



**Α.Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ**

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**‘ΤΟ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟ ΣΗΜΑ ΚΑΙ Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΑ
ΑΠΟ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΥ ΕΙΚΟΝΑΣ’**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΗΛΙΑΣ ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΟΥΣΙΔΗΣ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η εργασία πραγματοποιήθηκε με στόχο την ανάπτυξη και ανάλυση των μεθόδων, σύμφωνα με τις οποίες το τηλεοπτικό σήμα μπορεί να αξιολογηθεί ως προς την σωστή ρύθμιση των χαρακτηριστικών του, και να επιτευχθεί με αυτόν τον τρόπο η σωστή μεταδοσή του είτε πρόκειται για επίγεια (μέσο οπτικών ινών, καλωδίων κ.λ.π) ή εναέρια. Για να υλοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις οι οποίες αποτελούν την θεμελιώδη εργασία που ακολουθείται από τους έμπειρους τεχνικούς μέσα σε ένα τηλεοπτικό χώρο, θα πρέπει να αναφερθούν και να αναλυθούν ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους, τα μέσα εξοπλισμού που θα βοηθήσουν στην πραγμάτωση αυτής της διαδικασίας. Τα όργανα αυτά είναι ο παλμογράφος και ο διανυσματογράφος. Είναι δύο όργανα τα οποία, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας μπορούμε να τα συναντήσουμε και σε ένα όργανο.

Πιο συγκεκριμένα θα δοθούν επεξηγηματικές σημειώσεις ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους και των πληροφοριών που θα μας δώσουν από τον σωστό έλεγχο του σήματος εικόνας. Από τις μελέτες που θα πραγματοποιήσουμε θα γίνει κατανοητό πως τα όργανα αυτά, αν και είναι αναπόσπαστα μέσα σε ένα τηλεοπτικό χώρο, δεν θα μπορέσουν να λειτουργήσουν από μόνα τους παρά μόνο σε συνεργασία με τον υπόλοιπο εξοπλισμό (κάμερες, καταγραφείς video, switchers, μηχανήματα μοντάζ κ.λ.π), αφού μέσα από τον παλμογράφο και τον διανυσματογράφο δεν επεμβαίνουμε στο σήμα αλλά απλά συλλέγουμε τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της ποιότητάς του. Οι ενέργειες που θα πραγματοποιηθούν προκειμένου να διορθωθούν οι τυχόν αλλοιώσεις που θα δεχτεί το σήμα, θα αφορούν την ρύθμιση των χαρακτηριστικών και των υπόλοιπων διατάξεων, αφού το σήμα περνάει μέσα από αυτές.

Για να βοηθήσω στην εμπέδωση των εννοιών και των τεχνικών ορών γύρω από το τηλεοπτικό σήμα, δίνεται μια εκτενής εισαγωγή θεωρητικής κατάρτισης η οποία θα βοηθήσει τους φοιτητές του τμηματός μου να εξοικειωθούν πιο γρήγορα με το αντικείμενο της εργασίας. Τέλος αναφέρω πως η μελέτη αυτής της εργασίας είναι πολύ σημαντική γιατί έτσι θα βοηθήσει τους μηχανικούς απόφοιτους της σχολής μου να αποκτήσουν περισσότερες γνώσεις και επαγγελματική αξία όταν θα βγουν στην αγορά εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
<i>Εισαγωγή</i>	5
1. ΦΩΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑ	6
1.1 <i>Η σχέση φωτός και χρώματος</i>	7
1.2 <i>Η χρωματική παραμόρφωση</i>	9
1.3 <i>Χαρακτηριστικά του φωτός</i>	12
1.4 <i>Τριχρωμική όραση, απόχρωση, κορεσμός</i>	12
1.5 <i>Ατομικά ή συλλογικά μηνύματα</i>	14
1.6 <i>Πρωτεύοντα χρώματα και ο συνδιασμός τους για την παραγωγή των υπόλοιπων χρωμάτων</i>	14
1.7 <i>Χρωματομετρία – χρωμικές συντεταγμένες</i>	17
1.8 <i>Η φωτεινότητα και η χρωμικότητα είναι δύο χαρακτηριστικά της έγχρωμης τηλεόρασης</i>	25
1.9 <i>Παραγωγή σημάτων φωτεινότητας και χρωματοδιαφορών</i>	27
1.10 <i>Μέθοδος υπολογισμού R,G,B,Y και R-Y,B-Y,G-Y</i>	34
2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ	35
2.1 <i>Σάρωση της εικόνας</i>	35
2.2 <i>Συγχρονισμός</i>	41
2.3 <i>Η δομή του σύνθετου τηλεοπτικού σήματος</i>	44
2.4 <i>Φάσμα διαμορφωμένου τηλεοπτικού σήματος</i>	49
2.5 <i>Τετραγωνική διαμόρφωση Q.A.M</i>	51
2.6 <i>Το σύστημα N.T.S.C 3.58MHZ</i>	56
2.7 <i>Το σύστημα PAL 4.43MHZ</i>	64
2.8 <i>Παραγωγή και διαμόρφωση σημάτων χρωματοδιαφορών</i>	66
2.9 <i>Παραγωγή του σήματος χρωμικότητας (chrominance)</i>	69
2.10 <i>Παραγωγή του σύνθετου έγχρωμου τηλεοπτικού σήματος</i>	70
2.11 <i>Το σήμα BURST</i>	71

3.	<i>Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ.....</i>	<i>72</i>
3.1	<i>Πως προκύπτει η ανάγκη αξιολόγησης του σήματος</i>	<i>72</i>
3.2	<i>Η συνδεσμολογία μιας σωστής εγκατάστασης αξιολόγησης του σήματος εικόνας.....</i>	<i>74</i>
3.3	<i>Ο παλμογράφος εικόνας (waveform monitor) και οι παράμετροι ελέγχου.....</i>	<i>78</i>
3.4	<i>Παραδείγματα μέτρησης και αξιολόγησης με έναν παλμογράφο.....</i>	<i>87</i>
3.5	<i>Ο Διανυσματογράφος (vectorscope) και οι παράμετροι ελέγχου.....</i>	<i>91</i>
3.6	<i>Παραδείγματα μέτρησης και αξιολόγησης με έναν διανυσματογράφο.....</i>	<i>95</i>
3.7	<i>Λίγα λόγια για το ‘balance’</i>	<i>96</i>
4.	<i>ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ.....</i>	<i>100</i>
4.1	<i>Το ψηφιακό σήμα και ο τρόπος μεταδοσής του.....</i>	<i>100</i>
4.2	<i>Η δομή του ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος.....</i>	<i>105</i>
4.3	<i>Ο ψηφιακός παλμογράφος.....</i>	<i>114</i>
5.	<i>ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΟ STUDIO ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΩΝ ΔΥΟ ΟΡΓΑΝΩΝ.....</i>	<i>118</i>
5.1	<i>Ελέγχοντας την φάση της χρωμικότητας.....</i>	<i>118</i>
5.2	<i>Ελέγχοντας το πλάτος της φωτεινότητας και χρωμικότητας.....</i>	<i>120</i>
5.3	<i>Ελέγχοντας το ‘balance’ μέσα στο studio.....</i>	<i>125</i>
5.4	<i>Συγχρονισμός στο Studio με την βοήθεια του παλμογράφου και του διανυσματογράφου.....</i>	<i>137</i>
5.5	<i>Τα βασικά σημεία του συγχρονισμού.....</i>	<i>139</i>
5.6	<i>Έτοιμοι για συγχρονισμό.....</i>	<i>142</i>
5.7	<i>Ο συγχρονισμός ψηφιακά.....</i>	<i>146</i>
5.8	<i>Παράδειγμα μέτρησης οριζοντίου συγχρονισμού ψηφιακά.....</i>	<i>149</i>
6.	<i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....</i>	<i>152</i>

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να γίνουν πιο κατανοητές οι τεχνικές έννοιες που θα χρησιμοποιήσουμε για την εκπόνηση της εργασίας μας θα πραγματοποιήσουμε πρώτα μια αναδρομή στις βασικές έννοιες του χρώματος και του φωτός. Θα αναφέρουμε επίσης πως αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι το φώς, ποιές είναι οι κύριες ιδιαιτερότητες ως προς την αντίληψη του ανθρώπου και πως αυτές οι ιδιαιτερότητες θα καθορίσουν τις τεχνικές που θα διαμορφώσουν την τηλεοπτική εικόνα. Επίσης θα προσεγγίσουμε ιστορικά το τηλεοπτικό σήμα, θα αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά του και τέλος θα αναφέρουμε τα όργανα αξιολόγησής του τα οποία θα είναι και ο κύριος σκοπός της μελέτης μας.

Αυτά τα δύο όργανα χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελέγξουν το τηλεοπτικό σήμα και να μας δώσουν χρήσιμες πληροφορίες ως προς την ποιότητα του. Αφού το τηλεοπτικό σήμα αποτελείται από πληροφορίες σχετικά με την φωτεινότητα και την χρωμικότητα, είναι και τα κύρια χαρακτηριστικά που ελέγχουμε. Την μεν φωτεινότητα την ελέγχουμε ως προς το πλάτος της με την βοήθεια του παλμογράφου και την δε χρωμικότητα ως προς το πλάτος και την φάση των χρωματοδιαφορών, με την βοήθεια του διανυσματογράφου. Έτσι σε μια εικόνα θα είμαστε σε θέση να πούμε με βεβαιότητα αν είναι φωτεισμένη σωστά και οι χροιές των χρωμάτων αποδίδονται όπως πρέπει. Αν δεν είναι θα πρέπει να προβούμε σε διαδικασίες ελέγχου του σήματος από την έξοδο της κάθε πηγής παραγωγής σήματος είτε είναι κάμερα, μηχανήματα αναπαραγωγής ή μηχανήματα μονταζ με την βοήθεια των δύο οργάνων. Για παράδειγμα στην κάμερα πραγματοποιούμε 'black και white balance' και μέσα από τον παλμογράφο ελέγχουμε την μέγιστη και ελάχιστη στάθμη που βγάζει στην εξοδό της, ενώ με τον διανυσματογράφο ελέγχουμε ότι τα μόνα χρώματα που θα βγάλει στην έξοδο θα είναι το μαύρο και το άσπρο ώστε να είμαστε σίγουροι πως θα αποδωθούν σωστά και τα υπόλοιπα χρώματα. Σε ένα μηχάνημα καταγραφής τηλεοπτικού σήματος ελέγχουμε τα ίδια χαρακτηριστικά με την βοήθεια του σήματος με τις 'μπάρες' που καταδεικνύει τις υψηλότερες και χαμηλότερες στάθμες φωτεινότητας και χρωμικότητας.

Αυτοί οι έλεγχοι αφορούν διαδικασίες που πρέπει να πραγματοποιούνται πριν από κάθε χρήση του μηχανήματος παραγωγής εικόνας και πρέπει να είναι γνωστές σε κάθε επαγγελματία τεχνικό. Επίσης φροντίζουμε για την κατάλληλη συνδεσμολογία και τον τερματισμό του σήματος μέσα από μια αντίσταση. Στην

περίπτωση που υπάρχουν βλάβες στο σήμα και μετά από αυτές τις διαδικασίες, ελέγχουμε άλλους παράγοντες όπως είναι ο φωτισμός ο οποίος μπορεί να ευθύνεται για την λανθασμένη στάθμη του σήματος.

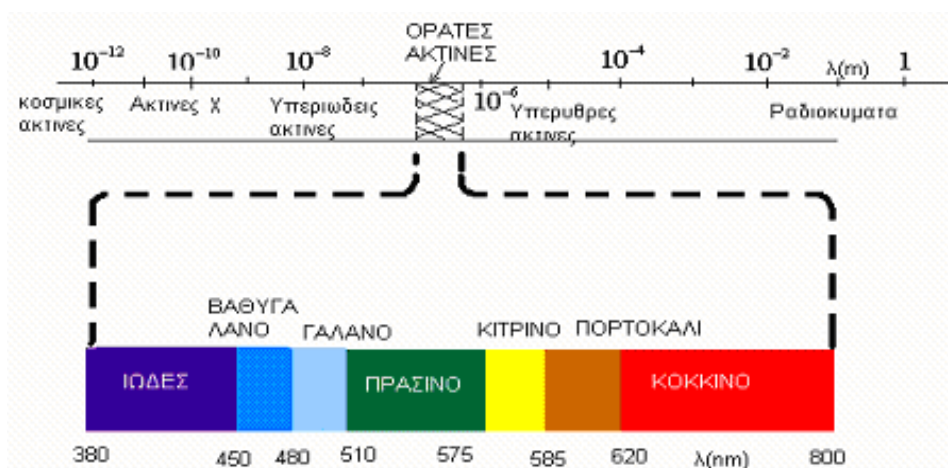
Εκτός όμως από αυτά τα χαρακτηριστικά ελέγχουμε και τους παλμούς συγχρονισμού όταν χρειαστεί να συγχρονίσουμε πολλές πηγές στην είσοδο ενός ‘switcher’. Με την βοήθεια των δύο οργάνων ακολουθούμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε οι παλμοί συγχρονισμού όλων των μηχανημάτων να συμπίπτουν χρονικά. Για την εκπόνηση αυτής της διαδικασίας φροντίζουμε να έχουμε μια γεννήτρια η οποία παράγει το σήμα ‘black burst’. Με σημείο αναφοράς αυτό το σήμα φροντίζουμε να συγχρονίσουμε όλες τις συσκευές μας. Ο συγχρονισμός απαιτεί την ρύθμιση κάποιων χαρακτηριστικών τα οποία υπάρχουν πάνω στις συσκευές ή μέσα σε menu σε ηλεκτρονική μορφή. Αυτές οι ρυθμίσεις αφορούν τον επιλογέα ελέγχου της οριζόντιας μετατόπισης του παλμού συγχρονισμού ‘H-timing’, τον επιλογέα ελέγχου της κάθετης μετατόπισης των πλαισίων ‘V-timing’ και τον επιλογέα ελέγχου ‘SC – phase’ που χρησιμοποιείται για την αλλαγή της φάσης της υποφέρουσας. Όταν πρόκειται για ψηφιακό σήμα κάποια χαρακτηριστικά αλλάζουν ως προς την δομή του σε σχέση με το αναλογικό σήμα. Θα αναφέρουμε κάποιες τεχνικές αξιολόγησης του ψηφιακού σήματος όπου τα όργανα μέτρησης θα έχουν κάποιες διαφορές σε σχέση με τα αναλογικά.

1. ΦΩΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑ.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τις βασικές έννοιες του φωτός και του χρώματος καθώς και την σχέση που έχουν μεταξύ τους. Με την βοήθεια κάποιων πειραμάτων και ιστορικών στοιχείων θα δώσουμε μια εκτεταμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών τους και θα εξηγήσουμε τον τρόπο που αυτά τα χαρακτηριστικά γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο μάτι λόγω της φυσιολογίας του. Στη συνέχεια με την βοήθεια πινάκων και σχημάτων, θα εξηγήσουμε πως το χρώμα και η φωτεινότητα συντελούν στην δημιουργία του τηλεοπτικού σήματος πριν και μετά την μεταδοσή του.

1.1 Η σχέση φωτός και χρώματος

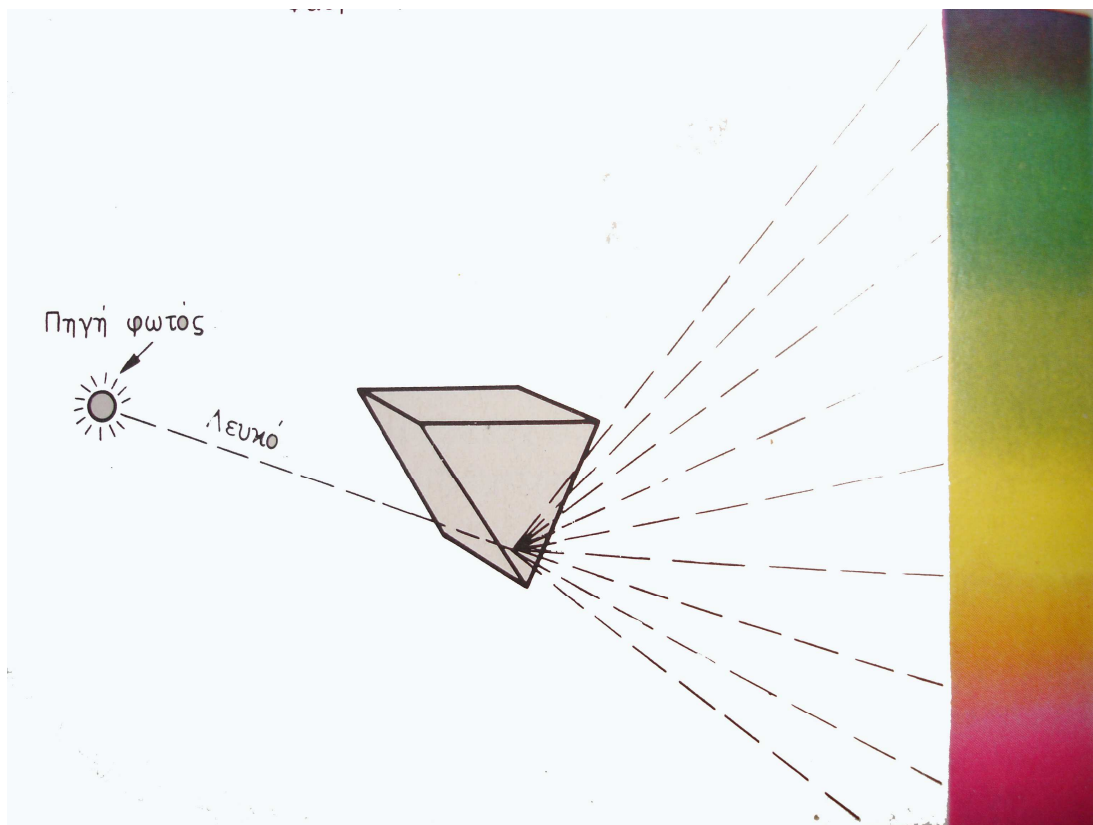
Γνωρίζουμε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και από όλο το φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που υπάρχουν στη φύση, μόνο ένα μικρό τμήμα ανήκει στην ορατή περιοχή όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.1.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα του φωτός.

Οι ηλεκτρομαγνητικές ταλαντώσεις με μήκος κύματος από 380 ως 780 nm όταν πέφτουν στο μάτι, δημιουργούν την αίσθηση του φωτός. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση των φωτεινών ακτίνων που προσβάλλουν το μάτι, τόσο λαμπρότερη μας φαίνεται η πηγή του φωτός. Εκτός όμως από την διαφορά στην λαμπρότητα, τα κύματα του ορατού φάσματος με διαφορετικό μήκος προκαλούν αίσθηση φωτός με διαφορετικό χρωματισμό. Επομένως, το χρώμα είναι χαρακτηριστικό της οπτικής αντιλήψεως των φωτεινών ακτίνων που μας επιτρέπει να τις ξεχωρίζουμε όχι μόνο κατά ένταση, αλλά και κατά φασματική σύνθεση.

Θεμελιωτής της σύγχρονης γνώσης για το φως και το χρώμα είναι ο Ισαάκ Νεύτων ο οποίος απέδειξε ότι το φως του ήλιου αποτελείται στην πραγματικότητα από ακτινοβολίες όλων των χρωμάτων. Το κλασικό πείραμα του πρίσματος επιτρέπει την ανάλυση του λευκού φωτός σε ένα συνεχές χρωματικό φάσμα. Ο δείκτης διαθλάσεως, εξαρτάται από την συχνότητα.. Έτσι περνώντας μέσα από το πρίσμα, οι ιώδες ακτίνες αποκλίνουν περισσότερο από την αρχική τροχιά τους και οι ερυθρές λιγότερο. Ανάμεσα στα δύο αυτά άκρα, βρίσκουμε το μπλέ, το πράσινο, το κίτρινο και το πορτοκαλί.[1]. Ενδεικτικό είναι το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.1.2 Το λευκό φως που αναλύεται μέσα από το πρίσμα, δημιουργεί ένα συνεχές χρωματικό φάσμα.

Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε πως στην πραγματικότητα, μέσα στη φωτεινή ζώνη που προβάλλεται από το πρίσμα, οι αποχρώσεις μεταβάλλονται επ'άπειρο. Και μόνο χάρη σε μια βολική συμφωνία καθορίσαμε διάφορα ονόματα (ιώδες , ινδικόν, μπλέ, πράσινο, κίτρινο ,πορτοκαλί, κόκκινο)για τις διάφορες καθορισμένες περιοχές της ζώνης αυτής. Ανάμεσα στα συμβατικά αυτά ονόματα, το 'ινδικόν' δεν έχει άλλο λόγο ύπαρξης , από την μανία που είχαν οι παππούδες μας, να έχουν οπωσδήποτε επτά χρώματα, επειδή ο αριθμός επτά έπαιζε μεγάλο ρόλο σε διάφορους αποκρυφισμούς. Στην πράξη , είναι πιο ορθολογιστικό να καθορίσουμε με ειδικό όνομα την ενδιάμεση απόχρωση ανάμεσα στο πράσινο και στο μπλέ : πρόκειται για το τυρκουάζ. Αλλά έγινε αποδεκτός ο όρος 'κυανούν' που έχει αγγλοσαξωνική προέλευση[2]. Το ανθρώπινο μάτι μπορεί να ξεχωρίσει 150-200 ενδιάμεσες αποχρώσεις ή , όπως λέμε , χρωματικούς τόνους. Εν πάση περιπτώσει, έχουμε στο φάσμα ένα σύνολο από ακτινοβολίες όλων των χρωμάτων, ανάμεσα στα όρια που αναφέραμε.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι η αίσθηση των χρωμάτων εξαρτάται από την φασματική σύνθεση της φωτεινής ακτινοβολίας που πέφτει στο μάτι άμεσα

από την πηγή ή ύστερα από μια σειρά ανακλάσεις σε διάφορα αντικείμενα. Αν στη διαδρομή των φωτεινών ακτίνων τοποθετηθεί ένα φίλτρο με αρκετά στενή ζώνη, μπορεί να ξεχωριστεί από το φάσμα της πηγής η ακτινοβολία ενός μόνο μήκους κύματος. Μια τέτοια ακτινοβολία ονομάζεται **μονοχρωματική**. Τα χρώματα που αντιλαμβανόμαστε με την παρατήρηση μονοχρωματικών ακτινοβολιών λέγονται **καθαρά φασματικά χρώματα**. Έτσι για παράδειγμα οι ισχυρές λυχνίες ατμών νατρίου, που χρησιμοποιούντουσαν για τον φωτισμό δημοσίων χώρων, εκπέμπουν κίτρινο φως με μήκος κύματος 589 και 589,6 nm, ουσιαστικά **μονοχρωματικό**, δηλαδή με ένα μόνο χρώμα, πράγμα που επιτρέπει πολλή καθαρή ορατότητα [2].

1.2 Χρωματική παραμόρφωση

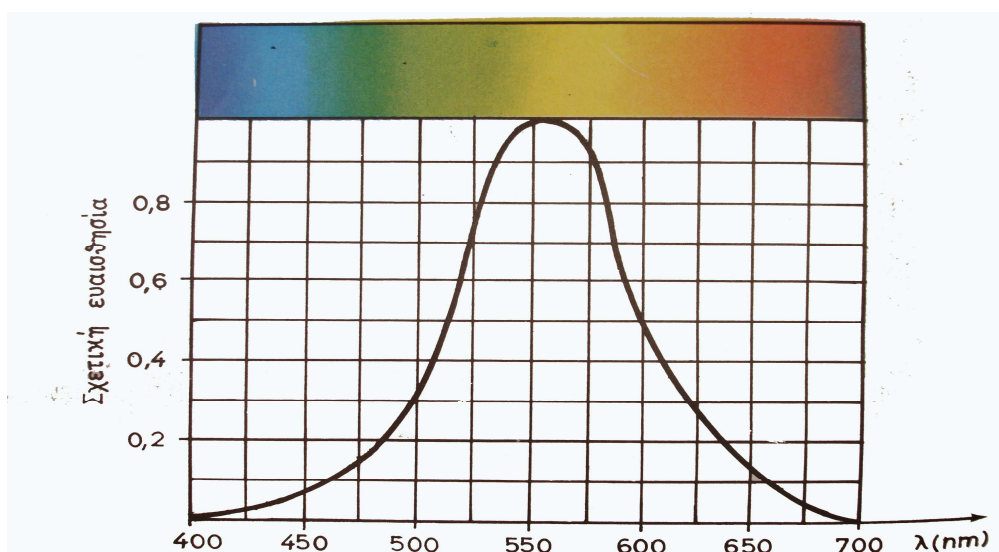
Η μέγιστη ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού βρίσκεται στο πράσινο χρώμα, στο μήκος κύματος των 555 nm..Αλλά όταν έχουμε μονοχρωματικό φως, αποφεύγουμε το φαινόμενο της χρωματικής παραμόρφωσης. Τι είναι όμως η χρωματική παραμόρφωση;

Γνωρίζουμε πως το μάτι μπορεί να παρομοιασθεί με φωτογραφική μηχανή με μια κάμερα που δεν έχει ορθογώνια μορφή αλλά σφαιρική και στην οποία ο κρυσταλλοειδής φακός παίζει το ρόλο του οπτικού φακού και ο αμφιβληστροειδής τον ρόλο της φωτοευαίσθητης επιφάνειας. Ο κρυσταλλοειδής φακός είναι ένα από τα βασικότερα τμήματα του οπτικού συστήματος του ματιού. Με την βοήθεια του προβάλλονται στο απέναντι 'τοίχωμα' της κάμερας οι εικόνες των αντικειμένων. Το τοίχωμα αυτό καλύπτεται εσωτερικά από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα που παίζει τον ρόλο της φωτοευαίσθητης φωτογραφικής πλάκας. Ο χιτώνας έχει επάνω του πλήθος φωτοευαίσθητων κυττάρων που συνδέονται με τις ίνες του οπτικού νεύρου, μέσα από το οποίο μεταφέρεται ο ερεθισμός στον εγκέφαλο.

Τα φωτοευαίσθητα κύτταρα του αμφιβληστροειδή χιτώνα, ανάλογα με την μορφή τους, διαίρουνται σε δύο ομάδες, στα **ραβδία** και στους **κόνους**. Υπάρχουν 130 εκατομμύρια περίπου ραβδία και 7 εκατομμύρια περίπου κόνους. Τα ραβδία και οι κόνους διεγείρονται από την φωτεινή ακτινοβολία και μέσα από τις ίνες του οπτικού νεύρου στέλνουν παλμούς στον εγκέφαλο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η αίσθηση του φωτός και του χρώματος. Τα ραβδία αντιδρούν μόνο στην ένταση του φωτός, ανεξάρτητα από τον χρωματισμό του, ενώ οι κόνους επηρεάζονται από το χρώμα. Επειδή οι κόνους είναι λιγότεροι από τα ραβδία και έχουν μερικές χιλιάδες φορές μικρότερη ευαισθησία στο φως, δεν μας παρουσιάζουν τους χρωματισμούς

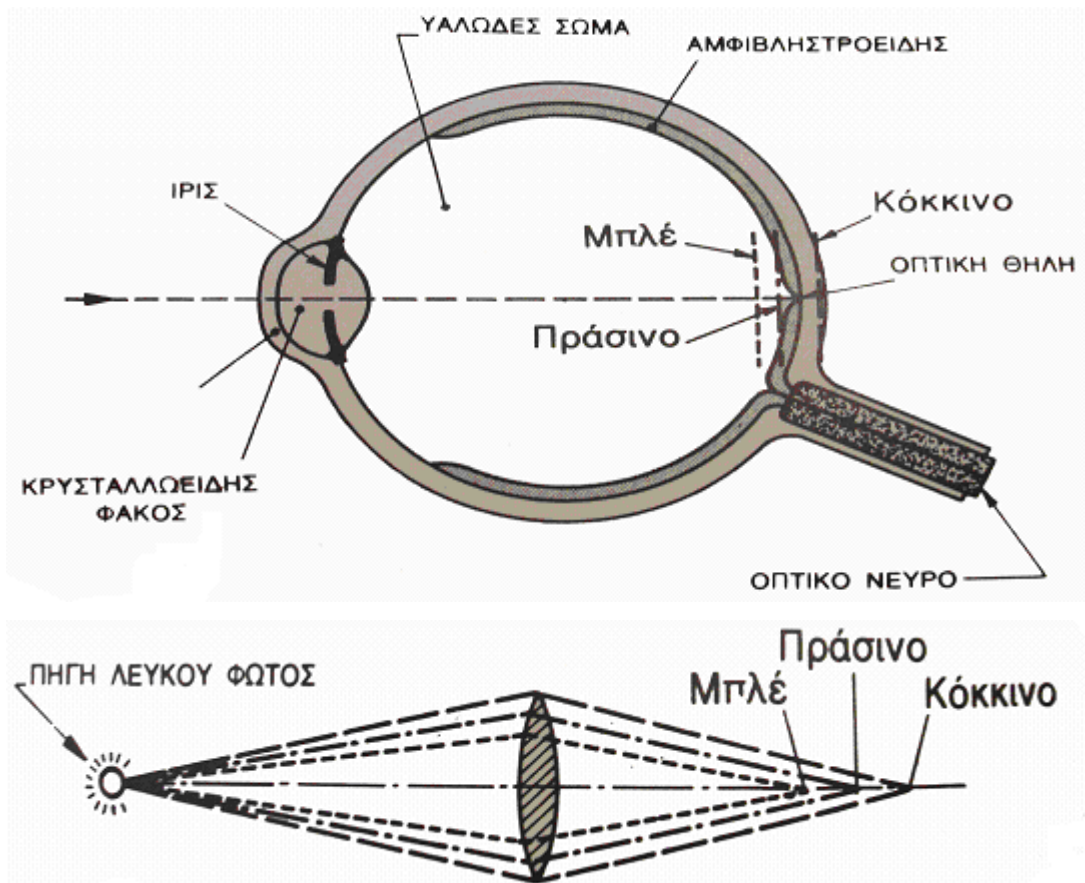
όταν μια εικόνα φωτίζεται μέτρια. Γι' αυτό, άλλωστε, με χαμηλούς φωτισμούς δεν μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα χρώματα.[1]

Πρέπει να πούμε ότι η ευαισθησία του ματιού στις διάφορες ακτινοβολίες του ορατού φάσματος δεν είναι η ίδια. Έχει παρατηρηθεί πως όταν η ένταση της ακτινοβολίας είναι η ίδια σε όλα τα μήκη κύματος, το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευαίσθητο γύρω στο πράσινο χρώμα ($\lambda=550\text{nm}$). Για μήκη κύματος μικρότερα ή μεγαλύτερα από τα πιο πάνω, η ευαισθησία ελαττώνεται. Η καμπύλη της **χρωματικής ευαισθησίας** του ματιού παίζει σημαντικό ρόλο στην τεχνική της έγχρωμης τηλεόρασης και φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.2.1 Καμπύλη σχετικής ευαισθησίας.

Γιατί όμως το μάτι αντιλαμβάνεται καλύτερα το πράσινο χρώμα; Ο κρυσταλλοειδής φακός που είναι αμφίκυρτος και με μικρή εστιακή απόσταση, προβάλλει τις φωτεινές ακτίνες στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Όμως ο φακός αυτός, όπως και κάθε φακός δεν παύει να είναι ένα πρίσμα που μαζί με την εστίαση προκαλεί και διάθλαση των φωτεινών ακτίνων. Επειδή η γωνία διάθλασης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μήκος κύματος, το κόκκινο χρώμα (μεγάλο μήκος κύματος) έχει την μικρότερη γωνία διαθλάσεως και το εστιακό του σημείο ξεπερνά την επιφάνεια του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Αντίθετα, το βαθυγάλανο χρώμα, με το μικρότερο μήκος κύματος, έχει μεγαλύτερη γωνία διαθλάσεως και σχηματίζει το εστιακό του σημείο πιο μπροστά από την επιφάνεια του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Γι' αυτό το μάτι μας δείχνει στο μπλέ και στο κόκκινο μικρή ευαισθησία. Τη μεγαλύτερη ευαισθησία δείχνει στο πράσινο, επειδή το εστιακό σημείο, πέφτει επάνω σχεδόν στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδή χιτώνα.



Σχήμα 1.2.3 (α) Σχηματική τομή του ματιού. Ο κρυσταλλοειδής φακός παίζει ρόλο φακού. Η εικόνα του πολύχρωμου αντικειμένου σχηματίζεται σε διάφορα επίπεδα: αν η προσαρμογή (που επιτυγχάνεται από την καμπυλότητα του κρυσταλλοειδούς) γίνεται στις πράσινες ακτίνες (στις οποίες το μάτι είναι πιο ευαίσθητο), η πράσινη εικόνα βρίσκεται στο επίπεδο του αμφιβληστροειδούς, η μπλέ πιο εμπρός και η κόκκινη πιο πίσω. Δηλαδή, οι δύο τελευταίες αυτές εικόνες δεν θα είναι καθαρές. **(β)** Οι ακτίνες διαφόρων χρωμάτων που εκπέμπονται από ένα ορισμένο σημείο συγκεντρώνονται από ένα φακό σε εστίες λιγότερο ή περισσότερο απομακρυσμένες ανάλογα με την συχνότητα των διαφόρων συνιστωσών του φωτός.

Με άλλα λόγια, το μάτι μας δεν είναι τέλειο όργανο, αφού δεν έχει την ίδια ευαισθησία σε όλα τα χρώματα. Γι' αυτό λέμε ότι το μάτι δημιουργεί **χρωματική παραμόρφωση**. Εξαιτίας αυτής της χρωματικής παραμόρφωσης, δεν μπορούμε να δούμε όλες τις λεπτομέρειες μιας πολύχρωμης εικόνας με την ίδια οξύτητα. Μόνο στο μονοχρωματικό φως δεν έχουμε χρωματική παραμόρφωση και γι' αυτό οι μονόχρωμες εικόνες φαίνονται πιο καθαρά από τις πολύχρωμες.[2]

1.3 Χαρακτηριστικά του φωτός

Φωτεινή ροή: Ονομάζεται **φωτεινή ροή Φ** η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα φωτεινό κύμα στη μονάδα του χρόνου και που γίνεται αντιληπτή από το μάτι. Δηλαδή η ισχύς της ορατής ακτινοβολίας. Η φωτεινή ροή μετρείται σε **lumen(λούμεν, Lm)**.

Ένταση φωτός: Είναι η φωτεινή ροή που ακτινοβολείται προς ορισμένη κατεύθυνση ανά μονάδα στερεάς γωνίας. Αν στα όρια στερεάς γωνίας $\Delta\Omega$ ακτινοβολείται φωτεινή ροή $\Delta\Phi$, η ένταση του φωτός θα είναι: $I = \Delta\Phi / \Delta\Omega$

Μονάδα μετρήσεως της εντάσεως του φωτός, είναι η **candela Cd** .

Φωτεινότητα: Είναι η φωτεινή ροή που πέφτει κάθετα στη μονάδα φωτειζόμενης επιφάνειας S και συμβολίζεται με E . Δηλαδή $E = \Phi / S$.

Μονάδα της φωτεινότητας είναι το **lux ,lx**, $1Lx = 1 Lm/1m^2$.

Αντίθεση: Είναι ο λόγος της λαμπρότητας του πιο λευκού στοιχείου ενός αντικειμένου προς την λαμπρότητα του πιο μαύρου στοιχείου του. Δηλαδή $K = B_{max} / B_{min}$.

Λαμπρότητα: Ονομάζουμε λαμπρότητα B φωτεινής πηγής την ένταση του φωτός που ακτινοβολείται από ένα τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειάς της. Δηλαδή $B = I / S$.

Η λαμπρότητα μετριέται σε **nit ,Nt**. Η λαμπρότητα φωτεινής πηγής ισούται με $1Nt$, αν κάθε m^2 από την επιφάνειά της δίνει ένταση φωτός $1 Cd$ ($1 Nt = 1Cd/1 m^2$).

Η φωτεινή ροή, η ένταση του φωτός και η λαμπρότητα χαρακτηρίζουν τις φωτεινές πηγές (πρωτογενείς πηγές). Τα περισσότερα όμως αντικείμενα που μας περιβάλλουν δεν είναι πηγές φωτός. Τα αντικείμενα αυτά εκπέμπουν φως και γίνονται ορατά μόνο όταν φωτίζονται από **πρωτογενείς πηγές** φωτός. Γι' αυτό και ονομάζονται **δευτερογενείς πηγές** (ετερόφωτα σώματα). Για το χαρακτηρισμό των τελευταίων αυτών πηγών φωτός χρησιμοποιείται η φωτεινότητα.[1]

1.4 Τριχρωμική όραση, απόχρωση, κορεσμός

Η σύνθεση των συγχρόνων συστημάτων της έγχρωμης τηλεοράσεως βασίζεται στη θεωρία της τριχρωμικής οράσεως, η οποία εξηγεί από ψυχοφυσιολογική άποψη την ικανότητα του ανθρώπου να διακρίνει τα χρώματα. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού μας υπάρχουν κώνοι τριών τύπων που έχουν διαφορετική φασματική ευαισθησία. Η διέγερση των κώνων του ενός τύπου δίνει την αίσθηση του κόκκινου χρώματος, η διέγερση των κώνων του δεύτερου

τύπου την αίσθηση του πράσινου, και η διέγερση των κώνων του τρίτου τύπου, την αίσθηση του γαλανού χρώματος. Συνήθως η φωτεινή ακτινοβολία διεγείρει ταυτόχρονα και τα τρία είδη των κώνων και το σύνολο των τριών διαφορετικών διεγέρσεων γίνεται αντιληπτό από το μάτι μας σαν ένα οποιοδήποτε χρώμα. Το όργανο της οράσεως αναλύει το φως που το διεγείρει, προσδιορίζοντας συνάμα τη σχετική περιεκτικότητα των διάφορων ακτινοβολιών, και ύστερα γίνεται στον εγκέφαλο η σύνθεση των τριών διεγέρσεων σε ενιαίο χρώμα. Υπενθυμίζουμε πως το μάτι ξεχωρίζει τα χρώματα μόνο όταν λειτουργούν οι κώνοι, δηλαδή, όταν η ένταση της ακτινοβολίας ξεπερνά το κατώφλι διεγέρσεως των κώνων. Σε χαμηλές εντάσεις ακτινοβολίας, όταν λειτουργούν μόνο τα ραβδία, το ορατό φάσμα γίνεται αντιληπτό από το μάτι ως διαβαθμίσεις του γκριζου. Καταλαβαίνουμε έτσι από πού βγαίνει η παροιμία “τη νύκτα όλες οι γάτες είναι γκριζες”. Αλλά την ημέρα μπορείς να θαυμάσεις το τρίχωμα μιας γάτας τιγρέ, μιας σιαμέζικης ή μιας περσικής και να ξεχωρίσεις επίσης τα χρώματα που έχουν τα ωραία τους μάτια. Γιατί τότε τίθονται σε λειτουργία οι κώνοι του αμφιβληστροειδούς. Τη θεωρία αυτή, δηλαδή πως υπάρχουν τρεις κατηγορίες κώνων, την διατύπωσε πρώτος ο Thomas Young. Η υπόθεση αυτή ήταν σωστή. Το 1964 οι βιοφυσικοί του αμερικάνικου πανεπιστημίου John Hopkins, διαπίστωσαν πειραματικά, πως ο Young είχε δίκιο. Έτσι οι κώνοι κάνουν μια πραγματική ανάλυση του φωτός.[2]

Τα αντικείμενα όμως που μας περιβάλλουν έχουν διαφορετικές **οπτικές** ιδιότητες, ως προς το αίσθημα που προκαλούν, και γι’ αυτό οι ακτίνες που φθάνουν στο μάτι μας από αυτά, διαφέρουν τόσο στην ισχύ όσο και στην φασματική σύνθεση. Αν οι ακτινοβολίες που δημιουργούν το οπτικό ερέθισμα έχουν την ίδια ισχύ και την ίδια σύνθεση, το μάτι δεν βρίσκει καμία διαφορά μεταξύ τους. Αν, όμως, οι ακτινοβολίες που φθάνουν από δύο αντικείμενα, είναι ίδιες στη σύνθεση αλλά διαφορετικές στην ισχύ, το ένα από τα αντικείμενα θα φαίνεται φωτεινό και το άλλο σκοτεινό. Στην περίπτωση αυτή το μάτι αποκαλύπτει την ποσοτική διαφορά μεταξύ των ακτινοβολιών, η οποία συνήθως ονομάζεται **φωτεινή αντίθεση**.

Τέλος, αν οι ακτινοβολίες διαφέρουν τόσο στην ισχύ όσο και στη φασματική σύνθεση, το μάτι θα φανερώσει όχι μόνο την ποσοτική, αλλά και την ποιοτική διαφορά μεταξύ των ακτίνων. Η τελευταία αυτή διαφορά ονομάζεται **χρωματική αντίθεση**. Έτσι, η φωτεινή ακτινοβολία που φθάνει στο μάτι δεν προκαλεί μόνο την αίσθηση της φωτεινότητας που είναι ανάλογη προς την ισχύ της ακτινοβολίας, αλλά και την αίσθηση του χρώματος ή, όπως λέμε, της **αποχρώσεως** και του **κορεσμού** του.

Κάθε χρώμα, λοιπόν, χαρακτηρίζεται από τη **φωτεινότητα** που εξαρτάται από την ισχύ των φωτεινών ακτίνων που φθάνουν στο μάτι μας, από την **απόχρωση** (ή χροιά) που καθορίζεται από το μήκος κύματος των ακτίνων, και από τον **κορεσμό** που καθορίζεται από το βαθμό αναμίξεως του φασματικού χρώματος με λευκό φως. Δηλαδή όταν λέμε κόρο, εννοούμε τη διαβάθμιση του τόνου στην εντασή του. Ο κόρος μας δίνει τον βαθμό καθαρότητας ενός χρώματος.[1]

1.5 Ατομικά ή συλλογικά μηνύματα

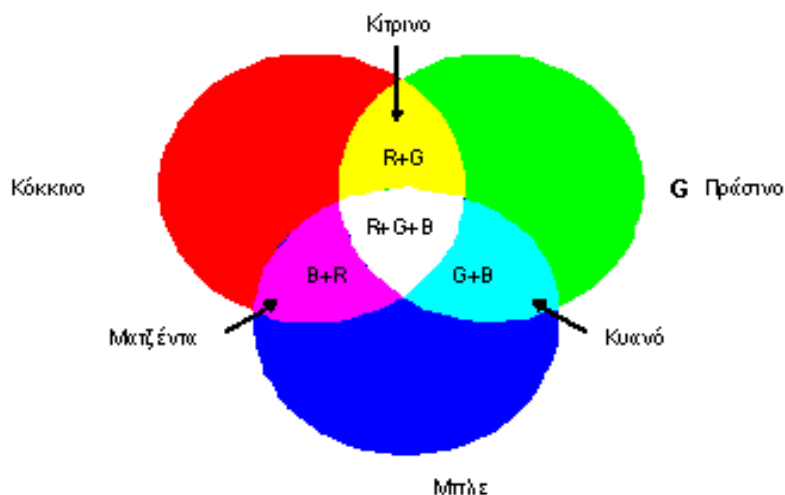
Δηλαδή όταν ο εγκέφαλος δέχεται μηνύματα θα φανταζόμαστε ένα κώνο που θα λέει : 'Εδώ κωνίο που βρίσκεται σε τόσες μοίρες βορείου πλάτους και τόσες μοίρες ανατολικού μήκους του αμφιβληστροειδούς. Δέχομαι φωτεινή ένταση τόσων Lumen στην περιοχή κυμάτων μεταξύ 590 και 64 NM, στο πορτοκαλλί χρώμα'. Στην πραγματικότητα, ο εγκέφαλος δεν δέχεται ατομικά μηνύματα από κάθε κώνο ή ραβδί, γιατί ο αριθμός των γραμμών μεταδόσεως, στην περίπτωση αυτή των ινών του οπτικού νεύρου, φθάνει μόνο στο ένα εκατομμύριο. Δηλαδή, κάθε ίνα πρέπει να διοχετεύει 'συλλογικά μηνύματα' που εκπέμπονται χωρίς αμφιβολία από μια ομάδα στοιχείων της ίδιας κατηγορίας.

Για να συμπληρώσω όσα είπα, θα προσθέσω, πως στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς βρίσκεται ένα μικρό κοίλωμα που ονομάζεται 'ωχρά κηλίς' και που είναι επιστρωμένο μόνο με κώνους τακτοποιημένους με την μεγαλύτερη πυκνότητα. Δηλαδή, διακρίνονται εκεί καλύτερα οι λεπτομέρειες των χρωματιστών εικόνων στο αντίστοιχο τμήμα του άξονα οράσεως. Τα ραβδία, που λείπουν εντελώς στην ωχρή κηλίδα, είναι ολοένα πυκνότερα όσο πλησιάζουμε προς τα άκρα του αμφιβληστροειδούς. Να γιατί, η 'περιφερειακή όραση' παρέχει μεγάλη σαφήνεια στις λεπτομέρειες, που διακρίνονται από τη φωτεινοτητά τους. Αντίθετα έξω από τον άξονα της οράσεως, η οπτική οξύτητα για τα χρώματα ελαττώνεται αισθητά, επειδή οι κώνοι γίνονται πιο σπάνιοι.[2]

1.6 Πρωτεύοντα χρώματα και ο συνδιασμός τους για την παραγωγή των υπόλοιπων χρωμάτων

Όπως είδαμε ,είναι δυνατό να παράγουμε λευκό χρώμα με την σύνθεση όλων των καθαρών φασματικών χρωμάτων. Η θεωρία όμως της τριχρωμικής όρασης υποδεικνύει ότι δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούμε όλα τα χρώματα του

φάσματος αφού το μάτι μας ανταποκρίνεται μόνο σε τρία από αυτά. Αρκεί λοιπόν να επιλέξουμε τρία χρώματα από το ορατό φάσμα, να τα αναμείξουμε με κατάλληλες μεταξύ τους αναλογίες και να πάρουμε το λευκό φως. Πιο κατάλληλα έχουν αποδειχτεί το κόκκινο, το πράσινο και το βαθύ μπλε. Το γεγονός ότι χονδρικά συμπίπτουν με το μέγιστο της ευαισθησίας των τριών τύπων κώνων στο μάτι μας δεν είναι τυχαίο. Τα χρώματα αυτά ονομάζονται *προτεύοντα*, κύρια ή βασικά *προσθετικά* χρώματα. Ο προσδιορισμός προσθετικά προκύπτει από το γεγονός ότι η μέθοδος ανάμιξής τους γίνεται με πρόσθεση των ακτινοβολιών. Τη λειτουργία της πρόσθεσης μπορούμε εύκολα να τη διαπιστώσουμε, αν κατευθύνουμε τις δέσμες τριών προβολέων εφοδιασμένων με έγχρωμα φίλτρα, που παράγουν μονοχρωματικό κόκκινο, πράσινο και μπλε φως αντιστοίχως, πάνω σε μια λευκή οθόνη, έτσι ώστε εν μέρει να αλληλεπικαλύπτονται. Στα σημεία επικάλυψης των δεσμών ανά δύο θα δούμε να παράγονται νέα χρώματα. Για παράδειγμα, από την πρόσθεση του κόκκινου και του πράσινου παράγεται κίτρινο, από την πρόσθεση του πράσινου και του μπλε



Σχήμα 1.6.1 Μίξη πρωτεύοντων προσθετικών χρωμάτων

αγγλικών παράγεται κυανό, ενώ από την πρόσθεση του μπλε και του κόκκινου παράγεται πορφυροειδές (ματζέντα ή φούξια). Στα σημεία όπου προσπίπτουν και οι τρεις δέσμες μαζί παράγεται λευκό φως όπως δείχνει το παραπάνω σχήμα.

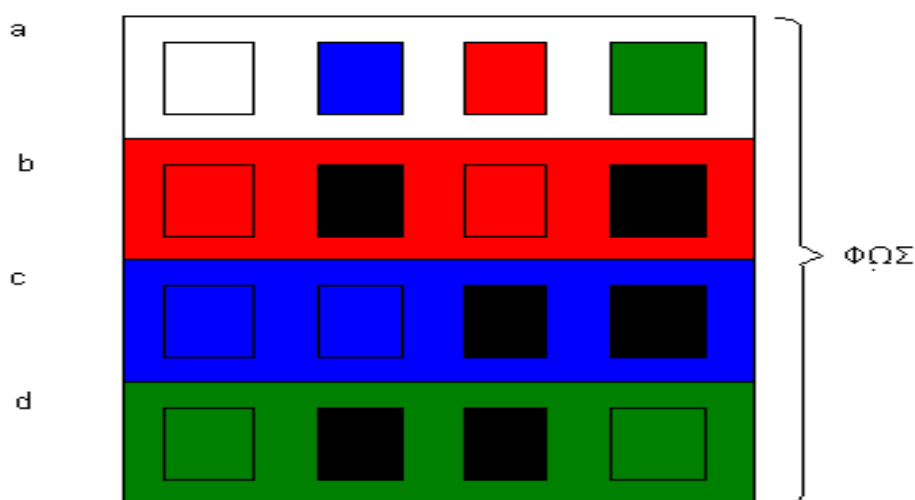
Με αλλαγή της σχετικής έντασης των τριών βασικών χρωμάτων στο παραπάνω σχήμα μπορούμε να πάρουμε όλα τα χρώματα του φάσματος. Για παράδειγμα, αν αυξήσουμε την ένταση του κόκκινου φωτός, τότε το κίτρινο του σχήματος θα γίνει πορτοκαλί, το λευκό θα γίνει ροζ κλπ. Αυτό το σύστημα παραγωγής χρωμάτων ονομάζεται *προσθετικό σύστημα* ή σύστημα **RGB**, από τα αρχικά των λέξεων Red – Green – Blue, που είναι τα ονόματα των τριών βασικών χρωμάτων που χρησιμοποιεί.

Πρέπει να τονιστεί ότι τα νέα χρώματα που παράγονται από τη μίξη των πρωτεύοντων χρωμάτων δεν είναι καθαρά φασματικά χρώματα. Το κίτρινο, για παράδειγμα, του παραπάνω σχήματος δεν έχει καμιά σχέση με το κίτρινο του φάσματος που παράγεται από την ανάλυση του φωτός με ένα πρίσμα. Το κίτρινο του φάσματος είναι μια ακτινοβολία με μήκος κύματος περίπου 570 nm, ενώ το κίτρινο της προσθετικής μίξης είναι δύο ακτινοβολίες με μήκη κύματος 510 και 630 nm, τις οποίες ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται ως μια ακτινοβολία με μήκος κύματος ίσο με το μέσο όρο των δύο. Το γεγονός αυτό όμως δεν ενοχλεί καθόλου το σκοπό μας, που είναι η παραγωγή όλων των χρωμάτων από τρία μόνο βασικά.

Η προσθετική μίξη χρωμάτων χρησιμοποιείται, όταν οι φωτεινές πηγές είναι πρωτογενείς, δηλαδή παράγουν το δικό τους έγχρωμο φως, όπως συμβαίνει στις οθόνες των τηλεοράσεων και των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Όταν οι πηγές είναι δευτερογενείς, παράγουν χρώμα με αφαίρεση ακτινοβολιών από το λευκό φως. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ένα άλλο σύστημα μίξης χρωμάτων που ονομάζεται **αφαιρετικό** και χρησιμοποιεί για κύρια χρώματα τα Κυανό – Ματζέντα – Κίτρινο (CMY). Με χρήση αυτού του συστήματος δημιουργούνται, για παράδειγμα, οι έγχρωμες εκτυπώσεις. Ένα πείραμα όπου επιτυγχάνονται τα χρώματα με την αφαιρετική μέθοδο εξηγείται παρακάτω.

Έχουμε τετράγωνα από χαρτόνι σε διάφορα χρώματα : ένα λευκό, ένα κόκκινο, ένα πράσινο και ένα μπλέ και τα οποία φωτίζονται από λευκό φως (σχημα 1.6.2 α). Αν τοποθετήσουμε ένα κόκκινο γυαλί μπροστά από την πηγή του φωτός το οποίο σταματά όλα τα μήκη κύματος, εκτός από μια στενή ζώνη που βρίσκεται γύρω στα 700nm, θα παρατηρήσουμε πως το λευκό τετράγωνο έγινε κόκκινο(σχημα 1.6.2 b). Γιατί όμως το πράσινο και το μπλέ έγιναν μαύρα ; Είναι πολύ απλό. Ένα αντικείμενο είναι πράσινο, όταν απορροφά όλες τις φωτεινές ακτίνες σε άλλα μήκη κύματος ,εκτός από τις πράσινες ακτίνες που είναι οι μόνες που αντανακλά. Εδώ, το κόκκινο φως δεν περιέχει πράσινες ακτίνες .Έτσι, το τετραγωνό μας δεν αντανακλά καμιά ακτίνα. Και την απουσία κάθε φωτός την ονομάζουμε “μαύρο”. Αυτό λοιπόν συμβαίνει και με το μπλέ τετράγωνο, που απορροφά όλες τις ακτίνες εκτός από τις μπλέ ,τις οποίες αντανακλά. Και με τον κόκκινο αυτό φωτισμό, που δεν περιέχει μπλε ακτίνες, το τετραγωνό μας γίνεται μαύρο. Μπορούμε λοιπόν να βγάλουμε το συμπέρασμα, πως το χρώμα των διάφορων αντικειμένων, εξαρτάται τόσο από την ικανότητα απορροφήσεώς τους και ανακλάσεώς τους, όσο και από την σύνθεση του φωτισμού που τα φωτίζει. Ας τοποθετήσουμε ένα μπλέ γυαλί μπροστά από την πηγή του φωτός(σχημα 1.6.2 c). Όπως περιμέναμε, το κόκκινο και το πράσινο τετράγωνο έγιναν μαύρα, ενώ το μπλέ έμεινε μπλέ καθώς και το λευκό έγινε μπλε. Με λίγα λόγια

λευκό είναι το αντικείμενο που δεν απορροφά κανένα φως και ανακλά όλα τα μήκη κύματος. Επίσης, μαύρο είναι το αντικείμενο που απορροφά όλα τα μήκη κύματος χωρίς να ανακλά κανένα φως. Καταλαβαίνουμε τώρα γιατί μια πλευρά των διαστημοπλοίων είναι βαμμένη μαύρη και η άλλη λευκή. Όταν οι κοσμοναύτες θέλουν να ζεσταθούν, προσανατολίζουν τον πυραυλό τους έτσι, ώστε να παρουσιάζουν στον ήλιο την μαύρη πλευρά που απορροφά τις ακτίνες. Και όταν ζεσταθούν πολύ, γυρίζουν προς τον ήλιο την λευκή πλευρά που ανακλά τις ακτίνες.[2]



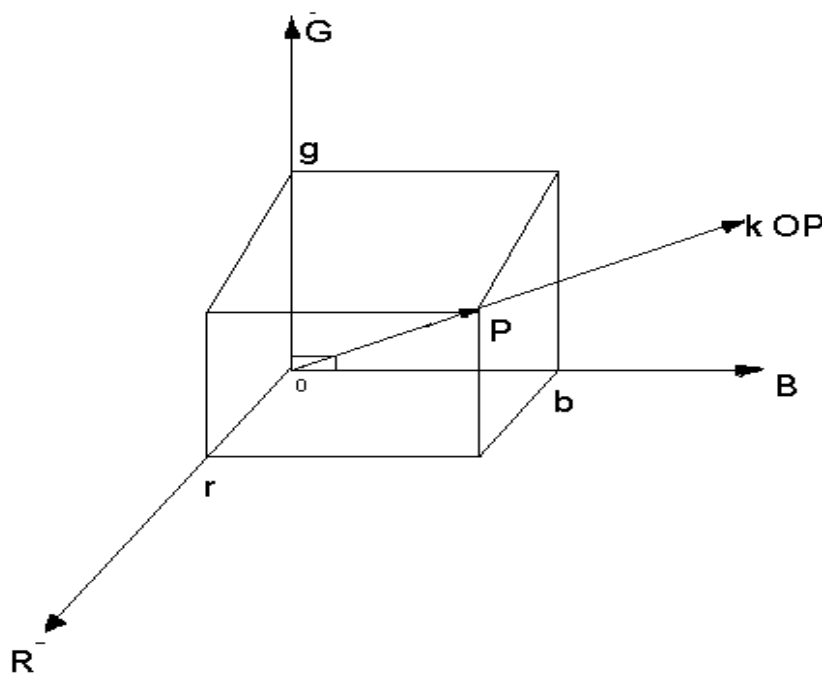
Σχήμα 1.6.2 Αν φωτισθούν από λευκό φως (α) τα τέσσερα τετράγωνα είναι λευκό, μπλέ, κόκκινο και πράσινο. Στο κόκκινο φώς (b), στο μπλέ φώς (c) και στο πράσινο φως (d) διατηρούν το χρώμα τους μόνο εκείνα που έχουν αντίστοιχη απόχρωση.

1.7 Χρωματομετρία - χρωμικές συντεταγμένες

Μπορούμε να πούμε πως στην τριχρωμία, ένα οποιοδήποτε χρώμα καθορίζεται από την περιεκτικότητά του σε κόκκινο, σε πράσινο και σε μπλε, δηλαδή από μια ομάδα τριών αριθμών. Οι μαθηματικοί θα ονόμαζαν τους τρεις αυτούς αριθμούς 'συντεταγμένες' και θα έλεγαν, πως τα χρώματα σχηματίζουν ένα χώρο τριών διαστάσεων. Μπορεί να μην είμαστε μαθηματικοί, αλλά οφείλουμε ευγνωμοσύνη στους τελευταίους αυτούς, γιατί μας έχουν προσφέρει ορισμένα εργαλεία εργασίας, που είναι συγκεντρωμένα με το όνομα 'μέθοδοι υπολογισμού'. Για μια φορά, λοιπόν, πρόκειται να μιλήσουμε λιγάκι σαν τους μαθηματικούς. Και εφόσον ο χώρος των

χρωμάτων είναι τρισδιάστατος, θα τον παραστήσουμε με την μορφή τριέδρου τριτετραγώνου που οι άξονές του θα ονομάζονται OR, OG και OB.

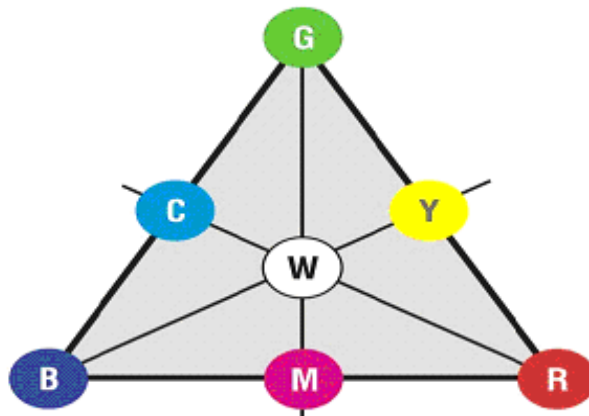
Ένα σημείο, λοιπόν, P του χώρου μας καθορίζεται από τις τρεις συντεταγμένες του R, G και B. Ας φανταστούμε τώρα, ότι πολλαπλασιάζουμε τις τρεις συντεταγμένες με ένα δεδομένο συντελεστή K. Τότε το άνωσμα OP γίνεται K OP, δηλαδή το μέτρο του(το λέμε και μήκος του) πολλαπλασιάζεται επί K, αλλά η διεύθυνση και η φορά του μένουν ίδιες. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η φωτεινή ένταση έχει πολλαπλασιασθεί επί K, χωρίς να μεταβληθεί ο ιδιαίτερος χαρακτήρας του χρώματος (βλέπε παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 1.7.1 Τρισδιάστατος χώρος των χρωμάτων.

Ιστορικά αυτός που χάραξε το πρώτο επίπεδο των χρωμάτων, ήταν ο φυσικός Maxwell, πολύ γνωστός άλλωστε, γιατί διατύπωσε τις διαφορικές εξισώσεις της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Πρόκειται για ένα τρίγωνο στις κορυφές του οποίου υπάρχουν τα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο, μπλε) η μείξη των οποίων μπορεί να δημιουργήσει ένα μεγάλο αριθμό χρωμάτων τα οποία περικλείονται μέσα στο τρίγωνο. Το λευκό βρίσκεται στο σημείο τομής των υψών /διχοτόμων και παράγεται από μείξη σε ίσες ποσότητες και των τριών χρωμάτων. Στα σημεία τομής των υψών με τις απέναντι πλευρές υπάρχουν τρία διαφορετικά βασικά χρώματα, το κυανό, το ιώδες (ματζέντα) και το κίτρινο. Τα χρώματα αυτά μπορούν να παραχθούν από μείξη σε ίσες ποσότητες των βασικών χρωμάτων που βρίσκονται στις αντίστοιχες κορυφές της πλευράς δίνοντας έτσι μια κομψότητα στο μοντέλο. Στην πράξη, από το τρίγωνο του Maxwell που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα προκύπτουν δύο διαφορετικά μοντέλα, το αθροιστικό (additive), στο οποίο το άθροισμα των βασικών

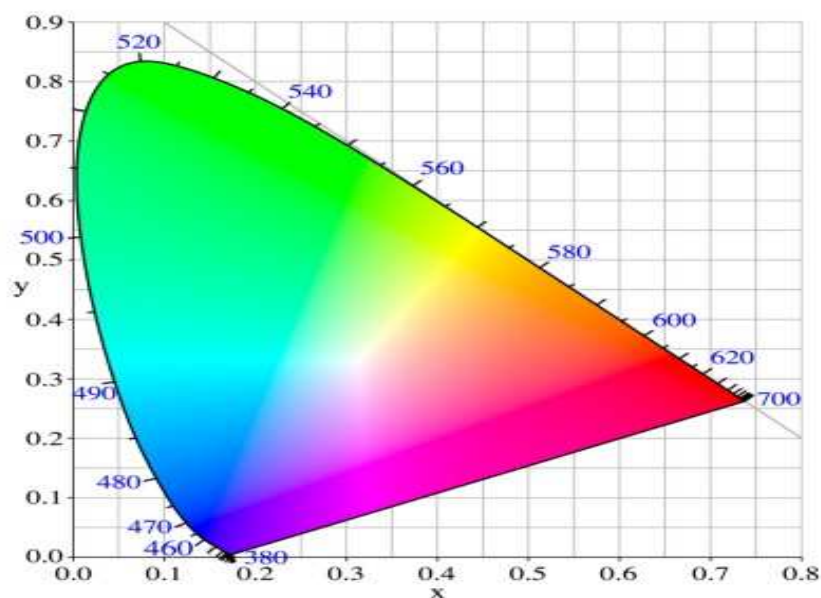
χρωμάτων δίνει το λευκό, και το αφαιρετικό (subtractive) στο οποίο η απουσία των βασικών χρωμάτων αντιστοιχεί στο λευκό. Το αθροιστικό μοντέλο είναι το γνωστό στο βίντεο RGB ενώ το CMY αποτελεί την θεωρητική βάση των χρωμάτων στην τυπογραφία.. Για τα μοντέλα αυτά αναφερθήκαμε σε προηγούμενη ενότητα.



Σχήμα 1.7.2 Τρίγωνο του Maxwell

Ένα πρόβλημα το οποίο υπάρχει είναι το ότι είναι δύσκολο να συμφωνήσουμε για το πώς φαίνεται το κάθε χρώμα επομένως είναι αντιστοίχως δύσκολο να συμφωνήσουμε ποιά σχέση μεταξύ R, G και B είναι η κατάλληλη για να το περιγράψει. Την διετία 1928, 1931 δύο ανεξάρτητα πειράματα από τους Wright και Guild έδωσαν μια λύση. Χρησιμοποιώντας μια διπλή οθόνη στην οποία πρόβαλαν ταυτόχρονα το άγνωστο χρώμα και τα τρία βασικά μπόρεσαν να φτιάξουν ένα διάγραμμα που έδινε τις σχέσεις των βασικών χρωμάτων για κάθε χρώμα. Η σχεδόν... Μια παρενέργεια των πειραμάτων των Wright και Guild ήταν η ανακάλυψη ότι το τρίγωνο Maxwell δεν αρκούσε για να περιγράψει όλα τα χρώματα. Πολύ απλά υπήρχαν χρώματα και έξω από αυτό, γεγονός που σήμαινε ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, υπήρχαν στο μοντέλο 'αρνητικές' τιμές για κάποιο από τα βασικά χρώματα. Αν και τα ίδια τα πειράματα αντιπαρήλθαν το πρόβλημα μειζάροντας το 'αρνητικό' χρώμα μαζί με το άγνωστο και επιχειρώντας να προσεγγίσουν το νέο χρώμα που προέκυπτε μόνο με τα άλλα δύο βασικά, ήταν προφανές ότι ένα νέο μοντέλο ήταν απαραίτητο. Το 1931 δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά το 'Διάγραμμα Χρωματικότητας CIE' (από την γαλλική φράση Commission Internationale de l' Eclairage, Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού). Η δημιουργία του ίδιου του διαγράμματος είναι μια εξαιρετικά κομψή και σύνθετη από μαθηματικής άποψης διαδικασία: Περιλαμβάνει την κατασκευή ενός τρισδιάστατου χρωματικού μοντέλου (ενός κύβου στου οποίου τις πέντε κορυφές -από τις οκτώ- βρίσκονται τα τρία βασικά χρώματα, το μαύρο και το λευκό), την δημιουργία μιας τρισδιάστατης επιφάνειας η οποία

περιέχεται στον κύβο και είναι ο γεωμετρικός τόπος των διανυσμάτων που αντιστοιχούν σε όλα τα μήκη κύματος του ορατού φωτός και τέλος τον ‘περιορισμό’ του τρισδιάστατου αυτού χώρου σε ένα επίπεδο (που είναι βεβαίως πολύ πιο εύχρηστο) με την προβολή του σε μια επιφάνεια ‘σταθερής φωτεινότητας’. Για να γίνει αυτό κατορθωτό (και να αποκλείσει την πιθανότητα εμφάνισης αρνητικών τιμών), η CIE επέλεξε να απαλείψει από το διάγραμμα τα ίδια τα βασικά χρώματα και να τα αντικαταστήσει με δύο συντεταγμένες x και y οι οποίες προκύπτουν από αυτά. Η λύση αυτή μας προσφέρει την δυνατότητα να επιλέξουμε τα βασικά χρώματα της αρεσκείας μας και όχι μόνο τα R, G και B. Το αποτέλεσμα, στο τέλος, είναι το γνωστό ‘πεταλοειδές’ διάγραμμα χρωματικότητας που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα..



Σχήμα 1.7.3 Το πεταλοειδές διάγραμμα χρωματικότητας.

Το διάγραμμα αυτό περιλαμβάνει όλα τα ορατά (στον μέσο παρατηρητή) χρώματα, με τα μονοχρωματικά (αυτά δηλαδή που αντιστοιχούν σε μια ακτινοβολία με συγκεκριμένο μήκος κύματος) να βρίσκονται στο καμπύλο τμήμα του (που ονομάζεται Spectral Locus) και μια σειρά αποχρώσεων του ιώδους που δεν αντιστοιχεί σε μονοχρωματικές ακτινοβολίες να βρίσκονται στην βάση (η οποία ονομάζεται Purple Line). Τα χρώματα που βρίσκονται στο εσωτερικό του διαγράμματος είναι χρώματα ‘λιγότερο κορεσμένα’ σε σχέση με αυτά που βρίσκονται στην περιφέρεια.

Μια έγχρωμη εικόνα συνίσταται από την φωτεινότητα και τη χρωμικότητά της.

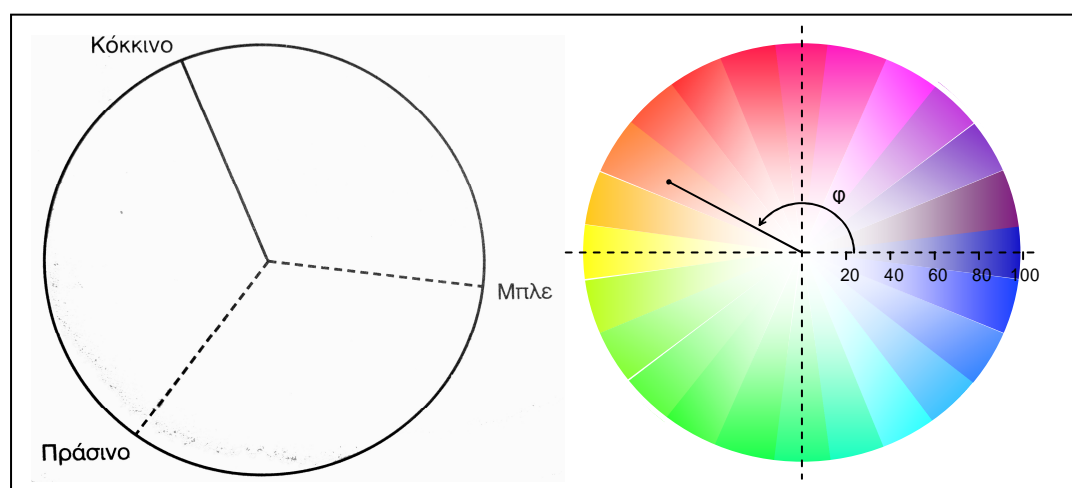
EIKONA = ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΧΡΩΜΙΚΟΤΗΤΑ

Η φωτεινότητα ονομάζεται LUMINANCE (Y) και όπως μάθαμε εκφράζει τη κατανομή της φωτεινής ροής της εικόνας ανά τετραγωνικό μέτρο. Η χρωμικότητα εκφράζει τη χρωματική πληροφορία της εικόνας και έχει δυο χαρακτηριστικά.

α) τη χροιά η οποία καθορίζει το μήκος κύματος (συχνότητα) του αναλυόμενου χρώματος.

β) το κορεσμό ο οποίος καθορίζει τη καθαρότητα η μη νόθευση του αναλυόμενου χρώματος.

Μια αναλυόμενη εικόνα δίνει πληροφορίες 3 βασικών χρωμάτων, R κόκκινου, G πράσινου και B μπλε. Τα 3 αυτά βασικά χρώματα τοποθετούνται στο χρωμικό κύκλο του NEWTON όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 1.7.4 Χρωματικός κύκλος του Newton

Ο κύκλος αυτός απεικονίζει στην περιφέρειά του όλα τα χρώματα του φάσματος με κορεσμό 100%. Προς το εσωτερικό του κύκλου ο κορεσμός μειώνεται και στο κέντρο γίνεται 0%, δηλαδή εκεί έχουμε πάντα λευκό χρώμα. Έτσι, η απόσταση από το κέντρο ενός χρώματος πάνω στον κύκλο καθορίζει τον κορεσμό του και η γωνία που σχηματίζει η ακτίνα του με την αρχή των αξόνων καθορίζει την απόχρωσή του. Για παράδειγμα, το πορτοκαλί χρώμα που σημειώνεται με κουκίδα στο σχήμα δεξιά έχει απόχρωση 150° και κορεσμό 70%.

Η σύνθεση των 3 αυτών βασικών χρωμάτων με μέγιστα πλάτη (1 volt π.χ) και με κορεσμό 100% δίνει τη φωτεινότητα της εικόνας :

$$Y = r * R + g * G + b * B$$

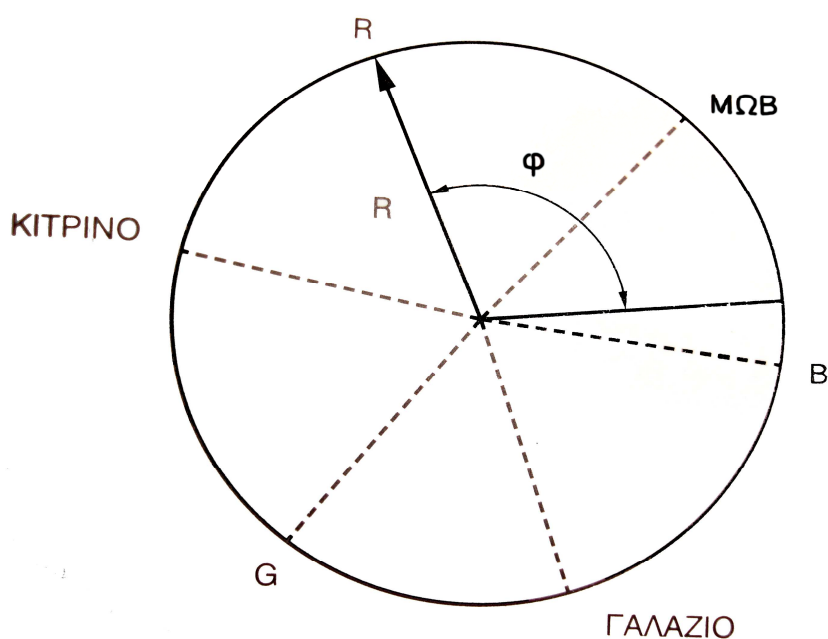
Σύμφωνα με τη καμπύλη της σχετικής ευαισθησίας του ανθρώπινου οφθαλμού που εξετάσαμε στην παράγραφο 1.2 (το πρώτο σχήμα), η συμμετοχή των 3 βασικών χρωμάτων στη σύνθεση μιας εικόνας δεν είναι ισόποση. Το πράσινο χρώμα G συμμετέχει σε ποσοστό 59%, το κόκκινο R 30% και το μπλε B 11%. Σύμφωνα με την καμπύλη της σχετικής φασματικής ευαισθησίας, τις αναλογίες των βασικών χρωμάτων για την παραγωγή του επιθυμητού χρώματος τις καθορίζουν 3 συντελεστές που ονομάζονται τριχρωμικοί συντελεστές. Οι τιμές τους είναι για $r = 0,30$ $g = 0,59$ και $b = 0,11$. Άρα η φωτεινότητα μιας εικόνας προκύπτει από την σχέση.

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

Με την βοήθεια της προσθετικής μίξης, που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο, 2 εκ των 3 βασικών χρωμάτων, δημιουργούνται τα παρακάτω χρώματα.

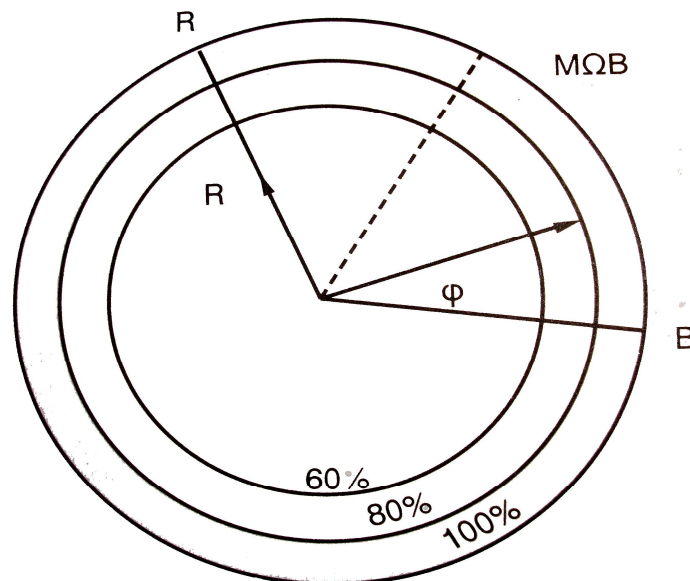
R + B = ΜΩΒ
B + G = ΓΑΛΑΖΙΟ
G + R = ΚΙΤΡΙΝΟ

Τα χρώματα που προκύπτουν ονομάζονται συμπληρωματικά και στο χρωμικό κύκλο παρουσιάζονται όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.7.5 Τα συμπληρωματικά χρώματα όπως φαίνονται στον κύκλο του Newton.

Τα 3 βασικά και τα 3 συμπληρωματικά χρώματα εκφράζονται σε διανύσματα των οποίων το μέτρο καθορίζει το κορεσμό (SATURATION) του εξεταζόμενου χρώματος και η γωνία ως προς το βασικό χρώμα καθορίζει τη χροιά. Επειδή τα βασικά χρώματα έχουν καθορισμένη χροιά και κορεσμό 100% τότε τα συμπληρωματικά χρώματα θα έχουν συγκεκριμένα διανύσματα στο χρωμικό κύκλο. Όταν όμως αναλύσουμε μια εικόνα και πάρουμε R και B με πλάτη μικρότερα του μεγίστου τότε η θέση του συμπληρωματικού ΜΩΒ θα αλλάξει τόσο ως προς την γωνία του όσο και ως προς το μέτρο του (βλέπε παρακάτω σχήμα)



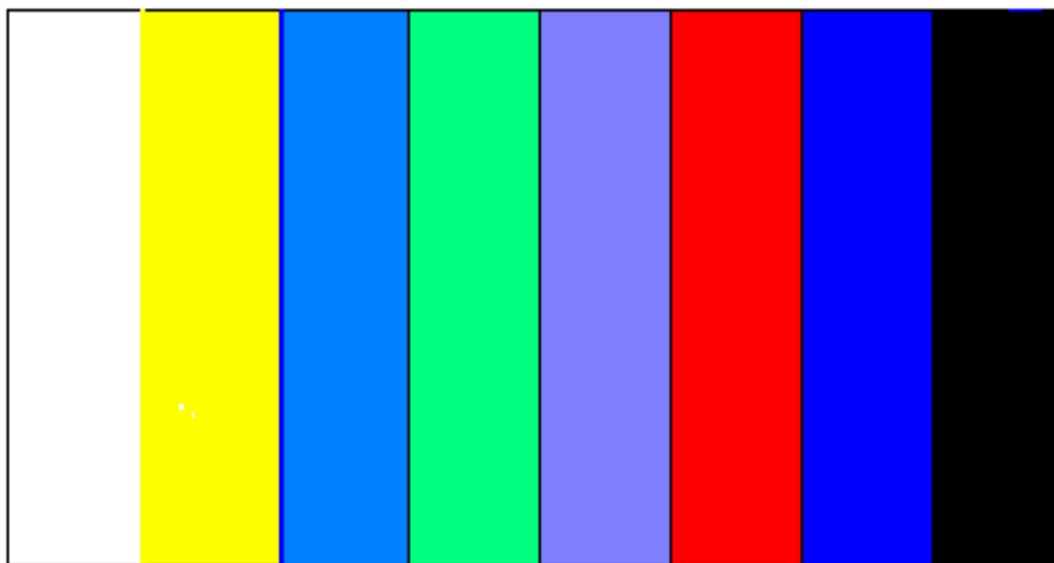
Σχήμα 1.7.6 Η αλλαγή του συμπληρωματικού μωβ από τα διαφορετικά πλάτη R και B

Αν η ανάλυση μιας έγχρωμης εικόνας δώσει :
R = 1 VOLT, G = 1VOLT και B = 1VOLT τότε
Y = 0,30 * 1 + 0,59 * 1 + 0,11 * 1
Y = 1 VOLT = ΛΕΥΚΟ.

Αν η ανάλυση της έγχρωμης εικόνας δώσει :
R = 0VOLT, G = 0VOLT και B = 0VOLT τότε
Y = 0,30 * 0 + 0,59 * 0 + 0,11 * 0
Y = 0VOLT = ΜΑΥΡΟ

Για οποιεσδήποτε άλλες τιμές (μεταξύ του 0 και 1 VOLT) των R, G, B, η φωτεινότητα (Y) της εικόνας θα είναι μεταξύ λευκού και μαύρου, δηλαδή θα έχει κάποια ενδιάμεση φωτεινότητα (αποχρώσεις του ΓΚΡΙ). Αν πρόκειται να αναλύσουμε μια εικόνα στην οποία υπάρχουν σε ισόπαχες ραβδώσεις (μπάρες) τα 3 βασικά χρώματα, τα 3 συμπληρωματικά ,το λευκό και το μαύρο πρέπει να ακολουθήσουμε την παρακάτω διαδικασία, θεωρώντας ότι όλα τα συμμετέχοντα

χρώματα έχουν μέγιστο κορεσμό (100%) και οι τάσεις εξόδου κατά την ανάλυση θα είναι 1 VOLT.

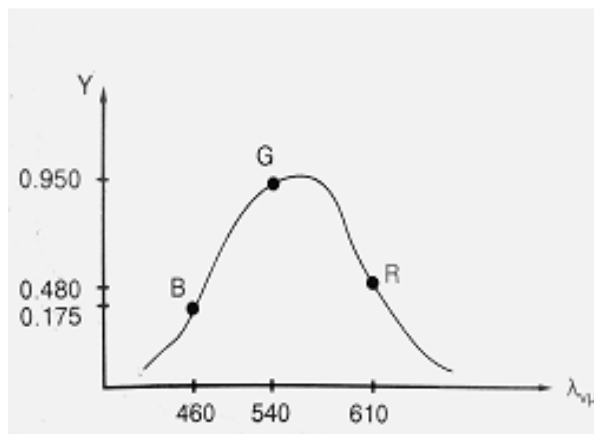


Σχήμα 1.7.7 Το σήμα με τις μπάρες.

ΛΕΥΚΟ		η ανάλυση δίνει $R=1v$ $G=1v$ $B=1v$ άρα $Y=0,30*1+0,59*1+0,11*1=1Volt$
ΚΙΤΡΙΝΟ	//	$R=1v$ $G=1v$ $B=0v$ άρα $Y=0,30*1+0,59*1+0,11*0=0,89Volt$
ΓΑΛΑΖΙΟ	//	$R=0v$ $G=1v$ $B=1v$ άρα $Y=0,30*0+0,59*1+0,11*1=0,70Volt$
ΠΡΑΣΙΝΟ	//	$R=0v$ $G=1v$ $B=0v$ άρα $Y=0,30*0+0,59*1+0,11*0=0,59Volt$
ΜΩΒ	//	$R=1v$ $G=0v$ $B=1v$ άρα $Y=0,30*1+0,59*0+0,11*1=0,41Volt$
ΚΟΚΚΙΝΟ	//	$R=1v$ $G=0v$ $B=0v$ άρα $Y=0,30*1+0,59*0+0,11*0=0,30Volt$
ΜΠΛΕ	//	$R=0v$ $G=0v$ $B=1v$ άρα $Y=0,30*0+0,59*0+0,11*1=0,11Volt$
ΜΑΥΡΟ	//	$R=0v$ $G=0v$ $B=0v$ άρα $Y=0,30*0+0,59*0+0,11*0=0Volt$

Αν όμως η συμμετοχή των χρωμάτων γίνει με κορεσμό μικρότερο του 100% π.χ. 60% τότε η ανάλυση του μωβ π.χ. δεν θα δώσει 0.41v αλλά $R = 0,6v$, $G = 0v$, $B = 0,6v$ δηλαδή $Y = 0,30 * 0,60 + 0,59 * 0 + 0,11 * 0,60 = 0,24Volt$. Καταλήγουμε έτσι στο συμπέρασμα πως η μέγιστη φωτεινότητα Y, που μπορεί να ανακλάσει μια έγχρωμη εικόνα είναι 1 Volt και τούτο όταν τα χρώματα που συμμετέχουν στη διαδικασία είναι κορεσμένα 100%. Το γεγονός πως οι τριχρωμικοί συντελεστές που αναφέραμε πιο πάνω έχουν τιμές $R = 0,30$ $G = 0,59$ και $B = 0,11$ οφείλεται στο ότι αφενός η απόκριση του ανθρώπινου ματιού δεν είναι ίδια στα βασικά χρώματα και αφετέρου, για την παραγωγή του λευκού φωτός να έχουμε μέγιστη τάση εξόδου (από την κάμερα). Αν υποθέσουμε ότι η μέγιστη τάση για το λευκό φως Y έχουμε 1Volt, τότε θα έπρεπε τα σήματα R,G,B να συμμετέχουν το ίδιο για την παραγωγή 1v Y π.χ. $R=0,33$ $G=0,33$ $B=0,33$ άρα $Y=0,33+0,33+0,33=1v$.

Ουσιαστικά όμως το παραγώμενο σήμα 1Volt δεν θα είναι λευκό διότι έτσι δεν ικανοποιείται η φασματική απόκριση του ανθρώπινου ματιού. Αν όμως θεωρήσουμε σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα ότι $B=0,175$, $R=0,480$ και $G=0,950$ τότε η άθροιση αυτή θα προκαλέσει το λευκό φως αλλά η συνολική τάση θα είναι μεγαλύτερη από 1Volt. $\Pi.X.0,175+0,480+0,950=1,605v$



Σχήμα 1.7.8 Φασματική απόκριση ανθρώπινου οφθαλμού.

Για την σωστή αναλογία τάσης λευκού φωτός 1 Volt έχουμε αντίστοιχα.:

$$R = > 0,480/1,605 = 0,30$$

$$G = > 0,950/1,605 = 0,59$$

$$B = > 0,175/1,605 = 0,11$$

Οπότε θα έχουμε : ΛΕΥΚΟ ΦΩΣ $Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B$. [3]

1.8 Η φωτεινότητα και η χρωμικότητα είναι δύο χαρακτηριστικά της έγχρωμης τηλεόρασης.

Είδαμε και παραπάνω ότι κάθε χρώμα χαρακτηρίζεται από τρία μεγέθη : τη φωτεινότητα (Luminance), το χρωματικό τόνο και τον κορεσμό του. Ο χρωματικός τόνος και ο κορεσμός καθορίζουν μαζί το χρωματομετρικό μέγεθος της χρωμικότητας. Η χρωμικότητα είναι αυτό που πρέπει να προστεθεί στην φωτεινότητα για να επιτευχθεί η πλήρης έγχρωμη εικόνα. Μπορούμε λοιπόν και πάλι να πούμε πως

$$EIKONA(ΧΡΩΜΑ) = ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΧΡΩΜΙΚΟΤΗΤΑ$$

απ' όπου φαίνεται ότι η

ΧΡΩΜΙΚΟΤΗΤΑ=ΑΠΟΧΡΩΣΗ ΚΑΙ ΚΟΡΕΣΜΟΣ

δηλαδή η χρωμικότητα είναι το μέγεθος που πρέπει να προστεθεί στη φωτεινότητα, για να πάρουμε το χρώμα.

Το γεγονός αυτό έχει πολύ μεγάλη σημασία για τη λειτουργία της έγχρωμης τηλεόρασης. Η έγχρωμη τηλεόραση βασίστηκε στην ασπρόμαυρη τηλεόραση και από την αρχή λειτούργησε παράλληλα μ' αυτήν. Οι δέκτες και των δύο τύπων λαμβάνουν το ίδιο τηλεοπτικό πρόγραμμα, το οποίο περιέχει τις πληροφορίες των χρωμάτων με τη μορφή σημάτων φωτεινότητας και χρωμικότητας. Οι ασπρόμαυροι δέκτες χρησιμοποιούν μόνον τα σήματα φωτεινότητας και απ' αυτά αναπαράγουν ασπρόμαυρη εικόνα, ενώ οι έγχρωμοι δέκτες χρησιμοποιούν τα σήματα φωτεινότητας και χρωμικότητας και απ' αυτά αναπαράγουν εικόνα με χρώμα.

Όπως είδαμε και στην προηγούμενη παράγραφο η φωτεινότητα του λευκού φωτός Y που παράγεται με τη μίξη των τριών βασικών χρωμάτων R , G και B παρέχεται από τη παρακάτω σχέση με τιμές συντελεστών : $r = 0,30$ $g = 0,59$ και $b = 0,11$. Δηλαδή :

$$Y = 0,30 * R + 0,59 * G + 0,11 * B \quad 1.8.1$$

Αν αφαιρέσουμε το Y από τα τρία βασικά χρώματα, επιτυγχάνουμε μια ομάδα από τρεις τιμές.

$$\begin{aligned} R - Y &= R - (0,30 * R + 0,59 * G + 0,11 * B) \\ &= 0,70 * R - 0,59 * G - 0,11 * B \\ G - Y &= G - (0,30 * R + 0,59 * G + 0,11 * B) \quad 1.8.2 \\ &= - 0,30 * R + 0,41 * G - 0,11 * B \\ B - Y &= B - (0,30 * R + 0,59 * G + 0,11 * B) \\ &= - 0,30 * R - 0,59 * G + 0,89 * B \end{aligned}$$

Με $R = G = B = 1$ (συντεταγμένες με μεγαλύτερες τιμές από αυτές για τα βασικά χρώματα δεν πρέπει να υπάρχουν) έχουμε.

$$R - Y = 0, G - Y = 0, B - Y = 0$$

Δηλαδή μηδενική χρωμικότητα.

Η μηδενική χρωμικότητα είναι χαρακτηριστικό του γκριζου, του λευκού και του μαύρου. Οι διαβαθμίσεις αυτές καθορίζονται μόνο από την φωτεινότητά τους .

Αν προσέξουμε τις εξισώσεις (1.8.2) θα παρατηρήσουμε ότι οι συντελεστές της πρώτης και της τρίτης είναι μεγαλύτεροι (σε απόλυτες τιμές) και επομένως περιέχουν περισσότερες πληροφορίες από την δεύτερη. Έτσι μπορούμε να πούμε πως η χρωμικότητα $G - Y$ μπορεί να υπολογισθεί από τις δύο άλλες ως εξής :

Επειδή $0,30 + 0,59 + 0,11 = 1$ η εξίσωση (1.8.1) μπορεί να πάρει την μορφή:

$$Y = 0,30*Y + 0,59*Y + 0,11*Y \quad \text{1.8.3}$$

Αφαιρούμε την (1.8.3) από την (1.8.1) και έχουμε :

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

$$\underline{-Y = -0,30*Y - 0,59*Y - 0,11*Y}$$

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

από την οποία παίρνουμε:

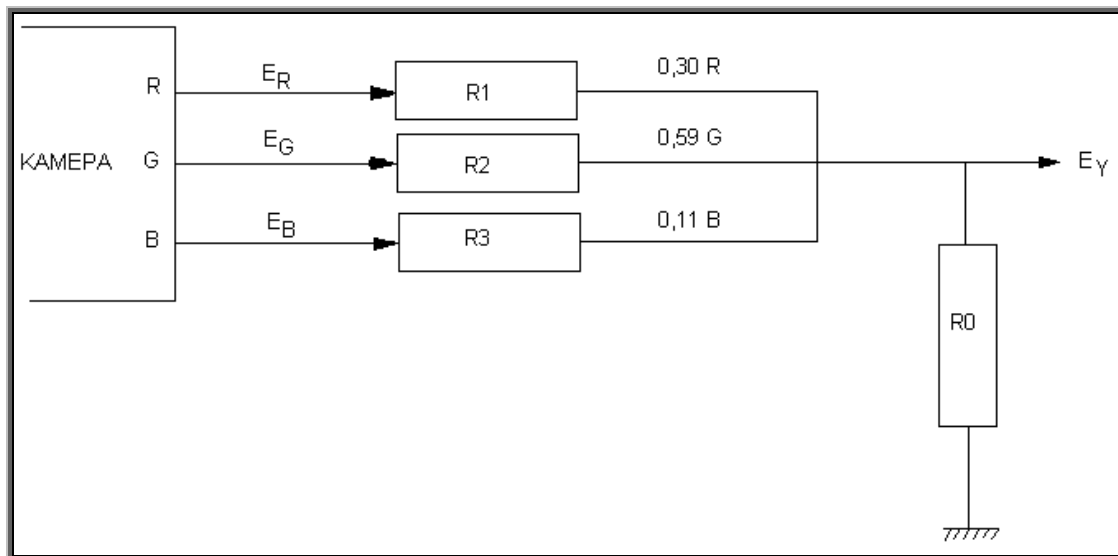
$$G - Y = -0,51(R - Y) - 0,19(B - Y)$$

Αυτό σημαίνει ότι στη μελέτη της επεξεργασίας (εκπομπής και λήψης) του οπτικού σήματος στην έγχρωμη τηλεόραση οι πληροφορίες δεν είναι Y (φωτεινότητας) και R, G, B αλλά Y και οι χρωματικές διαφορές $R - Y, B - Y, G - Y$ με ορισμένες παραλλαγές ανάλογα με το σύστημα (PAL, SECAM, NTSC). Δηλαδή δεν αποστέλλονται τελικά οι χρωμικές συνιστώσες της έγχρωμης εικόνας R, G, B , αλλά αποστέλλονται τα σήματα Y (που καθορίζει τη φωτεινότητα της εικόνας) καθώς και οι χρωματικές διαφορές $R - Y$ και $B - Y$ (που περιέχουν τις πληροφορίες του χρώματος της εικόνας). Η χρωματική διαφορά $G - Y$ δεν μεταβιβάζεται αλλά αποκαθίσταται στο δέκτη σύμφωνα με την τελευταία σχέση.[1]

1.9 Παραγωγή σημάτων φωτεινότητας και χρωματοδιαφορών.

Θα περιγράψουμε τώρα την ανάλυση της έγχρωμης εικόνας όπως δίνεται από την έξοδο της κάμερας. Αναφέραμε στη προηγούμενη παράγραφο ότι με την σύνθεση των τάσεων R, G, B και με τον τύπο $Y = 0,30*R + 0,59*G + 0,11*B$ θα πάρουμε πάλι

την φωτεινότητα της εικόνας. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί ηλεκτρονικά με τον παρακάτω τρόπο.



Σχήμα 1.9.1 Matrix για την παραγωγή του σήματος Y στην κάμερα.

Οι τάσεις εξόδου της κάμερας εφαρμόζονται στην λεγόμενη **μήτρα**. Ένα απλό κύκλωμα μήτρας αποτελείται από τέσσερις αντιστάσεις που σχηματίζουν τρεις διαιρέτες τάσεως όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Όταν οι τιμές των αντιστάσεων R1, R2 και R3 είναι αρκετά μεγάλες σε σύγκριση με την αντίσταση εξόδου R0, οι διαιρέτες είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και στην έξοδο εμφανίζονται οι τάσεις :

$$E'_R = E_R \frac{R_0}{R_1 + R_0} \quad E'_G = E_G \frac{R_0}{R_2 + R_0} \quad E'_B = E_B \frac{R_0}{R_3 + R_0}$$

Επιλέγοντας

$$\frac{R_0}{R_1 + R_0} = 0,30 \quad \frac{R_0}{R_2 + R_0} = 0,59 \quad \frac{R_0}{R_3 + R_0} = 0,11$$

παίρνουμε στην έξοδο της μήτρας το σήμα φωτεινότητας

$$E_Y = E'_R + E'_G + E'_B = 0,30 * E_R + 0,59 * E_G + 0,11 * E_B$$

Από τη τελευταία σχέση μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή κάθε χρωμικής συνιστώσας του σήματος φωτεινότητας και έχουμε:

$$E_R = \frac{1}{0,30}(E_Y - 0,59 * E_G - 0,11 * E_B)$$

$$E_G = \frac{1}{0,59}(E_Y - 0,30 * E_R - 0,11 * E_B)$$

$$E_B = \frac{1}{0,11}(E_Y - 0,30 * E_R - 0,59 * E_G)$$

Από τις σχέσεις αυτές προκύπτει το επόμενο πολύ βασικό για την πρακτική της έγχρωμης τηλεοράσεως συμπέρασμα. Όταν υπάρχει το σήμα φωτεινότητας E_Y , δεν είναι αναγκαία η εκπομπή και των τριών σημάτων E_R , E_G και E_B . Είναι αρκετό να μεταδοθούν δύο οποιαδήποτε από αυτά και το τρίτο να παραχθεί στο δέκτη με αφαίρεση των δύο εκπεμπομένων από το σήμα φωτεινότητας. Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέραμε ότι δεν μεταδίδεται το σήμα E_G . Ο αποκλεισμός του μικραίνει την απαιτούμενη ζώνη συχνοτήτων για την εκπομπή ενός έγχρωμου προγράμματος και έτσι απλοποιούνται οι συσκευές εκπομπής και λήψης. Για την ζώνη συχνοτήτων ενός τηλεοπτικού σήματος θα μιλήσουμε σε επόμενο κεφάλαιο. Στην πράξη δεν εκπέμπονται τα ίδια τα σήματα E_R και E_B αλλά οι λεγόμενες **χρωματοδιαφορές** E_{R-Y} και E_{B-Y} . Η μορφοποίηση των χρωματοδιαφορών γίνεται σε ειδικά κυκλώματα μητρών που αφαιρούν από τα σήματα E_R και E_B το σήμα φωτεινότητας E_Y σύμφωνα με τις σχέσεις 1.8.1. Τα σήματα χρωματοδιαφοράς ονομάζονται και σήματα **χρωμικότητας**, επειδή μεταφέρουν τη χρωμικότητα των στοιχείων της εικόνας, δηλαδή τον χρωμικό τόνο και τον κορεσμό του. Η χρησιμοποίηση των σημάτων χρωμικότητας αντί των σημάτων E_R και E_B , επιτρέπει την ελάττωση της ορατότητας των θορύβων που δημιουργούνται από αυτά στην εικόνα. Κατά τη μετάδοση λευκών και γκρίζων στοιχείων εικόνας, τα σήματα χρωμικότητας είναι μηδενικά.

Το τρίτο σήμα χρωμικότητας μας δίνεται σύμφωνα με τις σχέσεις 1.8.2

$$E_{G-Y} = -0,30 * E_R + 0,41 * E_G - 0,11 * E_B \quad 1.9.2$$

και αναπαράγεται στον δέκτη από τα άλλα, αφού πρώτα πολλαπλασιασθούν με τους συντελεστές 0,51 και 0,19. Δηλαδή:

$$\begin{aligned} 0,51 * E_{R-Y} &= 0,51 * (0,7 * E_R - 0,59 * E_G - 0,11 * E_B) = \\ &= 0,36 * E_R - 0,30 * E_G - 0,056 * E_B \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,19 * E_{B-Y} &= 0,19 * (-0,30 * E_R - 0,59 * E_G + 0,89 * E_B) = \\ &= -0,057 * E_R - 0,11 * E_G + 0,17 * E_B \end{aligned}$$

Προσθέτοντας τα δύο αυτά σήματα, παίρνουμε

$$\begin{aligned} 0,51 * E_{R-Y} + 0,19 * E_{B-Y} &= 0,36 * E_R - 0,30 * E_G - 0,056 * E_B - \\ &- 0,057 * E_R - 0,11 * E_G + 0,17 * E_B = \\ &= 0,30 * E_R - 0,41 * E_G + 0,11 * E_B \end{aligned}$$

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της αθροίσεως αυτής με την σχέση 1.9.2 βλέπουμε ότι ισούται με $-E_{G-Y}$. Με αναστροφή της φάσεως του τελευταίου σήματος έχουμε το σήμα E_{G-Y} της 1.9.2.

Τέλος, προσθέτοντας το κάθε σήμα χρωμικότητας στο σήμα φωτεινότητας, παίρνουμε τα σήματα των τριών βασικών χρωμάτων.

$$E_Y + E_{R-Y} = E_R$$

$$E_Y + E_{G-Y} = E_G$$

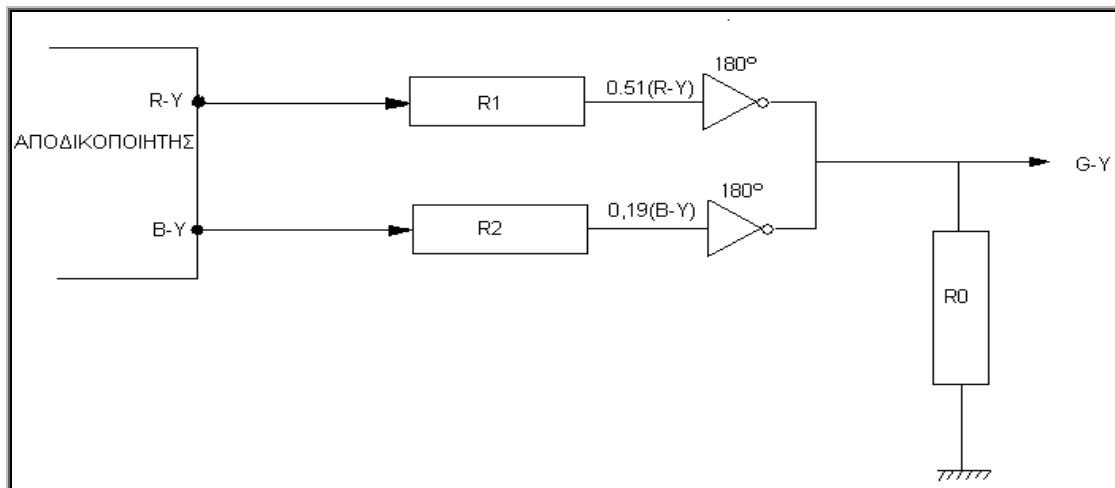
$$E_Y + E_{B-Y} = E_B$$

Η τελευταία σύνθεση γίνεται σε μια μήτρα του δέκτη, η οποία μπορεί να είναι και ο ίδιος ο έγχρωμος εικονογράφος.

Όπως είπαμε η χρωματική διαφορά $G - Y$ δεν μεταβιβάζεται αλλά αποκαθίσταται στο δέκτη σύμφωνα με την σχέση:

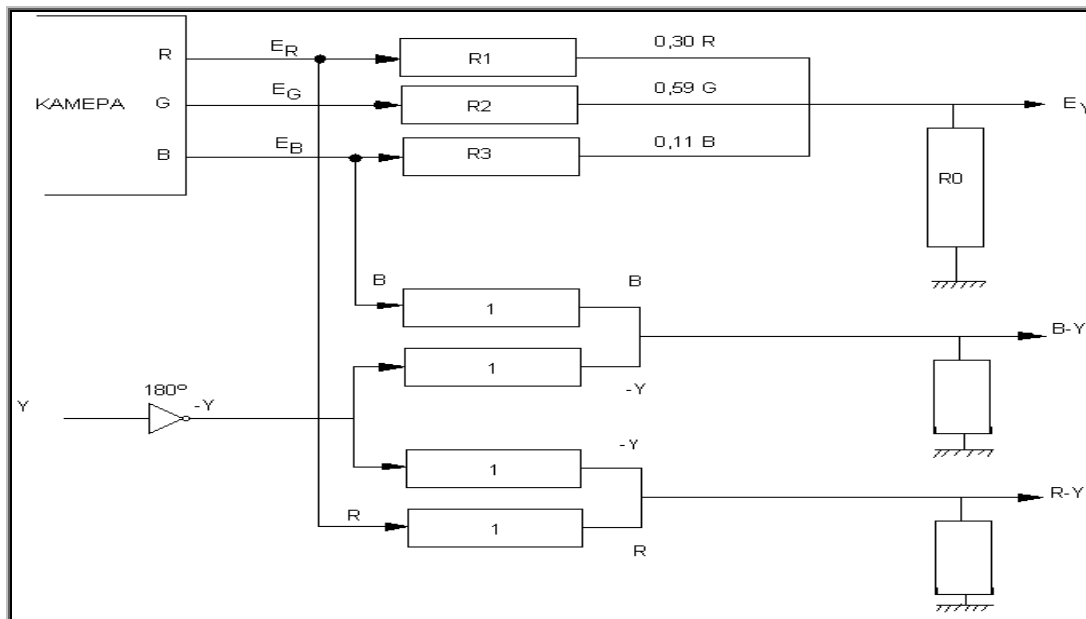
$$G - Y = -0,51(R - Y) - 0,19(B - Y)$$

Η σχέση αυτή είναι δυνατόν να υλοποιηθεί με μια μήτρα αποκατάστασης του $G - Y$. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



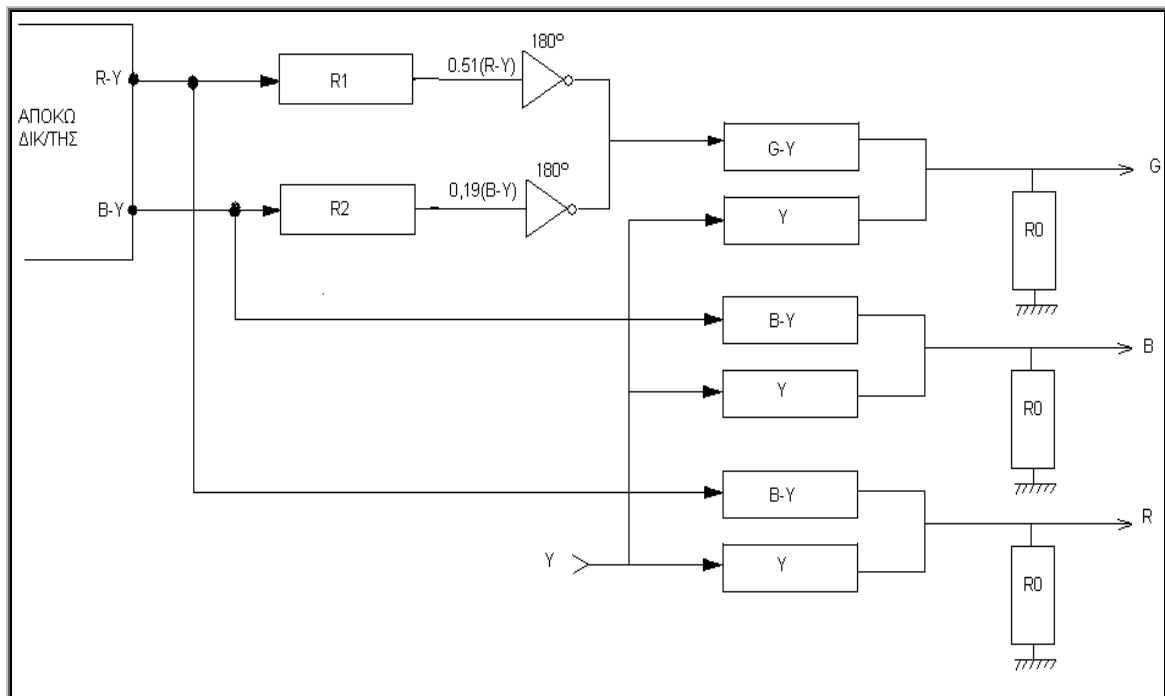
Σχήμα 1.9.2 Matrix για την αποκατάσταση του σήματος G-Y στον δέκτη.

Επίσης η μέθοδος παραγωγής των χρωματικών διαφορών στην εκπομπή πραγματοποιείται από την κωδικοποιητική μήτρα στον πομπό που παράγει απ'ευθείας το σήμα Y, το σήμα R-Y και το B-Y και φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.9.3 Matrix παραγωγής σημάτων Y, B-Y και R-Y στην κάμερα.

Η διαδικασία παραγωγής των χρωματικών πληροφοριών στη μήτρα αποκωδικοποίησης του δέκτη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.9.4 Matrix αποκατάστασης σημάτων R, G, B στον δέκτη.

Οι χρωματικές διαφορές αποδεικνύεται ότι έχουν τιμές:

$$R - Y = R - (0,30 * R + 0,59 * G + 0,11 * B) = 0,70 * R - 0,59 * G - 0,11 * B$$

$$B - Y = B - (0,30 * R + 0,59 * G + 0,11 * B) = -0,30 * R - 0,59 * G + 0,89 * B$$

$$G - Y = G - (0,30 * R + 0,59 * G + 0,11 * B) = -0,30 * R + 0,41 * G - 0,11 * B$$

Και είναι δυνατόν να λάβουν είτε θετική είτε αρνητική τιμή π.χ.

$$+(R - Y), -(R - Y) \text{ ή } -(B - Y), +(B - Y)$$

Έστω ότι στην έξοδο της κάμερας έχουμε

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

$$Y = 0,30 * 1 + 0,59 * 1 + 0,11 * 0$$

$$Y = 0,89$$

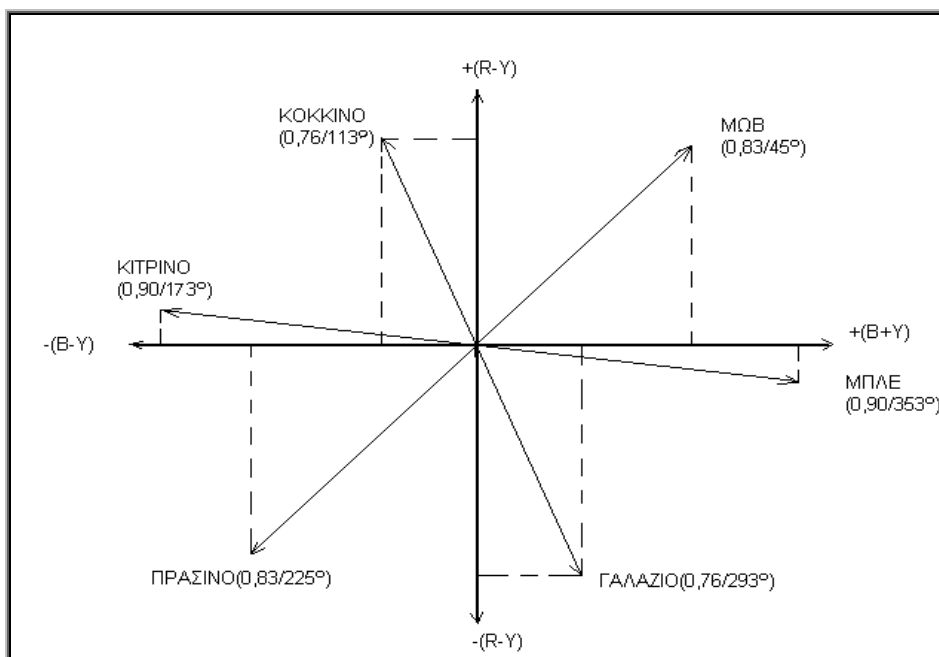
Προφανώς για τις τιμές αυτές έχουμε το κορεσμένο (100%) κίτρινο χρώμα.

Συνεχίζοντας, έχουμε για τις χρωματοδιαφορές:

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

$$B - Y = 0 - 0,89 = -0,89$$

Στο παρακάτω σχήμα που περιγράφει το παραπάνω παράδειγμα, παρατηρούμε ότι η χρωμική διαφορά $R - Y$ είναι θετική ενώ η χρωμική διαφορά $B - Y$ είναι αρνητική. Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε τις χρωματικές διαφορές για οποιοδήποτε χρώμα. Έτσι τοποθετούμε στο χρωμικό κύκλο NEWTON, στον άξονα XX' την χρωματική διαφορά $+$ και $-(B - Y)$ και στον άξονα $ΨΨ'$ την χρωματική διαφορά $+$ και $-(R - Y)$.



Σχήμα 1.9.5 Θέση των χρωματοδιαφορών στο χρωμικό κύκλο του Newton.

Θα φτιάξουμε τώρα έναν πίνακα όπου θα περιέχει τα πλάτη

R-Y, B-Y, CROMINANCE, Y καθώς και την γωνία που γράφει το διάνυσμα με την προϋπόθεση ότι τα συμμετέχοντα χρώματα έχουν κορεσμό 100%.

ΧΡΩΜΑΤΑ	ΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΛΟΥ R, G, B	ΠΛΑΤΟΣ Y	ΠΛΑΤΟΣ R - Y	ΠΛΑΤΟΣ B- Y	ΠΛΑΤΟΣ CHR	ΓΩΝΙΑ
ΛΕΥΚΟ	R=1,G=1,B=1	1	0	0	0	0 ⁰
ΚΙΤΡΙΝΟ	R=1,G=1,B=0	0,89	+0,11	-0,89	0,90	173 ⁰
ΓΑΛΑΖΙΟ	R=0,G=1,B=1	0,70	-0,70	+0,30	0,76	293 ⁰
ΠΡΑΣΙΝΟ	R=0,G=1,B=0	0,59	-0,59	-0,59	0,83	225 ⁰
ΜΩΒ	R=1,G=0,B=1	0,41	+0,59	+0,59	0,83	45 ⁰
ΚΟΚΚΙΝΟ	R=1,G=0,B=0	0,30	+0,70	-0,30	0,76	113 ⁰
ΜΠΛΕ	R=0,G=0,B=1	0,11	-0,11	+0,89	0,90	353 ⁰
ΜΑΥΡΟ	R=0,G=0,B=0	0	0	0	0	0 ⁰

Σχήμα 1.9.6 Πίνακας με τα πλάτη R-Y, B-Y, CHROMINANCE και Y.

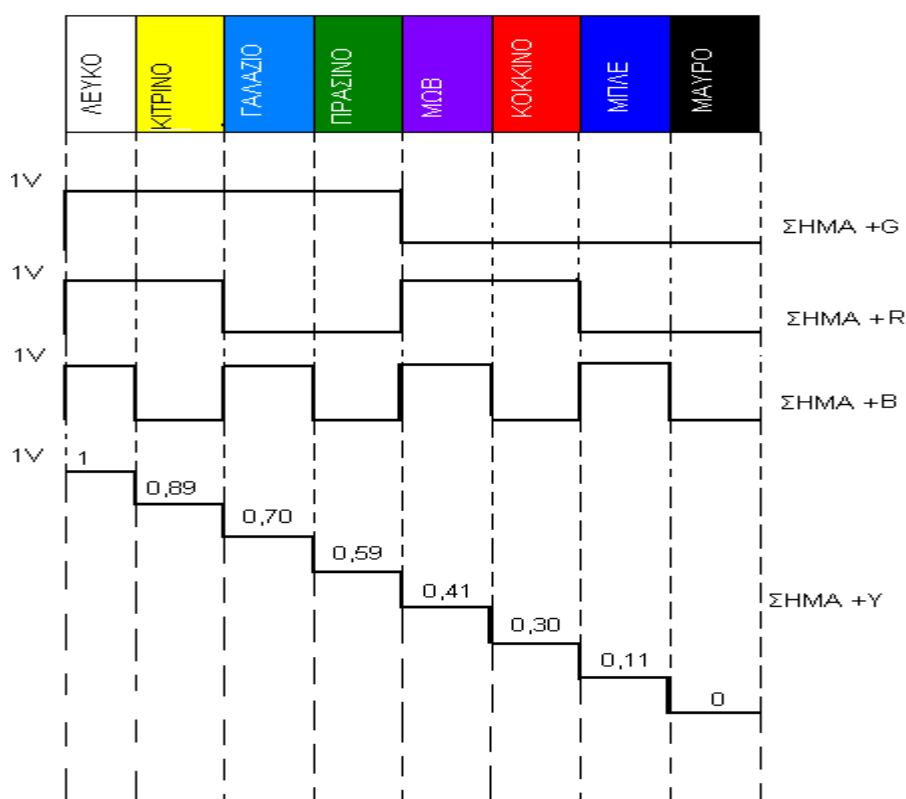
Σύμφωνα με την τεταρτημοριακή διαμόρφωση πλάτους QAM, που θα εξηγήσουμε σε άλλο κεφάλαιο, το πλάτος του σήματος CHROMINANCE βγαίνει από την σχέση

$$CHR = \sqrt{(R-Y)^2 + (B-Y)^2}$$

Η δε γωνία από τη σχέση ΓΩΝΙΑ ΦΑΣΗΣ $\alpha = \text{τοξ εφ}^*(B-Y)/(R-Y)$ όπου η γωνία αναφέρεται ως προς τον κάθετο άξονα $\Psi\Psi'$. Από την γωνία α είναι εύκολο να βρούμε τη γωνία φ . [3]

1.10 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ R,G,B,Y ΚΑΙ R-Y, B-Y,G-Y

Έχοντας κατά νου τη σχέση $Y = 0,30 * R + 0,59 * G + 0,11 * B$ καθώς και τις σχέσεις $R+B=MΩB$, $B+G=ΓΑΛΑΖΙΟ$ και $G+R=ΚΙΤΡΙΝΟ$, θεωρούμε ότι για την παραγωγή του λευκού, του κίτρινου, του γαλάζιου και του πράσινου συμμετέχει οπωσδήποτε το G. Άρα η πράσινη έξοδος σε μια μήτρα αποκωδικοποίησης σε έναν δέκτη για παράδειγμα, θα δώσει για τις τέσσερις παραπάνω λωρίδες +1 volt (παρακάτω σχήμα.)



Σχήμα 1.10.1 Εικόνα ελέγχου με χρωματοραβδώσεις.

Για τις λωρίδες μωβ,κόκκινο, μπλε και μαύρο το G δεν συμμετέχει (άρα η πράσινη έξοδος θα δώσει 0v). Με τον ίδιο τρόπο προκύπτουν οι τάσεις ER και EB. Αν θέλουμε τώρα να υπολογίσουμε το EY, για παράδειγμα της κίτρινης λωρίδας έχουμε $R=1v$, $G=1v$ και $B=0v$. Βάση λοιπόν της σχέσης $Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B$

παίρνουμε $Y = 0,30*1 + 0,59*1 + 0,11*0=0,89\text{v}$. Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε το σήμα φωτεινότητας για όλες τις ραβδώσεις (βλέπε παραπάνω σχήμα).

Αν θέλουμε να υπολογίσουμε τις χρωματοδιαφορές ER-EY, EB-EY και EG-EY πρέπει να αφαιρέσουμε το εκάστοτε πλάτος κάθε χρώματος του σήματος EY από το αντίστοιχο πλάτος των τάσεων ER, EB, EG. Για παράδειγμα για την γαλάζια ράβδωση $ER=0$, $EY=0,70\text{v}$ άρα $ER-EY=0-0,70=-0,70\text{v}$. Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε και για τις άλλες χρωματικές ραβδώσεις. Από τον πίνακα διαπιστώνεται εύκολα ότι η διερεύνηση του πλάτους του σήματος EG-EY είναι μικρότερη από τις διευρύνσεις των σημάτων ER-EY και EB-EY. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος της μη εκπομπής του σήματος EG-EY.[3]

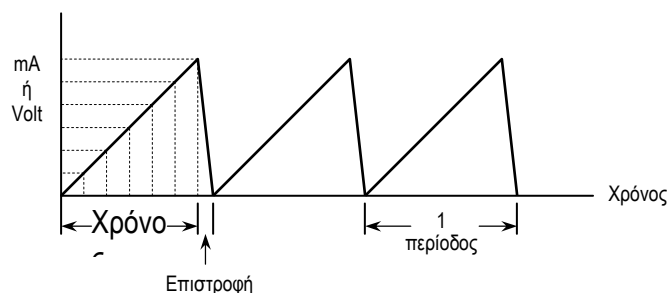
2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μιλήσουμε για τον τρόπο που παράγεται η εικόνα και πως διαμορφώνεται πριν από την μετάδοση. Με την βοήθεια εικόνων και σχημάτων, θα αναλύσουμε τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταδιδόμενης εικόνας, το εύρος συχνοτήτων που καταλαμβάνει και πως με βάση τριών διαφορετικών προτύπων μετάδοσης ανά τον κόσμο διαμορφώνονται τα χαρακτηριστικά της προκειμένου να μεταδοθεί.

2.1 Σάρωση της εικόνας

Στις παλιές τηλεοπτικές κάμερες και σχεδόν σε όλους τους τηλεοπτικούς δέκτες η σάρωση της εικόνας γίνεται με τη βοήθεια της ηλεκτρονικής δέσμης. Για την εξασφάλιση των κατάλληλων κινήσεων της δέσμης, η ηλεκτρική τάση που πρέπει να εφαρμοστεί στα πλακίδια ηλεκτροστατικής απόκλισης ή το ηλεκτρικό ρεύμα που πρέπει να διοχετευτεί στα πηνία ηλεκτρομαγνητικής απόκλισης πρέπει να έχουν

πριονωτή μορφή (παρακάτω σχήμα). Αυτές οι πριονωτές κυματομορφές παράγονται από ειδικά κυκλώματα, που ονομάζονται *γεννήτριες σάρωσης*.



Σχήμα 2.1.1 Το σήμα σάρωσης

Η βαθμιαία άνοδος του ηλεκτρικού σήματος αναγκάζει την ηλεκτρονική δέσμη να κινηθεί με σταθερή ταχύτητα από το ένα άκρο της εικόνας στο άλλο. Στο τέλος της διαδρομής της, που συμπίπτει με την κορύφωση της κυματομορφής, το ηλεκτρικό σήμα μειώνεται απότομα και η δέσμη επιστρέφει ταχύτατα στο αρχικό άκρο. Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για τη σάρωση και την επιστροφή της δέσμης ονομάζεται περίοδος σάρωσης. Ο χρόνος επιστροφής είναι μικρός, περίπου το 5 ως 10% της περιόδου σάρωσης. Επειδή κατά την επιστροφή της η δέσμη δεν πρέπει να σαρώνει την εικόνα, η εκπομπή των ηλεκτρονίων κατά το διάστημα αυτό αποκόπτεται από το ηλεκτρονικό πυροβόλο με τη βοήθεια ενός κατάλληλου παλμού, που ονομάζεται *παλμός αμαύρωσης*.

Για τη σάρωση ολόκληρης της εικόνας, η ηλεκτρονική δέσμη πρέπει να εκτελεί ταυτόχρονα δύο κινήσεις, μία οριζόντια, από αριστερά προς τα δεξιά της εικόνας, και μία κάθετη, από πάνω προς τα κάτω. Η πρώτη ονομάζεται οριζόντια σάρωση και η δεύτερη κατακόρυφη σάρωση. Το είδος των κυματομορφών που απαιτούνται για τις δύο αυτές σαρώσεις είναι ίδιο, αλλά διαφέρει η περίοδός τους. Δεδομένου ότι το Ευρωπαϊκό πρότυπο τηλεόρασης CCIR, που χρησιμοποιείται και στη χώρα μας, προβλέπει ότι η εικόνα αναλύεται σε 625 οριζόντιες γραμμές σάρωσης, βγαίνει το συμπέρασμα ότι, στο χρόνο που χρειάζεται να σαρωθεί η εικόνα μια φορά από πάνω προς τα κάτω, πρέπει να σαρωθεί 625 φορές από αριστερά προς τα δεξιά, ή αλλιώς η περίοδος οριζόντιας σάρωσης πρέπει να είναι 625 φορές πιο μικρή από την περίοδο κατακόρυφης σάρωσης. Όλα αυτά, σύμφωνα με το ίδιο πρότυπο, πρέπει να επαναλαμβάνονται 25 φορές το δευτερόλεπτο, δηλαδή μέσα σε ένα δευτερόλεπτο η εικόνα πρέπει να σαρώνεται 25 φορές με 625 γραμμές κάθε φορά.

Η συνδυασμένη επίδραση των κυματομορφών της οριζόντιας και της κατακόρυφης σάρωσης πάνω στην ηλεκτρονική δέσμη έχει αποτέλεσμα η δέσμη, όσο χρόνο κινείται από αριστερά προς τα δεξιά, να κινείται ελάχιστα και προς τα κάτω. Όταν επιστρέφει στο αριστερό άκρο, επαναλαμβάνει την ίδια κίνηση αρχίζοντας από ελαφρά χαμηλότερη θέση. Με τον τρόπο αυτό η σάρωση δημιουργεί ένα γεωμετρικό σχήμα από παράλληλες γραμμές με ελαφρά κλίση προς τα κάτω δεξιά, το οποίο ονομάζεται **ράστερ**. Οι μεταβολές της φωτεινότητας των διάφορων σημείων του ράστερ σχηματίζουν μια εικόνα, η οποία ονομάζεται **πλαίσιο**. Όπως είδαμε, το πρότυπο CCIR προβλέπει 25 πλαίσια το δευτερόλεπτο. Έτσι έχουμε :

$$\begin{aligned} \text{Συχνότητα πλαισίων} &= 25 \text{ Hz} \\ \text{Περίοδος πλαισίων} &= 1/25 = 40 \text{ msec} \\ \text{Συχνότητα γραμμών} &= 25 \times 625 = 15.625 \text{ Hz} \\ \text{Περίοδος γραμμών} &= 1/15625 = 64 \text{ } \mu\text{sec} \end{aligned}$$

Η εκλογή της συχνότητας των 25 πλαισίων το δευτερόλεπτο είναι συμβατική και σκοπεύει στην οικονομικότερη εκμετάλλευση της ζώνης ραδιοσυχνοτήτων που διατίθεται για τις ασύρματες τηλεοπτικές εκπομπές. Παρατηρήθηκε ότι αρκούν 25 εικόνες το δευτερόλεπτο, για να φαίνεται ομαλή η κίνηση των αντικειμένων στις κινούμενες σκηνές του τηλεοπτικού προγράμματος, όμως το μάτι μας αντιλαμβάνεται το τρεμοσβήσιμο στη γενική φωτεινότητα της εικόνας. Για να εξαφανιστεί το τρεμοσβήσιμο, χρειαζόμαστε τουλάχιστο 40 και στην πράξη 50 εικόνες το δευτερόλεπτο. Με 50 όμως εικόνες το δευτερόλεπτο η ποσότητα της μεταδιδόμενης πληροφορίας γίνεται τόσο μεγάλη, ώστε δεν θα χωρούσαν αρκετά κανάλια τηλεόρασης στις διαθέσιμες ζώνες συχνοτήτων εκπομπής. Το πρόβλημα δημιουργείται ως εξής:

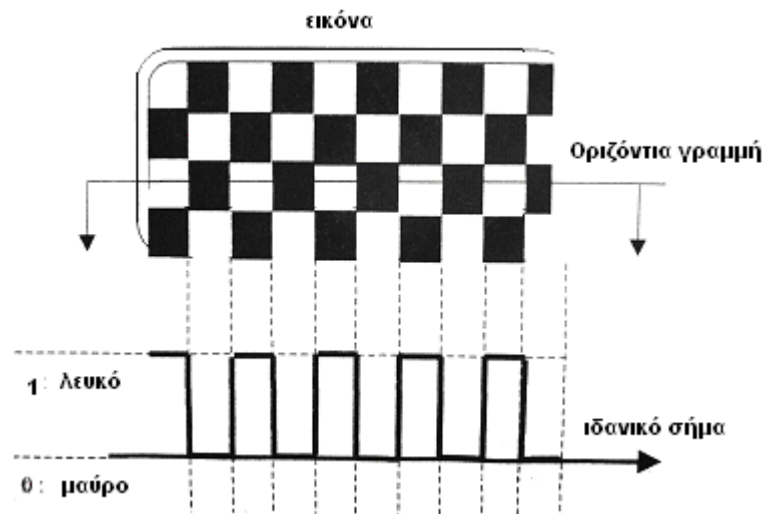
Θεωρούμε πως ένα σημαντικό μέρος από τα τηλεοπτικά προγράμματα συνιστάται στην εκπομπή κινηματογραφικών ταινιών, ο λόγος των πλευρών του πλαισίου K, δηλαδή ο λόγος b προς h, να εκλέγεται ίσος με εκείνο της κινηματογραφικής οθόνης, και είναι $k = \frac{b}{h} = \frac{4}{3}$. Αυτό σημαίνει ότι για ύψος 625 γραμμές το πλάτος

είναι $(4/3) \cdot 625$. Άρα ο συνολικός αριθμός pixels που απαρτίζουν την εικόνα είναι:

$$625 \cdot (4/3) \cdot 625 = 520.000 \text{ pixels}$$

Στην πράξη ο αριθμός των pixels που συνθέτουν την εικόνα είναι περίπου 390.000 (κάποιες από τις γραμμές δεν μεταφέρουν πληροφορία για την εικόνα αλλά παλμούς συγχρονισμού και αμαύρωσης). Η μέγιστη συχνότητα που μπορεί να

λάβει το σήμα video είναι εάν όλη η οθόνη μου παρουσιάζει ένα pixel λευκό, ένα μαύρο εναλλάξ όπως στην εικόνα παρακάτω.



Σχήμα 2.1.2 Εικόνα στην οθόνη κατά την μέγιστη συχνότητα του τηλεοπτικού σήματος.

Η μέγιστη συχνότητα παρουσιάζεται σε αυτή την περίπτωση γιατί τότε η τάση του σήματος εναλλάσσεται από την μέγιστη (για το λευκό) στην ελάχιστη (για το μαύρο) για κάθε pixel που παρουσιάζεται στην οθόνη μου. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση η συχνότητα θα είναι μικρότερη αφού οι μέγιστες εναλλαγές είναι μόνον όταν κάθε pixel είναι τελείως διαφορετικό από το προηγούμενό του, κι αυτό γίνεται μόνο όταν έχω pixel από λευκό σε μαύρο σε όλη την έκταση της οθόνης. Άρα από τα 390.000pixels θα έχω 195.000(το μισό του 390.000) πλήρεις εναλλαγές από λευκό σε μαύρο. Η εναλλαγή αυτή από λευκό σε μαύρο είναι μια πλήρης περίοδος του σήματος εικόνας. Άρα η μέγιστη συχνότητα ανά δευτερόλεπτο θα είναι ο αριθμός των εναλλαγών (195.000) επί τον αριθμό των πλαισίων ανά δευτερόλεπτο.

Σε περίπτωση που παρουσιάζουμε 25 πλαίσια το δευτερόλεπτο η συχνότητα θα είναι:

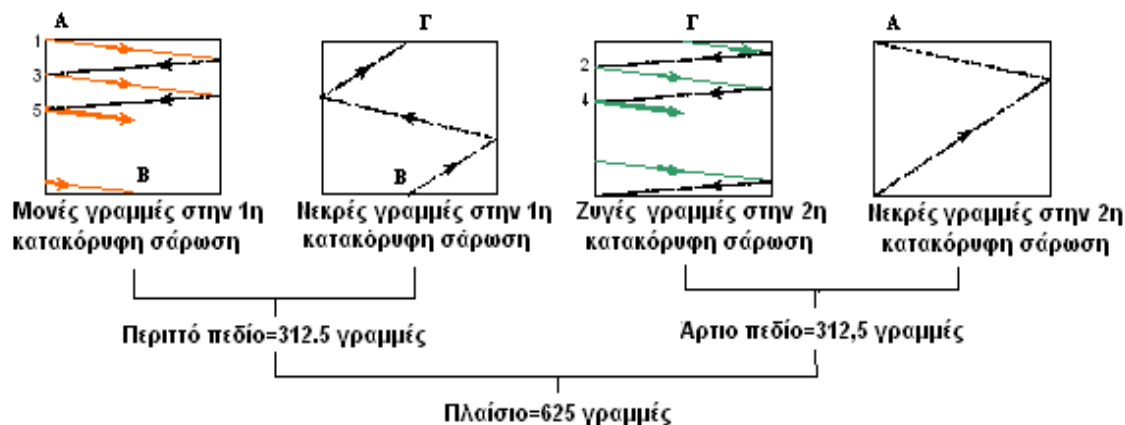
$$195.000 \cdot 25 = 4.875.000\text{Hz} = 4,875\text{MHz} \text{ (περίπου } 4,9 \text{ MHz).}$$

Εάν παρουσιάζουμε 50 πλαίσια το δευτερόλεπτο η συχνότητα θα είναι:

$$195.000 \cdot 50 = 9,75\text{MHz}.$$

Το εύρος που διατίθεται σε κάθε κανάλι είναι συνολικά 8MHz από τα οποία μόνο τα 5MHz είναι για το οπτικό σήμα. Άρα δεν θα μπορούσα στην περίπτωση των 50 πλαισίων να μεταδώσω την παραπάνω πληροφορία.

Για να παρακαμφθεί αυτό το πρόβλημα, εφαρμόζεται ένα τέχνασμα, που ονομάζεται *ενδιάμεση σάρωση*. [1]



Σχήμα 2.1.3 Η μέθοδος της ενδιάμεσης σάρωσης.

Η συχνότητα της κατακόρυφης σάρωσης διπλασιάζεται και γίνεται 50 Hz. Αυτό αναγκάζει την ηλεκτρονική δέσμη να μη σαρώνει τις οριζόντιες γραμμές διαδοχικά, αλλά μία παρά μία. Αρχικά σαρώνονται μόνον οι μονές γραμμές, 1^η, 3^η, 5^η κλπ. Όταν ολοκληρωθεί αυτός ο κύκλος σάρωσης, η ηλεκτρονική δέσμη επιστρέφει γρήγορα στην κορυφή της εικόνας και σαρώνει τις ζυγές γραμμές, 2^η, 4^η, 6^η κλπ, μέχρι το τέλος. Με την ενδιάμεση σάρωση η εικόνα αναβοσβήνει 50 φορές το δευτερόλεπτο και το τρεμοσβήσιμο εξαλείφεται. Επειδή κάθε πλαίσιο "χωρίζεται" στα δύο, μεταδίδονται 50 μισές, δηλαδή και πάλι 25 πλήρεις εικόνες το δευτερόλεπτο. Έτσι δεν αυξάνεται η ποσότητα των μεταδιδόμενων πληροφοριών. Ενδεικτικό είναι το παραπάνω σχήμα, που περιγράφει τα διάφορα στάδια της ενδιάμεσης σάρωσης.

Το ηλεκτρονικό πυροβόλο ξεκινά από το σημείο Α και η δέσμη αρχίζει να σαρώνει την πρώτη γραμμή της εικόνας, κινούμενη με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά, εξαιτίας της οριζόντιας σάρωσης, και ελαφρά προς τα κάτω, εξαιτίας της κατακόρυφης σάρωσης. Στο δεξιό άκρο του πλαισίου η δέσμη επιστρέφει γρήγορα πίσω, στο σημείο έναρξης της τρίτης γραμμής, παραλείποντας τη δεύτερη. Η κλίση του ίχνους επιστροφής (διακεκομμένη γραμμή) είναι πολύ μικρότερη από την κλίση του ίχνους σάρωσης, γιατί η επιστροφή είναι πολύ γρηγορότερη. Κατά τη διάρκεια της επιστροφής η δέσμη αποκόπτεται με τη βοήθεια ενός *παλμού αμαύρωσης γραμμών* που εφαρμόζεται στο ηλεκτρονικό πυροβόλο. Με τον ίδιο τρόπο σαρώνονται όλες οι μονές γραμμές του ράστερ, με εξαίρεση την 625^η γραμμή, η οποία σαρώνεται μέχρι το μέσο της (σημείο Β). Όλες αυτές οι γραμμές απαρτίζουν το πρώτο "μισό" του πλαισίου, το οποίο ονομάζεται *περιτό* (δηλαδή μονό) *πεδίο*.

Στο σημείο Β ολοκληρώνεται η κατακόρυφη σάρωση του περιττού πεδίου και η δέσμη επιστρέφει στο πάνω μέρος της οθόνης. Ο χρόνος επιστροφής είναι αρκετά μεγάλος και η δέσμη προλαβαίνει να κάνει μερικές οριζόντιες σαρώσεις, μέχρι να φτάσει στο σημείο Γ. Οι σαρώσεις όμως αυτές δεν ανιχνεύουν την εικόνα, γιατί κατά τη διάρκεια της κατακόρυφης επιστροφής της η δέσμη αποκόπτεται με τη βοήθεια ενός *παλμού αμαύρωσης πεδίων* και έτσι οι γραμμές αυτές είναι "νεκρές" (ανενεργές). Παρατηρήστε ότι η κλίση του κατακόρυφου ίχνους επιστροφής είναι αρκετά μεγάλη, γιατί η δέσμη επιστρέφοντας κινείται πολύ ταχύτερα.

Με αφετηρία το σημείο Γ η δέσμη ολοκληρώνει τη σάρωση του δεύτερου μισού της 625^{ης} γραμμής. Όταν επιστρέφει στο αριστερό άκρο του πλαισίου, ξεκινά, αρχίζοντας από τη 2^η γραμμή, να σαρώνει μεταξύ των μονών γραμμών, για να παράγει τις ζυγές γραμμές του ράστερ, που είχαν παραλειφθεί στην προηγούμενη σάρωση. Οι γραμμές αυτές απαρτίζουν το *άρτιο (ζυγό) πεδίο*. Η τελευταία ζυγή γραμμή είναι η 624^η. Η επιστροφή της δέσμης μετά τη σάρωση αυτής της γραμμής στο σημείο Δ συμπίπτει με την ολοκλήρωση της κατακόρυφης σάρωσης του άρτιου πεδίου. Μετά από αυτό η δέσμη επιστρέφει στο σημείο Α, εκτελώντας μερικές ανενεργές οριζόντιες σαρώσεις, όπως και κατά τη διαδρομή της από το Β στο Γ. Κατόπιν ο κύκλος των σαρώσεων επαναλαμβάνεται. Ας υπολογίσουμε τώρα την μέγιστη συχνότητα.

Τα pixels στην πλήρη εικόνα ήταν περίπου 390.000. Σε κάθε ημιπλαίσιο άρα θα είναι τα μισά δηλαδή 195.000 pixels. Στο ημιπλαίσιο των περιττών γραμμών ο μέγιστος αριθμός εναλλαγών λευκού-μαύρου θα είναι $195.000/2 = 97.500$ αφού το σύνολο των pixels είναι 195.000 και από αυτά τα 97.500 είναι λευκά και τα 97.500 είναι μαύρα εναλλάξ.

Σ' αυτό το ημιπλαίσιο η συχνότητα ανά δευτερόλεπτο (στο οποίο παρουσιάζονται 25 περιττά πλαίσια) θα είναι:

$$97.500 * 25 = 2.437.500 \text{ Hz} = 2,4375 \text{ MHz}.$$

Παρόμοια στο άρτιο ημιπλαίσιο η συχνότητα θα είναι: 2,4375 MHz.

Άρα συνολικά σ' ένα δευτερόλεπτο η συχνότητα και των 50 πλαισίων θα είναι:

$$2,4375 \text{ MHz} + 2,4375 \text{ MHz} = 4,875 \text{ MHz}.$$

Δηλαδή κρατήσαμε την συχνότητα του σήματος μέσα στο διατιθεμένο εύρος.

Με βάση τις παραπάνω αρχές αναπτύχθηκαν τα ακόλουθα **τηλεοπτικά συστήματα**:

A) Το σύστημα έγχρωμης τηλεόρασης NTSC

B) Σύστημα έγχρωμης τηλεόρασης PAL

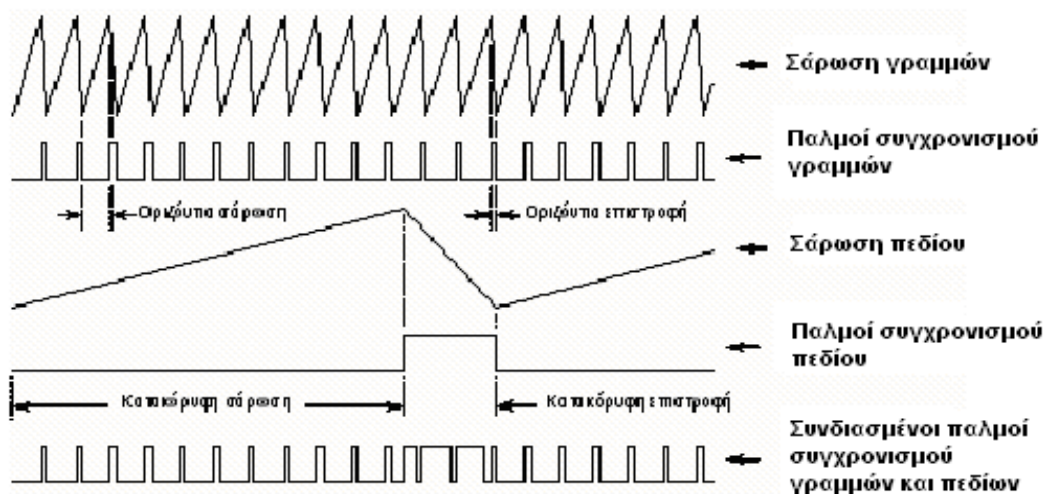
Γ) Σύστημα έγχρωμης τηλεόρασης SECAM

Για αυτά τα συστήματα, και που χρησιμοποιούνται θα μιλήσουμε σε άλλο κεφάλαιο.

2.2 Συγχρονισμός.

Για να αναπαράγεται μια τηλεοπτική εικόνα σταθερή και σωστά τοποθετημένη στην οθόνη, πρέπει οι κινήσεις της σάρωσης να ξεκινούν την ίδια ακριβώς στιγμή και να εξελίσσονται με την ίδια ακριβώς ταχύτητα στην κάμερα και στον τηλεοπτικό δέκτη. Η συνθήκη αυτή ονομάζεται **συγχρονισμός** και, για να μπορέσει να εξασφαλιστεί, εκπέμπουμε μαζί με το τηλεοπτικό σήμα μια σειρά παλμών, οι οποίοι ονομάζονται **παλμοί συγχρονισμού**. Οι παλμοί συγχρονισμού επιδρούν στις γεννήτριες σάρωσης τόσο της κάμερας όσο και του τηλεοπτικού δέκτη και συγχρονίζουν την παραγωγή των πριονωτών κυματομορφών τους. Εκπέμπονται κατά τη διάρκεια των επιστροφών της δέσμης σάρωσης, όταν το σήμα εικόνας αποκόπτεται από τους παλμούς αμαύρωσης. Υπάρχουν **παλμοί συγχρονισμού γραμμών**, που επιδρούν στις γεννήτριες οριζόντιας σάρωσης, και **παλμοί συγχρονισμού πεδίων**, που επιδρούν στις γεννήτριες κατακόρυφης σάρωσης. Οι παλμοί αυτοί συμπίπτουν με το καθοδικό τμήμα των πριονωτών κυματομορφών. Στην πραγματικότητα η άφιξη των συγχρονιστικών παλμών αναγκάζει τις γεννήτριες σάρωσης να μειώσουν απότομα το πλάτος του σήματός τους, ξεκινώντας μια νέα σάρωση από την αρχή. Οι παλμοί συγχρονισμού γραμμών και πεδίων έχουν ίδιο πλάτος, αλλά μεγάλη διαφορά στη διάρκεια. Οι παλμοί πεδίων διαρκούν περίπου 15 φορές περισσότερο από τους παλμούς γραμμών. Με βάση αυτό το χαρακτηριστικό γίνεται η διάκριση μεταξύ τους στον τηλεοπτικό δέκτη. Αυτό είναι αναγκαίο, γιατί οι

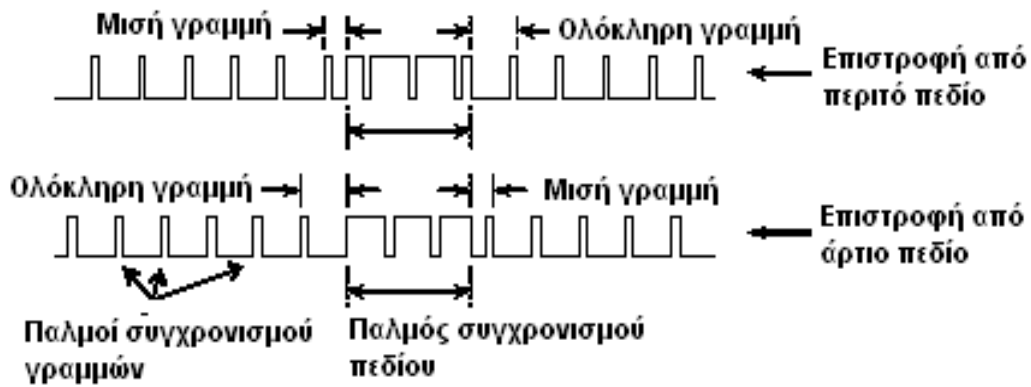
παλμοί αυτοί δε μεταδίδονται στο δέκτη ανεξάρτητα, αλλά μαζί, δηλαδή οι παλμοί γραμμών ‘πάνω’ στους παλμούς πεδίων όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.2.1 Παλμοί συγχρονισμού κατά την διάρκεια της σάρωσης γραμμών και πεδίων.

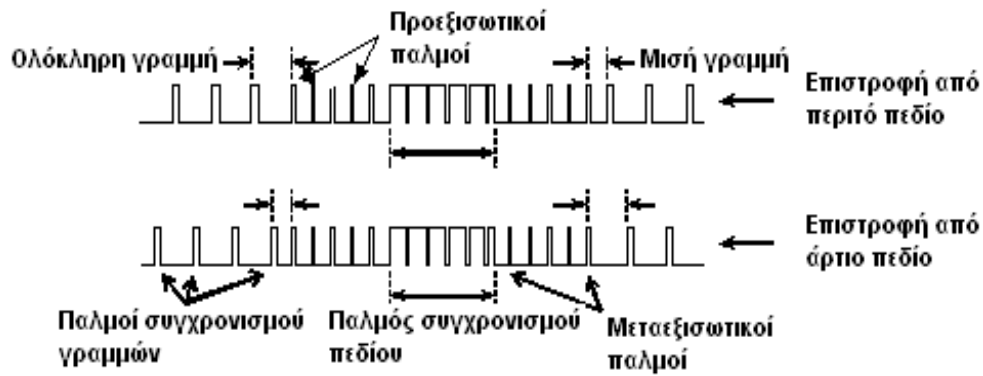
Για να μην καλύπτονται οι παλμοί γραμμών από τους μεγάλης διάρκειας παλμούς πεδίων και χάνεται ο οριζόντιος συγχρονισμός κατά την κατακόρυφη επιστροφή της δέσμης, οι παλμοί γραμμών αποτυπώνονται πάνω στους παλμούς πεδίων με τη μορφή εσοχών, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το γεγονός αυτό δεν εμποδίζει τη δράση των παλμών συγχρονισμού πεδίων πάνω στη γεννήτρια κατακόρυφης σάρωσης του δέκτη.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η μορφή της σύνθετης παλμοσειράς του παραπάνω σχήματος δεν είναι αρκετή, για να εξασφαλίσει τη σωστή λειτουργία της ενδιάμεσης σάρωσης στο δέκτη. Αν προσέξουμε καλύτερα το σχήμα της ενδιάμεσης σάρωσης, θα διαπιστώσουμε ότι η σάρωση των περιττών πεδίων ξεκινά από ολόκληρη γραμμή και τελειώνει με μισή γραμμή, ενώ η σάρωση των άρτιων πεδίων ξεκινά από μισή γραμμή και τελειώνει με ολόκληρη. Αυτό έχει αποτέλεσμα η σύνθετη παλμοσειρά συγχρονισμού να διαφέρει ελαφρά, ανάλογα με το αν ο παλμός συγχρονισμού πεδίων σχετίζεται με κατακόρυφη επιστροφή από σάρωση άρτιου, ή περιττού πεδίου (παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 2.2.2 Η διαφορά στην σάρωση περιττών και άρτιων πεδίων.

Η διαφορά στη χρονική απόσταση μεταξύ του παλμού συγχρονισμού πεδίων και του τελευταίου, πριν από αυτόν, παλμού συγχρονισμού γραμμών στις δύο αυτές περιπτώσεις δημιουργεί κάποιο πρόβλημα στη σάρωση του δέκτη. Συγκεκριμένα, δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια η στιγμή έναρξης της κατακόρυφης επιστροφής. Αυτό κάνει τις ζυγές γραμμές να μη σαρώνονται ακριβώς ανάμεσα στις μονές, αλλά μάλλον να πέφτουν επάνω τους. Για να αποφύγουμε αυτό το φαινόμενο, που υποβιβάζει την ποιότητα της εικόνας, τοποθετούμε πέντε νέους παλμούς πριν και πέντε μετά τον παλμό συγχρονισμού πεδίων. Αυτοί οι παλμοί έχουν μισή διάρκεια και διπλάσια συχνότητα από τους κανονικούς παλμούς συγχρονισμού γραμμών. Οι ίδιοι παλμοί συνεχίζονται σαν εσοχές στην οροφή του παλμού συγχρονισμού πεδίων. Οι παλμοί που τοποθετούνται πριν από τον παλμό συγχρονισμού πεδίων, ονομάζονται **προεξισωτικοί παλμοί** και εκείνοι που τοποθετούνται μετά τον παλμό συγχρονισμού πεδίων ονομάζονται **μεταεξισωτικοί παλμοί**. Η δράση τους έχει αποτέλεσμα να μεταφέρεται η ανισότητα μεταξύ του χρόνου σάρωσης των μισών και των ολόκληρων γραμμών μακριά από τον παλμό συγχρονισμού πεδίων, ώστε αυτός να μην επηρεάζεται. Χάρη στην ειδική μορφή των κυκλωμάτων συγχρονισμού στον τηλεοπτικό δέκτη, η ύπαρξη των εξισωτικών παλμών δεν επηρεάζει τον οριζόντιο συγχρονισμό (παρακάτω σχήμα).[1]



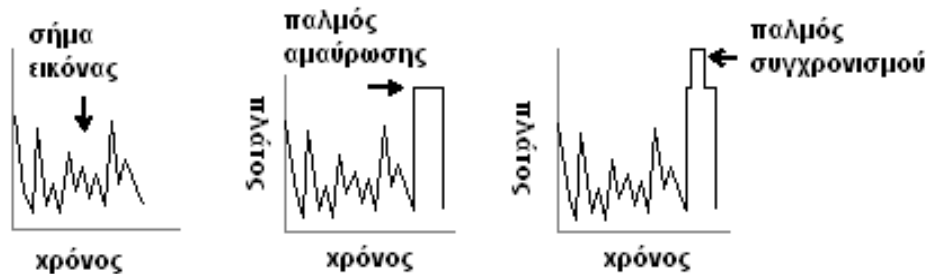
Σχήμα 3.2.3 Οι εξισωτικοί παλμοί

2.3 Δομή του σύνθετου τηλεοπτικού σήματος

Η λέξη σύνθετο στον παραπάνω τίτλο σημαίνει ότι το τηλεοπτικό σήμα αποτελείται από συνδυασμό διάφορων ξεχωριστών σημάτων. Αυτά τα σήματα τα συναντήσαμε σε προηγούμενες παραγράφους και είναι τα εξής :

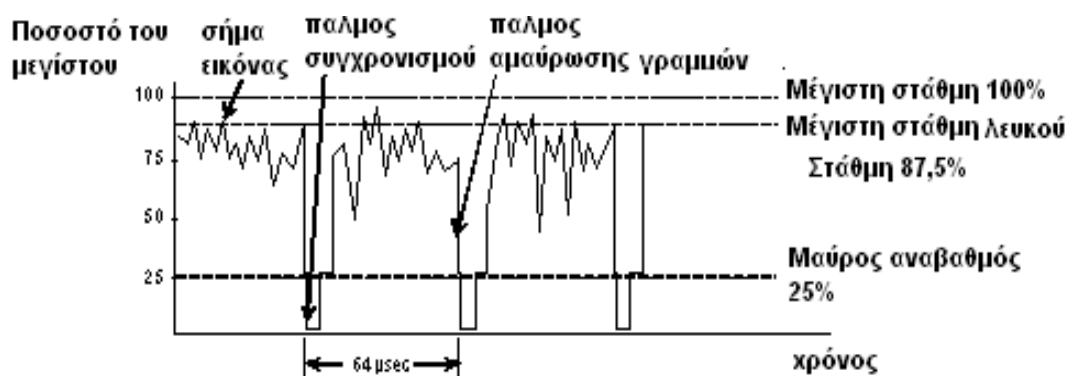
1. **Το σήμα του εικονολήπτη** με τις πληροφορίες φωτεινότητας και χρωμικότητας των διάφορων σημείων της εικόνας. Η μορφή αυτού του σήματος σε μια μεταβαλλόμενη εικόνα είναι περίπου τυχαία, αλλά το πλάτος του κυμαίνεται πάντοτε μεταξύ του 10% και του 75% του τελικού πλάτους του σύνθετου τηλεοπτικού σήματος. Το 10% αντιστοιχεί στα απολύτως λευκά και το 75% στα εντελώς μαύρα σημεία της εικόνας.
2. **Οι παλμοί αμαύρωσης**, που κάνουν αόρατες τις γραμμές επιστροφής των σαρώσεων. Οι παλμοί αυτοί έχουν καθορισμένη μορφή και θέση μέσα στο σύνθετο τηλεοπτικό σήμα. Οι παλμοί αμαύρωσης ξεκινούν λίγο πριν την έναρξη κάθε επιστροφής της δέσμης σάρωσης και διαρκούν έως λίγο μετά την αρχή της επόμενης σάρωσης. Υπάρχουν παλμοί αμαύρωσης γραμμών που καλύπτουν τις οριζόντιες επιστροφές της δέσμης και παλμοί αμαύρωσης πεδίων που καλύπτουν τις κατακόρυφες επιστροφές. Το πλάτος των παλμών αμαύρωσης είναι πάντοτε το ίδιο, ίσο με το 75% του τελικού πλάτους του σύνθετου τηλεοπτικού σήματος, δηλαδή ίσο με το σήμα μιας εντελώς μαύρης εικόνας.
3. **Οι παλμοί συγχρονισμού**, που συγχρονίζουν τη σάρωση στην κάμερα και στο δέκτη. Οι παλμοί αυτοί έχουν ειδική θέση μέσα στο τηλεοπτικό σήμα, γιατί τοποθετούνται πάντοτε στην οροφή των παλμών αμαύρωσης. Υψώνονται

μέχρι το 100% του πλάτους του τελικού σήματος και γι' αυτό αντιπροσωπεύουν σήμα 'πιο μαύρο από το μαύρο'. Το γεγονός αυτό βοηθάει τα κυκλώματα του δέκτη να τους ξεχωρίζουν εύκολα από το υπόλοιπο τηλεοπτικό σήμα.



Σχήμα 2.3.1 Η δομή του τηλεοπτικού σήματος.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται τα συστατικά του σύνθετου τηλεοπτικού σήματος. Το σήμα αυτό είναι σχεδιασμένο με θετική πολικότητα, γιατί έτσι γίνεται ευκολότερα κατανοητή η δομή του. Στην τηλεοπτική τεχνική όμως χρησιμοποιείται η αρνητική πολικότητα. Βάση αυτής οι συγχρονιστικοί παλμοί έχουν πλάτος κάτω του 25% του σύνθετου τηλεοπτικού σήματος, ενώ το σήμα εικόνας κυμαίνεται μεταξύ του 25% και του 90% περίπου. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το σύνθετο σήμα τριών διαδοχικών γραμμών σάρωσης με αρνητική πολικότητα και σημειώνονται τα χαρακτηριστικά του.

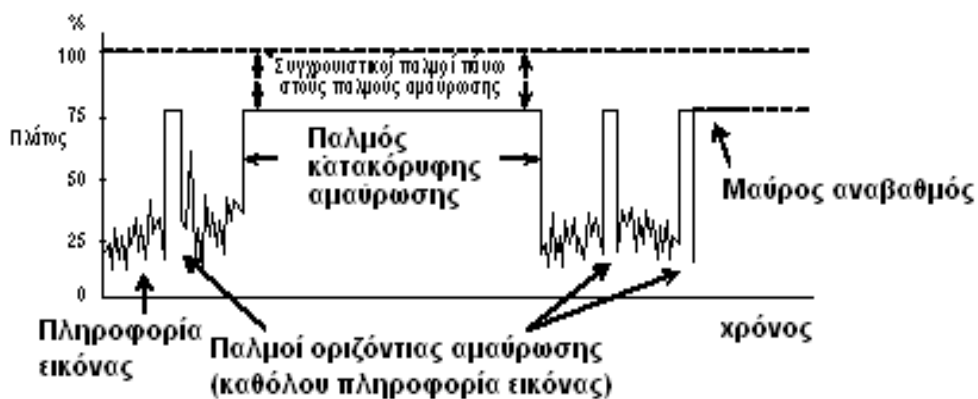


Σχήμα 2.3.2 Το τηλεοπτικό σήμα με αρνητική πολικότητα.

Το σήμα εικόνας στο αριστερό άκρο του σχήματος αντιστοιχεί στη σάρωση μιας περίπου λευκής έως αχνής γκριζας γραμμής της εικόνας. Η σάρωση καταλήγει στον πρώτο παλμό αμαύρωσης, που αποκόπτει τη δέσμη σάρωσης και οδηγεί το σήμα εικόνας στο μαύρο. Κατά τη διάρκεια του παλμού αμαύρωσης δεν εκπέμπονται πληροφορίες εικόνας. Ο παλμός αμαύρωσης προετοιμάζει την επιστροφή της δέσμης, η οποία αρχίζει ταυτόχρονα με την εμφάνιση της αριστερής

ακμής του παλμού συγχρονισμού. Η αμαύρωση εξακολουθεί και μετά το τέλος του παλμού συγχρονισμού, έτσι ώστε να καλύπτεται ένα μικρό κομμάτι από την αρχή της σάρωσης της επόμενης γραμμής. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών παλμών αμαύρωσης γραμμών ή δύο διαδοχικών παλμών συγχρονισμού γραμμών είναι 64 μsec . Αυτό, όπως είδαμε και αλλού, σημαίνει ότι η συχνότητα των παραπάνω παλμών είναι 15.625 Hz. Η διάρκεια των παλμών αμαύρωσης γραμμών είναι ίση με το 16% ως 18% της διάρκειας της οριζόντιας σάρωσης.[1]

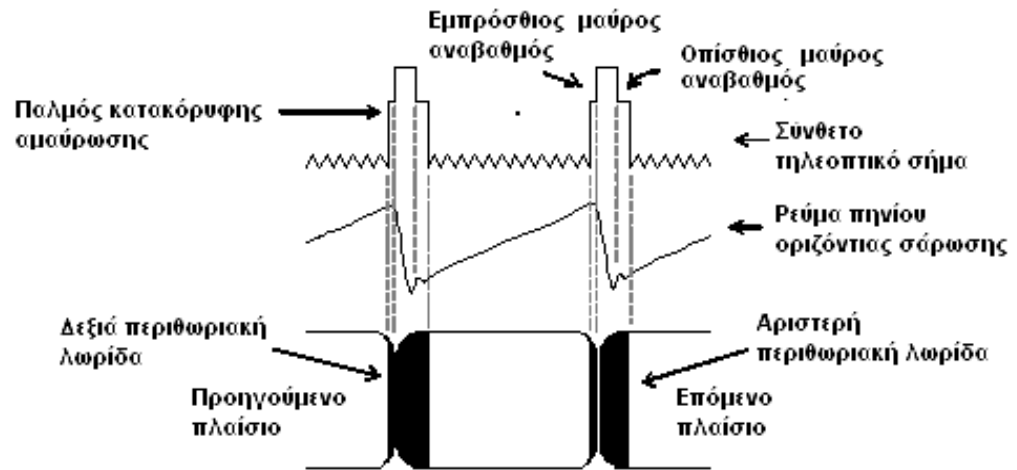
Μετά τη σάρωση όλων των γραμμών ενός πεδίου, ακολουθεί ένας παλμός αμαύρωσης πεδίων, που απεικονίζεται με θετική πολικότητα στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.3.3 Ο παλμός κατακόρυφης αμαύρωσης πεδίων

Κάθε παλμός αμαύρωσης πεδίων αποκόπτει τη δέσμη σάρωσης κατά την κατακόρυφη επιστροφή της. Οι παλμοί αμαύρωσης πεδίων έχουν μεγάλη διάρκεια και καλύπτουν περίπου 20 γραμμές οριζόντιας σάρωσης ο καθένας. Στην οροφή τους τοποθετούνται οι παλμοί συγχρονισμού πεδίων. Όπως και στους παλμούς αμαύρωσης γραμμών, έτσι και εδώ η αμαύρωση αρχίζει πριν από την έναρξη της επιστροφής της δέσμης, που συμπίπτει με την έναρξη του παλμού κατακόρυφου συγχρονισμού και τελειώνει πολύ μετά, έτσι ώστε να καλύπτονται πολλές από τις πρώτες και λίγες από τις τελευταίες οριζόντιες γραμμές κάθε πεδίου.

Ο λόγος που οι παλμοί αμαύρωσης διαρκούν περισσότερο από τους παλμούς συγχρονισμού, έχει σχέση με τη μορφή των ρευμάτων σάρωσης που διοχετεύονται στα πηνία απόκλισης των ηλεκτρονικών πυροβόλων (παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 2.3.4 Η μορφή των ρευμάτων σάρωσης που διοχετεύονται στα πηνία απόκλισης των ηλεκτρονικών πυροβόλων.

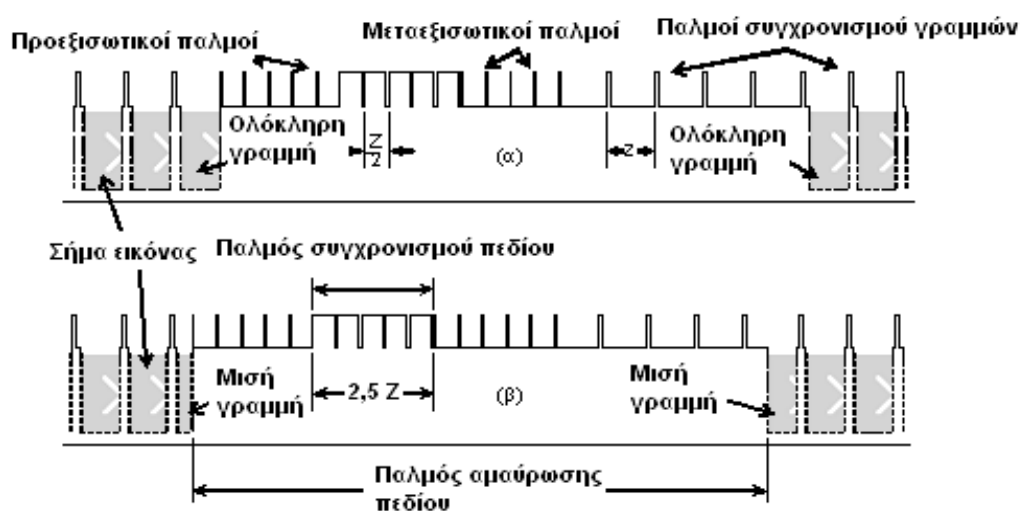
Τα πηνία είναι εξαρτήματα που δεν επιτρέπουν απότομες μεταβολές στο ρεύμα που τα διαρρέει. Τέτοιες μεταβολές συμβαίνουν στις κορυφές του πριονωτού ρεύματος σάρωσης και σ' αυτά τα σημεία τα πηνία αντιδρούν παράγοντας ταλαντώσεις. Αυτές οι ταλαντώσεις καταστρέφουν την ομαλή σάρωση και προκαλούν παραμορφώσεις στα άκρα της εικόνας. Επεκτείνοντας τους παλμούς αμαύρωσης πριν και μετά τους παλμούς συγχρονισμού, καλύπτουμε τις παραμορφώσεις με μαύρες λωρίδες. Οι μαύρες λωρίδες δεν φαίνονται στον τηλεοπτικό δέκτη, γιατί ρυθμίζοντας τις διαστάσεις της εικόνας, τις σπρώχνουμε έξω από τα όρια της οθόνης.

Οι ταλαντώσεις είναι πιο έντονες στο κάτω μέρος της πριονωτής κυματομορφής. Για το λόγο αυτό ο παλμός συγχρονισμού δεν είναι τοποθετημένος στο μέσο του παλμού αμαύρωσης, αλλά βρίσκεται πιο κοντά προς την αρχή του. Έτσι η δεξιά περιθωριακή λωρίδα που προκαλείται λίγο πριν την έναρξη των οριζόντιων επιστροφών της δέσμης είναι πιο στενή από την αριστερή. Η διάρκεια του παλμού συγχρονισμού γραμμών λαμβάνεται περίπου ίση με το μισό της διάρκειας του παλμού αμαύρωσης, αλλά αυτό δεν αποτελεί αυστηρή προδιαγραφή. Η έκκεντρη τοποθέτηση του παλμού συγχρονισμού γραμμών σε σχέση με τον παλμό αμαύρωσης δημιουργεί δύο άνισα 'πλατώματα' δεξιά και αριστερά του παλμού συγχρονισμού, που ονομάζονται *οπίσθιος αυραθμός* και *εμπρόσθιος αυραθμός*, αντιστοίχως.[1]

Ανάλογη πρόβλεψη υπάρχει και για τους παλμούς αμαύρωσης και συγχρονισμού πεδίων. Και εδώ οι παλμοί συγχρονισμού τοποθετούνται πάνω στους παλμούς αμαύρωσης. Η θέση των παλμών συγχρονισμού πρέπει να είναι τέτοια, ώστε στο

τέλος του περιττού πεδίου η σάρωση να διακόπτεται στο μέσο της τελευταίας γραμμής, ενώ στο τέλος του άρτιου πεδίου στο τέρμα της τελευταίας γραμμής. Οι παλμοί συγχρονισμού πεδίων τοποθετούνται 2,5 οριζόντιες γραμμές μετά την έναρξη του παλμού αμαύρωσης πεδίων. Η διάρκειά τους είναι επίσης 2,5 γραμμές. Καθ' όλη τη διάρκεια του παλμού οριζόντιας αμαύρωσης, αλλά και κατά τη διάρκεια του παλμού συγχρονισμού πεδίων, πρέπει να εμφανίζονται και οι παλμοί συγχρονισμού γραμμών. Αυτό είναι απαραίτητο, γιατί δεν πρέπει να χάνεται ο οριζόντιος συγχρονισμός, όσο η δέσμη επιστρέφει κατακόρυφα. Γι' αυτό πάνω στους παλμούς αμαύρωσης πεδίων τοποθετούνται, εκτός από τους παλμούς συγχρονισμού πεδίων, και παλμοί συγχρονισμού γραμμών. Οι τελευταίοι μάλιστα εμφανίζονται σαν εσοχές κατά τη διάρκεια των παλμών συγχρονισμού πεδίων.

Αφού με όλα τα παραπάνω έχουμε γνωρίσει τα χαρακτηριστικά των επιμέρους σημάτων του σύνθετου τηλεοπτικού σήματος, μπορούμε πλέον να αναπαραστήσουμε τη μορφή του. Παρατηρούμε πώς οι παλμοί συγχρονισμού πεδίων και γραμμών συνυπάρχουν πάνω στους παλμούς αμαύρωσης πεδίων. Το σήμα εικόνας απεικονίζεται με γκριζα σκίαση μεταξύ των παλμών συγχρονισμού γραμμών. Πρέπει να σημειωθεί ότι, για ευκολία, οι παλμοί αμαύρωσης πεδίων δεν απεικονίζονται με τη σωστή τους διάρκεια. Μια προσεκτική παρατήρηση δείχνει ότι οι παλμοί αμαύρωσης φαίνεται να έχουν διάρκεια δώδεκα οριζόντιων γραμμών, ενώ, όπως είπαμε, στην πραγματικότητα διαρκούν περίπου είκοσι γραμμές.



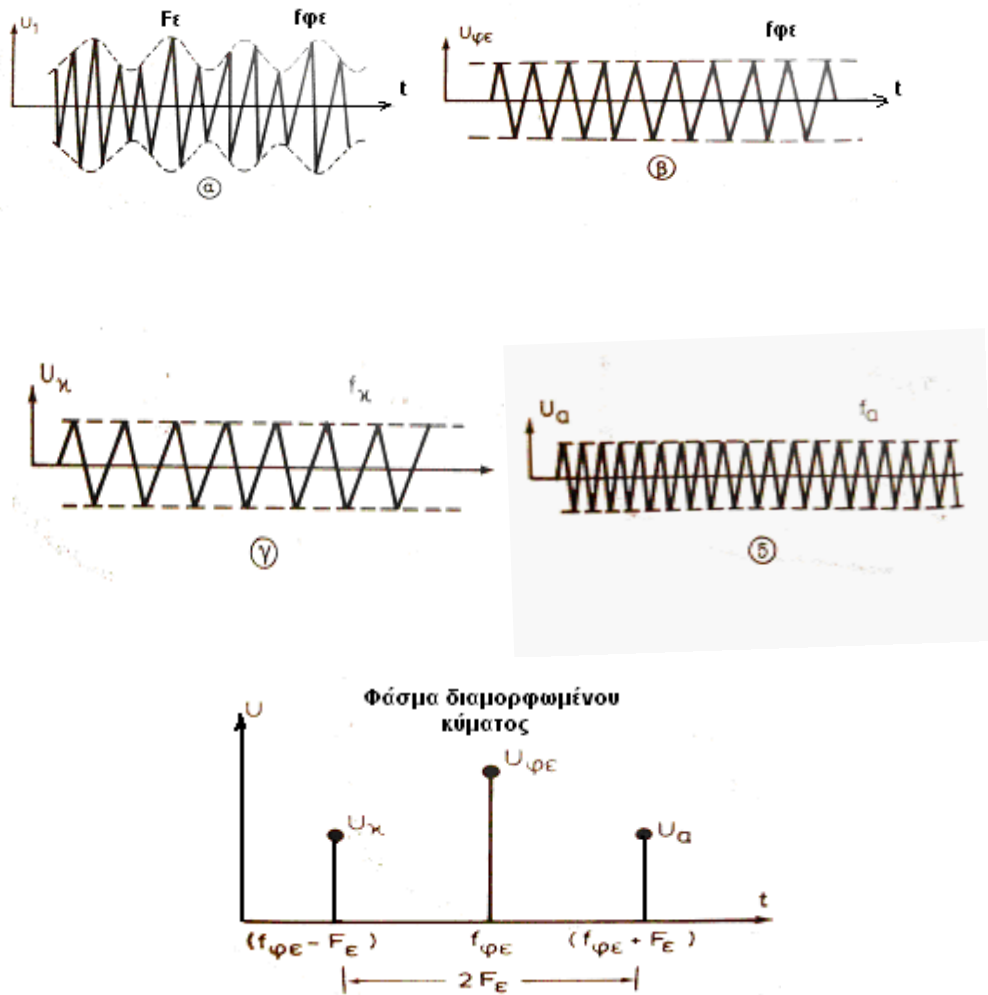
Σχήμα 2.3.5 Το ολοκληρωμένο τηλεοπτικό σήμα.

Σήματα, σαν κι' αυτά του παραπάνω σχήματος, παράγει οποιαδήποτε τηλεοπτική κάμερα. Το πλάτος τους είναι τυποποιημένο και ίσο με 1 Volt από κορυφή σε κορυφή. Αν τα σήματα αυτά εφαρμοστούν στα κατάλληλα σημεία των κυκλωμάτων ενός τηλεοπτικού δέκτη, θα εμφανιστεί στην οθόνη η εικόνα που καταγράφει η κάμερα που τα παρήγαγε. Προκειμένου όμως αυτά τα σήματα να αποσταλούν με ασύρματη εκπομπή σε απομακρυσμένους δέκτες, θα πρέπει να ενισχυθούν και να περάσουν από τη διαδικασία της διαμόρφωσης μέσα από ένα πομπό τηλεόρασης.

2.4 Φάσμα διαμορφωμένου τηλεοπτικού σήματος

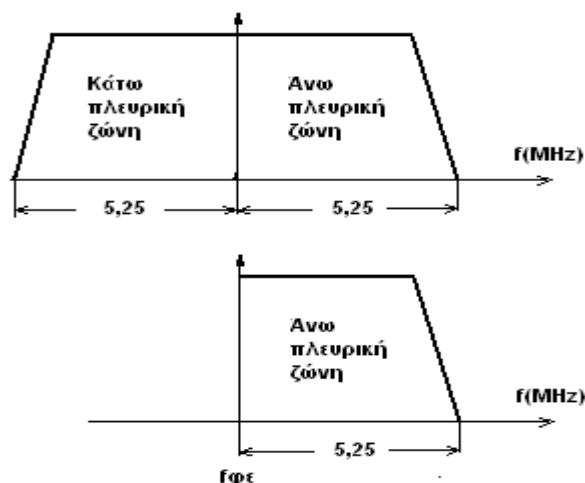
Για την εκπομπή του τηλεοπτικού σήματος είδαμε ότι χρησιμοποιείται η διαμόρφωση πλάτους και όχι η διαμόρφωση συχνότητας. Το πλεονέκτημα της διαμόρφωσης κατά πλάτος είναι ότι το διαμορφωμένο κύμα έχει στενότερη ζώνη συχνοτήτων από εκείνη της διαμορφώσεως κατά συχνότητα. Ας δούμε ποιό είναι το εύρος της ζώνης συχνοτήτων που καταλαμβάνει το διαμορφωμένο τηλεοπτικό κύμα. Εξετάζουμε το διαμορφωμένο κατά πλάτος κύμα του παρακάτω σχήματος, όπου $f_{φε}$ είναι η φέρουσα συχνότητα εικόνας και $F_{ε}$ η υψηλότερη συχνότητα του σήματος εικόνας (διαμορφωτική συχνότητα). Γνωρίζουμε πως η διαμορφωμένη ταλάντωση u , μπορεί να αναλυθεί σε τρεις ημιτονικές ταλαντώσεις : $u_{φε}$, $u_{κ}$ και $u_{α}$. Η συχνότητα της ταλαντώσεως $u_{φε}$ είναι ίση με την φέρουσα συχνότητα εικόνας $f_{φε}$, η συχνότητα της $u_{κ}$ είναι ίση με την διαφορά ($f_{φε} - F_{ε}$) και η συχνότητα της $u_{α}$, ίση με το άθροισμα ($f_{φε} + F_{ε}$). Η συχνότητα $f_{κ} = f_{φε} - F_{ε}$ είναι η κατώτερη συχνότητα του φάσματος του διαμορφωμένου κύματος και η συχνότητα $f_{α} = f_{φε} + F_{ε}$, η ανωτερή του. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις του διαμορφωμένου κατά πλάτος κύματος και του φάσματος συχνοτήτων των εξεταζόμενων ταλαντώσεων, των οποίων το ολικό εύρος ισούτε με :

$$(f_{\alpha} + F_{\epsilon}) - (f_{\kappa} - F_{\epsilon}) = 2F_{\epsilon}$$



Σχήμα 2.4.1 Κύμα διαμορφωμένο κατά πλάτος.

Γνωρίζουμε ότι η υψηλότερη συχνότητα του σήματος εικόνας είναι $F_E = f_{cmax} = 5\text{MHz}$. Αυτό σημαίνει ότι το εύρος του φάσματος του διαμορφωμένου κύματος, επομένως και η ζώνη διελεύσεως του διαβιβαστικού συστήματος θα είναι 10MHz . Η ζώνη αυτή είναι αρκετά μεγάλη. Η εκπομπή και των δύο πλευρικών ζωνών του τηλεοπτικού φάσματος δεν είναι υποχρεωτική. Όπως δείχνουν οι υπολογισμοί και η πρακτική, για την κανονική αναπαραγωγή της εικόνας είναι αρκετή η εκπομπή της μιας πλευρικής ζώνης, πράγμα που γίνεται στην τεχνική των ραδιοσυνδέσεων. Στην περίπτωση αυτή, από το διαμορφωμένο τηλεοπτικό σήμα, και πριν αυτό οδηγηθεί στην κεραία εκπομπής, αποκόπτεται η μία πλευρική ζώνη με τη βοήθεια ενός φίλτρου και έτσι εκπέμπεται μόνο η άλλη πλευρική ζώνη, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.

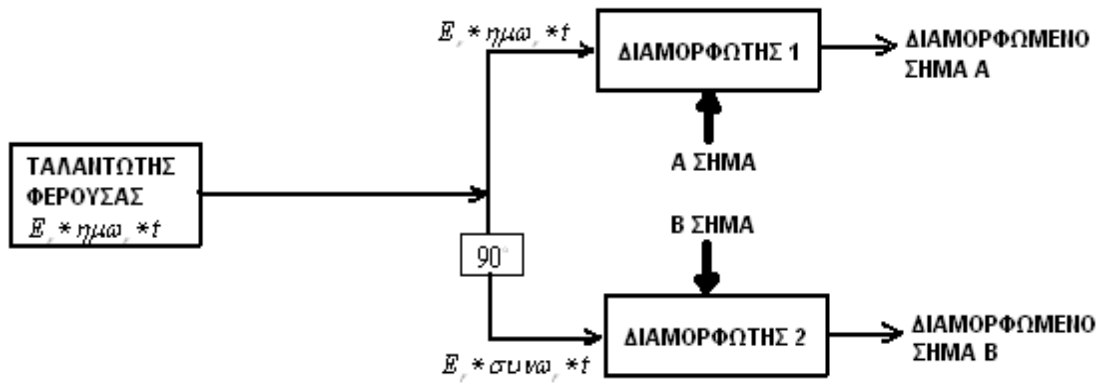


Σχήμα 2.4.2 Αποκοπή της κάτω πλευρική ζώνης του διαμορφωμένου κύματος.

Στην τηλεόραση δεν πραγματοποιείται η αποκοπή της μιας πλευρικής ζώνης όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός των δύο πλευρικών ζωνών, όταν βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους. Γι'αυτό όπως θα δούμε, το εκπεμπόμενο τελικά φάσμα συχνοτήτων περιλαμβάνει τη μια πλευρική ζώνη του διαμορφωμένου κύματος, τη φέρουσα συχνότητα και ένα υπόλοιπο της αποκοπτόμενης πλευρικής ζώνης. Στο πρότυπο CCIR αποκόπτεται η κατώτερη πλευρική ζώνη.[1]

2.5 Τετραγωνική διαμόρφωση Q.A.M

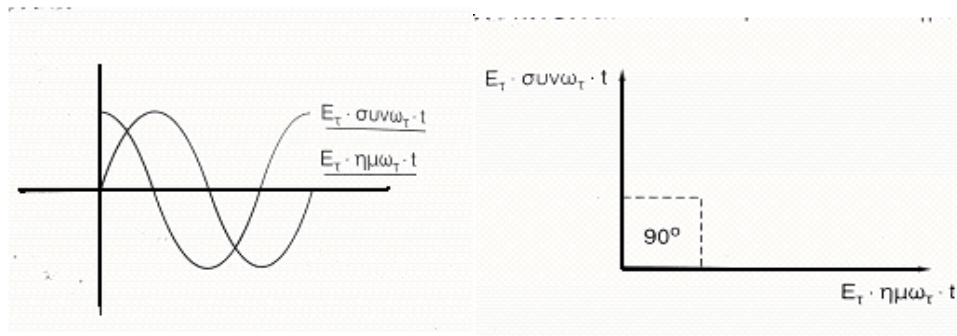
Στην τετραγωνική ή τεταρτημοριακή διαμόρφωση (Quadrature amplitude modulation) διαμορφώνεται μια φέρουσα από δυο διαφορετικά διαμορφωτικά σήματα. Ουσιαστικά η συχνότητα της φέρουσας είναι σταθερή αλλά το ένα σήμα διαμορφώνει αυτήν με φάση π.χ 0° ενώ το άλλο σήμα την διαμορφώνει αφού η φάση της ολισθήσει κατά 90° . Δηλαδή εμφανίζεται η περίπτωση να έχουμε δύο φέρουσες που να έχουν την ίδια συχνότητα αλλά η μία να έχει φασική απόκλιση από την άλλη κατά 90° [3]. Ενδεικτικό είναι το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.5.1 Μπλοκ διάγραμμα διαμορφωτού QAM

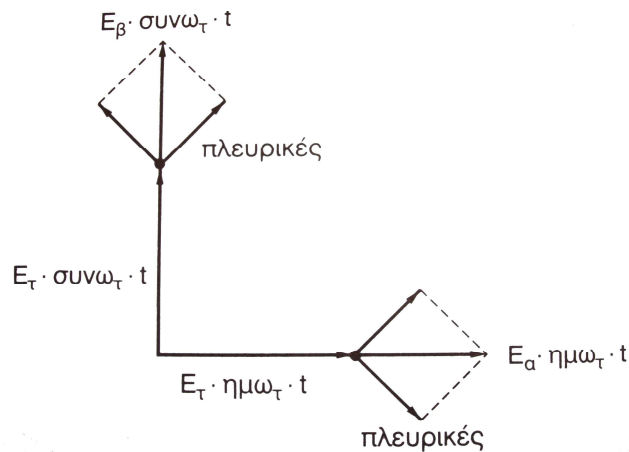
Αν υποθέσουμε ότι ο ταλαντωτής του φέροντος βγάζει σήμα $e_r = E_r \cdot \eta\mu\omega_r \cdot t$ όπου E_r το πλάτος του ημιτονικού σήματος και $\omega_r \cdot t$ η γωνιακή συχνότητα του ταλαντωτή φερούσης τότε στην έξοδο της βαθμίδας ολίσθησης (φασοστροφέα) 90° θα έχουμε μια αντίστοιχη μετατόπιση του σήματος δηλαδή $E_r \cdot \sigma\upsilon\nu\omega_r \cdot t$. Άρα στους διαμορφωτές 1 και 2 έρχεται η ίδια φέρουσα e_r με το αυτό πλάτος E_r αλλά με φασική διαφορά 90° (η φέρουσα του διαμορφωτή 2 από αυτή του διαμορφωτή 1).

Μπορούμε τα παραπάνω να τα δείξουμε διανυσματικά, δεχόμενοι ότι στον άξονα ψ' κινείται το άνυσμα του ημιτόνου και στον άξονα χ' κινείται το άνυσμα του συνημιτόνου.



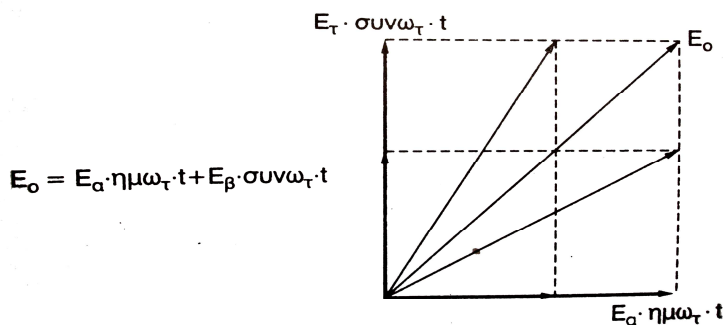
Σχήμα 2.5.2 Μορφή και θέση της φέρουσας διαμορφωτών QAM

Επιπλέον τα διαμορφωτικά σήματα Α και Β πρέπει και αυτά να διαφέρουν φασικά κατά 90° άρα το διανυσματικό διάγραμμα σε συνδυασμό με την φέρουσα θα είναι :



Σχήμα 2.5.3 Διαμορφωμένα σήματα με QAM και οι πλευρικές τους.

όπου E_a το πλάτος του διαμορφωμένου σήματος A με τις πλευρικές. E_b το πλάτος του διαμορφωμένου σήματος B με τις πλευρικές. Το γεωμετρικό άθροισμα των δύο διαμορφωμένων σημάτων θα μας δώσει ένα σήμα E_o με συχνότητα τη συχνότητα της φέρουσας η οποία έχει διαμορφωθεί κατά πλάτος (αλλά και κατά φάση) από τα σήματα E_a και E_b . Παρακάτω παρουσιάζεται το γεωμετρικό άθροισμα δύο διαμορφωμένων σημάτων.



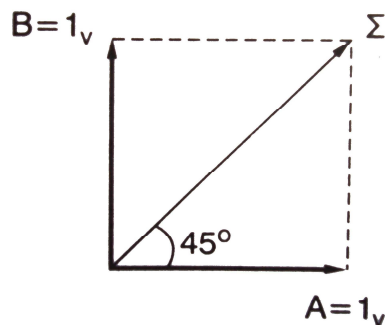
Σχήμα 2.5.4 Γεωμετρικό άθροισμα δυο διαμορφωμένων σημάτων.

δηλαδή $E_0 = \sqrt{E_a^2 + E_b^2} * \eta\mu(\omega_r * t + \phi)$ όπου το πλάτος του σήματος θα

είναι: $\sqrt{E_a^2 + E_b^2}$ και η γωνία ϕ θα είναι: $\phi = \text{τοξ.εφ} \frac{E_a}{E_b}$

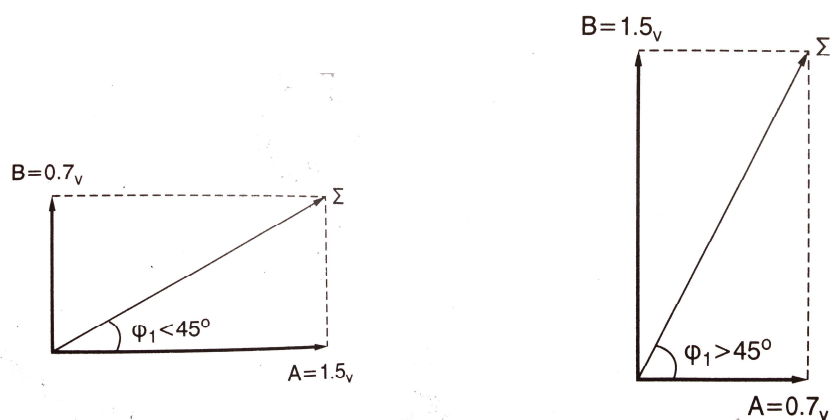
Εδώ φαίνεται ότι από τη διαμόρφωση παράγεται ένα σήμα E_o με συχνότητα φέρουσας διαμορφωμένη κατά AM από τα σήματα E_a και E_b . Γενικότερα γνωρίζουμε ότι αν αθροίσουμε δύο ανύσματα A και B τα οποία έχουν διαφορά φάσης

90° το αποτέλεσμα θα είναι ένα σήμα με μέτρο $\sqrt{E_a^2 + E_B^2}$. Επίσης αν τα δύο ανύσματα A και B είναι ίσα μεταξύ τους τότε η συνισταμένη τους Σ θα βρίσκεται στη διχοτόμο των 90° δηλαδή στις 45°, όπως απεικονίζει το παρακάτω σχήμα.



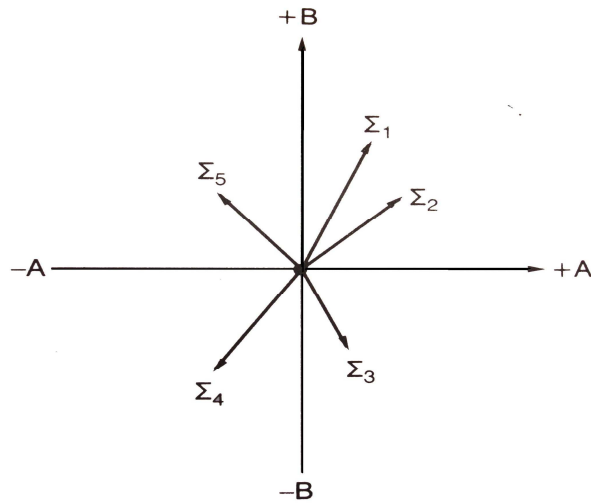
Σχήμα 2.5.5 Συνισταμένη δυο ίσων σημάτων στις 45°

Αν βεβαίως διατηρήσουμε τη μεταξύ τους γωνία 90° αλλά μεταβάλλουμε το εύρος των σημάτων A ή B τότε βλέπουμε ότι η γωνία της συνισταμένης Σ μεταβάλλεται.



Σχήμα 2.5.6 Συνισταμένη δύο άνισων σημάτων σε γωνία διαφορετική των 45°

Αν θεωρήσουμε ότι τα σήματα A και B είναι δυνατόν να λάβουν τιμές αρνητικές ή θετικές δηλαδή $\pm A$ και $\pm B$ καταλαβαίνουμε αμέσως ότι η συνισταμένη τους είναι δυνατόν, διανυσματικά, να βρίσκεται σε οποιοδήποτε τεταρτημοριακό σημείο ενός κύκλου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.5.7 Απεικόνιση της συνισταμένης σε οποιοδήποτε τεταρτημόριο του κύκλου.

Γι'αυτό ονομάζεται τεταρτημοριακή διαμόρφωση πλάτους Q.A.M. Η τεταρτημοριακή διαμόρφωση πλάτους εφαρμόζεται στην έγχρωμη τηλεόραση και ιδιαίτερα στα συστήματα **NTSC** και **PAL**.

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

Για το **NTSC**: $I = 0,74(R - Y) - (B - Y)$ και $Q = 0,48(R - Y) + 0,41(B - Y)$

Για το **PAL**: $V = 0,877(R - Y)$ και $U = 0,493(B - Y)$

Για το **SECAM** : $DR = 1,9(R - Y)$ και $DB = 1,5(B - Y)$

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

2.6 Το σύστημα N.T.S.C 3.58MHZ

Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε στην Αμερική μετά τον 2^ο Παγκόσμιο πόλεμο από την Εθνική Επιτροπή Τηλεοπτικών συστημάτων (National Television Systems Committee) είναι συμβατό με τη διαδικασία εκπομπής και λήψης του A/M σήματος και τέλος χρησιμοποιεί το Αμερικάνικο σύστημα διερεύνησης των εικόνων δηλαδή 525 γραμμές, 30 εικόνες /sec, 2 πεδία ανά εικόνα και επομένως συχνότητα κάθετης απόκλισης $F_n = 525 \cdot 30 = 15.750 \text{ Hz}$.

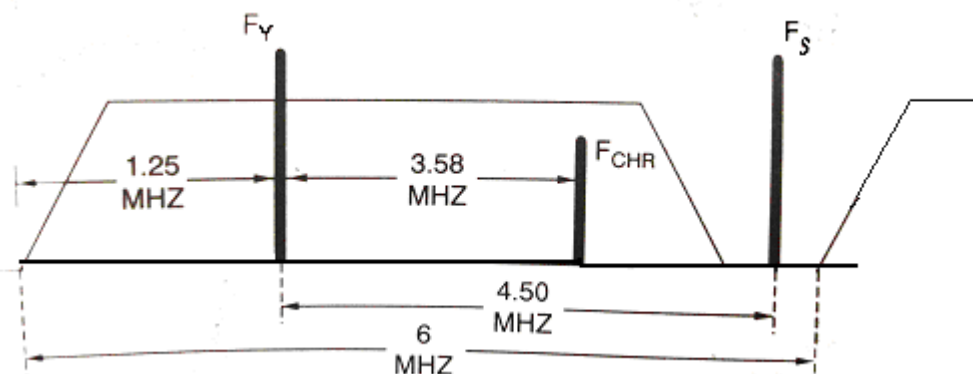
Το σύστημα αυτό που χρησιμοποιείται στην Αμερική ονομάζεται M/NTSC στα VHF και στα UHF. Δηλαδή το συνολικό εύρος του καναλιού είναι 6MHz, η φέρουσα του ήχου βρίσκεται στους 4,5MHz από τη φέρουσα εικόνας ενώ το εύρος του οπτικού σήματος είναι 4,2MHz. Τέλος έχει μέθοδο διαμόρφωσης της οπτικής πληροφορίας (σήμα Y) κατά AM (διαμόρφωση πλάτους) με πολικότητα αρνητική, μέθοδο διαμόρφωσης των χρωματικών πληροφοριών κατά την τετραγωνική διαμόρφωση πλάτους (QAM) και μέθοδο διαμόρφωσης του ήχου κατά FM.

Η φέρουσα της οπτικής πληροφορίας Y βρίσκεται 1,25MHz πάνω από την αρχή του καναλιού.

Η φέρουσα των χρωματικών πληροφοριών βρίσκεται 3,58MHz πάνω από την φέρουσα της οπτικής πληροφορίας Y.

Η φέρουσα του ήχου βρίσκεται 4,5MHz πάνω από την φέρουσα της οπτικής πληροφορίας Y.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα τυπικό T/O κανάλι M/NTSC.



Σχήμα 2.6.1 Φάσμα συχνοτήτων T/O καναλιού M/NTSC.

Βεβαίως το προηγούμενο φάσμα T/O καναλιού είναι προσαρμοσμένο στο πρότυπο διερεύνησης της Αμερικής, όπως αναφέραμε, οι ανάγκες όμως των πολλαπλών συστημάτων λήψης οδήγησαν στην προσαρμογή του NTSC και στο Ευρωπαϊκό

σύστημα (που καθορίζεται από την CCIR). Έτσι βλέπουμε δέκτες με NTSC 3,58, NTSC 4,43, M/SECAM, SECAM B/G , L/SECAM, B/PAL, G/PAL, H/PAL κ.α.

Η συχνότητα της φέρουσας για το σύστημα M/NTSC που είναι και η βάση, υπολογίζεται μαθηματικά από την σχέση:

$$F_{CHR} = (2 * n + 1) * \frac{F_H}{2} \text{ όπου}$$

$n = 227^{\text{η}}$ γραμμή σάρωσης και

$F_H = 15.750 \text{ HZ}$ συχνότητα οριζόντιας σάρωσης (525.30)

$$\text{άρα } F_{CHR} = (2.227 + 1) * \frac{15.750}{2} \Leftrightarrow$$

$$F_{CHR} = 3.583.125 \text{ Hz} \Leftrightarrow$$

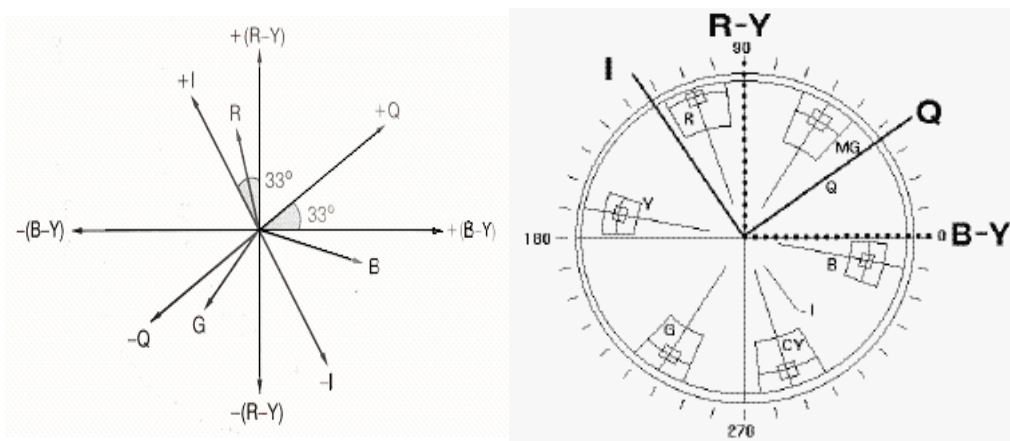
$$F_{HHR} = 3,58 \text{ MHz}$$

Η επιλογή της 227 γραμμής είναι πολύ σημαντική διότι έτσι εξασφαλίζεται η μη παρενόχληση του οπτικού σήματος από τις χρωματικές πληροφορίες.

Στο σύστημα NTSC χρησιμοποιούνται αντίστοιχοι γραμμικοί συνδυασμοί των χρωματοδιαφορών R-Y και B-Y τους οποίους ονομάζουμε σήματα:

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

Τα σήματα αυτά I και Q παίρνουν είτε θετικές είτε αρνητικές τιμές π.χ. $\pm I$ και $\pm Q$ και ευρίσκονται σε διαφορά φάσης 90° με προπόρια του I έναντι του Q. Παρακάτω φαίνεται η διανυσματική παράσταση των $\pm I$ και $\pm Q$.



Σχήμα 2.6.2 Η διανυσματική παράσταση των I και Q.

Το σήμα Q προπορεύεται του +(B-Y), αρχή των αξόνων, κατά 33° . Επίσης το σήμα I προπορεύεται του +(R-Y) κατά 33° και επομένως μεταξύ τους έχουμε 90° γωνία. Για οποιαδήποτε τιμή των I και Q η μεταξύ τους γωνία είναι 90° . Σαν μέθοδο διαμόρφωσης χρησιμοποιούμε την τετραγωνική διαμόρφωση πλάτους

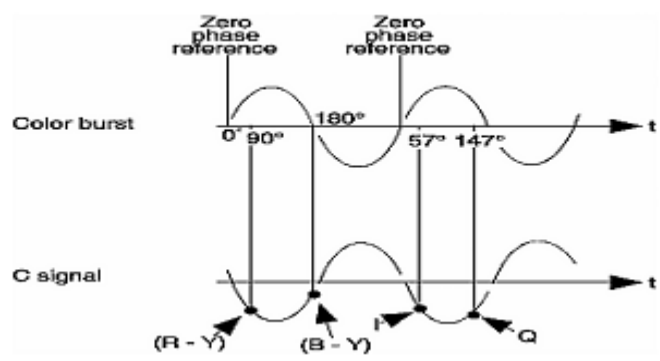
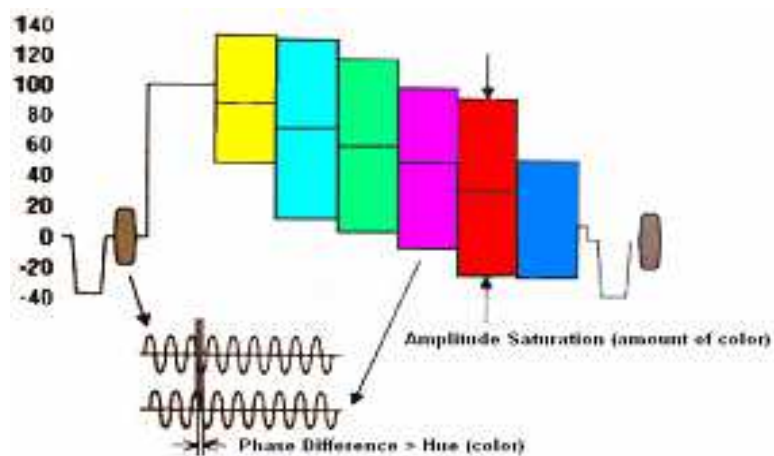
Q.A.M. Σ' αυτή διαμορφώνεται η φέρουσα χρώματος 3,58MHz από το σήμα Q απ' ευθείας και η ίδια η φέρουσα 3,58MHz από το σήμα I αφού πρώτα η φέρουσα ολισθήσει κατά 90°. Άρα θα έχουμε δύο διαμορφωτές, όπου η έξοδος του ενός διαμορφωτή για το I θα μας δίνει $I * \sin(\omega t + 33^\circ)$ και στην έξοδο του διαμορφωτή Q θα παίρνουμε $Q * \eta\mu(\omega t + 33^\circ)$. [3] Ένα σημείο που πρέπει να παρατηρήσουμε είναι πως στον χρωματικό κύκλο του παραπάνω σχήματος, είναι πως στις 0, 180, 90 και 270 μοίρες βρίσκονται χρώματα όπως το πορφυρό μπλέ, το πρασινοκίτρινο, το πορφυροκόκκινο και το μπλέ του ουρανού. Πρέπει να γνωρίζουμε πως στο πρασινοκίτρινο (180⁰) και στο πορφυροκόκκινο (90⁰) οι άνθρωποι είναι λιγότερο ευαίσθητοι στο να διακρίνουν την λεπτομέρεια στο χρώμα. Οπότε δεν χρειάζεται να βάλουμε το μέγιστο πλάτος της χρωματικής πληροφορίας στις συγκεκριμένες χροιές. Τα μάτια μας βλέπουν με ακρίβεια τις χροιές του πορτοκαλιού χρώματος (γι' αυτό ίσως μας αρέσουν τα πρωινά και τα ηλιοβασιλέματα). Έτσι φροντίζουμε οι δύο διαμορφωτές να έχουν μέγιστο πλάτος στους άξονες που είναι πιο ευαίσθητοι στα μάτια μας. Επιπλέον υπάρχει ένα ακόμη πλεονέκτημα. Στη χροιά του πορτοκαλιού ανήκουν οι περισσότερες χροιές του δερματός μας. Έτσι για πιο ακριβή χρώματα που αφορούν το δέρμα του ανθρώπου φροντίζουμε ο συγκεκριμένος άξονας του ενός διαμορφωτή να συμπέσει πάνω στην φάση της συγκεκριμένης χροιάς. Σαν αποτέλεσμα, οι φάσεις των δύο διαμορφωτών αλλάζουν ανάμεσα στις 123⁰-303⁰ (πορτοκαλί και μπλέ), και 33⁰- 213⁰ (ματζέντα και κιτρινοπράσινο) αντίστοιχα. Θυμίζουμε ότι έχουν διαφορά 90⁰ και οι ονομασίες τους ωφείλονται για το μεν 'I' (**In** phase with orange) ενώ για το άλλο το 'Q' (**in** Quadrature phase with the first one). [4] Τα παραπάνω σήματα, στην έξοδο του κωδικοποιητή δηλαδή του πομπού, συνδιάζονται με το σύστημα φωτεινότητας Y με τους παλμούς αμαύρωσης και συγχρονισμού (γραμμών και πεδίων) καθώς και με σήμα BURST για να μας δώσουν το τελικό προϊόν που το ονομάζουμε Σύνθετο Έγχρωμο Οπτικό Σήμα Colour Composite Video Signal C.C.V.S και που μαθηματικά δίνεται από τη σχέση.

$$CCVS = Y + I * \sin(\omega t + 33^\circ) + Q * \eta\mu(\omega t + 33^\circ)$$

Αναφέραμε παραπάνω ότι στο σύνθετο έγχρωμο οπτικό σήμα συνδιάζεται και το σήμα BURST. Η παρουσία του σήματος BURST είναι αναγκαία διότι κατά την διαδικασία της διαμόρφωσης η φέρουσα χρώματος 3,58MHz καταπνίγεται και έτσι

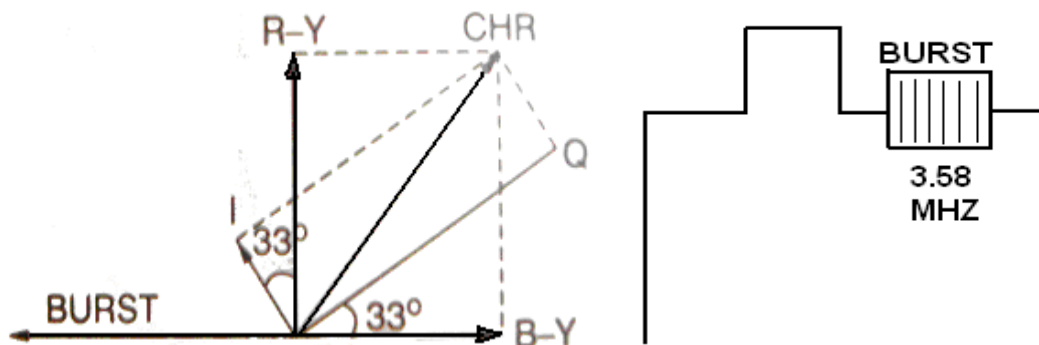
με το σύνθετο οπτικό σήμα δεν μεταφέρεται καμμία πληροφορία σχετική με την συχνότητα και τη φάση αυτής.

Στην διαδικασία της αποδιαμόρφωσης όμως στον δέκτη πρέπει όπως θα δούμε να υπάρξει γεννήτρια 3,58MHz η οποία να ταλαντώνεται σύγχρονα και συμφασικά με την αντίστοιχη του πομπού. Για τον λόγο αυτό τοποθετούμε στον πίσω μαύρο αναβαθμό γραμμής μικρό δείγμα της φέρουσας CHR εκπομπής και έτσι μεταφέρεται στον δέκτη η συχνότητα και η φάση αναφοράς της χρωμοφέρουσας 3,58MHz. Αυτή δίνει πληροφορίες στον δέκτη για την αποκωδικοποίηση της χρωμοφέρουσας έτσι ώστε να γνωρίζει ο δέκτης την φάση της και να την αντιστοιχεί στο κατάλληλο χρώμα. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται πως με βάση το 'color burst' και το composite σήμα, πραγματοποιείται η σύγκριση των δύο σημάτων και παίρνουμε το τελικό χρώμα.



Σχήμα 2.6.3 Σχηματικές αναπαραστάσεις της σύγκρισης του Color burst με το υπόλοιπο σήμα

Τελικά το σήμα BURST είναι 8-10 κύκλοι και έχει την ίδια φάση με τον ταλαντωτή της φέρουσας χρώματος. Βρίσκεται δε κατά 147° εκτός φάσης από το Q, δηλαδή $33^\circ + 147^\circ = 180^\circ$ από το B-Y.[3]

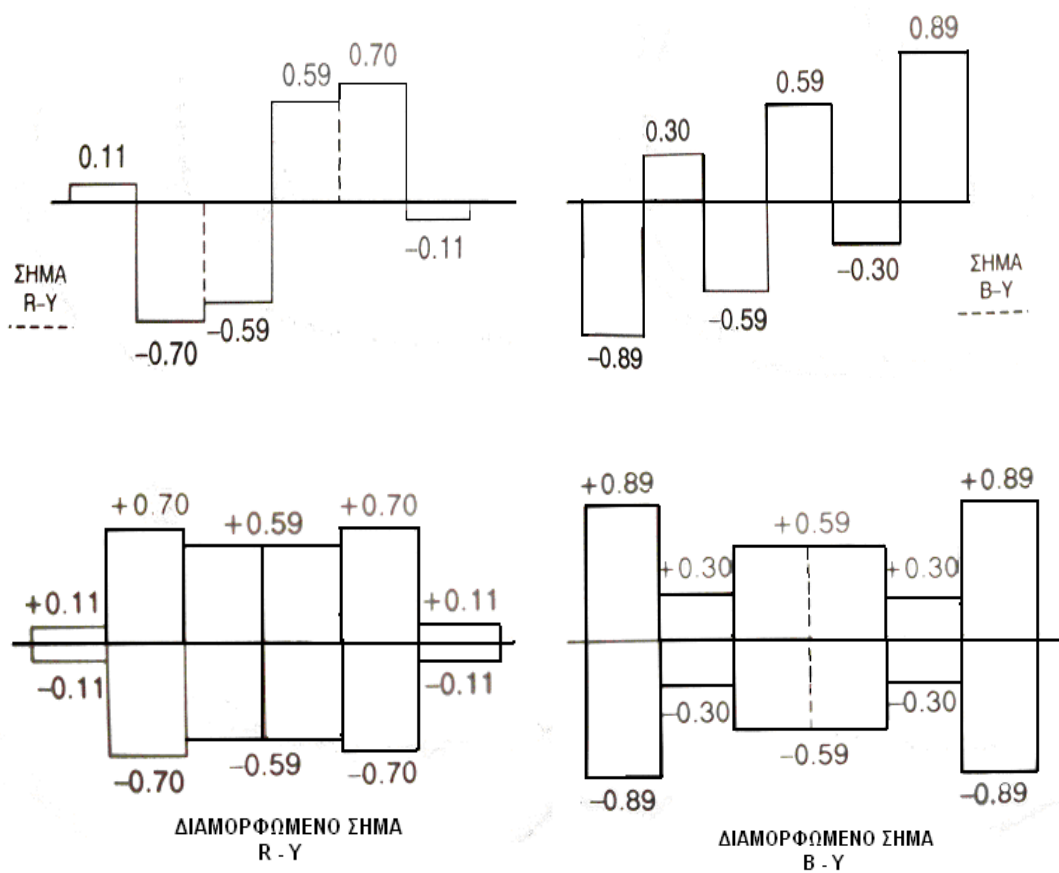


Σχήμα 2.6.4 Η θέση του Burst στον παλμό αμαύρωσης και σε σχέση με τα σήματα I και Q.

Παρακάτω μας δίνεται ο πίνακας με τα σχετικά πλάτη του σήματος CHROMINANCE καθώς και η γωνία αυτού ως προς την αρχή των αξόνων.

ΧΡΩΜΑΤΑ	ΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΔΟΥ R, G, B	ΠΛΑΤΟΣ Y	ΠΛΑΤΟΣ CHR ±	ΓΩΝΙΑ
ΛΕΥΚΟ	R=1, G=1, B=1	1	0	0°
ΚΙΤΡΙΝΟ	R=1, G=1, B=0	0,89	0,45	167°
ΓΑΛΑΖΙΟ	R=0, G=1, B=1	0,70	0,63	283°
ΠΡΑΣΙΝΟ	R=0, G=1, B=0	0,59	0,60	241°
ΜΩΒ	R=1, G=0, B=1	0,41	0,60	61°
ΚΟΚΚΙΝΟ	R=1, G=0, B=0	0,30	0,63	103°
ΜΠΛΕ	R=0, G=0, B=1	0,11	0,45	347°
ΜΑΥΡΟ	R=0, G=0, B=0	0	0	0°

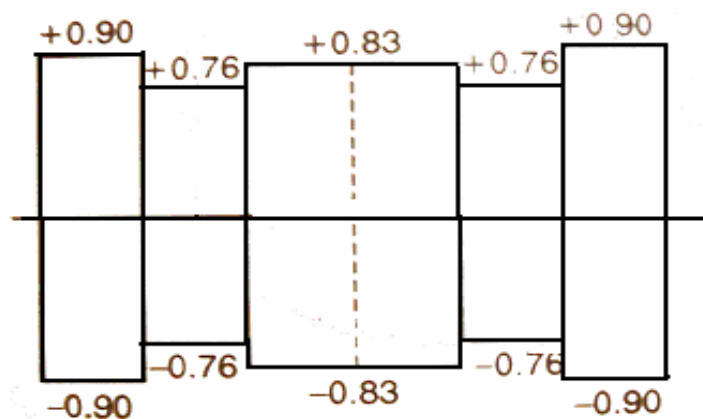
Αν υποθέσουμε ότι το NTSC δεν χρησιμοποιούμε τους γραμμικούς συνδυαστές I και Q αλλά απλώς τις χρωματικές διαφορές R-Y και B-Y τότε τα σήματα αυτά πριν και μετά την διαμόρφωση τους κατά Q.A.M. θα ήταν



Σχήμα 2.6.5 Διαμορφωμένο σήμα R-Y

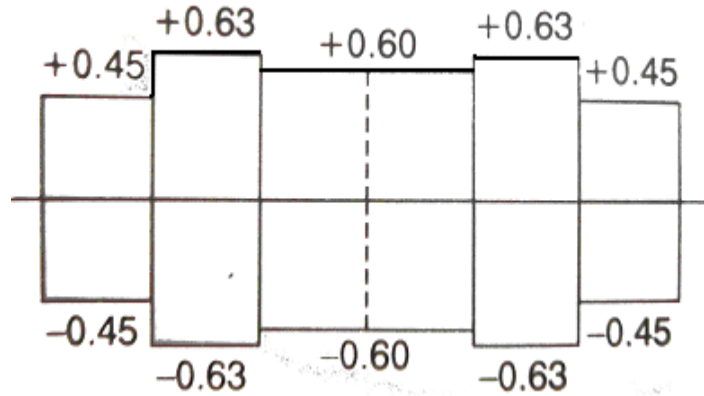
Σχήμα 2.6.6 Διαμορφωμένο σήμα B-Y.

Τα διαμορφωμένα σήματα R-Y και B-Y συνδυάζονται γεωμετρικά και σύμφωνα με την σχέση $CHR = \sqrt{(R-Y)^2 + (B-Y)^2}$ θα μας δώσουν το σήμα CHROMINANCE που είναι



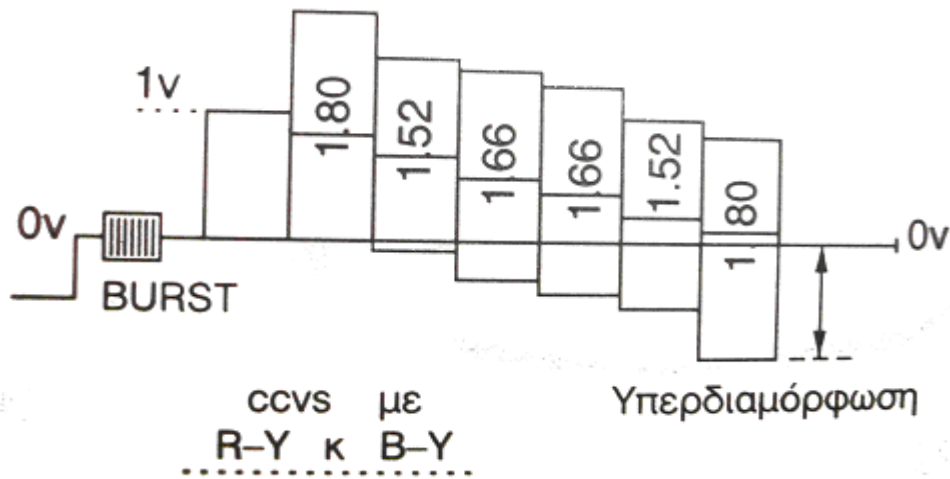
Σχήμα 2.6.7 Το CHROMINANCE με R-Y και B-Y.

Αν χρησιμοποιήσουμε τους γραμμικούς συνδυαστές I και Q τότε το σήμα CHROMINANCE παίρνει την πιο κάτω μορφή.

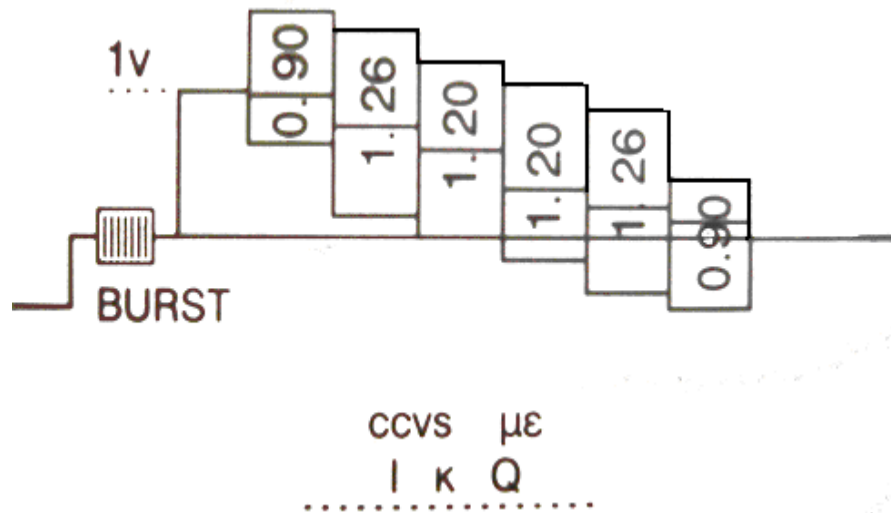


Σχήμα 3.6.8 Το CHROMINANCE με I και Q.

Όπως βλέπουμε το CHROMINANCE εδώ είναι αρκετά συμπιεσμένο και ιδιαίτερα στην κίτρινη και μπλέ λωρίδα. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε τον υψηλό βαθμό υπερδιαμόρφωσης που θα είχαμε με την χρήση των R-Y και B-Y απ' ευθείας. Στα παρακάτω συγκριτικά σχήματα φαίνεται καθαρά η συμπίεση που υφίστανται όλες οι χρωματικές πληροφορίες με την υψηλότερη συμπίεση στις κίτρινες και μπλέ αποχρώσεις π.χ.



Σχήμα 2.6.9 Το CCvS με R-Y και B-Y.

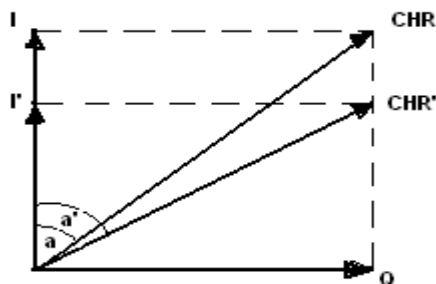


Σχήμα 2.6.10 Το CCvS με I και Q.

Μετά την αποδιαμόρφωση που πραγματοποιείται στον δέκτη τα καθαρά σήματα I και Q φιλτράρονται και οδηγούνται στην αποκωδικοποιητική μήτρα (MATRIX). Η εξοδος της μήτρας θα είναι τα σήματα R,G,B.

Ένα από τα σοβαρά μειονεκτήματα του NTSC είναι η αστάθεια του στις φασικές παραμορφώσεις του χρωματοφόρου και η αδυναμία του είναι να αποκαταστήσει τέτοια σφάλματα. Το χρωματοφόρο είναι ένα γεωμετρικό άνυσμα. Αποτελεί την συνισταμένη των διαμορφωμένων γραμμικών συνδιασμών I και Q π.χ.

$CHR = \sqrt{(I')^2 + Q^2}$ και βρίσκεται σε γωνία $\alpha = \text{τοξ.} \cdot \text{εφ } Q/I$.



Σχήμα 2.6.11 Φασική απόκλιση του CHROMINANCE από την ορθή του θέση.

Αν για οποιοδήποτε λόγο το συνισταμένο σήμα CHR αποκλίνει από τη θέση του και πάει στη νέα θέση CHR' τότε λόγω φασικής εκτροπής θα έχουμε σαν αποτέλεσμα ένα άλλο χρώμα που θα συνιστάται από τα σήματα I' και Q με μέτρο

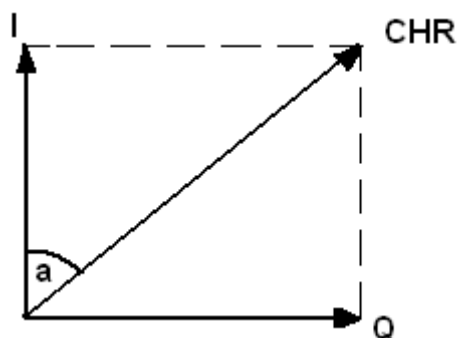
$CHR' = \sqrt{(I')^2 + Q^2}$ και γωνία $\alpha' = \text{τοξ.} \cdot \text{εφ } Q/I'$.

Φυσικά στον δέκτη η φασική αυτη εκτροπή δεν είναι δυνατόν να γίνει αντιληπτή και να διορθωθεί και έτσι απδιαμορφώνεται το σήμα CHR' που μεταφέρει λάθος πληροφορίες χρώματος.

Τα φασικά αυτά σφάλματα λύνονται στο σύστημα PAL με την εναλλαγή ης φάσης της φέρουσας του σήματος R-Y κατά 180^0 από γραμμή σε γραμμή σάρωσης.[3]

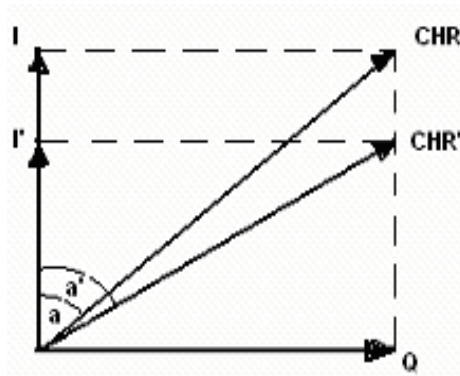
2.7 Το σύστημα PAL 4.43MHZ

Το σύστημα PAL θεωρείται σαν επέκταση του NTSC και πατρίδα του είναι η Δ. Γερμανία. Το σύστημα αυτό λύνει το σοβαρό πρόβλημα της πιθανής φασικής εκτροπής και σήματος CHROMINANCE από την κανονική του θέση που παρουσιάζει το σύστημα NTSC. Γνωρίζουμε από το NTSC ότι το σήμα CHROMINANCE είναι η συνισταμένη τωνδιαμορφωμένων σημάτων I και Q με μέτρο $CHR = \sqrt{I^2 + Q^2}$ και γωνία $\alpha = \text{τοξ.} \cdot \text{εφ } Q/I$. (όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 2.7.1 Το σήμα CHR σαν συνισταμένη των I και Q.

Αν όμως το σήμα CHR αποκλίνει φασικά από την κανονική του θέση τότε η χρωματική αυτή παραμόρφωση θα μεταφερθεί στον δέκτη όπου εκεί δεν είναι δυνατόν να γίνει αντιληπτή και κατά επέκταση να διορθωθεί. (όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 2.7.2 Φάση απόκλιση του CHR από την ορθή θέση.

Το σύστημα PAL λύνει το πρόβλημα αυτό (της φασικής απόκλισης του σήματος CHR) μεταβάλλοντας τη φάση της μίας συνιστώσας (από τις δύο) κατά 180° ανά γραμμή σάρωσης. Κάτω από αυτή τη φιλοσοφία πήρε την ονομασία PAL που στα αγγλικά είναι PHASE ALTERNATION LINE- εναλλαγή της φάσης ανά γραμμή. Το σύστημα PAL είναι συμβατό με την διαδικασία εκπομπής και λήψης A/M σήματος.

Για τα ευρωπαϊκά δεδομένα (CCIR) έχει σύστημα διερεύνησης 625 γραμμών σε δυο πεδία (fields) των 312,5 γραμμών το κάθε ένα, εκπέμπονται σε 25 εικόνες/sec και με συχνότητα κάθετης σάρωσης $f_n = 50\text{HZ}$ και οριζόντιας σάρωσης $f_H = 625 \cdot 25\text{sec}$. Το συνολικό εύρος ενός καναλιού στα VHF για το σύστημα PAL B/G είναι 7 MHz και για τα UHF 8MHz. Η φέρουσα του ήχου βρίσκεται 5,5 MHz πάνω από την φέρουσα εικόνας ενώ το εύρος του οπτικού σήματος είναι 5MHz.

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

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

Οι χρωματικές πληροφορίες R-Y και B-Y διαμορφώνονται με την μέθοδο της τετραγωνικής διαμόρφωσης πλάτους (Q.A.M. QUADRATURE AMPLITUDE

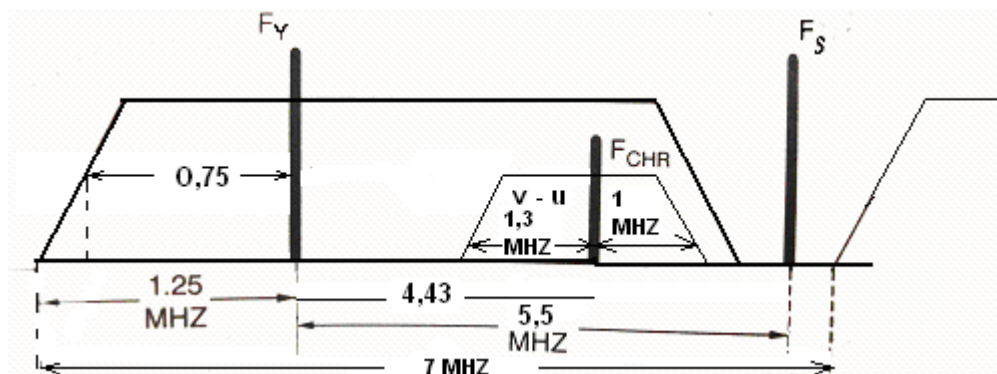
MODULATION) με ταυτόχρονη συμπίεση των πλευρικών ζωνών (σε 1,3MHz για την κάτω πλευρική και 1MHz για την πάνω πλευρική) και αφαίρεση της χρωμοφέρουσας συχνότητας

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

Η φέρουσα των χρωματικών πληροφοριών F_{CHR} βρίσκεται 4,43 MHz από την F_Y .

Η φέρουσα του ήχου F_S βρίσκεται 5,5 MHz από την F_Y .

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα τυπικό κανάλι VHF στο PAL με τις διαμορφωμένες χρωματικές πληροφορίες.



Σχήμα 2.7.3 Ανάπτυξη ενός T/O καναλιού στο PAL.

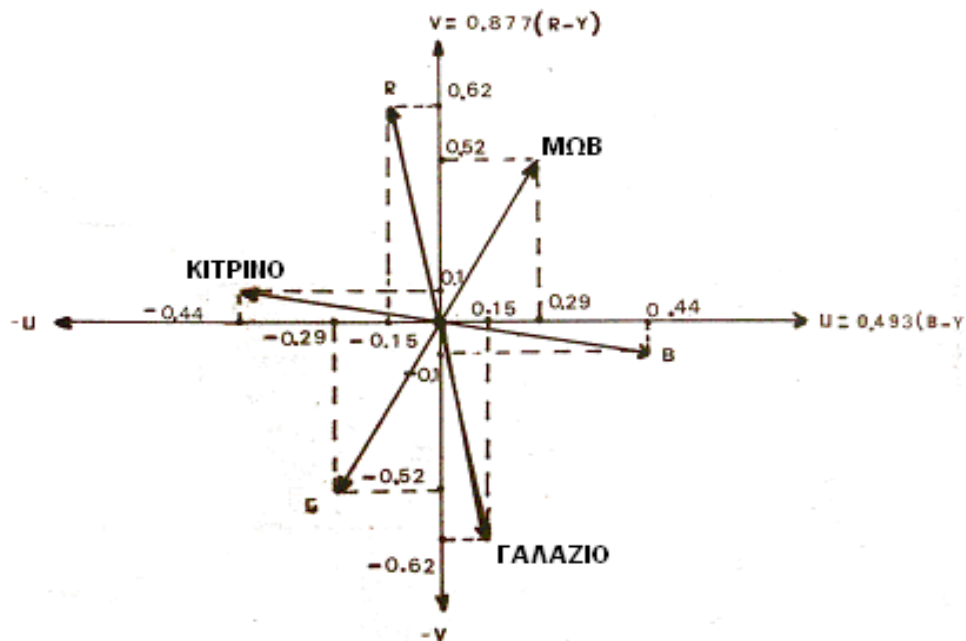
2.8 Παραγωγή και διαμόρφωση σημάτων χρωματοδιαφορών.

Στο σύστημα PAL γίνεται χρήση των χρωματικών διαφορών R-Y και B-Y στην εκπομπή ενώ στον δέκτη η χρωματική πληροφορία G-Y αναπαράγεται βάση της σχέσης $G-Y = -0,51 (R-Y) - 0,19 (B-Y)$.

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

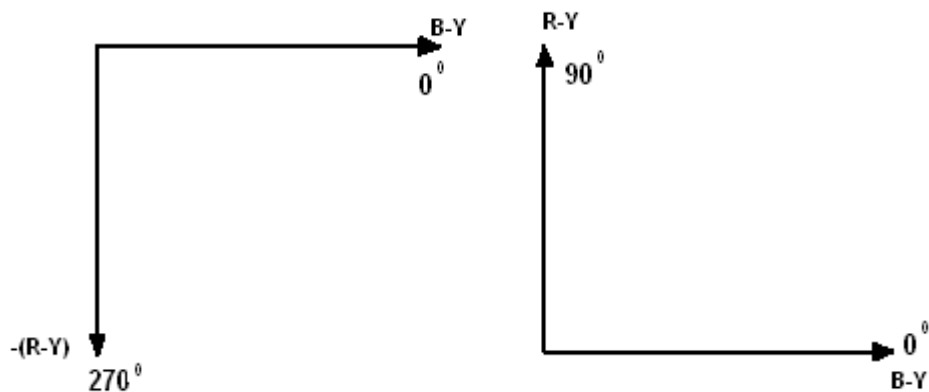
Τα σήματα V και U βρίσκονται σε 90° διαφορά φάσης με προπόροια του V έναντι του U.

Παρακάτω φαίνεται το διανυσματικό διάγραμμα των V και U σε σχέση με τα βασικά χρώματα R,G,B σε σχέση με τα συμπληρωματικά μωβ, γαλάζιο, κίτρινο και σε σχέση με τις χρωματικές διαφορές R-Y και B-Y.



Σχήμα 2.8.1 Θέση των σημάτων V και U στον χρωμικό κύκλο του NEWTON.

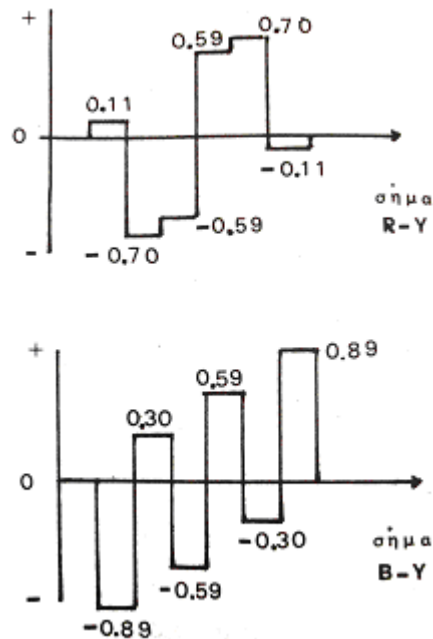
Ανάλογα με τη διαρευνούμενη απόχρωση της κάθε γραμμής σάρωσης οι χρωματικές διαφορές R-Y και B-Y μπορεί να λάβουν είτε θετική είτε αρνητική τιμή $\pm(R-Y)$ και $\pm(B-Y)$ πάντοτε όμως θα διαφέρουν κατά 90° . Η φέρουσα συχνότητα $F_{CHR} = 4,43 \text{ MHz}$ για μια γραμμή σάρωσης, έστω L διαμορφώνεται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



Σχήμα 2.8.2 Θέση των σημάτων V και U για δύο διαδοχικές γραμμές.

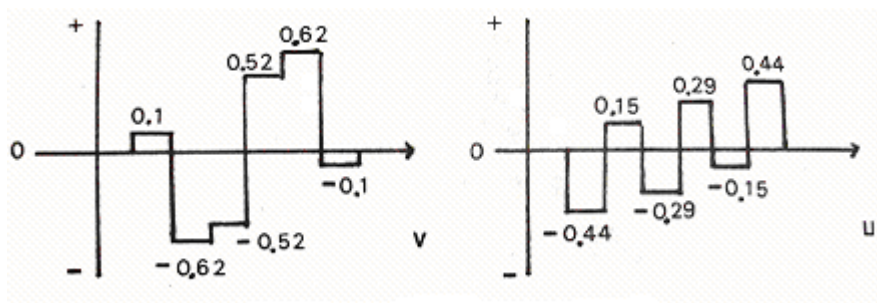
Έτσι μεταβάλλεται η φάση του σήματος R-Y (ουσιαστικά μεταβάλλεται η φάση της χρωμοφέρουσας F_{CHR}) κατά 180° από γραμμή σε γραμμή.

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



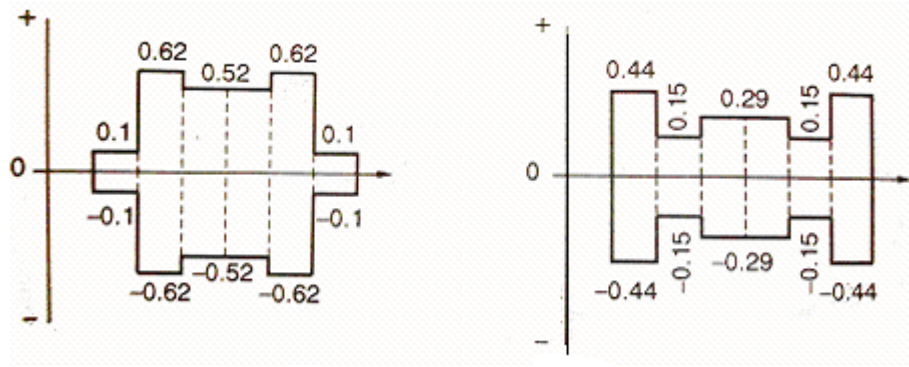
Σχήμα 2.8.3 Τα σήματα R-Y (πάνω) και B-Y (κάτω).

Μετά την συμπίεση των (R-Y) και (B-Y) βάση των σχέσεων $V = 0,877(R-Y)$ και $U = 0,493(B-Y)$ θα είναι:



Σχήμα 2.8.4 Τα σήματα R-Y και B-Y συμπεσμένα.

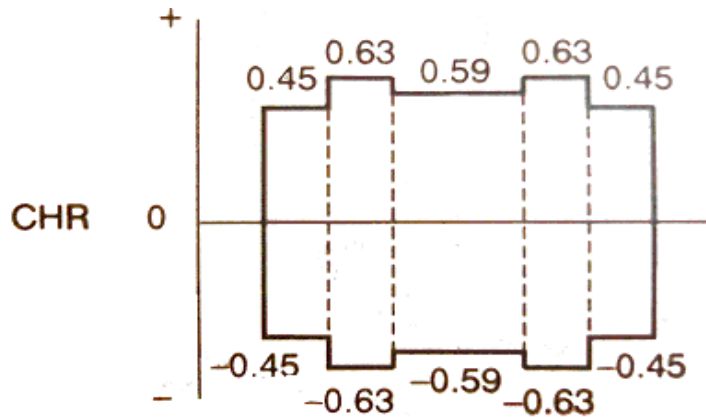
Μετά την διαμόρφωση τα διαμορφωμένα σήματα V και U θα είναι:



Σχήμα 2.8.5 Τα σήματα R-Y και B-Y διαμορφωμένα.

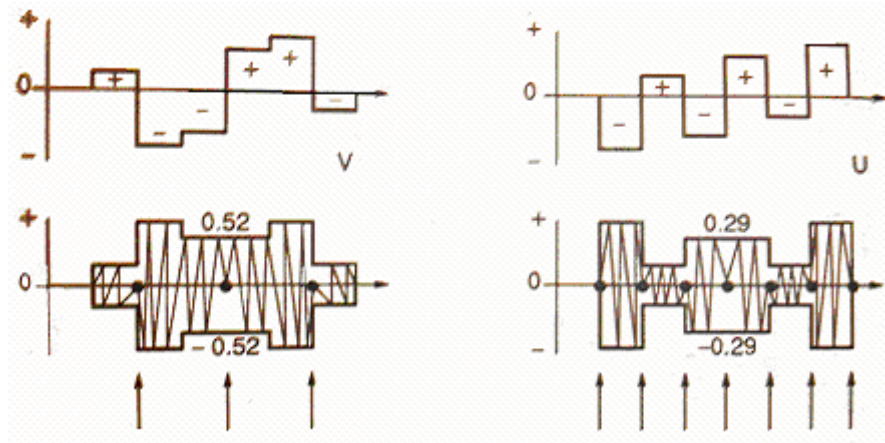
2.9 Παραγωγή του σήματος χρωμικότητας (chrominance).

Αν τώρα αθροίσουμε διανυσματικά τα δυο σήματα V και U που απέχουν 90^0 μεταξύ τους θα πάρουμε τη συνισταμένη τους $F = \sqrt{V^2 + U^2}$ που θα την ονομάσουμε σήμα CHROMINANCE. Το σήμα CHROMINANCE στο PAL φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.9.1 Το σήμα CHROMINANCE στο PAL.

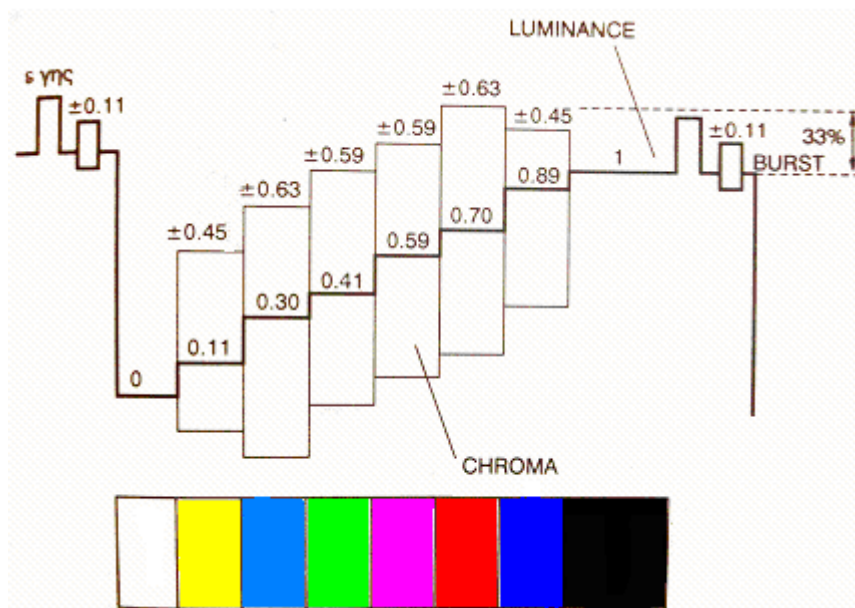
Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται η μεταβολή της φάσης της χρωμοφέρουσας σε συνάρτηση με τη μεταβολή της τιμής των σημάτων V και U.



Σχήμα 2.9.2 Μεταβολή της φάσης του CHROMINANCE.

2.10 Παραγωγή του σύνθετου έγχρωμου τηλεοπτικού σήματος.

Αν τώρα αθροίσουμε το σήμα CHROMINANCE (πρώτο σχήμα της προηγούμενης παραγράφου), με το σήμα φωτεινότητας Y θα προκύψει το σύνθετο έγχρωμο οπτικό σήμα (**COLOUR COMPOSITE VIDEO SIGNAL CCVS**).

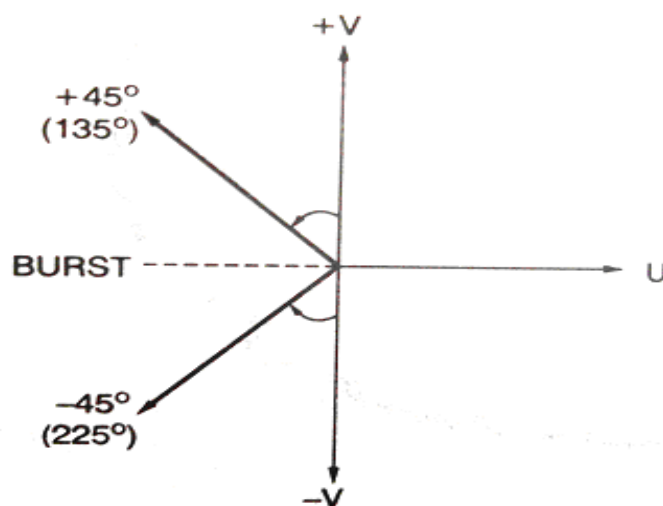


Σχήμα 2.10.1 Το σήμα CCVS στο PAL.

Η υπερδιαμόρφωση 33% θεωρείται ανεκτή με τη βοήθεια των διαμορφωμένων σημάτων V και U ενώ με τη χρήση απευθείας διαμόρφωσης των σημάτων R-Y και B-Y η υπερδιαμόρφωση θα ήταν μεγαλύτερη. Το CCVS θα έχει τιμή $CCVS = Y \pm V \sin \omega t + U \eta \mu \omega t$.

2.11 Το σήμα BURST.

Στη διαδικασία της διαμόρφωσης της χρωμοφέρουσας από τα σήματα V και U η χρωμοφέρουσα $F_{CHR}=4,43$ MHz δεν εκπέμπεται. Στη λήψη κατά τη διαδικασία της αποδιαμόρφωσης θα πρέπει να αναπαραχθεί η χρωμοφέρουσα 4,43 MHz πιστά κατά συχνότητα και φάση όπως ακριβώς στο κωδικοποιητή. Επειδή όμως στο σύνθετο έγχρωμο σήμα δεν έχουμε καμιά πληροφορία για την ακριβή συχνότητα και φάση του φέροντος, ώστε να υπάρχει χρωμοσυγχρονισμός (κωδικοποιητή-αποκωδικοποιητή) των αλλαγών του φέροντος για το σήμα V (κατά 180^0) από γραμμή σε γραμμή σάρωσης, γι' αυτό εκπέμπουμε μαζί με το CCVS ένα μικρό δείγμα (10 περίπου κύκλοι) του φέροντος 4,43 MHz στον οπίσθιο μαύρο αναβαθμό του παλμού αμαύρωσης γραμμής (Back door Blanking Pulse) και που το ονομάζουμε σήμα <<Βολής>> ή BURST SIGNAL. Αυτό το μικρό σήμα, σκοπό έχει να συγχρονίζει κατά συχνότητα και φάση τον ταλαντωτή 4,43 MHz του αποκωδικοποιητή με αυτόν του κωδικοποιητή. Εκπέμπεται σε γραμμή σάρωσης και παρακολουθεί τη μεταβολή της φάσης του φέροντος που διαμορφώνεται από το σήμα V. Βρίσκεται δε σε $\pm 45^0$ διαφορά φάσης από το σήμα V όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.11.1 Θέση του σήματος BURST για δυο διαδοχικές γραμμές.

Αν σε μια γραμμή σάρωσης το φέρον 4,43 MHz διαμορφώνεται από το σήμα +V με φάση 90^0 τότε το BURST θα έχει φάση $90^0+45^0=135^0$. Στην επόμενη γραμμή σάρωσης η φάση του φέροντος 4,43MHz αλλάζει κατά 180^0 οπότε το σήμα V θα βρίσκεται στις 270^0 και το σήμα BURST θα έχει φάση $270^0-45^0=225^0$ [3].

3. Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε για το πως προκύπτει η ανάγκη αξιολόγησης του τηλεοπτικού σήματος καθώς και τα όργανα που χρησιμοποιούμε προκειμένου να πραγματοποιήσουμε αυτή την διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα θα περιγράψουμε την σωστή συνδεσμολογία που πραγματοποιούμε για να πάρουμε τις σωστές μετρήσεις και θα αναλύσουμε τις παραμέτρους ελέγχου του κάθε οργάνου. Επιπλέον με την βοήθεια κάποιων παραδειγμάτων θα παρατηρήσουμε πως πραγματοποιούνται οι μετρήσεις και από τα δύο όργανα, για να κατανοήσουμε έτσι καλύτερα τον τρόπο που αξιολογούμε το τηλεοπτικό σήμα. Στο τέλος του κεφαλαίου θα περιγράψουμε την διαδικασία του 'white και του black balance', που είναι σημαντική στην αξιολόγηση του τηλεοπτικού σήματος ως προς την κατανομή των χρωμάτων, και η οποία θα μας χρειαστεί στο επόμενο κεφάλαιο.

3.1 Πως προκύπτει η ανάγκη αξιολόγησης του σήματος εικόνας.

Όπως ξέρουμε ή εικόνα της τηλεόρασης μεταφέρεται σαν ηλεκτρικό σήμα. Αυτό το σήμα μεταφέρεται από το ένα μέρος στο άλλο, μέσο ομοαξονικών καλωδίων (coax cables) ή μέσο της ραδιοσυχνότητας (RF). Κατά μήκος της διαδρομής πρέπει να περάσει μέσα από διάφορα είδη εξοπλισμού όπως video recorders, μηχανήματα montaz, γεννήτριες, κονσόλες ρύθμισης εικόνας ή μεταδότες. Κάθε μορφή μηχανήματος μπορεί να αλλάξει ή να αλλοιώσει το σήμα σε ανεπιθύμητα επίπεδα. Από την στιγμή που η ποιότητα της εικόνας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του σήματος, είναι σημαντικό να εντοπιστούν και να διορθωθούν οι αλλοιώσεις αυτές. Το σήμα πρέπει να είναι σωστό πριν την εικόνα. Πολλοί τεχνικοί επαφίονται στην εικόνα ενός monitor, προκειμένου να αξιολογήσουν και να ελέγξουν την εικόνα ενός σήματος video. Καταρχήν, δεν είναι πάντα εμφανής η οποιαδήποτε βλάβη της εικόνας σ' ένα monitor. Κάποια μικρά προβλήματα μπορεί να περάσουν απαρατήρητα. Για παράδειγμα ένα σήμα video που φαίνεται οριακά στην οθόνη του monitor, μπορεί να βγάλει μια φαινομενικά καλή εικόνα. Αυτό το γεγονός όμως εγκυμονεί κινδύνους, κατά την μετάβαση του σήματος από τα διάφορα στάδια παραγωγής προσπαθώντας να προσαρμοστεί στις διαφορετικές δυναμικές του κάθε μηχανήματος. Έτσι μπορεί να καταλήξουμε σε δυσάρεστες εκπλήξεις όπως την

αποκοπή ενός μέρους του σήματος, όπου η διόρθωση μπορεί να είναι αρκετά χρονοβόρα διαδικασία. Ο παλμογράφος εικόνας (waveform monitor) είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για να μετρήσει την φωτεινότητα ή την λαμπρότητα της εικόνας καθώς και την ψηλή συχνότητα του σήματος της χρωμικότητας. Ένα άλλο όργανο που χρησιμοποιείται για τον ποιοτικό έλεγχο της χρωμικότητας του σήματος video, είναι ο διανυσματογράφος (vectorscope) το οποίο έχει εφαρμογή σε πιο πολύπλοκα συστήματα. Αυτό το όργανο μπορεί να το συναντήσουμε ξεχωριστά ή σαν μια διαφορετική λειτουργία του παλμογράφου εικόνας. Όταν η χρήση αυτών των οργάνων πραγματοποιείται σωστά, μπορούμε να εντοπίσουμε τα προβλήματα στο σήμα πριν γίνουν προβλήματα στην εικόνα. Παρακάτω φαίνονται τα δύο όργανα, τα οποία πολύ συχνά μπορεί να τα συναντήσουμε σε ένα μηχάνημα.



Σχήμα 3.1.1 Το όργανο μέτρησης της στάθμης του σήματος είναι ο παλμογράφος (αριστερά) και το όργανο μέτρησης του πλάτους της χρωμικότητας και της φάσης των χρωματοδιαφορών είναι ο διανυσματογράφος (δεξιά).

3.2 Η συνδεσμολογία μιας σωστής εγκατάστασης αξιολόγησης του σήματος εικόνας.

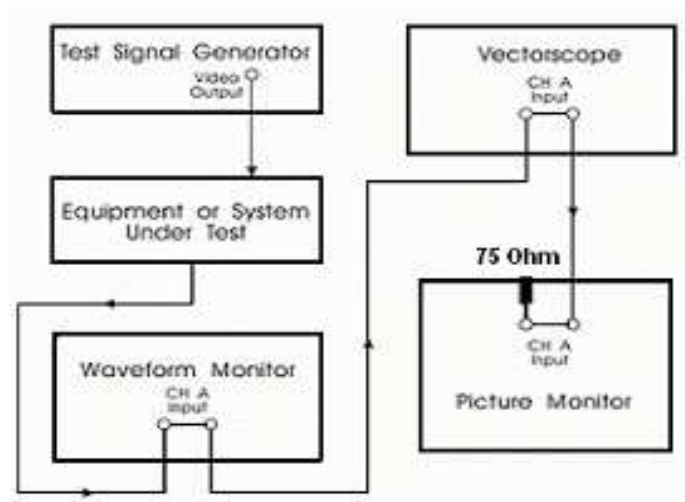
θα πρέπει να πούμε πως ο έλεγχος που πρέπει να πραγματοποιηθεί, βασίζεται στην αρχή της εφαρμογής του σήματος στην είσοδο οποιουδήποτε μηχανήματος επεξεργασίας video, (μηχανήματα καταγραφής, μοντάζ) και παρατηρώντας την έξοδο. Οποιοδήποτε πρόβλημα που δημιουργείται παρατηρείται και μετριέται στην έξοδο. Πρέπει να τονίσουμε πως ο παλμογράφος εικόνας δεν επεμβαίνει στο σήμα μας αλλά απλά το απεικονίζει. Αν παρατηρήσουμε κάποια ανωμαλία στο σήμα μας θα πρέπει να προβούμε στις απαραίτητες ρυθμίσεις μέσω του συγκεκριμένου μηχανήματος είτε είναι κάμερα, tape recorder ή κάποιο μηχάνημα μοντάζ. Το θέμα είναι πως εάν το σήμα που δοκιμάζουμε (test signal) περάσει από την είσοδο στην έξοδο χωρίς ουσιαστικά προβλήματα, μπορεί να περάσει και το σήμα εικόνας. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος να αξιολογηθεί ένας εξοπλισμός video είναι ένα καλά καθορισμένο, σταθερό σήμα του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι γνωστά και αφορά το σήμα με τις ‘μπάρες’ (color bars παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 3.2.1 Το σήμα δοκιμής είναι οι γνωστές μπάρες.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να πούμε λίγα λόγια για τις ‘μπάρες’. Σαν σήμα δοκιμής, οι μπάρες είναι σχεδιασμένες για να χρησιμοποιούνται σαν αναφορά για την ρύθμιση διαφόρων μηχανημάτων αναπαραγωγής και των ‘monitor’. Ένα κανονικό σήμα video δεν περιέχει τις στάθμες που υπάρχουν στις μπάρες, διότι είναι σχεδιασμένες να καταδεικνύουν τα όρια του σήματος (την υψηλότερη και χαμηλότερη στάθμη φωτεινότητας, την υψηλότερη και χαμηλότερη στάθμη χρωμικότητας). Το παρακάτω σχήμα μας κατατοπίζει ως προς την συνδεσμολογία

που πρέπει να πραγματοποιήσουμε όταν οποιοδήποτε μηχάνημα συνδέεται με μια εξωτερική γεννήτρια σήματος.[5]



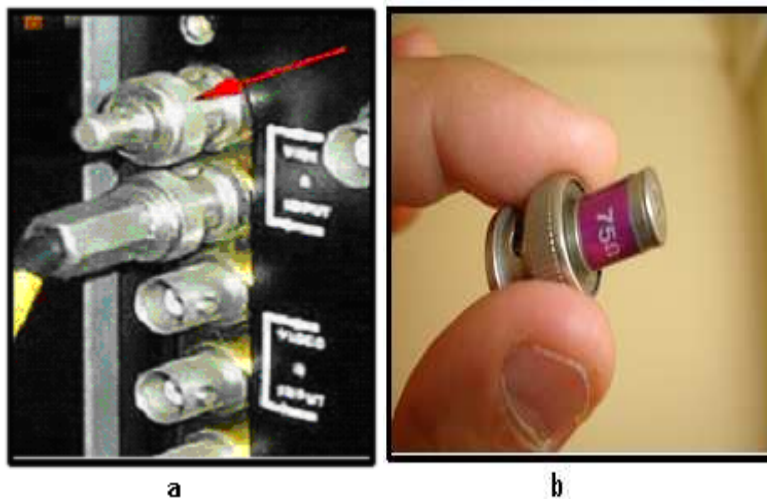
Σχήμα 3.2.2 Η σωστή συνδεσμολογία που πραγματοποιείται όταν χρησιμοποιείται γεννήτρια σήματος.

Πρέπει να αναφέρουμε, ότι όταν το σήμα δοκιμής (color bars), πηγαίνει μέσα από το μηχάνημα που είναι υπό δοκιμή, στον παλμογράφο, μπορούμε να δημιουργήσουμε έναν βρόγχο κατευθείαν (loop through) στον διανυσματογράφο(vectorscope). Χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο, μπορούμε να δημιουργήσουμε πάλι έναν βρόγχο κατευθείαν στο 'monitor'. Αυτή η μέθοδος μας επιτρέπει να παρακολουθούμε το σήμα όταν περνάει από όλες τις διατάξεις που χρησιμοποιούμε. Η σειρά κατά την οποία τα όργανα συνδέονται μεταξύ τους, δεν μας απασχολεί αρκεί τα καλώδια που χρησιμοποιούνται να είναι κοντά. Τα ομοαξονικά καλώδια συνήθως έχουν απώλειες στο σήμα με επιπτώσεις στο πλάτος του. Όταν πρόκειται για λίγα μέτρα αυτές οι απώλειες είναι της τάξης του 1% ή λιγότερο, και αγνοείται. Για μεγαλύτερα καλώδια ή όταν απαιτείται περισσότερη ακρίβεια στις μετρήσεις μας, οι απώλειες πρέπει να παίρνονται στα σοβαρά και να χρησιμοποιείται ενισχυτής. Οι απώλειες όμως δεν μόνο θέμα καλωδίων, αλλά και κατάλληλου φορτίου στο τέρμα της διαδρομής του σήματος. Πρέπει πάντα να φροντίζουμε το σήμα να τερματίζεται στο κατάλληλο φορτίο. Αν η διαδρομή του σήματος μείνει χωρίς φορτίο, δηλαδή στο παραδειγμά μας ύστερα από τον βρόγχο που δημιουργούμε στον διανυσματογράφο ,οδηγηθεί στο 'monitor' χωρίς την αντίσταση των 75 Ohm στο τέρμα, πολλά προβλήματα μπορούν να προκύψουν. Το πιο προφανές θα είναι η αλλαγή στο πλάτος του σήματος και στην προκειμένη περίπτωση που έχουμε να κάνουμε με την εικόνα, το πλάτος επηρεάζει

την φωτεινότητα του σήματος.[5] Η εικόνα μας δηλαδή θα είναι υπερφωτισμένη. Αυτό σημαίνει ότι τα άσπρα θα είναι πάνω από το 100 (IRE) της κλίμακας του παλμογράφου και τα μαύρα πάνω από το 0 για το PAL, 0,7 για το NTSC. Η αύξηση του πλάτους εξαρτάται επίσης και από την αντίσταση της πηγής. Αν χρησιμοποιήσουμε μια αντίσταση τερματισμού, η οποία είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση της πηγής (περίπου το διπλάσιο), το πλάτος θα ελλατωθεί περίπου στο ένα τρίτο της πηγής. Ποτέ δεν πρέπει να προβαίνουμε σε διορθώσεις στο πλάτος του σήματος, προκειμένου να επανορθώσουμε για το μη ταίριασμα των αντιστάσεων, αν πρώτα δεν έχουμε φροντίσει να εξασφαλίσουμε σωστή προσαρμογή στις αντιστάσεις. Επιπλέον αν δεν υπάρχει σωστή προσαρμογή στις αντιστάσεις, δημιουργούνται προβλήματα με την συχνοτική απόκριση η οποία θα διαφέρει από σημείο σε σημείο κατά μήκος της διαδρομής του σήματος. Έχει παρατηρηθεί πως οι υψηλές συχνότητες έχουν περισσότερη μείωση στο πλάτος τους σε σχέση με τις χαμηλές όταν μεταφέρονται μέσω καλωδίων, και δεν βλέπουν το κατάλληλο φορτίο. Όταν δεν υπάρχει προσαρμογή μεταξύ της αντίστασης της πηγής και της αντίστασης φορτίου, η ισχύς δεν μεταφέρεται σωστά διότι το κάθε κύκλωμα σχεδιάζεται για να λειτουργεί σε μια συγκεκριμένη αντίσταση φορτίου. Για παράδειγμα ένας ραδιομεταδότης πρέπει να μεταδίδει ισχύ σε μια κεραία μέσω μιας αντίστασης φορτίου, που θα είναι η κατάλληλη, αλλιώς θα καταστραφεί. Ένας ενισχυτής μπορεί εύκολα να υποστεί βλάβη, αν συνδέεται σε ηχεία με ακατάλληλη αντίσταση φορτίου. Αυτό που συμβαίνει στην ουσία είναι πως η μη σωστή προσαρμογή της αντίστασης, αντανακλά μέρη του σήματος πίσω στο καλώδιο και με κατεύθυνση προς την πηγή. Αυτά τα ανακλώμενα κύματα του σήματος δημιουργούν στάσιμα κύματα τα οποία υφίστανται ανάλογα με την ενέργεια της πηγής. Το ποσοστό του σήματος που χάνεται με αυτόν τον τρόπο εξαρτάται από την συχνότητα και το μήκος του καλωδίου. Αυτό το γεγονός μπορεί να προκαλέσει χάος διότι το σήμα video δεν αποτελείται από μια συχνότητα αλλά από πολλές που εκτείνονται σε ένα μεγάλο εύρος. Η αντίσταση που χρησιμοποιείται συνήθως, φαίνεται στις παρακάτω εικόνες. Υπάρχουν τρεις τρόποι κατά τους οποίους, τερματίζεται η διαδρομή ενός σήματος:

- Μερικά όργανα έχουν μια μονή είσοδο η οποία έχει ένδειξη ότι μπορεί να λειτουργήσει και σαν τερματικό. Δηλαδή μπορούμε να συνδέσουμε ένα τέτοιο όργανο στο τέλος της διαδρομής του σήματος, αλλά δεν μπορούμε να δημιουργήσουμε βρόγχο από'κει σε κάποιο άλλο όργανο.

- Κάποια άλλα όργανα έχουν δύο εισόδους, και έναν διακόπτη μέσω του οποίου μπορούμε να επιλέξουμε αν θα δημιουργήσουμε βρόγχο ή θα τερματίσουμε το σήμα μας. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να συνδέσουμε ένα τέτοιο όργανο οπουδήποτε σε μια διαδρομή σήματος, αρκεί να χρησιμοποιήσουμε σωστά τον διακόπτη, ανάλογα με την χρήση (είτε Hi-Z για βρόγχο ή 75 Ohm για τερματισμό στο τέλος της γραμμής).
- Άλλα όργανα έχουν απλά δύο εισόδους χωρίς να υπάρχει ένδειξη ότι μια από αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά σαν τερματικό. Μπορούμε να συνδέσουμε ένα τέτοιο όργανο οπουδήποτε στην γραμμή του σήματος. Αν όμως το συνδέσουμε στο τέλος της γραμμής θα πρέπει να βάλουμε μια αντίσταση 75 Ohm στην είσοδο που δεν χρησιμοποιούμε.



Σχήματα 3.2.3 (a),(b) Η αντίσταση τερματισμού για το σήμα εικόνας είναι συνήθως 75 Ohm.

3.3 Ο Παλμογράφος (Waveform monitor) και οι παράμετροι ελέγχου.

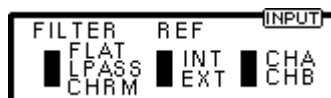
Για να μετρήσουμε – αξιολογήσουμε ένα τηλεοπτικό σήμα, χρησιμοποιούμε κάποιους εξειδικευμένους παλμογράφους που ονομάζονται waveform monitors. Με αυτούς μπορούμε να μετρήσουμε μεγέθη όπως το πλάτος ενός σήματος ή παλμού ή τη χρονική διάρκεια των παλμών. Παρακάτω φαίνεται η πρόσοψη ενός WFM.[8]



Σχήμα 3.3.1 Η πρόσοψη του παλμογράφου εικόνας

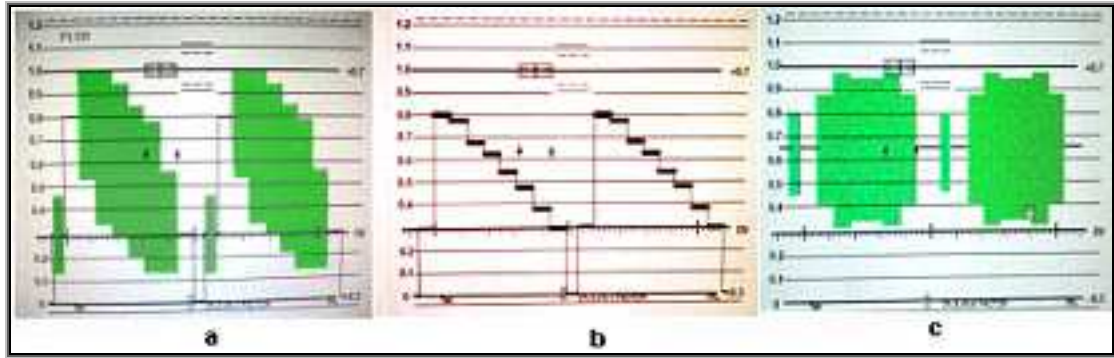
Ένας WFM αυτομάτως σκανδαλίζεται από τους παλμούς συγχρονισμού του τηλεοπτικού σήματος και μας παρέχει ένα διάγραμμα όπου στον οριζόντιο άξονα είναι ο χρόνος και στον κατακόρυφο είναι η τάση.

Ένας WFM μπορεί να μας παρουσιάσει ξεχωριστά το σήμα φωτεινότητας και ξεχωριστά το σήμα της χρωμικότητας. Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται μέσω του επιλογέα **FILTER**. [8]



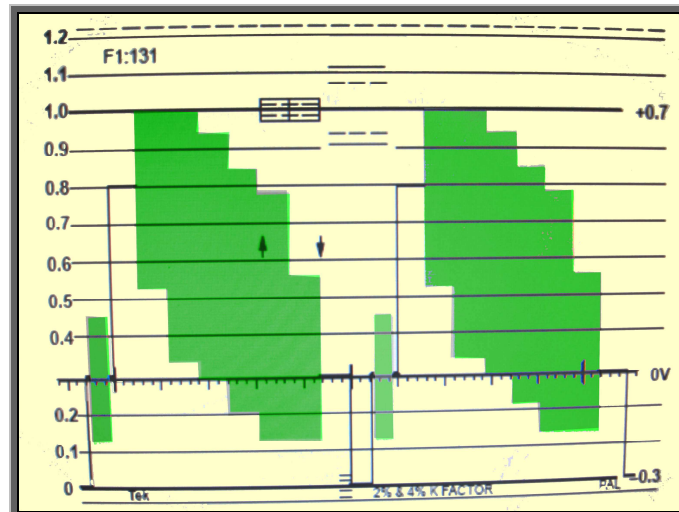
Σχήμα 3.3.2 Το πλαίσιο input με τους διακόπτες επιλογών του filter του reference και των καναλιών A και B.

Μετακινώντας τον επιλογέα στην ένδειξη ‘LPASS’ η οθόνη μας δείχνει το σήμα φωτεινότητας και στην ένδειξη ‘FLAT’ η οθόνη μας παρουσιάζει και τα δύο σήματα μαζί (φωτεινότητα και χρωμικότητα). Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την οθόνη ενός WFM σε σήμα color bars (μπάρες), όταν ο επιλογέας **FILTER** είναι α) στο **FLAT**, β) στο **LPASS** και γ) στο **CHRM**.



Σχήμα 3.3.3 Η εικόνα στην οθόνη του παλμογράφου, όταν ο επιλογέας **FILTER** είναι στο (α) **FLAT**, (b) **LPASS** και (c) στο **CHRM**.

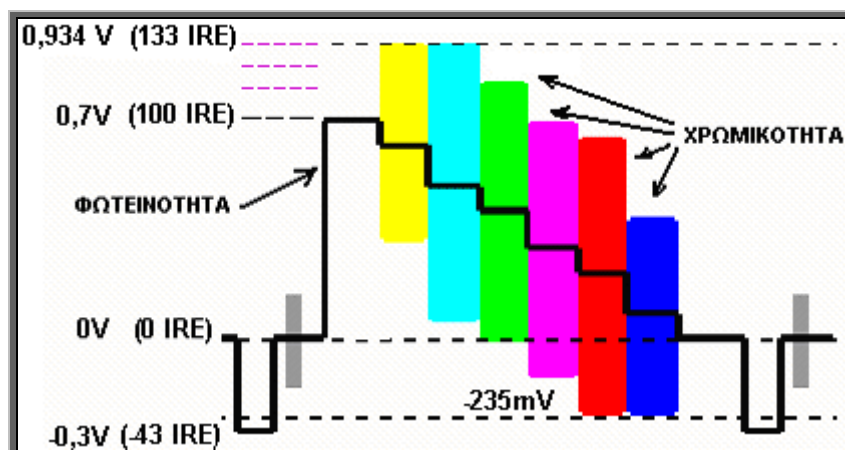
Η εικόνα που παίρνουμε, όταν ο επιλογέας **FILTER** είναι στο **FLAT**, μας παρουσιάζει μια κυματομορφή, η οποία προκύπτει από τις γνωστές πλέον μπάρες και αποτελείται από το σήμα φωτεινότητας (luminance) και από το σήμα υψηλής συχνότητας που περιέχει την χρωματική πληροφορία και είναι το σήμα χρωμικότητας (chrominance). Η φωτεινότητα και η χρωμικότητα προστίθενται μαζί και μας δίνουν την συνολική κυματομορφή η οποία φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το σήμα φωτεινότητας είναι μια σειρά από επίπεδα τάσεων, οι οποίες καθορίζουν το ποσοστό φωτεινότητας σε κάθε εικόνα. [6]



Σχήμα 3.3.4 Η εικόνα όταν εφαρμόσουμε τις μπάρες στην είσοδο και ο διακόπτης του **FILTER** είναι στο **FLAT**.

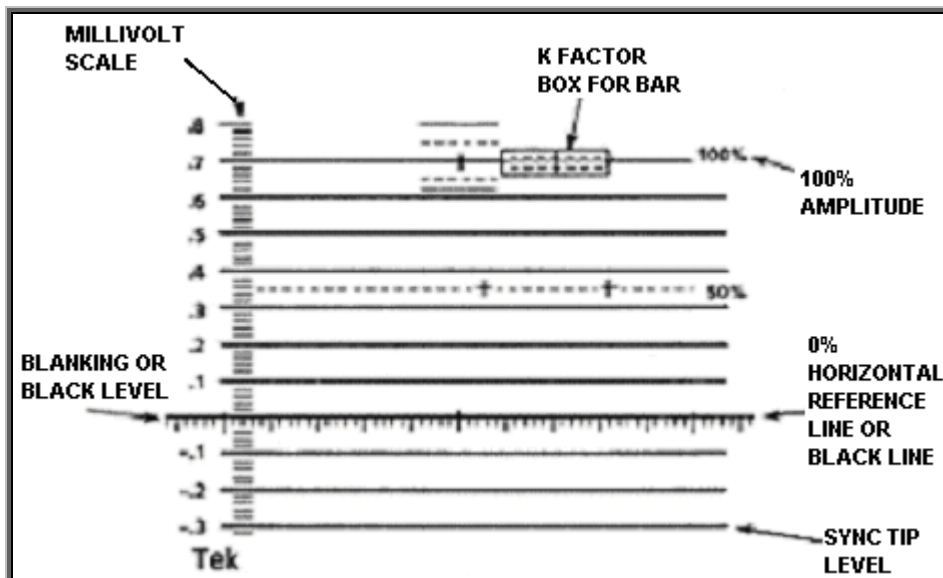
Κάθε χρώμα στις μπάρες, κατέχει και διαφορετικό επίπεδο φωτεινότητας, για αυτό οι μπάρες σχηματίζονται από επίπεδα από το πιο υψηλό στο πιο χαμηλό (άσπρο,

κίτρινο, κυανό, πράσινο, ματζέντα, κόκκινο, μπλέ, και μαύρο). Παρατηρούμε επίσης, πως το πλάτος peak-to-peak του σήματος χρωμικότητας αλλάζει από μπάρα σε μπάρα. Η πρώτη μπάρα, όντως η άσπρη, δεν περιέχει χρωμικότητα. Όλες οι υπόλοιπες περιέχουν το σωστό πλάτος χρωμικότητας, για να παράγουν 100% κορεσμένα χρώματα. Επίσης η τελευταία μπάρα (μαύρο), πάλι δεν περιέχει χρωμικότητα. Πρέπει να αναφέρουμε πως οι μπάρες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το πλάτος τους. Σε αυτές που έχουν μέγιστο πλάτος (100% amplitude) και σε αυτές με μειωμένο πλάτος (75% amplitude). Το σχήμα 3.3.5 αφορά τις μπάρες με μειωμένο πλάτος 75%, για αυτό και η στάθμη της άσπρης μπάρας πέφτει στο 0,7V ως προς την φωτεινότητα (χρωμικότητα δεν έχει), και η χρωμικότητα της κίτρινης και της γαλάζιας πάνω στο 1,0V. Αν χρησιμοποιούσαμε μπάρες με πλάτος 100%, η στάθμη της λευκής μπάρας ως προς την φωτεινότητα θα έπεφτε πάνω στο 1,0V όπως μπορούμε να καταλάβουμε στο παρακάτω σχήμα και η χρωμικότητα της κίτρινης και της γαλάζιας θα ξεπερνούσαν το 1,0V.



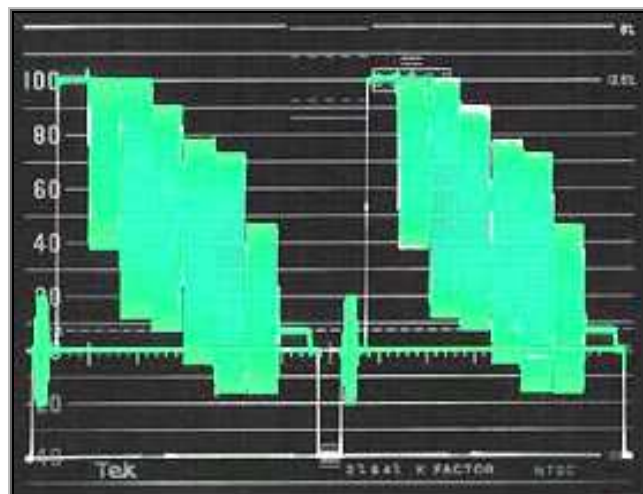
Σχήμα 3.3.5 Το σήμα μιας γραμμής στο PAL με το σήμα συγχρονισμού και τα επιτρεπτά πλάτη όταν παίρνουμε σαν είσοδο μπάρες.

Θα πρέπει πάντα να χρησιμοποιούμε μπάρες με 75% πλάτος, διότι οι μπάρες με 100% πλάτος περιέχουν σήματα τα οποία μπορεί να είναι σε πολύ υψηλές στάθμες για να περάσουν από ένα σύστημα χωρίς αλλοιώσεις. Άλλωστε οι κλίμακες μέτρησης του PAL, σε πολλούς παλμογράφους δεν ξεπερνάνε το 0,8V όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.3.6 Η κλίμακα που χρησιμοποιείται για μετρήσεις του σήματος εικόνας στο PAL.

Στο παρακάτω σχήμα παίρνουμε την απεικόνιση του παλμογράφου στην κλίμακα IRE. Εδώ η στάθμη της φωτεινότητας του άσπρου πέφτει πάνω στο 100IRE, ενώ η στάθμη της φωτεινότητας του μαύρου πέφτει περίπου στο 7,5 IRE, όπου υπάρχει η κατάλληλη διαβάθμιση με την διακεκομμένη γραμμή.[8]



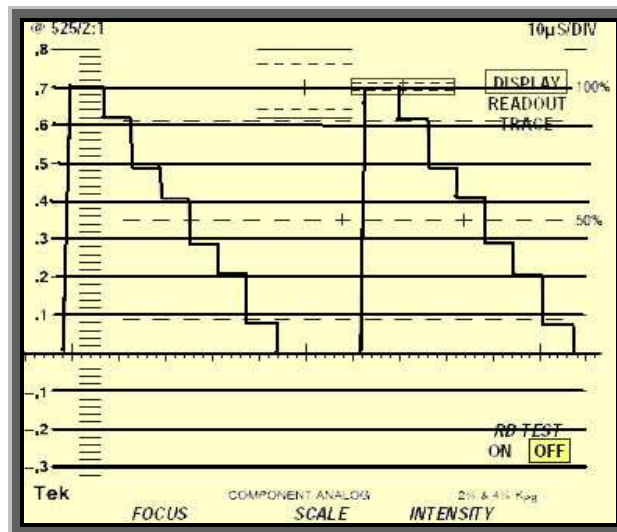
Σχήμα 3.3.7 Οι μπάρες με 75% πλάτος που μετριοούνται στην κλίμακα IRE.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο διακόπτης από τον οποίο επιλέγουμε το πλάτος για τις μπάρες.



Σχήμα 3.3.8 Το πλαίσιο ελέγχου του GAIN με τον διακόπτη του πλάτους 75% και 100% για τις μπάρες.

Το σήμα Luminance στο σύστημα PAL μπορεί να φτάσει σε πλάτος τα 0,7 Volt. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση του λευκού. Μαζί με το σήμα συγχρονισμού το οποίο είναι 0,3 Volt, μας δίνει ένα συνολικό πλάτος σήματος peak to peak 1 Volt (από το κατώτερο σημείο του παλμού συγχρονισμού έως το ανώτερο σημείο του σήματος φωτεινότητας). Στο παρακάτω σχήμα είναι ενεργοποιημένο το LPASS filter και παρουσιάζεται το σήμα φωτεινότητας στις μπάρες με 75% πλάτος. Αν επιλέγαμε μπάρες με 100% πλάτος, η άσπρη μπάρα θα άγγιζε το 1,0V. Για να πραγματοποιήσουμε ρύθμιση στο επίπεδο του μαύρου, φροντίζουμε ώστε η στάθμη του μαύρου να συμπέσει πάνω στην γραμμή του κύριου άξονα, δηλαδή στο 0, ενώ τα άσπρα που είναι κορεσμένα 100% να αντιστοιχούν στο 1,0V.



Σχήμα 3.3.9 Η εικόνα όταν εφαρμόσουμε μπάρες στην είσοδο και ο διακόπτης του filter είναι στο LPASS

Σε κάποια WFM, όπως αναφέραμε, ο κατακόρυφος άξονας έχει διαβαθμίσεις από το -43 έως το 133. Οι διαβαθμίσεις από -43 έως 133 αφορούν μια κλίμακα που καθιερώθηκε από τους ραδιοηλεκτρολόγους γι'αυτό και κάποιοι παλμογράφοι στηρίζονται σε αυτήν την κλίμακα (IRE). Εδώ το 100 (IRE) αντιστοιχεί με τα 0,7Volt, το 133 (IRE) με τα 0,934 Volt και το -43 (IRE) με τα -0,3Volt. Δηλαδή σ'ένα τέτοιο WFM θα πρέπει το σήμα Luminance να είναι από το 0 έως το 100(IRE) ή -0,3

εώς 0,7Volt, ο παλμός συγχρονισμού από 0 έως 0,3Volt και το σήμα της φωτεινότητας μαζί με την χρωμικότητα, να είναι εώς το 0,934Volt (133 IRE). Στο σχήμα 3.3.5 φαίνεται το σήμα μιας γραμμής στο PAL με το σήμα συγχρονισμού και τα επιτρεπτά πλάτη.

Παρακάτω θα αναφέρουμε τον όρο 'blanking'. Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει την τάση ενός σήματος video κατά την διάρκεια των περιόδων οριζόντιας και κάθετης σάρωσης. Το επίπεδο αυτό βρίσκεται πάνω στο 0 (IRE) και αντιπροσωπεύει το απόλυτο μαύρο. Για παράδειγμα ένα τέτοιο μαύρο πετυχαίνουμε όταν κλείνουμε τους φακούς μπροστά προκειμένου να πραγματοποιήσουμε 'black balance' (θα εξηγήσουμε τι σημαίνει στην παρακάτω ενότητα.). Έτσι φροντίζουμε τα μαύρα σε μια εικόνα, να αγγίζουν ίσα ίσα το 0 (ισχύει για PAL). Για το NTSC, το επίπεδο του μαύρου πέφτει περίπου στο 7,5 IRE ενώ το επίπεδο 'blanking' πάνω στο 0. Για το PAL επίπεδο 'blanking' και μαύρου είναι το ίδιο πράγμα. Συνήθως υπάρχει μια μικρή διαβάθμιση, για να μας θυμίσει που πρέπει να πέφτει το μαύρο.

Δύο είδη μετρήσεων πλάτους είναι σημαντικά στο τηλεοπτικό σήμα:

1. Τα απόλυτα επίπεδα peak to peak πρέπει να είναι κατάλληλα ρυθμισμένα. Θα πρέπει το συνολικό σήμα μας να έχει μέγιστο πλάτος 1Volt από το κατώτερο σημείο του παλμού συγχρονισμού μέχρι το ανώτερο του σήματος φωτεινότητας.
2. Ο λόγος $\frac{Sync}{υπόλοιποσήμα}$ να είναι $\frac{3}{7}$.

Όταν λέμε υπόλοιπο σήμα εννοούμε από τον παλμό αμαύρωσης και μέχρι την κορυφή του λευκού.

Ο λόγος που είδαμε παραπάνω πρέπει να ελέγχεται με ακρίβεια. Επίσης και το πλάτος πρέπει να ελέγχεται με ακρίβεια γιατί τα τηλεοπτικά συστήματα δεν είναι σχεδιασμένα να χειρίζονται σήματα που αποκλίνουν πολύ από το 1Volt. Σήματα πολύ μεγαλύτερα θα αποκοπούν και σήματα πολύ μικρότερα θα χαθούν μέσα στο θόρυβο. Γενικά πρέπει να θυμόμαστε ότι εάν το σήμα φωτεινότητας ξεπεράσει τα 0,7 Volt (ή το 100 IRE για το NTSC), η εικόνα μου θα 'καεί', ενώ αν το σήμα μου πέσει κάτω από τα 0,0525Volt (ή 7,5 IRE για το NTSC), η εικόνα μου θα σκοτεινιάσει. Για παράδειγμα αναφέρουμε ότι οι τόνοι των προσώπων μας βρίσκονται στα 0,34Volt (ή στο 70 IRE), μια λευκή εικόνα με λεπτομέρεια θα πέφτει πάνω από 0,63Volt (ή πάνω από 90 IRE) και μια σκιερή περιοχή κάτω από τα 0,21Volt (ή κάτω από 30 IRE).

Ο παλμογράφος κανονικά συγχρονίζει την δέσμη του με το σήμα video που απεικονίζει. Αν δεν το κάνει, τότε στην περίπτωση που θα αλλάζουμε πηγή, θα

έχουμε πρόβλημα καθαρότητας της απεικόνισης. Για να το πετύχουμε αυτό, τοποθετούμε τον διακόπτη του **REF** στο **INT** (Σχήμα 4.3.2). Αν όμως θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε μια κονσόλα μίξης εικόνας, προκειμένου να δουλεύουμε με πολλές πηγές και εναλλάσσοντας την μια πηγή με την άλλη χρησιμοποιώντας ειδικά εφέ, τότε ο παλμογράφος πρέπει να είναι συγχρονισμένος με μια εξωτερική αναφορά συγχρονισμού (external sync), και η οποία μας δίνεται από μια γεννήτρια συγχρονισμού. Στην περίπτωση αυτή τοποθετούμε τον διακόπτη του **REF** στο **EXT**.

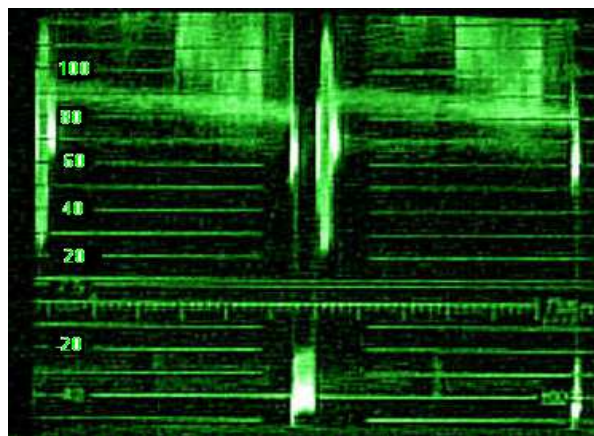
Μία βασική λειτουργία σ' ένα WFM είναι το **DC RESTORE**. Αυτό κρατά το σήμα video σ' ένα επίπεδο μιας συνεχούς τάσης DC. Αυτό εξασφαλίζει ότι το σήμα δεν θα μετακινηθεί κατακόρυφα. Το σήμα video επειδή είναι AC δηλαδή εναλλασσόμενο έχει την τάση να μετακινείται κατακόρυφα στην οθόνη του WFM προσπαθώντας να κεντραριστεί στην οθόνη. Αυτό δημιουργεί πρόβλημα αφού δεν μπορούμε να ελέγξουμε τα πλάτη στην οθόνη. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την χρήση του **DC RESTORE**. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε αυτή την δυνατότητα στο σημείο που αναφέρει **DC REST**. Το **DC RESTORE** κλειδώνει σε μία τάση π.χ. στο σήμα sync (συγχρονισμού). Το κύκλωμα ψάχνει για το σήμα sync που όπως έχουμε δει, αποτελεί μέρος του σήματος video, και αυτομάτως παγώνει την εικόνα του παλμογράφου σύμφωνα με αυτό, ανεξάρτητα από το πλάτος του σήματος σε peak-to-peak. Μετά από αυτή την διαδικασία, είναι απλό να χρησιμοποιηθεί το ποτενσιόμετρο του vertical position για να κεντραριστεί το σήμα με αναφορά το παλμό συγχρονισμού και το επίπεδο του 'blanking'. Στην επιλογή **SLOW** μπορούμε να δούμε βόμβους και άλλες χαμηλές συχνότητες μαζί με το σήμα μας. Στην επιλογή **FAST** οι χαμηλές συχνότητες φεύγουν και δεν προκαλούν παρεμβολή στο σήμα και στις μετρήσεις. Συνήθως ο διακόπτης **DC REST** είναι στην θέση **ON**.



Σχήμα 3.3.7 Το πλαίσιο ελέγχου του VERTICAL με τους διακόπτες των επιλογών του GAIN και του DC REST

Η επιλογή του **GAIN** έχει πολλές διαβαθμίσεις όπως είναι το ποτενσιόμετρο ελέγχου της έντασης του ήχου σ' έναν ενισχυτή. Προφανώς, το σήμα video, δεν λειτουργεί σαν τον ήχο, αλλά ανάλογα την ρύθμιση που θα πραγματοποιήσουμε θα

καταλαμβάνει λιγότερο ή περισσότερο στον κάθετο άξονα της οθόνης του παλμογράφου. Συνήθως, ο επιλογέας αποτελείται από δύο μέρη έναν διακόπτη που επιλέγει ανάμεσα στην κανονική κατάσταση και στην μεγέθυνση (**X5**), και ένα ποτενσιόμετρο με την ένδειξη (**VAR**). Στην κανονική κατάσταση, ο παλμογράφος λειτουργεί όπως ξέρουμε. Δηλαδή 1Volt του σήματος video τοποθετείται μεταξύ -40 και 100 αν ο παλμογράφος έχει διαγραμμίσεις σε (IRE). Στην μεγέθυνση (**X5**), το σήμα θα είναι 5 φορές μεγαλύτερο από το κανονικό. Το ποτενσιόμετρο με την ένδειξη (**VAR**), μας επιτρέπει να ελέγξουμε πόσο μεγάλο θα είναι το σήμα μας στην οθόνη. Αυτή την επιλογή την χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε σήματα των οποίων το πλάτος είναι πολύ μικρό και δεν φαίνονται καλά στην οθόνη (ήχος θορύβου βόμβοι ή πολύ χαμηλά σήματα video). Παρακάτω φαίνεται η εικόνα ενός παλμογράφου με το **GAIN** ενεργοποιημένο. Παρατηρούμε επίσης πως φαίνονται δυο γραμμές σάρωσης, με τον παλμό συγχρονισμού να τις χωρίζει.



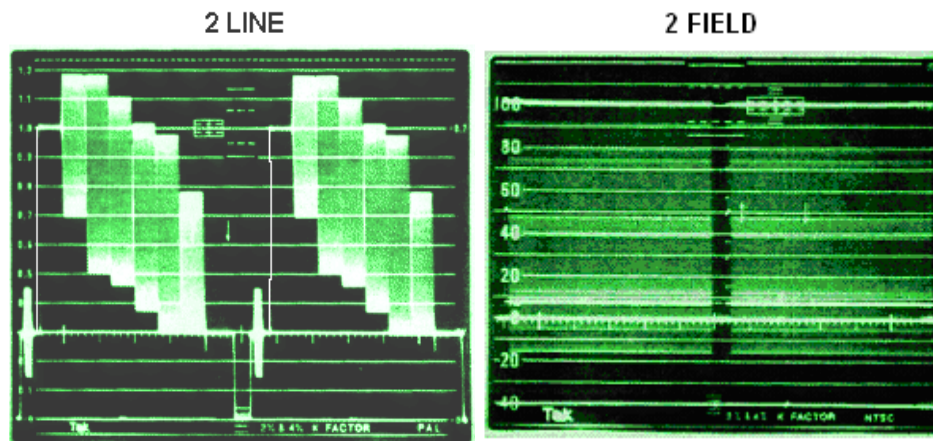
Σχήμα 3.3.8 Οι δύο γραμμές σάρωσης με τον παλμό συγχρονισμού να τις χωρίζει και το GAIN ενεργοποιημένο.

Επίσης υπάρχει ένα ποτενσιόμετρο που ελέγχει την θέση της κυματομορφής πάνω και κάτω στην οθόνη. Αυτός ο έλεγχος μας βολεύει για να επιβλέπουμε την κάτω άκρη του παλμού συγχρονισμού να πέφτει στα -40IRE ή στο -0,3V στον κάθετο άξονα και η στάθμη blanking στο 0 ακριβώς (Σχήμα 4.3.7).



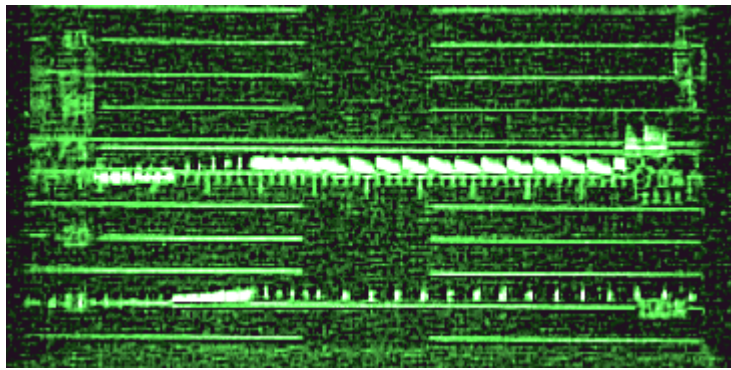
Σχήμα 3.3.9 Το πλαίσιο με τους διακόπτες επιλογών του MAGNIFY ,του SWEEP, του FIELD και του επιλογέα της οριζόντιας μετατόπισης.

Οι ρυθμίσεις που φαίνονται στο παραπάνω σχήμα, αφορούν τις οριζόντιες ρυθμίσεις που πραγματοποιούμε για την σωστή απεικόνιση του παλμογράφου. Ο διακόπτης **sweep** που αναγράφει **1 LINE** ,μας απεικονίζει το σήμα video να εναλλάσσεται από τις μονές γραμμές σάρωσης 1,3,5...στις ζυγές γραμμές σάρωσης 2,4,6 ... με συχνότητα 15.625 HZ (PAL). Η θέση **2 LINE** , μας δίνει μια παρόμοια απεικόνιση, με την διαφορά οι δυο γραμμές που είναι ορατές την κάθε στιγμή στην οθόνη, είναι οι 1 και 3, 5 και 7 κ.λ.π και έπειτα ακολουθούν 2 και 4, 6 και 8 κ.λ.π. Η εναλλαγή αυτή, από το ένα ζευγάρι γραμμών στο άλλο πραγματοποιείται με συχνότητα $15625/2 = 7812$ HZ. Η θέση **2 FIELD**, μας δίνει το πρώτο και το δεύτερο πλαίσιο ενός 'frame' του video, με την κάθετη διακοπή στην μέση, περίπου κάθε 30οστό του δευτερολέπτου. Αυτός είναι και ο λόγος που παρατηρείται ένα τρεμοσβήσιμο στην οθόνη της απεικόνισης. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι απεικονίσεις των θέσεων **2 LINE** και **2 FIELD**.



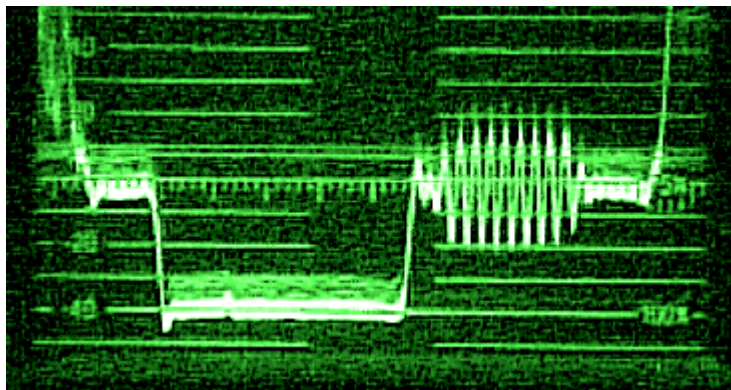
Σχήμα 3.3.10 Οι απεικονίσεις των θέσεων 2 LINES και 2 FIELDS.

Οι οριζόντιες σαρώσεις που προαναφέραμε, μπορούν να μεγεθυνθούν, από τον διακόπτη **MAG** . Όταν είναι ενεργοποιημένος μπορούμε να διακρίνουμε καλύτερα το σήμα. Στην επιλογή **2 FIELD** η μεγένθυση είναι αυτή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 3.3.11 Η απεικόνιση μεταξύ δύο πεδίων όταν είναι ενεργοποιημένος ο διακόπτης MAG.

Στην επιλογή **2 LINE**, η μεγέθυνση είναι τέτοια που μπορούμε να δούμε 1 microsecond να αντιστοιχεί με κάθε διαγράμμιση του 1cm στην οθόνη δηλαδή 1 microsecond per division (1:1/div). Μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να μετρήσουμε τον οριζόντιο παλμό συγχρονισμού, τον color burst κ.λ.π. Παρακάτω φαίνεται η απεικόνιση των δυο γραμμών σε μεγέθυνση. Όταν δεν πραγματοποιούμε την μεγέθυνση, η κάθε διαγράμμιση του 1cm αντιστοιχεί στα 10microsecond per division (10:1/div).

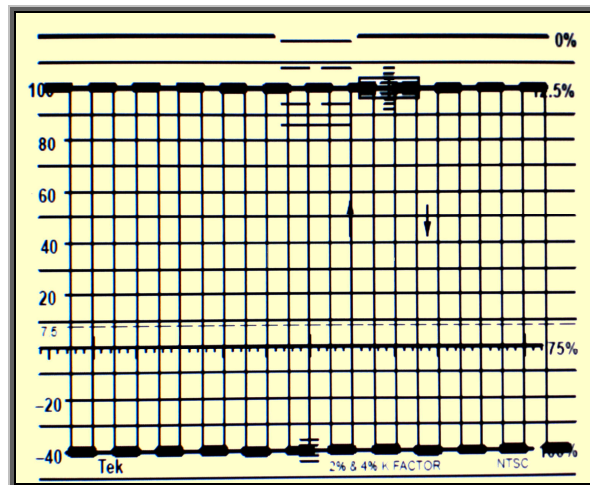


Σχήμα 3.3.12 Η απεικόνιση μεταξύ δύο γραμμών σάρωσης όταν είναι ενεργοποιημένος ο διακόπτης MAG

3.4 Παραδείγματα μέτρησης και αξιολόγησης με έναν παλμογράφο.

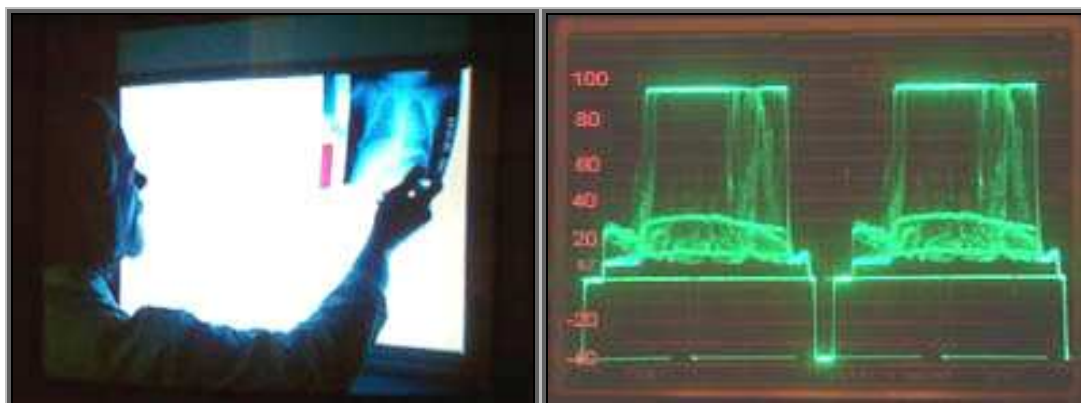
Πριν προχωρήσουμε στα παραδείγματα μέτρησης με τον παλμογράφο, θα πρέπει πρώτα να ακολουθήσουμε την διαδικασία του ‘καλιμπραρίσματος’. Για να δούμε το σήμα καλιμπραρίσματος, πιέζουμε συνεχώς τον διακόπτη **REF** που βρίσκεται στο πλαίσιο του **INPUT**. Σε άλλους παλμογράφους υπάρχει διακόπτης που αναγράφει την

λέξη 'CAL'. Όταν το σήμα επιλεγθεί, ανάβει ένα **LED** μπροστά στο πάνελ, οι μπάρες εξαφανίζονται και εμφανίζεται ένα τετραγωνικό σήμα πλάτους 1Volt Peak to peak για την κλίμακα του PAL, ενώ για το NTSC πρέπει να είναι 140 IRE (παρακάτω εικόνα).[6]



Σχήμα 3.4.1 Το σήμα καλιμπραρίσματος για την κλίμακα IRE που πρέπει να είναι 140IRE.

Μετακινούμε κάθετα το σήμα αυτό, ώστε η κορυφή του να συμπέσει με το 100 IRE και η κάτω άκρη του να συμπέσει με το -40 IRE. Στην περίπτωση που το σήμα καλιμπραρίσματος έχει πλάτος πάνω από 140 IRE, χρησιμοποιούμε τα ποτενσιόμετρα **VCAL** και **HCAL**, που μας επιτρέπουν να ρυθμίσουμε κάθετα και οριζόντια τον τετραγωνικό παλμό. Αν δεν πραγματοποιηθεί αυτή η διαδικασία επιτυχώς, τότε θα πρέπει να ελεγχθεί από ειδικό τεχνικό. Αφού καλιμπράρουμε τον παλμογράφο προχωράμε στην αξιολόγηση του σήματος εικόνας. Παρακάτω μας δίνονται κάποια παραδείγματα μέτρησης που επιβεβαιώνουν όσα είπαμε μέχρι τώρα.



Σχήμα 3.4.2 Η απεικόνιση της εικόνας δεξιά, όπως φαίνεται στον παλμογράφο, ο οποίος λειτουργεί στην κλίμακα IRE.

Παρατηρούμε στην παραπάνω εικόνα πως ο παλμογράφος λειτουργεί στην κλίμακα IRE. Η στάθμη των λευκών πέφτει λίγο πιο πάνω από τα 90IRE και τα μαύρα που καταλαμβάνουν όλη την οθόνη στα 7,5 IRE. Η μπλέ απόχρωση που προκύπτει από των συγκεκριμένο φωτισμό στο πρόσωπο και στα χέρια, καταλαμβάνει τα 30IRE περίπου. Παρατηρούμε επίσης την στάθμη του κάτω άκρου του παλμού συγχρονισμού που αντιστοιχεί στο -40IRE. Ο παλμογράφος έχει ενεργοποιημένη την λειτουργία **SWEEP 2 LINE** και συνεπώς η εικόνα μας εναλλάσσεται από τις μονές και της ζυγές γραμμές σάρωσης της εικόνας. Από την ίδια απεικόνιση του παλμογράφου δηλαδή συμπεραίνουμε, πως ακόμη και αν δεν είχαμε οπτική επαφή με το monitor, μπορούσαμε να καταλάβουμε περίπου τι απεικονίζεται.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε πως απεικονίζεται η στάθμη μιας άλλης εικόνας στον παλμογράφο.



Σχήμα 3.4.3 Η απεικόνιση της εικόνας δεξιά, όπως φαίνεται στον παλμογράφο αριστερά, ο οποίος δουλεύει στην κλίμακα των Volt.

Παρατηρούμε (σχήμα 3.4.3), πως η γυαλάδα στο μέτωπο του ομιλητή είναι πολύ έντονη και αυτό το γεγονός προκαλεί μια αύξηση της στάθμης των άσπρων λίγο πιο πάνω από το 0,7 Volt. Το υπόλοιπο πρόσωπο που φωτίζεται κανονικά καταλαμβάνει μια περιοχή γύρω στο 0,35 V, που είναι φυσιολογικό. Το άσπρο που είναι πίσω από τον ομιλητή, πέφτει στα 0,5 Volt. Αυτό εξηγείται από το γεγονός πως δεν είναι κορεσμένο 100%. Το μαύρο επίσης που υπάρχει πίσω από τον ομιλητή, δεν είναι και αυτό καθαρά κορεσμένο και για αυτό καταλαμβάνει την περιοχή γύρω στο 0,1 Volt. Παρατηρούμε επίσης το κάτω άκρος του παλμού συγχρονισμού που πέφτει στα -0,3Volt. Ο παλμογράφος και σε αυτό το παράδειγμα έχει ενεργοποιημένη την

λειτουργία **SWEEP 2 LINE** και συνεπώς η εικόνα μας εναλλάσσεται από τις μονές και της ζυγές γραμμές σάρωσης της εικόνας. Στο παρακάτω παράδειγμα έχουμε μία άλλη εικόνα, η οποία απεικονίζεται στον παλμογράφο. Σε αυτό το παράδειγμα παρατηρούμε την στάθμη της φωτεινότητας του προσώπου που αντιστοιχεί κοντά στα 0,5Volt. Η στάθμη αυτή είναι κάπως υψηλή αφού συνήθως η στάθμη της φωτεινότητας του προσώπου πέφτει στα 0.30 έως 0.35Volt. Σε αυτή την περίπτωση φροντίζουμε να μειώσουμε την στάθμη του **'video level'** από την κάμερα μέσω του διαφράγματος ή από το **'tape recorder'** μέσω του **TBC** .(θα εξηγήσουμε για αυτές τις διαδικασίες στις πρακτικές ελέγχου). Η στάθμη του μαύρου αντιστοιχεί σχεδόν πάνω στο 0 όπου είναι και το σωστό, οπότε δεν χρειάζεται να αυξομειώσουμε την στάθμη του ιδιαίτερα. Παρατηρούμε επίσης την στάθμη του μπλέ που κυμαίνεται από 0,1 έως 0,2Volt και καταλαμβάνει κατά μήκος όλη την οθόνη του παλμογράφου, επειδή και στο μόνιτορ καταλαμβάνει επίσης όλη την οθόνη, στην κορυφή της, μέσω των γραμμών σάρωσης. Τέλος ο παλμογράφος σε αυτό το παράδειγμα έχει ενεργοποιημένη την λειτουργία **SWEEP 1 LINE** και συνεπώς η εικόνα μας εναλλάσσεται από τις μονές γραμμές σάρωσης της εικόνας.



Σχήμα 3.4.4 Η απεικόνιση της εικόνας αριστερά, όπως φαίνεται στον παλμογράφο δεξιά,, ο οποίος δουλεύει στην κλίμακα των Volt.

3.5 Ο Διανυσματογράφος (vectorscope) και οι παράμετροι ελέγχου

Η εικόνα του χρώματος περιγράφεται σε τρεις παραμέτρους : φωτεινότητα, απόχρωση και κορεσμό. Για την φωτεινότητα και για τον τρόπο μετρησής της μιλήσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για την χρωμικότητα όμως, η απόχρωση (hue) και ο κορεσμός (saturation) είναι τα δύο κύρια χαρακτηριστικά. Η απόχρωση καθορίζει κατά πόσο μπορούμε να διακρίνουμε τα χρώματα σαν μπλέ, κόκκινο, πράσινο ή οποιοδήποτε άλλο χρώμα. Πρέπει να πούμε εδώ πως το άσπρο, το μαύρο και το γκρι δεν θεωρούνται αποχρώσεις. Ο κορεσμός είναι ο βαθμός κατά τον οποίο ένα χρώμα είναι αραιωμένο με λευκό φως, για να είμαστε σε θέση να διακρίνουμε ανάμεσα σε ζωντανές και αδύναμες σκιές της ίδιας απόχρωσης. Το ζωντανό κόκκινο για παράδειγμα ,είναι πολύ κορεσμένο ενώ το ρόζ έχει μικρό κορεσμό. Στην ζωή, ο κορεσμός είναι προϊόν της φωτεινότητας και της χρωμικότητας (τα πλάτη τους στην ουσία συμβάλλουν). Στην έγχρωμη τηλεόραση, το πλάτος του χρώματος μετριέται από την στάθμη της χρωμικότητας. Η χροιά και η πληροφορία για το πλάτος του χρώματος στα συστήματα της έγχρωμης τηλεόρασης, κατά την διαδοσή τους μεταφέρονται πάνω στην συχνότητα της υποφέρουσας (με διαμόρφωση) και η οποία για το PAL είναι η γνωστή 4,43 MHz. Αυτό το διαμορφωμένο σήμα ονομάζεται χρωμικότητα. Η πληροφορία της χροιάς μεταφέρεται με την φάση της υποφέρουσας, και εφόσον μιλάμε για φάση, η πληροφορία αυτή θα είναι μετρήσιμη μέσα σε ένα εύρος τιμών από 0 έως 359 μοίρες. Η πληροφορία του πλάτους του χρώματος, εξαρτάται από το πόσο ψηλά είναι η στάθμη της υποφέρουσας σε οποιοδήποτε σημείο του composite σήματος. Το 'colorburst' όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι υπεύθυνο για να αναπαραχθεί η χρωμοφέρουσα στον δέκτη. Αυτό πραγματοποιείται με τον συγχρονισμό ενός ταλαντωτή 4,43 Mhz, που βρίσκεται στον αποδικωποιητή και του colorburst που βρίσκεται στην αρχή κάθε γραμμής σάρωσης και περιέχει πληροφορίες για την συχνότητα και την φάση της χρωμοφέρουσας. Έτσι ο δέκτης μπορεί να αποκαταστήσει την χρωμοφέρουσα και να αποδικωποιήσει την πληροφορία του χρώματος με το να συγκρίνει τις φάσεις του colorburst και του composite σήματος. Το όργανο του 'vectorscope' είναι κατάλληλο για να παρατηρήσουμε την χροιά του χρώματος και τον κορεσμό του. Το όργανο αυτό που φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, λαμβάνει το σήμα 'composite' και ξεχωρίζει από

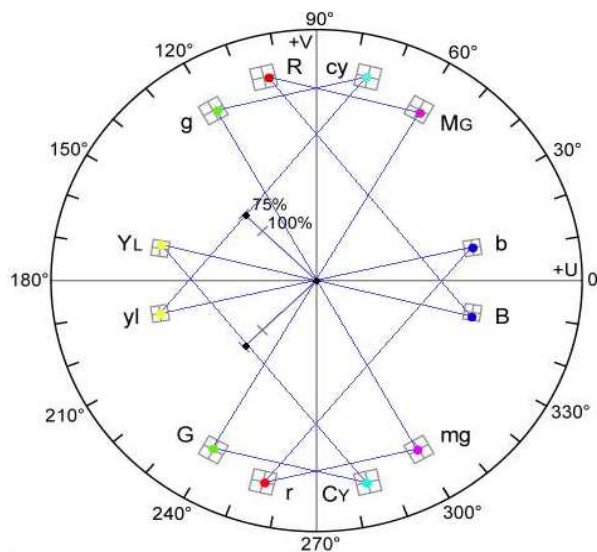
αυτό το 'colorburst'. Στην συνέχεια το χρησιμοποιεί σαν αναφορά. Ένα καινούργιο σήμα ημιτονοειδής μορφής προκύπτει από αυτήν την καινούργια παρέμβαση. Το εναπομείναν σήμα με την υπόλοιπη χρωματική πληροφορία, αποδικοποιείται και παίρνουμε τα χρώματα. Το διαμορφωμένο σήμα R-Y αποδικοποιείται και απεικονίζεται στην κατακόρυφη κλίμακα ενώ το B-Y απεικονίζεται στην οριζόντια κλίμακα του οργάνου. Ο συνδιασμός αυτών των δύο απεικονίσεων μας δίνει τα γνωστά διανύσματα του οργάνου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Πρέπει να αναφέρουμε εδώ πως η παρακάτω απεικόνιση αφορά το σήμα των colorbars. Όπως αναφέραμε, το σήμα αυτό περιέχει τις υψηλότερες στάθμες φωτεινότητας και χρωμικότητας. Όλες οι διαστάσεις του διανυσματογράφου είναι σχεδιασμένες να δουλεύουν με το σήμα των colorbars. Πρέπει να θυμόμαστε πως το σήμα των colorbars αποτελείται από την πληροφορία της φωτεινότητας (luminance) και από την υψηλή συχνότητα της χρωματικής πληροφορίας (chrominance or chroma). Κάθε μπάρα δημιουργεί μία κουκίδα πάνω στην απεικόνιση του οργάνου. Η θέση αυτών των κουκίδων σε σχέση με τα κουτάκια και η φάση των διανυσμάτων του colorburst, είναι οι κυριότερες ενδείξεις της κατάστασης της χρωμικότητας του σήματος.[8]



Σχήμα 3.5.1 Η πρόσοψη του διανυσματογράφου.

Όπως παρουσιάζει η παρακάτω εικόνα, η αλλαγή της φάσης της υποφέρουσας 180° από γραμμή σε γραμμή, (χαρακτηριστικό του PAL) δημιουργεί ένα κάτοπτρο γύρω από τον άξονα U (0° έως 180°). Παρατηρούμε πως τα κουτάκια με τα κεφαλαία γράμματα που υποδεικνύουν τις χρωματικές συντεταγμένες, καθρεφτίζονται από τα κουτάκια με τα μικρά γράμματα τα οποία εκπροσωπούν τις ίδιες χρωματικές συντεταγμένες αλλά με ανεστραμένη φάση υποφέρουσας. Παρατηρούμε επίσης πως

το 'colorburst' εντοπίζεται σε γωνία 45° σε σχέση με το σύστημα NTSC, και αλλάζει γωνία 90° εξαιτίας της αλλαγής της φάσης της υποφέρουσας. Με την δυνατότητα των δύο αξόνων, από δεξιά στα αριστερά (γνωστός ως U) και από πάνω προς τα κάτω (γνωστός ως V), πολλά άλλα σήματα δύο διαστάσεων μπορούν να μετρηθούν.



Σχήμα 3.5.2 Η απεικόνιση του διανυσματογράφου όταν δέχεται στην είσοδο τις μπάρες.

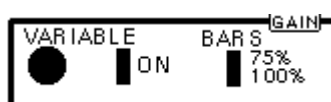
Η είσοδος για το κανάλι A είναι πιθανό να είναι σήμα composite video από την έξοδο ενός switcher (με video tape recorder, camera, γεννήτρια ή οποιοσδήποτε άλλος εξοπλισμός με την προϋπόθεση να συνδέεται στην είσοδο ενός switcher). Η επιλογή **REF** (Σχήμα 4.5.3), μπορεί να είναι εσωτερική (**internal**) όταν ο διανυσματογράφος κλειδώνει στο σήμα colorburst της επιλεγμένης εισόδου ή εξωτερική (**external**), όταν κλειδώνει σε ένα δεύτερο σήμα. Η εξωτερική επιβάλεται για τον σκοπό του συγχρονισμού δηλαδή του ταιριάσματος της φάσης του χρώματος από διαφορετικές πηγές μέσω ενός switcher, για να ελαχιστοποιηθούν τα λάθη στο χρώμα όταν εναλλάσσονται οι πηγές, για παράδειγμα στην περίπτωση μιας μετάδοσης όταν υπάρχουν πολλές κάμερες και εναλλάσσονται η μία με την άλλη προκειμένου να πάρουμε την τελική μείξη. Αυτή την εφαρμογή θα την αναλύσουμε σε ένα άλλο κεφάλαιο. Η εσωτερική μας δίνει πληροφορίες για την σχέση ανάμεσα στο σήμα colorburst και τις μπάρες της επιλεγμένης εισόδου όσον αφορά την φάση. Όπως στον παλμογράφο (waveform monitor), οι περισσότεροι διανυσματογράφοι (vectorscope) μπορούν να βλέπουν συγχρόνως δύο εισόδους και να απεικονίζουν και τα δύο σήματα ταυτόχρονα. Αυτή η κατάσταση απαιτεί την εξωτερική πηγή μιας

σταθερής φέρουσας (black burst) για την οποία θα μιλήσουμε στην ενότητα με τις πρακτικές ελέγχου.



Σχήμα 3.5.3 Το πλαίσιο ελέγχου INPUT με τους διακόπτες των REF και των καναλιών A και B

Η επιλογή του **VARIABLE** αποτελείται από έναν διακόπτη και ένα ποτενσιόμετρο, που μας επιτρέπουν να αλλάζουμε το μήκος των διανυσμάτων στην απεικόνιση. Αυτό είναι χρήσιμο για ακριβείς ρυθμίσεις των color bars και μετρήσεις της εξωτερικής φέρουσας κατά τον συγχρονισμό. Για τον διακόπτη **BARS** και τις επιλογές του μιλήσαμε στο κεφάλαιο του παλμογράφου



Σχήμα 3.5.4 Το πλαίσιο ελέγχου GAIN με το ποτενσιόμετρο του VARIABLE τον διακόπτη ON και τον διακόπτη ρύθμισης του πλάτους για τις μπάρες.

Η παρακάτω εικόνα μας παρουσιάζει μια ρύθμιση, μέσω ενός ποτενσιομέτρου, η οποία καθορίζει την φάση του colorburst. Το αποτέλεσμα είναι να ρυθμίζεται η φάση μέσα σε ένα εύρος από 0 έως 360 μοίρες. Η συνηθισμένη ρύθμιση είναι τέτοια ώστε η φάση του colorburst να εναλλάσσεται μεταξύ 135⁰ και 225⁰. Αν το colorburst δεν είναι στην σωστή θέση, το σήμα δεν είναι ευθυγραμμισμένο με τις διαστάσεις του οργάνου και δεν μας δίνει χρήσιμες πληροφορίες. Αν περιστρέψουμε το ποτενσιόμετρο όλο το ίχνος περιστρέφεται γύρω από το κέντρο.



Σχήμα 3.5.5 Το πλαίσιο ελέγχου του PHASE, με το ποτενσιόμετρο ελέγχου της φάσης του colorburst

Η παρακάτω εικόνα αφορά τις ρυθμίσεις που απαιτούνται για την καλύτερη παρουσίαση της απεικόνισης. Το **FOCUS** είναι ένα ποτενσιόμετρο που προσαρμόζει

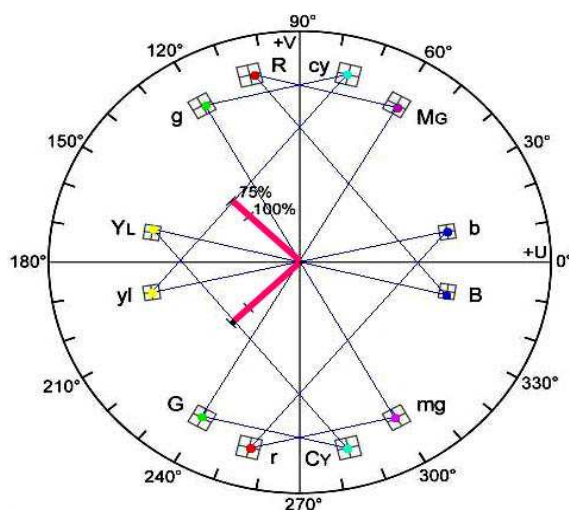
την εστίαση της ηλεκτρονικής δέσμης για καλύτερη εικόνα. Το **SCALE** προσαρμόζει την ένταση των φωτεινών στοιχείων για καλύτερη απεικόνιση των συντεταγμένων. Τέλος το **INTENSITY**, ρυθμίζει την λαμπρότητα της απεικόνισης.



Σχήμα 3.5.6 Το πλαίσιο ελέγχου του DISPLAY με τα ποτενσιόμετρα FOCUS, SCALE και INTENSITY

3.6 Παραδείγματα μέτρησης και αξιολόγησης με έναν διανυσματογράφο.

Πριν προβούμε στις μετρήσεις με τον διανυσματογράφο, φροντίζουμε έτσι ώστε το σήμα 'burst', να πέσει στις 135^0 και 225^0 με την βοήθεια του διακόπτη **PHASE**. Με αυτόν τον τρόπο καλιμπράρουμε τον διανυσματογράφο ώστε να μας δώσει σωστές πληροφορίες για την εικόνα μας ως προς την χροιά και τον κορεσμό. Η διαδικασία αυτή αφορά κυρίως αναλογικούς διανυσματογράφους που δουλεύουν στην κλίμακα του PAL, και αν δεν πραγματοποιηθεί σωστά, δεν θα μπορέσουμε να αξιολογήσουμε σωστά το σήμα μας αφού τα χρώματα δεν θα αντιστοιχούν στη σωστή φάση. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται που πρέπει να πέφτει το σήμα 'burst', όταν το όργανο δέχεται σαν είσοδο το σήμα με τις μπάρες.(κόκκινες γραμμές)



Σχήμα 3.6.1 Οι μπάρες με τα κορεσμένα χρώματα όπως απεικονίζονται στον διανυσματογράφο και την σωστή θέση του 'burst'.

Παρακάτω μας παρουσιάζεται ένα παράδειγμα, όπου μια εικόνα αναλύεται στον διανυσματογράφο. Οι χροιές λοιπόν αυτής της εικόνας δημιουργούν ένα ίχνος στην οθόνη. Λόγω της άσπρης χροιάς στο πίσω μέρος, παρατηρούμε πως ένα μέρος του ίχνους περνάει από το κέντρο. Επίσης παρατηρούμε πως έχει μια κατεύθυνση προς τις κόκκινες χροιές εξαιτίας των χρωμάτων του προσώπου, η οποία είναι σωστή διότι συμπίπτει με την διακεκομμένη γραμμή του **I**. Αυτή η γραμμή υπάρχει σε κάποια όργανα για να μας θυμίσει που πρέπει να πέφτουν οι χροιές του προσώπου, που μας ενδιαφέρουν περισσότερο. Η άλλη κατεύθυνση είναι προς τις μπλέ χροιές εξαιτίας των χρωμάτων της μπλούζας. Παρατηρούμε πως επειδή το μπλέ της μπλούζας δεν είναι κορεσμένο, δεν έχει αρκετό πλάτος για να φτάσει το ίχνος δίπλα στο κουτάκι με τις μπλέ χροιές, αλλά βρίσκεται κοντά στο κέντρο επειδή είναι σκούρο και είναι αναμειγμένο με το μαύρο. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως το άσπρο και το μαύρο απεικονίζονται στο κέντρο. Παρατηρούμε επίσης πως στην κλίμακα του διανυσματογράφου εμφανίζονται μόνο τα κουτάκια με τα κεφαλαία γράμματα που υποδεικνύουν τις χρωματικές συντεταγμένες, ενώ τα κουτάκια με τα μικρά γράμματα τα οποία εκπροσωπούν τις ίδιες χρωματικές συντεταγμένες αλλά με ανεστραμμένη φάση υποφέρουσας, λείπουν. Αυτό δεν μας εμποδίζει να αξιολογήσουμε σωστά τα χρώματα της εικόνας μας.

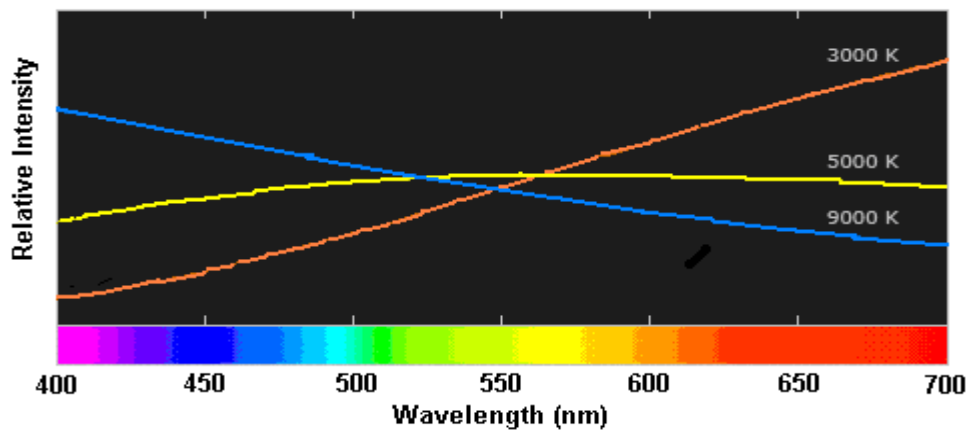


Σχήμα 3.6.2 Η απεικόνιση της χροιάς και του κορεσμού της εικόνας στον διανυσματογράφο.

3.7 Λίγα λόγια για το ‘balance’.

Το λευκό φως είναι μοναδικό και δημιουργείται από την σύνθεση όλων των χρωμάτων του φάσματος. Διαφορετικές πηγές φωτός παράγουν φως διαφορετικής

θερμοκρασίας, με τις χαμηλές θερμοκρασίες να βρίσκονται κοντά στο κόκκινο άκρο του φάσματος και τις υψηλές κοντά στο μπλέ. Έτσι το λευκό φως δεν είναι πάντοτε το ίδιο. Για να καταλάβουμε τα παραπάνω πρέπει πρώτα να δώσουμε έναν ορισμό για την θερμοκρασία του χρώματος. Η θερμοκρασία του χρώματος περιγράφει το φάσμα φωτός το οποίο ακτινοβολείται από ένα 'μαύρο σώμα' με την συγκεκριμένη θερμοκρασία στην επιφάνειά του και μετρείται σε βαθμούς Kelvin. Το 'μαύρο σώμα', θεωρητικά είναι ένα αντικείμενο που απορροφά το φως, δεν το αντανακλά ούτε επιτρέπει να το διαπεράσει. Έτσι αν θερμάνουμε το μαύρο αντικείμενο θα γίνεται όλο και πιο ζεστό. Στην αρχή θα λάμπει κόκκινο στους 500 βαθμούς Kelvin. Ύστερα θα γίνει πορτοκαλί στους 2000 βαθμούς και μετά κόκκινο (ζεστό άσπρο) στους 3500⁰. Εφαρμόζοντας περισσότερη θερμότητα στους 6000⁰ με 10000⁰ το σώμα αποκτά μια λάμψη μπλέ (ψυχρό άσπρο). Πάνω από τους 10000⁰ δεν θα παίρνουμε κανένα χρώμα διότι προφανώς το σώμα θα λιώνει και θα ενεργοποιούνται οι αισθητήρες φωτιάς στο εργαστήριο. Έτσι το λευκό σε μια εικόνα, μπορεί να είναι πιο θερμό και να έχει μια κόκκινη χροιά και άλλοτε πιο ψυχρό και να έχει μια μπλέ χροιά. Αυτό έχει επιπτώσεις και στην πιστή αναπαραγωγή των χρωμάτων, οπότε ένα θερμό λευκό για παράδειγμα, θα δώσει μια κόκκινη χροιά σε όλα τα αντικείμενα μιας εικόνας. Τα μάτια μας έχουν την δυνατότητα να διακρίνουν αυτές τις διαφορές αλλά τα ηλεκτρονικά μέρη μιας βιντεοκάμερας πρέπει να ρυθμιστούν έτσι ώστε να είμαστε σίγουροι ότι το λευκό φως γράφεται ως έχει και εξασφαλίζεται η πιστή αναπαραγωγή των χρωμάτων της εικόνας. Η εξισορόπηση αυτή των χρωμάτων σε σχέση με την φωτεινότητα είναι καθοριστική λειτουργία για μια σωστή εικονοληψία και καλείται 'white balance'. [5] Είναι αυτονόητο ότι κάθε φορά που κάνουμε white balance, είτε με τις ίδιες συνθήκες φωτισμού σε άλλο λευκό είτε στο ίδιο λευκό με διαφορετικές συνθήκες, θα παίρνουμε διαφορετικές χροιές των τριών βασικών χρωμάτων. Η σωστή ρύθμιση του λευκού μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα, πράγμα που απαιτεί να γνωρίζουμε τι είδους φως πέφτει στην εικόνα μας, ώστε να μπορούμε να ρυθμίσουμε τις σχετικές εντάσεις των τριών κύριων χρωμάτων (RGB) είτε αυτόματα όπου ένα απλό σύστημα ανάλυσης του προσπίπτοντος φωτός αναλαμβάνει να εξακριβώσει τι είδους φως έχει η εικόνα και να αυξομειώσει αυτόματα τις εντάσεις των χρωμάτων. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε πως όταν το φως φαίνεται άσπρο, δεν σημαίνει ότι πάντα είναι κατανομημένα τα χρώματα με την ίδια αναλογία αλλά εξαρτάται από τις συνθήκες φωτισμού.



Σχήμα 3.7.1 Η κατανομή των χρωμάτων του άσπρου ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού.

Παρατηρούμε πως στα 5000⁰ K παράγεται ουδέτερο φώς, ενώ στις 3000⁰ K και στις 9000⁰ K παράγονται φάσματα φωτός τα οποία περιέχουν περισσότερο πορτοκαλί και μπλέ αποχρώσεις αντίστοιχα. Καθώς η θερμοκρασία του χρώματος μεγαλώνει, το χρώμα γίνεται πιο ψυχρό. Αυτό μπορεί να μην μας είναι αισθητό, αλλά προκύπτει από το γεγονός ότι τα μικρά μήκη κύματος περιέχουν φώς υψηλής ενέργειας. Η παρακάτω λίστα αφορά τις θερμοκρασίες χρώματος από γνωστές πηγές φωτός και οι οποίες χρησιμοποιούνται σαν στάθμες αναφοράς για τα φίλτρα σε μία κάμερα (θα εξηγήσουμε παρακάτω).

Color temperature	Light source
1000-2000 K	ΦΩΣ ΚΕΡΙΟΥ
2500-3500 K	ΛΑΜΠΑ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ
3000-4000 K	ΠΡΩΙΝΟ ,ΗΛΙΟΒΑΣΙΛΕΜΑ (Καθαρός ουρανός)
4000-5000 K	ΛΑΜΠΑ ΦΘΟΡΙΟΥ
5000-5500 K	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΦΛΑΣ
5000-6500 K	ΦΩΣ ΗΜΕΡΑΣ ΜΕ ΚΑΘΑΡΟ ΟΥΡΑΝΟ
6500-8000 K	ΣΥΝΕΦΙΑΣΜΕΝΟΣ ΟΥΡΑΝΟΣ
9000-10000 K	ΠΟΛΥ ΣΥΝΕΦΙΑΣΜΕΝΟΣ ΟΥΡΑΝΟΣ

Σχήμα 3.7.2 Οι θερμοκρασίες χρωμάτων απο γνωστές πηγές φωτός.

Για να πραγματοποιηθεί σωστά το white balance, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται και σωστά φίλτρα στην κάμερα.. Για τις λειτουργίες της κάμερας, οι θερμοκρασίες του χρώματος κυμαίνονται σε ένα εύρος από 2000°K σε 8000°K . Αυτό σημαίνει ότι χρησιμοποιούνται φώτα ή ειδικά φίλτρα προκειμένου να δημιουργηθούν επιθυμητοί φωτισμοί ή διάφορα χρωματικά εφέ. Τα CCD των επαγγελματικών μηχανών τηλεοπτικής λήψης (κάμερες) δέχονται φως με θερμοκρασία χρώματος 3200 Kelvin , δηλαδή συνθήκες τεχνητού φωτισμού με λάμπες πυρακτώσεως.[5] Όταν θέλουμε να βιντεοσκοπήσουμε σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού, είτε πρόκειται για δυνατό φως ήλιου, είτε για λήψη σε εσωτερικό χώρο φωτιζόμενο με λάμπες αερίων (φθορίου) ψυχρής θερμοκρασίας χρώματος, πρέπει να ακολουθήσουμε κάποια διαδικασία, για να προσαρμόσουμε την μηχανή στις νέες συνθήκες. Αρχικά πρέπει να επιλέξουμε φίλτρο. Οι περισσότερες επαγγελματικές μηχανές λήψης διαθέτουν τέσσερις θέσεις φίλτρων (παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 3.7.3 Μια επαγγελματική κάμερα και οι θέσεις των φίλτρων αριστερά.

Το πρώτο είναι το Clear ή **3200K**, το δεύτερο είναι **5600K + 1/16 ND**, το τρίτο είναι το **5600K** χωρίς ND και το τέταρτο είναι το **5600K + 1/64 ND**. Η θέση 1 (Clear ή 3200K) είναι στην ουσία μία θέση μη φίλτρου. Το χρησιμοποιούμε όταν η φωτιστική πηγή στον χώρο που δουλεύουμε είναι λάμπες πυρακτώσεως.

Η θέση 2 (5600K + 1/16 ND), αποτελείται από δύο φίλτρα. Το ένα είναι το χρωματικό φίλτρο χρώματος μελί που μετατρέπει το ψυχρό φως του ήλιου ή των λαμπών αερίων, σε θερμό αντίστοιχο των λαμπών πυρακτώσεως. Παράλληλα η θέση αυτή περιέχει και ένα φίλτρο ουδέτερης πυκνότητας με συντελεστή 1/16, το οποίο είναι ένα σκουρόχρωμο φίλτρο το οποίο επιτρέπει μόνο σε ένα ποσοστό του φωτός να περάσει στο **CCD**. Αυτή θέση ενδείκνυται για εξωτερικό γύρισμα με δυνατό φως ήλιου. Η θέση 3 (5600K) αποτελείται μόνο από το χρωματικό φίλτρο που υπήρχε και

στην θέση 2, χωρίς την ύπαρξη ND και ενδείκνυται για περιπτώσεις ψυχρού φωτισμού, χωρίς όμως υψηλή ένταση φωτός, όπως για παράδειγμα εξωτερικό γύρισμα σε συννεφιά ή εσωτερικό σε ένα γραφείο, υποφωτισμένο από λάμπες αερίων.

Η θέση 4 (5600K + ND 1/64) είναι παρόμοια με την θέση 2, με μόνη διαφορά ότι το ουδέτερο φίλτρο έχει ακόμα υψηλότερο συντελεστή απορρόφησης φωτός, που σημαίνει ότι τελικά περνάει ένα ελάχιστο ποσοστό φωτός στο CCD. Αυτή η θέση είναι ιδανική για ζεστές καλοκαιρινές ημέρες που το φως του ήλιου είναι πολύ δυνατό και θέλουμε να μειώσουμε πολύ την ποσότητα που φτάνει στο CCD.

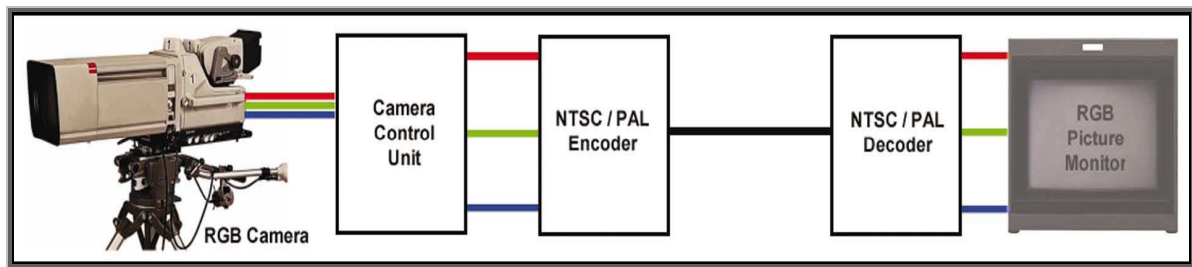
Σε πολλές μηχανές νέας τεχνολογίας, οι θέσεις των φίλτρων έχουν αλλάξει και μπορούμε να συναντήσουμε 2 δακτυλίους των 4 θέσεων, όπου μπορούμε να επιλέξουμε οποιονδήποτε συνδυασμό αυτών. Ο ένας δακτύλιος αφορά 4 θέσεις χρωματικών φίλτρων και ο δεύτερος δακτύλιος αφορά 4 θέσεις φίλτρων ουδέτερης πυκνότητας με διαβαθμίσεις.

4. ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την εκπομπή, την μετάδοση και την λήψη του ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος. Θα αναφερθούμε στην δομή του και τις διαφορές που το χαρακτηρίζουν σε σχέση με το αναλογικό σήμα. Επίσης θα περιγράψουμε με εικόνες κάποιες εφαρμογές του ψηφιακού παλμογράφου, που απαιτούνται προκειμένου να εξασφαλιστεί η ποιότητα του σήματος εικόνας. Τέλος θα περιγράψουμε πως απεικονίζει ένας ψηφιακός παλμογράφος το σήμα μας καθώς και κάποιες επιμέρους λειτουργίες που τον διαφοροποιούν σε σχέση με τον αναλογικό.

4.1 Το ψηφιακό σήμα και ο τρόπος μετάδοσής του.

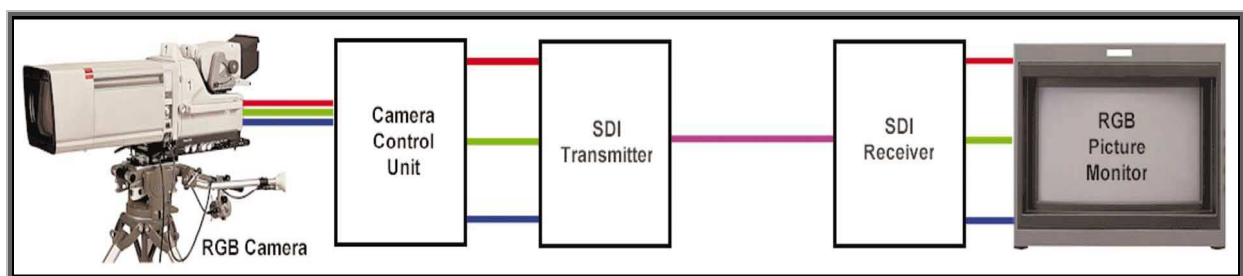
Μέχρι τώρα περιγράψαμε τον τρόπο που λειτουργεί ένας αναλογικός παλμογράφος που δέχεται στην εισοδό του composite σήμα. Σε αυτή την ενότητα θα μιλήσουμε για το ψηφιακό σήμα, τον τρόπο παραγωγής του και την αξιολογησή του από έναν ψηφιακό παλμογράφο.[9]



Σχήμα 4.1.1 Η κωδικοποίηση του σήματος εικόνας στο NTSC ή στο PAL για μετάδοση μέσα από ένα μόνο ωμοαξονικό καλώδιο.

Η παραπάνω εικόνα μας απεικονίζει την κωδικοποίηση και αποδικοποίηση (έχουμε ήδη αναφέρει), ανάλογα σε πιο τηλεοπτικό σύστημα (NTSC ή PAL) δουλεύουμε, προκειμένου να χειριστούμε το σήμα σε ένα καλώδιο composite. Το bandwidth προσαρμόζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να περιέχει την ενέργεια και των τριών σημάτων και να διαμορφώνεται στα 4,2 Mhz (NTSC) ή 5.5 Mhz (PAL). Η ύπαρξη του μονού καλωδίου κάνει την δρομολόγηση πιο εύκολη, αλλά η απόκριση στη συχνότητα και ο συγχρονισμός πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε μεγάλες αποστάσεις διότι παρατηρείται αλλοίωση του σήματος.

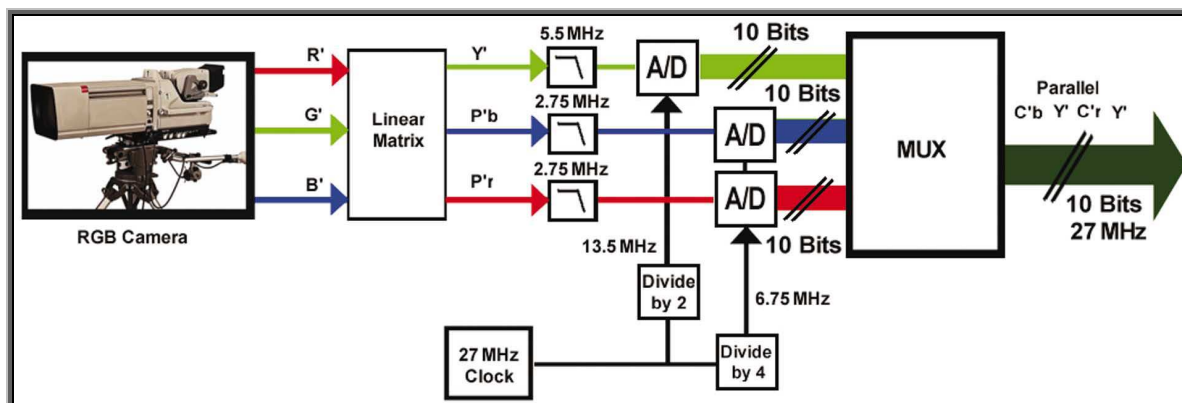
Χρησιμοποιώντας ψηφιακούς κωδικοποιητές και αποδικοποιητές, η συνδεσμολογία είναι πιο απλή και αποτελεσματική (παρακάτω εικόνα). Η ενέργεια στο μονό καλώδιο τώρα, μεταφράζεται σε μια ροή δεδομένων της τάξης των 270 Mb/s για σήματα **standard definition** και 1485 Gb/s ή και περισσότερο για **high-definition** σήματα.



Σχήμα 4.1.2 Η ψηφιακή μετάδοση αποτρέπει την αλλοίωση του σήματος.

Τα σήματα που χαρακτηρίζονται ως Standard definition, πριν την μετάδοση μετατρέπονται σε αναλογικά ανάλογα σε πιο τηλεοπτικό σύστημα απευθύνονται, NTSC ή PAL. Τα High-definition σήματα πρέπει να συμπιεστούν πριν την μετάδοση, μέσα στο bandwidth του εκάστοτε τηλεοπτικού σήματος.

Το μπλοκ διάγραμμα παρακάτω, μας βοηθάει να καταλάβουμε πως λειτουργεί το ψηφιακό component σήμα σε μια εγκατάσταση τηλεοπτικής παραγωγής. Αν και το διάγραμμα λειτουργεί για Standard definition σήματα, μπορεί να εξυπηρετήσει και high definition σήματα. Στα high definition σήματα, η δειγματοληψία και η ροή δεδομένων πραγματοποιούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα και υπάρχουν αρτηρίες μεταφοράς δεδομένων (busses) των 10-bit ξεχωριστές για την φωτεινότητα και την χρωμικότητα.

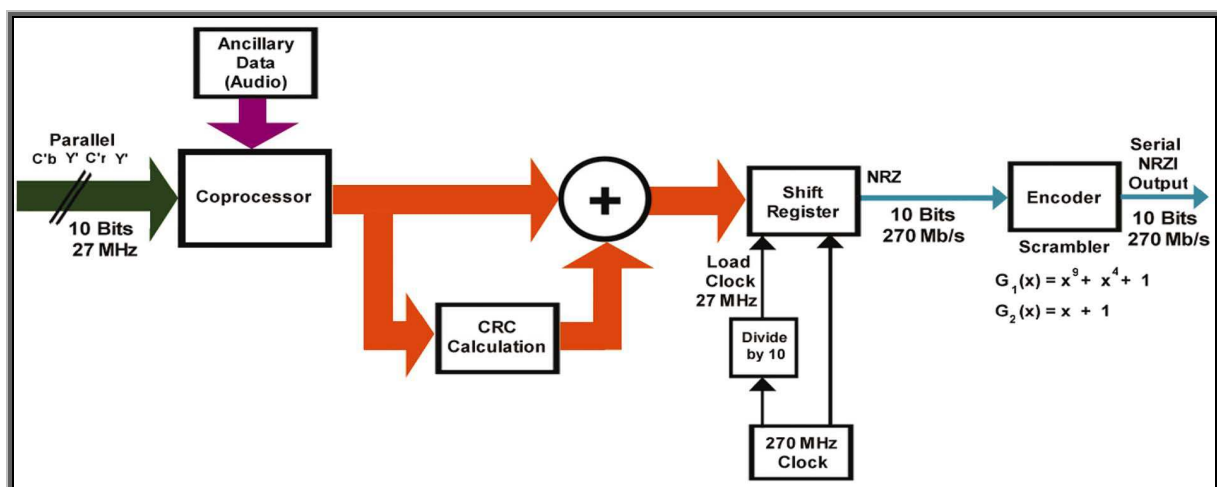


Σχήμα 4.1.3 Ψηφιοποιώντας τα σήματα R,G, B της κάμερας.

Το component σήμα R,G,B μετατρέπεται στο σήμα φωτεινότητας Y' και δύο σήματα $P'b$ και $P'r$ που εκπροσωπούν τις χρωματοδιαφορές. Απο την στιγμή που το μάτι είναι πιο ευαίσθητο στις μεταβολές της φωτεινότητας παρά στις μεταβολές της χροιάς, το σήμα της φωτεινότητας, θα μεταφερθεί μέσω του συστήματος σε ένα εύρος συχνοτήτων 5,5Mhz. Όπως φαίνεται και στο σχήμα η φωτεινότητα και τα σήματα της χρωμικότητας, περνάνε μέσα από ένα low-pass φίλτρο για να εξαφανιστούν υψηλές συχνότητες που μπορεί να προκαλέσουν aliasing στην διαδικασία της δειγματοληψίας. Το φιλτραρισμένο σήμα της φωτεινότητας, δειγματοληπτείται με συχνότητα 13,5 Mhz μέσα από ένα μετατροπέα analog-to-digital για να παράγει ροή δεδομένων με ταχύτητα 13,5Mb/s. Τα δύο κανάλια της χρωμικότητας, φιλτράρονται και ύστερα δειγματοληπτούνται με συχνότητα 6,75Mhz και πάλι μέσα από ένα μετατροπέα analog-to-digital για να παράγει ροή δεδομένων με ταχύτητα 6,75Mb/s. Τα τρία κανάλια video ενώνονται στην ίδια γραμμή επικοινωνίας των 10-bit όπου η μεταφορά όλων των δυαδικών ψηφίων μιας μονάδας δεδομένων πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την χρησιμοποίηση ξεχωριστής γραμμής για κάθε δυαδικό ψηφίο (parallel transmission), στην ταχύτητα των 27Mb/s.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η συνέχεια του μπλοκ διαγράμματος, όπου τα δεδομένα περνάνε από έναν βοηθητικό επεξεργαστή, προκειμένου να προστεθούν ο ψηφιακός ήχος και άλλα βοηθητικά δεδομένα. Στην συνέχεια υπάρχει ένας ελεγκτής αθροίσματος, ο οποίος με την βοήθεια ενός αλγόριθμου επαληθεύει την σωστή ροή των δεδομένων.

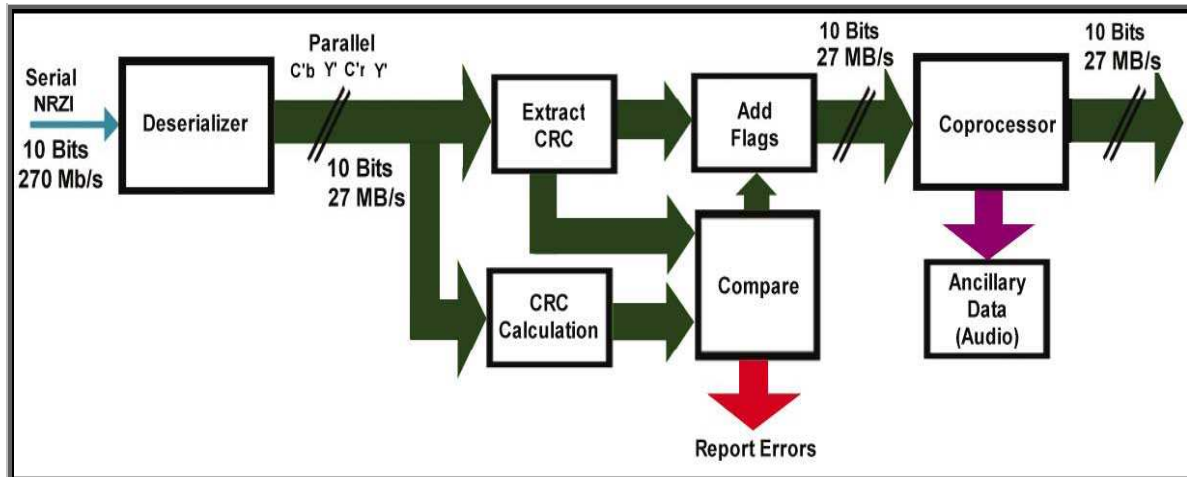
Η γραμμή επικοινωνίας της παράλληλης μεταφοράς δεδομένων των 10-bit με ταχύτητα 27 Mb/s, φορτώνεται σε έναν καταχωρητή ολίσθησης shift register (καταχωρητής του οποίου τα δυαδικά ψηφία μπορούν να ολισθαίνουν δεξιά ή αριστερά), ή αλλιώς και serializer. Εκεί τα δεδομένα οδηγούνται στην έξοδο ανάλογα με τους παλμούς που δίνει ένας χρονιστής στα 270Mb/s και στην συνέχεια αντιστρέφονται με την βοήθεια ενός μαθηματικού αλγορίθμου, προκειμένου να εξαφανιστούν οι χαμηλές συχνότητες που σχετίζονται με τα σειριακά σήματα και να επιτευχθούν πιο καθαρές οι μεταβάσεις των ψηφίων για πιο εύκολη ανάκτηση στον δέκτη. Το σήμα δηλαδή γίνεται καθαρά διακριτό και είναι σειριακής μορφής SDI (Serial Digital Interfase).



Σχήμα 4.1.4 Η μέθοδος και η σειριακή δρομολόγηση της παράλληλης ροής δεδομένων.

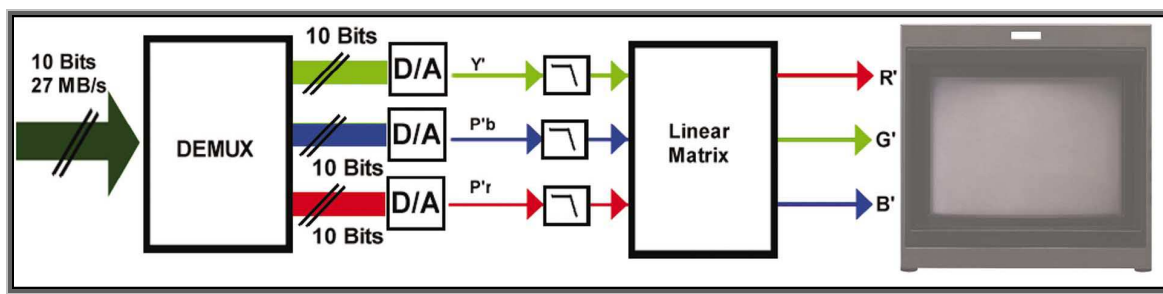
Στον δέκτη (παρακάτω εικόνα), πραγματοποιείται αντιστροφή του αλγόριθμου μέσω του deserializer, προκειμένου να επανέλθουν τα δεδομένα στην κανονική τους μορφή. Τα τρία κανάλια video ενώνονται στην ίδια γραμμή επικοινωνίας των 10-bit όπου η μεταφορά όλων των δυαδικών ψηφίων μιας μονάδας δεδομένων πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την χρησιμοποίηση ξεχωριστής γραμμής για κάθε δυαδικό ψηφίο (parallel transmission), στην ταχύτητα των 27Mb/s. Στον δέκτη επιπλέον αφαιρείται ο αλγόριθμος του ελεγκτή αθροίσματος που είδαμε στον

πομπό, και προστίθεται νέος αλγόριθμος από έναν καινούργιο ελεγκτή προκειμένου να διαπιστωθούν τυχόν λάθη τα οποία αναφέρονται μέσω κάποιων ταμπέλων που προστίθενται στα δεδομένα. Ο βοηθητικός επεξεργαστής αφαιρεί τον ήχο και άλλα βοηθητικά δεδομένα.



Σχήμα 4.1.5 Ο δέκτης του SDI σήματος και η μετατροπή της σειριακής ροής δεδομένων σε παράλληλη.

Ύστερα τα δεδομένα των 10-bit και την ταχύτητα των 270Mb/s αποπολυπλέκονται για να ακολουθήσει το καθένα την δικιά του γραμμή επικοινωνίας και να περάσουν από μετατροπείς D/A (ψηφιακό σε αναλογικό). Μετά φιλτράρονται ώστε να ανακτηθούν οι αναλογικές κυματομορφές όπως πρέπει και οδηγούνται στην μήτρα για να καταλήξουν στα γνωστά μας σήματα R,G,B, που θα οδηγηθούν για απεικόνιση (παρακάτω εικόνα).

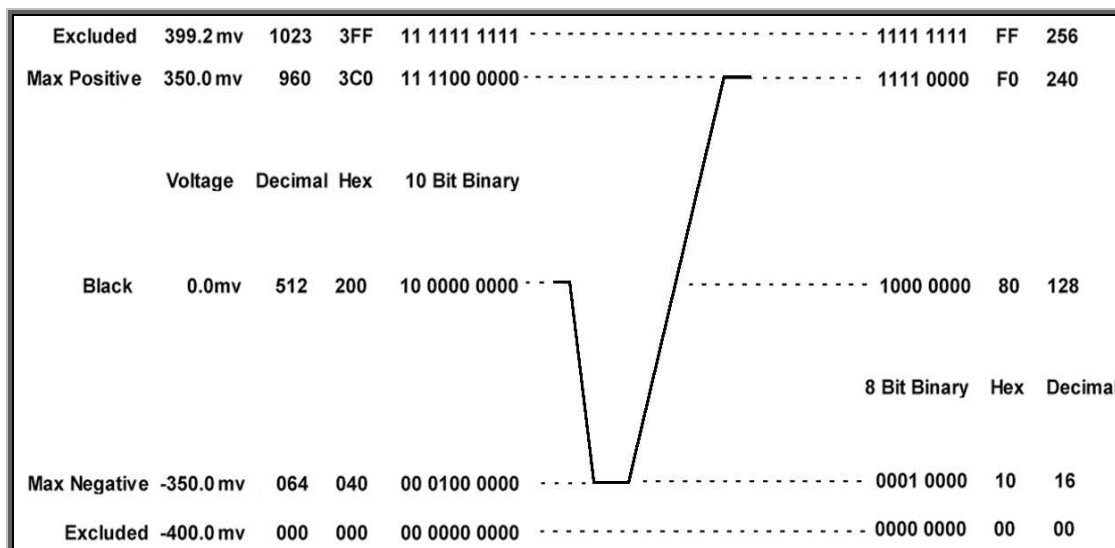


Σχήμα 4.1.6 Ανακτώντας το αναλογικό σήμα R', G', B' από την παράλληλη ροή δεδομένων.

4.2 Η δομή του ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος .

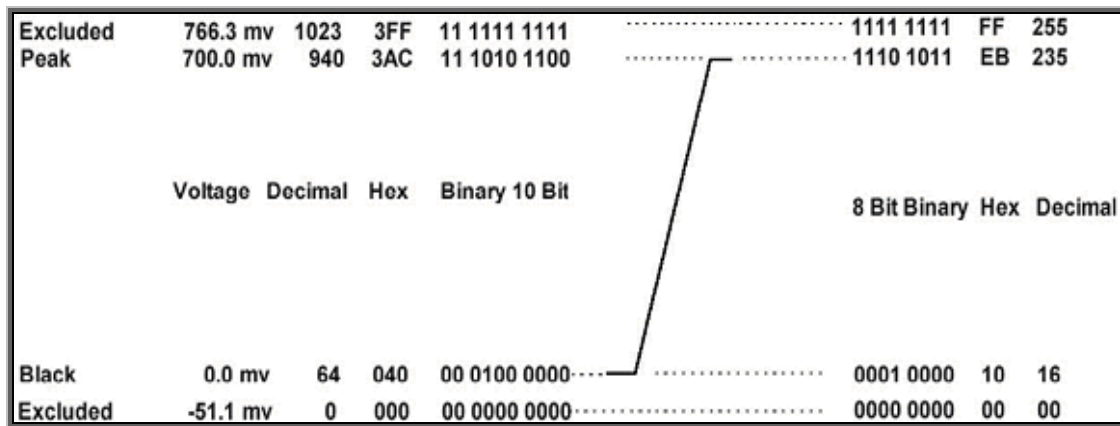
Κατά την δειγματοληψία των σημάτων **Y'** και των **P'b** και **P'r** χρησιμοποιούνται δείγματα των 10-bit ή 8-bit. Όταν έχουμε 10-bit δημιουργούνται 1024 επίπεδα κβαντισμένου σήματος (00h - FFh), ενώ όταν έχουμε 8-bit δημιουργούνται 256 επίπεδα κβαντισμένου σήματος (000h – 3FFh)[9].

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κβαντοποίηση της χρωματικής διαφοράς, όπου παρατηρούμε πως οι τιμές κυμαίνονται από 040h – 3C0h. Αντιστοιχούν δηλαδή σε ένα εύρος αναλογικού σήματος $\pm 350\text{mv}$. Κανονικά το σήμα επιτρέπεται να περάσει το εύρος που αναφέραμε και το τελικό εφαρμοσμένο εύρος καταλήγει στο $\pm 400\text{mv}$.



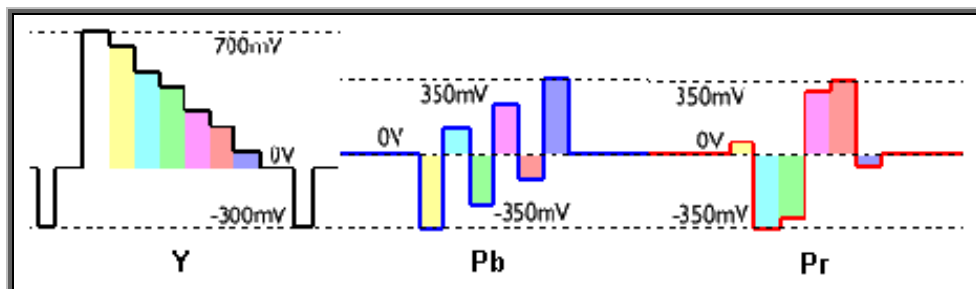
Σχήμα 4.2.1 Η κβαντοποίηση της χρωματοδιαφοράς.

Οι τιμές της φωτεινότητας ανήκουν στο εύρος 040h – 3ACh οι οποίες ανταποκρίνονται σε ένα εύρος αναλογικού σήματος, 0mv – 700 mv. Και πάλι εδώ έχουμε ένα περιθώριο όπου το σήμα επιτρέπεται να ξεπεράσει, και το τελικό εύρος γίνεται -50mv έως +766mv (παρακάτω σχήμα).



Σχήμα 4.2.2 Η κβαντοποίηση της φωτεινότητας.

Το παρακάτω σχήμα μας παρουσιάζει το εύρος σε millivolt που καταλαμβάνουν τα τρία σήματα component Y', P'b και P'r.

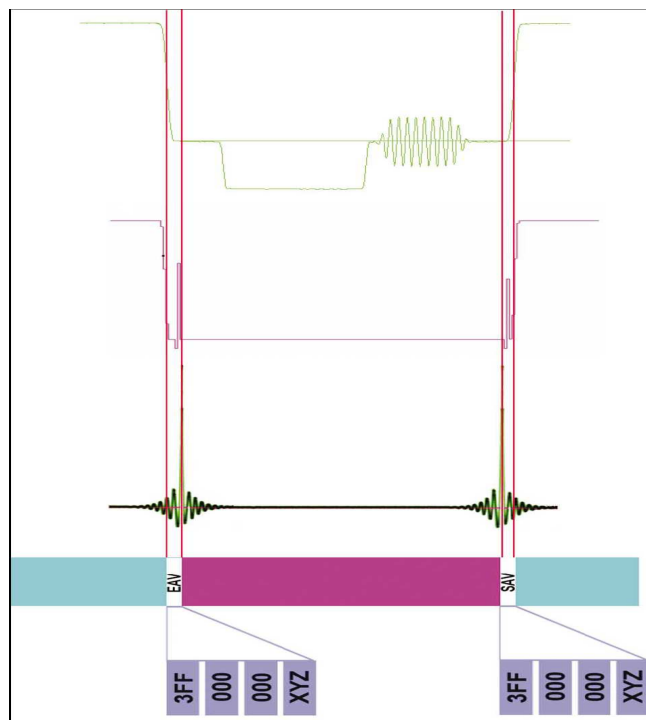


Σχήμα 4.2.3 Το εύρος σε millivolt που καταλαμβάνουν τα τρία σήματα Y,Pb και Pr

Η παρακάτω εικόνα μας παρουσιάζει τα δείγματα και τις ψηφιακές λέξεις στο ψηφιακό σήμα όταν απεικονίζεται στον παλμογράφο εικόνας. Επειδή η πληροφορία του συγχρονισμού μεταφέρεται ανάμεσα από το τέλος του ενεργού video (**End of Active Video, EAV**) και την αρχή του ενεργού video (**Start of Active Video, SAV**), δεν υπάρχει ανάγκη για σήματα συγχρονισμού, όπως ο οριζόντιος παλμός συγχρονισμού και φυσικά ούτε και το σήμα 'burst'. Όλη η οριζόντια περίοδος μεταξύ των δύο γραμμών αλλά και η κάθετη περίοδος μεταξύ των πλαισίων χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν τον ήχο και άλλα βοηθητικά δεδομένα. Τα πακέτα συγχρονισμού EAV και SAV αναγνωρίζονται στην ροή δεδομένων από τις λέξεις με την ακόλουθη σειρά.3FF_h, 000_h, 000_h xyz. Η τέταρτη λέξη (xyz) του EAV και SAV περιέχει πληροφορίες για το σήμα.

Η λέξη 'xyz' είναι των 10-bit με τα δύο τελευταία bits να είναι στο 0 όταν προκειται για σύστημα των 8-bit. Τα bits της λέξης 'xyz' 'έχουν την παρακάτω λειτουργία.

- **Bit 9** – Πάντα 1
- **Bit 8** – (F-bit) 0 για πλαίσιο 1 και 1 για πλαίσιο 2.
- **Bit 7** – (V-bit) 1 κατά την κάθετη περίοδο και 0 όταν υπάρχουν γραμμές video.
- **Bit 6** - (H-bit) 1 όταν επισημαίνει το πακέτο EAV και 0 όταν επισημαίνει το πακέτο SAV.
- **Bit 5,4,3,2**- Είναι bits προστασίας τα οποία παρέχουν διόρθωση στα δεδομένα των F,V, και H bits.
- **Bits 1,0** – Γίνονται 0 όταν πρόκειται για σύστημα 10-bits ή 8-bits.

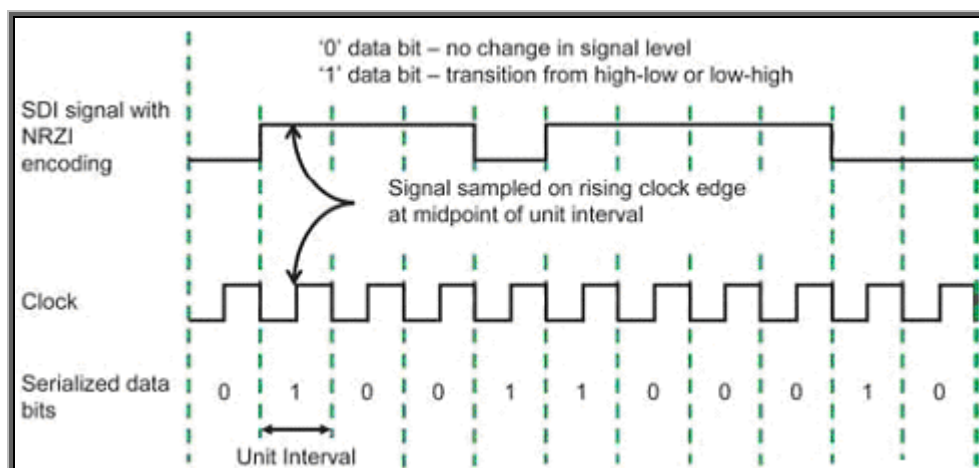


Σχήμα 4.2.4 Η ψηφιακή μορφή του οριζοντίου 'blanking' του σήματος.

Για να μεταδοθεί το ψηφιακό σήμα σε μεγάλες αποστάσεις αλλά και σε μικρές, όπως ανάμεσα στα μηχανήματα μέσα σε ένα studio, απαιτείται να μετατραπεί το ψηφιακό περιεχομένο του σε σειριακό. Αυτό σημαίνει ότι μετατρέπεται το ψηφιακό σήμα σε μια σειρά από bits τα οποία αναπαρίστανται σε μορφή κυματομορφών τάσης. Ένα σήμα χρονισμού καθορίζει την χρονική διακοπή (time interval), που χρησιμοποιείται για να κωδικοποιηθεί το κάθε bit σύμφωνα με έναν αλγόριθμο που ονομάζεται **NRZI** (No Return to Zero Inverted). Η χρονική διακοπή που αντιστοιχεί στο ένα bit σε αυτό το σειριακό σήμα ονομάζεται **Unit Interval**. Η **SMPTE** (Society of Motion Picture and Television Engineers), έχουν εγκρίνει κάποιους κανόνες που καθορίζουν αυτό το σειριακό ψηφιακό Interface που ονομάζεται **SDI** και αφορά τον ψηφιακό εξοπλισμό που επεξεργάζεται αυτό το σήμα.

Η **SMPTE 259M** καθορίζει το μέσο διασύνδεσης (interface) για τα **SD** σήματα με ροή δεδομένων στα 270 Mb/s και η **SMPTE 292M** καθορίζουν τα **HD** σήματα με ροή δεδομένων 1485Gb/s. Τα ψηφιακά σήματα που ακολουθούν αυτά τα πρότυπα θα τα ονομάζουμε **SDI** σήματα. Η SMPTE καθορίζει πως η συχνότητα συγχρονισμού που χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει αυτά τα σήματα SDI ισοδυναμεί με τον ρυθμό ροής των bit. Σαν αποτέλεσμα τα SDI σήματα, κωδικοποιούν το ένα bit σε μια περίοδο του σήματος χρονισμού δηλαδή η διακοπή (Unit Interval) ισοδυναμεί με την περίοδο του σήματος χρονισμού. Έτσι το Unit Interval των 270 Mb/s για τα SD-SDI σήματα ισοδυναμεί με την περίοδο των 270 Mhz δηλαδή 3,7 ns. Παρόμοια το Unit Interval των 1485 Gb/s για τα HD-SDI σήματα ισοδυναμεί με την περίοδο των 1485 Ghz δηλαδή 673 ps.

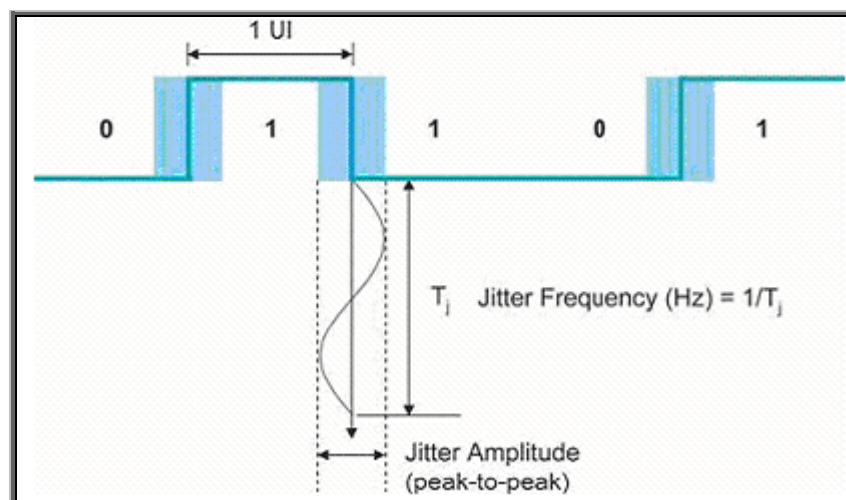
Το πρωτόκολλο SMPTE διευκρινίζει επίσης πως τα SDI σήματα κωδικοποιούν τα σειριακά δεδομένα χρησιμοποιώντας την μέθοδο NRZI. Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο το 0 bit κωδικοποιείται σαν να μην υπάρχει αλλαγή στην στάθμη του σήματος ενώ το 1 bit κωδικοποιείται σαν να υπάρχει αλλαγή στην στάθμη του σήματος. Αν το σήμα είναι υψηλό το 1 bit δημιουργεί μετάβαση στην χαμηλή στάθμη. Αν το σήμα είναι χαμηλό το 1 bit δημιουργεί μετάβαση στην υψηλή στάθμη του σήματος. Το παρακάτω σχήμα μας παρουσιάζει πως κωδικοποιείται το ψηφιακό σήμα με την μέθοδο NRZI.[10]



Σχήμα 4.2.5 Η μέθοδος κωδικοποίησης για τα ψηφιακά σήματα.

Κανονικά ο χρόνος διακοπής (time interval) σε ένα SDI σήμα πρέπει να ισοδυναμεί με ένα ακέραιο πολλαπλάσιο του 'unit interval'. Στην πραγματικότητα, οι μεταβάσεις στο σήμα μπορεί να είναι μετατοπισμένες χρονικά. Αυτές οι μετατοπίσεις που δημιουργούν την χρονική μετατόπιση της διακοπής (time interval error, TIE), προκαλούν θόρυβο στο σήμα μας (jitter). Έτσι στον δέκτη κατά την διάρκεια της

αποδικωποίησης δημιουργούνται προβλήματα αφού δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η ανάκτηση του ψηφιακού περιεχομένου του σήματος SDI, όπως πρέπει. Στο σχήμα 4.8.5 παρουσιάζεται το SDI σήμα με διακυμάνσεις στις άκρες, όπου πραγματοποιούνται οι μεταβάσεις και οι οποίες αποτελούνται από ημιτονοειδή κύματα με πλάτος και συχνότητα.

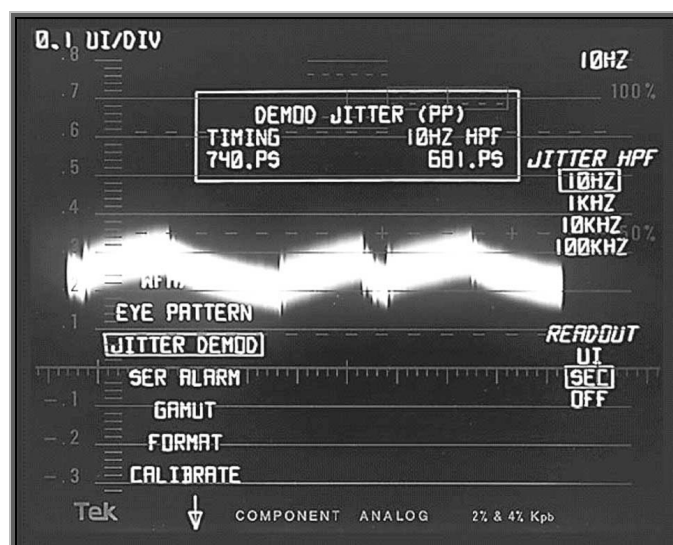


Σχήμα 4.2.6 Το SDI σήμα με χρονική μετατόπιση του time interval

Στην πραγματικότητα ο θόρυβος (jitter) σπάνια έχει την μορφή που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Στα περισσότερα συστήματα υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν χρονικά τις μετατοπίσεις των μεταβάσεων στο ψηφιακό σήμα όπως για παράδειγμα είναι το μήκος του καλωδίου. Σαν αποτέλεσμα θα υπάρχουν διακυμάνσεις στις συχνότητες και στα πλάτη τους με την δημιουργία διαφορετικών φασμάτων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά αυτά. Επειδή αυτό το γεγονός επηρεάζει την διαδικασία της αποδικωποίησης, χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί μια ταξινόμηση του θορύβου ανάλογα με την συχνότητα.

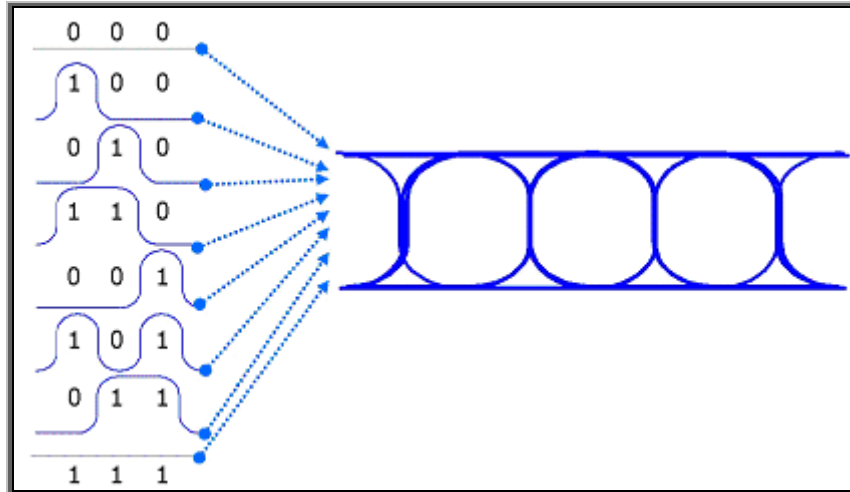
Κατά την αποδικωποίηση στον δέκτη, δεν υπάρχει ξεχωριστό ρολόι συγχρονισμού ώστε να ανακτεί τις μεταβάσεις των ψηφιακών δεδομένων αφού δεν υπάρχει η δυνατότητα να μεταδίδεται μαζί με το σήμα. Αυτό πραγματοποιείται με το να ανακτείται ενέργεια από το σήμα η οποία οδηγεί έναν υψηλού εύρους ταλαντωτή που κλειδώνει όσο πιο κοντά γίνεται στον χρόνο του εισερχόμενου σήματος. Αυτός ο ταλαντωτής οδηγεί έναν άλλον χαμηλού εύρους ταλαντωτή. Σε ένα όργανο μέτρησης του 'jitter', τα δείγματα των δύο ταλαντωτών συγκρίνονται μέσω ενός αποδιαμορφωτή φάσης, για να παράγουν μια κυματομορφή που αντιπροσωπεύει τον θόρυβο (jitter). Έχουμε δύο ειδών θορύβου. Ο χρονικός θόρυβος (timing jitter)

ορίζεται ως οι διακυμάνσεις, στον χρόνο, των στιγμών των μεταβάσεων των ψηφίων σε σχέση με ένα καθαρό σήμα χρονισμού πάνω από μια χαμηλή συχνότητα που ορίζεται στα 10Hz. Θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί το κανονικό σήμα χρονισμού που είναι στον δέκτη αλλά αφού δεν είναι διαθέσιμο χρησιμοποιείται ένας ταλαντωτής. Ο θόρυβος αντιστοίχισης (alignment jitter), ορίζεται ως οι διακυμάνσεις, στον χρόνο, των στιγμών των μεταβάσεων των ψηφίων σε σχέση με ένα υποθετικό σήμα χρονισμού που προκύπτει από το σήμα. Το εύρος της διαδικασίας εξαγωγής του σήματος χρονισμού καθορίζει το όριο της χαμηλής συχνότητας για τον θόρυβο της αντιστοίχισης. Για τα SD συστήματα αυτό το όριο της συχνότητας είναι το 1 KHz και για τα HD συστήματα αυτό το όριο είναι τα 100KHz. Κάποιοι επαγγελματικοί παλμογράφοι (Σχήμα 4.8.6) παρέχουν την δυνατότητα επιλογών διαφορετικών high-pass φίλτρων προκειμένου να απομονώσουν την ενέργεια του θορύβου. Η πληροφορία του θορύβου μπορεί να μην είναι φιλτραρισμένη στην απεικόνιση του 'timing jitter' (το εύρος είναι 10HZ έως 5MHZ) ή να είναι φιλτραρισμένη από ένα 'high-pass' 1KHZ (-3dB) φίλτρο για να απεικονίζει ένα εύρος από 1KHZ έως 5MHZ για το 'alignment jitter'. [11]



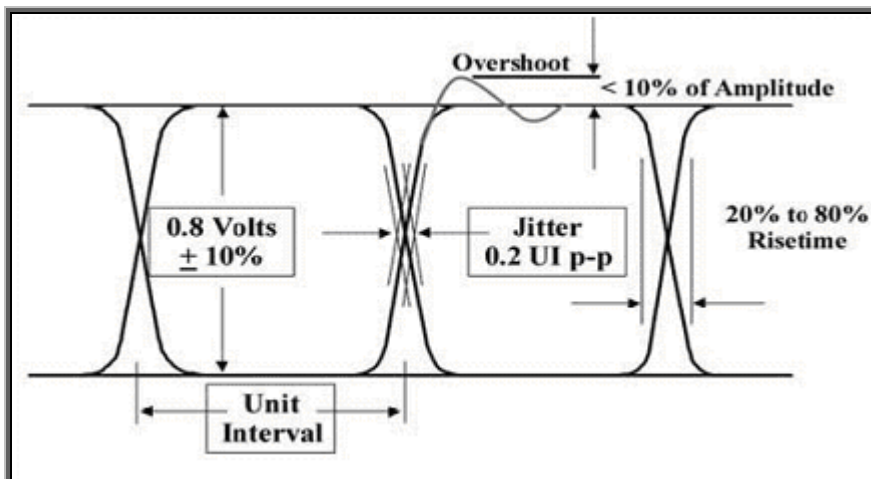
Σχήμα 4.2.7 Η απεικόνιση του jitter

Για να εντοπίσουμε τα λάθη που περιγράψαμε προηγουμένως χρησιμοποιούμε μια μέθοδο που μας παρέχουν μερικοί ψηφιακοί παλμογράφοι και η οποία στηρίζεται στο διάγραμμα του ματιού (eye display). Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο, οι ακολουθίες των bit επικαλύπτονται όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.8.6 και δημιουργείται το διάγραμμα του ματιού.



Σχήμα 4.2.8 Οι επικαλύψεις των ακολουθιών σχηματίζουν το διάγραμμα του ματιού.

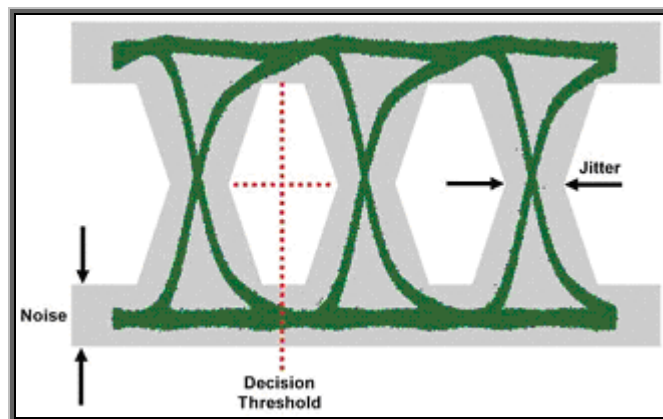
Οι βασικές παράμετροι που εξετάζονται χρησιμοποιώντας την μέθοδο του ‘eye-display’ είναι το πλάτος του σήματος, οι κορυφές που ξεπερνάνε το πλάτος (overshoot), ο χρόνος πτώσης (fall time) και ο χρόνος ύψωσης (rise time). Οι δύο τελευταίες παράμετροι μετριοούνται στο 20% και 80% του συνολικού πλάτους του σήματος. Επίσης μπορούμε να μετρήσουμε και το ‘jitter’ αρκεί να καθορίσουμε την συχνότητα του χρονιστή.



Σχήμα 4.2.9 Η απεικόνιση του ματιού (eye-pattern display)

Τις μετρήσεις μέσω του διαγράμματος του ματιού πρέπει να τις πραγματοποιούμε κοντά στις πηγές διότι το σήμα δεν περιέχει θόρυβο. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα μέτρο καλώδιο από την πηγή. Ο δέκτης αποφασίζει κατά την ακολουθία των bit, αν ένα σήμα είναι χαμηλό ή υψηλό σε τάση, σύμφωνα με ένα καθορισμένο ‘threshold’ (decision threshold) με το οποίο εντοπίζει την ροή των

δεδομένων. Όταν χρησιμοποιείται μικρό καλώδιο από το μηχάνημα μετάδοσης στον δέκτη, ο ισοσταθμιστής που υπάρχει σε κάθε δέκτη, θα έχει μικρή επίπτωση στο σήμα διότι το διάγραμμα του ματιού θα είναι ανοικτό καθώς θα υπάρχει μέγιστη απόσταση μεταξύ των μεταβάσεων των ψηφιακών ψηφίων στο σημείο όπου συναντιούνται (cross over point) και έτσι θα μπορούν να αποδικοποιηθούν εύκολα. Σε αντίθεση όταν ο θόρυβος αυξάνεται μέσω του καλωδίου το διάγραμμα ματιού στενεύει, σχήμα 4.8.8. και ο ισοσταθμιστής μέσα στον δέκτη θα πρέπει να αναλάβει δράση ώστε τα ψηφιακά δεδομένα να μπορούν να ανακτηθούν κανονικά.



Σχήμα 4.2.10 Το threshold του διαγράμματος ματιού και οι επιπτώσεις του θορύβου.

Επίσης το αυξημένο μήκος του καλωδίου στο οποίο ταξιδεύει το SDI σήμα μπορεί να προκαλέσει μείωση του πλάτους του και συχνοτικές εκτοπίσεις, απαιτώντας από τον ισοσταθμιστή του δέκτη να διορθώσει αυτές τις αλλοιώσεις. Στο σχήμα 4.8.9 δίνονται οι προδιαγραφές για της μετρήσεις μέσω της λειτουργίας του διαγράμματος του ματιού, ανάλογα σε ποιο σύστημα δουλεύουμε.[9]

	SD	HD
Amplitude	800mv +/- 10%	800mv +/- 10%
Overshoot	10% of Amplitude	10% of Amplitude
Rise/Fall time	Shall be no less than 0.4ns, no greater than 1.50ns, and shall not differ by more than 0.5ns	Shall be no greater than 270ps and shall not differ by more than 100ps
Jitter Timing (10Hz)	0.2UI (740ps)	1.0UI (673.4ps @ 1.485Gb/s) (674ps @ 1.4835Gb/s)
Jitter Alignment	0.2UI (740ps) @ 1kHz	0.2UI (135ps) @ 100kHz

Σχήμα 4.2.11 Οι προδιαγραφές για τις μετρήσεις μέσω του διαγράμματος του ματιού.

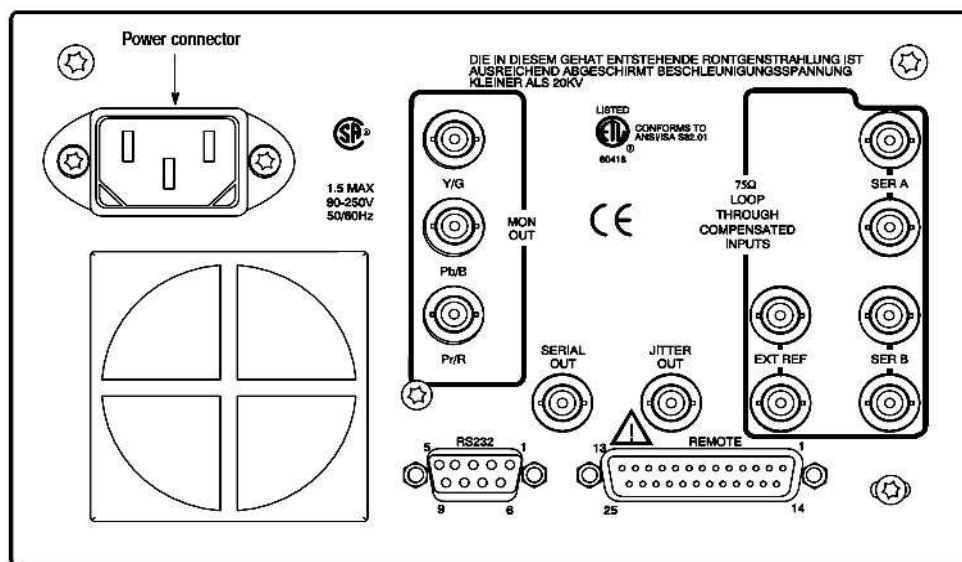
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι προδιαγραφές για τα επιτρεπτά μήκη καλωδίων που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε κλειστές ψηφιακές τηλεοπτικές εγκαταστάσεις. Η οπτική ίνα η οποία δεν αναφέρεται ταξιδεύει το ψηφιακό σήμα σε δεκάδες χιλιάδες χιλιόμετρα.

Cable Type	HD-SDI		SD-SDI	
	Feet	Meters	Feet	Meters
Belden 8281	260	79	1000	305
Belden 1694A	370	113	1360	415
Belden1855A	210	64	750	229
Belden 1505A	300	91	1110	338
Image 1000	384	117	1325	404
Cenere L-5CFB			1210 (max)	368

Σχήμα 4.2.12 Οι προδιαγραφές για τα επιτρεπτά μήκη των καλωδίων του ψηφιακού σήματος.

4.3 Ο ψηφιακός παλμογράφος.

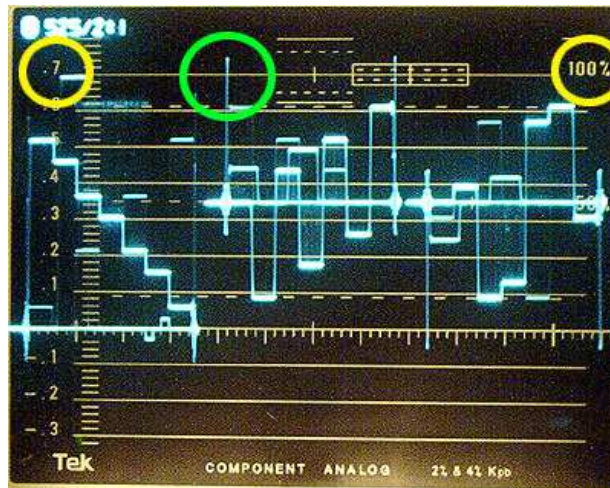
Ο ψηφιακός παλμογράφος απεικονίζει το σήμα όπως και ο αναλογικός με την διαφορά ότι λείπει ο οριζόντιος παλμός συγχρονισμού και ο colorburst. Στο ψηφιακό σήμα έχουμε να κάνουμε με μεταφορά δεδομένων και μάλιστα σειριακά. Το πίσω μέρος ενός ψηφιακού παλμογράφου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.3.1 Το πίσω μέρος ενός ψηφιακού παλμογράφου.

Από το σχήμα βλέπουμε πως το ψηφιακό σήμα που είναι σειριακής μορφής συνδέεται στην είσοδο ενός εκ των δύο καναλιών **SER A** ή **SER B**. Η άλλη είσοδος από το κάθε κανάλι χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση της αντίστασης των 75Ω. Επίσης παρατηρούμε την έξοδο **MON OUT**, κατά την οποία μετατρέπεται το ψηφιακό σήμα σε αναλογικό **component**. Το σήμα component αφορά την φωτεινότητα και τις τρεις χρωματοδιαφορές **Y'**, **P'b** και **P'r**.

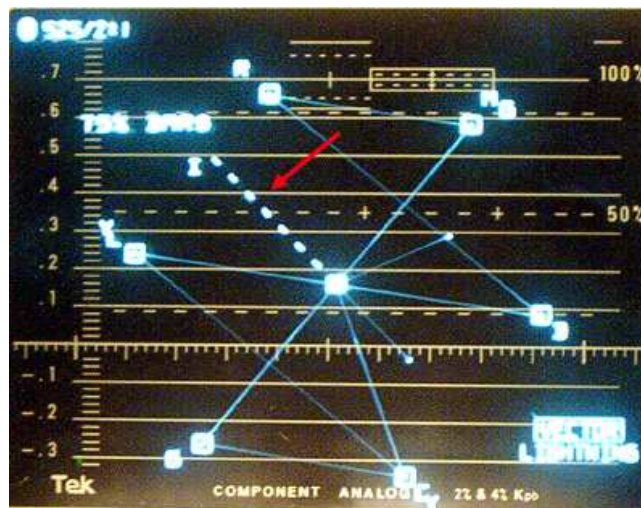
Το ψηφιακό σήμα απεικονίζεται στον παλμογράφο αναλογικά, αποδικοποιώντας τα τρία σήματα της φωτεινότητας και των δύο χρωματοδιαφορών (**Y'**, **P'b**, **P'r**), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η λειτουργία που ενεργοποιείται για αυτή την απεικόνιση, ονομάζεται **PARADE**.



Σχήμα 4.3.2 Η απεικόνιση της φωτεινότητας και των δύο χρωματοδιαφορών.

Παρατηρούμε πως από το σχήμα 4.9.1 που αφορά τις γνωστές μας μπάρες, φαίνεται η φωτεινότητα Υ' αριστερά και οι δύο χρωματοδιαφορές δεξιά. Επίσης στην αρχή και στο τέλος κάθε σήματος βλέπουμε τους παλμούς SAV και EAV.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ο διανυσματογράφος. Η λειτουργία που ενεργοποιείται για αυτή την απεικόνιση ονομάζεται **VECTOR**.

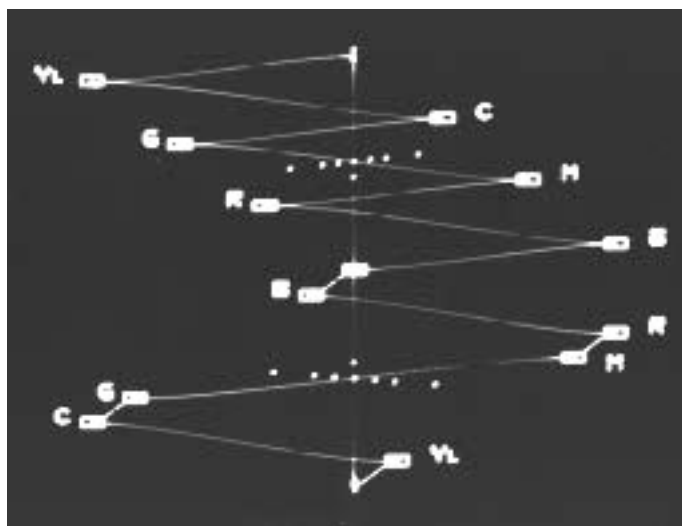


Σχήμα 4.3.3 Η απεικόνιση της χρωμικότητας στον διανυσματογράφο.

Παρατηρούμε στην απεικόνιση του διανυσματογράφου πως δεν υπάρχει το σήμα **BURST**. Κανονικά στον αναλογικό παλμογράφο το σήμα BURST για το σύστημα **PAL** θα έπρεπε να πέφτει στις 135^0 . Επίσης φαίνεται ο άξονας **I** όπου πάνω σε αυτόν πέφτουν οι αποχρώσεις του δέρματος. Στους ψηφιακούς παλμογράφους συνήθως η απεικόνιση της οθόνης είναι ίδια και για τα δύο συστήματα **PAL** και

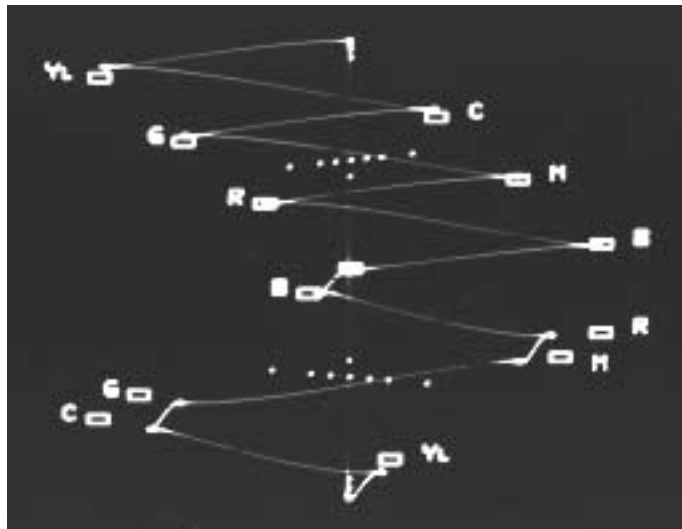
NTSC. Αν θέλουμε να επιλέξουμε σε ποιο σύστημα δουλεύουμε υπάρχει σχετική επιλογή στο menu ανάμεσα στο σύνολο των γραμμών σάρωσης των δυο συστημάτων. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέξαμε 525 γραμμές (NTSC), όπου φαίνεται στην πάνω αριστερή γωνία.

Μια άλλη μέθοδο που χρησιμοποιούμε προκειμένου να μετρήσουμε την διαφορά σε gain μεταξύ των καναλιών σε ένα component σήμα, πραγματοποιείται μέσω του **Lighting display**. Αυτή η απεικόνιση που φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, μας πληροφορεί για την σχέση όσον αφορά τα gain που έχει η φωτεινότητα με την μία χρωματοδιαφορά B-Y (πάνω μισό οθόνης) και η φωτεινότητα με την άλλη χρωματοδιαφορά R-Y(κάτω μισό οθόνης). Η φωτεινή τελεία στην μέση χαρακτηρίζει το επίπεδο blanking.



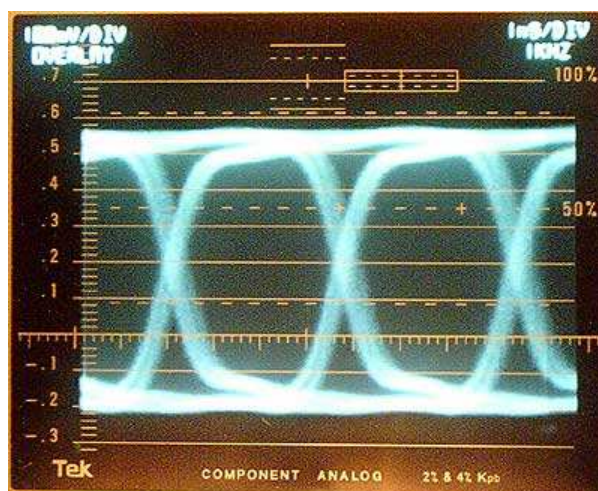
Σχήμα 4.3.4 Η απεικόνιση του lighting display.

Αυξάνοντας την φωτεινότητα έχουμε απομάκρυνση των στιγμάτων προς τα πάνω στο πάνω μισό της οθόνης και απομάκρυνση των στιγμάτων προς τα κάτω στο κάτω μέρος της απεικόνισης. Στο παρακάτω παράδειγμα βλέπουμε πως η φωτεινότητα είναι αυξημένη και η χρωματοδιαφορά R-Y είναι ελαφρώς χαμηλή. Δηλαδή όλες οι τελείες έχουν μετακινηθεί κάθετα μακριά από το κέντρο λόγω του σήματος της υψηλής φωτεινότητας, και οι τελείες στο κάτω μισό της οθόνης έχουν μετακινηθεί οριζόντια προς το κέντρο λόγω της χαμηλής σε gain χρωματοδιαφοράς R-Y.



Σχήμα 4.3.5 Η διαφορά του gain μεταξύ των καναλιών όπως φαίνεται από την απεικόνιση του Lighting display.

Για να ελέγχουμε την ποιότητα του ψηφιακού σήματος ενεργοποιούμε την λειτουργία του διαγράμματος του ματιού (eye-display mode). Η εικόνα που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.9.5, έχει την ιδανική μορφή. Αν υπάρχουν αλλοιώσεις στο σήμα που δεν συμφωνούν με τις προδιαγραφές που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, τότε ενεργοποιούμε την λειτουργία του ισοσταθμιστή (EQ-EYE). Αμέσως η απεικόνιση αλλάζει από τα κυκλώματα ισοστάθμισης και η κυματομορφή μορφοποιείται ελαφρώς προς το καλύτερο. Η εικόνα του σήματος που λαμβάνουμε από αυτή την διαδικασία είναι η ίδια με την εικόνα που θα είχε το σήμα αν επιδρούσε πάνω του ο ισοσταθμιστής του δέκτη.



Σχήμα 4.3.6 Η απεικόνιση του σήματος όταν ενεργοποιείται η λειτουργία του διαγράμματος του ματιού (eye-display)

5 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΩΝ ΔΥΟ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΟ STUDIO.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε κάποιες σημαντικές πρακτικές ελέγχου του τηλεοπτικού σήματος με την βοήθεια του παλμογράφου εικόνας και του διανυσματογράφου. Οι ενέργειες αυτές ακολουθούνται πάντα μέσα στο studio, ώστε να βεβαιωθούμε πως τα μηχανήματα λειτουργούν σωστά και βγάζουν στην εξοδό τους τις σωστές στάθμες ως προς την φωτεινότητα και την χρωμικότητα. Πιο συγκεκριμένα θα περιγράψουμε τον έλεγχο της φάσης και του πλάτους της χρωμικότητας μέσα από ένα μηχανήμα αναπαραγωγής, καθώς και τον έλεγχο της φωτεινότητας του σήματος μέσα από το ίδιο μηχανήμα. Ύστερα θα περιγράψουμε την διαδικασία του 'white' και του 'black balance' μέσα στο studio προκειμένου να διαπιστώσουμε πως οι κάμερες δεν βγάζουν στην εξοδό τους άλλα χρώματα εκτός από το άσπρο και το μαύρο. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα περιγράψουμε την διαδικασία του συγχρονισμού κατά την οποία όλα τα μηχανήματα που συνδέονται σε ένα switcher πρέπει να είναι συγχρονισμένα ώστε να μην παρατηρούνται ανώμαλες μεταβάσεις της εικόνας από το ένα μηχανήμα στο άλλο.

5.1 Ελέγχοντας την φάση της χρωμικότητας

Για να ελέγξουμε το σήμα από τον εξοπλισμό για παράδειγμα ενός μηχανήματος καταγραφής, πρέπει να παίζουμε την κασέτα με γραμμένες 75% μπάρες. Αν τα διανύσματα της φάσης του burst πέφτουν στις $\pm 45^0$ σε σχέση με τον άξονα V, αλλά οι κουκίδες πέφτουν έξω από τα κουτάκια, τότε η φάση της χρωμικότητας είναι λάθος σε σχέση με το colorburst. Αυτή η φασική ανωμαλία δημιουργεί λάθη στις χροιές. Για παράδειγμα τα πρόσωπα των ανθρώπων φαίνονται πράσινα ή πορφυρά. Για να διορθώσουμε αυτό το πρόβλημα ακολουθούμε τα επόμενα βήματα.

- Ελέγχουμε ώστε το colorburst να πέφτει στις $\pm 45^0$ σε σχέση με τον άξονα V. Χρησιμοποιούμε το ποτενσιόμετρο του phase control του διανυσματογράφου.
- Προσαρμόζουμε την χροιά ή την φάση του χρώματος από το εξοπλισμό του μηχανήματος TBC (Time Base Corrector), χρησιμοποιώντας το ποτενσιόμετρο 'hue' or 'chroma phase', προκειμένου να φέρουμε τις κουκίδες μέσα στα κουτάκια (παρακάτω σχήμα).



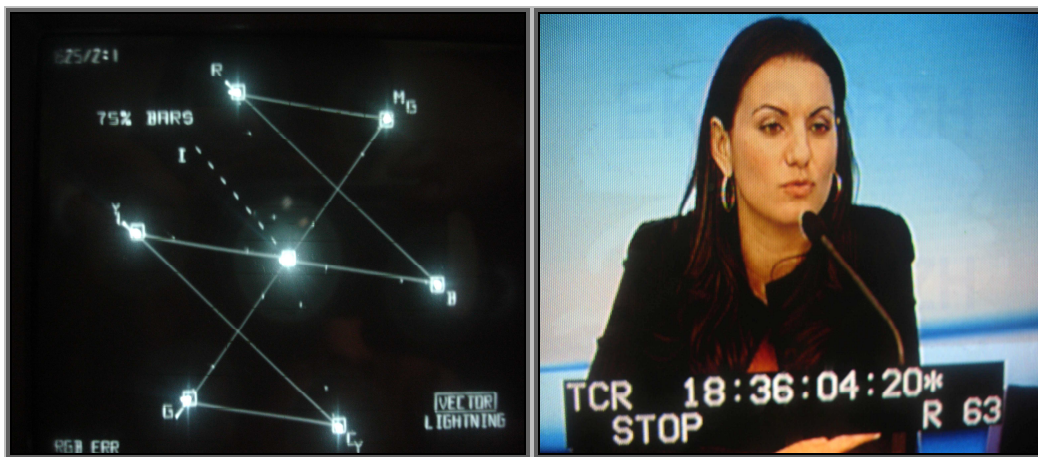
Σχήμα 5.1.1 Η διάταξη του TBC με το ποτενσιόμετρο ελέγχου του HUE CHROMA PH.

Το τμήμα του TBC εκτός από τις διατάξεις ελέγχου του συγχρονισμού, που θα περιγράψουμε παρακάτω, περιλαμβάνει και ρυθμίσεις προκειμένου να διορθωθούν ελλείψεις στο πλάτος του σήματος καθώς και χρωματικά λάθη. Τέτοιες ρυθμίσεις αφορούν την στάθμη του μαύρου, την φωτεινότητα, το πλάτος της χρωματικότητας και την απόχρωση. Αν δουλεύουμε με κάμερα οι ρυθμίσεις δεν είναι διαφορετικές. Θα πρέπει να προσέχουμε τις εξόδους της κάμερας, πραγματοποιώντας τις απαραίτητες ρυθμίσεις μέσα από το menu της κάμερας ή από την εξωτερική διάταξη ελέγχου αν υπάρχει (CCU).

Στις εικόνες παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα με σωστή και λανθασμένη φάση χρωμικότητας η οποία αντίστοιχα επηρεάζει και την ποιότητα της εικόνας όταν θα αναπαραχθεί από το μηχάνημα αναπαραγωγής.



Σχήμα 5.1.2 Η φάση των χρωματοδιαφορών είναι διαφορετική και συνεπώς και η εικόνα δεν θα αποδίδεται σωστά ως προς τα χρώματα.



Σχήμα 5.1.3 Η φάση των χρωματοδιαφορών είναι σωστή και συνεπώς η εικόνα θα αποδίδεται σωστά ως προς τα χρώματα.

5.2 Ελέγχοντας το πλάτος της χρωμικότητας και φωτεινότητας .

Προσαρμόζοντας το πλάτος της χρωμικότητας, μπορεί οι κουκίδες να μην πέσουν μέσα στα κουτάκια, είτε επειδή είναι πολύ χαμηλά και δεν φτάνουν να πέσουν μέσα ή εκτείνονται πέρα από αυτά. Αυτό το γεγονός καταδεικνύει πρόβλημα στο πλάτος της χρωμικότητας. Για να ελέγξουμε το πλάτος της χρωμικότητας στον εξοπλισμό που δοκιμάζουμε, (στην προκειμένη περίπτωση το μηχάνημα αναπαραγωγής), θα χρησιμοποιήσουμε πάλι το σήμα με τις μπάρες που θα είναι γραμμένο στην αρχή μιας κασέτας. Ελέγχουμε τα επίπεδα φωτεινότητας στον παλμογράφο όπως έχουμε μάθει και διορθώνουμε όπου υπάρχει πρόβλημα πριν ξεκινήσουμε τις μετρήσεις στον διανυσματογράφο. Θυμίζουμε πως ο διανυσματογράφος δεν μας δίνει πληροφορίες για την φωτεινότητα αλλά για την χρωμικότητα. Έτσι οι απαραίτητες ρυθμίσεις αφορούν τα εξής βήματα.

- Ελέγχουμε από το ποτενσιόμετρο VIDEO LEVEL του μηχανήματος, τα μαύρα να πέσουν πάνω στο 0. Πρέπει να διευκρινίσουμε εδώ πως τα μαύρα και το blanking level στον παλμογράφο για το σύστημα PAL είναι το ίδιο πράγμα και πέφτουν πάνω στο 0, ενώ στο NTSC το μαύρο συμπίπτει με το 7,5 IRE και το blanking level με το 0. Τα μαύρα ελέγχονται από το ποτενσιόμετρο του SET UP BLK που υπάρχει πάνω στην διάταξη του TBC (Σχήμα 5.2.1).



Σχήμα 5.2.1 Η διάταξη του TBC με το ποτενσιόμετρο ελέγχου των μαύρων.

Η παρακάτω εικόνα (Σχήμα 5.2.2) αφορά την περίπτωση που η στάθμη φωτεινότητας της μαύρης μπάρας είναι υψηλή. Αν αφήσουμε αυτή την στάθμη και παίξουμε την εικόνα στο μηχάνημα αναπαραγωγής, θα παρατηρήσουμε πως ο παλμογράφος θα μας απεικονίζει την εικόνα με σηκωμένη την στάθμη των μαύρων αλλοιώνοντας την ποιότητα της εικόνας.



Σχήμα 5.2.2 Η στάθμη της φωτεινότητας της μαύρης μπάρας είναι υψηλή και συνεπώς η εικόνα μας θα έχει τα μαύρα σηκωμένα κοντά στο 0,1 Volt.

Η παρακάτω εικόνα (Σχήμα 5.2.3) αφορά την περίπτωση που η στάθμη φωτεινότητας της μαύρης μπάρας είναι στο σημείο 0 (για PAL).



Σχήμα 5.2.3 Η στάθμη της φωτεινότητας της μαύρης μπάρας είναι στο σημείο 0 και συνεπώς τα μαύρα της εικόνας μας θα πέφτουν πάνω στο σημείο 0.

- Ελέγχουμε από το ποτενσιόμετρο VIDEO LEVEL του μηχανήματος, το άσπρο να πέσει πάνω στο 100 IRE ή στο 0,7V. (παρακάτω εικόνα)



Σχήμα 5.2.4 Η διάταξη του TBC με το ποτενσιόμετρο του VIDEO LEVEL.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 5.2.5), παρατηρούμε πως η στάθμη φωτεινότητας της λευκής μπάρας είναι λίγο πιο πάνω από τα 0,7 Volt. Αν αφήσουμε αυτή την στάθμη και αναπαράγουμε την εικόνα στο μηχάνημα αναπαραγωγής, θα παρατηρήσουμε πως η εικόνα μας θα καίγεται ελαφρώς και ο παλμογράφος θα μας απεικονίζει την εικόνα με κλιπαρισμένα τα άσπρα.



Σχήμα 5.2.5 Η στάθμη φωτεινότητας της άσπρης μπάρας είναι λίγο πιο πάνω από τα 0,7 Volt και συνεπώς τα άσπρα της εικόνας μας θα κλιπάρουν.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 5.2.6) παρατηρούμε πως η στάθμη φωτεινότητας του άσπρου είναι πιο κάτω από το 0,7 Volt. Αν αφήσουμε αυτή την στάθμη και αναπαράγουμε την εικόνα στο μηχάνημα αναπαραγωγής, θα παρατηρήσουμε πως η εικόνα μας θα σκοτεινιάσει ελαφρώς και ο παλμογράφος θα μας απεικονίζει την εικόνα με πεσμένα τα άσπρα.



Σχήμα 5.2.6 Η στάθμη φωτεινότητας της άσπρης μπάρας πέφτει πιο κάτω από τα 0,7 Volt και συνεπώς η εικόνα μας θα σκοτεινιάσει.

Ενώ η κασέτα θα παίζει τις γραμμένες μπάρες, θα εμφανιστούν οι κουκίδες στον διανυσματογράφο. Αν οι κουκίδες είναι πέρα από τα κουτάκια, το πλάτος της χρωμικότητας θα είναι υψηλό. Αν οι κουκίδες δεν φτάνουν τα κουτάκια το πλάτος θα είναι χαμηλό.

- Ρυθμίζουμε το πλάτος της χρωμικότητα (από το TBC), ώστε οι κουκίδες να πέσουν μέσα στα κουτάκια (παρακάτω εικόνα).



Σχήμα 5.2.7 Η διάταξη του TBC με το ποτενσιόμετρο του CHROMA LEVEL.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 5.2.8) παρουσιάζεται ένα παράδειγμα όπου παρατηρούμε πως το πλάτος της χρωμικότητας του σήματος με τις μπάρες, είναι τόσο μεγάλο που πέφτει έξω από τα κουτάκια. Αν αφήσουμε αυτή το πλάτος και αναπαράγουμε την εικόνα στο μηχάνημα αναπαραγωγής, θα παρατηρήσουμε πως η εικόνα μας θα περιέχει έντονα χρώματα και ο διανυσματογράφος θα μας απεικονίζει την εικόνα με μεγάλο πλάτος στο ίχνος.



Σχήμα 5.2.8 Το πλάτος της χρωμικότητας είναι μεγάλο με αποτέλεσμα τα χρώματα της εικόνας να είναι έντονα πέρα από το φυσιολογικό

Αν προσπαθώντας να προσαρμόσουμε το σωστό πλάτος της χρωμικότητας, οι κουκίδες δεν πέσουν μέσα στα κουτάκια, τότε θα πρέπει να ρυθμίσουμε πάλι την χροιά μέσω της φάσης ή να πραγματοποιήσουμε service στο μηχάνημα.

5.3 Ελέγχοντας το *balance* μέσα στο *Studio*

Εκτός από τον έλεγχο που πραγματοποιούμε για την φάση του χρώματος και το πλάτος, υπάρχει μια ακόμη εφαρμογή που πρέπει να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας τον παλμογράφο εικόνας, και αφορά το **WHITE BALANCE**.



Σχήμα 5.3.1 Εικόνα από το *STUDIO* της *NET* και από το *CONTROL ROOM* στο οποίο διακρίνονται αριστερά οι μονάδες των *CCU*.

Όπως είπαμε αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται για την σωστή εξισορόπηση των βασικών χρωμάτων της κάμερας, το κόκκινο, το πράσινο και το μπλέ. Όταν αυτά τα χρώματα είναι ισοροπημένα, η έξοδος της κάμερας θα αναπαράγει το λευκό σε μια εικόνα χωρίς να χρειαστεί να προσθέσουμε χρώμα. Για να αναπαράγει η κάμερα τα χρώματα σωστά θα πρέπει να είναι ικανή να αναπαράγει το άσπρο σωστά. Δηλαδή τα σήματα από τις διατάξεις των αισθητήρων (CCD) που είναι υπεύθυνες για τα τρία χρώματα θα πρέπει να είναι σωστά ισοροπημένα για να εξασφαλίσουν ότι δεν υπάρχει σήμα χρωμικότητας στην έξοδο όταν η κάμερα βλέπει λευκό. Πρίν όμως ρυθμίσουμε το whitebalance ελέγχουμε πρώτα το **BLACK BALANCE**. Αυτή η διαδικασία είναι η ίδια με το whitebalance που ήδη έχουμε αναφέρει, αλλά με την διαφορά ότι τα ηλεκτρονικά μέρη της βιντεκάμερας ρυθμίζονται έτσι ώστε το μαύρο να γράφεται ως έχει. Η διαδικασία που ακολουθούμε είναι η εξής.

Βρισκόμαστε μέσα στο Control room του Studio και από εκεί με την βοήθεια της μονάδας ελέγχου της κάμερας (**CCU**), στοχεύουμε με τον φακό της κάμερας μια

μάυρη κάρτα και ζουμάρουμε με τέτοιο τρόπο ώστε ο φακός να πιάει όλη την επιφάνεια της κάρτας. Ύστερα πιάζουμε τον διακόπτη για το black balance. Η μονάδα του CCU χρειάζεται μέσα σε ένα Studio προκειμένου να πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κάμερας μέσα από το Control του Studio και όχι πάνω στην κάμερα. Αυτές οι διατάξεις των CCU βολεύουν όταν υπάρχουν πολλές κάμερες και είναι τοποθετημένες σε απόσταση, και μέσω αυτών των μονάδων που αντιστοιχούν σε κάθε κάμερα, ο τεχνικός που είναι υπεύθυνος για την ρύθμιση της εικόνας μπορεί να τις χειριστεί ταυτόχρονα. Παρακάτω φαίνονται κάποιες διατάξεις CCU, που αντιστοιχούν σε τρεις κάμερες, καθώς και οι δύο διακόπτες που χρησιμοποιούνται για το Black και White balance σε κάθε μονάδα CCU.



Σχήμα 5.3.2 Οι τρεις μονάδες των CCU και οι διακόπτες για το BLACK και WHITE BALANCE.

Όπως είπαμε, πραγματοποιούμε το black balance με την βοήθεια του κατάλληλου διακόπτη πάνω στο CCU. Περιμένουμε λίγα δευτερόλεπτα. Αν η διαδικασία πετύχει το σήμα της κάμερας στην έξοδο θα δημιουργήσει μια ευθεία γραμμή στον παλμογράφο εικόνας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



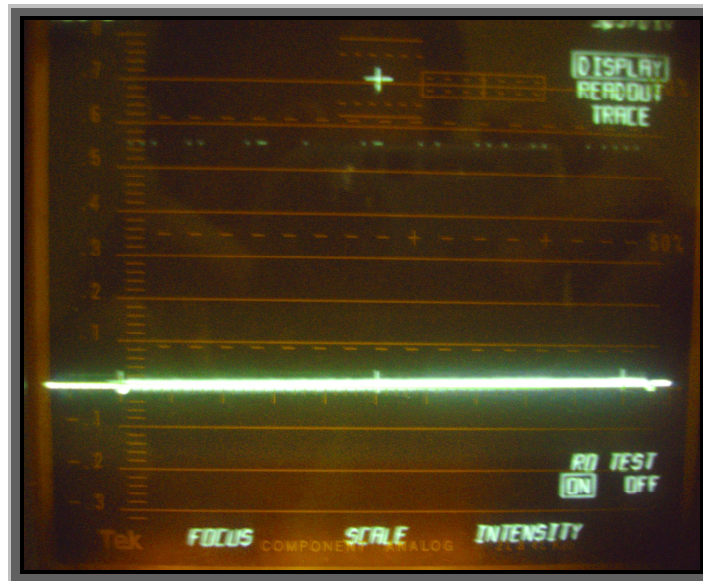
Σχήμα 5.3.3 Η στάθμη φωτεινότητας για το μαύρο πρέπει να πέφτει πάνω στο 0 και όχι πάνω από αυτό όπως παρουσιάζεται στην εικόνα.

Παρατηρούμε πως το επίπεδο της ευθείας που περιγράφει το μαύρο χρώμα είναι λίγο πιο πάνω από το 0. Μετακινούμε λοιπόν το χειριστήριο του Black level ώστε να συμπίπτει η ευθεία με το επίπεδο 0 που αντιστοιχεί στο PAL. Στην δεξιά κάτω εικόνα φαίνεται το χειριστήριο του Black level.



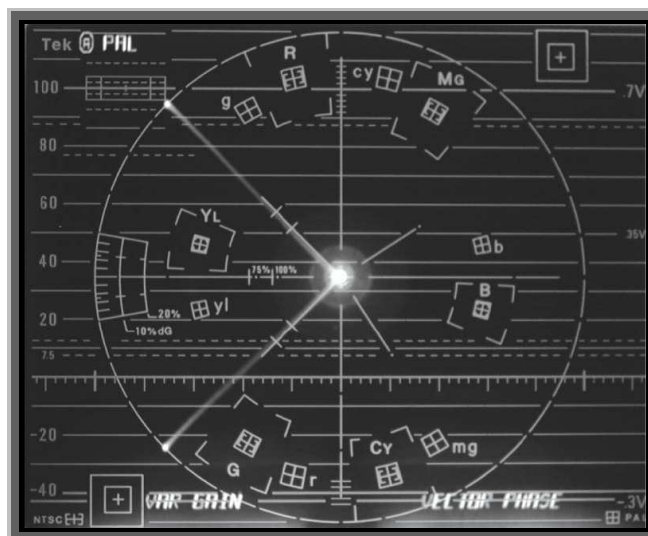
Σχήμα 5.3.4 Οι τρεις μονάδες CCU με τους μοχλούς ελέγχου του black level σε κάθε μονάδα.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε που πρέπει να πέφτει το επίπεδο του μάρου όταν πραγματοποιούμε Black balance στην κάμερα.



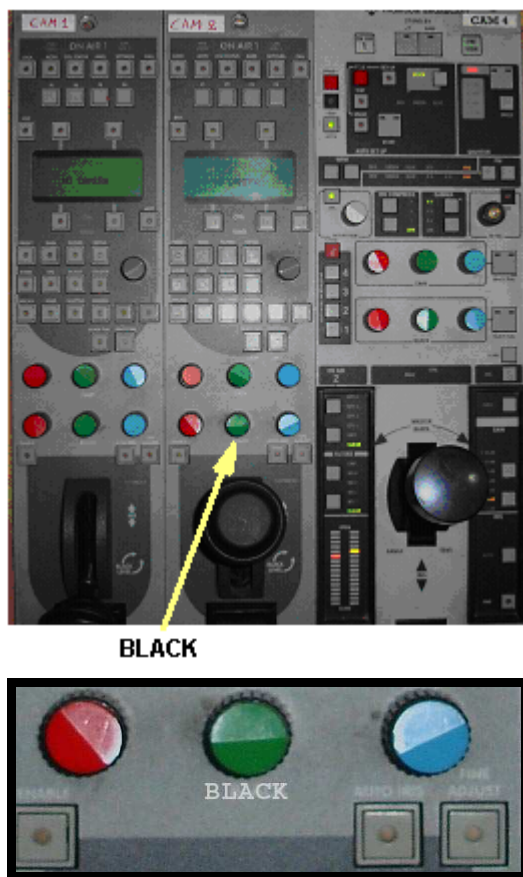
Σχήμα 5.3.5 Η σωστή στάθμη του μάρου.

Αφού ολοκληρώσουμε αυτή την διαδικασία πάμε να ελέγξουμε την απεικόνιση στον διανυσματογράφο. Εκεί παρατηρούμε πως μετά την ενεργοποίηση του διακόπτη του Black balance ,το σήμα στην έξοδο της κάμερας θα δημιουργήσει ένα θωλό στίγμα στο κέντρο του διανυσματογράφου όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 5.3.6 Το ίχνος του μάρου χρώματος στον διανυσματογράφο.

Αν στην περίπτωση που το στίγμα δεν είναι στο κέντρο τότε προσαρμόζουμε το blackbalance από τρία ποτενσιόμετρα που είναι υπεύθυνα για το Black, ένα για το μπλέ, ένα για το κόκκινο και ένα για το πράσινο που θα βρίσκονται πάνω στο κέντρο ελέγχου της κάμερας (CCU), μέχρι να πέσει στο κέντρο. Άλλες διατάξεις CCU έχουν μόνο δύο ποτενσιόμετρα, ένα για το μπλέ και ένα για το κόκκινο, οπότε χρησιμοποιούμε μόνο αυτά προκειμένου να πέσει στο κέντρο το στίγμα.



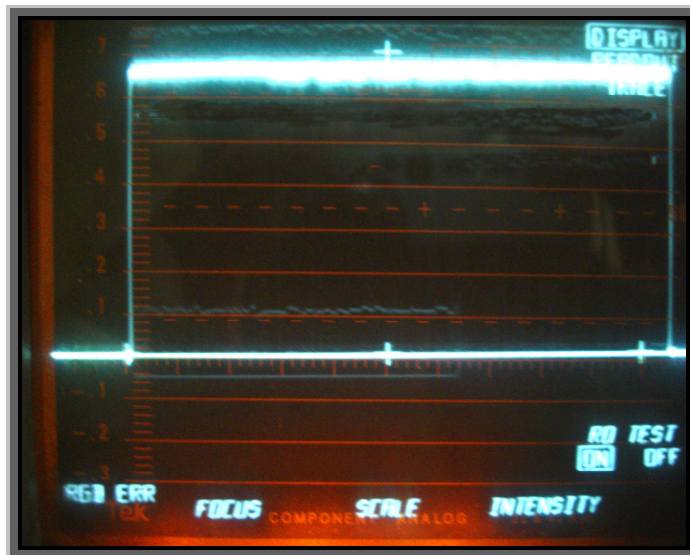
Σχήμα 5.3.7 Οι μονάδες CCU με τα ποτενσιόμετρα ελέγχου του BLACK σε κάθε μονάδα.

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται τα τρία ποτενσιόμετρα που ρυθμίζουν την έξοδο της κάμερας ώστε να μην βγάζει στην εξοδό της άλλα χρώματα εκτός από το μαύρο, κατά την διαδικασία του Black balance. Αυτά τα ποτενσιόμετρα δεν πρέπει να μπερδούνται με τα ποτενσιόμετρα του **GAIN** που είναι υπεύθυνα για το White balance και που θα εξηγήσουμε παρακάτω πως χρησιμοποιούνται.

Αφού τελειώσουμε με την διαδικασία του Black balance θα πρέπει να ασχοληθούμε με το White balance.

Με την βοήθεια της μονάδας ελέγχου της κάμερας (CCU), στοχεύουμε με τον φακό της κάμερας μια άσπρη κάρτα και ζουμάρουμε με τέτοιο τρόπο ώστε ο φακός να

πιάνει όλη την επιφάνεια της κάρτας. Αφού εστιάσουμε, πιέζουμε τον διακόπτη για το White balance, που είναι τοποθετημένος πάνω στην μονάδα ελέγχου CCU. Περιμένουμε λίγα δευτερόλεπτα. Αν η διαδικασία πετύχει το σήμα της κάμερας στην έξοδο θα δημιουργήσει μια ευθεία γραμμή στον παλμογράφο εικόνας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Φροντίζουμε ώστε η στάθμη της ευθείας γραμμής να πέσει περίπου πάνω στο 0,7V



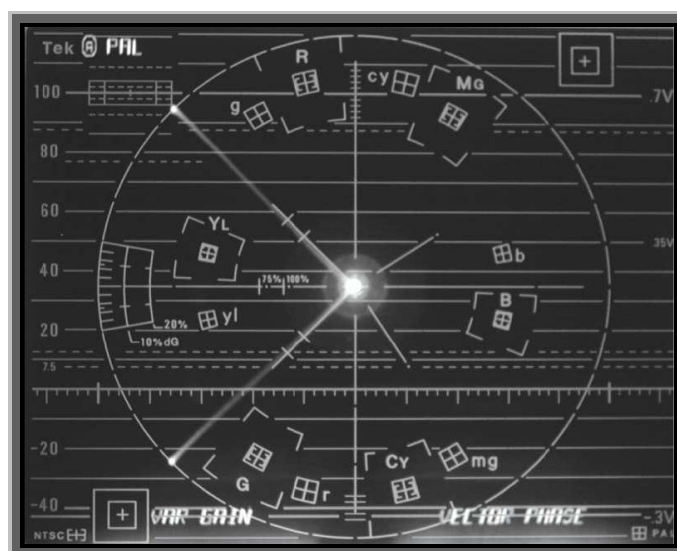
Σχήμα 5.3.8 Η εικόνα του παλμογράφου όταν πραγματοποιούμε το WHITE BALANCE.

Αν δεν πέσει πάνω στο 0,7V, τότε με την βοήθεια του μοχλού ελέγχου **IRIS** (διάφραγμα) φροντίζουμε να πάρουμε την σωστή στάθμη. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ο μοχλός ελέγχου του διαφράγματος.



Σχήμα 5.3.9 Ο μοχλός ελέγχου IRIS που υπάρχει σε κάθε μονάδα CCU.

Αφού ολοκληρώσουμε αυτή την διαδικασία πάμε να ελένξουμε την απεικόνιση στον διανυσματογράφο. Εκεί παρατηρούμε πως μετά την ενεργοποίηση του διακόπτη του White balance ,το σήμα στην έξοδο της κάμερας θα δημιουργήσει ένα θωλό στίγμα στο κέντρο του διανυσματογράφου όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 5.3.10 Το ίχνος του άσπρου χρώματος στον διανυσματογράφο.

Αν στην περίπτωση που το στίγμα δεν είναι στο κέντρο τότε προσαρμόζουμε το White balance από τρία ποτενσιόμετρα που είναι υπεύθυνα για το White (GAIN), ένα για το μπλέ, ένα για το κόκκινο και ένα για το πράσινο. Αυτά βρίσκονται πάνω στην μονάδα CCU και προσαρμόζονται με τέτοιο τρόπο ώστε το ίχνος του άσπρου να πέφτει στο κέντρο. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα τρία ποτενσιόμετρα που ρυθμίζουν την έξοδο της κάμερας ώστε να μην βγάξει στην εξοδό της άλλα χρώματα εκτός από το άσπρο, κατά την διαδικασία του White balance. Αν ένα από τα χρώματα δεν είναι σωστό δηλαδή δεν είναι ισοροπημένο σε σχέση με τα άλλα, το στίγμα θα αποκλίνει από το κέντρο. Για παράδειγμα, πολύ κόκκινο σήμα και το στίγμα θα κινείται προς τα κουτάκια με την κόκκινη χροιά.



Σχήμα 5.3.11 Οι μονάδες CCU με τα ποτενσιόμετρα ελέγχου του άσπρου.

Αφού τελειώσουμε με την διαδικασία του White balance, οι κάμερες είναι πλέον έτοιμες να δουλέψουν βγάζοντας στις εξόδους τους τις κατάλληλες στάθμες σε Volt αλλά και αποδίδοντας σωστά τα χρώματα.

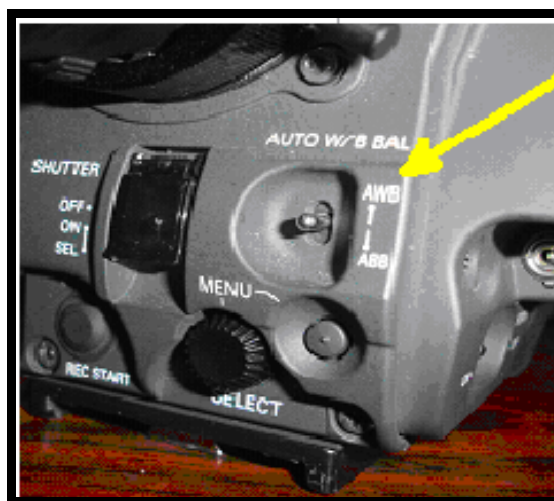
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο τρόπος που πραγματοποιείται το Black και το White balance σε εξωτερικό χώρο, με μια επαγγελματική κάμερα.



Σχήμα 5.3.12 Ο τρόπος που πραγματοποιείται το WHITE BALANCE σε εξωτερικό χώρο.

Αυτά που χρειαζόμαστε για το whitebalance είναι τα εξής.

1. Υπάρχει ένας διακόπτης για το white balance χειροκίνητος. Αν υπάρχει δίσκος με τα φίλτρα που προαναφέραμε, (στις επαγγελματικές υπάρχει) φροντίζουμε να επιλέξουμε το κατάλληλο φίλτρο ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού.
2. Στοιχένουμε τον φακό της κάμερας προς σε ένα λευκό αντικείμενο, έτσι ώστε ότι βλέπουμε από το viewfinder να είναι λευκό. Εδώ οι γνώμες διαφέρουν ως προς το πόσο λευκό πρέπει να γεμίζει το κάδρο. Έχει υπολογιστεί πως 50-80% είναι αρκετό (η SONY συνιστά 80%). Επίσης το αντικείμενο αυτό, όπως ένα λευκό χαρτί δεν πρέπει να αντανακλά το φως.
3. Φτιάχνουμε το κάδρο και εστιάζουμε.
4. Ενεργοποιούμε το white balance πιέζοντας τον διακόπτη όπως μας παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 5.3.13 Ο διακόπτης για το WHITE και BLACK BALANCE, ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω στην κάμερα.

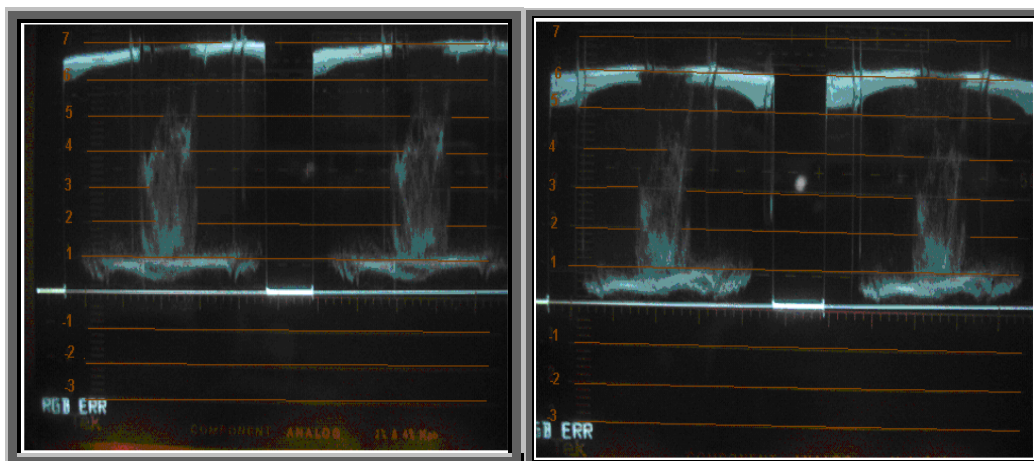
Η κάμερα θα κάνει μερικά δευτερόλεπτα να ολοκληρώσει την διαδικασία. Ύστερα θα φανεί ένα μήνυμα που θα μας ενημερώνει πως η διαδικασία ολοκληρώθηκε επιτυχώς.. Η κάμερα κρατάει το συγκεκριμένο white balance μέχρι να ξανά ενεργοποιηθεί. Αν φανεί μήνυμα που θα λέει ότι το white balance απέτυχε, τότε πρέπει να μάθουμε γιατί. Μια καλή επαγγελματική κάμερα θα δώσει το μήνυμα 'colour temperature too high' που σε αυτή την περίπτωση πρέπει να αλλάξουμε φίλτρο. Επίσης δοκιμάζουμε να προσαρμόσουμε το σωστό

διάφραγμα. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για το Black balance. Παρακάτω θα δούμε μερικά παραδείγματα.



Σχήμα 5.3.14 Οι δύο εικόνες όπου η δεξιά έχει το σωστό balance και η αριστερή το λανθασμένο.

Όπως καταλαβαίνουμε η θερμοκρασία του χρώματος στο συγκεκριμένο δωμάτιο είναι 5600° K. Προφανώς η κάμερα έχει κρατήσει το τελευταίο whitebalance το οποίο ήταν στα 3200° περίπου, δηλαδή σε συνθήκες θερμού φωτισμού. Επομένως, αφού δεν πραγματοποιήσαμε καινούργιο whitebalance, στις καινούργιες συνθήκες όπου υπάρχουν λάμπες φθορίου, η εικόνα μας θα μπλεδίζει. Στον παλμογράφο θα έχουμε τις αντίστοιχες απεικονίσεις που φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 5.3.15 Οι εικόνες όπως παρουσιάζονται στον παλμογράφο.

Η αριστερή απεικόνιση είναι σωστή καθώς βλέπουμε πως η στάθμη των άσπρων βρίσκεται περίπου στο 0,7 Volt και οι τόνοι του προσώπου στο 0,4 Volt περίπου. Η εικόνα στα δεξιά απεικονίζει την στάθμη των λευκών πιο κάτω, περίπου στο 0,6 Volt, ενώ οι τόνοι του προσώπου είναι πιο χαμηλά και από το 0,3 Volt. Αν

χρησιμοποιήσουμε τον διανυσματογράφο για να παρακολουθήσουμε την χρωμικότητα θα παρατηρήσουμε πως το ίχνος της χρωμικότητας θα έχει κατεύθυνση προς τις αποχρώσεις του μπλέ. (παρακάτω εικόνα).



Σχήμα 5.3.16 Η εικόνα με το λάθος balance όπως φαίνεται στον διανυσματογράφο.

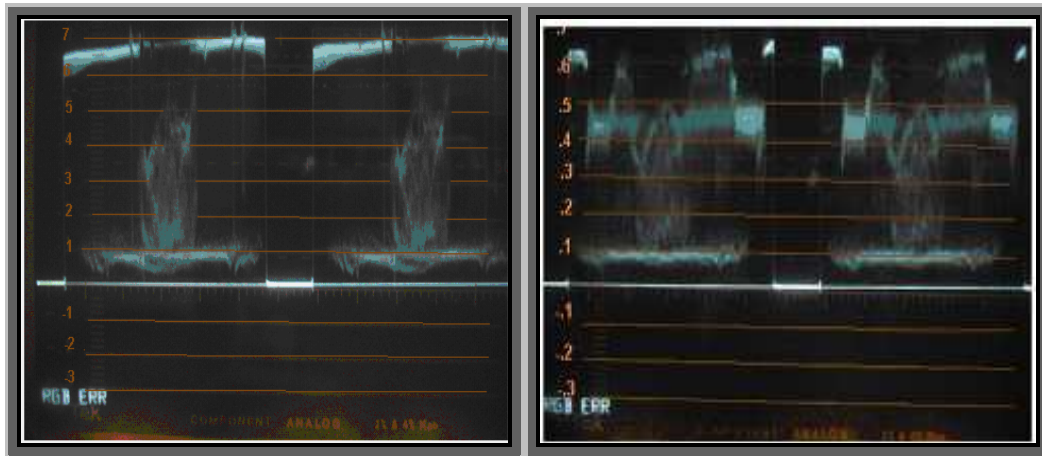
Οι παρακάτω εικόνες μας απεικονίζουν δυο περιπτώσεις με διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας χρώματος, αλλά με λάθος balance η μια από αυτές.



Σχήμα 5.3.17 Οι δύο εικόνες όπου η δεξιά έχει το λάθος balance και η αριστερή το σωστό.

Η δεξιά εικόνα έχει λάθος balance γι' αυτό και κοκκινίζει ελαφριά. Αυτό που έχει συμβεί, είναι πως ενώ η κάμερα έχει κάνει balance σε θερμοκρασία χρώματος 5600°K δηλαδή σε συνθήκες ψυχρού φωτισμού, (αριστερή εικόνα) μπαίνει σ' ένα

δωμάτιο όπου επικρατούν συνθήκες θερμού φωτισμού δηλαδή 3200⁰K. Αν δεν πραγματοποιηθεί καινούργιο balance οι συνέπειες θα είναι να έχουμε την δεξιά εικόνα. Στον παλμογράφο έχουμε τις παρακάτω απεικονίσεις.



Σχήμα 5.3.18 Οι εικόνες όπως παρουσιάζονται στον παλμογράφο

Παρατηρούμε (5.3.18), πως στην δεξιά απεικόνιση τα μαύρα είναι λίγο σηκωμένα, ενώ κανονικά θα έπρεπε να ακουμπούν ίσα ίσα την στάθμη του 0. Επιπλέον τα άσπρα είναι κάτω από το 0,7 που είναι η σωστή στάθμη. Στον διανυσματογράφο θα έχουμε την παρακάτω απεικόνιση.



Σχήμα 5.3.19 Η εικόνα με το λάθος balance όπως φαίνεται στον διανυσματογράφο.

Βλέπουμε (Σχήμα 5.3.19), την κατεύθυνση που έχει το ίχνος της χρωμικότητας προς τις κόκκινες χροιές αλλά και το μεγάλο πλάτος του. Κανονικά επειδή σε μια τέτοια εικόνα μας ενδιαφέρουν οι τόνοι του προσώπου, το ίχνος της χρωμικότητας θα είχε έτσι και αλλιώς μια κατεύθυνση προς τις κόκκινες χροιές αλλά με πολύ μικρότερο πλάτος.

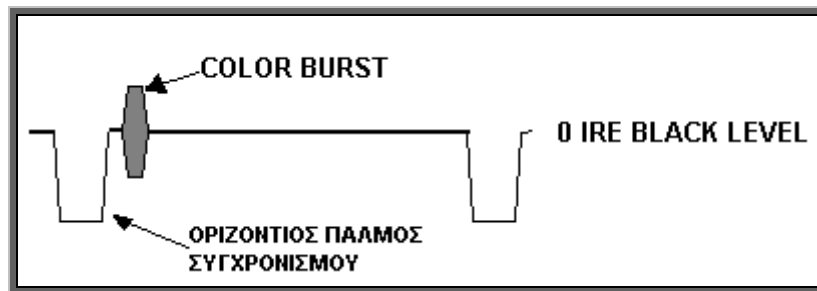
5.4 Συγχρονισμός στο Studio με την βοήθεια παλμογράφου και διανυσματογράφου.

Τα εφέ που χρησιμοποιούνται στις επαγγελματικές παραγωγές video, (fades, dissolves, cut) ή άλλα εφέ που χρησιμοποιούνται στο μοντάζ, είναι το πιο σημαντικό κομμάτι της παραγωγής. Πρίν όμως χρησιμοποιηθούν αυτά τα εφέ, θα πρέπει να φροντίσουμε ώστε όλα τα μέρη του εξοπλισμού που απαρτίζουν ένα studio, να είναι καλά συγχρονισμένα. Για αυτό τον λόγο τα μηχανήματα του εξοπλισμού θα πρέπει να είναι κατάλληλα ώστε να δεχτούν αυτό το σήμα δηλαδή να είναι **GENLOCKED**.

Ο συγχρονισμός πραγματοποιείται κλειδώνοντας κάμερες, video tape recorders, μηχανήματα μοντάζ, switchers και άλλα μηχανήματα πάνω σε ένα σήμα συγχρονισμού το οποίο το λαμβάνουμε από μια γεννήτρια. Με λίγα λόγια όλος ο εξοπλισμός δουλεύει σε συγχρονισμό με αυτό το συγκεκριμένο σήμα αναφοράς. Είναι σαν τα μέλη μιας μπάντας που συγχρονίζουν τα βηματά τους στον ρυθμό του τυμπάνου. Χωρίς το σταθερό ρυθμό του τυμπάνου δηλαδή τον παλμό συγχρονισμού, τα μέλη της μπάντας δεν θα έχουν ένα κοινό σημείο αναφοράς για να είναι σε βηματισμό μεταξύ τους.[6]

Παρόμοια, ο εξοπλισμός ενός studio που δεν είναι σε συγχρονισμό έχει πρόβλημα στο να συνεργαστούν τα μηχανήματα μεταξύ τους. Αν προσπαθήσουμε να πραγματοποιήσουμε ένα εφέ dissolve, (μέσο ενός switcher πάντα) από την έξοδο μιας κάμερας σε μία άλλη, τα αποτελέσματα που θα έχουμε θα είναι μια εικόνα που θα ρολάρει ή θα πηγαίνει δεξιά και αριστερά. Όταν είναι συγχρονισμένα όμως το dissolve πραγματοποιείται ομαλά και δεν δημιουργούνται προβλήματα.

Για το PAL, το σήμα που χρειαζόμαστε για να ακολουθήσουμε μια τέτοια διαδικασία είναι το παρακάτω.



Σχήμα 5.4.1 Το σήμα συγχρονισμού για το PAL.

Αυτό το σήμα συγχρονισμού είναι ένα composite σήμα και αποτελείται από τον οριζόντιο παλμό συγχρονισμού και ένα δείγμα της υποφέρουσας που είναι 4,48MHZ.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια γεννήτρια (Tektronix TSG 200 Generator). Η συγκεκριμένη γεννήτρια μπορεί να παρέχει το σήμα συγχρονισμού (αλλιώς και black burst signal) ταυτόχρονα από πολλές εξόδους.



Σχήμα 5.4.2 Η γεννήτρια η οποία παρέχει το σήμα συγχρονισμού.

5.5 Τα βασικά σημεία του συγχρονισμού

Για να συγχρονιστεί ένα studio πρέπει να πληρούνται τρεις προϋποθέσεις.

- Εξοπλισμός που να μπορεί να συγχρονιστεί.
- Μια γεννήτρια όπως αυτή που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, για να μας δώσει το σήμα συγχρονισμού.
- Ρυθμίσεις που είναι απαραίτητες για να συγχρονιστεί ο εξοπλισμός.

Η πρώτη προϋπόθεση είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί. Τα περισσότερα επαγγελματικά μηχανήματα όπως κάμερες, VTR είναι όπως λέμε στην τεχνική ορολογία genlockable. Για να επιβεβαιώσουμε ότι πληρούν αυτές τις προϋποθέσεις, ελέγχουμε το μηχάνημα αν έχει είσοδο για να δημιουργήσουμε βρόχο σε άλλο μηχάνημα (genlock loop-through input) ή μια εξωτερική είσοδο αναφοράς (External Reference). Επίσης ο εξοπλισμός που θα χρειαστούμε πρέπει να έχει την δυνατότητα ρύθμισης του χρόνου για να έρθει σε συγχρονισμό με τα άλλα μηχανήματα όταν συνδέονται σε ένα switcher. Αυτή η ρύθμιση πραγματοποιείται με την βοήθεια τριών ποτενσιόμετρων από τα οποία το ένα είναι υπεύθυνο για τον οριζόντιο συγχρονισμό (H-timing), το άλλο για τον κάθετο (V-timing) και το τελευταίο για την φάση του color burst της υποφέρουσας (SC). Τα δύο ποτενσιόμετρα ελέγχου φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (για παράδειγμα σε ένα VCR), όπου το ποτενσιόμετρο SYNC αφορά τον οριζόντιο συγχρονισμό και τον κάθετο συγχρονισμό.



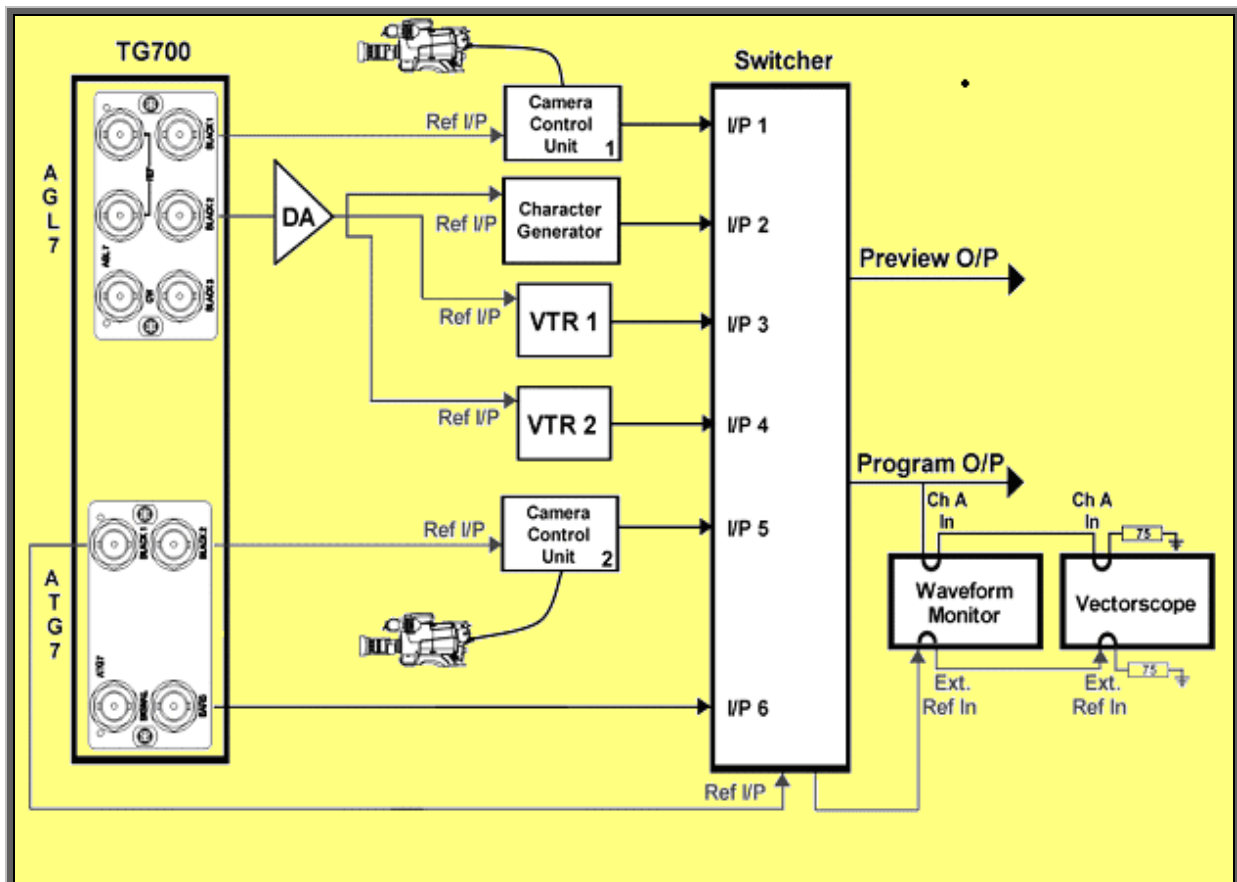
Σχήμα 5.5.1 Τα δύο ποτενσιόμετρα τα οποία παρουσιάζονται και σε μεγέθυνση είναι τοποθετημένα πάνω στην διάταξη του TBC του VCR.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα ποτενσιόμετρα ελέγχου της κάμερας τα οποία είναι τοποθετημένα μέσα στα κυκλώματά της.



Σχήμα 5.5.2 Τα ποτενσιόμετρα συγχρονισμού της κάμερας.

Οι δύο αυτές ρυθμίσεις μπορεί να βρίσκονται και στην μονάδα CCU όταν αυτή χρησιμοποιείται. Με την γεννήτρια (TG 700 TEKTRONIX) το σήμα συγχρονισμού μπορεί να κατανεμηθεί στον εξοπλισμό όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5.5.3 Το σχεδιάγραμμα συνδεσμολογίας του εξοπλισμού μέσα σε ένα studio με την γεννήτρια να παρέχει το σήμα αναφοράς σε κάθε μηχανήμα.

Όπως είπαμε η γεννήτρια που μας παρέχει το σήμα (black burst) ή αλλιώς μαύρο, πρέπει να έχει πολλές εξόδους για το συγκεκριμένο σήμα. Μια μονή έξοδο μαύρου από την γεννήτρια δεν είναι αρκετή για να συγχρονίσει το κάθε κομμάτι του εξοπλισμού. Δημιουργώντας βρόχο από το ένα μηχάνημα στο άλλο είναι πιθανό αλλά παρουσιάζεται ένα μεγάλο πρόβλημα. Πολύ μακρύ καλώδιο μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στο σήμα και να προκαλέσει σημαντικές απώλειες. Κανονικά αν είναι να χρησιμοποιήσουμε μια γραμμή αυτού του σήματος καλό θα ήταν να τροφοδοτεί μια ομάδα μηχανημάτων που δεν είναι τοποθετημένα σε μεγάλη απόσταση το ένα από το άλλο, δημιουργώντας βρόχο, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα με τον παλμογράφο και τον διανυσματογράφο. Αν δεν έχουμε την δυνατότητα πολλών εξόδων του black burst από την γεννήτρια, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις πολλές εξόδους που μπορεί να μας δώσει ένας ενισχυτής (distribution amplifier) με κάθε έξοδο να προορίζεται σε κάθε μηχάνημα. Ο ενισχυτής αυτός εκτός από τις πολλές εξόδους που μας δίνει, ενισχύει το σήμα και το καθαρίζει από τυχόν αλλοιώσεις που δέχεται. Παρατηρούμε επίσης πως αν χρησιμοποιούμε CCU (Camera Control Unit) για να ελέγχουμε τις κάμερες, συνδέουμε το black burst στο CCU και όχι πάνω στην κάμερα.[6]

Τέλος παρατηρούμε πως μία από τις εξόδους του black burst από την γεννήτρια συνδέεται μέσω βρόχου στις εισόδους του external reference του παλμογράφου και του διανυσματογράφου. Δεν πρέπει να ξεχνάμε την αντίσταση των 75 OHM στο τέλος κάθε γραμμής του genlock ή στο βρόχο της external reference. Επίσης παρατηρούμε πως ο παλμογράφος και ο διανυσματογράφος συνδέονται με δημιουργία βρόχου από το ένα όργανο στο άλλο, προκειμένου να πάρουν το σήμα του program out από τον switcher. (Όταν εννοούμε program out, εννοούμε την τελική μείξη που βγαίνει στην έξοδο της κονσόλας.)

Αυτές οι συνδεσμολογίες του παλμογράφου και του διανυσματογράφου είναι απαραίτητες για την τελική απαίτηση της ρύθμισης του εξοπλισμού πάνω στον συγχρονισμό των μηχανημάτων.

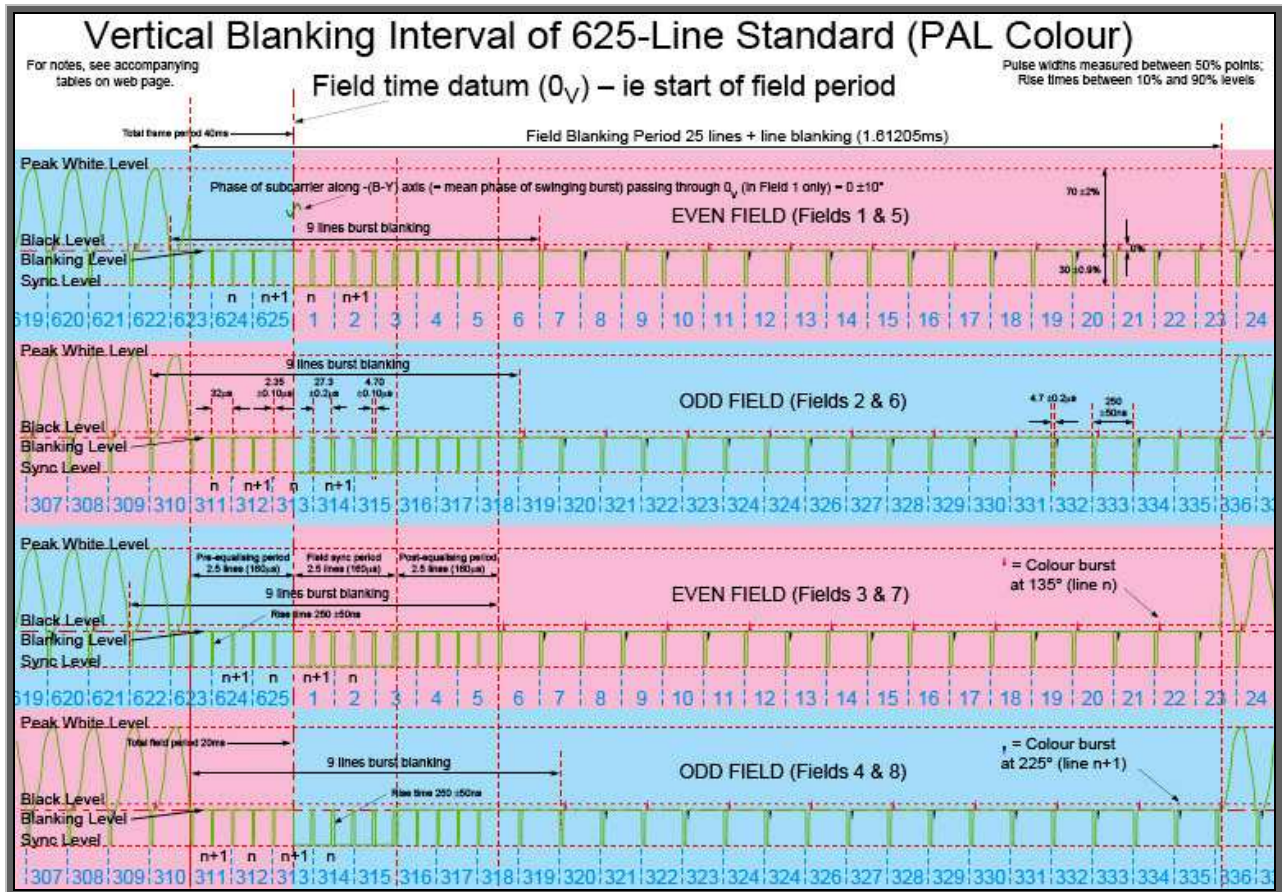
5.6 Έτοιμοι για συγχρονισμό

Όπως αναφέραμε πριν, ο οριζόντιος παλμός συγχρονισμού και ο burst της υποφέρουσας στο σήμα του black burst (του σήματος του μαύρου), μοιάζουν με τον ρυθμό του τυμπάνου που δίνεται σε μια μπάντα και όλα τα μέλη της θα πρέπει να συγχρονίσουν τα βηματά τους πάνω στο ρυθμό αυτό. Έτσι τα βήματα όλων θα πρέπει να χτυπούν στο δάπεδο την ίδια στιγμή με το χτύπημα του τυμπάνου. Περιστασιακά όμως, κάποιο μέλος της μπάντας, θα είναι εκτός ρυθμού και θα προσπαθεί έτσι να έρθει σε συγχρονισμό με τα υπόλοιπα μέλη πηδώντας βιαστικά το βήμα του.

Παρόμοια, κάθε μηχανήμα του εξοπλισμού σε ένα studio πρέπει να είναι χρονικά ρυθμισμένο έτσι ώστε να είναι σε ρυθμό με τα υπόλοιπα. Μερικά καλώδια από τις κάμερες είναι μακρύτερα από άλλα και καθυστερούν το σήμα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως το ομοαξονικό καλώδιο έχει καθυστέρηση 1,5 nsec το μέτρο. Μερικές κάμερες έχουν καλώδια που είναι μακρύτερα από άλλα, καθυστερώντας το σήμα. Άλλες κάμερες παίρνουν το σήμα συγχρονισμού μετά από βρόχο όπου έχει προηγηθεί άλλη κάμερα, καθυστερώντας έτσι το σήμα και κατά επέκταση την έξοδο της εικόνας. Άλλες κάμερες προωθούν το σήμα πιο αργά σε σχέση με άλλες. Οποιος και να είναι ο λόγος το σήμα είναι απίθανο να φτάσει στην είσοδο του Switcher την ίδια χρονική στιγμή από όλα τα μηχανήματα.

Ρυθμίζοντας τον συγχρονισμό των μηχανημάτων σε ένα studio είναι από τις πιο θεμελιώδεις και κρίσιμες διαδικασίες. Πριν όμως μιλήσουμε για αυτόν τον συγχρονισμό θα πρέπει να αχοληθούμε με τον κάθετο συγχρονισμό. Για να πραγματοποιηθεί ο κάθετος συγχρονισμός (**V-timing**), χρειαζόμαστε έναν παλμογράφο ο οποίος θα δουλεύει στην λειτουργία **2 FIELD**. Με αυτόν τον τρόπο παρατηρούμε την κάθετη διακοπή μεταξύ των πεδίων και πραγματοποιούμε την ρύθμιση του V-timing από την πηγή. Θα πρέπει να αναφέρουμε σε αυτό το σημείο πως όταν έχουμε το σήμα αναφοράς που χαρακτηρίζεται από την μη ύπαρξη video, το επίπεδο **'blanking'** αποτελείται από τους οριζόντιους παλμούς συγχρονισμού και από τους κάθετους παλμούς συγχρονισμού πεδίων. Έτσι η αρχή του πεδίου 1 σε αυτό το σήμα αναγνωρίζεται από την αρχή του πρώτου παλμού συγχρονισμού πεδίων. Ο κάθετος συγχρονισμός πραγματοποιείται όταν η αρχή του παλμού συγχρονισμού της πρώτης γραμμής του πεδίου 1 της μιας πηγής συμπίπτει με την αρχή του πρώτου παλμού συγχρονισμού της πρώτης γραμμής του πεδίου 1 της άλλης πηγής. Για να το πετύχουμε αυτό φροντίζουμε αυτοί οι δύο παλμοί συγχρονισμού να συμπίπτουν με την αρχή του πρώτου παλμού συγχρονισμού πεδίων του σήματος αναφοράς. Σε

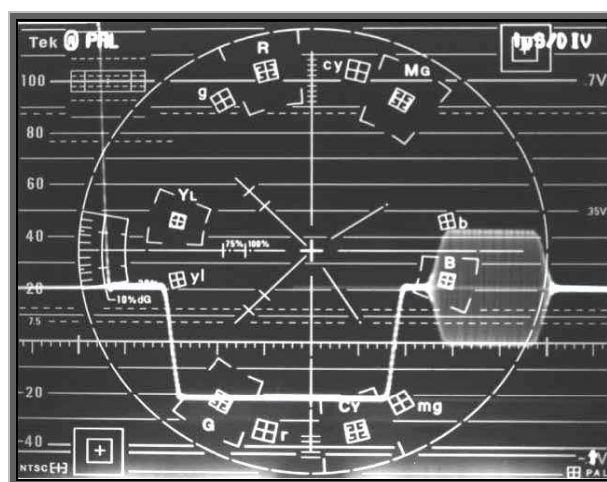
κάποιους παλμογράφους υπάρχει η λειτουργία του ‘Line Select’, με την οποία επιλέγουμε τις κατάλληλες γραμμές των πεδίων για να πραγματοποιήσουμε τον συγχρονισμό. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το σημείο όπου πραγματοποιείται ο κάθετος συγχρονισμός με την ονομασία ‘field time datum (0_V)’.[7]



Σχήμα 5.6.1 Το σημείο όπου πραγματοποιείται ο κάθετος συγχρονισμός μεταξύ των πεδίων δύο διαφορετικών πηγών ονομάζεται ‘field time datum (0_V)’

Ο οριζόντιος συγχρονισμός πραγματοποιείται έτσι ώστε ο οριζόντιος παλμός συγχρονισμού του σήματος της πηγής να συμπίπτει με τον οριζόντιο παλμό συγχρονισμού του σήματος black burst. Αυτό που ελέγχουμε κυρίως με το ποτενσιόμετρο (**H-timing**) είναι να καθυστερήσουμε ή να προωθήσουμε τον παλμό συγχρονισμού. Η κάμερα βγάζει στην έξοδο, την εικόνα όταν ‘ακούει’ τον παλμό συγχρονισμού. Έτσι μετακινώντας τον παλμό συγχρονισμού στο κατάλληλο σημείο, καθυστερούμε ή συντομεύουμε την έξοδο της εικόνας όσο χρόνο χρειαζόμαστε για να φτάσει στην είσοδο του Switcher την κατάλληλη στιγμή. Έτσι όταν όλα είναι συγχρονισμένα δεν αντιμετωπίζουμε προβλήματα στην εικόνα μας κατά την μετάβαση από την έξοδο του ενός μηχανήματος στην έξοδο του άλλου. Για

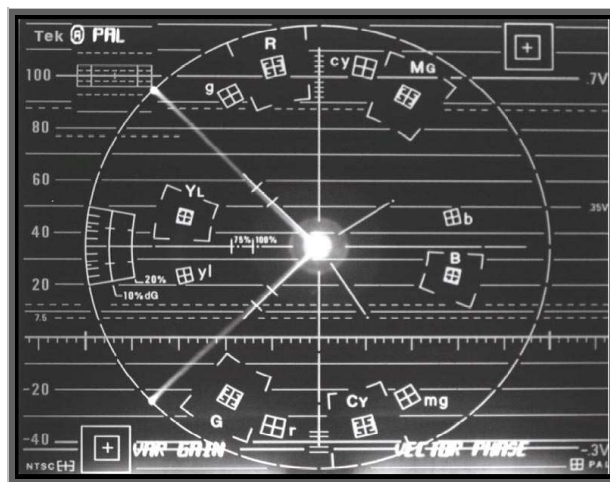
παράδειγμα όταν από το switcher επιλέγουμε να κάνουμε ένα fade ή ένα dissolve από την έξοδο της κάμερας στο play out του video, δεν θα αντιμετωπίσουμε οριζόντια ή κάθετα πηδήματα της εικόνας, και μη σωστό ταίριασμα στο χρώμα. Πρίν όμως πραγματοποιήσουμε αυτές τις ρυθμίσεις, ελέγχουμε το πλάτος του σήματος από κάθε μηχανήμα. Το σήμα με τις μπάρες χρησιμοποιείται για αυτή την διαδικασία, την οποία την έχουμε ήδη αναφέρει. Επιπλέον οι ρυθμίσεις αυτές πραγματοποιούνται μέσω ενός παλμογράφου και ενός διανυσματογράφου με την προϋπόθεση να είναι επιλεγμένο το external reference. Το επόμενο βήμα είναι να θεωρήσουμε ένα σημείο αναφοράς στον παλμογράφο και στον διανυσματογράφο. Σε αυτή την διαδικασία που ονομάζεται και **'zero timing'** επιλέγουμε την έξοδο της γεννήτριας σαν είσοδο του switcher.[6] Έτσι το σήμα της γεννήτριας (black burst) οδηγείται στην είσοδο του καναλιού A των δύο οργάνων. Το επόμενο βήμα είναι να ρυθμίσουμε τον οριζόντιο συγχρονισμό των σημάτων. Επιλέγουμε στην έξοδο του Switcher το σήμα αναφοράς (black reference signal), και στον παλμογράφο ενεργοποιούμε τον τρόπο λειτουργίας **H MAG 1 line**, ώστε να απεικονίζεται ο οριζόντιος παλμός συγχρονισμού. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι μετρήσεις που θα ακολουθήσουν να πραγματοποιούνται στο 50% του πλάτους του παλμού συγχρονισμού. Βεβαιωνόμαστε πως ο παλμογράφος είναι σε λειτουργία external reference, απεικονίζοντας την έξοδο του switcher, αλλά με αναφορά στο σήμα black burst. Χρησιμοποιούμε το ποτενσιόμετρο της οριζόντιας μετατόπισης για να τοποθετήσουμε την άκρη του παλμού συγχρονισμού του σήματος του black burst, σε μια από τις διαβαθμίσεις της κλίμακας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 5.6.2 Το 50% του πλάτους του παλμού συγχρονισμού τοποθετείται πάνω στην κλίμακα.

Αυτό το σημείο θα είναι το σημείο μηδέν για όλες τις εισόδους από τα υπόλοιπα μηχανήματα, και το ποτενσιόμετρο της οριζόντιας μετατόπισης δεν θα πρέπει να μετακινείται κατά την διαδικασία του συγχρονισμού. Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να ρυθμίσουμε το ποτενσιόμετρο του οριζόντιου παλμού συγχρονισμού (H-timing) όλων των συσκευών που οδηγούνται στην είσοδο του switcher, ώστε να συμπίπτουν με τον παλμό συγχρονισμού του σήματος αναφοράς, το οποίο αποτελεί το σημείο μηδέν. Έτσι όλες οι συσκευές θα οδηγούνται χρονικά την ίδια στιγμή στην είσοδο του Switcher.

Το επόμενο βήμα είναι να συγχρονίσουμε με την βοήθεια του διανυσματογράφου, τα color burst κάθε συσκευής έτσι ώστε να ενναλάσσονται μεταξύ 125^0 και 225^0 . Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε και πάλι το σήμα αναφοράς της γεννήτριας. Έτσι προσαρμόζουμε με την βοήθεια του ποτενσιομέτρου ελέγχου (phase control) το color burst του σήματος αναφοράς να δείχνει προς τις 125^0 και 225^0 και το αφήνουμε σταθερό κατά την διάρκεια της υπόλοιπης διαδικασίας. Υπενθυμίζουμε ότι και ο διανυσματογράφος είναι σε λειτουργία external reference mode, κλειδώνοντας έτσι στο σήμα αναφοράς black burst. Μετά ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο ελέγχου του color burst (SC- phase) κάθε συσκευής που καταλήγει στην είσοδο του Switcher, ώστε να συμπέσει με το color burst του σήματος αναφοράς. Έτσι τα color burst θα συμπίπτουν όπως απεικονίζει η παρακάτω εικόνα.

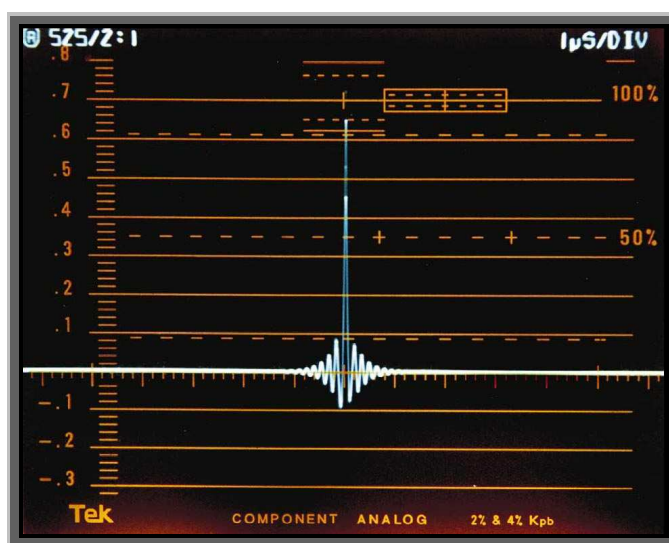


Σχήμα 5.6.3 Τα color burst όλων των συσκευών πρέπει να παρουσιάζονται όπως στην παραπάνω εικόνα.

Σε μερικές μονάδες όπως τα CCU, τα ποτενσιόμετρα H-timing και V-timing υποκαθίστανται από τα ποτενσιόμετρα **coarse-timing** και **fine-timing**. Οι ρυθμίσεις του coarse αφορούν τον κάθετο συγχρονισμό και του fine τον οριζόντιο συγχρονισμό.

5.7 Ο συγχρονισμός ψηφιακά

Ο ψηφιακός εξοπλισμός έχει κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τον αναλογικό, όσον αφορά τον χρόνο συγχρονισμού. Ένα ψηφιακό ‘switcher’ έχει την δυνατότητα του αυτόματου συγχρονισμού σε όλες τις εισόδους του και για αυτό μπορεί να μην συναντήσουμε εύκολα την ανάγκη για διόρθωση χρονικών αποκλίσεων μεταξύ των σημάτων. Παρόλα αυτά έχει παρατηρηθεί πως κάποιες καθυστερήσεις δημιουργούνται από κάποιες ψηφιακές συσκευές κατά την διάρκεια επεξεργασίας του σήματος, ωπότε θα αναφέρουμε κάποιες μεθόδους συγχρονισμού στον ψηφιακό χώρο.



Σχήμα 5.7.1 Το πακέτο του EAV του ψηφιακού σήματος όπως φαίνεται σαν αναλογικό σήμα φωτεινότητας.

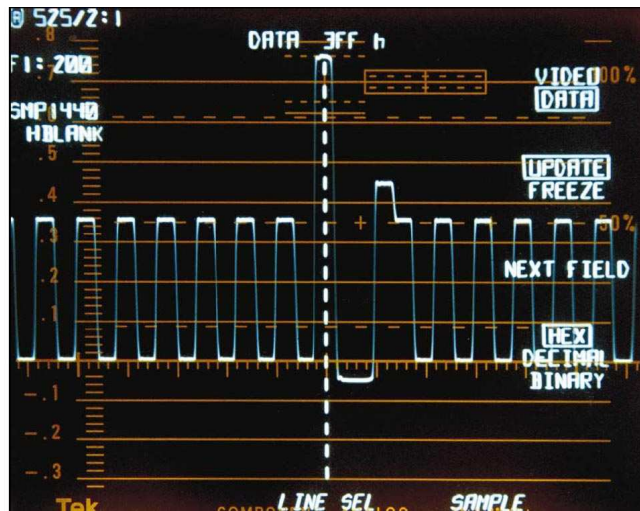
Ο συγχρονισμός μεταξύ δύο ψηφιακών σημάτων πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός ψηφιακού παλμογράφου εικόνας. Εφαρμόζουμε τα SDI σήματα στα κανάλια A και B του παλμογράφου ο οποίος είναι σε λειτουργία externally reference. Σημαντικό είναι να τερματίζονται όλα τα σήματα κατάλληλα. Στο μενού του παλμογράφου επιλέγουμε **PASS EAV** και **SAV MODE**. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει να εμφανίζονται στην οθόνη οι τιμές 3FF,000,000, XYZ όπως φαίνονται στο σχήμα 5.7.1 (η απεικόνιση είναι αναλογική). Η μετάβαση από 3FF στο 000 και από το 000 στο XYZ, δημιουργούν κυματισμό περνώντας από τα φίλτρα SD(standard definition) και HD(high definition). Οι παλμοί SAV και EAV μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σημεία αναφοράς όταν τοποθετούνται σε μια από τις διαβαθμίσεις της οθόνης. Χρησιμοποιώντας αυτό το σημείο αναφοράς, μπορούν να πραγματοποιηθούν

συγκρίσεις με άλλα σήματα SDI, για να εξακριβωθεί ότι η θέση των παλμών παραμένει στην ίδια θέση.[10]

Στον ψηφιακό χώρο, δεν υπάρχουν κάθετοι παλμοί και στα ψηφιακά συστήματα υπολογίζεται η θέση του video βασισόμενη στις τιμές **F,V** και **H**. Για αυτό το λόγο, για να συγχρονίσουμε κάθετα την εικόνα θα πρέπει να καθορίσουμε ένα σημείο αναφοράς. Για απλότητα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πρώτη γραμμή του ενεργού video (active video), αφού οι γραμμές της κάθετης επιστροφής είναι μαύρο. Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει τον διακόπτη **Line Select**, και να ενεργοποιήσει την λειτουργία **2-Line mode**. Τότε, επιλέγει **Field 1** και **Line** ανάλογα με το format σάρωσης που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα σε ένα σύστημα **525 interlace** που είναι και το κύριο χαρακτηριστικό της ψηφιακής σάρωσης (δηλαδή τα πλαίσια εναλλάσσονται διαδοχικά), η ρύθμιση του Line θα αφορά την γραμμή 19 ενώ στο σύστημα **625 interlace**, θα αφορά την γραμμή 22. Αν είναι απαραίτητο, προσαρμόζουμε το vertical timing από την πηγή μέχρι να απεικονισθεί σωστά. Έπειτα επιλέγουμε το κανάλι B και βεβαιωνόμαστε πως εμφανίζονται στην οθόνη η τελευταία κάθετη και η πρώτη ενεργή γραμμή. Προσαρμόζουμε πάλι το vertical timing για να αντιστοιχίσουμε και τις δύο θέσεις στην αρχή του ενεργού video (active video). Τέλος αλλάζουμε τον διακόπτη στο κανάλι A και τοποθετούμε τον διακόπτη **MAG** στο **ON**, παρατηρώντας το πλάτος των παλμών **SAV**. Αν το πλάτος και των δυο παλμών είναι το ίδιο τότε ανήκουν στο ίδιο πεδίο. Αν είναι διαφορετικό τότε ανήκουν σε διαφορετικό πεδίο και πρέπει να πραγματοποιηθούν ρυθμίσεις συγχρονισμού ώστε να ταιριάζουν τα πεδία μεταξύ των πηγών.

Επιλέγοντας τώρα το κανάλι A και ρυθμίζοντας τον παλμογράφο από τον διακόπτη **sweep** σε **one line**, μπορούμε να μετρήσουμε τον συγχρονισμό οριζόντια. Χρησιμοποιώντας το ποτενσιόμετρο της οριζόντιας μετατόπισης, μετακινούμε τον παλμό **SAV** πάνω σε μια από τις διαβαθμίσεις της οθόνης, ή ενεργοποιούμε την λειτουργία **cursor** και τοποθετούμε τον κέρσορα πάνω στον παλμό του **SAV**. Η σύγκριση χρονικά με μια άλλη είσοδο που μπορεί να είναι στο κανάλι B, πραγματοποιείται επιλέγοντας το κανάλι και προσαρμόζοντας το ποτενσιόμετρο συγχρονισμού της πηγής (fine timing control), ώστε να συμπέσουν χρονικά τα δύο κανάλια.

Παρακάτω μας δίνεται η ψηφιακή απεικόνιση του ψηφιακού σήματος, όπου το πακέτο του **EAV** απεικονίζεται σαν πολυπλεκόμενα δεδομένα με ροή 270Mb/s.



Σχήμα 5.7.2 Το πακέτο του EAV απεικονίζεται σαν πολυπλεκόμενα δεδομένα με ροή 270Mb/s.

Στον παρακάτω πίνακα μας δίνονται πληροφορίες για τα πλαίσια και το vertical blanking, ως προς τις γραμμές που καταλαμβάνουν ανάλογα με το format που χρησιμοποιείται. Εδώ βλέπουμε γιατί στο **Line select** από τον παλμογράφο επιλέγουμε την γραμμή 22 προκειμένου να πραγματοποιήσουμε το vertical timing όταν δουλεύουμε σε Format 625 interlace, ή την γραμμή 19 όταν δουλεύουμε σε Format 525 interlace. Είναι οι τελευταίες γραμμές κατά την διάρκεια του vertical blanking.

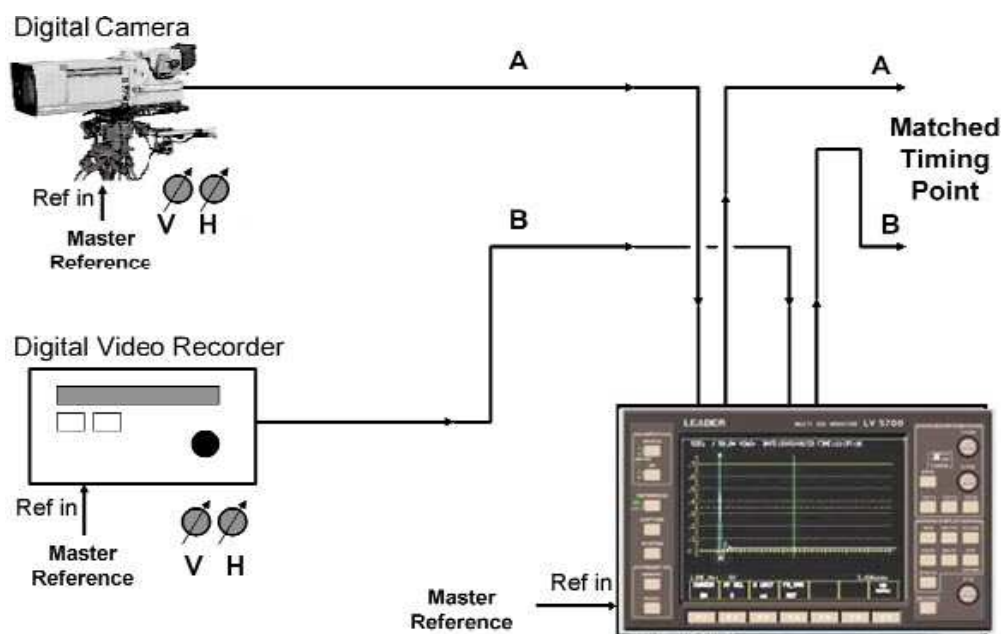
Vertical Timing Information for the Digital Signal

Format	F = 0	F = 1	V = 1	V = 0
1920x1080P	Always = 0	NA	Lines 1-41, 1122-1125	Lines 42-1121
1280x720P	Always = 0	NA	Lines 1-25, 746-750	Lines 26-745
1920x1080I	Lines 1-563	Lines 564-1125	Lines 1-20, 561-583, 1124-1125	Lines 41-557 603-1120
1035I	Lines 1-563	Lines 564-1125	Lines 1-40, 558-602, 1121-1125	Lines 41-557 603-1120
525/60	Lines 4-255	Lines 1-3, 256-525	Lines 1-19, 264-282	Lines 20-263 283-525
625/50	Lines 1-312	Lines 313-625	Lines 1-22, 311-335, 624-625	Lines 23-310 336-623

Σχήμα 5.7.3 Οι γραμμές που καταλαμβάνουν το vertical blanking και τα πλαίσια ανάλογα με το format που χρησιμοποιείται.

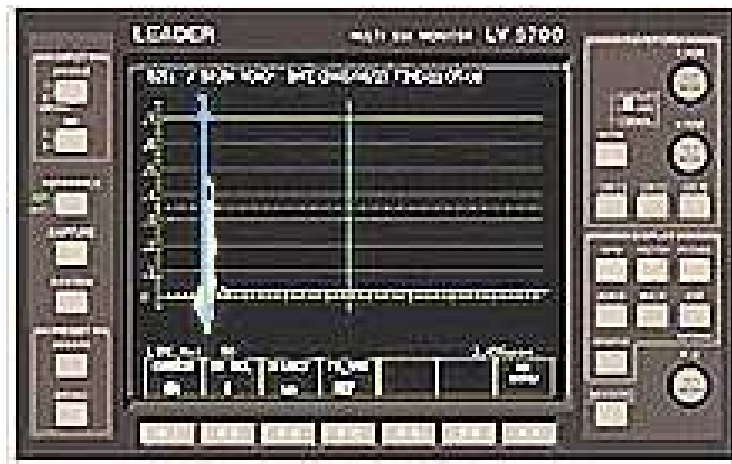
5.8 Παράδειγμα μέτρησης οριζόντιου συγχρονισμού ψηφιακά.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε την συνδεσμολογία κατά την οποία έχουμε μία ψηφιακή κάμερα και ένα ψηφιακό μηχάνημα αναπαραγωγής video, τα οποία συνδέονται στην είσοδο ενός ψηφιακού παλμογράφου. Και τα δύο μηχανήματα δίνουν στην εξοδό τους σήμα SDI, ενώ είναι συνδεδεμένα με το σήμα αναφοράς 'master reference' που δίνει μια γεννήτρια και η οποία συνδέεται στο 'reference in' του κάθε οργάνου.



Σχήμα 5.8.1 Η συνδεσμολογία των μηχανημάτων κατά τον ψηφιακό συγχρονισμό

Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο ώστε να μας παρουσιάζει το κανάλι εισόδου του σήματος της κάμερας και τον διακόπτη **sweep** σε **one line**. Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο στην λειτουργία '**external reference**'. Επιλέγουμε από τον παλμογράφο να μας παρουσιάζονται στην οθόνη οι παλμοί SAV και EAV ενεργοποιώντας την λειτουργία **PASS SAV** και **EAV MODE**. Μετακινούμε την απεικόνιση ώστε να φαίνεται ο παλμός SAV. Ενεργοποιούμε την λειτουργία **cursor** και τοποθετούμε τον κέρσορα (μπλε γραμμή) πάνω στον παλμό **SAV** του σήματος του συγκεκριμένου καναλιού όπως φαίνεται στο σχήμα 5.8.2.



Σχήμα 5.8.2 Ο κέρσορας (μπλε γραμμή) τοποθετείται πάνω στον παλμό SAV

Έπειτα επιλέγουμε από τον παλμογράφο το άλλο κανάλι και τοποθετούμε τον κέρσορα (πράσινη γραμμή) πάνω στον παλμό SAV του σήματος του συγκεκριμένου καναλιού. (Σχήμα 5.8.3). Οι δύο κέρσορες θα μας δείξουν την χρονική απόκλιση μεταξύ των δύο καναλιών.



Σχήμα 5.8.3 Ο κέρσορας (πράσινη γραμμή) τοποθετείται πάνω στον παλμό SAV του συγκεκριμένου καναλιού.

Ρυθμίζουμε τώρα τον οριζόντιο συγχρονισμό, μετατοπίζοντας τον παλμό SAV από το ποτενσιόμετρο του H-timing ή fine control του συγκεκριμένου μηχανήματος, κάτω από την μπλέ μπάρα. (Σχήμα 5.8.4).



Σχήμα 5.8.4 Ο παλμός SAV τοποθετείται κάτω από την μπλέ γραμμή.

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται προκειμένου να προσαρμόσουμε και να πιστοποιήσουμε την κατάλληλη οριζόντια αντιστοίχιση μεταξύ διαφορετικών ψηφιακών πηγών. Τέλος παρατηρούμε πως στα ψηφιακά μηχανήματα του παραδειγματός μας δεν χρειάζεται να συγχρονίσουμε τα 'color burst'. Στο ψηφιακό σήμα δεν υπάρχει 'color burst'.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.

Στην εργασία μου ανέδειξα την χρησιμότητα του παλμογράφου εικόνας, όσον αφορά την αξιολόγηση του τηλεοπτικού σήματος είτε είναι αναλογικό ή ψηφιακό. Πιο συγκεκριμένα ανέλυσα τον έλεγχο που πραγματοποιείται στα δύο χαρακτηριστικά του τηλεοπτικού σήματος τα οποία είναι η φωτεινότητα και η χρωμικότητα. Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας συμβουλευτήκα επαγγελματίες τεχνικούς οι οποίοι εργάζονται στα ηλεκτρονικά εργαστήρια της κρατικής τηλεόρασης. Επίσης η πρόσβαση στον δικτυακό χώρο και η ανάγνωση κάποιων τεχνικών βιβλίων μου εξασφάλισε πολλές πληροφορίες, οι οποίες με βοήθησαν στην περιγραφή των εφαρμογών κατά την διάρκεια των μετρήσεων του τηλεοπτικού σήματος. Η αναγνώριση αυτών των πληροφοριών και ιδιαίτερα του δικτυακού χώρου, δεν ήταν εύκολη υπόθεση, διότι έπρεπε να επαληθευτούν ως προς την εγκυρότητά τους και από άλλες πηγές. Επιπλέον όλοι οι παλμογράφοι εικόνας αν και στηρίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, προστίθενται και άλλες δυνατότητες οι οποίες στηρίζονται στην ίδια περιγραφή των χαρακτηριστικών του τηλεοπτικού σήματος και διαφοροποιούνται από όργανο σε όργανο. Οι πληροφορίες που δίνονται σε αυτήν την εργασία σε συνδιασμό με την ανάγνωση των εγχειριδίων χειρισμού του κάθε οργάνου, αρκούν για να εξοικειωθεί ο χρήστης πιο εύκολα με όλες τις λειτουργίες που μπορεί να έχει ένας σύγχρονος παλμογράφος.

. Όσον αφορά το ψηφιακό σήμα, περιέγραψα τις διαφορές που το χαρακτηρίζουν σε σχέση με το αναλογικό, ως προς την δομή και ανέλυσα τον τρόπο αξιολογησής του από τον ψηφιακό παλμογράφο. Προκειμένου να γίνουν κατανοητές οι πληροφορίες, παρέθεσα και πρακτικά παραδείγματα από ενέργειες οι οποίες πραγματοποιούνται μέσα σε στουντιακές εγκαταστάσεις προκειμένου να αξιολογηθούν τα μηχανήματα ως προς την ποιότητα του σήματος που βγάζουν στην εξοδό τους.

Από την μελέτη που πραγματοποιήσαμε αποδείχτηκε πως το όργανο του παλμογράφου είναι χρήσιμο τόσο κατά την εκπομπή όσο και στην λήψη του τηλεοπτικού σήματος, γεγονός που το καθιστά αναπόσπαστο όργανο μέσα σε κάθε δραστηριότητα τηλεοπτικής παραγωγής. Μια μελλοντική μελέτη θα αφορούσε σίγουρα τον έλεγχο της ποιότητας του ψηφιακού σήματος από τον ψηφιακό παλμογράφο, όσον αφορά την διαδρομή του μέσα από καλώδια και οπτικές ίνες. Μια

έρευνα πάνω στην κατασκευή των κατάλληλων καλωδίων για την μεταφορά του ψηφιακού σήματος χωρίς αλλοιώσεις και μηχανημάτων όπως ενισχυτές, θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμα συμπεράσματα όσον αφορά την ποιότητα του σήματος και το χαμηλό κόστος εγκατάστασης μέσα σε ένα studio.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] [ΧΡΗΣΤΟΣ ΠΑΠΑΚΙΤΣΟΣ] [ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ] [ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ] [1997]
- [2] [E. AISBERG, J.-P. DOURY] [Η ΕΓΧΡΩΜΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ] [TELE PRESS] [1979]
- [3] [ΚΩΣΤΑΣ ΚΑΠΠΑΣ] [ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ Α/Μ ΚΑΙ ΕΓΧΡΩΜΗΣ CAMERA] [Α. ΣΤΑΜΟΥΛΗ] [1994]
- [4] [PETER HODGES] [AN INTRODUCTION TO VIDEO AND AUDIO MEASUREMENT] [FOCAL PRESS, ELSEVIER] [2004]
- [5] [HERBERT ZETTL] [TELEVISION PRODUCTION HANDBOOK] [CENGAGE LEARNING] [2005]
- [6] [TEKTRONIX] [WWW.TEKTRONIX.COM / MEASUREMENT / APPLICATION NOTES]
- [7] [ALAN PEMBERTON] [WORLD ANALOGUE TELEVISION STANDARDS AND WAVEFORMS] [WEBSITE] [2009]
- [8] [USER MANUAL] [WFM 1730-SERIES] [TEKTRONIX]
- [9] [DANA M. LEE] [TELEVISION TECHNICAL THEORY UNPLUGGED] [WEBSITE] [2004]
- [10] [TEKTRONIX] [A GUIDE TO STANDARD AND HIGH – DEFINITION DIGITAL VIDEO MEASUREMENTS] [2004]
- [11] [TEKTRONIX] [JITTER MEASUREMENT OF SERIAL DIGITAL VIDEO SIGNALS] [2005]
- [12] [TEKTRONIX] [PHYSICAL LAYER TESTING OF SERIAL DIGITAL SIGNAL] [2004]