

## Κεφάλαιο 9 – Τηλεοπτικός Δέκτης

### Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζουμε τον τηλεοπτικό δέκτη και τη λειτουργικότητα που αυτός περιλαμβάνει ώστε να είναι δυνατή η αναπαραγωγή του τηλεοπτικού σήματος. Διακρίνουμε τις δύο βασικές κατηγορίες, τον αναλογικό τηλεοπτικό δέκτη και τον ψηφιακό. Η διάκριση αυτή βασίζεται στον τύπο του τηλεοπτικού σήματος που λαμβάνει και επεξεργάζεται ο δέκτης. Ο αναλογικός δέκτης μπορεί να επεξεργαστεί κατ' ελάχιστον το αναλογικό σήμα, ενώ ο ψηφιακός δέκτης κατ' ελάχιστον το ψηφιακό. Παρόλο που η αντιστοίχιση μπορεί να είναι ένα προς ένα, η πλέον συνηθισμένη περίπτωση είναι ένας δέκτης να δύναται να επεξεργαστεί και τα δύο είδη σημάτων.

Παράλληλα με την επεξεργασία του σήματος, ένα σημαντικό κομμάτι της λειτουργικότητας του δέκτη αφορά τις βαθμίδες οι οποίες είναι υπεύθυνες για την απεικόνιση του οπτικού σήματος και την αναπαραγωγή του ήχου. Παρόλο που η αναλυτική επεξήγηση των μηχανισμών, των ιδιοτήτων, αλλά και των υλικών που χρησιμοποιούνται στις διάφορες περιπτώσεις της συσκευής καθοδικού σωλήνα και των επίπεδων δεκτών ξεφεύγει από τους στόχους αυτού του συγγράμματος, αναφερόμαστε στις βασικές αρχές λειτουργίες αυτών.

### Προαπαιτούμενη γνώση

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο εξετάζει τη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των τηλεοπτικών δεκτών. Για την κατανόηση αυτών των λειτουργιών απαιτείται η γνώση των προηγούμενων κεφαλαίων, όπου περιγράφεται ο τρόπος δημιουργίας και κωδικοποίησης καθώς και τα χαρακτηριστικά του τηλεοπτικού σήματος. Με βάση τις διαδικασίες αυτές που προηγούνται είναι δυνατή η καλύτερη εμπέδωση των λειτουργιών που αναμένονται από την πλευρά του τηλεοπτικού δέκτη.

## 9.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία της αναπαραγωγής του τηλεοπτικού σήματος περιλαμβάνει την επεξεργασία των σημάτων ήχου και βίντεο, καθώς και την οδήγηση της συσκευής απεικόνισης. Κάθε τηλεοπτικός δέκτης αποτελείται από συγκεκριμένες βαθμίδες. Όσον αφορά τις βαθμίδες που ασχολούνται με την επεξεργασία του σήματος, διακρίνουμε τις δύο βασικές κατηγορίες, τον αναλογικό τηλεοπτικό δέκτη και τον ψηφιακό. Η διάκριση αυτή βασίζεται στον τύπο του τηλεοπτικού σήματος που λαμβάνεται και επεξεργάζεται ο δέκτης. Το σήμα μπορεί να προέρχεται από αναλογική ή ψηφιακή πηγή. Η ψηφιακή πηγή μπορεί να είναι τυπικής υψηλής ευκρίνειας.

Στην επίγεια λήψη ο τηλεοπτικός δέκτης λαμβάνει το σήμα από την εξωτερική κεραία, η οποία είναι συντονισμένη σε κάποιο κανάλι στην μπάντα των VHF και UHF. Επισημαίνεται ότι κατά τη μετάβαση από την αναλογική τηλεόραση στην ψηφιακή τηλεόραση, δεν έχει υπάρξει διαφοροποίηση στην μπάντα των χρησιμοποιούμενων συχνοτήτων. Το υποσύστημα λήψης (συμπεριλαμβανομένης και της κεραίας) είναι εκτός των στόχων του παρόντος κεφαλαίου.

Στην περίπτωση της αναλογικής τηλεόρασης, η επεξεργασία του βίντεο περιλαμβάνει τον διαχωρισμό της φωτεινότητας από τις χρωματικές συνιστώσες. Το σήμα RGB στη συνέχεια υφίσταται επεξεργασία ανάλογα με το αν προέρχεται από προοδευτική ή διαπλεγμένη σάρωση. Στη συνέχεια μετατρέπεται στη μορφή και τις διαστάσεις τις οποίες μπορεί να υποστηρίξει η μονάδα απεικόνισης.

Το ψηφιακό βίντεο εισάγεται στη συσκευή μετατροπής της μορφής του βίντεο και οδηγείται στη συσκευή απεικόνισης. Αυτή η μετατροπή ακολουθείται από ενίσχυση του σήματος RGB στην περίπτωση που χρησιμοποιείται διάταξη καθοδικού σωλήνα (Cathode Ray Tube, CRT) ή οδήγηση κατά γραμμή και στήλη στην περίπτωση των επίπεδων οθονών.

Ο ήχος στην περίπτωση της αναλογικής τηλεόρασης λαμβάνεται από το σύνθετο σήμα με φιλτράρισμα με χρήση φίλτρου ακουστικών συχνοτήτων (Surface Acoustic Wave, SAW) και αποδιαμορφώνεται από τον ανιχνευτή ήχου (Sound Detector, SD). Στη συνέχεια το σήμα του ήχου υφίσταται επεξεργασία, ενισχύεται και οδηγείται στα ηχεία.

Στην περίπτωση της ψηφιακής λήψης ο στερεοφωνικός ήχος αποτελεί όπως έχουμε δει τμήμα της ροής μεταφοράς. Ο ήχος είναι κωδικοποιημένος και οδηγείται στην μονάδα επεξεργασίας του ήχου για επεξεργασία και ενίσχυση. Ήχος προερχόμενος από εξωτερικές πηγές μπορεί, επίσης, να υποστεί επεξεργασία του από τη μονάδα επεξεργασίας.

Παράλληλα με την επεξεργασία του σήματος, ένα σημαντικό κομμάτι της λειτουργικότητας του δέκτη αφορά τις βαθμίδες της απεικόνισης. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου αναφερόμαστε στις βασικές αρχές λειτουργίες αυτών. Εντούτοις η αναλυτική εξήγηση των μηχανισμών, των ιδιοτήτων, αλλά και των υλικών που χρησιμοποιούνται στις διάφορες περιπτώσεις της συσκευής καθοδικού σωλήνα και των επίπεδων δεκτών δεν ανήκει στους στόχους αυτού του συγγράμματος.

## 9.2 Αναλογικός Τηλεοπτικός Δέκτης

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τη βασική δομή του αναλογικού τηλεοπτικού δέκτη και τη λειτουργικότητα που απαιτείται για τη λήψη και την επεξεργασία του σήματος και την προετοιμασία πριν την απεικόνισή του. Μία εκτενής αναφορά στον αναλογικό τηλεοπτικό δέκτη είναι διαθέσιμη στα επόμενα συγγράμματα (1) και (3).

Θεωρούμε ότι το σήμα λαμβάνεται από την κεραία επίγεια λήψης. Ωστόσο το σήμα μπορεί να ληφθεί και από άλλες πηγές όπως οι συσκευές DVD (Digital Video Disc), ή, παλιότερα, τα VCR (Video Cassette Recorder). Εφόσον συμβαίνει αυτό χρησιμοποιείται ένα υποσύνολο μόνο από τη συνολική λειτουργικότητα (για παράδειγμα, μπορεί να μη χρησιμοποιείται η μονάδα που αφορά τη σύνδεση με την κεραία λήψης). Οι συνδέσεις που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν το SCART (Radio and Television Receiver Manufacturers' Association), το S-video και το HDMI (High-Definition Multimedia Interface). Στην περίπτωση μας θα εξετάσουμε τη λήψη, δηλαδή, από επίγιο αναλογικό δέκτη.

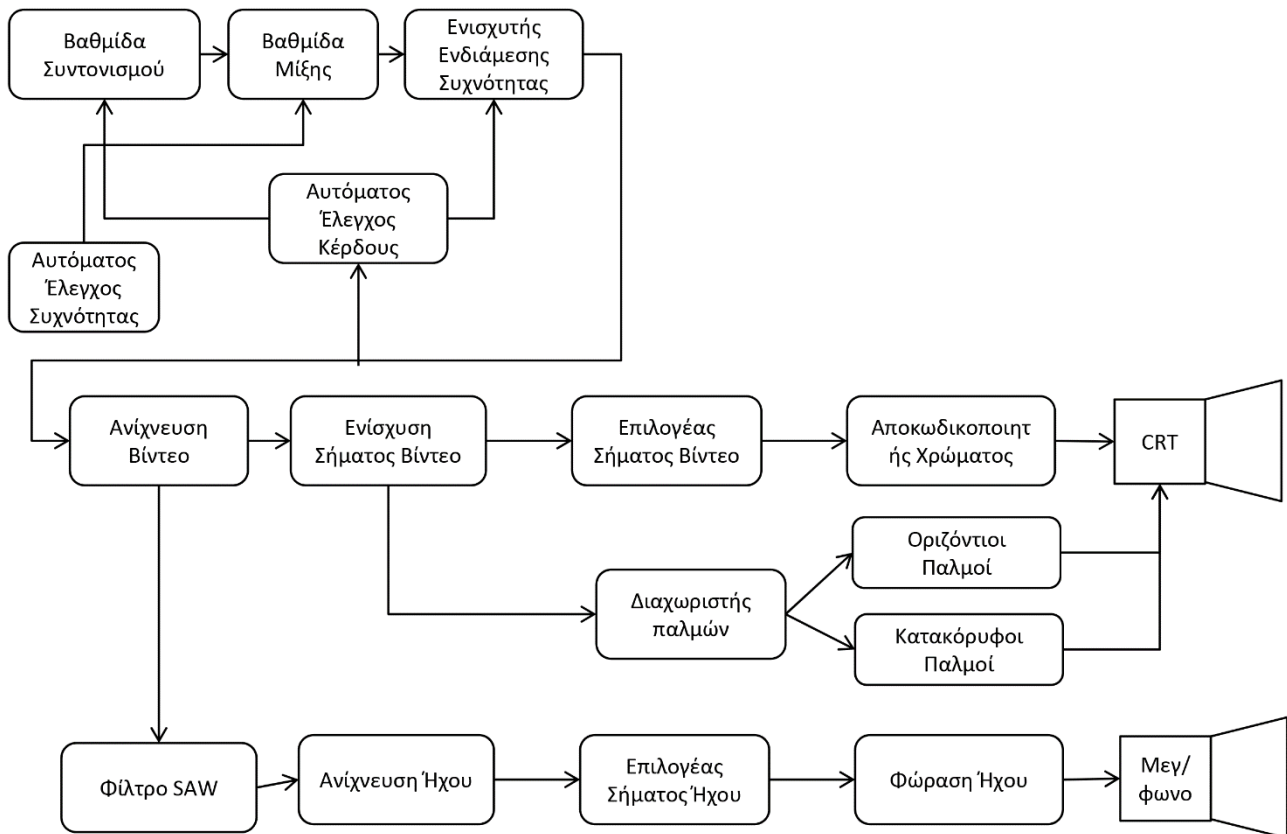
Οι βασικές βαθμίδες του αναλογικού τηλεοπτικού δέκτη απεικονίζονται στην επόμενη εικόνα και περιλαμβάνουν τις εξής:

- Βαθμίδα συντονισμού
- Βαθμίδα μίξης
- Ενισχυτής ενδιάμεσης συχνότητας

- Ανιχνευτής σήματος βίντεο
- Αποκωδικοποιητής χρώματος και μήτρα RGB
- Βαθμίδα απεικόνισης (καθοδικός σωλήνας, Cathode Ray Tube, CRT)
- Ακουστικό φίλτρο (Surface Acoustic Wave, SAW)

Η βαθμίδα συντονισμού επιλέγει τη συχνότητα του φέροντος στην μπάντα των UHF (ή και των VHF) για το κανάλι το οποίο έχει επιλέξει ο χρήστης. Ακολουθεί η μετατροπή (υποβίβαση) της συχνότητας του σήματος στην ενδιάμεση συχνότητα (Intermediate Frequency, IF) η οποία είναι στα 39,5 MHz. Η υποβίβαση αυτή της συχνότητας γίνεται με μίξη στη βαθμίδα μίξης. Το διαμορφωμένο σήμα ενδιάμεσης συχνότητας ενισχύεται από τον ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται ένα βασικό διάγραμμα του δέκτη και επεξηγείται στη συνέχεια.



**Εικόνα 9.1** Βασικές βαθμίδες αναλογικού δέκτη.

Το σήμα ενδιάμεσης συχνότητας αποδιαμορφώνεται προκειμένου να επανακτηθεί το αναλογικό σήμα βίντεο (Color Video Blanking & Synchronization, CVBS). Το σήμα CVBS διαχωρίζεται στα τρία βασικά του τμήματα τα οποία περιλαμβάνουν το βίντεο, τον ήχο και τα σήματα συγχρονισμού. Ο επιλογέας βίντεο επιλέγει κάθε ένα από τα σήματα βίντεο για την περαιτέρω επεξεργασία. Το σήμα CVBS από τον επιλογέα μεταφέρεται στον αποκωδικοποιητή χρώματος για τη δημιουργία των συνιστωσών RGB (ή YUV) οι οποίες μέσω της μήτρας RGB και ενίσχυσης οδηγούνται στον καθοδικό σωλήνα CRT.

Το υποφέρον του ήχου στα 6 MHz διαχωρίζεται κατά το στάδιο της ανίχνευσης του βίντεο με τη χρήση ενός φίλτρου ακουστικών συχνοτήτων (Surface Acoustic Wave, SAW). Το σήμα ήχου το οποίο είναι διαμορφωμένο κατά FM, υφίσταται φώραση, ενίσχυση και κατόπιν οδηγείται στο σύστημα ηχείων.

Οι παλμοί συγχρονισμού αφαιρούνται από την πληροφορία του βίντεο κατά την έξοδο του σήματος από τον ενισχυτή βίντεο, διαχωρίζονται σε γραμμές συγχρονισμού γραμμής και πεδίου (οριζόντιου και κατακόρυφου συγχρονισμού αντίστοιχα) και συνδέονται με την πληροφορία χρονοσυστάσεως. Αφού ενισχυθούν, οι παλμοί γραμμής και πεδίου χρησιμοποιούνται για την απόκλιση της δέσμης ηλεκτρονίων εντός του καθοδικού σωλήνα (οριζόντια και κατακόρυφα) με χρήση των πηνίων απόκλισης του καθοδικού σωλήνα.

Το σύστημα αυτομάτου ελέγχου του κέρδους (Automatic Gain Control, AGC) χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει ότι η έξοδος του σήματος από τη βαθμίδα ενδιάμεσης συχνότητας είναι σταθερή όσον αφορά το πλάτος ανεξάρτητα από τις διαφοροποιήσεις οι οποίες μπορεί να υπάρχουν στην ένταση του ληφθέντος σήματος. Το AGC πραγματοποιεί τρεις βασικές ενέργειες στον δέκτη:

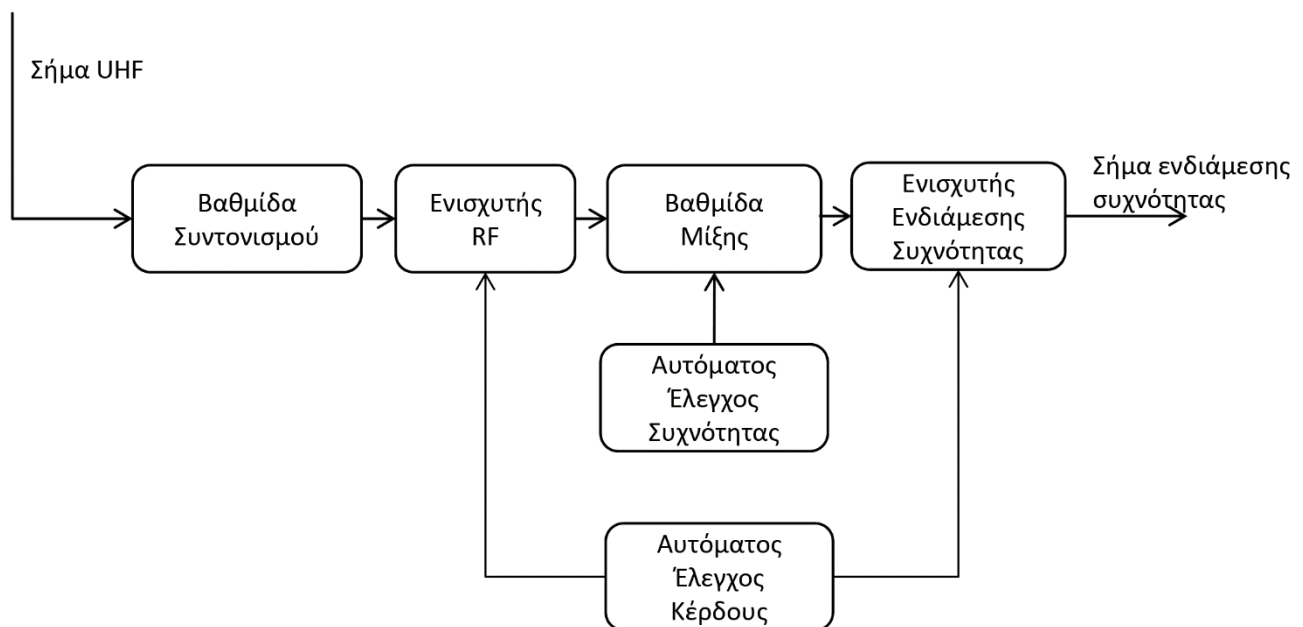
- Επιτρέπει την αλλαγή (όσον αφορά τη λήψη / συντονισμό) από ένα κανάλι με ισχυρή λήψη σε κάποιο άλλο με ασθενέστερη και αντίστροφα, χωρίς να χρειάζεται προσαρμογή ο δέκτης (αναφορικά με τη στάθμη της ενίσχυσης).
- Αποτρέπει την υπερφόρτωση των σταδίων ενίσχυσης στη ραδιοσυχνότητα αλλά και την ενδιάμεση συχνότητα (RF/IF) γεγονός το οποίο θα προκαλούσε παραμόρφωση στο σήμα.
- Μειώνει την ανεπιθύμητη ταλάντωση από ανακλάσεις του μεταδιδόμενου σήματος λόγω κινούμενων αντικειμένων όπως π.χ. τα αεροπλάνα. Η αποτελεσματικότητα της μείωσης της ταλάντωσης εξαρτάται από τη σταθερά χρόνου του κυκλώματος του AGC.

Το σύστημα αυτόματου ελέγχου της συχνότητας (Automatic Frequency Control, AFC) χρησιμοποιείται ώστε να διατηρεί σταθερή τη συχνότητα της βαθμίδας ενδιάμεσης συχνότητας στην τιμή των 39,5 MHz (ενδιάμεση συχνότητα).

### 9.2.1 Βαθμίδα Εισόδου

Τα τμήματα που αποτελούν τη βαθμίδα εισόδου του δέκτη είναι η βαθμίδα συντονισμού (στις συχνότητες RF), η βαθμίδα μίξης (μίκτης) και ο ενισχυτής ενδιάμεσης συχνότητας (IF). Το κύκλωμα συντονισμού χρησιμοποιείται για την επιλογή της συχνότητας ενός καναλιού, την ενίσχυση του σήματος που λαμβάνεται (στη συχνότητα RF) και τη μετατροπή σε σήμα ενδιάμεσης συχνότητας ώστε να ενισχυθεί περαιτέρω από τη βαθμίδα ενδιάμεσης συχνότητας. Το κύκλωμα συντονισμού βρίσκεται εντός μεταλλικού περιβλήματος για την αποφυγή εξωτερικών παρεμβολών.

Οι λειτουργίες της βαθμίδας εισόδου παρίστανται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 9.2 Βαθμίδα εισόδου του δέκτη.

Το κύκλωμα συντονισμού πρέπει να μπορεί να επιλέγει οποιοδήποτε κανάλι από τις μπάντες της τηλεόρασης IV και V (των UHF) και επίσης να μπορεί να επιτύχει επαρκή ενίσχυση τις συχνότητες RF με επαρκή σηματοθρομβικό λόγο (Signal to Noise Ratio, SNR) και ελάχιστη μετατόπιση συχνότητας. Για τον σκοπό αυτό απαιτούνται συνήθως πολλαπλές βαθμίδες ενίσχυσης RF πριν το κύκλωμα μίξης. Η κεραία

συνδέεται με το κύκλωμα συντονισμού μέσω ενός κυκλώματος απομόνωσης. Το κύκλωμα συντονισμού μπορεί να είναι ένας συντονιστής τύπου Hartley ή Colpitts. Ένα φίλτρο υψηλών συχνοτήτων στην είσοδο του ενισχυτή RF αποκόπτει τις μη επιθυμητές συχνότητες. Το κύκλωμα μίξης μετατρέπει το σήμα RF σε ένα σήμα ενδιάμεσης συχνότητας στα 39.5MHz.

Ο ενισχυτής και ο ταλαντωτής RF χρησιμοποιούν κυκλώματα συντονισμού LC. Δεδομένου ότι η συχνότητα συντονισμού είναι αυτή του φέροντος η οποία είναι αρκετά υψηλή (στην τάξη των 370–862 MHz).

## 9.2.2 Κύκλωμα Μίξης

Ο στόχος του κυκλώματος μίξης είναι η αλλαγή της συχνότητας από την τιμή του φέροντος στα UHF σε μια ενδιάμεση συχνότητα (Intermediate Frequency, IF). Η ενδιάμεση συχνότητα είναι κοινή για όλα τα κανάλια στα οποία μπορεί ο δέκτης να συντονιστεί. Η τεχνική υποβιβασμού της συχνότητας σε μια κοινή ενδιάμεση συχνότητα ονομάζεται υπερ-ετεροδύωση (superheterodyne).

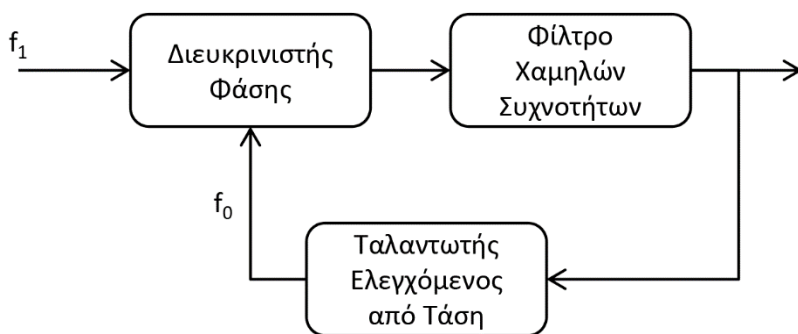
Ένα τρανζίστορ δημιουργεί ταλάντωση στη συχνότητα  $f_o$ , η οποία είναι κατά 39,5MHz υψηλότερη από τη συχνότητα του καναλιού  $f_c$ . Το μη γραμμικό τμήμα της χαρακτηριστικής του τρανζίστορ χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει το άθροισμα ( $f_o+f_c$ ) και τη διαφορά ( $f_o-f_c$ ) των δύο συχνοτήτων μαζί με τις συχνότητες  $f_o$  και  $f_c$ . Το κύκλωμα συντονισμού, με τη βοήθεια και του σχετικού φίλτρου, επιλέγει τη συνιστώσα με τη διαφορά των συχνοτήτων  $f_o-f_c=39,5\text{MHz}$ .

Κατά τον αυτόματο συντονισμό των καναλιών το κύκλωμα συντονισμού σαρώνει ολόκληρη την τηλεοπτική μπάντα, σταματώντας κάθε φορά που συναντά κάποιο σταθμό ώστε να τον αποθηκεύσει στη μνήμη.

### 9.2.2.1 Σύνθεση Συχνότητας

Η σύνθεση συχνότητας επιτρέπει την επιλογή του αριθμού ενός καναλιού (στην μπάντα των VHF ή των UHF) και τον συντονισμό στην αντίστοιχη συχνότητα. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια ενός σταθερού κρυσταλλικού ταλαντωτή σε ένα κύκλωμα / βρόχο κλειδώματος φάσης (Phase Locked Loop, PLL). Ο βρόχος κλειδώματος φάσης επιτυγχάνει σταθερότητα στο σήμα εξόδου της ενδιάμεσης συχνότητας. Χρησιμοποιείται σε μια σειρά κυκλωμάτων συμπεριλαμβανομένου και του αποκωδικοποιητή χρώματος.

Η αρχή λειτουργίας παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα. Αποτελείται από έναν διευκρινιστή φάσης, ένα Φίλτρο Χαμηλών Συχνοτήτων και έναν ταλαντωτή ελεγχόμενο από τάση (Voltage Controlled Oscillator, VCO).



Εικόνα 9.3 Βρόχος κλειδώματος φάσης.

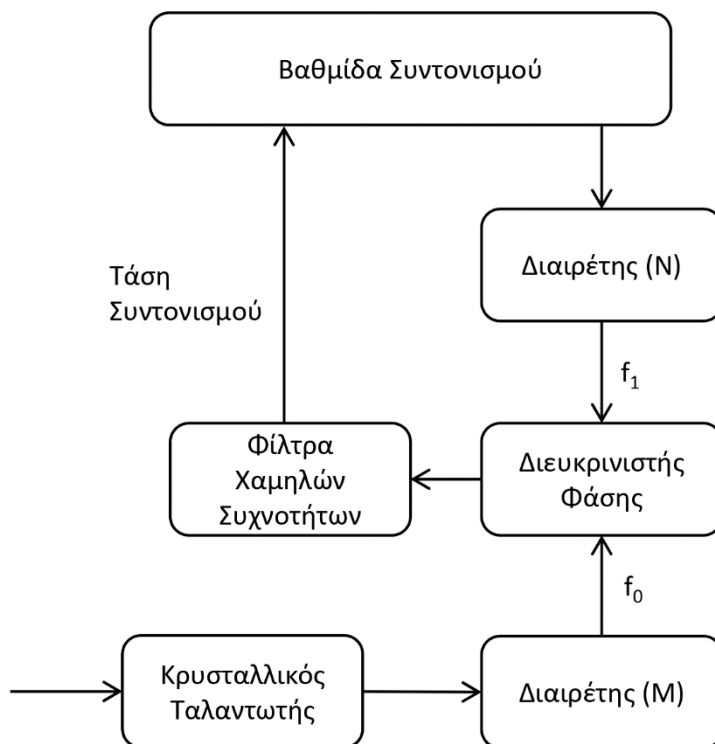
Χωρίς σήμα (ανάδρασης) στον διευκρινιστή φάσης, ο ταλαντωτής δημιουργεί μια συγκεκριμένη συχνότητα  $f_o$ . Με την είσοδο ενός σήματος ο διευκρινιστής συγκρίνει τη συχνότητα του σήματος εισόδου έστω  $f_1$  με αυτή που δημιουργείται από τον ταλαντωτή (το VCO), δηλαδή την  $f_o$ . Τυχόν διαφορά στις συχνότητες αυτές συνεπάγεται μια σταθερή τάση η οποία αφού φιλτραριστεί (ώστε να αποκοπούν οι υψηλές συχνότητες) εισάγεται στον (στην ουσία ελέγχει τον) ταλαντωτή και τον κάνει να αλλάξει τη συχνότητα του. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να εξισωθούν οι δύο συχνότητες, οπότε λέμε ότι το PLL έχει κλειδώσει.

### 9.2.2.2 Συντονισμός με Σύνθεση

Ο συντονισμός με σύνθεση συχνότητας (*Frequency Synthesized Tuning, FST*) δημιουργεί μια συχνότητα με σταδιακή αύξηση της τιμής. Στον συντονισμό με τη σύνθεση συχνότητας η τάση συντονισμού προέρχεται από ένα προγραμματιζόμενο PLL το οποίο αποτελείται από τον τοπικό ταλαντωτή, έναν ελεγχόμενο βαθμονομητή (scaler), έναν διευκρινιστή φάσης και ένα φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων.

Ένα δείγμα της συχνότητας του τοπικού (κρυσταλλικού) ταλαντωτή εισέρχεται στον διευκρινιστή φάσης μέσω ενός ελεγχόμενου διαιρέτη, ο οποίος ονομάζεται προ-διαμορφωτής. Ο ελεγχόμενος διαιρέτης διαιρεί τη συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή με την τιμή  $M$  οπότε έστω προκύπτει η τιμή της συχνότητας  $f_1$ .

Η βαθμίδα συντονισμού λειτουργεί σε μια συχνότητα την οποία θέλουμε να προσαρμόσουμε. Για τον σκοπό αυτό διαιρούμε τη συχνότητα αυτή με τη βοήθεια ενός ελεγχόμενου διακόπτη. Αυτός διαιρεί τη συχνότητα του σήματος με την τιμή  $N$ . Η τιμή  $N$  προκύπτει από την επιλογή του καναλιού και καθορίζει την συχνότητα  $f_i$  η οποία εισέρχεται ως είσοδος στο διευκρινιστή φάσης. Ο διευκρινιστής συγκρίνει τη συχνότητα  $f_i$  με μια συχνότητα αναφοράς  $f_0$  η οποία προέρχεται από τον τοπικό ταλαντωτή. Οι βασικές βαθμίδες φαίνονται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 9.4 Συντονισμός με σύνθεση.

Η έξοδος σταθερής τάσης η οποία δημιουργείται είναι ανάλογη της διαφοράς των συχνοτήτων. Μετά το φιλτράρισμα η έξοδος αυτή δίνεται ως είσοδος στη βαθμίδα συντονισμού ώστε να τροποποιήσει κατάλληλα τη συχνότητά του και σταδιακά η τάση που προκύπτει από τον διευκρινιστή να μηδενιστεί. Η σταθερότητα του κυκλώματος συντονισμού εξαρτάται από τη σταθερότητα της συχνότητας αναφοράς. Για αυτόν τον λόγο η συχνότητα η οποία προέρχεται από τον κρυσταλλικό ταλαντωτή διαιρείται με έναν μεγάλο αριθμό ώστε να ενισχυθεί περαιτέρω η σταθερότητα. Η λειτουργία της σύνθεσης δίνει εν γένει πολύ σταθερή έξοδο χωρίς μετατόπιση συχνότητας.

### 9.2.2.3 Μίξη

Το σήμα ενδιάμεσης συχνότητας δημιουργείται μετά τη μίξη του σήματος RF με το σήμα του τοπικού ταλαντωτή. Ο τοπικός ταλαντωτής δημιουργεί ένα σήμα του οποίου η συχνότητα είναι κατά 39,5MHz υψηλότερη από τη συχνότητα του φέροντος του καναλιού. Η ενδιάμεση συχνότητα προκύπτει από την

επιλογή, μέσω φιλτραρίσματος, του όρου που αντιστοιχεί στη διαφορά μεταξύ των δύο συχνοτήτων: της συχνότητας του τοπικού ταλαντωτή μείον τη συχνότητα του εισερχόμενου σήματος.

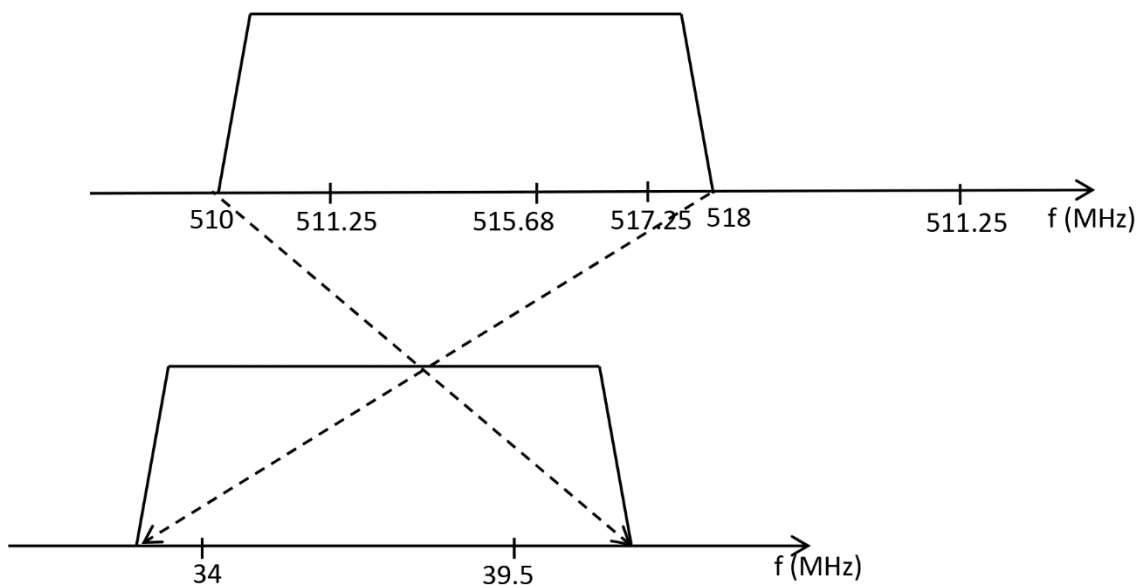
Εάν, λοιπόν, ο δέκτης συντονίζεται σε ένα κανάλι στα 511,25 MHz τότε ο τοπικός ταλαντωτής λειτουργεί στη συχνότητα

$$f_0 = 511,25 + 39,5 = 550,75 \text{ MHz.} \quad (1)$$

Η φέρουσα συχνότητα του ήχου είναι πιο υψηλή από αυτή της φέρουσας του βίντεο (ανάλογα, βέβαια, με το σύστημα που χρησιμοποιείται). Ας θεωρήσουμε ότι είναι υψηλότερη κατά 5,5 MHz οπότε η φέρουσα του ήχου βρίσκεται στα:

$$511,25 + 5,5 = 516,75 \text{ MHz.} \quad (2)$$

Μετά τη μίξη, η φέρουσα του βίντεο είναι στα 39,5 MHz και η δε φέρουσα του ήχου είναι κατά 5,5 MHz πιο χαμηλά, δηλαδή στα 34 MHz, λόγω της μίξης. Το αποτέλεσμα της μίξης παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα. Στο πάνω μέρος παρατηρούμε το φάσμα του τηλεοπτικού καναλιού καθώς αυτό εισέρχεται στη βαθμίδα της λήψης. Έστω ότι μας απασχολεί το κανάλι 26 των UHF το οποίο εκκινεί στα 510 MHz. Στο κάτω μέρος παρατηρούμε το φάσμα του σήματος που προκύπτει κατόπιν της μίξης, του πολλαπλασιασμού, δηλαδή, με το σήμα του τοπικού ταλαντωτή και στη συνέχεια του φιλτραρίσματος ώστε να παραμείνουν μόνο οι ενδιάμεσες συχνότητες.



Εικόνα 9.5 Μίξη.

Παρατηρούμε ότι το φάσμα του καναλιού αναστρέφεται λόγω της μίξης και οι συχνότητες των φερουσών υποβιβάζονται σε αυτές που ονομάζουμε ενδιάμεσες συχνότητες (34 MHz για τον ήχο και 39,5 MHz για το σήμα της φωτεινότητας). Ανεξαρτήτως του καναλιού στο οποίο συντονίζεται ο δέκτης, οι ενδιάμεσες συχνότητες έχουν τις ίδιες τιμές.

### 9.2.3 Απόκριση Ενδιάμεσης Συχνότητας

Η απόκριση συχνότητας της βαθμίδας ενδιάμεσης συχνότητας στοχεύει (α) στο να περιορίσει την επίδραση του προηγούμενου και του επόμενου καναλιού, μηδενίζοντας τα σημεία (συχνότητες) όπου υπάρχει η

μεγαλύτερη ισχύς και (β) στο να εξασφαλίσει ότι η ενίσχυση του σήματος που εισέρχεται στον ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας είναι τέτοια που δεν θα παραμορφώσει το σήμα.

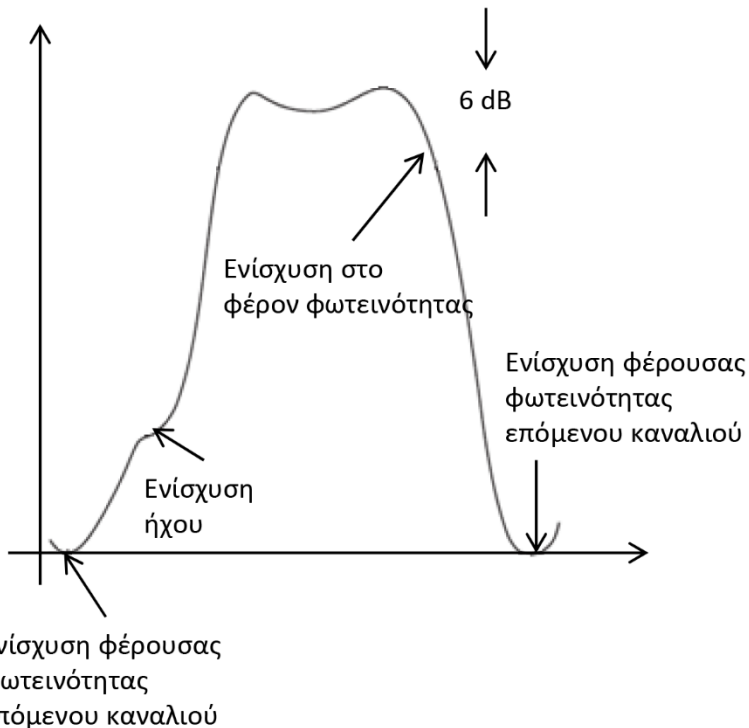
Ο περιορισμός της επίδρασης του προηγούμενου και του επόμενου καναλιού γίνεται ως εξής:

- Απόρριψη του φάσματος από το επόμενο κανάλι για να περιοριστεί κατά το δυνατόν ο θόρυβος. Η συχνότητα του φέροντος της φωτεινότητας του επόμενου καναλιού είναι κατά 8 MHz κάτω από τη φέρουσα του βίντεο, δηλαδή στα  $39,5-8=31,5$  MHz.
- Η απόρριψη του ήχου του προηγούμενου καναλιού. Η ενδιάμεση συχνότητα της φέρουσας του ήχου είναι κατά 8 MHz υψηλότερη από τη φέρουσα του ήχου, δηλαδή στα  $34+8=42$  MHz.

Αναφορικά με τη μορφή του κέρδους για την ενίσχυση ενδιάμεση, ο ενισχυτής πρέπει:

- Να πετύχει απόσβεση 26 dB στα 33,5 MHz. Αυτό γίνεται για να αποτρέψει παρεμβολή μεταξύ των σημάτων του βίντεο και του ήχου. Στο σημείο παρατηρούμε ένα σκαλοπάτι ώστε να σταθεροποιηθεί η ενίσχυση του σήματος ήχου. Το σκαλοπάτι αυτό αποτρέπει τη διαμόρφωση κατά πλάτος του σήματος του ήχου (γιατί σε μια τέτοια περίπτωση θα έπρεπε να θεωρηθεί τμήμα του σήματος βίντεο και θα γινόταν αποδιαμόρφωση αυτού, δημιουργώντας θόρυβο στην οθόνη).
- Να επιτύχει μια σταθερή πτώση στο πλάτος από τα 38 MHz μέχρι και τα 41 MHz για να εξυπηρετήσει τη διαμόρφωση υπολειπόμενη πλευρικής ζώνης και να δώσει έμφαση στις συχνότητες που μεταδίδονται μία μόνο φορά.

Στο επόμενο σχήμα αναπαρίσταται η απόκριση συχνότητας του ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας ενός τηλεοπτικού δέκτη.



**Εικόνα 9.6** Απόκριση συχνότητας ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας.

Παρατηρούμε ότι στα 4,43 MHz από τη φέρουσα του βίντεο βρίσκεται η υποφέρουσα του χρώματος η οποία κατά την ενδιάμεση συχνότητα πέφτει στα  $39,5-4,43=35,07$  MHz και απέχει λίγο από τη φέρουσα του ήχου IF. Για να αποφευχθεί παρεμβολή θα πρέπει το πλάτος της απόκρισης να καλύπτει τη φέρουσα του χρώματος, αλλά στη συνέχεια να πέφτει σχετικά απότομα ώστε να μην ενισχύεται το κομμάτι που αφορά τον



ήχο. Εάν δεν συμβεί αυτό θα έχουμε *συνδιαμόρφωση* μεταξύ του φέροντος του χρώματος στα 4,43 MHz και του φέροντος του ήχου στα 5,5 MHz.

### 9.2.4 Φωρατής Οπτικού Σήματος

Κατά τη διαμόρφωση πλάτους του σήματος βίντεο η χρήσιμη πληροφορία, την οποία θέλουμε να ανακτήσουμε κατά την αποδιαμόρφωση, βρίσκεται στην αλλαγή του πλάτους στο φέρον. Αυτό σημαίνει ότι ο φωρατής εικόνας πρέπει να δημιουργήσει εκ νέου την περιβάλλουσα η οποία αντιστοιχεί στο αρχικό σήμα, απομακρύνοντας ταυτόχρονα το φέρον σήμα το οποίο έχει την υψηλή συχνότητα.

Η αποδιαμόρφωση (φώραση) γίνεται με μια δίοδο ανόρθωσης και ένα Φίλτρο Χαμηλών Συχνοτήτων. Ο φωρατής πρέπει να έχει μικρότερη σταθερά χρόνου από τον κύκλο του σήματος εικόνας που είναι στα 5,5 MHz και μεγαλύτερο από έναν κύκλο της φέρουσας συχνότητας που είναι στα 39,5 MHz.

Ο *διαχωριστής παλμών* διαχωρίζει τους παλμούς στο σύνθετο βίντεο και τους διακρίνει στους παλμούς γραμμής και πεδίου. Η διαδικασία αυτή πρέπει να είναι ανεξάρτητη από το περιεχόμενο της εικόνας αλλά και του πλάτους του σήματος βίντεο. Όπως έχουμε δει στα προηγούμενα, οι παλμοί επιστροφής (οριζόντιοι και κατακόρυφοι) καταλαμβάνουν περίπου το 25% του συνολικού σήματος.

Ο παλμός επιστροφής γραμμής (οριζόντιος) είναι ένας απλός παλμός, ενώ ο παλμός πεδίου αποτελείται από μία κυματομορφή διαμορφωμένη με βάση το μήκος των παλμών (Pulse Width Modulation, PWM) η οποία αποτελείται από πέντε διαδοχικούς παλμούς με συχνότητα διπλάσια αυτής των παλμών γραμμής.

### 9.2.5 Διαχείριση Πληροφορίας Χρώματος

Η πληροφορία του χρώματος διαμορφώνεται με διπλευρική διαμόρφωση καταπιεσμένου φέροντος (Double Side Band Suppressed Carrier, DSB-SC) με το φέρον στα 4,43-MHz. Τα δύο επιμέρους σήματα που αποτελούν το χρώμα διαμορφώνονται με διαφορά φάση 90°, οπότε επιτυγχάνεται ορθογωνική διαμόρφωση (Quadrature Amplitude Modulation, QAM). Όπως είδαμε οι χρωμοδιαφορές  $C_b$  και  $C_r$ , μετατρέπονται σε σήματα U και V και διαμορφώνουν το υποφέρον κατά QAM. Το φέρον αυτό αποτελεί και τμήμα του σήματος σύνθετου βίντεο.

Στον δέκτη η πληροφορία του χρώματος διαχωρίζεται από το σήμα φωτεινότητας με χρήση ενός ειδικού φίλτρου (Combfiler), αποκωδικοποιείται και εφαρμόζεται σε μήτρα η οποία επαναφέρει το σήμα στην μορφή RGB ώστε να εφαρμοστεί στον καθοδικό σωλήνα. Οι βασικές βαθμίδες για την επεξεργασία του σήματος βίντεο περιλαμβάνουν το τμήμα επεξεργασίας του σήματος burst, τη βαθμίδα αποκωδικοποίησης του χρώματος και τον ενισχυτή του σήματος χρώματος.

#### 9.2.5.1 Επεξεργασία του σήματος burst

Το σήμα burst αποτελείται από ένα τμήμα του φέροντος του χρώματος ώστε να είναι δυνατή η επαναδημιουργία του στον δέκτη (αφού κατά τη διαμόρφωση το φέρον του χρώματος καταπνίγεται στο πλαίσιο της διαμόρφωσης DSB-SC). Συγκεκριμένα, το φέρον του χρώματος πρέπει να αποκατασταθεί με ακρίβεια τόσο όσον αφορά τη συχνότητα όσο και τη φάση. Τα δύο υπο-φέροντα διαφέρουν μεταξύ τους κατά 90° ώστε να είναι μεταξύ τους ορθογώνια.

Υπενθυμίζεται ότι ο βασικό σημείο διαφοροποίησης του συστήματος PAL σε σχέση με το σύστημα NTSC είναι η αλλαγή της φάσης της χρωμοδιαφοράς  $C_r$  ανά δύο γραμμές ώστε να αντιμετωπίζεται πιο αποτελεσματικά το τυχόν φασικό σφάλμα. Αυτό σημαίνει ότι στο σύστημα PAL το υποφέρον της χρωμοδιαφοράς του  $C_r$  η φάση πρέπει να αντιστρέφεται ανά δύο γραμμές (λόγω της αλλαγής φάσης κατά 180°).

Το σήμα burst αποτελείται από 10 κύκλους του υποφέροντος βρίσκεται στο πίσω μέρος του παλμού οριζόντιου συγχρονισμού. Το σήμα αυτό, πέρα από την επαναδημιουργία του χρωμοφέροντος, επιτρέπει τον αυτόματο έλεγχο του μέτρου του σήματος των χρωμάτων (Automatic Chrominance Control, ACC). Το ACC αποτρέπει την αλλαγή του μέτρου του σήματος χρώματος σε σχέση με το πλάτος του σήματος φωτεινότητας λόγω εξωτερικών συνθηκών της διάδοσης. Το κέρδος της βαθμίδας αυτής είναι μεταβλητό με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που ισχύει για τον ενισχυτή της ενδιάμεσης συχνότητας. Συγκεκριμένα, το σήμα ελέγχου του ACC είναι ανάλογο με το σήμα της χρωμικότητας. Το σήμα ελέγχου δεν προέρχεται από τις τιμές του

σήματος χρώματος (αφού αυτό είναι μεταβλητό) αλλά από το σήμα burst το οποίο έχει σταθερό πλάτος. Μια πτώση σε αυτό το πλάτος οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στις εξωτερικές συνθήκες.

Στην περίπτωση αποστολής ασπρόμαυρου προγράμματος απαιτείται μια βαθμίδα η οποία απενεργοποιεί τον ενισχυτή του χρώματος. Η βαθμίδα αυτό ονομάζεται *φονέας χρώματος* και ενεργοποιείται με την απουσία του σήματος burst.

### 9.2.5.2 Αποδιαμόρφωση Χρώματος

Το σήμα χρωματικής πληροφορίας διαχωρίζεται από το σήμα φωτεινότητας πριν την αποδιαμόρφωση. Το εύρος ζώνης του σήματος χρώματος κυμαίνεται γύρω στο 1 MHz. Ο διαχωρισμός των σημάτων γίνεται με χρήση ενός ειδικού φίλτρου, το οποίο ονομάζεται φίλτρο χτένας (comb filter). Στη συνέχεια το σήμα χρώματος διαχωρίζεται στις δύο συνιστώσες U και V καθεμία από τις οποίες αποκωδικοποιείται ξεχωριστά ώστε να δώσει τις αντίστοιχες χρωμοδιαφορές. Τα δύο σήματα οδηγούνται στους αποδιαμορφωτές, οι οποίοι τροφοδοτούνται με το χρωμοφέρρον στα 4,43MHz στη σωστή φάση για να έχουμε σύγχρονη αποδιαμόρφωση.

Τα σήματα (χρωμοδιαφορές) που προκύπτουν έχουν ήδη υποστεί διόρθωση γάμμα. Η δε τρίτη χρωμοδιαφορά προκύπτει από τις δύο προηγούμενες και την φωτεινότητα. Οι τρεις χρωμοδιαφορές μαζί με την φωτεινότητα οδηγούνται στην μήτρα RGB. Προσθέτοντας την φωτεινότητα στις χρωμοδιαφορές προκύπτουν οι αρχικές συνιστώσες R, G και B οι οποίες και οδηγούνται στη συσκευή απεικόνισης (για παλαιότερες συσκευές στον καθοδικό σωλήνα).

Λόγω της διαδικασίας αποκωδικοποίησης το σήμα του χρώματος έχει κάποια καθυστέρηση σε σχέση με το σήμα της φωτεινότητας. Για τον σκοπό αυτό το σήμα φωτεινότητας υφίσταται μια αντίστοιχη καθυστέρηση.

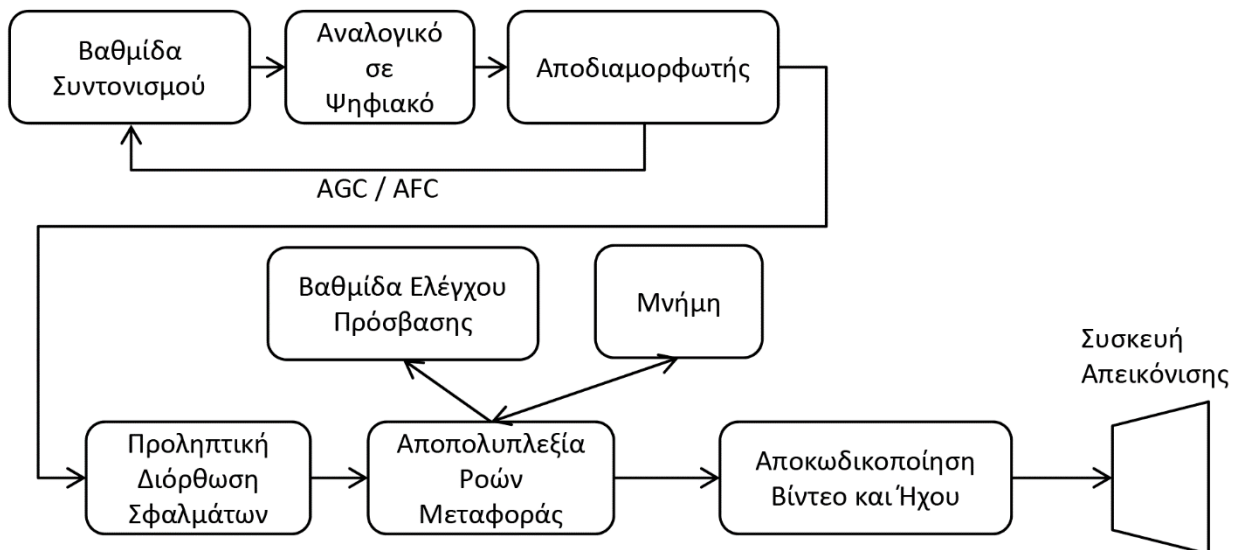
## 9.3 Ψηφιακός Δέκτης

Στην περίπτωση του ψηφιακού σήματος, ο δέκτης πρέπει να είναι σε θέση να λάβει, να επεξεργαστεί και να αποκωδικοποιήσει το ψηφιακό σήμα. Αυτό γίνεται είτε απευθείας με χρήση των βαθμίδων του δέκτη, είτε με τη βοήθεια ενός επιτραπέζιου αποκωδικοποιητή (Set Top Box, STB) με τη δεύτερη περίπτωση να αφορά κυρίως σε παλαιότερα μοντέλα τηλεοπτικών δεκτών χωρίς τη δυνατότητα αποκωδικοποίησης του ψηφιακού σήματος (63, 64).

Οι βασικές λειτουργίες του τηλεοπτικού δέκτη στην περίπτωση του ψηφιακού σήματος, περιλαμβάνουν:

- Την επιλογή και τον συντονισμό στο κανάλι.
- Την εξαγωγή των δεδομένων που αφορούν το πρόγραμμα.
- Την αποκωδικοποίηση των δεδομένων του προγράμματος.
- Τον έλεγχο των δικαιωμάτων του χρήστη και
- Την αναπαραγωγή του βίντεο, του ήχου και των τυχόν υπηρεσιών στη συσκευή του χρήστη.

Το επόμενο σχήμα δείχνει τα βασικά στοιχεία ενός ψηφιακού αποκωδικοποιητή.



**Εικόνα 9.7** Βασικές βαθμίδες ψηφιακού δέκτη.

Περιγράφουμε στη συνέχεια συνοπτικά τα βασικά βήματα που εκτελούνται. Το ψηφιακό σήμα εισέρχεται στη συσκευή του χρήστη με τρόπο αντίστοιχο με την περίπτωση του αναλογικού σήματος, με χρήση της κεραίας επίγειας λήψης. Στη συνέχεια το υψηλής συχνότητας σήμα μετατρέπεται σε σήμα ενδιάμεσης συχνότητας.

Η βαθμίδα συντονισμού εξαρτάται από το είδος της μετάδοσης (επίγειας, δορυφορικής και καλωδιακής). Για τον σκοπό αυτό αποτελείται από το κύκλωμα συντονισμού (tuner), τον μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό (ADC), τον αποδιαμορφωτή και τη βαθμίδα προληπτικής διόρθωσης σφαλμάτων. Εάν απαιτείται έλεγχος πρόσβασης ο αποπλέκτης αποστέλλει τη ροή στη βαθμίδα ελέγχου πρόσβασης (Conditional Access Module, CAM), η οποία ελέγχει τα δικαιώματα του χρήστη στο συγκεκριμένο πρόγραμμα ή υπηρεσία. Ο έλεγχος αυτός γίνεται συνήθως με τη συνεργασία υλικού (για παράδειγμα, μιας έξυπνης κάρτας) το οποίο διαπιστώνει την ταυτότητα του αποκωδικοποιητή.

Στην περίπτωση που ο έλεγχος έχει θετικό αποτέλεσμα (ή εάν δεν απαιτείται κάποιος έλεγχος αφού π.χ. το πρόγραμμα διατίθεται ελεύθερα), η ροή μεταφοράς αποστέλλεται στον αποπλέκτη. Το επόμενο βήμα αφορά την εξαγωγή της ροής μεταφοράς MPEG (Transport Stream) που αφορά το πρόγραμμα που έχει επιλέξει ο χρήστης. Όπως έχει συζητηθεί στα προηγούμενα, η ροή μεταφοράς αποτελείται από πακέτα των 204 Bytes τα οποία ανήκουν σε ένα ή περισσότερα τηλεοπτικά προγράμματα και χρειάζεται να υποστούν αποπολυπλεξία με χρήση της αντίστοιχης βαθμίδας.

Η βαθμίδα αυτή (αποπλέκτης) επιλέγει τα πακέτα τα οποία αφορούν το συγκεκριμένο πρόγραμμα (με χρήση των σχετικών πινάκων και του αναγνωριστικού πεδίου PID) όπου περιγράφονται οι ροές μεταφοράς. Τα επιλεγμένα πακέτα ενώνονται εκ νέου και ανασυνθέτουν τις πακετοποιημένες στοιχειώδεις ροές (Packetized Elementary Stream, PES) του προγράμματος. Με τη βοήθεια μνήμης αποθηκεύεται προσωρινά το περιεχόμενο μέχρι να φτάσει στον αποκωδικοποιητή.

Ο αποκωδικοποιητής MPEG αποκωδικοποιεί το βίντεο και τον ήχο από τις πακετοποιημένες στοιχειώδεις ροές (PES). Συγκεκριμένα μετατρέπει τις ροές PES του βίντεο στα αρχικά σήματα: την φωτεινότητα Y και τις χρωμοδιαφορές Cb και Cr. Οι εικόνες δημιουργούνται εκ νέου από τα πλαίσια τύπου I, P και B. Η σύνθεση αυτή προϋποθέτει την ταυτόχρονη αποθήκευση αυτών των πλαισίων, με τη βοήθεια της μνήμης της συσκευής. Τα τρία επιμέρους σήματα στη συνέχεια αποστέλλονται στη συσκευή απεικόνισης.

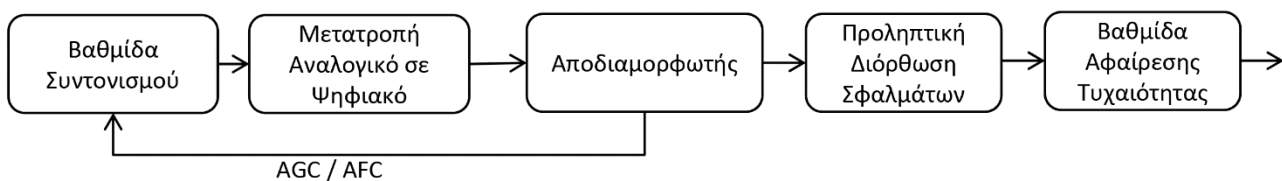
Τα πακέτα του ήχου αποκωδικοποιούνται ώστε να παράγουν τα δύο αναλογικά σήματα από τα οποία προέρχονται το δεξί και το αριστερό. Αντίστοιχη μνήμη χρησιμοποιείται και υπάρχει μια καθυστέρηση (περίπου 1 second) για τον συγχρονισμό βίντεο και ήχου. Αυτό συμβαίνει επειδή η αποκωδικοποίηση του βίντεο απαιτεί περισσότερο χρόνο σε σχέση με την αντίστοιχη του ήχου.

### 9.3.1 Συντονισμός και Αποκωδικοποίηση Καναλιού

Οι λειτουργίες του αποκωδικοποιητή καναλιού εξαρτώνται από τον τύπο του δέκτη (επίγειος, δορυφορικός ή καλωδιακός, DVB-S, DVB-T και DVB-C αντίστοιχα). Η βαθμίδα εισόδου αποτελείται από τα εξής βασικά υποσυστήματα:

- Βαθμίδα συντονισμού.
- Μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό.
- Αποδιαμορφωτή OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) στην περίπτωση της επίγειας λήψης.
- Βαθμίδα προληπτικής διόρθωσης σφαλμάτων (Forward Error Correction, FEC).
- Βαθμίδα αφαίρεσης τυχαιότητας.

Οι βαθμίδες αυτές αναπαρίστανται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 9.8 Βασικές βαθμίδες ψηφιακού δέκτη.

Η βαθμίδα συντονισμού λαμβάνει τα σήματα τα οποία έχουν διαμορφωθεί στη μάντα των UHF μέσω της κεραίας, επιλέγει το κανάλι που επιθυμεί ο χρήστης και μετατρέπει το RF σήμα σε σήμα ενδιάμεσης συχνότητας. Στη συνέχεια λαμβάνεται το σήμα βασικής ζώνης διατηρείται με κεντρική συχνότητα περί τα 4,75 MHz (χαμηλή ενδιάμεση συχνότητα - Low IF). Η υποβίβαση της συχνότητας γίνεται με τη βοήθεια μίξης και ενός Φίλτρου Χαμηλών Συχνοτήτων. Όπως είδαμε και στην περίπτωση του αναλογικού σήματος με τη μίξη αλλάζει η συχνότητα του σήματος εισόδου.

Μετά τη διέλευση από το φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων, η έξοδος του φίλτρου περιέχει τις συχνότητες από τα φέροντα του OFDM. Το άθροισμα αυτών των συνιστωσών δίνει το βασικό σήμα. Ο αποδιαμορφωτής OFDM ανακτά την αρχική διαμορφώσιμη ροή μεταφοράς την ψηφιοποιεί με χρήση του μετατροπέα ADC και την αποστέλλει στον αποκωδικοποιητή FEC.

#### 9.3.1.1 Αποδιαμόρφωση OFDM

Η ανάκτηση της αρχικής ροής από τα δύο διαμορφωμένα κατά φάση φέροντα I και Q περιλαμβάνει δύο στάδια: την ανάκτηση της φάσης και την ανάκτηση των δεδομένων. Η ανάκτηση της φάσης αντιλαμβάνεται τις αλλαγές στη φάση του φέροντος και η ανάκτηση των δεδομένων επαναδημιουργεί την αρχική ροή. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αντιστοίχιση συμβόλου σε αλληλουχία bits. Υπενθυμίζεται ότι στο OFDM χρησιμοποιείται μεγάλο πλήθος από φέροντες (1.705 και 6.817 στους τρόπους 2K και 8K αντίστοιχα). Κάθε φέροντα διαμορφώνεται με χρήση ενός συμβόλου που αποτελείται από 4 bits (16-QAM) ή 6 bits (64-QAM). Ο σκοπός του αποδιαμορφωτή είναι να ανακτήσει τα 4-bit ή τα 6-bit όπως αυτά αντιπροσωπεύονται στη μετατόπιση φάσης των φερόντων.

Κατά την αποδιαμόρφωση διαχωρίζεται η φάση από τη συνιστώσα με τη συχνότητα η οποία είναι διπλάσια από αυτή του φέροντος. Παρόλο που η χρήση φίλτρου είναι μια πρώτη λύση, αυτό δεν μπορεί να λειτουργήσει για το μεγάλο πλήθος από φέροντα που υπάρχουν στο OFDM. Η διαδικασία περιπλέκεται από το γεγονός ότι κάθε τοπικός ταλαντωτής θα δημιουργούσε σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα φέροντα πολλά διαφορετικά αθροίσματα και διαφορές. Με κάποιον τρόπο πρέπει να αφαιρεθούν όλα τα σήματα πλην αυτών που αφορούν τις φάσεις.

Ο ολοκληρωτής συνδράμει προς αυτήν την κατεύθυνση. Το ολοκλήρωμα ενός ημιτόνου είναι μηδενικό στο διάστημα ενός πλήρους κύκλου (ή περισσότερων, ακέραιου αριθμού, κύκλων). Στην περίπτωση του OFDM η απόσταση μεταξύ των συχνοτήτων των φερόντων είναι συγκεκριμένη και μάλιστα 4.464 Hz για

τον τρόπο 2K και 1.116 Hz για τον τρόπο 8K. Κάθε φέρον έχει συχνότητα η οποία είναι πολλαπλάσιο του 4.464 ή του 1.116. Αυτό σημαίνει ότι αν ολοκληρωθεί το βασικό σήμα όλα τα φέροντα θα δώσουν μηδενικό αποτέλεσμα και θα παραμείνει μόνο η φάση κάθε φέροντος η οποία αντιπροσωπεύει τα μεταδιδόμενα δεδομένα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα φέροντα.

Ο αποκωδικοποιητής FEC ανακτά τα bits από τα διαμορφωμένα κατά QPSK φέροντα και διατάσσει την πληροφορία με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η ανίχνευση σφαλμάτων. Η βαθμίδα FEC αποτελείται από τρεις επιμέρους βαθμίδες:

- Τη βαθμίδα αποκωδικοποίησης Viterbi η οποία χρησιμοποιεί την αρχικά επιλεγμένη συνελκτική κωδικοποίηση για να διαπιστώσει κατά πόσο ένα bit είναι 0 ή 1.
- Τη βαθμίδα απεμπλοκής, επαναφοράς δηλαδή στην αρχική σειρά (de-interleaver) η οποία επανατοποθετεί τα σύμβολα και τα bits στην αρχική σειρά πριν τη διεμπλοκή τους.
- Τον αποδιαμορφωτή Reed–Solomon (RS) ο οποίος ελέγχει και αποφασίζει κατά πόσο ένα πακέτο περιέχει σφάλμα. Εάν όντως περιέχεται ένα σφάλμα, η βαθμίδα FEC θα επιχειρήσει να το διορθώσει. Εάν αποτύχει τότε το πακέτο επισημαίνεται ως εσφαλμένο και απορρίπτεται.

Στο τέλος της διαδικασίας προκύπτουν πακέτα των 188 Bytes. Προτού αυτά δοθούν στη διαδικασία αποπολυπλεξίας, αίρεται η ψευδοτυχαία διασπορά ενέργειας που είχε εφαρμοστεί αρχικά με τον αντίστροφο αλγόριθμο. Αυτό γίνεται με τη βαθμίδα αφαίρεσης της τυχαιότητας. Στην πραγματικότητα, οι βαθμίδες αυτές περιλαμβάνονται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα με ενσωματωμένο επεξεργαστή το οποίο είναι σε θέση να πραγματοποιήσει διαφορετικά είδη αποκωδικοποίησης συμπεριλαμβανομένων των BPSK, QPSK, 64-QAM, 256-QAM.

### 9.3.2 Αποπολυπλεξία TS και Αποκωδικοποίηση MPEG

Ο απεμπλοκίας της ροής μεταφοράς και ο αποκωδικοποιητής ήχου και βίντεο βρίσκονται συνήθως σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα με είσοδο τη ροή μεταφοράς η οποία αποτελείται από βίντεο, ή και υπηρεσίες τεσσάρων ή περισσότερων προγραμμάτων. Η ροή μεταφοράς αποτελείται από πακέτα των 188-byte. Αρχικά εξετάζεται η τυχόν ανάγκη για ελεγχόμενη πρόσβαση. Στην περίπτωση που απαιτείται η σχετική βαθμίδα (CAM) επιβεβαιώνει ότι ο χρήστης έχει πρόσβαση, η ροή αποκρυπτογραφείται και επιστρέφει στον αποπλέκτη για την περαιτέρω επεξεργασία. Στην περίπτωση που ο θεατής δεν έχει τα σχετικά δικαιώματα η ροή μεταφοράς απορρίπτεται με σχετική ενημέρωση του χρήστη για το πρόβλημα.

Ο αποπλέκτης εξάγει τα πακέτα που αφορούν το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Αρχικά εντοπίζει το πακέτο με κωδικό αναγνώρισης 0x00 (Packet Identification, PID=0). Αυτό το πακέτο περιέχει τον πίνακα συσχέτισης προγραμμάτων (Program Association Table, PAT) όπου περιέχεται το PID του πακέτου που περιέχει τον πίνακα αντιστοίχισης ροών σε πρόγραμμα (Program Map Table, PMT). Μέσω του PMT ο αποπλέκτης εντοπίζει τα PID για τα PES που αποτελούν το πρόγραμμα (βίντεο, ήχο και υπηρεσίες). Έχοντας αυτήν την πληροφορία εξάγει τα πακέτα από το Transport Stream. Τα πακέτα αυτά δημιουργούν τις αρχικές στοιχειώδεις ροές για βίντεο, ήχο λοιπές υπηρεσίες.

Ο αποκωδικοποιητής βίντεο του MPEG επαναδημιουργεί την εικόνα στην αρχική της μορφή. Αυτό περιλαμβάνει την αποσυμπύκνωση των δεδομένων, τον ανάστροφο Διακριτό Μετασχηματισμό Συνημιτόνου (Inverse DCT, IDCT) και την ανακατασκευή από τα πλαίσια τύπου I, P και B ώστε να προκύψουν τα σήματα  $Y$ ,  $C_R$  και  $C_B$ . Στο πλαίσιο της διαδικασίας αυτής αποθηκεύονται ένα πλήθος από πλαίσια στη μνήμη.

Ο ήχος προκύπτει από τον αποπλέκτη στην μορφή πακέτων που περιέχουν δεδομένα διαμορφωμένα (κατά PCM, Pulse Code Modulation) μαζί με δεδομένα ελέγχου. Αυτά αποκωδικοποιούνται από τον αποκωδικοποιητή MPEG. Η αποκωδικοποίηση περιλαμβάνει την επαναδημιουργία των δύο σημάτων (δεξί και αριστερό) του ήχου. Η διεπαφή σειριακού PCM audio αποτελείται από τρεις γραμμές: τη γραμμή δεδομένων PCM και δύο ρολόγια ελέγχου το αριστερό και το δεξί. Τα δύο κανάλια ήχου πολυπλέκονται στο χρόνο και αποστέλλονται οι τιμές εναλλάξ για κάθε κανάλι. Η συχνότητα κάθε καναλιού είναι η μισή από τον ρυθμό δειγματοληψίας.

Η πληροφορία που αφορά τη συχνότητα δειγματοληψίας που είχε χρησιμοποιηθεί από την πλευρά του πομπού μεταδίδεται στον αποπλέκτη μέσω της ροής μεταφοράς. Η προσωρινή αποθήκευση δεδομένων ήχου γίνεται αντίστοιχα με χρήση μνήμης η οποία βέβαια προκαλεί κάποια καθυστέρηση.

## 9.4 Τεχνολογία Συσκευών Απεικόνισης

### 9.4.1 Τεχνολογία Καθοδικού Σωλήνα

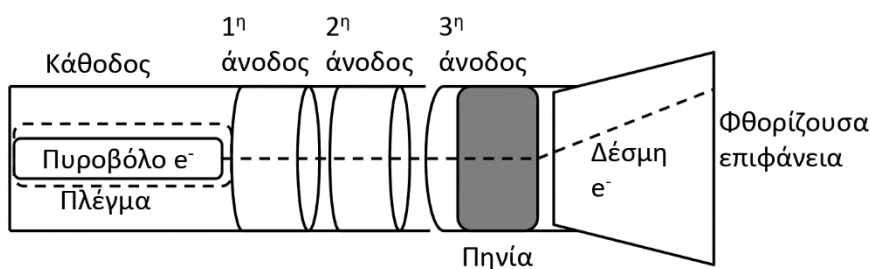
Η τεχνολογία οθονών καθοδικού σωλήνα (Cathode Ray Tube, CRT) αποτέλεσε τη βασική τεχνολογία η οποία χρησιμοποιήθηκε για αρκετές δεκαετίες και τον τελευταίο καιρό η χρήση της τείνει να περιοριστεί. Η συγκριμένη τεχνολογία έχει περάσει από διαδοχικά στάδια ωρίμανσης. Αυτά περιλαμβάνουν βελτιώσεις στα υλικά κατασκευής των οθονών, των επιμέρους εξαρτημάτων (για παράδειγμα του πυροβόλου ηλεκτρονίων) αλλά και την κατανάλωση ενέργειας.

Στις οθόνες CRT ένα πολυβόλο ηλεκτρονίων εκπέμπει μια δέσμη ηλεκτρονίων (ρυθμιζόμενης έντασης και κατεύθυνσης) η οποία εστιάζει και επιταχύνει ώστε να προσπέσει στην οθόνη, η οποία λειτουργεί ως θετικά φορτισμένη άνοδος. Η οθόνη έχει υποστεί επικάλυψη με φθορίζον υλικό, οπότε όταν προσπίπτουν τα ηλεκτρόνια έχουμε το φαινόμενο της λάμψης / του φθορισμού. Το χρώμα εξαρτάται από τον τύπο του φθορίζοντος υλικού που χρησιμοποιείται. Για μονοχρωματική οθόνη, χρησιμοποιείται ένα απλό είδος φθορίζοντος υλικού. Για έγχρωμη οθόνη απαιτούνται τρία είδη φθορίζοντος υλικού τα οποία αντιπροσωπεύουν τα τρία βασικά χρώματα.

#### 9.4.1.1 Μονοχρωματική Οθόνη

Η μονοχρωματική οθόνη αποτελείται από ένα πυροβόλο ηλεκτρονίων, μια συστοιχία από ανόδους και την επιφάνεια θέασης (την επιφάνεια, δηλαδή, που έχει υποστεί επίστρωση με το φθορίζον υλικό). Η δέσμη διέρχεται από τη συστοιχία των ανόδων, η οποία δημιουργεί επιτάχυνση (η 1η άνοδος είναι η άνοδος για επιτάχυνση), ηλεκτροστατική εστίαση (η 2η άνοδος) και την άνοδο υπερ-υψηλής τάσης (3η άνοδος στο σχήμα).

Η υπερ-υψηλή τάση (Extra High Tension, EHT) βρίσκεται στην περιοχή των 15–30 kV (η πρώτη τιμή αντιστοιχεί συνήθως στις ασπρόμαυρες οθόνες ενώ η δεύτερη στις έγχρωμες). Η απαίτηση για μια τόσο υψηλή τιμή προέρχεται από την ανάγκη να έλκει και να επιταχύνει τα ηλεκτρόνια τα οποία εκπέμπονται από το πολυβόλο. Οι βασικές βαθμίδες της οθόνης παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 9.9 Συνοπτικό διάγραμμα οθόνης CRT.

Η εκπομπή των ηλεκτρονίων εξαρτάται από το δυναμικό του πλαισίου, καθώς και από τη διαφορά δυναμικού μεταξύ της καθόδου και της ανόδου. Μία αύξηση αυτής της διαφοράς δυναμικού προκαλεί και αύξηση στο πλήθος των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται και αντίστροφα. Η ισχύς που απαιτείται από τα πηνία σάρωσης είναι συνάρτηση του σχήματος και της γεωμετρίας του σωλήνα (συγκεκριμένα εξαρτάται από το μέγεθος οθόνης και τη διάμετρο του λαιμού της οθόνης), καθώς και της γωνίας απόκλισης και της υπερ-υψηλής τάσης της τελικής ανόδου. Οι πραγματικές τιμές του δυναμικού στο σωλήνα εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά και το μέγεθος του καθοδικού σωλήνα.

Ενδεικτικές τιμές για μονοχρωματική οθόνη είναι οι ακόλουθες:

- Κάθοδος 70V
- Πλαίσιο 30V
- 1η άνοδος 300–400 V (άνοδος επιτάχυνσης)
- 2η άνοδος μεταβλητή τιμή μέχρι περίπου το 500V (άνοδος εστίασης)

- 3η άνοδος 15–20 kV (τελικό σημείο συστοιχίας ανόδων)

Το πυροβόλο ηλεκτρονίων και η συστοιχία ανόδων περιέχονται εντός ενός γυάλινου σωλήνα με κενό αέρος. Το εσωτερικό και το εξωτερικό του σωλήνα έχει επίστρωση από υλικό (συνήθως γραφίτη). Η εξωτερική επίστρωση συνδέεται με το σασί της συσκευής και η εσωτερική με την υπερ-υψηλή τάση. Το διαχωριστικό γυαλί μεταξύ τους λειτουργεί ως διηλεκτρικός πυκνωτής, οπότε τα υλικά αυτά λειτουργούν ως πυκνωτής.

Η δέσμη ηλεκτρονίων πρέπει να μπορεί να αποκλίνει οριζόντια και κατακόρυφα. Η απόκλιση γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικού πεδίου με τη βοήθεια δύο ειδών πηνίων, των πηνίων οριζόντιας και κατακόρυφης σάρωσης τα οποία βρίσκονται εντός του σωλήνα. Η γωνία της απόκλισης αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του σωλήνα CRT και κυμαίνεται μεταξύ 90° και 110°. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια της οθόνης, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η γωνία απόκλισης και εξαρτάται από τη δύναμη του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τα πηνία.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των οθονών CRT αποτελεί το μέγεθος της οθόνης το οποίο αφορά τη διαγώνιο, μετρούμενη σε ίντσες (συνήθως) ή σε εκατοστόμετρα.

$$1 \text{ inch} = 2.54 \text{ centimeter}$$

(3)

Βέβαια το μέγεθος της οθόνης δεν αντιστοιχεί ακριβώς στο μέγεθος της συσκευής, αφού υπάρχει και το εξωτερικό πλαίσιο. Επιπλέον οι συσκευές CRT δεν είναι σε θέση να προβάλλουν εικόνα στα άκρα της οθόνης. Μια οθόνη, για παράδειγμα, των 71 cm έχει ορατή επιφάνεια στα 66 cm. Οι ακριβείς διαστάσεις της οθόνης εξαρτώνται από την αναλογία των διαστάσεων για παράδειγμα 4:3 ή 16:9.

#### 9.4.1.2 Έγχρωμες Οθόνες

Οι έγχρωμες οθόνες CRT έχουν τρία πυροβόλα ηλεκτρονίων, ένα για κάθε βασικό χρώμα, κάθε ένα από τα οποία είναι υπεύθυνο να βομβαρδίζει την οθόνη σε σημεία όπου υπάρχει επίστρωση φθορίζοντος υλικού διαφορετικού χρώματος (που αντιστοιχούν στα βασικά χρώματα). Τα φθορίζοντα σημεία είναι τοποθετημένα είτε σειριακά είτε σε τριγωνική μορφή (τριάδα τριών χρωμάτων). Οι τάσεις που απαιτούνται για τις έγχρωμες οθόνες είναι τυπικά μεγαλύτερες από τις μονόχρωμες και φθάνουν την περιοχή των 30 kV.

Η σωστή αναπαραγωγή των χρωμάτων απαιτεί οι τρεις δέσμες να χτυπούν τα σημεία όπου βρίσκονται οι συγκεκριμένες φθορίζουσες περιοχές. Η ιδιότητα αυτή σχετίζεται με την *καθαρότητα* της εικόνας που προβάλλεται. Η ρύθμιση της καθαρότητας επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση του μαγνητικού πεδίου, όπως αυτό δημιουργείται από τα πεδία σάρωσης. Η ρύθμιση αυτού του πεδίου επιτυγχάνει τη σωστή στόχευση των δεσμών και επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός ζεύγους διπολικών μαγνητών σε μορφή δακτυλίου στον λαιμό της οθόνης.

#### 9.4.2 Επίπεδες Οθόνες

Για αρκετά χρόνια η τεχνολογία του καθοδικού σωλήνα αποτέλεσε τη βασική τεχνολογία στην κατασκευή των οθονών. Τα χαρακτηριστικά αυτού του τύπου των οθονών έχουν βελτιωθεί αισθητά, ωστόσο, η βασική πρόκληση του όγκου που καταλαμβάνουν λόγω του καθοδικού σωλήνα παραμένει. Εδώ και κάποια χρόνια οι τεχνολογίες των επίπεδων οθονών έχουν κερδίσει αισθητά έδαφος και αποτελούν πλέον τη βασική τεχνολογική λύση. Οι επίπεδες οθόνες έχουν μια σειρά πλεονεκτημάτων σε σχέση με αυτές του καθοδικού σωλήνα, όπως τον μικρότερο όγκο (αναφορικά κυρίως με το πάχος της) και το μικρότερο βάρος της συσκευής, την ψηφιακή λειτουργία, τη μεγαλύτερη επιφάνεια θέασης και την καλύτερη ποιότητα της εικόνας η οποία δεν επηρεάζεται από τον θόρυβο και τη μεγαλύτερη ανάλυση της οθόνης.

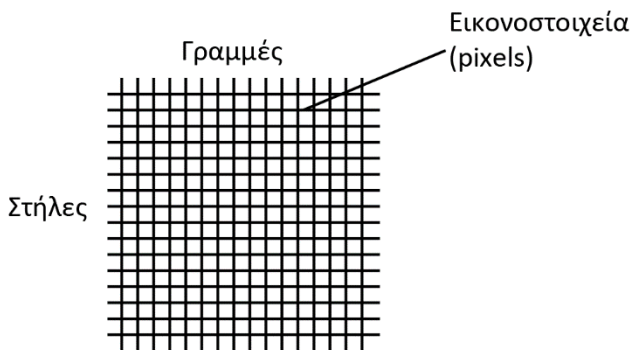


[Παρατίθεται ένα εισαγωγικό βίντεο για τη λειτουργία των επίπεδων οθονών CCD.](#)

Οι επίπεδες εικόνες αποτελούνται από ένα πλήθος εικονοστοιχείων τα οποία είναι γνωστά ως εικονοστοιχεία (pixels, picture elements) και τα οποία είναι τοποθετημένα σε μορφή πίνακα αποτελούμενου



από γραμμές και στήλες όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Για τη διαχείριση του χρώματος κάθε εικονοστοιχείου αυτό χωρίζεται σε τρία κελιά.



**Εικόνα 9.10** Εικονοστοιχεία επίπεδης οθόνης.

Η ανάλυση σε μια επίπεδη οθόνη ορίζεται από το πλήθος των εικονοστοιχείων από τα οποία αποτελείται η οθόνη. Η ανάλυση ορίζεται ως γινόμενο X επί Y, όπου X και Y το πλήθος των εικονοστοιχείων στην οριζόντια και την κατακόρυφη διάσταση αντίστοιχα. Παρόλο που θεωρητικά μπορούν να υποστηριχθούν διαφορετικές αναλύσεις, τυπικές αναλύσεις αποτελούν οι επόμενες:

- VGA (Video Graphic Array): 640 x 480
- SVGA (Super VGA): 800 x 600
- XVGA (Extended VGA): 1024 x 768
- SXGA (Super Extended Graphic Array): 1280 x 1024
- UXGA (Ultra Extended Graphic Array): 1600 x 1200

Το συνολικό πλήθος από εικονοστοιχεία προκύπτει από το γινόμενο X επί Y. Για παράδειγμα στην περίπτωση του SVGA το πλήθος είναι  $800 * 600 = 480.000$ . Λόγω της υποστήριξης της χρωματικής προβολής, το πλήθος των κελιών είναι το τριπλάσιο από αυτό δηλαδή

$$3 * 800 * 600 = 1.440.000 \quad (4)$$

Έτσι το πλήθος των γραμμών είναι 600, ενώ το πλήθος των στηλών είναι  $3 * 800 = 2.400$  (στην περίπτωση που τα τρία κελιά τοποθετούνται οριζόντια). Το μέγεθος ενός εικονοστοιχείου δεν είναι σταθερό και εξαρτάται από το μέγεθος της οθόνης και την ανάλυσή της. Όπως είναι ευνόητο, μεγαλύτερη ανάλυση για το ίδιο μέγεθος οθόνης οδηγεί σε μικρότερο μέγεθος εικονοστοιχείου και αντίστροφα.

#### 9.4.2.1 Τεχνολογίες Επίπεδων Οθονών

Εξετάζουμε συνοπτικά κάποιες βασικές τεχνολογίες επίπεδων οθονών, και συγκεκριμένα της τεχνολογίας πλάσματος (Plasma Display Panel, PDP) η οποία ήταν και η πρώτη που εμφανίστηκε και η χρήση της πλέον έχει περιοριστεί, της τεχνολογίας υγρού κρυστάλλου (Liquid Crystal Display, LCD) και της τεχνολογίας διόδων εκπομπής φωτός (Light Emitting Diodes, LED).

Οι οθόνες **τεχνολογίας πλάσματος** αποτέλεσαν την πρώτη τεχνολογία επίπεδων οθονών. Αποτελούνται από μικρές λάμπες φθορισμού με τρεις λάμπες να αντιστοιχούν σε ένα εικονοστοιχείο. Καθεμία από αυτές μπορεί να παράγει ένα από τα τρία χρώματα, κόκκινο, πράσινο ή μπλε. Η αρχή λειτουργίας μιας τηλεόρασης πλάσματος βασίζεται στη λειτουργία του αερίου νέον. Συγκεκριμένα, όταν αυτό υφίσταται υψηλή ηλεκτρική τάση, τότε υφίσταται κατάρρευση στην κατάσταση πλάσματος και γίνεται εκφόρτιση του πλάσματος. Το πλάσμα είναι ηλεκτρικά ουδέτερο και σε υψηλό βαθμό ιονισμένο αποτελούμενο από ηλεκτρόνια, θετικά ιόντα και ουδέτερα σωματίδια. Επειδή είναι ηλεκτρικά ουδέτερο περιέχει ίσες ποσότητες ηλεκτρονίων και ιόντων και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η εκφόρτιση του



πλάσματος δημιουργεί την κυκλοφορία ρεύματος και επιπλέον μετατρέπει ένα τμήμα της ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα συμπεριλαμβανομένου και του ορατού φωτός. Η απόχρωση στα τρία βασικά χρώματα επιτυγχάνεται με τη χρήση υλικών που είναι φθορίζοντα σε κάθε ένα εκ των εικονοστοιχείων.

Οι οθόνες πλάσμα θεωρούνται ότι αποδίδουν με πολύ καλή ποιότητα το μαύρο και επίσης έχουν πολύ χαμηλό χρόνο απόκρισης. Ένα αδύναμο σημείο είναι ότι η φωτεινότητά τους δεν μπορεί να λάβει τη μέγιστη τιμή για αυτό και αποδίδουν καλύτερα σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού.

Οι **οθόνες υγρών κρυστάλλων** (Liquid Crystal Display, LCD) αποτελούνται από ένα φάσμα υγρών κρυστάλλων που φιλτράρει επιλεκτικά το φως το οποίο προέρχεται από λάμπες φθορισμού που βρίσκονται στο οπίσθιο μέρος. Το κάθε εικονοστοιχείο χωρίζεται σε τρία επιμέρους, ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση των διαφορετικών αποχρώσεων. Ως γνωστόν, το φως είναι εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα το οποίο αποτελείται από ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. Τα δύο πεδία είναι ορθογώνια (σε ορθή γωνία) μεταξύ τους και κινούνται με την ταχύτητα του φωτός. Στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο το ηλεκτρικό πεδίο καθορίζει την πόλωση του πεδίου: εάν το ηλεκτρικό πεδίο είναι κατακόρυφο το πεδίο ονομάζεται κατακόρυφα πολωμένο και αντίστροφα εάν το ηλεκτρικό πεδίο είναι οριζόντιο τότε το ηλεκτρομαγνητικό κύμα ονομάζεται οριζόντια πολωμένο. Το φυσικό φως από τον ήλιο ή οποιαδήποτε άλλη πηγή δεν είναι πολωμένο και περιέχει τόσο την κατακόρυφη όσο και την οριζόντια πόλωση. Το φως μπορεί να πολωθεί εάν μειωθεί ή απομακρυνθεί η οριζόντια ή η κατακόρυφη πόλωση, μέσω, για παράδειγμα, ενός φίλτρου πόλωσης. Εάν αφαιρεθεί η οριζόντια πόλωση τότε το φως είναι κατακόρυφα πολωμένο και αντίστροφα.

Η ενεργός περιοχή της οθόνης αποτελείται από μια δομή μήτρας εντός της οποίας το ενεργό στοιχείο, δηλαδή ο υγρός κρύσταλλος, είναι τοποθετημένο στο σημείο που διασταυρώνονται δύο ηλεκτρικοί αγωγοί. Οι υγροί κρύσταλλοι επιτρέπουν ή όχι τη διέλευση του φωτός ανάλογα με την πόλωση του φωτός. Η διέλευση του φωτός μπορεί να γίνει με ρυθμιζόμενη ένταση. Η απλή αυτή αρχή επιτρέπει τον έλεγχο της φωτεινότητας ενός κελιού υγρού κρυστάλλου.

Οι οθόνες τύπου LCD έχουν καλή απόδοση στο θέμα της φωτεινότητας με τη χρήση της πηγής φωτός που λειτουργεί στο οπίσθιο μέρος. Θεωρείται ότι υστερούν στην εμφάνιση του μαύρου, αφού ακόμα και όταν οι υγροί κρύσταλλοι δεν επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός υπάρχει ένα συνεχές ανεπαίσθητο φως, το οποίο προέρχεται από τη λάμπα φθορισμού που είναι δύσκολο να αποκλειστεί.

Οι **οθόνες τεχνολογίας διόδων εκπομπής φωτός** (Light Emitting Diode, LED) αποτελούν εξέλιξη των οθονών τεχνολογίας υγρών κρυστάλλων με κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα. Οι LED τηλεοράσεις είναι πιο λεπτές και προσφέρουν μεγαλύτερη φωτεινότητα από τις συμβατικές LCD. Επίσης υπερέχουν στην πιο περιορισμένη χρήση ενέργειας. Παρέχουν καλύτερη απόδοση των χρωμάτων. Για αυτόν τον λόγο θεωρείται ότι θα αποτελέσουν τη νέα βασική τεχνολογία και κερδίζουν σταδιακά σημαντικό κομμάτι της αγοράς οθονών. Οι οθόνες LED έχουν αντίστοιχη λογική με τις LCD. Διαφέρουν στο ότι η πηγή φωτός δεν είναι ένας λαμπτήρας φθορισμού, αλλά χρησιμοποιείται τεχνολογία LED. Η απόδοση του μαύρου χρώματος στις LED τηλεοράσεις είναι καλύτερη από της LCD, αν και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει διαρροή φωτός με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται πραγματικό μαύρο.

## **Βιβλιογραφία/Αναφορές**

63. J. Stevenson. *A Multi-Standard Analog and Digital TV Tuner for Cable and Terrestrial Applications*. IEEE Solid State Circuit Conference, San Francisco, 2007
64. G. Maier. *New system approach to TV tuner design*. IEEE Transactions on Consumer Electronics Vol. 36, Issue 3, 2002

## Κριτήρια αξιολόγησης

### Κριτήριο αξιολόγησης 1

Εντοπίστε τις βασικές ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των τηλεοπτικών δεκτών οι οποίοι δέχονται αναλογικό και ψηφιακό τηλεοπτικό σήμα.

#### Απάντηση/Λύση

Οι βασικές ομοιότητες και διαφορές εντοπίζονται στον επόμενο πίνακα.

| Κριτήριο  | Δέκτης αναλογικού σήματος με οθόνη CRT   | Δέκτης ψηφιακού σήματος με επίπεδη οθόνη  |
|---|--|---|
| <b>Αναφορικά με τη λήψη και την επεξεργασία του σήματος</b> |  |   |
| Λήψη σήματος RF   | VHF/UHF  | Η περιοχή συχνοτήτων δεν έχει αλλάξει. Λόγω συμπίεσης είναι δυνατή η μετάδοση περισσότερων του ενός προγραμμάτων (π.χ. 4) στο ίδιο κανάλι (με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται οικονομία στο φάσμα).         |
| Προληπτική διόρθωση σφαλμάτων                               | Δεν υφίσταται  | Υφίσταται προληπτική διόρθωση σφαλμάτων με χρήση των αλγορίθμων εξωτερικής και εσωτερικής κωδικοποίησης.  |
| Αποπολυπλεξία προγραμμάτων                                  | Κάθε πρόγραμμα αντιστοιχεί σε ένα κανάλι   | Περισσότερα από ένα προγράμματα μπορεί να αντιστοιχούν σε ένα κανάλι, οπότε γίνεται αποπολυπλεξία στον δέκτη με χρήση των πινάκων PAT και PMT καθώς και του αναγνωριστικού PID.                           |
| Διαμόρφωση σημάτων βίντεο και ήχου                          | Τα σήματα βίντεο και ήχου είναι διακριτά (ξεχωριστά) και υφίστανται διαμόρφωση (VSB και FM αντίστοιχα) με χρήση φερόντων σε διαφορετικές συχνότητες.   | Τα σήματα βίντεο και ήχο κωδικοποιούνται και η πληροφορία βρίσκεται σε πακέτα συγκροτώντας μια ενιαία ροή πακέτων η οποία διαμορφώνεται κατά στα υποφέροντα του OFDM κατά QAM (QPSK, 16QAM, 64QAM κ.λπ.). |
| Διαχείριση χρωμάτων   | Τα χρώματα αποτελούν δύο διαφορετικά σήματα προερχόμενα από τις χρωμοδιαφορές. Διαμορφώνονται κατά DSB-SC με χρήση του χρωμοφέροντος. Σε αυτά διατίθεται μικρότερο φάσμα σε σχέση με το φάσμα που διατίθεται για τη φωτεινότητα. Χρησιμοποιούνται τα συστήματα NTSC, PAL και SECAM.  | Η πληροφορία του χρώματος (αφού υποστεί υποδειγματοληψία) εισάγεται σε πακέτα (πακετοποιείται) σε μια διακριτή πακετοποιημένη στοιχειώδη ροή (PES) και εντάσσεται και αυτή στο βασικό σήμα.               |
| Πακετοποίηση  | Δεν υφίσταται, αφού το σήμα είναι αναλογικό.   | Χρησιμοποιείται η λογική του MPEG TransportStream.  |
| <b>Ως προς τις συσκευές απεικόνισης</b>                     |  |   |
| Διακριτοποίηση  | Η ανάλυση μιας οθόνης CRT ορίζεται ως το μέγιστο πλήθος σημείων τα οποία μπορούν να απεικονιστούν χωρίς να υπάρχει επικάλυψη.  | Χρήση εικονοστοιχείων με συγκεκριμένη τιμή ανάλυσης οθόνης.   |
| Μηχανισμός ενεργοποίησης σημείων οθόνης                     | Καθώς μετακινείται η κινούμενη δέσμη δεν ενεργοποιεί ξεχωριστά κάθε σημείο. Το φωσφορίζον υλικό στην επιφάνεια που σαρώνεται εκπέμπει με ένταση αντίστοιχη της έντασης της δέσμης που προσπίπτει σε αυτήν την επιφάνεια. Η επιφάνεια της έκτασης που σαρώνεται από τη δέσμη εξαρτάται από τη δυνατότητα εστίασης της δέσμης και την απόσταση μεταξύ των περιοχών του ίδιου χρώματος. | Η συχνότητα εμφάνισης των εικόνων στις ψηφιακές συσκευές απεικόνισης είναι υψηλότερη από τη συχνότητα ανανέωσης των εικόνων (στο εισερχόμενο σήμα).   |

**Πίνακας 9.1** Σύγκριση αναλογικών και ψηφιακών συσκευών.