

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΟΠΤΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΑΣΚΗΣΗ 1

*“ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ
ΜΕ ΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΔΕΣΜΗ LASER”*

ΣΚΟΠΟΣ

Η άσκηση αυτή έχει δύο σκοπούς :

- α. Την επίδειξη συστημάτων μετάδοσης σήματος μέσω διαμορφωμένης δέσμης laser
- β. Την εξοικείωση του σπουδαστή με ορισμένες θεμελιώδεις αρχές στις οποίες βασίζονται τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα.

ΓΕΝΙΚΑ

Η παρούσα άσκηση περιλαμβάνει :

1. Μετάδοση οπτικού σήματος με διαμορφωμένη δέσμη laser He-Ne ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$)
2. Μετάδοση ακουστικού σήματος με διαμορφωμένη δέσμη LED.

Σε οπτικά συστήματα η πληροφορία μεταφέρεται από τον πομπό στον δέκτη μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, αφού υπερτεθεί στο κύμα, που ονομάζεται φέρον. Ο όγκος της πληροφορίας, που μπορεί να υπερτεθεί στην συχνότητα του φέροντος είναι ανάλογος της συχνότητας αυτής. Όσο αυξάνεται η συχνότητα του φέροντος, τόσο περισσότερες πληροφορίες μπορούν να υπερτεθούν σ' αυτό.

Από τις μικροκυματικές συχνότητες (10^9 Hz) μέχρι τις οπτικές (10^{14} Hz), η συχνότητα του φέροντος αυξάνει κατά ένα παράγοντα 10^5 δημιουργώντας προϋποθέσεις πολύ μεγάλου εύρους ζώνης. Με ένα τόσο μεγάλο εύρος ζώνης είναι δυνατό να μεταδώσουμε 100.000 φορές περισσότερες πληροφορίες. Θεωρητικά μπορούμε να μεταδώσουμε όλα τα κανάλια τηλεόρασης μέσω μίας μόνο δέσμης laser. Ως προς την κατευθυντικότητα, δέσμη laser διαμέτρου 1 mm (απόκλιση δέσμης $\lambda L \sim dD$, $\lambda =$ μήκος κύματος δέσμης, $L =$ απόσταση πομπού-δέκτη, $d =$ διάμετρος δέσμης στον εκπομπό, $D =$ διάμετρος δέσμης στον δέκτη) ισοδυναμεί με μικροκυματική κεραία διαμέτρου 0,5μm.

Η αποδοτικότητα οπτικών επικοινωνιακών συστημάτων περιορίζεται από την έλλειψη φωρατών σε όλες τις επιθυμητές συχνότητες και τις δυσκολίες εναπόθεσης της πληροφορίας στην δέσμη laser. Επιπροσθέτως, στην περίπτωση που το επικοινωνιακό σύστημα χρησιμοποιεί ως μέσο διάδοσης την ατμόσφαιρα, επηρεάζεται από καιρικές διαταραχές. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την χρήση οπτικών ινών, που κυματοδηγούν την δέσμη laser. Η χρήση συστημάτων χωρίς οπτικές ίνες εφαρμόζεται πλέον μόνο στην επικοινωνία μεταξύ δορυφόρων, δορυφόρων-σταθμών εδάφους και σταθμών που έχουν μεταξύ τους οπτική επαφή.

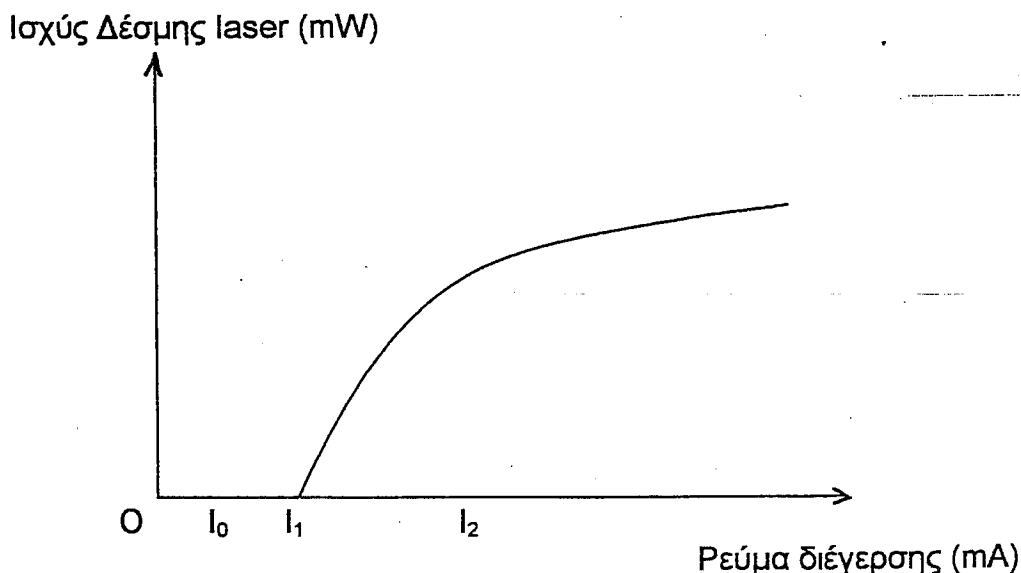
Συμπερασματικά η χρήση των laser σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, συγκεκριμένα :

- α. Την δυνατότητα μεταφοράς μεγάλης ποσότητας πληροφοριών
- β. Την διατήρηση της ποσότητας των πληροφοριών λόγω της υψηλής κατευθυντικότητας της δέσμης laser.

ΜΕΘΟΔΟΣ

Αρχές άμεσης διαμόρφωσης

Η τεχνική διαμόρφωσης της δέσμης laser που θα χρησιμοποιήσουμε στην άσκηση αυτή, είναι η **άμεση** διαμόρφωση. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται μόνο σε laser αερίων και ημιαγωγών που διεγείρονται κατ' ευθείαν από ηλεκτρικές εκκενώσεις. Στα laser αερίων επεμβαίνουμε στον ρυθμό άντλησης του laser ελέγχοντας το ρεύμα που διαρρέει τον σωλήνα. Η ισχύς στην έξοδο του laser είναι συνάρτηση του ρεύματος στο σωλήνα. Στο Σχήμα 1. απεικονίζεται η εξάρτηση της ισχύος εξόδου από το ρεύμα του σωλήνα $P(I)$. Το I_0 είναι το ελάχιστο ρεύμα, που απαιτείται για να υπάρξει ηλεκτρική εκκένωση. Το I_1 είναι το ελάχιστο ρεύμα που απαιτείται για να υπάρξει έξοδος δέσμης laser και το I_2 είναι το ρεύμα κόρου.



Σχήμα 1: Ισχύς εξόδου της δέσμης laser σαν συνάρτηση του ρεύματος διέγερσης.

Μετάδοση οπτικού σήματος με διαμορφωμένη δέσμη laser He-Ne

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ :

Η διάταξη περιλαμβάνει τον πομπό και τον δέκτη : Ο πομπός αποτελείται από την κάμερα λήψης, τον διαμορφωτή και τον laser. Τα δύο τελευταία είναι ενσωματωμένα στην συσκευή του laser. Ο δέκτης αποτελείται από τον αποδιαμορφωτή, με ενσωματωμένη βαθμίδα ενίσχυσης, και το μόνιτορ. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των επί μέρους συσκευών.

A. Κάμερα

Δεν θα αναλύσουμε εδώ τον τρόπο λειτουργίας μιας κάμερας, θα κάνουμε όμως ορισμένες παρατηρήσεις σχετικά με το σήμα εξόδου. Στην έξοδο της κάμερας, το σήμα έχει την εξής κυματομορφή (Σχ. 2):



Σχήμα 2. Το σήμα εξόδου της κάμερας.

Οι μεταβολές του σήματος γίνονται κατά πλάτος, κατά τον άξονα y, έχουμε δηλαδή διαμόρφωση πλάτους "AM". Το μέγιστο πλάτος του σήματος, σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές, είναι 1 V από κορυφή σε κορυφή, από την στάθμη του "Λευκού" μέχρι την στάθμη του "Μαύρου". Με ένα εύρος συχνοτήτων της τάξεως 106 Hz είναι δυνατόν να έχουμε ικανοποιητική απεικόνιση όλων των αποχρώσεων και να έχουμε ευκρίνεια στην εικόνα.

Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 2. σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα, υπάρχουν παλμοί που χρησιμεύουν για τον συγχρονισμό της κάμερας με το μόνιτορ όταν αυτά συνδεθούν, ενσύρματα ή ασύρματα, για την αναπαραγωγή της εικόνας. Αυτό, λοιπόν, το ηλεκτρικό σήμα με τους παλμούς συγχρονισμού, θα μεταδώσουμε μέσω της δέσμης laser.

B. LASER He-Ne

Στην άσκηση θα χρησιμοποιηθεί laser He-Ne, που εκπέμπει δέσμη, χρώματος κόκκινου, μήκους κύματος 632.8 nm. Η ισχύς εξόδου της δέσμης εμφανίζεται ως συνάρτηση του ρεύματος που διαρρέει τον σωλήνα.

Γ. Διαμορφωτής

Διαμόρφωση της δέσμης ονομάζουμε τον τρόπο με τον οποίο το σήμα εικόνας υπερτίθεται στη δέσμη του laser. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα που πραγματοποιεί αυτό ονομάζεται διαμορφωτής.

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της δέσμης που μεταβάλλονται, διακρίνουμε τους εξής τρόπους διαμόρφωσης : Διαμόρφωση κατά πλάτος, φάση, συχνότητα, πόλωση και διεύθυνση της δέσμης.

Όπως αναφέρθηκε, επειδή η ισχύς εξόδου της δέσμης εμφανίζεται ως συνάρτηση του ρεύματος του σωλήνα, με επέμβαση στο ρεύμα του σωλήνα, μεταβάλλουμε την ισχύ της δέσμης. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται το βασικό κύκλωμα ενός διαμορφωτή.

Το σήμα της κάμερας εφαρμόζεται στον ημιαγωγό. Κάθε μεταβολή του σήματος στον ημιαγωγό, προκαλεί αντίστοιχη μεταβολή στην αγωγιμότητά του, άρα και στο ρεύμα του σωλήνα, επειδή συνδέονται εν σειρά. Η μεταβολή του ρεύματος στο σωλήνα προκαλεί αντίστοιχη μεταβολή στην ισχύ εξόδου της δέσμης. Τελικά, η ισχύς εξόδου της δέσμης μεταβάλλεται ως συνάρτηση του οπτικού σήματος. Με αυτό τον τρόπο η πληροφορία εναποτίθεται στην δέσμη.

Δ. Αποδιαμορφωτής

Είναι η διάταξη που μετατρέπει τις μεταβολές της φωτεινής δέσμης του laser σε αντίστοιχες ηλεκτρικές. Το ηλεκτρονικό εξάρτημα που χρησιμοποιεί είναι μια φωτοδιόδος. Η φωτοδιόδος έχει την ικανότητα να μετατρέπει την προσπίπτουσα διαμορφωμένη δέσμη, σε αντίστοιχες μεταβολές ηλεκτρικού ρεύματος. Επειδή το ρεύμα αυτό (σήμα) είναι πολύ μικρό, την φωτοδιόδο ακολουθούν μερικές ενισχυτικές βαθμίδες.

Ε. Μόνιτορ

Είναι συσκευή ανάλογη με δέκτη τηλεόρασης. Μετατρέπει τις ηλεκτρικές μεταβολές του σήματος σε εικόνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. «Εισαγωγή στην οπτοηλεκτρονική», Α. Σεραφετινίδη, 1997, Κεφ. 4
2. «Αρχές των LASERS», Ο. SVELTO. Μετάφραση Α. Σεραφετινίδη. Γ. Κουρούκλη. Κεφ. 6.
3. «Τηλεόραση», Π.Ν. Φρύδα Κεφ. 3,4,15.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ

Η πειραματική διάταξη, που αποτελείται από τον πομπό και τον δέκτη, πρέπει να τοποθετηθεί σε τραπέζι απαλλαγμένο από κραδασμούς.

Το laser και ο δέκτης τοποθετούνται επάνω σε ρυθμιζόμενους βραχίονες ώστε να επιτυγχάνεται απόλυτη ευθυγράμμιση της δέσμης με τον δέκτη.

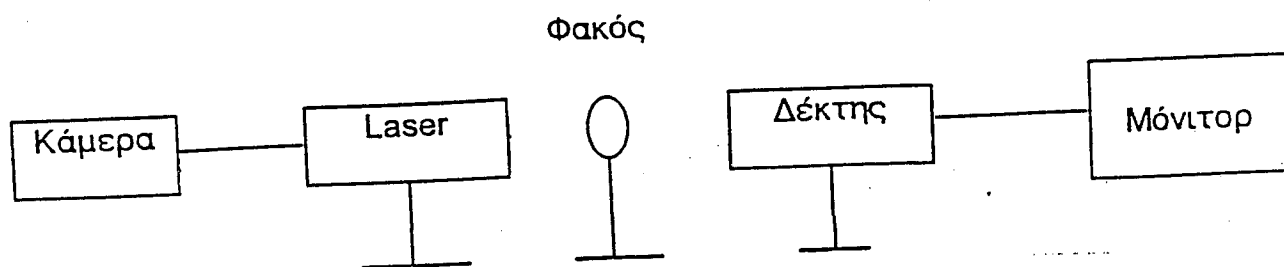
Η απόσταση μεταξύ τους πρέπει να είναι μερικά μέτρα. Εμπρός από τον δέκτη τοποθετείται φακός για την εστίαση της δέσμης στην φωτοδίοδο. Η δέσμη πρέπει να πέφτει κάθετα στο φακό εστίασης και την φωτοδίοδο.

ΠΡΟΣΟΧΗ :

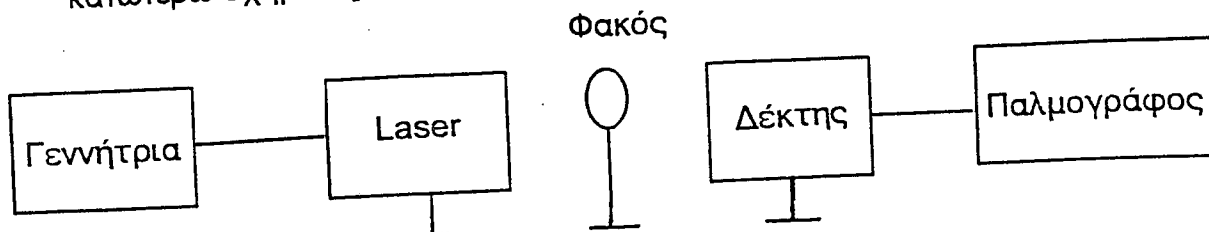
Πριν εκτελέσετε την άσκηση πρέπει να γνωρίζετε τα κάτωθι :

- Ποτέ μην κοιτάτε στη δέσμη LASER απ' ευθείας ή μετά από ανάκλασή της σε κάτοπτρο.
- Ποτέ μην στρέφετε τη δέσμη LASER στα μάτια άλλου.

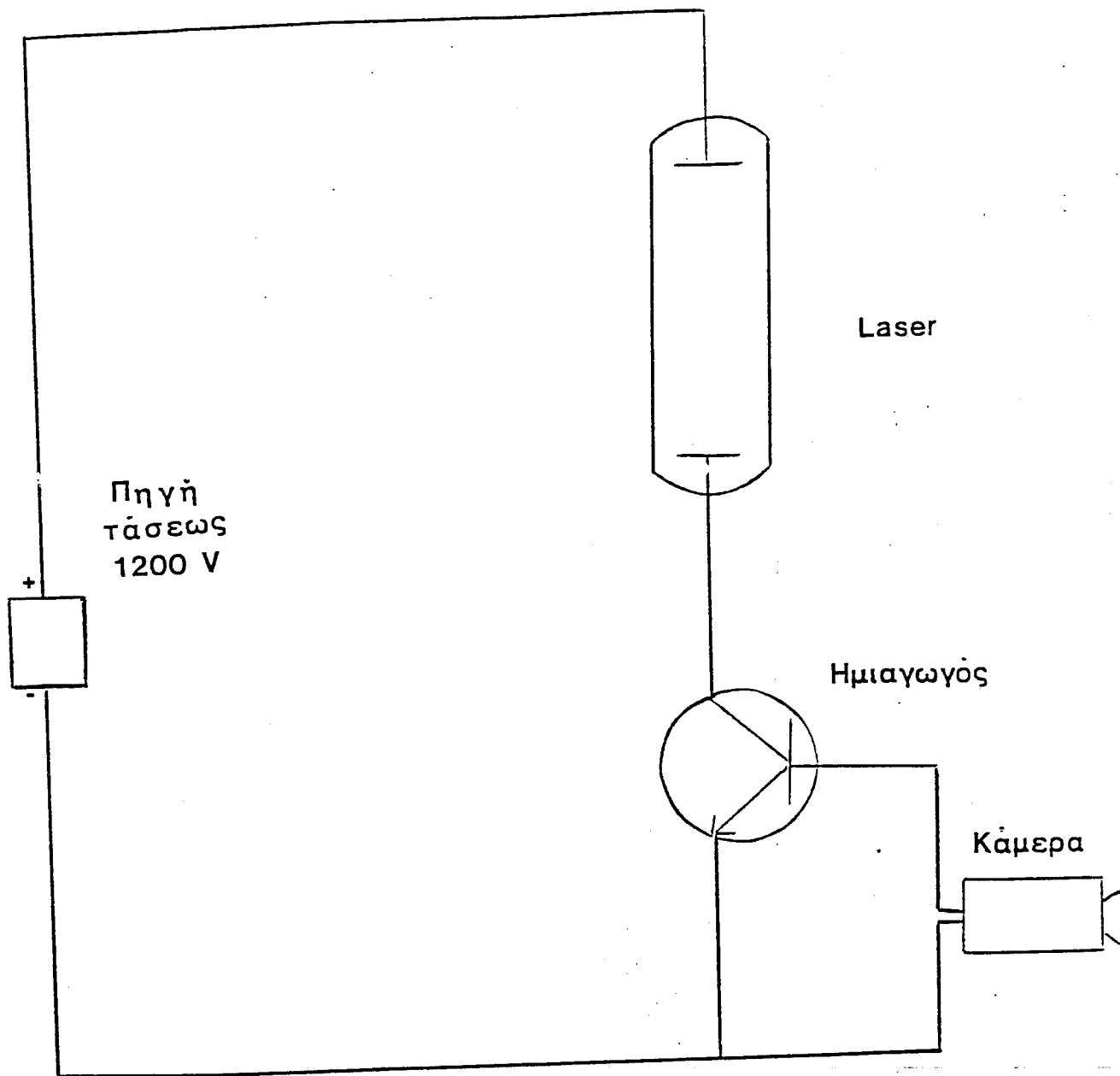
1. Συνδέστε τις συσκευές όπως φαίνεται στο κατωτέρω σχήμα.



2. Ευθυγραμμίστε την δέσμη και εστιάστε με το φακό έτσι ώστε να δείτε την εικόνα, που βλέπει η κάμερα, στο μόνιτορ.
3. Συνδέστε την γεννήτρια στον παλμογράφο και ρυθμίστε την έτσι ώστε να δίνει σήμα ημιτονικής μορφής πλάτους 1 V από κορυφή σε κορυφή.
3. Με ρυθμισμένη την γεννήτρια, πραγματοποιήστε την συνδεσμολογία του κατωτέρω σχήματος.



4. Μεταβάλλετε την συχνότητα από 500 KHz έως 1300 KHz με βήμα 100 KHz και μετρήστε το πλάτος του σήματος του δέκτη στον παλμογράφο. Καταχωρήστε τα αποτελέσματα στον Πίνακα 1.



Σχ.3 Βασικό κύκλωμα διαμόρφωσης της δέσμης LASER με οπτικό σήμα.

f (KHz)	VPP (volt)

5. Συνδέστε την κάμερα στον παλμογράφο και παρατηρήστε το σήμα εικόνας και καταγράψτε την κυματομορφή.
6. Τοποθετήστε, διαδοχικά, μπροστά από την κάμερα τις πρότυπες εικόνες Νο I, II, III. Αφού βεβαιωθείτε ότι η εικόνα είναι κάθετη και ο φακός εστιασμένος, καταγράψτε τις τρεις κυματομορφές που θα δείτε.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

1. Από τον Πίνακα 1 χαράξτε την καμπύλη $V=f(f)$ και καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας. Συγκρίνετε με την ιδανική καμπύλη $V_0=f(f_0)$.
2. Σχολιάστε την κυματομορφή του βήματος 5.
3. Γράψτε τις παρατηρήσεις σας για τις κυματομορφές του βήματος 6.