

# **Επαγγελματικά πρότυπα υψηλής ευκρίνειας στην εικόνα και τον ήχο**

**Πρότυπο καλούμε ένα σύνολο κανόνων  
συμμόρφωσης με σκοπό την επίτευξη  
ενός πολύ συγκεκριμένου  
αποτελέσματος.**

Σχοινοπλοκάκης Ροδόλφος  
Τεχνολόγος Ηλεκτρονικός Μηχανικός

## Λίγα λόγια για την ιστορία

Ιστορικά η πρώτη μορφή σύλληψης εικόνας ήταν η φωτοχημική εικόνα η αποτύπωση δηλαδή σε φιλμ που περιείχε άλατα φωτοευαίσθητου οξειδίου του αργύρου, του προσπίπτοντος φωτός.

Αυτή είναι μία παράλληλη μορφή εικόνας με την έννοια ότι όλα τα στοιχεία που την απαρτίζουν βρίσκονται διατεταγμένα πάνω σ' ένα πλαίσιο, συλλαμβάνονται ταυτόχρονα και προβάλλονται την ίδια χρονική στιγμή.

Στην περίπτωση της έγχρωμης εικόνας έχουμε 3 επίπεδα φωτοευαίσθητου υλικού τα οποία αντιστοιχούν στα βασικά χρώματα (πράσινο κόκκινο μπλε). Τόσο ο τρόπος σύλληψης όσο και το χρωματικό πρότυπο βρίσκονται εξαιρετικά κοντά στην φυσιολογία της ανθρώπινης όρασης.



Πλήρης εικόνα

green layer

red layer

blue layer

Αυτή η μορφή εικόνας η οποία στην ωριμότητα της προσέφερε και προσφέρει εικόνες εκπληκτικής ομορφιάς (πολύ υψηλή δυναμική περιοχή, ευκρίνεια & ακρίβεια) δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν βάση για την δημιουργία της ηλεκτρονικής εικόνας, της εικόνας εκείνης που θα μπορούσε να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς την μεταφορά του μέσου στο οποίο είναι αποθηκευμένη.

## Η ηλεκτρονική εικόνα

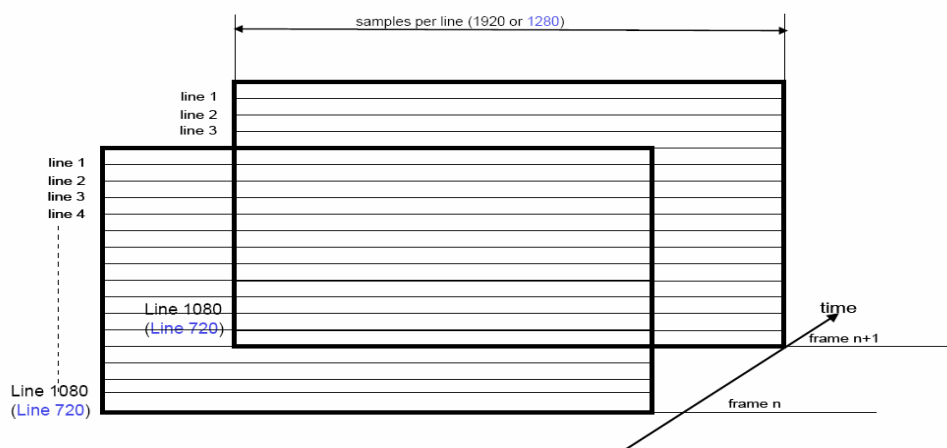
Η ηλεκτρονική εικόνα αναγκαστικά έχει σειριακή μορφή και σχηματίζεται διαβάζοντας στη σειρά το ένα μετά το άλλο τα στοιχεία κάθε γραμμής και την μία γραμμή μετά την άλλη.

Υπάρχουν δύο τρόποι διαβάσματος των γραμμών

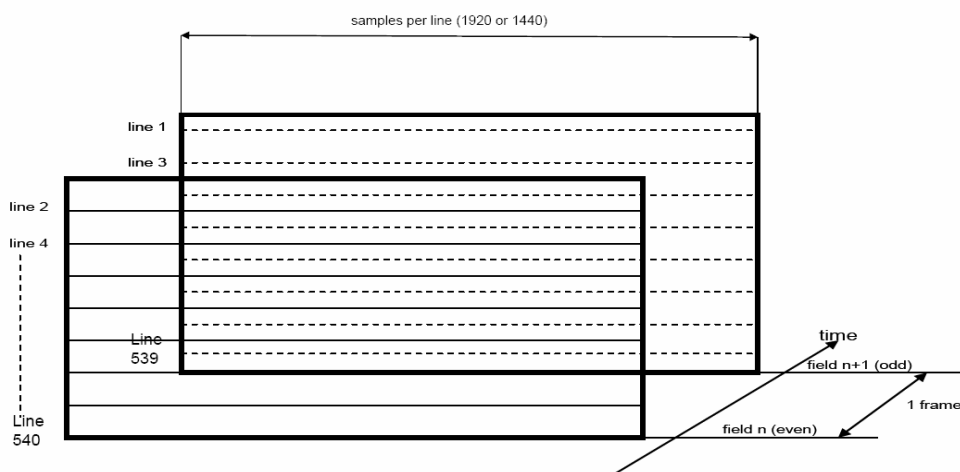
α) η μία μετά την άλλη - progressive scan

β) η μία μετά την άλλη οι μονές γραμμές και μετά οι ζυγές- interlace scan.

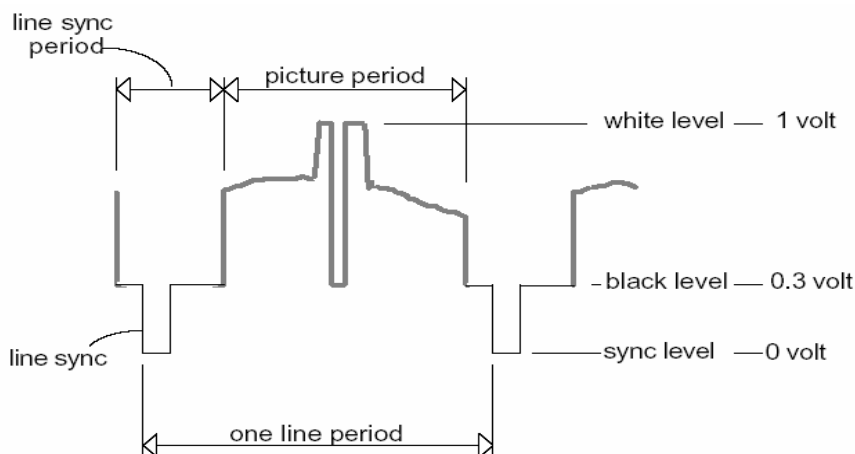
### Η προοδευτική σάρωση στην δημιουργία της ηλεκτρονικής εικόνας - Progressive scan



### Η πλεκτή σάρωση για την δημιουργία της ηλεκτρονικής εικόνας - Interlace scan



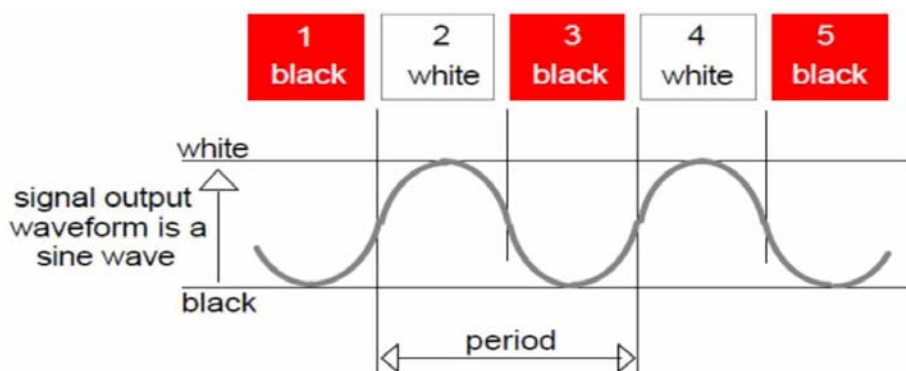
## Η σάρωση μίας ασπρόμαυρης γραμμής



## Η σάρωση ενός πλαισίου

Για να δημιουργηθεί η αίσθηση της ομαλής κίνησης χρειαζόμαστε πάνω από 16 εναλλαγές εικόνας το δευτερόλεπτο ενώ για να αποφύγουμε το φαινόμενο τρεμοπαίγματος (flickering) είναι αναγκαίες πάνω από 40 εναλλαγές. Καθιερώθηκαν λοιπόν οι 50 εναλλαγές στο ευρωπαϊκό σύστημα σε αντιστοιχία με την περίοδο του ηλεκτρικού ρεύματος. Ο αριθμός των γραμμών σάρωσης προκειμένου να μην είναι ορατή η ηλεκτρονική δέσμη μέχρι ένα μεσαίο μέγεθος οθόνης ορίστηκε στις 625 με ορατές τις 576 στο ευρωπαϊκό σύστημα.

## Η έννοια του εύρους ζώνης



Εύρος ζώνης καλείται η περιοχή των αναγκαίων συχνοτήτων – εντός της οποίας η απόκριση του συστήματος θα πρέπει να είναι επίπεδη - ώστε να έχουμε την απαιτούμενη ευκρίνεια εικόνας. Ένας εύκολος κανόνας για τον υπολογισμό του αναγκαίου εύρους ζώνης για το τηλεοπτικό σήμα υποστηρίζει πως αφού μία περίοδος αποτελείται από μία θετική και μία αρνητική ημιπερίοδο δημιουργεί 2 εικονοστοιχεία ένα άσπρο και ένα μαύρο. Γνωρίζοντας λοιπόν τον χρόνο σάρωσης ορατής εικόνας σε ένα σύστημα μπορούμε να υπολογίσουμε τα εικονοστοιχεία ανα μέγακυκλο που δημιουργεί.

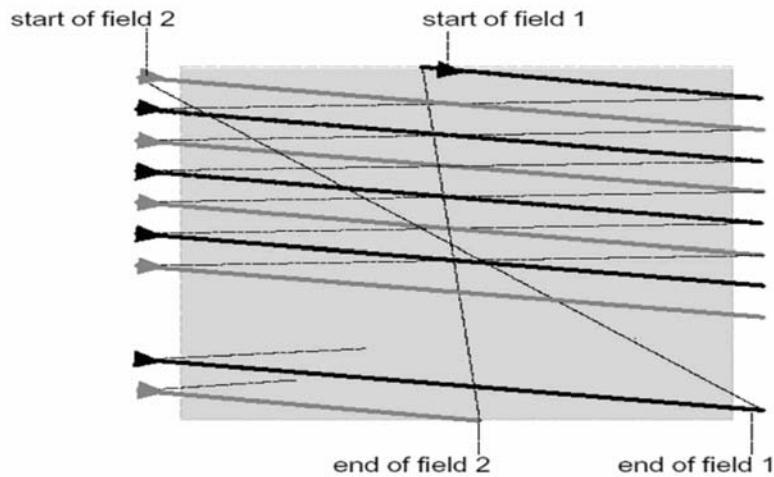
### **Το εύρος ζώνης στο interlace**

Ο χρόνος σάρωσης μιας γραμμής στο σύστημα 625/50i είναι 64  $\mu$ s ενώ ο χρόνος ορατής εικόνας είναι 52  $\mu$ s  
Σήμα συχνότητας 1 MHz στον χρόνο των 52  $\mu$ s ορατής εικόνας δημιουργεί 52 περιόδους σήματος δηλαδή 104 εναλλαγές άσπρου μαύρου, παράγει δηλαδή 104 κατακόρυφες γραμμές. Την εποχή της δημιουργίας αυτού του προτύπου θεωρήθηκε πως ένα εύρος ζώνης 5,5 MHz θα ήταν αρκετό προκειμένου να έχουμε αντιστοιχία κατακόρυφης και οριζόντιας ευκρίνειας. Αυτό το εύρος ζώνης παρήγαγε εικόνα με οριζόντια ανάλυση 572 εικονοστοιχεία.

### **Εύρος ζώνης στο progressive**

Σε ένα σύστημα 625/50 πλαίσια θα είχαμε 32  $\mu$ s χρόνο σάρωσης γραμμής αλλά μόνο 26  $\mu$ s χρόνο ορατής εικόνας. Για να διατηρήσουμε λοιπόν την ανάλυση στα 572 εικονοστοιχεία χρειαζόμαστε σήμα video 11 MHz. Αυτό ακόμη και σήμερα είναι μεγάλη σπατάλη για σύστημα βασικής ευκρίνειας.

Η μόνη τελικά εφικτή λύση την περίοδο δημιουργίας των τηλεοπτικών προτύπων της ασπρόμαυρης τηλεόρασης ήταν η πλεκτή σάρωση διότι η προοδευτική δεν ήταν προσιτή ούτε τεχνικά ούτε οικονομικά.



Αυτή η επιλογή ήταν τελικά η πρώτη μορφή αναλογικής 'συμπίεσης' στην ιστορία της τηλεοπτικής εικόνας. Μας επέτρεψε να έχουμε την ίδια περίπου ποιότητα στατικής εικόνας με το μισό ευρος ζώνης, αλλά βέβαια σε γρήγορα κινούμενη εικόνα τα προβλήματα είναι σοβαρά μιάς και οι δύο εικόνες που συγκροτούν το πλαίσιο λαμβάνονται σε διαφορετικό χρόνο.



Interlaced scan



Progressive scan



progressive scan

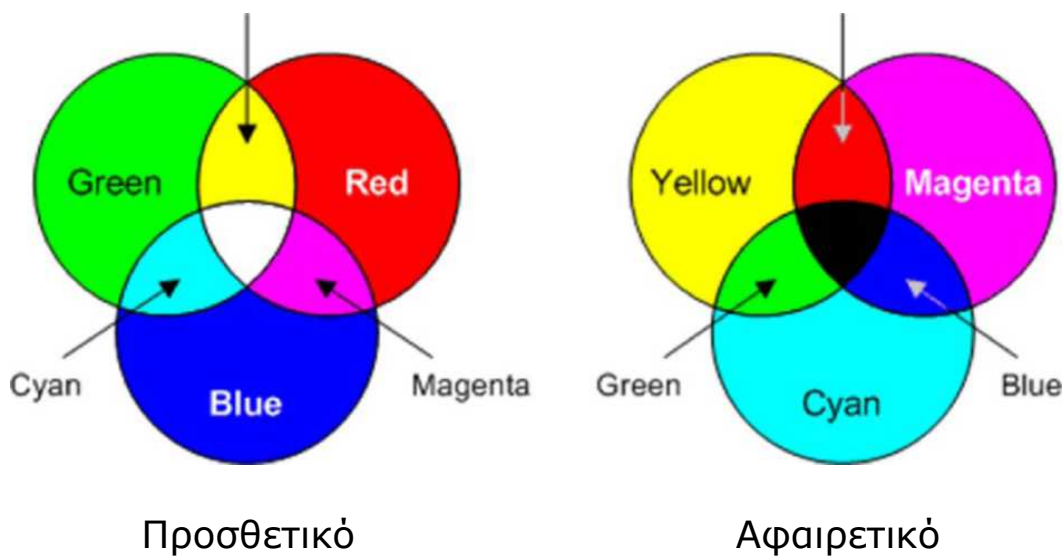


interlace



Το interlace λοιπόν αν και έδωσε τη λύση, με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των απαιτήσεων μας άρχισε να γίνεται τροχοπέδη που σήμερα καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε. Όσο είμαστε αναγκασμένοι να λειτουργούμε με αυτό το σύστημα θα πρέπει να χρησιμοποιούμε πολύ εξελιγμένους αλγόριθμους αντιστάθμισης κίνησης στους σύγχρονους δέκτες ώστε να περιορίσουμε ένα μέρος του προβλήματος που δημιουργεί αυτός ο τρόπος σάρωσης.

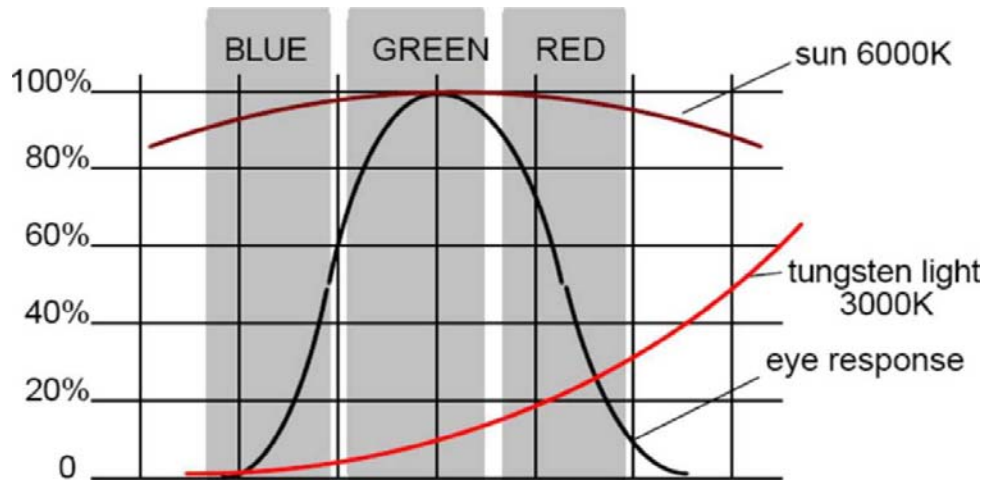
### Τα χρωματικά συστήματα



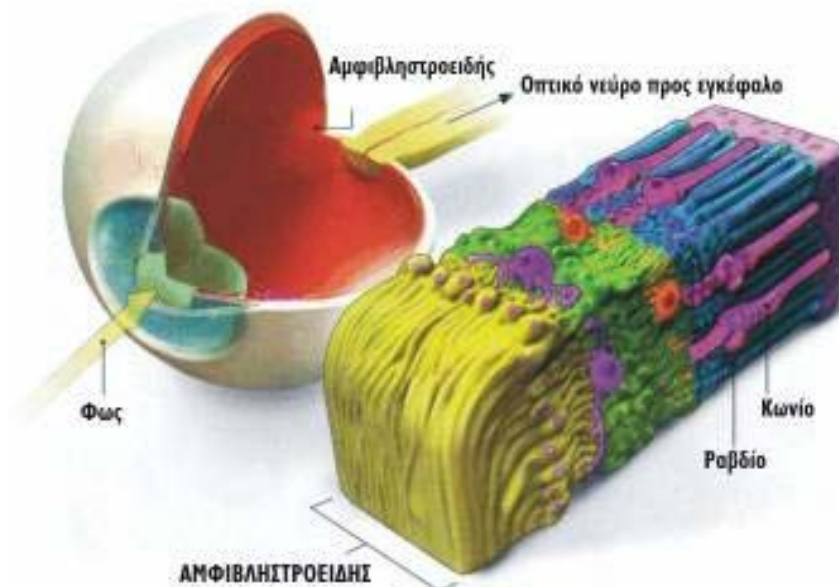
Στο προσθετικό χρωματικό σύστημα (που χρησιμοποιείται στα συστήματα που συνθέτουν εικόνα με την βοήθεια του φωτός – και στην τηλεόραση) τα συμπληρωματικά χρώματα και το λευκό δημιουργούνται από τον συνδυασμό των βασικών.

Στο αφαιρετικό (που χρησιμοποιείται στα συστήματα που συνθέτουν εικόνα χρησιμοποιώντας χρώμα πάνω σε λευκό φόντο) τα βασικά χρώματα και το μαύρο δημιουργούνται από των συνδυασμό των συμπληρωματικών.

## Τριχρωματική όραση Η ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού



Η απόκριση του ματιού στο εύρος των ορατών χρωμάτων λόγω της φυσιολογίας του ανθρώπινου ματιού και της κληρονομιάς μας από τα πρωτοθηλαστικά με την διχρωματική όραση η οποία εξελίχτηκε στην τριχρωματική των ανθρωπίδων.



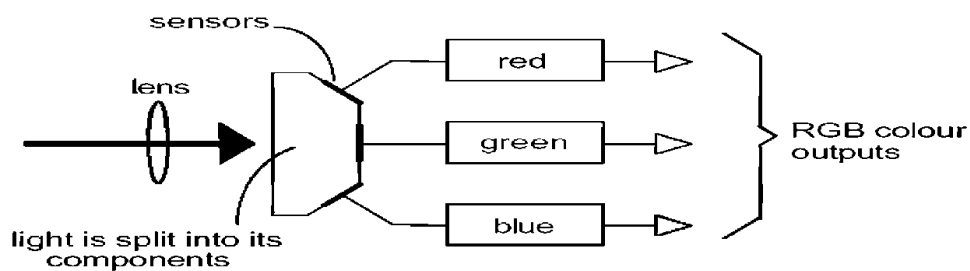
Εδώ φαίνεται η δομή του αμφιβληστροειδούς και η παράλληλη αντίληψη της εικόνας που μας προσφέρει.

Η εγχρωμη εικόνα συλλαμβάνεται από ένα πλέγμα κωνίων τα οποία περιέχουν ειδικές πρωτεΐνες με 3 είδη χρωστικών. Αυτές απορροφούν ένα πολύ συγκεκριμένο μέρος του οπτικού



φάσματος η κάθε μία, σε μήκη κύματος 420nm, 530nm, 560nm. Το μετατρέπουν σε χημική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική πληροφορία και την μεταβιβάζουν μέσω του οπτικού νεύρου σε ένα πολύ εξελιγμένο σύστημα επεξεργασίας εικόνας που καταλαμβάνει ένα μεγάλο μέρος του εγκεφάλου. Παράλληλα με τα κωνία υπάρχει και ένα πλέγμα ραβδίων τα οποία δεν καταλαβαίνουν από πληροφορία χρώματος λειτουργούν μόνο σε πολύ χαμηλές φωτεινότητες, και είναι ένα σύστημα –και αυτό κληρονομιά από τα πρωτοθηλαστικά που έπαιξε σημαντικό ρόλο στην επιβίωση του είδους.

### Ο τρόπος σύλληψης της τηλεοπτικής εικόνας



Η πρωταρχική σύλληψη της τηλεοπτικής εικόνας γίνεται πάντα σε μορφή RGB σε αντιστοιχία με την τριχρωματική φυσιολογία της ανθρώπινης όρασης.

- Αυτό συμβαίνει μέσω της μετατροπής του φωτός σε ηλεκτρικό σήμα εντός των CCD ή CMOS των τηλεοπτικών καμερών μέσω των CCD ή των PED (photo electric devices) των Telecine , και μέσω της βασικής επεξεργασίας των περισσότερων προγραμμάτων δημιουργίας συνθετικής εικόνας των σταθμών εργασίας (graphics)
- Κάθε συνιστώσα της RGB εικόνας είναι μία σύνθετη εικόνα γιατί περιέχει πληροφορίες φωτεινότητας και χρωματικότητας.
- Η εικόνα R είναι εικόνα φωτεινότητας εντός μίας περιορισμένης περιοχής του ορατού φάσματος από το κίτρινο περνώντας από το κόκκινο έως το ματζέντα, αντιστοίχως η εικόνα B είναι εικόνα φωτεινότητας εντός της περιοχής από το κυανό περνώντας από το μπλέ ως το ματζέντα και η εικόνα G

είναι εικόνα φωτεινότητας εντός της περιοχής από το κυανό περνώντας από το πράσινο ως το κίτρινο.

- Κάθε ένα λοιπόν σήμα παράγει το βασικό του χρώμα, σε συνδυασμό με ένα δεύτερο βασικό παράγουν από ένα συμπληρωματικό και τα τρία μαζί παράγουν το λευκό.

### **Πλεονεκτήματα:**

-Είναι η βέλτιστη δυνατή ποιότητα εικόνας.

### **Μειονεκτήματα:**

-Απαιτεί μεγάλο εύρος ζώνης ( 3 κανάλια των 5,5 MHz στο interlace SD video, 3 κανάλια των 30 MHz στο HD, 3 κανάλια των 60 MHz στο 3GHD και απαιτεί ξεχωριστά καλώδια).

-Η ποιότητα της εικόνας είναι μεν πολύ υψηλή εξαρτάται ωστόσο από το ακριβές μήκος των καλωδίων το gain delay & offset όλων των ενδιάμεσων βαθμίδων και τον ακριβή τερματισμό τους.

Οποιαδήποτε αλλοίωση σε κάποια συνιστώσα του RGB σήματος έχει καταστροφικά αποτελέσματα στην εικόνα π.χ. λανθασμένος τερματισμός (ατερμάτιστο διπλοτερματισμένο) θα μας δώσει εικόνα πράσινη κόκκινη η μπλε ανάλογα με το που βρίσκεται το πρόβλημα.

Ενδιάμεσος ενισχυτής με αρνητικό dc offset θα μας δώσει εικόνα κίτρινη κυανή η ματζέντα η δε καθυστέρηση του ενός σήματος σε σχέση με τα άλλα είτε λόγω διαφοράς στο μήκος των καλωδίων είτε στο delay των ενδιάμεσων βαθμίδων θα έχει επίσης καταστροφικά αποτελέσματα.

Μία μικρή καθυστέρηση θα 'φλουτάρει' την εικόνα ενώ μία μεγαλύτερη θα την αποδιοργανώσει δημιουργώντας είδωλα και πολλαπλές εικόνες.

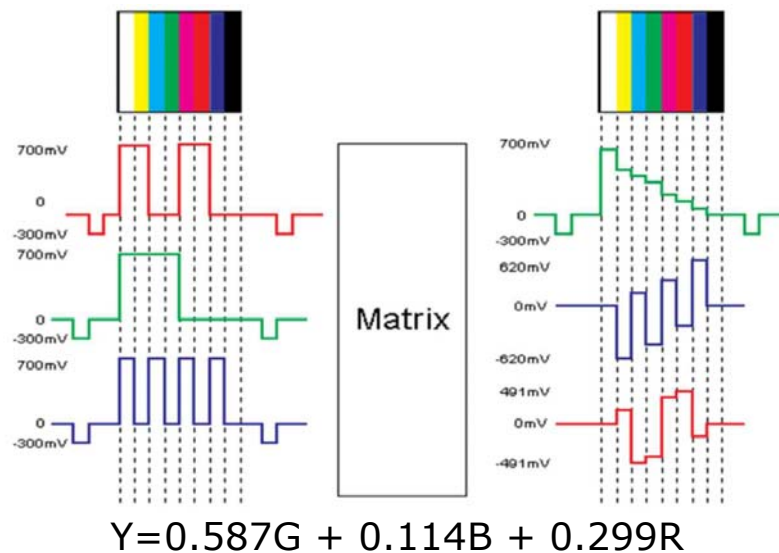
-Για τους παραπάνω λόγους δεν είναι κατάλληλο για διακίνηση και χρησιμοποιείται -στο χώρο του broadcast- μόνο εντός των μηχανημάτων και σπανίως για monitoring ακριβείας π.χ. Telecine , Graphics.

-Η διασύνδεση αυτή βεβαίως υπάρχει στα οικιακά και ημιαπαγγελματικά συστήματα σε περιορισμένη όμως χρήση.

Το RGB ως αναλογικό σήμα λοιπόν παρά την εξαιρετική του ποιότητα χρησιμοποιείται μόνο στη φάση της σύλληψης και της αρχικής επεξεργασίας.

Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά και την αποθήκευση παρά μόνο αν αυτή πραγματοποιηθεί σε ψηφιακή μορφή είτε σε μορφή αρχείου είτε σε μορφή ρεύματος δεδομένων - streaming.

## Μετατροπή RGB σε YUV



## Πως γίνεται αυτή η μετατροπή

- Κατ αρχήν δημιουργείται το σήμα Y προσθέτοντας  $0.587G + 0.114B + 0.299R$
- Στην συνέχεια δημιουργείται το σήμα B-Y αφαιρώντας το λευκό από το μπλε και τέλος το R-Y αφαιρώντας το λευκό από το κόκκινο

Το εύρος ζώνης φωτεινότητας ορίστηκε τελικά στους 5,75 MHz ενώ οι χρωματικότητες περιορίστηκαν στους 2,75 MHz μιάς και η ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού στις μικρές επιφάνειες χρωμάτων είναι περιορισμένη.

Αυτή είναι η δεύτερη μορφή αναλογικής συμπίεσης στην ιστορία της τηλεόρασης μια και από 3 κανάλια των 5,75 MHz δηλαδή

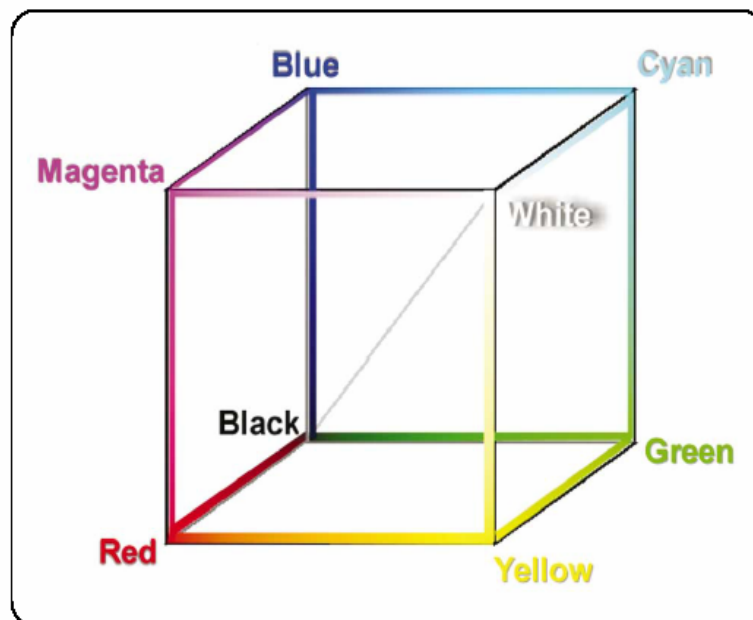
17,25 MHz καταφέραμε να έχουμε την ίδια σχεδόν ποιότητα εικόνας με συνολικό ευρος ζώνης  $5,75+2,75+2,75 = 11,25$  MHz.

Με την μετατροπή αυτή το σήμα YUV γίνεται ανθεκτικό και ως προς το λευκό και ως προς τις χρωματικότητες και ανταποκρίνεται καλύτερα στις συνθήκες μεταφοράς και διανομής (contribution - distribution) της τηλεοπτικής παραγωγής.

Οποιοσδήποτε κακός χειρισμός του έχει πολύ μικρότερες παρενέργειες συγκριτικά με το σήμα RGB.

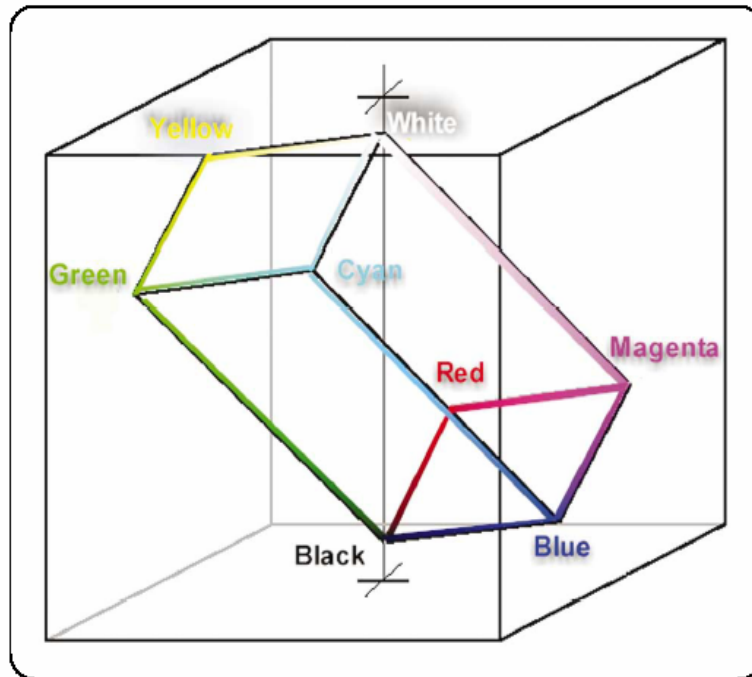
- Η YUV διασύνδεση έχοντας λύσει εν μέρει τα προβλήματα διακίνησης μπόρεσε να χρησιμοποιηθεί στην δημιουργία αναλογικού studio.
- Παρέμενε βέβαια το μεγάλο πρόβλημα ότι χρειάζονταν 3 καλώδια ίδιου μήκους για κάθε εικόνα και ο αντίστοιχος αριθμός περιφερειακών εξαρτημάτων που καθιστούσαν αυτό το είδος εγκατάστασης ογκώδες και δαπανηρό.

### Ο RGB κύβος χρωμάτων



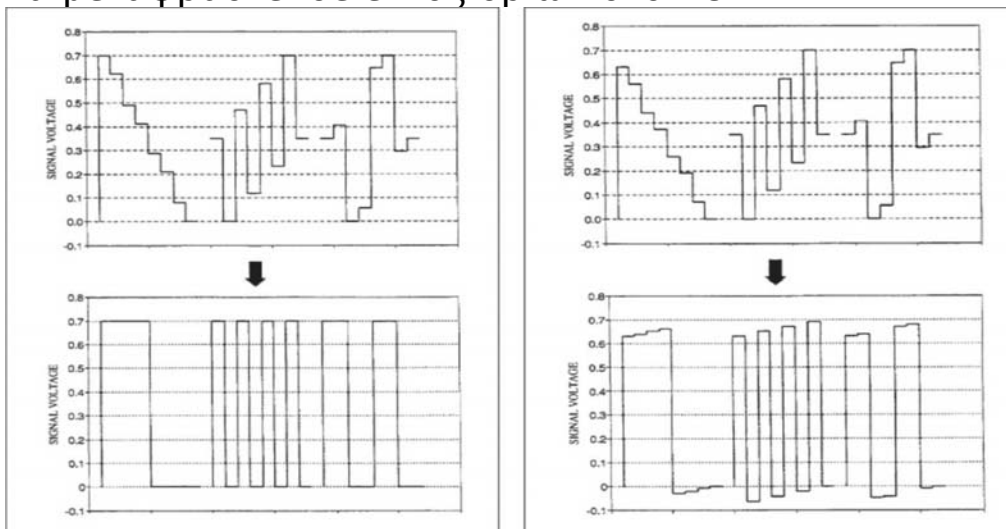
Εδώ βλέπουμε την χρωματική γκάμα του προτύπου RGB . Τα βασικά, τα συμπληρωματικά καθώς και το ασπρο μαύρο αντιστοιχούν στις ακμές ενός υποθετικού κύβου.

## Ο YUV κύβος χρωμάτων



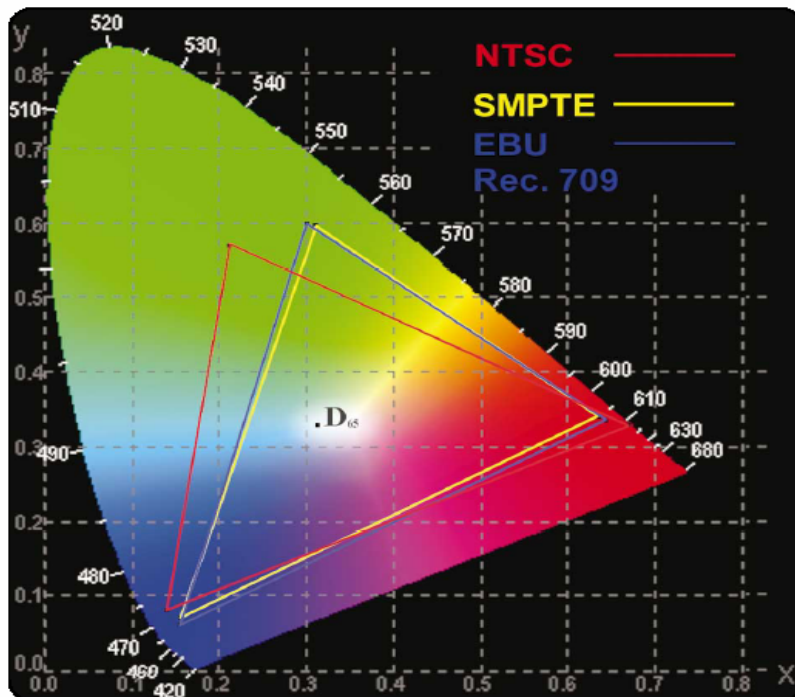
Εδώ βλέπουμε την χρωματική γκάμα του προτύπου YUV . Τα βασικά τα συμπληρωματικά καθώς και το άσπρο μαύρο αντιστοιχούν στις πλευρές ενός υποθετικού κύβου ευρύτερου από τον κύβο RGB.

Για τον παραπάνω λόγο είναι δυνατόν μία εντός ορίων τιμή στο RGB να μεταφραστεί σε εκτός ορίων στο YUV.



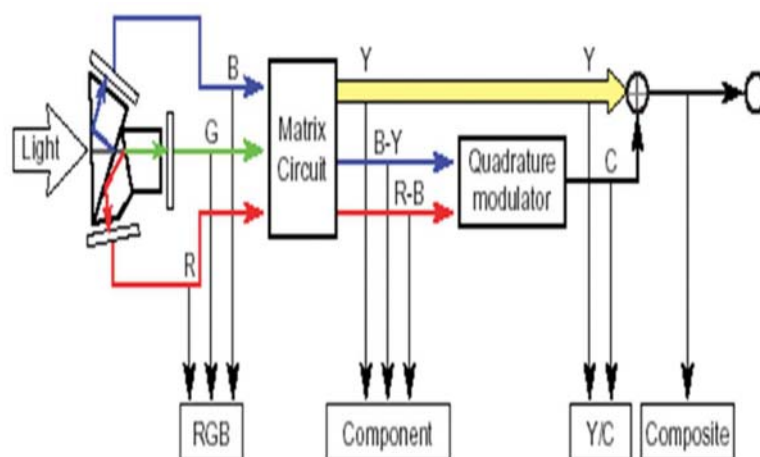
Εντός ορίων RGB εντός ορίων YUV    Εντός ορίων RGB εκτός ορίων YUV

## Τα χρωματικά πρότυπα εντός του ορατού φάσματος



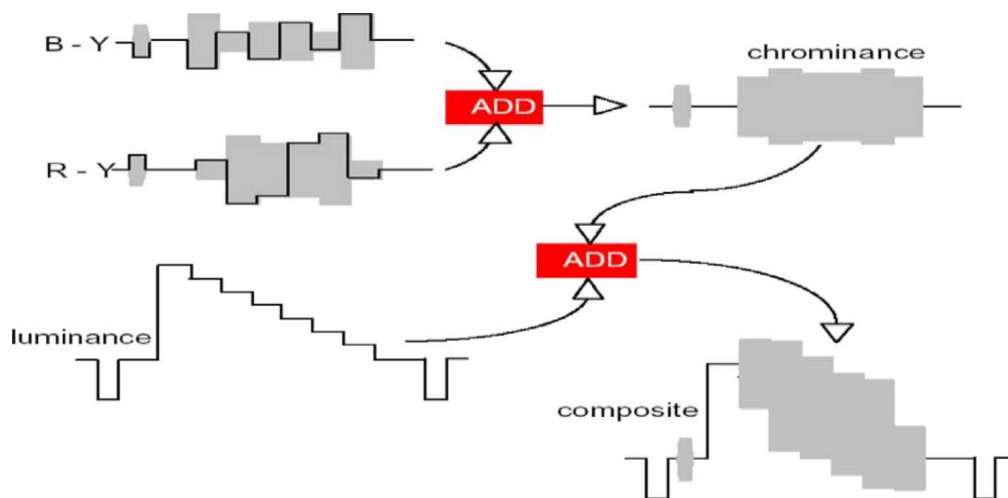
Εδώ βλέπουμε την περιοχή ευαισθησίας του ματιού σε χάρτη δύο διαστάσεων και τα αντίστοιχα πρότυπα χρωματικότητας SMPTE, EBU Rec. 709 NTSC.

## Block διάγραμμα μετατροπών RGB-Composite



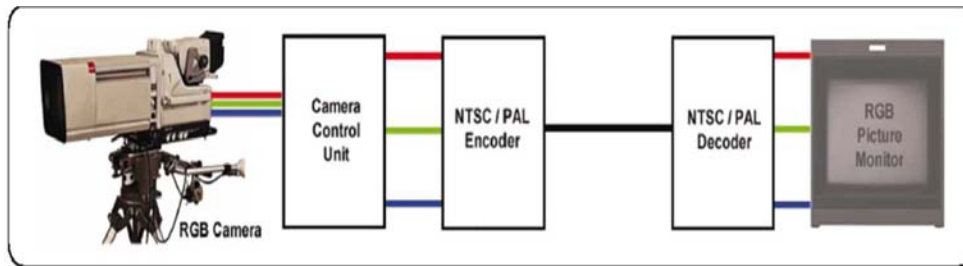
Production of color video signals in camera using an R-Y/B-Y encoder

## YUV-Y/C-Composite



Οι δύο συνιστώσες διαμορφώνουν μια φέρουσα συχνότητας 4,43361875 MHz η B-Y υπό γωνία 90 μοιρών και η R-Y υπό γωνία 0 μοιρών για τις μονές γραμμές και υπό γωνία 180 μοιρών για τις ζυγές γραμμές. Η εναλλαγή φάσης στην υποφέρουσα της R-Y είναι αναγκαία ώστε το σύστημα να διορθώνει αυτόματα την οποιαδήποτε ολίσθηση φάσης χρωματικότητας παρουσιαστεί κατά την μεταφορά, διανομή και μετάδοση. Αυτά τα δύο σήματα στην συνέχεια αναμιγνύονται σχηματίζοντας το σήμα χρωματικότητας. Για τον συγχρονισμό των φερουσών αποκωδικοποίησης εισάγεται ένα σήμα συγχρονισμού χρώματος αμέσως μετά τον συγχρονισμό φωτεινότητας (burst). Αυτό το σήμα χρωματικότητας στην συνέχεια αναμιγνύεται με το σήμα φωτεινότητας. Στο κωδικοποιημένο σήμα το ευρος ζώνης συμπιέζεται ακόμη περισσότερο (5 MHz) ώστε στο εκπεμπόμενο πρότυπο να είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί υποφέρουσα ήχου στους 5,5 MHz. Η διαδικασία αυτή είναι δυνατόν να αντιστραφεί και να αποκτήσουμε ξανά τα σήματα συνιστώσας με κάποια προβλήματα αλληλεπίδρασης μεταξύ τους, περιορισμού του εύρους ζώνης, παραγωγής επι πλέον θορύβου κ.λ.π. Αυτή ήταν η τρίτη -και με τα περισσότερα προβλήματα- μορφή αναλογικής συμπίεσης της πληροφορίας της εικόνας. Από τα 11,25 MHz του YUV καταλήγουμε να έχουμε ένα έγχρωμο σήμα εικόνας περιορισμένο σε ένα εύρος ζώνης 5 MHz κάτι που μας επέτρεψε να έχουμε έγχρωμη τηλεοπτική εκπομπή με όλα τα προβλήματα που περιγράψαμε παραπάνω.

## Composite διασύνδεση



Ιδανικό για εκπομπή μέχρι την εμφάνιση της ψηφιακής εκπομπής .

Χρησιμοποιείται ακόμα για την μεταφορά εικόνων κυρίως για θέαση.

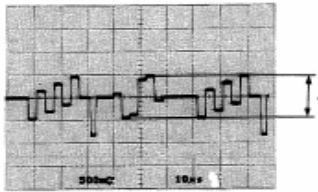
Χρησιμοποιήθηκε και για την δημιουργία του αναλογικού composite studio με πολλά και μεγάλα προβλήματα.

## CTDM

Η πρώτη επιτυχημένη προσπάθεια δημιουργίας χρωματικότητας χωρίς αναλογική κωδικοποίηση με την μέθοδο της αναλογικής πολυπλεξίας.

Το πρώτο component video (BETA) βασίστηκε στο σήμα αυτό. (1982)

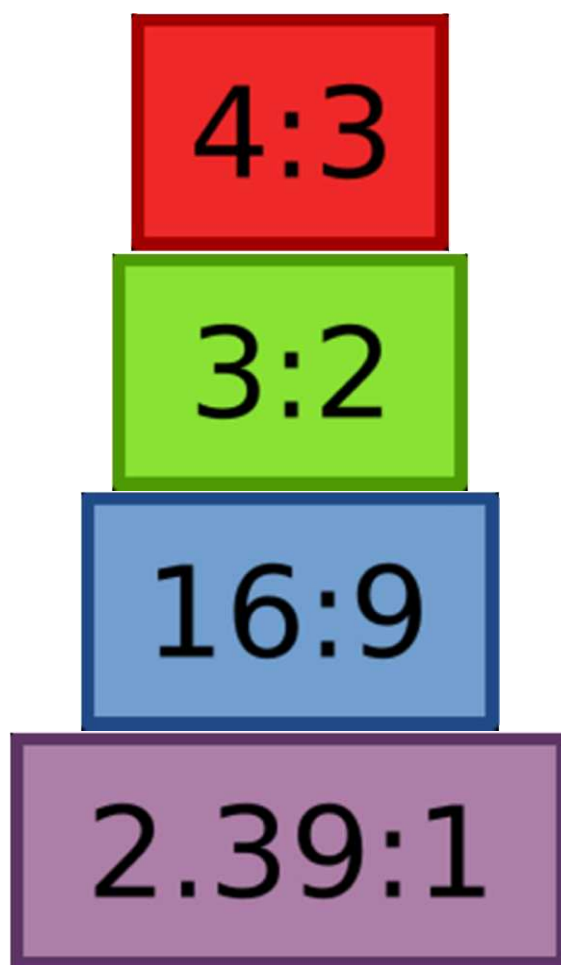
11-4-6. Composite D/A C Level Adjustment

Preparations for adjustment	Specifications	Adjustments
<ul style="list-style-type: none"> <li>Supply a composite 100% color bars signal to VIDEO INPUT connector.</li> <li>INPUT SELECT switch (control panel): COMPOSITE</li> </ul>	TP502/VRA-3 (C-5) oscilloscope  $A = 933 \pm 5 \text{ mV pp}$	RV202/VRA-3 (E-3)   TRIG: INT CONNECTION 2

Αυτό το σήμα δημιουργήθηκε μέσω ψηφιοποίησης των σημάτων χρωματικότητας, αποθήκευσης σε προσωρινή μνήμη και διαβάσματος τους σε διπλάσια ταχύτητα.



## Λόγος πλευρών - Aspect ratio



Εικόνες με διαφορετικό λόγο πλευρών.

Ο τρόπος ρύθμισης του Aspect ratio στην ηλεκτρονική εικόνα είναι τελικά διαφορετικός από αυτόν που κατά βάση χρησιμοποιήθηκε στο φιλμ.

Για λόγους συμβατότητας με την προηγούμενη κατάσταση δεν αλλάζουν οι διαστάσεις, η σάρωση, η ανάλυση, ή ο ρυθμός επανάληψης αλλά ο λόγος πλευρών του κάθε pixel και της εικόνας συνολικά δημιουργώντας στην λεγόμενη 'αναμορφική' εικόνα.

## Αναμορφική εικόνα



Βλέπουμε μια εικόνα 16/9 αναμορφική εντός πλαισίου 4/3. Εδώ η σύλληψη της εικόνας γίνεται με τον ίδιο αριθμό εικονοστοιχείων με την εικόνα 4/3 δηλαδή 720/576/50/25.

Υπήρξε και η τάση της προτυποποίησης σε υψηλότερη ανάλυση λόγω της άποψης ότι η ευρύτερη εικόνα αντιστοιχεί αναγκαστικά σε ελαφρώς υψηλότερη ευκρίνεια.

Αποτέλεσμα αυτού ήταν η δημιουργία σήματος SDI 360 Mbp/s για το 16/9, όμως τελικά δεν επεκράτησε γιατί δεν ήταν συμβατή με το υπάρχον πρότυπο των 270 Mbp/s.

Έπρεπε να αλλάξουν οι τηλεοπτικές εγκαταστάσεις δημιουργώντας ένα κόστος αναντίστοιχα υψηλό προς το όφελος που θα προέκυπτε.

## Ο χειρισμός του Aspect ratio στην αναλογική τηλεόραση

- Η αποστολή κωδικού WSS ώστε οι σύγχρονοι δέκτες να αλλάξουν τον τρόπο προβολής ανάλογα με τον λόγο πλευρών του υλικού τους.
- Η μορφοποίηση της εικόνας ώστε να μπορεί να προβληθεί σωστά σε δέκτες με διαφορετικό aspect ratio που όμως δεν έχουν την δυνατότητα να καταλάβουν και να χειριστούν την εικόνα με την βοήθεια των κωδικών WSS.
- Αυτό όμως δημιουργεί προβλήματα υποβιβασμού της ποιότητας καθώς μετατρέπουμε την εικόνα των 576 γραμμών την σε εικόνα των 432 γραμμών για να προβληθεί σε ένα δέκτη 4/3 με 12,5% μαύρο πάνω και 12,5% κάτω από την εικόνα.

Ο υποβιβασμός της ποιότητας είναι ιδιαίτερα εμφανής στις σύγχρονες τηλεοράσεις 16/9 (μεσαίου και πάνω μεγέθους) οι οποίες ταιριάζουν την εσωτερική 16/9 εικόνα με το πλαίσιο τους κάνοντας zoom in.

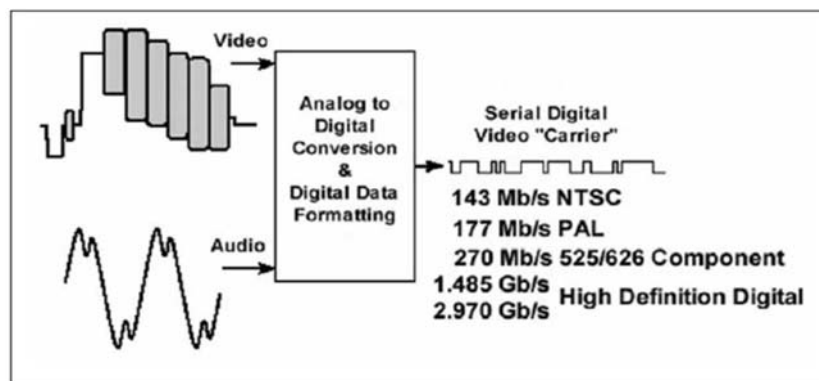
## **Ο χειρισμός του Aspect ratio στην ψηφιακή τηλεόραση**

- Στην ψηφιακή τηλεόραση αυτό μπορεί να το διαχειριστούμε πολύ καλύτερα διότι την μορφοποίηση δεν την υλοποιεί ο πομπός αλλά ο κάθε δέκτης ξεχωριστά και έτσι δεν προκύπτει υποβιβασμός της ποιότητας της εικόνας.
- Στέλνουμε λοιπόν στον δέκτη αναμορφική εικόνα και ταυτόχρονα τον κωδικό που αντιστοιχεί στο μορφότυπο που εκπέμπουμε (σε μορφή WSS ή AFD) και ο δέκτης το διαχειρίζεται ανάλογα με τις επιλογές που έχουμε κάνει από το menu της συσκευής.
- Το WSS χρησιμοποιείται για να ενημερώσει τον σύγχρονο δέκτη για το μορφότυπο εικόνας που εκπέμπεται και χρησιμοποιείται μόνο στην εκπομπή.
- Το AFD είναι ένα πρότυπο πιο πλήρες που χρησιμοποιείται στην διανομή και την ψηφιακή εκπομπή και ενημερώνει τον δέκτη και για το λόγο πλευρών εικόνας και για το λόγο πλευρών πλαισίου σάρωσης, ώστε να είναι σε θέση να κάνει την πιο σωστή επιλογή απεικόνισης π.χ. εικόνα 16/9 εντός πλαισίου 4/3, εικόνα 4/3 εντός πλαισίου 16/9.
- Η σύγχρονη τάση πάντως για το SD στο μεταίχμιο μετά την έναρξη της ψηφιακής εκπομπής λίγο πριν το σταμάτημα της αναλογικής εκπομπής εν όψει της έλευσης του HD, είναι η εκπομπή μονίμως πλαισίου σάρωσης 16/9 και η ένθεση των προγραμμάτων 4/3 εντός του πλαισίου αυτού με κάποια από τις παραλλαγές 14/9 είτε με μαύρα 6,25% δεξιά και αριστερά της εικόνας και κόψιμο 6,25% πάνω και κάτω είτε με επιλεκτική παραμόρφωση στα άκρα της εικόνας ώστε να μην υπάρχουν μαύρα.
- Είναι μία λύση που θα μας επιτρέψει να χειριστούμε καλύτερα τους αναμεταδότες μας που λαμβάνουν σήμα από Nova καθώς οι σχετικοί δέκτες που τους παρέχουν το τηλεοπτικό σήμα κόβουν το WSS στην έξοδο τους κάνοντας αναγκαστική την λύση letterbox πριν τον αναμεταδότη με όλη την υποβάθμιση ποιότητας που συνεπάγεται.

0	ETSI: reserved; ATSC: undefined
1	reserved
2	ETSI: 16:9 active picture (top aligned); ATSC: "not recommended"
3	ETSI: 14:9 active picture (top aligned); ATSC: "not recommended"
4	ETSI: box > 16:9 (center): wider than 16:9 active picture. The aspect ratio of the source area is not given, and the size of the top/bottom bars is not indicated. ATSC: bar data (indicating the extent of top, bottom, left, and right bars) should be transmitted when using this code.
5-7	reserved
8	Full Frame image, same as the frame (4:3 or 16:9).
9	4:3 Image: Full Frame in 4:3 frame, Pillarbox in 16:9 frame.
10	16:9 Image: Letterbox in 4:3 frame, Full Frame in 16:9 frame.
11	14:9 Pillarbox/Letterbox image.
12	unused
13	4:3 with shoot and protect 14:9 centre. The term "shoot and protect" is not explained in the standard, but means that the areas above and below the central 14:9 region of the 4:3 active picture can be trimmed without losing important detail.
14	16:9 with shoot and protect 14:9 centre. Here, the areas to the right and left of the central 14:9 region of the 16:9 active picture can be trimmed without losing important detail.
15	16:9 with shoot and protect 4:3 centre. Here, the areas to the right and left of the central 4:3 region of the 16:9 active picture can be trimmed without losing important detail.

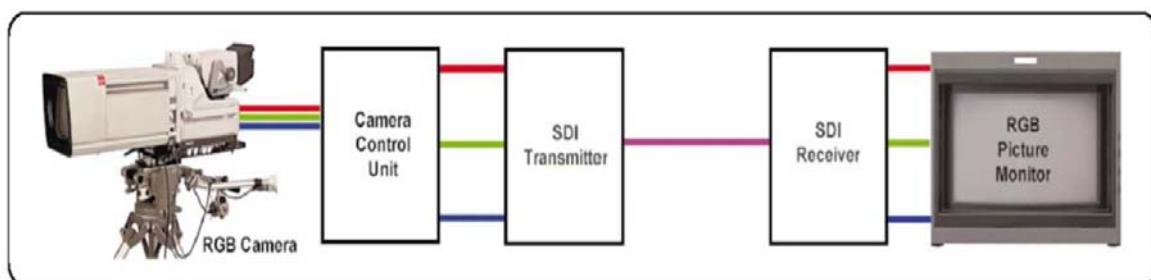
Εδώ βλέπουμε την κωδικοποίηση AFD

## Από το composite στο ψηφιακό component



Εδώ βλέπουμε διάφορα στάνταρ ψηφιοποιημένου σήματος ξεκινώντας από το composite που ήταν το πρώτο που ψηφιοποιήθηκε, στην συνέχεια βεβαίως έγινε κατανοητό ότι δεν είχε νόημα αυτή η επιλογή.

## Component SDI διασύνδεση



Πρότυπο

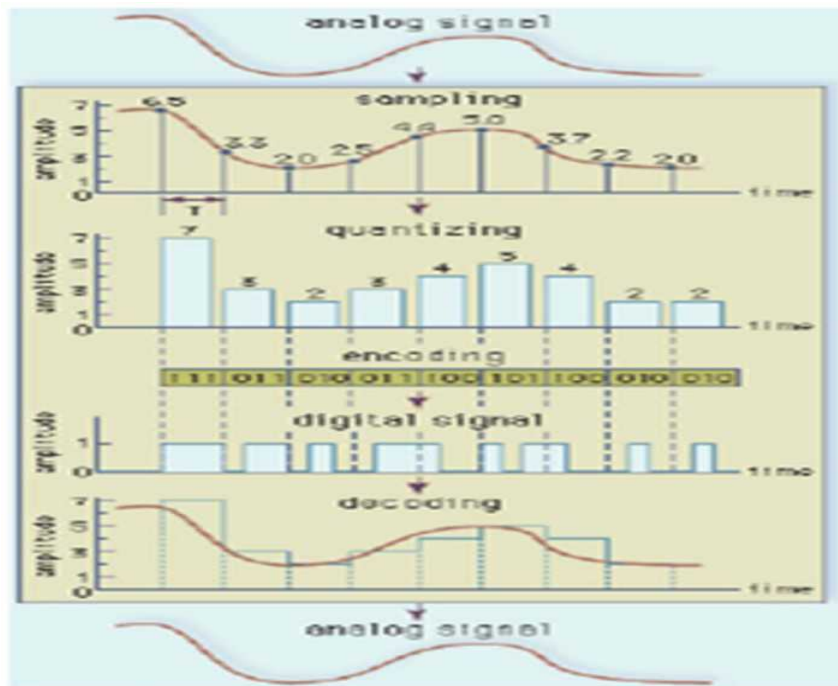
- Ασυμπίεστο για την εικόνα και τον ήχο.
- Μονόδρομο.
- Με πολύ μικρό χρόνο καθυστέρησης - real time.
- Χρησιμοποιεί κωδικούς ανίχνευσης σφαλμάτων για την εικόνα.
- Χρησιμοποιεί κωδικούς ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων για τον ήχο.
- Τα δεδομένα εικόνας μεταδίδονται σύγχρονα ενώ τα δεδομένα ήχου ασύγχρονα στον κενό διαθέσιμο χρόνο και συνοδεύονται με πληροφόρηση για τον ακριβή χρόνο αναπαραγωγής τους.
- Περιέχει τον χρονισμό του (το ρολόϊ) με την βοήθεια του οποίου αποκωδικοποιείται.

### **Πλεονεκτήματα -μειονεκτήματα:**

- Σταθερά υψηλή ποιότητα χωρίς παραμορφώσεις & παρεμβολές ανεξάρτητα από το μήκος και την ποιότητα των καλωδίων μέχρι ..... του σημείου κατάρρευσης.
- Δυνατότητα διακίνησης μέχρι και 16 καναλιών ενσωματωμένου ήχου.
- Δίνει την δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης του χρονισμού (auto timing) σε μηχανήματα που έχουν αυτή την πρόβλεψη (vision mixer - switcher).
- Δυνατότητα εκτέλεσης διαγνωστικών ελέγχων που αφορούν την ποιότητα της διασύνδεσης.

### **Διαδικασία ψηφιοποίησης**

Το αναλογικό σήμα αφού περάσει από ένα χαμηλοπέρατο φίλτρο υψηλής τάξης ώστε να μην έχει συνιστώσες υψηλότερης συχνότητας από το 1/2 της συχνότητας δειγματοληψίας οδηγείται σε ένα κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης και στην συνέχεια σε κάθε δείγμα αποδίδεται η πιο κοντινή δυαδική τιμή με κβαντισμό 8 ή 10 ψηφίων.



## Εικόνα υψηλής ευκρίνειας

Είναι κατά βάση η εικόνα με υψηλότερη ευκρίνεια από την συμβατική. Έχει τυποποιηθεί ένας μεγάλος αριθμός προτύπων που ξεκινά από 1280/720/50i μέχρι 1920/1080/50p στο broadcast και 2K, 4K, 6K, 8K κλπ στον κινηματογράφο. Εμείς σ' αυτό το κείμενο θα ασχοληθούμε μόνο με την περιγραφή του προτύπου διακίνησης της επαγγελματικής -broadcast- εικόνας που είναι το SDI.

## Ομοιότητες SD – HD

- 10 bits ανά λέξη.
- Y Cb Cr βασικό εγγενές σχήμα.
- Η περιοχή αμαύρωσης προβλέπεται να περιέχει βοηθητικά δεδομένα.
- Ο ενσωματωμένος ήχος προβλέπεται να περιέχει 16 κανάλια μονοφωνικού αναλογικού ήχου.
- Ένας ειδικός κώδικας χρησιμοποιείται για να ελέγχει την ακεραιότητα στην λήψη των δεδομένων.

## Διαφορές SD – HD

- Οι συνιστώσες Y Cb Cr προκύπτουν από το RGB χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συντελεστές.
- Το ρεύμα δεδομένων έχει ταχύτητα 270 Mb/s SD & 1.485 Gb/s HD.
- Το HD είναι δομημένο σε δύο παράλληλα ρεύματα - ένα για την φωτεινότητα Y και ένα για την χρωματικότητα Cb/Cr.
- Υπάρχουν τελικώς 2 μόνο μορφές για το SD (625/50 & 525/59.94) για το HD υπάρχουν πολλά και διαφορετικά frame rates , αναλύσεις, τρόποι σάρωσης.
- Το Aspect ratio - HD είναι μόνο 16 x 9.
- HD χρησιμοποιεί CRC για κάθε γραμμή του κάθε ρεύματος δεδομένων (Y και Cb/Cr) ενώ το SD χρησιμοποιεί CRC για κάθε πεδίο.
- HD χρησιμοποιεί την αρίθμηση γραμμών.
- HD καθορίζει με καλύτερο τρόπο τον ενσωματωμένο ήχο, επιτρέποντας την χρήση συμπιεσμένου πολυκαναλικού.
- Μεταγενέστερες ψυχομετρικές στατιστικές μελέτες των διεθνών οργανισμών σχετικά για την ευρύτερη εικόνα έδειξαν ότι η συνιστώσα G έπρεπε να είχε μεγαλύτερη συνεισφορά από ότι είχε αρχικά εκτιμηθεί διότι λόγω της αυξημένης ευαισθησίας του ματιού στο πράσινο αντλεί από αυτό το κανάλι το μεγαλύτερο μέρος της λεπτομέρειας που αντιλαμβάνεται. Έτσι στο HD πρότυπο ενσωματώθηκαν διαφορετικά ποσοστά μετατροπής .

### **SD color space definition, from ITU-R BT.601:**

- $Y = 0.587G + 0.114B + 0.299R$
- $Cb = -0.587G + 0.886B - 0.299R$
- $Cr = -0.587G - 0.114B + 0.701R$

### **HD color space definition, from ITU-R BT.709:**

- $Y = 0.715G + 0.072B + 0.213R$
- $Cb = -0.715G + 0.928B - 0.213R$
- $Cr = -0.715G - 0.072B + 0.787R$

Κάθε φορά λοιπόν που γίνεται η μετατροπή από SD σε HD και αντίστροφα γίνονται οι αναγκαίες διορθώσεις των συντελεστών προκειμένου η εικόνα να μην υποστεί παραμορφώσεις.

## Μία ματιά σε ορισμένα πρωτόκολλα HD SDI

### HDTV – SMPTE 292 Formats

SMPTE Standard	200M	200M	292M	274M	274M	274M	274M	274M	274M	274M	274M	292M	292M
Format	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Lines Per Frame	1125	1125	1250	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	750	750
Words per active line	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1280	1280
Total Active Lines	1035	1035	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	720	720
Words Per total line	2200	2200	2376	2200	2200	2640	2200	2200	2640	2750	2750	1650	1650
Frame Rate	30	29.97	25	30	29.97	25	30	29.97	25	24	23.97	60	59.94
Fields per Frame	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1

### Επέκταση HD πρωτόκολλων

- Dual Link (SMPTE 372M).
- Το SMPTE 372M ορίζει ένα σύστημα που χρησιμοποιεί δύο ξεχωριστά κανάλια εκπομπής για να μεταφέρει είτε μία εικόνα με μεγαλύτερη συχνότητα δειγματοληψίας, μέγεθος κβαντισμού (bit depth 10 -12 bits), η κάποιο συνδυασμό RGB and RGB +A και έχει ρυθμό διαμεταγωγής δεδομένων 2.970 MBp/s.

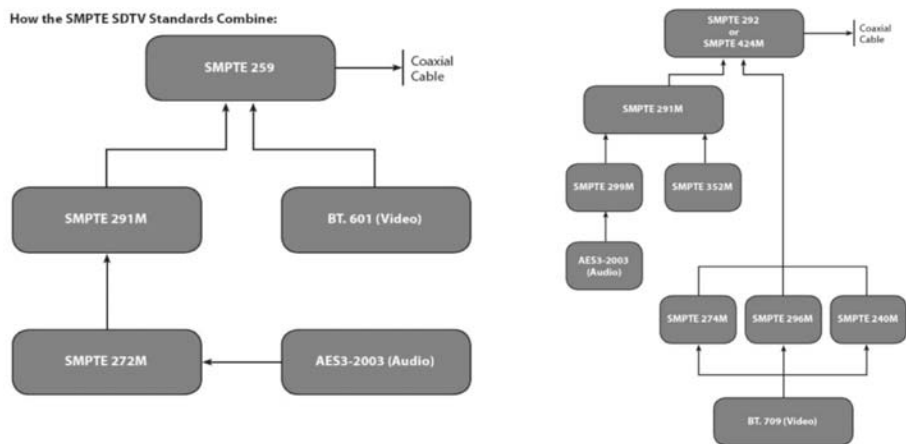
### Το πρότυπο 1920 x 1080/50i

Το πρότυπο που χρησιμοποιούμε μέχρι την κωδικοποίηση εκπομπής.

- 1920 δείγματα ανά ενεργό γραμμή 1080 ενεργές γραμμές, πλαίσιο 25 Hz, πλεκτή σάρωση.
- 74.25 MHz συχνότητα δειγματοληψίας 2640 συνολικά δείγματα ανά γραμμή 1125 συνολικές γραμμές ανά πλαίσιο.



## Μία ματιά στην συνδυασμό των πρωτοκόλλων για την δημιουργία SD και HD SDI



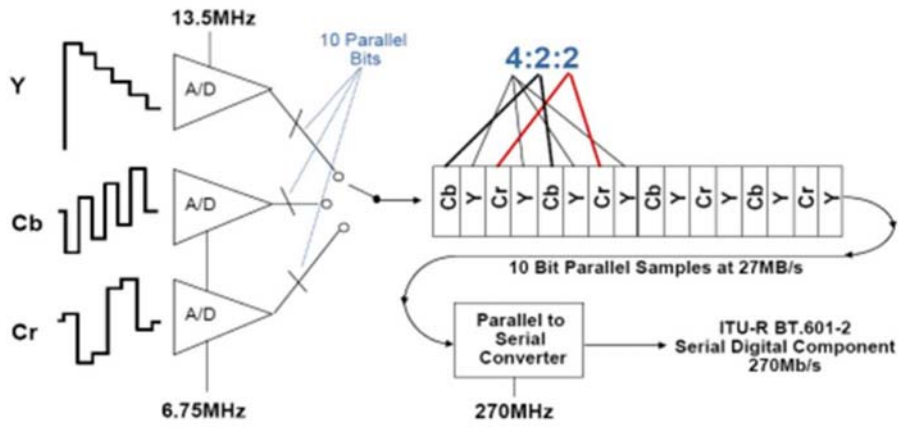
### Το σειριακό ρολόι

- Το σειριακό ρολόι προκύπτει από τον ρυθμό μετάδοσης πληροφορίας και είναι 270 MHz αυτό όμως υπάρχει εντός των μηχανημάτων.
- Μέσα στην ροή δεδομένων SDI ενσωματώνεται ένα ρολόι 135 MHz για λόγους περιορισμού του εύρους ζώνης το οποίο χρησιμοποιείται για να παραχθεί το εγγενές ρολόι των 270 MHz.

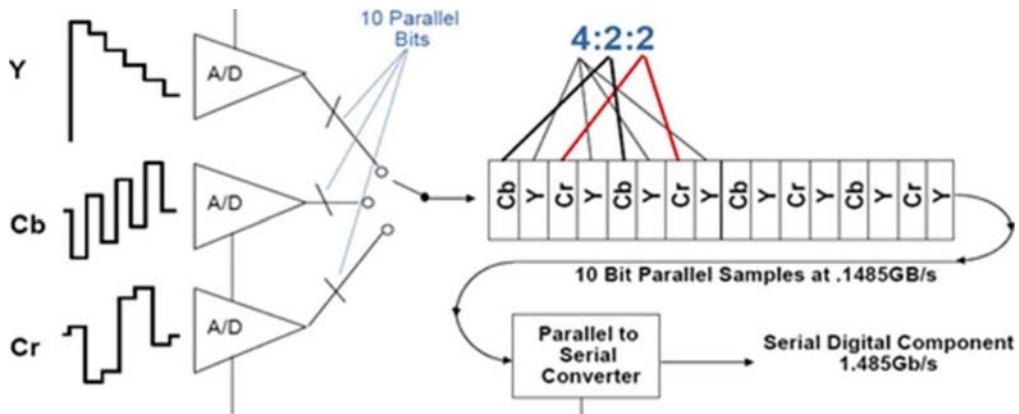
### Το παράλληλο ρολόι

Το παράλληλο clock βρίσκεται στους 27 MHz για το SD στους 148,5 MHz για το HD και στους 297 MHz για το 3G HD. Το παράλληλο ρολόι είναι πολύ σημαντικό γιατί αφορά την ομαδοποίηση των ψηφίων με την σωστή σειρά ξεκινώντας από το bit 9 - 0. Απώλεια του ρολογιού αυτού σημαίνει αδυναμία κατανόησης του μηνύματος που μεταδίδει το μέσον.

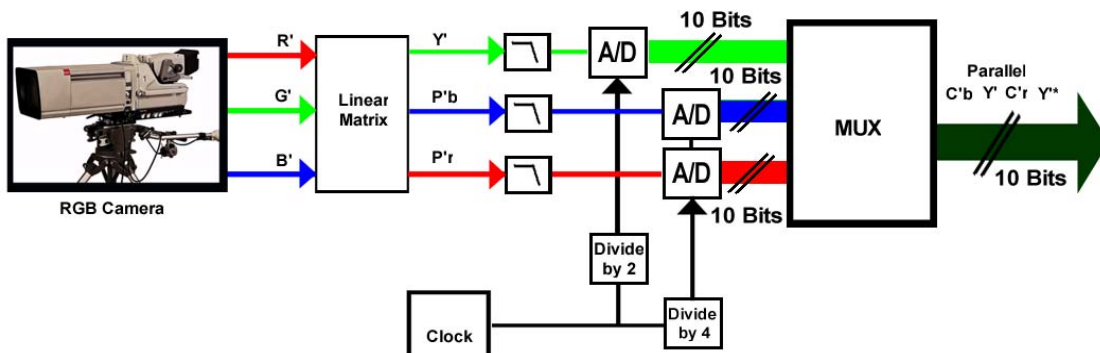
## Μετατροπή ενός αναλογικού σήματος SD σε ψηφιακό



## Μετατροπή ενός αναλογικού σήματος HD σε ψηφιακό



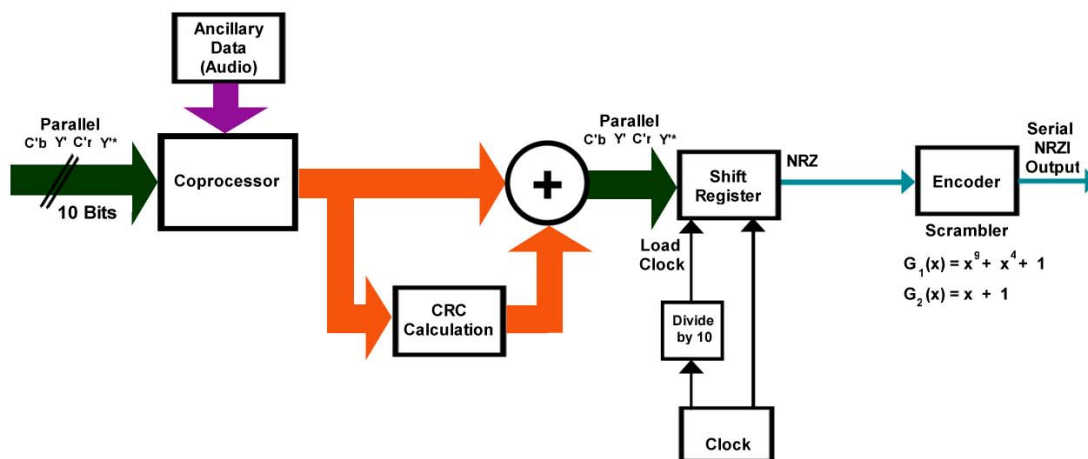
## Μετατροπή RGB σε parallel



Τα σήματα YUV οδηγούνται σε χαμηλοπέρατο φίλτρο και στην συνέχεια σε μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό με κβαντοποίηση 10 ψηφίων σε παράλληλη μορφή. Στην συνέχεια τα παράλληλα δεδομένα πολυπλέκονται ξεκινώντας πάντα από το C'b, Y', C'r επαναλαμβάνοντας μέχρι να τελειώσει η κάθε ορατή γραμμή.

- Στο SD η δειγματοληψία του σήματος φωτεινότητας είναι 13.5 Ms/s ενώ των σημάτων χρωματικότητας 6.75 Ms/s.
- Στο HD η δειγματοληψία του σήματος φωτεινότητας είναι 74.25 Ms/s ενώ των σημάτων χρωματικότητας 37.125 Ms/s.
- Στο 3G HD η δειγματοληψία του σήματος φωτεινότητας είναι 148.5 Ms/s ενώ των σημάτων χρωματικότητας 74.25 Ms/s.

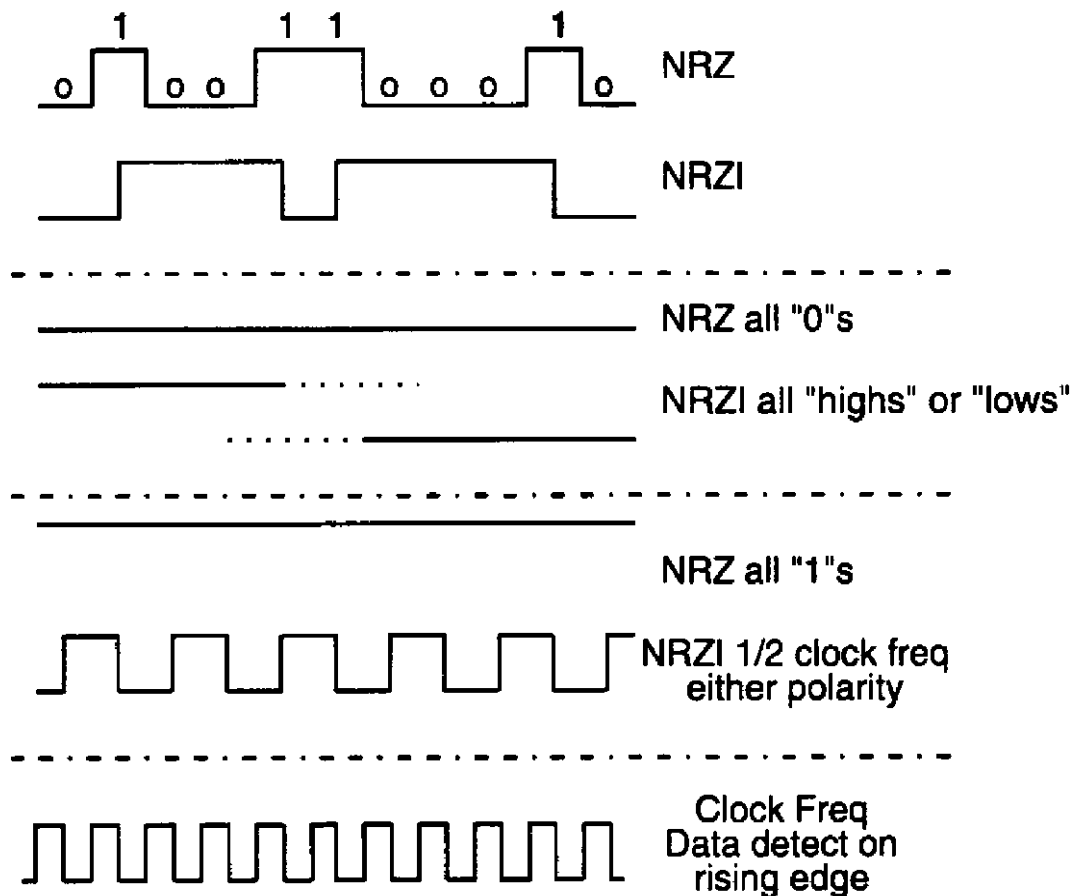
### Μετατροπή parallel σε serial



Στα πολυπλεγμένα δεδομένα προστίθενται τα βοηθητικά δεδομένα και κυρίως ο ήχος, πραγματοποιούνται οι έλεγχοι CRC και το αποτέλεσμα των ελέγχων προστίθεται στο τέλος κάθε πεδίου εικόνας.

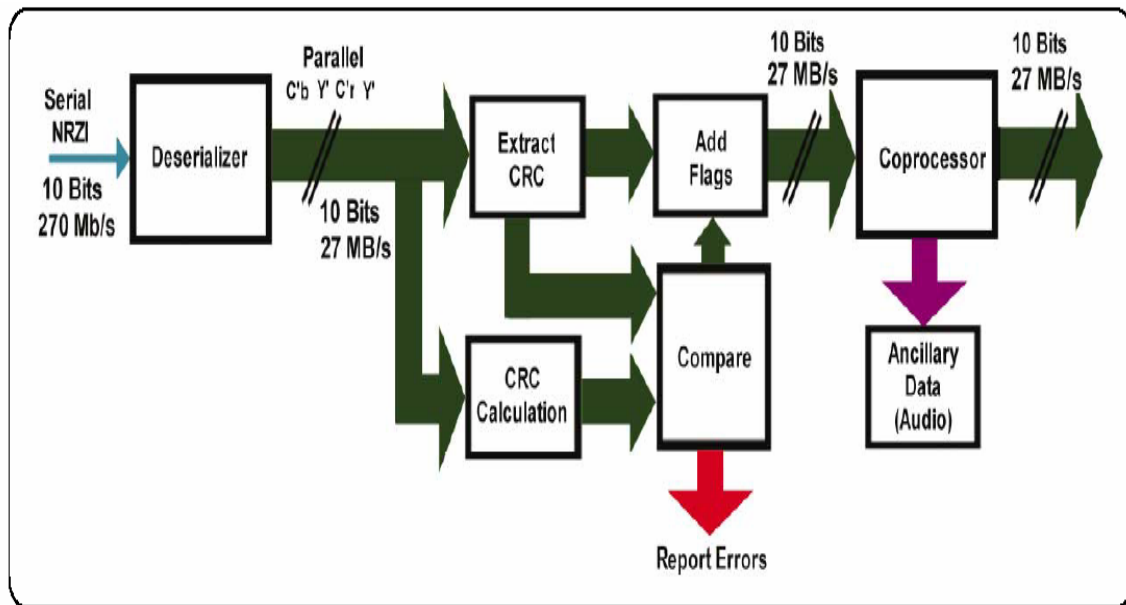
Στην συνέχεια με την βοήθεια ενός καταχωρητή ολισθήσεως ο οποίος χρησιμοποιεί το παράλληλο ρολόι για να εισάγει το δεδομένα και το σειριακό για να τα βάλει σε σειρά, ξεκινώντας από το πιο σημαντικό ψηφίο bit 9 και καταλήγοντας στο λιγότερο σημαντικό bit 0. Ο scrambler λαμβάνει δεδομένα με πηγαία κωδικοποίηση -NRZ- και εξάγει δεδομένα με κωδικοποίηση καναλιού -NRZI.

## Λεπτομέρεια της μετατροπής NRZ σε NRZI



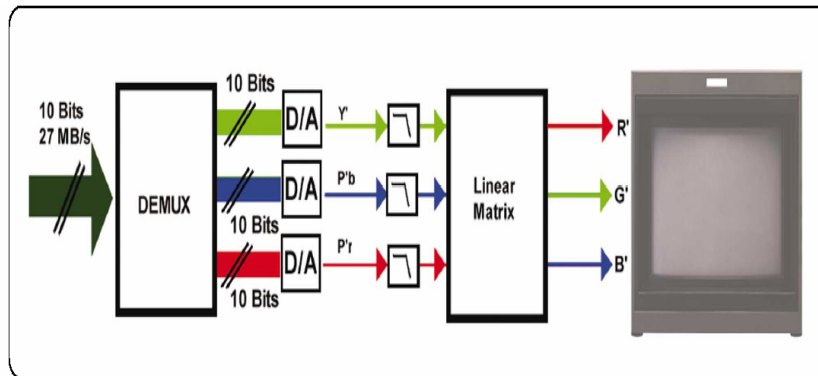
- Η διαδικασία Scrambling ελαχιστοποιεί το περιεχόμενο χαμηλής συχνότητας, εξαλείφει την συνεχή συνιστώσα, και θωρακίζει το σύστημα από την εμφάνιση συνεχόμενων άσων (1) βοηθάει έτσι στην εξαγωγή του σήματος χρονισμού (clock) από το σήμα SDI.
  - Μπορεί ωστόσο να εμφανιστούν συνεχόμενα μηδενικά (0) στα οποία το σύστημα εξακολουθεί να έχει ευαισθησία.
  - Αυτό εμφανίζεται σπανίως στην ορατή εικόνα, εμφανίζεται όμως στην περιοχή EAV και SAV οι οποίες περιέχουν 2 (SD) ή 4 (HD) λέξεις των 10 μηδενικών (0) η κάθε μία.
  - Ωστόσο το σχετικό κύκλωμα βρόγχου κλειδωμένης φάσης του δέκτη είναι ρυθμισμένο με ανάλογη σταθερά χρόνου ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε παρενέργεια.
- Για την οικονομία του κειμένου τα κυκλώματα που παρέχουν ψηφιακό σήμα θα τα αποκαλούμε 'πομπούς' και τα κυκλώματα που δέχονται ψηφιακό σήμα θα τα αποκαλούμε 'δέκτες'.

## Μετατροπή serial σε parallel στον 'δέκτη' (SD)



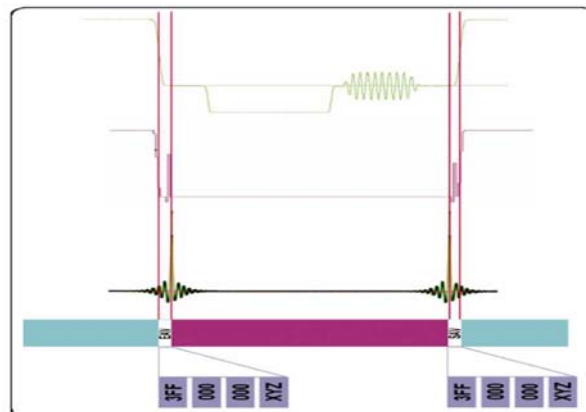
- Στον δέκτη ακολουθείται η αντίστροφη πορεία.
- Τα δεδομένα από σειριακά γίνονται παράλληλα.
- Πραγματοποιείται ο έλεγχος CRC και το αποτέλεσμα συγκρίνεται με τον αποτέλεσμα που έχει πραγματοποιηθεί στον πομπό και υπάρχει καταχωρημένο στο ρεύμα βοηθητικών δεδομένων.
- Εάν υπάρχει διαφορά τότε το σφάλμα δηλώνεται με κάποιο σήμα που ειδοποιεί τον χειριστή ή τον μηχανικό ενώ καταχωρείται στο ρεύμα βοηθητικών δεδομένων.
- Εάν υπάρχει ήδη καταχωρημένο σφάλμα από προηγούμενη βαθμίδα τότε αυτό δηλώνεται στο αντίστοιχο πεδίο των βοηθητικών δεδομένων για να καταλάβει ο μηχανικός ότι θα πρέπει να ψάξει σε προηγούμενη βαθμίδα.
- Στην συνέχεια ένας επεξεργαστής αφαιρεί τα βοηθητικά δεδομένα και τον ήχο ο οποίος μετατρέπεται σε ρεύμα δεδομένων AES/EBU και αποκωδικοποιείται σε αναλογικό σήμα ήχου.

## Μετατροπή parallel σε RGB στον 'δέκτη' (SD)



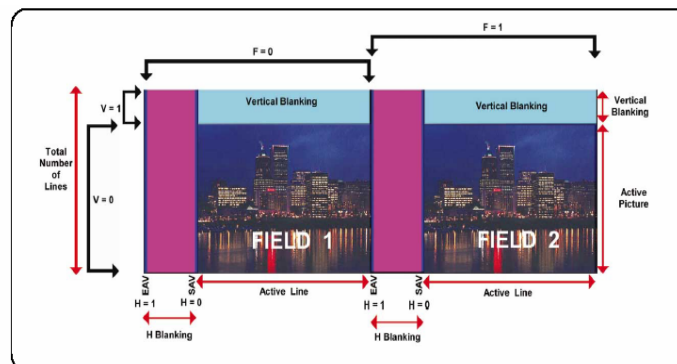
Τα παράλληλα δεδομένα αποπολυπλέκονται δημιουργώντας τρία ρεύματα παράλληλων δεδομένων YUV 10 bits. Αυτά μετατρέπονται σε αναλογικά σήματα φιλτράρονται οδηγούνται σε μήτρα μετατροπής σε RGB και απεικονίζονται.

## Ψηφιακή οριζόντια αμαύρωση

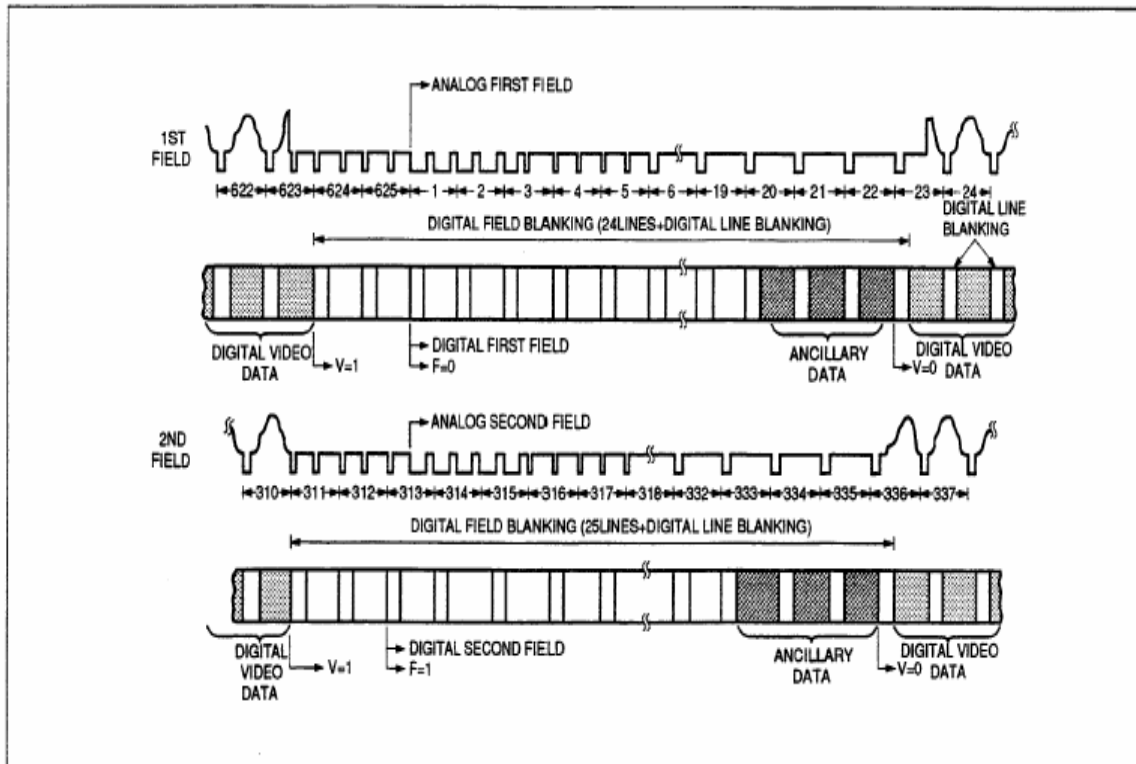


Σήμα TRRS ειδωμένο ως αναλογικό σήμα φωτεινότητας.

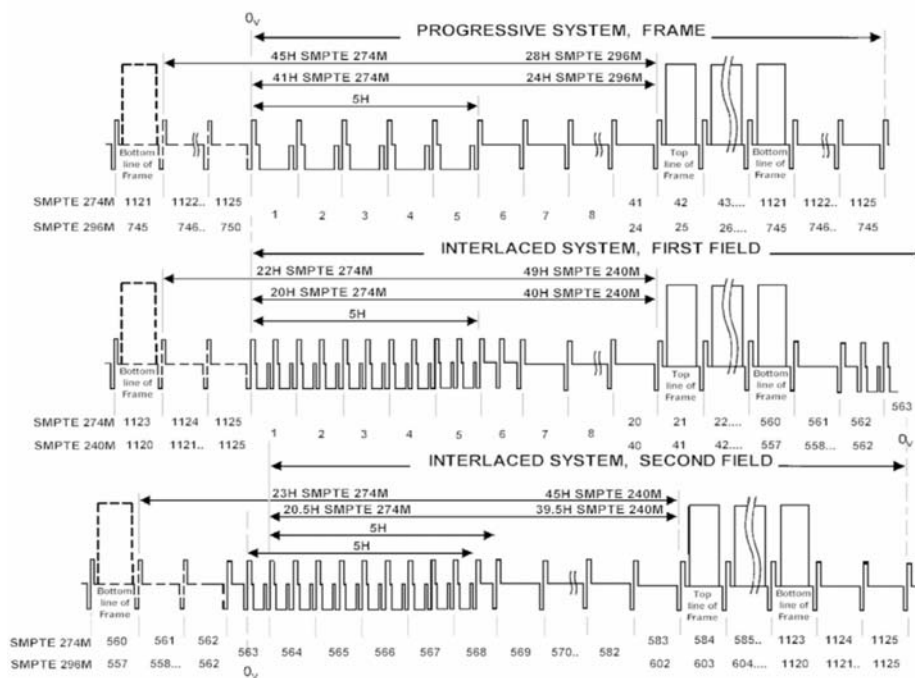
## Ένα πλήρες πλαίσιο interlace



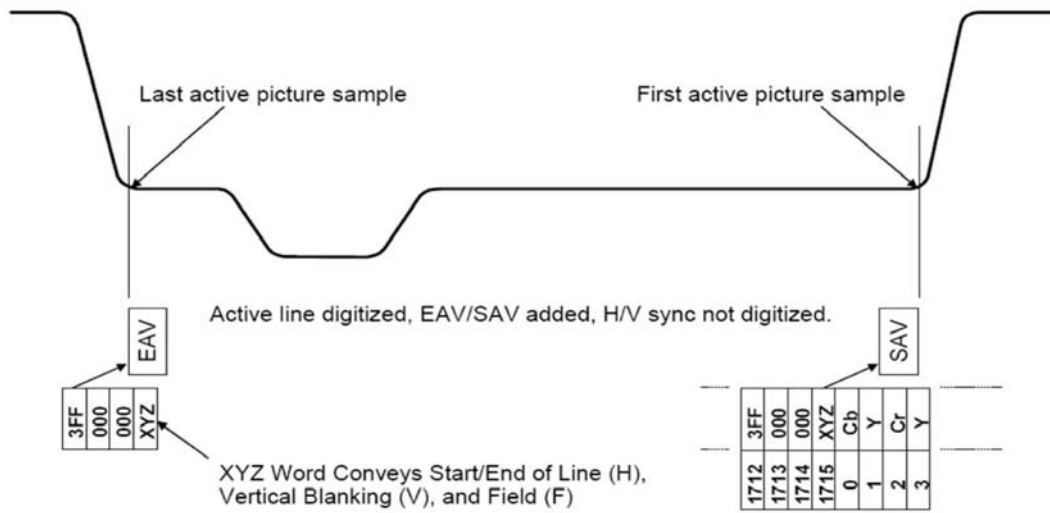
## Κατακόρυφος συγχρονισμός SD



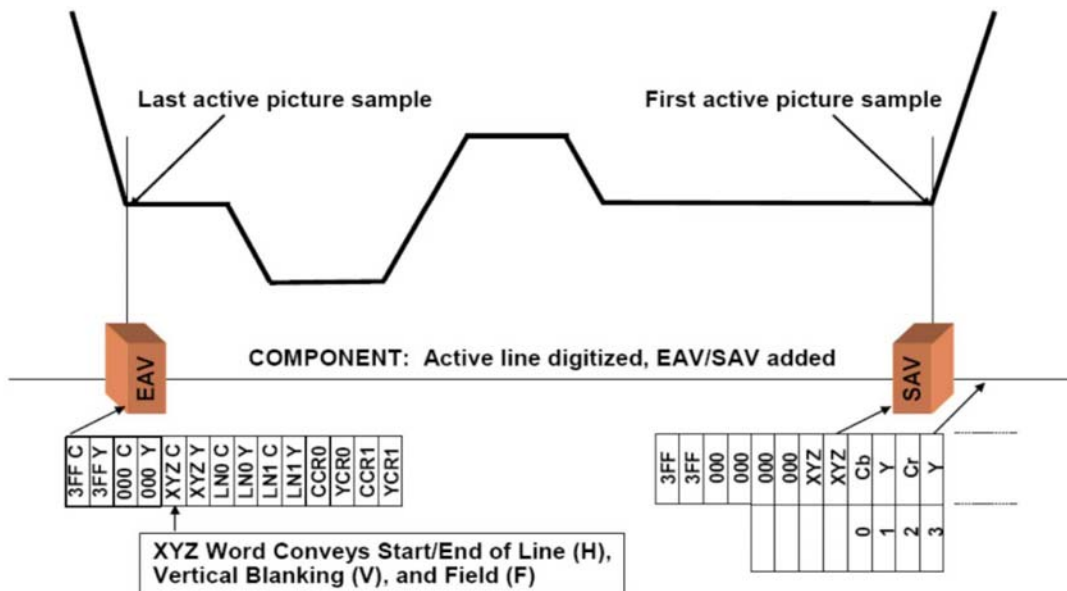
## Κατακόρυφος συγχρονισμός HD



## Οριζόντιος συγχρονισμός SD



## Οριζόντιος συγχρονισμός HD





## Η δομή του ψηφιακού συγχρονισμού TRS

		PREAMBLE				TIMING REF.
WORD ADDRESS	EAV	1440	1441	1442	1443	
	SAV	1724	1725	1726	1727	
HEX VALUE		3FF	000	000	(XYZ)	Definition of (XYZ)
B9 (MSB)		1	0	0	1	Always 1 except for TRS
B8		1	0	0	F	0: 1st field 1: 2nd field
B7		1	0	0	V	1: V blanking
B6		1	0	0	H	1: H blanking
B5		1	0	0	P3	Redundant bits used to correct errors occur in F, V and H.
B4		1	0	0	P2	
B3		1	0	0	P1	
B2		1	0	0	P0	
B1		1	0	0	0	Always 0 except for TRS
B0 (LSB)		1	0	0	0	

- Each TRS consists of 4 words:
- 1) 3ff hex all '1's
- 2) 000 hex all '0's
- 3) 000 hex all '0's
- 4) XYZ, which determines the type of TRS pulse:
- XYZ:
- Bit 9: always '1'
- Bit 8: 0 = field 1 1 = field 2 F
- Bit 7: 0 = horizontal 1 = field blanking V
- Bit 6: 0 = SAV 1 = EAV H
- Bit 5: Bits used for Hamming correction.
- Bit 4: Bits used for Hamming correction.
- Bit 3: Bits used for Hamming correction.
- Bit 2: Bits used for Hamming correction.
- Bit 1: Always '0'
- Bit 0: Always '0'

## Η δομή του συστήματος ανίχνευσης σφαλμάτων EDH (SMPTE-RP 165) – αφορά το SD

The Header: κεφαλίδα (000, 3FF, 3FF)

Data ID: κωδικός δεδομένων (1F4)

Block Number: κωδικός πλαισίου (200)

Data Count: περιλαμβάνει τον ακριβή αριθμό των λέξεων που ακολουθούν.

Active picture crc: 3 λέξεις, Full-field crc 3 λέξεις, Error flags: 3 λέξεις, δεσμευμένες: 7 λέξεις.

Check Sum: χρησιμοποιείται για να ελέγξει τα σφάλματα εκπομπής.

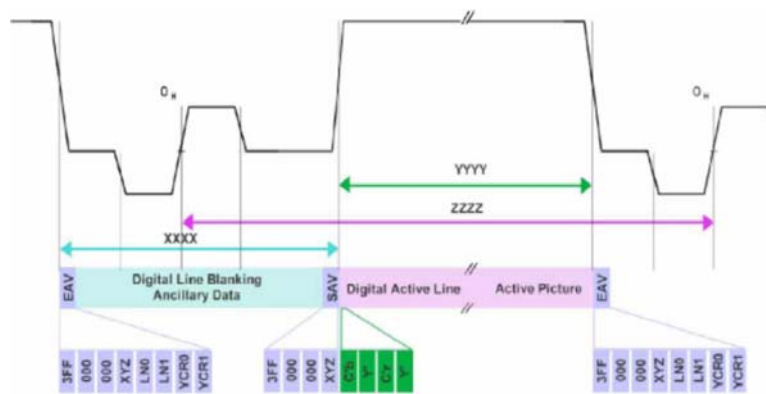
Για να μπορέσουμε να κρίνουμε αν το σήμα εικόνας έχει ληφθεί σωστά ένας κυκλικός πλεονασματικός έλεγχος (CRC) πραγματοποιείται σε κάθε πεδίο στον 'πομπό' με την βοήθεια ενός πολυωνύμου και το αποτέλεσμα των 4 ψηφίων τοποθετείται στην περιοχή Ancillary data κάθε πεδίου.

Αντιστοίχως στον ' δέκτη' το εισερχόμενο σήμα εικόνας πραγματοποιεί τον ίδιο έλεγχο και συγκρίνει το αποτέλεσμα με το καταχωρημένο εντός των Ancillary data αποτέλεσμα. Εάν οι δύο αριθμοί δεν συμφωνούν τότε ένα σφάλμα καταγράφεται ανάμεσα στον πομπό και τον δέκτη, ο τύπος των σφαλμάτων αναγνωρίζεται ως Error Detection and Handling (EDH) ενώ η αντίστοιχη σήμανση εισάγεται ή τροποποιείται στην περιοχή των Ancillary data (error flags)

Στην πράξη δύο έλεγχοι πραγματοποιούνται για κάθε πεδίο ένας για την ενεργή εικόνα και ένας για το πλήρες πεδίο.

Τα δε σφάλματα καταγράφονται όχι ως ρυθμός σφαλμάτων (bit error rate) αλλά ως εσφαλμένα δευτερόλεπτα (eroded seconds).

### CRC στο HD



Πραγματοποιείται στο τέλος κάθε γραμμής και ξεχωριστά για την φωτεινότητα και την χρωματικότητα καταλαμβάνουν 2 λέξεις κάθε μία YCR0, YCR1, CCR0, CCR1.

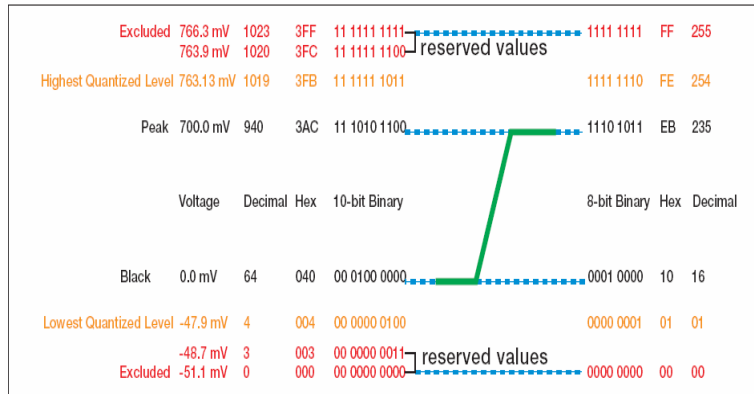
### Επιτρεπτές στάθμες φωτεινότητας και χρωματικότητας

Μη νόμιμες τιμές: οι τιμές 000 και 3FF hex χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την κωδικοποίηση του συγχρονισμού (TRS) καθώς και από την κεφαλίδα των βοηθητικών δεδομένων, (ANC) .

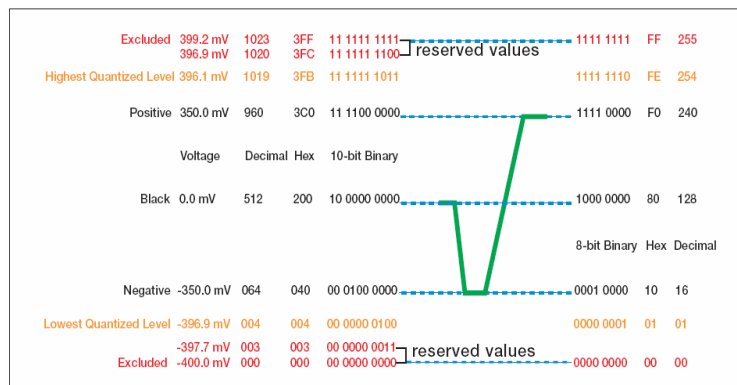
Δεσμευμένες τιμές θεωρούνται οι τιμές 00-004 hex και 3FC-3FF οι τιμές αυτές δεν πρέπει να υπάρχουν εντός της ορατής εικόνας.

Εκτός ορίων τιμές : τιμές από 001 έως 039 hex και 3AD έως 3FE για τα σήματα φωτεινότητας και 3C1 έως 3FE για τα σήματα χρωματικότητας.

## Επιτρεπτές στάθμες φωτεινότητας



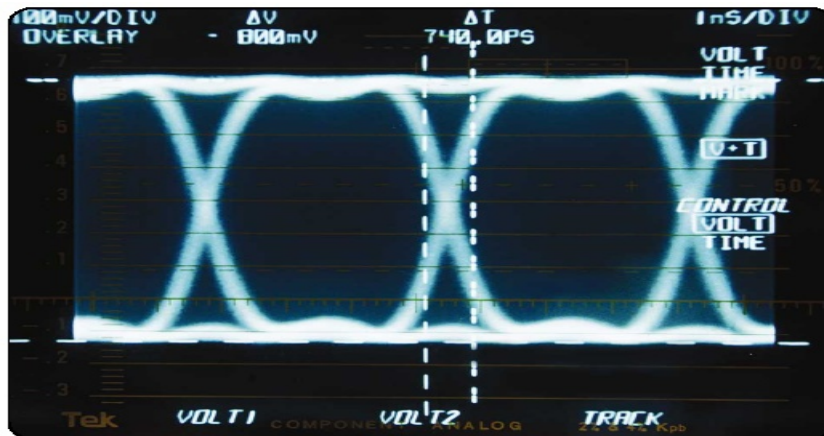
## Επιτρεπτές στάθμες χρωματικότητας



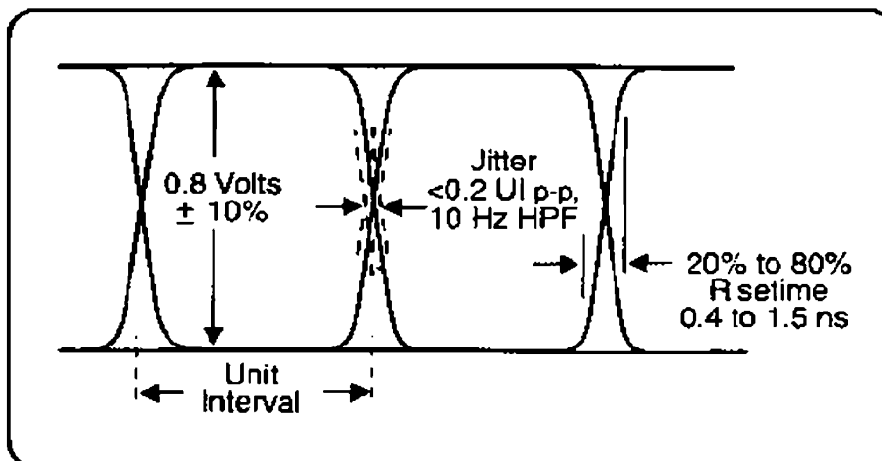
## Στο φυσικό επίπεδο - Physical layer

- Στο φυσικό επίπεδο δεν έχουμε 0 V και 5 V αλλά παλμοσειρά πλάτους 800 mV από + 400 mV έως -400 mV και διάρκειας 3.7 ns για το SD, 634 ps για το HD και 317 ps για το 3G HD.
- Ο θόρυβος φάσης (jitter) πρέπει να είναι < 0,2 UI (unit interval είναι η ημιπερίοδος του ρολογιού).
- Στο SD το jitter πρέπει να είναι < 0.5 ns.
- Στο HD το jitter πρέπει να είναι < 70 ps.
- Στο 3G HD το jitter πρέπει να είναι < 35 ps.

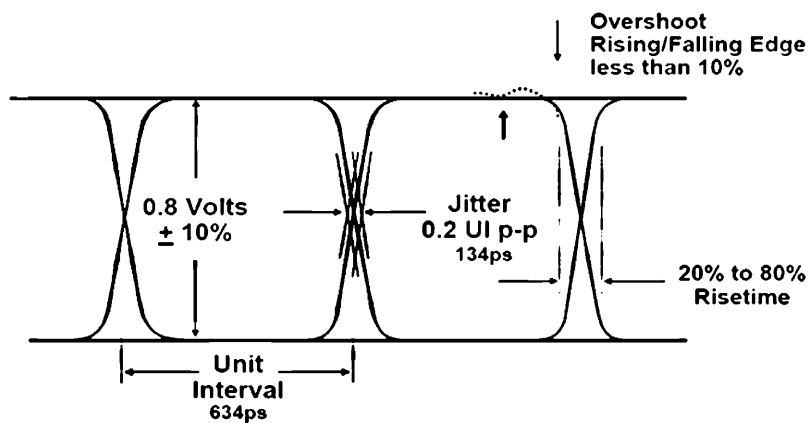
## Physical layer Eye pattern



### To jitter στο SD



### To jitter στο HD

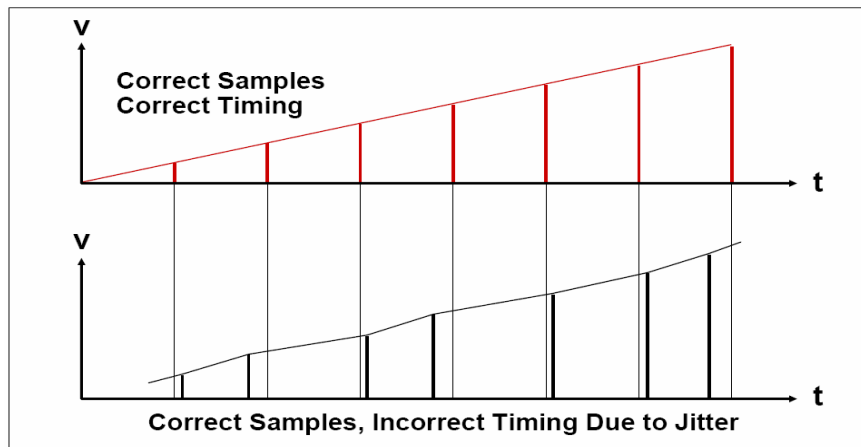


Εδώ στο πάνω μέρος της κυματομορφής υπάρχει το φαινόμενο ringing (overshoot -undershoot) που είναι μια ταλάντωση που οφείλεται στη έλλειψη σωστής προσαρμογής.

Όταν το κύμα στο τέλος της διαδρομής συναντήσει εκτός της ωμικής, χωρητική ή επαγωγική συνιστώσα αποκτά την τάση για ταλάντωση.

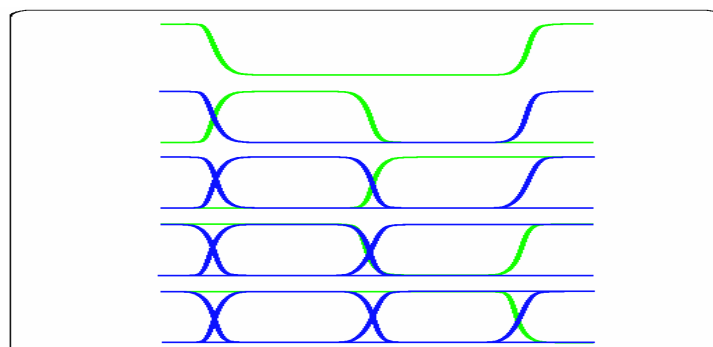
Η περίοδος αυτής της ταλάντωσης αντιστοιχεί στην σταθερά χρόνου της μιγαδικής αυτής συνιστώσας.

### Πως ο θόρυβος φάσης επηρεάζει την μορφή της εικόνας και του ήχου



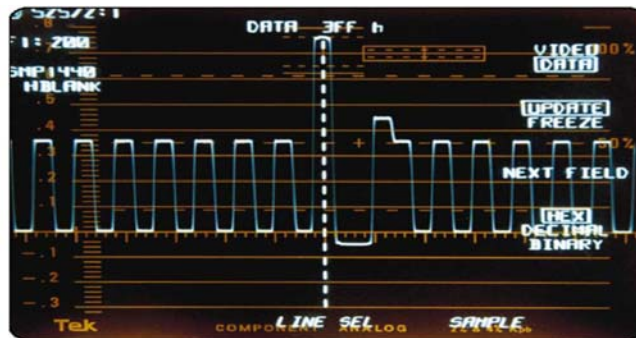
Correct Samples, Incorrect Timing Due to Jitter

### Πως σχηματίζεται το eye pattern



Φαίνεται η ένθεση των διαδοχικών παλμών που τελικά σχηματίζουν το eye pattern.

## Το TRS ειδωμένο ως πολυπλεγμένα δεδομένα

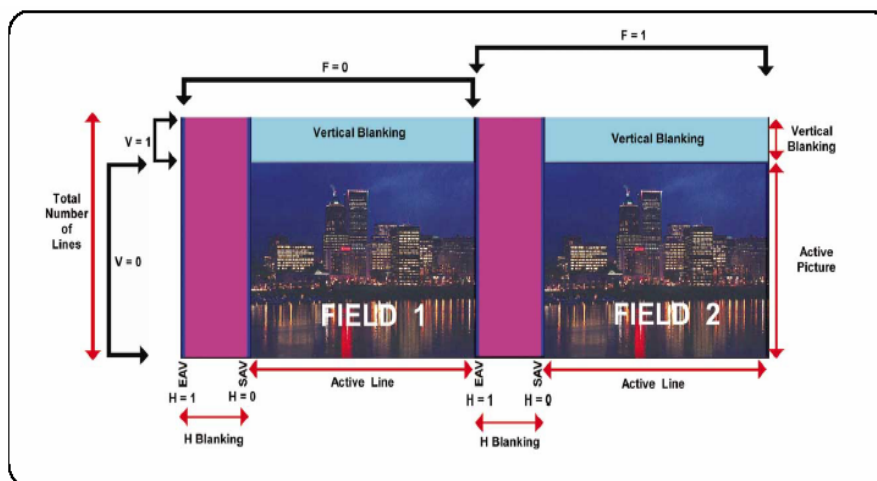


Ο κέρσορας βρίσκεται στο πρώτο ψηφίο 3FF h.



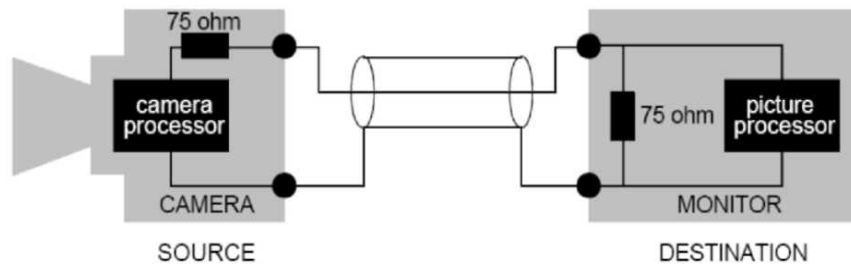
Ο κέρσορας βρίσκεται στο τρίτο ψηφίο XYZ.

Στην περίπτωση μας το XYZ είναι 100110100 από αυτόν τον δυαδικό αριθμό έχει σημασία τελικά το 001 από τα ψηφία 6,7,8. Με λίγα λόγια ο κωδικός 001 των ψηφίων 8,7,6 αντιστοιχεί στην περιοχή EAV του πρώτου πεδίου.

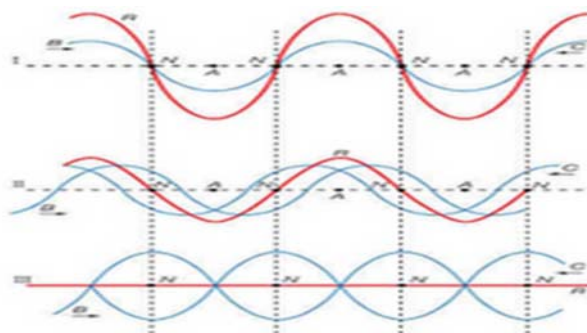


## Τερματισμός και φαινόμενα που σχετίζονται με την έλλειψη του

Συνηθίζουμε να θεωρούμε πως η έλλειψη σωστού τερματισμού παράγει μόνο φαινόμενα λανθασμένης στάθμης στον δέκτη. Η αλήθεια είναι πως κάθε υψίσυχνο σήμα που οδηγείται μέσω γραμμής μεταφοράς εάν δεν τερματίζεται στην χαρακτηριστική αντίσταση του συστήματος παράγει ανακλώμενα κύματα.



Το ανακλώμενο συμβάλλοντας με το προσπίπτον δημιουργεί στάσιμα κύματα κάτι που καταστρέφει την επίπεδη απόκριση του μέσου μεταφοράς.



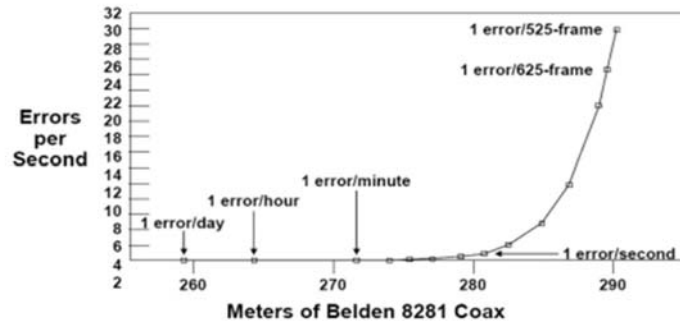
Μια απεικόνιση των στάσιμων κυμάτων.

Όταν υπάρχει αυτή η κατάσταση το μέσον μεταφοράς συμπεριφέρεται σαν κεντωτό φίλτρο μεγεθύνοντας όλες τις συχνότητες με μήκος κύματος ίσο ή πολλαπλάσιο με τα άρτια τέταρτα του μήκους του καλωδίου, εξαλείφοντας τις συχνότητες με μήκος κύματος ίσο ή πολλαπλάσιο με τα περιττά τέταρτα του μήκους του καλωδίου και συμπεριφερόμενο ενδιάμεσα σε ενδιάμεσες συχνότητες.

Αν αυτό συμβαίνει σε σήματα εύρους ζώνης 5,75 MHz φανταστείτε τι συμβαίνει σε σήματα 270Mb/s με βασική συχνότητα φέροντος 135 MHz, σε σήματα 1.485 Mb/s με

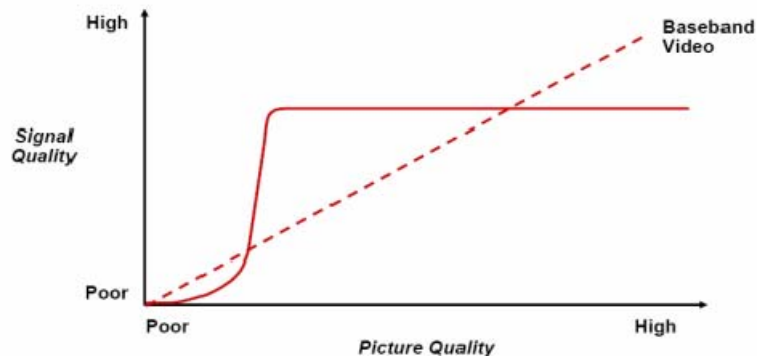
βασική συχνότητα φέροντος 742.5 MHz και 2.970 Mb/s με  
βασική συχνότητα φέροντος 1485 MHz.

### Το φαινόμενο cliff



Είναι το φαινόμενο όπου η ποιότητα εικόνας είναι τέλεια έως  
όπου.....καταστραφεί.

### Η σχέση ποιότητας σήματος – ποιότητας εικόνας



Εικόνα με μικρό πιθανόν αριθμό σφαλμάτων.





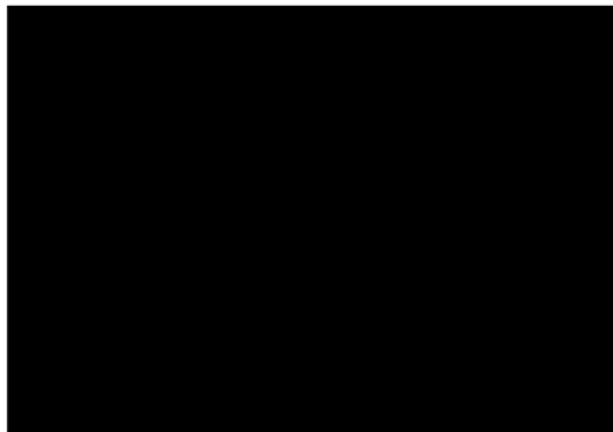
Εικόνα με σημαντικό αριθμό σφαλμάτων.



Εικόνα με μεγάλο αριθμό σφαλμάτων.



Εδώ ο αριθμός των σφαλμάτων έχει καταστρέψει την εικόνα.



Η απόσταση από την πρώτη έως την τελευταία εικόνα μπορεί να είναι μόλις λίγα μέτρα καλωδίου ή κάποιο ελαττωματικό, βύσμα, patch panel ή termination panel.

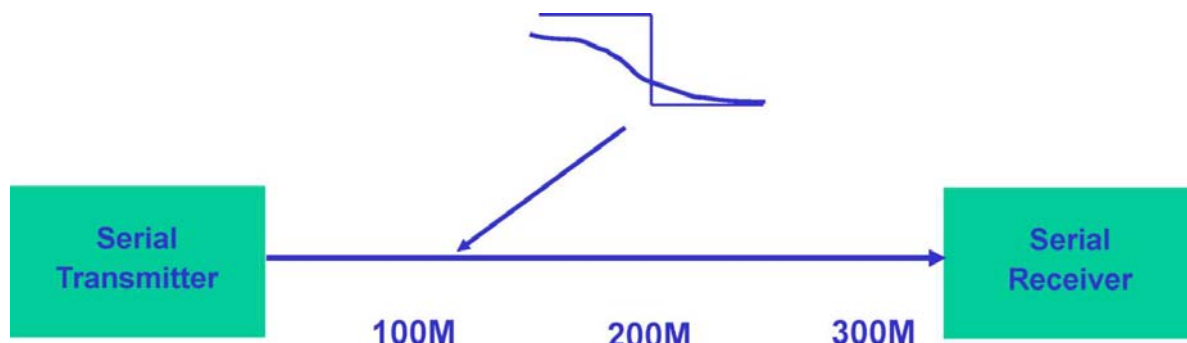
Η μόνη μας άμυνα απέναντι σ' αυτό το φαινόμενο είναι αδιαπραγμάτευτη χρήση πρώτης ποιότητας καλωδίων συνδετήρων , patch & termination panels και reclocking για μεγάλο μήκος διαδρομές. Για τον έλεγχο των εγκαταστάσεων μπορεί να βοηθήσει η χρήση των Pathological signal καθώς και του EDH για το SD ( CRC για το HD).

### Ποιός ο ρόλος της ισοστάθμισης & του reclocking



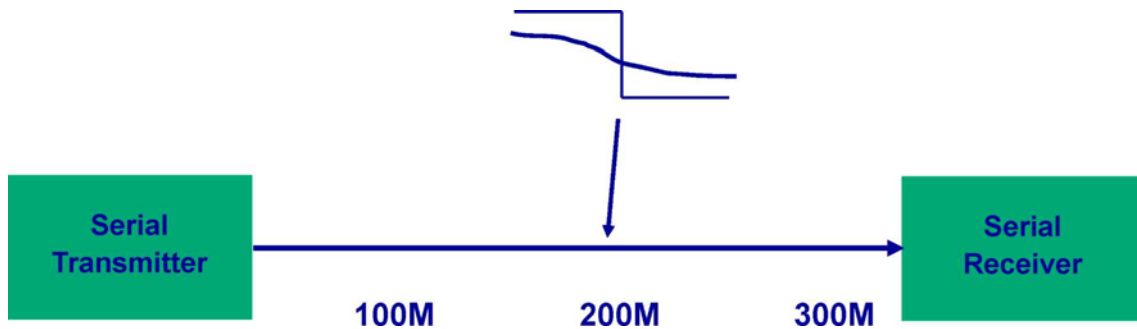
Τα δεδομένα μετά από κάποιο μήκος γραμμής παραμορφώνονται κατά πλάτος και φάση ανάλογα με το συχνοτικό τους περιεχόμενο.

### Παραμόρφωση μετά από διαδρομή 100 μέτρων Belden 8281

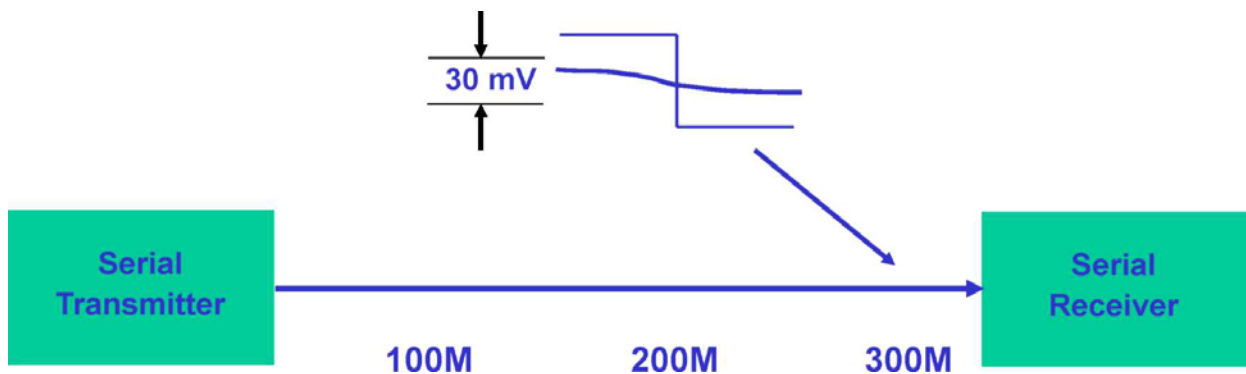


Στα 100 μέτρα έχει ήδη χάσει μεγάλο μέρος των υψηλών του συχνοτήτων αλλά και ένα μέρος του πλάτους του.

## Παραμόρφωση μετά από διαδρομή 200 μέτρων Belden 8281.

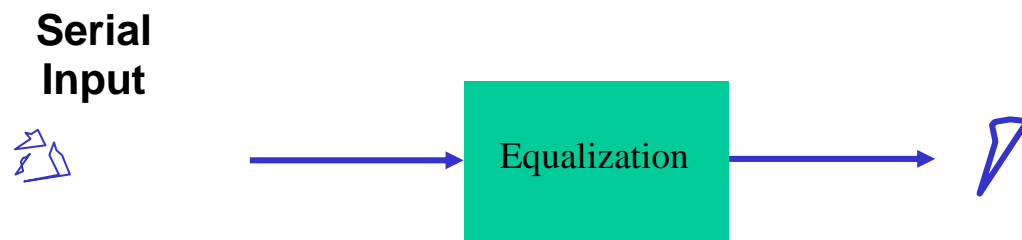


## Παραμόρφωση μετά από διαδρομή 300 μέτρων Belden 8281.



Στα 300 μέτρα είναι ημιτονικής μορφής 135 MHz, με ελάχιστο πλάτος και αρκετό θόρυβο.

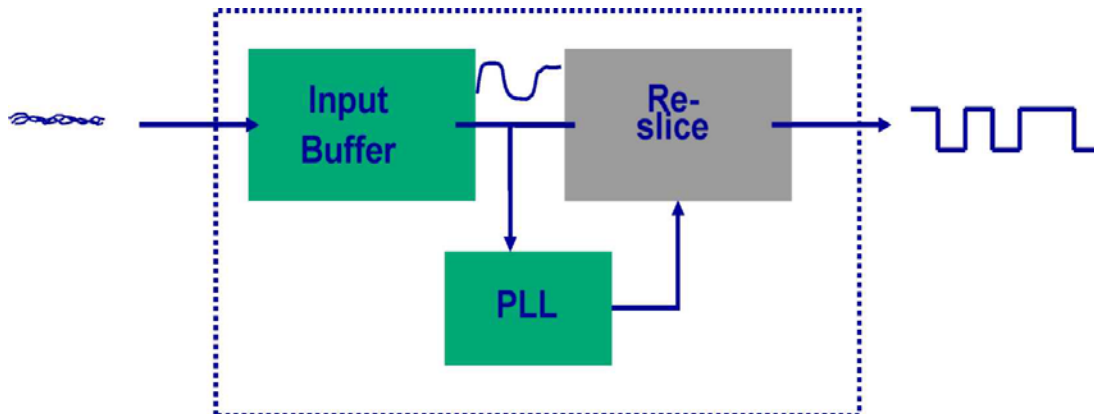
## Πώς λειτουργεί η αυτόματη ισοστάθμιση.



Τα δεδομένα εισόδου ενισχύονται με έμφαση στις υψηλές τους συχνότητες και ψαλιδίζονται.

Το αποτέλεσμα είναι ικανοποιητικό μέχρι 50 μέτρα μήκος καλωδίου.

## Πως λειτουργεί ένας Reclocker.

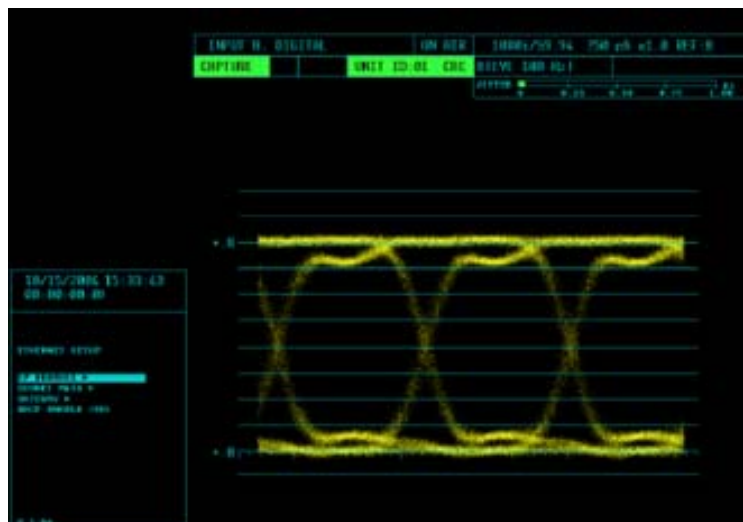


Τα δεδομένα εισόδου ενισχύονται με έμφαση στις υψηλές τους συχνότητες και ψαλιδίζονται.

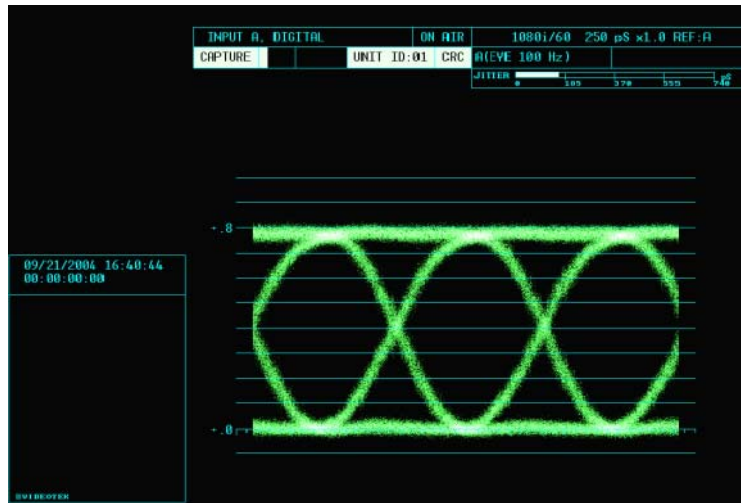
Ένα κύκλωμα βρόγχου κλειδωμένης φάσης αποκαλύπτει το ρολόι χρονισμού (clock).

Τέλος ένα κύκλωμα επανασχεδιασμού της κυματομορφής χρησιμοποιεί το clock για να παράγει ένα καθαρό ρεύμα δεδομένων.

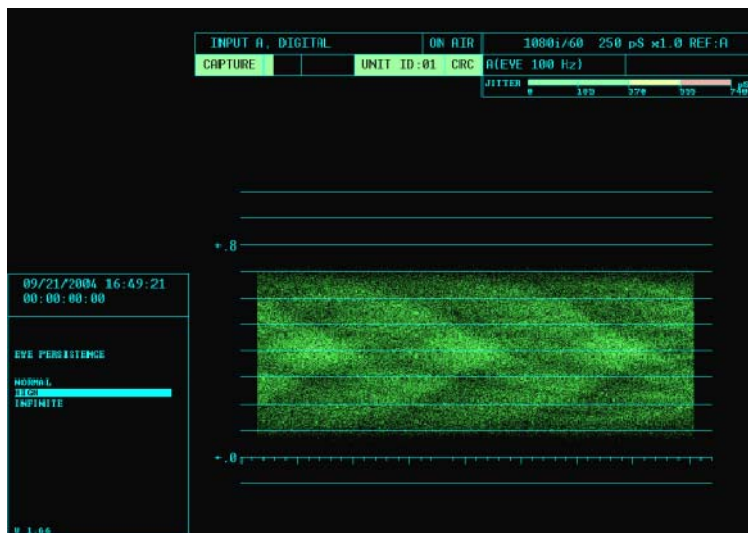
## Το eye pattern μετά την διέλευση 10 μέτρων καλωδίου. (Σήμα HD)



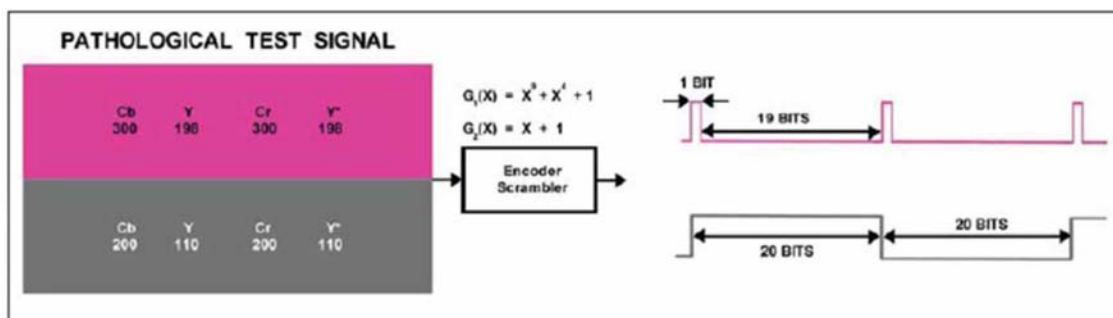
**Το eye pattern μετά την διέλευση 20 μέτρων καλωδίου.**



**Το eye pattern μετά την διέλευση 80 μέτρων καλωδίου.**



**Pathological signal - SDI check.**

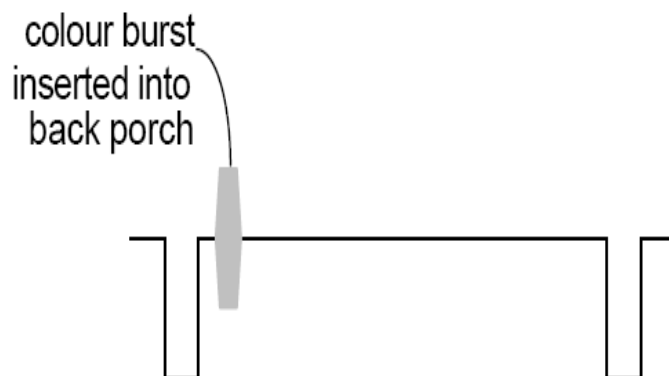


Αυτό το σήμα μας επιτρέπει να προβλέψουμε το αυξημένο error rate μιας καλωδίωσης καθώς περιέχει στο επάνω μέρος συνεχή επαναλαμβανόμενη ροή 19 low ακολουθούμενα από 1 high και είναι ένα καλό test για τις βαθμίδες equalizing, ενώ στο κάτω μέρος περιέχει συνεχή επαναλαμβανόμενη ροή 20 low ακολουθούμενα από 20 high και είναι ένα καλό test για τις βαθμίδες PLL που κάνουν εξαγωγή του serial clock.

## Συγχρονισμός

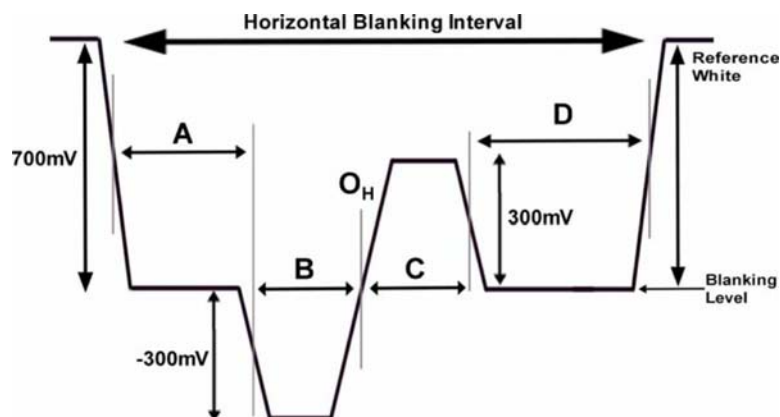
- Τα τηλεοπτικά σήματα όταν χρειαστεί να αναμιχθούν μεταξύ τους χρειάζεται να είναι συγχρονισμένα.
- Αυτό εξασφαλίζεται με την βοήθεια των σημάτων αναφοράς τα οποία χρησιμοποιούνται για να κλειδώσουμε τα σήματα εικόνας πάνω σε αυτά με την βοήθεια κυκλωμάτων Genlock η με την βοήθεια Synchronizers.

## Reference Black & burst για το SD και το HD



Το Black & burst χρησιμοποιείται στο SD αλλά και στο HD χαριν συμβατότητας αν και με το HD το μόνο κοινό στοιχείο είναι ο ρυθμός επανάληψης πεδίων και πλαισίων.

## Trilevel για το HD



### Τα πλεονεκτήματα του Trilevel sync.

- Πέρα από το αυτονόητο πλεονέκτημα ότι το trilevel αντιστοιχεί απολύτως στο HD γιατί είναι φτιαγμένο πάνω στους χρόνους του HD και έχει πολύ μικρότερους χρόνους ανόδου καθόδου. (στην παραπάνω εικόνα οι χρόνοι έχουν σχεδιαστεί επί τούτου με μεγάλη κλίση για να καταλάβουμε το σημείο χρονισμού)
- Το trilevel έχει πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια στον χρόνο διότι συγκρίνει την άνοδο του παλμού συγχρονισμού με την στάθμη των 0V (blanking) ενώ στο black & burst την κάθοδο του παλμού συγχρονισμού με το ήμισυ της στάθμης blanking.

### Βοηθητικά δεδομένα - Ενσωματωμένος ήχος.

- Η περίοδος μεταξύ EAV και SAV μπορεί να φιλοξενήσει δεδομένα ψηφιακού ήχου.
- Σύμφωνα με την οδηγία SMPTE 299M. Μέχρι 16 κανάλια ήχου μέσα σε ένα κανάλι εικόνας οργανωμένα σε 4 ομάδες (GROUPS) των 4 καναλιών ασυμπιέστου ήχου σύμφωνα με τα πρότυπα AES/EBU.
- Η κάθε ομάδα των 4 καναλιών συχνά χρησιμοποιείται σε διάταξη δύο στερεοφωνικών καναλιών.
- Τα δεδομένα ήχου είναι ανάλυσης 16 - 24 bits με ρυθμό δειγματοληψίας 32, 44,1, 48 KHz.
- Υπάρχει πάντα η δυνατότητα εισαγωγής συμπιεσμένου — κωδικοποιημένου ήχου Dolby E, Dolby Digital (AC3)

## AES/EBU δεδομένα ήχου.



Blocks, frames, subframes, time slots.

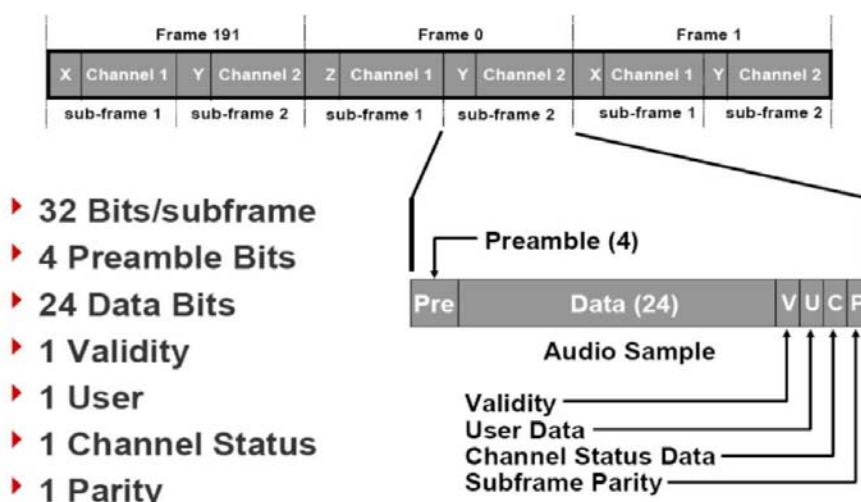
Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1985 και αργότερα αναθεωρήθηκε το 1992 και 2003

Το πλαίσιο των 64 bit χωρίζεται σε δύο υποπλαίσια των 32 bit. 192 συνεχόμενα πλαίσια ομαδοποιούνται σε ένα μπλοκ δεδομένων ήχου. Το ρεύμα δεδομένων του AES έχει ταχύτητα 3.072 Mbr/s και ρολόι κωδικοποίησης καναλιού 1.536 MHz. Σε ένα ρεύμα δεδομένων περιέχεται ένα στερεοφωνικό ή δύο μονοφωνικά κανάλια ήχου.

Στα πλεονεκτήματα του περιλαμβάνονται η σταθερά υψηλή του ποιότητα και το γεγονός ότι η φάση μεταξύ των καναλιών δεν μπορεί να αλλάξει με κανένα τρόπο.

Επίσης περιέχει κώδικα αναγνώρισης σφαλμάτων.

## Υποπλαίσιο AES.





## Πακέτο βοηθητικών δεδομένων/ήχου embedded audio.

The Header : (000, 3FF, 3FF)

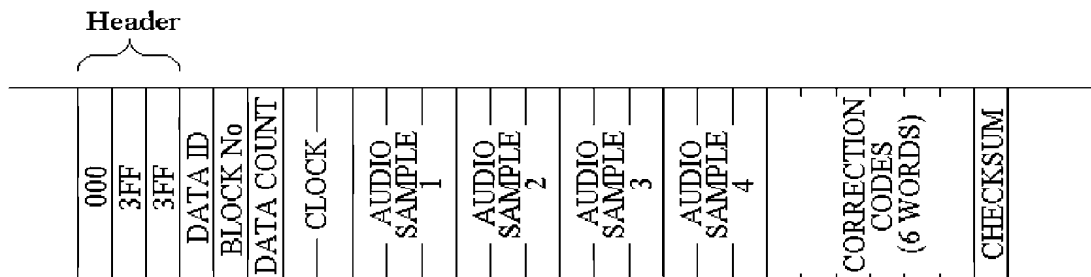
Data ID: Κωδικός του group που περιέχεται.

Data block number: Περιέχει την αρίθμηση των μπλόκ

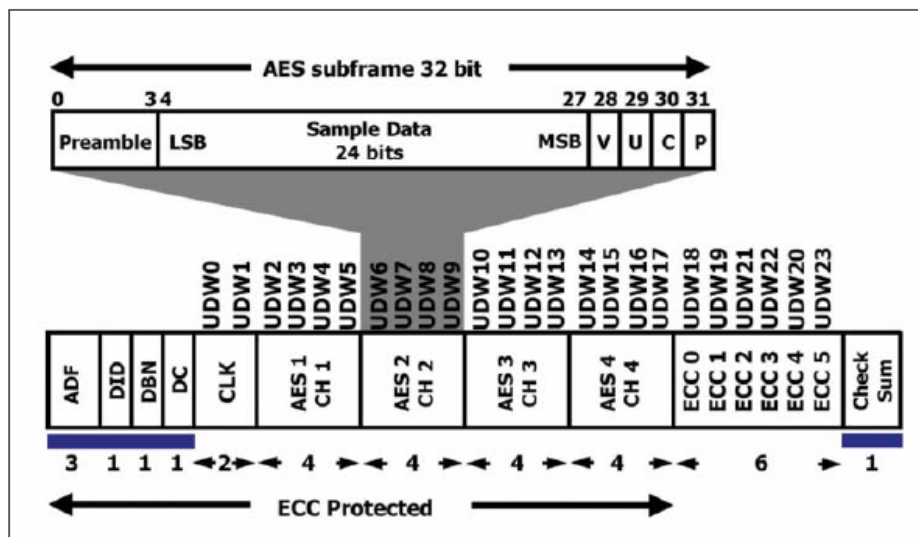
Data Count: Περιέχει τον αριθμό των λέξεων που ακολουθούν, πάντα 218 hex

Clock: 2 λέξεις που περιέχουν τον αριθμό των παλμών χρονισμού εικόνας που έχουν μεσολαβήσει ανάμεσα στην πρώτη λέξη του EAV και τον χρόνο που το δείγμα του ήχου έχει παραχθεί, χρησιμοποιείται από τον δέκτη προκειμένου να επαναδομήσει τον ήχο με την σωστή καθυστέρηση φάσης.

A packet consists of:



## Ο τρόπος ενσωμάτωσης στο πλαίσιο του SDI.



Εδώ τα δεδομένα που αντιστοιχούν στο κάθε δείγμα ήχου εισάγονται αυτούσια στον διαθέσιμο χώρο αφού υποστούν επαναχρονισμό.

Γράφονται δηλαδή σε μια ενδιάμεση μνήμη με την βοήθεια του παράλληλου AES ρολογιού (307,2 KHz) και διαβάζονται με την βοήθεια του παράλληλου ρολογιού SDI. (27 MHz ή 148,5 MHz ή 297 MHz).

Ταυτόχρονα υπολογίζεται και καταχωρείται ο σωστός χρόνος αναπαραγωγής του δείγματος.

### **Πακέτα ελέγχου ήχου**

Η δομή των πακέτων ελέγχου ήχου είναι παρόμοια με των πακέτων που περιέχουν δεδομένα ήχου.

Τα πακέτα ελέγχου περιέχουν πληροφορίες για τον ρυθμό δειγματοληψίας π.χ. 48KHz.

Τον αριθμό των ενεργών καναλιών που περιέχονται.

Την καθυστέρηση ανάμεσα στο κανάλι 1 και το κανάλι 2.

Την καθυστέρηση ανάμεσα στο κανάλι 3 και το κανάλι 4.

Αυτά στέλνονται μία φορά για κάθε πλαίσιο εικόνας στην δεύτερη γραμμή μετά το κωδικό συγχρονισμού. (TRS - EAV)

### **Πολυκαναλικός ήχος.**

Οι αλλαγές στην εικόνα που οδηγούσαν στην χρήση ολοένα και μεγαλύτερων οθονών έπρεπε να συνοδευτούν και με αντίστοιχες αλλαγές στον ήχο ώστε ο θεατής να αισθάνεται πως βρίσκεται στο κέντρο της δράσης.

Ο πολυκαναλικός ήχος ξεκίνησε πολύ πριν το HD.

Η ιστορία ξεκινά με την τετραφωνία, το Dolby surround & Dolby Pro-Logic την αναλογική κωδικοποίηση 4 καναλιών (LCRS) σε 2 (LR) το 1987. Η εξελιγμένη έκδοση Dolby Pro-Logic II επεξέτεινε το σύστημα στο 5.1 format.

Η Dolby lab. αξιοποιώντας τις έρευνες της για δημιουργία αναλογικών αποθορυβοποιητών συνειδητοποίησε πως μεγάλος αριθμός δεδομένων του ήχου μπορούσε να αφαιρεθεί εξ αιτίας του γεγονότος ότι το ανθρώπινο αφτί έχει λογαριθμική συμπεριφορά, έχει διαφορετική απόκριση σε διαφορετικές στάθμες (φαινόμενο loudness) και ότι ένας πολύ ισχυρός ήχος

καλύπτει τους ασθενέστερους ήχους που βρίσκονται στην ίδια με αυτό περιοχή του φάσματος (φαινόμενο masking).

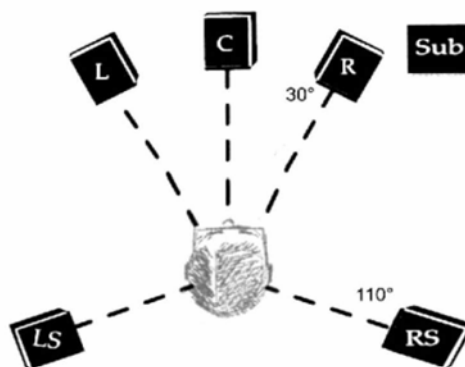
- Έτσι άνοιξε ο δρόμος για την ψηφιακή συμπίεση του ήχου η οποία στην περίπτωση μας επέτρεψε να έχουμε σε ένα ρεύμα δεδομένων ψηφιακού ήχου 5-8 κανάλια και σε κάποιες περιπτώσεις με μικρότερη ροή δεδομένων.

### **Dolby Digital - AC3**

- Η εταιρία Dolby στην συνέχεια δημιούργησε ένα σύστημα περιορισμού δεδομένων το οποίο:
  - Κωδικοποιούσε μέχρι 6 κανάλια ήχου πολύ αποτελεσματικά με συμπίεση 15:1.
  - 6 κανάλια των 24bit / 48kHz παράγουν ρεύμα δεδομένων 5.76 Mbps.
  - 6 κανάλια κωδικοποιημένα κατά AC3 παράγουν ρεύμα δεδομένων 384 kbps με μικρή σχετικά αλλαγή στην ποιότητα.
  - Ο αλγόριθμος συμπίεσης δεδομένων καλείται AC3 όμως η εφαρμογή καλείται Dolby Digital.
- Χρησιμοποιήθηκε στο DVD, Home Theatre Receivers, Multimedia Streaming, HD DVD, Blue Ray.

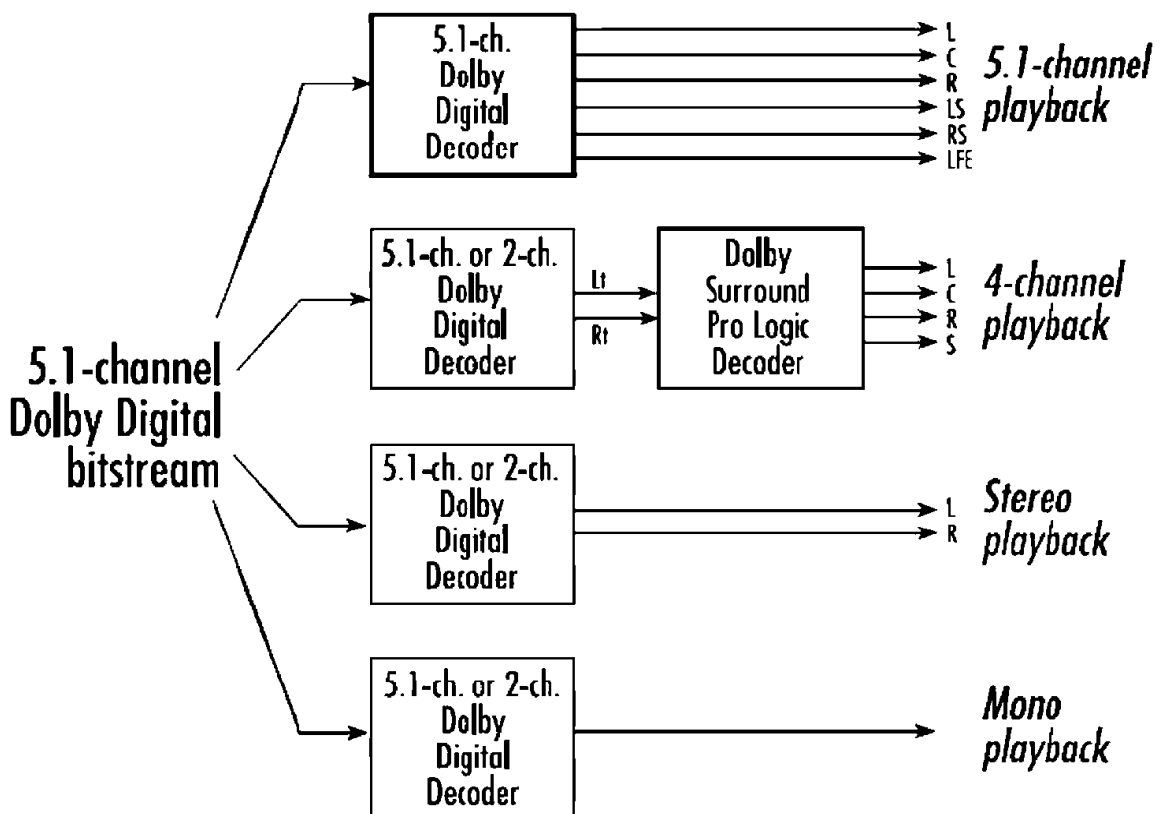
### **Ηχος 5.1**

- Είναι ένα σύνολο 6 καναλιών σε συγκρότηση 5.1.
- Τρία εμπρός κανάλια L / C / R πλήρους εύρους ζώνης.
- Δύο περιβάλλοντα κανάλια Ls / Rs πλήρους εύρους ζώνης.
- Ένα κανάλι πολύ χαμηλών συχνοτήτων LFE περιορισμένου εύρους ζώνης.



- Μία ενισχυμένη έκδοση του Dolby Digital καθιερώθηκε τα τελευταία χρόνια με το όνομα Dolby Digital Plus, προσαρμοσμένη στα πλαίσια της ροής δεδομένων MPEG4 για εκπομπή HD. Είναι 7.1 και μπορεί να επεκταθεί μέχρι το 16.1 Έχει κλιμακούμενο ρυθμό διαμεταγωγής δεδομένων από 32Kbps – 6Mbps. Είναι επίσης το πρότυπο για Blue-Ray και HD-DVD, πολύγλωσσο, επιτρέπει ηχητική περιγραφή, σχόλια σκηνοθέτη και είναι συμβατό προς τα πίσω με το Dolby Digital.

### Διάφοροι τρόποι αποκωδικοποίησης ανάλογα με το περιεχόμενο του κωδικοποιημένου σήματος



## Dolby E

- Το Dolby E είναι ένα επαγγελματικό πρότυπο ήχου που προορίζεται για διανομή, επεξεργασία, και αρχειοθέτηση αλλά όχι για εκπομπή και έχει την δυνατότητα να περιέχει 8 κανάλια χρησιμοποιώντας ένα AES3 κανάλι πληροφορίας.
- Συνήθως παραμετροποιείται ώστε να περιέχει 5.1 surround στα πρώτα έξι κανάλια και ένα μίξαρσμένο stereo αντίγραφο στα κανάλια 7 & 8.
- Είναι μία παραλλαγή του dolby digital προς το επαγγελματικό. Χρησιμοποιεί παρόμοιες τεχνικές μείωσης δεδομένων με μικρότερο όμως λόγο μείωσης και καλύτερο χρονισμό του ήχου ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες από τις πολλαπλές επεξεργασίες και τις διαδοχικές μετατροπές στην φάση της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής.
- Κάθε κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση Dolby E εισάγει καθυστέρηση ενός πλαισίου εικόνας (40ms) κάτι που πρέπει να αντισταθμίζεται και στην εικόνα.

## Metadata

- Dolby E και Dolby Digital κωδικοποιούν «μεταδεδομένα - δεδομένα που μας πληροφορούν για τα δεδομένα» μαζί με τον ήχο.  
Το σύστημα metadata της Dolby είναι πολύ εξελιγμένο και επιτρέπει πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα εξειδικευμένων προγραμματιζόμενων παραμέτρων.  
Τα μεταδεδομένα ενημερώνουν τον αποκωδικοποιητή για το πώς να χειριστεί τα περιβάλλοντα σήματα.  
Εάν δεν υπάρχουν για παράδειγμα ηχεία surround ή αν του έχουμε ζητήσει έξοδο stereo τα surround κανάλια αυτόματα προσανατολίζονται στο εμπρός αριστερό και δεξί ηχείο ώστε να δημιουργήσει με την μέθοδο «downmix» ένα στερεοφωνικό κανάλι.
- Φυσικά υπάρχουν και πρότυπα ήχου υψηλής ευκρίνειας (hi end ποιότητας) με ταχύτητες 96-kHz 32-bit και 192-kHz 32-bit τα οποία δεν έχουν καμία προς το παρόν σχέση με την τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας.  
Το μέλλον όμως `άδηλον εστί`.

## **Εν κατακλείδι**

- Αυτά τα ολίγα για τα τόσα πολλά που έχουμε να μαθαίνουμε καθημερινά, ώστε σε πείσμα των δύσκολων καιρών και της μιζέριας που μας περιβάλλει, να βελτιωνόμαστε και να αναδεικνύουμε τον επαγγελματισμό μας και τον ρόλο της ΕΡΤ ως πόλο τεχνικής αρτιότητας, πολιτισμού και δημιουργίας.
- Ευχαριστώ για την προσοχή σας.

Το συνοπτικό αυτό κείμενο αφορά ένα μικρό μέρος της θεωρίας της τηλεοπτικής εικόνας, βασίζεται δε στην παρουσίαση του αντίστοιχου θέματος στην ημερίδα της ΕΡΤ για το HD τον Ιούνιο του 2011.