνθετους ήχους ή φθόγγους, σε θορύβους και σε κρότους.

- (α) Με τον όρο απλός ήχος ή τόνος καθορίζεται ένα ηχητικό κύμα μιας ορισμένης συχνότητας. Επομένως στους απλούς ήχους η μεταβολή της πίεσης του αέρα είναι μία αρμονική ταλάντωση ως συνάρτηση του χρόνου και παράγεται από κατάλληλα όργανα, τα οποία ταλαντώνονται σε μία μόνο χαρακτηριστική συχνότητα (π.χ. διαπασών)
- (β) Με τον όρο σύνθετος ήχος ή φθόγγος καθορίζεται ένα ηχητικό κύμα όχι μιας συχνότητας αλλά ενός πλήθους συχνοτήτων. Έτσι στους σύνθετους ήχους η μεταβολή της πίεσης του αέρα είναι μεν περιοδική όχι όμως αρμονική. Σύνθετοι ήχοι παράγονται από μουσικά όργανα και από την ανθρώπινη φωνή. Ο σύνθετος ήχος αν αναλυθεί κατά FOURIER παρέχει άπειρο αριθμό απλών ήχων (τόνων), των οποίων οι συχνότητες είναι ακέραια πολλαπλάσια (αρμονικές) μιας θεμελιώδους και των οποίων τα πλάτη μειώνονται, όσο αυξάνει η συχνότητά τους.
- (γ) Με τον όρο θόρυβος καθορίζεται γενικά ο ήχος, του οποίου η μεταβολή της πίεσης δεν είναι περιοδική.
- (δ) Με τον όρο κρότος καθορίζεται γενικά ο ήχος, ο οποίος αντιστοιχεί σε ένα ελάχιστο αριθμό ταλαντώσεων, των οποίων το πλάτος από μία πολύ μεγάλη τιμή ελαττώνεται απότομα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα και προέρχεται από απότομη μεταβολή της πίεσης του αέρα.



Σχήμα 1.1.2.1 Διάφοροι ήχοι

Κάθε απλός ήχος χαρακτηρίζεται από τη συχνότητά του και από το πλάτος της μεταβολής της πίεσης.

Αντίστοιχα, ο σύνθετος ήχος χαρακτηρίζεται από τη συχνότητα και το πλάτος κάθε μιας από τις αρμονικές του συνιστώσες. Επομένως η συχνότητα και το πλάτος αποτελούν τα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου.

Ενώ το πλάτος της μεταβολής της πίεσης ανήκει στα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου, συνηθίζεται αντί αυτού (του πλάτους) να θεωρούμε την ένταση του ήχου σαν υποκειμενικό χαρακτηριστικό λόγω του υποκειμενικού αισθήματος της ακοής.

## 1.1.2.

### Κατηγορίες ήχων

### 1.1.3 Φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου - ακουστικό φάσμα συχνοτήτων



Σαν ένταση του ήχου σε τυχαίο σημείο καθορίζεται η ηχητική ενέργεια, που διέρχεται στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια  $1\text{cm}^2$  κάθετη προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

Σα μονάδα μέτρησης λαμβάνεται το  $\text{Watt/cm}^2$  ή  $\text{Watt/m}^2$ .

Το φάσμα των ακουστικών συχνοτήτων συνήθως εκτείνεται από 20Hz έως 20.000Hz.

Τα άνω και κάτω όρια του ακουστικού φάσματος είναι ευμετάβλητα σε συνάρτηση με την ένταση του παραγόμενου ήχου και με την ηλικία του ανθρώπου.

Για ήχους κάτω των 100Hz ή άνω των 10.000Hz η ενέργεια είναι πολύ χαμηλή. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, παραγόμενοι ήχοι μικρότεροι των 20Hz ή μεγαλύτεροι των 20.000Hz δεν γίνονται αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί και ονομάζονται οι μεν πρώτοι υπόηχοι οι δε δεύτεροι υπέρηχοι.

#### 1.1.4.1 Ηχώ (ανάκλαση του ήχου)

### Ιδιότητες του ήχου

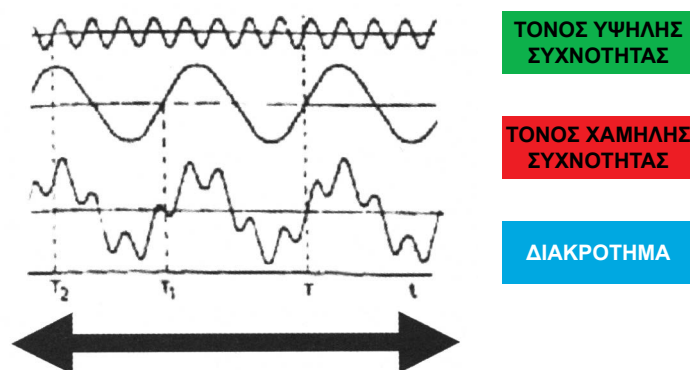
1.1.4 Η ηχώ παράγεται, όταν ο ήχος ανακλάται σε κάποιο εμπόδιο, το οποίο απέχει από την ηχητική πηγή πάνω από 17m.

Αν κάποιος άνθρωπος μιλήσει δυνατά και σύντομα ακούει ταυτόχρονα τη φωνή του και μετά από λίγο την ακούει πάλι, για δεύτερη φορά από ανάκλαση, η οποία αποτελεί την ηχώ της πρώτης.

Το τελευταίο αυτό φαινόμενο λέγεται μετήχηση.

#### 1.1.4.2 Διακροτήματα

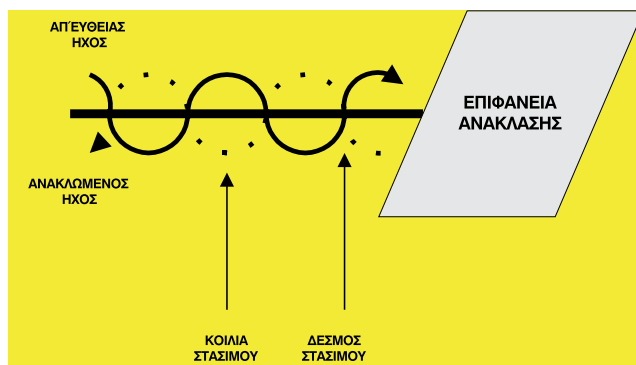
Είναι το φαινόμενο που προκαλείται από τη συμβολή δύο ήχων διαφορετικών συχνοτήτων και το αποτέλεσμα θα είναι ένας ήχος, ο οποίος θα είναι ο συνδυασμός των δύο (σχ. 1.1.4.2)



Σχήμα 1.1.4.2 Συνδυασμός δύο ήχων διαφορετικών συχνοτήτων

### 1.1.4.3 Στάσιμα ηχητικά κύματα

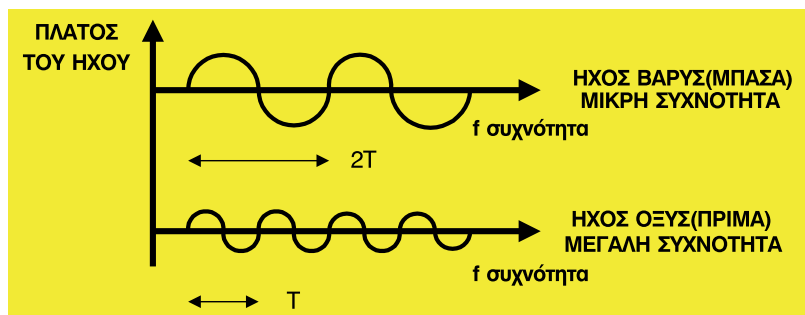
Προκαλούνται από τη συμβολή δύο ήχων της ίδιας διεύθυνσης και συχνότητας αλλά αντίθετης φοράς. Τα συμβαλλόμενα κύματα άλλοτε δημιουργούν ήχο εντονότερο (κοιλιά στάσιμου) και άλλοτε δημιουργούν ήχο ασθενέστερο έως μηδενικό (δεσμός στάσιμου).



Σχήμα 1.1.4.3 Απ' ευθείας & ανακλώμενος ήχος

### 1.1.5.1 Ύψος ήχου.

Είναι υποκειμενικό γνώρισμα με το οποίο ξεχωρίζουμε, αν ο ήχος είναι οξύς ή βαρύς και εξαρτάται καθαρά από τη συχνότητά του.



Σχήμα 1.1.5.1 Ήχοι μικρής και μεγάλης συχνότητας

### 1.1.5.

**Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου.**

### 1.1.5.2 Ένταση ήχου (ακουστότητα)

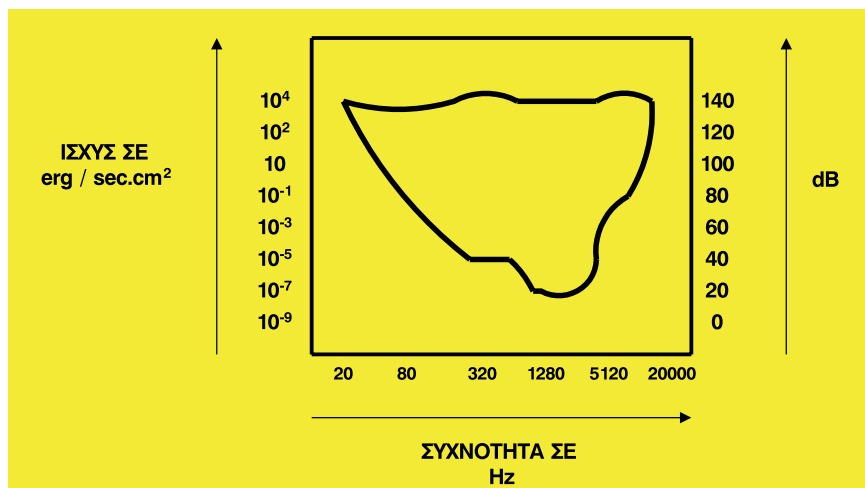
Εξαρτάται από το πλάτος των ταλαντώσεων του ήχου. Αν το πλάτος των ταλαντώσεων αυξάνει τότε λέμε ότι ο ήχος ακούγεται δυνατότερα. Επίσης η ένταση του ήχου εξαρτάται κατά κάποιο τρόπο και από τη συχνότητα π.χ. στο διάγραμμα 1.1.5.2 φαίνεται η ζώνη των ήχων, που γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο. Βλέπουμε ότι η ισχύς ενός ήχου 80Hz, πρέπει να είναι περίπου  $10^4$  (10.000) φορές πιο ισχυρή από τον ήχο συχνότητας 400Hz, για να προκαλέσει το ίδιο αίσθη-

μα έντασης (σχ. 1.1.5.2).

Για να γίνει πιο αντιληπτή η έννοια της έντασης του ήχου, αναφέρουμε μερικά παραδείγματα έντασης διαφόρων ήχων (πίνακας 1.1.5.2)

|   |                         |       |            |
|---|-------------------------|-------|------------|
| 1 | Απόλυτη σιγή            | 0dB   | όριο ακοής |
| 2 | Κανονική αναπνοή        | 10dB  |            |
| 3 | Άδεια αίθουσα θεάτρου   | 30dB  |            |
| 4 | Ομιλία δύο προσώπων     | 60dB  |            |
| 5 | Ηλεκτρική σκούπα        | 80dB  |            |
| 6 | Υπόγειος σιδηρόδρομος   | 100dB |            |
| 7 | Αεροπλάνο με έλικες     | 120dB |            |
| 8 | Αεροπλάνο με τουρμπίνες | 140dB | όριο πόνου |

Πίνακας 1.1.5.2



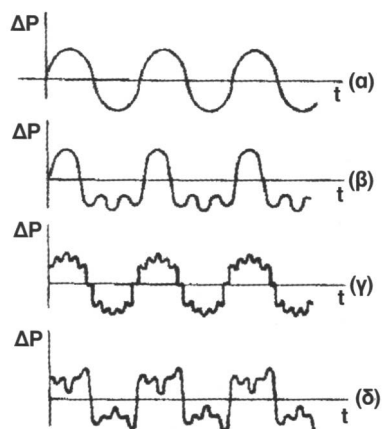
Σχ. 1.1.5.2 Διάγραμμα ήχων ακουστών από τον άνθρωπο

### 1.1.5.3 Χροιά του ήχου.

Είναι και αυτή ένα υποκειμενικό αίσθημα αντίληψης δύο ήχων (από δύο διαφορετικές ηχητικές πηγές π.χ. δύο διαφορετικά μουσικά όργανα), οι οποίοι έχουν το ίδιο ύψος (συχνότητα) και την ίδια ένταση (ακουστότητα).

Η χροιά ενός ήχου εξαρτάται από τη μορφή του παραγόμενου κύματος.

Στο σχήμα 1.1.5.3 φαίνονται διάφοροι ήχοι από όργανα με το ίδιο ύψος και την ίδια ένταση.



Σχήμα 1.1.5.3 Ήχοι διαφορετικών οργάνων με ίδιο ύψος και ίδια ένταση

## 1.2. Μικρόφωνα

Είναι ηλεκτροακουστικές συσκευές που μετατρέπουν τα ακουστικά ή ηχητικά κύματα σε ηλεκτρικές μεταβολές.



Σχήμα 1.2 Διάφοροι τύποι μικροφώνων 1 και 2 δυναμικά μικρόφωνα χεριού 3 επιτραπέζιο πυκνωτικό μικρόφωνο 4 και 5 μικρόφωνα πέτου

### 1.2.1 Χαρακτηριστικά μικροφώνων.

Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα των μικροφώνων είναι:

- **Ευαισθησία ή απόδοση:**

Είναι η ικανότητα του μικροφώνου να δώσει στην έξοδό του μεγάλη ηλεκτρική τάση με την εφαρμογή, όσο το δυνατό, μικρότερης ηχητικής πίεσης και εκφράζεται σε mVolt/bar.

- **Απόκριση συχνοτήτων:**

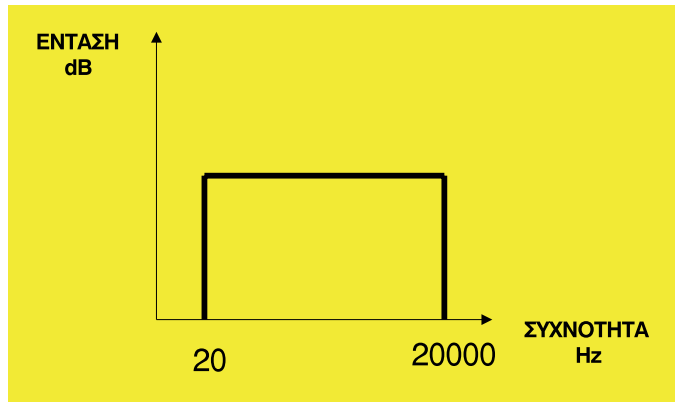
Η καμπύλη απόκρισης ενός μικροφώνου πρέπει να μας δίνει πιστά ένα ηλεκτρικό σήμα, που να ισοδυναμεί σε ένταση (ακουστότητα) και ύψος (συχνότητα) με το ηχητικό σήμα, δηλαδή πρέπει (στην ιδανική περίπτωση) η καμπύλη απόκρισης να είναι επίπεδη για όλο το ακουστικό φάσμα (σχ.1.2.1.1)

- **Πιστότητα:**

Είναι η ικανότητα ενός μικροφώνου να μετατρέπει τα ηχητικά κύματα σε αντίστοιχα ηλεκτρικά χωρίς παραμορφώσεις.

- **Πολικό διάγραμμα:**

Είναι η ένδειξη της ευαισθησίας του μικροφώνου ως προς τη κατεύθυνση προέλευσης του ήχου. Αν ομιλούμε σ' ένα μικρόφωνο με σταθερή ένταση περιφερόμενοι γύρω από αυτό σε σταθερή απόσταση (ακτίνα κύκλου) θα παρατηρήσουμε ότι η έξοδος του μικροφώνου μεταβάλλεται.



Σχήμα 1.2.1.1 Καμπύλη απόκρισης ιδανικού μικροφώνου

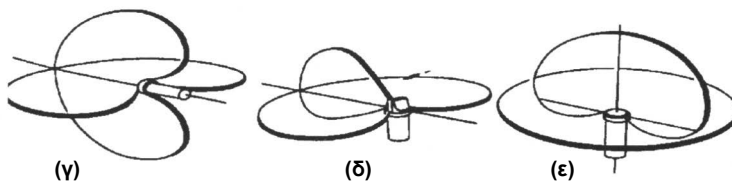
Αν οι ενέργειες αυτές του παραπάνω πειράματος μεταφερθούν σε ένα χαρτί με ομόκεντρους κύκλους και απεικονισθούν οι στάθμες εξόδου του μικροφώνου σε σχέση με τη γωνία ομιλίας, τότε θα πάρουμε το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου για διαφορετικές συχνότητες (σχ.1.2.1.2)



Σχήμα 1.2.1.2 Πολικό διάγραμμα καρδιοειδούς μικροφώνου

Πλήρη έξοδο έχουμε στην εξωτερική περίμετρο 0dB  
Την ελάχιστη έξοδο έχουμε στην εσωτερική περίμετρο -20dB

Στο σχήμα που ακολουθεί (σχ.1.2.1.3) φαίνονται τα πολικά διαγράμματα διαφόρων μικροφώνων.



Σχήμα 1.2.1.3 Πολικά διαγράμματα διαφόρων μικροφώνων

Τα κατευθυντικά μικρόφωνα έχουν καρδιοειδές πολικό διάγραμμα. Υπάρχουν όμως και μικρόφωνα, στα οποία το σήμα εξόδου εξαρτάται μόνο από τη στάθμη ηχητικής πίεσης άσχετα από τη κατεύθυνση προέλευσης του ήχου, δηλαδή είναι ανεξάρτητο το σήμα εξόδου από τη γωνία λήψης.

Αυτά τα μικρόφωνα ονομάζονται **πανκατευθυντικά** και έχουν κυκλική πολική απόκριση.

Επιπλέον τα μικρόφωνα κατεύθυνσης, που παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ευαισθησία στο μπροστινό μέρος, ελαφρώς μειωμένη στο πίσω μέρος και έχουν τη χαμηλότερη ευαισθησία στα πλαϊνά μέρη ονομάζονται **υπερκαρδιοειδή**.

Ένας τύπος κατευθυντικού υπερκαρδιοειδούς μικροφώνου, που παρουσιάζει όμως μέγιστη ευαισθησία εμπρός και πίσω και ελάχιστη στα πλαϊνά λέγεται **οκτοειδές**.

- **Σύνθετη αντίσταση:**

Είναι η αντίσταση σε  $\Omega$ , που παρουσιάζουν τα μικρόφωνα στις διάφορες συχνότητες του ακουστικού φάσματος και διακρίνονται:

(α) Σε μικρόφωνα χαμηλής αντίστασης

2 έως 8 K $\Omega$

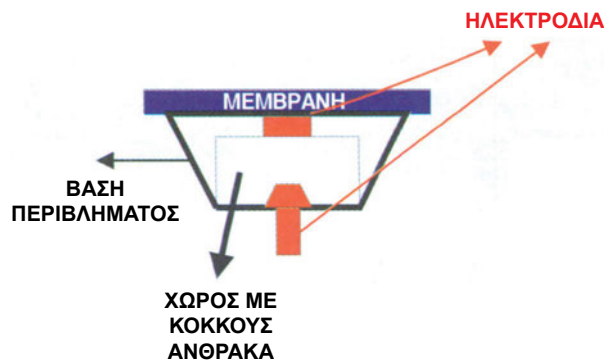
(β) Σε μικρόφωνα υψηλής αντίστασης

10 έως 50 K $\Omega$

## 1.2.2. Είδη μικροφώνων.

### 1.2.2.1 Μικρόφωνα άνθρακα.

Αποτελούνται από ένα διάφραγμα πίσω από το οποίο υπάρχουν κόκκοι άνθρακα. Οι δονήσεις των μορίων του αέρα (ελαστικό μέσο) αναγκάζουν το διάφραγμα να κινείται ανάλογα, με αποτέλεσμα οι κόκκοι του άνθρακα άλλοτε να συμπιέζονται περισσότερο και άλλοτε λιγότερο. Τούτο έχει σα συνέπεια τη μεταβολή της αντίστασης του άνθρακα και στη συνέχεια τη μεταβολή του συνεχούς ρεύματος, που διαρρέει το μικρόφωνο. Το παραγόμενο κυματοειδές ρεύμα είναι ανάλογο της ηχητικής διέγερσης, που το προκάλεσε.



Σχήμα 1.2.2.1 Δομή μικροφώνου άνθρακα

Τα πλεονεκτήματα των μικροφώνων άνθρακα είναι:

- Μεγάλη τάση εξόδου για πολύ μικρές ηχητικές πιέσεις (μεγάλη ευαισθησία)
- Σταθερότητα
- Ανθεκτικότητα σε κτυπήματα
- Ανεπηρέαστα από τη θερμοκρασία
- Μικρό βάρος

Τα μειονεκτήματα των μικροφώνων άνθρακα είναι:

- Χαμηλή πιστότητα
- Ανάγκη χρήσης ιδιαίτερης πηγής τροφοδοσίας
- Εμφάνιση θορύβων από μετακινήσεις των κόκκων άνθρακα.

### 1.2.2.2 Κρυσταλλικά μικρόφωνα.

Η λειτουργία τους στηρίζεται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (παραγωγή τάσης εξ' αιτίας μηχανικής πίεσης σε κρυσταλλικό υλικό).

Μερικά κρυσταλλικά υλικά όπως το τρυγικό κάλιο-νάτριο εμφανίζουν ηλεκτρική τάση, όταν ασκείται μηχανική πίεση. Τα κρυσταλλικά μικρόφωνα αποτελούνται από ένα διάφραγμα, το οποίο έχει στο μέσον του έναν άξονα, ο οποίος καταλήγει σε δίσταλο. Το δίσταλο εφαρμόζεται σε δύο πλάκες κρυστάλλου, οι οποίες κάμπτονται, όταν αυτό κινείται με τη βοήθεια του διαφράγματος, αναπτύσσοντας ηλεκτρικές τάσεις, οι οποίες έχουν τη μορφή του ηχητικού κύματος, που τις προκάλεσε. Οι ηλεκτρικές τάσεις συλλέγονται από δύο μεταλλικούς οπλισμούς, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στις δύο επιφάνειες των κρυστάλλων.

Τα πλεονεκτήματα των κρυσταλλικών μικροφώνων είναι:

- Ομαλή καμπύλη απόκρισης στη ζώνη 500 - 10.000Hz
- Καλή πιστότητα
- Δε χρειάζονται εξωτερική πηγή τροφοδοσίας
- Έχουν μικρό βάρος
- Αναπτύσσουν υψηλή τάση εξόδου.

Τα μειονεκτήματα των κρυσταλλικών μικροφώνων είναι:

- Μικρή μηχανική αντοχή
- Μεγάλη ευπάθεια σε υψηλές θερμοκρασίες
- Υψηλή αντίσταση
- Μικρή ευαισθησία
- Αδυναμία για χρήση σε ανοικτές συγκεντρώσεις.



### 1.2.2.3 Πυκνωτικά μικρόφωνα.

Αποτελούνται από δύο μεταλλικές πλάκες τοποθετημένες παράλληλα σε μικρή απόσταση ή μία από την άλλη. Η μία πλάκα είναι πολύ εύκαμπτη, μπορεί να κινείται και αποτελεί το διάφραγμα. Η άλλη πλάκα είναι άκαμπτη. Όπως πολύ εύκολα γίνεται αντιληπτό το σύστημα των δύο μεταλλικών πλακών αποτελεί ένα πυκνωτή, του οποίου το διηλεκτρικό υλικό μπορεί να είναι κάποιο μονωτικό υλικό (παλαιότεροι τύποι πυκνωτικών μικροφώνων) ή ο αέρας.

Μεταξύ των πλακών (οπλισμοί του μικροφώνου) εφαρμόζεται μία συνεχής τάση  $V$ . Η εύκαμπτη πλάκα δονούμενη από τον ήχο μεταβάλλει το πάχος του διηλεκτρικού, οπότε έχουμε μεταβολή της χωρητικότητας των οπλισμών του πυκνωτή και κατά συνέπεια ανάπτυξη της μεταβαλλόμενης τάσης.

Η αναπτυσσόμενη τάση εξόδου σε ένα μικρόφωνο πυκνωτή είναι πολύ μικρή και χρειάζεται προενίσχυση.

Τα μικρόφωνα αυτά έχουν μικρή ευαισθησία αλλά μεγάλη πιστότητα.

Είναι κατάλληλα για μετρήσεις ακριβείας (μετρήσεις ακουστότητας και ακουστικής) και γενικά είναι μικρόφωνα υψηλών απαιτήσεων.

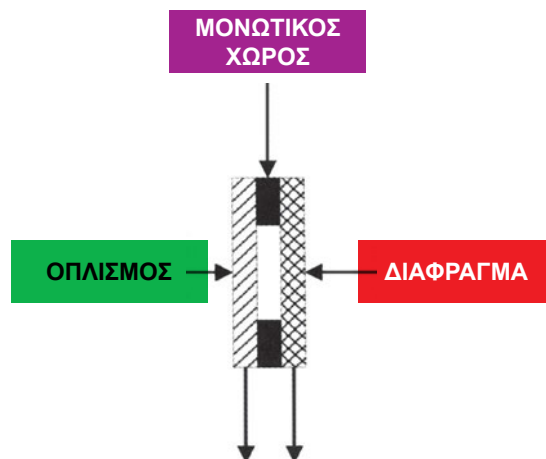
Τα πλεονεκτήματα των πυκνωτικών μικροφώνων είναι:

- Η υψηλή πιστότητά τους
- Η πολύ καλή απόκριση στις υψηλές συχνότητες
- Η χρήση τους σε μόνιμες εγκαταστάσεις (συνέδρια)
- Η χρήση τους σε μετρήσεις ακριβείας
- Το μικρό βάρος και ο μικρός όγκος

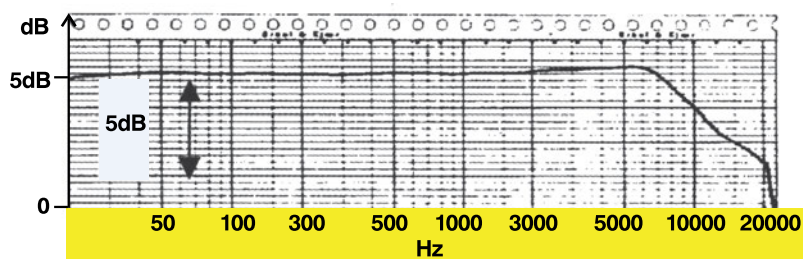
Τα μειονεκτήματα των πυκνωτικών μικροφώνων είναι:

- Η μεγάλη τους αντίσταση
- Η μικρή ευαισθησία
- Το υψηλό κόστος
- Η ανάγκη παροχής τάσης στο μικρόφωνο

Στο σχ. 1.2.2.3.1 φαίνεται η δομή του εσωτερικού ενός πυκνωτικού μικροφώνου ενώ στο σχ. 1.2.2.3.2 φαίνεται το διάγραμμα της καμπύλης απόκρισης ενός τέτοιου μικροφώνου.



Σχήμα 1.2.2.3.1 Δομή εσωτερικού πυκνωτικού μικροφώνου



Σχήμα 1.2.2.3.2 Καμπύλη απόκρισης πυκνωτικού μικροφώνου

#### 1.2.2.4 Δυναμικά μικρόφωνα.

Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φαινόμενο της μαγνητικής επαγωγής, όπου αναπτύσσεται ηλεκτρική τάση σε ένα πηνίο, όταν αυτό κινείται μέσα σε ένα μόνιμο μαγνητικό πεδίο. Τα δυναμικά μικρόφωνα αποτελούνται από ένα ισχυρό μόνιμο μαγνήτη και από ένα πηνίο κινητό μεταξύ των πόλων του μαγνήτη.

Στο πηνίο είναι προσαρμοσμένο ένα ελαστικό διάφραγμα, το οποίο δέχεται τα ηχητικά κύματα αναγκάζοντας το σύστημα διάφραγμα-πηνίο να δονείται.

Έτσι το πηνίο δονούμενο μέσα στο μόνιμο μαγνητικό πεδίο προκαλεί ανάπτυξη μεταβαλλόμενης ηλεκτρικής τάσης στα άκρα του.

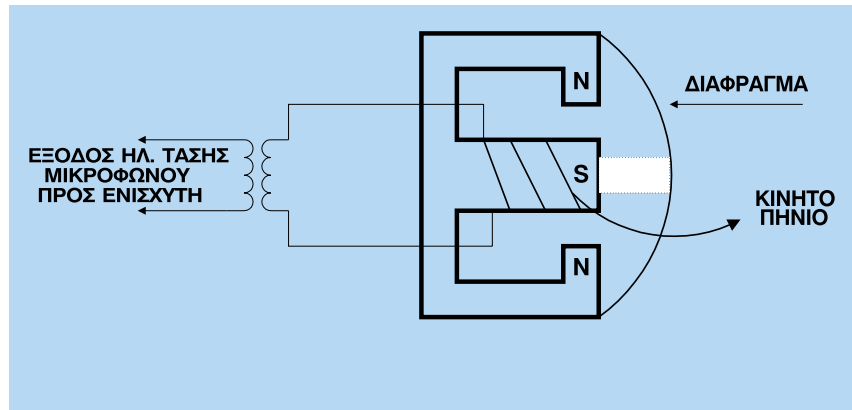
Τα δυναμικά μικρόφωνα, επειδή διαθέτουν πηνίο, που μπορεί να κινείται ονομάζονται και μικρόφωνα κινητού πηνίου.

Τα πλεονεκτήματα των δυναμικών μικροφώνων είναι:

- Η μη ύπαρξη εξωτερικής πηγής τροφοδοσίας
- Η μεγάλη ευαισθησία
- Η πολύ καλή πιστότητα
- Είναι ανεπηρέαστα από τις εξωτερικές συνθήκες
- Παρουσιάζουν κυκλικό πολικό διάγραμμα
- Δεν επηρεάζονται από τη χρήση μεγάλου μήκους καλωδίων σύνδεσης και γι' αυτό προτιμούνται στις μικροφωνικές εγκαταστάσεις.

Τα μειονεκτήματα των δυναμικών μικροφώνων είναι:

- Απαιτήση μετασχηματιστή προσαρμογής
- Πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση
- Στις υψηλές συχνότητες εμφανίζουν μία μεγάλη κατευθυντικότητα στο μπροστινό μέτωπο του πολικού διαγράμματος.



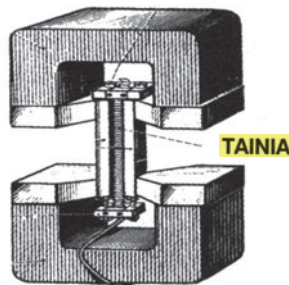
Σχήμα 1.2.2.4. Δυναμικό μικρόφωνο ή κινητού πηνίου

### 1.2.2.5 Μικρόφωνα ταινίας.

Είναι και αυτά δυναμικά μικρόφωνα και η λειτουργία τους στηρίζεται στο φαινόμενο της μαγνητικής επαγωγής, με τη διαφορά ότι αντί για κινητό πηνίο διαθέτουν λεπτή πτυχωτή ταινία από αλουμίνιο, η οποία είναι προσαρμοσμένη στο διάφραγμα και δέχεται πιέσεις από τα ηχητικά κύματα.

Τα μικρόφωνα ταινίας είναι κατευθυντικά, έχουν μικρή εσωτερική αντίσταση και χρειάζονται μετασχηματιστή προσαρμογής.

Η καμπύλη απόκρισής τους είναι αρκετά καλή για την περιοχή 10 έως 15.000Hz. Αποκλείεται η χρήση τους σε ανοικτές συγκεντρώσεις διότι μπορεί να



Σχήμα 1.2.2.5 Δομή εσωτερικού μικροφώνου ταινίας

Τα μικρόφωνα ταινίας διακρίνονται σε

- Μικρόφωνα πίεσης
- Μικρόφωνα ταχύτητας

Η διάκρισή τους σε πίεσης και ταχύτητας εξαρτάται από το κατασκευαστή της ταινίας του αλουμινίου και από τον τρόπο πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων στην ταινία.

**α) Μικρόφωνα πίεσης.**

Αν τα ηχητικά κύματα πιέζουν μόνο τη μία πλευρά της ταινίας, η δόνησή της θα είναι ανάλογη της πίεσης. Παρουσιάζουν μία έμφαση της καμπύλης απόκρισης στις υψηλές συχνότητες με αντίστοιχη μείωση στις χαμηλές.

**β) Μικρόφωνα ταχύτητας.**

Αν τα ηχητικά κύματα προσπίπτουν και στις δύο πλευρές της ταινίας, η συνολική πίεση θα είναι η διαφορά των δύο πιέσεων (εμπρός-πίσω), οπότε η τάση, που θα αναπτυχθεί θα είναι ανάλογη της ταχύτητας κίνησης της ταινίας. Παρουσιάζουν ομοιόμορφη απόδοση.

**1.2.2.6 Μικρόφωνα επαφής.**

Όταν απαιτείται μετάδοση ομιλίας ή μουσικής χωρίς παρεμβολή εξωτερικών θορύβων χρησιμοποιούνται τα μικρόφωνα επαφής. Διεγείρονται από την επαφή με το δονούμενο σώμα (π.χ. χείλη, χορδές κλπ.) και μετατρέπουν αυτές τις δονήσεις σε ηλεκτρική τάση. Ανήκουν στην κατηγορία των μικροφώνων άνθρακα αλλά συναντάμε και δυναμικά μικρόφωνα επαφής.

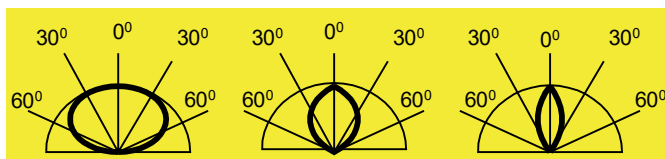
Διακρίνονται σε χειλόφωνα και σε λαρυγγόφωνα.

Τα χειλόφωνα στερεώνονται και έρχονται σε επαφή με τα ανθρώπινα χείλη, ενώ τα λαρυγγόφωνα εφαρμόζονται στο λάρυγγα και διεγείρονται από τις δονήσεις του. Χρησιμοποιούνται σε μέρη, όπου ο θόρυβος είναι υπερβολικά μεγάλος, όπως ο θάλαμος πλοήγησης αεροσκάφους ή το άρμα μάχης.

**1.2.2.7 Υπερκατευθυντικά μικρόφωνα.**

Διαθέτουν ειδικούς ανακλαστήρες για συγκεκριμένες περιπτώσεις όπου επιβάλλεται απομόνωση όλων των εξωτερικών ήχων εκτός από τους ήχους που προέρχονται από συγκεκριμένο σημείο.

Το πολικό διάγραμμα τέτοιων μικροφώνων φαίνεται στο σχ. 1.2.2.7.



Σχήμα 1.2.2.7.1 Πολικά διαγράμματα υπερκατευθυντικών μικροφώνων σε διάφορες συχνότητες.

**1.2.2.8 Στερεοφωνικά μικρόφωνα.**

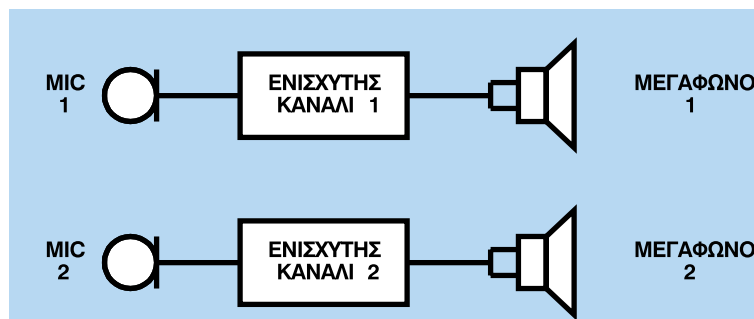
Γενικά στη στερεοφωνική εκπομπή η λήψη γίνεται με τη χρήση δύο καναλιών εγγραφής και αναπαραγωγής των ήχων δυο διαφορετικών πηγών.

Έτσι απαιτούνται δύο ή περισσότερα μικρόφωνα τα οποία τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις σε σχέση με τις ηχητικές πηγές.

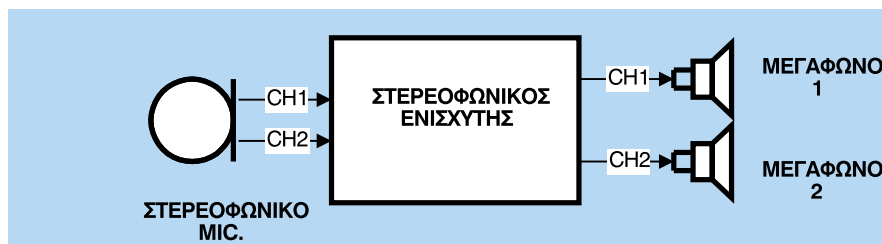
Το ίδιο όμως μπορεί να πραγματοποιηθεί και με τη χρήση στερεοφωνικών μικροφώνων.

Αυτά αποτελούνται από δύο κάψες - η μία κάτω από την άλλη με τις μεμβράνες τους (διαφράγματα) σε γωνία  $90^\circ$ . Επομένως και τα πολικά διαγράμματα θα είναι με  $90^\circ$  μεταξύ τους.

Συνήθως είναι δυναμικά αλλά συναντάμε και πυκνωτικά.



Σχήμα 1.2.2.8.1 Δομικό διάγραμμα στερεοφωνικής λήψης και αναπαραγωγής με δύο μικρόφωνα



Σχήμα 1.2.2.8.2 Δομικό διάγραμμα σύνδεσης στερεοφωνικού μικροφώνου με ενισχυτή και ηχεία.

### 1.2.2.9 Τεχνικοί όροι ηχοληψίας.

- **Ήχος (Audio):**

Είναι το ηχητικό μέρος της τηλεοπτικής παραγωγής.

- **Ισοσταθμισμένο μικρόφωνο (Balanced Mic.):**

Είναι τα επαγγελματικά μικρόφωνα, που έχουν έξοδο με 3 αγωγούς. Οι δύο αγωγοί μεταφέρουν το σήμα, ενώ ο τρίτος αγωγός είναι η γειωμένη θωράκιση. Αυτά τα μικρόφωνα δεν είναι ευαίσθητα στο βόμβο και στα ηλεκτρονικά παράσιτα.

- **Δίδυμα μικρόφωνα (Dual Redundancy):**

Είναι δύο ίδια μικρόφωνα, που χρησιμοποιούνται για τη λήψη του ήχου και μόνο το ένα είναι σε λειτουργία. Σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη στο ενεργό μικρόφωνο τότε μπαίνει σε λειτουργία το δεύτερο μικρόφωνο με αυτόματο έλεγχο.

- **Επίπεδη απόκριση (Flat Response):**  
Είναι το μέτρο της ικανότητας ενός μικροφώνου να ανταποκρίνεται εξίσου σε όλο το ακουστικό φάσμα.
- **Απόκριση στις συχνότητες (Frequency Response):**  
Είναι το μέτρο της περιοχής συχνοτήτων, που μπορεί να ανταποκριθεί ένα μικρόφωνο.
- **Απολαβή (Gain):**  
Είναι η στάθμη της ενίσχυσης του σήματος για ακουστικά και οπτικά σήματα. Ο όρος οδηγός απολαβή (Riding Gain) σημαίνει ότι η ένταση του ήχου, βρίσκεται στη σωστή απολαβή.
- **Μικρόφωνα λαβαλιέρ (Lavalier Mic):**  
Είναι μικρά μικρόφωνα (ψείρες), που μπορούν να στερεωθούν με πιαστράκια στο πέτο το σακακιού, στην μπλούζα, στο πουκάμισο, στη γραβάτα κλπ.
- **Θόρυβος (Noise):**  
Είναι ανεπιθύμητοι ήχοι, που παράγονται και αλληλεπιδρούν με τους κανονικούς ήχους. Επίσης, πρόκειται για φυσήματα και βόμβους, που δημιουργούνται από τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα του ηχητικού εξοπλισμού.
- **Πανκατευθυντικό μικρόφωνο (Omnidirectional Mic.):**  
Είναι τύπος μικροφώνου, που έχει δυνατότητα συλλογής ήχων εξίσου από όλες τις κατευθύνσεις.
- **Κατευθυντικό μικρόφωνο (Unidirectional):**  
Είναι τύπος μικροφώνου, που συλλέγει ήχους καλύτερα από μία συγκεκριμένη διεύθυνση, (παρά από ότι τους πίσω ή πλάγιους ήχους).
- **Διάγραμμα λήψης (Pickup Pattern):**  
Είναι η περιοχή γύρω από το μικρόφωνο, μέσα στην οποία αυτό συλλέγει άριστα τους ήχους.
- **Πολικό διάγραμμα (Polar pattern):**  
Είναι η δισδιάστατη αναπαράσταση του διαγράμματος λήψης ενός μικροφώνου.
- **Μη ισοσταθμισμένο μικρόφωνο (Unbalanced Mic.):**  
Είναι ερασιτεχνικό μικρόφωνο με δύο αγωγούς. Ο ένας αγωγός μεταφέρει το σήμα και ο άλλος είναι η γείωση. Επηρεάζεται εύκολα από θορύβους και άλλες ηλεκτρικές παρεμβολές.
- **Ασύρματο μικρόφωνο (Wireless Mic.):**



Σχήμα 1.2.2.9 Ασύρματο μικρόφωνο και η βάση του πομπού

Είναι μικρόφωνο, το οποίο συλλέγει ήχους αλλά δεν τους μεταφέρει ενσύρματα και διαθέτει βαθμίδα διαμόρφωσης και εκπομπής των ήχων. Απαραίτητη διάταξη είναι η βαθμίδα λήψης, όπου το σήμα αποδιαμορφώνεται, ενισχύεται και οδηγείται στα ηχεία.

### 1.2.2.10 Ταξινόμηση μικροφώνων.

Τα μικρόφωνα ταξινομούνται ανάλογα με την πραγματική χρήση τους σε μικρόφωνα συλλογής ήχων από κινητές πηγές και σε άλλα από στατικές πηγές. Έτσι παίρνουν την ονομασία κινητά μικρόφωνα και στατικά μικρόφωνα.

#### 1.2.2.10.1 Κινητά μικρόφωνα.

- **Μικρόφωνο λαβαλιέρ ή ψείρας:**

Είναι συνηθισμένο μικρόφωνο για συνεντεύξεις και ειδήσεις μικρών στούντιο. Τοποθετείται 15 - 18 εκατοστά κάτω από το σαγόνι του ομιλητή, συνήθως στο πέτο ή στη γραβάτα. Είναι πανκατευθυντικό δυναμικό ή πυκνωτικό και έχει σχεδιασθεί κυρίως για τη λήψη φωνής. Είναι εξαιρετικής ποιότητας.

- **Αναρτημένο μικρόφωνο (Boom):**

Είναι μικρόφωνο εξαιρετικά κατευθυντικό (υπερκαρδιοειδές) και μπορεί να κάνει μακρινή λήψη. Χρησιμοποιείται σε τηλεοπτικές παραγωγές, όπου η παρουσία του μικροφώνου ή η σκιά του αποκλείονται. Έτσι το μικρόφωνο αυτό αναρτάται σε κάποιο κοντάρι, το οποίο ο ηχολήπτης κρατάει ή συνδέει το σύστημα μικρόφωνο-κοντάρι σε περιφερόμενο τρίποδο καροτσάκι.

- **Μικρόφωνο ραδιοσυχνότητας (Radio Frequency R.F.):**

Σε παραγωγές, όπου η κίνηση των ηχητικών πηγών είναι μεγάλη, τότε γίνεται χρήση των μικροφώνων RF. Αυτά μπορεί να είναι ψείρας ή χειρός, φανερά ή κρυμμένα. Το μικρόφωνο RF συνδέεται ενσύρματα με τον πομπό, ο οποίος συνήθως βρίσκεται στην εσωτερική τσέπη του παρουσιαστή ή επικολλάται στο σώμα του (μερικές φορές βλέπουμε να συνδέεται στην πλάτη του).

#### 1.2.2.10.2 Στατικά μικρόφωνα.

- **Επιτραπέζια μικρόφωνα:**

Είναι μικρόφωνα, που τοποθετούνται στην τράπεζα ομιλίας. Όταν χρησιμοποιούνται τέτοια μικρόφωνα για συζητήσεις πολλών ατόμων, δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα μικρόφωνο για κάθε μέλος. Η ιδανική απόσταση

μεταξύ των μικροφώνων πρέπει να είναι τριπλάσια από την απόσταση μικροφώνου - ομιλητή.

- **Μικρόφωνα με βάση:**

Χρησιμοποιούνται, όταν η πηγή του ήχου είναι σταθερή και ακίνητη. Συνήθως είναι δυναμικά ή υπερευαίσθητα πυκνωτικά.

- **Κρεμαστά μικρόφωνα:**

Είναι συνήθως μικρόφωνα ψείρας ή μεγάλης ευαισθησίας με καρδιοειδές διάγραμμα. Αναρτώνται πάνω από το σκηνικό και χρησιμοποιούνται εκεί, όπου οι πηγές των ήχων είναι σχετικά σταθερές (σκηνικό θεάτρου).

- **Μικρόφωνα PZM (Pressure Zone Mic.):**

Είναι στατικά μικρόφωνα ειδικής κατασκευής. Έχουν πλατιά ημισφαιρική μορφή λήψης και είναι άριστα για ηχητική κάλυψη μεγάλων ομάδων συζητητών καθώς και του κοινού, που παρακολουθεί τη συζήτηση.



### 1.3. Τράπεζα μίξης ήχου ή κονσόλα ελέγχου ήχου.



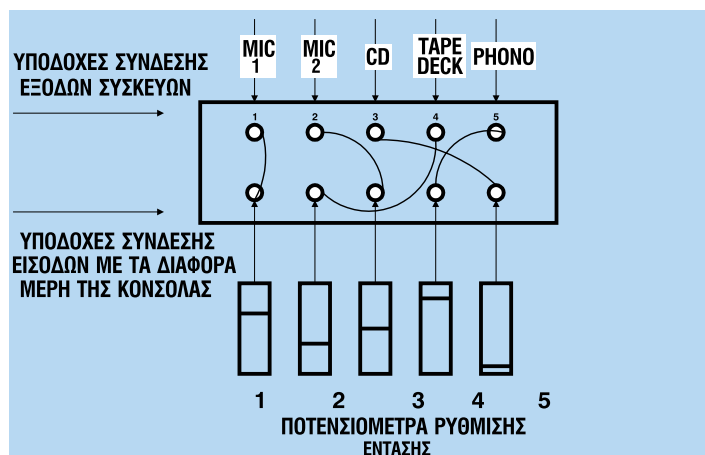
Σχήμα 1.3 Επαγγελματική κονσόλα ελέγχου ήχων

Οι κονσόλες ελέγχου του ήχου σχεδιάζονται για να καλύπτουν τις παρακάτω γενικές λειτουργίες:

- Διακλάδωση των διαφόρων ηχητικών πηγών.
- Επεξεργασία των σημάτων εισόδου
- Μίξη των ηχητικών σημάτων
- Ποιοτικό έλεγχο των ηχητικών σημάτων
- Επεξεργασία των σημάτων εξόδου και
- Παρακολούθηση της στάθμης των ηχητικών σημάτων.

#### 1.3.1. Διακλάδωση των ηχητικών πηγών.

Η διακλάδωση των ηχητικών πηγών γίνεται με τη βοήθεια ενός πίνακα διακλάδωσης, του οποίου η βασική λειτουργία είναι η οδήγηση των ηχητικών πηγών (μικρόφωνα, κασετόφωνο, CD, Pick Up κλπ) προς και από τα διάφορα τμήματα των συσκευών. Η διακλάδωση γίνεται με τη χρήση αγωγών και βυσμάτων ή με τη χρήση υπολογιστή.



Σχήμα 1.3.1. Δομικό διάγραμμα πίνακα διακλάδωσης

Στο διάγραμμα του σχ.1.3.1. βλέπουμε ένα απλό πίνακα διακλάδωσης. Διαθέτει πέντε υποδοχές (άνω τρύπες), όπου συνδέονται οι αντίστοιχες πέντε ηχητικές πηγές (Mic. 1, Mic. 2, CD, TAPE, PICK -UP) και πέντε υποδοχές (κάτω τρύπες), όπου γίνεται η σύνδεση και διακλάδωση των πηγών στα διάφορα μέρη της κονσόλας μέσω των πέντε ρυθμιστών έντασης (ποτενσιόμετρα).

Η σειρά ρύθμισης των πηγών στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι

Mic 1 - ποτενσιόμετρο 1, Mic 2 - ποτενσιόμετρο 3, CD - ποτενσιόμετρο 5, Tape Deck - ποτενσιόμετρο 2 και Pick-Up -ποτενσιόμετρο 4.

Επειδή η διαδικασία διακλάδωσης με πίνακα απαιτεί χρόνο, τα δε καλώδια πολλές φορές φθείρονται με αποτέλεσμα την εισαγωγή βόμβου και το κυριώτερο ο τεχνικός του πίνακα συγχέει τη σύνδεση με τη πηγή, γι' αυτό χρησιμοποιούνται διακλαδωτές με τη βοήθεια υπολογιστή.

Στον ηλεκτρονικό υπολογιστή απλά πληκτρολογούνται οι πληροφορίες για τη σειρά και τη στάθμη των ηχητικών πηγών καθώς και ο αριθμός εξόδου της πληροφορίας. Επί πλέον υπάρχει η δυνατότητα της αποθήκευσης των εντολών σε δισκέτα για επόμενη χρήση.

Στο διάγραμμα 1.3.1. έχουμε πέντε πηγές, που σημαίνει ότι και στη κονσόλα πρέπει να έχουμε πέντε εισόδους για την επεξεργασία. Οι είσοδοι αυτοί έχουν προενισχυτές και ρυθμιστές της έντασης καθεμιάς από τις πέντε πηγές.

Οι μικρές ή φορητές κονσόλες έχουν τέσσερις ή το πολύ οκτώ εισόδους, οι οποίες όμως είναι αρκετές για ηχοληψία και ηχογράφιση, ενώ είναι ανεπαρκείς για μίξη ή άλλες διαδικασίες επεξεργασίας των ηχητικών σημάτων.

Οι κονσόλες των στούντιο έχουν 16/24/32 εισόδους. Τέλος το τμήμα εισόδου της κονσόλας περιλαμβάνει εκτός από τον προενισχυτή, ρυθμιστικά ποιότητας, δηλαδή διακόπτες (Mute, Solo) με τους οποίους γίνεται σίγηση όλων των άλλων πηγών.

### 1.3.2 Επεξεργασία των εισόδων.

Όταν θέλουμε να συνδυάσουμε ηχητικά σήματα από διαφορετικές πηγές, πρέπει να τροφοδοτήσουμε όλες αυτές τις εισόδους σε ένα κανάλι μίξης.

Οι μικροί φορητοί μίκτες δεν έχουν έλεγχο ποιότητας. Απλά αναμιγνύουν τα ηχητικά σήματα και τα οδηγούν στην έξοδο, όπως ακριβώς παράγονται από τις πηγές τους (ακόμα και με τους πιθανούς βόμβους).

### 1.3.3 Μίξη των ηχητικών σημάτων.

### 1.3.4 Ποιοτικός έλεγχος των ηχητικών σημάτων.

Οι κονσόλες ήχου και ειδικότερα αυτές, που προορίζονται για λειτουργία ENG/ EFP [Electronic News Gathering (Ηλεκτρονική Συλλογή Ειδήσεων) / Electronic Field Production (Εξωτερική Ηλεκτρονική Παραγωγή)], έχουν διάφορα ρυθμιστικά, που επηρεάζουν το χαρακτήρα των ηχητικών σημάτων.

Τα σπουδαιότερα ρυθμιστικά του ελέγχου της ποιότητας του ήχου είναι:

- Εξισωτές (Equalizers)
- Διάφορα φίλτρα αποκοπής ζώνης συχνοτήτων
- Ρυθμιστές αντήχησης (Reverbaration)
- Πρόσθετα ρυθμιστικά ποιότητας.

#### 1.3.4.1 Εξισωτής κονσόλας ελέγχου.

Μοιάζει πολύ με τα ρυθμιστικά τόνου ενός στερεοφωνικού δέκτη. Αυξάνει ή μειώνει επιλεγμένες περιοχές συχνοτήτων μεταβάλλοντας το χαρακτήρα της ακουστικής πληροφορίας.

#### 1.3.4.2 Φίλτρα αποκοπής ζώνης συχνοτήτων.

Τα φίλτρα αυτά μειώνουν δραστικά τη στάθμη περιοχής συχνοτήτων.

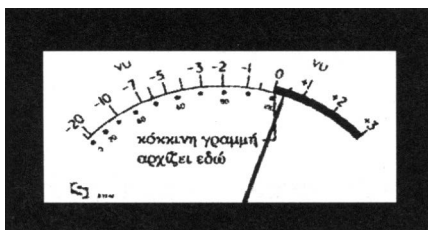
#### 1.3.4.4 Πρόσθετα ρυθμιστικά.

Στα πρόσθετα ρυθμιστικά ποιότητας, που υπάρχουν στις μεγάλες κονσόλες υπάρχουν κάποιοι διακόπτες, που επιτρέπουν τη προσφορά σχετικής έντασης στα εισερχόμενα σήματα, και άλλοι που εμποδίζουν την υπερφόρτωση των εισόδων ή επιβάλλουν εστίαση του ήχου σε διάφορα σημεία μεταξύ δύο στερεοφωνικών ηχείων.

### 1.3.5 Επεξεργασία των σημάτων εξόδου.

Είναι η μονάδα, στην οποία έρχονται τα αναμεμιγμένα και ποιοτικά επεξεργασμένα σήματα και τα οποία οδηγούνται στη γραμμή εξόδου.

Εδώ γίνεται ο τελικός έλεγχος της στάθμης του παραγόμενου ηχητικού σήματος, ο οποίος μπορεί να ρυθμιστεί με το κεντρικό ποτενσιόμετρο (Master Pot.). Η παρακολούθηση της στάθμης γίνεται από ένα βολτόμετρο, του οποίου η βελόνα κινείται δεξιά - αριστερά κατά μήκος μιας βαθμονομημένης κλίμακας. Η βαθμονόμηση είναι στα 0 db 2/3 της διαδρομής και η ένδειξη αυτή ανάγεται σε mV στα 600 Ωμ. Τα βολτόμετρα αυτά είναι γνωστά ως Βεγιούμετρα (VU meter).



Σχήμα 1.3.5.1 Μορφή ενός αναλογικού οργάνου VU μέτρησης της σχετικής έντασης του ήχου

Αντί για αναλογικά όργανα, μερικές κονσόλες έχουν διόδους εκπομπής φωτός LED (Light Emitting Diode), οι οποίες τοποθετούνται σε σειρά.

Για κάθε ένα LED υπάρχει ένδειξη της στάθμης του, όταν αυτό ανάβει.

Οι υψηλής ποιότητας κονσόλες διαθέτουν όργανο ένδειξης του μεγίστου P.P.M. (Peak Programme Meter). Αυτά τα όργανα μετρούν την ακουστικότητα και αντιδρούν γρηγορότερα στις τιμές κορυφής από ό,τι τα αναλογικά βολτόμετρα και δείχνουν αν υπάρχει υπερδιαμόρφωση.

Τέλος οι κονσόλες ήχου προσδιορίζονται από τον αριθμό των εισόδων και εξόδων τους. Έτσι μία κονσόλα μπορεί να έχει 6 κανάλια εισόδων και 1 κανάλι εξόδου, ενώ η κονσόλα 16 X 2 διαθέτει 16 κανάλια εισόδων και 2 εξόδους.

Οι σύγχρονες κονσόλες διαθέτουν ηλεκτρονικό υπολογιστή και πρόγραμμα με το οποίο είναι δυνατή η προρύθμιση, ή ανάκληση ή και η ενεργοποίηση διαφόρων λειτουργιών για τη ρύθμιση του ήχου.

Για παράδειγμα μπορεί να κάνει μία συγκεκριμένη μίξη με καθορισμένη ένταση και ισοστάθμιση. Επί πλέον αυτές τις ρυθμίσεις μπορεί να τις αποθηκεύσει στη μνήμη του H/Y, να πραγματοποιήσει άλλες και κάνει δυνατούς συνδυασμούς και τελικά να ανακαλέσει την καλύτερη.

### 1.3.6 Κονσόλες ήχου σε συνεργασία με H/Y.

## 1.4 ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΤΟΝΟΥ ΚΑΙ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΤΕΣ.

### 1.4.1 Ρυθμιστής Τόνου του ηχητικού σήματος.

Οι ρυθμιστές του τόνου είναι διατάξεις, οι οποίες ρυθμίζουν ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των ηχητικών σημάτων που είναι η χροιά (φάσμα ακουστικών συχνοτήτων) ή όπως συνηθίζεται ο τόνος.

Η ρύθμιση του τόνου γίνεται με μεταβολή του εύρους των συνιστωσών του ηχητικού σήματος. Δηλαδή π.χ. μπορεί να κάνει ο ρυθμιστής αύξηση της περιοχής των χαμηλών συχνοτήτων (μπάσα) και μείωση της περιοχής των υψηλών συχνοτήτων (πρίμα).

Επίσης είναι δυνατόν να γίνει ο οποιοσδήποτε συνδυασμός ρύθμισης των διαφόρων περιοχών συχνοτήτων του ακουστικού σήματος. Η δυνατότητα ρύθμισης αρκετών περιοχών του ακουστικού φάσματος εξαρτάται από την κατασκευή του ρυθμιστή.

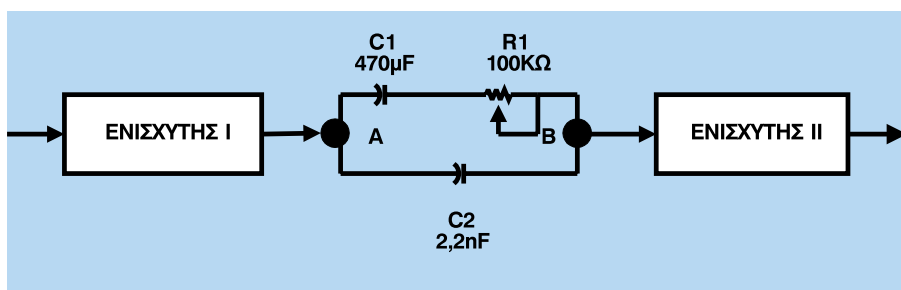
Στις πιο απλές περιπτώσεις οι διάφορες ηχητικές διατάξεις διαθέτουν δύο ρυθμιστικά του τόνου, ένα για τις χαμηλές συχνότητες και ένα για τις υψηλές συχνότητες.

Όπου όμως απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός των ρυθμιστικών τότε κατασκευάζονται ιδιαίτερες διατάξεις γνωστές σαν εξισωτές (Equalizers), οι οποίες διατάξεις έχουν ρυθμιστικά ρύθμισης 8 - 10 περιοχών του ακουστικού φάσματος.

#### 1.4.1.1 Απλά κυκλώματα ρύθμισης χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων.

Οι ρυθμιστές χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων είναι απλά κυκλώματα πυκνωτών και ρυθμιστικών αντιστάσεων, που συνδέονται μεταξύ των ενισχυτικών βαθμίδων. Σκοπός τους είναι ο διαχωρισμός των υψηλών από τις χαμηλές συχνότητες, η ρύθμιση της στάθμης της μιας περιοχής από τις δύο και στη συνέχεια η άθροιση (πάλι) των διαχωρισμένων περιοχών.

Στο σχ. 1.4.1.1 φαίνεται απλή διάταξη ρύθμισης των Χ.Σ.



Σχήμα 1.4.1.1.1 Κύκλωμα ρύθμισης Χ.Σ. (Μπάσα)

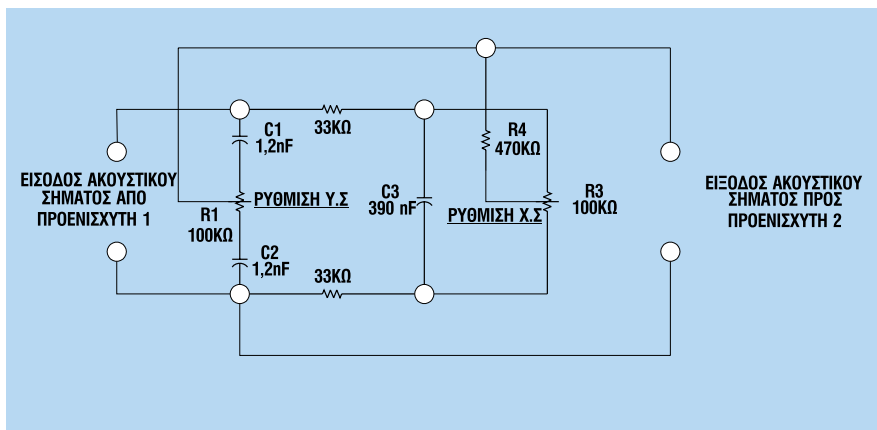
Στο κύκλωμα του σχ. 1.4.1.1.1 το ακουστικό σήμα από τον ενισχυτή 1 διακλαδίζε-

ται στο σημείο Α. Οι χαμηλές συχνότητες περνούν ευκολότερα από τον κλάδο  $C_1$ ,  $R_1$  ενώ οι υψηλές συχνότητες περνούν από τον κλάδο  $C_2$ .

Η ρύθμιση της στάθμης των Χ.Σ. γίνεται από το ποτενσιόμετρο  $R_1$ . Τέλος οι Χ.Σ. και οι Υ.Σ. αθροίζονται στο σημείο Β.

Αν στο ίδιο διάγραμμα τοποθετήσουμε το ποτενσιόμετρο  $R_1$  στον κλάδο των Υ.Σ. (μετά τον πυκνωτή  $C_2$ ) είναι φανερό ότι θα έχουμε ρύθμιση των Υ.Σ.

Στην πράξη οι ρυθμιστές τόνου για τις χαμηλές και τις υψηλές συχνότητες γίνονται από πύλο σύνθετα κυκλώματα, όπως αυτό του σήματος 1.4.1.1.2



Σχήμα 1.4.1.1.2 Σύνθετος ρυθμιστής τόνου Χ.Σ. και Υ.Σ.

Στο κύκλωμα του σχ. 1.4.1.1.2 οι Υ.Σ. αναπτύσσονται στον κλάδο  $C_1$ ,  $R_1$ ,  $C_2$  επειδή οι χωρητικότητες είναι πολύ μικρές. Επομένως η ρύθμιση των Υ.Σ. γίνεται από το ποτενσιόμετρο  $R_1$ .

Επίσης οι χαμηλές συχνότητες αναπτύσσονται στον παράλληλο κλάδο  $C_3$ ,  $R_3$  (ο πυκνωτής  $C_3$  βραχυκυκλώνει τις Υ.Σ.) και η ρύθμιση γίνεται από το ποτενσιόμετρο  $R_3$ .

Τα ποτενσιόμετρα  $R_1$  και  $R_3$  μπορεί να είναι δύο ξεχωριστά ρυθμιστικά ή να είναι ομαδοποιημένα σε ένα ρυθμιστικό με κεντρικό άξονα και δύο ρυθμίσεις (μία εξωτερική και μία εσωτερική).

Είναι απλές ηλεκτρονικές (κυρίως παθητικές) διατάξεις, οι οποίες αναφέρονται σε στερεοφωνικά συστήματα, εκεί όπου δηλαδή οι ηχητικές πληροφορίες περνούν από δύο ξεχωριστά κανάλια επεξεργασίας.

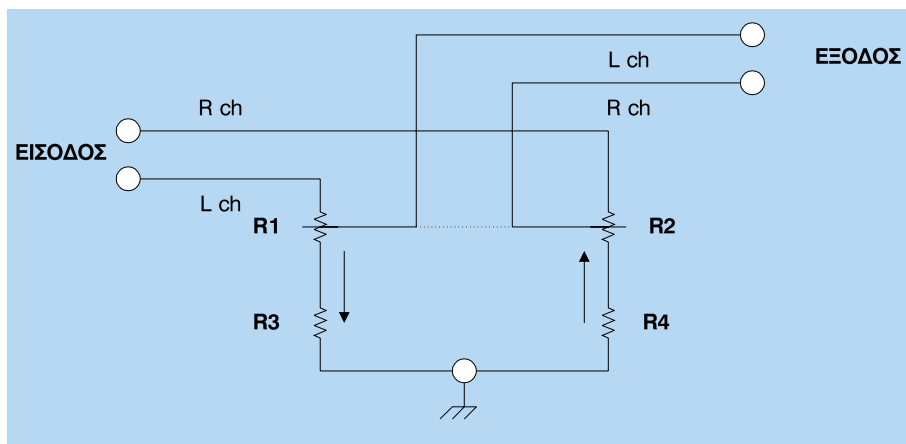
Έτσι οι ισοσταθμιστές σκοπό έχουν να ρυθμίσουν τη στάθμη των ηχητικών σημάτων των δύο καναλιών είτε με τη βοήθεια ενός ρυθμιστικού είτε με τη βοήθεια δύο ρυθμιστικών (ένα για το κάθε κανάλι).

Στο σχ. 1.4.2. φαίνονται διάφοροι τύποι απλών ρυθμιστικών ισοστάθμισης.

Σε αυτό ο ρυθμιστής αποτελείται από δύο ποτενσιόμετρα  $R_1$  και  $R_2$ , τα οποία όμως έχουν αντισυμμετρική ρύθμιση.

## 1.4.2

### Ισοσταθμιστές (BALANCE CONTROL).



Σχήμα 1.4.2 Διάγραμμα ενός απλού ρυθμιστή ισοστάθμισης

Η σύνδεση είναι τέτοια, ώστε η ηχητική πληροφορία του αριστερού καναλιού να αναπτύσσεται από την είσοδο μέχρι τη γείωση, δηλαδή όλη η τάση πέφτει στις αντιστάσεις  $R_1$  και  $R_3$ .

Το ίδιο συμβαίνει και με το δεξί κανάλι. Όλη η ηχητική πληροφορία αναπτύσσεται στις αντιστάσεις  $R_2$  και  $R_4$ . Έτσι όταν επιλέγουμε ρύθμιση του δεξιού καναλιού (δηλ. θέλουμε να ακούγεται το δεξί κανάλι), τότε η μεσαία λήψη του  $R_2$  ποτενσιομέτρου οδηγείται προς την πάνω πλευρά μειώνοντας την αντίσταση, ενώ η μεσαία λήψη του  $R_4$  ποτενσιομέτρου οδηγείται προς τα κάτω αυξάνοντας την αντίσταση και βεβαίως ελαττώνοντας τη στάθμη εξόδου του αριστερού καναλιού. Σε ακραίες θέσεις θα ακούγεται το δεξί κανάλι ενώ το αριστερό δε θα ακούγεται. Τα στερεοφωνικά συγκροτήματα ποιότητας διαθέτουν διατάξεις ολοκληρωμένης τεχνικής με τα οποία γίνεται ρύθμιση της έντασης του σήματος (Volume Control), του τόνου (Tone Control) και της ισοστάθμισης (Balance Control).

## 1.5. Συστήματα αποθορυβοποίησης-Περιορισμός θορύβου.

Αν και η τεχνολογία των μοντέρνων ηχητικών διατάξεων έχει φθάσει σε πολύ υψηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα οι παραμορφώσεις να έχουν σχεδόν εξαφανισθεί, παρ' όλα αυτά το πρόβλημα του θορύβου συνεχίζει να είναι υπαρκτό και γι'αυτό καταβάλλονται προσπάθειες μείωσής του με διάφορα συστήματα περιορισμού ή αποθορυβοποίησης. Μερικά από τα συστήματα αυτά θα μελετήσουμε στις επόμενες παραγράφους.

Στόχος του συστήματος Dolby B είναι να μειώσει το θόρυβο της ταινίας των φορητών ή επιτραπέζιων μονοφωνικών και στερεοφωνικών κασετοφώνων. Είναι γνωστό ότι θόρυβος σε μια ταινία μπορεί να προκληθεί αν εγγράφει ένα ηχητικό σήμα υψηλής στάθμης, το οποίο θα οδηγήσει το μαγνητικό υλικό στον κορεσμό. Έτσι στην αναπαραγωγή θα έχουμε εκτός από το ηχητικό σήμα και το θόρυβο κορεσμού.

Το σύστημα Dolby B διαθέτει ένα δυναμικό φίλτρο, το οποίο προκαλεί συστολή-διαστολή σε μία ορισμένη ζώνη συχνοτήτων (φίλτρο με μεταβαλλόμενο εύρος ζώνης συχνοτήτων).

Το εύρος της ζώνης συχνοτήτων δράσης του δυναμικού φίλτρου εξαρτάται από τη στάθμη του προς μετάδοση ηχητικού σήματος. Έτσι η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου αλλάζει σε συνάρτηση με τη συχνότητα και τη στάθμη του σήματος, που προκαλεί το θόρυβο. Η περιοχή δράσης του δυναμικού φίλτρου στο Dolby B είναι από 250-20.000Hz και η μείωση θορύβου για συχνότητα πάνω από 4000Hz είναι περίπου 10dB.

Η διαδικασία αποθορυβοποίησης γίνεται σε δύο χρόνους

- Πριν την εγγραφή της ταινίας το ηχητικό σήμα υφίσταται ενίσχυση των υψηλών συχνοτήτων (που έχουν χαμηλή στάθμη), ώστε ο λόγος ΣΗΜΑ/ΘΟΡΥΒΟΣ (S/N) να γίνει μεγάλος και στη συνέχεια γίνεται η εγγραφή.
- Στην αναπαραγωγή της ταινίας, (όπου υπάρχει και ο θόρυβος) λαμβάνει χώρα η αντίθετη διεργασία, δηλαδή τα σήματα των υψηλών συχνοτήτων, που είχαν ενισχυθεί, τώρα συμπιέζονται κατά το ίδιο ποσοστό, με αποτέλεσμα η συμπίεση αυτή να δρα και στο θόρυβο.

### 1.5.1 Σύστημα αποθορυβοποίησης Dolby B.

Το σύστημα Dolby C είναι η βελτιωμένη έκδοση του Dolby B. Η μείωση του θορύβου, που μπορεί να προκαλέσει είναι περίπου 20dB από 1KHz και άνω έως τους 10KHz.

Η έναρξη δράσης του συστήματος Dolby C είναι από τους 100Hz περίπου με μείωση 3dB, στα 500Hz με μείωση 15dB, από 1KHz έως 10KHz με μείωση 20dB

### 1.5.2 Σύστημα αποθορυβοποίησης Dolby B.

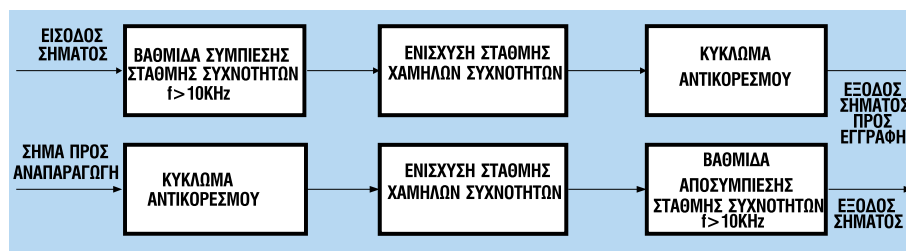


και από τα 10KHz έως τα 20KHz η μείωση είναι 20-10dB προοδευτικά φθίνουσα. Με το σύστημα αυτό όμως παρατηρούνται και ορισμένα προβλήματα, που δημιουργούνται κυρίως από τη μείωση της στάθμης θορύβου κατά 20dB στη μεγαλύτερη ζώνη του ακουστικού σήματος:

- Κατάργηση των ανοχών που δίνουν οι κατασκευαστές των ηχητικών συστημάτων
- Υπερβολική αύξηση της στάθμης των σημάτων κατά την αποσυμπίεση, που προκαλούνται από διάφορα όργανα (τύμπανα, ηλεκτρική κιθάρα κλπ).

Τα προβλήματα αυτά λύνονται με τη χρήση δύο δυναμικών φίλτρων, τα οποία θα δώσουν αντίστοιχα δύο καμπύλες συμπίεσης και αποσυμπίεσης.

Εκτός από τη δυνατότητα μείωσης της στάθμης θορύβου περίπου κατά 20dB, το σύστημα Dolby C εισάγει δύο επιπλέον καινοτομίες, την εισαγωγή κυκλώματος μείωσης της έντασης των συχνοτήτων πάνω από 10KHz και την εισαγωγή κυκλώματος αντικορεσμού πριν την εγγραφή του σήματος καθώς και τις αντίστοιχες βαθμίδες αύξησης της έντασης των συχνοτήτων πάνω από 10KHz και αντικορεσμού μετά την εγγραφή του σήματος, δηλαδή στην αναπαραγωγή.



Σχήμα 1.5.2. Μπλοκ διάγραμμα συστήματος αποθορυβοποίησης Dolby C

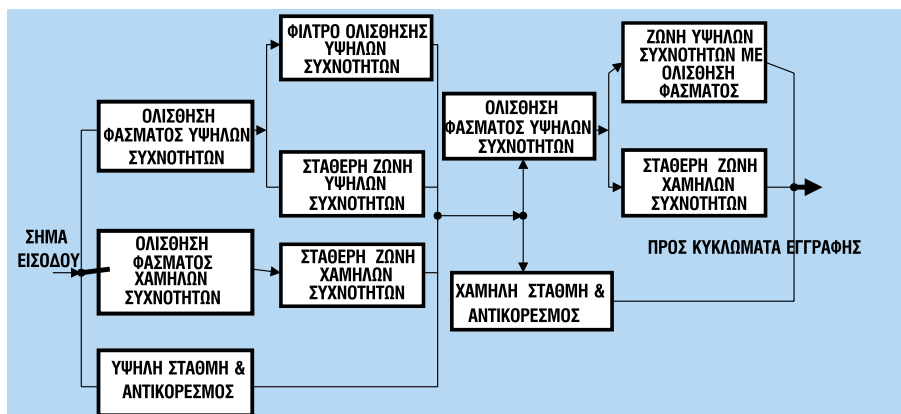
### 1.5.3 Σύστημα αποθορυβοποίησης Dolby S.

Είναι από τα πλέον προηγμένα συστήματα αποθορυβοποίησης, διότι εξασφαλίζουν:

- Καλύτερες ανοχές απόδοσης συγκρίσιμες με CD (εφόσον χρησιμοποιηθεί κασέτα I)
- Τη χαμηλότερη στάθμη θορύβου Wow και Flutter
- Ευρύτητα στην καμπύλη απόκρισης υψηλών συχνοτήτων
- Μεγάλα περιθώρια υπερφόρτωσης των κυκλωμάτων του κασετοφώνου
- Νέο πρότυπο ευθυγράμμισης της γωνίας και του ύψους της κεφαλής
- Εγγραφή υψηλής ποιότητας.

Το Dolby S χρησιμοποιεί όπως και το Dolby C δύο διατάξεις συμπίεσης-αποσυμπίεσης των υψηλών συχνοτήτων, όπου όμως η κάθε μία από αυτές τροφοδοτεί και τη βαθμίδα σταθερής ζώνης υψηλών συχνοτήτων.

Ο συνδυασμός των δύο βαθμίδων επιτυγχάνει μεγάλη μείωση θορύβου της τάξης 24dB.



Σχήμα 1.5.3. Μπλοκ διάγραμμα αποθρομβοποίησης Dolby S

## 1.6. Ηχεία - Μεγάφωνα - Φίλτρα Cross-over



Σχήμα 1.6. Ζεύγος ηχείων

Το ηχείο είναι ξύλινη κατασκευή στην οποία προσαρμόζεται το ή τα μεγάφωνα μαζί με το κροσόβερ (Crossover) και σκοπό έχει τη μετατροπή των ηλεκτρικών σημάτων σε ηχητικά.

### 1.6.1 Κουτιά ηχείων.

Η δημιουργία πυκνωμάτων και αραιωμάτων του ελαστικού μέσου (αέρα) παρέχεται από την κίνηση της μεμβράνης του μεγαφώνου (όπως θα δούμε στην ενότητα 1.6.2). Τα ηχητικά κύματα, που εμφανίζονται στο εμπρός μέρος του μεγαφώνου, έχουν διαφορά φάσης  $180^\circ$  από εκείνα που δημιουργούνται στην πίσω πλευρά. Είναι επομένως δυνατό, σε ορισμένα σημεία, άλλα κύματα να αθροίζονται με την ίδια φάση και άλλα να αναιρούνται με αποτέλεσμα την απώλεια περιοχής συχνοτήτων.

Για την αποφυγή τέτοιων συμπτωμάτων κατασκευάζονται ξύλινες ακουστικές διατάξεις, οι οποίες είτε εμποδίζουν το πίσω κύμα του μεγαφώνου να διαδοθεί στο χώρο, είτε φέρνουν το πίσω κύμα σε φάση με το εμπρός.

#### 1.6.1.1 Χαρακτηριστικά κουτιών ηχείων.

- Είδος χρησιμοποιούμενου ξύλου.

Το ξύλο που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι αρκετά σκληρό. Συνήθως τα απλά κουτιά κατασκευάζονται από νοβοπάν, ενώ τα καλύτερης ποιότητας

είναι από κόντρα πλακέ θαλάσσης (πλακάζ) και βεβαίως για ακριβές κατασκευές ξύλο δρυός.

- **Ενίσχυση της κατασκευής.**

Άσχετα από το είδος του χρησιμοποιούμενου ξύλου, πρέπει κατά τη διάρκεια της κατασκευής να προβλέπεται και η εσωτερική ενίσχυση των πλευρών με ταξύ τους με "τραβέρσες" και "μπράτσα".

- **Πάχος χρησιμοποιούμενου ξύλου.**

Στις κατασκευές των ηχείων το πάχος του χρησιμοποιούμενου ξύλου δεν καθορίζεται από κάποιο κανόνα. Με εμπειρικούς τρόπους έχει καθιερωθεί ότι το πάχος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2cm.

Η αύξηση του πάχους του ξύλου δίνει καλύτερα ηχητικά αποτελέσματα αλλά το ηχείο αποκτά πολύ μεγάλο βάρος.

- **Χρήση ηχοαπορροφητικού υλικού.**

Η απαίτηση από ένα ηχείο είναι να αποδίδει την ηχητική του ισχύ από το εμπρός μέρος χωρίς να δέχονται οι πλευρές του ηχητικές πιέσεις από τα μεγάφωνα και φυσικά χωρίς αυτά να δονούνται. Γι' αυτό το λόγο στο εσωτερικό του κουτιού του ηχείου, τοποθετείται ηχοαπορροφητικό υλικό (υαλοβάμβακας), το οποίο απορροφά τα προς τα πίσω και πλάγια εκπεμπόμενα ηχητικά κύματα.

### 1.6.1.2. Τύποι κατασκευής κουτιών ηχείων.

- **Ακουστικής ανάρτησης.**

Είναι απλή κατασκευή στην οποία το ηχείο είναι ένα κλειστό κουτί στη μία πλευρά, του οποίου ανοίγονται οι τρύπες, όπου θα τοποθετηθούν τα μεγάφωνα. Σε αυτές τις περιπτώσεις το ξύλινο κουτί παίζει διπλό ρόλο.

Από τη μια κόβει την πίσω εκπομπή των ηχητικών κυμάτων των μεγαφώνων και από την άλλη αναπτύσσει μία ποσότητα ελαστικού μέσου (αέρας) στο πίσω μέρος του μεγαφώνου, η οποία δρα σαν ανακλαστήρας αυξάνοντας την απόδοση και την απόκριση συχνότητας στις χαμηλές συχνότητες (μπάσα).

Οι μεσαίες και υψηλές συχνότητες, που εκπέμπονται από το πίσω μέρος των μεγαφώνων απορροφούνται πλήρως από αυτά τα ηχεία.

- **Ανάκλασης χαμηλών συχνοτήτων (Bass Reflex).**

Στις κατασκευές αυτές εκτός από τις τρύπες, όπου τοποθετούνται τα μεγάφωνα, ανοίγεται μία στρογγυλή τρύπα στην οποία προσαρμόζεται προς το εσωτερικό του ηχείου ένας σωλήνας ειδικών, διαστάσεων, που μεταφέρει τα ηχητικά κύματα του πίσω μέρους των μεγαφώνων προς τα εμπρός, σε φάση με τα ηχητικά κύματα του εμπρός μέρους.

Επειδή η φάση των πίσω ηχητικών κυμάτων αναστρέφεται, γι' αυτό αυτά τα ηχεία θα τα συναντήσουμε και ως ηχεία αναστροφής φάσης.

Αυτού του τύπου τα ηχεία εξασφαλίζουν μεγαλύτερη απόδοση επειδή η πίσω ηχητική ακτινοβολία δεν απορροφάται. Λόγω όμως των μεγαλύτερων δια-

δρομών κίνησης του πίσω μετώπου του ηχητικού κύματος, εμφανίζουν και μεγαλύτερες παραμορφώσεις.

### 1.6.2 Μεγάφωνα.

Είναι ηλεκτρομηχανικές διατάξεις, οι οποίες δέχονται ηλεκτρική μεταβαλλόμενη ισχύ από τον ενισχυτή εξόδου και την μετατρέπουν σε ηχητική ισχύ ίδιας συχνότητας με την ηλεκτρική.



Σχήμα 1.6.2. Σετ μεγαφώνων "οβάλ"

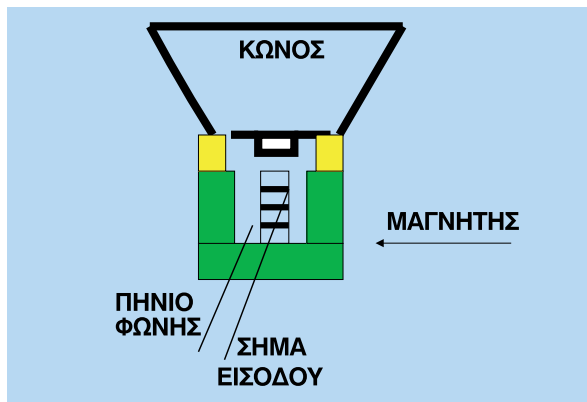
#### 1.6.2.1 Μεγάφωνα Μόνιμου Μαγνήτη.

Κατασκευάζονται από μόνιμο μαγνήτη τύπου E, που στα εσωτερικά του σκέλη είναι τυλιγμένο το πηνίο φωνής.

Το πηνίο αποτελείται από σύρμα διαμέτρου 0,3 - 0,5mm, το οποίο τυλίγεται σε κύλινδρο από βακελίτη διαμέτρου 2-3cm και μήκους 3cm. Στο εμπρός μέρος του πηνίου φωνής είναι προσαρμοσμένος ο κώνος.

Ο κώνος είναι κατασκευασμένος από ειδικό χαρτί. Το σύστημα πηνίο φωνής-κώνος μπορεί να κινείται στο σκέλος του μαγνήτη. Η κίνηση εξασφαλίζεται με τη βοήθεια λεπτής κυκλικής μεμβράνης από ευλύγιστο πτυχωτό υλικό για να αυξάνεται η ευλυγισία του και στο κέντρο η μεμβράνη έχει άνοιγμα, ώστε να χωράει το κεντρικό σκέλος του μαγνήτη και το πηνίο φωνής. Η πτυχωτή μεμβράνη λέγεται SPANTER.

Όταν τροφοδοτηθεί το πηνίο φωνής με μεταβαλλόμενο ρεύμα αναπτύσσεται στα άκρα του μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο το οποίο συνδυάζεται με το μόνιμο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη. Έτσι προκαλείται κίνηση του πηνίου φωνής. Αυτό συμπαρασύρει τον κώνο, ο οποίος προκαλεί πυκνώματα και αραιώματα των μορίων του αέρα με αποτέλεσμα την παραγωγή ήχων ίδιας συχνότητας με τη συχνότητα του ρεύματος διέγερσης.



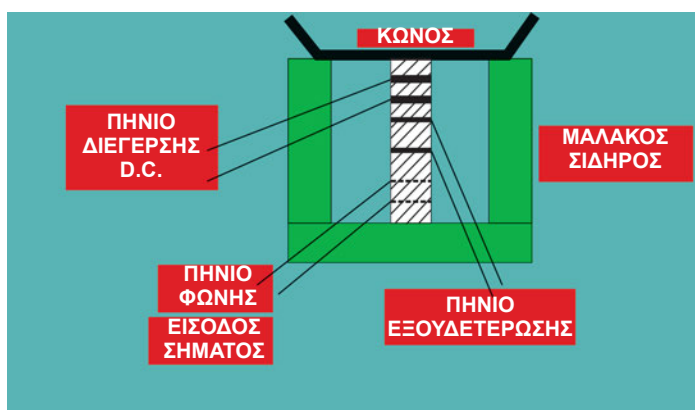
Σχήμα 1.6.2.1 Δομή Μεγαφώνου μόνιμου μαγνήτη

### 1.6.2.2 Ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα.

Είναι μεγάφωνα πηνίου φωνής με τη διαφορά ότι δεν έχουν μόνιμο μαγνήτη αλλά ηλεκτρομαγνήτη. Δηλαδή η μαγνήτιση του πυρήνα πραγματοποιείται με ιδιαίτερο πηνίο, το οποίο λέγεται πηνίο διέγερσης, που τροφοδοτείται με D.C. τάση. Η συγκρότηση πηνίου φωνής - σπάντερ - κώνος είναι ίδια με την αντίστοιχη μόνιμου μαγνήτη.

Επειδή όμως η τροφοδότηση του πηνίου διέγερσης με D.C. τάση προκαλείται από το σύστημα ανόρθωσης του ενισχυτή, παράγεται βόμβος 50Hz ή 100Hz ανάλογα με τον τρόπο ανόρθωσης. Έτσι απαιτείται και τρίτο ξεχωριστό πηνίο για την κατάργηση του βόμβου. Αυτό το πηνίο λέγεται πηνίο εξουδετέρωσης. Το πηνίο εξουδετέρωσης αποτελείται από λίγες σπείρες χοντρού σύρματος, οι οποίες περιβάλλουν το πηνίο διέγερσης, ενώ είναι ταυτόχρονα συνδεδεμένο σε σειρά με το πηνίο φωνής.

Στις δύο παραπάνω περιπτώσεις κατασκευής μεγαφώνων η σύνθετη αντίσταση είναι από 2,5 Ω έως 16 Ω, η δε διάμετρος από 2 έως 15 ίντσες.



Σχήμα 1.6.2.2 Δομή Ηλεκτροδυναμικού Μεγαφώνου

### 1.6.2.3 Μεγάφωνα Χοάνης ή Κόρνες.

Επειδή τα μεγάφωνα έχουν μικρή απόδοση περίπου 8% τα χρησιμοποιούμε σε κλειστούς χώρους. Όταν απαιτείται μεγάλη ακουστική απόδοση χρησιμοποιούμε τα μεγάφωνα χοάνης ή τις γνωστές κόρνες.

Μία κόρνα συνίσταται από την ηχητική κεφαλή και από τη χοάνη.

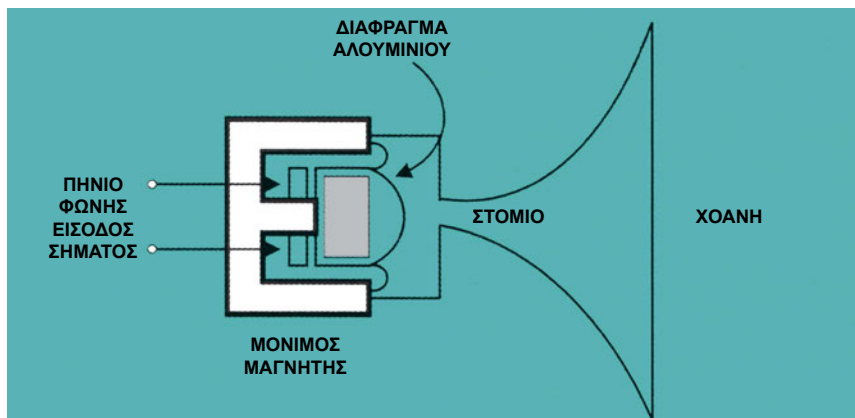
Η ηχητική κεφαλή περιλαμβάνει ένα ισχυρό μόνιμο μαγνήτη, το πηνίο φωνής και μία μεταλλική μεμβράνη συνήθως από αλουμίνιο.

Η χοάνη τοποθετείται στον σπλισμό του μαγνήτη έτσι, ώστε στο στόμιο και στο διάφραγμα να σχηματίζεται ένας ηχητικός θάλαμος. Η χοάνη παίζει το ρόλο προσαρμογής μεταξύ του ελεύθερου χώρου και του θαλάμου.

Στην πράξη η χοάνη μετασχηματίζει την ακουστική ισχύ υψηλής πίεσης αλλά χαμηλής ταχύτητας του ηχητικού θαλάμου σε ισχύ χαμηλής πίεσης και υψηλής ταχύτητας στον ελεύθερο χώρο. Έτσι έχουμε αύξηση της απόδοσης κατά 90% και την ακουστική ισχύ συγκεντρωμένη στον κεντρικό άξονα της χοάνης.

Η πιστότητα όμως στις κόρνες δεν είναι πολύ καλή όπως στα μεγάφωνα και ανταποκρίνονται σε συχνότητες από 200Hz έως 8000Hz. Χρησιμοποιούνται πιο πολύ για ομιλίες ανοικτών χώρων παρά για μουσική.

Η ισχύς στις κόρνες ποικίλλει από 20W έως 60W και η σύνθετη αντίσταση είναι 4,8,16,32 Ω.

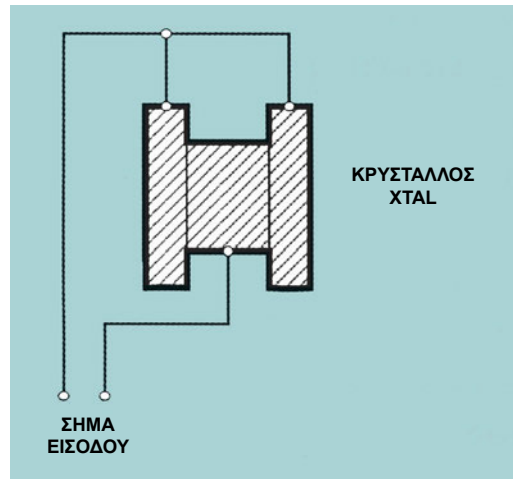


Σχήμα 1.6.2.3 Δομή Μεγαφώνου Χοάνης (Κόρνα)

### 1.6.2.4 Πιεζοηλεκτρικά Μεγάφωνα Κόρνας (Κορνάκια).

Κατασκευάζονται για να αποδίδουν τις υψηλές συχνότητες του ακουστικού φάσματος. Αποτελούνται από τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο και την κυρίως κόρνα. Ο κρύσταλλος δέχεται τη μεταβαλλόμενη τάση από την έξοδο του τελικού ενισχυτή και μετατρέπει μεγάλο ποσοστό αυτής της ενέργειας σε ακουστική. Ο κρύσταλλος ουσιαστικά αποτελείται από δύο κεραμικούς δίσκους ανάμεσα στους οποίους

υπάρχει τρίτος δίσκος με επινικελωμένο πολυεστέρα. Ο ένας ακροδέκτης είναι ο μεσαίος δίσκος και ο άλλος ακροδέκτης είναι ο βραχυκυκλωμένος συνδυασμός των δύο εξωτερικών δίσκων.



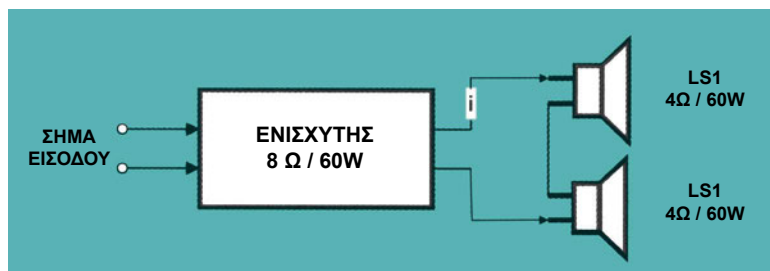
Σχήμα 1.6.2.4 Κρύσταλλος μεγαφώνου κόρνας

Στο κέντρο των δίσκων προσαρμόζεται ένας μικρός κώνος, ο οποίος σκοπό έχει να μεταφέρει τις δονήσεις στην είσοδο της κόρνας.

Όταν ο κρύσταλλος τροφοδοτηθεί με Α.Φ. τότε αυτός δονείται (πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο). Οι δονήσεις μεταφέρονται στο μικρό κώνο, ο οποίος τις μεταφέρει στην κόρνα.

Τα πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα κόρνας χρησιμοποιούνται σαν τούιτερ (μεγάφωνα που αποδίδουν κυρίως τις υψηλές συχνότητες) σε ηχεία υψηλής πιστότητας. Επειδή το σύστημα των κρυστάλλων εμφανίζει στοιχεία χωρητικότητας, παρουσιάζει πολύ μεγάλη αντίσταση στις χαμηλές συχνότητες και αρκετά χαμηλή στις υψηλές συχνότητες. Έτσι μπορεί να συνδυαστεί σε ηχείο 2 δρόμων χωρίς την ανάγκη ύπαρξης Cross-Over.

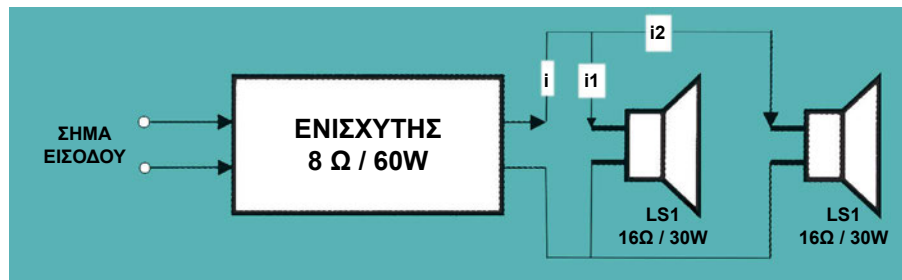
### 1.6.3.1. Σύνδεση σειράς.



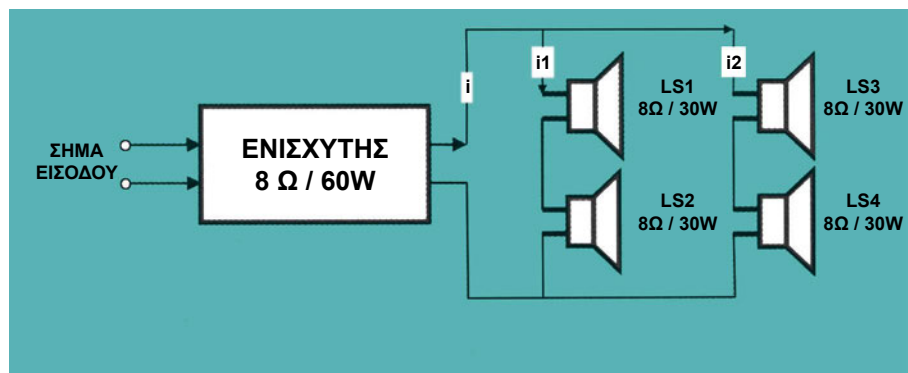
## 1.6.3 Συνδέσεις Μεγαφώνων



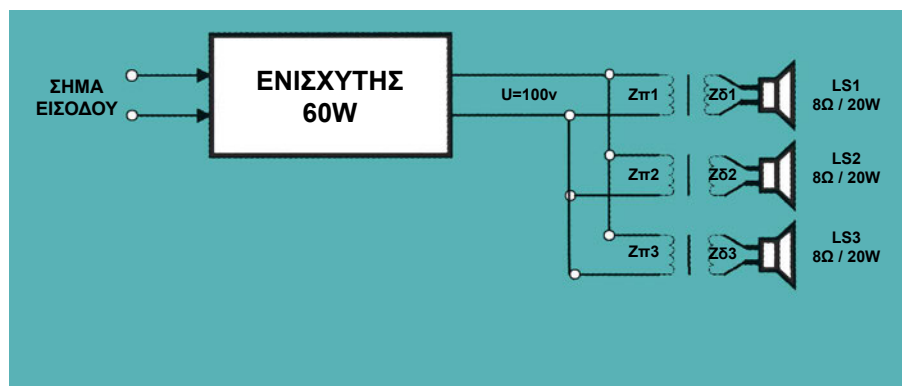
## 1.6.3.2. Παράλληλη σύνδεση.



## 1.6.3.3. Μικτή σύνδεση



## 1.6.3.4. Σύνδεση με Μ/Τ γραμμής (Line Transformer)



Υπολογισμός σύνθετης αντίστασης Μ/Τ γραμμής στο πρωτεύον.

Το δευτερεύον επιλέγεται ανάλογα με την αντίσταση του διατιθέμενου μεγαφώνου.

$$Z_{\Pi 1} = U^2/P = 10000/20W = 500\Omega$$

$$Z_{\Pi 2} = U^2/P = 10000/20W = 500\Omega$$

$$Z_{\Pi 3} = U^2/P = 10000/20W = 500\Omega$$

$$Z_{\Delta 1} = 8\Omega$$

$$Z_{\Delta 2} = 8\Omega$$

$$Z_{\Delta 3} = 8\Omega$$

Η συνολική ισχύς είναι:  $LS_1 + LS_2 + LS_3 = 20W + 20W + 20W = 60W$

Μεγάλο πλεονέκτημα της σύνδεσης αυτής είναι η δυνατότητα χρήσης μεγαφώνων με διαφορετική σύνθετη αντίσταση.

Είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα, τα οποία τοποθετούνται μέσα στα ηχεία και σκοπό έχουν να διαχωρίσουν το ακουστικό φάσμα σε ζώνες και να οδηγήσουν αυτές τις ζώνες σε αντίστοιχα μεγάφωνα.

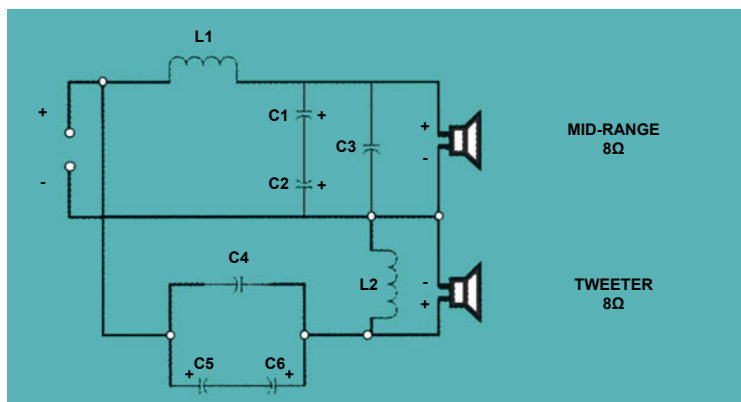
Στην πράξη πρόκειται για διάφορα φίλτρα τύπου διέλευσης ζώνης (Band Pass), υψιπερατά (High pass), βαθυπερατά (Low pass) και διακοπής ζώνης (Band Stop), δηλαδή φίλτρα, που επιτρέπουν σε συγκεκριμένες περιοχές του ακουστικού φάσματος να διέρχονται ή να αποκόπτονται.

Κλασικές περιπτώσεις Cross Over είναι αυτές δύο δρόμων και τριών δρόμων.

## 1.6.4 ΚΡΟΣΣ-ΟΒΕΡ (CROSS OVER).

Διαθέτει μία είσοδο, η οποία συνδέεται στην έξοδο του ενισχυτή ισχύος ακουστικών συχνοτήτων και δύο εξόδους. Στη μία έξοδο αναπτύσσονται οι χαμηλές και μεσαίες συχνότητες (Χ.Σ, Μ.Σ) και στην άλλη έξοδο αναπτύσσονται οι υψηλές συχνότητες (Υ.Σ). Σαν Χ.Σ νοούνται οι συχνότητες μέχρι 600HZ, σαν Μ.Σ οι συχνότητες από 600HZ - 5000HZ και σαν Υ.Σ οι συχνότητες από 5000HZ και άνω. Έτσι στο κροσς-όβερ 2 δρόμων απαιτούνται δύο μεγάφωνα, ένα MID RANGE για Χ.Σ. και Μ.Σ. και ένα TWEETER για Υ.Σ.

### 1.6.4.1 Κροσς-όβερ δύο δρόμων (Two way cross-over).



$$L_1, L_2 = 1,5mH$$

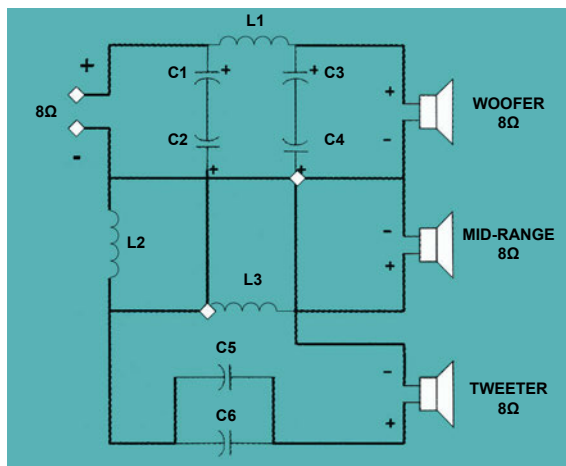
$$C_1, C_2, C_5, C_6 = 22\mu F/50v$$

$$C_3, C_4 = 270nF \text{ πολυεστέρα}$$

Σχήμα 1.6.4.1 Κροσς-όβερ δυο δρόμων

### 1.6.4.2 Κρος-όβερ τριών δρόμων (Three way cross-over).

Διαχωρίζει το φάσμα σε τρεις εξόδους. Η πρώτη αναφέρεται στις χαμηλές συχνότητες οπότε απαιτείται μεγάφωνο WOOFER, η δεύτερη στις μεσαίες συχνότητες και απαιτείται μεγάφωνο MID-RANGE και η τρίτη στις υψηλές συχνότητες και απαιτείται μεγάφωνο TWEETER.

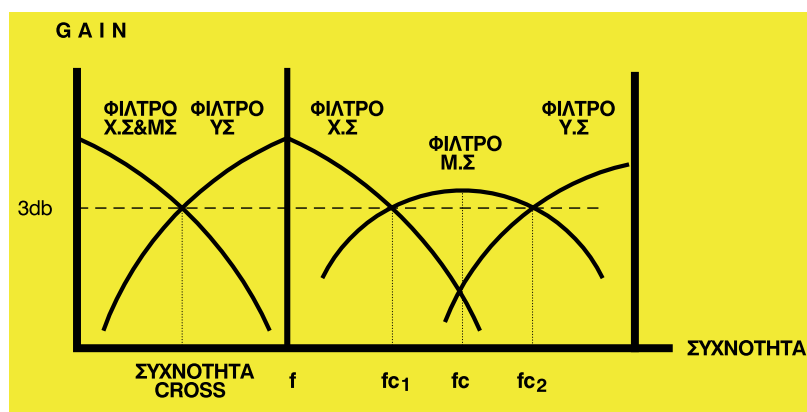


Σχήμα 1.6.4.2.1 Cross Over τριών δρόμων

$$\begin{array}{lll}
 L_1=3\text{mH} & L_2=1,2\text{mH} & L_3=0,5\text{mH} \\
 C_1=33\mu\text{F} & C_2=12\mu\text{F} & C_3=8\mu\text{F} \quad C_4=3,3\mu\text{F} \\
 & C_5=3,3\mu\text{F} & C_6=560\text{nF}
 \end{array}$$

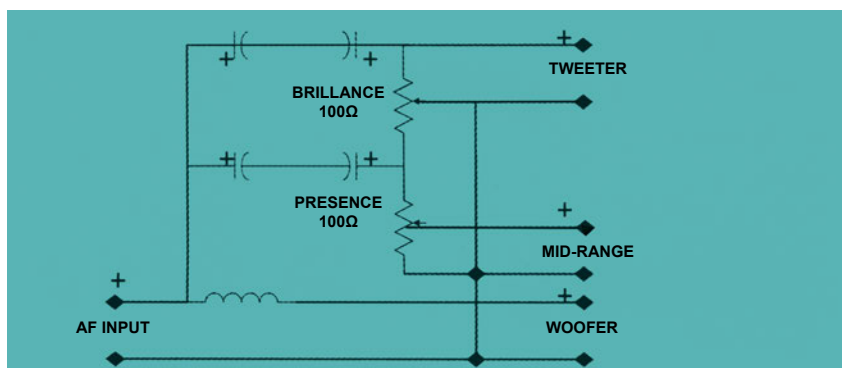
- α. Το φίλτρο διέλευσης Χ.Σ. είναι  $L1C3$  - Woofer
- β. Το φίλτρο διέλευσης Μ.Σ. είναι  $L2C2L3$  - Mid Range
- γ. Το φίλτρο διέλευσης Υ.Σ. είναι  $C1L2C5C6$  - Tweeter

Τέλος οι καμπύλες απόκρισης των δύο παραπάνω Cross-over είναι:



Σχήμα 1.6.4.2.2 Καμπύλες απόκρισης Cross Over 2 & 3 δρόμων

Σε Cross Over ποιότητας τοποθετούνται ρυθμιστικά με τις ονομασίες BRILLIANCE, που σημαίνει έμφαση Υ.Σ. και PRESENCE, που σημαίνει έμφαση Μ.Σ.



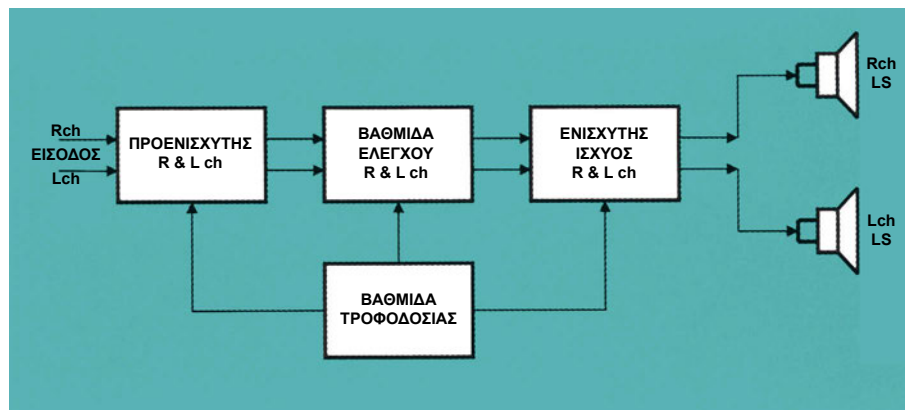
Σχήμα 1.6.4.2.3 Κύκλωμα ρύθμισης *BRILLIANCE* & *PRESENCE*

## 1.7. Ενισχυτικές διατάξεις ακουστικών σημάτων.



Σχήμα 1.7. Στερεοφωνικοί ενισχυτές Hi-Fi

Οι ενισχυτές μονοφωνικών ή στερεοφωνικών συγκροτημάτων αποτελούνται από μία αλυσίδα βαθμίδων, που η κάθε μία εξυπηρετεί και διαφορετικό σκοπό. Ένα απλό διάγραμμα δόμησης ενός στερεοφωνικού ενισχυτή φαίνεται στο σχ. 1.7.1.



Σχήμα 1.7.1 Δομικό διάγραμμα στερεοφωνικού ενισχυτή

Ο προενισχυτής σκοπό έχει την ενίσχυση από πλευράς τάσης του ακουστικού σήματος (μικρόφωνο, pick-up, κασετόφωνο κλπ.). Επί πλέον τα κυκλώματα εισόδου του προενισχυτή εξασφαλίζουν την προσαρμογή της αντίστασης της ηχητικής πηγής με την αντίσταση του προενισχυτή.

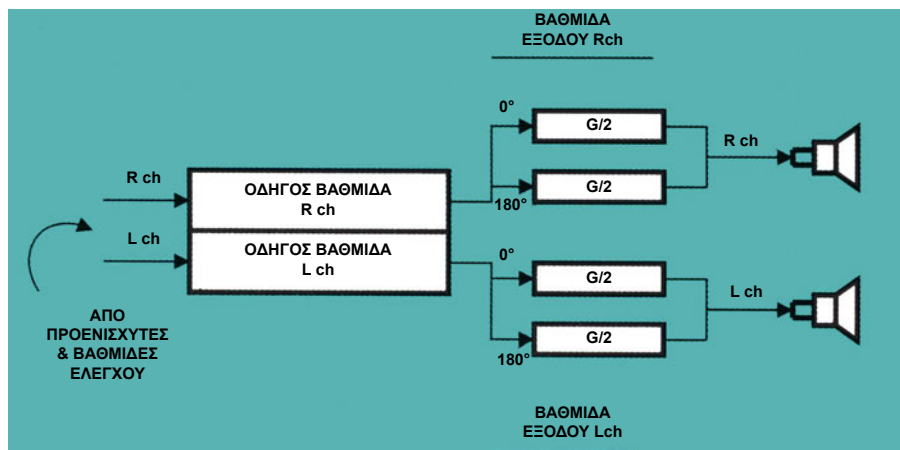
Η βαθμίδα ελέγχου διαθέτει εκείνες τις ηλεκτρονικές διατάξεις με τις οποίες γίνεται η ρύθμιση

- Της έντασης (volume control)
- Του τόνου (tone control)
- Της ισοστάθμισης (balance control).

Ο ενισχυτής ισχύος ή τελικός ενισχυτής όπως συνηθίζεται, προορίζεται για ενίσχυση ισχύος του σήματος, ώστε να φθάσει σε τέτοια στάθμη, που να μπορεί να οδηγήσει τα μεγάφωνα ή τα ηχεία.

Συνήθως οι ενισχυτές ισχύος ακουστικών σημάτων συγκροτούνται από δύο τμήματα βαθμίδων, από την οδηγό βαθμίδα (Driver stage) και από την βαθμίδα εξόδου (Output stage).

Οι βαθμίδες εξόδου ενός στερεοφωνικού ενισχυτή είναι συνήθως συμμετρικής διάταξης (Push-pull)



Σχήμα 1.7.2 Δομικό διάγραμμα τελικού στερεοφωνικού ενισχυτή

Ο τελικός ενισχυτής ισχύος με συμμετρική διάταξη τροφοδοτείται από τις οδηγούς βαθμίδες με σήματα, που διαφέρουν μεταξύ τους φασικά κατά 180°. Η τροφοδότηση των μεγαφώνων μπορεί να γίνει είτε με μετασχηματιστή προσαρμογής είτε άμεσα χωρίς μετασχηματιστή.

#### 1.7.1.1 Κέρδος ή απολαβή (GAIN).

Είναι ο βαθμός ενίσχυσης του ενισχυτή και καθορίζεται από το λόγο της τάσης εξόδου  $U_o$  προς την τάση εισόδου  $U_i$  αν πρόκειται για τους προενισχυτές (ενισχυτές τάσης) ή από το λόγο της ισχύος εξόδου  $P_o$  προς την ισχύ εισόδου  $P_i$  για τους τελικούς ενισχυτές.

$$[\text{Βαθμός ενίσχυσης τάσης}] \mu_v = U_o / U_i \quad 1.7.1.1.1$$

$$[\text{Βαθμός ενίσχυσης ισχύος}] \mu_p = P_o / P_i \quad 1.7.1.1.2$$

#### 1.7.1

**Χαρακτηριστικά των ενισχυτών ακουστικών σημάτων.**

Ο βαθμός ενίσχυσης είναι καθαρός αριθμός.

Το κέρδος ή απολαβή ενός ενισχυτή προσδιορίζεται σαν:

$$\text{GAIN } u = 20 \log \mu \quad 1.7.1.1.3$$

$$\text{GAIN } u = 20 \log U_o/U_i \quad 1.7.1.1.4$$

και εκφράζει σε **dB** το κέρδος τάσης του ενισχυτή, ενώ

$$\text{GAIN } P = 10 \log \mu_p \quad 1.7.1.1.5$$

$$\text{GAIN } P = 10 \log P_o/P_i \quad 1.7.1.1.6$$

και εκφράζει σε **dB** το κέρδος ισχύος του τελικού ενισχυτή.

Αν υπάρχουν περισσότεροι του ενός ενισχυτές συνδεδεμένοι σε σειρά, τότε η συνολική απολαβή θα ισούται με το άθροισμα καθενός από αυτούς ξεχωριστά.

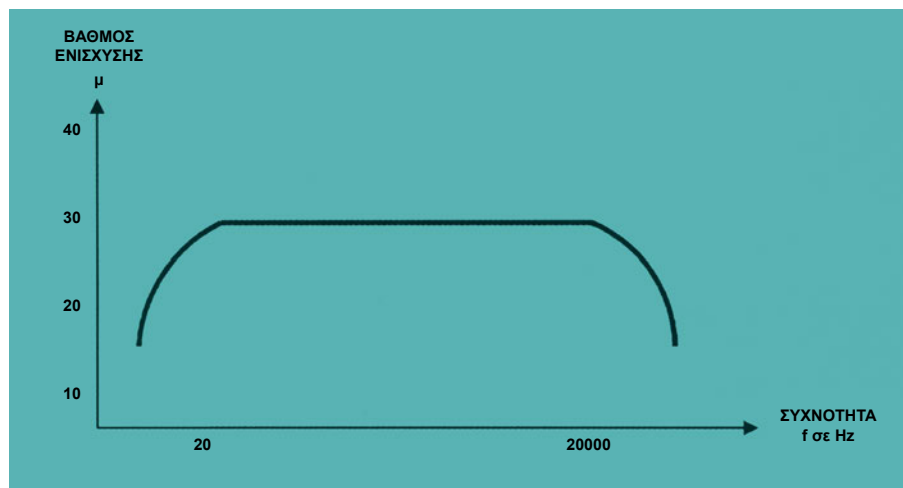
$$G_t = G_1 + G_2 + G_3 + \dots \text{ σε dB} \quad 1.7.1.1.7$$

είτε αναφερόμαστε σε απολαβή τάσης είτε σε απολαβή ισχύος.

### 1.7.1.2 Απόκριση συχνοτήτων (Frequency Response).

Είναι ο τρόπος με τον οποίο ανταποκρίνεται ο ενισχυτής από πλευράς απολαβής σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων του ακουστικού σήματος.

Στην ιδανική περίπτωση ο ενισχυτής πρέπει να ανταποκρίνεται (να ενισχύει) με τον ίδιο βαθμό ενίσχυσης "**μ**" όλες τις συχνότητες του ακουστικού σήματος και επομένως η καμπύλη απόκρισης του ενισχυτή να είναι επίπεδη (flat).



Σχήμα 1.7.1.2. Καμπύλη απόκρισης ιδανικού ενισχυτή

### 1.7.1.3 Βαθμός απόδοσης "η".

Σαν βαθμός απόδοσης ενός ενισχυτή καθορίζεται ο λόγος της ωφέλιμης ισχύος εξόδου  $P_{OR}$  προς τη συνεχή ισχύ  $P_{ODC}$ , που δίδει το τροφοδοτικό στον ενισχυτή επί 100%.

$$\eta = P_{OR}/P_{ODC} \cdot 100\%$$

1.7.1.3.1

### 1.7.1.4 Ωφέλιμη ισχύς εξόδου $P_{OR}$

Είναι η τελική ισχύς, που αναπτύσσεται στο φορτίο του ενισχυτή. Η ισχύς αυτή καθορίζεται από το λόγο του τετραγώνου της ενεργού τάσης εξόδου  $U_{oa}$  προς την αντίσταση φορτίου του ενισχυτή  $R$ .

$$P_{OR} = U_{oa}^2 / R$$

1.7.1.4.1

#### Σ η μ ε ί ω σ η :

Ενεργός τιμή τάσης είναι η μέγιστη τιμή της τάσης  $U_{OR}$  δια  $\sqrt{2}$

$$\text{Άρα } P_{OR} = \frac{U_{oa}^2}{R} = \frac{(U_{op} / \sqrt{2})^2}{R} = \frac{U_{op}^2}{2R}$$

1.7.1.4.2

### 1.7.1.5 Παραμορφώσεις (Distortions)

Είναι οι αλλοιώσεις, που προκαλεί ο ενισχυτής στα χαρακτηριστικά του σήματος. Μία από τις πλέον σημαντικές παραμορφώσεις, που εισάγει ο ενισχυτής είναι η αρμονική παραμόρφωση ή μη γραμμική παραμόρφωση (Harmonic or Non Linear Distortion).

Αυτή η παραμόρφωση προκαλείται από το γεγονός ότι τα εξαρτήματα, που συγκροτούν τον ενισχυτή δεν είναι γραμμικά αλλά έχουν καμπυλόγραμμα χαρακτηριστικά και επομένως το ρεύμα εξόδου δεν θα είναι γραμμικό αλλά θα περιέχει αρμονικές συνιστώσες.

Η αρμονική παραμόρφωση καθορίζεται από το συντελεστή  $\gamma$ , ο οποίος είναι ο λόγος της τετραγωνικής ρίζας του αθροίσματος των τετραγώνων των ενεργών ρευμάτων της 2ης, 3ης, 4ης κλπ αρμονικής προς την ενεργό τιμή της βασικής συχνότητας,

$$\gamma = \frac{\sqrt{I_{OR2}^2 + I_{OR3}^2 + I_{OR4}^2 + \dots}}{I_{OR1}} \times 100\%$$



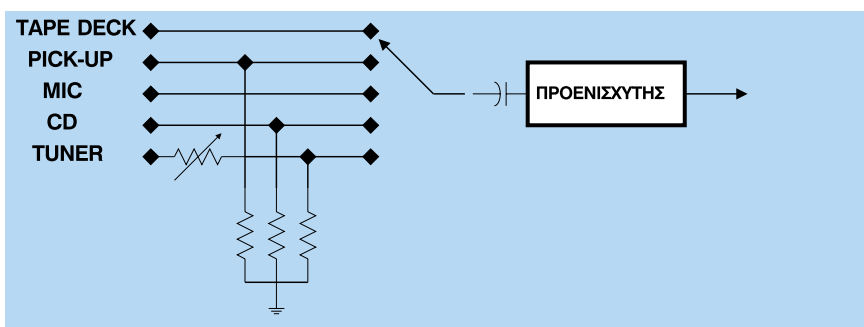
Οι απλοί ενισχυτές ακουστικών σημάτων δουλεύουν σε τάξη Α, η οποία δίνει λιγότερες αρμονικές παραμορφώσεις, αλλά έχει μικρό βαθμό απόδοσης περίπου 30%. Οι τάξεις AB και Β δίνουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης (50 έως 60% η AB & 65 έως 75% η Β), αλλά δημιουργούν μεγάλες αρμονικές παραμορφώσεις.

## 1.7.2 Προενισχυ- τής εισόδου



Σχήμα 1.7.2. Στερεοφωνικός προενισχυτής Hi-Fi

Είδαμε, στην παράγραφο 1.7 ότι ο προενισχυτής καλείται να ενισχύσει από πλευράς τάσης σήματα από διάφορες ακουστικές πηγές (μικρόφωνο, CD, Tape Deck, Tuner, Phono κλπ). Έτσι κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη ενός μεταγωγέα και κυκλωμάτων για την προσαρμογή των διαφόρων πηγών στην είσοδο του προενισχυτή.



Σχήμα 1.7.2.1 Διάγραμμα μεταγωγής των πηγών στην είσοδο του προενισχυτή

Οι διάφορες πηγές διακρίνονται από πλευράς στάθμης εξόδου σε:

- Πηγές χαμηλής στάθμης εξόδου και
- Πηγές υψηλής στάθμης εξόδου

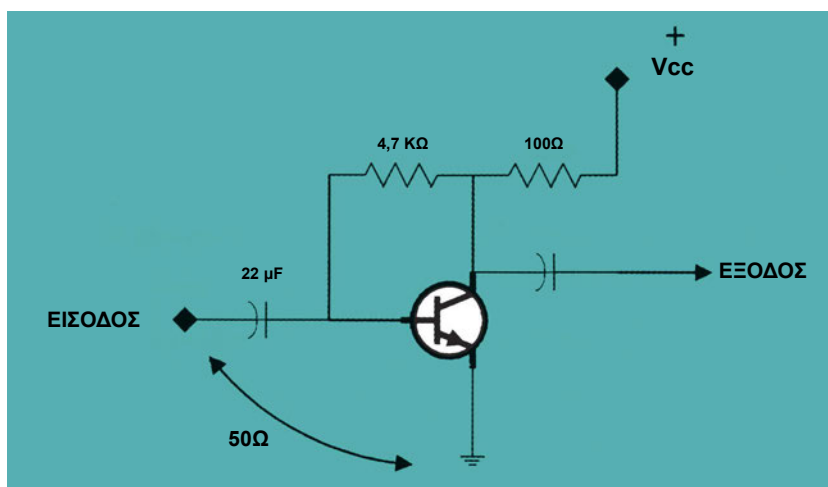
Επίσης από πλευράς εσωτερικής αντίστασης διακρίνονται σε:

- Πηγές χαμηλής αντίστασης και
- Πηγές υψηλής αντίστασης

Επομένως ο κοινός για όλες τις πηγές προενισχυτής πρέπει να προσαρμόζεται άριστα στις συνθήκες εξόδου των πηγών. Η προσαρμογή γίνεται με κύκλωμα, το οποίο θα προσαρμόζει την αντίσταση εξόδου της πηγής με την αντίσταση εισόδου του προενισχυτή.

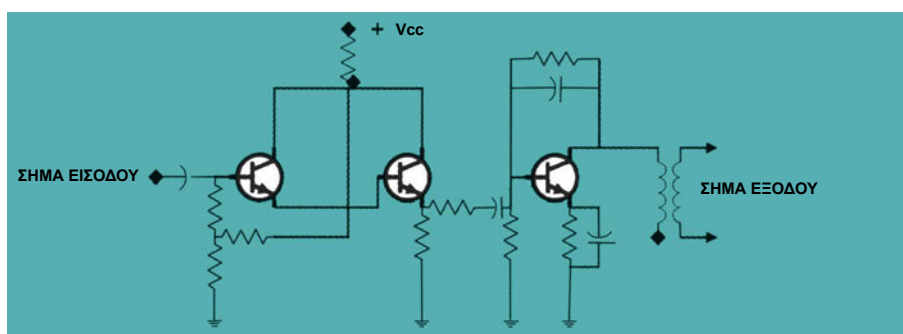
Για τη σύνδεση π.χ. ενός μικροφώνου χαμηλής αντίστασης ( $30\text{--}50\Omega$ ), χρησιμοποιείται μετασχηματιστής προσαρμογής ή συνδεσμολογία δύο ή περισσότερων τρανζίστορ.

Υπάρχουν όμως τρανζίστορ ή ολοκληρωμένα κύκλωμα όπως το TCA 980, τα οποία έχουν χαμηλή αντίσταση εισόδου και επομένως ένα μικρόφωνο με χαμηλή αντίσταση εισόδου μπορεί να συνδεθεί άμεσα.



Σχήμα 1.7.2.2 Διάγραμμα άμεσης σύνδεσης μικροφώνου σε προενισχυτή χαμηλής αντίστασης εισόδου με τρανζίστορ.

Ένα άλλο διάγραμμα σύνδεσης πηγής σε προενισχυτή υψηλής αντίστασης εισόδου με τρανζίστορ φαίνεται στο σχήμα 1.7.2.3



Σχήμα 1.7.2.3 Διάγραμμα σύνδεσης πηγής σε προενισχυτή υψηλής αντίστασης εισόδου με τρανζίστορ.

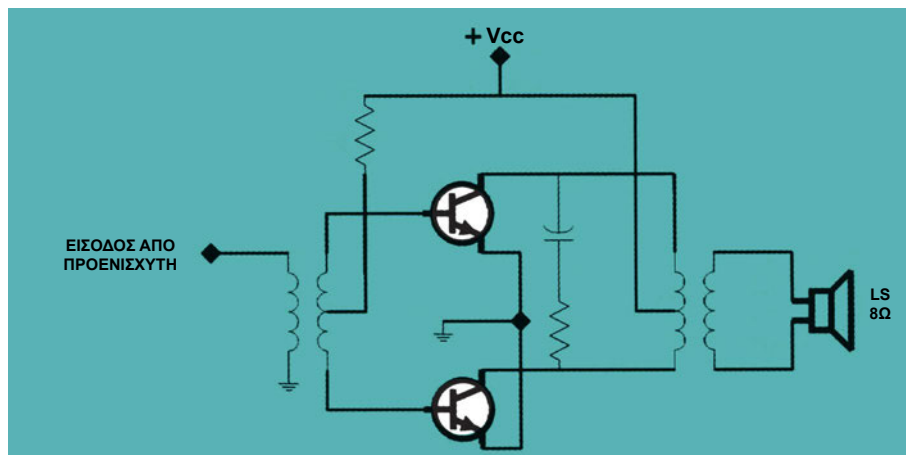
### 1.7.3 Ενισχυτής εξόδου (ισχύος)

Οι σύγχρονοι ενισχυτές εξόδου κατασκευάζονται με ολοκληρωμένα κυκλώματα, αν και σε μερικές εφαρμογές γίνεται χρήση και τρανζίστορς.

Κατά βάση οι ενισχυτές ισχύος λειτουργούν σε συμμετρική συνδεσμολογία.

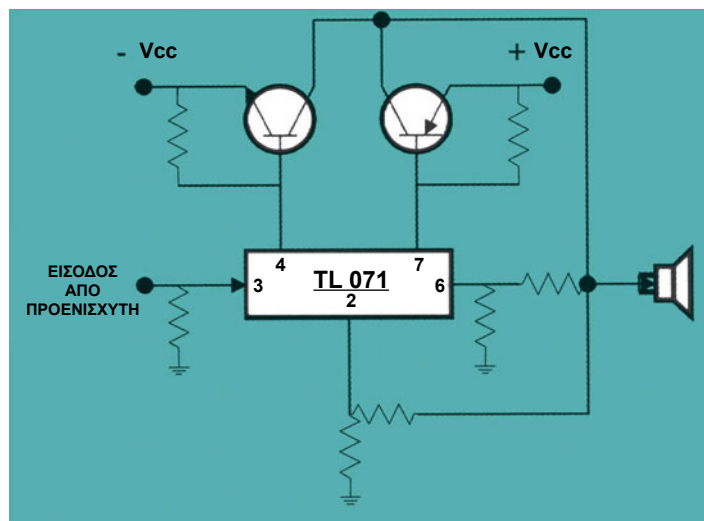
Σε παλαιότερες κατασκευές ενισχυτών υπήρχε μετασχηματιστής στην είσοδο του ενισχυτή (για τη δημιουργία δύο σημάτων με αντίθετη φάση) και μετασχηματιστής στην έξοδο του ενισχυτή (για την προσαρμογή με το μεγάφωνο ή το ηχείο).

Ένας τέτοιος ενισχυτής φαίνεται στο σχ. 1.7.3.1



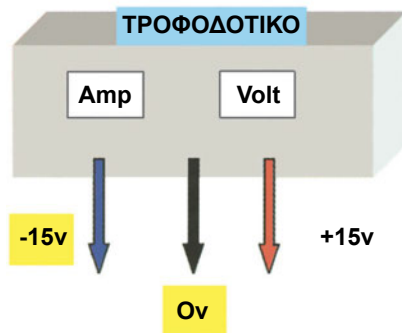
Σχήμα 1.7.3.1 Ενισχυτής εξόδου (ισχύος) με δύο τρανζίστορς σε συμμετρική διάταξη και δύο μετασχηματιστές (εισόδου-εξόδου).

Στο σχήμα 1.7.3.2 φαίνεται η συγκρότηση ενός ενισχυτή εξόδου με συνδυασμό ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος (TLO71) και δύο συμπληρωματικών τρανζίστορς.



Σχήμα 1.7.3.2 Διάγραμμα ενισχυτή εξόδου με το ολοκληρωμένο κύκλωμα TLO71 και δύο τρανζίστορς συμπληρωματικά.

Η είσοδος του ακουστικού σήματος είναι στο ποδαράκι 3 του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Η τροφοδότηση των δύο τρανζίστορς είναι ετεροπολική +v & -v (είναι συνεχείς τάσεις, που παρέχονται από δυο εξόδους του τροφοδοτικού με αντίθετη πολικότητα ως προς τη γείωση 0volt) π.χ



Σχήμα 1.7.3.3 Τροφοδοτική διάταξη παροχής τάσεων  $\pm 15V$ .

## 1.8.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 1

1. Προσδιορίστε τις έννοιες του διαμήκους και του εγκάρσιου κύματος  
.....  
.....
2. Η ένταση του ήχου ανήκει στα:  
α) φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου  
β) υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου  
(υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
3. Ηχώ παράγεται, όταν ο ήχος ανακλάται σε κάποιο εμπόδιο το οποίο απέχει από την ηχητική πηγή: α) πάνω από 17 m, β) πάνω από 7m, γ) κάτω από 7m (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
4. Στάσιμα κύματα ήχων προκαλούνται από συμβολή δύο ήχων διαφορετικών συχνοτήτων. Σωστό ή λάθος;
5. Προσδιορίστε την έννοια της ευαισθησίας ή απόδοσης ενός μικροφώνου.
6. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα των δυναμικών μικροφώνων.
7. Ποια είναι η βασική διαφορά των μικροφώνων πίεσης από τα μικρόφωνα ταχύτητας;
8. Η μείωση του θορύβου στο σύστημα DOLBY C για την περιοχή 1KHz έως 10KHz; είναι: α) 10 dB, β) 15 dB, γ) 20 dB (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
9. Τα ηχητικά κύματα που εμφανίζονται στο πίσω μέρος του μεγαφώνου έχουν διαφορά φάσης με αυτά στο εμπρός μέρος; α) 900, β) 450, γ) 1800, δ) 2700 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
10. Τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα κατασκευάζονται από:  
α) μόνιμο μαγνήτη  
β) πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο  
γ) ηλεκτρομαγνήτη  
(υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
11. Διαθέτετε ένα μονοφωνικό ενισχυτή 8 Ω / 40 Watt και δυο μεγάφωνα 16 Ω / 20 Watt. Σχεδιάστε τον ασφαλή τρόπο με τον οποίο θα πραγματοποιήσετε τη σύνδεση ενισχυτή και μεγαφώνων.
12. Υπολογίστε το κέρδος ενός ενισχυτή, όταν η στάθμη εισόδου του είναι  $U_i = 10\text{mV}$  και η στάθμη εξόδου του είναι  $U_0 = 1\text{ Volt}$ .
13. Ο απλός ήχος ή τόνος είναι ένα ηχητικό κύμα πολλών συχνοτήτων; Σωστό ή λάθος
14. Το φάσμα των ακουστικών συχνοτήτων εκτείνεται:  
από 20 έως 2000HZ  
από 20 έως 20000HZ  
από 20 έως 20000KHZ  
(υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
15. Η απόδοση των μεγαφώνων χοάνης είναι:  
8%, 28%, 48%, 68%  
(υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)

16. Ο βαθμός ενίσχυσης ενός ενισχυτή ακουστικών συχνοτήτων είναι  $\mu=40$  και το σήμα εισόδου είναι  $V_{IN}=0,5$  volt. Να υπολογίσετε το σήμα εξόδου  $V_{OUT}$ .
17. Ποιες είναι οι γενικές λειτουργίες της τράπεζας μίξης ήχων;
18. Ο ποιοτικός έλεγχος των ηχητικών σημάτων στη τράπεζα μίξης ήχων πραγματοποιείται με: εξισωτές, φίλτρα αποκοπής ζώνης συχνοτήτων και ρυθμιστές αντήχησης. Σωστό ή λάθος
19. Ένας ενισχυτής με κέρδος  $G_1 = 10$  dB συνδέεται σε σειρά με έναν άλλο ενισχυτή του οποίου το κέρδος είναι  $G_2 = 5$  dB. Το συνολικό κέρδος της διάταξης των ενισχυτών θα είναι:
- $10\text{dB} \times 5\text{dB}$   
 $10\text{dB} + 5\text{dB}$   
 $10\text{dB} : 5\text{dB}$  (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
20. Στους σύγχρονους τελικούς ενισχυτές ακουστικών συχνοτήτων με τη χρήση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων IC, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μετασχηματιστή προσαρμογής της εξόδου του ενισχυτή με το μεγάφωνο; Σωστό ή λάθος



# 20

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Μαγνητική εγγραφή και αναπαραγωγή ήχου

#### Σκοπός

Σκοπός του Δεύτερου Κεφαλαίου είναι οι μαθητές να μπορούν :

- Να περιγράφουν τα βασικά στοιχεία της μαγνητικής εγγραφής και τις διάφορες τεχνικές
- Να περιγράφουν τα βασικά στοιχεία της μαγνητικής αναπαραγωγής και τις διάφορες τεχνικές
- Να περιγράφουν τα βασικά στοιχεία της μαγνητικής διαγραφής και τις διάφορες τεχνικές
- Να γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των διαφόρων κεφαλών
- Να έχουν την ευχέρεια της μελέτης και σχεδίασης απλών δομικών διαγραμμάτων ροής σήματος προς εγγραφή και αναπαραγωγή
- Να διακρίνουν τα διάφορα είδη κασετών
- Να αναγνωρίζουν τα πλέον βασικά μηχανικά μέρη του μηχανισμού κίνησης της ταινίας σε ένα κασετόφωνο ή μαγνητόφωνο
- Να αναγνωρίζουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συσκευών εγγραφής και αναπαραγωγής ήχου



## **Εισαγωγή**

Στο Κεφ. 2, οι μαθητές μαθαίνουν τις βασικές αρχές μαγνητικής εγγραφής και αναπαραγωγής σημάτων ήχου σε μαγνητική ταινία. Μελετούν τους τύπους των κεφαλών εγγραφής, αναπαραγωγής και διαγραφής.

Μαθαίνουν πώς είναι το δομικό διάγραμμα ενός μαγνητοφώνου και ποιοι είναι οι διάφοροι τύποι και η χρήση των μαγνητικών κασετών.



Σχήμα 2.1.1. Διπλό στερεοφωνικό κασετόφωνο

## 2.1.1. Βασικά στοιχεία μαγνητικής εγγραφής.

Η αρχή εγγραφής παλμορευμάτων σε μία μαγνητική ταινία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρομαγνήτη (κεφαλή εγγραφής, όπως θα δούμε αργότερα). Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης διαρρέεται από παλμόρευμα (ρεύμα εγγραφής) αναπτύσσει ένα μαγνητικό πεδίο ανάλογο προς το παλμόρευμα. Αν μπροστά από τον ηλεκτρομαγνήτη περάσει μία πλαστική ταινία επικαλυμμένη με ρινίσματα σιδήρου, τα ρινίσματα του σιδήρου προσανατολίζονται (πολώνονται) σύμφωνα με το υπάρχον μαγνητικό πεδίο.

Η φορά διέλευσης του παλμορεύματος  $I$  καθορίζει τη φορά του μαγνητικού πεδίου  $H$ . Επίσης η ένταση του παλμορεύματος  $I$  καθορίζει την ένταση του μαγνητικού πεδίου  $H$ .

$$H = Q \cdot I \text{ όπου } Q = \frac{n}{l}$$

2.1.1.1

$n$  = αριθμός σπειρών πηνίου

$l$  = μήκος πηνίου

Μεταβάλλοντας την ένταση μεταβάλλεται το μαγνητικό πεδίο. Η πόλωση των ρινισμάτων της ταινίας πραγματοποιείται κάτω από την επίδραση των μαγνητικών γραμμών του πεδίου  $H$ , άρα το μαγνητικό πεδίο που θα αναπτυχθεί στα ρινίσματα του σιδήρου, θα είναι επαγωγικό. Το φαινόμενο αυτό λέγεται μαγνήτιση εξ επαγωγής ή μαγνητική επαγωγή ( $B$ ) και δίδεται από τη σχέση:

$$B = \mu \cdot H$$

2.1.1.2

Το  $\mu$  εκφράζει την απόλυτη μαγνητική διαπερατότητα του υλικού και εξαρτάται από το ίδιο το υλικό.

Οι μονάδες μέτρησης της μαγνητικής επαγωγής  $B$  είναι:

Για το **HMΣ**

**1 GAUSS**

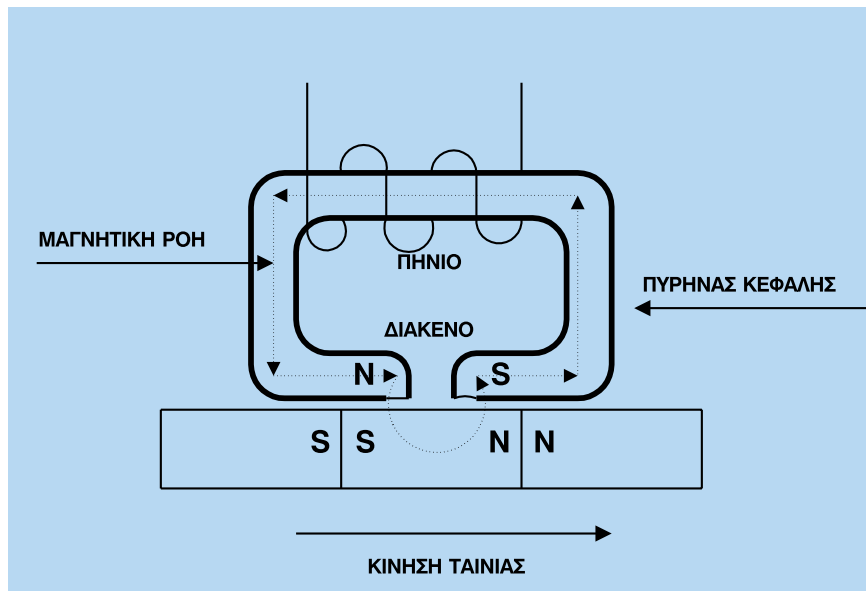
Για το **MKS**

**1 Wb/m<sup>2</sup> ή**

**1 TESLA (=10<sup>4</sup>GAUSS)**

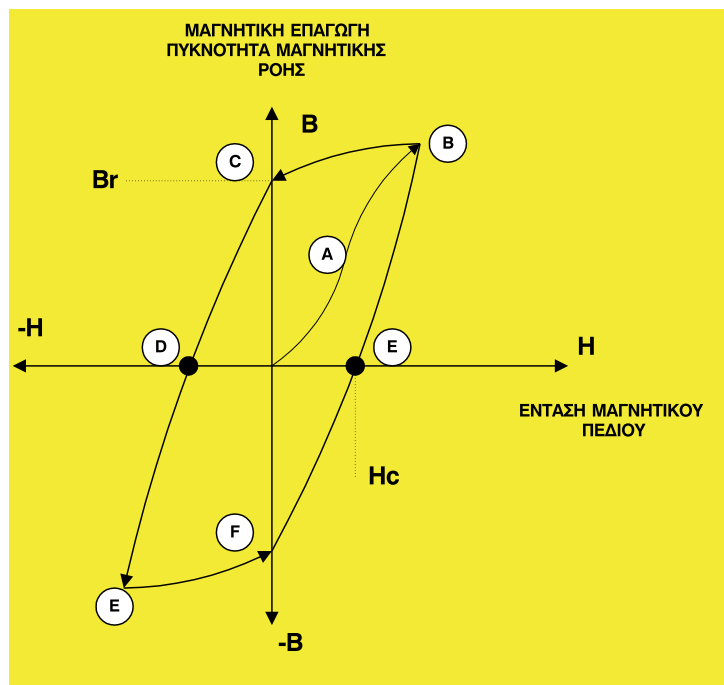
Όπως όλα τα μαγνητικά υλικά έτσι και η ταινία παρουσιάζει μαγνητική υστέρηση. Σαν μαγνητική υστέρηση προσδιορίζεται το φαινόμενο εκείνο, όπου η μεταβολή της μαγνητικής επαγωγής  $B$  υστερεί της μεταβολής της έντασης του μαγνητικού πεδίου  $H$ .

Η υστέρηση συμβολίζεται σε ένα διάγραμμα αξόνων  $B, H$  με μία κλειστή καμπύλη, που ονομάζεται βρόχος υστέρησης. Μέσω της καμπύλης αυτής χαρακτηρίζονται οι μαγνητικές ιδιότητες των διαφόρων υλικών.



Σχήμα 2.1.1.1 Διαδικασία πόλωσης ρινισμάτων ταινίας με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνήτη.

Στο σχήμα 2.1.1.2 φαίνεται η καμπύλη υστέρησης ταινίας με μαγνητικό υλικό από φερρίτη.



Σχήμα 2.1.1.2 Καμπύλη υστέρησης

Από τη καμπύλη του βρόχου παρατηρούμε ότι μετά την πρώτη μαγνήτιση του υλικού παραμένει μία μαγνήτιση **Br** που αντιστοιχεί σε μηδενική ένταση μαγνητικού πεδίου **H**. Η τιμή **Br** ονομάζεται "παραμένουσα μαγνήτιση" ή "παραμένουσα

πυκνότητα μαγνητικής ροής".

Για να εξουδετερωθεί η μαγνήτιση του υλικού πρέπει να εφαρμοσθεί μία αντίθετη μαγνητική δύναμη, η οποία προκαλείται από την ένταση πεδίου **H<sub>c</sub>** και η οποία ονομάζεται "συνεκτική δύναμη" ή "δύναμη εξουδετέρωσης".

Η επιφάνεια της καμπύλης υστέρησης εκφράζει ωφέλιμη ενέργεια, που βελτιώνει το λόγο **S/N** (σήμα προς θόρυβο) και την ένταση της αποθηκευμένης πληροφορίας.

Η ποιότητα της μαγνητικής εγγραφής χαρακτηρίζεται από τη γραμμικότητα της μεταβολής της μαγνητικής διατήρησης σε συνάρτηση με τη μαγνητίζουσα δύναμη **H** (ένταση πεδίου).

Στα μαγνητόφωνα (και κασετόφωνα) οι μαγνητικές κεφαλές ταξινομούνται σε τρεις ομάδες:

- Μαγνητικές κεφαλές εγγραφής ήχων (Record Audio Heads)
- Μαγνητικές κεφαλές αναπαραγωγής ήχων (Play Back Audio Heads).
- Μαγνητικές κεφαλές διαγραφής ήχων (Audio Erase Heads).

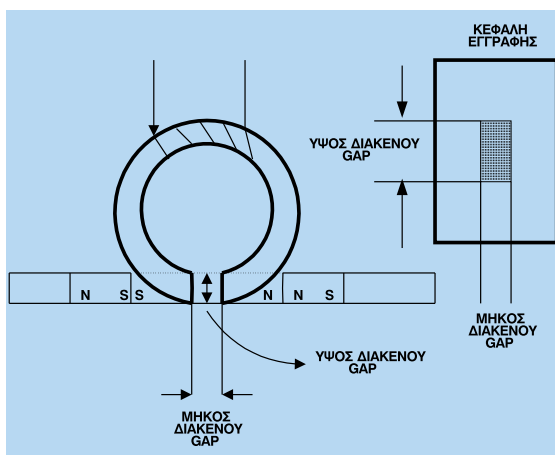
Οι μαγνητικές κεφαλές εγγραφής και αναπαραγωγής είναι ίδιες και σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται μια κοινή κεφαλή για εγγραφή και αναπαραγωγή.

Οι μαγνητικές κεφαλές διαγραφής είναι μεγαλύτερες από τις κεφαλές εγγραφής και αναπαραγωγής για να δημιουργούν ισχυρό πεδίο, το οποίο πρέπει να οδηγεί την ταινία σε κορεσμό.

Το πλέον κρίσιμο χαρακτηριστικό των κεφαλών είναι το διάκενο του ηλεκτρομαγνήτη μπροστά από το οποίο περνά η ταινία. Το διάκενο (GAP) έρχεται σε επαφή κάθετα με την κινούμενη ταινία και περιέχει υλικά υψηλής μαγνητικής αντίστασης, ώστε η μαγνητική ροή να είναι έντονη. Το υλικό, που χρησιμοποιείται, είναι λεπτό φύλλο μετάλλου ή λεπτό στρώμα μονοξειδίου του πυριτίου.

## 2.1.2

### Μαγνητικές κεφαλές.



Σχήμα 2.1.2. Παράσταση κεφαλής εγγραφής

Το μήκος του διάκενου έχει σχέση με την απόκριση της κεφαλής στις υψηλές συχνότητες (μέχρι πόσο υψηλά μπορεί να γράψει). Το ύψος του διάκενου έχει σχέση με την ευαισθησία της κεφαλής δεδομένου ότι όταν το ύψος είναι μικρό, η μαγνητική αντίσταση θα είναι μεγάλη.

Για τη διαδικασία της εγγραφής το ύψος του διάκενου δεν παίζει μεγάλο ρόλο, διότι η εγγραφή γίνεται ακριβώς στα κάτω όρια αυτού.

Το υλικό του σιδηροπυρήνα δεν είναι συμπαγές αλλά συντίθεται από λεπτά ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους για ελάττωση των απωλειών από τα δινορρέματα FOUCAULT.

Οι κεφαλές καλής ποιότητας κατασκευάζονται από υλικό μεγάλης μαγνητικής διαπερατότητας όπως PERMALLOY.

Χαρακτηριστικά μήκη διάκενου για τις κεφαλές εγγραφής είναι 0.025mm, αναπαγωγής 0,009mm και διαγραφής 0,5mm.

Το μήκος του διάκενου συμβολίζεται ως  $d$  και υπάρχει μία βασική σχέση μεταξύ του  $d$  και του μήκους κύματος  $\lambda$  της προς εγγραφή πληροφορίας.

$$d < \lambda \text{ min}$$

2.1.2.1

$$\text{και } \lambda = \frac{U}{f}$$

2.1.2.2

όπου  $U$  είναι η ταχύτητα της ταινίας

$f$  είναι η συχνότητα του προς εγγραφή σήματος.

Κατά τη διάρκεια της αναπαγωγής:

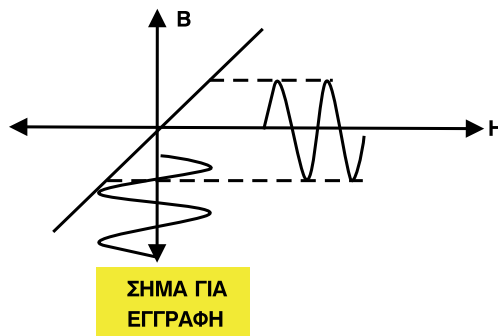
- Αν  $d = \lambda$  ή  $d = 2\lambda$  ή  $d = 3\lambda$  κλπ τότε δεν αναπτύσσεται τάση εξόδου ( $E = 0$ )

- Αν  $d = \frac{1}{2}\lambda$  ή  $d = \frac{3}{2}\lambda$  κλπ τότε αναπτύσσεται τάση εξόδου

( $E = E \text{ max}$ ).

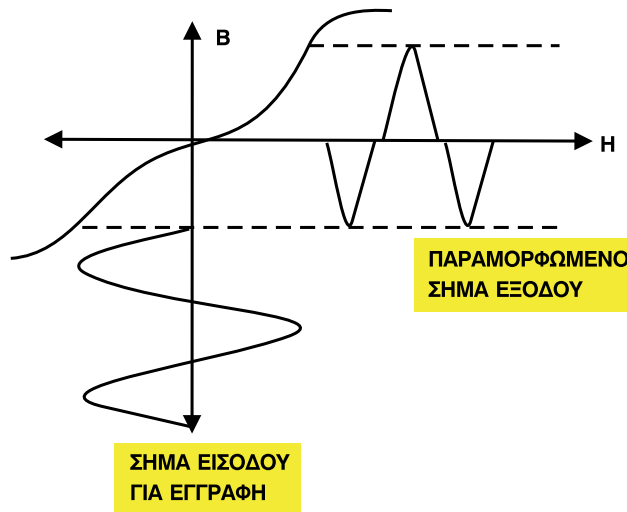
### 2.1.3 Πόλωση εγγραφής.

Αν η χαρακτηριστική μαγνήτισης της ταινίας είναι γραμμική όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1.3.1, το σήμα εγγράφεται ανάλογα με το παλμόρευμα.



Σχήμα 2.1.3.1 Γραμμική εγγραφή του σήματος

Επειδή όμως στην πράξη η χαρακτηριστική μαγνήτισης προερχόμενη από το βρόγχο υστέρησης δεν είναι γραμμική, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1.3.2 προκαλεί σοβαρή παραμόρφωση στο σήμα εγγραφής.

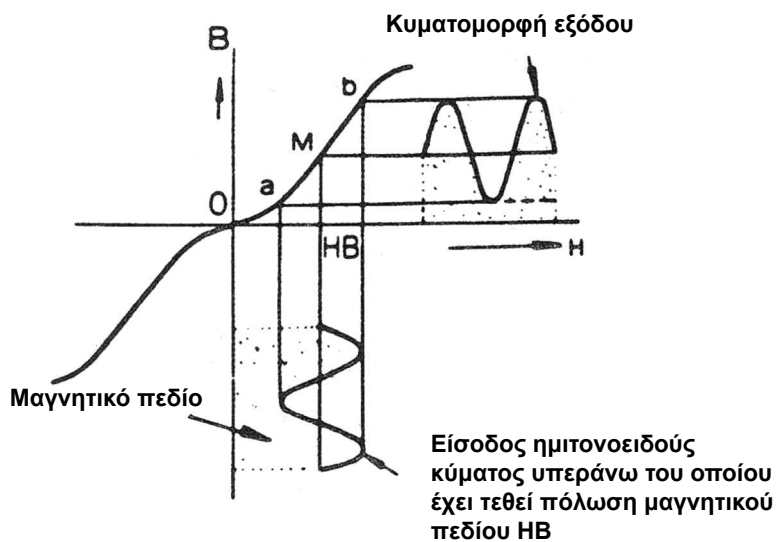


Σχήμα 2.1.3.2 Χαρακτηριστική μαγνήτισης και παραμόρφωση του σήματος.

Για να λυθεί το πρόβλημα της παραμόρφωσης του προς εγγραφή παλμορεύματος χρησιμοποιούνται οι δύο παρακάτω μέθοδοι:

- **Πόλωση συνεχούς ρεύματος (D.C. BIAS)**

Σε αυτή την περίπτωση, πριν περάσει η ταινία από την κεφαλή εγγραφής, προστίθεται στο προς εγγραφή παλμορεύμα συνεχές ρεύμα, οπότε παράγεται μαγνητικό πεδίο  $H_B$  (βλέπε σχήμα 2.1.3.3), το οποίο μεταθέτει το παλμορεύμα εγγραφής στα γραμμικότερα μέρη της καμπύλης μαγνήτισης, ελαττώνοντας σημαντικά την παραμόρφωση.

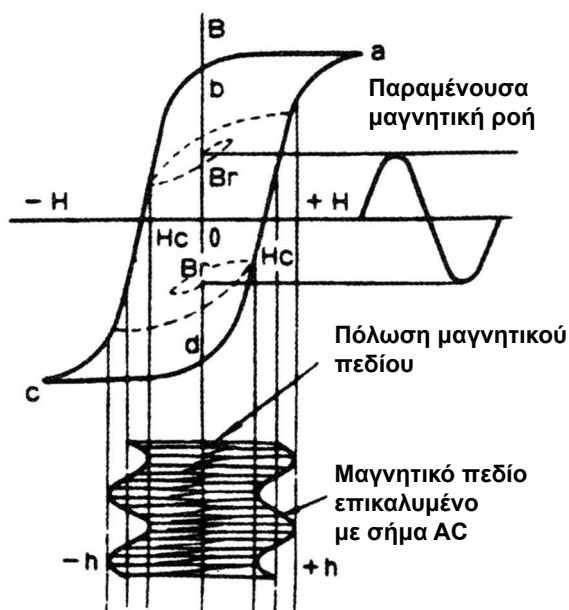


Σχήμα 2.1.3.3 Εγγραφή με πόλωση D.C.

Συγκρίνοντας τα σχήματα 2.1.3.2 (χωρίς πόλωση) και 2.1.3.3 (με πόλωση D.C.) βλέπουμε τις διαφορές στην παραμόρφωση.

- **Πόλωση εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C. BIAS).**

Στην περίπτωση αυτή προστίθενται στην κεφαλή εγγραφής το παλμόρευμα εγγραφής και ένα εναλλασσόμενο σήμα περίπου 100KHz δίδοντας αποτελέσματα, όπως θα ήταν με εγγραφή σε γραμμική χαρακτηριστική μαγνήτισης. Λόγω της υψηλής συχνότητας του ρεύματος πόλωσης, αυτό δεν εγγράφεται στην ταινία σαν πληροφορία αλλά βοηθά στο να χρησιμοποιούνται τα γραμμικά τμήματα της καμπύλης μαγνήτισης, που έχουν την ίδια κλίση.



Σχήμα 2.1.3.4 Εγγραφή με πόλωση A.C.

Η πόλωση A.C. πλεονεκτεί έναντι της D.C. διότι έχει

- Ευρύτερη δυναμική περιοχή
- Λιγότερο θόρυβο
- Μικρότερη παραμόρφωση

## 2.1.4 Βασική αρχή διαγραφής της ταινίας.

Ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της εγγραφής και της αναπαραγωγής είναι η δυνατότητα να χρησιμοποιείται η ταινία πολλές φορές διαγράφοντας και ξαναγράφοντας σήματα σ' αυτήν. Τα σήματα, που έχουν γραφτεί στη ταινία μπορούν να αναπαραχθούν σύμφωνα με τις μεταβολές της παραμένουσας μαγνητικής ροής.

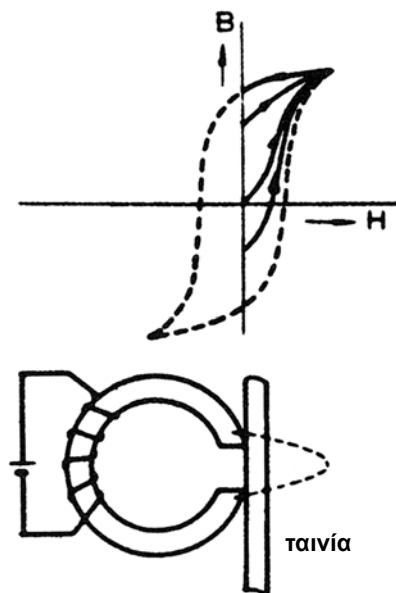
Με άλλα λόγια θα ήταν αδύνατη η αναπαραγωγή τους, αν είχαν εξαλειφθεί αυτού

του είδους οι μεταβολές.

Για τη διαγραφή υπάρχουν δύο μέθοδοι αντίστοιχες της εγγραφής:

- **Διαγραφή συνεχούς ρεύματος (D.C.)**

Η αρχή επί της οποίας βασίζεται η λειτουργία της διαγραφής D.C. φαίνεται στο σχήμα 2.1.4.1. Είναι μία απλή και αποτελεσματική μέθοδος, αναπτύσσει όμως μεγάλο θόρυβο διαγραφής. Σε αυτήν την περίπτωση, η παραμένουσα μαγνητική ροή μειώνεται ομοιόμορφα κατά την ίδια διεύθυνση αναπτύσσοντας ένα D.C. ρεύμα.



Σχήμα 2.1.4.1 Διαγραφή συνεχούς ρεύματος D.C.

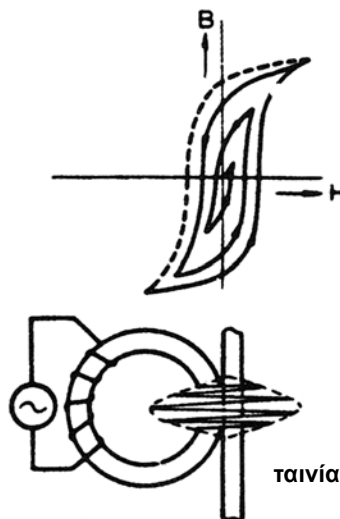
- **Διαγραφή εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.)**

Στη διαγραφή AC εφαρμόζεται μία εναλλασσόμενη συχνότητα περίπου 100KHz στην κεφαλή διαγραφής, η οποία αναπτύσσει ένα μαγνητικό πεδίο μεγαλύτερο από αυτό που αντιστοιχεί στον κορεσμό του μαγνητικού υλικού της ταινίας.

Καθώς η ταινία απομακρύνεται από το διάκενο της κεφαλής, το μαγνητικό πεδίο AC ελαττώνεται, και οι βρόγχοι υστέρησης μικραίνουν έως ότου μηδενισθεί ο μόνιμος μαγνητισμός της ταινίας.

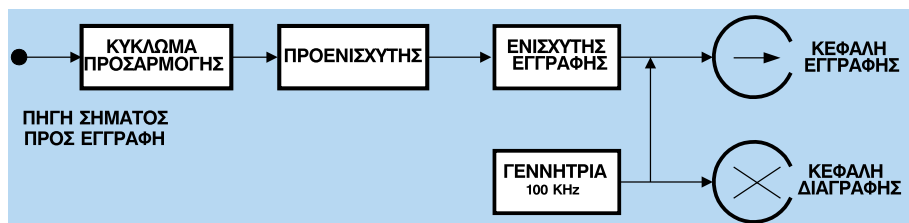
Εδώ ο θόρυβος διαγραφής είναι πολύ μικρός και γι' αυτό προτιμάται από τη διαγραφή D.C.





Σχήμα 2.1.4.2 Διαγραφή εναλλασσόμενου ρεύματος A.C.

## 2.1.5 Διάγραμμα εγγραφής.



Σχήμα 2.1.5. Απλοποιημένο διάγραμμα εγγραφής

Στο σχήμα 2.1.5. φαίνεται το απλοποιημένο διάγραμμα μαγνητικής εγγραφής σήματος. Το προς εγγραφή σήμα οδηγείται σε κύκλωμα προσαρμογής της αντίστασης εξόδου της πηγής με την αντίσταση εισόδου του προενισχυτή. Ακολουθώντας προενισχύεται κατά τάση και έρχεται στον ενισχυτή εγγραφής, όπου ενισχύεται από πλευράς ρεύματος. Στο σήμα εξόδου του ενισχυτή εγγραφής αναπτύσσεται και το ρεύμα υψηλής συχνότητας πόλωσης AC από τη γεννήτρια. Ο συνδυασμός του παλμορεύματος εγγραφής και της πόλωσης AC τροφοδοτεί την κεφαλή εγγραφής. Ταυτόχρονα η γεννήτρια 100KHz οδηγεί την πόλωση AC στην κεφαλή διαγραφής, η οποία διαγράφει την παλαιότερη εγγραφή. Ετσι κατά την εγγραφή, πρώτα πραγματοποιείται η διαγραφή παλαιότερης εγγραφής και ακολούθως εγγράφεται το νέο σήμα. Άρα στη δομή ενός μαγνητοφώνου αναμένουμε, η ταινία να περάσει πρώτα από την κεφαλή διαγραφής και στη συνέχεια από την κεφαλή εγγραφής.

Όπως η αρχή της εγγραφής παλμορευμάτων σε μαγνητική ταινία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρομαγνήτη (κεφαλή εγγραφής) έτσι και η αρχή της αναπαραγωγής γίνεται πάλι με ένα ηλεκτρομαγνήτη (κεφαλή αναπαραγωγής).

Ενώ στην περίπτωση της εγγραφής η κεφαλή διαρρέεται από το προς εγγραφή παλμόρευμα και αναπτύσσει ένα μαγνητικό πεδίο, το οποίο πολώνει τα ρινίσματα του υλικού της ταινίας που παραμένουν μαγνητισμένα, στην περίπτωση της αναπαραγωγής ισχύει το αντίθετο. Δηλαδή μία μαγνητισμένη ταινία γραμμένη περνάει μπροστά από το διάκενο του ηλεκτρομαγνήτη, προσδίδοντας την απαιτούμενη μαγνητική ροή, η οποία θα προκαλέσει μία τάση εξ επαγωγής  $E$  στα άκρα του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη. Η τάση αυτή  $E$  θα είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής  $\Phi$ .

$$E = N \frac{d\Phi}{dt}$$

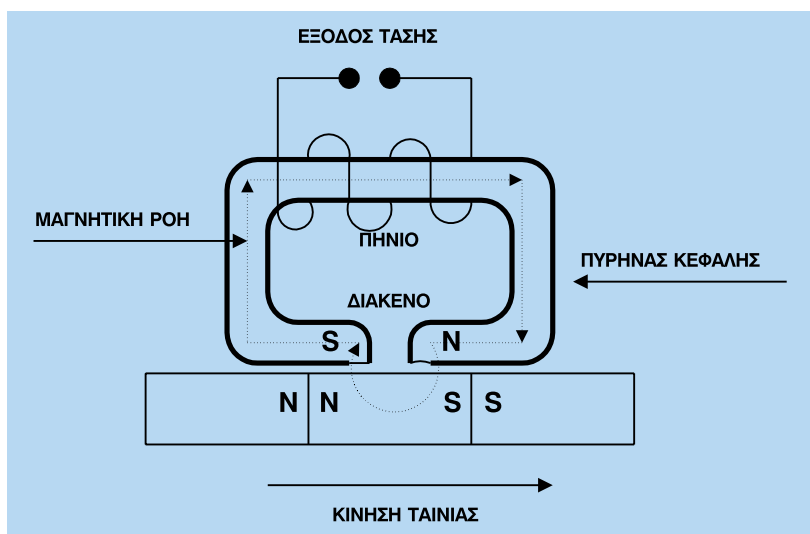
2.2.1.1

**N :** Εκφράζει τον αριθμό των σπειρών του ηλεκτρομαγνήτη

**$\Phi$ :** Είναι η μαγνητική ροή

**t :** Είναι ο χρόνος

**$d\Phi/dt$ :** Είναι η μεταβολή της μαγνητικής ροής συναρτήσει του χρόνου.



Σχήμα 2.2.1. Διαδικασία ανάπτυξης τάσης εξ επαγωγής στα άκρα του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη.

Είδαμε στην παράγραφο 2.1.2 ότι βασικό χαρακτηριστικό για την εγγραφή (αλλά και για την αναπαραγωγή) είναι το μήκος  $d$  του διακένου της κεφαλής.

Αν το μήκος του διακένου  $d$  είναι ίσο με το μήκος κύματος  $\lambda$  του γραμμένου σήματος, τότε δεν αναπτύσσεται τάση εξ επαγωγής  $E$ . Για να έχουμε τάση εξόδου  $E$  και στα πιο μικρά μήκη κύματος  $\lambda_{\min}$  (υψηλότερες συχνότητες  $f_{\max}$ ) θα πρέπει το διάκενο να είναι μικρότερο από το μήκος κύματος  $\lambda$  :

$$d < \frac{\lambda_{\min}}{2} \quad 2.2.1.2$$

$$\lambda = \frac{U}{f} \quad 2.2.1.3$$

**U: ταχύτητα ταινίας**

Η σχέση που δίνει τη μέγιστη συχνότητα αναπαραγωγής  $f_{\max}$  συναρτήσει της ταχύτητας της ταινίας **U** και του διάκενου **d** είναι:

$$f_{\max} = \frac{U}{2d} \quad 2.2.1.4$$

και η ταχύτητα είναι:

$$u = f_{\max} \cdot 2d \quad 2.2.1.5$$

## 2.2.2 Απώλειες κατά την εγγραφή - αναπαρα- γωγή.

Τόσο κατά την εγγραφή όσο και κατά την αναπαραγωγή υπάρχουν απώλειες, που έχουν επίδραση στην ποιότητα του σήματος. Αυτές είναι:

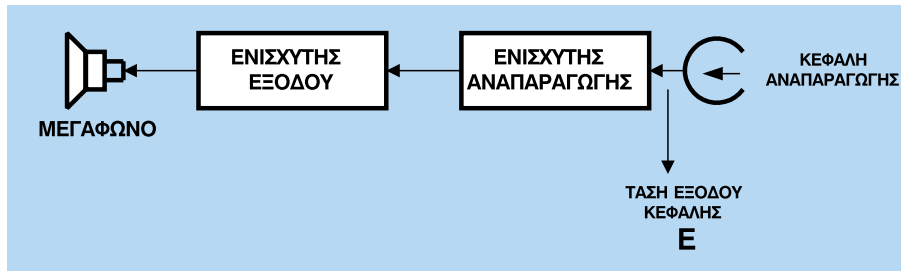
- Απώλεια λόγω διαγραφής κατά την εγγραφή Υ.Σ.
- Απώλεια από αλληλεπίδραση μαγνητισμένων περιοχών της ταινίας.
- Απώλεια από το πάχος της μαγνητικής επίστρωσης της ταινίας.
- Απώλειες δινορευμάτων του πυρήνα της κεφαλής.
- Απώλειες λόγω κακής επαφής της ταινίας στην κεφαλή
- Απώλειες κλίσης του διάκενου της κεφαλής
- Απώλειες λόγω του μήκους **d** του διάκενου της κεφαλής

Για να περιορισθούν οι απώλειες εγγραφής και αναπαραγωγής αναπτύσσονται κυκλώματα ισοστάθμισης (εγγραφής και αναπαραγωγής).

Στα κυκλώματα ισοστάθμισης κατά την εγγραφή η καμπύλη απόκρισης δίνει έμφαση στις υψηλές συχνότητες, ενώ τα κυκλώματα ενίσχυσης της τάσης αναπαραγωγής **E** θα έχουν τέτοια καμπύλη απόκρισης, ώστε το τελικό προϊόν να είναι ίδιο με το αρχικό σήμα παραγωγής.



Σχήμα 2.2.2 Διάγραμμα καμπυλών ισοστάθμισης εγγραφής - αναπαραγωγής



## 2.2.3

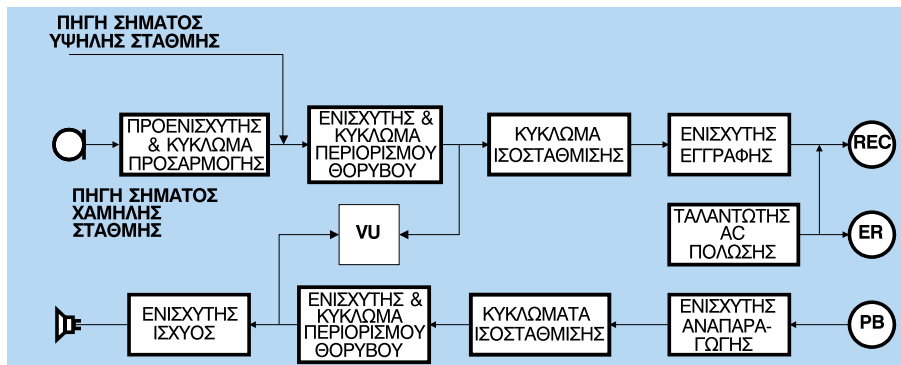
Διάγραμμα  
αναπαρά-  
γωγής.

Σχήμα 2.2.3.1 Απλό δομικό διάγραμμα αναπαραγωγής

Η αναπτυσσόμενη τάση **E** από την κεφαλή αναπαραγωγής ενισχύεται από τον ενισχυτή αναπαραγωγής και οδηγείται στον τελικό ενισχυτή εξόδου, όπου ενισχύεται από πλευράς ισχύος για να οδηγήσει το μεγάφωνο. Το VU-μετρο είναι όργανο ένδειξης της στάθμης τόσο του σήματος εγγραφής όσο και της αναπαραγωγής.

Στις πιο πολλές περιπτώσεις η κεφαλή εγγραφής και αναπαραγωγής είναι κοινή. Η γεννήτρια των 100KHz, που είδαμε στην παράγραφο 2.1.5 και η οποία χρησίμευε σαν πόλωση AC στην εγγραφή, κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής τίθεται εκτός λειτουργίας.

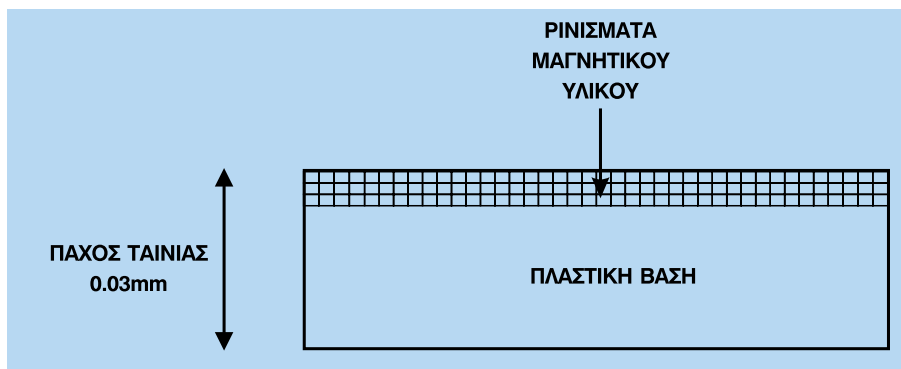
Στο σχήμα 2.2.3.2 φαίνεται το πλήρες δομικό διάγραμμα εγγραφής και αναπαραγωγής ενός κασετοφώνου.



Σχήμα 2.2.3.2 Δομικό διάγραμμα εγγραφής και αναπαραγωγής κασετοφώνου.

## 2.3 Μαγνητικές ταινίες.

Οι ταινίες που χρησιμοποιούνται για την εγγραφή και την αναπαραγωγή αποτελούνται από πλαστική βάση πάνω στην οποία υπάρχει επίστρωση ρινισμάτων μαγνητικού υλικού.



Σχήμα 2.3. Μαγνητική ταινία

Η πλαστική βάση συνήθως είναι από πολυβινοχλωρίδια ή σελλουλόζη και έχει πάχος 0,03mm.

Τα ρινίσματα του μαγνητικού υλικού βρίσκονται σε μία ρευστή πλαστική μάζα, η οποία επιστρώνεται ισοπαχώς κατά το δυνατότερο στην πλαστική βάση και το σύστημα ξεραίνεται με παροχή θερμού αέρα. Μετά την αποξήρανση το πάχος της μαγνητικής επίστρωσης είναι 0,06mm έως 0,015mm.

Οι μαγνητικές ταινίες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με το υλικό των ρινισμάτων της μαγνητικής επίστρωσης:

- Απλή ταινία (Normal Tape)
- Ταινία σιδήρου -χρωμίου (Ferri-chrome Tape)
- Ταινία χρωμίου (Chrome Tape)
- Ταινία μετάλλου (Metal Tape)

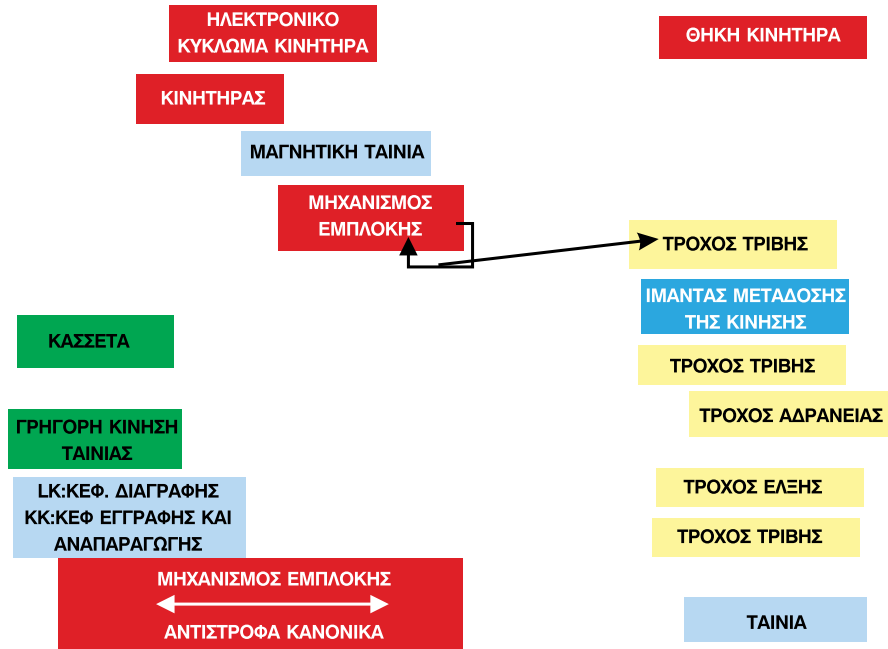
Οι απλές ταινίες χρησιμοποιούν σαν μαγνητική επίστρωση ρινίσματα οξειδίων του σιδήρου  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  σε μία μόνο στρώση.

Οι ταινίες σιδήρου-χρωμίου χρησιμοποιούν σε μίξη οξείδια σιδήρου και χρωμίου  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CrO}_2$ .

Οι ταινίες χρωμίου χρησιμοποιούν οξείδιο του χρωμίου αν και κυκλοφορούν και ταινίες με επίστρωση οξειδίων σιδήρου και κοβαλτίου. Οι ταινίες μετάλλου χρησιμοποιούν επίστρωση ρινισμάτων καθαρού μετάλλου ειδικής επεξεργασίας και πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων.

## 2.4 Μηχανισμός κίνησης της ταινίας.

Με τη βοήθεια του μηχανισμού κίνησης της ταινίας, αυτή οδηγείται μπροστά από τις κεφαλές εγγραφής - αναπαραγωγής και διαγραφής.



Σχήμα 2.4.1 Μηχανικό μέρος μαγνητοφώνου

Ο μηχανισμός κίνησης της ταινίας πρέπει να ικανοποιεί τις επόμενες απαιτήσεις:

- Να κινεί την ταινία μπροστά από τις κεφαλές με σταθερή ταχύτητα.
- Να εξασφαλίζει την ελάχιστη φθορά της ταινίας και των κεφαλών.
- Να επιταχύνει εμπρός και πίσω (F.FWD & REW), να διακόπτει την κίνηση (STOP), να παύει στιγμιαία την κίνηση (PAUSE) με ομαλό τρόπο, όταν το επιθυμεί ο χειριστής.
- Να εξασφαλίζει την ομαλή κίνηση της ταινίας υπό δυσμενείς συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης κλπ.

Ο μηχανισμός κίνησης της ταινίας αποτελείται από τα παρακάτω βασικά εξαρτήματα.

1. Τροχό έλξης (Capstan)
2. Τροχό πίεσης (Pressure roller)
3. Τροχό αδράνειας (Idler)
4. Τροχό παροχής ταινίας (Supply reel)
5. Τροχό συγκέντρωσης ταινίας (Take up reel)
6. Βραχίονες πίεσης ταινίας (Tension arm)
7. Φρένα (Brakes)

Μία από τις πλέον βασικές απαιτήσεις του μηχανισμού κίνησης της ταινίας είναι η σταθερή της ταχύτητα. Ακόμη και μία μικρή μεταβολή στη ταχύτητα κίνησης της ταινίας είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μία μεγάλη παραμόρφωση του σήματος.

Αυτές οι μεταβολές της ταχύτητας της ταινίας καλούνται **WOW & FLUTTER**.

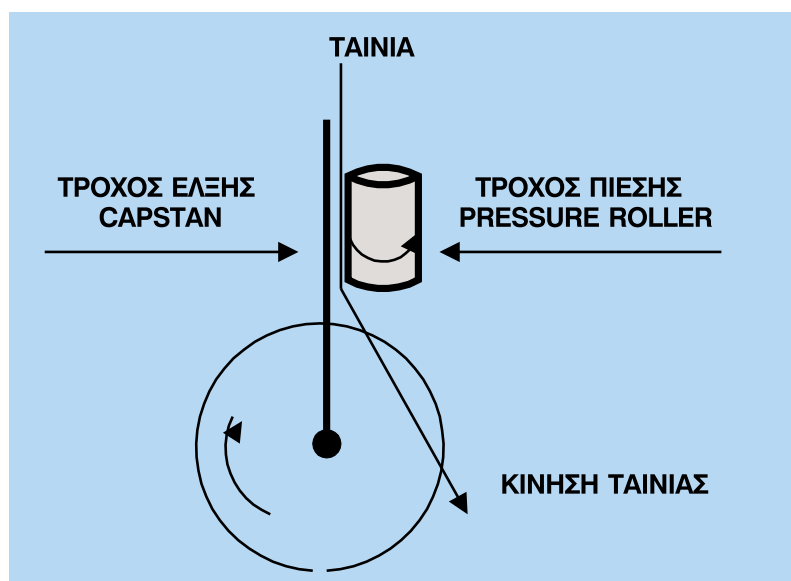
**WOW** είναι η μεταβολή, που οφείλεται στην ανομοιομορφία του συστήματος κίνησης της ταινίας ενώ

**FLUTTER** είναι η μεταβολή ταχύτητας, που οφείλεται στην ανομοιομορφία της δύναμης, που ασκείται στην ταινία κατά την κίνησή της.

Το **WOW & FLUTTER** αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των μαγνητοφώνων και δίνεται από τους κατασκευαστές τους σε ποσοστό %.

Με τον τροχό αδράνειας σταθεροποιείται η ταχύτητα της ταινίας. Ο τροχός αδράνειας έχει μεγάλη μάζα και παίρνει κίνηση από τον κινητήρα μέσω ενός ιμάντα. Έτσι οι μεταβολές της ταχύτητας του κινητήρα εξουδετερώνονται λόγω αδράνειας του τροχού **IDLER**.

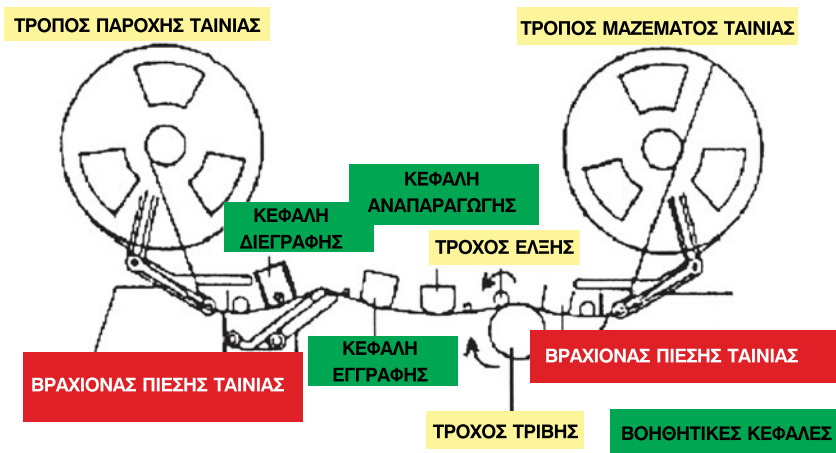
Ο τροχός έλξης (**CAPSTAN**) μαζί με τον τροχό πίεσης (**PRESSURE ROLLER**) εξασφαλίζουν τη σταθερή έλξη της ταινίας. Ο τροχός έλξης παίρνει κίνηση από τον κινητήρα και με την ενεργοποίηση του **PLAY** μπαίνει σε επαφή με αυτόν και ο τροχός πίεσης. Μεταξύ τους βρίσκεται η ταινία.



Σχήμα 2.4.2 Το σύστημα τροχού έλξης (**CAPSTAN**)- ταινίας - τροχού πίεσης (**PRESSURE ROLLER**) και οι κινήσεις τους σε θέση **PLAY BACK** ή **REC**.

Τα μηχανικά φρένα χρησιμοποιούνται για το σταμάτημα του μαγνητοφώνου. Τα καρούλια φρενάρουν από δύο σιαγόνες με επιφάνεια τσόχας.

Οι κεφαλές είναι στερεωμένες σε ένα βραχίονα μαζί με τα ρόλλερ. Κατά την εγγραφή ή αναπαραγωγή το σύστημα μετακινείται και το ρόλλερ (τροχός πίεσης) εφάπτεται πάνω στον τροχό έλξης, οι δε κεφαλές μπαίνουν στις υποδοχές της κασέτας ερχόμενες σε επαφή με την ταινία.



Σχήμα 2.4.3 Μηχανισμός κίνησης της ταινίας.



## 2.5.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2

1. Προσδιορίστε την έννοια της παραμένουσας μαγνήτισης ενός σιδηρομαγνητικού υλικού.
2. Στην παραμένουσα μαγνήτιση **B<sub>r</sub>** ενός υλικού αντιστοιχεί:
  - μέγιστη ένταση του μαγνητικού πεδίου **H**
  - μηδενική ένταση του μαγνητικού πεδίου **H**
  - ενδιάμεση ένταση του μαγνητικού πεδίου **H**.
 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
3. Η συνεκτική δύναμη **H<sub>c</sub>** στο βρόγχο υστέρησης προκαλεί:
  - εξουδετέρωση της παραμένουσας μαγνήτισης του υλικού
  - αύξηση της παραμένουσας μαγνήτισης του υλικού
  - δεν επιδρά στην παραμένουσα μαγνήτιση του υλικού.
 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
4. Με ποια χαρακτηριστικά των κεφαλών έχουν σχέση οι διαστάσεις του διάκενου (GAP), **μήκος** και **ύψος**;
5. Αν η χαρακτηριστική μαγνήτισης που προέρχεται από το βρόγχο υστέρησης είναι απόλυτα γραμμική (υποθετικό υλικό) τότε:
  - επιβάλλεται πόλωση **DC**
  - επιβάλλεται πόλωση **AC**
  - δεν απαιτείται κανενός είδους πόλωση.
 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
6. Ποια θα είναι η ταχύτητα της ταινίας για την αναπαραγωγή σήματος μεγίστης συχνότητας 15 KHZ από κεφαλή με διάκενο d=0,009mm.
7. Η γεννήτρια AC πόλωσης ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια:
  - της εγγραφής
  - της αναπαραγωγής
  - εγγραφής και αναπαραγωγής.
 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
8. Ποιες είναι οι κατηγορίες των ταινιών και ποια πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων;
9. Τη σταθερή έλξη της ταινίας εξασφαλίζει:
  - ο τροχός αδράνειας (Idler)
  - ο τροχός παροχής ταινίας (Supply Reel)
  - ο τροχός έλξης (Capstan)
  - ο τροχός έλξης μαζί με τον τροχό πίεσης (Capstan + Pressure Roller)
 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
10. Προσδιορίστε την έννοια των WOW και FLUTTER.
11. Τα κυκλώματα ισοστάθμισης, κατά την εγγραφή δίνουν έμφαση στις χαμηλές συχνότητες;
 

**σωστό ή λάθος.**
12. Ποιες είναι οι απώλειες που έχουν επίδραση στην ποιότητα του σήματος κατά την εγγραφή και αναπαραγωγή;

13. Ποιό σκοπό εξυπηρετεί το VU-μετρο (όργανο) κατά την εγγραφή και την αναπαραγωγή.
14. Ο τροχός αδράνειας διαθέτει δικό του κινητήρα.  
**σωστό ή λάθος.**
15. Η ταινία έλκεται με τη βοήθεια του τροχού έλξης και του τροχού πίεσης, όταν αυτοί εμπλέκονται μεταξύ τους, αφού ενεργοποιηθεί το PLAY.  
**σωστό ή λάθος.**
16. Για ποιο λόγο οι κεφαλές διαγραφής είναι μεγαλύτερες από τις κεφαλές εγγραφής;
17. Η επιφάνεια της καμπύλης υστέρησης:  
**εκφράζει ωφέλιμη ενέργεια**  
**δεν εκφράζει ωφέλιμη ενέργεια**  
(υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
18. Το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των μαγνητικών κεφαλών είναι φύλλο μετάλλου ή λεπτό στρώμα μονοξειδίου του πυριτίου.  
**σωστό ή λάθος.**
19. Κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής, αν το διάκενο της κεφαλής **d** είναι ίσο με το μήκος κύματος  **$\lambda$**  της πληροφορίας τότε:  
**έχουμε μέγιστη τάση εξόδου**  
**έχουμε μηδενική τάση εξόδου**  
(υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)



# 3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## Ψηφιακές συσκευές επεξεργασίας ήχου

### Σκοπός

Σκοπός του Τρίτου Κεφαλαίου είναι ο μαθητής να μπορεί :

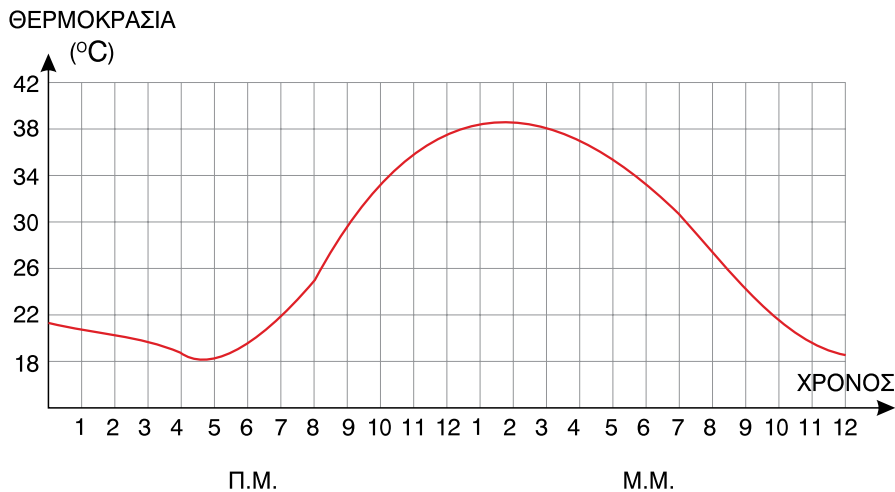
- Να διακρίνει τα διάφορα στάδια επεξεργασίας κατά τη μετατροπή του αναλογικού σήματος ήχου σε ψηφιακό
- Να αναλύει την αρχή λειτουργίας και να περιγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συσκευών επεξεργασίας ψηφιακού ήχου.
- Να γνωρίζει τη λειτουργία των ψηφιακών συσκευών μίξης ήχου

## **Εισαγωγή**

Για να αποθηκεύσουμε και να επεξεργασθούμε τον ήχο, το μετατρέπουμε με τη βοήθεια των μικροφώνων σε αναλογικό ηλεκτρικό σήμα. Το σήμα αυτό μπορούμε να το επεξεργασθούμε είτε όπως είναι (δηλαδή σε αναλογική μορφή), είτε να το μετατρέψουμε σε ψηφιακό. Η επεξεργασία και αποθήκευση του ήχου σε ψηφιακή μορφή παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα και για το λόγο αυτό οι ψηφιακές συσκευές επεξεργασίας ήχου κατακτούν συνέχεια έδαφος και εκτοπίζουν τις αντίστοιχες αναλογικές από την αγορά.

### 3.1 ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ

Αναλογικά ονομάζουμε τα σήματα, τα οποία μπορούν να λάβουν σε συνεχή ακολουθία όλες τις δυνατές τιμές μεταξύ δύο ορίων σε συνάρτηση με το χρόνο. Τα περισσότερα φυσικά μεγέθη, που τα συναντούμε και στην καθημερινή ζωή, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, ο ήχος, είναι αναλογικά. Εάν εξετάσουμε τη θερμοκρασία του αέρα στη διάρκεια της ημέρας, παρατηρούμε, ότι μεταβάλλεται συνεχώς, περνώντας διαδοχικά από όλες τις ενδιάμεσες μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής. Η μετάβαση, για παράδειγμα, από τους 19°C στους 20°C δεν γίνεται στιγμιαία, αλλά μεσολαβεί χρόνος, κατά τον οποίο η θερμοκρασία λαμβάνει όλες τις ενδιάμεσες τιμές μέχρι να καταλήξει στους 20°C. Εάν παραστήσουμε γραφικά τη μεταβολή της θερμοκρασίας στο χρόνο, θα έχουμε ομαλή συνεχή καμπύλη σαν αυτή του σχήματος 3.1α

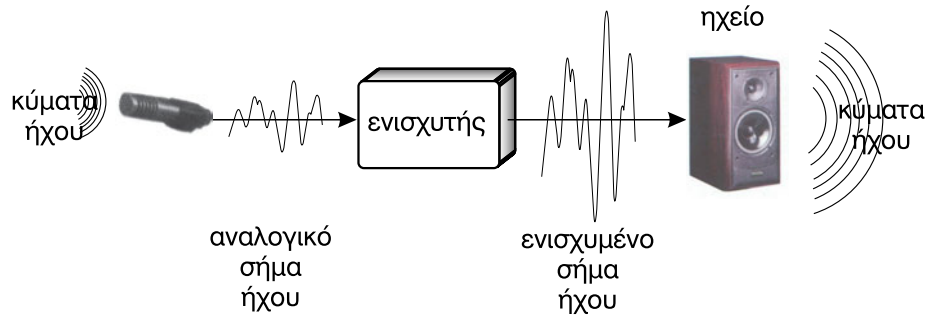


Σχήμα 3.1α Γραφική παράσταση μεταβολής της θερμοκρασίας στη διάρκεια της ημέρας

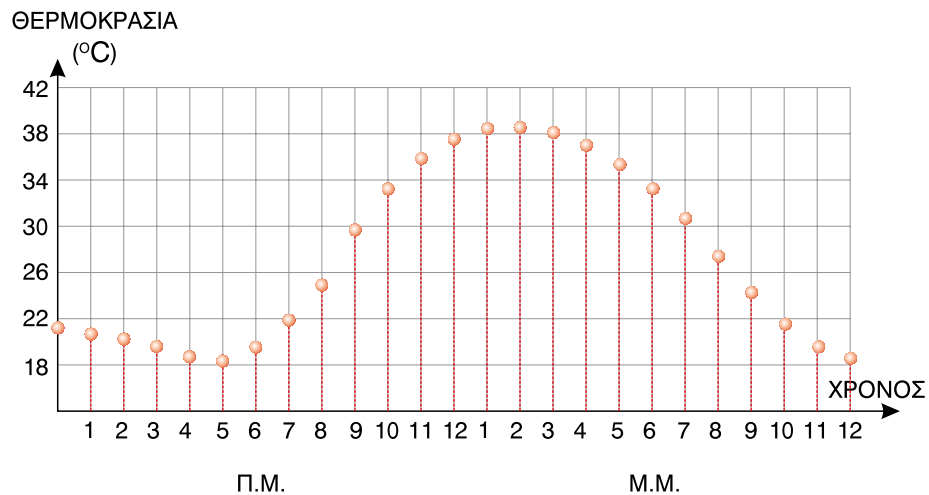
Για να επεξεργαστούν οι ηλεκτρονικές συσκευές αναλογικά μεγέθη τα μετατρέπουν σε ηλεκτρικά σήματα, τα οποία λαμβάνουν κυματομορφές ανάλογες των φυσικών μεγεθών και επομένως είναι και αυτά αναλογικά. Ο ήχος, για παράδειγμα, μετατρέπεται από το μικρόφωνο σε ηλεκτρικό σήμα, το ενισχύουμε και το μετατρέπουμε πάλι σε ήχο με μεγαλύτερη ένταση.

Ψηφιακά ονομάζουμε τα σήματα, τα οποία λαμβάνουν περιορισμένο αριθμό διακριτών τιμών. Τα αναλογικά μεγέθη μπορούμε να τα μετατρέψουμε είτε σε αναλογικά, είτε σε ψηφιακά ηλεκτρικά σήματα.

Για παράδειγμα, αν μετράμε τη θερμοκρασία ανά μία ώρα και παραστήσουμε γραφικά τη μεταβολή της θερμοκρασίας στο χρόνο, προκύπτει η ασυνεχής καμπύλη του σχήματος 3.1c

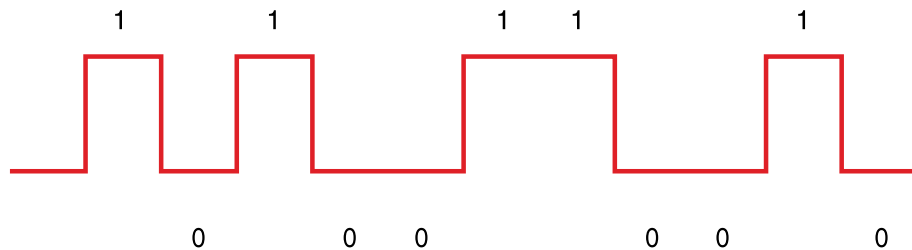


Σχήμα 3.1b Μετατροπή ήχου σε αναλογικό ηλεκτρικό σήμα



Σχήμα 3.1c Γραφική παράσταση της θερμοκρασίας ανά μία ώρα στη διάρκεια της ημέρας.

Η καμπύλη αυτή δεν αποτελεί ψηφιακή απεικόνιση της θερμοκρασίας, αλλά των δειγμάτων της θερμοκρασίας σε διακριτά σημεία του χρόνου. Η απεικόνιση αυτή μας βοηθάει να μετατρέψουμε τη θερμοκρασία σε ψηφιακό σήμα. Εάν σε κάθε δείγμα αντιστοιχίσουμε ένα δυαδικό αριθμό και μετατρέψουμε τα ψηφία 1 και 0 σε παλμούς, τότε απεικονίζουμε ψηφιακά τη θερμοκρασία και η κυματομορφή, που προκύπτει, είναι παρόμοια μ' αυτή του σχήματος 3.1d.



Σχήμα 3.1d Ψηφιακό σήμα

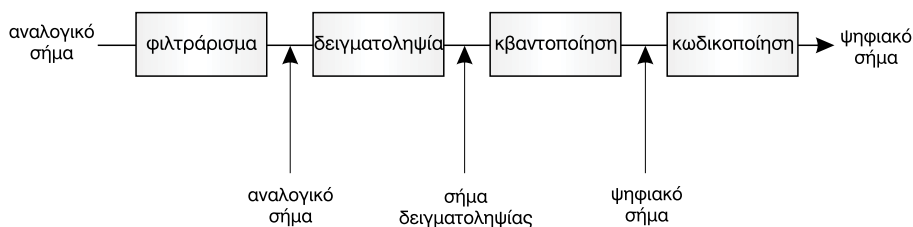
## 3.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ

Από τη φύση τους τα σήματα ήχου είναι αναλογικά και, συνεπώς, για να τα επεξεργαστεί το ψηφιακό σύστημα εγγραφής ήχου πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακά. Το αναλογικό σήμα για να μετατραπεί σε ψηφιακό, περνάει από τα ακόλουθα στάδια επεξεργασίας : Φιλτράρισμα, Δειγματοληψία, Κβαντοποίηση και Κωδικοποίηση. Το φιλτράρισμα πραγματοποιείται από βαθυπερατό αναλογικό φίλτρο, ενώ τα υπόλοιπα στάδια εκτελούνται από κυκλώματα, που ονομάζονται μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό(DAC). Οι τεχνικές προδιαγραφές των μετατροπέων αυτών καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις επιδόσεις των ψηφιακών συσκευών επεξεργασίας ήχου.

Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας του αναλογικού σήματος στον DAC είναι η δειγματοληψία, με το κύκλωμα της οποίας λαμβάνουμε δείγματα της στάθμης του σήματος σε συγκεκριμένα σημεία της κλίμακας του χρόνου. Το σταθερό χρονικό διαστήματα μεταξύ των δειγμάτων ονομάζεται περίοδος δειγματοληψίας  $t_d$ .

### 3.2.1

#### Δειγματοληψία



Σχήμα 3.2 Στάδια επεξεργασίας αναλογικού σήματος κατά τη μετατροπή του σε ψηφιακό

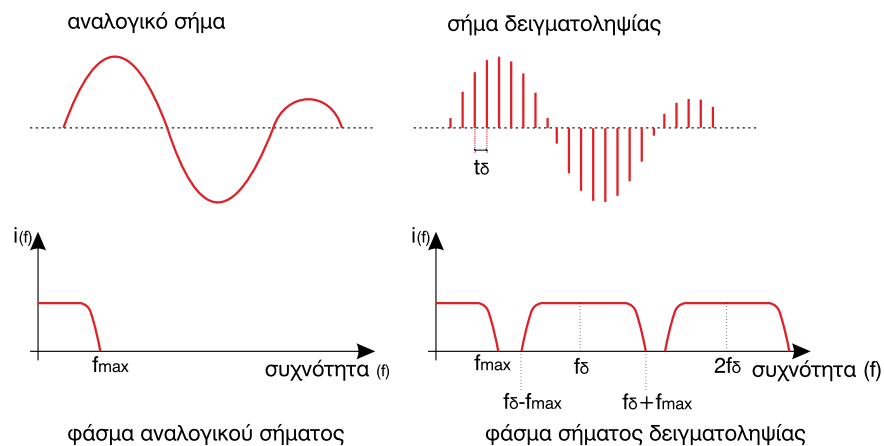
Ο αριθμός των δειγμάτων, που λαμβάνονται, καθορίζονται από τη συχνότητα δειγματοληψίας  $f_d$ , η οποία ισούται με το αντίστροφο της περιόδου δειγματοληψίας  $f_d = 1/t_d$ . Εάν η συχνότητα δειγματοληψίας είναι  $f_d = 40 \text{ kHz}$ , τότε λαμβάνονται 40.000 δείγματα το δευτερόλεπτο. Ουσιαστικά, με τη δειγματοληψία μετατρέπουμε την κλίμακα του χρόνου σε διακριτή, ενώ η κλίμακα της στάθμης παραμένει συνεχής, γιατί μπορούμε να έχουμε οποιαδήποτε τιμή στάθμης μεταξύ δύο ορίων, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2.1.





Σχήμα 3.2.1a Δειγματοληψία αναλογικού σήματος

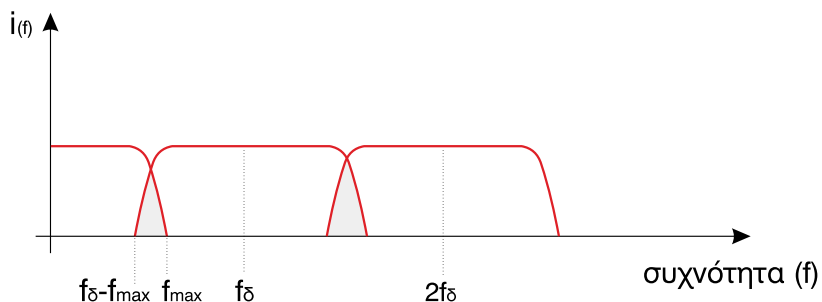
Σύμφωνα με το κριτήριο Nyquist ή το θεώρημα Shannon, για να μη χαθούν πληροφορίες από το αναλογικό σήμα κατά τη φάση της δειγματοληψίας και επομένως, για να είναι δυνατή η ανασύνθεσή του με ακρίβεια από το αντίστοιχο ψηφιακό, πρέπει η συχνότητα δειγματοληψίας να είναι τουλάχιστον διπλάσια από τη μέγιστη συχνότητα του αναλογικού σήματος. Το θεώρημα αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό από την εξέταση του φάσματος συχνοτήτων του αναλογικού σήματος και του σήματος δειγματοληψίας, που προκύπτει από το σχήμα 3.2.1 b, στην περίπτωση που  $f_\delta > 2f_{\max}$ .



Σχήμα 3.2.1 b Φάσμα αναλογικού σήματος και δειγματοληψίας

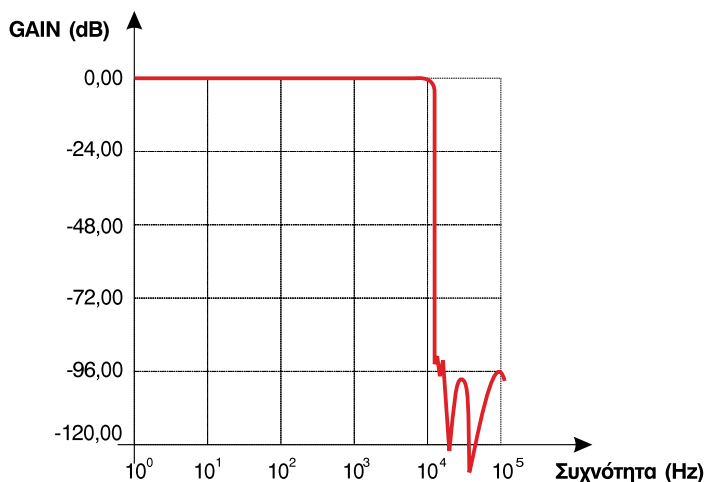
Παρατηρούμε, ότι το φάσμα συχνοτήτων του σήματος δειγματοληψίας περιέχει το φάσμα του αναλογικού σήματος και επαναλήψεις αυτού γύρω από τα πολλαπλάσια της συχνότητας δειγματοληψίας. Συνεπώς με βαθυπερατό (low pass) φίλτρο μπορούμε να απομονώσουμε εντελώς το φάσμα του αναλογικού σήματος και έτσι να ανασυνθέσουμε πλήρως το αναλογικό σήμα.

Στην περίπτωση, που η μέγιστη συχνότητα του σήματος είναι μεγαλύτερη από το μισό της συχνότητας δειγματοληψίας  $f_{\max} > f_\delta/2$  (όριο Nyquist), τότε στο φάσμα του σήματος δειγματοληψίας έχουμε επικαλύψεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.1c, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να διαχωρίσουμε πλήρως το φάσμα του αναλογικού σήματος. Έτσι, κατά την ανασύνθεσή του δημιουργούνται ψεύτικες συνιστώσες του σήματος(είδωλα). Το φαινόμενο αυτό της δημιουργίας ψεύτικων συνιστωσών (Aliasing) ονομάζεται επίσης και αναδίπλωση συχνοτήτων(foldover).



Σχήμα 3.2.1 c Φαινόμενο αναδίπλωσης συχνοτήτων (Foldover Aliasing)

Για να αποφύγουμε το φαινόμενο της αναδίπλωσης συχνοτήτων, που οφείλεται στις αρμονικές του αναλογικού σήματος, οι μετατροπείς ADC διαθέτουν αναλογικό βαθυπερατό φίλτρο (Analog anti-aliasing Low Pass Filter), με το οποίο τις αφαιρούν, πριν ξεκινήσει η διαδικασία της δειγματοληψίας.

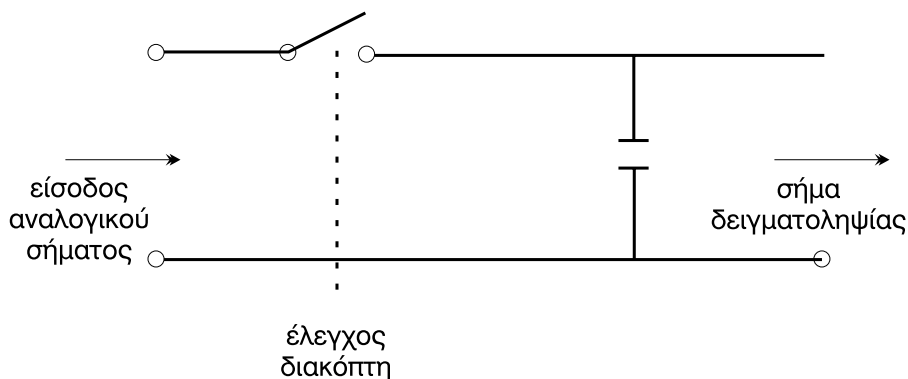


Σχήμα 3.2.1 d Χαρακτηριστική καμπύλη αναλογικού φίλτρου αντί-αλίας

Η επιλογή της συχνότητας δειγματοληψίας είναι πολύ σημαντική, επειδή καθορίζει την απόκριση συχνότητας των ψηφιακών συστημάτων ήχου και, κατά συνέπεια, το κόστος τους, το οποίο αυξάνει ανάλογα με τη συχνότητα δειγματοληψίας. Η μέγιστη απόκριση του συστήματος ισούται με το μισό της συχνότητας δειγματοληψίας. Στα σήματα ήχου, τα οποία έχουν εύρος ζώνης συχνοτήτων από 20 Hz έως 20 kHz, η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας, που αντιστοιχεί, σύμφωνα με το θεώρημα του Nyquist, είναι 40 kHz. Επειδή, όμως, στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητο φίλτρο αντί-αλίας με πολύ απότομη ζώνη μετάβασης, το οποίο κοστίζει, χρησιμοποιείται μεγαλύτερη συχνότητα δειγματοληψίας, δηλαδή 44.1 kHz. Επίσης, άλλες συχνότητες δειγματοληψίας, που χρησιμοποιούνται, είναι 32 και 48 kHz. Τα 32 kHz χρησιμοποιούνται στις εκπομπές ραδιοφώνου, όπου χρησιμοποιείται εύρος ζώνης ήχου μέχρι 15 kHz, ενώ τα 48 kHz στα επαγγελματικά ψηφιακά συστήματα ήχου για χρήση στα στούντιο.

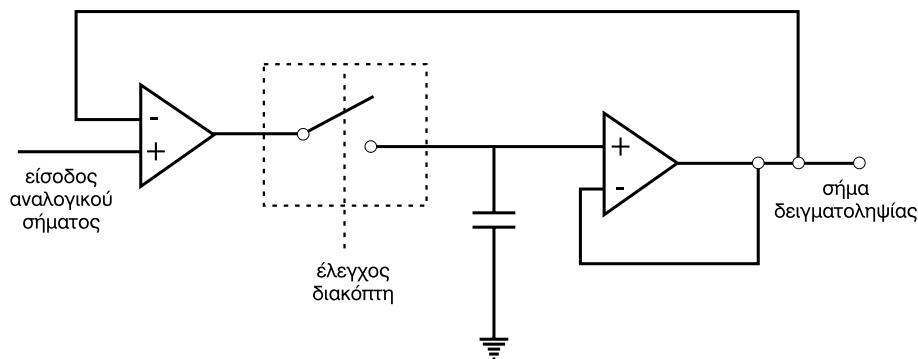
Στην πράξη, η δειγματοληψία υλοποιείται με το κύκλωμα δειγματοληψίας-κράτησης (Sample-and-hold circuit), το οποίο, στη βασική του μορφή, αποτελείται από ηλεκτρονικό διακόπτη και πυκνωτή υψηλής ποιότητας σχήμα 3.2.1 ε.

Για να ληφθεί δείγμα από το αναλογικό σήμα εισόδου, κλείνει προσωρινά ο διακόπτης, οπότε στον πυκνωτή εφαρμόζεται η τάση του σήματος, ο οποίος τη συγκρατεί μέχρι να ξανακλείσει ο διακόπτης. Η κράτηση της τάσης είναι απαραίτητη, για να δοθεί ο απαραίτητος χρόνος για την ολοκλήρωση της ψηφιοποίησης. Ο ηλεκτρονικός διακόπτης παραμένει κλειστός για ελάχιστο χρόνο, ο οποίος είναι αρκετός για τη λήψη του δείγματος με ακρίβεια 0,1% και ονομάζεται χρόνος απόκτησης (acquisition time).



Σχήμα 3.2.1.ε Βασικό κύκλωμα δειγματοληψίας-κράτησης

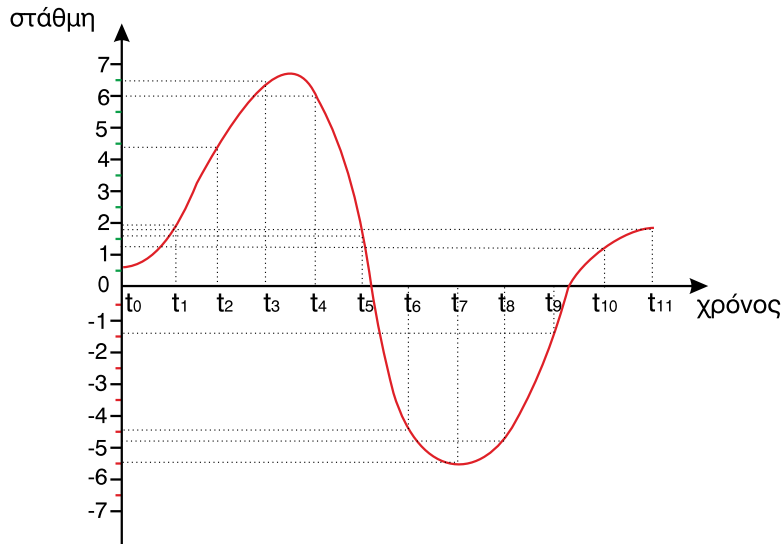
Τα κυκλώματα δειγματοληψίας - κράτησης, που χρησιμοποιούνται στην πράξη, διαθέτουν στην είσοδο και στην έξοδο ενισχυτές απομόνωσης (Buffer amplifier), σχήμα 3.2.1 f. Ο ενισχυτής εισόδου χρησιμεύει για την απομόνωση της πηγής, ενώ της εξόδου για την οδήγηση του μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (DAC).



Σχήμα 3.2.1 f Κύκλωμα δειγματοληψίας - κράτησης, που εφαρμόζεται στην πράξη.

### 3.2.2 Κβαντοποίηση (Κβάντιση)

Με την κβαντοποίηση, χωρίζουμε τη στάθμη του αναλογικού σήματος εισόδου σε περιοχές (διαστήματα). Σε κάθε δείγμα, που λάβαμε με τη διαδικασία της δειγματοληψίας, αντιστοιχούμε μία τιμή στάθμης (ένα επίπεδο στάθμης), ανάλογα με την περιοχή, που βρίσκεται. Η τιμή στάθμης, που αντιστοιχούμε σε κάθε δείγμα, είναι η κεντρική τιμή του διαστήματος, στο οποίο ανήκει. Στο παράδειγμα του σχήματος 3.2.2, έχουμε χωρίσει τη στάθμη του σήματος σε 16 περιοχές με κεντρικές τιμές τους αριθμούς από -8 έως +7.



| δείγμα       | t <sub>0</sub> | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> | t <sub>5</sub> | t <sub>6</sub> | t <sub>7</sub> | t <sub>8</sub> | t <sub>9</sub> | t <sub>10</sub> | t <sub>11</sub> |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| στάθμη       | 1              | 2              | 4              | 7              | 6              | 2              | -4             | -5             | -5             | -1             | 1               | 2               |
| κωδικοποίηση | 0001           | 0010           | 0100           | 0111           | 0110           | 0010           | 1100           | 1011           | 1011           | 1111           | 0001            | 0010            |

Σχήμα 3.2.2 Κβαντοποίηση αναλογικού σήματος ήχου

Όταν οι περιοχές κβάντισης είναι όλες ίδιες, τότε το σύστημα κβαντοποίησης ονομάζεται γραμμικό (linear). Στην αντίθετη περίπτωση, έχουμε συστήματα κβάντισης μη γραμμικά (non linear). Το πλήθος των επιπέδων στάθμης εξαρτάται από τον αριθμό των ψηφίων του δυαδικού αριθμού, με τον οποίο προσδιορίζουμε τη τιμή κάθε δείγματος. Για δυαδικό αριθμό 4 ψηφίων, έχουμε  $2^4 = 16$  επίπεδα στάθμης, για αριθμό 8 ψηφίων,  $2^8 = 256$  επίπεδα στάθμης, ενώ, για αριθμό 16 ψηφίων, τα επίπεδα στάθμης είναι  $2^{16} = 65.536$ . Η επιλογή του αριθμού(N) των ψηφίων ανά δείγμα καθορίζει, επίσης, το μέγιστο λόγο σήματος προς το θόρυβο του συστήματος ήχου, ο οποίος δίδεται από τον τύπο:

$$\text{SNR(dB)} = 6.02N + 1.76$$

Ο αριθμός των ψηφίων ανά δείγμα (bits/sample) επιλέγεται στην κατασκευή του μετατροπέα και δεν μπορεί να αλλάξει κατά τη λειτουργία του συστήματος ήχου.

Ουσιαστικά αυτό που πετυχαίνουμε με την κβαντοποίηση είναι να μετατρέψουμε τη στάθμη του αναλογικού σήματος σε διακριτή, δηλαδή το σήμα, που προκύπτει, λαμβάνει περιορισμένο αριθμό τιμών στάθμης.

### 3.2.3 Κωδικοποίηση

Το τελικό στάδιο της μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό είναι η κωδικοποίηση, με την οποία αντιστοιχούμε σε κάθε τιμή δείγματος, ένα δυαδικό αριθμό. Διακρίνουμε δύο είδη δυαδικών κωδικών : τους μονοπολικούς και τους διπολικούς. Οι μονοπολικοί προσδιορίζουν μόνο το μέτρο στάθμης του δείγματος, ενώ οι διπολικοί και το πρόσημό της (θετικό ή αρνητικό) και για το λόγο αυτό προτιμούνται στις εφαρμογές ήχου. Για το προσδιορισμό του πρόσημου, οι διπολικοί κώδικες χρησιμοποιούν ένα επιπλέον ψηφίο, το ψηφίο πρόσημου. Ο διπολικός δυαδικός κώδικας, που χρησιμοποιείται, συνήθως, στις εφαρμογές ψηφιακού ήχου, είναι ο κώδικας συμπλήρωμα ως προς 2 (Two's complement), πίνακας 3.2.3.

Αριθμητικά, ο κώδικας αυτός σχηματίζεται από το δυαδικό κώδικα για τους θετικούς αριθμούς, ενώ οι αρνητικοί προκύπτουν από το απλό συμπλήρωμα (το 1 γίνεται 0 και το 0 γίνεται 1) του αντιστοίχου δυαδικού θετικού αριθμού και την πρόσθεση του 1.

$$\begin{aligned}\text{Παράδειγμα: } +2 &= 0010 \\ -2 &= 1101 + 1 = 1110\end{aligned}$$

Στον κώδικα αυτό το αριστερό ψηφίο, που είναι το πιο σημαντικό ψηφίο (Most Significant Bit), αποτελεί το ψηφίο πρόσημου. Όταν είναι 0, δηλώνει θετική τιμή στάθμης, ενώ όταν είναι 1, αρνητική.

| Δεκαδικός αριθμός | Συμπλήρωμα ως προς 2 | Δεκαδικός αριθμός | Συμπλήρωμα ως προς 2 |
|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| +7                | 0111                 | -1                | 1111                 |
| +6                | 0110                 | -2                | 1110                 |
| +5                | 0101                 | -3                | 1101                 |
| +4                | 0100                 | -4                | 1100                 |
| +3                | 0011                 | -5                | 1011                 |
| +2                | 0010                 | -6                | 1010                 |
| +1                | 0001                 | -7                | 1001                 |
| 0                 | 0000                 | -8                | 1000                 |

Πίνακας 3.2.3 Κώδικας συμπλήρωμα ως προς δύο τεσσάρων ψηφίων

### 3.3 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΗΧΟΥ

Κατά τη μετατροπή αναλογικού σήματος ήχου σε ψηφιακό, παράγεται σημαντική ποσότητα δεδομένων, η οποία εξαρτάται από τη χρονική διάρκεια και την ποιότητά του. Η ποιότητα καθορίζεται από τη συχνότητα δειγματοληψίας και τον αριθμό ψηφίων ανά δείγμα (Bits/sample). Η ποσότητα δεδομένων ψηφιακού ήχου (ΠΔΨΗ) σε kbps δίνεται από το τύπο:

$$\text{ΠΔΨΗ} = (F\delta \times B \times N \times T) / 1000, \text{ όπου:}$$

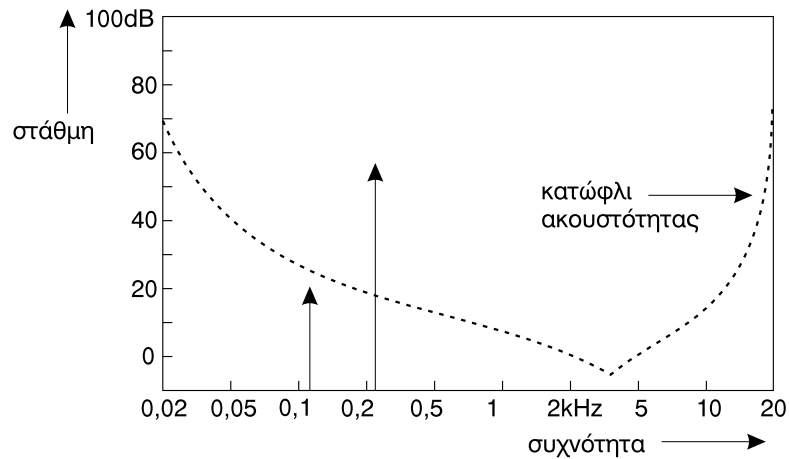
- $F\delta$  συχνότητα δειγματοληψίας σε Hz,
- $B$  αριθμός ψηφίων ανά δείγμα (Bit/sample),
- $N$  αριθμός καναλιών
- $T$  χρόνος σε δευτερόλεπτα (sec)

Στον πίνακα, που ακολουθεί, δίνεται ο ρυθμός δεδομένων, δηλαδή η ποσότητα δεδομένων, που παράγεται, στη μονάδα του χρόνου για διάφορες ποιότητες ψηφιακού ήχου.

| Ποιότητα ήχου       | Συχνότητα δειγματοληψίας (Hz) | Αριθμός ψηφίων ανά δείγμα | Αριθμός καναλιών | Ρυθμός δεδομένων kbit/s |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|
| Οπτικού δίσκου (CD) | 44100                         | 16                        | 2(stereo)        | 1.411                   |
| Ραδιοφώνου          | 22050                         | 8                         | 1(Mono)          | 176                     |
| Τηλεφώνου           | 11025                         | 8                         | 1(Mono)          | 88                      |

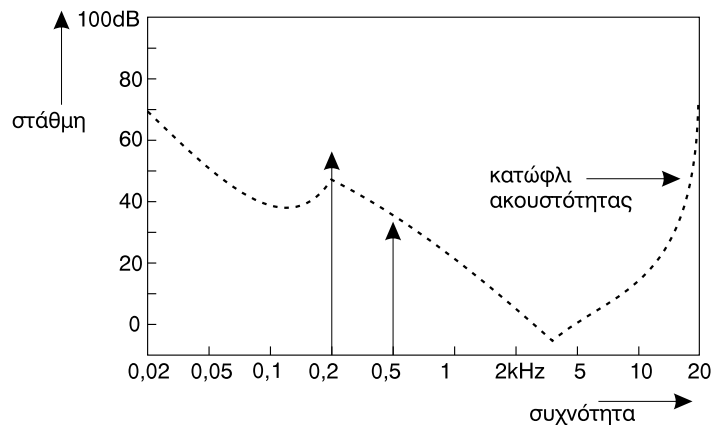
Αν, όμως, λάβουμε υπόψη τη χρονική διάρκεια του ήχου, για παράδειγμα ενός τραγουδιού, του οποίου η διάρκεια είναι, συνήθως, τρία λεπτά, τότε η ποσότητα δεδομένων, που προκύπτει για ποιότητα οπτικού δίσκου, ισούται με  $(44100 \times 16 \times 2 \times 180) / (8 \times 1024) = 31007,8 \text{ kbytes}$  ή  $30,28 \text{ Mbytes}$  ( $1 \text{ Mbytes} = 1024 \text{ Kbytes}$ ). Αυτή η ποσότητα δεδομένων είναι πολύ μεγάλη και αυξάνει περισσότερο, όταν χρησιμοποιούμε περισσότερα κανάλια (συνήθως  $5+1$ ). Επομένως, δημιουργείται πρόβλημα κόστους αποθήκευσης και ταχύτητας μετάδοσής τους. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιείται συμπίεση δεδομένων ψηφιακού ήχου με τη χρήση αλγορίθμων συμπίεσης. Για την απόρριψη δεδομένων, οι αλγόριθμοι αυτοί λαμβάνουν υπόψη αρχές της ψυχοακουστικής, όπως:

- Το κατώφλι ακουστότητας. Η ευαισθησία του ανθρώπινου αυτιού μεταβάλλεται ανάλογα με την περιοχή συχνοτήτων, δηλαδή ήχος με δεδομένη στάθμη και συχνότητα μπορεί να γίνεται αντιληπτός, ενώ άλλος με μεγαλύτερη στάθμη αλλά με διαφορετική συχνότητα να μην γίνεται. Μπορεί, επομένως, στο συνολικό φάσμα συχνοτήτων του ήχου να καθορισθεί το απόλυτο κατώφλι (κάτω όριο) ακουστότητας. Αναλύοντας το σήμα ήχου μπορούμε να απορρίψουμε τα μέρη, που βρίσκονται κάτω από το κατώφλι ακουστότητας και, έτσι, να μειώσουμε το ρυθμό δεδομένων.



Σχήμα 3.3a Απόλυτο κατώφλι ακουστότητας

- Το φαινόμενο ακουστικής σκίασης (masking effect). Έχει παρατηρηθεί, ότι στο κατώφλι ακουστότητας κάθε συχνότητα του ακουστικού φάσματος μεταβάλλεται, καθώς επηρεάζεται από τις άλλες συχνότητες, που υπάρχουν στον ήχο, που ακούμε.



Σχήμα 3.3b Ακουστική σκίαση. Το υψηλής στάθμης σήμα Β επικαλύπτει το χαμηλής στάθμης σήμα Α ανεβάζοντας το κατώφλι ακουστότητας.

Δηλαδή, οι ισχυρότερης στάθμης ακουστικοί τόνοι επικαλύπτουν κάποιο ασθενέστερο με παραπλήσια συχνότητα. Επομένως, μπορούμε να απορρίψουμε τους τόνους, που επικαλύπτονται και, έτσι, να μειώσουμε το ρυθμό δεδομένων.

Οι αλγόριθμοι συμπίεσης διακρίνονται σε:

- **Απωλεστικούς** Οι αλγόριθμοι αυτοί μειώνουν τα δεδομένα του ψηφιακού ήχου σε τέτοιο βαθμό, που χάνεται μέρος της πληροφορίας, που μεταφέρει, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η ανασύσταση του σήματος ήχου στην αρχική του μορφή. Οι βαθμοί συμπίεσης, που πετυχαίνουμε, έτσι ώστε η διαφορά του αρχικού σήματος με το συμπιεσμένο να μην είναι ακουστικά αισθητή, είναι της τάξης του 7:1 έως 11:1.

- **Μη απωλεστικούς** Οι αλγόριθμοι αυτοί μειώνουν τα δεδομένα του ψηφιακού ήχου σε πολύ μικρό βαθμό και δεν προκαλούν απώλεια πληροφοριών. Ο βαθμός συμπίεσης, που επιτυγχάνεται, είναι μικρότερος του 2:1. Για το λόγο αυτό, για τη συμπίεση ήχου ή εικόνας, οι αλγόριθμοι αυτοί σπάνια χρησιμοποιούνται συνήθως μόνοι τους, αλλά συνήθως, χρησιμοποιούνται ως μέρος της συμπίεσης των απωλεστικών αλγορίθμων

Οι πιο δημοφιλείς αλγόριθμοι συμπίεσης ψηφιακού σήματος ήχου είναι:

- Dolby digital (AC-3)
- MPEG

### Αλγόριθμος συμπίεσης MPEG

Ο **MPEG** (Moving Picture Experts Group) δεν είναι απλώς αλγόριθμος, αλλά οικογένεια διεθνών τυποποιήσεων κωδικοποίησης πληροφοριών εικόνας και ήχου σε συμπιεσμένη ψηφιακή μορφή. Η οικογένεια αυτή περιέχει τις τυποποιήσεις κωδικοποίησης ήχου και εικόνας MPEG-1 και 2. Στον MPEG-1 περιλαμβάνονται οι αλγόριθμοι συμπίεσης ήχου MPEG-1 layer 1, MPEG-1 layer 2 και MPEG-1 layer 3. Πρώτα δημιουργήθηκε ο MPEG-1 layer ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα συμπίεσης PASC του ψηφιακού συστήματος ήχου DCC. Ο αλγόριθμος αυτός προσφέρει συμπίεση 4:1 και ρυθμό δεδομένων 384 kbit/s(kbps). Στη συνέχεια, μετά από έρευνα, δημιουργήθηκε ο πιο βελτιωμένος αλγόριθμος συμπίεσης MPEG-1 layer 2, ο οποίος χρησιμοποιείται στις ψηφιακές ραδιοφωνικές εκπομπές, στη ψηφιακή τηλεόραση και στο DVD. Ο αλγόριθμος αυτός προσφέρει συμπίεση από 6:1 έως 8:1 και ρυθμό δεδομένων από 256kBps έως 192kBps. Τελευταίος δημιουργήθηκε ο αλγόριθμος συμπίεσης MPEG-1 layer 3 που προσφέρει πολύ καλή ποιότητα ήχου με μεγαλύτερη συμπίεση από τους προηγούμενους και χρησιμοποιείται ευρέως στο Διαδίκτυο (Internet) για τη μεταφορά ψηφιακών τραγουδιών και μουσικής δηλαδή αρχείων με επέκταση .MP3. Προσφέρει συμπίεση 10:1 και ρυθμό δεδομένων 128 kbps. Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι απωλεστικοί, δηλαδή μέρος της πληροφορίας ήχου χάνεται για πάντα κατά την συμπίεση και επεξεργάζονται δύο κανάλια ήχου.

Το σήμα ήχου στους αλγόριθμους MPEG-1 layer 1, MPEG-1 layer χωρίζεται σε 32 ζώνες συχνοτήτων, ενώ στον MPEG-1 layer 3 σε 576 και με τη χρήση ψυχοακουστικών μοντέλων καθορίζεται για κάθε ζώνη ένα κατώφλι ακουστότητας. Με βάση το κατώφλι αυτό γίνεται η απόρριψη των μη ακουστών συχνοτήτων. Τα ψυχοακουστικά μοντέλα των αλγορίθμων αυτών χρησιμοποιούν τις ιδιαιτερότητες της ανθρώπινης ακοής και, κυρίως, το φαινόμενο της ακουστικής σκίασης.

### Αλγόριθμος συμπίεσης Dolby digital (AC-3)

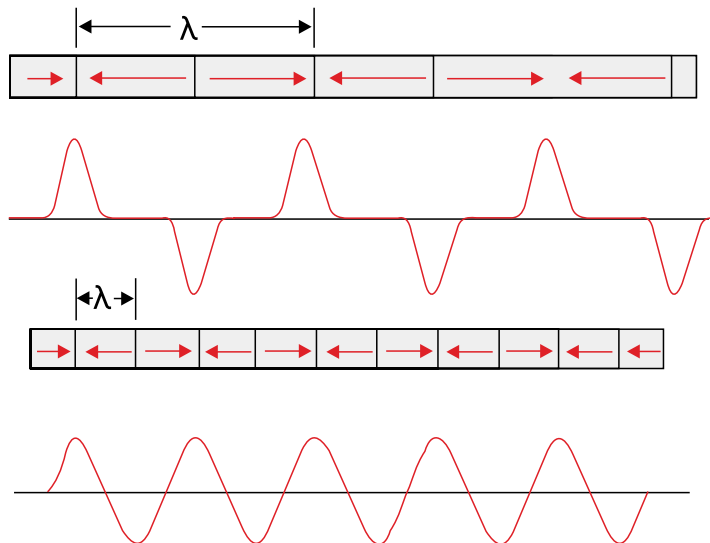
Ο **AC-3** είναι ψηφιακός κώδικας συμπίεσης υψηλής ποιότητας και πολλαπλών καναλιών. Ο κώδικας αυτός κατασκευάστηκε για πολλαπλά κανάλια, τα οποία επεξεργάζεται σαν ένα, με αποτέλεσμα να πετυχαίνει χαμηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων της τάξης των 320 kbit/s(kbps) σε σχέση με άλλους κώδικες. Λόγω της υψηλής ποιότητας ήχου, της συμβατότητας με τους ήδη υπάρχοντες αποκωδικοποιητές Pro Logic και την ικανότητα να εξυπηρετεί μεγάλη βάση κωδι-



κοποιητών μονοφωνικών, στερεοφωνικών και πολλαπλών καναλιών με μονή ροή bits, η ψηφιακή κωδικοποίηση dolby έγινε ευρύτατα αποδεκτή. Το 1996 η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών των Ηνωμένων Πολιτειών καθόρισε τις τυποποιήσεις για τη ψηφιακή τηλεόραση και μεταξύ αυτών υιοθέτησε το dolby digital ως ψηφιακή τυποποίηση ήχου. Η κωδικοποίηση dolby digital χρησιμοποιείται στα ηλεκτρονικά συστήματα, όπως VCR, οπτικούς δίσκους, HDTV, στα πολυμέσα και στην καλωδιακή τηλεόραση. Επίσης, στους DVD video δίσκους ένα ίχνος ήχου είναι αφιερωμένο σε κωδικοποίηση Dolby digital.

### 3.3 ΑΡΧΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ

Η ψηφιακή εγγραφή είναι διαφορετική από την αναλογική. Το αναλογικό σήμα ήχου, που εισέρχεται σε ψηφιακή συσκευή επεξεργασίας ήχου, περνάει από το μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, όπου λαμβάνονται τόσα δείγματα το δευτερόλεπτο από τη στάθμη του σήματος, όσα καθορίζει η συχνότητα δειγματοληψίας. Για παράδειγμα, με συχνότητα δειγματοληψίας 48 KHz λαμβάνονται 48.000 δείγματα το δευτερόλεπτο. Σε κάθε δείγμα δίδεται συγκεκριμένη αριθμητική τιμή. Αυτοί οι αριθμοί, που αντιπροσωπεύουν την κωδικοποιημένη στάθμη του σήματος ήχου, μετατρέπονται σε ψηφιακό σήμα ήχου, το οποίο εγγράφεται στο μέσο αποθήκευσης του συστήματος. Ο τρόπος αποθήκευσης εξαρτάται από το είδος του μέσου αποθήκευσης (οπτικός δίσκος, μικρός δίσκος, σκληρός δίσκος, μαγνητική ταινία). Στην περίπτωση μαγνητικού μέσου, όπως η μαγνητική ταινία, η αποθήκευση του σήματος γίνεται με τη μορφή παραμένοντος μαγνητισμού, δηλαδή η μαγνητική κεφαλή μετατρέπει το ψηφιακό ηλεκτρικό σήμα σε μαγνητικό πεδίο, το οποίο μαγνητίζει τη μαγνητική επίστρωση της ταινίας. Οι δύο στάθμες 0 και 1, του ψηφιακού σήματος αντιστοιχούν στις δύο πολικότητες του μαγνητισμού όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3. Ψηφιακή μαγνητική εγγραφή με διαφορετικό μήκος κύματος.

### 3.4 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΗΧΟΥ

Εκτός από τα συστήματα επεξεργασίας αναλογικού ήχου, στο εμπόριο διατίθενται και συστήματα επεξεργασίας ψηφιακού ήχου. Οι δημοφιλέστερες συσκευές ψηφιακού ήχου είναι: CD, DAT, ADAT, DCC και MD. Τα βασικά μέρη των συστημάτων αυτών είναι τα ακόλουθα:

- **Μετατροπéας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.** Στη μονάδα αυτή πραγματοποιείται η δειγματοληψία του αναλογικού σήματος τόσες φορές το δευτερόλεπτο, όσο είναι η συχνότητα δειγματοληψίας και δημιουργούνται δυαδικοί αριθμοί, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το κάθε δείγμα. Η συχνότητα δειγματοληψίας, με την οποία λαμβάνονται τα δείγματα από την αναλογική κυματομορφή, καθορίζει και την υψηλότερη συχνότητα, η οποία μπορεί να αναπαραχθεί μετατρέποντας τους δυαδικούς αριθμούς ξανά σε αναλογική μορφή. Οι συχνότητες δειγματοληψίας, που χρησιμοποιούνται, είναι 32 KHz, 44,1 KHz, 48 KHz. Επομένως, η υψηλότερη συχνότητα, που μπορεί να αναπαραχθεί, είναι αντίστοιχα 16 KHz, 22 KHz, 24 KHz. Οι συχνότητες αυτές αποτελούν και τη μέγιστη απόκριση συχνότητας ψηφιακού συστήματος. Η επιλογή του αριθμού των ψηφίων, που αντιστοιχεί σε κάθε δείγμα, προσδιορίζει τη δυναμική περιοχή και το λόγο σήματος προς το θόρυβο του συστήματος. Η δυναμική περιοχή εκφράζει το λόγο της μεγαλύτερης έντασης ήχου προς τη μικρότερη σε λογαριθμική κλίμακα. Χρησιμοποιώντας 16 ψηφία για κάθε δείγμα προκύπτει περιοχή τιμών δειγμάτων από 0 έως 65.534, με αποτέλεσμα να έχουμε μέγιστη δυναμική περιοχή 96 dB.
- **Τμήμα επεξεργασίας ψηφιακού σήματος.** Στο τμήμα αυτό γίνεται η επεξεργασία του ψηφιακού σήματος ήχου, στην οποία περιλαμβάνεται και η συμπίεση.
- **Τμήμα αποθήκευσης ψηφιακών δεδομένων.** Στο τμήμα αυτό γίνεται η κατάλληλη επεξεργασία του σήματος για την αποθήκευσή του στο συγκεκριμένο μέσο, που χρησιμοποιεί το σύστημα. Τα κυριότερα μέσα αποθήκευσης, τα οποία χρησιμοποιούνται, είναι : ο οπτικός δίσκος (CD), ο μικρός δίσκος (MD), ο σκληρός δίσκος (HD) και οι μαγνητικές ταινίες.
- **Μετατροπéας ψηφιακού σήματος σε αναλογικό.** Στη μονάδα αυτή οι δυαδικοί αριθμοί, που αντιπροσωπεύουν τη στάθμη του σήματος, μετατρέπονται σε αναλογική κυματομορφή.
- **Είσοδοι - Έξοδοι** Τα ψηφιακά συστήματα ήχου, για να μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους καθώς και με άλλες συσκευές παραγωγής και επεξεργασίας ήχου (μικρόφωνα, ψηφιακές συσκευές μίξης κ.λ.π), χρησιμοποιούν εισόδους και εξόδους. Οι είσοδοι και εξοδοι των ψηφιακών συστημάτων ήχου χωρίζονται σε **αναλογικές** και **ψηφιακές**.

Οι αναλογικοί είσοδοι-έξοδοι χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά αναλογικών σημάτων ήχου μεταξύ των συσκευών ήχου.

Οι αναλογικές είσοδοι-έξοδοι χαρακτηρίζονται από:

- Τη στάθμη του σήματος: -10 dBv ή + 4 dBm
- Τη σύνθετη αντίσταση : χαμηλή ή υψηλή
- Το τύπο του υποδοχέα (συνδετήρα): RCA ή XLR

### 3.4.1 Αναλογικοί Είσοδοι - έξοδοι

#### Στάθμη

Τα ντεσιμπέλ (dB) είναι ο πιο κατάλληλος τρόπος, για να εκφράσουμε το λόγο της στάθμης σήματος προς τη στάθμη άλλου σήματος. Όταν θέλουμε να εκφράσουμε την απόλυτη στάθμη σήματος, χρησιμοποιούμε το λόγο του σήματος προς τη στάθμη αναφοράς. Τα ντεσιμπέλ με δείκτη m (dBm) εκφράζουν το λόγο της στάθμης σήματος προς τη στάθμη αναφοράς 0,775 V. Τα ντεσιμπέλ με δείκτη v (dBv) εκφράζουν το λόγο της στάθμης σήματος προς τη στάθμη αναφοράς 1 volt. Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι  $1 \text{ dBv} = 2,14 \text{ dBm}$

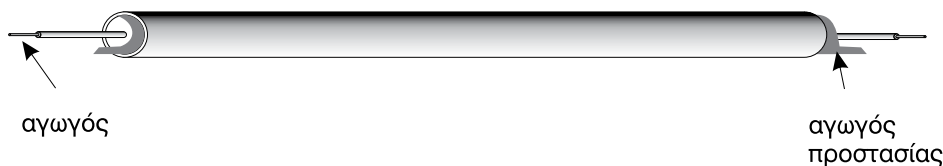
Τα επαγγελματικά συστήματα χρησιμοποιούν στάθμη σήματος + 4 dBm, ενώ τα οικιακά και τα ημι-επαγγελματικά -10 dBv.

#### Σύνθετη αντίσταση

Η σύνθετη αντίσταση διακρίνεται σε χαμηλή και υψηλή. Συσκευές, όπως για παράδειγμα το επαγγελματικό μικρόφωνο, το οποίο έχει χαμηλή σύνθετη αντίσταση στην έξοδο, για να αποδίδει καλύτερα, πρέπει να συνδέεται με είσοδο χαμηλής σύνθετης αντίστασης.

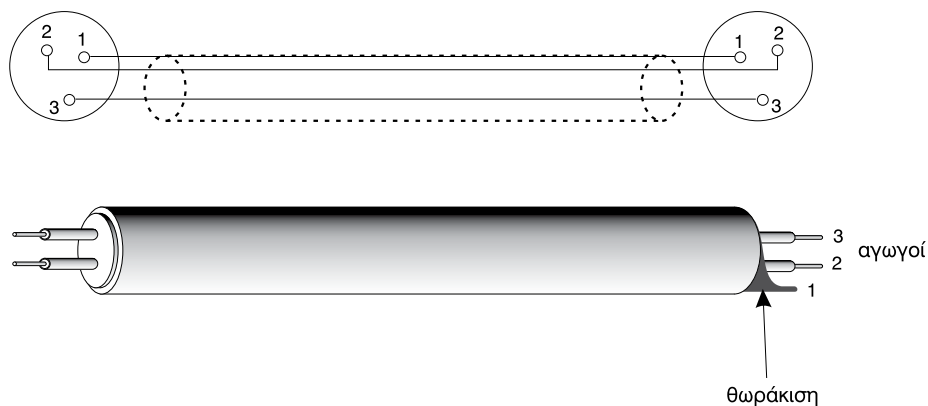
#### Υποδοχέας

Ο υποδοχέας RCA χρησιμοποιείται, κυρίως, στις καταναλωτικές συσκευές ήχου. Ο υποδοχέας αυτός χρησιμοποιείται για συνδέσεις με μη ισορροπημένες γραμμές. Οι μη ισορροπημένες γραμμές αποτελούνται από καλώδια με έναν αγωγό και τον αγωγό προστασίας(θωράκιση).



Σχήμα 3.4.1a Μη ισορροπημένη γραμμή

Ο υποδοχέας XLR χρησιμοποιείται, κυρίως, στις επαγγελματικές συσκευές ήχου, που συνδέονται μέσω ισορροπημένων γραμμών. Οι ισορροπημένες γραμμές αποτελούνται από καλώδια με δύο αγωγούς και τον αγωγό προστασίας (θωράκιση). Το σήμα μεταφέρεται με διαφορά φάσης  $180^\circ$  από τους δύο αγωγούς και ο αγωγός προστασίας γειώνεται. Με τον τρόπο αυτό περιορίζουμε τη ποσότητα θορύβου, που εισάγεται στο σύστημα και οφείλεται στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.



Σχήμα 3.4.1b Ισορροπημένη γραμμή

### 3.4.2 Ψηφιακές Είσοδοι - Έξοδοι

Οι ψηφιακές είσοδοι- έξοδοι επιτρέπουν την απευθείας ανταλλαγή ψηφιακού ήχου (χωρίς τη μετατροπή του σε αναλογικό) μεταξύ ψηφιακών συσκευών ήχου. Με τη σύνδεση των συσκευών ήχου μέσω ψηφιακών εισόδων- εξόδων αποφεύγουμε την απώλεια ποιότητας ήχου, που οφείλεται στις πολλαπλές μετατροπές του από ψηφιακό σε αναλογικό και αντίστροφα. Οι ψηφιακές είσοδοι και έξοδοι συστήματος χαρακτηρίζονται από:

- το είδος του πρωτοκόλλου διασύνδεσης, S/PDIF ή AES/EBU και
- το τύπο του υποδοχέα RCA, XLR και Toslink. Ο υποδοχέας Toslink κατασκευάστηκε από την εταιρεία TOSHIBA και χρησιμοποιείται στην οπτική μεταφορά δεδομένων, δηλαδή μέσω οπτικών ινών με βύσμα Toslink.

#### Πρωτόκολλο διασύνδεσης S/PDIF

Η τυποποίηση διασύνδεσης S/PDIF κατασκευάστηκε από τις εταιρείες Sony και Philips και καθιερώθηκε διεθνώς για την ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων σε καταναλωτικές συσκευές ψηφιακού ήχου. Η τυποποίηση αυτή πολυπλέκει τα δύο κανάλια ήχου και τα μεταδίδει σε μία γραμμή. Διαθέτει σύστημα SCMS, που απαγορεύει την παράνομη αντιγραφή τραγουδιών και μουσικής.

Τα δεδομένα μεταφέρονται ηλεκτρικά μέσω μη ισορροπημένων γραμμών με συνδετήρα RCA ή οπτικά με συνδετήρα Toslink.

#### Πρωτόκολλο διασύνδεσης AES/EBU

Η τυποποίηση διασύνδεσης AES/EBU χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή ψηφιακού ήχου μεταξύ ψηφιακών συσκευών ήχου. Η τυποποίηση αυτή κατασκευάστηκε από το Σύλλογο Μηχανικών Ηχου (Audio Engineering Society) και την Ευρωπαϊκή Ένωση Ραδιοφωνίας (European Broadcasting Union) και χρησιμοποιείται, κυρίως, στις επαγγελματικές συσκευές ήχου. Στη διασύνδεση AES/EBU, τα δεδομένα ψηφιακού ήχου μεταφέρονται μέσω ισορροπημένων γραμμών με συνδετήρα XLR.

Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στην επεξεργασία του ψηφιακού ήχου σε σχέση με τον αναλογικό, τα κυριότερα των οποίων είναι:

#### Πλεονεκτήματα

- Μικρότερη παραμόρφωση σήματος
- Λιγότερος θόρυβος
- Μεγαλύτερη δυναμική περιοχή
- Μεγαλύτερη δυνατότητα χειρισμού και επεξεργασίας ψηφιακού σήματος ήχου.
- Παραγωγή ειδικών εφφέ, χωρίς υποβάθμιση της ποιότητας ήχου
- Μεγαλύτερη ακρίβεια στο μοντάζ.
- Παραγωγή αντιγράφων πολλών γενεών, χωρίς αλλοίωση του σήματος ήχου

#### Μειονεκτήματα

- Απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων
- Διαθέτουν πολύπλοκα κυκλώματα.
- Ο ήχος, ο οποίος παράγεται, είναι μη φυσικός (ψυχρός) σε σχέση με τον ήχο, που παράγουν τα αναλογικά συστήματα. Το μειονέκτημα αυτό περιορίζεται με την αύξηση του αριθμού των επιπέδων στάθμης κατά την κβαντοποίηση. Για αριθμό ψηφίων κβάντισης μεγαλύτερο του 16 το μειονέκτημα αυτό ελαχιστοποιείται.

### 3.4.3

#### Πλεονεκτήματα -Μειονεκτήματα ψηφιακών συσκευών ήχου

Τα συστήματα ανάγνωσης και εγγραφής οπτικού δίσκου είναι ηλεκτρονικές συσκευές, οι οποίες χρησιμοποιούν οπτικό τρόπο εγγραφής και ανάγνωσης και σα μέσο εγγραφής έχουν τον οπτικό δίσκο. Το σύστημα ανάγνωσης και εγγραφής αποτελείται από:

- το laser ημιαγωγού (διόδου), το οποίο παράγει τη δέσμη φωτός για την ανάγνωση ή την εγγραφή
- το δέκτη φωτός (Photo detector), ο οποίος δέχεται το ανακλώμενο φως από το δίσκο και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα.
- το σύστημα φακών και πρισμάτων, τα οποία κατευθύνουν τη δέσμη φωτός

Τις συσκευές οπτικού δίσκου τις συναντάμε είτε σαν αυτόνομες, είτε σαν περιφερειακές μονάδες ηλεκτρονικών υπολογιστών. Στο εμπόριο διατίθενται συσκευές, οι οποίες κάνουν μόνο ανάγνωση των οπτικών δίσκων (CD-Players) και συσκευές, οι οποίες κάνουν ανάγνωση και εγγραφή οπτικών δίσκων (CD-R, CD-WR)

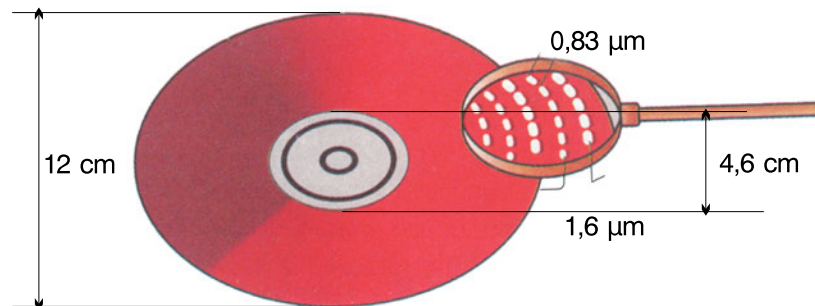
### 3.4.4 Συσκευή ανάγνωσης και εγγραφής οπτικού δίσκου(CD)



Σχήμα 3.4.4b Συσκευή ανάγνωσης οπτικού δίσκου



Σχήμα 3.4.1a Συσκευή ανάγνωσης και εγγραφής οπτικού δίσκου CD-R/RW YAMAHA



Σχήμα 3.4.4b Διαστάσεις οπτικού δίσκου και κοιλοτήτων

### **Οπτικός δίσκος**

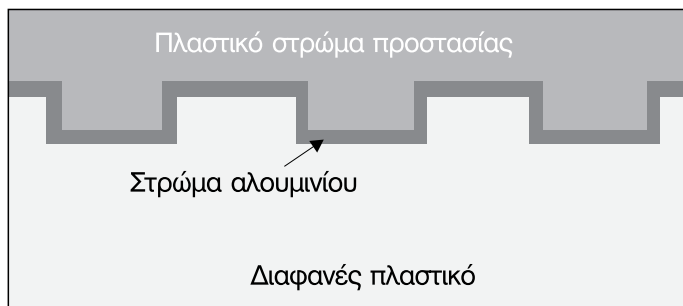
Οι οπτικοί δίσκοι έχουν μικρό μέγεθος, μεταφέρονται εύκολα και έχουν πολύ μικρό κόστος παραγωγής. Για αυτό, σε πολύ μικρό χρόνο αναδείχθηκαν σε ένα από τα κυριότερα μέσα αποθήκευσης δεδομένων. Η χωρητικότητα των ψηφιακών δίσκων είναι 650 MB. Για να αντιληφθούμε το μέγεθος αποθήκευσης των 650 MB, αρκεί να αναφέρουμε ότι, σε ένα οπτικό δίσκο μπορούν να αποθηκευθούν περίπου 300.000 σελίδες βιβλίου. Οι πιο διαδεδομένες κατηγορίες οπτικών δίσκων είναι οι ακόλουθες:

- Οπτικός Δίσκος CD-ROM
- Εγγράψιμο CD (CD-Recordable)
- Επανεγγράψιμο CD (CD-RW)

### Οπτικός Δίσκος CD-ROM

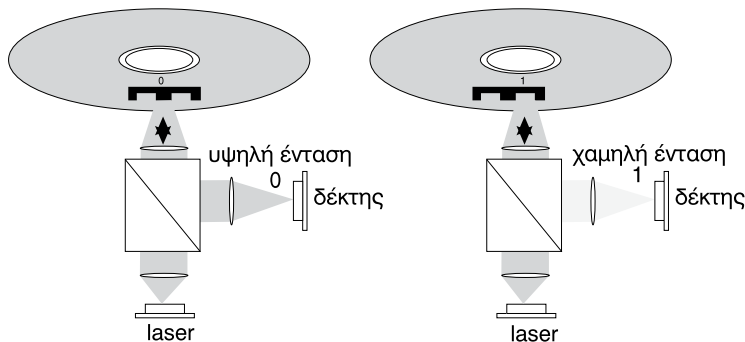
Τα ψηφιακά δεδομένα αποτυπώνονται με μορφή πολύ μικρών κοιλοτήτων και νησίδων σε διαφανές πλαστικό με μηχανική πίεση αρνητικού καλουπιού. Στη συνέχεια το διαφανές πλαστικό επιστρώνεται με λεπτό στρώμα αλουμινίου το οποίο για λόγους προστασίας (οξειδωσης) καλύπτεται από πλαστικό στρώμα.

Η ανάγνωσή τους γίνεται με δέσμη ακτινοβολίας, η οποία, όταν πέφτει σε κοιλότητα, ανακλάται χάνοντας μέρος της ισχύος της. Αυτό γίνεται αντιληπτό από το δέκτη της δέσμης και αντιστοιχεί, στην περίπτωση αυτή, το δυαδικό ψηφίο 0. Όταν η δέσμη πέσει σε νησίδα (λεία επιφάνεια), έχουμε πλήρη ανάκλαση, αυτό γίνεται αντιληπτό από το δέκτη της δέσμης και αντιστοιχεί το δυαδικό ψηφίο 1.



Σχήμα 3.4.4c Τομή οπτικού δίσκου στην οποία φαίνεται η διάταξη των στρωμάτων

Ο δίσκος είναι χωρισμένος σε 333.000 τομείς, οι οποίοι περιέχουν ο καθένας 2352 bytes. Ο τομέας είναι η μικρότερη μονάδα αποθήκευσης του δίσκου, στην οποία μπορούμε να έχουμε τυχαία πρόσβαση. Ανάλογα με το είδος της πληροφορίας, που είναι αποθηκευμένη στον οπτικό δίσκο CD-ROM, ο δίσκος αυτός διακρίνεται σε:



Σχήμα 3.4.4d Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας ανάγνωσης



- **Οπτικό δίσκο ήχου (CD-Audio)**

Ο ψηφιακός ήχος αποθηκεύεται με συχνότητα δειγματοληψίας 44,1 KHz και αριθμό ψηφίων ανά δείγμα 16 bits. Η συνολική διάρκεια του δίσκου είναι 74 min.

- **Οπτικό δίσκο δεδομένων (CD-Data)**

Η συνολική χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων στο δίσκο είναι 650 MB. Σε κάθε τομέα, λόγω της σπουδαιότητας των δεδομένων, αφιερώνονται 288 bytes στο κώδικα διόρθωσης λαθών, 16 bytes στον καθορισμό της αρχής του τομέα και στην αρίθμησης του και τα υπόλοιπα 2048 χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των πληροφοριών.

### **Εγγράψιμο CD (CD-Recordable)**

Οι δίσκοι αυτοί αποτελούνται από πλαστικό υπόστρωμα, που επιχρυσώνεται και καλύπτεται με στρώμα οργανικής βαφής. Η βαφή αυτή αλλάζει τοπικά τις οπτικές της ιδιότητες, όταν δεχθεί οπτική ακτίνα χαμηλής ισχύος. Ανάλογα με την κατάσταση του στρώματος βαφής, η φωτεινή δέσμη ανακλάται με διαφορετική ισχύ και ο δέκτης, που τη λαμβάνει, αντιστοιχεί το δυαδικό ψηφίο 0 ή 1. Επειδή η αλλαγή της βαφής είναι μόνιμη, οι δίσκοι αυτοί μπορούν να εγγραφούν μόνο μία φορά.

### **Επανεγγράψιμο CD (CD-RW)**

Η επιφάνεια εγγραφής των δίσκων αυτών αποτελείται από κρυσταλλικό στρώμα, το οποίο έχει μεγάλη ανακλαστικότητα και το οποίο, όταν δεχθεί συγκεκριμένη δέσμη φωτός, μετατρέπεται σε άμορφη κατάσταση με χαμηλή ανακλαστικότητα. Η άμορφη κατάσταση λειτουργεί όπως οι κοιλότητες στους δίσκους CD-ROM. Επομένως, μπορούμε με τον τρόπο αυτό να εγγράψουμε τα δυαδικά ψηφία 0 και 1 και να τα διαβάσουμε αντίστοιχα. Επειδή οι αλλαγές κατάστασης μπορούν να πραγματοποιηθούν μέχρι και 1.000 φορές, έχουμε τη δυνατότητα να επανεγγράψουμε το δίσκο κατ' επανάληψη.

### **Ταχύτητα περιστροφής οπτικών δίσκων**

Τα δεδομένα στους οπτικούς δίσκους εγγράφονται σε σπειροειδείς τροχιές, ξεκινώντας από το κέντρο. Για να διατηρήσουμε επομένως, σταθερή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων (ανάγνωση δεδομένων), ο δίσκος περιστρέφεται με μεταβλητή γωνιακή ταχύτητα. Η αρχική ταχύτητα περιστροφής, με την οποία λειτουργούσαν οι οδηγοί δίσκων, ήταν 200 στροφές/λεπτό (rpm) στην εξωτερική ακτίνα και 530 στην εσωτερική και συμβολίζεται με 1 X. Σήμερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας των οδηγών οπτικών δίσκων έχουμε φθάσει σε ταχύτητες 50 φορές μεγαλύτερες της αρχικής, δηλαδή σε ταχύτητες 50 X.

**Χρόνος προσπέλασης** Είναι ο χρόνος, που απαιτείται για την ανάκτηση ομάδας δεδομένων από θέση αποθήκευσης του δίσκου. Στην αρχή, που οι ταχύτητες περιστροφής του δίσκου ήταν 1X, ο χρόνος ανάκτησης δεδομένων ήταν πολύ μεγάλος, της τάξης του 1 sec. Με την αύξηση της ταχύτητας, ο χρόνος αυτός μειώθηκε σημαντικά και σήμερα είναι της τάξης των 100 msec.

### **Δυνατότητες**

Οι συσκευές ανάγνωσης και εγγραφής οπτικών δίσκων διαθέτουν τις παρακάτω δυνατότητες:

- Είσοδος σήματος χρονισμού, ώστε η συσκευή να οδηγείται από κοινή πηγή χρονισμού για όλα τα μηχανήματα ενός στούντιο.
- Σύστημα διαχείρισης αντιγράφων SCMS (Serial Copy Management System) για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων. Το σύστημα αυτό αποτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών αντιγράφων δεύτερης γενιάς, δηλαδή απαγορεύει τη δημιουργία αντιγράφων από ψηφιακά αντίγραφα. Επιτρέπει αντίγραφα μόνο πρώτης γενιάς, δηλαδή από το ψηφιακό πρωτότυπο.
- Καθυστέρηση εισόδου (Input delay). Η λειτουργία αυτή εξαφανίζει το πρόβλημα της καθυστέρησης μετάδοσης δεδομένων, που δημιουργείται όταν γίνονται συγχρονισμένες εγγραφές. Τα ηχητικά δεδομένα προς εγγραφή αποθηκεύονται προσωρινά σε μνήμη και μετά προωθούνται προς εγγραφή. Με τον τρόπο αυτό, παρακάμπτεται το πρόβλημα της αδράνειας του συστήματος στην ανίχνευση του σήματος εγγραφής.
- Προοδευτική αύξηση και μείωση αντίστοιχα της έντασης κατά την έναρξη (fade in) και το φινάλε (fade out) της εγγραφής και της αναπαραγωγής.
- Παύση εγγραφής μερικών δευτερολέπτων (mute), πχ 2", στην αρχή ή στο τέλος εγγραφής.

Είναι ηλεκτρονική συσκευή, η οποία εγγράφει και αναπαράγει ψηφιακό ήχο χωρίς συμπίεση, χρησιμοποιώντας ως μέσο εγγραφής μαγνητική ταινία. Η τυποποίηση εγγραφής ψηφιακού ήχου σε ταινία (DAT) δημιουργήθηκε από τη SONY και τη PHILIPPS το 1987. Είναι η μοναδική τυποποίηση ψηφιακού ήχου, που χρησιμοποιείται σε καταναλωτικά προϊόντα χωρίς συμπίεση δεδομένων. Η ποιότητα εγγραφής των συστημάτων DAT είναι τόσο υψηλή, που έγιναν αμέσως αποδεκτά από τα επαγγελματικά στούντιο και καθιερώθηκαν ως πρότυπα ψηφιακής εγγραφής. Διαθέτει επίσης:

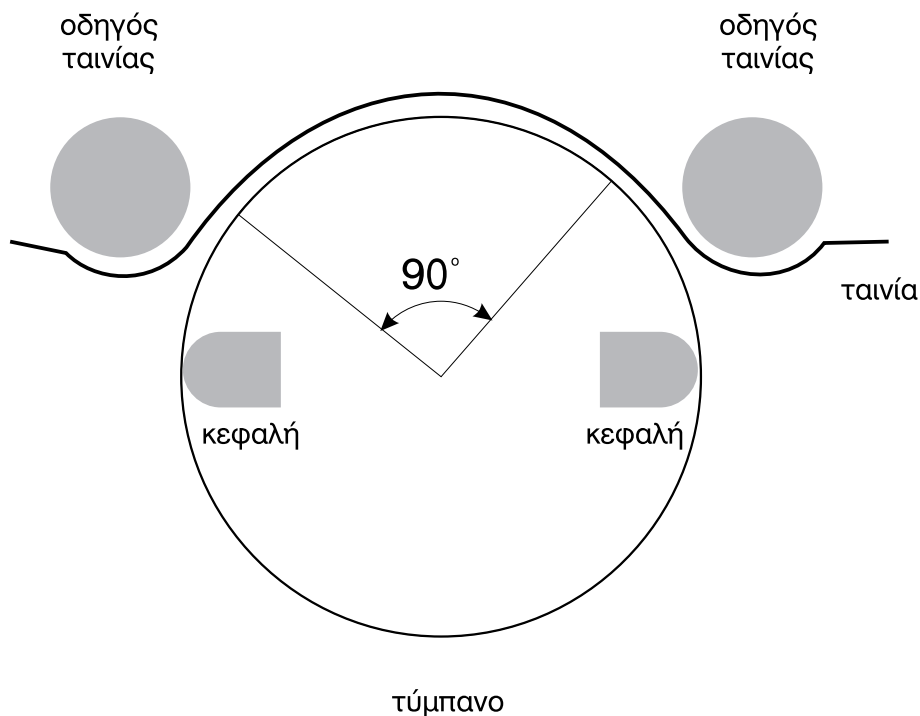
- Γρήγορη έρευνα τίτλων Με την ενεργοποίηση της λειτουργίας έρευνας η ταινία τυλίγεται γρήγορα μέχρι να φθάσει στην αρχή του επιλεγμένου τραγουδιού. Η ταχύτητα τυλίγματος είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με τις συνηθισμένες (αναλογικές) κασέτες και η ταινία 120 min τυλίγεται σε 50 sec. Κώδικα χρόνου, ο οποίος είναι απαραίτητος για το μοντάζ.
- Σύστημα διαχείρισης αντιγράφων SCMS, το οποίο εμποδίζει τη δημιουργία ψηφιακών αντιγράφων πολλαπλών γενεών. Επιτρέπει μόνο ψηφιακά αντίγραφα πρώτης γενιάς από το πρωτότυπο.
- Ένδειξη απόλυτου χρόνου, υπόλοιπου χρόνου ταινίας, τρέχουσας επιλογής τίτλου και επιλεγμένης συχνότητας δειγματοληψίας

### **Ελικοειδής σάρωση**

Για την εγγραφή του ψηφιακού σήματος χρησιμοποιούνται δύο περιστρεφόμενες κεφαλές, οι οποίες σαρώνουν ελικοειδώς τη ταινία, δηλαδή εγγράφουν διαγώνια. Οι κεφαλές είναι τοποθετημένες αντιδιαμετρικά (180°) στο τύμπανο κεφαλής δια-

### **3.4.5 ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΗΧΟΥ ΣΕ ΤΑΙΝΙΑ (DAT)**

μέτρου 30 mm, που περιστρέφεται με 2000 στροφές λεπτό (rpm). Αυτός ο τρόπος εγγραφής είναι παρόμοιος με τον ελικοειδή τρόπο εγγραφής του βίντεο σήματος και προσφέρει εγγραφή υψηλής πυκνότητας. Η γωνία τύλιξης της ταινίας στο τύμπανο κεφαλής είναι μικρή 90°, με αποτέλεσμα η ταινία να φθείρεται λιγότερο και να απαιτείται λιγότερο τέντωμα.

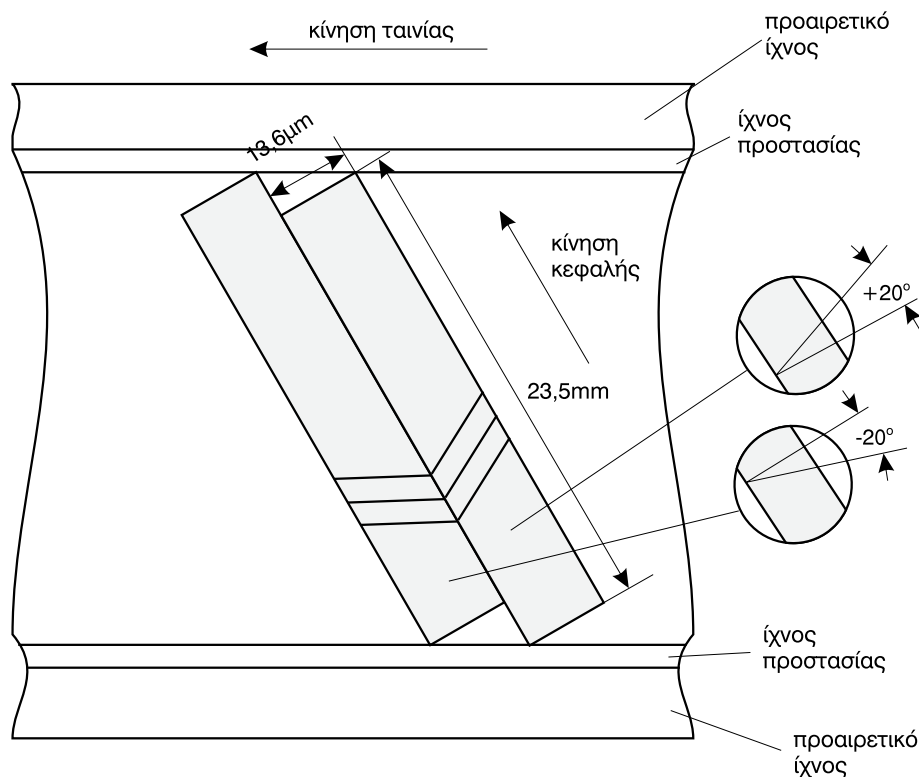


Σχήμα 3.4.5a Διάταξη κεφαλών και γωνία τύλιξης ταινίας του συστήματος DAT

Τα διαγώνια ίχνη εγγράφονται χωρίς κενό μεταξύ τους (ζώνη προστασίας), αλλά με μερική επικάλυψη, για να αυξηθεί η πυκνότητα εγγραφής. Για να αποφύγουμε τις παρεμβολές (Crosstalk) κατά την αναπαραγωγή, οι εγγραφές γίνονται με γωνία σε σχέση με το ίχνος, που ονομάζεται **αξιμούθιο**. Η κάθε κεφαλή εγγράφει με διαφορετική γωνία **αξιμούθιου**, που στην περίπτωσή μας είναι 20°.

Στη ταινία, εκτός από το ψηφιακό ήχο σε διαμόρφωση PCM (Pulse code modulation), εγγράφονται σε διαφορετική θέση και άλλες πληροφορίες, που ονομάζονται υποκώδικας (Subcode data), όπως:

- αριθμός τραγουδιού,
- εντολή παράληψης τραγουδιού,
- απόλυτος χρόνος,
- Κώδικα χρόνου κ.λ.π



Σχήμα 3.4.5b Διάταξη και διαστάσεις ιχνών στην ταινία του συστήματος DAT

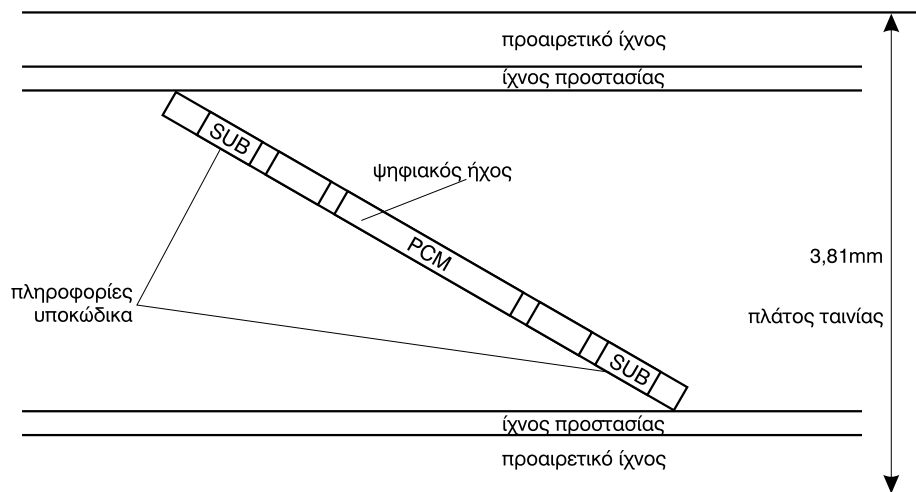
### **Κασέτα**

Τα συστήματα DAT χρησιμοποιούν μαγνητική ταινία πλάτους 3,81 mm και μαγνητική επίστρωση σωματιδίων μετάλλου εκτός από τις προεγγεγραμμένες κασέτες, που η ταινία έχει επίστρωση οξειδίου. Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα διαστάσεων 73× 54× 10.5 mm, η οποία έχει το μισό μέγεθος της συνηθισμένης αναλογικής. Διαθέτει περιστρεφόμενη πόρτα, η οποία με την εισαγωγή της κασέτας στο σύστημα ανοίγει και η ταινία σπρώχνεται προς τα έξω και τυλίγεται στο τύμπανο κεφαλών. Οι κασέτες διατίθενται στο εμπόριο με διάρκεια εγγραφής και αναπαραγωγής 45 min., 60 min, 90 min, 120 min και 180min.

### **Συχνότητα Δειγματοληψίας**

Τα συστήματα DAT λειτουργούν σε τρεις συχνότητες δειγματοληψίας :

- 48 kHz. Η συχνότητα αυτή χρησιμοποιείται για εγγραφή και αναπαραγωγή από τα επαγγελματικά στούντιο, γιατί προσφέρει υψηλής ποιότητας ήχο.
- 44,1 kHz. Η συχνότητα αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων κασετών
- 32 kHz. Η συχνότητα αυτή χρησιμοποιείται στις επίγειες και δορυφορικές ψηφιακές ραδιοφωνικές εκπομπές. Προσφέρει μεγάλης διάρκειας εγγραφή για παράδειγμα, σε ταινία 180min, μπορούμε να έχουμε εγγραφή 6 ωρών.



Σχήμα 3.4.5c Διάταξη πληροφοριών στα διαγώνια ίχνη της ταινίας DAT

### **Κβαντοποίηση**

Γραμμική κβάντιση 16 ψηφίων χρησιμοποιείται και στις τρεις συχνότητες δειγματοληψίας. Επίσης, μη γραμμική κβάντιση 12 ψηφίων χρησιμοποιείται στη λειτουργία μακράς διάρκειας (LP) και τεσσάρων καναλιών.

Ορισμένα συστήματα χρησιμοποιούν συχνότητα δειγματοληψίας 96 kHz και 16 ψηφία κβάντισης, που μειώνουν στο μισό το χρόνο εγγραφής. Για παράδειγμα, σε ταινία 2 ωρών, μπορούμε να εγγράψουμε μουσική μιας ώρας.

### **Τρόποι λειτουργίας συσκευών DAT**

Η λειτουργία των συστημάτων DAT έχει τυποποιηθεί στους παρακάτω τρόπους:

1. Κανονικός
2. Προαιρετικός. Συμβατός με τις δορυφορικές ψηφιακές ραδιοφωνικές εκπομπές
3. Προαιρετικός. Μακράς διάρκειας (Long Play)
4. Προαιρετικός. Τεσσάρων καναλιών
5. Προεγγεγραμμένων κασετών κανονικού ίχνους.
6. Προεγγεγραμμένων κασετών μεγάλου ίχνους.

Στον πίνακα, που ακολουθεί, δίνονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά και οι ρυθμίσεις για κάθε τρόπο λειτουργίας.

| Τρόπος                             | 1ος   | 2ος   | 3ος   | 4ος   | 5ος   | 6ος   |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Αριθμός καναλιών                   | 2     | 2     | 2     | 4     | 2     | 2     |
| Συχνότητα δειγματοληψίας (kHz)     | 48    | 32    | 32    | 32    | 44.1  |       |
| Αριθμός Ψηφίων κβαντοποίησης (bit) | 16    | 16    | 12    | 12    | 16    | 16    |
| Ρυθμός μετάδοσης Mbits/sec.        | 2.46  | 2.46  | 1.23  | 2.46  | 2.46  | 2.46  |
| Διάρκεια εγγραφής (min)            | 120   | 120   | 240   | 120   | 120   | 80    |
| Ταχύτητα ταινίας (mm/sec)          | 8.15  | 8.15  | 4.075 | 8.15  | 8.15  | 12.25 |
| Σχετική ταχύτητα (m/sec)           | 3.133 | 3.133 | 1.567 | 3.133 | 3.133 | 3.129 |
| Ταχύτητα Τύμπανο (rpm)             | 2000  | 2000  | 1000  | 2000  | 2000  | 2000  |

| Μαγνητική επίστρωση | Μετάλλου | Οξειδίου |
|---------------------|----------|----------|
|---------------------|----------|----------|

Είναι ηλεκτρονική συσκευή, η οποία εγγράφει και αναπαράγει ψηφιακό σήμα, χρησιμοποιώντας σαν μέσο αποθήκευσης μαγνητική ταινία. Το σύστημα αυτό κατασκευάστηκε από την Εταιρεία Alesis και εγγράφει οκτώ κανάλια ψηφιακού ήχου σε μαγνητική ταινία τύπου S-VHS. Το κυριότερο πλεονέκτημα των συστημάτων ADAT σε σχέση με τα άλλα συστήματα ψηφιακού ήχου είναι η δυνατότητά τους να λειτουργούν δύο ή περισσότερα από αυτά μέχρι 16 σαν ένα σύστημα, το οποίο μας δίνει δυνατότητα ταυτόχρονης εγγραφής 16 έως 128 καναλιών.

### 3.4.6 Σύστημα ψηφιακού ήχου ADAT (Alesis Digital Audio Tape)



Σχήμα 3.4.6 Σύστημα ADAT

Τα συστήματα ADAT διαθέτουν επίσης τις παρακάτω δυνατότητες :

- γρήγορη προώθηση της ταινίας με ταχύτητα 20 φορές μεγαλύτερη από τη ταχύτητα αναπαραγωγής.
- γρήγορο τύλιγμα της ταινίας με ταχύτητα 10 φορές μεγαλύτερη από τη ταχύτητα αναπαραγωγής
- Ευκολόχρηστο πίνακα χειρισμού, ο οποίος περιλαμβάνει κουμπιά για την εκτέλεση των γνωστών ελέγχων αναπαραγωγής, εγγραφής, γρήγορης προώθησης, ξανατυλίγματος ταινίας και κουμπιά επιλογής καναλιού.
- Λειτουργία παρακολούθησης εγγραφής, η οποία μας επιτρέπει να ακούμε το κανάλι, που εγγράφουμε.
- Εύκολη επιλογή θέσης ταινίας για την εισαγωγή νέας εγγραφής.
- Αυτόματη εύρεση θέσης ταινίας. Με τη λειτουργία αυτή μπορούμε να εντοπίσουμε αυτόματα 3 θέσεις της ταινίας, οι οποίες έχουν καθορισθεί εκ των προτέρων.

#### Ταινία - κασέτα

Τα συστήματα ADAT εγγράφουν ψηφιακό σήμα στην ταινία της τυποποιημένης κασέτας S-VHS, που χρησιμοποιείται από το αντίστοιχο αναλογικό σύστημα. Η κασέτα αυτή διαθέτει μαγνητική ταινία πλάτους  $\frac{1}{2}$  ίντσας με μαγνητική επίστρωση σωματιδίων οξειδίου σιδήρου. Η μέγιστη διάρκεια εγγραφής είναι 40 min.

#### Συχνότητα δειγματοληψίας

Χρησιμοποιεί συχνότητα δειγματοληψίας 48 KHz και 16 ψηφία ανά δείγμα. Η συχνότητα δειγματοληψίας μπορεί να ρυθμισθεί από τα 40,4 KHz μέχρι τα 50,85 KHz. Τα συστήματα ADAT διαθέτουν ξεχωριστό μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό για κάθε κανάλι, όπως και ξεχωριστό μετατροπέα ψηφιακού σήματος σε αναλογικό. Το γεγονός αυτό αυξάνει την ποιότητα του ψηφιακού ήχου.

|                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| Χρόνος εγγραφής και αναπαραγωγής | 40 min                       |
| Κανάλια                          | 8                            |
| Περιοχή συχνοτήτων               | 20 - 20.000 Hz               |
| Δυναμική περιοχή                 | 103 dB                       |
| Συχνότητα δειγματοληψίας         | 44.1 , 48kHz                 |
| Αριθμό ψηφίων κβάντισης          | 16, 20                       |
| Wow & Flutter                    | Πρακτικά αδύνατο να μετρηθεί |

Πίνακας 3.6 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευών ADAT

Είναι ηλεκτρονική συσκευή, που εγγράφει και αναπαράγει ψηφιακό ήχο συμπίεσμένο, χρησιμοποιώντας σαν μέσο αποθήκευσης μαγνητική ταινία. Το σύστημα αυτό δημιουργήθηκε από τις Εταιρείες PHILIPS και MATCHUSHITA το 1992 και προσφέρθηκε για οικιακή και επαγγελματική χρήση. Τον Οκτώβριο 1996, η PHILIPS ανακοίνωσε, ότι σταματάει την παραγωγή των συστημάτων DCC για οικιακή χρήση και ότι συνεχίζει μόνο την επαγγελματική.

#### **Συμπίεση**

Το σύστημα DCC χρησιμοποιεί συμπίεση του ψηφιακού ήχου, η οποία πραγματοποιείται από τον αλγόριθμο PASC, ο οποίος πετυχαίνει συμπίεση 4:1. Ο αλγόριθμος αυτός κάνει συμπίεση με απώλεια πληροφοριών, που σημαίνει, ότι το σήμα, που προκύπτει, διαφέρει από το αρχικό.

#### **Ταινία - Κασέτα**

Το DCC χρησιμοποιεί ως μέσο αποθήκευσης μαγνητική ταινία, η οποία εγγράφεται και από τις δύο πλευρές. Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα όμοια με τη συνηθισμένη αναλογική κασέτα. Το σύστημα DCC είναι σχεδιασμένο, έτσι ώστε να μπορεί να παίζει και τη συνηθισμένη αναλογική και τη ψηφιακή DCC κασέτα. Με τις κασέτες, που διατίθενται στο εμπόριο, ο μέγιστος χρόνος αναπαραγωγής είναι 2 X 45 min. Τα συστήματα DCC διαθέτουν αυτόματη αναστροφή κασέτας (auto-reverse) αλλά έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα, που είναι ότι κατά τη μετάβαση από τη μία πλευρά στην άλλη, διακόπτουν τόσο τη διαδικασία εγγραφής όσο και αναπαραγωγής, με αποτέλεσμα να διακόπτεται η μουσική.

#### **Συχνότητα Δειγματοληψίας**

Τα συστήματα DCC χρησιμοποιούν συχνότητα δειγματοληψίας 32 KHz, 44,1 KHz, 48 KHz και αριθμό ψηφίων κβάντισης 16 ή 18. Όταν έχουμε είσοδο αναλογικού σήματος, χρησιμοποιείται μόνο η συχνότητα δειγματοληψίας 44.1 KHz.

#### **Δυνατότητες**

Τα συστήματα DCC διαθέτουν τις παρακάτω δυνατότητες:

- Δυνατότητα έρευνας μουσικών τίτλων
- Αποθήκευση των ψηφιακών ιχνών της ταινίας DCC σε σκληρό δίσκο.
- Εγγραφή πληροφοριών υποκώδικα (Subcode data), όπως τίτλους τραγουδιών, ονόματα καλλιτεχνών. Τη δυνατότητα αυτή έχουν ορισμένα μόνο συστήματα DCC
- Σύστημα διαχείρισης αντιγράφων SCMS, το οποίο δεν επιτρέπει ψηφιακή αντιγραφή ταινίας από αντίγραφο.

Είναι ηλεκτρονική συσκευή, η οποία εγγράφει ψηφιακό ήχο σε μικρό δίσκο και τον αναπαράγει από αυτόν. Κατασκευάστηκε από τη SONY και εισήχθη στην αγορά ήχου το 1992. Χρησιμοποιεί ως αποθηκευτικό μέσο το μικρό δίσκο, που είναι μικρότερος σε μέγεθος από τους οπτικούς. Προσφέρει μέγιστη διάρκεια εγγραφής και αναπαραγωγής 74 min, που είναι ίδια με τις συσκευές οπτικού δίσκου (CD). Για να επιτύχει την ίδια διάρκεια μουσικής σε μικρότερο δίσκο, χρησιμοποιεί συμπίεση ψηφιακού ήχου. Η συμπίεση πραγματοποιείται από τον απωλεστικό αλ-

### **3.4.7 Σύστημα εγγραφής και αναπαραγωγής ψηφιακού ήχου DCC (Digital Compact Casette)**

### **3.4.8 Ψηφιακή συσκευή ήχου μικρού δίσκου (Mini Disc)**



γόριθμο ATTRACT. Με τη χρήση προσωρινής μνήμης αποθήκευσης (καταχωρητή), η οποία ονομάζεται Μνήμη Αντίστασης Δόνησης (Shock Resistant Memory), οι συσκευές μικρού δίσκου ξεπερνούν τα προβλήματα απώλειας δεδομένων από τις δονήσεις και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φορητές. Η ποιότητα ήχου, που προσφέρει, είναι πολύ καλή και πλησιάζει την ποιότητα των οπτικών δίσκων.



Σχήμα 3.4.8α Συσκευή μικρού δίσκου

#### **Μικρός δίσκος ήχου(MD)**

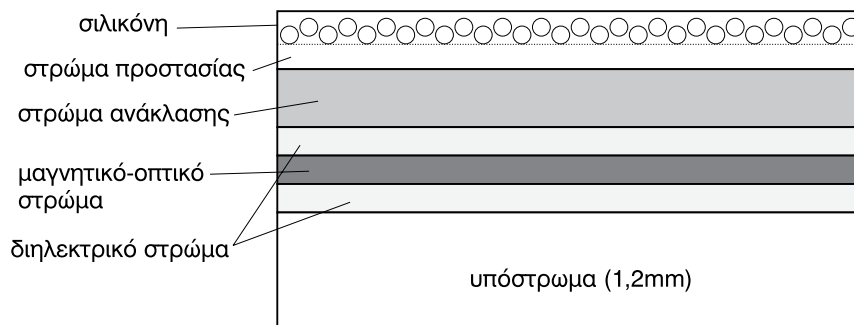
Ο μικρός δίσκος έχει διάμετρο 64 mm, πάχος 1.2mm και τοποθετείται μέσα σε ειδική προστατευτική θήκη διαστάσεων 68mm μήκος, 72mm πλάτος και 5mm ύψος. Η θήκη διαθέτει ανθεκτικό περίβλημα, που προστατεύει το δίσκο από τις πτώσεις, τη σκόνη και τις υψηλές θερμοκρασίες. Η μέγιστη διάρκεια μουσικής, που εγγράφει και αναπαράγει, είναι 74min. Υπάρχουν δύο είδη μικρών δίσκων, που θεωρητικά προσφέρουν την ίδια ποιότητα ήχου.



Σχήμα 3.4.8b Μικρός δίσκος (Mini disc)

- Ο προεγγεγραμμένος.** Ο δίσκος αυτός έχει εγγράφει από τις δισκογραφικές εταιρείες και δεν μπορούμε να εγγράψουμε ή να διαγράψουμε δεδομένα. Είναι παρόμοιος με τον οπτικό δίσκο (CD-audio), γιατί έχει ίδια δομή, υλικά, οπτικές παραμέτρους και διάρκεια μουσικής 74 min. Αναπαράγεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, όπως και ο οπτικός δίσκος. Όταν, δηλαδή, η δέσμη ακτινοβολίας του laser πέσει σε κοιλότητα, ανακλάται χάνοντας μέρος της ισχύος της, αυτό γίνεται αντιληπτό από το δέκτη της δέσμης και αντιστοιχεί στο δυαδικό ψηφίο 1. Όταν η δέσμη πέσει σε λεία επιφάνεια, έχουμε πλήρη ανάκλαση, αντιληπτή από το δέκτη και αντιστοιχεί στο δυαδικό ψηφίο 0. Διαθέτει πίνακα περιεχομένων TOC (Table of contents), ο οποίος δεν μπορεί να μεταβληθεί. Ο μικρός δίσκος διαφέρει από τον οπτικό στο μέγεθος και στο είδος των ψηφιακών δεδομένων. Ο μικρός δίσκος έχει διάμετρο 64 mm, ενώ ο οπτικός 120 mm. Ο μικρός δίσκος περιέχει ψηφιακό ήχο με συμπίεση ATRACT, ενώ ο οπτικός χωρίς συμπίεση με κωδικοποίηση PCM.
- Ο επανεγγράψιμος.** Στο δίσκο αυτό ο χρήστης μπορεί να εγγράψει ψηφιακό ήχο κατ' επανάληψη. Διαθέτει πίνακα περιεχομένων χρήστη UTOC (User Table Of Contents), στον οποίο μπορεί να εγγράψει πληροφορίες για τα μουσικά κομμάτια, όπως τίτλο, όνομα καλλιτέχνη, μέχρι 100 χαρακτήρες για κάθε τραγούδι. Η εγγραφή γίνεται σε μαγνητικό-οπτικό υλικό από ειδικό κράμα σιδήρου, τερβίου και κοβαλτίου με χαμηλό σημείο Curie 185o C. Το υλικό αυτό έχει το πλεονέκτημα να απαιτεί χαμηλής έντασης μαγνητικό πεδίο για την εγγραφή των δεδομένων. Η μέθοδος εγγραφής, που εφαρμόζεται, ονομάζεται διαμόρφωση μαγνητικού πεδίου (Magnetic field modulation). Η μέθοδος αυτή προσφέρει μεγάλη διάρκεια εγγραφής και επιτρέπει μέχρι 1.000.000 εγγραφές.

Ο δίσκος αποτελείται από το υπόστρωμα πολυ-ανθρακικού άλατος, δύο στρώματα διηλεκτρικού υλικού, που καλύπτουν και από τις δύο πλευρές το μαγνητικό-οπτικό υλικό, το στρώμα ανάκλασης, το στρώμα προστασίας και το στρώμα σιλικόνης.

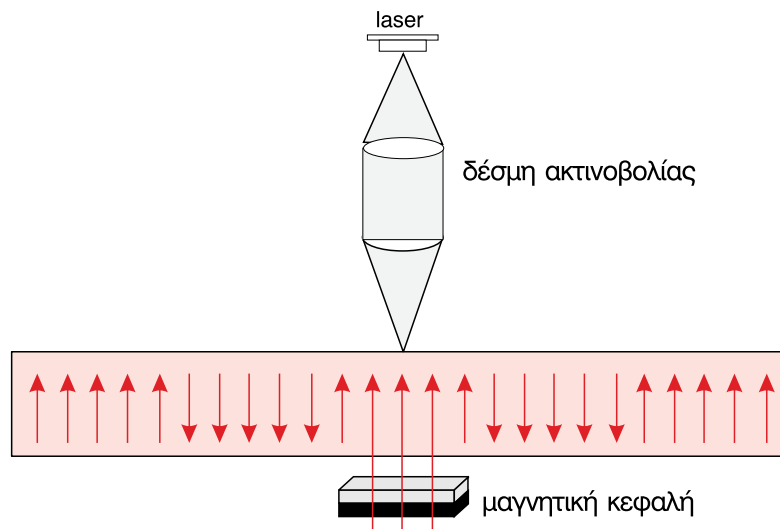


Σχήμα 3.4.8c Τομή επανεγγράψιμου δίσκου, στην οποία φαίνεται η διάταξη των Στρωμάτων.

### Αρχή εγγραφής

Η εγγραφή στο μαγνητικό-οπτικό υλικό απαιτεί, εκτός από μαγνητικό πεδίο το

υλικό να βρίσκεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, που ονομάζεται σημείο Curie. Το μαγνητικό πεδίο παράγεται στη μαγνητική κεφαλή από το ψηφιακό σήμα. Η κεφαλή αυτή κατασκευάζεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτρέπει γρήγορη αναστροφή του μαγνητικού πεδίου. Το υλικό θερμαίνεται στη θερμοκρασία Curie με δέσμη ακτινοβολίας από το laser. Η μαγνητική κεφαλή και το Laser τοποθετούνται στον ίδιο άξονα, αλλά σε αντίθετες πλευρές του δίσκου. Όταν εγγράφουμε, η δέσμη ακτινοβολίας του laser εστιάζεται και θερμαίνει συγκεκριμένη περιοχή πάνω στο μαγνητικό-οπτικό στρώμα, ανεβάζοντας τη θερμοκρασία της στο σημείο Κιουρί, ενώ το μαγνητικό πεδίο της κεφαλής, ευθυγραμμίζει τα μαγνητικά δίπολα της περιοχής αυτής. Η βόρεια, νότια κατεύθυνση των δίπολων αντιστοιχεί στο 0 ή στο 1 των δεδομένων.



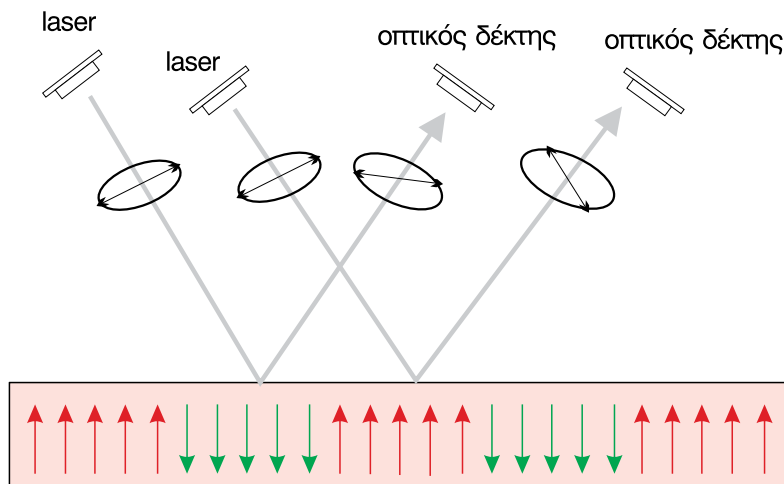
Σχήμα 3.4.8.d Αρχή εγγραφής επανεγγράψιμου μικρού δίσκου

### Αρχή αναπαραγωγής

Η αναπαραγωγή των δεδομένων πραγματοποιείται με τη βοήθεια δέσμης ακτινοβολίας Laser, που στην περίπτωση αυτή έχει μικρότερη ισχύ. Η δέσμη φωτός διαπερνάει το μαγνητικό-οπτικό στρώμα και ανακλάται στο στρώμα ανάκλασης. Η πόλωση της ανακλώμενης δέσμης αλλάζει με την επίδραση του μαγνητικού πεδίου των δεδομένων στο μαγνητικό-οπτικό στρώμα. Η αλλαγή της πόλωσης ονομάζεται φαινόμενο Kerr ή Faraday. Τα δεδομένα διαβάζονται ανιχνεύοντας την αλλαγή της πόλωσης του ανακλώμενου φωτός.

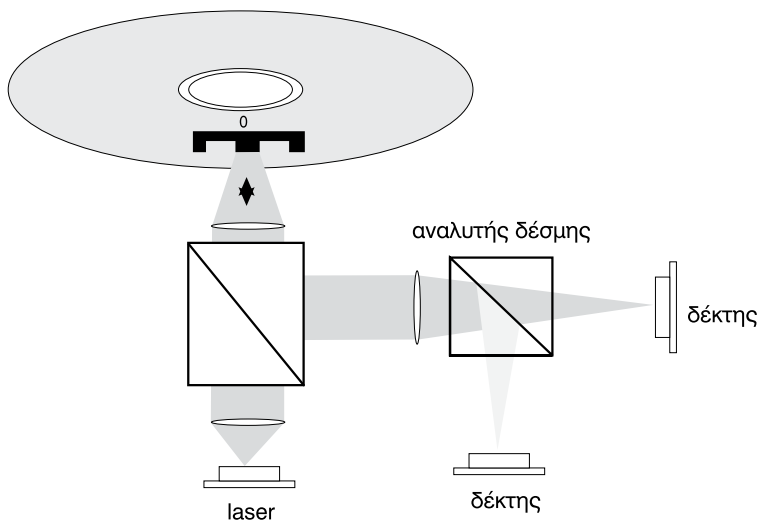
### Σύστημα ανάγνωσης συσκευών-μικρού δίσκου

Για να μπορούν οι συσκευές μικρού δίσκου να αναπαράγουν και τα δύο είδη δίσκων, έχουν σύστημα ανάγνωσης διπλής λειτουργίας (Dual Function Pickup).



Σχήμα 3.4.8.ε Αρχή αναπαραγωγής επανεγγράψιμου μικρού δίσκου

Το σύστημα αυτό είναι παρόμοιο με αυτό των συσκευών CD, διαθέτει, όμως, αναλυτή δέσμης (Polarized beam splitter) και δύο δέκτες φωτός (Photo detectors). Ο αναλυτής δέσμης διαχωρίζει την ανακλώμενη δέσμη φωτός σε δύο δέσμες και από την σύγκριση της έντασης αυτών προκύπτει το είδος του δίσκου. Όταν οι δέσμες έχουν την ίδια ένταση, τότε έχουμε προεγγεγραμμένο δίσκο. Σε διαφορετική περίπτωση, έχουμε επανεγγράψιμο δίσκο.



Σχήμα 3.4.8.α Σύστημα ανάγνωσης μικρού δίσκου

**Τυποποίηση δεδομένων**

Η μικρότερη περιοχή εγγραφής του δίσκου ονομάζεται συγκρότημα (Cluster) και αποτελείται από 36 τομείς. Οι 32 τομείς περιέχουν δεδομένα και οι υπόλοιποι 4 πληροφορίες σύνδεσης και υποκώδικα. Στους προεγγεγραμμένους δίσκους και οι τέσσερις τομείς περιέχουν πληροφορίες υποκώδικα, ενώ στους επανεγγράψιμους οι τρεις πρώτοι τομείς περιέχουν πληροφορίες σύνδεσης και ο τέταρτος υποκώδικα. Κάθε τομέας περιέχει 2.352 bytes, από τα οποία τα 2332 bytes είναι δεδομένων ενώ τα υπόλοιπα 20 bytes είναι συγχρονισμού, διεύθυνσης και διαχωρισμού. Ο κάθε τομέας χωρίζεται σε 5.5 ομάδες ήχου. Κάθε ομάδα περιέχει 424 bytes, από τα οποία τα μισά διατίθενται για το ένα κανάλι ήχου, ενώ τα υπόλοιπα μισά για το άλλο. Το κάθε συγκρότημα αποθηκεύει 2 δευτερόλεπτα στερεοφωνικού ήχου ή 4 δευτερόλεπτα μονοφωνικού ήχου.

**Συμπίεση δεδομένων ATRACT (Adaptive Transform Coding System)**

Στο μικρό δίσκο μπορούν να αποθηκευθούν το 1/5 των δεδομένων του οπτικού δίσκου. Επομένως, για να έχουμε την ίδια διάρκεια μουσικής με τον οπτικό δίσκο, δηλαδή 74 λεπτά, χρειάζεται να συμπίεσουμε το ρυθμό δεδομένων στο 1/5. Για το σκοπό αυτό, στις συσκευές μικρού δίσκου χρησιμοποιείται ο απωλεστικός αλγόριθμος συμπίεσης ATRACT. Για τη μείωση του ρυθμού δεδομένων με ταυτόχρονη διατήρηση όμως της ποιότητας ήχου, ο αλγόριθμος αυτός χρησιμοποιεί αρχές της ψυχο-ακουστικής, όπως το κατώφλι ακουστότητας και την επικάλυψη (σκίαση) των ήχων (Masking effect). Στην είσοδο του συστήματος ATRACT εισέρχεται ο ψηφιακός ήχος με ρυθμό δεδομένων 1,4 Mbit/s και εξέρχεται με ρυθμό 292 Kbit/s. Ο ψηφιακός ήχος, που εισέρχεται στο σύστημα ATRACT, έχει συχνότητα δειγματοληψίας 44,1 kHz, αριθμό ψηφίων κβάντισης 16 και είναι στερεοφωνικός (Δύο κανάλια).

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| Χρόνος εγγραφής και αναπαραγωγής | 74 min         |
| Διαστάσεις θήκης φυσιγγίου       | 68 X 72 X 5 mm |
| Διάμετρος δίσκου                 | 64 mm          |
| Πάχος δίσκου                     | 1.2 mm         |
| Ταχύτητα σάρωσης                 | 1.2 - 1.4m/s   |
| Μήκος κύματος laser              | 780 nm         |
| Ισχύς εγγραφής                   | 2.5 - 5 mW     |
| Κανάλια                          | 2              |
| Περιοχή συχνοτήτων               | 5 - 20.000 Hz  |
| Δυναμική περιοχή                 | 105 dB         |
| Συχνότητα δειγματοληψίας         | 44.1           |
| Συμπίεση                         | ATRAC          |
| Σύστημα διόρθωσης λαθών          | ACIRC          |

Πίνακας 3.4 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευών μικρού δίσκου

### 3.4.9 ΣΚΛΗΡΟΣ ΔΙΣΚΟΣ (HARD DISC RECORDING)

Ο σκληρός δίσκος είναι η σημαντικότερη μονάδα αποθήκευσης δεδομένων στους σημερινούς υπολογιστές. Αποτελείται από δύο ή περισσότερους ομοαξονικούς δίσκους, που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους και περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα. Κατασκευάζονται από ελαφρύ και ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες υλικό (μεταλλικό ή κεραμικό κράμα) και στις επιφάνειές τους τοποθετείται μαγνητική επίστρωση.

#### Οργάνωση

Η επιφάνεια των μαγνητικών δίσκων χωρίζεται σε τροχιές και τομείς. Κάθε τομέας περιέχει σταθερό αριθμό bytes, ο οποίος κυμαίνεται από 512 bytes - 32 KB. Το σύνολο των δεδομένων, που αποθηκεύονται σε ένα τομέα, ονομάζεται ενότητα (block). Δύο ή περισσότεροι τομείς αποτελούν συστοιχία (cluster), η οποία αποτελεί τη μικρότερη μονάδα αποθήκευσης δεδομένων ενός προγράμματος.

#### Αρχή αποθήκευσης

Η εγγραφή ψηφιακών δεδομένων στους δίσκους γίνεται με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής κεφαλής, η οποία μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα σε μαγνητικό. Ανάλογα με την τιμή 0 ή 1, που θέλουμε να εγγράφει στο δίσκο, διοχετεύεται στο πηνίο της κεφαλής ρεύμα αντίστοιχης φοράς, το οποίο δημιουργεί μαγνητικό πεδίο με συγκεκριμένη πολικότητα και το οποίο μαγνητίζει τη μαγνητική επίστρωση με την αντίστοιχη πολικότητα. Κατά την αναπαραγωγή του ψηφιακού σήματος με το πέρασμα της κεφαλής από τη μαγνητισμένη περιοχή δημιουργείται στο πηνίο της ρεύμα με φορά, που εξαρτάται από την πολικότητα της μαγνήτισης. Έτσι, ανάλογα με τη φορά του ρεύματος έχουμε την ψηφιακή πληροφορία 0 ή 1.

#### Προσπέλαση

Για την προσπέλαση των δεδομένων στο σκληρό δίσκο, υπάρχει μία μοναδική διεύθυνση για κάθε τομέα, η οποία αποτελείται από τον αριθμό της κεφαλής, τον αριθμό του κυλίνδρου ή της τροχιάς, και τον αριθμό του τομέα μέσα στο κύλινδρο.

- **Χωρητικότητα αποθήκευσης**

Η χωρητικότητα μας δίνει τη μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα του δίσκου σε bytes. Σήμερα, έχουμε δίσκους με χωρητικότητα της τάξης των 20 GB. Για να καταλάβουμε το μέγεθος της μονάδας GB, πρέπει να αναφέρουμε, ότι η μικρότερη μονάδα αποθήκευσης είναι το Byte.  $1024 \text{ Byte} = 1 \text{ KB}$ ,  $1024 \text{ KB} = 1 \text{ MB}$  και  $1024 \text{ KB} = 1 \text{ GB}$ . Το 1024 αντιστοιχεί στο 2<sup>10</sup>.

- **Ταχύτητα προσπέλασης**

Εκτός από τη χωρητικότητα των σκληρών δίσκων, πολύ μεγάλη σημασία έχει η ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων. Όσο μικρότερος είναι αυτός ο αριθμός, τόσο πιο γρήγορα βρίσκει ο υπολογιστής τα αρχεία, που ζητάμε. Οι σημερινές ταχύτητες προσπέλασης στους σκληρούς δίσκους είναι της τάξης των 10 msec.

### 3.5 Ψηφιακές συσκευές μίξης (Κονσόλες)

Η κονσόλα ελέγχου του ήχου είναι το κεντρικό σημείο συντονισμού για όλα τα σήματα ήχου στο τηλεοπτικό πρόγραμμα. Όλες οι πηγές ήχου, όπως μικρόφωνα, αναλογικές και ψηφιακές συσκευές ήχου αποτελούν εισόδους της κονσόλας. Στη κονσόλα οι διάφοροι είσοδοι ρυθμίζονται, αναμιγνύονται και επεξεργάζονται και μετά εξέρχονται και κατευθύνονται στους σταθμούς εκπομπής, τα βίντεο και τις συσκευές εγγραφής ήχου. Οι κονσόλες ήχου διαφέρουν σε μέγεθος, διαμόρφωση, τεχνολογία και διακρίνονται σε:

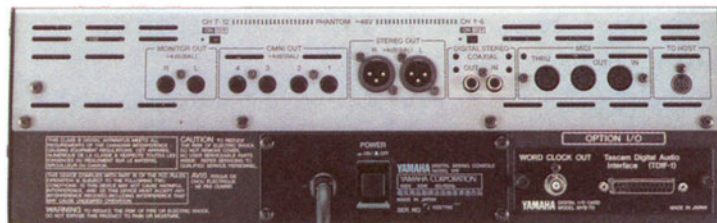
- Αναλογικές. Η κατηγορία αυτή εξετάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.
- Ψηφιακές. Έχουν τις ίδιες βασικές λειτουργίες με τις αναλογικές, όμως ο ψηφιακός έλεγχος, που διαθέτουν, τους επιτρέπει την αυτοματοποίηση των λειτουργιών. Δηλαδή, μπορούμε να κάνουμε διάφορες μίξεις με ρυθμίσεις έντασης και ισοστάθμισης, να αποθηκεύσουμε τις ρυθμίσεις αυτές και να τις ανακαλέσουμε, όποτε τις χρειαζόμαστε. Προσφέρουν μεγαλύτερη ευκολία και ελαστικότητα στο χειρισμό, καθώς και περισσότερες δυνατότητες, όπως:
  - ▶ Έλεγχο από Ηλεκτρονικό Υπολογιστή μέσω ειδικού προγράμματος.
  - ▶ Βιβλιοθήκες ισοστάθμισης, στις οποίες μπορούμε να αποθηκεύσουμε επιλογές ισοστάθμισης και να τις ανακαλέσουμε, όποτε τις χρειαζόμαστε.
  - ▶ Βιβλιοθήκες εφφέ, στις οποίες μπορούμε να αποθηκεύσουμε εφφέ και να τα ανακαλέσουμε
  - ▶ Επεξεργαστές εφφέ



Σχήμα 3.5a Ψηφιακή συσκευή μίξης της YAMAHA

## Είσοδοι-Εξόδοι

Για την επικοινωνία με τις συσκευές ήχου διαθέτει αναλογικές και ψηφιακές εισόδους και εξόδους με ρύθμιση της στάθμης. Επίσης, διαθέτουν και συνδετήρα για σύνδεση με υπολογιστή.



Σχήμα 3.5b Πίνακας εισόδων εξόδων



**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Ποια είναι η διαφορά του ψηφιακού σήματος από το αναλογικό;
2. Ποια είναι τα στάδια μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό;
3. Τι ονομάζεται συχνότητα δειγματοληψίας και τι σχέση έχει με την απόκριση συχνότητας του ψηφιακού συστήματος;
4. Τι πετυχαίνεται με την κβαντοποίηση;
5. Τι σχέση έχει η κβαντοποίηση με το λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR);
6. Για ποιο λόγο πραγματοποιείται η συμπίεση των δεδομένων ψηφιακού ήχου;
7. Ποιοί είναι οι δημοφιλέστεροι κώδικες συμπίεσης ψηφιακού ήχου;
8. Ποια είναι τα βασικά μέρη συστήματος επεξεργασίας ψηφιακού ήχου
9. Ποιες τυποποιήσεις διασύνδεσης για την ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων έχουν επικρατήσει στα καταναλωτικά και στα επαγγελματικά συστήματα ήχου
10. Ποια στοιχεία χαρακτηρίζουν τις αναλογικές εισόδους και εξόδους;
11. Ποια στάθμη σήματος χρησιμοποιείται στα επαγγελματικά συστήματα και ποια στα οικιακά;
12. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των συστημάτων επεξεργασίας ψηφιακού ήχου σε σχέση με τα αντίστοιχα αναλογικά;
13. Ποιες κατηγορίες οπτικών δίσκων υπάρχουν;
14. Πώς γίνεται η εγγραφή σε επανεγράψιμο οπτικό δίσκο (CDRW);
15. Πού οφείλεται η υψηλή ποιότητα εγγραφής των συστημάτων DAT;
16. Ποιες συχνότητες δειγματοληψίας χρησιμοποιούνται στα συστήματα DAT
17. Ποιοι είναι οι τυποποιημένοι τρόποι λειτουργίας των συστημάτων DAT;
18. Ποιο είναι το κυριότερο πλεονέκτημα των συστημάτων ADAT;
19. Τι συχνότητες δειγματοληψίας χρησιμοποιούν τα συστήματα ADAT;
20. Ποιοι τύποι μικρού δίσκου διατίθενται στο εμπόριο;
21. Με ποιο τρόπο γίνεται η ανάγνωση των προεγγεγραμμένων μικρών δίσκων;
22. Στα συστήματα Mini disc οι εγγραφές γίνονται με συμπίεση ή όχι;
23. Με ποιο τρόπο γίνεται η εγγραφή ψηφιακών δεδομένων στους σκληρούς δίσκους;
24. Τι ονομάζεται χωρητικότητα σκληρού δίσκου;
25. Σε τι διαφέρουν οι ψηφιακές συσκευές μίξης από τις αναλογικές.

# 40

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Αναλογικές συσκευές λήψης εικόνας

#### Σκοπός

Σκοπός του Τέταρτου Κεφαλαίου είναι οι μαθητές να μπορούν :

- Να αναγνωρίζουν όλη τη φιλοσοφία της αλυσίδας σύνδεσης των τηλεοπτικών συσκευών
- Να γνωρίζουν τη σύνθεση ενός αναλογικού τηλεοπτικού σήματος (φωτεινότητα και χρωμικότητα)
- Να διακρίνουν τις διαφορές μεταξύ των σημάτων Υ, CHR, (R-Y), (B-Y), (G-Y), RGB
- Να γνωρίζουν τη διαδικασία διαμόρφωσης της πληροφορίας του χρώματος κατά QAM
- Να γνωρίζουν το σύστημα επεξεργασίας χρώματος PAL
- Να γνωρίζουν την αρχή λειτουργίας της κάμερας (B / W & έγχρωμης)
- Να διακρίνουν τις λειτουργίες και τις διαφορές των διαφόρων φακών μιας κάμερας
- Να έχουν τη δυνατότητα περιγραφής ανάλυσης της εικόνας με CCD
- Να έχουν την ευχέρεια περιγραφής των τεχνικών χαρακτηριστικών μιας βιντεοκάμερας camcorder
- Να μπορούν εύκολα να πραγματοποιούν συνδέσεις μεταξύ της κάμερας και του τηλεοπτικού δέκτη
- Να γνωρίζουν τις βασικές ρυθμίσεις λειτουργίας μιας κάμερας
- Να διακρίνουν τις επαγγελματικές κάμερες από τις ερασιτεχνικές
- Να γνωρίζουν τη λειτουργία και τη διαφορά κάμερας ENG /EFP

## Εισαγωγή

Στο Κεφ.4 γίνεται μελέτη των αναλογικών συσκευών μιας τηλεοπτικής αλυσίδας. Εδώ οι μαθητές μαθαίνουν για τη βασική αρχή λειτουργίας της κάμερας, το σκοπό που εξυπηρετούν οι κονσόλες ελέγχου, οι γεννήτριες τίτλων και ειδικών εφφέ.

Επίσης γίνεται αναφορά στη δομή και τη φιλοσοφία του έγχρωμου σήματος καθώς και των συστημάτων PAL, SECAM & NTSC.

Μελετούν τη βασική αρχή των ολοκληρωμένων ανάλυσης εικόνων CCD και μαθαίνουν τις διαφορές των συστημάτων σε λειτουργίες με κάμερες ENG & EFP.

## 4. Αναλογικές Συσκευές λήψης εικόνας.

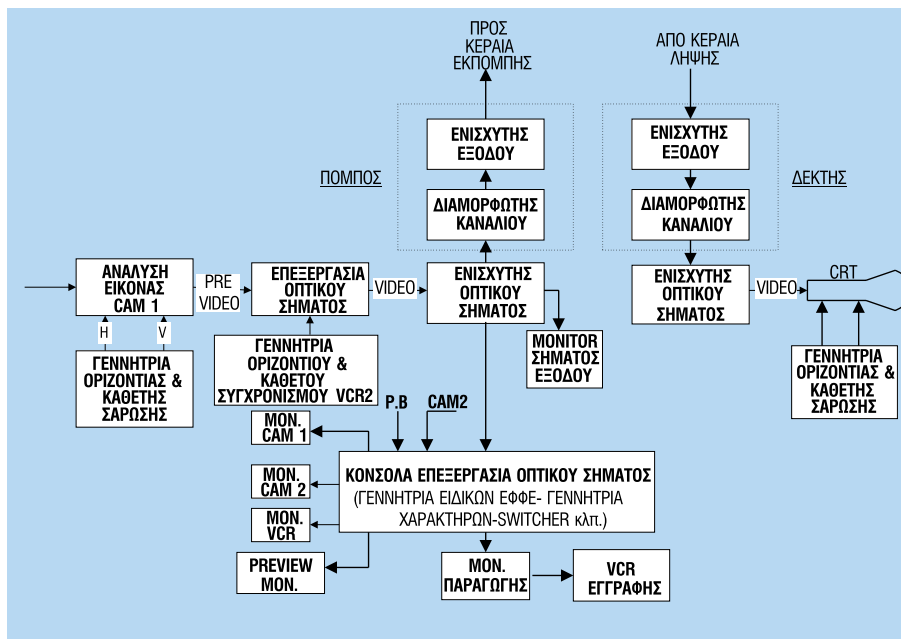
### 4.1.1

### Η τηλεοπτική αλυσίδα.

Στην τηλεοπτική αλυσίδα συμμετέχουν όλες εκείνες οι ηλεκτρονικές διατάξεις που έχουν σαν στόχο:

- Την ανάλυση της εικόνας και την παραγωγή του οπτικού σήματος (Video).
- Την επεξεργασία του οπτικού σήματος
- Την παραγωγή τηλεοπτικού καναλιού
- Την εκπομπή και λήψη του καναλιού
- Την απεικόνιση του οπτικού σήματος για την παραγωγή της αρχικής εικόνας.

Στο σχήμα 4.1.1. φαίνεται το παραστατικό δομικό διάγραμμα μιας τηλεοπτικής αλυσίδας ηλεκτρονικών διατάξεων ανάλυσης και επεξεργασίας ενός σήματος εικόνας.



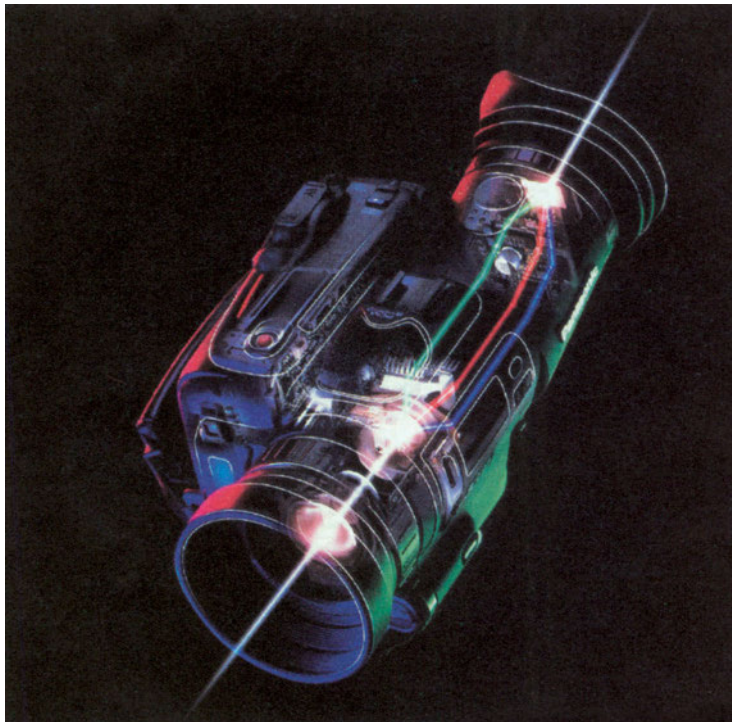
Σχήμα 4.1.1. Δομικό διάγραμμα αλυσίδας ηλεκτρονικών διατάξεων ανάλυσης-επεξεργασίας - απεικόνισης σήματος εικόνας.



Σχήμα 4.1.2 Κονσόλα εικόνας



Σχήμα 4.1.3 Γεννήτρια τίτλων



Σχήμα 4.1.4 Κάμερα

- **Βαθμίδα ανάλυσης εικόνας (Camera).**

Είναι η διάταξη εκείνη πάνω στην οποία καταρχάς η εικόνα εστιάζεται με τη βοήθεια των φακών και ακολούθως σαρώνεται από ηλεκτρονική δέσμη αποδίδοντας στην έξοδο τάση, η οποία αντιπροσωπεύει το οπτικό σήμα. Στις μοντέρνες βαθμίδες ανάλυσης εικόνας, που διαθέτουν διατάξεις ολοκληρωμένης τεχνικής CCD (Charge Coupled Device), η ανάλυση γίνεται με ψηφιακό τρόπο χωρίς την ανάγκη ύπαρξης ηλεκτρονικού πυροβόλου.

Το οπτικό σήμα στην έξοδο της βαθμίδας αυτής λέγεται Pre Video. Στη βαθμίδα αυτή έρχονται τάσεις πριονωτής μορφής από τη γεννήτρια για την οριζόντια και κάθετη σάρωση του στόχου από την ηλεκτρονική δέσμη.

- **Βαθμίδα επεξεργασίας οπτικού σήματος.**

Στη βαθμίδα αυτή λαμβάνει χώρα η αυτόματη ρύθμιση της στάθμης του λευκού και του μαύρου καθώς και η εισαγωγή παλμών συγχρονισμού γραμμών και πλαισίων. Οι παλμοί αυτοί είναι απαραίτητοι για τη σωστή αλληλοδιαδοχή των γραμμών και των πλαισίων κατά τη διάρκεια της απεικόνισης του σήματος από την οθόνη, ώστε να έχουμε σταθερή και συγχρονισμένη εικόνα, όπως η αρχική.

Οι συχνότητες των παλμών για το συγχρονισμό των γραμμών και των πλαισίων συμφωνούν με το C.C.I.R. πρότυπο, το οποίο απαιτεί:

- ▶ Συχνότητα παλμών συγχρονισμού γραμμών: 15625Hz
- ▶ Συχνότητα παλμών συγχρονισμού πλαισίων: 50Hz

Το σήμα στην έξοδο της βαθμίδας επεξεργασίας είναι το ολοκληρωμένο, σύνθετο σήμα Video.

- **Βαθμίδα ενίσχυσης οπτικού σήματος (Video).**

Είναι ηλεκτρονική διάταξη ενός μονοβαθμικού ενισχυτή εύρους 5MHZ, που σκοπό έχει την ενίσχυση κατά τάση του οπτικού σήματος.

Επί πλέον στη βαθμίδα αυτή λαμβάνει χώρα και η έμφαση των υψηλών συχνοτήτων του σήματος Video καθώς και η αποκατάσταση της D.C. συνιστώσας, η οποία είχε κοπεί από τις προηγούμενες βαθμίδες.

Η D.C. συνιστώσα στο σήμα είναι βασική πληροφορία, διότι εκφράζει τη μέση φωτεινότητα, που επικρατούσε τη στιγμή της ανάλυσης της εικόνας και η απώλεια αυτής θα δημιουργούσε σύγχυση στο θεατή για το πότε αναλύθηκε η εικόνα (πρωί, βράδυ, με αίθριο καιρό ή με βροχερό κλπ.).

- **Βαθμίδα πομπού.**

Αν πρόκειται να γίνει ασύρματη μεταφορά της οπτικής πληροφορίας, τότε πρέπει το σήμα Video να διαμορφωθεί κατά Α.Μ. και με τη μέθοδο της ημιμονόπλευρης εκπομπής V.S.B. να εκπεμφθεί. **Στη διαδικασία της διαμόρφωσης πλάτους, μεταβάλλεται το πλάτος μιας υψηλής συχνότητας στο ρυθμό που μεταβάλλεται το οπτικό σήμα.** Η διαμόρφωση γίνεται στη βαθμίδα του διαμορφωτή με φέρουσα συχνότητα επιλεγμένη σε κάποια τηλεοπτική ζώνη μεταξύ VHF I, VHF III και UHF, οπότε δημιουργείται το τηλεοπτικό κανάλι, το οποίο ακολούθως ενισχύεται και εκπέμπεται από την κεραία εκπομπής του σταθμού.

**Στην τηλεοπτική τεχνική οι διαθέσιμες συχνότητες ορίζονται σε κανάλια, τα οποία ταξινομούνται σε τρεις (3) ζώνες: VHF I (2 έως 4 CH), VHF III (5 έως 12 CH) & UHF (21 έως 69CH)**

- **Βαθμίδα δέκτη.**

Τα εκπεμπόμενα τηλεοπτικά κανάλια από διάφορους τηλεοπτικούς σταθμούς λαμβάνονται από την κεραία λήψης και οδηγούνται στο δέκτη. Εκεί στη βαθμίδα λήψης (TUNER) γίνεται η επιλογή του επιθυμητού τηλεοπτικού καναλιού και ακολούθως η αποδιαμόρφωσή του.

Το τηλεοπτικό κανάλι μετά την αποδιαμόρφωσή του επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση ως σήμα Video με τους παλμούς συγχρονισμού γραμμών και πλαισίων εύρους 5 MHz.

- **Βαθμίδα ενίσχυσης σήματος Video λήψης και βαθμίδα απεικόνισης (οθόνη).**

Στη βαθμίδα ενίσχυσης πραγματοποιείται ενίσχυση κατά τάση του οπτικού σήματος Video, αποκατάσταση (πάλι) της D.C. συνιστώσας, έμφαση των υψηλών συχνοτήτων του σήματος, περιορισμός του ρεύματος της ηλεκτρονικής δέσμης της οθόνης και αποφυγή δημιουργίας κηλίδας (όταν σβήνει η οθόνη).

Το ενισχυμένο οπτικό σήμα οδηγείται στην κάθοδο της οθόνης μαζί με τους παλμούς συγχρονισμού.

Επί πλέον στα πηνία σάρωσης της οθόνης αναπτύσσονται κατάλληλες τάσεις τόσο για την οριζόντια, όσο και για την κατακόρυφη διερεύνηση της ηλεκτρονικής δέσμης, οι οποίες προέρχονται από γεννήτριες παραγωγής τάσεων σάρωσης.

- **Μονάδα κονσόλας και γεννήτρια ειδικών εφφέ.**

Είναι μία τράπεζα (κονσόλα) ελέγχου πολλών σημάτων Video, που προέρχονται από διαφορετικές πηγές (Camera 1, Camera 2, VCR 1 κλπ.) και που προορίζεται για την επεξεργασία αυτών των πληροφοριών με σκοπό την προώθηση της επιθυμητής κατά περίπτωση σύνθετης πληροφορίας στην έξοδο.

Διαθέτει διάταξη πολλαπλού μεταγωγικού διακόπτη οπτικών σημάτων (Video Switcher) με τη βοήθεια, του οποίου μπορούμε να επιλέξουμε ένα από τα πολλά οπτικά σήματα εισόδου (Cam. 1, Cam. 2, VCR1) για έξοδο με το απλό πάτημα ενός πλήκτρου (μπουτόν).

Η κονσόλα διαθέτει εξόδους (MON.CAM.1, MON.CAM.2, MON.VCR κλπ) για τα σήματα εισόδου, οι οποίες τροφοδοτούν αντίστοιχα συσκευές παρακολούθησης (μόνιτορ).

Η γεννήτρια εφφέ έχει τη δυνατότητα της επεξεργασίας της εικόνας πραγματοποιώντας παραμόρφωση, μεγέθυνση, μεταβολή του φόντου (background) κλπ.

Τέλος διατίθεται μία έξοδος γνωστή ως PREVIEW, που δείχνει σε μόνιτορ το αποτέλεσμα της επεξεργασίας ή προσθήκης φόντου, τίτλων κλπ. του τελικού προϊόντος σήματος εικόνας λίγο πριν την τελική έξοδο.

- **Καταγραφέας οπτικού σήματος (VCR Rec.)**

Μέσα στο σύνολο των ηλεκτρονικών διατάξεων, που υπάρχουν μέσα σε ένα περιβάλλον STUDIO, υπάρχουν και καταγραφείς (VCR) του τελικού οπτικού σήματος. Είναι οι γνωστοί σε όλους μας βιντεοκαταγραφείς, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα της αποθήκευσης της οπτικής πληροφορίας σε μαγνητική ταινία.

#### 4.1.2.1 Τα χαρακτηριστικά του φωτός.

Τα διάφορα φωτεινά φαινόμενα χαρακτηρίζονται από τα παρακάτω φωτεινά μεγέθη.

- **Φωτεινή ροή Φ.**

Εκφράζει την ενέργεια που προσδίδεται από κάποιο φωτεινό κύμα στη μονάδα του χρόνου. Μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι το Λούμεν Lumen (Lum).

- **Φωτεινή ένταση.**

Η ένταση  $I$  μιας φωτεινής πηγής είναι η φωτεινή ροή  $\Phi$ , που υπάρχει σε μία κατεύθυνση ανά μονάδα στερεάς γωνίας  $\Omega$ .

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης είναι το κερί, δηλ. το φώς που εκπέμπεται από ένα κερί, (Candela Cd).

- **Φωτεινότητα.**

Σαν φωτεινότητα προσδιορίζουμε τη φωτεινή ροή  $\Phi$ , που προσπίπτει κάθετα σε μονάδα επιφάνειας  $S$ .

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Μονάδα μέτρησης της φωτεινότητας είναι το λουξ  $\left( \text{LUX} = \frac{\text{Lumen}}{\text{m}^2} \right)$

- **Λαμπρότητα.**

Είναι η φωτεινή ένταση  $I$ , που ακτινοβολείται από επιφάνεια  $1\text{m}^2$

$$B = \frac{I}{S}$$

Μονάδα μέτρησης της λαμπρότητας είναι το Nit  $\left( \text{Nit} = \frac{\text{CD}}{\text{m}^2} \right)$

- **Αντίθεση.**

Εκφράζει το λόγο της λαμπρότητας του πιο φωτεινού στοιχείου (λευκού) προς τη λαμπρότητα του πιο σκοτεινού στοιχείου (μαύρου).

$$K = \frac{B_{\text{λευκού}}}{B_{\text{μαύρου}}}$$

#### 4.1.2.

**Βασικές αρχές ασπρό-μαυρου τηλεοπτικού σήματος.**



#### 4.1.2.2. Το ασπρόμαυρο αναλογικό τηλεοπτικό σήμα.

Είδαμε ότι στην έξοδο της βαθμίδας ανάλυσης εικόνας (κεφαλή κάμερας) του σχ. 4.1.1 παράγεται η πληροφορία του οπτικού σήματος Pre-video. Το σήμα αυτό αποτελείται από τις παρακάτω συνιστώσες:

- Την εναλλασσόμενη A.C. Η συχνότητα αυτής της συνιστώσας καθορίζεται από τον αριθμό των στοιχείων (Pixels) της εικόνας, ενώ το πλάτος της καθορίζεται από την αντίθεση (contrast).
- Την συνεχή D.C. Η συνιστώσα αυτή προσδιορίζεται από τη μέση φωτεινότητα (Luminance), που επικρατούσε κατά τη στιγμή της λήψης της εικόνας από την κάμερα.

Είδαμε επίσης ότι η σάρωση της εικόνας από την κάμερα γίνεται με τη βοήθεια γεννητριών οριζόντιας και κατακόρυφης σάρωσης. Η συχνότητα οριζόντιας σάρωσης για το Ευρωπαϊκό πρότυπο CCIR είναι  $f_H = 15625 \text{ Hz}$  ενώ η συχνότητα κατακόρυφης σάρωσης είναι για το ίδιο πρότυπο  $f_V = 50 \text{ Hz}$ . Ο αριθμός των οριζόντιων γραμμών σάρωσης προσδιορίζεται στις 625 γραμμές (Lines), ενώ σαρώνονται 25 εικόνες ανά δευτερόλεπτο (Frames) σε δύο πεδία (312,5 γραμμές άρτιο πεδίο και 312,5 γραμμές περιττό πεδίο, A & B fields).

Κάθε μια γραμμή, που σαρώνεται από την κάμερα (ηλεκτρονικό πυροβόλο ή CCD) αποδίδει ένα σήμα οπτικό (σήμα Pre video) με περίοδο επανάληψης  $T = 64 \mu\text{sec}$ . Για να υπάρχει απόλυτη σύμπτωση μεταξύ παραγόμενων γραμμών/πεδίων, από την κάμερα και αποδιδόμενων γραμμών/πεδίων, από την οθόνη του δέκτη ή από το μόνιτορ, τοποθετούνται μετά το τέλος κάθε γραμμής και στο τέλος κάθε πεδίου παλμοί, για το συγχρονισμό των γραμμών και των πεδίων.

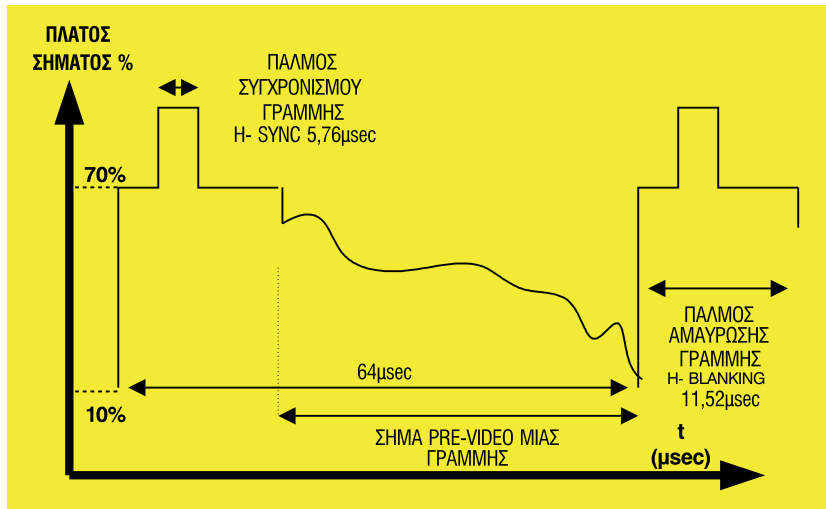
Οι παλμοί αυτοί διακρίνονται σε παλμούς συγχρονισμού γραμμών με διάρκεια  $5,76 \mu\text{sec}$  και περίοδο επανάληψης όση και των γραμμών (64sec) και σε παλμούς συγχρονισμού πεδίων με διάρκεια  $160 \mu\text{sec}$  και συχνότητα επανάληψης αυτής των πεδίων (50Hz).

Εκτός από τους παλμούς συγχρονισμού στο πλήρες οπτικό σήμα (Video) προστίθενται και παλμοί αμαύρωσης γραμμών (Line blanking pulses) με διάρκεια  $11,52 \mu\text{sec}$  και περίοδο επανάληψης  $64 \mu\text{sec}$  καθώς και παλμοί αμαύρωσης πεδίων (Field blanking pulses) με διάρκεια  $1280 \mu\text{sec}$  και συχνότητα επανάληψης 50Hz.

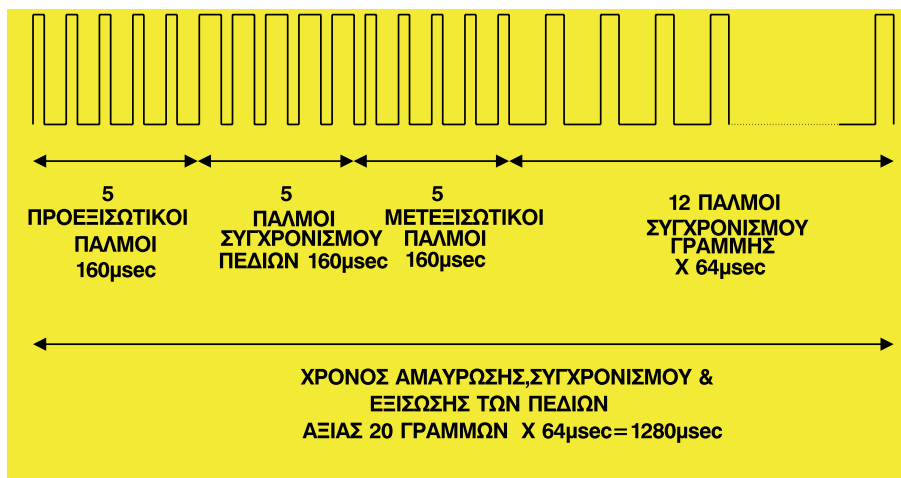
Οι παλμοί αμαύρωσης γραμμών και πεδίων σκοπό έχουν την αμαύρωση της επιστροφής της δέσμης, ώστε να μην παράγουν οπτικό σήμα.

Ένα πλήρες οπτικό σήμα λοιπόν έχει:

- Το καθαρό σήμα πληροφορίας εικόνας (Pre video), βλέπε σχ.4.1.2.2.1.
- Τους παλμούς συγχρονισμού και αμαύρωσης γραμμών, βλέπε σχ.4.1.2.2.1
- Τους παλμούς συγχρονισμού και αμαύρωσης πεδίων, βλέπε σχ.4.1.2.2.2



Σχήμα 4.1.2.2.1 Το πλήρες οπτικό σήμα



Σχήμα 4.1.2.2.2 Παλμοί συγχρονισμού και αμαύρωσης πεδίων

#### 4.1.3.1 Γενικά για τις χρωματικές συντεταγμένες.

Μία έγχρωμη εικόνα συνίσταται από τη φωτεινότητά της (Luminance) και τη χρωμικότητά της (Chrominance), δηλαδή

$$\text{Έγχρωμη εικόνα} = \text{φωτεινότητα} + \text{χρωμικότητα}$$

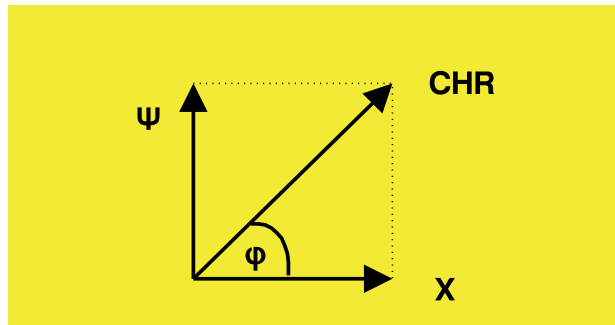
Επιπλέον η χρωμικότητα μιας έγχρωμης εικόνας είναι ένα γεωμετρικό άνωσμα και καθορίζεται από το μέτρο του, που ονομάζεται κορεσμός (Saturation) και τη γωνία του, που ονομάζεται χροιά (HUE).

#### 4.1.3 Το έγχρωμο αναλογικό τηλεοπτικό σήμα

Άρα:

$$\text{Χρωμικότητα} = \text{κορεσμός} + \text{χρoιά}$$

$$\text{Chrominance} = \text{saturation} + \text{hue}$$



Σχήμα 4.1.3.1.1. Γραφική παράσταση χρωμικότητας

: $\phi$ , είναι η γωνία, που καθορίζει την απόχρωση (χρoιά) του ανύσματος CHR ενώ το μήκος του ανύσματος (CHR), καθορίζει τον κορεσμό [την αγνότητά του (purity) ή αλλιώς τη μη νόθευσή του με ποσότητα λευκού φωτός].

Άρα μία έγχρωμη εικόνα είναι:

$$\text{Έγχρωμη εικόνα} = \text{φωτεινότητα} + \text{κορεσμός} + \text{χρoιά}$$

Η φωτεινότητα ονομάζεται Luminance, συμβολίζεται με Y και καθορίζει την κατανομή της φωτεινής ενέργειας, που ανακλά η έγχρωμη εικόνα ανά τετραγωνικό μέτρο φωτιζόμενης επιφάνειας.

Η χρωμικότητα (χρoιά + κορεσμός) ονομάζεται Chrominance, συμβολίζεται με CHR και καθορίζει τη χρωματική πληροφορία της έγχρωμης εικόνας. Με τη βοήθεια της τρι-χρωματικής όρασης έχει βρεθεί ότι μία οποιαδήποτε έγχρωμη εικόνα είναι δυνατόν να αναλυθεί (και κατ' επέκταση να επανασυσταθεί) σε τρεις βασικές χρωματικές συνιστώσες, την κόκκινη Red, την πράσινη Green και την μπλε Blue, δηλαδή σε τρία βασικά χρώματα. Άρα η ανάλυση μιας εικόνας δίνει

$$\text{ΕΙΚΟΝΑ} = \text{ΚΟΚΚΙΝΟ} + \text{ΠΡΑΣΙΝΟ} + \text{ΜΠΛΕ} = R+G+B$$

Το μήκος κύματος  $\lambda$  κάθε χρώματος (R,G,B) δεν είναι συγκεκριμένο, αλλά καθορίζεται ανάλογα με το τηλεοπτικό σύστημα εκπομπής (NTSC, PAL, SECAM).

Στην πραγματικότητα οι συνιστώσες R,G,B δε συμμετέχουν το ίδιο στη σύνθεση ή ανάλυση μιας εικόνας, επειδή απλούστατα το μάτι του ανθρώπου δεν έχει την ίδια ευαισθησία (απόκριση) και στα τρία αυτά βασικά χρώματα. Η συμμετοχή τους ακολουθεί τον παρακάτω νόμο για την παραγωγή της φωτεινότητας του λευκού φωτός:

$$\text{Φωτεινότητα λευκού φωτός} = 0,30R + 0,59G + 0,11B$$

Επίσης πρέπει να γνωρίζουμε ότι με συνδυασμό ανά δύο των παραπάνω βασικών χρωμάτων (R,G,B) προκύπτουν άλλα χρώματα, που τα ονομάζουμε συμπληρωματικά π.χ.

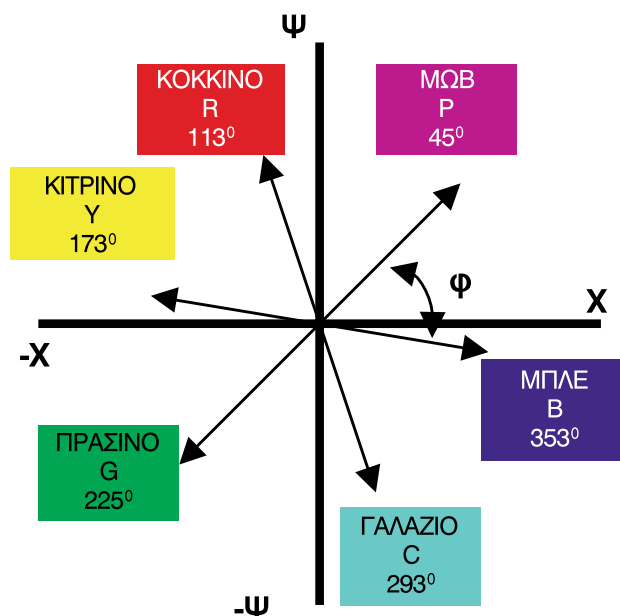
|                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| <b>ΚΟΚΚΙΝΟ + ΜΠΛΕ = ΜΩΒ</b>        | <b>R+B=PURPLE (MAGENTA)</b> |
| <b>ΜΠΛΕ + ΠΡΑΣΙΝΟ = ΓΑΛΑΖΙΟ</b>    | <b>B+G=CYAN</b>             |
| <b>ΠΡΑΣΙΝΟ + ΚΟΚΚΙΝΟ = ΚΙΤΡΙΝΟ</b> | <b>G+R=YELLOW</b>           |

Τέλος στο χρωμικό κύκλο διευθετούνται τα βασικά και τα συμπληρωματικά χρώματα, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1.3.1.2.

Ο κορεσμός του χρώματος κινείται κατά μήκος του εκάστοτε διανύσματος, ενώ η χροιά είναι η γωνία, που γράφει το διάνυσμα κατά την αντίθετη φορά των δεικτών του ρολογιού.

Δείξαμε παραπάνω ότι η φωτεινότητα του λευκού φωτός με άθροιση των βασικών χρωμάτων R,G,B και με χρωματικούς συντελεστές 0,30 0,59 0,11 αντίστοιχα, δίνεται από τη σχέση

$$Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B:$$



Σχήμα 4.1.3.1.2 Θέση διανυσμάτων βασικών & συμπληρωματικών χρωμάτων

Αν κατά την ανάλυση μιας έγχρωμης εικόνας η κάμερα δώσει σήμα θετικής πολικότητας με τιμές:

$$R = 1 \text{ Volt}, G = 1 \text{ Volt}, \text{ και } B = 1 \text{ Volt τότε}$$

$$Y = 0,30 \cdot 1V + 0,59 \cdot 1V + 0,11 \cdot 1V = 1V$$

τότε είναι προφανές ότι η κάμερα αναλύει μια λευκή εικόνα και επομένως:

$$Y = 1 \text{ Volt} = \text{λευκό}$$

Αν η ανάλυση της έγχρωμης εικόνας δώσει:

$$\begin{aligned} R &= 0 \text{ Volt}, G = 0 \text{ Volt και } B = 0 \text{ Volt τότε} \\ Y &= 0,30 \cdot 0 + 0,59 \cdot 0 + 0,11 \cdot 0 \\ Y &= 0 \text{ Volt} = \text{μαύρο} \end{aligned}$$

Για οποιεσδήποτε άλλες τιμές (μεταξύ του 0 και 1 Volt) των R, G, B, η φωτεινότητα (Y) της εικόνας θα είναι μεταξύ ΛΕΥΚΟΥ και ΜΑΥΡΟΥ, δηλ. θα έχει κάποια ενδιάμεση φωτεινότητα (αποχρώσεις του ΓΚΡΙ).

Αν πρόκειται να αναλύσουμε μία σκηνή, στην οποία υπάρχουν σε ισόπαχες ραβδώσεις (μπάρες) τα 3 βασικά χρώματα, τα 3 συμπληρωματικά, το λευκό και το μαύρο πρέπει να ακολουθήσουμε την παρακάτω διαδικασία, θεωρώντας ότι όλα τα συμμετέχοντα χρώματα έχουν μέγιστο κορεσμό (100%) και οι τάσεις εξόδου κατά την ανάλυση θα είναι 1 Volt.

**ΛΕΥΚΟ:** η ανάλυση δίνει  $R=1\text{v}$   $G=1\text{v}$   $B=1\text{v}$  & επομένως

$$Y=0,30 \cdot 1+0,59 \cdot 1+0,11 \cdot 1=1\text{Volt}$$

**ΚΙΤΡΙΝΟ:** η ανάλυση δίνει  $R=1\text{v}$   $G=1\text{v}$   $B=0\text{v}$  & επομένως

$$Y=0,30 \cdot 1+0,59 \cdot 1+0,11 \cdot 0=0,89 \text{ Volt}$$

**ΓΑΛΑΖΙΟ:** η ανάλυση δίνει  $R=0\text{v}$   $G=1\text{v}$   $B=1\text{v}$  & επομένως

$$Y=0,30 \cdot 0+0,59 \cdot 1+0,11 \cdot 1=0,70 \text{ Volt}$$

**ΠΡΑΣΙΝΟ:** η ανάλυση δίνει  $R=0\text{v}$   $G=1\text{v}$   $B=0\text{v}$  & επομένως

$$Y=0,30 \cdot 0+0,59 \cdot 1+0,11 \cdot 0=0,59 \text{ Volt}$$

**ΜΩΒ:** η ανάλυση δίνει  $R=1\text{v}$   $G=0\text{v}$   $B=1\text{v}$  & επομένως

$$Y=0,30 \cdot 1+0,59 \cdot 0+0,11 \cdot 1=0,41 \text{ Volt}$$

**ΚΟΚΚΙΝΟ:** η ανάλυση δίνει  $R=1\text{v}$   $G=0\text{v}$   $B=0\text{v}$  & επομένως

$$Y=0,30 \cdot 1+0,59 \cdot 0+0,11 \cdot 0=0,30 \text{ Volt}$$

**ΜΠΛΕ:** η ανάλυση δίνει  $R=0\text{v}$   $G=0\text{v}$   $B=1\text{v}$  & επομένως

$$Y=0,30 \cdot 0+0,59 \cdot 0+0,11 \cdot 1=0,11 \text{ Volt}$$

**ΜΑΥΡΟ:** η ανάλυση δίνει  $R=0\text{v}$   $G=0\text{v}$   $B=0\text{v}$  & επομένως

$$Y=0,30 \cdot 0+0,59 \cdot 0+0,11 \cdot 0=0 \text{ Volt}$$

Αν όμως η συμμετοχή των χρωμάτων γίνει με κορεσμό μικρότερο του 100% π.χ. 60% τότε η ανάλυση του μωβ δε θα δώσει 0,41v αλλά

$$\begin{aligned} R &= 0,6\text{v}, G = 0\text{v}, B = 0,6\text{v} \text{ ή} \\ Y &= 0,30 \cdot 0,60 + 0,59 \cdot 0 + 0,11 \cdot 0,60 = 0,24\text{v}. \end{aligned}$$

Έτσι η μέγιστη φωτεινότητά Y, που μπορεί να ανακλάσει μία έγχρωμη εικόνα είναι 1 Volt p-p και τούτο, όταν τα χρώματα, που συμμετέχουν στη διαδικασία είναι κορεσμένα 100%.

Η φιλοσοφία για τον καθορισμό των χρωματικών συντελεστών:

**0,30 για το κόκκινο (R)**

**0,59 για το πράσινο (G)**

**0,11 για το μπλε (B)**

έγκειται στο ότι αφενός η απόκριση του ανθρώπινου ματιού δεν είναι ίδια στα βασικά χρώματα και αφ' ετέρου θα πρέπει για την παραγωγή του λευκού φωτός

να έχουμε μέγιστη τάση εξόδου (από την κάμερα). Αν υποθέσουμε ότι μέγιστη τάση για το λευκό φως  $Y$  έχουμε 1 Volt, τότε θα πρέπει τα σήματα R,G,B να συμμετέχουν το ίδιο στην παραγωγή 1v για το  $Y$  π.χ.  $R = 0,33$   $G = 0,33$   $B = 0,33$  άρα  $Y = 0,33 + 0,33 + 0,33 = 1v$ . Ουσιαστικά όμως το παραγόμενο σήμα 1 Volt δεν θα είναι λευκό, διότι έτσι δεν ικανοποιείται η φασματική απόκριση του ανθρώπινου οφθαλμού.

Αν όμως θεωρήσουμε σύμφωνα με το σχ.4.1.3.1.3 ότι  $B=0,175$ ,  $R=0,480$ , και  $G=0,950$  τότε η άθροιση αυτή θα προκαλέσει το λευκό φως, αλλά η συνολική τάση θα είναι μεγαλύτερη από 1 Volt π.χ.  $0,175+0,480+0,950=1,605V$ .

Για την ορθή αναλογία τάσης λευκού φωτός 1 Volt έχουμε αντίστοιχα:

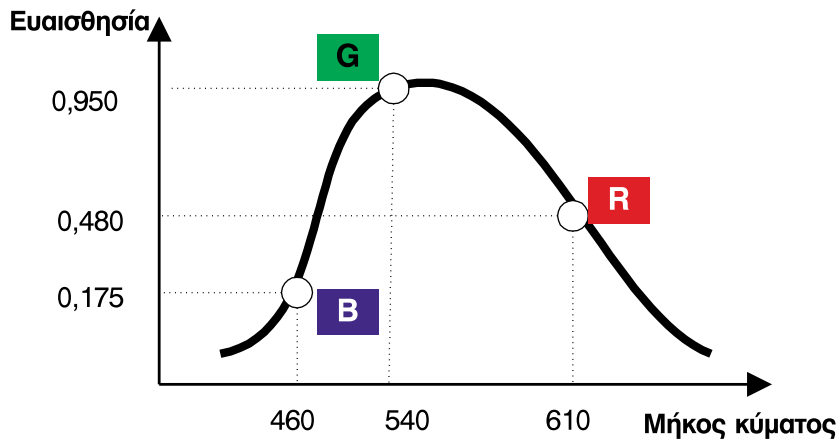
$$\text{Συντελεστής } R \rightarrow 0,480/1,605=0,30$$

$$\text{Συντελεστής } G \rightarrow 0,950/1,605=0,59$$

$$\text{Συντελεστής } B \rightarrow 0,175/1,605=0,11$$

Οπότε θα έχουμε

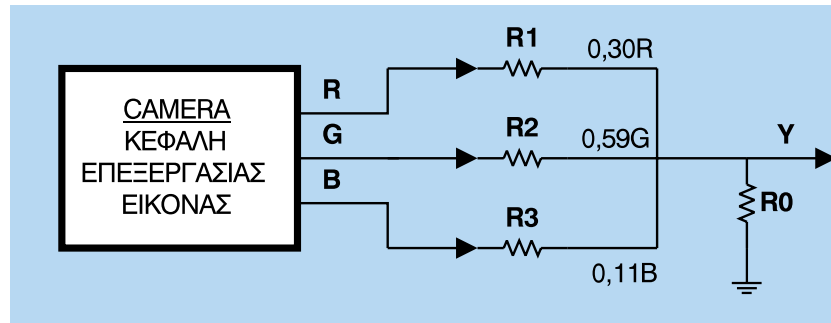
$$\text{ΛΕΥΚΟ ΦΩΣ } Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B$$



Σχήμα 4.1.3.1.3 Φασματική απόκριση ανθρώπινου οφθαλμού.

#### 4.1.3.2 Παραγωγή σημάτων χρωματοδιαφοράς και σήματος φωτεινότητας.

Γνωρίζουμε ότι η ανάλυση μιας έγχρωμης εικόνας δίνει 3 τάσεις βασικών χρωμάτων R,G,B. Επίσης είδαμε ότι με τη σύνθεση αυτών των τάσεων σύμφωνα με τη σχέση  $Y=0,30R+0,59G+0,11B$  θα πάρουμε πάλι τη φωτεινότητα της εικόνας. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να υλοποιηθεί ηλεκτρονικά με τον παρακάτω τρόπο.



Σχήμα 4.1.3.2.1 MATRIX για την παραγωγή του σήματος Y στην Camera

Αν θεωρήσουμε ότι οι λόγοι:  $R1/R0$ ,  $R2/R0$ ,  $R3/R0$  είναι:

$R1/R0=0,30$ ,  $R2/R0=0,59$  και  $R3/R0=0,11$

τότε η έξοδος θα είναι:  $EY=ER \cdot 0,30 + EG \cdot 0,59 + EB \cdot 0,11$

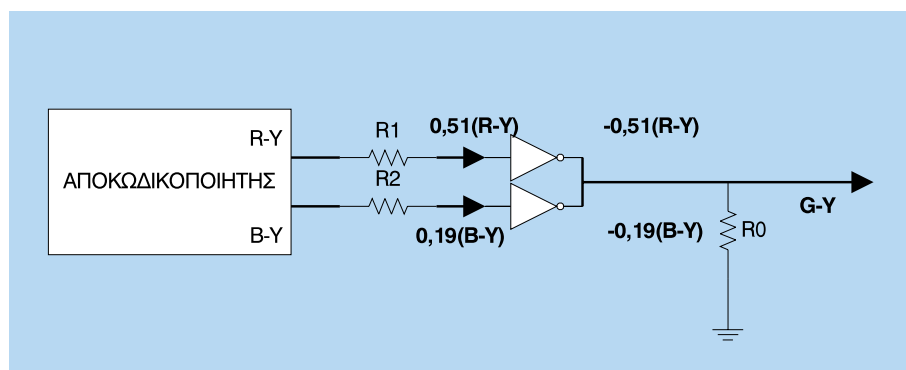
ή καλύτερα:  $Y = 0,30R+0,59G+0,11B$ .

Η παραπάνω διάταξη αποτελεί μία απλή κωδικοποιητική μήτρα παραγωγής σήματος φωτεινότητας Y και λέγεται MATRIX. Στη μελέτη όμως της επεξεργασίας εκπομπής και λήψης του οπτικού σήματος στην έγχρωμη τηλεόραση, οι πληροφορίες που εκπέμπονται δεν είναι Y (φωτεινότητα) και R,G,B αλλά Y και χρωματικές διαφορές R-Y, B-Y, G-Y με ορισμένες παραλλαγές ανάλογα με το σύστημα (PAL, SECAM, NTSC). Τελικά δεν αποστέλλονται οι χρωματικές συνιστώσες της έγχρωμης εικόνας R,G,B, αλλά αποστέλλονται το σήμα Y που καθορίζει τη φωτεινότητα της εικόνας και οι χρωματικές διαφορές R-Y και B-Y, που περιέχουν τις πληροφορίες του χρώματος της εικόνας.

Τέλος σημειώνουμε ότι η χρωματική διαφορά G - Y δεν μεταβιβάζεται, αλλά αναπαράγεται στο δέκτη σύμφωνα με τη σχέση:

$$G-Y= -0,51 (R-Y) - 0,19 (B-Y).$$

Η σχέση αυτή είναι δυνατόν να υλοποιηθεί με μία μήτρα αποκατάστασης του G-Y (MATRIX) σύμφωνα με το σχήμα 4.1.3.2.2 και η οποία βρίσκεται στο δέκτη.



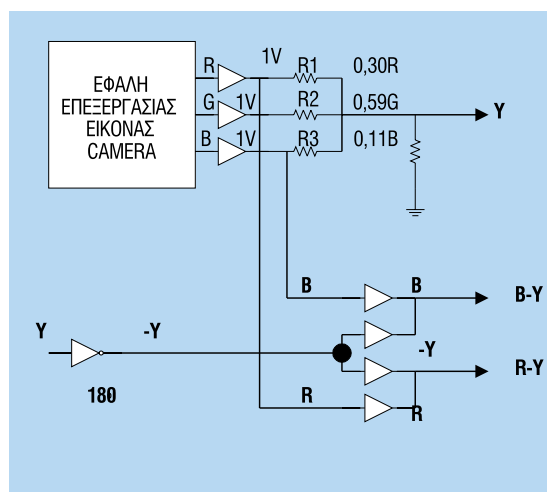
Σχήμα 4.1.3.2.2 MATRIX για την αποκατάσταση του σήματος G -Y στο δέκτη

Αν θεωρήσουμε ότι  $R1/R0 = 0,51$  και  $R2/R0 = 0,19$  τότε η έξοδος

$G - Y$  θα είναι  $G - Y = [-0,51 (R - Y)] + [-0,19 (B - Y)]$  ή

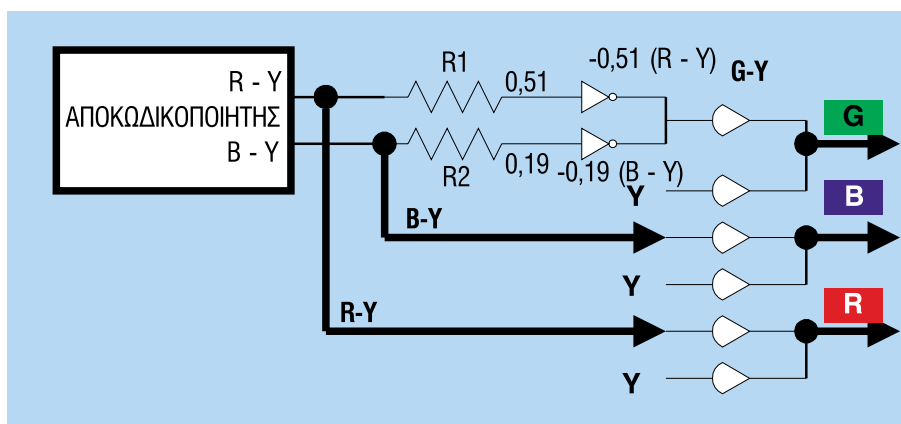
$G - Y = -0,51 (R - Y) - 0,19 (B - Y)$ .

Η παραπάνω μήτρα αποκατάστασης ( $G - Y$ ) βρίσκεται στο δέκτη μετά τον αποκωδικοποιητή του συστήματος και είναι κοινή και ανεξάρτητη διαδικασία εκπομπής (PAL, SECAM, NTSC). Επίσης η μέθοδος παραγωγής των χρωματικών διαφορών στην εκπομπή είναι παραπλήσια. Ουσιαστικά η κωδικοποιητική μήτρα στον πομπό παράγει απ' ευθείας το σήμα  $Y$ , το σήμα  $R - Y$  και το σήμα  $B - Y$ .



Σχήμα 4.1.3.2.3 MATRIX παραγωγής σημάτων  $Y$ ,  $B - Y$  και  $R - Y$  στην Camera

Πριν ολοκληρώσουμε τη διαδικασία παραγωγής των χρωματικών διαφορών καλό είναι να δείξουμε γενικά πώς γίνεται η διαδικασία της παραγωγής των χρωματικών πληροφοριών στη μήτρα αποκωδικοποίησης του δέκτη.



Σχήμα 4.1.3.2.4 MATRIX αποκατάστασης σημάτων  $R$ ,  $G$ ,  $B$  στο δέκτη



Οι χρωματικές διαφορές αποδεικνύεται ότι έχουν τιμές:

$$R - Y = R - (0,30R + 0,59G + 0,11B) \text{ τότε}$$

$$\mathbf{R - Y = 0,70R - 0,59G - 0,11B}$$

$$B - Y = B - (0,30R + 0,59G + 0,11B) \text{ τότε}$$

$$\mathbf{B - Y = - 0,30R - 0,59G + 0,89B.}$$

$$G - Y = G - (0,30R + 0,59G + 0,11B) \text{ τότε}$$

$$\mathbf{G - Y = - 0,30R + 0,41G - 0,11B}$$

Και είναι δυνατόν να λάβουν είτε θετική είτε αρνητική τιμή π.χ.  $+(R - Y)$ ,  $-(R - Y)$  ή  $-(B - Y)$ ,  $+(B - Y)$  Έστω ότι στην έξοδο της κάμερας έχουμε:

$$R = 1 \text{ Volt}, G = 1 \text{ Volt} \text{ και } B = 0 \text{ Volt} \text{ τότε}$$

$$Y = 0,30 \cdot 1 + 0,59 \cdot 1 + 0,11 \cdot 0$$

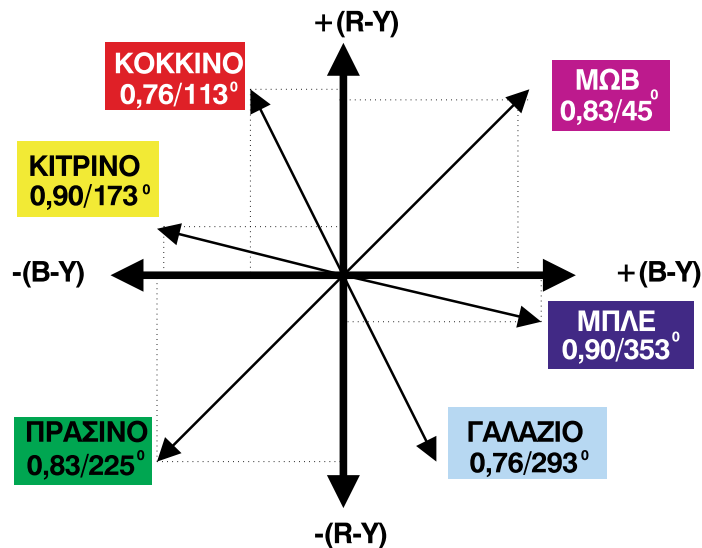
$$Y = 0,89V$$

Προφανώς για τις τιμές αυτές έχουμε το κορεσμένο (100%) κίτρινο χρώμα. Συνεχίζοντας, έχουμε για τις χρωματικές διαφορές:

$$R - Y = 1 - 0,89 \text{ ή } R - Y = +0,11 \text{ και}$$

$$B - Y = 0 - 0,89 \text{ ή } B - Y = -0,89$$

Εδώ παρατηρούμε ότι η χρωματική διαφορά  $R - Y$  είναι θετική, ενώ η χρωματική διαφορά  $B - Y$  είναι αρνητική. Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε τις χρωματικές διαφορές για οποιοδήποτε χρώμα. Έτσι τοποθετούμε στο χρωματικό κύκλο, στον άξονα  $XX'$  τη χρωματική διαφορά  $\pm (B - Y)$  και στον άξονα  $\Psi\Psi'$  τη χρωματική διαφορά  $\pm (R - Y)$ .



Σχήμα 4.1.3.2.5 Θέση των χρωματοδιαφορών στο χρωματικό κύκλο NEWTON.

Στη συνέχεια παρατίθεται ένας γενικός πίνακας με τα πλάτη των σημάτων  $Y$ ,  $R - Y$ ,  $B - Y$ , με το εύρος του συνισταμένου σήματος  $CHR$  καθώς και με τη γωνία αυτού ως προς την αρχή εκκίνησης  $0^\circ$ , με την προϋπόθεση ότι τα συμμετέχοντα χρώματα θα έχουν κορεσμό 100%.

| ΧΡΩΜΑ   | U <sub>OUT</sub> RGB | ΠΛΑΤΟΣ<br>Υ | ΠΛΑΤΟΣ<br>R-Y | ΠΛΑΤΟΣ<br>B-Y | ΠΛΑΤΟΣ<br>CHR | ΓΩΝΙΑ |
|---------|----------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| ΛΕΥΚΟ   | R = 1 G = 1 B = 1    | 1           | 0             | 0             | 0             | 00    |
| ΚΙΤΡΙΝΟ | R = 1 G = 1 B = 0    | 0,89        | +0,11         | -0,89         | ± 0,90        | 1730  |
| ΓΑΛΑΖΙΟ | R = 0 G = 1 B = 1    | 0,70        | -0,70         | +0,30         | ± 0,76        | 2930  |
| ΠΡΑΣΙΝΟ | R = 0 G = 1 B = 0    | 0,59        | -0,59         | -0,59         | ± 0,83        | 2250  |
| ΜΩΒ     | R = 1 G = 0 B = 1    | 0,41        | +0,59         | +0,59         | ± 0,83        | 450   |
| ΚΟΚΚΙΝΟ | R = 1 G = 0 B = 0    | 0,30        | +0,70         | -0,30         | ± 0,76        | 1130  |
| ΜΠΛΕ    | R = 0 G = 0 B = 1    | 0,11        | -0,11         | +0,89         | ± 0,90        | 3530  |
| ΜΑΥΡΟ   | R = 0 G = 0 B = 0    | 0           | 0             | 0             | 0             | 00    |

Στο σήμα χρωμικότητας (CHR) το  $\pm$  δικαιολογείται από το ότι μετά τη διαμόρφωση και άθροιση των R - Υ και B - Υ το συνιστάμενο σήμα κείται πάνω και κάτω από τη μηδενική τιμή. Άρα  $\pm 0,90 = 1,80$ .

Οι τιμές του προηγούμενου πίνακα είναι γενικές. Στα διάφορα συστήματα δεν χρησιμοποιούμε τις χρωματικές διαφορές R - Υ και B - Υ ως έχουν, αλλά για λόγους καταστολής της υπερδιαμόρφωσης συμπιέζουμε τα πλάτη τους π.χ.

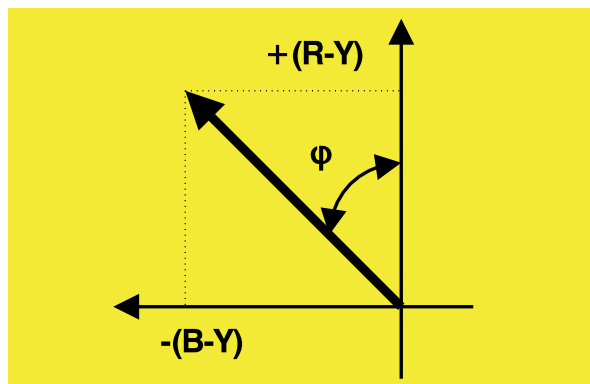
- στο σύστημα PAL έχουμε τα σήματα:  
 **$V = 0,877 \cdot (R - Y)$  και  $U = 0,493 \cdot (B - Y)$**
- στο σύστημα NTSC έχουμε τους γραμμικούς συνδυαστές:  
 **$I = 0,74 \cdot (R - Y) - 0,27 (B - Y)$  και  $Q = 0,48 \cdot (R - Y) + 0,41 (B - Y)$**
- στο σύστημα SECAM έχουμε τα σήματα:  
 **$D_R = 1,9 (R - Y)$  και  $D_B = 1,5 \cdot (B - Y)$**

Έτσι τα εύρη των R - Υ και B - Υ είναι δυνατόν να τροποποιηθούν λίγο και έτσι να δούμε διαφορές στις τιμές του προηγούμενου πίνακα.

Κλείνοντας πρέπει να επαναλάβουμε, σύμφωνα με την τεταρτημοριακή διαμόρφωση πλάτους QAM ότι το πλάτος του σήματος CHROMINANCE βγαίνει από τη σχέση.

$$CHR = \sqrt{(R - Y)^2 + (B - Y)^2} \quad \text{η δε γωνία από τη σχέση}$$

ΓΩΝΙΑ ΦΑΣΗΣ  $\alpha = \text{τοξ εφ} \cdot [(B - Y)/(R - Y)]$ , όπου η γωνία αναφέρεται ως προς τον κάθετο άξονα ΨΨ'. Από τη γωνία α είναι εύκολο να βρούμε τη γωνία φ.



Σχήμα 4.1.3.2.6 Θέση της γωνίας φ ως προς τις χρωματοδιαφορές.

#### 4.1.3.3 Μέθοδος Υπολογισμού των Ποσοτήτων R, G, B, Y και R - Y, B - Y, G - Y.

Έχοντας κατά νου τη σχέση  $Y = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B$  καθώς και τις σχέσεις  $R + B = ΜΩΒ$ ,  $B + G = ΓΑΛΑΖΙΟ$  και  $G + R = ΚΙΤΡΙΝΟ$ ,

θεωρούμε ότι για την παραγωγή του λευκού, του κίτρινου, του γαλάζιου και του πράσινου συμμετέχει οπωσδήποτε το G (άρα η πράσινη έξοδος θα δώσει για τις 4 παραπάνω λωρίδες + 1V, βλέπε το σχήμα 4.1.3.3.1).

Για τις ραβδώσεις μωβ, κόκκινο, μπλε και μαύρο το G δεν συμμετέχει (άρα η πράσινη έξοδος θα δώσει 0V). Με τον ίδιο τρόπο βγάζουμε τις τάσεις ER και EY. Για τον υπολογισμό του EY θεωρούμε ότι ισχύει η σχέση

$Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B$  & για τη λευκή ράβδωση θα έχουμε  $R = 1V$ ,  $G = 1V$  και  $B = 1V$

άρα  $Y = 0,30 \cdot 1 + 0,59 \cdot 1 + 0,11 \cdot 1 = 1V$  αντίστοιχα για την κίτρινη ράβδωση έχουμε  $R = 1V$   $G = 1V$   $B = 0V$

άρα  $Y = 0,30 \cdot 1 + 0,59 \cdot 1 + 0,11 \cdot 0 = 0,89V$ . Με την ίδια φιλοσοφία υπολογίζουμε την τάση του σήματος φωτεινότητας EY για όλες τις ραβδώσεις. Τέλος για τον υπολογισμό της τάσης της χρωματικής διαφοράς ER - EY αρκεί να αφαιρούμε το εκάστοτε πλάτος (καθ' ενός χρώματος) του σήματος EY από το αντίστοιχο πλάτος της "κόκκινης" τάσης ER .π.χ. για τη λευκή ράβδωση έχουμε  $ER = 1V$ ,  $EY = 1V$  άρα  $ER - EY = 1 - 1 = 0V$ , για την κίτρινη ράβδωση έχουμε  $ER = 1V$ ,  $EY = 0,89V$ , άρα  $ER - EY = 1 - 0,89 = 0,11V$  κ.ο.κ.

Κατ' αυτόν τον τρόπο υπολογίζουμε τις τιμές και επομένως τις μορφές των χρωματικών διαφορών ER - EY, EB - EY, EG - EY.

#### Υπολογισμός του + (G - Y)

$$Y = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B \quad 4.1.3.3.1$$

$$Y = 0,30 Y + 0,59 Y + 0,11 Y \quad 4.1.3.3.2$$

Αφαιρώντας τις σχέσεις 4.1.3.3.1 & 4.1.3.3.2 κατά μέλη, έχουμε:

$$0 = 0,30 (R - Y) + 0,59 (G - Y) + 0,11 (B - Y) \text{ άρα}$$

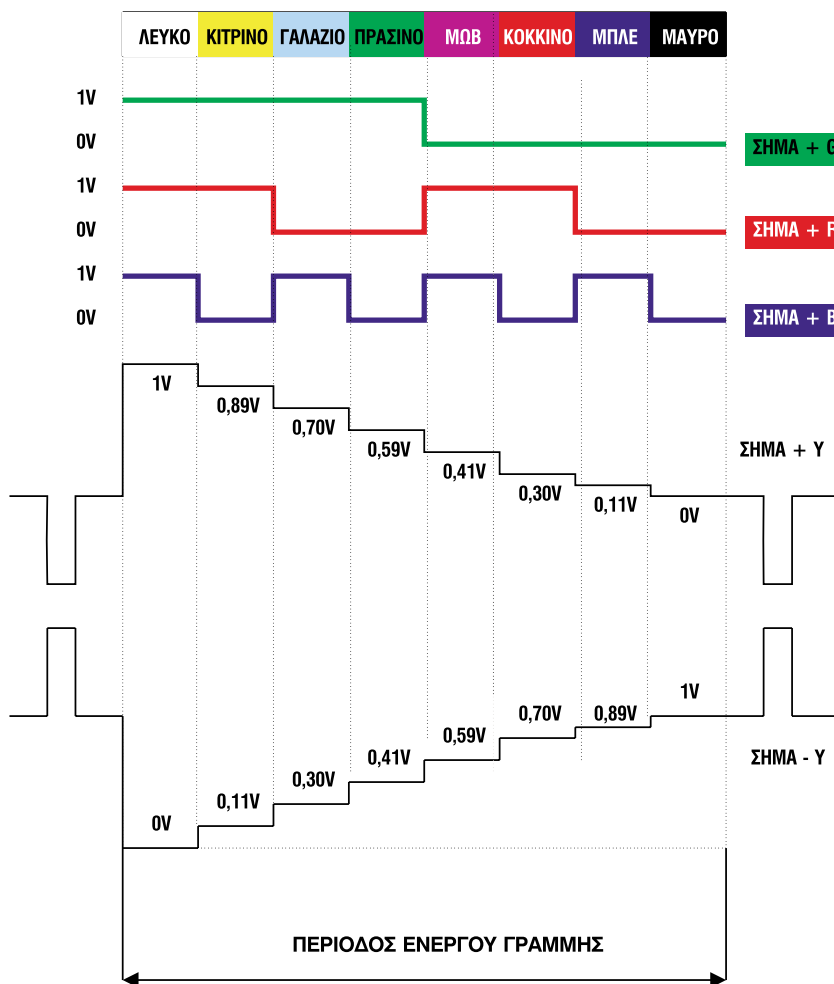
$$- 0,59 (G - Y) = 0,30 (R - Y) + 0,11 (B - Y) \text{ & επομένως}$$

$$(G - Y) = - 0,30/0,59 (R - Y) - 0,11/0,59 (B - Y)$$

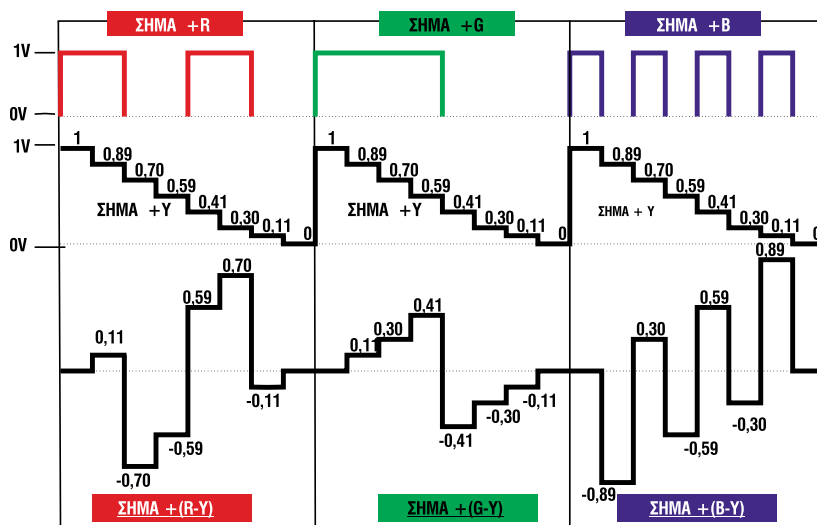
$$G - Y = -0,51 (R - Y) - 0,19 (B - Y)$$

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Από τον πίνακα διαπιστώνεται πολύ εύκολα ότι η διεύρυνση (πλάτος) του σήματος EG - EY είναι μικρότερη από τις διευρύνσεις των σημάτων ER - EY και EB - EY Αυτός είναι και ο βασικός λόγος της εκπομπής του σήματος EG - EY και όχι κάποιου άλλου.



Σχήμα 4.1.3.3.1 Εικόνα ελέγχου με χρωματοραβδώσεις & μορφή των σημάτων RGB, +Y, -Y



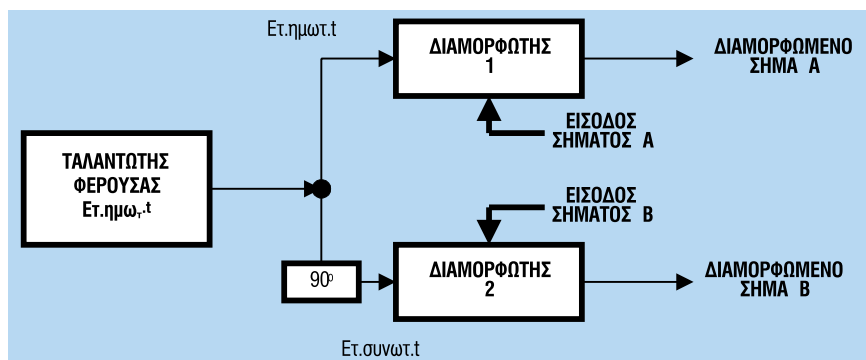
Σχήμα 4.1.3.3.2 Σήματα χρωματοδιαφορών

#### 4.1.3.4 Παραγωγή σύνθετου έγχρωμου τηλεοπτικού σήματος

##### 4.1.3.4.1 Τετραγωνική Διαμόρφωση πλάτους Q.A.M. QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION

Στην τετραγωνική ή τεταρτημοριακή διαμόρφωση πλάτους διαμορφώνεται μία φέρουσα από δύο διαφορετικά διαμορφωτικά σήματα. Ουσιαστικά η συχνότητα της φέρουσας είναι σταθερή, αλλά το ένα σήμα διαμορφώνει αυτή με φάση  $0^\circ$ , ενώ το άλλο σήμα τη διαμορφώνει, αφού η φάση της ολισθήσει, κατά  $90^\circ$ . Εμφανίζεται έτσι η περίπτωση να έχουμε δύο φέρουσες, που να έχουν την ίδια συχνότητα αλλά η μία να έχει φασική απόκλιση από την άλλη κατά  $90^\circ$ .

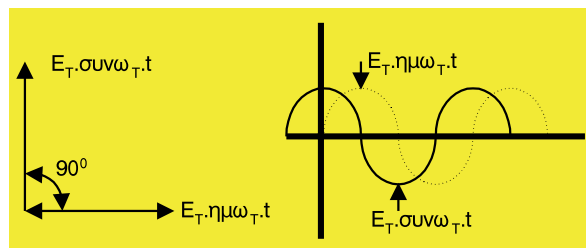
Σε μπλοκ διάγραμμα θα μπορούσαμε να παραστήσουμε τα πιο πάνω ως εξής:



Σχήμα 4.1.3.4.1.1 Δομικό διάγραμμα διαμορφωτή QAM

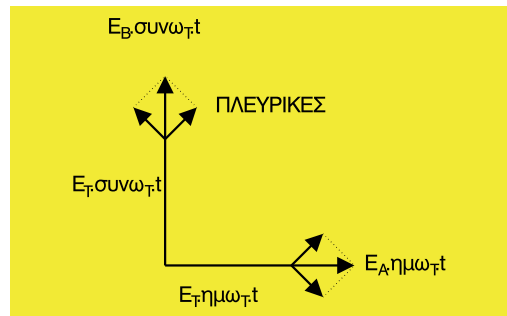
Αν υποθέσουμε ότι ο ταλαντωτής του φέροντος βγάζει σήμα  $e_t = E_t \cdot \eta\mu\omega_c \cdot t$ , όπου  $E_t$  το πλάτος του ημιτονικού σήματος και  $\omega_c \cdot t$  η γωνιακή συχνότητα του ταλαντωτή φέρουσας, τότε στην έξοδο της βαθμίδας ολίσθησης (φασοστροφέα)  $90^\circ$  θα έχουμε μία αντίστοιχη μετατόπιση του σήματος, δηλαδή  $E_t \cdot \sigma\upsilon\nu\omega_c \cdot t$ . Άρα στους διαμορφωτές 1 και 2 έρχεται η ίδια φέρουσα  $e_t$  με το ίδιο πλάτος  $E_t$  αλλά με φασική διαφορά  $90^\circ$  στη φέρουσα του διαμορφωτή 2 από αυτή του διαμορφωτή 1.

Μπορούμε τα παραπάνω να τα δείξουμε διανυσματικά, δεχόμενοι ότι στον άξονα ΨΨ' κινείται το άνωσμα του ημιτόνου και στον άξονα ΧΧ' κινείται το άνωσμα του συνημιτόνου.



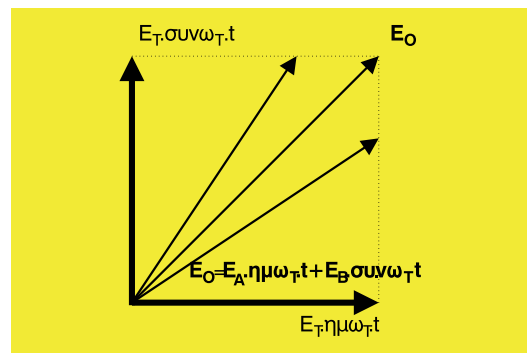
Σχήμα 4.1.3.4.1.2 Μορφή και θέση της φέρουσας διαμορφωτών QAM

Επί πλέον τα διαμορφωτικά σήματα Α και Β πρέπει και αυτά να διαφέρουν φασικά κατά  $90^\circ$  άρα το διανυσματικό διάγραμμα σε συνδυασμό με τη φέρουσα θα είναι:



Σχήμα 4.1.3.4.1.3 Διαμορφωμένα σήματα με QAM και οι πλευρικές τους.

όπου **E<sub>α</sub>** είναι το πλάτος του διαμορφωμένου σήματος Α με τις πλευρικές του και **E<sub>β</sub>** είναι το πλάτος του διαμορφωμένου σήματος Β με τις πλευρικές του. Το γεωμετρικό άθροισμα των δύο διαμορφωμένων σημάτων θα μας δώσει ένα σήμα **E<sub>ο</sub>** με συχνότητα τη συχνότητα της φέρουσας, η οποία έχει διαμορφωθεί κατά πλάτος αλλά και κατά φάση από τα σήματα **E<sub>α</sub>** και **E<sub>β</sub>**.



Σχήμα 4.1.3.4.1.4 Γεωμετρικό άθροισμα δύο διαμορφωμένων σημάτων.

$$\text{Δηλαδή } E_0 = \sqrt{E_\alpha^2 + E_\beta^2} \cdot \eta\mu(\omega_T \cdot t + \varphi)$$

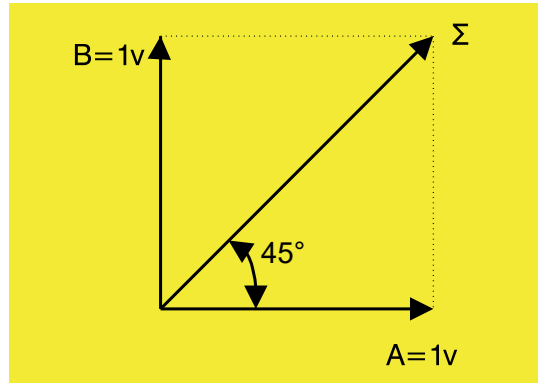
όπου το πλάτος του σήματος θα είναι

$$\sqrt{E_\alpha^2 + E_\beta^2} \text{ και η γωνία } \varphi \text{ θα είναι:}$$

$$\varphi = \text{τοξ.εφ} \frac{E_\alpha}{E_\beta}$$

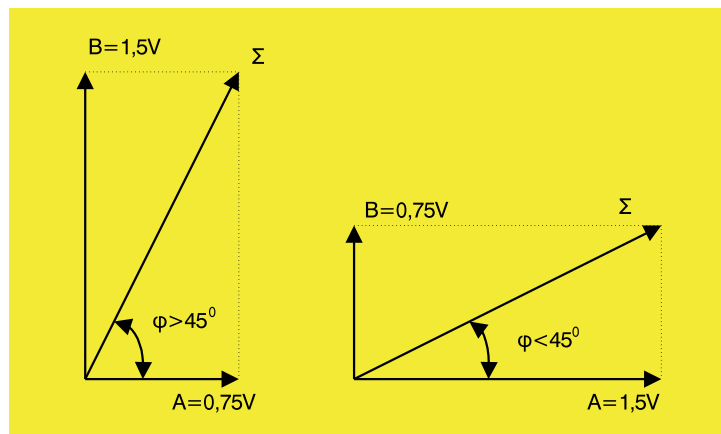
Εδώ φαίνεται ότι από τη διαμόρφωση παράγεται ένα σήμα **E<sub>ο</sub>** με συχνότητα φέρουσας διαμορφωμένη κατά ΑΜ από τα σήματα **E<sub>α</sub>** και **E<sub>β</sub>**.

Γενικότερα γνωρίζουμε ότι αν αθροίσουμε δύο ανύσματα A και B, τα οποία έχουν διαφορά φάσης  $90^\circ$ , το αποτέλεσμα θα είναι ένα ανύσμα με μέτρο  $\sqrt{VA^2 + B^2}$ . Επίσης αν τα δύο ανύσματα A και B είναι ίσα μεταξύ τους, τότε η συνισταμένη τους Σ θα βρίσκεται στη διχοτόμο των  $90^\circ$  δηλαδή στις  $45^\circ$



Σχήμα 4.1.3.4.1.5 Συνισταμένη δύο ίσων σημάτων στις  $45^\circ$

Αν βεβαίως διατηρήσουμε τη μεταξύ τους γωνία  $90^\circ$  σταθερή, αλλά μεταβάλλουμε το εύρος των σημάτων A και B, τότε βλέπουμε ότι η γωνία της συνισταμένης Σ μεταβάλλεται.



Σχήμα 4.1.3.4.1.6 Συνισταμένη δύο άνισων σημάτων σε γωνία  $\neq 45^\circ$

Αν θεωρήσουμε ότι τα σήματα A και B είναι δυνατόν να λάβουν τιμές αρνητικές ή θετικές δηλαδή  $\pm A$  και  $\pm B$  καταλαβαίνουμε αμέσως ότι η συνισταμένη τους είναι δυνατόν - διανυσματικά - να βρίσκεται σ' οποιοδήποτε τεταρτημοριακό σημείο ενός κύκλου.

Γι' αυτό ονομάζεται τεταρτημοριακή διαμόρφωση πλάτους Q.A.M

Η τεταρτημοριακή (ορθογωνική ή τετραγωνική) διαμόρφωση πλάτους εφαρμόζεται στην έγχρωμη τηλεόραση και ιδιαίτερα στα συστήματα **NTSC και PAL**.

Στα συστήματα αυτά όπως θα δούμε, έχουμε δύο σήματα (πληροφορίες χρωμοδιαφορών), που το ένα θα διαμορφωθεί από τη φέρουσα (χρωματικό υποφέρον), ενώ το άλλο θα διαμορφωθεί από την ίδια φέρουσα, αφού όμως η φάση της υποστεί ολίσθηση  $90^\circ$ . Τα σήματα αυτά είναι:

Για το

$$\text{NTSC: } I = 0,74 (R - Y) - 0,27 (B - Y) \text{ και } Q = 0,48 (R - Y) + 0,41 (B - Y)$$

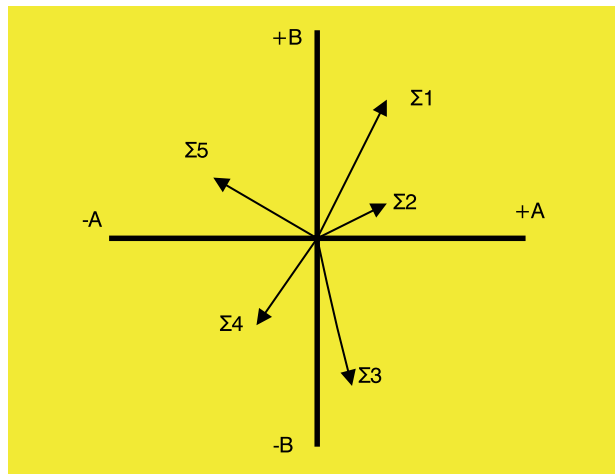
Για το

$$\text{PAL: } V = 0,877 (R - Y) \text{ και } U = 0,493 (B - Y)$$

Για το

$$\text{SECAM: } DR = 1,9 (R - Y) \text{ και } DB = 1,5 (B - Y)$$

Στο SECAM τα παραπάνω σήματα δεν υπόκεινται σε διαμόρφωση Q.A.M. αλλά κατά F.M.



Σχήμα 4.1.3.4.1.7 Απεικόνιση της συνισταμένης σε οποιοδήποτε τεταρτημόριο του κύκλου

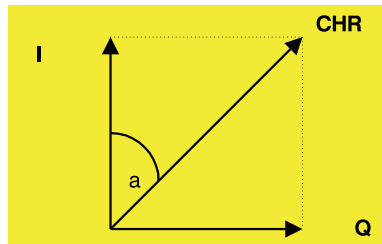
#### 4.1.3.4.2 Το σύνθετο έγχρωμο τηλεοπτικό σήμα στο σύστημα PAL.

##### ι. ΓΕΝΙΚΑ

Το σύστημα PAL θεωρείται σαν επέκταση του NTSC και πατρίδα του είναι η πρώτη Γερμανία. Το σύστημα αυτό λύνει το σοβαρό πρόβλημα της πιθανής φα-

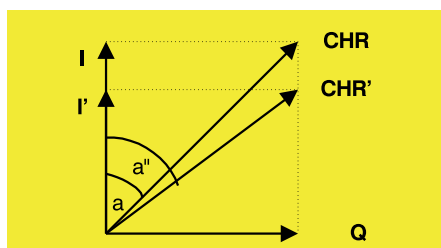


σικής εκτροπής του σήματος CHROMINANCE από την κανονική του θέση που παρουσιάζει το σύστημα NTSC. Στο NTSC το σήμα CHROMINANCE είναι η συνισταμένη των διαμορφωμένων σημάτων I και Q με μέτρο  $CHR = \sqrt{I^2 + Q^2}$  και η γωνία  $\alpha = \tan^{-1} Q/I$  σχ. 4.1.3.4.2.1



Σχήμα 4.1.3.4.2.1 Το σήμα CHR σαν συνισταμένη των I και Q στο NTSC

Αν όμως το σήμα CHR αποκλίνει φασικά από την κανονική του θέση, τότε η χρωματική αυτή παραμόρφωση θα μεταφερθεί στο δέκτη, όπου εκεί δεν είναι δυνατόν να γίνει αντιληπτή και κατ' επέκταση να διορθωθεί.

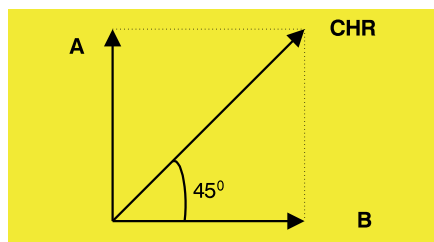


Σχήμα 4.1.3.4.2.2. Φασική απόκλιση του CHR από την ορθή του θέση.

Το σύστημα PAL λύνει το πρόβλημα αυτό (της φασικής απόκλισης του σήματος CHR) μεταβάλλοντας τη φάση της μιας από τις δύο συνιστώσες κατά  $180^\circ$  ανά γραμμή σάρωσης. Λόγω αυτής της φιλοσοφίας πήρε την ονομασία PAL που στα Αγγλικά είναι PHASE ALTERNATION LINE - εναλλαγή της φάσης ανά γραμμή. Θα δώσουμε ένα απλό παράδειγμα της παραπάνω σκέψης:

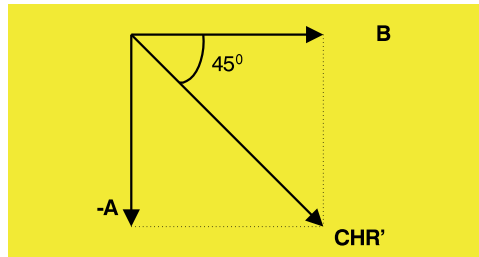
Έστω ότι έχουμε τις χρωματικές συνιστώσες A και B, που συνιστούν το σήμα CHR εκπομπής  $CHR = \sqrt{A^2 + B^2}$  για μια τυχαία γραμμή σάρωσης π.χ. L.

Για ίσα μέτρα A και B θα έχουμε συνισταμένη CHR με γωνία  $45^\circ$ .

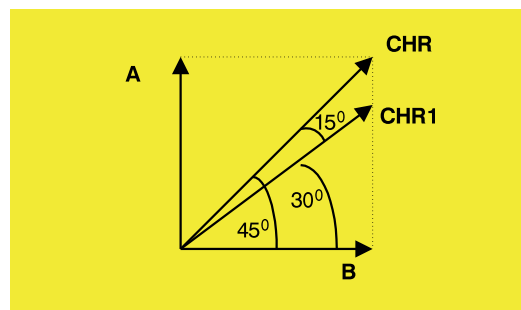


Σχήμα 4.1.3.4.2.3 Σχέση της γωνίας του CHR με τα πλάτη των σημάτων A και B.

Στην επόμενη γραμμή σάρωσης L + 1 μεταβάλλεται η φάση του σήματος A κατά  $180^\circ$  και έχουμε το σχήμα 4.1.3.4.2.4



Σχήμα 4.1.3.4.2.4 Μεταβολή της φάσης του σήματος A.

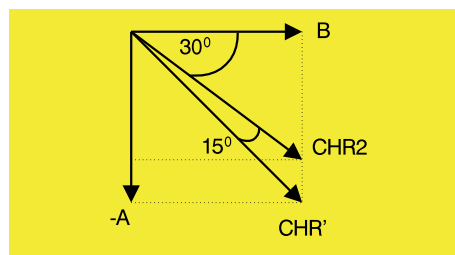


Σχήμα 4.1.3.4.2.5 Φασική απόκλιση  $15^\circ$  του CHR από την ορθή θέση.

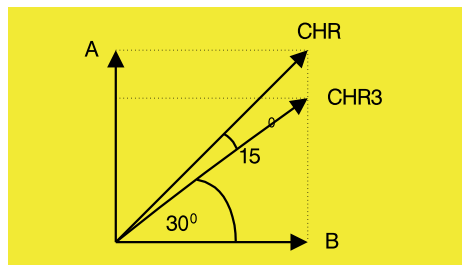
Αν το σήμα CHR υποστεί κάποια φασική απόκλιση π.χ.  $15^\circ$  στη διαδικασία της L γραμμής θα έχουμε το σήμα CHR1, που φυσικά θα εκφράζει διαφορετική απόχρωση με γωνία  $45^\circ - 15^\circ = 30^\circ$  από το B.

Στην επόμενη γραμμή σάρωσης L + 1 η φασική απόκλιση μεταφέρεται, επειδή η φάση του σήματος A αναστρέφεται. Έτσι έχουμε το σήμα CHR2 με γωνία  $45^\circ - 15^\circ = 30^\circ$  από το B.

Στη διαδικασία της επεξεργασίας του χρωματοφόρου από τον αποκωδικοποιητή η φάση του σήματος - A του σχήματος 4.1.3.4.2.6 επαναναστρέφεται κατά  $180^\circ$  (με τη βοήθεια ενός φασοστροφέα  $180^\circ$ ) και τελικά λαμβάνει τη μορφή του σχήματος 4.1.3.4.2.7

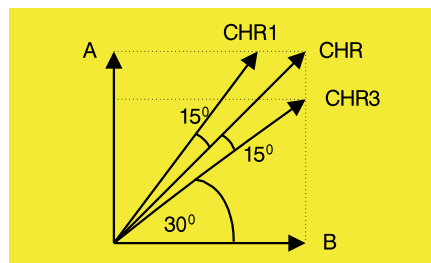


Σχήμα 4.1.3.4.2.6 Αναστροφή της φασικής απόκλισης με γωνία CHR2  $30^\circ$  από το B ( $45^\circ - 15^\circ = 30^\circ$ ).



Σχήμα 4.1.3.4.2.7 Επαναπροσδιορισμός της φασικής απόκλισης στο δέκτη.

Ακολούθως ο αποκωδικοποιητής αθροίζει τα σήματα των γραμμών L και L + 1 (με τη βοήθεια μιας γραμμής καθυστέρησης 64μsec), οπότε προκύπτει το σήμα του σχήματος 4.1.3.4.2.8



Σχήμα 4.1.3.4.2.8 Άθροιση των αντιθέτων φασικών σφαλμάτων

με αποτέλεσμα οι φασικές αποκλίσεις CHR1 και CHR3 δύο διαδοχικών γραμμών να αλληλοεξουδετερώνονται και έτσι να έχουμε το σήμα CHR καθαρό. Επομένως το σήμα CHR θα έχει τιμή

$$CHR = \pm A * \sigma\omega * t + B * \eta\omega * t$$

Το σύστημα PAL είναι συμβατό με τη διαδικασία εκπομπής και λήψης A/M σήματος.

Για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα (CCIR) έχει σύστημα διερεύνησης 625 γραμμών σε δύο πεδία (fields) των 312,5 γραμμών το κάθε ένα, εκπέμπονται δε 25 ει-κόνες/sec με συχνότητα κάθετης σάρωσης  $F_v = 50\text{Hz}$  και οριζόντιας σάρωσης  $F_H = 15625\text{Hz}$ .

Το συνολικό εύρος ενός καναλιού στα VHF για το σύστημα PAL B/G είναι 7 MHz, ενώ το εύρος του οπτικού σήματος είναι 5MHz.

Το σήμα οπτικής πληροφορίας Luminance Y διαμορφώνεται με τη μέθοδο της διαμόρφωσης πλάτους A.M. (με αποκοπή τμήματος της κάτω πλευρικής ζώνης) και με πολικότητα αρνητική (AC5).

Ο ήχος διαμορφώνεται κατά συχνότητα FM με μέγιστη απόκλιση 250KHz (0,25 MHz), ενώ το διατιθέμενο κανάλι του ήχου είναι 500KHz (0,5MHz) και με προέμφαση 50μsec.

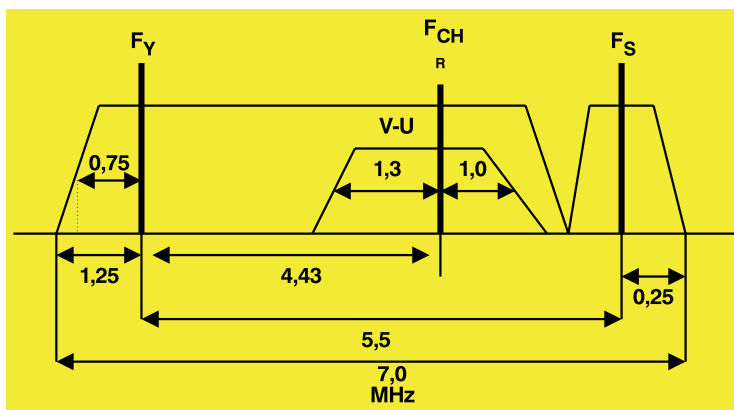
Οι χρωματικές πληροφορίες R - Υ και B - Υ διαμορφώνονται με τη μέθοδο της τετραγωνικής διαμόρφωσης πλάτους (Q.A.M. QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION), με ταυτόχρονη συμπίεση των πλευρικών ζωνών σε 1,3 MHz για την κάτω πλευρική και 1 MHz για την πάνω πλευρική καθώς και αφαίρεση της χρωμοφέρουσας συχνότητας.

Η φέρουσα της εικόνας F<sub>Υ</sub> βρίσκεται 1,25 MHz από την αρχή του καναλιού, όμως μόνο οι συχνότητες, που βρίσκονται 0,75MHz από την F<sub>Υ</sub>, θεωρούνται ότι έχουν ικανό πλάτος προς επεξεργασία.

Η φέρουσα των χρωματικών πληροφοριών F<sub>CH</sub> βρίσκεται 4,43 MHz από την F<sub>Υ</sub>.

Η φέρουσα του ήχου F<sub>ς</sub> βρίσκεται 5,5 MHz από την F<sub>Υ</sub>.

Στο σχήμα 4.1.3.4.2.9 φαίνεται ένα τυπικό κανάλι VHF με τις διαμορφωμένες χρωματικές πληροφορίες.



Σχήμα 4.1.3.4.2.9 Φάσμα συχνοτήτων ενός τηλεοπτικού καναλιού στο PAL

Η επιλογή της F<sub>CH</sub> = 4,43 MHz γίνεται με τη βοήθεια της σχέσης

$$F_{CH} = \left( n - \frac{1}{4} \right) \cdot F_H + \frac{F_V}{2}$$

$$F_{CH} = \left( 284 - \frac{1}{4} \right) \cdot 15625 + \frac{50}{2} = 4,43 \text{ MHz}$$

Όπου F<sub>H</sub> η συχνότητα γραμμών = 15625HZ.

F<sub>V</sub> η συχνότητα πεδίων = 50HZ

Και n = 284 γραμμή σάρωσης.

Η εκλογή της 284 γραμμής είναι σημαντική για να μην υπάρχουν παρενοχλήσεις του οπτικού σήματος Υ από τις χρωματικές πληροφορίες.

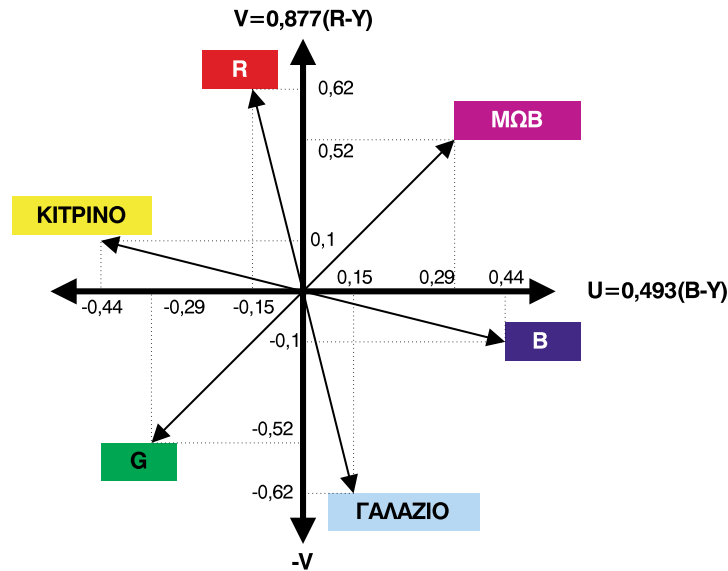
## ii. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΟΔΙΑΦΟΡΩΝ

Στο σύστημα PAL γίνεται χρήση των χρωματικών διαφορών R - Υ και B - Υ στην εκπομπή, ενώ στο δέκτη η χρωματική πληροφορία G - Υ αναπαράγεται βάσει της

σχέσης,  $G-Y = 0,51 (R - Y) - 0,19 (B - Y)$ .

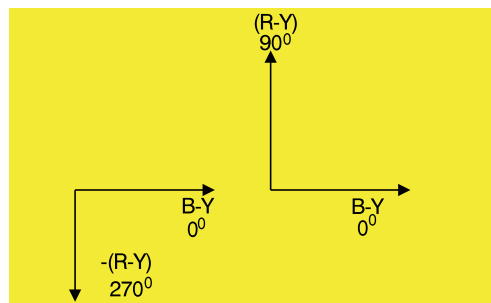
Επίσης στη διαδικασία διαμόρφωσης κατά QAM γίνεται συμπίεση των χρωματικών διαφορών  $R - Y$  και  $B - Y$  με αποτέλεσμα να έχουμε δύο νέα σήματα  $V = 0,877 (R - Y)$  και  $U = 0,493 (B - Y)$ .

Τα σήματα  $V$  και  $U$  βρίσκονται σε  $90^\circ$  διαφορά φάσης με το  $V$  να προηγείται του  $U$ . Παρακάτω φαίνεται το διανυσματικό διάγραμμα των  $V$  και  $U$  σε σχέση με τα βασικά χρώματα  $R$ ,  $G$ ,  $B$ , με τα συμπληρωματικά μωβ, γαλάζιο, κίτρινο και με τις χρωματικές διαφορές  $R - Y$  και  $B - Y$



Σχήμα 4.1.3.4.2.10 Θέση των σημάτων  $V$  και  $U$  στο χρωμικό κύκλο του NEWTON.

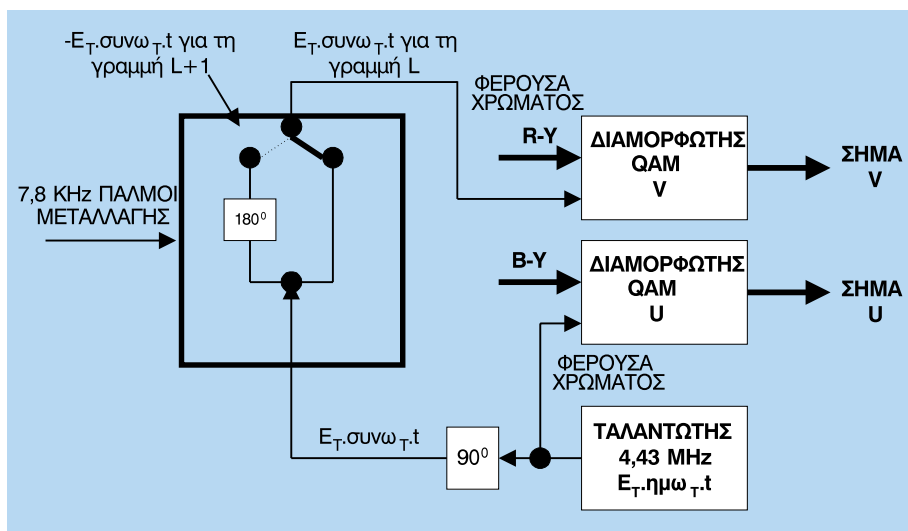
Ανάλογα με τη διερευνόμενη απόχρωση της κάθε γραμμής σάρωσης οι χρωματικές διαφορές  $R - Y$  και  $B - Y$  μπορεί να λάβουν είτε θετική είτε αρνητική τιμή  $\pm (R - Y)$  και  $\pm (B - Y)$  πάντοτε όμως θα διαφέρουν κατά  $90^\circ$ . Η φέρουσα συχνότητα  $F_{CHN} = 4,43\text{MHz}$  για μία γραμμή σάρωσης, έστω  $L$ , διαμορφώνεται από το σήμα  $B - Y$  απ' ευθείας και από το σήμα  $R - Y$ , αφού υποστεί ολίσθηση κατά  $90^\circ$ . Στην επόμενη γραμμή σάρωσης  $L + 1$  η  $F_{CHN}$  διαμορφώνεται από το  $B - Y$  απ' ευθείας πάλι και από το σήμα  $R - Y$ , αφού όμως έχει υποστεί αναστροφή στη φάση της κατά  $180^\circ$ , δηλαδή από  $90^\circ$  έχει ολισθήσει στις  $270^\circ$ .



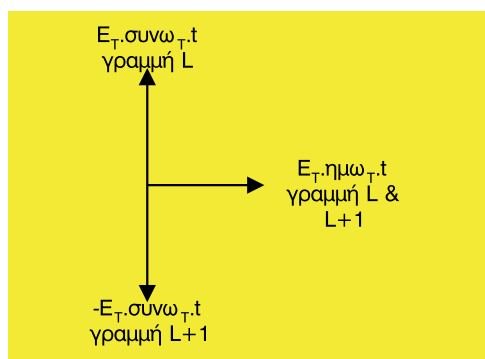
Σχήμα 4.1.3.4.2.11 Θέση των σημάτων  $V$  και  $U$  για δύο διαδοχικές γραμμές.

Έτσι μεταβάλλεται η φάση του σήματος R - Y (ουσιαστικά μεταβάλλεται η φάση της χρωμοφέρουσας  $F_{CHR}$ ) κατά  $180^\circ$  από γραμμή σε γραμμή.

Η παραπάνω φιλοσοφία μπορεί να πραγματοποιηθεί με το δομικό διάγραμμα του σχήματος 4.1.3.4.2.12

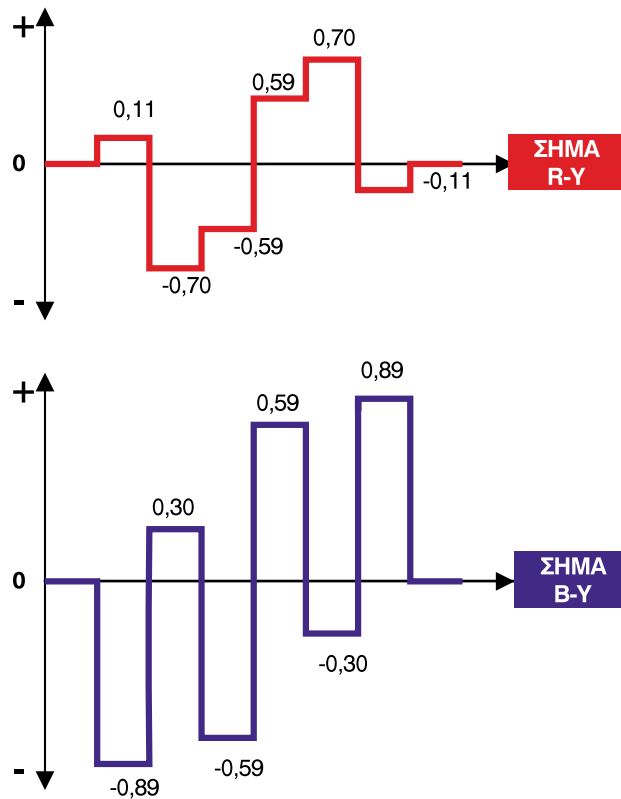


Σχήμα 4.1.3.4.2.12 Δομικό διάγραμμα αλλαγής της φάσης της φέρουσας κατά  $180^\circ$  και διαμόρφωση QAM



Σχήμα 4.1.3.4.2.13 Διανυσματική παράσταση της φέρουσας στους διαμορφωτές.

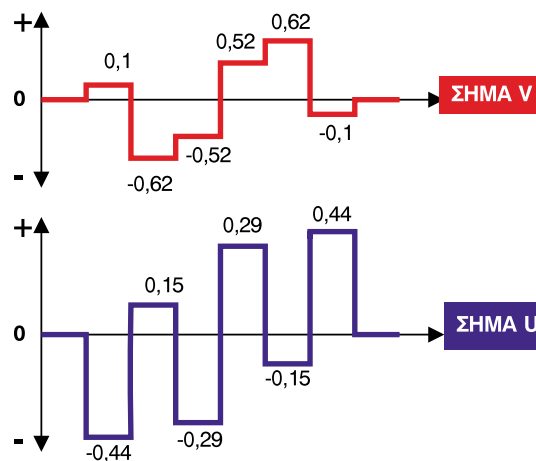
Τα σήματα  $R - Y$  και  $B - Y$  με θετική μορφή γνωρίζουμε ότι είναι:



Σχήμα 4.1.3.4.2.14 Σήματα  $(R - Y)$  και  $(B - Y)$

μετά τη συμπίεση των  $(R - Y)$  και  $(B - Y)$  βάσει των σχέσεων

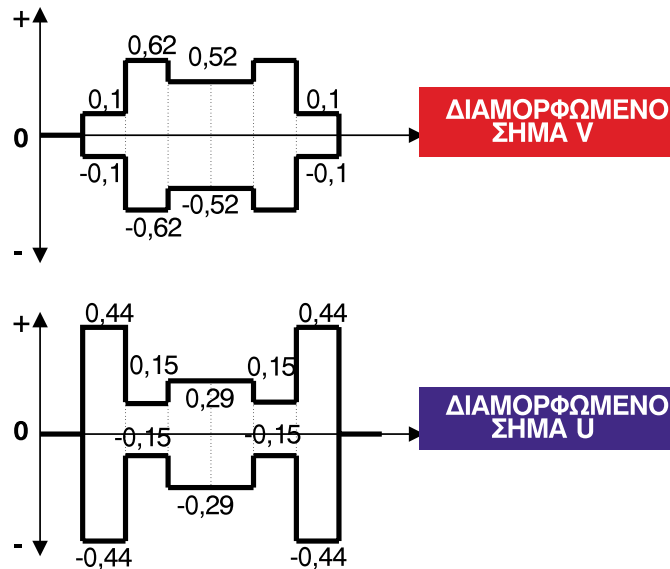
$V = 0,877 (R - Y)$  και  $U = 0,493 (B - Y)$  θα είναι:



Σχήμα 4.1.3.4.2.15 Τα σήματα  $R - Y$  και  $B - Y$  συμπιεσμένα

### iii. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ V ΚΑΙ U

Μετά τη διαμόρφωση τα διαμορφωμένα σήματα V και U θα είναι:

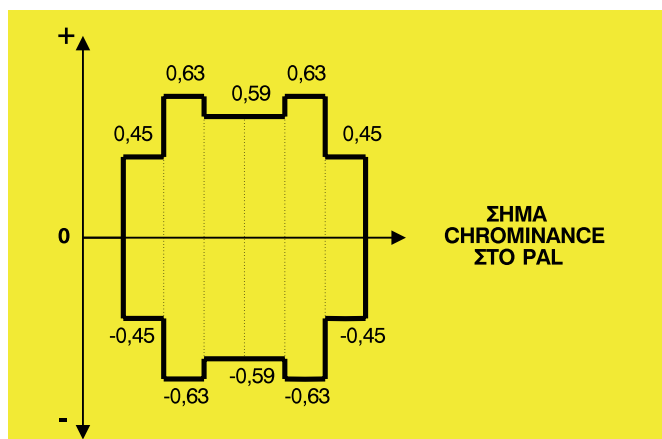


Σχήμα 4.1.3.4.2.16 Τα σήματα R - Y και B - Y διαμορφωμένα

### iv. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ CHROMINANCE

Το άθροισμα των σημάτων V και U που έχουν διαφορά φάσης  $90^\circ$ , δίνει τη συνισταμένη τους, η οποία είναι:

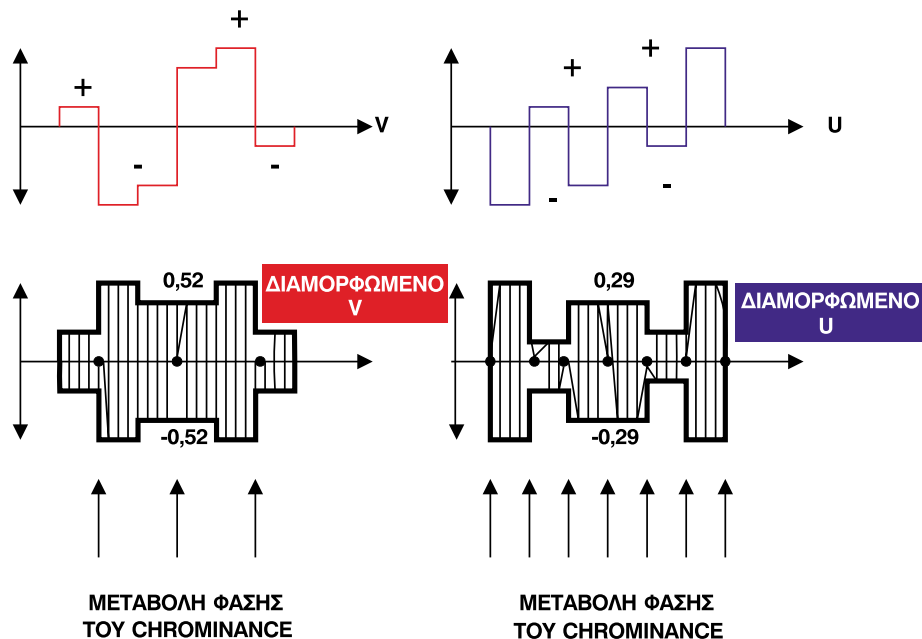
$F = \sqrt{V^2 + U^2}$ , θα το ονομάσουμε σήμα χρωμικότητας (CHROMINANCE).



Σχήμα 4.1.3.4.2.17 Το σήμα CHROMINANCE στο PAL

Στο σχήμα 4.1.3.4.2.18 φαίνεται η μεταβολή της φάσης της χρωμοφέρουσας (φέρουσα συχνότητα της πληροφορίας χρωμικότητας) σε συνάρτηση με τη μεταβολή της τιμής των σημάτων V και U.

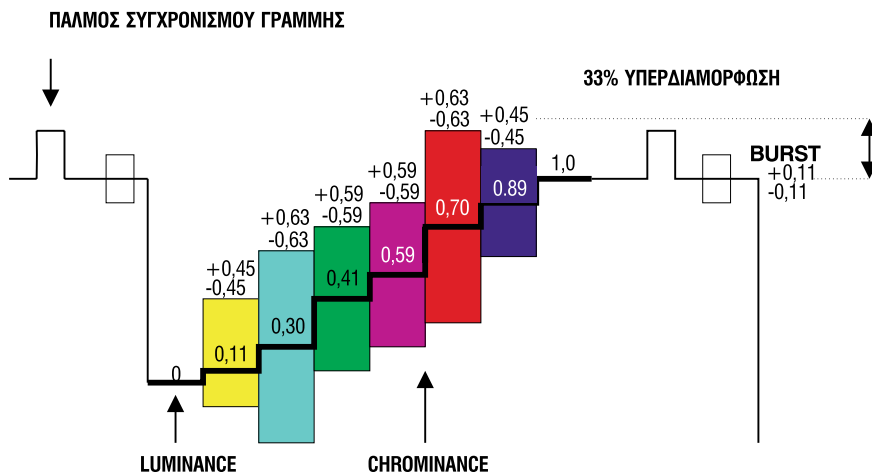




Σχήμα 4.1.3.4.2.18 Μεταβολή της φάσης του CHROMINANCE

#### ν. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΕΓΧΡΩΜΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Αν τώρα αθροίσουμε το σήμα CHROMINANCE του σχήματος 4.1.3.4.2.17 με το σήμα φωτεινότητας Y, θα προκύψει το σύνθετο έγχρωμο οπτικό σήμα (COLOUR COMPOSITE VIDEO SIGNAL CCVS).



Σχήμα 4.1.3.4.2.19 Το σήμα CCVS στο PAL.

Η υπερδιαμόρφωση 33% θεωρείται ανεκτή με τη βοήθεια των διαμορφωμένων σημάτων V και U, ενώ με τη χρήση απευθείας διαμόρφωσης των σημάτων R - Y και B - Y η υπερδιαμόρφωση θα ήταν μεγαλύτερη.

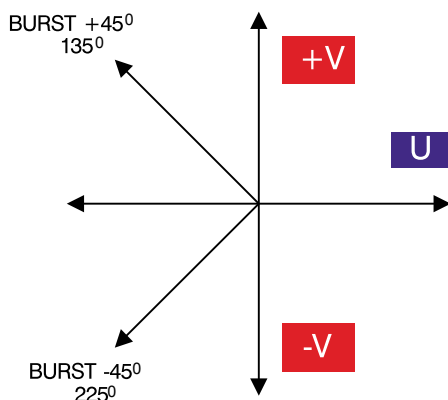
Το CCVS θα έχει τιμή  $CCVS = Y \pm V_{\text{συνωτ}} + U_{\text{ημωτ}}$ .

### vi. ΤΟ ΣΗΜΑ ΒΟΛΗΣ (BURST)

Στη διαδικασία της διαμόρφωσης της χρωμοφέρουσας από τα σήματα V και U, η χρωμοφέρουσα  $F_{CHR} = 4,43 \text{ MHz}$  δεν εκπέμπεται. Στη λήψη κατά τη διαδικασία της αποδιαμόρφωσης θα πρέπει να αναπαραχθεί η χρωμοφέρουσα 4,43 MHz πιστά κατά συχνότητα και φάση, όπως ακριβώς στον κωδικοποιητή.

Επειδή όμως στο σύνθετο έγχρωμο σήμα δεν έχουμε καμμία πληροφορία για την ακριβή συχνότητα και φάση του φέροντος, ώστε να υπάρχει χρωμοσυγχρονισμός (κωδικοποιητή - αποκωδικοποιητή) των αλλαγών του φέροντος για το σήμα V κατά  $180^\circ$  από γραμμή σε γραμμή σάρωσης, γι' αυτό εκπέμπουμε μαζί με το CCVS ένα μικρό δείγμα (10 περίπου κύκλοι) του φέροντος 4,43 MHz στο πίσω μέρος του παλμού αμαύρωσης γραμμής (Back door Blanking Pulse), που το ονομάζουμε σήμα "Βολής" ή BURST SIGNAL.

Αυτό το μικρό σήμα σκοπό έχει να συγχρονίζει κατά συχνότητα και φάση τον ταλαντωτή 4.43 MHz του αποκωδικοποιητή με αυτόν του κωδικοποιητή. Εκπέμπεται σε κάθε γραμμή σάρωσης και παρακολουθεί τη μεταβολή της φάσης του φέροντος, που διαμορφώνεται από το σήμα V. Βρίσκεται δε σε  $\pm 45^\circ$  διαφορά φάσης από το σήμα V, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1.3.4.2.20



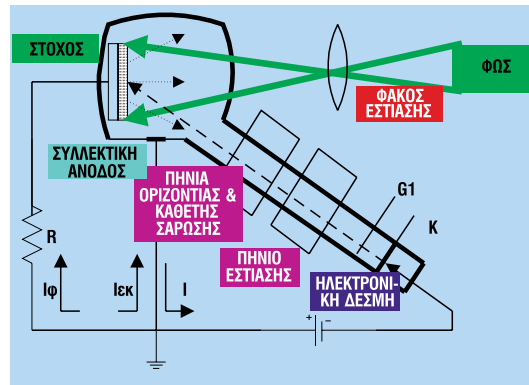
Σχ. 4.1.3.4.2.20 Θέση του σήματος BURST για δύο διαδοχικές γραμμές.

Αν σε μία γραμμή σάρωσης το φέρον 4.43MHz διαμορφώνεται από το σήμα + V με φάση  $90^\circ$ , τότε το Burst θα έχει φάση  $90^\circ + 45^\circ = 135^\circ$ . Στην επόμενη γραμμή σάρωσης η φάση του φέροντος 4.43 MHz αλλάζει κατά  $180^\circ$ , οπότε το σήμα V θα βρίσκεται στις  $270^\circ$  και το σήμα Burst θα έχει φάση  $270^\circ - 45^\circ = 225^\circ$

## 4.2 Αρχή λειτουργίας απρόμαυρου εικονοσκοπίου (B/W CAMERA)

Το εικονοσκόπιο διαθέτει ολόκληρο σύστημα φωτοευαίσθητων κόκκων, μονωμένων μεταξύ τους, που αποτελούν το "στόχο" πάνω στον οποίο θα εστιασθεί η προς ανάλυση εικόνα.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η δομή του εικονοσκοπίου.



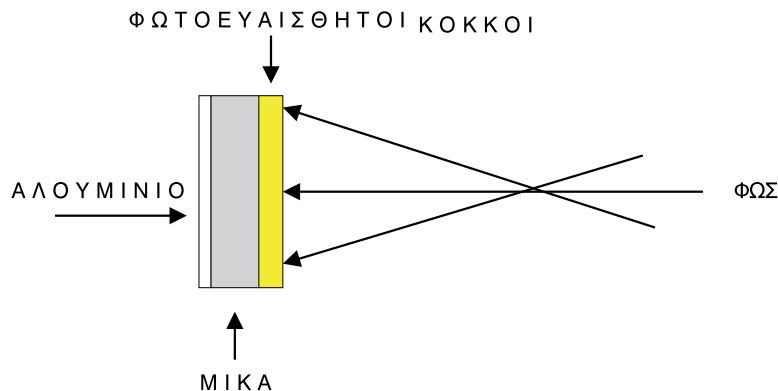
Σχήμα 4.2 Εικονοσκόπιο

Η επιφάνεια του στόχου συνίσταται από λεπτότατους φωτοευαίσθητους κόκκους μονωμένους μεταξύ τους. Οι κόκκοι είναι διατεταγμένοι σε σειρές και καλύπτουν όλη την επιφάνεια του στόχου (Target), είναι δε περίπου 400.000 έως 500.000. Πίσω από το φωτοευαίσθητο στόχο υπάρχει μονωτικό υλικό π.χ. μίκα που η άλλη της πλευρά καλύπτεται από μεταλλικό στρώμα π.χ. αλουμίνιο, το οποίο ουσιαστικά παίζει το ρόλο της ανόδου.

Στην αντίσταση φορτίου  $R$  αναπτύσσεται το σήμα εξόδου (video). Στην πράξη, το "σάντουιτς" μέταλλο-μονωτικό-κόκκοι, αποτελεί ένα σύνολο στοιχειωδών πυκνωτών. Το εικονοσκόπιο διαθέτει το ηλεκτρονικό πυροβόλο με πηνία κάθετης και οριζόντιας απόκλισης. Επίσης διαθέτει το πηνίο εστίασης και τη συλλεκτική άνοδο, που ουσιαστικά είναι γραφιτούχο υλικό επιστρωμένο στο εσωτερικό του εικονοσκοπίου.

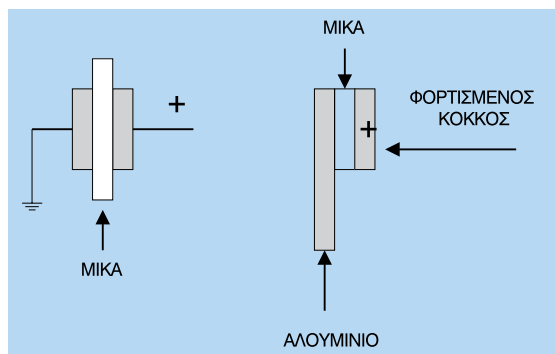
### 4.2.1 Λειτουργία ΕΙΚΟΝΟΣΚΟ- ΠΙΟΥ

Με τη βοήθεια του οπτικού φακού η εικόνα εστιάζεται στην επιφάνεια του φωτοευαίσθητου υλικού και επομένως θα εκπέμπονται φωτοηλεκτρόνια από τους στοιχειώδεις φωτοευαίσθητους κόκκους. Ο αριθμός των εξερχομένων φωτοηλεκτρονίων είναι ανάλογος της προσπίπτουσας φωτεινότητας σε κάθε κόκκο. Έτσι όσοι κόκκοι φωτίστηκαν θα παρουσιάσουν έλλειψη ηλεκτρονίων δηλαδή θα εμφανισθούν με θετικό φορτίο. Για να γίνει πιο σαφής η διαδικασία της φόρτισης των στοιχειωδών κόκκων, ας δούμε το επόμενο σχήμα.



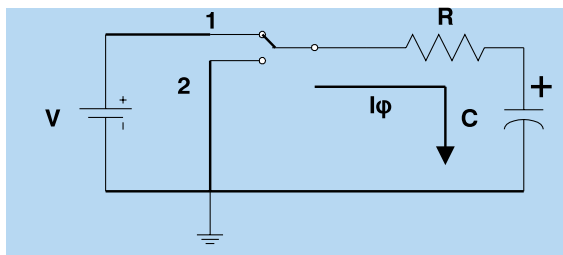
Σχήμα 4.2.1.1 Τομή φωτοευαίσθητης επιφάνειας εικονοσκοπίου.

Το φως αποδεσμεύει ηλεκτρόνια από κάθε φωτισμένο κόκκο. Ο κόκκος εμφανίζεται ως θετικό ιόν, οπότε σε συνάρτηση με τη μίκα και το αλουμίνιο δημιουργείται ένας στοιχειώδης πυκνωτής.



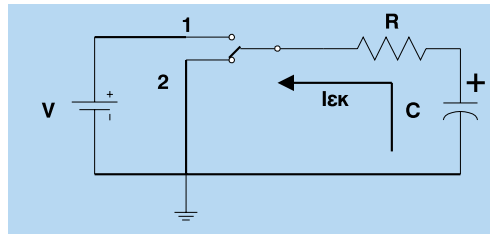
Σχήμα 4.2.1.2 Φόρτιση στοιχειώδους πυκνωτή

Το σύνολο των φορτισμένων κόκκων αποτελεί ένα πολλαπλό πυκνωτή, ο οποίος διατηρεί το φορτίο, έως ότου εκφορτισθεί κάτω από κάποια εξωτερική αιτία. Ένας πυκνωτής μπορεί να εκφορτισθεί, αν δοθεί διέξοδος στο φορτίο του προς μία πηγή ή αν τροφοδοτηθεί με ίσης ποσότητας αντίθετης πολικότητας φορτίο. Στο επόμενο σχήμα ο πυκνωτής  $C$  φορτίζεται μέσω της αντίστασης  $R$  στην τάση της πηγής  $V$  με την πολικότητα, που σημειώνεται.



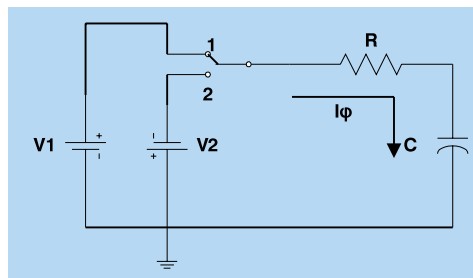
Σχήμα 4.2.1.3 Κύκλωμα φόρτισης πυκνωτή

Στο σχήμα, που ακολουθεί, ο φορτισμένος πυκνωτής εκφορτίζεται μέσω της R με βραχυκύκλωμα προς τη γη.



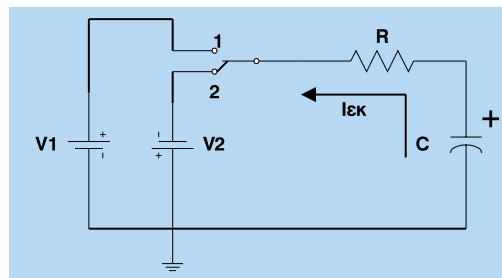
Σχήμα 4.2.1.4 Εκφόρτιση πυκνωτή

Στη δεύτερη περίπτωση, ο πυκνωτής C φορτίζεται πάλι μέσω της R στην τάση της πηγής V1 με την πολικότητα που σημειώνεται.



Σχήμα 4.2.1.5 Κύκλωμα φόρτισης πυκνωτή

Ο πυκνωτής C εκφορτίζεται δεχόμενος ίση και αντίθετης πολικότητας τάση από την V2.



Σχήμα 4.2.1.6 Κύκλωμα εκφόρτισης πυκνωτή με τροφοδότηση από πηγή αντίθετης πολικότητας.

Διαστάσεις του φωτοευαίσθητου στόχου

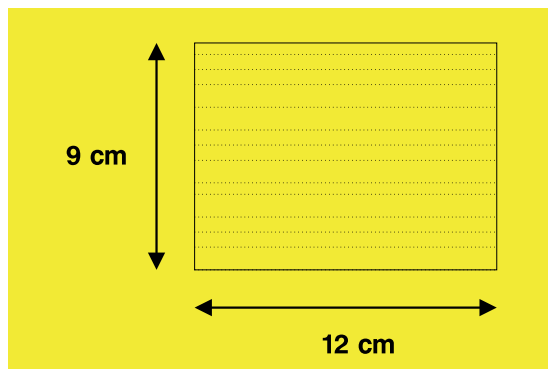
Οι διαστάσεις της πλάκας του φωτοευαίσθητου μωσαϊκού είναι:

**ΥΨΟΣ = 9 cm & ΠΛΑΤΟΣ = 12 cm**

Οπότε ο λόγος ΠΛΑΤΟΣ/ΥΨΟΣ = 4/3

Το πάχος της μίκας είναι περίπου 0,05mm

Η συνολική χωρητικότητα των κόκκων είναι 10.000 pF περίπου.

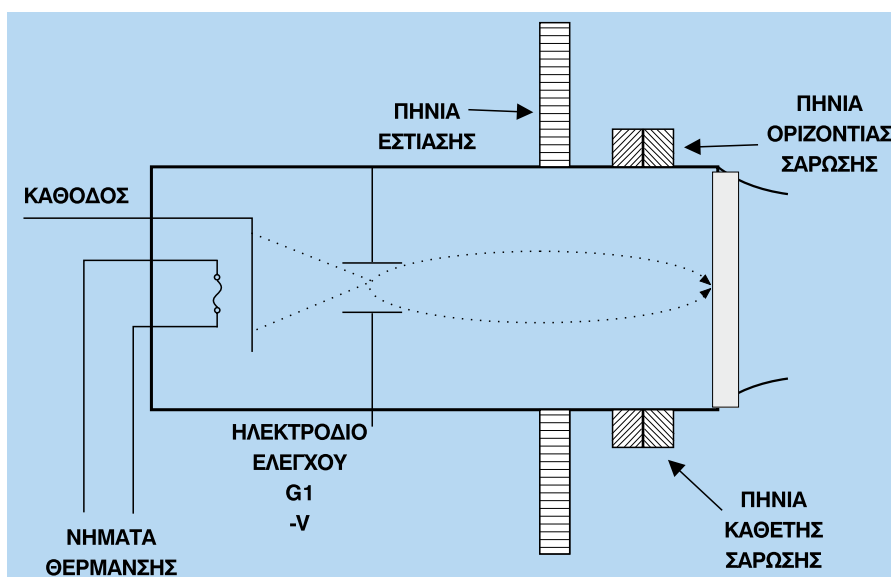


Σχήμα 4.2.1.7 Συνηθισμένη διάσταση φωτοευαίσθητου στόχου

Αν θεωρήσουμε ότι οι κόκκοι του στόχου είναι φορτισμένοι (κάτω από την προβολή των εικόνων), τότε δεχόμεθα ότι έχει πραγματοποιηθεί μία ηλεκτρική αποτύπωση της προβαλλόμενης εικόνας υπό μορφή φορτίων στους φωτοευαίσθητους κόκκους.

Ουσιαστικά έχει γίνει μετατροπή εικόνας σε στοιχειώδη φορτία ανάλογα των φωτεινότητων (σημείο προς σημείο) της εικόνας πάνω στους κόκκους (μικροί πυκνωτές).

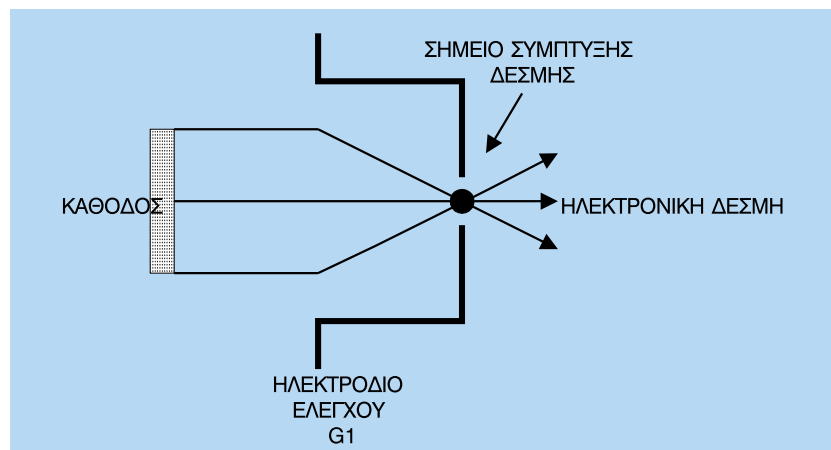
Για να αποδεσμευθούν αυτά τα στοιχειώδη φορτία και να αποδοθούν σαν ηλεκτρικά παλμορεύματα στην αντίσταση φορτίου πρέπει να εκφορτισθούν οι φορτισμένοι κόκκοι διαδοχικά, όπως ακριβώς φορτίστηκαν. Προς τούτο υπάρχει το ηλεκτρικό πυροβόλο, που διαθέτει ηλεκτρομαγνητικό σύστημα εστίασης της δέσμης των ηλεκτρονίων και ηλεκτρομαγνητικό σύστημα απόκλισης.



Σχήμα 4.2.1.8 Τομή ηλεκτρονικού πυροβόλου

Τα ηλεκτρόνια εξέρχονται από την κάθοδο του πυροβόλου, όταν αυτή θερμανθεί από τα νήματα (θερμιονική εκπομπή ηλεκτρονίων).

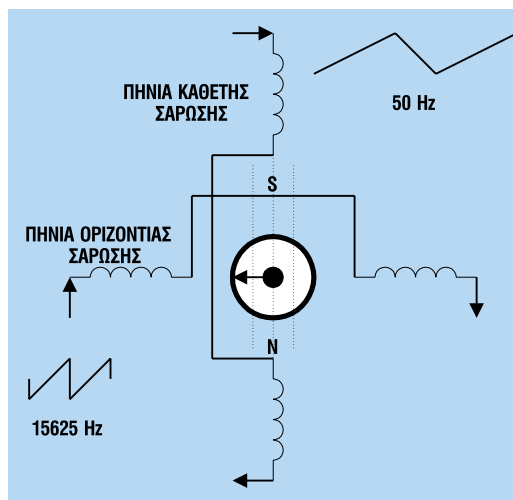
Ο αριθμός των εξερχομένων ηλεκτρονίων ελέγχεται και αρχικώς συμπυκνώνεται από την τάση ελέγχου του ηλεκτροδίου G1, η οποία είναι αρνητικότερη του δυναμικού της καθόδου.



Σχήμα 4.2.1.9 Δράση του ηλεκτροδίου G1

Η ελεγχόμενη δέσμη ηλεκτρονίων δέχεται τη δράση του μαγνητικού πεδίου του πηνίου εστίασης και αναγκάζεται να εστιασθεί στο γεωμετρικό κέντρο του μωσαϊκού.

Επίσης τα πηνία οριζόντιας (HORIZONTAL) και κάθετης (VERTICAL) απόκλισης δέχονται τάσεις τέτοιες, ώστε να προκληθούν πριονωτά ρεύματα σε αυτά. Τα πριονωτά �εύματα δημιουργούν αντίστοιχα μαγνητικά πεδία, τα οποία εκτρέπουν την ηλεκτρονική δέσμη κατά την οριζόντια και κάθετη έννοια.



Σχήμα 4.2.1.10 Το σύστημα της ηλεκτρομαγνητικής σάρωσης

Έτσι με κατάλληλο συνδυασμό των πριονωτών μαγνητικών πεδίων μπορούμε να οδηγήσουμε την ηλεκτρονική δέσμη σε μία πλήρη ανίχνευση (σάρωση SCANNING) όλου του φωτοευαίσθητου μωσαϊκού στόχου. Οι συχνότητες των πριονωτών αυτών ρευμάτων είναι διαφορετικές για κάθε πρότυπο σύστημα ανίχνευσης., π.χ. στο Ευρωπαϊκό σύστημα σάρωσης έχουμε:

**Συχνότητα οριζόντιας σάρωσης  $F_H = 15.625 \text{ Hz}$**

**Συχνότητα κάθετης σάρωσης  $F_V = 50 \text{ Hz}$**

Η ηλεκτρονική δέσμη με τη βοήθεια των πηνίων απόκλισης διερευνά όλη την επιφάνεια του μωσαϊκού και όπου βρίσκει φορτισμένο κόκκο (με απώλεια φωτοηλεκτρονίων) τον εκφορτίζει προσδίδοντας σ'αυτόν ίσο αριθμό ηλεκτρονίων με αυτό που έχει χάσει.

Τα υπόλοιπα ηλεκτρόνια της δέσμης συλλέγονται από τη συλλεκτική άνοδο (γραφιτούχο υλικό). Οι εκφορτιζόμενοι κόκκοι διαρρέουν το φορτίο τους προς την αντίσταση φορτίου δημιουργώντας έτσι ένα παλμόρευμα, το οποίο είναι αντίθετης φοράς από το ρεύμα φόρτισης. Το ρεύμα εκφόρτισης μέσα από την αντίσταση φορτίου θα αναπτύξει μία πτώση τάσης, η οποία θα είναι ουσιαστικά το οπτικό σήμα (σήμα VIDEO). Η σάρωση του κόκκων του στόχου από την ηλεκτρονική δέσμη γίνεται σε διαδοχικές γραμμές από την κάτω δεξιά πλευρά του πλαισίου προς την πάνω αριστερή.

Όταν η προβαλλόμενη εικόνα περιέχει υψηλές φωτεινές πληροφορίες (λευκή εικόνα), τότε πολλά ηλεκτρόνια θα εκπεμφθούν από τους κόκκους και το μωσαϊκό θα παραμείνει σε θετικό δυναμικό, ενώ ο συλλέκτης θα συγκεντρώνει τα παραγόμενα ηλεκτρόνια κλείνοντας έτσι το κύκλωμα της καθόδου μέσω της αντίστασης φορτίου και της συλλεκτικής ανόδου.

(Στο εικονοσκόπιο η συλλεκτική άνοδος βρίσκεται σε δυναμικό 0 VOLT, ενώ η κάθοδος σε - 1000 VOLT). Το ρεύμα αυτό είναι της φόρτισης των κόκκων. Όταν όμως τα ηλεκτρόνια της δέσμης του πυροβόλου εκφορτίσουν τους κόκκους, τότε θα παραχθεί ένα αντίθετο ρεύμα εκφόρτισης. Έτσι στην αντίσταση φορτίου θα έχουμε μία πτώση τάσης αρνητική, λόγω του ρεύματος φόρτισης και μια πτώση τάσης αντίθετης πολικότητας, λόγω του ρεύματος εκφόρτισης.

Η αρνητική τάση είναι ανάλογη της φωτεινότητας της προβαλλόμενης εικόνας και θεωρείται αμετάβλητη συνάρτηση του χρόνου.

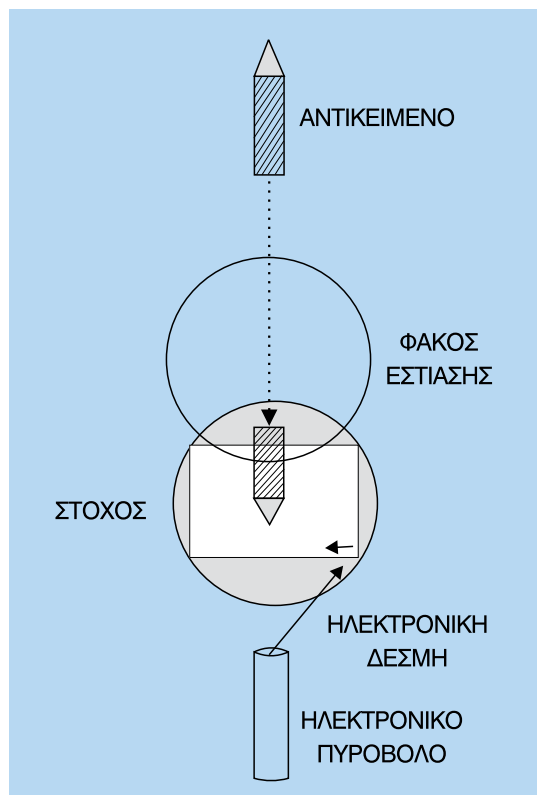
Η θετική τάση είναι ανάλογη προς το ρεύμα εκφόρτισης κάθε ενός κόκκου ξεχωριστά και επομένως είναι μεταβλητή συνάρτηση του χρόνου.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες η διαφορά δυναμικού θα είναι μικρή και το παραγόμενο σήμα VIDEO θα έχει μικρή στάθμη.

Όταν όμως η προβαλλόμενη εικόνα περιέχει χαμηλές φωτεινές πληροφορίες (σκούρα ή μαύρη εικόνα), τότε θα έχουμε μικρό ρεύμα εκφόρτισης (ή μηδενικό) με αποτέλεσμα η διαφορά των τάσεων στην αντίσταση φορτίου να είναι αρκετά υψηλή και το παραγόμενο σήμα VIDEO να έχει υψηλή στάθμη. Συμπυκνώνοντας για το εικονοσκόπιο και για τις πιο ακραίες περιπτώσεις (άσπρη-μαύρη εικόνα) θα έχουμε αντίστοιχα χαμηλή τάση εξόδου για την άσπρη και υψηλή τάση εξόδου για τη μαύρη εικόνα.

Το εικονοσκόπιο έχει χαμηλή ευαισθησία και χαμηλή πιστότητα, επειδή μπροστά





Σχήμα 4.2.1.11 Ηλεκτρονική σάρωση του στόχου

από το μωσαϊκό παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση φωτοηλεκτρονίων και ηλεκτρονίων λόγω δευτερογενούς εκπομπής.

Μερικά από αυτά επιστρέφουν στο μωσαϊκό με αποτέλεσμα να καταστρέφουν την ορθή ηλεκτρική αποτύπωση της εικόνας πάνω σ' αυτό. Επί πλέον η αναγκαστική τοποθέτηση του ηλεκτρονικού πυροβόλου σε γωνία ως προς το μωσαϊκό προκαλεί τραπεζοειδείς παραμορφώσεις στο παραγόμενο οπτικό σήμα.

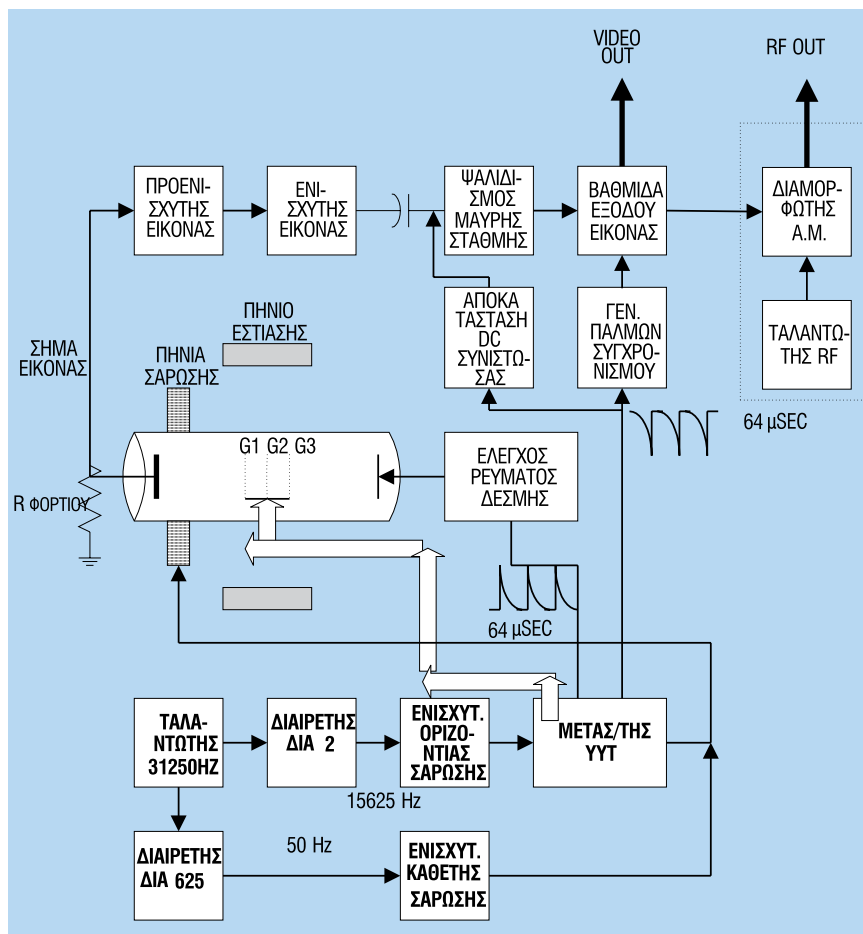
#### 4.2.2 ΔΟΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΣΠΡΟΜΑΥ- ΡΗΣ ΚΑΜΕ- ΡΑ VIDICON (B/W VIDICON CAMERA)

Το οπτικό σήμα αναπτύσσεται στην αντίσταση φορτίου Rφορτίου.

Ακολουθώς ενισχύεται από τις βαθμίδες του οπτικού προενισχυτή και του οπτικού ενισχυτή.

Το ενισχυμένο σήμα VIDEO οδηγείται στη βαθμίδα ψαλιδισμού της μαύρης στάθμης, ενώ ταυτόχρονα αποκαθίσταται η χαμένη συνεχής συνιστώσα D.C. (λόγω πυκνωτού).

Η συνεχής συνιστώσα εκφράζει τη μέση φωτεινότητα της διερευνούμενης εικόνας και απώλεια αυτής θα έχει σαν συνέπεια την ασάφεια της αναπαραγόμενης εικόνας στις ακραίες στάθμες (λευκού-μαύρου).



Σχήμα 4.2.2 Δομικό διάγραμμα κάμερα VIDICON B/W

Ο έλεγχος και η αποκατάσταση της D.C. συνιστώσας πραγματοποιείται με τη βοήθεια αρνητικών παλμών επιστροφής γραμμών περιόδου 64μsec, οι οποίες παράγονται από το μετασχηματιστή γραμμών.

Το οπτικό σήμα με περιορισμένη τη μαύρη στάθμη και αποκατεστημένη τη συνεχή συνιστώσα οδηγείται στον τελικό ενισχυτή VIDEO. Στον ενισχυτή αυτό προστίθενται και οι παλμοί συγχρονισμού γραμμής. Αυτοί, οι παλμοί SYNC παράγονται από ένα πολυδονητή, ο οποίος διεγείρεται από τους αρνητικούς παλμούς επιστροφής γραμμών. Το σήμα στην έξοδο του ενισχυτή VIDEO είναι θετικό. Στο μπλοκ διάγραμμα φαίνεται και μία τυπική διάταξη διαμόρφωσης του σήματος VIDEO και αναγωγής του σε κάποιο τηλεοπτικό κανάλι. Ο διαμορφωτής και ο ταλαντωτής ανήκουν στο συγκρότημα ενός πομπού. Ο διαμορφωτής σκοπό έχει να διαμορφώσει τη R.F. συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή (ταλαντωτής και πολλαπλασιαστικές διατάξεις) στο ρυθμό του σήματος VIDEO κάθε γραμμής, κατά πλάτος (Α.Μ.) με αποκοπή μέρους της κάτω πλευρικής ζώνης.

Τούτο σημαίνει ότι στο διαμορφωτή υπάρχει φίλτρο, που αποκόπτει ένα μέρος

της κάτω ζώνης επιτρέποντας μόνο σε ένα μικρό μέρος της ζώνης αυτής να διέρχεται (1,25 MHz).

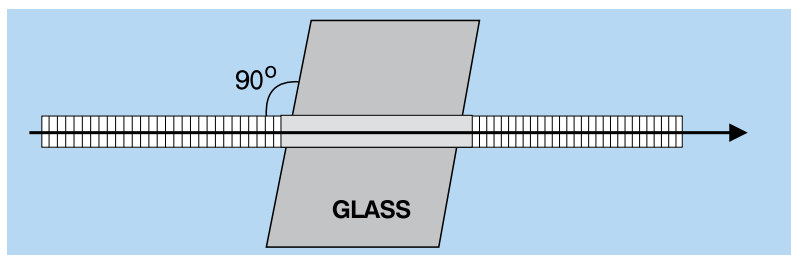
Επίσης υπάρχουν οι βαθμίδες παραγωγής των τάσεων σάρωσης για τη λυχνία VIDICON. Ένας κεντρικός πολυδονητής ταλαντώνεται στη συχνότητα 31.250 Hz. Με δύο διατάξεις διαίρεσης (1:2 και 1: 625) προκύπτουν οι απαραίτητες συχνότητες 15.625 Hz για την οριζόντια απόκλιση και 50 Hz για την κάθετη απόκλιση της δέσμης. Ακολουθούν οι απαραίτητες διατάξεις ενίσχυσης αυτών των ταλαντώσεων (πριονωτές τάσεις), οι οποίες τέλος οδηγούνται στα αντίστοιχα πηνία οριζόντιας και κάθετης απόκλισης (H & V YOKE). Στη λυχνία VIDICON του μπλοκ διαγράμματος η εστίαση γίνεται με ηλεκτροστατικό τρόπο (ηλεκτρόδιο G3 - FOCUSING GRID) και με ηλεκτρομαγνητικό τρόπο (πηνίο εστίασης - FOCUSING COIL).

### 4.3.1 ΦΑΚΟΙ

Ο οπτικός φακός φέρνει την εικόνα της σκηνής με ακριβή εστίαση πάνω στο σημείο λήψης της επιφάνειας του σωλήνα καθοδικών ακτίνων (στόχος Target). Τα χαρακτηριστικά του καθορίζουν την εικόνα του πεδίου (δηλ. τη συνολική εικόνα της σκηνής, που εμφανίζεται στην τηλεόραση), το βάθος του πεδίου (την απόσταση, που μετράται από την κάμερα και μέσα στην οποία τα αντικείμενα εμφανίζονται εστιασμένα), και την ποσότητα του φωτός που ανακλάται από τη σκηνή και πέφτει στο ημιδιαφανές εμπρόσθιο γυαλί του σωλήνα καθοδικών ακτίνων (faceplate). Η οπτική ποιότητα του φακού λήψης έχει να κάνει σε μεγάλο βαθμό με την ποιότητα της εικόνας και ο φακός αποτελεί ένα μεγάλο μέρος του συνολικού κόστους της κάμερας της TV.

#### 4.3.1.1 ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΦΑΚΟΥ

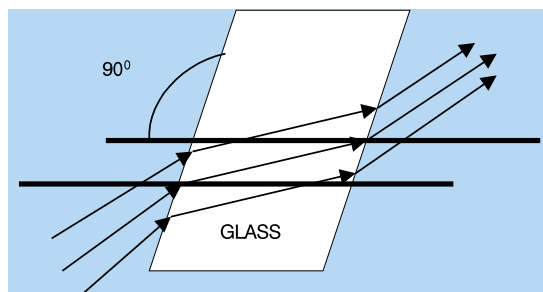
Ο φακός λειτουργεί με τη διάθλαση (αλλαγή διεύθυνσης των δεσμών του φωτός). Το φαινόμενο της διάθλασης συμβαίνει επειδή το φως ταξιδεύει με μικρότερη ταχύτητα σε υλικά με πυκνότητα μεγαλύτερη (από αυτή του αέρα), όπως το γυαλί. Όταν το φως πέσει πάνω σε μία γυάλινη επιφάνεια σε ορθή γωνία επιβραδύνεται η ταχύτητά του, καθώς διαπερνά το γυαλί, αλλά συνεχίζει την αρχική του πορεία, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.3.1.1.1.



Σχήμα 4.3.1.1.1 Διέλευση φωτός από γυάλινη επιφάνεια με γωνία 90°

Η αλλαγή της ταχύτητας φαίνεται από την πυκνή συγκέντρωση (μεγάλη σε αριθμό) των μηκών κύματος μέσα στο γυαλί.

Όταν η δέσμη πέφτει σε γωνία διαφορετική των  $90^\circ$ , σχήμα 4.3.1.1.2 αλλάζει διεύθυνση ως προς μία κάθετο στην επιφάνεια του γυαλιού στο σημείο εισόδου, επειδή το εμπρόσθιο τμήμα του κύματος στο κατώτερο μέρος της δέσμης αρχίζει να επιβραδύνει νωρίτερα.

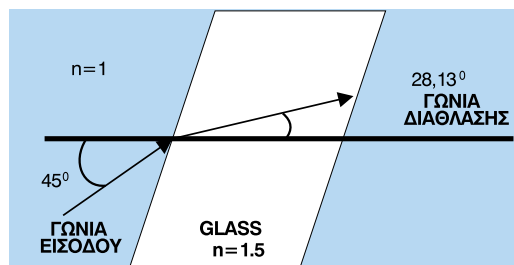


Σχήμα 4.3.1.1.2 Διέλευση φωτός από γυάλινη επιφάνεια με γωνία διαφορετική των  $90^\circ$

Τα κύματα στην κορυφή συνεχίζουν να ταξιδεύουν με την ταχύτητα που έχει το φως στον αέρα, μέχρι η κορυφή της δέσμης να πέσει στην επιφάνεια του γυαλιού. Στην διάθλαση σε περιβάλλον αέρα-γυαλιού, οι ακτίνες αλλάζουν διεύθυνση ως προς τον κάθετο άξονα (normal). Στην οπτική, η κάθετη είναι η κατακόρυφη προς την επιφάνεια του γυαλιού γραμμή στο σημείο, όπου η ακτίνα διασχίζει το σημείο επαφής. Στο σημείο, όπου η ακτίνα εξέρχεται από το γυαλί, αποκλίνει από την κατακόρυφη.

Η δέσμη φωτός, που αλλάζει διεύθυνση, καθορίζεται από το δείκτη διάθλασης και τη γωνία πρόσπτωσης. Ο δείκτης διάθλασης, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι ο λόγος της ταχύτητας του φωτός στο κενό (είναι σχεδόν ίδια με αυτή στον αέρα) προς την ταχύτητα του φωτός στο γυαλί. Το σημείο αναφοράς είναι το κενό (ή ο αέρας στις περισσότερες πρακτικές περιπτώσεις) όπου  $n$ , ο δείκτης διάθλασης είναι 1. Για ένα τυπικό φακό, ο δείκτης διάθλασης είναι περίπου 1.5, αλλά διαφοροποιείται ανάλογα με την πυκνότητα του γυαλιού. Για το διαμάντι, ο δείκτης διάθλασης είναι περίπου 2.4

Στο σχήμα 4.3.1.1.3 η γωνία πρόσπτωσης μετράται από τον κατακόρυφο άξονα. Η γωνία διάθλασης μετράται επίσης από τον κατακόρυφο άξονα, όπως φαίνεται στο ίδιο σχήμα.



Σχήμα 4.3.1.1.3 Μέτρηση γωνίας πρόσπτωσης

Για να καθοριστεί η γωνία διάθλασης χρησιμοποιείται ένας μαθηματικός τύπος που βασίζεται στο νόμο του Snell.

Έχουμε:  $n \sin \theta = n' \sin \theta'$  (Εξίσωση 1)

όπου το  $n$  ισούται με το δείκτη διάθλασης σε ένα μέσο (ο αέρας στο σχήμα 4.3.1.1.3), το  $n'$  ισούται με το δείκτη διάθλασης στο άλλο μέσο (γυαλί),  $\theta$  είναι η γωνία πρόσπτωσης και  $\theta'$  είναι η γωνία διάθλασης.

Λύνοντας ως προς  $\theta'$  έχουμε:

$$\sin \theta' = \frac{n \sin \theta}{n'}$$

$$\theta' = \arcsin \frac{n \sin \theta}{n'}$$

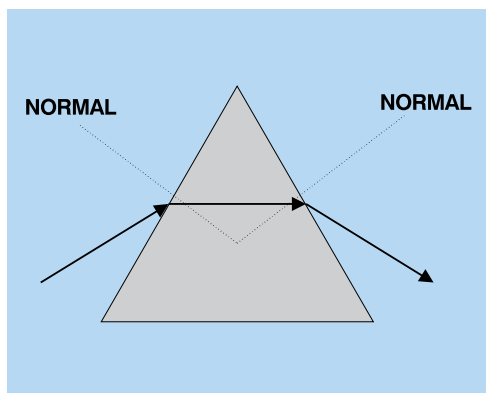
Ο τύπος διαβάζεται: γωνία, της οποίας το ημίτονο είναι  $n$  φορές το ημίτονο  $\theta$  διαιρούμενο δια  $n'$ . Ένα απλό παράδειγμα δείχνει το πως να υπολογίσουμε τη γωνία διάθλασης. Στο σχήμα 4.3.1.1.3, η γωνία πρόσπτωσης είναι  $45^\circ$ .

Το ημίτονο των  $45^\circ$  είναι 0.7071. Αντικαθιστώντας στον τύπο, έχουμε

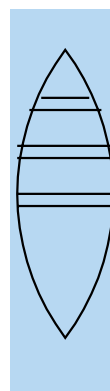
$$\theta' = \arcsin \frac{1 \times 0,7071}{1,5} = 0,4714$$

Η γωνία, της οποίας το ημίτονο είναι 0,4741 (ημιτονικό τόξο) θα είναι  $28.13^\circ$

Ένα πρίσμα έχει κεκλιμένες επιφάνειες, έτσι ώστε το φως αλλάζει κατεύθυνση δύο φορές (σχ.4.3.1.1.4). Ένας κυρτός φακός έχει σφαιρικές επιφάνειες (σχ. 4.3.1.1.5). Μπορεί να θεωρηθεί ως ένας απεριόριστος αριθμός τμημάτων, των οποίων οι επιφάνειες σχηματίζουν γωνίες όπως τα απλά πρίσματα.



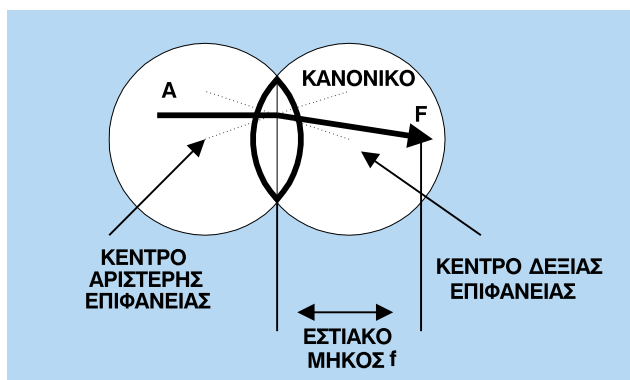
Σχήμα 4.3.1.1.4 Πρίσμα κεκλιμένων επιφανειών



Σχήμα 4.3.1.1.5 Κυρτός φακός σφαιρικών επιφανειών

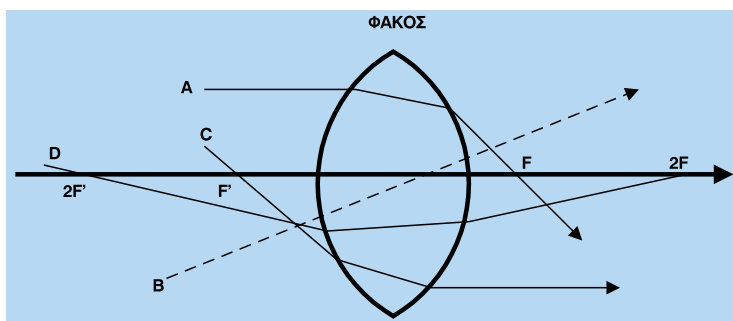
#### 4.3.1.2 Κυρτοί φακοί

Το φως που περνάει μέσα από το κέντρο ενός κυρτού φακού στον οπτικό άξονα δεν αλλάζει διεύθυνση. Καθώς εισέρχεται και εξέρχεται από το φακό η ακτίνα είναι κάθετη προς την επιφάνεια του φακού. Η ακτίνα φωτός Α, ωστόσο, που είναι παράλληλη στον οπτικό άξονα, αλλάζει διεύθυνση (σχ.4.3.1.2.1) και τέμνει τον οπτικό άξονα στο σημείο F.



Σχήμα 4.3.1.2.1 Διέλευση φωτός από κυρτό φακό

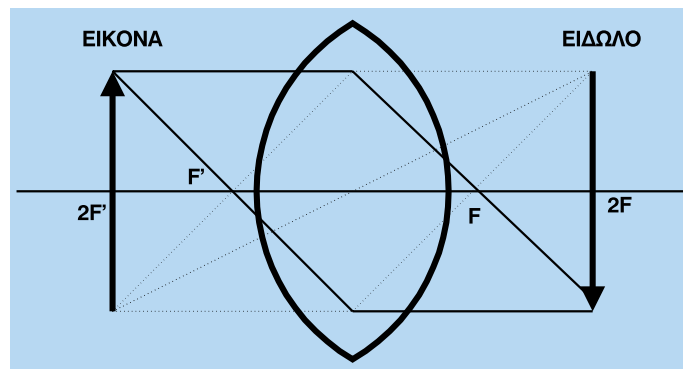
Η γωνία διάθλασης μπορεί να υπολογιστεί και στην αριστερή και στη δεξιά επιφάνεια με τη μέτρηση της γωνίας πρόσπτωσης ως προς τον κατακόρυφο άξονα. Ο κατακόρυφος άξονας σε αυτή την περίπτωση είναι μία προέκταση της ακτίνας καμπυλότητας για κάθε επιφάνεια. Άλλες ακτίνες επίσης παράλληλες προς τον οπτικό άξονα θα τέμνονταν επίσης στο σημείο F, που ονομάζεται κύριο σημείο εστίασης. Η απόσταση μεταξύ του κύριου σημείου εστίασης και του κέντρου του φακού ονομάζεται εστιακό μήκος (F). Η απόσταση μεταξύ του κύριου σημείου εστίασης και του κέντρου του φακού ονομάζεται εστιακό μήκος (F). Οι ακτίνες από μία πηγή φωτός στο σημείο (F), (σχ.4.3.1.2.1), θα ακολουθούσαν την ακριβώς αντίθετη πορεία και θα εξέρχονταν ως παράλληλη ακτίνα προς τα αριστερά. Το σχ. 4.3.1.2.2 δείχνει πως οι ακτίνες από διάφορες γωνίες διαπερνούν έναν κυρτό φακό.



Σχήμα 4.3.1.2.2 Διέλευση φωτός από κυρτό φακό με διάφορες γωνίες

Η ακτίνα A εισέρχεται παράλληλα προς τον οπτικό άξονα και τον τέμνει στην κύρια εστία. Η ακτίνα B τέμνει το φακό στο κέντρο και δεν διαθλάται καθόλου. (Διαθλάται δύο φορές αλλά οι γωνίες εξουδετερώνονται έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα είναι μία ευθεία διαδρομή). Η ακτίνα C τέμνει τον άξονα κατά ένα εστιακό μήκος πριν από τον φακό και έτσι εξέρχεται παράλληλη προς τον οπτικό άξονα. Η ακτίνα D τέλος, τέμνεται σε δύο εστιακά μήκη και διαθλάται για να τμήσει τον άξονα σε δύο εστιακά σημεία από την άλλη πλευρά.

#### 4.3.1.3 Διαμόρφωση εικόνας



Σχήμα 4.3.1.3.1 Εστίαση ειδώλου σε επίπεδη επιφάνεια

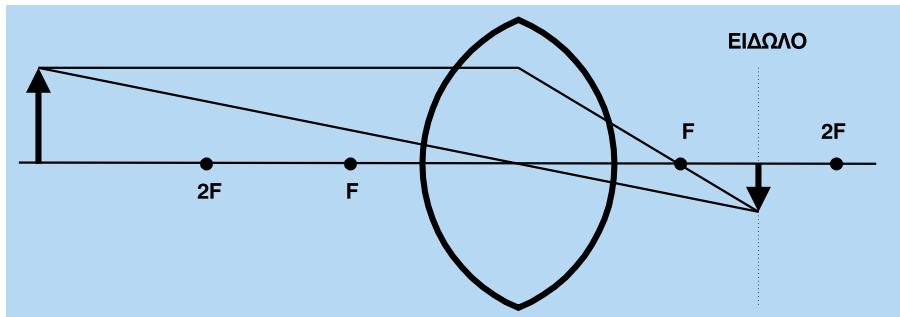
Το σχ.4.3.1.3.1 δείχνει, πως ένα είδωλο εστιάζεται σε μία επίπεδη επιφάνεια. Φανταστείτε ακτίνες φωτός από ένα σημείο στην άκρη του βέλους που πλησιάζουν τον φακό από όλες τις γωνίες. Όμως δύο μόνο ακτίνες φαίνονται και αυτές καθορίζουν τα όρια του κώνου του φωτός από εκείνο το σημείο, που αποκόπτεται από τον φακό. Η επάνω ακτίνα είναι παράλληλη με τον άξονα και τέμνει το κύριο σημείο εστίασης. Η κάτω ακτίνα τέμνει τον άξονα κατά ένα εστιακό μήκος πριν από το φακό και εξέρχεται παράλληλη με τον άξονα.

Μία τρίτη ακτίνα τέμνει το κέντρο του φακού. Όλες συγκεντρώνονται στο επίπεδο της εικόνας. Αυτό το ελάχιστο σημείο στην άκρη του τόξου, όπου συγκεντρώνονται οι ακτίνες είναι σε εστίαση. Το ίδιο ισχύει για έναν απεριόριστο αριθμό σημείων, που ανακλούν φως από το βέλος.

Οι διακεκομμένες γραμμές αναπαριστούν ένα σημείο στην ουρά του βέλους. Παρατηρούμε ότι το είδωλο είναι ανεστραμμένο και όλα τα σημεία βρίσκονται σε εστίαση σε ένα επίπεδο: σε αυτή την περίπτωση έχουμε δύο εστιακά μήκη από το φακό ( $F$  και  $2F$ ).

Όταν το είδωλο είναι σε μεγάλη απόσταση από το φακό, οι ακτίνες πλησιάζουν το φακό παράλληλα με τον οπτικό άξονα και το επίπεδο, στο οποίο οι ακτίνες

βρίσκονται σε εστίαση είναι στο επίπεδο της κύριας εστίας - ένα εστιακό μήκος πίσω από το φακό. Στις πιο κοντινές αποστάσεις, μεταξύ δύο εστιακών μηκών και απείρου, το εστιακό επίπεδο βρίσκεται μεταξύ της κύριας εστίασης και δύο εστιακών μηκών πίσω από το φακό (σχ.4.3.1.3.2)



Σχήμα 4.3.1.3.2 Εστιακά μήκη κοντινών και μακρινών αποστάσεων

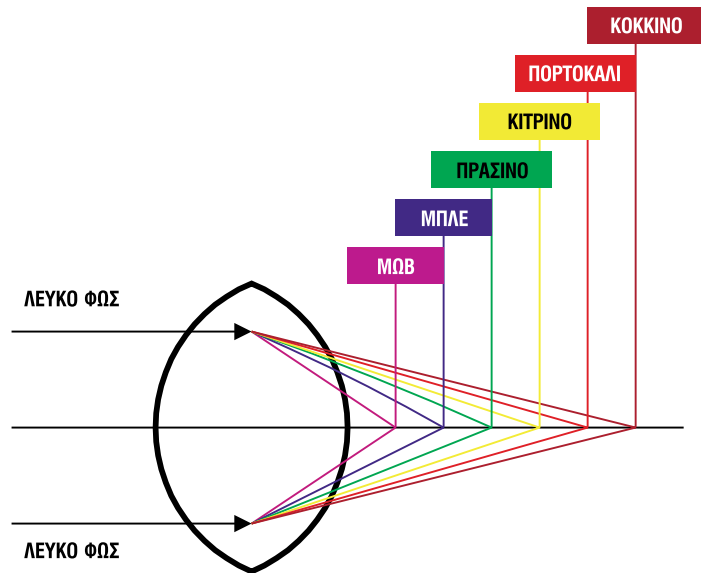
Στις κάμερες της τηλεόρασης ο στόχος (το ακριβές σημείο λήψης) πρέπει να τοποθετηθεί πάνω στο επίπεδο εστίασης. Αυτό επιτυγχάνεται ρυθμίζοντας ολόκληρο το σύστημα του σωλήνα λήψης εμπρός και πίσω. Το σύστημα είναι πιο κοντά στο φακό, όταν η κάμερα εστιάζεται σε ένα αντικείμενο σε μεγάλη απόσταση. Στις έγχρωμες κάμερες, ο μηχανισμός ρύθμισης είναι μία "τεχνητή" προσαρμογή και χρησιμοποιείται για να ταιριάζει η κάμερα με ένα συγκεκριμένο φακό. Από εκεί και μετά, η εστίαση ρυθμίζεται στον ίδιο το φακό από ένα βιδωτό σύστημα, που κινεί το φακό λήψης μπρος πίσω. Η λειτουργία αυτή είναι παρόμοια με μιας φωτογραφικής μηχανής : ο φακός βρίσκεται πιο κοντά στην κεφαλή της κάμερας, όταν εστιάζει στο άπειρο.

#### 4.3.1.4 Σύνθετοι φακοί

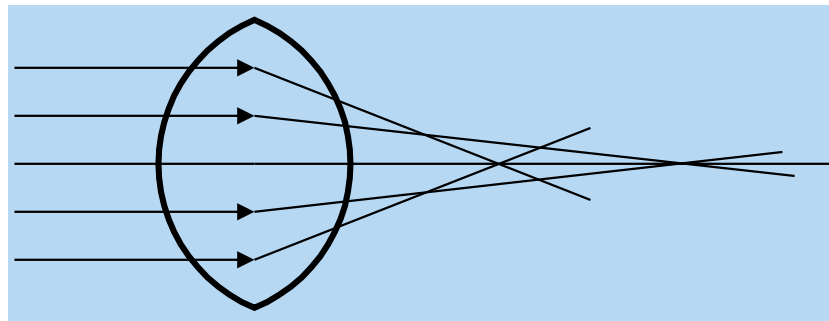
Οι απλοί σφαιρικοί φακοί δεν χρησιμοποιούνται στις κάμερες της τηλεόρασης. Είναι ευαίσθητοι και υπόκεινται στη χρωματική και στη σφαιρική παραμόρφωση. Η χρωματική παραμόρφωση εμφανίζεται επειδή η γωνία διάθλασης είναι διαφορετική για τα μεταβαλλόμενα μήκη κύματος. Οι ακτίνες βραχέων κυμάτων αλλάζουν πιο εύκολα διεύθυνση, ενώ οι ακτίνες μακρών κυμάτων αλλάζουν πιο δύσκολα. Το αποτέλεσμα είναι ένα χρωματιστό πλαίσιο στην εικόνα, πράγμα που φαίνεται στα φτηνά τηλεσκόπια. Η σφαιρική παραμόρφωση παρουσιάζεται, επειδή η επιφάνεια του φακού είναι σφαιρική και όχι παραβολική, έτσι δεν υπάρχει ένα μόνο σημείο εστίασης. Οι ακτίνες που διαπερνούν το εξωτερικό χείλος του φακού διαθλώνονται περισσότερο από εκείνες, που περνούν κοντά στον οπτικό άξονα (σχ. 4.3.1.4.2).



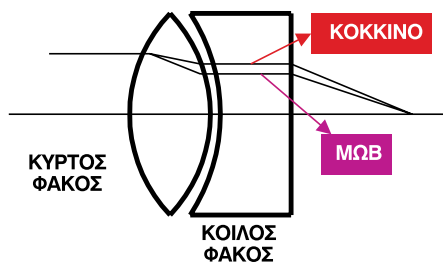
Οι σύνθετοι φακοί χρησιμοποιούνται για να διορθώσουν και τη σφαιρική και τη χρωματική παραμόρφωση. Ο κοίλος φακός έχει διαφορετικό δείκτη διάθλασης και έχει τη δυνατότητα να εξουδετερώνει την παραμόρφωση χωρίς να μεταβάλλει τις βασικές ιδιότητες του φακού.



Σχήμα 4.3.1.4.1 Χρωματική παραμόρφωση απλών σφαιρικών φακών



Σχήμα 4.3.1.4.2 Σφαιρική παραμόρφωση απλών σφαιρικών φακών



Σχήμα 4.3.1.4.3 Σύνθετος φακός (κοίλος και κυρτός) με τη διόρθωσή του

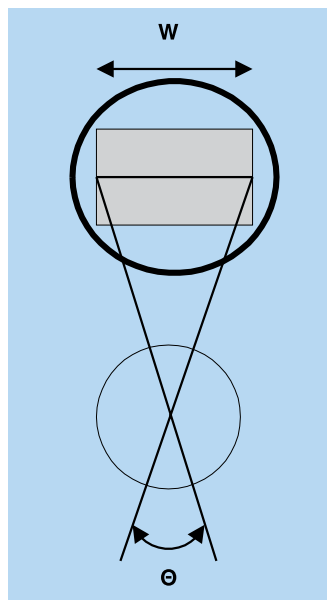
#### 4.3.1.5 Οπτικό πεδίο

Μεγάλο ενδιαφέρον για τον τεχνικό παρουσιάζει ο τομέας του οπτικού πεδίου, δηλαδή πόσο μέρος από τη σκηνή θα εμφανιστεί στην εικόνα της τηλεόρασης. Αυτό εξαρτάται από το εστιακό μήκος του φακού και το μέγεθος της εξεταζόμενης (ανιχνευόμενης) περιοχής σάρωσης πάνω στο στόχο. Η γωνία του κώνου στο οριζόντιο επίπεδο που φαίνεται από την κάμερα, καθορίζεται από τον τύπο:

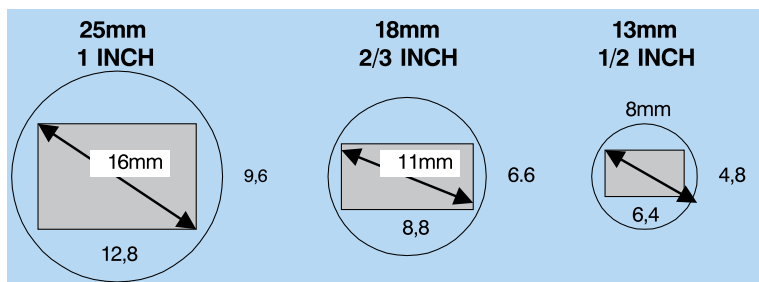
$$\Theta = 2\epsilon\varphi^{-1}\left(\frac{W}{2F}\right)$$

όπου W είναι το πλάτος της περιοχής σάρωσης σε mm, και F είναι το εστιακό μήκος του φακού σε mm.

Αυτό απεικονίζεται στο σχ. 4.3.1.5.1. Το πλάτος της περιοχής σάρωσης μπορεί να βρεθεί από τη διαγώνιο της μέγιστης περιοχής σάρωσης πάνω στο στόχο. Αυτό φαίνεται στο σχ. 4.3.1.5.2.



Σχήμα 4.3.1.5.1 Οπτικό πεδίο σκηνής



Σχήμα 4.3.1.5.2 Σχέση πλάτους περιοχής σάρωσης με τη διαγώνιο

Για λόγους πρακτικής, η διαγώνιος της περιοχής σάρωσης είναι μικρότερη από τη διάμετρο του σωλήνα και μικρότερη από τη διάμετρο του στόχου. Για παράδειγμα, η διαγώνιος της περιοχής σάρωσης για φακό (σωλήνα) των 26mm, είναι 16mm. Επειδή το πλαίσιο εικόνας (Ράστερ) είναι ένα παραλληλόγραμμο 3X4, η διαγώνιος πλευρά και η οριζόντια πλευρά για ένα τρίγωνο 3X4X5 και τα μήκη είναι σε αυτή την αναλογία. Έτσι, αν η διαγώνιος είναι 16mm, το πλάτος βρίσκεται από την αναλογία.

$$\frac{16}{S} = \frac{W}{4} = 12,8\text{mm}$$

Παρομοίως το πλάτος της περιοχής σάρωσης για ένα φακό 18mm και για ένα φακό 13mm είναι 6·4mm. Για να βρεθεί η γωνία αποδοχής σε ένα οριζόντιο επίπεδο εφαρμόζεται η ακόλουθη σχέση. Για παράδειγμα, ένας φακός 50mm που χρησιμοποιείται σε μία κάμερα τηλεόρασης 26mm θα έχει γωνία αποδοχής:

$$\theta = 2\varepsilon\varphi^{-1} \frac{12,8\text{mm}}{2 \times 50\text{mm}} = 14,6^\circ$$

Η γωνία αποδοχής στην κάθετη επιφάνεια είναι μικρότερη επειδή το πλάτος της εικόνας είναι μεγαλύτερο από το ύψος της. Για να βρεθεί η κάθετη γωνία αποδοχής χρησιμοποιούμε το ύψος της περιοχής σάρωσης στην παραπάνω σχέση ή απλά πολλαπλασιάζουμε την οριζόντια γωνία με 0,75.

Τα συστήματα κάμερας με στήριξη φακού, επιτρέπουν σε φακούς διαφόρων εστιακών μηκών να τοποθετούνται στην κάμερα και είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι από μόνο του το εστιακό μήκος δεν καθορίζει το πεδίο κάλυψης. Πρέπει να ληφθεί υπόψη και το μήκος του σωλήνα λήψης. Συνεπώς, στο προηγούμενο παράδειγμα ο φακός των 26mm αποφέρει μία οριζόντια γωνία αποδοχής των 14,6°. Αν ο ίδιος φακός επρόκειτο να προσαρτηθεί σε μία κάμερα με σωλήνα λήψης 18mm και οριζόντιο μήκος σάρωσης 8,8mm τα αποτελέσματα θα ήταν:

$$\theta = 2\varepsilon\varphi^{-1} \frac{8,8\text{mm}}{2 \times 50\text{mm}} = 10,1^\circ$$

Έτσι ο ίδιος φακός δέχεται έναν στενότερο κώνο, όταν χρησιμοποιείται με μικρότερους σωλήνες λήψης.

#### 4.3.1.6 Πλάτος πεδίου

Είναι πιθανότερο ότι ένας τεχνικός θα ενδιαφερθεί περισσότερο για το οριζόντιο μέρος της σκηνής που καλύπτεται από ένα δεδομένο φακό λήψης παρά για τις γωνίες αναμονής. Για να καθοριστεί το πλάτος της κάλυψης της σκηνής, πρέπει να συμπεριληφθεί και η απόσταση μεταξύ κάμερας και αντικειμένου. Αυτό μπορεί

να καθοριστεί από την ακόλουθη αναλογία.

$$\frac{\text{Πλάτος πεδίου } W}{\text{Πλ. περιοχής σάρωσης } w} = \frac{\text{Απόσταση του αντικειμένου } D}{\text{εστιακό μήκος φακού } F}$$

Λύνοντας ως προς το πλάτος πεδίου, έχουμε:

$$W = \frac{Dw}{F}$$

Όπου W είναι σε μέτρα, w σε mm και F σε mm.

Για σωλήνα 26mm, το πλάτος κάλυψης στα 5 μέτρα χρησιμοποιώντας φακό 100mm, είναι:

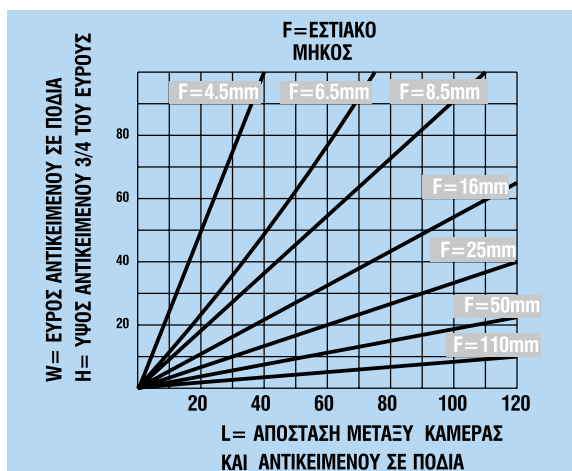
$$W = \frac{5 \times 12,8}{100} = 0,64 \text{ μέτρα}$$

Το ίδιο πρόβλημα χρησιμοποιώντας ένα φακό μικρού εστιακού μήκους 16mm, αποδίδει:

$$W = \frac{5 \times 12,8}{16} = 4 \text{ μέτρα}$$

#### 4.3.1.7 Ευρυγώνιοι φακοί και Τηλεφακοί

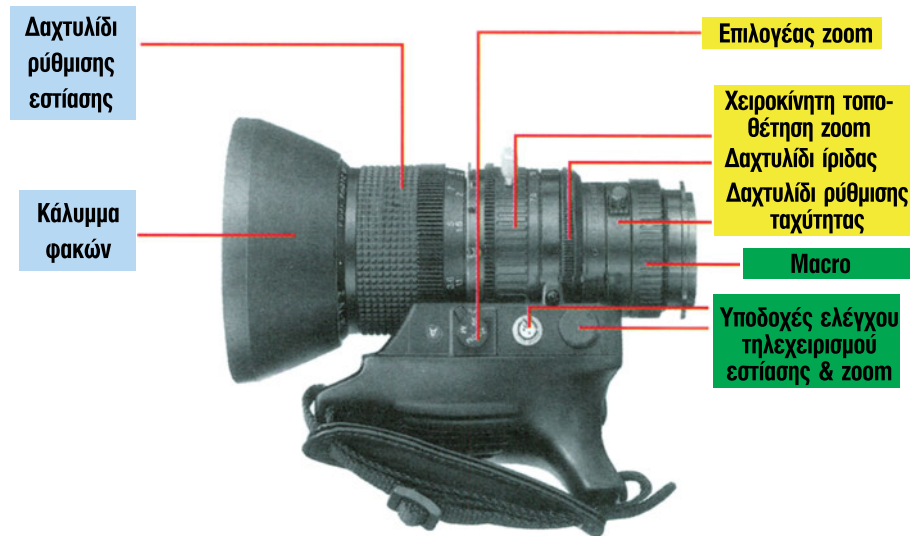
Όπως μπορούμε να δούμε το πεδίο κάλυψης του φακού διευρύνεται καθώς το εστιακό μήκος γίνεται μικρότερο. Τέτοιοι φακοί ονομάζονται ευρυγώνιοι. Φακοί με μακρύτερα εστιακά μήκη καλύπτουν στενότερες περιοχές. Το μικρότερο μέρος της σκηνής καταλαμβάνει την οθόνη της τηλεόρασης και η εικόνα εμφανίζεται κοντινή, σα να φαινόταν μέσα από τηλεσκόπιο. Φακοί μεγαλύτερου μήκους ονομάζονται τηλεφακοί. Το σχήμα 4.3.1.7.1 είναι ένα διάγραμμα για τον υπολογισμό της οριζόντιας κάλυψης έναντι του εστιακού μήκους για τους σωλήνες λήψης σε μερικές διαδεδομένες κάμερες.



Σχήμα 4.3.1.7.1 Διάγραμμα υπολογισμού της οριζόντιας κάλυψης έναντι του εστιακού μήκους.

#### 4.3.1.8 Φακοί Zoom

Η σύγχρονη τεχνική για την επιλογή του εστιακού μήκους επιβάλλει ένα σύστημα φακού με διαρκώς μεταβαλλόμενο εστιακό μήκος. Το σχ. 4.3.1.8.1 είναι ένα παράδειγμα.



Σχήμα 4.3.1.8. Φακός εστίασης & ZOOM

Αυτά τα συστήματα φακών περιέχουν και σταθερούς και κινητούς μηχανισμούς, που επιτρέπουν τη μεταβολή του εστιακού μήκους. Ένας δακτύλιος φακού zoom/μεταβλητού εστιακού πεδίου επιτρέπει στο εστιακό μήκος να μεταβάλλεται σε ολόκληρο το εύρος. Το εστιακό πεδίο στις κάμερες χαμηλού κόστους μεταβάλλεται με το χέρι (χειροκίνητα). Η μονάδα που φαίνεται στο σχ. 4.3.1.8.2 έχει μία ενσωματωμένη ρύθμιση περιστροφής (motor) και ελεγκτικούς μηχανισμούς με καμπυλωτές βάσεις (rocker-type), ώστε να έχει τη δυνατότητα να καλύπτει μεγάλο εύρος. Ο όρος zoom in χρησιμοποιείται για να δείξει το κλείσιμο της κάλυψης του τηλεφακού, ενώ το zoom out τη μετατροπή της κάλυψης από ευρυγώνιο φακό. Οι φακοί zoom ταξινομούνται ανάλογα με το εύρος του εστιακού πεδίου. Συνεπώς ένας φακός με εύρος 102mm προς 17mm έχει εύρος zoom 6:1. Αντιπροσωπευτικά εύρη είναι 3:1, 6:1, 10:1 και 14:1. Μεγαλύτερα εύρη χρησιμοποιούνται στους πολύ ακριβούς φακούς και στην κάλυψη των αθλητικών γεγονότων. Η οριζόντια απόσταση, που καλύπτεται από κάθε ρύθμιση zoom, μπορεί να υπολογιστεί από το διάγραμμα του σχ. 4.3.1.7.1

Οι φακοί zoom μπορούν να ρυθμιστούν έτσι, ώστε το αντικείμενο να παραμένει εστιασμένο σε ολόκληρη την έκταση του zoom. Ωστόσο, αν η απόσταση κάμερας-αντικειμένου αλλάξει, ο φακός πρέπει να επανεστιαστεί και αυτό γίνεται με τη ρύθμιση του δακτυλίου εστίασης.

#### 4.3.1.9 Ταχύτητα φακού

Ο όρος ταχύτητα, όταν πρόκειται για φακό, αναφέρεται στην ικανότητα συγκέντρωσης φωτός. Οι φακοί με μεγαλύτερη διάμετρο επιτρέπουν να περνά περισσότερο φως στο (ημι)διαφανές γυαλί του εμπρόσθιου μέρους του σωλήνα και θεωρούνται "γρηγορότεροι". Ο όρος αυτός είναι, πιθανώς, αποτέλεσμα της φωτογράφησης με φιλμ, επειδή περισσότερο φως επιτρέπει μικρότερο χρόνο έκθεσης. Η αποτελεσματική διάμετρος του φακού ρυθμίζεται από μία μηχανική ίριδα που λειτουργεί όπως και η ίριδα του ματιού, έτσι όταν εισέρχεται πολύ φως, η διάμετρος του ανοίγματος μειώνεται μέχρι να επιτευχθεί η κατάλληλη έκθεση. Η ενέργεια αυτή λέγεται *stopping down*/σταμάτημα. Ο δακτύλιος της ίριδας διαμετρικά σε *f-stops*. Η ταχύτητα του υπολογίζεται από το μέγιστο του ανοίγματος της ίριδας (μικρότερος αριθμός *f-stop*), και βρίσκεται από την αναλογία του εστιακού μήκους, διαιρούμενο με τη διάμετρο του φακού. Το δεύτερο είναι στην πραγματικότητα η διάμετρος του ανοίγματος της ίριδας:

$$f = \frac{F}{D}$$

Όπου **F** είναι το εστιακό μήκος σε mm, και **D** το άνοιγμα της ίριδας σε mm. Ένας τυπικός φακός σταθερού εστιακού μήκους, που χρησιμοποιείται για CCTV (Τηλεόραση κλειστού κυκλώματος) ή (τηλε)επιτήρηση, έχει μέγιστο άνοιγμα περίπου 13.2mm και εστιακό μήκος 25mm δίνοντας **f** με τιμή:

$$f = \frac{25\text{mm}}{132\text{mm}} = 1,9$$

που γράφεται είτε *f/1,9* είτε 1:1,9

Αυτός είναι ο μικρότερος αριθμός, που βρίσκεται στο διαμετρημένο δακτύλιο της ίριδας και βρίσκεται από την άλλη μεριά του δείκτη ένδειξης, όταν η ίριδα είναι πλήρως ανοιχτή (σχ. 4.3.1.9.1). Όσο μικρότερος είναι ο ελάχιστος αριθμός *f-stop*, τόσο περισσότερο είναι το φως που πέφτει στο στόχο για μία δεδομένη σκηνή.

Οι ενδείξεις διαμετρήματος στο δακτύλιο της ίριδας ακολουθούν τη σειρά 1.9, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16 και 22. Σε κάθε βήμα, η ίριδα κλείνει έτσι, ώστε η ποσότητα του φωτός, που φτάνει στο στόχο, να μειώνεται στο μισό. Οπότε, όταν αλλάζει η ρύθμιση της ίριδας από *f/4* σε *f/8*, το εισερχόμενο φως "κόβεται" στο μισό δύο φορές, για να κόψει το φως στο στόχο στο ένα τέταρτο. Η ίριδα ρυθμίζεται για να παράγει τη σταθερή έξοδο βίντεο 1V (p-p). Δηλαδή η ίριδα του φακού είναι ανοικτή ή κλειστή μέχρι τα λευκά σημεία στην κορυφή της εικόνας να φτάσουν τις 100 μονάδες IRE ή τα 0.714 volt πέρα από την αμαύρωση. Σε πολλές κάμερες σήμερα, η ίριδα τίθεται σε λειτουργία από ένα μηχανισμό περιστροφής (motor) ή έναν οδηγό τύπου γαλβανόμετρου (galvanometer-type mechanical drive), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αυτόματος έλεγχος της ίριδας. Σε αυτά τα συστήματα ένας σερβομηχανισμός ρυθμίζει το άνοιγμα της ίριδας μέχρι οι λευκές άκρες του σήματος βίντεο να φτάσουν την τάση αναφοράς.



Σχήμα 4.3.1.9.1 Φακοί με διάφορα διαφράγματα (Iris)

#### 4.3.2 ΕΓΧΡΩΜΗ ΚΑΜΕΡΑ ΜΕ ΣΥΖΕΥΞΗ ΦΟΡΤΙΩΝ CCD (CHARGE COUPLED DEVICE)

Στις κάμερες, που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά πυροβόλα, απαιτούνται υψηλές τάσεις για τις τροφοδοσίες τους. Οι τάσεις αυτές παράγονται από ειδικά τροφοδοτικά μέσα στη κάμερα με αποτέλεσμα το βάρος, ο όγκος και φυσικά το κόστος να είναι αρκετά υψηλά.

Από το 1980 άρχισε η παραγωγή κάμερας με την ολοκληρωτική χρήση μικρού ολοκληρωμένου κυκλώματος στερεάς δομής. Το I.C. έχει την ονομασία CCD (CHARGE COUPLED DEVICE). Τα CCD διαθέτουν φωτοευαίσθητα στοιχεία διατεταγμένα σε γραμμές και σε στήλες. Ο αριθμός των φωτοστοιχείων καθορίζει την ποιότητα του παραγόμενου οπτικού σήματος. Μία τυπική τιμή φωτοστοιχείων ενός καλού CCD είναι περίπου 380 στοιχεία διατεταγμένα στις γραμμές και 480 στοιχεία διατεταγμένα στις στήλες. Η ποιότητα του παρεχομένου σήματος από κάμερα CCD είναι σχεδόν ίδια με αυτή από κάμερα με H/N πυροβόλα.

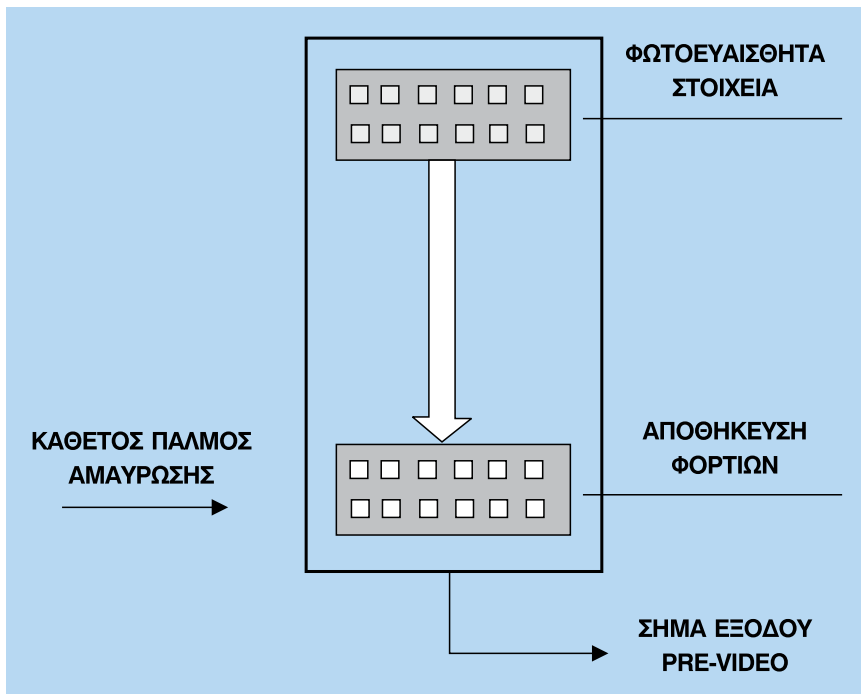
##### 4.3.2.1 Χαρακτηριστικά και λειτουργία του CCD

Το CCD συνίσταται από ένα σύνολο φωτοευαίσθητων επαφών τύπου P-N ή από επαφές τρανζίστορ τύπου MOS.

Η διαδικασία της πρόσπτωσης των φωτεινών ακτινών στις φωτοευαίσθητες επαφές και η δημιουργία ανάλογων φορτίων είναι καθαρά μία αναλογική διεργασία, όπου μεγάλη φωτεινότητα θα αναπτύξει μεγάλο φορτίο. Ακολούθως η διαδικασία λήψης αυτών των φορτίων είναι ψηφιακή. Υπάρχουν 3 τρόποι μετατροπής των φορτίων σε τάσεις.

- Τα φωτοευαίσθητα στοιχεία P-N διατάσσονται σε άξονες  $XX'$  και  $ΨΨ'$ , όπου ακολούθως κωδικοποιούνται ψηφιακά.
- Τα φορτία από τα φωτοευαίσθητα στοιχεία μεταφέρονται καθ' όλη τη διάρκεια του πεδίου σε μία περιοχή αποθήκευσης και όταν έλθει ένας κάθετος παλμός αμαύρωσης τότε αυτά αποδεσμεύονται παράγοντας ένα συνεχόμενο σήμα VIDEO, που θα αναφέρεται στο συγκεκριμένο πεδίο.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται CCD με μετασχηματισμό πλαισίων (FRAME TRANSFER CCD). Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται ένα CCD με μετασχηματισμό πλαισίων.



Σχήμα 4.3.2.1.1 CCD με μετασχηματισμό πλαισίων (FRAME TRANSFER CCD)

- Τα φορτία από τα φωτοευαίσθητα στοιχεία κάθε γραμμής του πρώτου πεδίου μεταφέρονται σε κάθετες στήλες, οι οποίες οδηγούν σε ένα οριζόντιο καταγραφέα (HORIZONTAL SHIFT REGISTER). Επί πλέον ένας κάθετος καταγραφέας καθορίζει τη σειρά των γραμμών και των στηλών, που θα απομαστεύσουν το φορτίο τους, για τη παραγωγή του σήματος VIDEO.

Ο κάθετος καταγραφέας (VERTICAL SHIFT REGISTER) επιτρέπει τη διέλευση των φορτίων από κάθε φωτοστοιχείο μιας ολόκληρης γραμμής διαδοχικά.

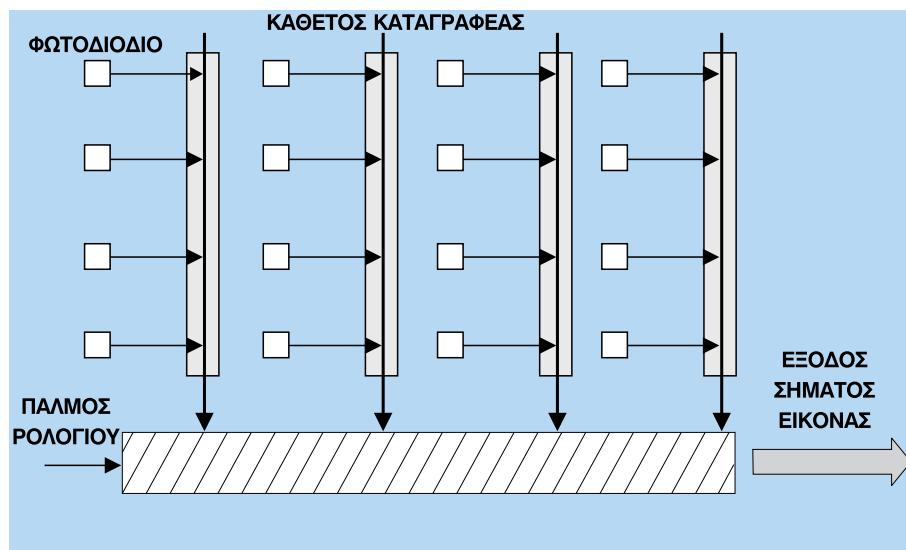
Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα στον οριζόντιο παλμό αμαύρωσης κάθε γραμμής. Έτσι το φορτίο κάθε φωτοστοιχείου θα αποδίδεται στην αντίστοιχη κάθετη στήλη στην κορυφή, της οποίας πραγματοποιείται η μεταφορά αυτών των πακέτων των φορτίων στον οριζόντιο καταγραφέα.

Έτσι κατά τη διάρκεια του οριζόντιου παλμού αμαύρωσης μία ομάδα φορτίων έχει



εισαχθεί στον οριζόντιο καταγραφέα υπό ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ μορφή. Κατά τη διάρκεια της οριζόντιας ανίχνευσης ένα σήμα «ρολογιού» - CLOCK ανοίγει τον οριζόντιο καταγραφέα και διώχνει τα φορτία υπό ΣΕΙΡΙΑΚΗ μορφή.

Η διαδικασία αυτή γίνεται για κάθε γραμμή σάρωσης. Πρέπει να σημειώσουμε ότι μόνο οι φωτοευαίσθητες επαφές είναι εκτεθειμένες στις φωτεινές ακτίνες, ενώ ο κάθετος και οριζόντιος καταγραφέας προστατεύονται από μάσκα αλουμινίου. Η μέθοδος αυτή λέγεται CCD με μετασχηματισμό γραμμών (INTERLINE TRANSFER CCD). Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται ένα CCD με μετασχηματισμό γραμμών.



Σχήμα 4.3.2.1.2 CCD με μετασχηματισμό γραμμών (INTERLINE TRANSFER CCD)

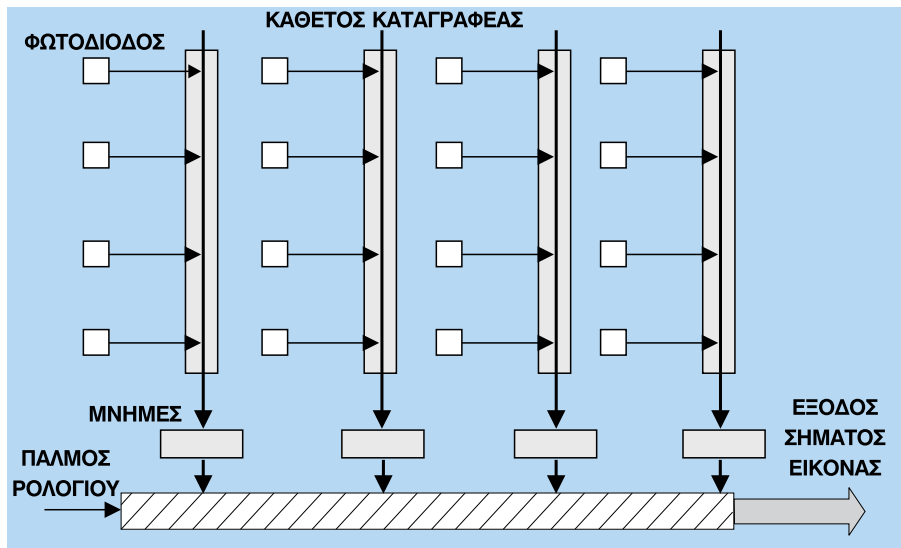
Τέλος υπάρχει μία συνδυαστική μέθοδος (των δύο προηγούμενων περιπτώσεων) μετασχηματισμού πλαισίων και γραμμών. Αυτή η μέθοδος λέγεται CCD με συνδυασμό (COMBINATION CCD). Στο σχήμα, που ακολουθεί, φαίνεται ένα CCD με τη συνδυαστική μέθοδο.

Αρκετοί κατασκευαστές επαγγελματικής κάμερας με CCD χρησιμοποιούν φωτοευαίσθητα στοιχεία 3 τύπων RGB. Η ευκρίνεια μιας κάμερας με CCD καθορίζεται από τον αριθμό των φωτοευαίσθητων επαφών, που υπάρχουν στο MATRIX του CCD.

Τυπικά ένας αριθμός 500-800 φωτοευαίσθητων επαφών στις οριζόντιες γραμμές του CCD μιας κάμερας μπορεί να θεωρηθεί σαν πολύ ικανοποιητικός και με αποτελέσματα ίδια με αυτά, που έχει μία κάμερα, η οποία όμως χρησιμοποιεί H/N πυροβόλο 17mm.

Σε μερικές περιπτώσεις τα CCD έχουν περισσότερα φωτοευαίσθητα στοιχεία, τα οποία αντιστοιχούν σε κάμερα με H/N πυροβόλο 25,4mm, δηλαδή έχουν 1280 στοιχεία στην οριζόντια γραμμή και 970 στοιχεία στην κάθετη γραμμή.

Η πρώτη γενιά επαγγελματικής κάμερας με CCD είχε χωρητικότητα ίδια με μία RAM 256 Kb. Αργότερα η χωρητικότητα αυξήθηκε σε 1 Mb.

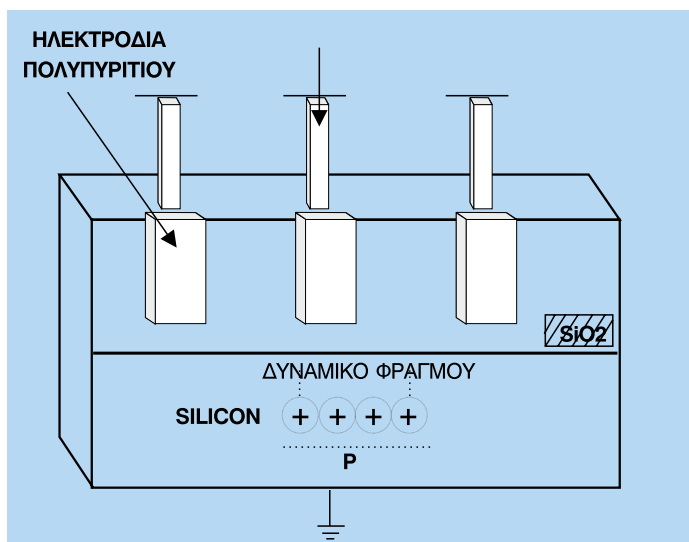


Σχήμα 4.3.2.1.3 CCD με συνδυασμό (COMBINATION CCD)

#### 4.3.2.2 Διαδικασία σειριακής ανάγνωσης από ένα καταγραφέα CCD

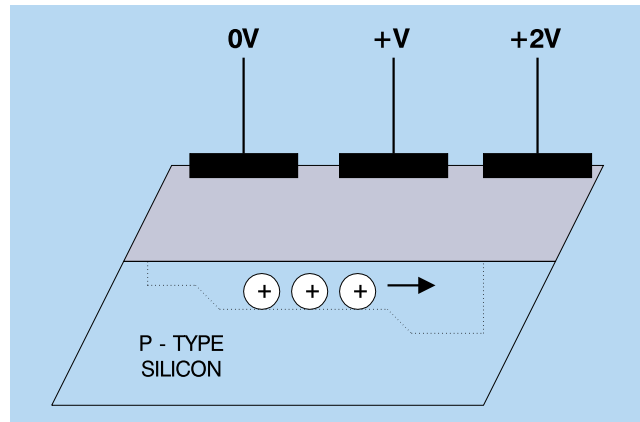
Στην πιο απλή του μορφή ο CCD καταγραφέας συνίσταται από μία επαφή MOS πάνω σε μία βάση πυριτίου (SILICON) τύπου P.

Το φορτίο, που αναπτύσσεται στη ζώνη φραγμού, είναι αποτέλεσμα της φωτεινότητας, που προσπίπτει στο σημείο αυτό.



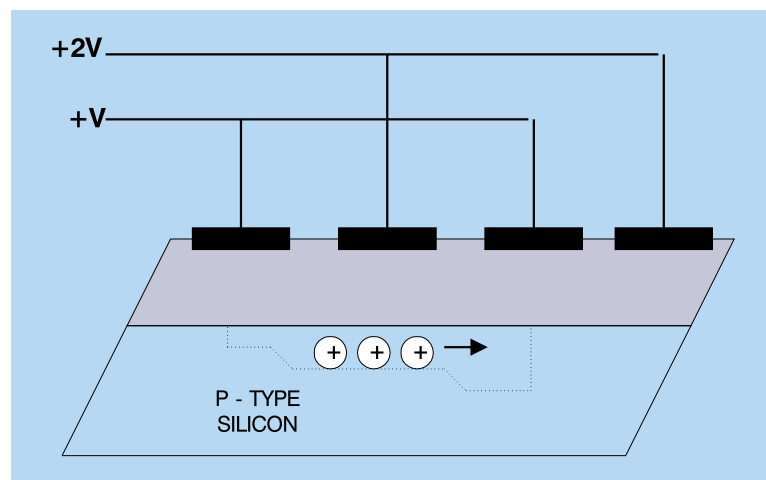
Σχήμα 4.3.2.2.1 Καταγραφέας MOS τύπου P

Τα ηλεκτρόδια είναι από διαφανές υλικό πολυπυριτίου, οπότε οι εισερχόμενες φωτεινές ακτίνες μπορούν να περνούν από την κορυφή του CCD. Για να κινηθούν τα φορτία, που έχουν αναπτυχθεί, όπως φαίνεται από το προηγούμενο σχήμα εφαρμόζεται στο αριστερό ηλεκτρόδιο ένα χαμηλότερο δυναμικό (απ' ό,τι στο μεσαίο), ενώ στο δεξιό ηλεκτρόδιο εφαρμόζεται ένα υψηλότερο δυναμικό π.χ.



Σχήμα 4.3.2.2 Καταγραφέας ολίσθησης με 3 παλμούς ρολογιού

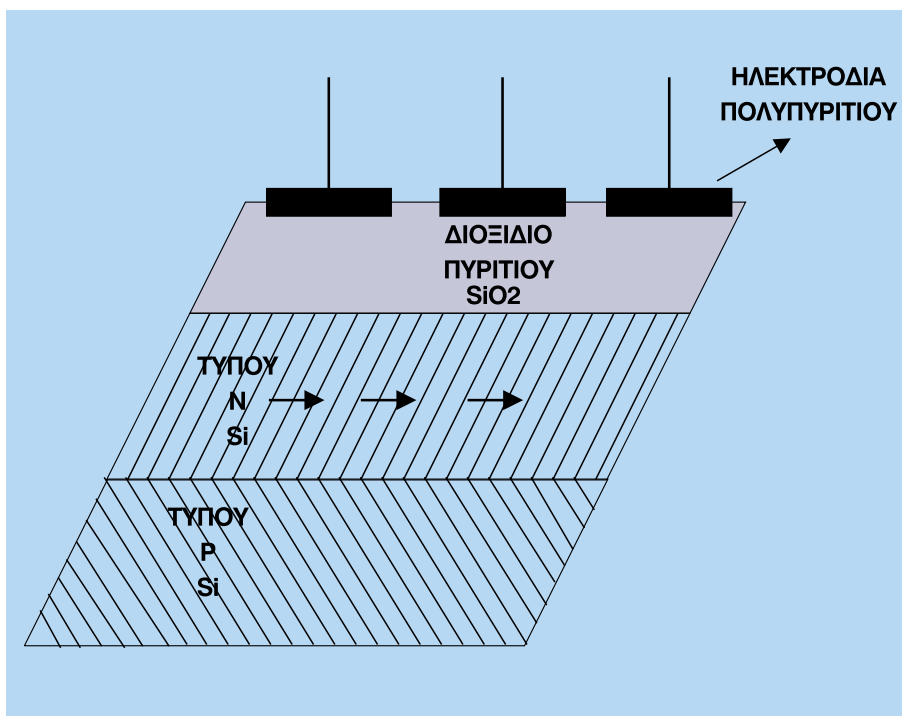
Για να πραγματοποιηθεί η ολίσθηση των φορτίων προς τα δεξιά απαιτούνται ομοειδείς παλμοί σε γειτονικά φωτοστοιχεία. Με τη βοήθεια μιας παλμοσειράς χρονισμού ρολογιού, θα έχουμε για κάθε ένα τέτοιο παλμό μία μετακίνηση των φορτίων στην επόμενη θέση. Έτσι με ολόκληρη την παλμοσειρά ρολογιού θα έχουμε μία συνεχή μετατόπιση των φορτίων από τον καταγραφέα προς την έξοδο.



Σχήμα 4.3.2.3 Καταγραφέας ολίσθησης με 2 παλμούς ρολογιού

Εφ'όσον το πεδίο ανάπτυξης των φωτοστοιχείων είναι εξαιρετικά συμμετρικό, τότε απαιτείται ένα σύστημα χρονισμού 3 φάσεων. Αν όμως το πεδίο ανάπτυξης των φωτοστοιχείων δεν είναι απόλυτα συμμετρικό, τότε ένα σύστημα 2 φάσεων καταγραφεί είναι υπεραρκετό, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.3.2.2.3

Στις προηγούμενες περιπτώσεις καταγραφών MOS ενός CCD, τα ηλεκτρόνια αναπτύσσονται κοντά στο μέτωπο του πυριτίου τύπου P, εφ' όσον τροφοδοτηθούν τα ηλεκτρόδια πολυπυριτίου με θετικό δυναμικό. Σαν αποτέλεσμα όμως θα έχουμε απώλεια φορτίων (ηλεκτρονίων-οπών) και επομένως κακό λόγο σήματος προς θόρυβο (S/N). Προς τούτο μεταξύ του πυριτίου τύπου P και του διοξειδίου του πυριτίου τοποθετείται λεπτό στρώμα πυριτίου τύπου N, ώστε να διαχωρίζεται η βάση τύπου P από το σύστημα του διοξειδίου πυριτίου-ηλεκτροδίων. Με αυτό το τρόπο έχουμε αύξηση των μεταφερομένων φορτίων και κατ' επέκταση καλύτερο λόγο σήμα/θόρυβο. Λόγω της ύπαρξης του στρώματος πυριτίου τύπου N το σύστημα αυτό λέγεται CCD "θαμμένου καναλιού" (BURIED CHANNEL CCD). Η απλοποιημένη μορφή ενός MOS τύπου BURIED CHANNEL CCD φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



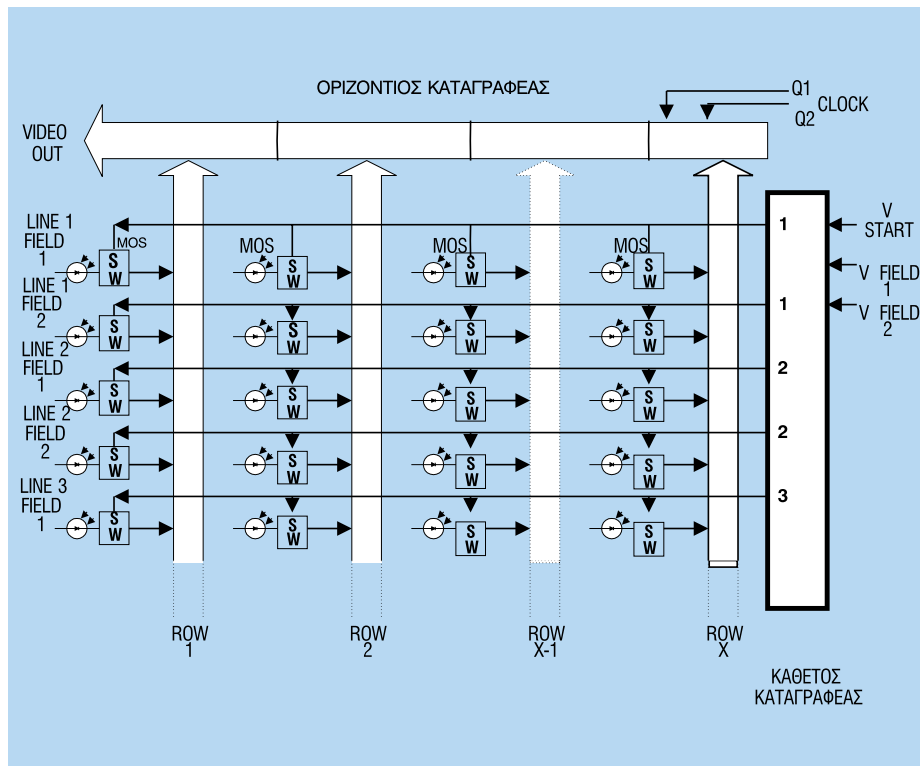
Σχήμα 4.3.2.2.4 CCD "θαμμένου καναλιού" BURIED CHANNEL CCD

#### 4.3.2.3 Μπλοκ διάγραμμα ενός CCD με μετασχηματισμό γραμμών (INTER LINE TRANSFER CCD)

Τα φωτοστοιχεία είναι οι σημειούμενοι φωτοδιόδοι P.D (PHOTO DIODE).

Η μεταφορά των φορτίων που έχουν αναπτυχθεί στις φωτοδιόδους γίνεται με διακόπτες τύπου MOS στις αντίστοιχες στήλες ROW. Για να "ανοίξει" όμως ένας διακόπτης MOS και να μεταφέρει το φορτίο της φωτοδιόδου στην αντίστοιχη στήλη ROW, πρέπει να έλθει ένας παλμός χρονισμού από τον κάθετο καταγραφέα VERTICAL SHIFT REGISTER.

Έτσι τα φορτία της πρώτης γραμμής του πρώτου πεδίου μεταφέρονται ταυτόχρονα (παράλληλα) στον οριζόντιο καταγραφέα HORIZONTAL SHIFT REGISTER.



Σχήμα 4.3.2.3 Μπλοκ διάγραμμα CCD με μετασχηματισμό γραμμών

Με τη βοήθεια οριζοντίου παλμού χρονισμού (H), από τον οριζόντιο καταγραφέα έχουμε έξοδο σε σειριακή μορφή των φορτίων, τα οποία βεβαίως συγκροτούν το σήμα VIDEO της πρώτης γραμμής ανίχνευσης του πρώτου πεδίου.

Σημειώνεται ότι η συχνότητα του οριζόντιου παλμού χρονισμού H-CLOCKING είναι αρκετά υψηλή και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε μία οριζόντια γραμμή.

Τέλος υπενθυμίζουμε ότι μόνο οι φωτοδίοδοι είναι εκτεθειμένοι στο φως, ενώ οι καταγραφείς (οριζόντιος και κάθετος) προστατεύονται από μάσκα αλουμινίου ή άλλο υλικό.

## 4.4. Μη επαγγελματικές κάμερες (Camcorders)

**4.4.1 Γενικά** Είναι ηλεκτρονικές διατάξεις ανάλυσης και καταγραφής εικόνων και ήχων. Η διεθνής ονομασία τους CAMCORDERS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων CAMERA-RECORDER που εννοεί διάταξη ανάλυσης εικόνας (CAMERA) με ενσωματωμένο οπτικό εγγραφέα (RECORDER).

Με απλά λόγια τα CAMCORDERS είναι ένας συνδυασμός μικρής κάμερας με ένα πάρα πολύ μικρό βίντεο (VCR).

Αυτές οι μη επαγγελματικές κάμερες (οικιακής χρήσης) πωλούνται στα καταστήματα ηλεκτρονικών συσκευών και μάλιστα οι τιμές τους είναι αρκετά προσιτές. Με τη χρήση του CCD ως αισθητήριου μετατροπέα της εικόνας σε οπτικό παλμόρευμα (Video), καθώς και με την αντικατάσταση των γεννητριών οριζόντιας και κάθετης σάρωσης από οριζόντιους και κάθετους καταγραφείς, μειώθηκε πάρα πολύ το βάρος και ο όγκος τους σε σχέση με τις μη επαγγελματικές κάμερες με ηλεκτρονικό πυροβόλο.

Τα Camcorders χρησιμοποιούν μικρή κασέτα είτε  $\frac{1}{2}$ " είτε 8mm, ενώ η διαδικασία της εστίασης, καθώς και της ρύθμισης του διαφράγματος (ίριδας) γίνεται αυτόματα ανάλογα με το εισερχόμενο φως. Τέλος διαθέτουν σύστημα ελέγχου του zoom από τον ίδιο χειριστή. Βεβαίως κατασκευάζονται Camcorders με πρόσθετες δυνατότητες όπως, εισαγωγή τίτλων, εισαγωγή χρώματος φόντου κλπ. ή ακόμη με δυνατότητα μοντάζ εικόνων και ήχων. Στο ίδιο κοινό σύστημα κάμερας-εγγραφέα είναι ενσωματωμένο και ένα μικρόφωνο κατευθυντικό για τη συλλογή και καταγραφή των ήχων.



Σχήμα 4.4.1. Μη επαγγελματική βιντεοκάμερα

## Τεχνικά χαρακτηριστικά

- **Τροφοδοσία** : DC 9,6V 8,7W
- **Σύστημα εγγραφής εικόνων** : σύστημα ελικοειδούς ανίχνευσης με 4 περιστρεφόμενες κεφαλές στο PAL
- **Σύστημα εγγραφής ήχων** : Μονοφωνικό γραμμικό σύστημα εγγραφής ήχων.
- **Τύπος κασέτας** : VHS-C (COMPACT με εύρος 12,7mm)
- **Ταχύτητα ταινίας** : 23,39mm/sec Χρόνος εγγραφής/αναπαραγωγής 30Min με κασέτα EC30
- **CAMERA** : 1CCD, στάνταρ φωτισμός 1400 Lux, ελάχιστος απαιτούμενος φωτισμός 10Lux .
- **Φακοί** : F 1,2 (9-54mm) με αυτόματη εστίαση και αυτόματο έλεγχο διαφράγματος. Φακοί ZOOM 6-1 με δυνατότητα MACRO.
- **Σκόπευτρο EVF** : Ηλεκτρονικό σκόπευτρο 2/3
- **Εικόνα** : Με 4 κεφαλές περιστρεφόμενες, 1 κεφαλή πλήρους διαγραφής και με έξοδο 1 Vp-p στα 75Ω.
- **Ήχος** : 1 κεφαλή ήχου με έξοδο-8db στα 600 Ω μη ισοσταθμισμένη.
- **Βάρος** : 1,3Kgr με τη μπαταρία
- **Διαστάσεις** : 124 (W) X 140 (H) X328 (D) mm



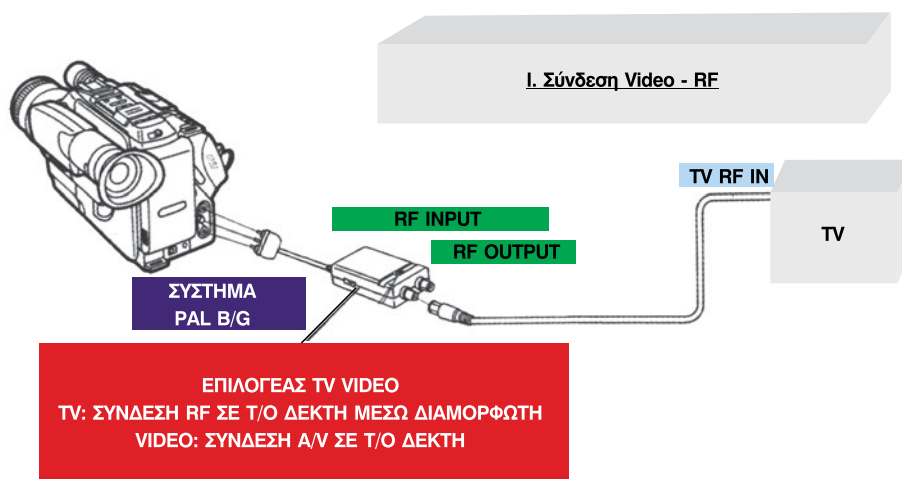
Σχήμα 4.4.2.

Υπάρχουν δύο δυνατές συνδέσεις της βιντεοκάμερας με ένα τηλεοπτικό δέκτη. Στο πίσω μέρος της βιντεοκάμερας υπάρχουν δύο υποδοχές RCA (μία για το σήμα βίντεο και μία για τον ήχο) καθώς και μία υποδοχή μικρότερη, η οποία και παρέχει DC τάση. Συνδέουμε τις υποδοχές αυτές με τους αντίστοιχους ακροδέκτες του προσαρμογέα (adaptor) SBC5411, ο οποίος είναι ένας διαμορφωτής. Έτσι ο διαμορφωτής παίρνει από την κάμερα τις πληροφορίες εικόνας και ήχου, καθώς και την DC τροφοδοσία για να δουλέψει και τις διαμορφώνει στο κανάλι 36.

#### 4.4.2 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Camcorder VKR 6843

#### 4.4.3 Σύνδεση του Camcorder με τηλεοπτικό δέκτη





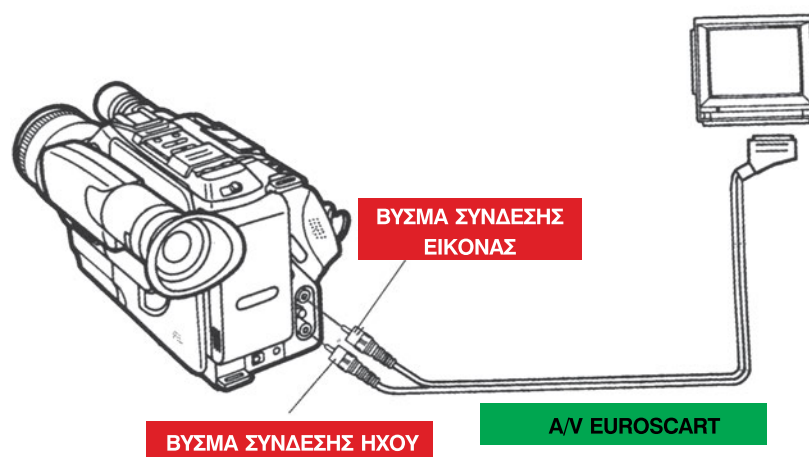
Σχήμα 4.4.3.1 Σύνδεση της κάμερας με το δέκτη με τη μέθοδο Video-RF

Η έξοδος του αντάπτορα-διαμορφωτή θα είναι σήμα RF στο 36ο κανάλι. Συνδέουμε την έξοδο του διαμορφωτή και τον Τ/Ο δέκτη με καλώδιο ομοαξωνικό 75Ωμ και συντονίζουμε το δέκτη στο 36ο κανάλι.

Ενεργοποιούμε την βιντεοκάμερα και έχουμε τις πληροφορίες εικόνας και ήχου στη τηλεόρασή μας.

## II. Σύνδεση AV ή EUROSCART

**Σημείωση:** Για αυτή τη σύνδεση απαραίτητη προϋπόθεση είναι να διαθέτει ο δέκτης υποδοχή EUROSCART θηλυκή.



Σχήμα 4.4.3.2 Σύνδεση της κάμερας Τ/Ο δέκτη με τη μέθοδο AV

Εδώ χρησιμοποιούμε καλώδιο, που στη μία άκρη έχει βύσματα αρσενικά RCA για την εικόνα και τον ήχο και στην άλλη άκρη έχει συνδετήρα EUROSCART. Συνδέουμε τα αρσενικά βύσματα RCA στις αντίστοιχες υποδοχές RCA της βιντεοκάμερας με τη βοήθεια των χρωμάτων (αρσενικών-θηλυκών RCA) και τον συνδετήρα EUROSCART στην αντίστοιχη υποδοχή EUROSCART του T/O δέκτη.

Επιλέγουμε το πρόγραμμα AV ή O του T/O δέκτη, ενεργοποιούμε τη βιντεοκάμερα και έχουμε τις πληροφορίες εικόνας και ήχου στη τηλεόρασή μας.

#### 1. Ισοστάθμιση του λευκού (White Balance).

Η ρύθμιση αυτή είναι απαραίτητη για τη σωστή ανάλυση και εγγραφή των φυσικών χρωμάτων.

Η βιντεοκάμερα έχει ένα διακόπτη δύο θέσεων για τη ρύθμιση της ισοστάθμισης του λευκού. Στη μία θέση AUTO η ρύθμιση της ισοστάθμισης γίνεται αυτόματα και συνεχώς για οποιεσδήποτε συνθήκες σκόπευσης. Στην άλλη θέση MANUAL γίνεται χειροκίνητη ρύθμιση της ισοστάθμισης του λευκού. Προς τούτο χρησιμοποιούμε το καπάκι των φακών. Αυτό στο μέσα μέρος έχει μία λευκή επιφάνεια. Θέτουμε το καπάκι στο φακό, γυρίζουμε το διακόπτη επιλογής ισοστάθμισης στη θέση MANUAL και πατάμε το μπουτόν, "T" του ZOOM παρακολουθώντας στο σκόπευτρο (View-finder) την εικόνα να γίνεται απόλυτα λευκή. Κρατάμε πατημένο το μπουτόν "T" για περισσότερο από 1 sec και εφόσον η εικόνα στο σκόπευτρο είναι απόλυτα λευκή, τότε έχει γίνει ισοστάθμιση του λευκού.

#### 2. Εστίαση (Focus)

Η ρύθμιση της εστίασης γίνεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα με τη βοήθεια ενός διακόπτη δύο θέσεων (Auto focus - Manual focus).

Για τη χειροκίνητη ρύθμιση της εστίασης των φακών, επιλέγουμε με τη βοήθεια του ZOOM το αντικείμενο και το εύρος του. Ακολουθώντας ρυθμίζουμε με το εστιακό δακτυλίδι (Focus Ring) την εστιακή απόσταση, ώστε το επιλεγμένο αντικείμενο να εμφανίζεται στο σκόπευτρο καθαρό.

#### 3. Λειτουργία MACRO

Αρκετές βιντεοκάμερες έχουν την δυνατότητα κάλυψης πολύ μικρών αντικειμένων από μικρή απόσταση. Η διαδικασία σκόπευσης από ελάχιστη απόσταση μικρών αντικειμένων λέγεται MACRO.

Ο φακός της κάμερας τίθεται σε κατάσταση MACRO είτε με κάποιο μοχλό, που βρίσκεται στο εστιακό δακτυλίδι, είτε με το πάτημα του μπουτόν "W" του ZOOM. Αφού γίνει η επιλογή της θέσης MACRO ακολουθώντας ρυθμίζεται η εστίαση είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα.

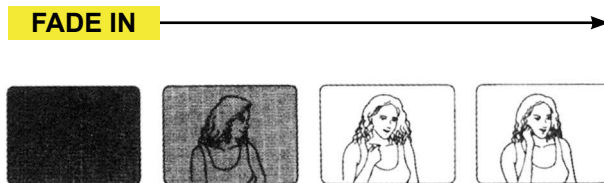
#### 4. Λειτουργία απόκρυψης εικόνας-εμφάνισης εικόνας (Fade in - Fade out).

Η λειτουργία Fade in χρησιμοποιείται στη διαδικασία έναρξης καταγραφής

### 4.4.4 Βασικές ρυθμίσεις λειτουργίας.

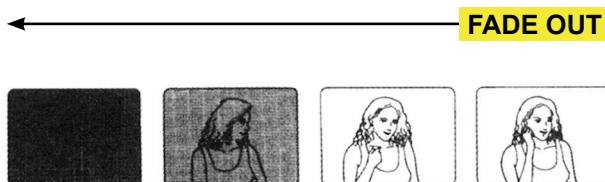
εικόνων.

Κρατώντας πατημένο το Fade in η εικόνα είναι μαύρη (οπότε εκεί μπορούν να τοποθετηθούν με μοντάζ τίτλοι) και προοδευτικά εμφανίζεται το επιλεγμένο αντικείμενο.



Σχήμα 4.4.4.1 Η λειτουργία Fade in

Η λειτουργία του Fade out λαμβάνει χώρα στο τέλος της καταγραφής εικόνων. Πατάμε το μπουτόν Face Out και το κρατάμε πατημένο, έως ότου η εικόνα προοδευτικά μαυρίσει.



Σχήμα 4.4.4.2 Η λειτουργία Fade Out

## 5. Ταχύτητα διαφράγματος (High Speed Shutter)

Αναφέρεται στην ταχύτητα με την οποία ανοιγοκλείνει το διάφραγμα της κάμερας για να επιτρέψει την είσοδο (ποσοτικά και χρονικά) του φωτός.

Η κάλυψη εικόνων στατικών γίνεται με μικρή ταχύτητα διαφράγματος, ενώ η κάλυψη κινουμένων με ταχύτητα αντικειμένων (ποδοσφαιρικός αγώνας) γίνεται με υψηλή ταχύτητα διαφράγματος.

Μία κανονική τιμή ταχύτητας είναι 1/50sec, ενώ μία υψηλή ταχύτητα διαφράγματος μπορεί να είναι 1/4000sec.

Η βιντεοκάμερα διαθέτει ένα μπουτόν με την ένδειξη "High speed shutter", το οποίο κάθε φορά που πατιέται, αλλάζει την ταχύτητα του διαφράγματος βήμα προς βήμα και η οποία εμφανίζεται στο σκόπευτρο.

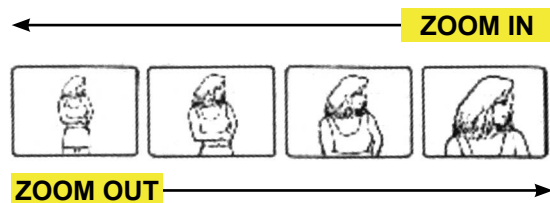
1/50 sec  
1/20 sec  
1/250 sec  
1/500 sec  
1/1000 sec  
1/2000 sec  
1/4000 sec

**Ρύθμιση απόστασης - βάθους αντικειμένου ZOOM.**

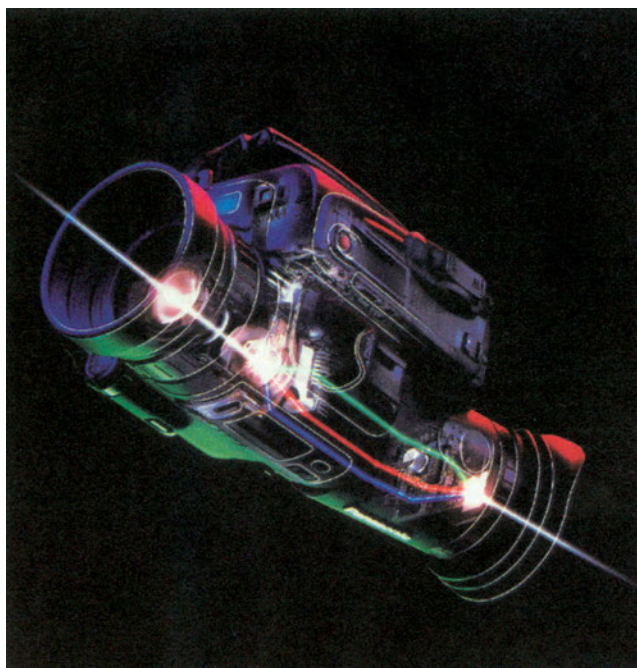
Οι βιντεοκάμερες διαθέτουν ένα διπλό μπουτόν με τις ενδείξεις "T" και "W" που συνήθως βρίσκεται στην κορυφή της συσκευής και που ελέγχεται με δύο δάκτυλα του χεριού που κρατούν την κάμερα.

Με το πάτημα του πλήκτρου "T" ενεργοποιούμε την διαδικασία ZOOM IN κατά την οποία το αντικείμενο έρχεται πολύ κοντά.

Με το πάτημα του πλήκτρου "W" ενεργοποιούμε την διαδικασία ZOOM OUT κατά την οποία το αντικείμενο απομακρύνεται.



Σχήμα 4.4.4.3 Η λειτουργία ZOOM IN και ZOOM OUT



ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ  
ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΜΕΡΑ

## 4.5. ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΜΕΡΕΣ

Όταν οι απαιτήσεις για ανάλυση εικόνας είναι υψηλές όπως π.χ. για την παραγωγή ενός τηλεοπτικού προγράμματος ή κάλυψη ενός αθλητικού γεγονότος, τότε δεν είναι δυνατή η χρήση των μικρών φορητών οικιακών camcorders.

Η ανάπτυξη υπερσύγχρονων διατάξεων ανάλυσης εικόνων, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε καθαρά περιβάλλον στούντιο ή για λογαριασμό κάποιου σταθμού σε εξωτερικές λήψεις, είναι ραγδαία.

Οι επαγγελματικές κάμερες ταξινομούνται ανάλογα με τον τρόπο χρήσης τους σε:

- **Κάμερες ENG (ηλεκτρονικής συλλογής ειδήσεων)**  
**Electronic News Gatering**
- **Κάμερες EFP (ηλεκτρονικής παραγωγής πεδίου)**  
**Electronic Field Production**

### 4.5.1 Κάμερες Ηλεκτρονικής συλλογής Ειδήσεων ENG (ELECTRONIC NEWS GATHERING)

Στις κάμερες ENG είναι ενσωματωμένο το τμήμα ανάλυσης της εικόνας (κεφαλή κάμερας), καθώς και ο βιντεοεγγραφέας. Έτσι όλη η κάμερα παρουσιάζεται ενιαία και αυτό της δίνει τη μεγάλη δυνατότητα της ευελιξίας.

Συνήθως χρησιμοποιούνται σε εξωτερικά γυρίσματα ή σε μέρη, που λαμβάνει χώρα κάποιο σημαντικό γεγονός καταγράφοντας σύντομα τα περιστατικά ή εκπέμποντάς τα με τη βοήθεια κάποιας μικροκυματικής ζεύξης (mini link).

Οι κάμερες ENG είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε να ανταποκρίνονται άμεσα σε επείγοντα θέματα προς κάλυψη.

Για την κάλυψη κάποιου γεγονότος με κάμερα ENG δεν απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός ατόμων από 2. Ο ένας είναι ο χειριστής της κάμερας ENG και ο άλλος είναι ο παρουσιαστής του γεγονότος με ένα μικρόφωνο.

Επίσης μεταφέρονται εύκολα στον τόπο του γεγονότος και είναι δυνατή η κάλυψη μέσα από αυτοκίνητο, από ελικόπτερο ή ακόμη και με κίνηση του χειριστή.

Με τις κάμερες ηλεκτρονικής συλλογής ειδήσεων γίνεται καταγραφή των γεγονότων στη βιντεοκασέτα από την οποία αργότερα θα γίνει η επεξεργασία και το μοντάζ των πληροφοριών.

Όταν δοθεί η εντολή στην ομάδα ENG να καλύψει κάποιο γεγονός, δεν απαιτείται κάποια ιδιαίτερη τεχνική προετοιμασία γι' αυτό το έργο, αρκεί ο χειριστής ENG να έχει σε καλή κατάσταση λειτουργίας την κάμερα. Στον τόπο του περιστατικού η κάλυψη γίνεται άμεσα στο φυσικό περιβάλλον που επικρατεί εκείνη τη στιγμή,

τόσο από πλευράς φωτισμού, όσο και από πλευράς καιρικών συνθηκών (βροχή, αέρας, καπνός φωτιά κλπ.). Γι' αυτό τον λόγο δεν υπάρχει απαίτηση υψηλής ποιότητας εικόνας, επειδή αυτή εξαρτάται από τις παραπάνω συνθήκες.

Οι κάμερες ENG μπορούν να αποδώσουν πολύ καλής ποιότητας πληροφορία, αν εργασθούν σε στούντιο περιβάλλον.



Σχήμα 4.5.1.1 Κάμερα ENG



Σχήμα 4.5.1.2 Κάμερα για εφαρμογή ENG

Είναι κάμερες, που σχεδιάζονται για να λειτουργούν σε στούντιο παραγωγής σήματος εικόνας.

Συνήθως στερεώνονται σε τρίποδα στατικά ή κινητά με τη βοήθεια του χειριστή. Το περιβάλλον κάλυψης ενός συγκεκριμένου γεγονότος (γύρισμα μίας σκηνής) προϋποθέτει προετοιμασία για τη θερμοκρασία, την υγρασία, το φωτισμό κλπ.

Το παραγόμενο σήμα από την κάμερα EFP δεν οδηγείται απευθείας στο βιντεοεγγραφέα αλλά με τη βοήθεια της μονάδας ελέγχου της κάμερας (Camera Control Unit) έρχεται στην κεντρική διάταξη ελέγχου εικόνων, η οποία διαθέτει γεννήτρια ειδικών εφφέ, γεννήτρια τίτλων, χρωμάτων κλπ., για επεξεργασία και ακολούθως

## 4.5.2

**Κάμερες  
Ηλεκτρονικής  
Παραγωγής  
Πεδίου (EFP)  
(ELECTRONIC  
FIELD  
PRODUCTION)**



για εγγραφή σε ιδιαίτερο βιντεοεγγραφέα.

Για την κάλυψη μιας σκηνής είναι ενδεχόμενο να υπάρχουν περισσότεροι του ενός χειριστές (περισσότερες κάμερες), οι οποίοι με σύστημα ενδοεπικοινωνίας (intercom) δέχονται εντολές από το σκηνοθέτη ή το μηχανικό παραγωγής EFP για τα πλάνα, που θα καλύπτει ο καθένας από αυτούς.

Έτσι, ενώ οι κάμερες ENG έχουν σαν μεγάλα πλεονεκτήματα την αυτονομία από τις άλλες διατάξεις, τη δυνατότητα να μετακινηθούν εύκολα, το μικρότερο βάρος και όγκο, τη δυνατότητα άμεσης εγγραφής των εικόνων καθώς και την εκπομπή τους, οι κάμερες EFP και η παραγωγή προγράμματος EFP απαιτούν σοβαρή προετοιμασία, κατάλληλο φωτισμό, σωστές συνθήκες περιβάλλοντος και μεγάλη ποικιλία άλλων διατάξεων, που συνεργάζονται με αυτές (κεντρική κονσόλα μίξης, γεννήτριες ειδικών εφφέ και χαρακτήρων, βιντεοεγγραφείς, διορθωτές βάσης χρόνου, μόνιτορ παρακολούθησης κλπ.)

Η ποιότητα όμως της πληροφορίας από κάμερα και παραγωγή EFP είναι ανώτερη από την παραγωγή με κάμερα ENG.

Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι μία κάμερα υψηλής ποιότητας ENG, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή EFP με εξίσου άριστα αποτελέσματα αρκεί να τοποθετηθεί σε αυτή σκόπευτρο (View Finder) άνω των 5", εξωτερική είσοδος μικροφώνων, να μπει πάνω σε τρίποδα και να συνδεθεί με τη μονάδα ελέγχου RCU (Remote Control Unit) η έξοδος της οποίας οδηγείται στη κεντρική κονσόλα ελέγχου.



Σχήμα 4.5.2. Κάμερα για εφαρμογή EFP χωρίς το σκόπευτρο των 5" (View finder)

### 4.5.3 Βασικά τμήματα και λειτουργίες επαγγελματικής κάμερας ENG/EPF

#### **Ηλεκτρονικό σκόπευτρο (Electronic Viewfinder)**

Είναι ένα μικροσκοπικό μόνιτορ που δείχνει την εικόνα που εκείνη τη στιγμή αναλύει η κάμερα. Η διάμετρος σε συνηθισμένες κάμερες ENG είναι 1,5". Το σκόπευτρο μπορεί να μετακινηθεί χειροκίνητα κατά 90° από την οριζόντια θέση μέχρι τη κατακόρυφη. Μόλις τροφοδοτήσουμε την κάμερα το μόνιτορ ανάβει παρουσιάζοντας την εικόνα κάλυψης.

#### **Φακοί αυτόματου ελέγχου ZOOM και διαφράγματος (Auto Iris Servo Control Zoom Lens).**

Είναι υψηλής ποιότητας φακοί 10 - 120mm, οι οποίοι προσφέρουν καλά αποτελέσματα ελέγχου ZOOM και διαφράγματος είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα.

Η βάση των φακών είναι τύπου "μπαγιονέτ" F1.7 και μπορούν να κάνουν ZOOM μέχρι X14. Η σκόπευση MACRO μπορεί να γίνει σε απόσταση 1cm από τους φακούς. Για το διάφραγμα υπάρχει διακόπτης δύο θέσεων **A** για αυτόματη λειτουργία και **M** για χειροκίνητη λειτουργία.

Ο έλεγχος του ZOOM πραγματοποιείται από το διπλό πλήκτρο με τα σύμβολα **W** (Wide) και **T** (Tele).

#### **Διακόπτης αυτόματης ισοστάθμισης λευκού/μαύρου (Auto White/ Black set Switch).**

- **AWC A & AWC B** που είναι θέσεις για δύο επίπεδα φωτός όπως εσωτερικού χώρου (A) και εξωτερικού χώρου (B).
- **ABC** που είναι θέση για την ισοστάθμιση του μαύρου.

Η ισοστάθμιση λευκού/μαύρου είναι ουσιαστικά ο αρχικός προσδιορισμός των επιπέδων του λευκού και του μαύρου, στα οποία θα γίνει η λήψη. Επειδή το επίπεδο αυτών δρα στο εύρος του σήματος video, κάθε σοβαρή αύξηση της φωτεινότητας του λευκού θα είχε σαν επίδραση την μεταβολή του σήματος και φυσικά τη χρωματική αλλοίωση, γι' αυτό αρχικά πρωτοτοποθετείται το επίπεδο αυτών.

#### **Διακόπτης επιλογής διαφράγματος φακών (Lens Iris Selection Switch).**

Ο διακόπτης αυτός έχει συνήθως 3 θέσεις λειτουργίας

- 1/2 open (1/2 ανοιχτός)
- 1/2 close (1/2 κλειστός)
- Normal (κανονικός)

Αν η εικόνα, που πρόκειται να καλύψουμε είναι φωτεινή σε σκοτεινό φόντο, θέτουμε το διακόπτη στη θέση 1/2 close, οπότε το διάφραγμα του φακού κλείνει κατά 1/2 F - Stop.

Αν η εικόνα είναι σχετικά σκοτεινή σε φωτεινό φόντο, θέτουμε το διακόπτη στη θέση 1/2 open, οπότε το διάφραγμα του φακού ανοίγει κατά 1/2 F-stop.

Σε κανονικές συνθήκες στη θέση Normal το διάφραγμα του φακού λειτουργεί στις κανονικές διαστάσεις.

#### **Συνδετήρας (32Pin) VCR/RCU (Connector VCR/RCU)**

Όταν χρησιμοποιείται η κάμερα με φορητό βιντεοεγγραφέα (VCR), τότε πρέπει να τα συνδέσουμε με καλώδια 32-pin (32 ακίδων).

Αυτός ο συνδετήρας επί πλέον χρησιμοποιείται για σύνδεση 32-pin (καλωδίου στούντιο) με τη μονάδα RCU (μονάδα ελέγχου της κάμερας από μακριά).



**Υποδοχή ενδοεπικοινωνίας (Intercom Jack)**

Η υποδοχή αυτή χρησιμοποιείται για να υπάρχει επικοινωνία του χειριστή της κάμερας και του χειριστή της κεντρικής κονσόλας ελέγχου του στούντιο.

Στην υποδοχή αυτή ο χειριστής της κάμερας τοποθετεί ένα βύσμα με καλώδιο η άλλη άκρη, του οποίου έχει ένα ζεύγος ακουστικών με ενσωματωμένο στέλεχος και μικρόφωνο, το οποίο βρίσκεται κοντά στα χείλη του χειριστή. Έτσι μπορεί να επικοινωνεί μέσω του καλωδίου 32-pin και του RCU με τον υπεύθυνο χειριστή της κεντρικής κονσόλας.

**Συνδετήρας εισόδου γενικού κλειδώματος (Gen Lock input Connector).**

Σε ένα στούντιο, όπου υπάρχουν πολλές διατάξεις ανάλυσης, επεξεργασίας, καταγραφής και απεικόνισης εικόνας είναι απαραίτητη η συγχρονισμένη λειτουργία σύμφωνα με το τηλεοπτικό πρότυπο, που επικρατεί.

Ο συγχρονισμός της λειτουργίας όλων αυτών των διατάξεων όπως κάμερες, RCU, κεντρική κονσόλα ελέγχου, γεννήτρια ειδικών εφφέ, βιντεοεγγραφείς, μόνιτορς κλπ. γίνεται ταυτόχρονα από μία γεννήτρια, η οποία παράγει παλμούς συγχρονισμού και ονομάζονται παλμοί γενικού κλειδώματος (General Lock). Έτσι η κάμερα έχει μία υποδοχή τύπου BNC στην οποία συνδέεται το καλώδιο Gen-Lock από την αντίστοιχη γεννήτρια.

**Συνδετήρας οπτικού σήματος εξόδου (Video Out)**

Στην υποδοχή αυτή αναπτύσσεται το σύνθετο έγχρωμο οπτικό σήμα από την κάμερα, το εύρος, του οποίου είναι 1:1,5 Vp-p.

**Επιλογικός διακόπτης υψηλής ενίσχυσης (High Gain Selection Switch).**

Οι θέσεις του επιλογικού διακόπτη είναι:

**0 db, + 9db & + 18db**

Για την κάλυψη κανονικών φωτισμών σκηνών, ο διακόπτης τίθεται στη θέση 0db και το εύρος του σήματος Video θα είναι το κανονικό.

Αν όμως η σκηνή, που καλύπτουμε με την κάμερα είναι σκοτεινή, τότε ενισχύουμε το σήμα Video, θέτοντας το διακόπτη κατ' αρχάς στη θέση +9db και αν χρειαστεί στη θέση +18db.

Οι μεταβολές του διακόπτη στις θέσεις +9db ή +18db εξομοιώνουν τη λειτουργία του διαφράγματος των φακών σε 1.5 F-stop ή 3 F-stop αντίστοιχα.

**Επιλογικός διακόπτης κάμερας/έγχρωμων ραβδώσεων (Camera/colour Bar Selection Switch).**

Αν ο επιλογικός αυτός διακόπτης βρίσκεται στη θέση Camera, τότε η κάμερα ανιχνεύει τη σκηνή και αποδίδει αυτό το σήμα Video.

Αν όμως ο επιλογικός διακόπτης βρίσκεται στη θέση Colour Bar, τότε ενεργοποιείται μία ενσωματωμένη στην κάμερα γεννήτρια, η οποία παρέχει εικόνα με τις έγχρωμες ραβδώσεις και στην έξοδο θα αποδίδεται το σήμα βίντεο από τις μπάρες.

**Διακόπτης φίλτρων χρωματικής θερμοκρασίας (Filter Wheel).**

Ο διακόπτης αυτός έχει 4 δυνατές θέσεις, που η κάθε μία καλύπτει διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας της κάμερας

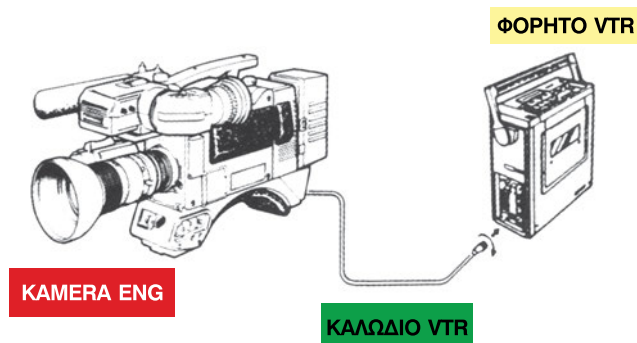
- 3200°K : για λειτουργία σε εσωτερικό χώρο με φωτισμό προερχόμενο από προβολείς ή λυχνίες αλογόνου.
- 5600°K : για λειτουργία σε εξωτερικό ή εσωτερικό χώρο με φως ημέρας σε ηλιόλουστες συνθήκες

- 5600°K : για λειτουργία σε εξωτερικό ή εσωτερικό χώρο με φως ημέρας σε συνθήκες συννεφιάς ή βροχής
- Closed : μη ενεργοποίηση του διακόπτη επιλογής χρωματικής θερμοκρασίας.

#### 4.5.4 Σύνδεση και λειτουργία κάμερας σε εφαρμογή ENG.

Για κάλυψη γεγονότος με εφαρμογή ENG, απαιτούνται η κάμερα ENG, ένα φορητό VCR και το καλώδιο σύνδεσης της κάμερας με το βιντεοεγγραφέα.

Αν η κάμερα, ENG έχει ενσωματωμένο το βιντεοεγγραφέα, τότε μόνο η βιντεοκάμερα είναι αρκετή για τέτοια εφαρμογή.



Σχήμα 4.5.4. Διάγραμμα σύνδεσης κάμερας ENG για εφαρμογή ENG

#### 4.5.5 Σύνδεση και λειτουργία κάμερας ENG & KEY, DSK σε εφαρμογή EFP.

Για κάλυψη σκηνών EFP με χρήση κάμερας ENG και κάμερας KEY απαιτούνται εκτός από τις κάμερες η γεννήτρια ειδικών εφφέ, η οποία διαθέτει σύστημα παραγωγής "γενικού κλειδώματος" και σύστημα συγχρονισμού με σύνθετους παλμούς οριζόντιου και κάθετου συγχρονισμού.

Επί πλέον απαιτούνται και δύο τουλάχιστον μόνιτορ, ένα για την απεικόνιση της οπτικής πληροφορίας πριν την τελική εμφάνιση (Preview) και ένα για την τελική απεικόνιση της παραγόμενης οπτικής πληροφορίας (Program).

Οι ENG κάμερες συνδέονται με καλώδιο ομοαξωνικό με τις αντίστοιχες εισόδους της γεννήτριας ειδικών εφφέ. Επιπλέον το σήμα "γενικού κλειδώματος" από τη γεννήτρια ειδικών εφφέ τροφοδοτεί τις κάμερες ENG κλειδώνοντάς τις.

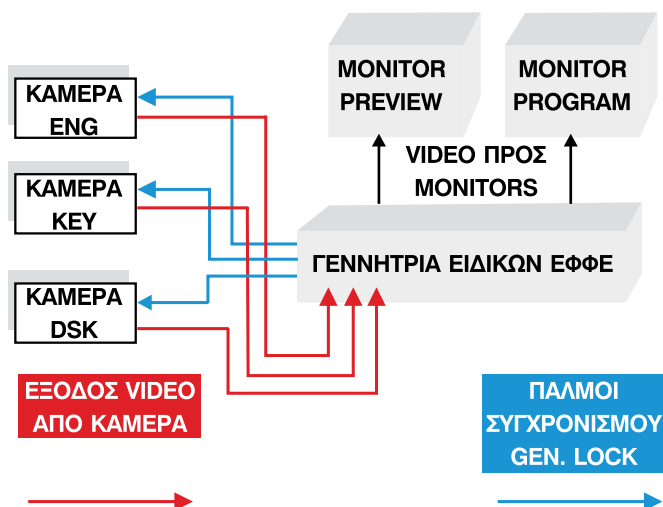
Η KEY κάμερα βγάζει πληροφορίες των 3 βασικών χρωμάτων RGB και επομένως απαιτείται καλώδιο με 3 αγωγούς και φισ για να τροφοδοτηθεί η γεννήτρια ειδικών εφφέ στις αντίστοιχες υποδοχές RGB. Ο συγχρονισμός της κάμερας "KEY" γίνεται από τη γεννήτρια με σύνθετους παλμούς συγχρονισμού (Composite Sync).

Η DSK κάμερα συνδέεται με ομοαξωνικό καλώδιο στην αντίστοιχη υποδοχή Video της γεννήτριας ειδικών εφφέ, ενώ ο συγχρονισμός της πραγματοποιείται από τους σύνθετους παλμούς συγχρονισμού.

Τέλος στις θέσεις εξόδων (Video Out) Program & Preview συνδέονται τα μόνιτορ απεικόνισης.

Ειδικότερα στο μόνιτορ Preview απεικονίζεται όλη η προετοιμασία επιλογής μιας εικόνας από τις τέσσερις, η σύνθεση φόντου και τίτλων, καθώς και η εισαγωγή των διαφόρων εφφέ, που επιθυμούμε και αυτή γίνεται με χειρισμό από τη γεννήτρια ειδικών εφφέ.

Όταν έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία επεξεργασίας του τελικού σήματος, το προϊόν μπορεί να βγει όπως λέμε στον "αέρα" με το πάτημα ενός πλήκτρου, ενώ ταυτόχρονα απεικονίζεται στο μόνιτορ Program.



Σχήμα 4.5.5 Διάγραμμα σύνδεσης κάμερας ENG, KEY, DSK για εφαρμογή EFP

## 4.5.6

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

#### 4

1. Η μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι:
  - το κερί ή η καντέλα
  - το λουξ
  - το λούμεν
 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
2. Η αντίθεση εκφράζει το λόγο της λαμπρότητας του πιο ..... προς τη λαμπρότητα του πιο .....
3. Η χρωμικότητα μιας εικόνας είναι ένα γεωμετρικό άνυσμα και καθορίζεται από .....
4. Το ανθρώπινο μάτι έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στο:
  - κόκκινο
  - στο πράσινο
  - στο μπλε
 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
5. Συμπληρώστε τα κενά.  
 Τα σήματα που επεξεργάζεται το σύστημα PAL είναι .....  
 Τα σήματα που επεξεργάζεται το σύστημα SECAM είναι .....  
 Τα σήματα που επεξεργάζεται το σύστημα NTSC είναι .....
6. Ποιά είναι η θέση του σήματος Burst στο σύστημα PAL.
7. Με ποιο τρόπο γίνεται ο έλεγχος και η αποκατάσταση της DC συνιστώσας στην ασπρόμαυρη κάμερα VIDICON.
8. Στην πιο απλή του μορφή ο CCD καταγραφέας συνίσταται από .....
9. Ποιες είναι οι δυνατές συνδέσεις μιας βιντεοκάμερας με ένα τηλεοπτικό δέκτη.
10. Στις βασικές ρυθμίσεις λειτουργίας, η ισοστάθμιση του λευκού (White Balance) είναι απαραίτητη για .....
11. Η λειτουργία Fade out χρησιμοποιείται στη διαδικασία .....
12. Η λειτουργία Fade in χρησιμοποιείται στη διαδικασία .....
13. Στη διαδικασία ρύθμισης του ZOOM, πιέζοντας το πλήκτρο «Τ» :
  - το αντικείμενο έρχεται κοντά
  - το αντικείμενο απομακρύνεται
 (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
14. Ο χειριστής της κάμερα έχει δυνατότητα επικοινωνίας με το χειριστή της κεντρικής κονσόλας μέσω .....
15. Ποιο σκοπό εξυπηρετεί η γεννήτρια γενικού κλειδώματος (GEN. LOCK).

16. Όταν πρόκειται να γίνει κάλυψη εικόνων σε εξωτερικό χώρο με ηλιόλουστες συνθήκες, τότε ο διακόπτης φίλτρων χρωματικής θερμοκρασίας πρέπει να βρίσκεται στη θέση:
- 3200°K
  - 5600°K
  - κλειστός (closed)
- (υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση)
17. Σχεδιάστε απλό δομικό διάγραμμα σύνδεσης κάμερας ENG σε εφαρμογή EFP.
18. Ποιες προϋποθέσεις πρέπει να υπάρχουν ώστε μια κάμερα ENG να μπορεί να εργαστεί σε εφαρμογή EFP;
19. Στο μόνιτορ PREVIEW αποτυπώνεται η τελική εικόνα λίγο πριν την έξοδο από το στούντιο.  
σωστό ή λάθος
20. Η άθροιση των σημάτων R με πλάτος 1V p-p και B με πλάτος 1V p-p θα δώσει το συμπληρωματικό χρώμα .....



# 50 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## Αναλογικές συσκευές επεξεργασίας εικόνας

### Σκοπός

Σκοπός του Πέμπτου Κεφαλαίου είναι ο μαθητής να μπορεί:

- Να αναγνωρίζει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων βίντεο και να διακρίνει τα επαγγελματικά από τα ερασιτεχνικά.
- Να γνωρίζει τον τρόπο αποτύπωσης των ιχνών εικόνας και ήχου στη μαγνητική ταινία των ερασιτεχνικών και επαγγελματικών συστημάτων εγγραφής
- Να γνωρίζει την αρχή λειτουργίας των συστημάτων παρακολούθησης βίντεο σήματος (μόνιτορ) και τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά τους.
- Να γνωρίζει την αρχή λειτουργίας της τράπεζας μίξης εικόνας και τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά της.
- Να περιγράφει και να αναλύει τη λειτουργία των μονάδων, που αποτελούν τυπικό σύστημα μοντάζ



## Εισαγωγή

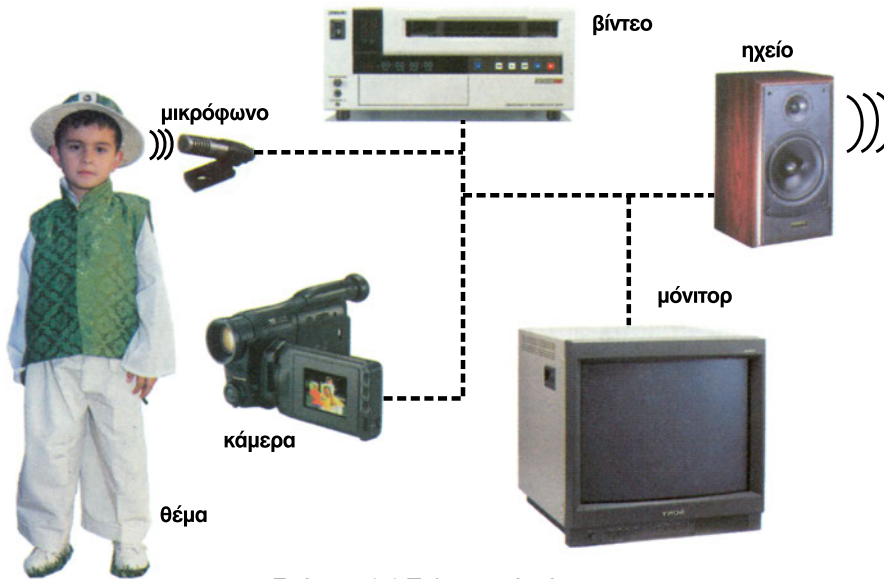
Η εγγραφή σε μαγνητική ταινία βίντεο μας δίνει τη δυνατότητα να αποθηκεύσουμε ζωντανές σκηνές (εικόνες) για μελλοντική αναπαραγωγή, επεξεργασία και διάθεση στην αγορά. Η μαγνητική εγγραφή αναπτύχθηκε αρχικά για την τηλεόραση, την οποία απελευθέρωσε από τους περιορισμούς της ζωντανής παραγωγής. Οι αυξανόμενες ανάγκες για δημιουργία όλο και περισσότερο υψηλής ποιότητας τηλεοπτικών προγραμμάτων οδήγησαν στη βελτίωση της τεχνολογίας εγγραφής. Τα πρώτα βίντεο ήταν πολύ ακριβά, δύσκολα στον χειρισμό και κατανάλωναν μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, όλα τα παραπάνω προβλήματα έχουν λυθεί και η τεχνολογία εγγραφής συμβάλλει στη δημιουργία τηλεοπτικών προγραμμάτων υψηλής ποιότητας.

## 5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ

Τηλεοπτικά συστήματα ονομάζουμε το σύνολο των συσκευών, οι οποίες μετέχουν στην παραγωγή και αποθήκευση εικόνας και ήχου. Το πιο απλό σύστημα τηλεόρασης αποτελείται από μια κάμερα, η οποία είναι συνδεδεμένη απευθείας με το μόνιτορ. Η κάμερα παράγει το ηλεκτρικό σήμα, το οποίο μεταφέρει την πληροφορία της εικόνας και το στέλνει για εμφάνιση στην οθόνη του μόνιτορ.

### 5.1.1

### Τηλεοπτικά Συστήματα

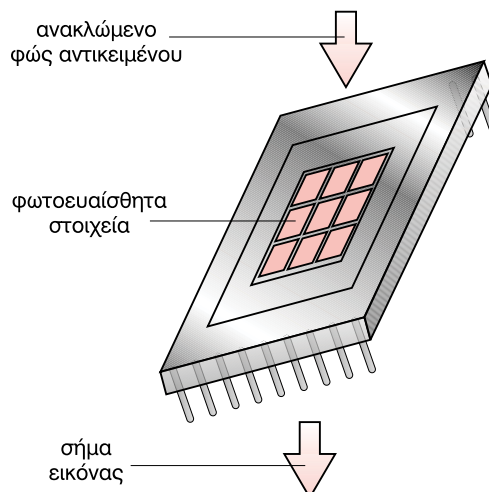


Σχήμα 5.1.1 Τηλεοπτικό σύστημα

Τα συστήματα, που χρησιμοποιούνται στην πράξη, εκτός από την κάμερα και το μόνιτορ, περιλαμβάνουν μια ή περισσότερες συσκευές βίντεο. Το σήμα στην περίπτωση αυτή, που παράγεται από την κάμερα, εκτός από την εμφάνισή του στο μόνιτορ αποθηκεύεται και στο βίντεο.

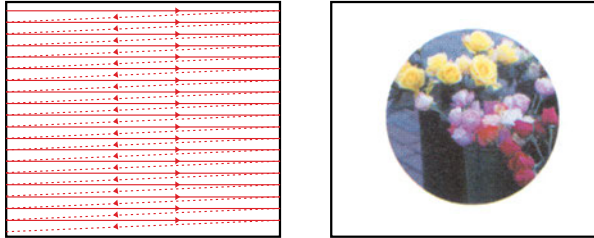
Η κάμερα, μέσω του φωτοηλεκτρικού μετατροπέα (CCD), μετατρέπει την εικόνα, που σαρώνει, σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο ονομάζεται σήμα βίντεο ή σήμα εικόνας.

### 5.1.2 Σάρωση



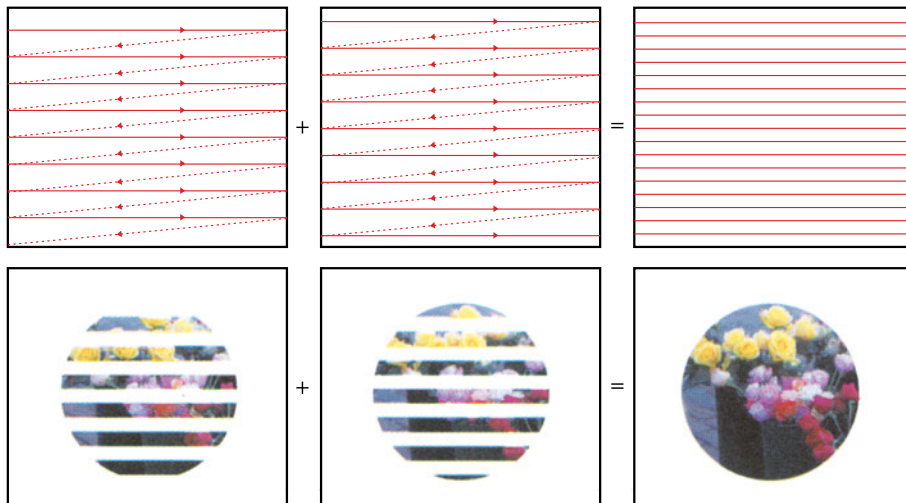
Σχήμα 5.1.2.α  
Φωτοηλεκτρικός  
μετατροπέας (CCD)

Η κάμερα σαρώνει την εικόνα σε οριζόντιες γραμμές, η πρώτη των οποίων ξεκινάει από το πάνω αριστερό σημείο της εικόνας. Όταν η σάρωση φθάσει στη δεξιά πλευρά της εικόνας, επιστρέφει πάλι στην αριστερή πλευρά, για να διαβάσει την επόμενη γραμμή. Αυτή η διαδικασία γίνεται μέχρι να φθάσουμε στο κάτω μέρος της εικόνας. Κάθε πλήρης σάρωση ονομάζεται **πλαίσιο**. Τα πλαίσια σαρώνονται με γρήγορο ρυθμό, ώστε να προκύπτει ομαλή κίνηση της εικόνας. Ο τρόπος σάρωσης, που περιγράφηκε, ονομάζεται **Προοδευτική**



Σχήμα 5.1.2.b Προοδευτική σάρωση

Στα τηλεοπτικά συστήματα χρησιμοποιείται ο ενδιάμεσος τρόπος σάρωσης. Με τον τρόπο αυτό, η κάμερα σαρώνει τις μισές γραμμές σε κάθε κατακόρυφο πέραςμα της εικόνας. Κάθε κατακόρυφη σάρωση της εικόνας, η οποία περιέχει τις μισές γραμμές σάρωσης, ονομάζεται πεδίο. Στο πρώτο πεδίο σαρώνονται οι περιττές γραμμές, ξεκινώντας από την πάνω αριστερή πλευρά της εικόνας. Στο δεύτερο πεδίο σαρώνονται οι άρτιες γραμμές, ξεκινώντας από το μέσο της πρώτης άρτιας γραμμής. Ο ενδιάμεσος τρόπος σάρωσης επιτρέπει μείωση 2 προς 1 του ρυθμού των πλαισίων και, κατά συνέπεια, του εύρους ζώνης. Η συχνότητα σάρωσης των πλαισίων είναι 25 ή 30 Hz ανάλογα με την τυποποίηση του βίντεο σήματος. Η ενδιάμεση σάρωση δε χρησιμοποιείται στα μόνιτορ των υπολογιστών, επειδή δεν έχουμε καθαρή εικόνα στα οριζόντια άκρα της.



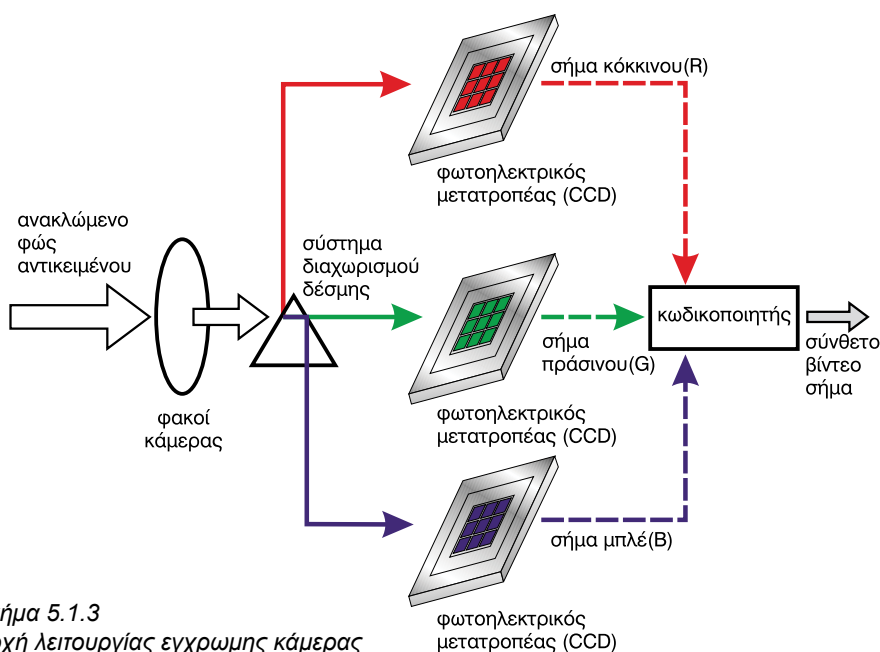
Σχήμα 5.1.2.c Ενδιάμεση σάρωση

Ο χρόνος επιστροφής για τη σάρωση της επόμενης γραμμής ονομάζεται χρόνος οριζόντιας αμαύρωσης. Ο χρόνος επιστροφής για τη σάρωση του επόμενου πε-

δίου ή πλαισίου ονομάζεται χρόνος κατακόρυφης αμαύρωσης. Οι αναλογίες της φωτεινής περιοχής της οθόνης, που δημιουργούνται από τις γραμμές σάρωσης (raster), ονομάζονται λόγος πλευρών :  $k = w/h = \text{πλάτος/μήκος}$ . Για τα περισσότερα αναλογικά συστήματα  $k = 4/3$ .

Τα χαρακτηριστικά ενός χρώματος είναι η απόχρωση, ο κορεσμός και η φωτεινότητα. Η απόχρωση είναι, ουσιαστικά, το χρώμα, που βλέπουμε και εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Ο κορεσμός εκφράζει το βαθμό καθαρότητας του χρώματος και εξαρτάται από το ποσοστό ανάμειξης του καθαρού χρώματος με το λευκό. Η φωτεινότητα εκφράζει την ποσότητα φωτός, που ανακλά το χρώμα. Ένα χρώμα είναι πολύ φωτεινό, όταν ανακλά πολύ φως. Το φως, που ανακλάται από κάθε αντικείμενο, περιέχει πολλά χρώματα σε πολλούς συνδυασμούς φωτεινότητας, κορεσμού και απόχρωσης. Κάθε χρώμα, σύμφωνα με την επιστήμη της χρωματομετρίας, μπορεί να δημιουργηθεί με την πρόσθεση των ακτινοβολιών (προσθετική μίξη) των βασικών χρωμάτων : κόκκινου (Red), πράσινου (Green) και μπλε (Blue). Επομένως, για την αναπαραγωγή του χρώματος στον τηλεοπτικό δέκτη ή στο βίντεο μόνιτορ απαιτείται η ύπαρξη τριών σημάτων, τα οποία μεταφέρουν αντίστοιχα τις πληροφορίες των βασικών χρωμάτων κόκκινου, πράσινου και μπλε. Η παραγωγή των σημάτων αυτών γίνεται στην έγχρωμη κάμερα των τηλεοπτικών συστημάτων. Το ανακλώμενο φως των αντικειμένων, που βρίσκονται στο οπτικό πεδίο της κάμερας, εστιάζεται από τους φακούς στο σύστημα διαχωρισμού δέσμης, που το αναλύει στην κόκκινη, πράσινη και μπλε δέσμη φωτός. Στη συνέχεια, οι τρεις αυτές δέσμες κατευθύνονται σε τρεις αντίστοιχα φωτοηλεκτρικούς μετατροπείς (CCD), που τις μετασχηματίζουν στα σήματα κόκκινου (R), πράσινου (G) και μπλε (B) χρώματος. Τα τρία αυτά σήματα μαζί μεταφέρουν την πληροφορία χρώματος και ονομάζονται σήμα χρώματος.

### 5.1.3 Αναπαραγωγή χρώματος



Σχήμα 5.1.3  
Αρχή λειτουργίας εγχρωμής κάμερας

Στα τηλεοπτικά συστήματα, αντί των τριών σημάτων R,G και B, χρησιμοποιείται το σήμα, που μεταφέρει την πληροφορία της φωτεινότητας (Y) και τα σήματα χρωμοδιαφοράς κόκκινου ( $C_R = R - Y$ ), πράσινου ( $C_G = G - Y$ ) και μπλε ( $C_B = B - Y$ ), τα οποία μεταφέρουν τις πληροφορίες απόχρωσης και κορεσμού των αντίστοιχων χρωμάτων. Το σήμα φωτεινότητας υπολογίζεται με γραμμικό συνδυασμό των σημάτων R, G, και B, σύμφωνα με τη σχέση  $Y = 0,59G + 0,30R + 0,11 B$ . Τα σήματα χρωμοδιαφοράς ή χρωμικότητας  $C_R$ ,  $C_G$  και  $C_B$  υπολογίζονται με αφαίρεση της φωτεινότητας (Y) από τα σήματα R,G, και B αντίστοιχα.  $C_R = R - Y = R - (0,59G + 0,30R + 0,11 B) = 0,70R - 0,59G - 0,11B$

$$C_G = G - Y = G - (0,59G + 0,30R + 0,11 B) = -0,30R + 0,41G - 0,11B$$

$$C_B = B - Y = B - (0,59G + 0,30R + 0,11 B) = -0,30R - 0,59G + 0,89B$$

Αποδεικνύεται, ότι τα σήματα χρωμοδιαφοράς  $C_R$ ,  $C_G$  και  $C_B$  δεν είναι ανεξάρτητα, αλλά συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση  $0,30 C_R + 0,59 C_G + 0,11 C_B = 0$ . Επομένως, αν γνωρίζουμε δύο σήματα χρωμοδιαφοράς μπορούμε να υπολογίσουμε το τρίτο.

Με βάση τα προηγούμενα, για να έχουμε την πληροφορία χρώματος, αρκεί να γνωρίζουμε τα τρία βασικά σήματα (R, G, B) ή το σήμα φωτεινότητας (Y) και δύο σήματα χρωμοδιαφοράς. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, στα τηλεοπτικά συστήματα τα σήματα χρωμοδιαφοράς, που στέλνουμε στο δέκτη, είναι το  $C_R$  και το  $C_B$ . Η επιλογή τους γίνεται με βάση το γεγονός, ότι είναι πιο ισχυρά σήματα από το σήμα  $C_G$ . Το σήμα βίντεο (Y, R-Y, B-Y) ονομάζεται σήμα συνιστώμενο ή συνιστωσών (componet) όπως και τα αντίστοιχα τηλεοπτικά συστήματα, τα οποία επεξεργάζονται ξεχωριστά τα σήματα αυτά. Για τη μεταφορά των τριών σημάτων Y,  $C_R$  και  $C_B$ , τα συνιστώμενα τηλεοπτικά συστήματα χρειάζονται τρία ξεχωριστά κανάλια, με αποτέλεσμα να είναι πολύ ακριβά. Για το λόγο αυτό, τα σήματα Y,  $C_R$ , και  $C_B$ , μετά τη δημιουργία τους με γραμμικό συνδυασμό από τα σήματα R, G και B, οδηγούνται στον κωδικοποιητή της κάμερας, ο οποίος τα συνδυάζει σε ένα σήμα, το οποίο ονομάζεται σύνθετο σήμα (composite) και αποτελεί το σήμα εξόδου της κάμερας. Τα τηλεοπτικά συστήματα, τα οποία επεξεργάζονται το βίντεο σήμα σε σύνθετη μορφή, ονομάζονται σύνθετα (Composite) Τα μονόχρωμα τηλεοπτικά συστήματα παράγουν σήμα, το οποίο αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της φωτεινότητας της εικόνας.

#### 5.1.4 Διεθνείς Τυποποιήσεις Αναλογικού Έγχρωμου Βίντεο Σήματος

Με τη διαδικασία σάρωσης της εικόνας παράγεται ηλεκτρικό σήμα, το οποίο μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή σε κάθε χρονική στιγμή. Συνεπώς, το βίντεο σήμα, που παράγεται με τον τρόπο αυτό από κάμερα, είναι αναλογικό. Στα τηλεοπτικά συστήματα, για να δουλέψουν σωστά τα βίντεο μόνιτορ, οι τηλεοπτικοί δέκτες και τα βίντεο, πρέπει το βίντεο σήμα, που λαμβάνουν στην είσοδό τους, να πληροί ορισμένες τεχνικές προδιαγραφές. Αυτός είναι ο λόγος, που οδήγησε στην τυποποίηση του βίντεο σήματος. Διακρίνουμε τρεις διεθνείς τυποποιήσεις του αναλογικού έγχρωμου βίντεο σήματος τη NTSC, τη PAL και τη SECAM, εκ των οποίων η τελευταία έχει περιορισμένη χρήση και τείνει προς εξαφάνιση. Και στις τρεις

αυτές τυποποιήσεις το σήμα βίντεο είναι σε σύνθετη μορφή (composite). Στο τυποποιημένο σήμα, εκτός από το σήμα βίντεο, περιέχονται και τα σήματα συγχρονισμού, τα οποία είναι απαραίτητα για την αναπαραγωγή της εικόνας στο δέκτη. Τα σήματα αυτά διακρίνονται στο οριζόντιο σήμα συγχρονισμού, στο σήμα συγχρονισμού χρώματος ή σήμα ριπής και στο σήμα κατακόρυφου συγχρονισμού.

#### Τυποποίηση Έγχρωμου Βίντεο Σήματος NTSC.

Η τυποποίηση αυτή αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ στις αρχές του 1950 και ονομάστηκε NTSC από τα αρχικά της Επιτροπής, που τη συνέταξε. Το έγχρωμο βίντεο σήμα NTSC σχεδιάστηκε έτσι, ώστε να είναι συμβατό με το μονόχρωμο τηλεοπτικό σύστημα και να εκπέμπεται σε κανάλι 6 MHz, όπου και εκπεμπόταν το μονόχρωμο σήμα βίντεο. Τα σήματα, τα οποία μεταφέρουν τις πληροφορίες απόχρωσης και κορεσμού στην τυποποίηση NTSC, συμβολίζονται με I και Q. Επομένως, οι συνιστώσες χρώματος είναι η φωτεινότητα (Y) και τα I και Q. Η πλήρης οριζόντια περίοδος του σήματος συμβολίζεται H και διαρκεί 63,5  $\mu$ s. Η υποφέρουσα συχνότητα συμβολίζεται SC. Οι προδιαγραφές του σύνθετου έγχρωμου αναλογικού σήματος NTSC είναι οι παρακάτω:

|                          |     |                    |                                |             |                    |
|--------------------------|-----|--------------------|--------------------------------|-------------|--------------------|
| Αριθμός γραμμών          |     | 525                | Υποφέρουσα Συχνότητα           | Hz          | 3.579.545 $\pm$ 10 |
| Διαπλεκόμενη σάρωση      |     | 2:1                | Χρόνος Γραμμής                 | $\mu$ s     | 52,7               |
| Συχνότητα Πεδίου         | Hz  | 59,94              | Διάστημα Οριζόντιας Αμαύρωσης  | $\mu$ s     | 10,8               |
| Συχνότητα Πλαισίου       | Hz  | 29,97              | Πλάτος Οριζόντιου Συγχρονισμού | $\mu$ s     | 4,8                |
| Συχνότητα Γραμμής        | Hz  | 15.734.26          | Πλάτος έγχρωμης Ριπής          | (κύκλοι SC) | 9                  |
| Εύρος Ζώνης Φωτεινότητας | MHz | 4,2                | Διάστημα Κατακόρυφης Αμαύρωσης | H           | 20                 |
| Εύρος Ζώνης Χρώματος     | MHz | I = 1.3<br>Q = 0,5 |                                |             |                    |

Πίνακας 5.1: Προδιαγραφές βίντεο σήματος NTSC

#### Τυποποίηση Έγχρωμου Βίντεο Σήματος PAL

Στις ευρωπαϊκές χώρες αναπτύχθηκε η τυποποίηση έγχρωμου βίντεο σήματος PAL. Στην τυποποίηση αυτή, τα σήματα της χρωμοδιαφοράς κόκκινο (CR) και μπλε (CB) συμβολίζονται αντίστοιχα με V και U. Οι προδιαγραφές του σύνθετου έγχρωμου βίντεο σήματος δίνονται στον πίνακα, που ακολουθεί:

|                          |     |                    |                                |           |            |
|--------------------------|-----|--------------------|--------------------------------|-----------|------------|
| Αριθμός γραμμών          |     | 625                | Υποφέρουσα Συχνότητα           | Hz        | 4433619+10 |
| Ενδιάμεση σάρωση         |     | 2:1                | Χρόνος Γραμμής                 | $\mu$ s   | 53.2       |
| Συχνότητα Πεδίου         |     | 50.0               | Διάστημα Οριζόντιας Αμαύρωσης  | $\mu$ s   | 10.8       |
| Συχνότητα Πλαισίου       | Hz  | 25.0               | Πλάτος Οριζόντιου Συγχρονισμού | $\mu$ s   | 4.8        |
| Συχνότητα Γραμμής        | Hz  | 15625              | Πλάτος έγχρωμης Ριπής          | Κύκλοι SC | 9          |
| Εύρος Ζώνης Φωτεινότητας | Hz  | 5.0 ή 5.5          | Διάστημα Κατακόρυφης           | H         | 21         |
|                          | MHz |                    | Αμαύρωσης                      |           |            |
| Εύρος Ζώνης Χρώματος     | MHz | U = 1.3<br>V = 1.3 |                                |           |            |

Πίνακας 5.2 : Προδιαγραφές βίντεο σήματος PAL

## 5.2 ΑΡΧΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ

Η μαγνητική εγγραφή χρησιμοποιεί τις φυσικές ιδιότητες συγκεκριμένων υλικών, τις οποίες μπορούμε να μεταβάλουμε, για να δημιουργήσουμε εγγραφές. Οι εγγραφές αυτές μπορούν να αναπαραχθούν ανιχνεύοντας τις μεταβολές των ιδιοτήτων του υλικού, που δημιουργήθηκαν κατά την εγγραφή. Όλες οι μέθοδοι εγγραφής λειτουργούν στην επιφάνεια του μέσου εγγραφής. Εδώ και 40 χρόνια τα βίντεο χρησιμοποιούν τη μαγνητική τεχνολογία για την παραγωγή εγγραφών.

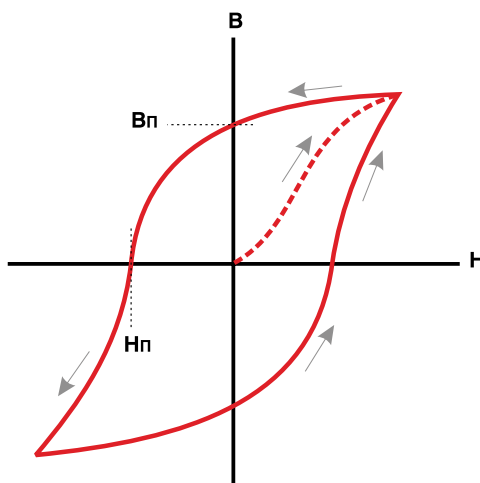
### 5.2.1 Σιδηρομαγνη- τικά Υλικά

Τα υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται στη μαγνητική εγγραφή, έχουν την ιδιότητα να μαγνητίζονται υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου και να διατηρούν μέρος της μαγνήτισης, ακόμα και όταν το μαγνητικό πεδίο παύει να υπάρχει. Τα υλικά αυτά είναι μέταλλα ή κράματα μετάλλων και ονομάζονται σιδηρομαγνητικά, γιατί έχουν παρόμοιες ιδιότητες με το σίδηρο. Τα σιδηρομαγνητικά υλικά είναι:

- ο σίδηρος,
- το νικέλιο,
- το κοβάλτιο και τα κράματά τους, όπως το
- Permalloy (79% νικέλιο, 21% σίδηρος), το
- Permendur (50% σίδηρος, 50% κοβάλτιο) και άλλα.

### 5.2.2 Καμπύλη μαγνήτισης

Οι ιδιότητες των σιδηρομαγνητικών υλικών παριστάνονται γραφικά με την καμπύλη μαγνήτισης. Η καμπύλη αυτή απεικονίζει τη μαγνητική ροή σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος, που τη δημιουργεί, ή σε άλλη κλίμακα, τη μαγνητική επαγωγή σε συνάρτηση με την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Αυτό γίνεται, γιατί



Σχήμα 5.2.2 Καμπύλη μαγνήτισης

η ένταση του ρεύματος είναι ανάλογη της έντασης του μαγνητικού πεδίου και η μαγνητική ροή της μαγνητικής επαγωγής. Αν μαγνητίζουμε για πρώτη φορά σιδηρομαγνητικό υλικό με μαγνητικό πεδίο έντασης  $H$ , παρατηρούμε τα παρακάτω:

- Για ένταση μαγνητικού πεδίου μηδέν ( $H=0$ ), η μαγνητική επαγωγή είναι μηδέν ( $B=0$ ). Επομένως, στην αρχική μαγνήτιση η καμπύλη μαγνήτισης ξεκινά από την αρχή των αξόνων.
- Αυξάνοντας την ένταση του μαγνητικού πεδίου, παρατηρούμε, ότι αυξάνει ανάλογα και η μαγνήτιση του σιδηρομαγνητικού υλικού, όπως δείχνει το σχήμα 5.2.2. Από κάποιο σημείο όμως και πέρα, η καμπύλη μαγνήτισης γίνεται οριζόντια. Αυτό σημαίνει, ότι η μαγνήτιση του υλικού δεν αυξάνει σε αντίστοιχη αύξηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου, αλλά υπάρχει μία κατάσταση μέγιστης μαγνήτισής του. Η ιδιότητα αυτή των σιδηρομαγνητικών υλικών ονομάζεται κορεσμός.
- Αν από το σημείο κορεσμού αρχίσουμε να μειώνουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου, η καμπύλη μαγνήτισης ακολουθεί διαφορετική πορεία, όπως φαίνεται στο σχήμα. Παρατηρούμε ότι, στην περίπτωση αυτή, η καμπύλη μαγνήτισης δεν περνά από την αρχή των αξόνων. Αυτό σημαίνει, ότι για ένταση μαγνητικού πεδίου μηδέν ( $H=0$ ), η μαγνητική επαγωγή είναι διαφορετική από το μηδέν. Η τιμή αυτή της μαγνητικής επαγωγής ονομάζεται παραμένων μαγνητισμός και αντιπροσωπεύει την πιο σημαντική ιδιότητα των σιδηρομαγνητικών υλικών στην οποία βασίζεται η τεχνολογία της μαγνητικής εγγραφής.
- Για να μηδενίσουμε την παραμένουσα μαγνήτιση, πρέπει να εφαρμόσουμε στο σιδηρομαγνητικό υλικό μαγνητικό πεδίο αντίθετης κατεύθυνσης. Αν συνεχίσουμε να αυξάνουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου αντίθετης κατεύθυνσης, παρατηρούμε, ότι και στην περίπτωση αυτή, από ένα σημείο και πέρα η καμπύλη γίνεται οριζόντια.

Αυτό σημαίνει, ότι το υλικό έχει οδηγηθεί σε κατάσταση μαγνητικού κορεσμού. Αν πάλι, από αυτό το σημείο κορεσμού αρχίσουμε να αυξάνουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου, η καμπύλη μαγνήτισης ακολουθεί, πάλι, διαφορετική πορεία, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2.2, το οποίο παρουσιάζει μια τυπική καμπύλη μαγνήτισης σιδηρομαγνητικού υλικού.

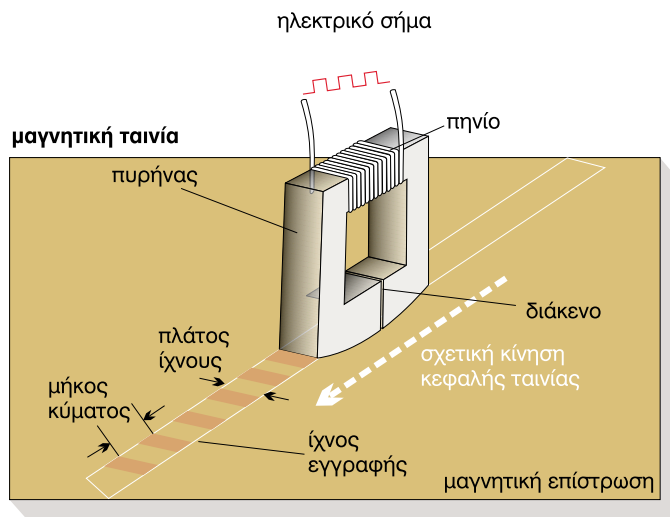
Η μαγνητική τεχνολογία χρησιμοποιεί τις παραπάνω ιδιότητες των σιδηρομαγνητικών υλικών, για να αποθηκεύσει πληροφορίες με τη μορφή παραμένοντος μαγνητισμού.

Μαγνητική εγγραφή ονομάζουμε την αποθήκευση ηλεκτρικού σήματος, που μεταφέρει πληροφορία, με τη μορφή παραμένοντος μαγνητισμού σε μαγνητική ταινία.

### 5.2.3

## Μαγνητική εγγραφή





Σχήμα 5.2.3 Μαγνητική εγγραφή

Για να πραγματοποιηθεί η μαγνητική εγγραφή απαιτείται:

- Ο μηχανισμός, που μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα, που μεταφέρει την πληροφορία, σε μαγνητικό πεδίο και ο οποίος ονομάζεται κεφαλή.
- Το μαγνητικό μέσο (μαγνητική ταινία) με επίστρωση σιδηρομαγνητικού υλικού, το οποίο μαγνητίζεται από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργεί η κεφαλή.
- Σχετική κίνηση μεταξύ κεφαλής και μαγνητικού μέσου, γιατί το ηλεκτρικό σήμα μεταβάλλεται στο χρόνο και επομένως, κάθε τιμή του πρέπει να αποθηκεύεται σε διαφορετική περιοχή του μαγνητικού μέσου.

Η κεφαλή είναι δακτυλιοειδής ηλεκτρομαγνήτης, ο οποίος αποτελείται από το πηνίο και τον πυρήνα. Ο πυρήνας είναι κατασκευασμένος από σιδηρομαγνητικό υλικό και διαθέτει πολύ μικρό διάκενο. Όταν το πηνίο διαρρέεται από σήμα ρεύματος, δημιουργείται μαγνητική ροή, η οποία περνάει μέσα από τον πυρήνα, εκτός από το διάκενο, όπου η μαγνητική ροή κινείται στον αέρα.

Αν όμως κοντά στο διάκενο υπάρχει μαγνητική ταινία, η μαγνητική ροή περνάει μέσα από τη μαγνητική της επίστρωση, που διαθέτει μικρότερη μαγνητική αντίσταση.

Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η μαγνήτιση του μαγνητικού μέσου (της ταινίας) και, κατά συνέπεια, η αποθήκευση της πληροφορίας με τη μορφή παραμένουστος μαγνητισμού. Η περιοχή της ταινίας, που μαγνητίζεται ονομάζεται ίχνος ή πίστα.

### 5.2.4 Μαγνητική αναπαρα- γωγή

Μαγνητική αναπαραγωγή είναι η διαδικασία, που μας επιτρέπει να μετατρέψουμε την πληροφορία, που είναι αποθηκευμένη με τη μορφή παραμένουστος μαγνητισμού στην ταινία, σε ηλεκτρικό σήμα.

Για να επιτύχουμε τη μετατροπή αυτή, πρέπει να εξασφαλίσουμε τα ακόλουθα:

- Κεφαλή ίδια ή παρόμοια με την κεφαλή εγγραφής.
- Σχετική κίνηση μεταξύ κεφαλής και μαγνητικού μέσου ίδια με τη σχετική κίνηση κατά την εγγραφή.
- Οδήγηση της κεφαλής και της μαγνητικής ταινίας, ώστε η κεφαλή αναπαραγωγής να ανιχνεύει με ακρίβεια τα εγγεγραμμένα ίχνη (πίστες). Επειδή η ακρίβεια, που απαιτείται είναι πολύ μεγάλη, χρησιμοποιείται σέρβο έλεγχος.

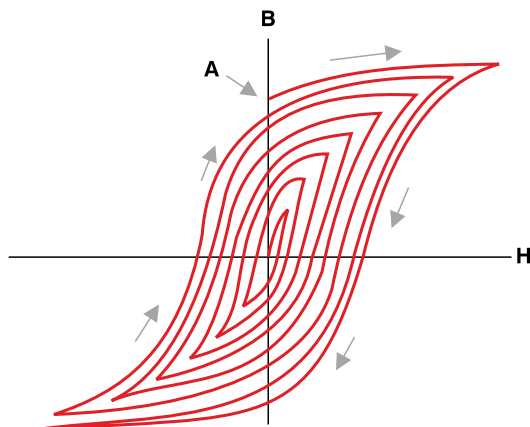
Κατά τη διαδικασία της αναπαραγωγής, η κεφαλή σαρώνει το εγγεγραμμένο ίχνος σε πολύ μικρή απόσταση από την ταινία. Η μαγνητική ροή του μαγνητικού πεδίου της παραμένουσας μαγνήτισης κλείνει κύκλο μέσα από τον πυρήνα της κεφαλής λόγω της μικρότερης μαγνητικής του αντίστασης σε σχέση με τον αέρα. Καθώς κινείται η κεφαλή, η μαγνητική ροή, που διαρρέει τον πυρήνα της, μεταβάλλεται, με αποτέλεσμα να επάγεται τάση στο πηνίο της κεφαλής. Η τάση αυτή, σύμφωνα με το νόμο της επαγωγής, που διατύπωσε το 1831 ο M. Faraday, είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής και των σπειρών του πηνίου και εκφράζεται μαθηματικά με την παρακάτω απλή σχέση:  $e = -nd\Phi/dt$ . Ο ρυθμός μεταβολής της ροής εξαρτάται από τη συχνότητα. Συνεπώς, σύμφωνα με την προηγούμενη σχέση, η τάση, που παράγεται, εξαρτάται και από τη συχνότητα.

Μαγνητική διαγραφή είναι η διαδικασία εξάλειψης των αποθηκευμένων πληροφοριών στην ταινία. Διακρίνουμε δύο είδη διαγραφής:

- την πλήρη και την
- επιλεκτική.

Στην πλήρη διαγραφή διαγράφονται όλα τα ίχνη της ταινίας, ενώ στην επιλεκτική μόνο το συγκεκριμένο ίχνος, που έχει επιλεγεί.

Στην πλήρη διαγραφή χρησιμοποιείται κεφαλή με πλάτος διάκενου ίσο με το πλάτος της ταινίας. Στην επιλεκτική διαγραφή χρησιμοποιείται κεφαλή με πλάτος διάκενου ίσο με το πλάτος του ίχνους. Η επιλεκτική διαγραφή είναι απαραίτητη κατά τη διαδικασία του μοντάζ, όπου αντικαθίστανται συγκεκριμένα ίχνη.



Σχήμα 5.2.5 Κύκλοι υστέρησης κατά τη διαγραφή μαγνητικής ταινίας με σημείο εκκίνησης το A

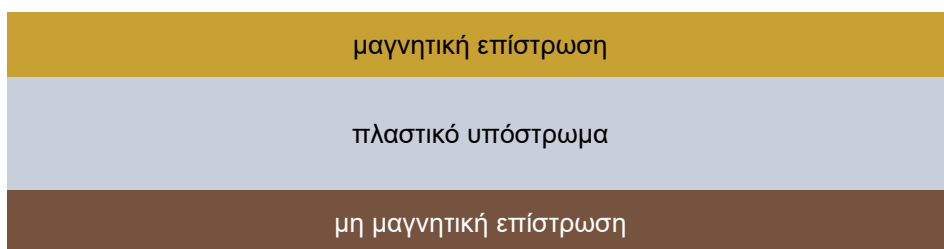
## 5.2.5

### Μαγνητική διαγραφή

Για την υλοποίηση της διαγραφής στο πηνίο της κεφαλής διαγραφής εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση με συχνότητα μεγαλύτερη από τη μέγιστη συχνότητα, που μπορεί να εγγραφεί. Η τάση αυτή δημιουργεί εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, το οποίο μειώνουμε σταδιακά, ώστε μέσα από διαδοχικούς κύκλους υστέρησης μηδενίζεται ο παραμένων μαγνητισμός στην ταινία, με αποτέλεσμα τη διαγραφή της πληροφορίας, που είχε αποθηκευθεί.

## 5.3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Τα αναλογικά βίντεο χρησιμοποιούν μαγνητικά μέσα με μορφή ταινίας. Η μαγνητική ταινία προσφέρει μεγάλη επιφάνεια εγγραφής και μικρό όγκο συσκευασίας. Το μειονέκτημα της μαγνητικής ταινίας είναι ο μεγάλος χρόνος, που απαιτείται για να εντοπίσουμε κάποια περιοχή εγγραφής. Η μαγνητική ταινία αποτελείται από το πλαστικό υπόστρωμα, το οποίο συνήθως ονομάζεται βάση και μία ή δύο επιστρώσεις. Στην περίπτωση δύο επιστρώσεων στην κύρια επιφάνεια της ταινίας τοποθετείται η μαγνητική επίστρωση και στην πίσω επιφάνειά της η μη μαγνητική.



Σχήμα 5.3 Τομή μαγνητικής ταινίας

Το υπόστρωμα κατασκευάζεται από πολυαιθυλένιο, έχει πάχος 10 έως 40  $\mu\text{m}$  και προσφέρει στη μαγνητική ταινία την απαραίτητη μηχανική αντοχή και την μαλακή επιφάνεια για την τοποθέτηση της επίστρωσης.

Οι μηχανικές ιδιότητες του υποστρώματος σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αντέχει στην τάση (ζόρισμα) κατά την περιέλιξη και το ξετύλιγμα. Η ελαστικότητα του υποστρώματος ελέγχεται, για να διατηρείται ο επιθυμητός βαθμός τάσης της ταινίας, που είναι απαραίτητος για τον έλεγχο της κίνησής της.

### 5.3.1

#### Πλαστικό Υπόστρωμα

Η μαγνητική επίστρωση αποτελείται από μαγνητικά σωματίδια ή από λεπτή μεμβράνη μετάλλων. Τα σωματίδια αυτά συνδέονται μεταξύ τους με μη μαγνητική συγκολλητική ουσία. Τα μαγνητικά σωματίδια έχουν σχήμα βελονοειδές, μήκος 0,2 έως 0,3  $\mu\text{m}$  και λόγο διαστάσεων 6/1. Για την κατασκευή των σωματιδίων χρησιμοποιούνται τα παρακάτω υλικά : τριοξείδιο του σιδήρου  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , διοξείδιο του χρωμίου  $\text{CrO}_2$ , φερρίτης βαρίου  $\text{BaFeO}$  και καθαρός σίδηρος ( $\text{Fe}$ ). Από τα παραπάνω, το τριοξείδιο του σιδήρου ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) χρησιμοποιείται περισσότερο, ενώ τα υπόλοιπα, λόγω του μεγαλύτερου παραμένουστος μαγνητισμού από το διοξείδιο του σιδήρου χρησιμοποιούνται σε ταινίες υψηλής πυκνότητας εγγραφής. Η επίστρωση από λεπτή μεμβράνη μετάλλου κατασκευάζεται συνήθως από κοβάλτιο ή χρώμιο και χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή σκληρών μαγνητικών δίσκων ηλεκτρονικών υπολογιστών.

### 5.3.2

#### Μαγνητική Επίστρωση

Για να αποφεύγονται κενά (drop outs) κατά την αναπαραγωγή του βίντεο σήμα-

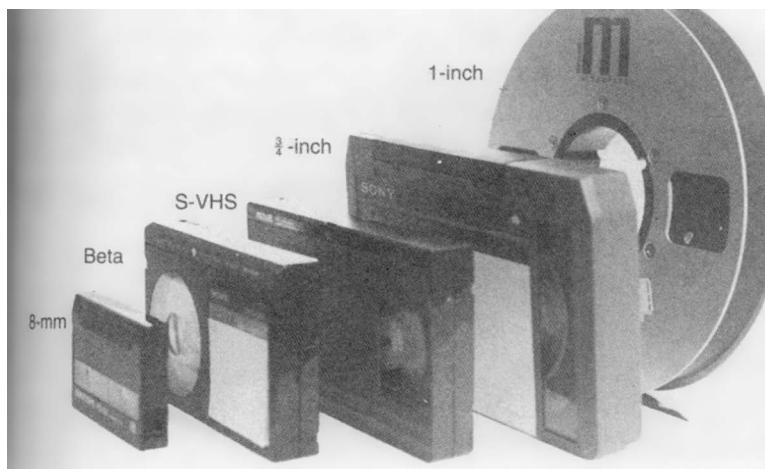
τος, πρέπει να διατηρείται η επιφάνεια της επίστρωσης ακέραια, ώστε να έχει ομοιόμορφες μαγνητικές ιδιότητες σε όλο το μήκος της ταινίας.

### 5.3.3 Μη μαγνητική επίστρωση

Η επίστρωση αυτή τοποθετείται στην πίσω επιφάνεια της ταινίας και κατασκευάζεται συνήθως από άνθρακα. Η επίστρωση άνθρακα μειώνει την ηλεκτρική αντίσταση της ταινίας, με αποτέλεσμα τον περιορισμό του στατικού ηλεκτρισμού, που δημιουργείται κατά την περιέλιξη. Επίσης, με την επίστρωση αυτή, καθορίζεται ο συντελεστής τριβής μεταξύ της ταινίας και των οδηγών κατεύθυνσης, ώστε να βρίσκεται στα επιθυμητά όρια.

### 5.3.4 Διαστάσεις μαγνητικής ταινίας

Οι μαγνητικές ταινίες κατασκευάζονται σε διάφορα πλάτη από 8 mm μέχρι και 50,8 mm. (2ίντσες). Τα πιο συνηθισμένα πλάτη είναι τα ακόλουθα: 8mm,  $\frac{1}{2}$  ίντσα,  $\frac{3}{4}$  ίντσας, 1 ίντσα και 2 ίντσες. Οι μαγνητικές ταινίες με πλάτος μικρότερο της μιας ίντσας (1") τοποθετούνται σε μικρές πλαστικές θήκες, που ονομάζονται κασέτες. Από αυτό προέκυψε η διάκριση των βίντεο σε δύο κατηγορίες : τα βίντεο κασέτας (VCRs, Video Cassette Recorders) και τα βίντεο ταινίας (VTR, Video Tape Recorders).

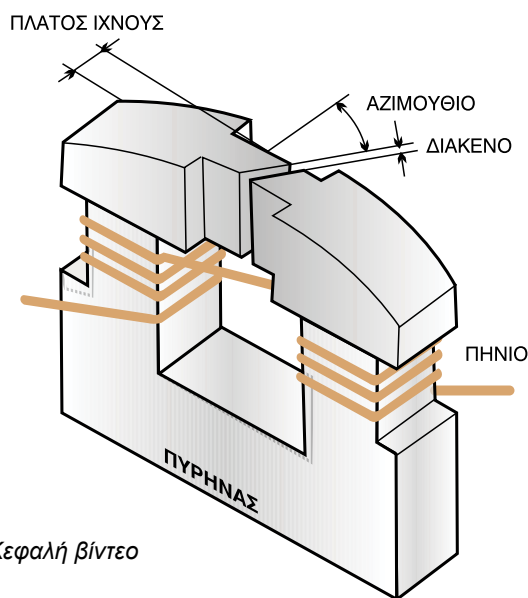


Σχήμα 5.3.4 Τυποποίηση βιντεοταινιών

Το μέγιστο μήκος της ταινίας εξαρτάται από το σύστημα βίντεο για το οποίο έχει κατασκευασθεί και υπολογίζεται από τη σχέση  $V_t = L/T_{\max}$  όπου  $L$  το μήκος της ταινίας,  $T_{\max}$  ο μέγιστος χρόνος εγγραφής και  $V_t$  η ταχύτητα της ταινίας.

## 5.4 Μαγνητικές Κεφαλές

Οι μαγνητικές κεφαλές είναι ηλεκτρομαγνητικοί μετατροπείς, οι οποίοι κατά την εγγραφή μετατρέπουν το ηλεκτρικό σήμα σε μαγνητικό, αντιλαμβάνονται το ρυθμό της μαγνητικής ροής στην ταινία κατά την αναπαραγωγή και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα. Υπάρχουν, βεβαίως, κεφαλές, οι οποίες κάνουν μόνο ανάγνωση ή μόνο εγγραφή. Οι κεφαλές αποτελούνται από τον **πυρήνα** και το **πηνίο**.



Σχήμα 5.4 Κεφαλή βίντεο

### ● Πυρήνας

Ο μαγνητικός πυρήνας έχει δακτυλιοειδή μορφή, που διακόπτεται από πολύ μικρό διάκενο. Κατασκευάζεται από υλικά, τα οποία παρουσιάζουν πολύ μικρή μαγνητική αντίσταση σε σχέση με τον αέρα, με σκοπό η μαγνητική ροή, η οποία δημιουργείται από το πηνίο, όταν σε αυτό εφαρμόζεται ηλεκτρικό σήμα, να ακολουθεί πορεία μέσα από τον πυρήνα και όχι από τον αέρα. Η μαγνητική αντίσταση δίνεται από τη σχέση:

$$R_m = L/\mu A$$

όπου  $L$  = το μήκος της μαγνητικής διαδρομής,  $\mu$  = η μαγνητική διαπερατότητα και  $A$  = η διατομή της διαδρομής. Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι για να έχουμε μικρή μαγνητική αντίσταση, πρέπει η μαγνητική διαπερατότητα του πυρήνα να είναι μεγάλη. Επίσης, ο πυρήνας πρέπει να διαθέτει μικρή απομαγνητίζουσα ένταση, δηλ. η ένταση του μαγνητικού πεδίου, που απαιτείται για την απομαγνήτιση του υλικού, να είναι μικρή, για να μην έχουμε μαγνήτιση του πυρήνα, η οποία κατά την αναπαραγωγή εισάγει θόρυβο στο σήμα και βλάβες στις εγγραφές. Τα υλικά, που χρησιμοποιούνται, συνήθως, για την κατασκευή του πυρήνα, είναι τα κράματα μετάλλων περμαλόι, σεντάστ και οι φερρίτες MnZn και NiZn.

### ● Διάκενο

Το διάκενο, που παρεμβάλλεται στο πυρήνα της κεφαλής, έχει σκοπό να δημιουργήσει μεγάλη μαγνητική αντίσταση στην περιοχή αυτή της διαδρομής της μαγνητικής ροής, με στόχο η μαγνητική ροή να επιλέξει στην περιοχή αυτή διαδρομή

μέσα από τη μαγνητική επίστρωση της ταινίας. Για να έχουμε καλύτερη απόδοση κατά την έγγραφη και αναπαραγωγή το διάκενο του πυρήνα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατό πλησιέστερα ή σε επαφή με τη μαγνητική ταινία. Η επαφή όμως αυτή συνεπάγεται φθορά τόσο για την κεφαλή όσο και για την επίστρωση της ταινίας. Στην περίπτωση, που προκαλεί διεύρυνση του διακένου, έχουμε απώλειες στις υψηλές συχνότητες. Για την προστασία του διακένου από τη φθορά και το μουτζούρωμα (λάδωμα), οι πλευρές του επενδύονται με μη μαγνητικά υλικά, εκ των οποίων το πιο συνηθισμένο είναι το γυαλί.

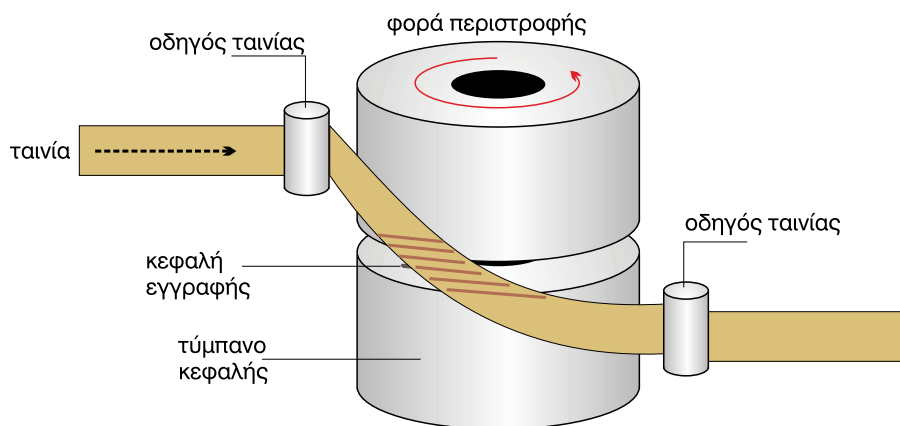
#### ● Πηνίο

Το πηνίο αποτελείται από ένα αγωγό, ο οποίος τυλίγεται γύρω από τον πυρήνα και ο οποίος, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, δημιουργεί μαγνητικό πεδίο. Ο αγωγός αυτός έχει πολύ μικρή διατομή, υψηλή αγωγιμότητα και κατασκευάζεται από χαλκό.

## 5.5 Μαγνητικά ίχνη

Οι περιοχές της μαγνητικής επίστρωσης, στις οποίες αποθηκεύονται πληροφορίες με τη μορφή παραμένουστος μαγνητισμού, ονομάζονται μαγνητικά ίχνη ή πίστες. Για να παραχθεί το μαγνητικό ίχνος, πρέπει να εφαρμόσουμε ηλεκτρικό σήμα στην κεφαλή, η οποία το μετατρέπει σε μαγνητικό και μαγνητίζοντας τη μαγνητική επίστρωση της ταινίας, το αποθηκεύει σε αυτή με τη μορφή παραμένουστος μαγνητισμού.

Επειδή το πλάτος του ηλεκτρικού σήματος μεταβάλλεται με το χρόνο, πρέπει να υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ κεφαλής και μαγνητικής ταινίας, για να μπορεί να αποθηκευθεί όλο το σήμα στη ταινία. Διαφορετικά, θα αποθηκεύσουμε τη τιμή του σήματος σε μία χρονική στιγμή. Τα ίχνη εγγράφονται είτε παράλληλα με την άκρη της ταινίας, οπότε έχουμε διαμήκη σάρωση της ταινίας από την κεφαλή, είτε διαγώνια, οπότε έχουμε ελικοειδή σάρωση της ταινίας από την κεφαλή.

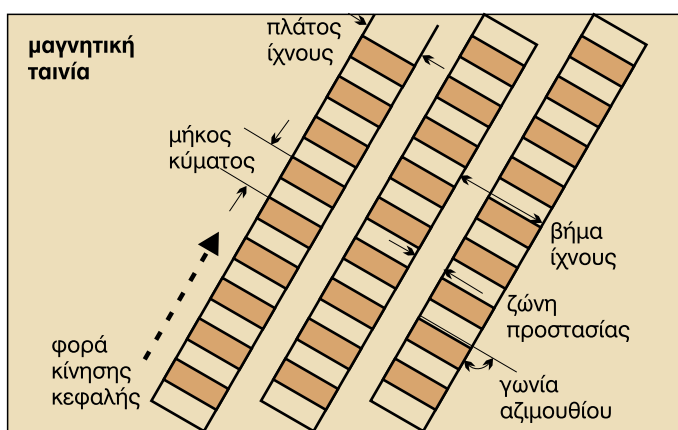


Σχήμα 5.5a Εγγραφή ελικοειδούς σάρωσης

Το πλάτος του ίχνους καθορίζεται από το φυσικό πλάτος της κεφαλής, που το παράγει. Όσο πλατύτερο είναι το ίχνος τόσο το αναπαραγόμενο σήμα θα έχει μεγαλύτερη στάθμη και λόγο σήματος προς θόρυβο.

### Βήμα ίχνους

Το βήμα ίχνους είναι η απόσταση μεταξύ δύο αντιστοιχών σημείων δύο γειτονικών ιχνών. Το βήμα ίχνους είναι μεγαλύτερο από το διπλάσιο του πλάτους του ίχνους, γιατί σε ορισμένα συστήματα βίντεο, για λόγους περιορισμού των παρεμβολών, αφήνεται κενός χώρος μεταξύ δύο γειτονικών ιχνών, ο οποίος ονομάζεται ζώνη προστασίας.



Σχήμα 5.5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά ίχνους

### Αζιμούθιο ίχνος

Αζιμούθιο ίχνος ονομάζεται η γωνία, που σχηματίζει το διάκενο της κεφαλής με το ίχνος.

### Μήκος κύματος

Μήκος κύματος εγγραφής ονομάζεται το μήκος του ίχνους, που προκύπτει, από ηλεκτρικό σήμα συγκεκριμένης συχνότητας σε χρόνο μιας περιόδου. Το μήκος κύματος είναι ανάλογο της σχετικής ταχύτητας της κεφαλής με την ταινία και αντιστρόφως ανάλογο της συχνότητας του ηλεκτρικού σήματος, που το προκαλεί. Αυτό σημαίνει, ότι όσο αυξάνεται η σχετική ταχύτητα, τόσο αυξάνεται και το μήκος κύματος. Ενώ, αντίθετα, όταν αυξάνεται η συχνότητα, μικραίνει το μήκος κύματος. Τα παραπάνω εκφράζονται μαθηματικά με την ακόλουθη σχέση :  $\lambda = v/f$ , όπου  $\lambda$  = μήκος κύματος σε μέτρα,  $v$  = σχετική ταχύτητα κεφαλής μαγνητικού μέσου m/sec.,  $f$  = συχνότητα σε Hz. Αν το μήκος κύματος είναι μικρότερο ή ίσο με το μήκος διακένου, δεν μπορούμε να έχουμε ούτε εγγραφή, ούτε αναπαραγωγή του ηλεκτρικού σήματος. Για τον λόγο αυτό, οι κεφαλές κατασκευάζονται με μήκος διακένου διπλάσιο του μήκους κύματος, που αντιστοιχεί στη μέγιστη συχνότητα του σήματος, που θέλουμε να εγγράψουμε. Οι σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες μας επιτρέπουν να κατασκευάσουμε κεφαλές με μήκος διακένου όχι μικρότερο από 0,3  $\mu\text{m}$ . Επομένως, το ελάχιστο μήκος κύματος είναι  $\lambda = 2 \times 0,3 = 0,6 \mu\text{m}$ .

## 5.5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά ίχνους

### Πλάτος ίχνους

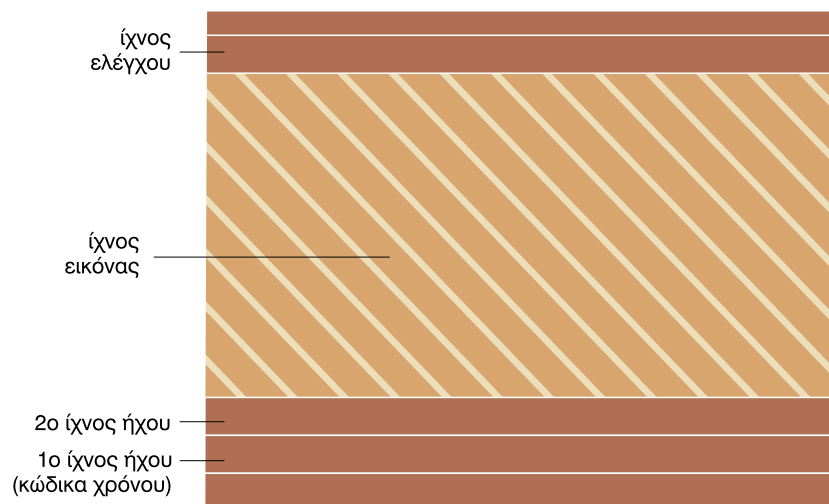


**Σχετική ταχύτητα κεφαλής ταινίας.**

Η ταχύτητα της ταινίας με ακίνητη κεφαλή, που απαιτείται για την εγγραφή ηλεκτρικού σήματος συχνότητας 4 MHz είναι  $v = \lambda f = 0,6 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^6 = 2,4 \text{ m/sec}$ . Για μία ώρα εγγραφής με την ταχύτητα αυτή, προκύπτει μήκος ταινίας  $L_T = 2,4 \times 3.6000 = 8.640 \text{ m}$  ή 8.64 χλμ., το οποίο είναι απαράδεκτο. Η ταινία πρέπει, επομένως, να κινείται με όσο το δυνατό χαμηλότερη ταχύτητα, για να περιορίσουμε το μήκος της. Για να λυθεί, όμως, το πρόβλημα της εγγραφής σημάτων μεγάλης συχνότητας, όπως 4MHz, 5 MHz, χρησιμοποιείται κινούμενη κεφαλή με μεγάλη σχετική ταχύτητα κεφαλής ταινίας, αλλά με μικρή ταχύτητα της ταινίας. Οι κεφαλές εγγραφής και αναπαραγωγής τοποθετούνται στην περιφέρεια περιστροφόμενου τύμπανου, το οποίο ονομάζεται τύμπανο κεφαλής. Η σχετική ταχύτητα κεφαλής της ταινίας δίδεται από τη σχέση  $v_{σχ} = d \times \pi \times f \pm v_t$ , όπου  $d$  = διάμετρος τύμπανου σε μέτρα,  $f$  = συχνότητα περιστροφής του τύμπανου σε Hz και  $v_t$  = ταχύτητα ταινίας σε m/sec. Η ταχύτητα της ταινίας προστίθεται όταν είναι αντίθετη με την κατεύθυνση περιστροφής της κεφαλής και αφαιρείται, όταν η κατεύθυνσή της συμπίπτει με αυτή της περιστροφής της κεφαλής.

### 5.5.2 Είδη Ιχνών

Στις βιντεοταινίες εγγράφονται σε ξεχωριστά ίχνη τα ακόλουθα τέσσερα είδη πληροφοριών: εικόνας, ήχου, συγχρονισμού και κώδικα χρόνου (Time code). Ο τρόπος και η θέση εγγραφής των πληροφοριών αυτών στην ταινία εξαρτάται από το σύστημα βίντεο ( VHS, Betacam κ.λ.π)



Σχήμα 5.5.2 α Ίχνη βιντεοταινίας πλάτους 3/4 της ίντσας

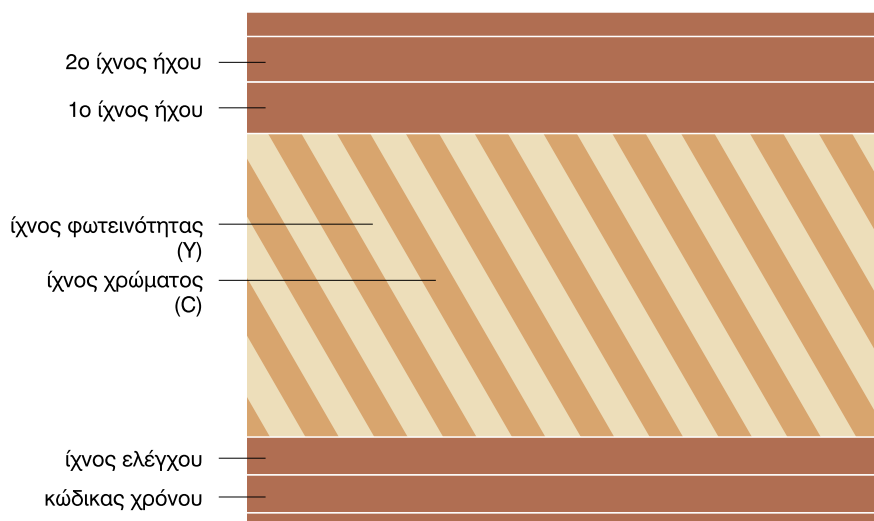
**Ίχνος Εικόνας**

Το μεγαλύτερο μέρος (πάνω από τα 3/4 του πλάτους) της βιντεοταινίας αφιερώνεται στην εγγραφή των πληροφοριών εικόνας, η οποία, όπως έχει αναφερθεί, περιέχεται στο σήμα βίντεο.

Το βίντεο σήμα αποθηκεύεται είτε με τη μορφή σύνθετου (composite) σήματος, είτε με μορφή συνιστωσών (component).

### Ίχνος ήχου

Όλοι οι τύποι βιντεοταινίας διαθέτουν δύο τουλάχιστον ξεχωριστά ίχνη για την εγγραφή ήχου. Από τα ίχνη ήχου ένα αφιερώνεται στην εγγραφή του κώδικα χρόνου (TIME CODE).



Σχήμα 5.5.2 b Ίχνη βιντεοταινίας πλάτους 1/2 της ίντσας των συστημάτων Betacam- SP και M-II.

### Ίχνος συγχρονισμού (ελέγχου)

Στο ίχνος αυτό εγγράφεται το σήμα συγχρονισμού. Το σήμα συγχρονισμού είναι σειρά παλμών, που εγγράφονται ανά ένα τριακοστό (1/30) ή ανά ένα εικοστό πέντε (1/25) του δευτερολέπτου ανάλογα με την τυποποίηση του βίντεο σήματος NTSC ή PAL. Όλα τα βίντεο περιέχουν σύστημα ανάγνωσης του ίχνους ελέγχου. Με το τρόπο αυτό, ρυθμίζεται η ταχύτητα και το τέντωμα της ταινίας, ώστε να σαρώνονται από τις κεφαλές του βίντεο 30 ή 25 πλαίσια (frame) εικόνας το δευτερόλεπτο, ανάλογα με το αν σήμα είναι NTSC ή PAL.

Το σήμα συγχρονισμού είναι πολύ σημαντικό, γιατί, χωρίς αυτό, δεν θα είχαμε τη δυνατότητα να αναπαράγουμε μια βιντεοταινία από άλλη συσκευή βίντεο.

### Κώδικας χρόνου (Time code)

Ο κώδικας χρόνου είναι αριθμός 8 ψηφίων, με τα οποία καταγράφεται η ώρα, τα λεπτά, τα δευτερόλεπτα εγγραφής και ο αριθμός του πλαισίου. Το πρώτο και το δεύτερο ψηφίο προσδιορίζουν τις ώρες, το τρίτο και το τέταρτο τα λεπτά, το πέμπτο και το έκτο τα δευτερόλεπτα, το έβδομο και το όγδοο τον αριθμό του πλαισίου (Frame). Αποτελεί τη διεύθυνση κάθε πλαισίου (Frame), με την οποία μπορούμε να το εντοπίσουμε κατά τρόπο μοναδικό σε σχέση με τα υπόλοιπα.



Σχήμα 5.5.2 c Κώδικας χρόνου

Δημιουργήθηκε από το Σύλλογο Μηχανικών Κινούμενης Εικόνας και Τηλεόρασης (Society of Motion Picture and Television Engineers) και ονομάζεται SMPTE κώδικας χρόνου από τα αρχικά του Συλλόγου αυτού στα αγγλικά. Αποτελεί τη βάση του μοντάζ, γιατί μπορούμε να καθορίσουμε με ακρίβεια πλαισίου τα σημεία εισόδου και εξόδου του μοντάζ στη ταινία.

## 5.6 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΝΤΕΟ ΣΗΜΑΤΟΣ

Τα βίντεο δεν μπορούν να υπάρξουν χωρίς τεχνικές επεξεργασίες σήματος. Οι τεχνικές αυτές:

- α) προσαρμόζουν το σήμα στο κανάλι εγγραφής,
- β) βελτιώνουν την απόδοση της εγγραφής και
- γ) διορθώνουν τις παραμορφώσεις του σήματος.

Η επεξεργασία του σήματος βίντεο είναι διαφορετική για τα ψηφιακά και για τα αναλογικά βίντεο. Στα αναλογικά συστήματα βίντεο, για την προσαρμογή του σήματος στα χαρακτηριστικά του μέσου εγγραφής, χρησιμοποιείται διαμόρφωση συχνότητας.

Στην αναπαραγωγή, το σήμα, που λαμβάνουμε στην έξοδο της κεφαλής, πρέπει να ισοσταθμίζεται, πριν προχωρήσουμε στην αποδιαμόρφωση του. Μετά την αποδιαμόρφωση, πολλά συστήματα βίντεο **διαθέτουν διορθωτή (αντισταθμιστή) κενών** (drop out compensator, DOC) για τον περιορισμό της στιγμιαίας απώλειας σήματος, που προκαλείται από φυσικές ατέλειες του μαγνητικού μέσου. Η χρονική ευστάθεια των αναλογικών βίντεο εξαρτάται άμεσα από την κίνηση της κεφαλής. Στα οικιακά βίντεο η κίνηση της κεφαλής δεν αλλάζει γρήγορα, επιτρέποντας, έτσι, στα κυκλώματα συγχρονισμού των τηλεοπτικών δεκτών να ακολουθούν τις χρονικές μεταβολές. Τα επαγγελματικά βίντεο διαθέτουν **αντι-στάθμιση βάσης χρόνου (time base compensator)**, για να διορθώνει τις χρονικές αποκλίσεις του σήματος και έτσι τα σήματα στην έξοδο του βίντεο να είναι συγχρονισμένα με ακρίβεια με τα άλλα σήματα του συστήματος. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγεται η συσσώρευση λαθών χρόνου στην περίπτωση διαδοχικών αντιγράφων της αρχικής εγγραφής.

Κατά την αναπαραγωγή, το σήμα στην έξοδο της μαγνητικής κεφαλής έχει πολύ χαμηλή στάθμη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ενισχυτής, ο οποίος αυξάνει τη στάθμη του σήματος στην επιθυμητή στάθμη λειτουργίας του συστήματος. Ο προενισχυτής πρέπει να σχεδιάζεται με πολύ χαμηλή στάθμη θορύβου, γιατί το σήμα εισόδου είναι πολύ χαμηλό. Επίσης, ο προενισχυτής πρέπει να είναι γραμμικός, ώστε να μη δημιουργούνται ψευδείς συνιστώσες συχνότητας, οι οποίες προστίθενται στο σήμα. Ακόμα, ο προενισχυτής σχεδιάζεται με χαμηλή αντίσταση εισόδου, η οποία περιορίζει την επίδραση του συντονισμού της επαγωγής και της κατανεμημένης χωρητικότητας στο πηνίο της κεφαλής.

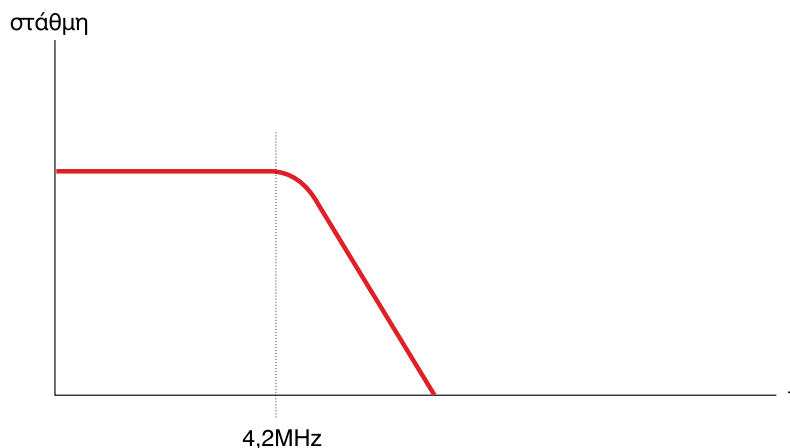
Στα συστήματα με ελικοειδή σάρωση, ο προενισχυτής τοποθετείται συνήθως στο στρεφόμενο τύμπανο μαζί με τις κεφαλές.

Τα μέσα εγγραφής και οι κεφαλές γενικά δεν έχουν κατάλληλα χαρακτηριστικά για την απ' ευθείας εγγραφή του σήματος βίντεο. Τα αναλογικά βίντεο λύνουν το πρόβλημα της μη γραμμικότητας του μέσου εγγραφής με τη χρήση διαμόρφωσης συχνότητας του βίντεο σήματος. Το φάσμα ενός διαμορφωμένου κατά συχνότητα

### 5.6.1 Προενισχυτής Μαγνητικής Κεφαλής

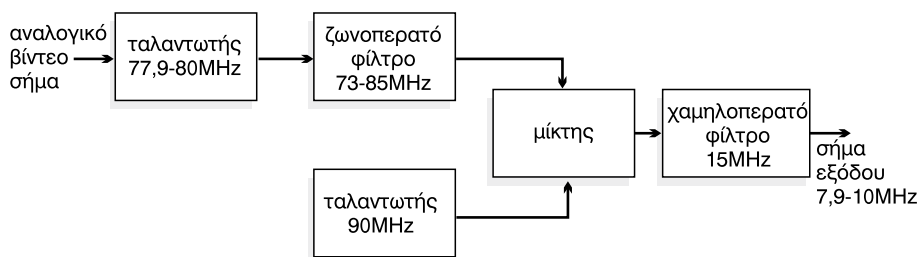
### 5.6.2 Διαμόρφωση Συχνότητας

σήματος περιέχει πολλαπλές πλευρικές ζώνες συχνοτήτων σε κάθε πλευρά της φέρουσας. Το περιορισμένο όμως εύρος ζώνης συχνοτήτων των συστημάτων βίντεο επιτρέπει να περάσουν μόνο οι πρώτου βαθμού (τάξης) πλευρικές ζώνες.



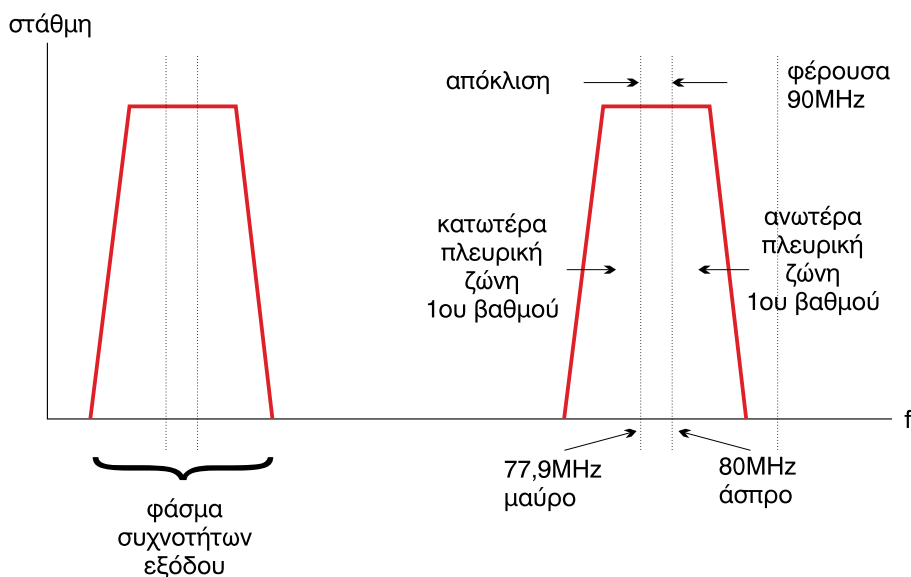
Σχήμα 5.6.2 α Φάσμα συχνοτήτων βίντεο σήματος

Η διαδικασία διαμόρφωσης συχνότητας του βίντεο σήματος είναι η ακόλουθη: το βίντεο σήμα εισέρχεται σε ταλαντωτή ελεγχόμενο από την τάση, ο οποίος λειτουργεί στην περιοχή συχνοτήτων 77,9 - 80 MHz. Ο ταλαντωτής αυτός διαμορφώνεται σε συχνότητα από το σήμα βίντεο. Η έξοδος του ταλαντωτή περνάει μέσα από ζωνοπερατό φίλτρο για την αφαίρεση των συχνοτήτων, που βρίσκονται έξω από την περιοχή εγγραφής. Μετά, το σήμα εισέρχεται σε μίκτη, όπου αναμιγνύεται με το σήμα σταθερού ταλαντωτή 90 MHz. Στη συνέχεια, εισέρχεται σε χαμηλοπερατό φίλτρο (low pass filter) 15 MHz, το οποίο επιτρέπει να περάσουν οι συχνότητες διαφοράς, που προέκυψαν από τη μίξη. Στην έξοδο του χαμηλοπερατού έχουμε σήμα 7,9-10 MHz.



Σχήμα 5.6.2 β Δομικό διάγραμμα διαμόρφωσης συχνότητας βίντεο σήματος.

Η διαμόρφωση της συχνότητας για το αναλογικό βίντεο είναι διαφορετική από αυτή, που χρησιμοποιείται στις ραδιοεκπομπές. Εκεί οι συχνότητες φέρουσας, η απόκλιση συχνότητας και το εύρος ζώνης είναι πολύ κοντά μεταξύ τους, κάτι, που δεν συμβαίνει στη διαμόρφωση συχνότητας για το αναλογικό βίντεο σήμα.



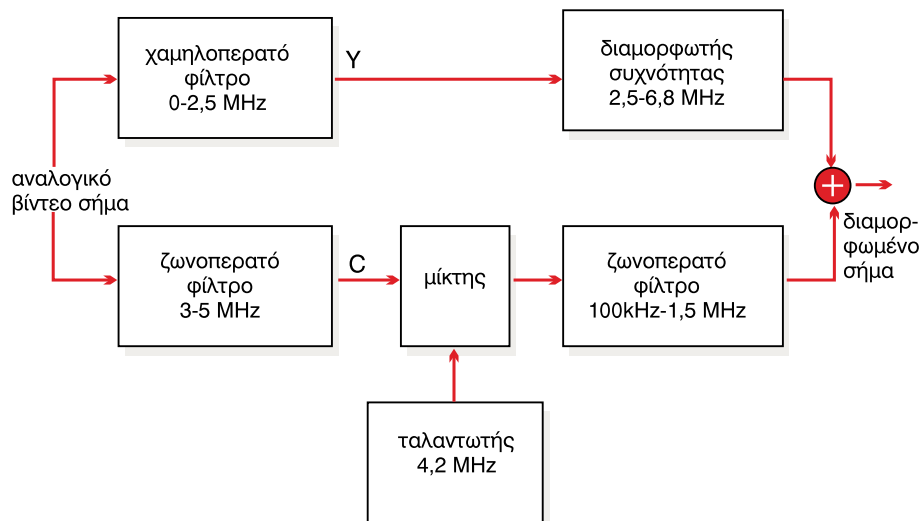
Σχήμα 5.6.2 c Φάσμα συχνοτήτων διαμορφωμένου σε συχνότητα βίντεο σήματος.

Η απόκλιση συχνότητας ορίζεται σαν περιοχή συχνοτήτων μεταξύ της στάθμης μαύρου και άσπρου του βίντεο σήματος.

Τα επαγγελματικά αναλογικά συστήματα βίντεο, που χρησιμοποιούν διαμόρφωση συχνότητας του βίντεο σήματος απαιτούν για την εγγραφή του μεγάλο εύρος ζώνης καναλιού, το οποίο όμως κοστίζει. Για να περιορισθεί το εύρος ζώνης και επομένως το κόστος για τα οικιακά βίντεο διατηρώντας, όμως, την απόδοση τους σε αποδεκτά πλαίσια, βρέθηκε η λύση της διαμόρφωσης color under του βίντεο σήματος. Στη μέθοδο αυτή εγγραφής επεξεργαζόμαστε ξεχωριστά το σήμα φωτεινότητας και χρώματος, τα οποία, όμως, εγγράφονται στο ίδιο κανάλι, αλλά σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων. Το συνιστώμενο βίντεο σήμα της μορφής αυτής συμβολίζεται με Y/C για να το διακρίνουμε από το πραγματικό συνιστώμενο (Y,R-Y,B-Y) όπου τα σήματα χρώματος R-Y, B-Y τα επεξεργαζόμαστε και τα εγγράφουμε ξεχωριστά. Όπως φαίνεται και στο δομικό διάγραμμα, σχήμα 5.6.3, το σύνθετο σήμα βίντεο διαχωρίζεται στο σήμα φωτεινότητας και στο σήμα χρώματος μέσω αντίστοιχα χαμηλοπερατού (low pass) φίλτρου 0 - 2,5 MHz και ζωνοπερατού φίλτρου 3 - 5 MHz. Στην συνέχεια, το σήμα χρώματος εισέρχεται σε μίχτη, όπου αναμιγνύεται με το σήμα σταθερού ταλαντωτή 4,2 Mz, έπειτα μεταφέρεται σε χαμηλή περιοχή συχνοτήτων και ακολούθως περνάει μέσα από ζωνοπερατό φίλτρο 100 KHz - 1,5 MHz. Το σήμα φωτεινότητας, μετά την έξοδο από το χαμηλοπερατό (low pass) φίλτρο 0 - 2,5 MHz εισέρχεται σε διαμορφωτή συχνότητας 2.5 - 6.8 MHz. Τα σήματα φωτεινότητας και χρώματος, που προκύπτουν από την προηγούμενη διαδικασία, προστίθενται και οδηγούνται στον ενισχυτή του βίντεο.

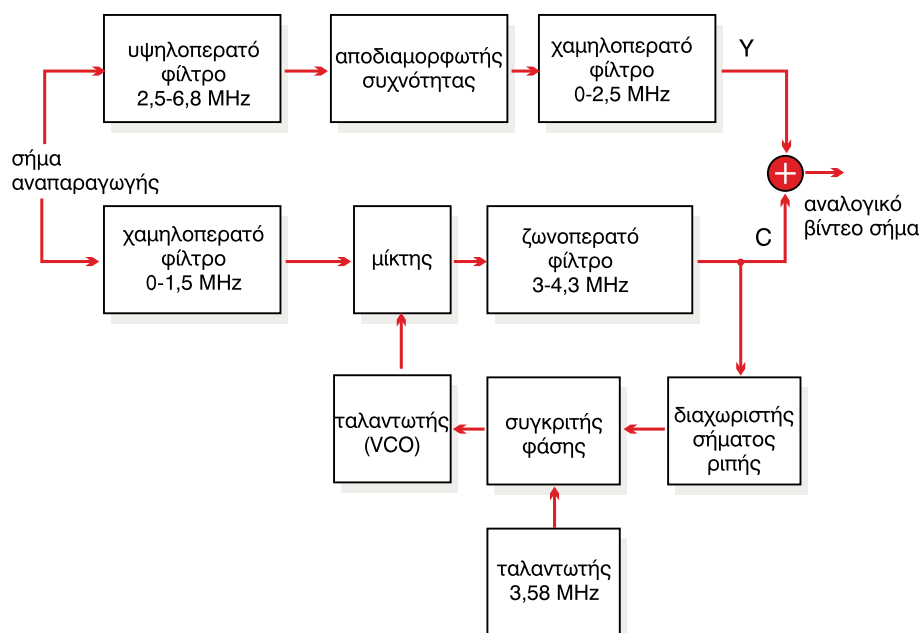
### 5.6.3

#### Διαμόρφωση Color - under



Σχήμα 5.6.3a Δομικό διάγραμμα της μεθόδου color-under κατά την εγγραφή.

Όπως φαίνεται στο δομικό διάγραμμα του σχήματος 5.6.3, στην αναπαραγωγή τα σήματα φωτεινότητας και χρώματος διαχωρίζονται αντίστοιχα από τα φίλτρα high pass φίλτρο 2,5 - 6,8 MHz. και χαμηλοπερατό (low pass) φίλτρο 0 - 1.5 MHz. Το σήμα φωτεινότητας αποδιαμορφώνεται και στη συνέχεια περνάει μέσα από χαμηλοπερατό (low pass) φίλτρο 0 - 2.5 MHz. Το σήμα χρώματος μετά το χαμηλοπερατό (low pass) φίλτρο εισέρχεται σε μίχτη, όπου επαναφέρεται στη σωστή υποφέρουσα συχνότητα. Τελικά, τα δύο σήματα φωτεινότητας και χρώματος, που έχουν προκύψει από την προηγούμενη διαδικασία, προστίθενται και μας δίνουν το σήμα βίντεο εξόδου.



Σχήμα 5.6.3b Δομικό διάγραμμα της μεθόδου color-under κατά την αναπαραγωγή

Σήμερα στο εμπόριο διατίθενται πολλά συστήματα βίντεο, τόσο ερασιτεχνικά όσο και επαγγελματικά. Όλα τα συστήματα όμως επεξεργάζονται τα παρακάτω τέσσερα είδη πληροφοριών: εικόνας, ήχου, συγχρονισμού και κώδικα.

Ωστόσο, κάθε σύστημα βίντεο εγγράφει και αναπαράγει τις πληροφορίες αυτές με διαφορετικό τρόπο. Κάθε σύστημα χρησιμοποιεί το δικό του τύπο βιντεοταινίας και επεξεργάζεται συγκεκριμένο τύπο βίντεο σήματος.

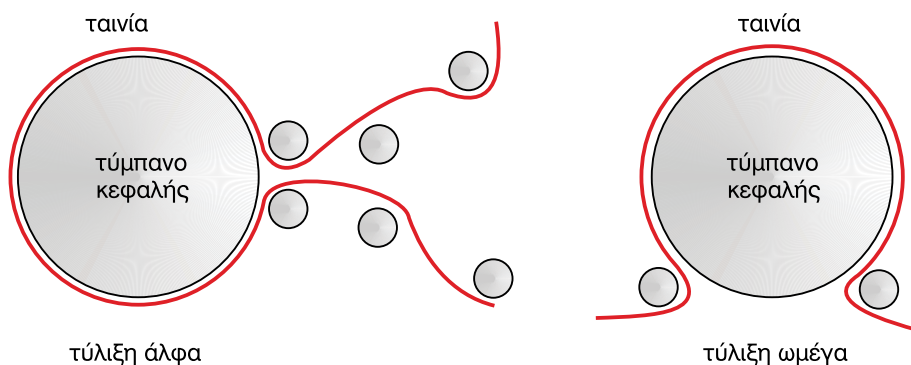
Τα συστήματα βίντεο ταξινομούνται παραδοσιακά με βάση το πλάτος της ταινίας, που χρησιμοποιούν. Έτσι έχουμε συστήματα 1 ίντσας, 3/4 ίντσας, 1/2 ίντσας και 8 mm. Θα εξετάσουμε παρακάτω τα πιο δημοφιλή συστήματα βίντεο και θα επισημάνουμε τις βασικές διαφορές τους.

## 5.7 Αναλογικά Συστήματα Βίντεο

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ταινία πλάτους μιας ίντσας και επεξεργάζονται το βίντεο-σήμα σε σύνθετη μορφή. Είναι τα μόνα συστήματα, που χρησιμοποιούν μεταφορά ταινίας από καρούλι σε καρούλι, ενώ όλα τα άλλα χρησιμοποιούν κασέτα. Προσφέρουν πολύ υψηλής ποιότητας εικόνα και δυνατότητες μοντάζ. Διαθέτουν επίσης αργή κίνηση (Slow motion), γρήγορη κίνηση (Fast motion) και ακινητοποιημένη εικόνα (Still frame) με ελάχιστη παραμόρφωση. Τα συστήματα βίντεο μιας ίντσας χρησιμοποιούν ελικοειδή σάρωση και διατίθενται σε δύο τύπους το Β και το C. Οι συσκευές τόσο τύπου Β όσο και οι τύπου C διατίθενται στο εμπόριο σε διαμόρφωση φορητή και εργαστηρίου (στούντιο).

**Ο τύπος Β** χρησιμοποιεί δύο κεφαλές και τύλιξη της ταινίας γύρω από το τύμπανο σε μορφή Ωμέγα. Με τον τρόπο αυτό, η ταινία βρίσκεται σε επαφή με τις δύο κεφαλές για περίπου 190° σε κάθε περιστροφή του τύμπανου.

### 5.7.1 Συστήματα βίντεο 1 ίντσας



Σχήμα 5.7.1 Τρόποι τύλιξης ταινίας γύρω από το τύμπανο κεφαλής

Χρησιμοποιεί τμηματική εγγραφή πλαισίου, που σημαίνει, ότι κάθε πλαίσιο διαιρείται σε δύο σύνολα γραμμών σάρωσης, τα οποία εγγράφονται σε διαδοχικά ίχνη. Ο τύπος Β είναι διαδεδομένος στις χώρες της Ευρώπης και γενικότερα στις χώρες, που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά τηλεοπτικά συστήματα 625 γραμμών σάρωσης π.χ PAL ή SECAM.

**Ο τύπος C** χρησιμοποιεί μία κεφαλή, εγγραφή μη διακοπτόμενου πεδίου και τύ-



λιξη ταινίας γύρω από το τύμπανο σε μορφή άλφα. Στην εγγραφή μη διακοπτόμενου πεδίου σε κάθε ίχνος βίντεο εγγράφεται ένα πλήρες πεδίο. Όπως έχουμε αναφέρει, δυο πεδία αποτελούν ένα πλαίσιο, δηλαδή μία πλήρη εικόνα.

Αυτό επιτρέπει ακριβή αργή κίνηση (slow motion) και ακινητοποιημένο πλαίσιο. Ο τύπος C είναι διαδεδομένος στις Η.Π.Α και γενικότερα στις χώρες, που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά τηλεοπτικά συστήματα 525 γραμμών σάρωσης.

### 5.7.2 Συστήματα βίντεο 3/4 ίντσας

Στο εμπόριο υπάρχουν δύο τύποι ο αρχικός Umatic και ο νεότερος SP οι οποίοι διατίθενται σε διαμόρφωση φορητή και εργαστηρίου. Και δύο τύποι επεξεργάζονται βίντεο σήμα σύνθετης μορφής και χρησιμοποιούν ταινία πλάτους 3/4 ίντσας. Οι συσκευές εργαστηρίου διαθέτουν πολλές από τις δυνατότητες μοντάζ των συστημάτων μιας ίντσας, όπως υψηλής ταχύτητας αναζήτηση σε πρόσθια και ανάστροφη κίνηση με εικόνα, ακινητοποιημένο πλαίσιο (εικόνα), κ.λ.π.

Παρόλο που το σύστημα 3/4 της ίντσας χρησιμοποιείται ακόμη ευρέως, σταδιακά αντικαθίσταται από τα συστήματα μικρότερου πλάτους ταινίας και ιδιαίτερα στις παραγωγές ENG/EFP από το Betacam SP.

### 5.7.2 Συστήματα βίντεο 1/2 ίντσας

Τα συστήματα 1/2 ίντσας αναπτύχθηκαν γρήγορα και επικράτησαν σε πολλούς τομείς και ιδιαίτερα στις παραγωγές ENG (Ηλεκτρονική Συλλογή Ειδήσεων) και EFP (Ηλεκτρονικές Παραγωγές Εξωτερικού Χώρου), όπου και αντικατέστησαν τα συστήματα 3/4 ίντσας. Αυτό οφείλεται κυρίως σε τρεις λόγους:

1. στο μικρότερο μέγεθος και βάρος, που τους επιτρέπει την απευθείας σύνδεση με τις κάμερες ή την ενσωμάτωσή τους σ' αυτές.
2. στις φθηνότερες ταινίες(κασέτες).
3. στην καλύτερη ποιότητα εικόνας, η οποία ανταγωνίζεται και μερικές φορές ξεπερνά την ποιότητα των συστημάτων μιας (1) ίντσας.

Τα πιο δημοφιλή συστήματα 1/2 ίντσας είναι για μεν τα οικιακά το VHS και το S-VHS, για δε τα επαγγελματικά το M-II και το BETACAM SP. Τα συστήματα αυτά δε λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο, ούτε παράγουν την ίδια ποιότητα εικόνας.

#### **Το σύστημα VHS.**

Αρχικά, το σύστημα VHS σχεδιάστηκε για οικιακή χρήση και παραμένει το κυρίαρχο σύστημα. Χρησιμοποιεί βίντεο σήμα σε σύνθετη μορφή και παράγει εικόνες χαμηλής ποιότητας με οριζόντια ανάλυση 240 γραμμών. Το κυριότερο μειονέκτημα του συστήματος VHS είναι ότι μετά την τρίτη γενιά αναπαραγωγής της αρχικής ταινίας, η ποιότητα και το χρώμα της εικόνας αλλοιώνονται αισθητά.

Πέρα από την οικιακή χρήση για αναπαραγωγή προγραμμάτων, το σύστημα VHS, παρά τη χαμηλή ποιότητα εικόνας του, χρησιμοποιείται στην τηλεοπτική παραγωγή για μοντάζ εκτός γραμμής. Αυτό σημαίνει, ότι η ταινία VHS, που υπό-

κειται σε μοντάζ, δεν χρησιμοποιείται για εκπομπή, αλλά σαν οδηγός για το κύριο μοντάζ.

### Το σύστημα S-VHS.

Το σύστημα S-VHS αποτελεί μία παρά πολύ βελτιωμένη εξέλιξη του οικιακού συστήματος VHS. Διαθέτει οριζόντια ανάλυση εικόνας 400 γραμμών και επεξεργάζεται το βίντεο σήμα σε μορφή συνιστωσών Y/C. Η εγγραφή του βίντεο σήματος σε μορφή Y/C επιτρέπει πολλαπλές γενιές αναπαραγωγής της αρχικής ταινίας χωρίς αλλοίωση της ποιότητας της εικόνας. Σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος S-VHS είναι η μερική του συμβατότητα με το σύστημα VHS. Η μερική αυτή συμβατότητα επιτρέπει να αναπαραγάγουμε εγγραφή του συστήματος VHS σε συσκευή S-VHS, αλλά όχι το αντίθετο. Με την αναπαραγωγή αυτή στο σύστημα S-VHS δεν σημαίνει, ότι βελτιώνεται η ποιότητα εγγραφής, που έγινε στο σύστημα VHS. Η υψηλή ποιότητα εικόνας, που προσφέρει το σύστημα S-VHS δεν μπορεί να εμφανισθεί, εάν δεν χρησιμοποιείται μόνιτορ S-VHS.

### Σύστημα MII

Είναι σύστημα υψηλής ποιότητας εικόνας, με οριζόντια ανάλυση 344 γραμμές, που χρησιμοποιεί ταινία με επίστρωση κόκκων μετάλλου και επεξεργάζεται πραγματικό συνιστώμενο (component) σήμα (R-Y, B-Y, Y). Το σύστημα MII διατίθεται σε διαμόρφωση εργαστηρίου(στούντιο) και φορητή. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα M II μπορούν να δεχθούν στην είσοδο τους βίντεο σήμα σε μορφή είτε σύνθετη είτε συνιστώμενη (component). Από άποψη τεχνολογική και λειτουργική το M-II ανταγωνίζεται το BETACAM-SP, το οποίο όμως προτιμάται περισσότερο.

### Σύστημα BETACAM-SP

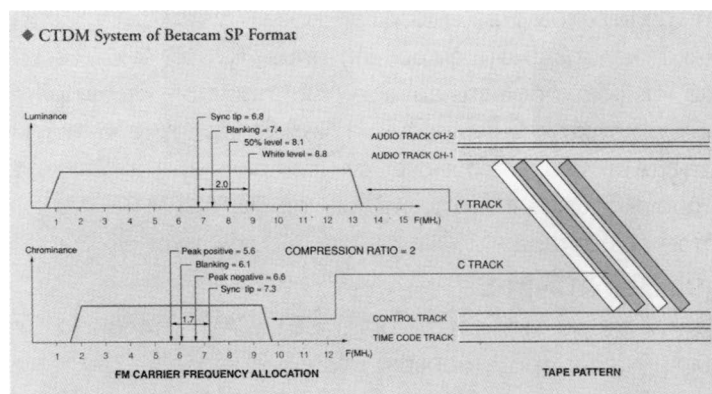
Αρχικά στην αγορά εισήχθη το απλό BETACAM, στο οποίο στην πορεία προστέθηκε η ένδειξη SP (Superior Performance) για να δείξει τις ανώτερες προδιαγραφές του νέου μοντέλου. Το BETACAM διαθέτει οριζόντια ανάλυση 300 γραμμών, χρησιμοποιεί ταινία με επίστρωση οξειδίου σιδήρου και επεξεργάζεται βίντεο σήμα συνιστωσών (Y,R-Y,B-Y).



Σχήμα 5.7.2 α Σύστημα βίντεο Betacam-SP της SONY

**Το BETACAM-SP :**

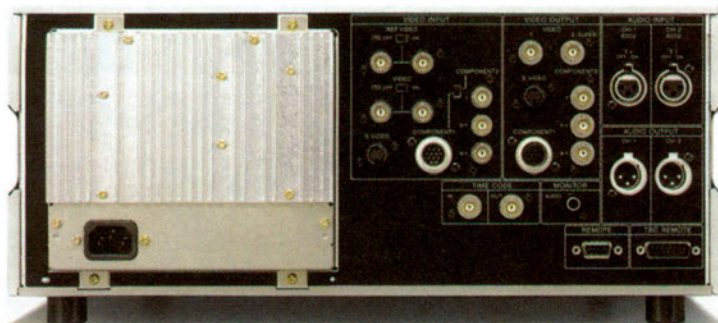
- έχει οριζόντια ανάλυση 344 γραμμών,
- χρησιμοποιεί επίστρωση σωματιδίων μετάλλου, που είναι καλύτερη από τα οξείδια σιδήρου
- επεξεργάζεται πραγματικό συνιστώμενο (component) σήμα (Y, R-Y, B-Y)
- διαθέτει μεγαλύτερο εύρος ζώνης για το σήμα βίντεο, με αποτέλεσμα υψηλής ποιότητας εικόνες
- διαθέτει ψηφιακό διορθωτή κενών (drop out compensator) για τον περιορισμό της στιγμιαίας απώλειας σήματος, που προκαλείται από φυσικές ατέλειες του μαγνητικού μέσου
- έχει δύο ίχνη ήχου, που το βοηθούν στην παραγωγή υψηλής πιστότητας στερεοφωνικού ήχου.
- διαθέτει ανεξάρτητο ίχνος για τον κώδικα χρόνου και επομένως δεν χρειάζεται να θυσιάσουμε ένα ίχνος ήχου.
- Είναι εφοδιασμένο με γεννήτρια και αναγνώστη κώδικα χρόνου.



Σχήμα 5.7.2 b Διαμόρφωση συχνότητας βίντεο σήματος και διάταξη ιχνών στην ταινία του συστήματος Betacam-SP

- Προσφέρει υψηλής ταχύτητας έρευνα εικόνας μέχρι 5 φορές την κανονική ταχύτητα για έγχρωμη εικόνα και 16 φορές για ασπρόμαυρη.
- Διαθέτει αναλογικές εισόδους /εξόδους α) βίντεο σήμα συνιστωσών (Y, R-Y, B-Y) β) σύνθετου βίντεο σήματος γ) S-video σήματος(βίντεο σήμα συνιστωσών Y/C).
- έχει σειριακή διασύνδεση RS-422A (9 pin), που του επιτρέπει τη σύνδεση με συστήματα μοντάζ και ελέγχου.

Το BETACAM-SP δεν είναι συμβατό με κανένα άλλο σύστημα. Έτσι, για την αναπαραγωγή και το μοντάζ μιας ταινίας BETACAM-SP πρέπει να χρησιμοποιήσουμε αποκλειστικά συσκευές BETACAM-SP.



Σχήμα 5.7.2 c Αναλογικές είσοδοι, έξοδοι του συστήματος Betacam-SP

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ταινία πλάτους 8 mm, παράγουν υψηλής ποιότητας εικόνα και χρησιμοποιούνται κυρίως για ερασιτεχνική χρήση. Η οριζόντια ανάλυση του συστήματος αυτού είναι 240 γραμμές τηλεόρασης. Τα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι η αλλοίωση της εικόνας και η καθυστέρηση του ήχου σε σχέση με την εικόνα στα αντίγραφα πολλαπλών γενεών. Το πιο δημοφιλές σύστημα 8 mm είναι Hi8 της SONY, το οποίο επεξεργάζεται βίντεο σήμα συνιστωσών Υ/Σ και χρησιμοποιείται τόσο για ερασιτεχνική όσο και για επαγγελματική χρήση. Στον επαγγελματικό τομέα, χρησιμοποιείται μόνο για διερευνητικές παραγωγές, οι οποίες προσφέρουν τα απαραίτητα στοιχεία, για να προχωρήσουμε στην κανονική παραγωγή. Το Hi8 διαθέτει ανάλυση 400 γραμμών τηλεόρασης και προσφέρει υψηλής ποιότητας εικόνα, ακόμα και στα αντίγραφα πολλαπλών γενεών. Μειονέκτημα του Hi8 είναι το πρόβλημα της καθυστέρησης του ήχου σε σχέση με την εικόνα στα αντίγραφα.

### 5.7.3 Σύστημα 8 mm



Σχήμα 5.7.3 Επαγγελματική κάμερα - βίντεο Hi 8 της Toshiba για χρήση EFP και ENG

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων βίντεο, που περιγράψαμε πιο πάνω:

| Σύστημα         | Πλάτος ταινίας | Τύπος μαγνητικής επίστρωσης | Τύπος σήματος | Λόγος S/N (σε dB) Φωτεινότητας | Λόγος S/N (σε dB) Χρώματος | Οριζόντια ανάλυση σε γραμμές TV | Χρόνος Εγγραφής μέγιστος/ελάχιστος σε λεπτά |
|-----------------|----------------|-----------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|
| VHS             | ½              | OX                          | Σύνθετο       | 46                             | 45                         | 240                             | 30/360                                      |
| 8-mm            | 8 mm           | MP                          | Σύνθετο       | 46                             | 45                         | 260                             | 120/240                                     |
| Hi-8            | 8 mm           | MP                          | Υ/C           | 47                             | 46                         | 400                             | 30/120                                      |
| S-VHS           | ½              | OX                          | Υ/C           | 47                             | 46                         | 400                             | 120/360                                     |
| ¾ ίντσας        | ½              | OX                          | Σύνθετο       | 46                             | 46                         | 280                             | 10/60                                       |
| ¾ SP            | ½              | MP                          | Σύνθετο       | 47                             | 48                         | 340                             | 10/60                                       |
| Betacam         | ½              | OX                          | Υ, R-Y, B-Y   | 48                             | 50                         | 300                             | 10/90                                       |
| Betacam SP      | ½              | MP                          | Υ, R-Y, B-Y   | 51                             | 53                         | 344                             | 10/90                                       |
| M-II            | ½              | ME                          | Υ, R-Y, B-Y   | 52                             | 50                         | 344                             | 20/90                                       |
| 1 ίντσα Τύπος C | 1              | OX                          | Σύνθετο       | 52                             | 52                         | 360                             | 30/90                                       |

Πίνακας 5.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων βίντεο

Οι συμβολισμοί MP, OX και ME σημαίνουν αντίστοιχα επίστρωση σωματιδίων μετάλλου και οξειδίου σιδήρου εξαγνωμένου μετάλλου.

## 5.8 Πίνακας χειρισμού

Ο πίνακας χειρισμού αποτελείται από τα κουμπιά, τους διακόπτες και την οθόνη. Ανάλογα με την εργασία, που έχουν κατασκευασθεί να εκτελέσουν, τα κουμπιά και οι διακόπτες κατατάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες:

- **Κουμπιά λειτουργίας.**

Με αυτά δίνονται εντολές στο βίντεο να εκτελέσει συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως π.χ. σταμάτημα, παίξιμο, εγγραφή, κλπ. Οι λειτουργίες αυτές είναι ίδιες τόσο για τα οικιακά, όσο και για τα επαγγελματικά βίντεο, με εξαίρεση τη **μεταβολή ταχύτητας - επιλογή πλαισίου (shuttle-jog)** και το **μοντάζ**, τα οποία περιέχονται μόνο στα επαγγελματικά βίντεο. Με τη λειτουργία **μεταβολής ταχύτητας (shuttle)** παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη του βίντεο να τρέξει τις εγγραφές με διαφορετικές ταχύτητες και στις δύο κατευθύνσεις με συνεχή μεταβολή της ταχύτητας. Η λειτουργία **επιλογής πλαισίου (jog)** μας δίνει τη δυνατότητα να κινήσουμε την ταινία κατά 1 πλαίσιο τη φορά, το οποίο είναι πολύ δύσκολο να πετύχουμε με τη λειτουργία μεταβολής ταχύτητας. Οι λειτουργίες μεταβολής ταχύτητας - επιλογής πλαισίου ενσωματώνονται συνήθως σε ένα κουμπί.

| Λειτουργία                              | Οικιακά βίντεο | Επαγγελματικά βίντεο |
|-----------------------------------------|----------------|----------------------|
| Σταμάτημα                               | NAI            | NAI                  |
| Παύση                                   | NAI            | NAI                  |
| Γρήγορη προώθηση                        | NAI            | NAI                  |
| Τύλιγμα                                 | NAI            | NAI                  |
| Εγγραφή                                 | NAI            | NAI                  |
| Εκβολή κασέτας                          | NAI            | NAI                  |
| Μεταβολή ταχύτητας - επιλογή πλαισίων - | OXI            | NAI                  |
| Μοντάζ                                  | OXI            | NAI                  |

Πίνακας 5.8α Λειτουργίες οικιακών και επαγγελματικών βίντεο

- **Κουμπιά προγραμματισμού.**

| Προγραμματισμός                  | Οικιακά βίντεο | Επαγγελματικά βίντεο |
|----------------------------------|----------------|----------------------|
| Επιλογέας εισόδου                | NAI            | NAI                  |
| Στάθμη εισόδου σήματος ήχου      | NAI            | OXI                  |
| Στάθμη εισόδου ήχου - βίντεο     | OXI            | NAI                  |
| Επιλογέας καναλιών               | NAI            | OXI                  |
| Επιλογή καναλιών για μοντάζ      | OXI            | NAI                  |
| Μενού προγραμματισμού            | NAI            | OXI                  |
| Κώδικας χρόνου                   | OXI            | NAI                  |
| Τοπικός ή απομακρυσμένος έλεγχος | OXI            | NAI                  |

Πίνακας 5.8b Βασικός προγραμματισμός οικιακών και επαγγελματικών βίντεο

Με αυτά προγραμματίζουμε το μαγνητοσκόπιο να λειτουργεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, όπως ελάχιστη στάθμη εισόδου, ήχου και βίντεο σήματος.

- **Κουμπιά ελέγχου.**

Αυτά υπάρχουν μόνο στα επαγγελματικά βίντεο και μας δίνουν τη δυνατότητα να ελέγξουμε την απόδοση του συστήματος. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι: ο επιλογέας H-H (Selector E-E), οι μπάρες χρώματος και ο οδηγός αντίστροφης μέτρησης. Ο επιλογέας H-H μας δίνει τη δυνατότητα απευθείας σύνδεσης των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων εγγραφής με τα κυκλώματα αναπαραγωγής, χωρίς να περάσουμε από τη διαδικασία εγγραφής και αναπαραγωγής.

- **Οθόνη**

Σχεδόν όλα τα συστήματα βίντεο διαθέτουν μικρή οθόνη (Display).

Στα οικιακά βίντεο στην οθόνη εμφανίζονται τα κανάλια τηλεόρασης, η στάθμη ήχου και ο μετρητής χρόνου ταινίας. Στα επαγγελματικά βίντεο εμφανίζονται η στάθμη ήχου, ο κώδικας χρόνου και η κατάσταση λειτουργίας στην οποία βρίσκεται το βίντεο (π.χ. παύση, παίξιμο, εγγραφή)

## 5.9 Όργανα μέτρησης-Ενδείξεις

Τα πιο συνηθισμένα όργανα μέτρησης, που περιλαμβάνονται στον εξοπλισμό των επαγγελματικών, κυρίως, μαγνητοσκοπίων είναι τα ακόλουθα:

- Το όργανο μέτρησης έντασης ήχου
- Το όργανο μέτρησης στάθμης βίντεο σήματος

Οι ενδείξεις των οργάνων αυτών σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα κουμπιά ρύθμισης μας δίνουν τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε τη στάθμη του σήματος ήχου και βίντεο στις επιθυμητές τιμές, ώστε να πετύχουμε την καλύτερη δυνατή εγγραφή τους. Σε πολλά επαγγελματικά μαγνητοσκόπια, η διατήρηση της στάθμης του σήματος ήχου και βίντεο στις επιθυμητές τιμές γίνεται αυτόματα με το ενσωματωμένο κύκλωμα αυτόματης ρύθμισης απολαβής (AGC).



Σχήμα 5.9 Όργανα μέτρησης έντασης ήχου και στάθμης βίντεο σήματος

Τα επαγγελματικά μαγνητοσκόπια διαθέτουν τις παρακάτω σημαντικές ενδείξεις :

- **Ένδειξη κατάστασης μπαταρίας.** Η ένδειξη αυτή μας ενημερώνει αν η μπαταρία είναι γεμάτη ή άδεια και τοποθετείται κυρίως στα μαγνητοσκόπια εξωτερικών τηλεοπτικών παραγωγών, τα οποία τροφοδοτούνται από μπαταρίες.
- **Ένδειξη κίνησης της ταινίας.** Η ένδειξη αυτή ελέγχει την ταινία και μας προειδοποιεί αν η ταινία κινείται και σε περίπτωση εγγραφής, ότι πραγματοποιείται η εγγραφή.



## 5.10 Είσοδοι - Έξοδοι

Τα μαγνητοσκοπία δε λειτουργούν ανεξάρτητα, αλλά σε συνεργασία με άλλες συσκευές, όπως βιντεοκάμερες, βιντεομόνιτορ, τηλεοπτικούς δέκτες και με άλλα βίντεο. Για να επιτύχουμε τη συνεργασία αυτή, τα βίντεο διαθέτουν τις παρακάτω εισόδους και εξόδους μέσω καταλλήλων υποδοχέων:

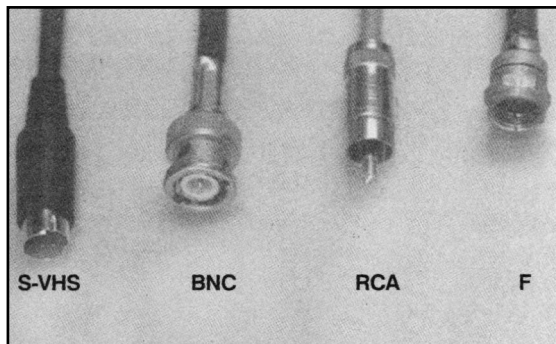
- Εισόδους - Εξόδους βίντεο σήματος συνιστωσών (component) Y,R-Y,B-Y με υποδοχέα BNC ή RCA
- Εισόδους - Εξόδους σύνθετου βίντεο σήματος (composite) με υποδοχείς BNC ή RCA
- Εισόδους - Εξόδους σήματος Y/C με υποδοχέα S-Video. Στο σήμα Y/C το σήμα φωτεινότητας είναι διαχωρισμένο από το σήμα χρώματος και το παίρνουμε από καταναλωτικές συσκευές υψηλής ποιότητας, όπως το βίντεο S-VHS,
- Εισόδους και Εξόδους ήχου με συνδετήρα RCA ή XLR
- Είσοδο κάμερας (camera), που χρησιμοποιείται για απευθείας σύνδεση του μαγνητοσκοπίου με κάμερα
- Είσοδο "mic", που χρησιμοποιείται για σύνδεση με μικρόφωνο.
- "S-video" λειτουργεί σαν είσοδο-έξοδο βίντεο σήματος τύπου Y/C στο οποίο το σήμα φωτεινότητα (Y) είναι διαχωρισμένο από το σήμα χρώματος (C ). Πρόκειται για σήμα εικόνας που παίρνουμε από τις καταναλωτικές συσκευές όπως το βίντεο S-VHS, τη βιντεοκάμερα Hi8 και το DVD.
- Είσοδο "RF IN" από την οποία εισέρχεται το διαμορφωμένο σε ραδιοσυχνότητες τηλεοπτικό σήμα και χρησιμεύει για την σύνδεση του βίντεο με την κεραία. Η είσοδος αυτή υπάρχει μόνο στα οικιακά βίντεο.
- Έξοδος "RF OUT" η οποία χρησιμεύει για την σύνδεση του βίντεο με τον τηλεοπτικό δέκτη και υπάρχει μόνο στα οικιακά βίντεο.

## 5.11 Βύσματα - Καλώδια σύνδεσης

Στα άκρα των καλωδίων, που συνδέουν το μαγνητοσκόπιο με τις άλλες συσκευές, τοποθετούνται βύσματα. Τα βύσματα αυτά είναι τυποποιημένα και μας βοηθούν μαζί με την αντίστοιχη υποδοχή στη σωστή σύνδεση του καλωδίου με τη συσκευή. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι βυσμάτων είναι οι ακόλουθοι:

- "BNC"
- "S-Video"
- "RCA"
- F

Τα βύσματα "BNC" και "S-Video" τοποθετούνται σε καλώδια, που μεταφέρουν σήματα βίντεο, ενώ τα βύσματα "RCA" χρησιμοποιούνται σε καλώδια, που μεταφέρουν σήμα βίντεο και ήχου. Τα βύσματα BNC χρησιμοποιούνται, κατά κανόνα, από τα επαγγελματικά βίντεο, ενώ τα RCA από τα οικιακά. Τα βύσματα τύπου F χρησιμοποιούνται σε καλώδια, που μεταφέρουν τηλεοπτικό σήμα διαμορφωμένο σε ραδιοσυχνότητες.



Σχήμα 5.11 Τύποι βυσμάτων

Το καλώδιο, που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του βίντεο με τις συσκευές με τις οποίες συνεργάζεται, όπως βιντεοκάμερα, τηλεοπτικός δέκτης, βίντεο μόνιτορ, μαγνητοσκόπιο, είναι το ομοαξονικό καλώδιο των 75 Ohm. Το καλώδιο αυτό είναι φθινό και αξιόπιστο και για συνδέσεις μέχρι 300 μέτρα, δεν απαιτεί οποιαδήποτε ενίσχυση σήματος.

## 5.12 Συστήματα παρακολούθησης βίντεο σήματος

Συστήματα παρακολούθησης ονομάζουμε τις συσκευές, οι οποίες μετατρέπουν το βίντεο σήμα σε εικόνα ή γραφική παράσταση και την εμφανίζουν στην οθόνη τους. Διακρίνονται σε:

- **Βίντεο μόνιτορ**
- **Τηλεοπτικούς δέκτες,**
- **Μόνιτορ κυματομορφής**
- **Χρωματοσκόπιο (Vectroscope).**

Τα δύο πρώτα συστήματα παρακολούθησης μετατρέπουν το βίντεο σήμα σε εικόνα, ενώ τα υπόλοιπα δύο σε γραφική παράσταση.

Παρακάτω θα εξετάσουμε αναλυτικά το βίντεο μόνιτορ, το μόνιτορ κυματομορφής και το χρωματοσκόπιο, γιατί αποτελούν τα κύρια όργανα για τον έλεγχο της ποιότητας του βίντεο σήματος στις τηλεοπτικές παραγωγές.

### 5.12.1 Βίντεο μόνιτορ

Το κύριο μέρος του μόνιτορ είναι ο καθοδικός σωλήνας ακτινών (CRT-Cathode Ray Tube), που είναι γυάλινος σφραγισμένος σωλήνας. Το ένα άκρο του γυάλινου σωλήνα καταλήγει σε επίπεδη επιφάνεια, την οθόνη, και το άλλο καταλήγει σε κυλινδρικό στενό λαιμό, όπου παράγονται οι δέσμες ηλεκτρονίων. Η εσωτερική επιφάνεια της οθόνης είναι επιστρωμένη από φωσφορίζουσα ουσία.



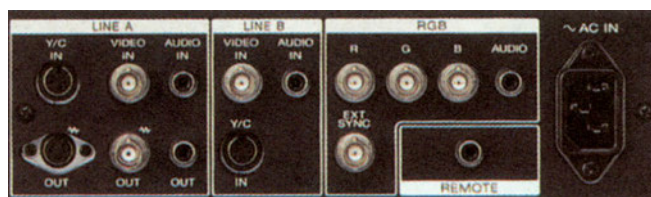
Σχήμα 5.12.1a Έγχρωμο Βίντεο μόνιτορ της Sony  
20 ιντσών υψηλής ανάλυσης 500 γραμμών TV

Στο λαιμό του γυάλινου σωλήνα, στην περίπτωση έγχρωμου μόνιτορ, υπάρχουν τρία πυροβόλα ένα για κάθε βασικό σήμα κόκκινο, πράσινο και μπλε. Οι δέσμες ηλεκτρονίων, που εκπέμπουν τα πυροβόλα, εκτρέπονται από μαγνητικά πεδία, έτσι ώστε να σαρώνουν την εσωτερική επιφάνεια της οθόνης σε οριζόντιες γραμμές σύμφωνα με τους παλμούς συγχρονισμού. Κάθε σημείο της γραμμής σάρωσης αποτελείται από τρία στοιχεία φωσφόρου το κόκκινο, πράσινο και μπλε.



Σχήμα 5.12.1b Πίνακας ελέγχου βίντεο μόνιτορ

Εάν κτυπηθούν μόνο τα κόκκινα στοιχεία φωσφόρου, η οθόνη φαίνεται κόκκινη, εάν κτυπηθούν τα πράσινα, φαίνεται πράσινη και εάν κτυπηθούν τα μπλε φαίνεται μπλε. Όταν, όμως, πλήττονται δύο ή τρία στοιχεία φωσφόρου ταυτόχρονα, το φως, που εκπέμπουν, αναμειγνύεται, με αποτέλεσμα να βλέπουμε στην οθόνη το συμπληρωματικό χρώμα, σύμφωνα με την προσθετική μέθοδο. Επίσης, η διαδικασία σάρωσης εκτελείται τόσο γρήγορα, ώστε λόγω των ιδιοτήτων της όρασης, βλέπουμε στην οθόνη την ολοκληρωμένη εικόνα, που μεταφέρει το βίντεο σήμα. Εάν, βεβαίως, κοιτάξουμε από κοντά την οθόνη σε λειτουργία, μπορούμε να δούμε το πλήθος των στοιχείων, που αποτελούν την εικόνα. Πρέπει να τονισθεί, ότι η ένταση του φωτός, που εκπέμπεται, όταν πλήττονται τα στοιχεία, είναι ευθέως ανάλογη της έντασης του σήματος βίντεο, που παρήγαγε τη δέσμη ηλεκτρονίων.



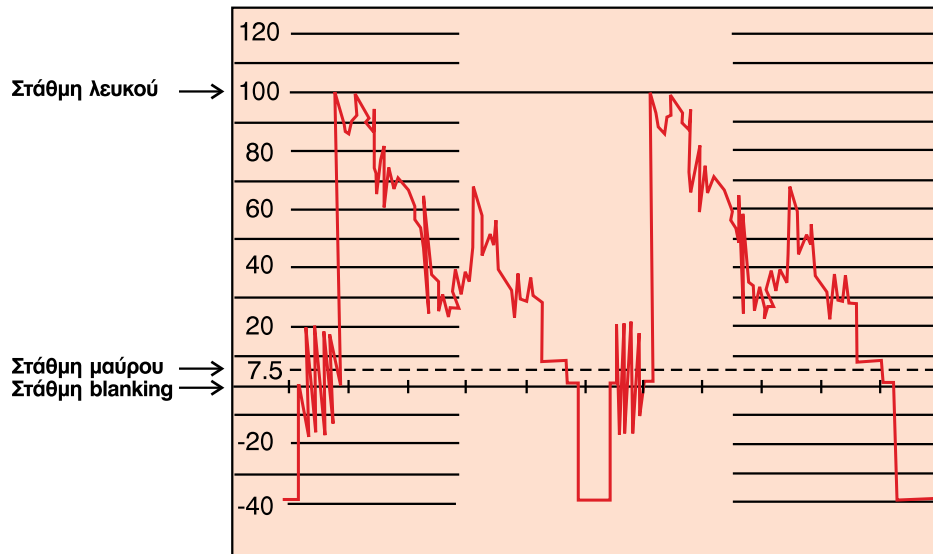
Σχήμα 5.12.1c Πίνακας υποδοχών έγχρωμου βίντεο μόνιτορ της Sony

Τα βίντεο μόνιτορ δέχονται μέσω καλωδίου βίντεο σήμα στον υποδοχέα εισόδου τους είτε σε μορφή RGB, είτε σε μορφή πραγματικού component σήματος (Y,R-Y,B-Y).

Ανάλογα με την εργασία, που εκτελούν στην τηλεοπτική παραγωγή, τα μόνιτορ διακρίνονται σε μόνιτορ πηγής, ελέγχου (Preview) και προγράμματος (Program).

### 5.12.2 Μόνιτορ κυματο- μορφής (Waveform Monitor)

Το μόνιτορ κυματομορφής είναι είδος παλμογράφου, που στην οθόνη του εμφανίζει την κυματομορφή του βίντεο σήματος. Επί της οθόνης είναι τυπωμένες δυο κλίμακες. Στον οριζόντιο άξονα έχουμε την κλίμακα του χρόνου σε μικροδευτερόλεπτα ( $\mu s$ ), η οποία μας βοηθάει να μετράμε τη διάρκεια των σημάτων, που περιλαμβάνονται στο σύνθετο βίντεο σήμα. Στον κατακόρυφο άξονα είναι αποτυπωμένη η ποσοστιαία κλίμακα IRE, στην οποία μετράμε τη στάθμη των σημάτων, που συνθέτουν το σύνθετο βίντεο σήμα. Η κλίμακα αυτή ονομάστηκε από τα αρχικά του Ινστιτούτου Μηχανικών Ραδιοφώνου (Institute of Radio Engineers).

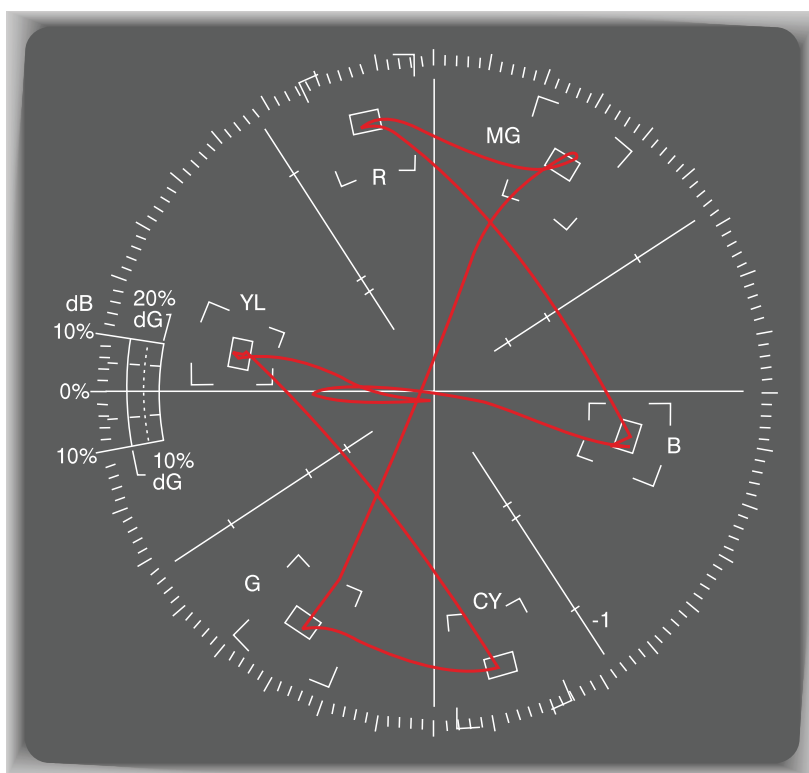


Σχήμα 5.12.2 Οθόνη μόνιτορ κυματομορφής

Στην οθόνη εμφανίζονται ταυτόχρονα δυο γραμμές σάρωσης μαζί με τα σήματα συγχρονισμού. Οι πιο σημαντικές στάθμες του βίντεο σήματος είναι η στάθμη του blanking 0 IRE, η στάθμη του μαύρου 7,5 IRE και η στάθμη του λευκού 100 IRE. Οι στάθμες μαύρου, λευκού αντιπροσωπεύουν στην πραγματικότητα το πιο λευκό και το πιο μαύρο μέρος της εικόνας αντίστοιχα. Εάν η κατώτερη στάθμη του βίντεο σήματος είναι χαμηλότερη από 7,5 IRE, τότε όλες οι λεπτομέρειες στην σκοτεινή περιοχή της εικόνας χάνονται. Εάν η κατώτερη στάθμη του βίντεο σήματος είναι πολύ ψηλότερα από 7,5 IRE, τότε η αντίθεση (contrast) είναι χαμηλή και η εικόνα δείχνει γκριζα (σκοτεινή). Εάν η ανώτερη στάθμη του βίντεο σήματος είναι πάνω από 100 IRE, τότε η εικόνα είναι πολύ φωτεινή, ενώ, εάν είναι κάτω από 100 IRE, η εικόνα δείχνει θαμπή. Το μόνιτορ κυματομορφής μπορεί να απεικονίσει γραφικά και πληροφορίες για τη φωτεινότητα και το χρώμα.

Το Χρωματοσκόπιο είναι ηλεκτρονική συσκευή, που στην οθόνη του εμφανίζει γραφικά την πληροφορία του χρώματος, που μεταφέρει το βίντεο σήμα. Στην οθόνη είναι τυπωμένη κυκλική κλίμακα βαθμονομημένη σε μοίρες. Στο εσωτερικό της κλίμακας καθορίζονται με γωνίες έξι περιοχές, στο κέντρο των οποίων βρίσκεται ένα ορθογώνιο. Οι περιοχές αυτές αντιπροσωπεύουν από ένα χρώμα, του οποίου το αρχικό γράμμα στα αγγλικά αποτυπώνεται δίπλα στην περιοχή.

### 5.12.3 Χρωμα- τοσκόπιο (Vectro- scope)



Σχήμα 5.12.3 Οθόνη χρωματοσκοπίου

Όταν η συσκευή λειτουργεί, στο εσωτερικό της κυκλικής κλίμακας εμφανίζονται 6 γραμμές, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους. Αν η συνιστώσα χρώματος του βίντεο σήματος μεταφέρει τη σωστή απόχρωση και χροιά της εικόνας, τότε όλα τα σημεία σύνδεσης των γραμμών βρίσκονται στο κέντρο των ορθογώνιων. Αν ο κορεσμός είναι χαμηλός, τα σημεία σύνδεσης των γραμμών θα πέσουν έξω και πάνω από τα ορθογώνια προς το κέντρο της κυκλικής κλίμακας. Αν ο κορεσμός είναι ψηλός, τα σημεία σύνδεσης των γραμμών θα πέσουν έξω και κάτω από τα ορθογώνια. Αν η απόχρωση δεν είναι σωστή, τότε τα σημεία σύνδεσης των γραμμών πέφτουν δεξιά ή αριστερά και έξω από τα ορθογώνια.

Στην περίπτωση, που η απόχρωση δεν είναι σωστή, έχουμε μετατόπιση των χρωμάτων στην εικόνα, με αποτέλεσμα π.χ. να βλέπουμε πρόσωπα με πράσινη απόχρωση ή δένδρα με γαλάζια απόχρωση.

## 5.13 MONTAZ

Μοντάζ είναι η διαδικασία συναρμολόγησης τμημάτων εγγραφών εικόνας και ήχου για τη δημιουργία τηλεοπτικού προγράμματος. Το μοντάζ αποτελεί μέρος της μεταπαραγωγής, η οποία περιλαμβάνει όλα τα βήματα, που απαιτούνται για τη δημιουργία τηλεοπτικού προγράμματος, όπως η επιλογή τηλεοπτικών λήψεων, το μοντάρισμά τους και η πρόσθεση ειδικών εφφέ. Ουσιαστικά το μοντάζ βιντεοταινίας είναι ηλεκτρονική διαδικασία μεταφοράς εγγραφών από τη βιντεοταινία πηγής στη βιντεοταινία εγγραφής ή όπως επίσης ονομάζεται ταινία μοντάζ. Διακρίνουμε δύο είδη μοντάζ:

- **το γραμμικό ή βιντεοταινίας:** Οι πληροφορίες εικόνας και ήχου είναι αποθηκευμένες σε βιντεοταινία και μεταφέρονται από εκεί στη βιντεοταινία εγγραφής ή μοντάζ. Η μεταφορά αυτή πραγματοποιείται χωρίς να ενδιάμεση αποθήκευση των πληροφοριών σε σκληρό δίσκο. Στην περίπτωση αυτή, η πρόσβαση στις πληροφορίες εικόνας και ήχου στην ταινία πηγής είναι γραμμική, δηλαδή πρέπει να περάσουμε αναγκαστικά από τις προηγούμενες εγγραφές της ταινίας, για να μπορέσουμε να φθάσουμε και να διαβάσουμε τις πληροφορίες, που θέλουμε για το μοντάζ.
- **το μη γραμμικό ή σκληρού δίσκου:** οι πληροφορίες εικόνας και ήχου λαμβάνονται από τις βιντεοταινίες πηγής, μετατρέπονται σε ψηφιακές, αποθηκεύονται σε σκληρό δίσκο και από εκεί μεταφέρονται για αποθήκευση στην ταινία εγγραφής (μοντάζ). Στην περίπτωση αυτή, η πρόσβαση στις πληροφορίες, που χρειαζόμαστε για το μοντάζ, είναι τυχαία (μη γραμμική), γιατί είναι αποθηκευμένες στο σκληρό δίσκο.

Μέχρι πρόσφατα χρησιμοποιείτο λόγω κόστους αποκλειστικά το γραμμικό μοντάζ. Τώρα, όμως, που το κόστος και των μη γραμμικών συστημάτων έχει μειωθεί σημαντικά, η χρήση τους αυξάνεται συνεχώς και προτιμούνται για την παραγωγή προγραμμάτων. Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με το γραμμικό μοντάζ.

Η υλοποίηση (εκτέλεση) του γραμμικού μοντάζ γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- με συναρμολόγηση ή με
- παρεμβολή

### 5.13.1 Μοντάζ συναρμολόγησης (Assemble editing)

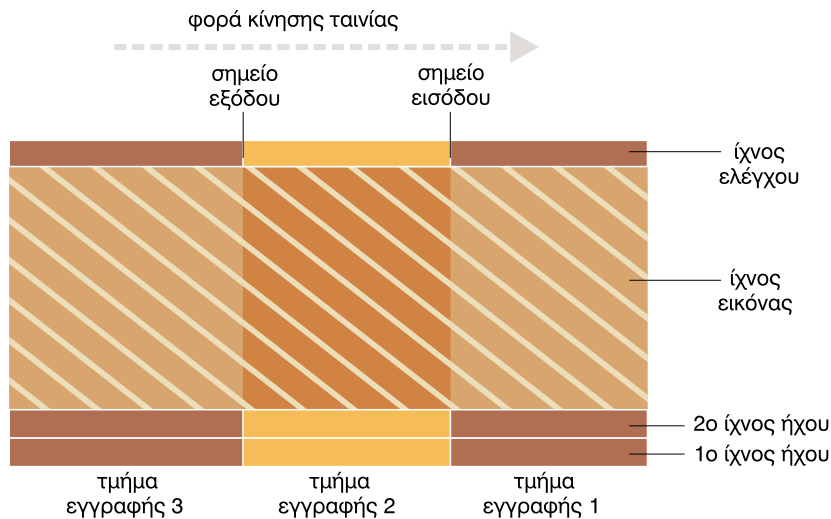
Μοντάζ συναρμολόγησης ονομάζουμε την εγγραφή νέων πληροφοριών εικόνας, ήχου, ελέγχου και κώδικα χρόνου στην ταινία μοντάζ μετά το τέλος των υπαρχουσών εγγραφών. Ουσιαστικά με τον τρόπο αυτό μεταφέρουμε ολόκληρα τμήματα εγγραφών από την ταινία πηγής στην ταινία μοντάζ το ένα μετά το άλλο.

Πλεονέκτηματα:

- Ο σχετικά μικρός χρόνος, που απαιτείται.
- Η ευκολία υλοποίησης, γιατί απλά προσθέτουμε τμήματα εγγραφών, για να κτίσουμε το πρόγραμμα.

Μειονεκτήματα:

- Δεν μπορούμε να κάνουμε ξεχωριστά μοντάζ ήχου και εικόνας.
- Η έλλειψη συνέχειας του ίχνους ελέγχου στα σημεία εισόδου των νέων εγγραφών, με αποτέλεσμα τη στιγμιαία αστάθεια της εικόνας (σπάσιμο)



Σχήμα 5.13.1 Μοντάζ συναρμολόγησης.

Μοντάζ παρεμβολής ονομάζουμε την εγγραφή νέων πληροφοριών εικόνας και ήχου πάνω σε υπάρχουσες πληροφορίες στην ταινία μοντάζ. Απαραίτητη, όμως, προϋπόθεση για να πραγματοποιηθεί το μοντάζ αυτό είναι η προετοιμασία της ταινίας μοντάζ με την εγγραφή σ' αυτήν του μαύρου, του κώδικα χρόνου και του ίχνους έλεγχου.

Πλεονεκτήματα:

- Μπορούμε να κάνουμε μοντάζ μόνο εικόνας ή μόνο ήχου ή και τα δύο. Συνήθως στο μοντάζ ειδήσεων προηγείται το μοντάζ ήχου και μετά προστίθεται η εικόνα.
- Στο μοντάζ παρεμβολής δεν μεταφέρεται το ίχνος ελέγχου της ταινίας πηγής, αλλά διατηρείται αυτό της ταινίας μοντάζ, με αποτέλεσμα να έχουμε σταθερή εικόνα κατά την αναπαραγωγή.
- Οι νέες πληροφορίες εικόνας και ήχου μπορούν να τοποθετηθούν στην ταινία μοντάζ με οποιαδήποτε σειρά με τη βοήθεια του κώδικα χρόνου.

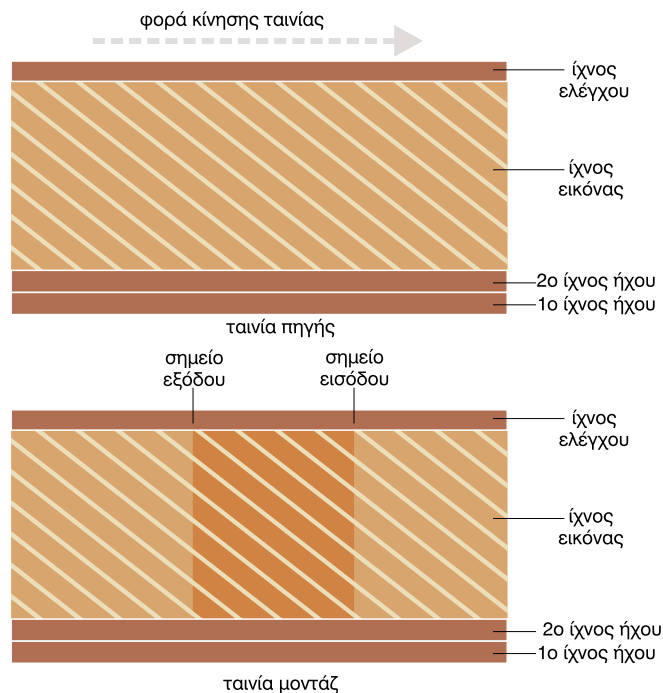
Μειονέκτημα:

Ο μεγάλος χρόνος, που απαιτείται για την προετοιμασία της ταινίας μοντάζ, γιατί υλοποιείται με βάση τον πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα για να εγγράψουμε το μαύρο και το ίχνος ελέγχου 120 min, απαιτούνται 120 min εγγραφής.

### 5.13.2

### Μοντάζ παρεμβολής (Insert editing)

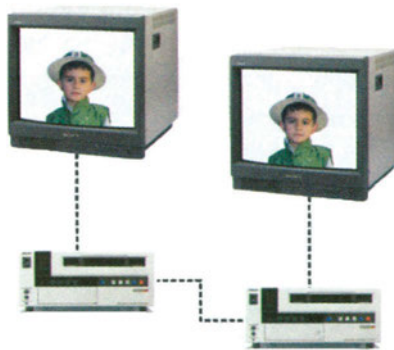




Σχήμα 5.13.2 Μοντάζ παρεμβολής. Στην περίπτωση αυτή έχουμε εισαγωγή μόνο εικόνας στην ταινία μοντάζ.

### 5.13.3 Σύστημα μοντάζ

Ονομάζουμε σύστημα μοντάζ το σύνολο των συσκευών, που συμμετέχουν στην διαδικασία του μοντάζ. Το πιο απλό σύστημα μοντάζ αποτελείται από το βίντεο πηγής, το οποίο αναπαράγει τις επιλεγμένες εγγραφές της ταινίας πηγής και το βίντεο εγγραφής ή μοντάζ, το οποίο τις λαμβάνει και τις αποθηκεύει σε συγκεκριμένη περιοχή. Για την οπτική παρακολούθηση του περιεχομένου των ταινιών πηγής και εγγραφής τα βίντεο πηγής και μοντάζ συνδέονται με μόνιτορ.

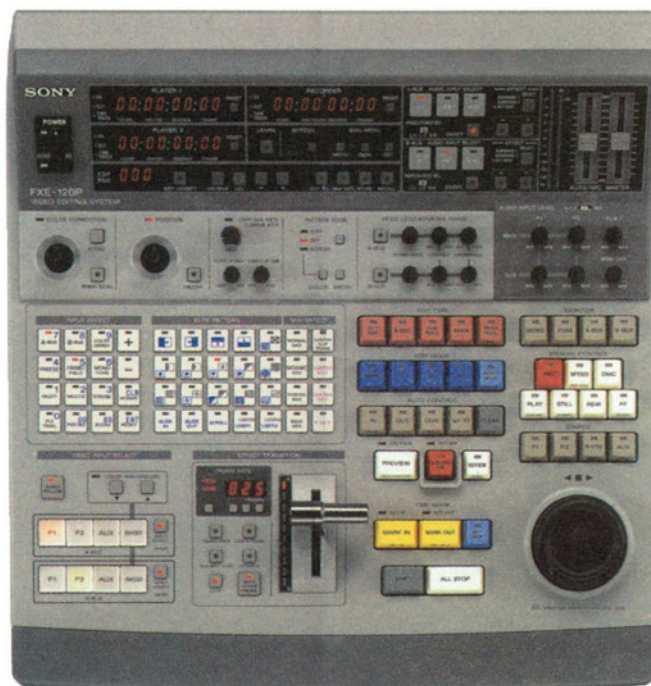


Σχήμα 5.13.3a Βασικό σύστημα γραμμικού μοντάζ

Στην περίπτωση αυτή, όλη η διαδικασία του μοντάζ γίνεται από το χειριστή χρησιμοποιώντας τα χειριστήρια των βίντεο πηγής και εγγραφής με αποτέλεσμα να μην έχουμε την απαιτούμενη ακρίβεια. Για τον λόγο αυτό, τα επαγγελματικά συστήματα μοντάζ περιλαμβάνουν στην σύνθεσή τους τον ελεγκτή μοντάζ, μέσω του οποίου εκτελείται με ακρίβεια η διαδικασία του μοντάζ. Τα γραμμικά συστήματα μοντάζ με ελεγκτή χρησιμοποιούν ένα ή περισσότερα βίντεο πηγής και ένα βίντεο εγγραφής.

### Ελεγκτής μοντάζ (Edit controller)

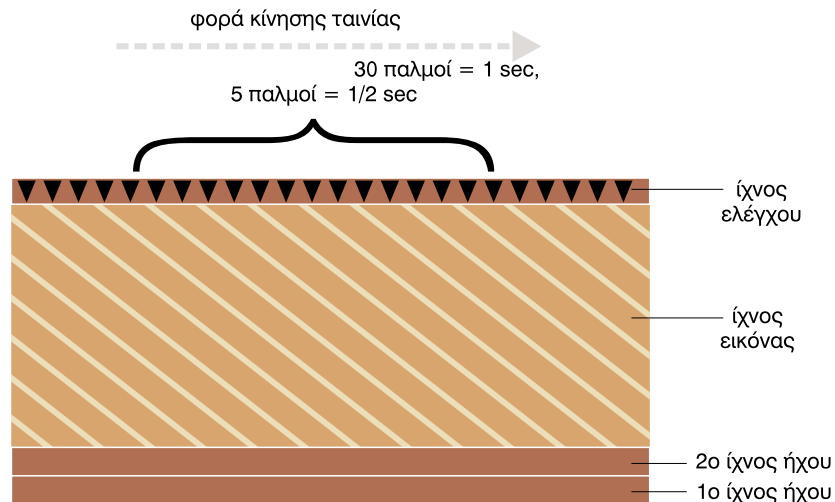
Ο ελεγκτής μοντάζ είναι ηλεκτρονική συσκευή, η οποία ελέγχει τη λειτουργία των βίντεο πηγής και εγγραφής, μας επιτρέπει να εντοπίσουμε με ακρίβεια πλαίσιου τα σημεία εισόδου - εξόδου του μοντάζ και να προγραμματίσουμε την εκτέλεσή του. Επίσης, μας δίνει τη δυνατότητα προελέγχου του μοντάζ πριν την υλοποίησή του και, έτσι, μπορούμε να κάνουμε τις απαραίτητες διορθώσεις πριν την εκτέλεση του.



Σχήμα 5.13.3b Σύγχρονος ελεγκτής μοντάζ της Sony

Οι ελεγκτές, για να εντοπίσουν τα πλαίσια (Frame) στις ταινίες πηγής και εγγραφής, διαθέτουν συστήματα, που χρησιμοποιούν είτε το **ίχνος ελέγχου** είτε τον **κώδικα χρόνου**.

- **Σύστημα ίχνους ελέγχου.** Σε κάθε παλμό, όπως έχουμε αναφέρει, αντιστοιχεί ένα πλαίσιο και σε κάθε 25 ή 30 πλαίσια, ανάλογα με τη τυποποίηση του σήματος, αντιστοιχεί ένα δευτερόλεπτο. Έτσι, το σύστημα αυτό μετρώντας τους παλμούς εντοπίζει το κάθε πλαίσιο και το χρόνο, που απαιτείται, για να φθάσουμε σ' αυτό με κανονική ταχύτητα. Ο αριθμός του πλαισίου και ο χρόνος σε ώρες, λεπτά και δευτερόλεπτα εμφανίζεται στην οθόνη του ελεγκτή μοντάζ. Το σύστημα ίχνους ελέγχου δε παρέχει μεγάλη ακρίβεια, επειδή δεν εντοπίζει το ίδιο πλαίσιο κάθε φορά, που μετράει λόγω του ότι ορισμένοι παλμοί δεν μετριούνται. Το σύστημα αυτό είναι πολύ γρήγορο και γι' αυτό χρησιμοποιείται στο μοντάζ ειδήσεων.
- **Σύστημα κώδικα χρόνου.** Το σύστημα αυτό διαβάζει το ίχνος κώδικα χρόνου και εντοπίζει με ακρίβεια το κάθε πλαίσιο. Για μοντάζ πολύ μεγάλης ακρίβειας χρησιμοποιείται ελεγκτής με σύστημα κώδικα χρόνου. Υπάρχουν διάφορα συστήματα κώδικα χρόνου το πιο αποδεκτό είναι το SMPTE/EBU time code.



Σχήμα 5.13.3c Ίχνος ελέγχου



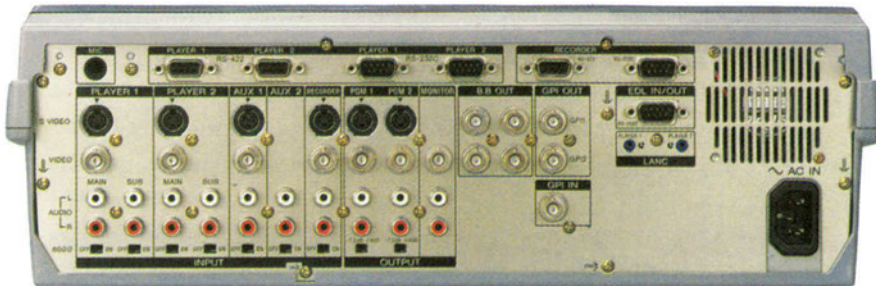
Σχήμα 5.13.3d Κώδικας χρόνου. Ο κώδικας αυτός αντιστοιχεί σε κάθε πλαίσιο μία διεύθυνση

Ανεξάρτητα από το σύστημα εντοπισμού των πλαισίων, που διαθέτει ο ελεγκτής, η διαδικασία του μοντάζ είναι η ίδια.

Σε κάθε ελεγκτή διακρίνουμε τα παρακάτω μέρη:

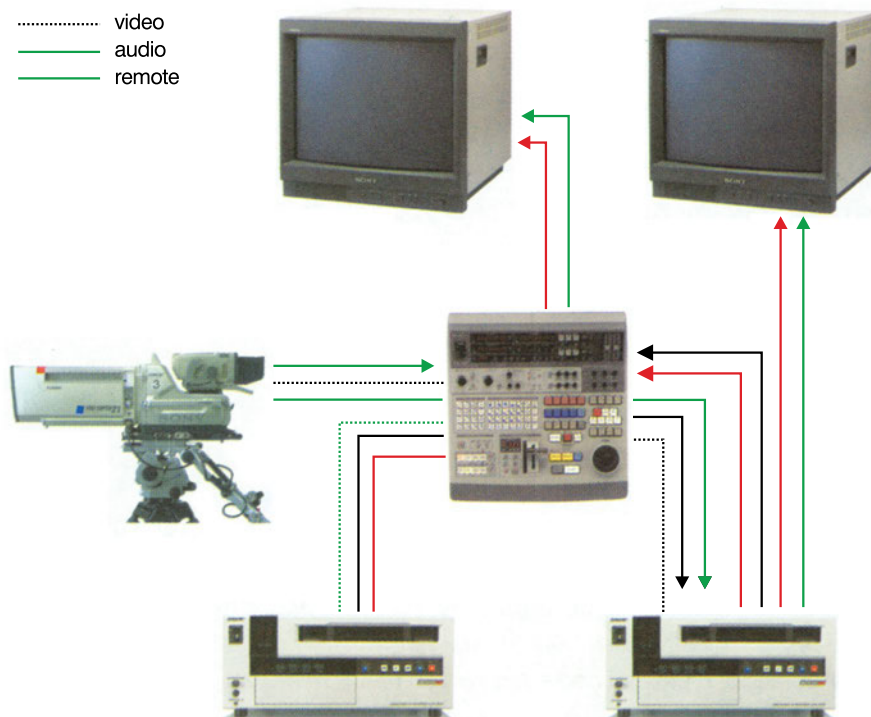
- Τις οθόνες. Μία για κάθε βίντεο πηγής ή εγγραφής, που μπορεί να συνδεθεί με τον ελεγκτή. Στις οθόνες εμφανίζεται ο αριθμός πλαισίου και ο χρόνος σε ώρες, λεπτά και δευτερόλεπτα, που απαιτείται για να φθάσουμε σ' αυτό με κανονική ταχύτητα.
- Τον πίνακα χειρισμού. Σε αυτόν βρίσκονται τα πλήκτρα, τα κουμπιά και οι διακόπτες για την εκτέλεση των λειτουργιών του ελεγκτή. Σε όλους τους ελεγκτές υπάρχουν τα παρακάτω βασικά πλήκτρα και κουμπιά:
  - τα πλήκτρα με τα οποία εκτελούμε τις βασικές λειτουργίες των βίντεο πηγής και εγγραφής Play, stop, record κ.λ.π
  - Τα πλήκτρα **Assemble** και **insert**, με τα οποία επιλέγουμε τον τρόπο μοντάζ με συναρμολόγηση ή παρεμβολή αντίστοιχα.
  - Το περιστρεφόμενο κουμπί έρευνας πλαισίου με μεταβαλλόμενη ταχύτητα **Shuttle-Jog**.

- ▶ Το πλήκτρο προελέγχου μοντάζ **Preview**
- ▶ Το πλήκτρο εκτέλεσης του μοντάζ, που έχει επιλεγεί **Edit**
- Τον πίνακα με τους υποδοχείς εισόδου-εξόδου, με τους οποίους συνδέεται με τα βίντεο πηγής και εγγραφής, όπως και τις άλλες συσκευές του συστήματος μοντάζ.



Σχήμα 5.13.3e Πίνακας υποδοχών του ελεγκτή μοντάζ της Sony

Οι σύγχρονοι ελεγκτές, εκτός από τις λειτουργίες για την εκτέλεση του μοντάζ, που αναφέραμε παραπάνω, ενσωματώνουν και λειτουργίες του μεταγωγέα, της γεννήτριας τεχνασμάτων εικόνας και της κονσόλας ήχου.



Σχήμα 5.13.3f Σύγχρονο σύστημα γραμμικού μοντάζ

## 5.14 Μεταγωγέας παραγωγής

Ο μεταγωγέας είναι ηλεκτρονική συσκευή, με την οποία ελέγχουμε και συνδυάζουμε τις διάφορες πηγές εικόνας, με σκοπό την παραγωγή προγράμματος. Βρίσκεται στην αίθουσα ελέγχου (Control room) των τηλεοπτικών σταθμών. Επίσης, με το μεταγωγέα παραγωγής καθορίζουμε τον τρόπο μετάβασης από μια πηγή εικόνας σε άλλη, εισάγουμε εφφέ στο πρόγραμμα και διενεργούμε δοκιμαστική προβολή της εικόνας στην οθόνη του μόνιτορ πηγής, πριν σταλεί στην έξοδο του μεταγωγέα. Ουσιαστικά, με το μεταγωγέα παραγωγής πραγματοποιούμε στιγμιαίο μοντάζ στις παραγωγές στούντιο. Οι μεταγωγείς αποτελούνται από πλήκτρα διατεταγμένα σε σειρές (Bus). Κάθε πλήκτρο αντιπροσωπεύει μια πηγή εικόνας. Ο πιο απλός μεταγωγέας αποτελείται από σειρά πλήκτρων, που αντιπροσωπεύει όλες τις διαθέσιμες πηγές εικόνας και ονομάζεται αρτηρία παραγωγής (**program bus**).



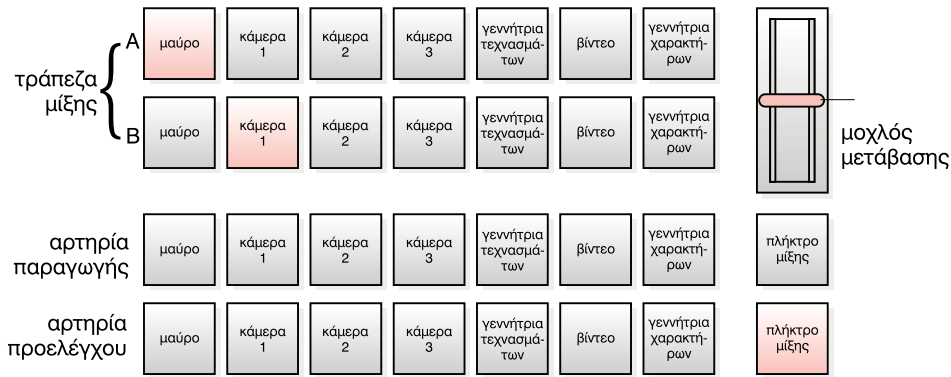
Σχήμα 5.14a Αρτηρία παραγωγής

Στην περίπτωση αυτή, ο μόνος τρόπος μετάβασης από τη μία πηγή εικόνας στην άλλη, είναι το κόψιμο (cut). Κόψιμο είναι η στιγμιαία μεταγωγή από μια πηγή εικόνας (κάμερα ή βίντεο) σε άλλη. Αν θέλουμε να δούμε, για παράδειγμα, την εικόνα της κάμερας 1 στην έξοδο του μεταγωγέα, πατάμε το πλήκτρο, που αντιστοιχεί σε αυτή. Με τον τρόπο αυτό, κόβουμε την εικόνα της προηγούμενης πηγής. Για να παράγουμε πιο σύνθετες μεταβάσεις πηγών εικόνας, ο μεταγωγέας πρέπει να διαθέτει τράπεζα μίξης.

### Τράπεζα μίξης εικόνας

Η **τράπεζα μίξης** (Mix bank) αποτελείται από δυο σειρές πλήκτρων, οι οποίες ονομάζονται **αρτηρία μίξης A** και **B** και το **μοχλό μετάβασης** (Fader bar) μεταξύ αυτών. Επίσης, στην περίπτωση αυτή, στην αρτηρία προγράμματος προστίθεται ένα επιπλέον πλήκτρο, το **πλήκτρο μίξης** (Mix Button).

Ο μοχλός μετάβασης είναι ποτενσιόμετρο, με το οποίο μπορούμε να μεταβάλουμε την ένταση του βίντεο σήματος δύο πηγών, που είναι ενεργοποιημένες η μία στην αρτηρία A και η άλλη στην αρτηρία B, από 0% στο 100%. Όταν κινούμε το μοχλό μετάβασης από την αρτηρία A προς την B, τότε η ένταση του βίντεο σήματος της ενεργοποιημένης πηγής στην αρτηρία A μειώνεται βαθμιαία, ενώ



Σχήμα 5.14b Αρτηρία παραγωγής, προελέγχου και τράπεζα μίξης.

της ενεργοποιημένης πηγής στην αρτηρία B αυξάνεται βαθμιαία. Με την τράπεζα μίξης μπορούμε να παράγουμε τρεις επιπλέον μεταβάσεις:

- **Εξαφάνιση.** Είναι η βαθμιαία μετάβαση από το μαύρο στην εικόνα (fade in) και από την εικόνα στο μαύρο (fade out). Η διαδικασία για να επικαλύψουμε το μαύρο φόντο με την εικόνα της κάμερας 1 π.χ., είναι η ακόλουθη :
  - ▶ ενεργοποιούμε το πλήκτρο μίξης στην αρτηρία προγράμματος
  - ▶ ενεργοποιούμε το πλήκτρο μαύρου στην αρτηρία μίξης A
  - ▶ ενεργοποιούμε το πλήκτρο κάμερα 1 στην αρτηρία μίξης B και
  - ▶ κατόπιν κινούμε το μοχλό σβέσης από την αρτηρία μίξης A στη B
- **Επικάλυψη.** Είναι το σβήσιμο μιας σκηνής μέσα στην επόμενη. Η διαδικασία για σβήσιμο της σκηνής, που είναι στον αέρα και προέρχεται από την κάμερα 1 (αρτηρία μίξης B) μέσα από τη σκηνή της κάμερας 2 (αρτηρία A), που θέλουμε να βγάλουμε στον αέρα, είναι η ακόλουθη:
  - ▶ ενεργοποιούμε το πλήκτρο μίξης στην αρτηρία προγράμματος
  - ▶ ενεργοποιούμε το πλήκτρο κάμερα 2 στην αρτηρία μίξης A
  - ▶ κατόπιν κινούμε το μοχλό σβέσης από τη σειρά μίξης B στη σειρά μίξης A

### Υπέρθεση.

Είναι το σβήσιμο μιας σκηνής μέσα στην άλλη, που σταμάτησε πριν ολοκληρωθεί. Η διαδικασία της υπέρθεσης είναι ίδια με τη διαδικασία της εξαφάνισης, με τη διαφορά, ότι ο μοχλός μετάβασης σταματάει κάπου ενδιάμεσα μεταξύ των αρτηριών μίξης A και B.



Για τον προέλεγχο των πηγών εικόνας πριν βγουν στον αέρα χρησιμοποιείται επιπλέον αρτηρία, η οποία ονομάζεται αρτηρία προελέγχου (Preview Bus) και η οποία διαθέτει τα ίδια πλήκτρα με την αρτηρία προγράμματος.

Για να αυξήσουμε τον αριθμό των μεταβάσεων, ο μεταγωγέας παραγωγής πρέπει να διαθέτει γεννήτρια τεχνασμάτων.

### Γεννήτρια τεχνασμάτων(Special Effects Generator)

Με τη γεννήτρια τεχνασμάτων μπορούμε να συνδυάσουμε δύο ή περισσότερα βίντεο σήματα με διάφορους τρόπους, όπως σάρωση, διαίρεση οθόνης, κ.λ.π.

**Σάρωση** είναι η σταδιακή κάλυψη μιας εικόνας στην οθόνη από μία άλλη. Η κάλυψη αυτή μπορεί να γίνει από διάφορες κατευθύνσεις, όπως οριζόντια, κατακόρυφα, διαγώνια κ.λ.π. Αν η σάρωση σταματήσει πριν ολοκληρωθεί η κάλυψη μιας εικόνας από την άλλη, τότε έχουμε **διαίρεση της οθόνης**.



Σχήμα 5.14.ε Μεταγωγέας με γεννήτρια τεχνασμάτων

Όλοι οι μεταγωγείς παραγωγής λειτουργούν με όμοιο τρόπο. Προσφέρουν, όμως, διαφορετικές δυνατότητες και ευελιξία ανάλογα με το κόστος τους.

1. Πόσα είδη αναλογικού σήματος βίντεο υπάρχουν και σε τι διαφέρουν;
2. Ποιες είναι οι διεθνείς τυποποιήσεις του αναλογικού βίντεο σήματος;
3. Ποια υλικά ονομάζονται σιδηρομαγνητικά και γιατί;
4. Τι ονομάζεται παραμένουσα μαγνήτιση;
5. Πότε ένα σιδηρομαγνητικό υλικό οδηγείται σε κατάσταση μαγνητικού κορεσμού;
6. Τι ονομάζεται μαγνητική εγγραφή;
7. Ποιος είναι ο ρόλος της κεφαλής στη μαγνητική εγγραφή;
8. Ποιος είναι ο ρόλος του διάκενου στο πυρήνα της κεφαλής;
9. Τι ονομάζεται μαγνητική αναπαραγωγή;
10. Με ποιο τρόπο ο παραμένων μαγνητισμός στη μαγνητική ταινία μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα;
11. Πόσα είδη μαγνητικής διαγραφής υπάρχουν;
12. Ποια είναι τα προτερήματα των μαγνητικών μέσων;
13. Ποιο είναι το κυριότερο μειονέκτημα του μαγνητικού μέσου;
14. Από τι αποτελείται η μαγνητική επίστρωση;
15. Ποιος είναι ο ρόλος της μη μαγνητικής επίστρωσης;
16. Ποια είναι τα συνηθισμένα πλάτη της μαγνητικής ταινίας, που χρησιμοποιούνται στα αναλογικά συστήματα βίντεο;
17. Τι ονομάζεται μαγνητικό ίχνος και πόσες κατηγορίες υπάρχουν;
18. Τι ονομάζεται βήμα ίχνους και σε τι χρησιμεύει;
19. Τι σχέση έχει το μήκος κύματος με το διάκενο της κεφαλής;
20. Γιατί χρησιμοποιούνται κινούμενες κεφαλές στα συστήματα βίντεο και όχι ακίνητες;
21. Πόσα είδη ιχνών υπάρχουν;
22. Τι είναι ο κώδικας χρόνου και που χρησιμοποιείται;
23. Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται τεχνικές επεξεργασίας βίντεο σήματος;
24. Για ποιο λόγο χρησιμοποιείται ο προενισχυτής μαγνητικής κεφαλής;
25. Τι πετυχαίνεται με τη διαμόρφωση συχνότητας του βίντεο σήματος;
26. Σε ποια κατηγορία συστημάτων βίντεο χρησιμοποιείται η διαμόρφωση color under;
27. Πόσα είδη πληροφοριών επεξεργάζονται τα αναλογικά συστήματα βίντεο;
28. Πως ταξινομούνται τα αναλογικά συστήματα βίντεο;
29. Ποια είναι τα πιο δημοφιλή συστήματα μισής ίντσας στον οικιακό και στον επαγγελματικό τομέα;
30. Ποια είναι τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του BETACAM-SP;
31. Τι σήμα χρησιμοποιεί το σύστημα βίντεο Hi8 και ποιο είναι το βασικό του μειονέκτημα;
32. Σε ποιες κατηγορίες χωρίζονται τα συστήματα παρακολούθησης βίντεο σήματος;
33. Ποιο χαρακτηριστικό του βίντεο σήματος ελέγχουμε με το μόνιτορ κυματομορφής;



34. Τι εμφανίζει στην οθόνη το χρωματοσκόπιο;
35. Τι είναι το μοντάζ και από ποιες μονάδες αποτελείται ένα απλό σύστημα μοντάζ;
36. Πού χρησιμοποιείται ο ελεγκτής μοντάζ;
37. Ποιες μεταβάσεις μπορούμε να παράγουμε με τη τράπεζα μίξης;
38. Τι είναι επικάλυψη;



## Ψηφιακές συσκευές λήψης και επεξεργασίας εικόνας

### Σκοπός

Σκοπός του Έκτου Κεφαλαίου είναι ο μαθητής να μπορεί:

- Να γνωρίζει τις κύριες παραμέτρους του ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος
- Να διακρίνει τα πλεονεκτήματα του ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος από το αναλογικό κατά τη διάρκεια τηλεοπτικής παραγωγής
- Να αναλύει τις βασικές αρχές λειτουργίας των ψηφιακών μαγνητικών εγγραφών και να περιγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους
- Να αναλύει τις βασικές αρχές λειτουργίας των ψηφιακών μαγνητικών εγγραφών και να περιγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους
- Να αναλύει τη λειτουργία των γεννητριών τεχνασμάτων, των γεννητριών χαρακτήρων και να περιγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους
- Να περιγράφει και να αναλύει τη λειτουργία των μονάδων, που αποτελούν τυπικό σύγκροτημα ψηφιακού μοντάζ

## Εισαγωγή

Το ανακλώμενο φως των αντικειμένων, τα οποία βλέπει η κάμερα μετατρέπεται σε αναλογικό ηλεκτρικό σήμα, το οποίο μεταφέρει την πληροφορία της εικόνας των αντικειμένων.

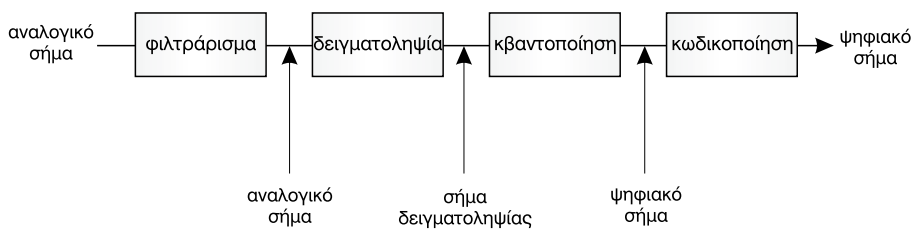
Το ηλεκτρικό αυτό σήμα μπορούμε να το επεξεργασθούμε είτε όπως είναι, δηλαδή σε αναλογική μορφή, είτε σε ψηφιακή. Τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής επεξεργασίας του σήματος εικόνας είναι πάρα πολλά και για το λόγο αυτό οι ψηφιακές συσκευές επεξεργασίας σήματος εικόνας κατακτούν συνεχώς έδαφος στην αγορά και εκτοπίζουν τις αντίστοιχες αναλογικές.

## 6.1 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Η κάμερα, μέσω του φωτοηλεκτρικού μετατροπέα (CCD), μετατρέπει την εικόνα, που σαρώνει σε σήμα εικόνας βίντεο. Το σήμα βίντεο, που δημιουργείται με τον τρόπο αυτό, είναι αναλογικό ηλεκτρικό σήμα. Το αναλογικό αυτό σήμα για να μετατραπεί σε ψηφιακό περνάει από τα ακόλουθα στάδια επεξεργασίας: Φιλτράρισμα, Δειγματοληψία, Κβαντοποίηση, και Κωδικοποίηση. Το φιλτράρισμα πραγματοποιείται από βαθυπερατό αναλογικό φίλτρο, ενώ τα υπόλοιπα στάδια εκτελούνται από κυκλώματα, που ονομάζονται μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (DAC).

Οι τεχνικές προδιαγραφές των μετατροπέων αυτών καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις επιδόσεις των ψηφιακών συσκευών επεξεργασίας εικόνας.

Τα στάδια μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό αναπτύχθηκαν διεξοδικά στο τρίτο κεφάλαιο.



Σχήμα 6.1 Στάδια επεξεργασίας αναλογικού σήματος κατά τη μετατροπή του σε ψηφιακό

## 6.2 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΒΙΝΤΕΟ ΣΗΜΑΤΟΣ

Η μετατροπή του αναλογικού βίντεο σήματος σε ψηφιακό δημιουργεί μεγάλη ποσότητα ψηφιακών δεδομένων, τα οποία είναι δύσκολο να αποθηκευθούν και να μεταδοθούν με οικονομικό τρόπο. Για τη λύση του προβλήματος αυτού, χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι συμπίεσης, οι οποίοι μειώνουν το ρυθμό δεδομένων του ψηφιακού βίντεο σήματος. Οι αλγόριθμοι αυτοί βασίζονται στον περιορισμό των πληροφοριών, που πλεονάζουν και εκείνων, που δεν διακρίνονται στην εικόνα. Οι πλεονάζουσες πληροφορίες οφείλονται στη σειριακή διαδικασία σάρωσης της εικόνας και διακρίνονται σε χώρο και χρόνου. Οι πλεονάζουσες πληροφορίες χώρου οφείλονται στο γεγονός ότι γειτονικά στοιχεία εικόνας (pixel) ή γραμμές σάρωσης περιέχουν τις ίδιες πληροφορίες, ενώ του χρόνου στο ότι ίδιες πληροφορίες μεταδίδονται από διαδοχικά πλαίσια (frames). Οι πληροφορίες, που δεν διακρίνονται, είναι οι λεπτομέρειες των εικόνων, τις οποίες ένας τυπικός θεατής δεν βλέπει λόγω των ιδιοτήτων της ανθρώπινης όρασης.

Οι αλγόριθμοι συμπίεσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

- **Απωλεστικούς** Οι αλγόριθμοι αυτοί μειώνουν τα δεδομένα ψηφιακού βίντεο σήματος σε τέτοιο βαθμό, που να χάνεται μέρος της πληροφορίας με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η ανασύσταση του σήματος βίντεο στην αρχική του μορφή. Οι βαθμοί συμπίεσης, που πετυχαίνουμε, έτσι ώστε η διαφορά του αρχικού σήματος με το συμπιεσμένο να μην είναι αισθητή, είναι 100:1.
- **Μη απωλεστικούς** Οι αλγόριθμοι αυτοί μειώνουν τα δεδομένα σε πολύ μικρό βαθμό και δεν προκαλούν απώλεια πληροφοριών. Ο βαθμός συμπίεσης, που επιτυγχάνεται, είναι μικρότερος του 2:1 και για το λόγο αυτό, οι αλγόριθμοι αυτοί σπάνια χρησιμοποιούνται μόνοι τους για τη συμπίεση ήχου ή εικόνας, αλλά συνήθως, ως μέρος της συμπίεσης των απωλεστικών αλγορίθμων

Οι πιο δημοφιλείς αλγόριθμοι συμπίεσης βίντεο σήματος είναι :

- ο JPEG και
- ο MPEG

### 6.2.1 Αλγόριθμος Συμπίεσης JPEG

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται για τη συμπίεση ακίνητων εικόνων και βίντεο σήματος. Πραγματοποιεί συμπίεση με δύο τρόπους με απώλεια πληροφοριών (απωλεστικός αλγόριθμος) και χωρίς (μη απωλεστικός). Συμπιέζει κάθε εικόνα και κάθε πλαίσιο (frame) του βίντεο σήματος ξεχωριστά. Δημιουργήθηκε από Ομάδα Εργασίας Ειδικών Φωτογραφίας (JPEG) του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO/IEC), από τα αρχικά της οποίας πήρε το όνομά του και πετυχαίνει βαθμό συμπίεσης 20:1.

Ο αλγόριθμος αυτός πραγματοποιεί συμπίεση ψηφιακού βίντεο σήματος με απώλεια πληροφοριών (απωλεστικός αλγόριθμος). Διακρίνουμε δύο εκδόσεις: τον MPEG-1 και τον MPEG-2. Στην αρχή, δημιουργήθηκε ο αλγόριθμος MPEG 1, ο οποίος προσφέρει ποιότητα εικόνας συγκρίσιμη, κατά προσέγγιση, με αυτή των οικιακών βίντεο με ανάλυση εικόνας 320 X 240 pixel και ρυθμό δεδομένων 1,2 Mbps. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ο MPEG 2, ο οποίος προσφέρει ποιότητα εικόνας με επιλογή ανάλυσης, δειγματοληψίας και ρυθμού δεδομένων, που δίδονται στον πίνακα 6.2.2. Για τη διάκριση των επιλογών ποιότητας εικόνας χρησιμοποιούνται οι όροι επίπεδο και προφίλ.

## 6.2.2 Αλγόριθμος Συμπίεσης MPEG

| Προφίλ         |  |                               |                               |                               |                      |                                         |
|----------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| Επίπεδο        |  | Κύριο                         | 4:2:2                         | SNR                           | Χώρου                | Υψηλός                                  |
| Χαμηλό         |  |                               |                               | 4:2:0<br>352 × 288<br>4 Mbps  |                      |                                         |
| Κύριο          |  | 4:2:0<br>720 × 576<br>15 Mbps | 4:2:2<br>720 × 576<br>20 Mbps | 4:2:0<br>720 × 576<br>15 Mbps |                      | 4:2:0, 4:2:2<br>720 × 576<br>15 Mbps    |
| Υψηλό<br>-1444 |  |                               |                               |                               | 4:2:0<br>1440 × 1152 | 4:2:0, 4:2:2<br>1440 × 1152<br>80 Mbps  |
| Υψηλό          |  |                               |                               |                               | 60 Mbps              | 4:2:0, 4:2:2<br>1440 × 1152<br>100 Mbps |

80 Mbps

Πίνακας 6.2.2 επιλογών επιπέδου και προφίλ του αλγορίθμου MPEG-2

## 6.3 ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ VIDEO ΣΗΜΑΤΟΣ

Για να μπορούν να επικοινωνήσουν και να συνεργασθούν σωστά οι διάφορες συσκευές ψηφιακού τηλεοπτικού συστήματος, πρέπει να υπάρχει τυποποίηση. Οι τυποποιήσεις, που έχουν δημιουργηθεί, αφορούν:

- Τη συχνότητα δειγματοληψίας και τον αριθμό ψηφίων κβάντισης για τη μετατροπή του αναλογικού βίντεο σήματος σε ψηφιακό στις κάμερες
- Τη δομή ροής ψηφιακών δεδομένων του σήματος εικόνας.  
Του φυσικού τρόπου διασύνδεσης των συσκευών του ψηφιακού τηλεοπτικού συστήματος

### 6.3.1 Τυποποίηση ITU-R Rec. BT.601-5

Η τυποποίηση αυτή καθορίζει τις συχνότητες δειγματοληψίας και τον αριθμό ψηφίων κβάντισης για τη μετατροπή του αναλογικού βίντεο σήματος συνιστωσών (component) σε ψηφιακό. Δημιουργήθηκε από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) και προβλέπει ξεχωριστή συχνότητα δειγματοληψίας για κάθε συνιστώσα του βίντεο σήματος. Τα 13,5 MHz καθορίστηκαν σα βασική συχνότητα δειγματοληψίας τόσο για τα τηλεοπτικά συστήματα 525 γραμμών, όσο και για τα συστήματα 625 γραμμών. Η συχνότητα αυτή χαρακτηρίζεται με το κωδικό αριθμό 4. Εκτός από τη βασική συχνότητα δειγματοληψίας 13,5 MHz, για να μειωθεί ο ρυθμός δεδομένων, χρησιμοποιούνται και οι συχνότητες 6,75MHz και 3,375MHz, που είναι υποπολλαπλάσια της βασικής. Οι συχνότητες αυτές χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς 2 και 1 αντίστοιχα. Τηλεοπτικά συστήματα, που χρησιμοποιούν συχνότητα δειγματοληψίας 13,5 MHz για κάθε συνιστώσα του βίντεο σήματος, χαρακτηρίζονται ως τυποποιημένα συστήματα 4:4:4, ενώ αυτά που χρησιμοποιούν συχνότητα δειγματοληψίας 13,5 MHz για το σήμα φωτεινότητας (Y) και 6,75MHz για κάθε συνιστώσα χρωμοδιαφοράς (Y-R, Y-B), ως 4:2:2. Με τη τυποποίηση ITU-R Rec. BT.601-5 καθορίσθηκε ως αριθμός ψηφίων κβάντισης τα 8 και 10 ψηφία (bits).

| Τυποποίηση | Συχνότητα (MHz)  | Αριθμό ψηφίων κβάντισης (bits) | Ρυθμός Δεδομένων (Mbps) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 4:4:4      | 13,5/13,5/13,5   | 8                              | 324                     |
| 4:4:2      | 13,5/6,75/6,75   | 8                              | 216                     |
| 4:4:4      | 13,5/13,5/13,5   | 10                             | 405                     |
| 4:2:2      | 13,5/6,75/6,75   | 10                             | 270                     |
| 4:1:1      | 13,5/3,375/3,375 | 8                              | 162                     |
| 4:2:0      | 13,5/6,75        | 8                              | 162                     |

Πίνακας 6.3.1 Τυποποίηση ITU-R Rec.BT.601-5 ψηφιακού βίντεο σήματος συνιστωσών.

Η τυποποίηση αυτή καθορίζει το τρόπο διασύνδεσης των συσκευών ψηφιακού τηλεοπτικού συστήματος για παράλληλη μετάδοση μιας κατεύθυνσης ψηφιακού βίντεο σήματος. Καθορίζει, δηλαδή, το τύπο σήματος, το καλώδιο και το συνδετήρα. Δημιουργήθηκε από την Ένωση των Μηχανικών Κινούμενης Εικόνας και Τηλεόρασης (SMPTE). Χρησιμοποιεί ψηφιακό βίντεο σήμα συνιστωσών με τυποποίηση 4:2:2, καλώδιο 12 συνεστραμμένων ζευγών και συνδετήρα τύπου DB-25. Τα 10 πρώτα ζεύγη χρησιμεύουν για τη μεταφορά των 10 ψηφίων (bits) του δείγματος, το 11ο για το σήμα συγχρονισμού και το 12ο για επιπλέον γείωση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλώδια μήκους 50 μέτρων χωρίς εξισορρόπηση ή 300 μέτρων με εξισορρόπηση. Η τυποποίηση αυτή είναι ακριβή, λόγω του μεγάλου αριθμού αγωγών καλωδίου και για το λόγο αυτό για μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιείται σειριακή μετάδοση, η οποία είναι πιο οικονομική.

### 6.3.2

#### Τυποποίηση SMPTE 125 M

Η τυποποίηση αυτή καθορίζει το τρόπο διασύνδεσης των συσκευών ψηφιακού τηλεοπτικού συστήματος για σειριακή μετάδοση μιας κατεύθυνσης ψηφιακού βίντεο σήματος. Δημιουργήθηκε από την Ένωση Μηχανικών Κινούμενης Εικόνας και Τηλεόρασης (SMPTE) και είναι γνωστή επίσης ως σειριακή ψηφιακή διασύνδεση (SDI). Χρησιμοποιεί ψηφιακό βίντεο σήμα συνιστωσών με τυποποίηση 4:2:2 και ψηφιακό σύνθετο σήμα NTSC ή PAL. Χρησιμοποιεί ομοαξονικό καλώδιο RGB 59 ή ισοδύναμο, που είναι ευρέως διαδεδομένο στη διασύνδεση συσκευών αναλογικού βίντεο σήματος και έχει μικρό κόστος. Ο ρυθμός δεδομένων της τυποποίησης 259 M είναι:

### 6.3.3

#### Τυποποίηση SMPTE 259 M (Σειριακή ψηφιακή διασύνδεση)

- 270 Mbps για τυποποίηση ψηφιακού βίντεο σήματος 4:2:2 και μορφή πλαισίου 4:3.
- 360 Mbps για τυποποίηση ψηφιακού βίντεο σήματος 4:2:2 και μορφή πλαισίου 16:9.
- 143 Mbps για ψηφιακό σήμα NTSC και
- 177 Mbps για ψηφιακό σήμα PAL.

Η τυποποίηση αυτή αφορά τη διασύνδεση συσκευών, ψηφιακού τηλεοπτικού συστήματος για σειριακή μετάδοση δεδομένων. Στην τυποποίηση αυτή καθορίζεται το πρωτόκολλο επικοινωνίας, οι ρυθμοί δεδομένων και το καλώδιο. Χρησιμοποιεί μονωμένο καλώδιο 4 ή 6 αγωγών. Τα δύο ζεύγη αγωγών χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά δεδομένων στις δύο κατευθύνσεις και το τρίτο προαιρετικό ζεύγος για την τροφοδοσία των συσκευών που είναι συνδεδεμένες. Οι ρυθμοί δεδομένων

### 6.3.4

#### Τυποποίηση IEEE 1394



είναι πολλαπλάσια του ρυθμού 24,576 Mbps, δηλαδή 24,576 X 4, 24,576 X 8 και 24,576 X 16. Επειδή οι ρυθμοί δεδομένων, που προκύπτουν είναι κοντά στο 100, 200 και 400 Mbps, ονομάζονται αντίστοιχα S100, S200, S400.

### 6.3.5 Τυποποίηση ψηφιακού σύνθετου βίντεο σήματος

Η τυποποίηση αυτή καθορίζει τις συχνότητες δειγματοληψίας και τον αριθμό ψηφίων κβάντισης για τη μετατροπή του αναλογικού σύνθετου βίντεο σήματος (composite) σε ψηφιακό. Το ψηφιακό σύνθετο βίντεο σήμα NTSC ή PAL περιέχει τις παραμορφώσεις του αναλογικού βίντεο σήματος, αλλά έχει το πλεονέκτημα, ότι μπορούμε να το επεξεργασθούμε χωρίς επιπλέον υποβάθμιση και να το μετατρέψουμε στο τέλος σε αναλογικό. Χρησιμοποιεί συχνότητα δειγματοληψίας τριπλάσια ή τετραπλάσια της υποφέρουσας συχνότητας χρώματος (fsc) και αριθμό ψηφίων κβάντισης 8. Οι παράμετροι τυποποίησης του ψηφιακού σύνθετου βίντεο σήματος δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Τύπος σύνθετου βίντεο σήματος | Συχνότητα Δειγματοληψίας | Ψηφία / Δείγμα | Ρυθμός δεδομένων (Mbps) |
|-------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| NTSC                          | 3 fsc                    | 8              | 85.9                    |
| NTSC                          | 4 fsc                    | 8              | 114.5                   |
| PAL                           | 3 fsc                    | 8              | 106.3                   |
| PAL                           | 4 fsc                    | 8              | 141.8                   |

Πίνακας 6.3.5 Τυποποίηση Ψηφιακού σύνθετου βίντεο σήματος

### 6.3.6 Τυποποίηση MPEG

Η τυποποίηση αυτή καθορίζει τη δομή της ροής δεδομένων και την ενοποίηση των δεδομένων ήχου, εικόνας και βοηθητικών σε μονή ροή. Οι δυνατότητες συμπίεσης της τυποποίησης αυτής εξετάσθηκαν στην παράγραφο 6.2.2. Υπάρχουν δύο τυποποιήσεις MPEG:

- Η MPEG 1, η οποία προσφέρει χαμηλή ποιότητα εικόνας και ήχου και χαμηλό ρυθμό δεδομένων.
- Η MPEG 2, η οποία προσφέρει υψηλής ποιότητας εικόνα και ήχο και υψηλό ρυθμό δεδομένων. Χρησιμοποιείται τόσο στη συμβατική τηλεόραση όσο και στην τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV) με μεγαλύτερο βέβαια ρυθμό δεδομένων.

## 6.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΚΟΝΟΛΗΠΤΩΝ

Η εξέλιξη της τεχνολογίας ψηφιακών ηλεκτρονικών και ηλεκτρονικών υπολογιστών οδήγησε στη δημιουργία ψηφιακών εικονοληπτών. Οι ψηφιακοί εικονολήπτες αποτελούνται από την κεφαλή κάμερας, το σταθμό βάσης και τη μονάδα ελέγχου. Η βασική λειτουργία του σταθμού βάσης είναι η μετατροπή όλων των αναλογικών ηλεκτρικών σημάτων, όπως ελέγχου της κάμερας, συγχρονισμού, εικόνας, ενδοσυνεννόησης, κλπ, σε ψηφιακά. Επομένως, η επικοινωνία μεταξύ της μονάδας ελέγχου του σταθμού βάσης και της κεφαλής κάμερας γίνεται μέσω ψηφιακών σημάτων, που μας επιτρέπουν τη χρήση καλωδίων με λιγότερους αγωγούς. Βασικό πλεονέκτημα των ψηφιακών σημάτων είναι ότι δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και επιτρέπουν μεγαλύτερες αποστάσεις μέχρι 2 χιλιόμετρα μεταξύ κεφαλής κάμερας και μονάδας ελέγχου. Τα ψηφιακά σήματα μπορούν, επίσης, να μεταδοθούν μέσω γραμμών ΟΤΕ, κινητής τηλεφωνίας και συνδέσεων ραδιοσυχνότητας.



Σχήμα 6.4a Ψηφιακός εικονολήπτης

Στην κεφαλή κάμερας περιλαμβάνεται εσωτερική μνήμη, στην οποία αποθηκεύονται οι ρυθμίσεις. Οποιαδήποτε μεταβολή των ρυθμίσεων γίνεται αντιληπτή και αυτόματα διορθώνεται. Αυτό επιτρέπει ακριβή συγχρονισμό μεταξύ της κεφαλής κάμερας του σταθμού βάσης και της μονάδας ελέγχου ανά πάσα στιγμή. Η κεφαλή κάμερας περιέχει, επίσης, επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, που επιτρέπουν, σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας, τη διατήρηση των στοιχείων της εσωτερικής μνήμης. Όταν οι κάμερες ρυθμισθούν, ο έλεγχος περνάει στο χειριστή, ο οποίος ελέγχει την ποιότητα της εικόνας, δηλαδή τις στάθμες άσπρου, μαύρου και

την ποιότητα χρώματος. Από τα προηγούμενα προκύπτει, ότι τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών εικονοληπτών είναι σημαντικά, επειδή επιτρέπουν μέγιστο έλεγχο, ελαστικότητα στο χειρισμό, δυνατότητα χειρισμού της κάμερας σε μεγάλη απόσταση από το σταθμό βάσης χωρίς παρεμβολές, εσωτερική μνήμη στη κεφαλή κάμερας, η οποία διατηρεί την αρχική ρύθμιση και επιτρέπει ακριβή χειρισμό των λειτουργιών. Το βασικό μειονέκτημα των ψηφιακών εικονοληπτών είναι το κόστος και η πολυπλοκότητα κατασκευής, η οποία απαιτεί εξειδικευμένη συντήρηση. Επειδή, όμως, τα πλεονεκτήματα είναι πολύ πιο σημαντικά από τα μειονεκτήματα, οι ψηφιακοί εικονολήπτες γρήγορα θα αντικαταστήσουν τους αναλογικούς.

## 6.5 ΨΗΦΙΑΚΟΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΕΓΓΡΑΦΕΙΣ (ΨΗΦΙΑΚΑ ΒΙΝΤΕΟ)

Τα ψηφιακά βίντεο κατακτούν συνεχώς έδαφος στην αγορά έναντι των αναλογικών, λόγω των πλεονεκτημάτων της ψηφιακής εγγραφής και της συνεχούς μείωσης του κόστους. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν μόνο για επαγγελματική χρήση λόγω του υψηλού κόστους. Έχουν τυποποιηθεί από την Ένωση Μηχανικών Κινημμένης Εικόνας και Τηλεόρασης στους παρακάτω τύπους: D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6.

Το σύστημα αυτό επεξεργάζεται βίντεο σήμα συνιστωσών (component) με συχνότητα δειγματοληψίας 13,5 MHz για το σήμα φωτεινότητας, 6,75 MHz για τα σήματα χρωμοδιαφοράς (CR, CB) και αριθμό ψηφίων κβάντισης 8. Έχουμε δηλαδή τυποποίηση 4:2:2, σύμφωνα με το πρότυπο Rec BT.601-5 της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών.

### 6.5.1 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-1



Σχήμα 6.5.1a Ψηφιακό βίντεο D-1 της SONY

### Ταινία - Κασέτα

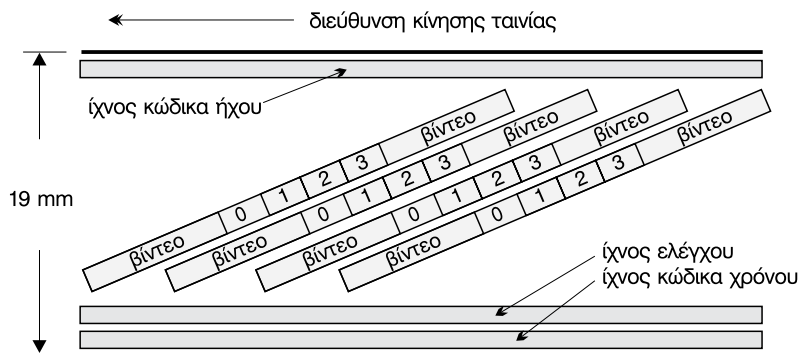
Το ψηφιακό σήμα συνιστωσών αποθηκεύεται σε ταινία πλάτους 19 mm (3/4 ίντσας), η οποία τοποθετείται σε κασέτα. Διατίθενται τρία μεγέθη κασέτας:

- μικρό μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 6 min.,
- μεσαίο μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 34 min.
- μεγάλο μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 94 min.

### Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο και ήχου και διαμήκη για την εγγραφή των ιχνών ελέγχου, κώδικα χρόνου και κώδικα ήχου.

Διαθέτει τέσσερα (4) κανάλια βίντεο σήματος, τα οποία εγγράφονται ταυτόχρονα από τις αντίστοιχες κεφαλές. Στο σχήμα, που ακολουθεί, φαίνεται η διάταξη των ιχνών στη ταινία του συστήματος D-1.



Σχήμα 6.5.1c Διάταξη ιχνών στην ταινία του ψηφιακού βίντεο D-1

|                               |                |                                     |             |
|-------------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------|
| Εύρος ζώνης βίντεο            | 5,55 MHz       | Παραμόρφωση ήχου                    | < 0,02%     |
| Βίντεο SNR                    | 56 Db          | Πλάτος ίχνους βίντεο                | 0,045 mm    |
| Εύρος ζώνης ήχου              | 20 Hz - 20 KHz | Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων βίντεο | 216 Mbps    |
| Δυναμική περιοχή ήχου         | 105 Db         | Κανάλια βίντεο                      | 4           |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου | 48 kHz         | Αριθμό ψηφίων κβάντισης ήχου        | 20          |
| Κανάλια ήχου                  | 4              | Ταχύτητα ταινίας                    | 286,588mm/s |

Πίνακας 6.5.1 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του ψηφιακού βίντεο D-1

## 6.5.2 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-2

Το σύστημα αυτό εγγράφει ψηφιακό σύνθετο σήμα NTSC ή PAL με συχνότητα δειγματοληψίας τετραπλάσια της υποφέρουσας (4fsc) και αριθμό ψηφίων κβαντοποίησης 8.

### Ταινία - Κασέτα

Το ψηφιακό σύνθετο σήμα αποθηκεύεται σε ταινία πλάτους 3/4 ίντσας με επίστρωση κόκκων μετάλλου. Η κασέτα διατίθεται στα ακόλουθα μεγέθη :

- μικρό μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 32 min.
- μεσαίο μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 94 min
- μεγάλο μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 208 min

### Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο και ήχου και διαμήκη για την εγγραφή των ιχνών κώδικα χρόνου, ελέγχου και κώδικα ήχου. Διαθέτει 2 κανάλια βίντεο σήματος και 4 ήχου. Για κάθε κανάλι βίντεο σήματος χρησιμοποιούνται 2 κεφαλές.

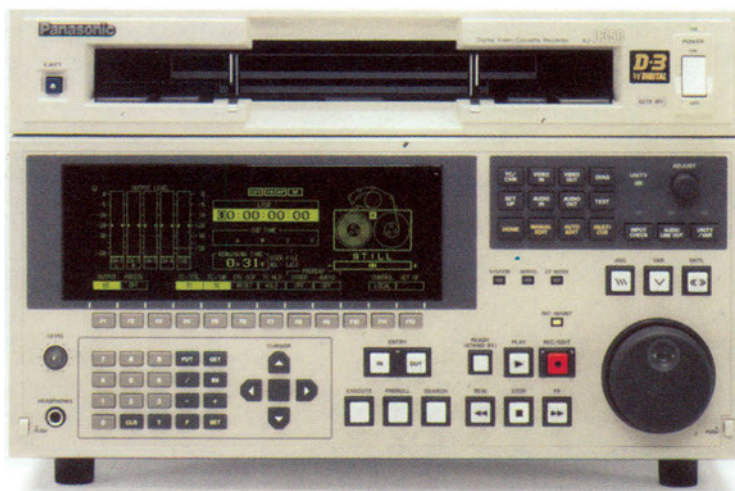
|                                       |                |                                            |              |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------------------|--------------|
| Εύρος ζώνης βίντεο                    | 50,5 MHz       | Παραμόρφωση ήχου                           | < 0,02%      |
| Λόγος σήματος βίντεο<br>θορύβου (SNR) | 54 Db          | Πλάτος ίχνους βίντεο                       | 0,002 mm     |
| Εύρος ζώνης ήχου                      | 20 Hz - 20 KHz | Ρυθμό δεδομένων βίντεο<br>σήματος NTSC/PAL | 115/142 Mbps |
| Δυναμική περιοχή ήχου                 | 105 dB         | Κανάλια βίντεο                             | 2            |
| Συχνότητα δειγματοληψίας<br>ήχου      | 48 kHz         | Αριθμό ψηφίων κβάντισης<br>ήχου            | 20           |
| Κανάλια ήχου                          | 4              | Ταχύτητα ταινίας                           | 131,7mm/s    |

Πίνακας 6.52 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο D-2

Το σύστημα αυτό επεξεργάζεται ψηφιακό σύνθετο σήμα NTSC ή PAL χωρίς συμπίεση με συχνότητα δειγματοληψίας τετραπλάσια της υποφέρουσας ( $4f_{sc} = 17.73 \text{ MHz}$ ) και αριθμό ψηφίων κβαντοποίησης 8.

### 6.5.3

### Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-3



Σχήμα 6.5.3a Ψηφιακό βίντεο D-3 της Panasonic.

### Ταινία - Κασέτα

Το ψηφιακό σύνθετο σήμα αποθηκεύεται σε ταινία πλάτους 1/2 ίντσας με επί-

στρωση κόκκων μετάλλου. Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα, η οποία διατίθεται στα ακόλουθα μεγέθη :

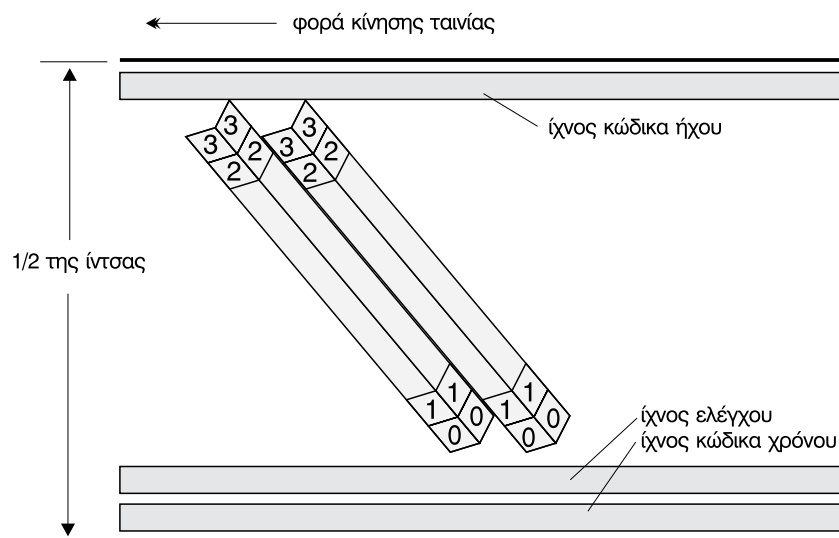
- μικρό μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 64 min.
- μεσαίο μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 125 min
- μεγάλο μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 245 min



Σχήμα 6.5.3b Είσοδοι, έξοδοι του ψηφιακού βίντεο D-3 της Panasonic.

### Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο και ήχου και διαμήκη για την εγγραφή των ιχνών κώδικα χρόνου, ελέγχου και κώδικα ήχου. Διαθέτει 2 κανάλια βίντεο σήματος και 4 κανάλια ήχου.



Σχήμα 6.5.3c Διάταξη ιχνών στη μαγνητική ταινία του ψηφιακού βίντεο D-3



|                                              |                |                                  |              |
|----------------------------------------------|----------------|----------------------------------|--------------|
| Εύρος ζώνης βίντεο                           | 5,5 MHz        | Παραμόρφωση ήχου                 | < 0,02%      |
| Λόγος σήματος βίντεο προς θορύβο (Video SNR) | 54dB           | Πλάτος ίχνους βίντεο             | 0,002 mm     |
| Εύρος ζώνης ήχου                             | 20 Hz - 20 KHz | Ρυθμός δεδομένων βίντεο NTSC/PAL | 115/142 Mbps |
| Δυναμική περιοχή ήχου                        | 105 dB         | Κανάλια βίντεο                   | 2            |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου                | 48 kHz         | Αριθμός ψηφίων κβάντισης ήχου    | 20           |
| Κανάλια ήχου                                 | 4              | Ταχύτητα ταινίας                 | 83,88mm/s    |

Πίνακας 6.5.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο D-3

Το σύστημα αυτό επεξεργάζεται ψηφιακό βίντεο σήμα συνιστωσών (component) με συχνότητα δειγματοληψίας 18.0 MHz για το σήμα φωτεινότητας, 9 MHz για τα σήματα χρωμοδιαφοράς (CR, CB) και αριθμό ψηφίων κβάντισης 8.

#### 6.5.4 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-5



Σχήμα 6.5.4a Ψηφιακό βίντεο D-5 της Panasonic.

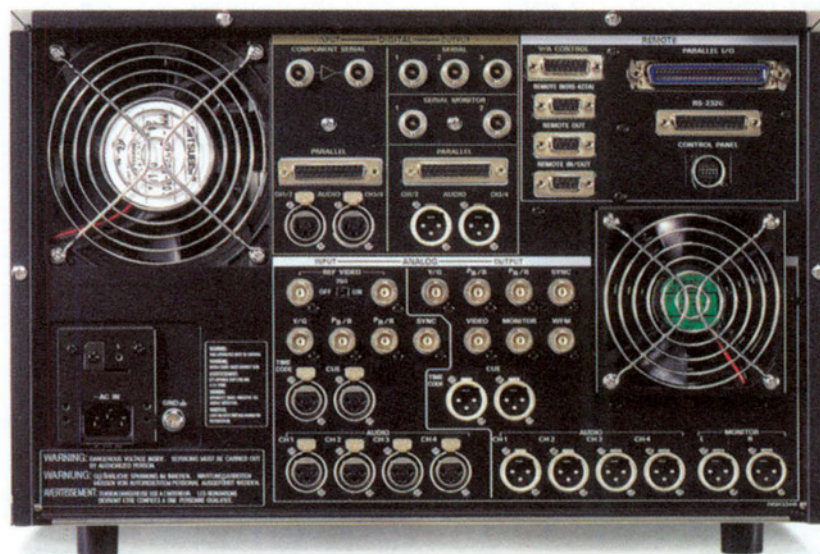
#### Ταινία - Κασέτα

Χρησιμοποιεί ταινία πλάτους  $\frac{1}{2}$  ίντσας με επίστρωση κόκκων μετάλλου. Η κασέτα διατίθεται στα ακόλουθα μεγέθη :

- μικρό μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 64 min.
- μεσαίο μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 125 min
- μεγάλο μέγεθος, με διάρκεια εγγραφής 245 min

Το βίντεο D-5 είναι σχεδιασμένο, έτσι ώστε να μπορεί να παίζει και τις κασέτες του ψηφιακού βίντεο D-3.

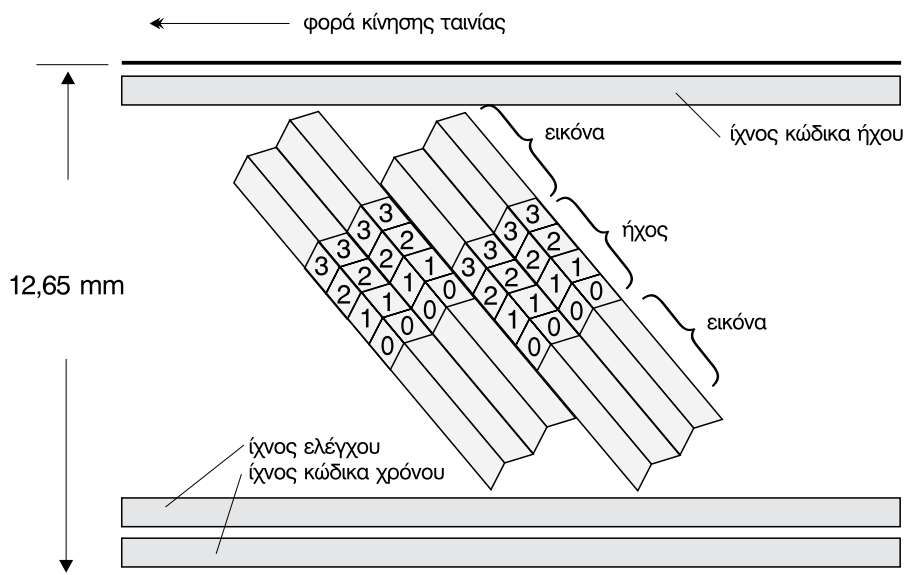




Σχήμα 6.5.4b Είσοδοι έξοδοι του ψηφιακού βίντεο D-5 της Panasonic

### Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο και ήχου και διαμήκη για την εγγραφή των ιχνών κώδικα χρόνου, ελέγχου και κώδικα ήχου. Διαθέτει 4 κανάλια βίντεο σήματος και 4 κανάλια ήχου.



Σχήμα 6.5.4 Διάταξη ιχνών στην ταινία του ψηφιακού βίντεο D-5

|                               |                |                                     |             |
|-------------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------|
| Εύρος ζώνης βίντεο            | 5,5 MHz        | Παραμόρφωση ήχου                    | < 0,02%     |
| Βίντεο SNR                    | 54 Db          | Πλάτος ίχνους βίντεο                | 0,018 mm    |
| Εύρος ζώνης ήχου              | 20 Hz - 20 KHz | Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων βίντεο | 270 Mbps    |
| Δυναμική περιοχή ήχου         | 105 Db         | Κανάλια βίντεο                      | 4           |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου | 48 kHz         | Αριθμός ψηφίων κβάντισης ήχου       | 20          |
| Κανάλια ήχου                  | 4              | Ταχύτητα ταινίας                    | 167,228mm/s |

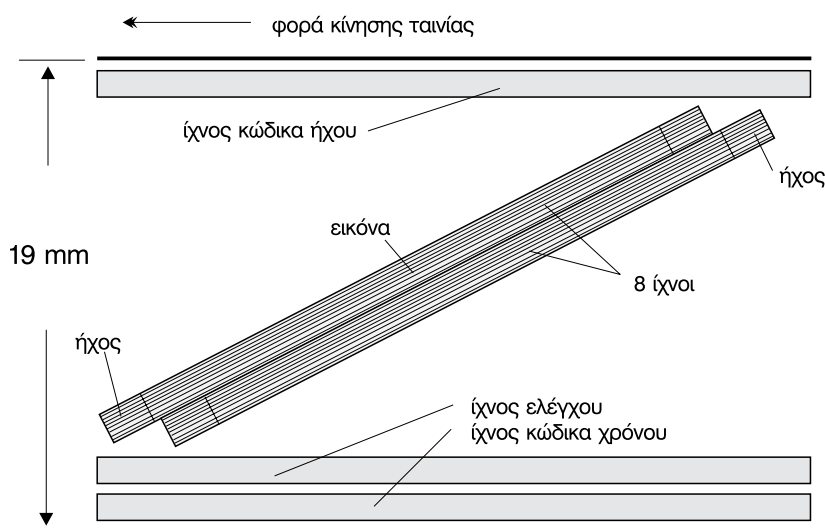
Πίνακας 6.5.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο D-5

Το βίντεο αυτό κατασκευάστηκε για την εγγραφή σημάτων πολύ καλής ποιότητα, που χρησιμοποιούνται στην τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV). Επεξεργάζεται ψηφιακό βίντεο σήμα συνιστωσών (component) με συχνότητα δειγματοληψίας 74,25 MHz για το σήμα φωτεινότητας, 38,12MHz για τα σήματα χρώματος (Y-R, Y-B) και αριθμό ψηφίων κβάντισης 8. Το ψηφιακό σήμα συνιστωσών αποθηκεύεται σε ταινία 3/4 ίντσας (19mm) με μαγνητική επίστρωση κόκκων μετάλλου. Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα, η οποία είναι ίδια με αυτή του ψηφιακού βίντεο D-1.

### Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο και ήχου και διαμήκη για την εγγραφή των ίχνων κώδικα χρόνου, ελέγχου και κώδικα ήχου. Διαθέτει 8 κανάλια βίντεο σήματος και για κάθε κανάλι χρησιμοποιούνται 2 κεφαλές. Ο ήχος εγγράφεται σε ομάδες στο τέλος των ίχνων εικόνας. Προβλέπονται 12 κανάλια ήχου.

### 6.5.5 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας D-6



Σχήμα 6.5.5 Διάταξη ίχνων στην ταινία του ψηφιακού βίντεο D-6

|                               |                |                              |           |
|-------------------------------|----------------|------------------------------|-----------|
| Εύρος ζώνης ήχου              | 20 Hz - 20 KHz | Ρυθμός δεδομένων βίντεο      | 1,2 Gbps  |
| Δυναμική περιοχή ήχου         | 105 dB         | Κανάλια βίντεο               | 8         |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου | 48 kHz         | Αριθμό ψηφίων κβάντισης ήχου | 20        |
| Κανάλια ήχου                  | 12             | Ταχύτητα ταινίας             | 497.4mm/s |
| Παραμόρφωση ήχου              | < 0,02%        | Πλάτος ίχνους βίντεο         | 0,021 mm  |

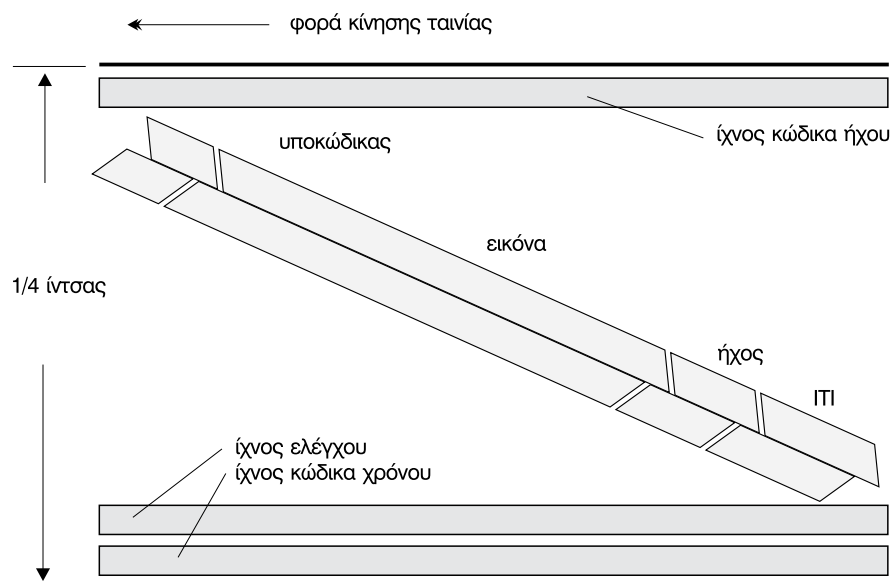
Πίνακας 6.5.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο D-6

### 6.5.6 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας DV

Το σύστημα αυτό κατασκευάστηκε για οικιακή χρήση και χρησιμοποιεί συμπίεση δεδομένων, για να περιορισθεί το κόστος του. Επεξεργάζεται βίντεο σήμα συνιστωσών (Component) με 13,5 MHz συχνότητα δειγματοληψίας για τη φωτεινότητα, 6,75 για τις χρωμοδιαφορές (CR, CB) και αριθμό ψηφίων κβάντισης 8 για αριθμό γραμμών σάρωσης 625 (PAL). Το σήμα συμπιέζεται σε βαθμό 10:1 με τεχνική συμπίεσης μετασχηματισμού ασυνεχούς ημίτονου (DCT), που μειώνει το ρυθμό δεδομένων στα 12Mbps. Το ψηφιακό σήμα, που προκύπτει από τη συμπίεση, αποθηκεύεται σε ταινία πλάτους  $\frac{1}{4}$  ίντσας (6.35mm). Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα με χρόνο εγγραφής-αναπαραγωγής 2 και 4 ωρών.

#### Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο, ήχου, υποκώδικα και πληροφοριών εισαγωγής-ίχνους (ITI) και διαμήκη για τα προαιρετικά ίχνη ελέγχου και κώδικα ήχου.



Σχήμα 6.5.6 Διάταξη ιχνών στη ταινία του ψηφιακού εγγραφέα DV

|                               |                |                              |           |
|-------------------------------|----------------|------------------------------|-----------|
| Εύρος ζώνης ήχου              | 20 Hz - 20 KHz | Ρυθμός δεδομένων βίντεο      | 12 Mbps   |
| Δυναμική περιοχή ήχου         | 105 dB         | Κανάλια βίντεο               | 1         |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου | 48 kHz         | Αριθμό ψηφίων κβάντισης ήχου | 16        |
| Κανάλια ήχου                  | 2              | Ταχύτητα ταινίας             | 19.05mm/s |
| Κεφαλές ανά κανάλι βίντεο     | 2              | Πλάτος ίχνους βίντεο         | 0,01 mm   |

Πίνακας 6.5.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο DV

Το σύστημα αυτό κατασκευάζεται από την εταιρεία SONY και είναι προσαρμογή του οικιακού συστήματος DV για επαγγελματική χρήση. Επεξεργάζεται βίντεο σήμα συνιστωσών (Component) με τυποποίηση 4:2:0, το οποίο συμπιέζεται σε βαθμό 5:1 με τεχνική συμπίεσης μετασχηματισμού ασυνεχούς ημίτονου (DCT), που μειώνει το ρυθμό δεδομένων στα 25Mbps.

#### Ταινία-Κασέτα

Το ψηφιακό σήμα, που προκύπτει από τη συμπίεση, αποθηκεύεται σε ταινία πλάτους 1/4 ίντσας (6.35mm) με μαγνητική επίστρωση εξαγνωμένου μετάλλου. Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα με χρόνο εγγραφής- αναπαραγωγής 40min και 184min.

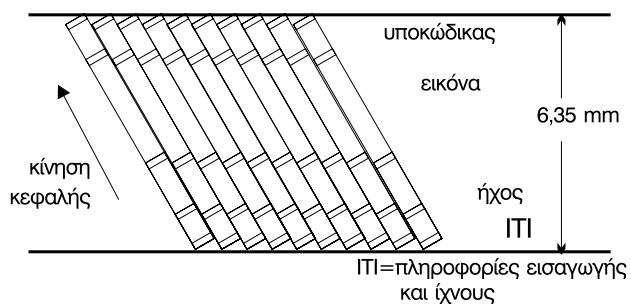
### 6.5.7 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας DVCAM



Σχήμα 6.5.7 Ψηφιακός μαγνητικός εγγραφέας DVCAM της SONY

#### Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο, ήχου, υποκώδικα και πληροφοριών εισαγωγής-ίχνους (ITI). Δεν διαθέτει διαμήκη ίχνη, επειδή η επίστρωση εξαγνωμένου μετάλλου, που χρησιμοποιεί, δεν το επιτρέπει.

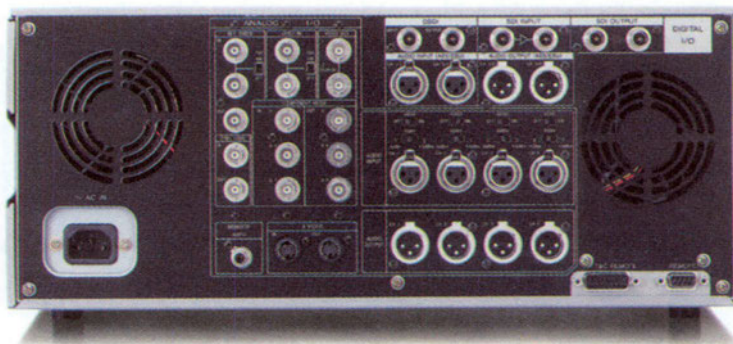


Σχήμα 6.5.7 Διάταξη ιχνών στην ταινία του ψηφιακού εγγραφέα DYCAM

### Είσοδοι-Έξοδοι

Το βίντεο DYCAM διαθέτει τις παρακάτω εισόδους - εξόδους:

- Αναλογικού σύνθετου και συνιστωσών (S-video) βίντεο σήματος.
- Ψηφιακού βίντεο σήματος
- Αναλογικού και ψηφιακού ήχου



Σχήμα 6.5.7 Πίνακας εισόδων - εξόδων του μαγνητικού εγγραφέα DYCAM της SONY

|                               |                                             |                              |                                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Εύρος ζώνης ήχου              | 20 Hz - 20 KHz                              | Ρυθμός δεδομένων βίντεο      | 25 Mbps                             |
| Δυναμική περιοχή ήχου         | 80 dB                                       | Κανάλια βίντεο               | 1                                   |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου | 48 kHz για τα 2 κανάλια και 32 kHz για τα 4 | Αριθμό ψηφίων κβάντισης ήχου | 16 για τα 2 κανάλια και 12 για τα 4 |
| Κανάλια ήχου                  | 2 ή 4                                       | Ταχύτητα ταινίας             | 33.8mm/s                            |
| Κεφαλές ανά κανάλι βίντεο     | 2                                           | Πλάτος ίχνους βίντεο         | 0,015 mm                            |

Πίνακας 6.5.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο DYCAM

Το σύστημα αυτό κατασκευάζεται από την εταιρεία Panasonic και είναι προσαρμογή του οικιακού συστήματος DV για επαγγελματική χρήση. Επεξεργάζεται βίντεο σήμα συνιστωσών (Component), το οποίο συμπίεζεται. Διατίθενται δύο τύποι:

- Το **DVCPRO** το οποίο χρησιμοποιεί τυποποίηση βίντεο σήματος 4:2:0, συμπίεση 5:1 και ρυθμό δεδομένων 25Mbps.

### 6.5.8 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας DVCPRO



Σχήμα 6.5.8a Ψηφιακό βίντεο DVCPRO της Panasonic

- Το **DVCPRO50** το οποίο χρησιμοποιεί τυποποίηση βίντεο σήματος 4:2:2, συμπίεση 3,3:1 και ρυθμό δεδομένων 50Mbps.



Σχήμα 6.5.8b Ψηφιακό βίντεο DVCPRO50 της Panasonic

#### Ταινία- κασέτα

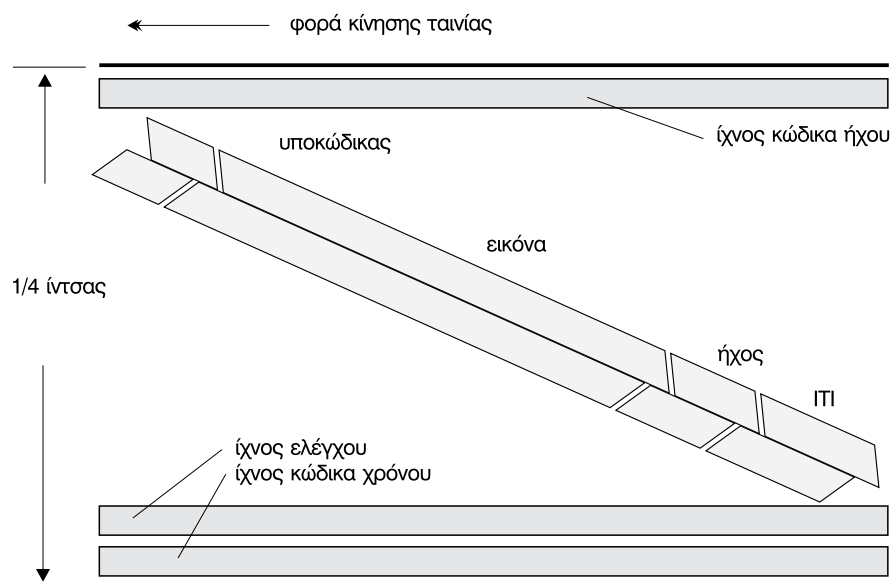
Το ψηφιακό σήμα, που προκύπτει από τη συμπίεση, αποθηκεύεται σε ταινία πλάτους 1/4 ίντσας (6.35mm) με μαγνητική επίστρωση εξαγνωμένου μετάλλου. Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα με χρόνο εγγραφής- αναπαραγωγής για το:

- DVCPRO 63min και 123min και
- DVCPRO50 45min και 90min



## Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο, ήχου, υποκώδικα και πληροφοριών εισαγωγής-ίχνους (ITI) και διαμήκη για τα προαιρετικά ίχνη ελέγχου και κώδικα ήχου. Διαθέτει την ίδια διάταξη ιχνών στη ταινία με τον ψηφιακό εγγραφέα DV, μόνο που τα διαγώνια ίχνη έχουν μεγαλύτερο πλάτος.

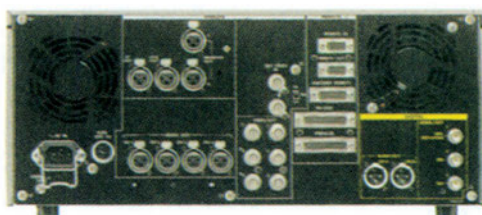


Σχήμα 6.5.8c Διάταξη ιχνών στη ταινία του ψηφιακού εγγραφέα DVCPRO

## Είσοδοι - Έξοδοι

Τα ψηφιακά βίντεο DVCPRO διαθέτουν τις παρακάτω εισόδους, εξόδους:

- Αναλογικού βίντεο σήματος συνιστωσών
- Αναλογικού σύνθετου βίντεο σήματος
- Ψηφιακή σειριακή διασύνδεση



Σχήμα 6.5.8d Πίνακας εισόδων εξόδων ψηφιακού βίντεο DVCPRO της Panasonic

|                               | DVCPRO         | DVCPRO50       |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| Εύρος ζώνης ήχου              | 20 Hz - 20 KHz | 20 Hz - 20 KHz |
| Δυναμική περιοχή ήχου         | 80 dB          | 80 dB          |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου | 48 kHz         | 48 kHz         |
| Κανάλια ήχου                  | 2              | 4              |
| Κεφαλές ανά κανάλι βίντεο     | 2              | 2              |
| Ρυθμός δεδομένων βίντεο       | 25 Mbps        | 50 Mbps        |
| Κανάλια βίντεο                | 1              | 1              |
| Αριθμό ψηφίων κβάντισης ήχου  | 16             | 16             |
| Ταχύτητα ταινίας              | 33.82mm/s      | 67.64mm/s      |
| Πλάτος ίχνους βίντεο          | 0,015 mm       | 0,015 mm       |

Πίνακας 6.5.8 Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψηφιακών βίντεο DVCPRO

Το σύστημα αυτό κατασκευάζεται από την εταιρεία SONY και προσφέρει πολύ υψηλής ποιότητας εικόνα και ήχο. Επεξεργάζεται βίντεο σήμα συνιστωσών (Component) με τυποποίηση 4:2:2. Χρησιμοποιεί συμπίεση με λόγο 1,6:1 και τεχνική συμπίεσης μετασχηματισμού ασυνεχούς ημίτονου (DCT). Ο ρυθμός δεδομένων, που προκύπτει μετά τη συμπίεση, είναι 125Mbps.

## 6.5.9 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας Betacam



Σχήμα 6.5.9α Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας Betacam

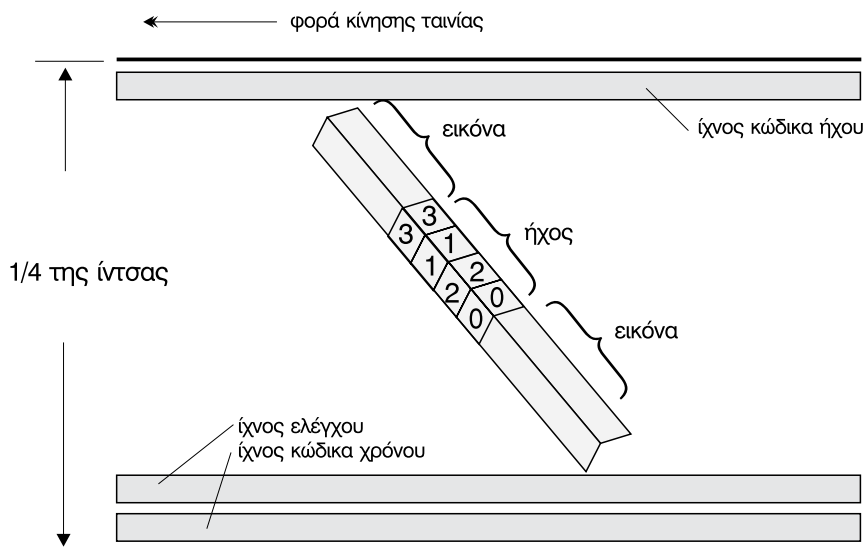
### Ταινία-Κασέτα

Το ψηφιακό σήμα, που προκύπτει από τη συμπίεση, αποθηκεύεται σε ταινία πλάτους 1/2 ίντσας (12.65mm) με μαγνητική επίστρωση κόκκων μετάλλου. Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα με χρόνο εγγραφής- αναπαραγωγής 40min και 124min.



## Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο και ήχου και διαμήκη για την εγγραφή του ίχνους κώδικα χρόνου, ελέγχου και κώδικα ήχου

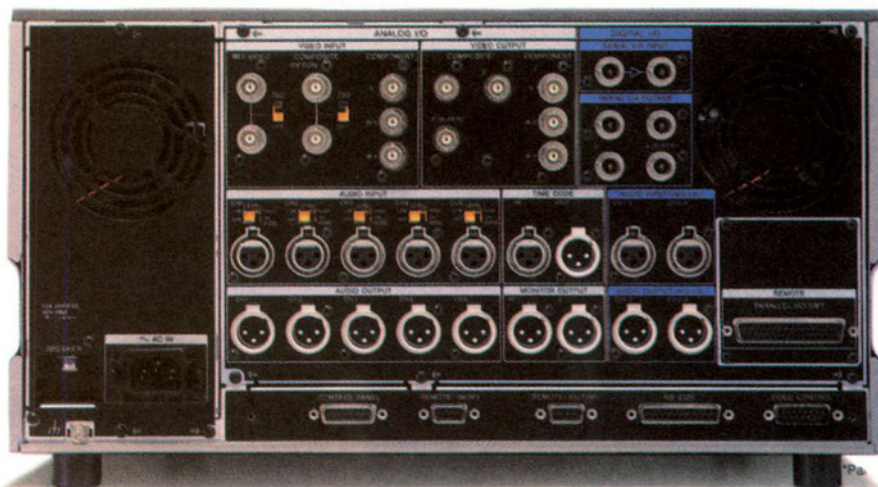


Σχήμα 6.5.9b Διάταξη ιχνών στην ταινία του ψηφιακού εγγραφέα Betacam

## Είσοδοι-Εξόδοι

Το βίντεο Betacam διαθέτει τις παρακάτω εισόδους - εξόδους :

- Αναλογικού σύνθετου βίντεο σήματος
- Αναλογικού βίντεο σήματος συνιστωσών.
- Ψηφιακή σειριακή διασύνδεση
- Αναλογικού και ψηφιακού ήχου



Σχήμα 6.5.9c Πίνακας εισόδων - εξόδων του μαγνητικού εγγραφέα Betacam

|                               |                |                                        |          |
|-------------------------------|----------------|----------------------------------------|----------|
| Εύρος ζώνης ήχου              | 20 Hz - 20 KHz | Ρυθμός δεδομένων βίντεο                | 125 Mbps |
| Δυναμική περιοχή ήχου         | 100 dB         | Κανάλια βίντεο                         | 1        |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου | 48 kHz         | Κεφαλές ανά κανάλι βίντεο              | 2        |
| Κανάλια ήχου                  | 4              | Λόγος σήματος βίντεο προς θόρυβο (SNR) | 62 dB    |
| Αριθμό ψηφίων κβάντισης ήχου  | 20             | Πλάτος ίχνους βίντεο                   | 0,026 mm |
| Ταχύτητα ταινίας              | 96.7mm/s       |                                        |          |

Πίνακας 6.5.9 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο Betacam

Το σύστημα αυτό κατασκευάζεται από την εταιρεία SONY. Επεξεργάζεται βίντεο σήμα συνιστωσών (Component) με τυποποίηση 4:2:2. Χρησιμοποιεί συμπίεση MPEG-2 με προφίλ 4:2:2, επίπεδο κύριο και λόγο συμπίεσης 10:1. Η μεγάλη αυτή συμπίεση έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των διαστάσεων, του λειτουργικού κόστους και του ρυθμού δεδομένων στα 18Mbps.

### 6.5.10 Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας Betacam SX



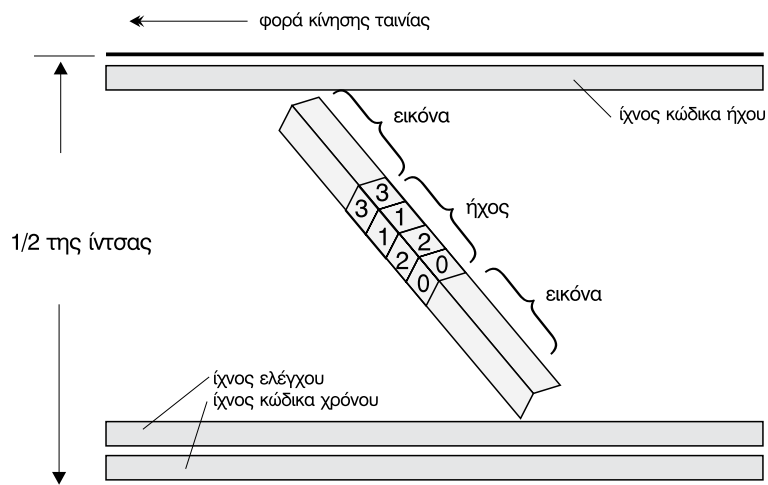
Σχήμα 6.5.10α Ψηφιακός Μαγνητικός Εγγραφέας Betacam SX

#### Ταινία-Κασέτα

Το ψηφιακό σήμα, που προκύπτει από τη συμπίεση, αποθηκεύεται σε ταινία πλάτους 1/2 ίντσας (12.65mm) με μαγνητική επίστρωση κόκκων μετάλλου. Η ταινία τοποθετείται σε κασέτα με χρόνο εγγραφής- αναπαραγωγής 60min και 184min.

#### Τρόπος εγγραφής

Χρησιμοποιεί ελικοειδή σάρωση για την εγγραφή του σήματος βίντεο, ήχου και διαμήκη για την εγγραφή του ίχνους κώδικα χρόνου, ελέγχου και κώδικα ήχου.



Σχήμα 6.5.9 Διάταξη ιχνών στην ταινία του ψηφιακού εγγραφέα Betacam SX

### Είσοδοι-Έξοδοι

Το βίντεο Betacam διαθέτει τις παρακάτω εισόδους - εξόδους :

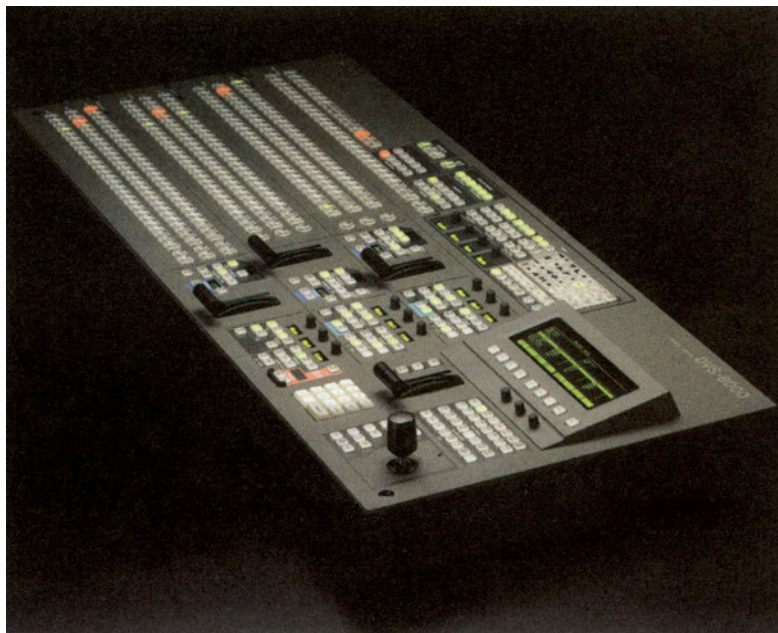
- Αναλογικού σύνθετου βίντεο σήματος
- Αναλογικού βίντεο σήματος συνιστωσών.
- Ψηφιακή σειριακή διασύνδεση
- Αναλογικού και ψηφιακού ήχου

|                               |                |                           |          |
|-------------------------------|----------------|---------------------------|----------|
| Εύρος ζώνης ήχου              | 20 Hz - 20 KHz | Ρυθμός δεδομένων βίντεο   | 18 Mbps  |
| Δυναμική περιοχή ήχου         | 90 dB          | Κανάλια βίντεο            | 1        |
| Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου | 48 kHz         | Κεφαλές ανά κανάλι βίντεο | 2        |
| Κανάλια ήχου                  | 4              | Πλάτος ίχνους βίντεο      | 0,032 mm |
| Αριθμό ψηφίων κβάντισης ήχου  | 16             |                           |          |
| Ταχύτητα ταινίας              | 59.575mm/s     |                           |          |

Πίνακας 6.5.10 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψηφιακού βίντεο Betacam SX

## 6.6 ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΜΕΤΑΓΩΓΕΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ- ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΡΑΠΕΖΕΣ ΜΙΞΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ο μεταγωγέας είναι ηλεκτρονική συσκευή, με την οποία ελέγχουμε και συνδυάζουμε τις διάφορες πηγές εικόνας, με σκοπό την παραγωγή προγράμματος. Βρίσκεται στην αίθουσα ελέγχου (Control room) των τηλεοπτικών σταθμών. Επίσης, με το μεταγωγέα παραγωγής καθορίζουμε τον τρόπο μετάβασης από μια πηγή εικόνας σε άλλη, εισάγουμε εφφέ στο πρόγραμμα και διενεργούμε δοκιμαστική προβολή της εικόνας στην οθόνη του μόνιτορ πηγής, πριν σταλεί στην έξοδο του μεταγωγέα. Ουσιαστικά, με το μεταγωγέα παραγωγής πραγματοποιούμε στιγμιαίο μοντάζ στις παραγωγές στούντιο. Ο ψηφιακός μεταγωγέας έχει την ίδια δομή και παρόμοιο τρόπο ελέγχου με τον αναλογικό, αλλά προσφέρει λόγω της ψηφιακής επεξεργασίας του σήματος μεγαλύτερη ευελιξία, περισσότερες δυνατότητες, ακρίβεια και σταθερότητα. Προσφέρει, δηλαδή, απεριόριστα εφφέ, ενώ διατηρεί τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα χειρισμού. Η αρχιτεκτονική (λογική) ελέγχου, που έχει επικρατήσει στη βιομηχανία του βίντεο, βασίζεται στο ότι σε κάθε κουμπί αντιστοιχεί μια λειτουργία (button-per-function), που προσφέρει άμεση πρόσβαση και καθαρή ένδειξη κατάστασης. Όπως έχουμε αναφέρει για τους αναλογικούς μεταγωγείς, η τράπεζα μίξης είναι ενσωματωμένη στο μεταγωγέα, ο οποίος μπορεί να διαθέτει μία ή περισσότερες τράπεζες μίξης, η οποία εκτελεί την ίδια εργασία με αυτή, που εκτελούσε στα αναλογικά. Κάθε τράπεζα μίξης διαθέτει, συνήθως, έναν ή περισσότερους επεξεργαστές χρώματος με τους οποίους ελέγχουμε την ένταση και την απόχρωση του χρώματος. Οι μεταγωγείς διαθέτουν επίσης μνήμη, που επιτρέπει την αποθήκευση και την ανάκληση εφφέ, τα οποία δημιουργήσαμε. Σχήμα 6.6



Σχήμα 6.6 Ψηφιακός μεταγωγέας εικόνας

## 6.7 ΨΗΦΙΑΚΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

### 6.7.1 Γεννήτρια τεχνασμάτων DVE

Η ψηφιακή γεννήτρια τεχνασμάτων είναι ηλεκτρονική συσκευή, η οποία επεξεργάζεται σε πραγματικό χρόνο το ψηφιακό βίντεο σήμα και παράγει διάφορα εφέ. Λειτουργεί όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, διαθέτει, δηλαδή, μικροεπεξεργαστή, μνήμη και προγράμματα, που τη βοηθούν να επεξεργασθεί το βίντεο σήμα με διάφορους τρόπους. Ενσωματώνεται στο μεταγωγέα βίντεο (κονσόλα) και αυξάνει τις δυνατότητές του στην επεξεργασία της εικόνας. Τα βασικότερα εφέ, τα οποία παράγονται με τη μονάδα αυτή, είναι τα παρακάτω:

- **Συνεχής συμπίεση της εικόνας**  
Με το τέχνασμα αυτό μπορούμε να συμπίεσουμε την εικόνα συνεχώς σε πραγματικό χρόνο μέχρι να εξαφανισθεί.
- **Συνεχής διεύρυνση της εικόνας**  
Μπορούμε να αυξήσουμε το μέγεθος της εικόνας και να εντοπίσουμε καλύτερα το σημείο, που μας ενδιαφέρει
- **Αύξηση ή σμίκρυνση** του μεγέθους της οριζόντιας ή της κατακόρυφης διάστασης της εικόνας
- **Μετάβαση**  
Μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε διάφορους τρόπους μετάβασης από μία εικόνα σε άλλη.
- **Περιστροφή εικόνας**

### 6.7.2 Γεννήτρια χαρακτήρων

Η γεννήτρια χαρακτήρων είναι ηλεκτρονική συσκευή, με την οποία παράγουμε γράμματα και αριθμούς και δημιουργούμε λέξεις και κείμενα, τα οποία εισάγουμε σε πρόγραμμα. Η γεννήτρια χαρακτήρων έχει τη δομή και τη λειτουργία ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Διαθέτει:

- **πληκτρολόγιο**
- **οθόνη**
- **κεντρική μονάδα επεξεργασίας**
- **μονάδα αποθήκευσης**
- **πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου** και
- **δύο κανάλια εξόδου**, ένα για δοκιμαστική προβολή και ένα για το πρόγραμμα, τα οποία είναι όλα ενσωματωμένα σε ενιαία συσκευή.

#### Δυνατότητες

Η γεννήτρια χαρακτήρων μπορεί να παράγει γράμματα διάφορων μεγεθών, τύπου γραμματοσειράς, καθώς επίσης και απλά διαγράμματα. Το πληκτρολόγιο περιέχει και ειδικά πλήκτρα, με τα οποία μπορούμε να δημιουργήσουμε εφέ,

όπως κίνηση πάνω ή κάτω των γραμμάτων στην οθόνη, έντονα γράμματα, κλπ. Οι τίτλοι, που δημιουργούνται, προβάλλονται δοκιμαστικά και αφού λάβουν τη τελική τους μορφή, εξάγονται μέσω του αντίστοιχου καναλιού στο πρόγραμμα ή αποθηκεύονται.

## 6.8 ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΑΖ - ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΣΤΟ ΣΤΟΥΝΤΙΟ

Το μοντάζ είναι βασικό στοιχείο της παραγωγής των προγραμμάτων, γιατί μας δίνει τη δυνατότητα να συνθέσουμε τις διάφορες εγγραφές σήματος βίντεο και ήχου και να δημιουργήσουμε, έτσι, το τελικό τηλεοπτικό πρόγραμμα. Η εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία συστημάτων μοντάζ, τα οποία βασίζονται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Τα συστήματα αυτά εκτελούν με ακρίβεια και αποτελεσματικά μη γραμμικό μοντάζ.



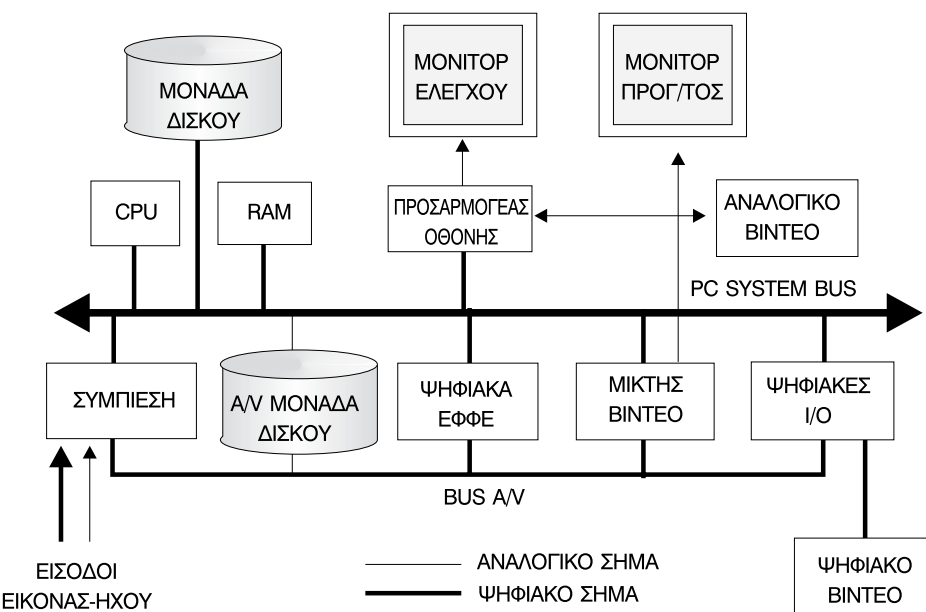
Σχήμα 6.8α Σύστημα μοντάζ βασισμένο σε Η/Υ της SONY

Αποτελούνται από :

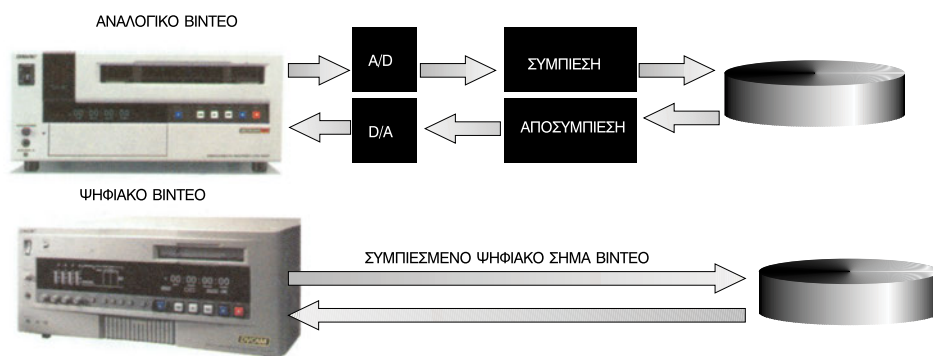
- Ηλεκτρονικό υπολογιστή με δύο μονάδες κεντρικής αποθήκευσης (σκληροί δίσκοι), μία για την αποθήκευση των προγραμμάτων και του πίνακα αποφάσεων και μία για την αποθήκευση των αρχείων βίντεο και ήχου.
- Μονάδα συμπίεσης εικόνας
- Γεννήτρια τεχνασμάτων
- Μίκτης εικόνας
- Μίκτης ήχου.
- Μόνιτορ ελέγχου και προγράμματος.
- Εισόδους/εξόδους αναλογικού και ψηφιακού σήματος εικόνας και ήχου.

Οι πληροφορίες εικόνας και ήχου, αφού μετατραπούν σε ψηφιακές όσες είναι αναλογικές, συμπιέζονται και αποθηκεύονται στο σκληρό δίσκο. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να έχουμε άμεση πρόσβαση (μη γραμμική) σε οποιαδήποτε περιοχή εγγραφών.





Σχήμα 6.8b Δομικό διάγραμμα μη γραμμικού συστήματος μοντάζ βασισμένο σε Η/Υ



Σχήμα 6.8c Αποθήκευση πληροφοριών εικόνας και ήχου στο σκληρό δίσκο

Η διαδικασία του μοντάζ γίνεται στην οθόνη του προγράμματος μοντάζ με το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Τα σημεία εισόδου εξόδου του μοντάζ καθορίζονται με τη χρήση κώδικα χρόνου. Όταν ο κατάλογος αποφάσεων μοντάζ (Edit list) είναι έτοιμος, αποθηκεύεται στη μνήμη του Η/Υ και εκτελείται. Το τηλεοπτικό πρόγραμμα, που παράγεται, αποθηκεύεται στο σκληρό δίσκο. Με την ολοκλήρωση του μοντάζ, το τηλεοπτικό πρόγραμμα αναπαράγεται (παίζεται) από το σκληρό δίσκο και αποστέλλεται για αποθήκευση στη ταινία μοντάζ, η οποία είναι έτοιμη πλέον για διανομή.



## 6.9 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΡΑΦΙΚΩΝ

Τα συστήματα γραφικών είναι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με ειδικά προγράμματα παραγωγής γραφικών, με τα οποία μπορούμε να σχεδιάσουμε γραφικά και να τα ενσωματώσουμε στο πρόγραμμα. Διαθέτουν:

- οθόνη
- πληκτρολόγιο
- κεντρική μονάδα
- μονάδα αποθήκευσης (σκληρό δίσκο)
- εξελιγμένα προγράμματα σχεδίασης
- ποντίκι
- ηλεκτρονική πένα σχεδίασης

Οι δυνατότητες των συστημάτων γραφικών εξαρτώνται από την ισχύ επεξεργασίας του ηλεκτρονικού υπολογιστή και, κυρίως, από τη τεχνολογία του προγράμματος σχεδίασης.

1. Ποια είναι τα στάδια μετατροπής αναλογικού βίντεο σήματος σε ψηφιακό.
2. Για ποιους λόγους πραγματοποιείται συμπίεση του ψηφιακού βίντεο σήματος
3. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι μέθοδοι συμπίεσης
4. Ποιοι είναι οι δημοφιλέστεροι αλγόριθμοι συμπίεσης ψηφιακού βίντεο σήματος και σε τι διαφέρουν
5. Σε ποιες περιοχές αναφέρονται οι τυποποιήσεις του ψηφιακού βίντεο σήματος
6. Ποιες τυποποιήσεις έχουμε για το φυσικό τρόπο διασύνδεσης των συσκευών επεξεργασίας ψηφιακού βίντεο σήματος
7. Ποιες τυποποιήσεις χρησιμοποιούνται για τη συχνότητα δειγματοληψίας
8. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των ψηφιακών εικονοληπτών
9. Ποιες είναι οι τυποποιήσεις των ψηφιακών μαγνητικών εγγραφών
10. Τι σήμα επεξεργάζονται οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς D-1 και τι συχνότητα δειγματοληψίας χρησιμοποιούν.
11. Τι σήμα επεξεργάζονται οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς D-2 και τι συχνότητα δειγματοληψίας χρησιμοποιούν.
12. Τι σήμα επεξεργάζονται οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς D-3 και τι συχνότητα δειγματοληψίας χρησιμοποιούν.
13. Τι σήμα επεξεργάζονται οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς D-5 και τι συχνότητα δειγματοληψίας χρησιμοποιούν.
14. Τι σήμα επεξεργάζονται οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς D-6 και τι συχνότητα δειγματοληψίας χρησιμοποιούν.
15. Τι μέσο εγγραφής χρησιμοποιούν οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς D-1 και τι πλάτος έχει.
16. Τι μέσο εγγραφής χρησιμοποιούν οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς D-3 και τι πλάτος έχει.
17. Τι μέσο εγγραφής χρησιμοποιούν οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς DV και τι πλάτος έχει.
18. Τι σήμα επεξεργάζονται οι ψηφιακοί μαγνητικοί εγγραφείς DV και τι συχνότητα δειγματοληψίας χρησιμοποιούν.
20. Ποια είναι η χρήση της γεννήτριας χαρακτήρων



## *Βιβλιογραφία*

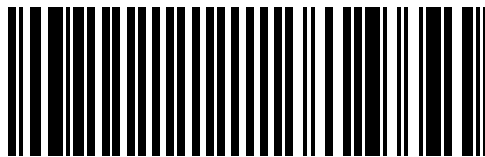
1. Θεωρία της A/M και έγχρωμης κάμερας - Κάππας Κωνσταντίνος
2. Ηλεκτρακουστική - Γεωργουτσάκος Χρ.
3. Τηλεοπτική παραγωγή - H. ZETTL
4. Ραδιοεπικοινωνίες - Χονδρογιάννης, Τσαμούταλος
5. Τεχνολογία H/N εξαρτημάτων - Ζερβάκος
6. Τεχνικά εγχειρίδια - JVC, SONY, PHILIPS
7. Video Recording Technology - Arch C. Luther, Artech House
8. Digital Audio and Compact Disc Technology - Sony, Sony Service Center
9. Παραγωγή Βίντεο - Herbert Zettl, "ΕΛΛΗΝ"
10. Εφαρμογές Ηλεκτροακουστικής στο Hi-Fi - Γεώργιος Σάγος, ΙΩΝ
11. Practical Recording Techniques - Bruce & Jenny Barlett, SAMS
12. Troubleshooting & Repairing Compact Disc Players -Homer K. Davidson, TAB Books, McGraw-Hill
13. Television Production - Alan Kurtzel & John Rosenbaum, McGraw-Hill
14. Τεχνολογία Πολυμέσων - Κουκούδης Βασίλης Παλαβούζης Πασχάλης, ΙΩΝ
15. VHS Video Recording, Πώς λειτουργεί - PHILIPS

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

*Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.*

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0329

ISBN 978-960-06-3073-2



(01) 000000 0 24 0329 8