



ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΕΙΡΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ
ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

ΚΑΛΛΙΡΟΗ ΛΑΜΠΗ
(Α.Μ. 2007029)

Επιβλέποντες:
ΙΩΑΝΝΗΣ ΛΙΑΠΕΡΔΟΣ
ΣΩΤΗΡΙΑ ΚΡΥΠΩΤΟΥ

Σπάρτη 2011

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	11
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	11
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕΣΩ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ.....	11
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΙΝΟΟΠΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	12
ΕΦΑΡΜΟΙΕΣ GIGABIT.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ.....	14
ΓΕΝΙΚΑ.....	15
ΤΡΙΑ ΣΗΜΕΙΑ ΠΟΥ ΔΕΙΖΕΙ ΝΑ ΠΡΟΣΕΞΟΥΜΕ.....	16
ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	17
ΛΕΠΤΟΥΡΓΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	17
ΠΙΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ.....	18
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ.....	19
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	19
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	21
ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΙΝΑΣ.....	21
ΕΙΔΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	21
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	24
ΤΥΠΟΙ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	25
ΟΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΩΣ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	26
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΟΠΤΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΣΥΝΑΦΗ ΠΛΑΘΗΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	28
ΓΕΝΙΚΑ.....	29

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	29
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΟΣ ΚΛΩΔΙΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	29
ΚΛΩΔΙΩΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	30
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΠΤΙΚΟΙ ΠΟΜΠΟΙ.....	33
ΓΕΝΙΚΑ.....	34
ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΟΣ.....	34
ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ.....	34
Η ΑΜΕΣΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ.....	35
Η ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ.....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΠΤΙΚΟΙ ΔΕΚΤΕΣ.....	37
ΓΕΝΙΚΑ.....	38
Ο ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ.....	38
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΟΠΤΙΚΟΥ ΔΕΚΤΗ.....	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΠΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ.....	40
ΓΕΝΙΚΑ.....	41
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ.....	42
ΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΙΝΑΣ ΕΡΒΙΟΥ.....	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	43
ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ.....	44
ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ - ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	44
ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ ΧΡΟΝΟΥ (TDM).....	44
ΠΛΗΣΙΟΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ (PDH).....	45
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ (SDH).....	46
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ.....	46
ΓΕΝΙΚΑ.....	46
ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	47

ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	47
ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	47
ΚΥΡΙΟ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	48
ΤΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	48
ΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ.....	48
ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	49
ΚΙΝΗΤΡΑ ΧΡΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	49
ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΠΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	49
ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	49
ΓΙΑΤΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ;.....	50
Η ΤΟΠΟΛΟΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	50
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	50
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	51
ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK - ISDN).....	51
ΓΕΝΙΚΑ.....	51
ΒΑΣΙΚΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ISDN.....	52
ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΧΡΗΣΤΗ ΒΑΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ.....	52
ΠΛΑΘΗΤΙΚΗ ΑΡΤΗΡΙΑ.....	53
ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΥΠΟΥ 1 (NETWORK TERMINATION 1 - NT1).....	53
ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ISDN (ISDN PRIMARY - RATE ACCESS ή ISDN - PRA).....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΙΝΟΟΠΤΙΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ - ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ.....	55
Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΙΝΟΟΠΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΔΕΚΑΗΜΕΡΙΑ.....	56
ΙΝΟΟΠΤΙΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΩΣ.....	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ.....	58
ΓΕΝΙΚΑ.....	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΖΕΥΞΕΙΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (WDM).....	60
ΓΕΝΙΚΑ.....	61
Η ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΦΘΩΣΗ ΜΙΑΣ ΖΕΥΞΗΣ WDM.....	61
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΙΝΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ.....	62
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	62
ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ.....	63
ΣΚΕΔΑΣΗ RAYLEIGH.....	63

ΔΙΕΛΘΕΣ ΚΥΜΑΤΟΔΙΠΟΥ.....	63
LED.....	64
ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΟΣΤΟΙΧΙΑ ΜΙΑΣ ΖΕΥΣΗΣ WDM.....	64
ΟΙ ΔΝΑΜΕΤΑΛΛΟΤΕΣ.....	64
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΝΑΜΕΤΑΛΛΟΤΗ.....	65
Ο ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ.....	65
ΟΙ ΟΠΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ.....	66
ΗΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ ΙΝΑΣ ΕΡΒΙΟΥ.....	66
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ.....	66
Ο ΑΠΟΠΟΛΥΗΛΕΚΤΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ.....	66
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	67
ΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΕΚΤΕΣ.....	67
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΕΚΤΩΝ.....	67
ΟΠΤΙΚΟΙ ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΕΣ ΠΡΟΣΘΑΦΑΙΡΕΣΗΣ.....	68
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	68
ΟΠΤΙΚΟΙ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΤΗΡΕΣ.....	68

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ.....69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	70
ΦΥΛΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	71
ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	71
ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΣΥΝΕΧΟΥΣ (DC).....	72
ΑΠΛΟ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΣΥΝΕΧΟΥΣ LS1130.....	72
ΤΡΙΠΛΟ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΣΥΝΕΧΟΥΣ LS1330.....	73
ΠΟΛΥΜΕΤΡΑ.....	73
ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΗΜΑΤΟΣ - ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ - ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ.....	73
ΠΛΑΔΜΟΙΤΡΑΦΟΣ.....	74
ΠΛΑΚΕΤΕΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ (BREADBOARDS).....	74
ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ.....	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	77
-----------------------------	----

ΑΣΚΗΣΗ 1

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ.....	78
ΣΚΟΠΟΣ.....	79
ΥΛΙΚΑ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	79
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	80

ΕΚΤΕΛΕΣΗ.....	80
---------------	----

ΑΣΚΗΣΗ 2

ΧΑΡΑΞΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ LED.....	84
ΣΚΟΠΟΣ.....	85
ΥΛΙΚΑ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	85
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	86
ΕΚΤΕΛΕΣΗ.....	86

ΑΣΚΗΣΗ 3

ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΛΙΟΛΟΥ.....	91
ΣΚΟΠΟΣ.....	92
ΥΛΙΚΑ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	92
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	93
ΕΚΤΕΛΕΣΗ.....	93
ΣΚΟΠΟΣ.....	96
ΥΛΙΚΑ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	98
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	99
ΕΚΤΕΛΕΣΗ.....	99

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	102
-------------------	-----

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	103
-----------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	105
------------------------	-----

ΛΕΞΙΚΟ ΒΑΣΙΚΩΝ ΟΡΩΝ.....	106
--------------------------	-----

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Τεχνολογίας Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του ΤΕΙ Καλαμάτας. Κατά την εργασία αυτή σχεδιάστηκε μια σειρά εργαστηριακών ασκήσεων στο αντικείμενο των Οπτικών Επικοινωνιών. Για την υλοποίησή τους χρησιμοποιήθηκαν απλά εργαστηριακά όργανα, εύκολα διαθέσιμα σε ένα εργαστήριο ηλεκτρονικής. Το μέρος της ύλης που καλύπτουν αφορά εισαγωγικά στοιχεία στις οπτικές ζεύξεις, όπως π.χ. η μελέτη μιας οπτικής πηγής LED, η μελέτη φωτοδίοδου και η επίδραση του θορύβου σε ηλεκτρικά καλώδια.

Θέλω να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου, κ. Λιαπέρδο Ιωάννη και κ. Κρυπωτού Σωτηρία που με βοήθησαν πάρα πολύ ώστε να ολοκληρωθεί η εργασία αυτή. Τους ευχαριστώ πολύ για όλα όσα μου δίδαξαν, για το επιστημονικό υλικό που μου προσέφεραν, τις συμβουλές τους, τη συμπαράσταση και τις ώρες που μου αφιέρωσαν.

Σεβασμό και ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Τσαγκαρόπουλο Γεώργιο, Χημικό του Γενικού Χημείου του Κράτους, που μου ανέλυσε τη σύσταση των οπτικών ινών και με βοήθησε να κατανοήσω τους λόγους ύπαρξής τους.

Επιπλέον, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην υπάλληλο του Γενικού Χημείου του Κράτους Μακρή Ελένη, η οποία ήταν επόπτητά μου κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης, που ανέλαβε την εκτύπωση της πτυχιακής μου εργασίας καθώς και για την κατανόηση και διευκόλυνση σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου.

Ακόμη, ευχαριστώ πολύ τον αδελφό μου Νίκο, ο οποίος με βοήθησε στο σχεδιασμό των κυκλωμάτων των ασκήσεων καθώς επίσης, και τον συμφοιτητή μου Στάθη Κακούνη, που ανέλαβε τη φωτογράφιση των κυκλωμάτων και των εργαστηριακών οργάνων καθ' όλη τη διάρκεια των εργαστηριακών μαθημάτων.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου και την ξαδέλφη μου Ηρώ, για την αμέριστη συμπαράσταση και τις συμβουλές τους όλους αυτούς τους μήνες.

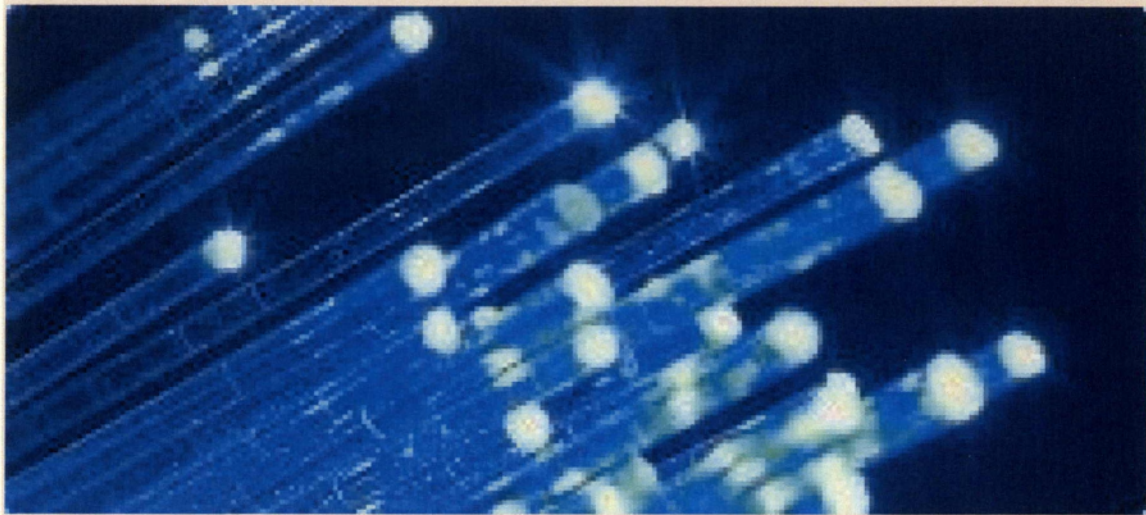
Καλλιρόη Λαμπή

Οκτώβρης, 2011

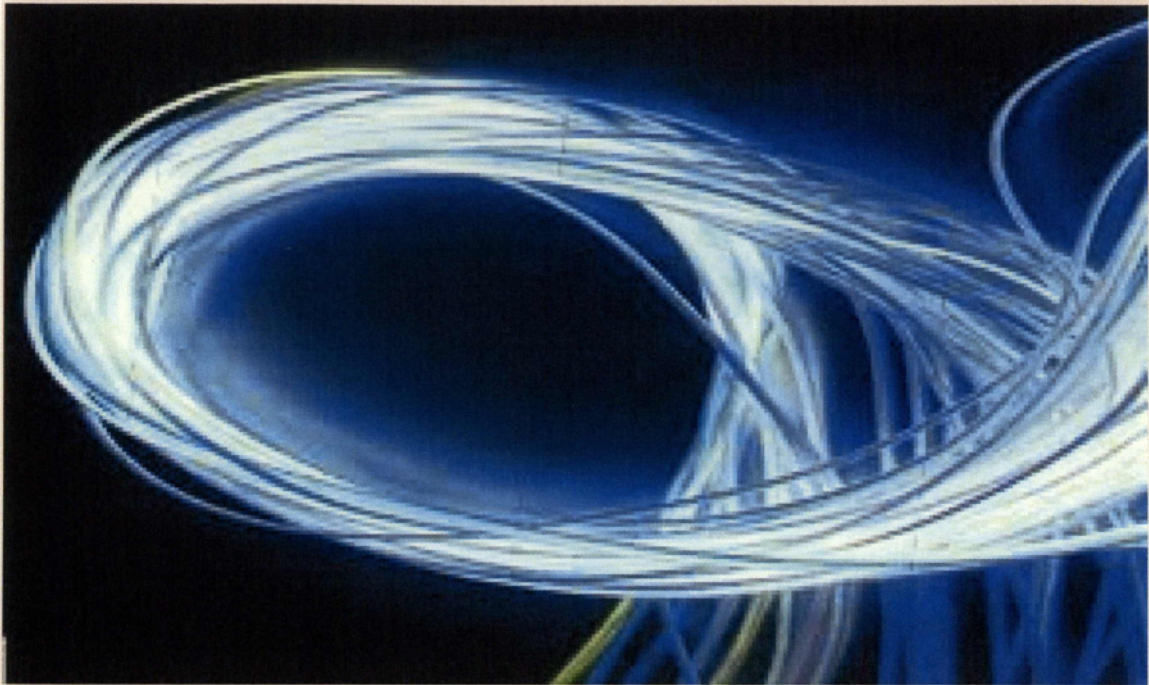
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι οπτικές ίνες είναι διηλεκτρικοί κυματοδηγοί κυκλικής, συνήθως, διατομής και είναι κατασκευασμένες από πλαστικό ή γυαλί ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Οι οπτικές ίνες, ως μέσα μετάδοσης, κυματοδηγούν οπτικά κύματα τα οποία έχουν παραχθεί από μια οπτική πηγή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι οπτικών ινών οι οποίοι διαφέρουν ως προς το υλικό κατασκευής, τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά αλλά και αυτές καθαυτές τις παραμέτρους διάδοσης του οπτικού σήματος. Προκειμένου να είναι σε θέση οι οπτικές ίνες να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά με σκοπό την υλοποίηση τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων, είναι απαραίτητη η καλωδίωσή τους. Μέσω της καλωδίωσης, οι οπτικές ίνες ομαδοποιούνται και προστατεύονται από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος. Στο ξεκίνημα της ηλεκτρονικής εποχής, δεν υπήρχαν τρόποι ενίσχυσης ασθενών ηλεκτρικών σημάτων. Η σχεδίαση οποιασδήποτε μορφής επικοινωνιακής ραδιοζεύξης ήταν η διευθέτηση του ισολογισμού της ζεύξης.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η σχεδίαση και τεκμηρίωση μιας σειράς εργαστηριακών ασκήσεων για το μάθημα των οπτικών επικοινωνιών. Ένα μεγάλο μέρος της εργασίας αυτής πραγματοποιήθηκε σε εργαστηριακό χώρο με τη βοήθεια πολλών εργαστηριακών οργάνων, εξαρτημάτων και διαφόρων άλλων υλικών. Οι ασκήσεις που δημιουργήθηκαν σχετίζονται με φαινόμενα όπως, η επίδραση του θορύβου σε ένα ηλεκτρικό καλώδιο, η οποία είναι και ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούμε τις οπτικές ίνες αντί για τα καλώδια χαλκού, η χάραξη της χαρακτηριστικής ρεύματος-τάσης ($I-V$) μιας φωτοεκπέμπουσας διόδου (LED) και τέλος, η ποιοτική καθώς και ποσοτική μελέτη μιας φωτοδιόδου.



ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Οπτικά σήματα χρησιμοποιούνται για την μετάδοση των πληροφοριών από την αρχαιότητα. Ένας πολύ γνωστός τρόπος ανταλλαγής των μηνυμάτων ήταν η χρήση του καπνού. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιούνταν από τους Ινδιάνους της Αμερικής. Ο οπτικός τηλεγράφος ο οποίος εγκαταστάθηκε το 1794 και χρησιμοποιήθηκε για τη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ Παρισιού και Λιλ, ήταν παρόμοιας λογικής. Ο John Tyndall κατάφερε στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, να μεταδώσει ορατό φως μέσω ρέοντος νερού, με τη χρήση του φαινομένου της ολικής ανάκλασης. Ο Bell, το 1880 παρουσίασε το φωτόφωνο. Αυτό είναι μια διάταξη που είχε την ικανότητα μετάδοσης ηχητικών σημάτων διαμορφώνοντας μια φωτεινή δέσμη και ανιχνεύοντας τις μικρομεταβολές με τη βοήθεια ενός οπτικού δέκτη. Από το 1910 έως το 1920 δημοσιεύτηκαν κάποιες εργασίες σχετικά με τη διάδοση των οπτικών σημάτων μέσω διαφανών διηλεκτρικών ράβδων. Με τη βοήθεια των εργασιών αυτών, τη δεκαετία του 1950, κατασκευάστηκαν οι πρώτες ίνες για τη μεταφορά φωτός σε μικρές αποστάσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα σε ιατρικά ενδοσκόπια. Τα μέσα του 1970, άρχισαν να χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες για την υλοποίηση των τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων. Το 1985, η ινοοπτική τεχνολογία ήταν αυτή που ήταν προτιμότερη για ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων. Από τότε η πρόοδος ήταν εντυπωσιακή, με αποτέλεσμα, στις ημέρες μας, οι επιδόσεις των ινοοπτικών ζεύξεων να είναι κατά μία έως δύο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες οποιουδήποτε άλλου τύπου ζεύξης.

2. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Επικοινωνία μπορεί να ονομασθεί κάθε σύνδεσμος ή δίκτυο μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων για τη μετάδοση πληροφοριών μεταξύ τους. Η πληροφορία μεταδίδεται με τη μορφή διαμορφωμένου σήματος. Γίνεται η διαμόρφωση στον πομπό, στη συνέχεια η μετάδοση με τον κυματοδηγό ή την ασύρματη ζεύξη και τέλος γίνεται η αποδιαμόρφωση από τον δέκτη.

3. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕΣΩ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

Η ιδέα της χρήσης του φωτός για την επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις δεν είναι κάτι νέο, αλλά έχει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Οι αρχαίοι Έλληνες άναβαν φωτιές σε ψηλά σημεία, όπως κορυφές βουνών, για να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους άμεσα, σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων. Ήταν τότε το ταχύτερο μέσο απομακρυσμένης επικοινωνίας και τελικά φαίνεται ότι ακόμη και σήμερα ισχύει το ίδιο, καθώς δεν υπάρχει τίποτα μέχρι στιγμής που να μπορεί να ξεπεράσει την ταχύτητα του φωτός. Στα τέλη του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ου οι καπετάνιοι των πλοίων χρησιμοποιούσαν ειδικούς ισχυρούς φακούς τους οποίους αναβόσβηναν, σύμφωνα με τον κώδικα Μορς, επικοινωνώντας άμεσα μεταξύ τους. Αυτός ο τρόπος

επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκε εν μέρει και στην ξηρά, παρόλο που οι πρώτες συσκευές ενσύρματης επικοινωνίας είχαν κάνει την εμφάνισή τους την εποχή εκείνη. Σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα έχουμε τρία κοινά στοιχεία. Το πρώτο είναι ο αποστολέας του φωτεινού σήματος, το δεύτερο ήταν το μέσο μετάδοσης, δηλαδή ο αέρας και το τρίτο ήταν ο παραλήπτης που το αποκωδικοποιούσε και το μετέτρεπε σε κατανοητή μορφή. Φυσικά οι προαναφερθείσες μέθοδοι είχαν ως σημαντικότερο μειονέκτημα το πρόβλημα της ορατότητας. Το φως μιας φωτιάς ή ενός τεχνητού μέσου δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς δεν μπορούσε κανείς να το ξεχωρίσει από το πολύ ισχυρότερο ηλιακό φως. Ακόμη και τη νύχτα όμως, διάφορες συνθήκες όπως η αυξημένη υγρασία ή η ομίχλη, μπορούσαν να καταστήσουν ανέφικτη την παρατήρηση του φωτεινού σήματος σε μεγάλη απόσταση. Σήμερα η φωτεινή ενέργεια εξακολουθεί να διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στις τηλεπικοινωνίες και κατ'επέκταση στην καθημερινή μας ζωή. Αν στα προηγούμενα χρόνια το φως μεταδιδόταν μέσω της ατμόσφαιρας, σήμερα αυτό έδωσε τη θέση του στο γυαλί και σε ειδικό ανακλαστικό υλικό που το περιβάλλει. Κάπως έτσι έχουν σχηματιστεί οι οπτικές ίνες, οι οποίες είναι σε θέση να μεταφέρουν πληροφορίες σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων, αποτελώντας έτσι αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων τηλεπικοινωνιών.

4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΙΝΟΟΠΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ινοοπτικών ζεύξεων σε σχέση με τις συμβατικές καλωδιακές ζεύξεις και τις ραδιοζεύξεις προκύπτουν από τις επιδόσεις των οπτικών ινών ως μέσων μετάδοσης. Οι οπτικές ίνες παρέχουν τεράστιο εύρος ζώνης για τη μετάδοση πληροφοριών και είναι πρακτικά απρόσβλητες σε οποιοδήποτε είδους ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Τα βασικά πλεονεκτήματα των οπτικών ζεύξεων είναι:

- Το πολύ μεγάλο εύρος ζώνης που παρέχουν.
- Η αρκετά χαμηλή εξασθένηση των σημάτων κατά τη μετάδοσή τους μέσω οπτικών ινών, που βοηθά στην υλοποίηση ζεύξεων των οποίων το μήκος είναι πάνω από 100 χιλιόμετρα χωρίς να υπάρξει ανάγκη για χρήση ενδιάμεσων ενισχυτών ή αναγεννητών.
- Οι οπτικές ίνες είναι «αναίσθητες» σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και αυτό, γιατί τα οπτικά καλώδια μπορούμε να τα χρησιμοποιούμε σε επιβαρυμένα βιομηχανικά περιβάλλοντα, πάνω σε σιδηροτροχιές, ακόμα και παράλληλα με τα καλώδια του ενεργειακού δικτύου χωρίς υποβάθμιση της ποιότητας μετάδοσης. Επίσης, οι ινοοπτικές ζεύξεις δεν προσβάλλονται από κεραυνούς.
- Παρέχουν ασφάλεια. Η μετάδοση του σήματος συντελείται στον πυρήνα της ίνας. Αυτό σημαίνει πως η υποκλοπή του σήματος είναι πρακτικά αρκετά δύσκολη. Σε περίπτωση που υποκλαπεί το σήμα θα υποβαθμιστεί η οπτική ισχύς του σήματος

- και θα γίνει αντιληπτή στο δέκτη από την πτώση της ισχύος του φέροντος σήματος.
- Οι οπτικές ίνες έχουν μικρές διαστάσεις και μικρό βάρος. Οι ιδιότητές του αυτές, επιτρέπουν την κατασκευή καλωδίων μεγάλης χωρητικότητας, αλλά μικρού βάρους και με διατομή κάτω από δύο εκατοστά. Το βάρος ενός οπτικού καλωδίου σε σύγκριση με ίδιας χωρητικότητας χάλκινο σύρμα είναι πολύ μικρότερο κάνοντας τη χρήση τους άμεσα εφαρμόσιμη σε σκάφη και πλοία. Το μέγεθος μιας οπτικής ίνας που θα μπορούσε να αντικαταστήσει έναν χάλκινο αγωγό είναι σημαντικά μειωμένο.
 - Έχουν μικρές απώλειες. Η μικρή εξασθένηση των οπτικών ινών επιτρέπει τη ζεύξη μεγάλων αποστάσεων σε πολύ υψηλούς ρυθμούς διαμόρφωσης.
 - Οι οπτικές ίνες έχουν ηλεκτρομαγνητική μόνωση. Επειδή η οπτική ίνα είναι διηλεκτρικό υλικό χωρίς μεταλλικά τμήματα παραμένει ανεπηρέαστη από ηλεκτρομαγνητικά πεδία και θόρυβο κάνοντας αναγκαία και απαραίτητη τη χρήση οπτικών δικτύων σε εξωτερικό περιβάλλον.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΙΕΣ GIGABIT

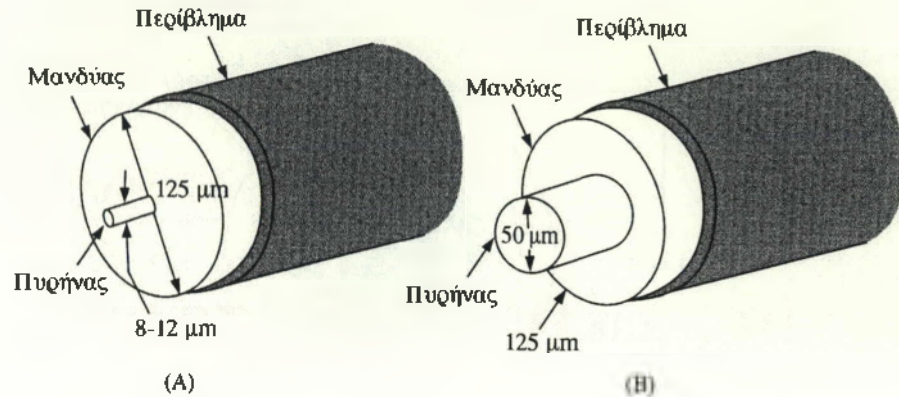
Τα επιτυχέστερα δίκτυα είναι εκείνα που παρέχουν «διασυνδεσιμότητα» με μεγάλη ευχρηστία στη μέγιστη δυνατή κοινότητα χρηστών. Η τεχνολογία και αρχιτεκτονική των οπτικών συστημάτων εξελίσσεται συνεχώς ενώ το κόστος της είναι ακόμα υψηλό. Υπάρχει διαθέσιμο ένα πολύ μεγάλο εύρος ζώνης τον φορέα της οπτικής ίνας. Οπτικές ίνες έχουν τοποθετηθεί παντού και η τεχνολογία αυτή είναι απλή. Μέσω των οπτικών λύσεων θα έχουν διασυνδεσιμότητα και ευχρηστία. Μέσα από το εύρος ζώνης που διατίθεται μπορούν να αναπτυχθούν πολλές υπηρεσίες και νέες αγορές.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ



Σχήμα 1: Γεωμετρία τυπικών μονότροπων και πολύτροπων οπτικών ινών

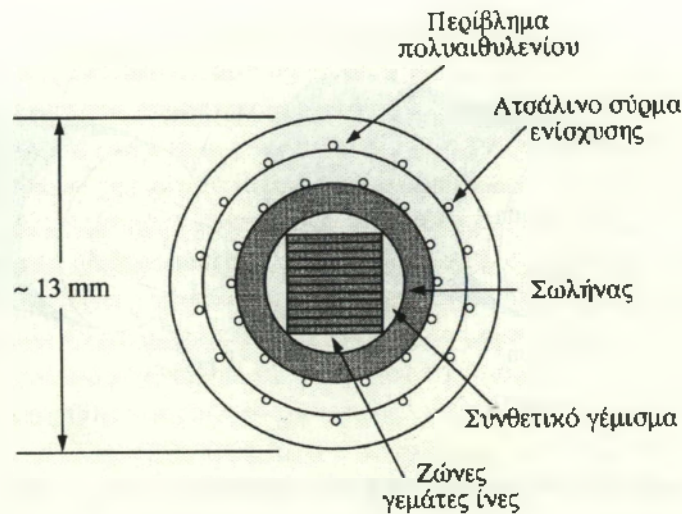
Οι οπτικές ίνες είναι: Διηλεκτρικοί κυματοδηγοί κυκλικής, συνήθως, διατομής και είναι κατασκευασμένες από πλαστικό ή γυαλί ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Αποτελούνται από δύο περιοχές. Την εσωτερική που ονομάζεται κεντρικός πυρήνας, ο οποίος περιβάλλεται από μανδύα που και την εξωτερική που ονομάζεται περίβλημα που περιβάλλει τον μανδύα. Η ίνα, είναι κατασκευασμένη από άμμο (διοξείδιο του πυριτίου) και σε καθαρή κατάσταση είναι αόρατο γυαλί. Οι οπτικές ίνες, ως μέσα μετάδοσης, κυματοδηγούν οπτικά κύματα τα οποία έχουν παραχθεί από μια οπτική πηγή. Η κυματοδότηση των οπτικών κυμάτων πραγματοποιείται στην περιοχή εντός και γύρω από τον πυρήνα της οπτικής ίνας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι οπτικών ινών οι οποίοι διαφέρουν ως προς το υλικό κατασκευής, τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά αλλά και αυτές καθαυτές τις παραμέτρους διάδοσης του οπτικού σήματος.

Τρεις είναι οι ιδιότητες των ινών που τους δίνουν τη μοναδική τους θέση ως τεχνολογία επικοινωνιών:

- Το μεγάλο εύρος ζώνης τους
- Η χαμηλή τους εξασθένηση
- Το μικρό τους μέγεθος

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται κυρίως, όπου οι αποστάσεις είναι μεγάλες και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών και όπου οι απαιτήσεις σε ρυθμούς μετάδοσης είναι αρκετά αυξημένες. Μπορούμε για παράδειγμα να χρησιμοποιήσουμε οπτική ίνα για να καλύψουμε απόσταση πέντε χιλιομέτρων όπου οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων φθάνουν τα 10 Gbps.

Οι μικρές διαστάσεις των οπτικών ινών μας επιτρέπουν να ομαδοποιούμε πολλές ίνες μαζί σε ένα καλώδιο μικρής διαμέτρου.

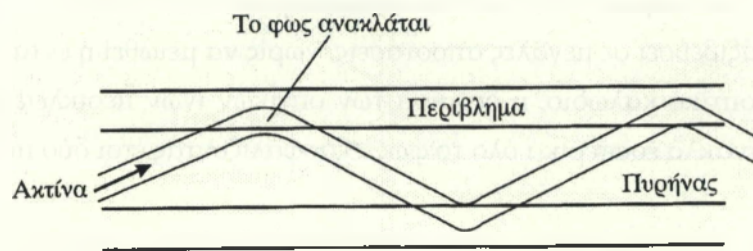


Σχήμα 2: Τυπικό καλώδιο 144 ινών της AT&T

Στο σχήμα αυτό φαίνεται ένα τυπικό καλώδιο 144 ινών που χρησιμοποιείται σε μετάδοση μεταξύ πόλεων. Η υψηλή πυκνότητα ομαδοποίησης προσφέρει ευνοϊκές επιλογές στην αρχιτεκτονική των δικτύων οπτικών ινών, αλλά είναι ακόμα πιο χρήσιμη σε εφαρμογές που αφορούν πολύ μικρές αποστάσεις, από χιλιοστά έως μερικά μέτρα. Ένα τέτοιο πεδίο εφαρμογής είναι η οπτική διασύνδεση λειτουργικών τμημάτων (Optical Interconnect). Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η διασύνδεση μεταξύ ολοκληρωμένων chips (chips to chips), μεταξύ καρτών (boards to boards), μικτές διασυνδέσεις chips με πλακέτες και άλλα. Η διασυνδέσεις αυτές μπορούν να γίνουν για παράδειγμα στα πλαίσια μιας μονάδας μεταγωγής ή επεξεργασίας σήματος.

ΓΡΙΑ ΣΗΜΕΙΑ ΠΟΥ ΔΕΙΖΕΙ ΝΑ ΠΡΟΣΕΞΟΥΜΕ

- Η οπτική ίνα είναι συμπαγής, δεν υπάρχει τρύπα στη μέση της
- Ο απομονωτής και το κάλυμμα είναι μόνο για μηχανική προστασία
- Το φως διαδίδεται διαμέσου του πυρήνα αλλά σε ένα μικρό βαθμό ταξιδεύει στο περίβλημα και έτσι η οπτική καθαρότητα του περιβλήματος είναι επίσης σημαντική.



Σχήμα 3: Το φως εισέρχεται στο περίβλημα στη διάρκεια της ανάκλασης

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Για τη διευκόλυνση της ανάλυσης του φαινομένου της κυματοδηγησης, αναφέρονται οι παρακάτω παραδοχές:

- Το υλικό της ίνας θεωρείται ισοτροπικό, μη απορροφητικό και μη μαγνητικό ($\mu=\mu_0$)
- Οι δείκτες διάθλασης του πυρήνα και του περιβλήματος θεωρούνται σταθεροί
- Η οπτική ίνα θεωρείται ομοιόμορφη κατά τον διαμήκη άξονά της. Η ίνα, δηλαδή, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από έναν κυλινδρικό πυρήνα ο οποίος περιβάλλεται από ένα επίσης κυλινδρικό περίβλημα.
- Η ακτίνα του περιβλήματος θεωρείται άπειρη. Η παραδοχή αυτή δικαιολογείται από το γεγονός ότι το κυματοδηγούμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο πρέπει να αποσβένεται στο περίβλημα και να είναι αμελητέο μακριά από τον πυρήνα της ίνας.
- Το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο που κυματοδηγούνται στην ίνα θεωρούνται ότι παρουσιάζουν αρμονική χρονική μεταβολή. Η χωρική τους μεταβολή καθορίζεται από τις συνθήκες κυματοδηγησης που επικρατούν στη συγκεκριμένη ίνα.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Κατά την επινόηση των καλωδίων οπτικών ινών, οι κατασκευαστές τους είχαν έναν σημαντικό στόχο. Αυτός ήταν, να μην υπάρχει διαρροή φωτός στο εξωτερικό ενός καλωδίου, κάτι που θα είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια δεδομένων και πολλά ακόμη προβλήματα. Για το λόγο αυτό έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος ώστε όλη η φωτεινή ενέργεια να παραμένει στο εσωτερικό του καλωδίου και να φτάνει δίχως εξασθένιση στον προορισμό της. Η αρχή λειτουργίας ενός οπτικού καλωδίου είναι η ολική εσωτερική αντανάκλαση (TIR - Total Internal Reflection) και βασίζεται στο γεγονός

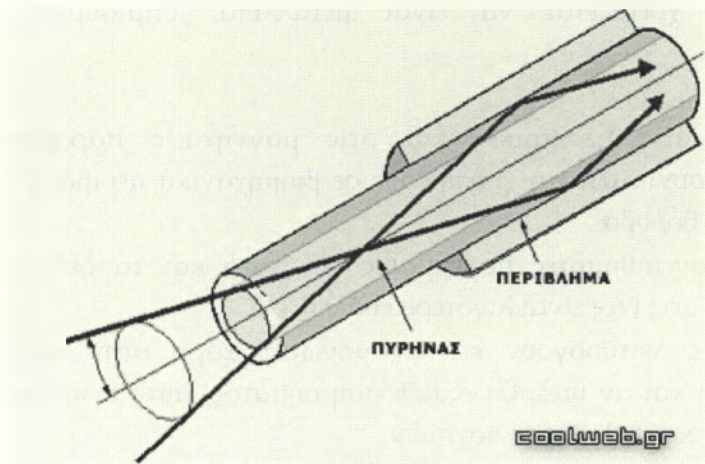
ότι όταν το φως αντανακλάται εξολοκλήρου σε έναν κλειστό εσωτερικό χώρο, μπορεί να ταξιδεύσει σε μεγάλες αποστάσεις, χωρίς να μειωθεί η έντασή του. Ως εκ τούτου, σε ένα οπτικό καλώδιο, η δεσμίδα των οπτικών ινών περικλείεται σε ειδικό υλικό που αντανακλά εσωτερικά όλο το φως, εξασφαλίζοντας έτσι δύο πράγματα.

- Την ολική εσωτερική αντανάκλαση, που θα επιτρέψει στην πληροφορία να φθάσει αναλλοίωτη σε μεγάλες αποστάσεις.
- Την αποφυγή διαρροής φωτός στο εξωτερικό του καλωδίου.

Για τον λόγο αυτό, το φως διοχετεύεται στο εσωτερικό της οπτικής ίνας υπό συγκεκριμένη γωνία, ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη αντανάκλαση που θα αποτρέψει την διαρροή φωτεινής ενέργειας. Μέχρι να φθάσει στον προορισμό της, η φωτεινή δέσμη συνήθως πραγματοποιεί χιλιάδες ή και εκατομμύρια αντανάκλασεις στο εσωτερικό της οπτικής ίνας. Οι απώλειες ισχύος της φωτεινής ενέργειας είναι σε κάθε περίπτωση αναπόφευκτες, ακόμη και κατά την ολική εσωτερική αντανάκλαση του φωτός και παρατηρούνται κυρίως κατά τη μετάδοση των δεδομένων σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων. Αυτό οφείλεται σε μικρές ατέλειες του μέσου μεταφοράς. Ανάλογα με το πάχος του καλωδίου, οι απώλειες μπορούν να φθάσουν ακόμη και το 20% ανά χιλιόμετρο, ωστόσο με κάποια σύγχρονα καλώδια, έχουν μειωθεί στο 5-10%.

ΠΙΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ

- Στο ένα άκρο της οπτικής ίνας, υπάρχει ο πομπός και στο άλλο, ο δέκτης.
- Ο πομπός, μετατρέπει τα ψηφιακά δεδομένα ενός υπολογιστή, σε ψηφιακά κύματα φωτός.
- Ο δέκτης, αποκωδικοποιεί τα ψηφιακά κύματα φωτός, σε ψηφιακά δεδομένα.
- Τα ψηφιακά κύματα φωτός, ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός μέσα από την οπτική ίνα, με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της οπτικής ίνας.
- Οι ανακλάσεις αυτές, γίνονται στα τοιχώματα, σε γωνία μικρότερη των 42 μοιρών, με αποτέλεσμα να λειτουργούν τα τοιχώματα σαν καθρέφτες.
- Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ολική ανάκλαση** και είναι η αιτία που τα κύματα φωτός μένουνε μέσα στην οπτική ίνα, συνεχίζοντας το ταξίδι τους μέχρι το άλλο άκρο, χωρίς να βγαίνουν έξω από την ίνα. Σε αυτό συνεισφέρει και η δομή της.



Σχήμα 4: Δομή της οπτικής ίνας

Το περίβλημα από τις **οπτικές ίνες**, είναι έτσι κατασκευασμένο, ώστε να κρατάει τα κύματα φωτός, με ολικές ανακλάσεις, μέσα στον πυρήνα και να συνεχίζουν το ταξίδι τους μέσω αυτού (του πυρήνα). Το περίβλημα το πετυχαίνει αυτό, λόγω της διαφορετικότητας του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο, σε σχέση με το υλικό του πυρήνα.

4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ

Οι επιδόσεις μιας οπτικής ίνας συνδέονται με τον τρόπο μετάδοσης του σήματος στην ίνα, με το αν, δηλαδή, η ίνα είναι πολύτροπη ή μονότροπη (όπως θα εξετάσουμε πιο κάτω) και με το μήκος κύματος του φωτός, που εκπέμπεται από την πηγή. Στις μονότροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται μήκη κύματος μεταξύ των 1310 nm και των 1550 nm. Στις πολύτροπες οπτικές ίνες έχουμε μήκη κύματος από 850 nm έως 1300 nm. Θα πρέπει να τονίσουμε, ότι για δεδομένη εγκατάσταση, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ένας τρόπος μετάδοσης και μόνο ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος από τις πηγές σε όλη την έκταση της εγκατάστασης. Υπάρχουν, πολλοί παράγοντες, οι οποίοι περιορίζουν τα παραπάνω μήκη κύματος. Τέτοιοι παράγοντες είναι το εύρος ζώνης της πηγής και του δέκτη των σημάτων σε μια οπτική ίνα και η χρωματική διασπορά του μεταδιδόμενου σήματος μέσα στην οπτική ίνα, η οποία διασπορά αυξάνεται με την απόσταση και εξασθενίζει το σήμα. Επίσης, επιβαρυντικός παράγοντας είναι η χρήση συνδέσμων και διακλαδωτών στην πορεία των οπτικών ινών.

5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Οι οπτικές ίνες φαίνεται να είναι σήμερα η καλύτερη λύση στα μέσα μετάδοσης. Το γεγονός ότι οι οπτικές ίνες δεν χρησιμοποιούν αγωγούς χαλκού και ακόμα και τα

ανθεκτικά μέρη δεν χρειάζεται να είναι μεταλλικά, δημιουργεί κάποια πλεονεκτήματα.

- Έχουν ανοσία στις ηλεκτρικές και στις μαγνητικές παρεμβολές, με αποτέλεσμα να συνιστάται η χρήση τους σε βιομηχανικό περιβάλλον και σε χώρους με υψηλό θόρυβο.
- Δεν υπάρχουν ανεπιθύμητες παρεμβολές, γι' αυτό και τα δεδομένα που ταξιδεύουν μέσα στις ίνες είναι λιγότερο ευάλωτα.
- Οι γυάλινες ίνες λειτουργούν και ως μονωτές, χάρη στην υψηλή τους ποιότητα. Ακόμη και αν υπάρξει εξασθένηση σήματος, αυτό ενισχύεται πολύ εύκολα μέσω των κατάλληλων ενισχυτών.
- Διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες μετάδοσης (της τάξης των Gbps). Συνήθεις ταχύτητες μετάδοσης είναι αυτές των 2 και 10 Gbps, ενώ έχουν επίσης αναπτυχθεί συστήματα των 20,40 και 50 Gbps. Σε περίπτωση πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος, οι ταχύτητες φθάνουν στα μερικά Tbps.
- Είναι ασφαλείς, γιατί η υποκλοπή ή η παρεμβολή πληροφορίας είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθούν.
- Έχουν μικρές απώλειες. Η εξασθένηση των σημάτων είναι μικρότερη από ό,τι στα χάλκινα και ομοαξονικά καλώδια, με αποτέλεσμα οι αποστάσεις μεταξύ ενισχυτών ή άλλων ενεργών στοιχείων να κυμαίνονται από μερικά μέχρι και μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα, ανάλογα με τη τεχνική και το ρυθμό μετάδοσης.
- Το μέγεθος και το βάρος τους είναι σημαντικά μικρότερα από τα αντίστοιχα μεγέθη των άλλων αγωγών. Αξίζει να αναφέρουμε, σαν παράδειγμα, ότι χάλκινο καλώδιο με 1000 ζεύγη και μήκος 500 μέτρων ζυγίζει περίπου 4000 κιλά, ενώ οπτική ίνα του ίδιου μήκους, που περιέχει τον ίδιο αριθμό καναλιών, ζυγίζει μόνο 45 κιλά.
- Δεν είναι ευαίσθητη σε υγρό περιβάλλον, όπου τα χάλκινα καλώδια μπορεί να δημιουργήσουν βραχυκυκλώματα. Επειδή η οπτική ίνα δεν μεταφέρει ηλεκτρικό σήμα, προτιμάται σε περιοχές υψηλού κινδύνου εκρήξεων από σπινθήρες (χώροι καυσίμων, εύφλεκτων αερίων κλπ.).
- Μπορούν να μεταφέρουν παράλληλα πολύ μεγαλύτερο όγκο δεδομένων σε σχέση με το χάλκινο καλώδιο.
- Η μεταφορά των δεδομένων γίνεται γρηγορότερα.
- Τα δεδομένα μεταδίδονται ψηφιακά άρα η κωδικοποίηση - αποκωδικοποίηση των δεδομένων είναι πολύ γρήγορη.
- Έχουν χαμηλό κόστος. Η δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά, σε σχέση με ένα χάλκινο καλώδιο ίδιας απόστασης και δυνατοτήτων. Αυτό ωφελεί αρχικά τους πάροχους υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών, οι οποίοι με μικρότερο κόστος παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες. Τελικά αυτό μειώνει και τις ανάγκες απόσβεσης εξόδων των

παρόχων, επομένως ωφελεί και τον καταναλωτή, που επιβαρύνεται με μικρότερες χρεώσεις για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί.

- Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες σήματος, καθώς και στον τρόπο μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή με τη χρήση φωτεινής δέσμης, που απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με το ηλεκτρικό σήμα.

6. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

- Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα, που παρουσιάζουν οι οπτικές ίνες, είναι η δυσκολία υλοποίησης συνδέσεων, επειδή απαιτείται υψηλή προσαρμογή και ευθυγράμμιση της φωτεινής πηγής, για να μην υπάρχει διασπορά και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Όμως, η πρόοδος της τεχνολογίας, που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια στην περιοχή των οπτικών ινών, αντιμετώπισε με επιτυχία την παραπάνω δυσκολία, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η χρήση τους και για συνδέσεις σημείου προς πολλά σημεία.
- Είναι πιο ακριβές.
- Είναι πιο δύσκολη η εγκατάστασή τους.
- Είναι πιο εύθραυστες.
- Δεν μπορούμε να τις λυγίζουμε πολύ, γι' αυτό θα πρέπει να τις εγκαθιστούμε με ελαφριά κλίση, γιατί αλλιώς θα έχουμε απώλειες.
- Υπάρχει δυσκολία διασύνδεσης πολλών χρηστών πάνω σε ένα καλώδιο.

7. ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΙΝΑΣ

Σε κάθε οπτική ίνα το κυματοδηγούμενο πεδίο μπορεί να θεωρηθεί ότι απαρτίζεται από επιμέρους κύματα, που αποκαλούνται «τρόποι» (modes) . Οι τρόποι παρουσιάζουν την ίδια χρονική μεταβολή. Διαφέρουν ως προς τη χωρική τους μεταβολή και την ταχύτητα μετάδοσης. Σε ότι αφορά την χωρική μεταβολή ως κυματοδηγούμενο κύμα, πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω απαιτήσεις:

- Η χωρική μεταβολή ενός τρόπου είναι η ίδια σε οποιαδήποτε διατομή της οπτικής ίνας, αφού η γεωμετρία της ίνας παραμένει αμετάβλητη κατά τη διαμήκη κατεύθυνση.
- Το πεδίο του τρόπου θα πρέπει να παρουσιάζει αρμονική μεταβολή κατά τη διαμήκη κατεύθυνση, αφού η κατεύθυνση κυματοδότησης είναι ο διαμήκης άξονας «z» της οπτικής ίνας.
- Το πεδίο του τρόπου θα πρέπει να παρουσιάζει κυματοειδή μεταβολή κατά μήκος της γεωμετρικής ακτίνας του πυρήνα και φθίνουσα μεταβολή στο

περίβλημα, αφού επιδιώκεται ο εγκλωβισμός το μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού της ολικής ηλεκτρομαγνητικής ισχύος στον πυρήνα της ίνας.

- Το πεδίο του τρόπου θα πρέπει να παρουσιάζει αρμονική μεταβολή ως προς τη γωνία «φ».

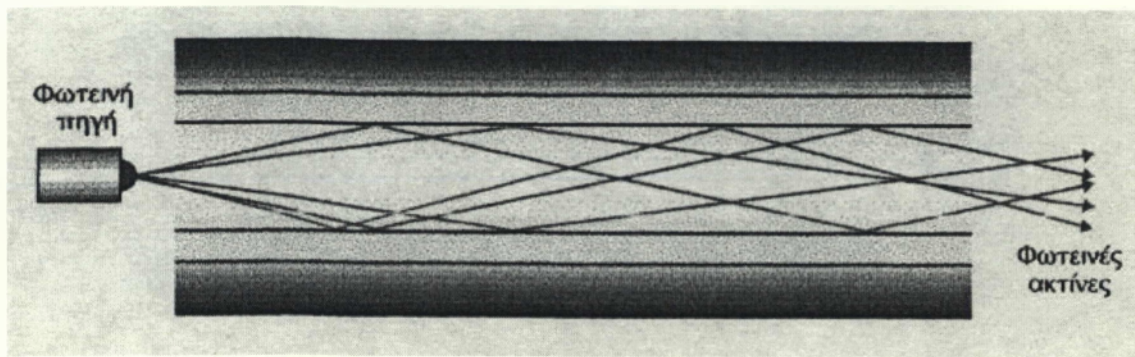
8. ΕΙΔΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Τα είδη των οπτικών ινών μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τη δομή και τη λειτουργία τους. Οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε τρεις τύπους.

- Πολύτροπες με βηματικό δείκτη (Multi - mode index)
- Πολύτροπες με βαθμιαίο δείκτη (Multi - graded index)
- Μονότροπες με βηματικό δείκτη (Single - mode step index)

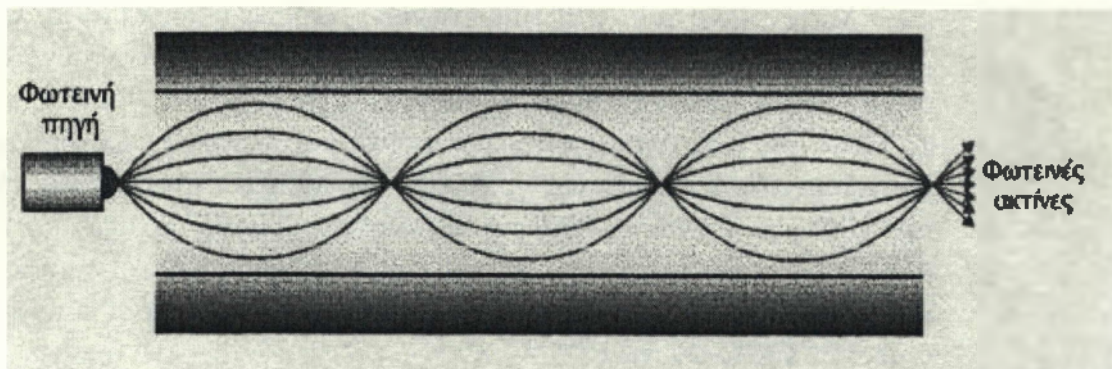
Υπάρχουν δηλαδή δύο βασικοί τύποι οπτικών ινών. Οι πολύτροπες ίνες και οι μονότροπες ίνες. Σε ότι αφορά τις πολύτροπες ίνες, ο πυρήνας τους είναι πολύ μεγαλύτερος από αυτόν των μονότροπων, επιτρέποντας εκατοντάδες ακτίνες φωτός να μετακινούνται μέσα από αυτές ταυτόχρονα. Η αρχή μετάδοσης σε πολύτροπη οπτική ίνα είναι ότι οι διάφορες ακτίνες του οπτικού σήματος ανάλογα με την είσοδο τους στην οπτική ίνα ταξιδεύουν ανακλώμενες υπό διαφορετικές γωνίες. Οι μονότροπες ίνες είναι καλύτερες στο να συγκρατούν την πιστότητα κάθε παλμού φωτός για μεγαλύτερες αποστάσεις και παρουσιάζουν μικρότερη διασπορά που προκαλείται από πολλαπλές ακτίνες ή «τρόπους». Έτσι οι μονότροπες έχουν υψηλότερο εύρος ζώνης από τις πολύτροπες. Οι μονότροπες χαρακτηρίζονται ως ίνες βηματικού δείκτη. Ακόμη, οι μονότροπες ίνες, παρουσιάζουν χαμηλότερη εξασθένηση από τις πολύτροπες. Ο μικρής διαμέτρου πυρήνας των μονότροπων ινών, κάνει την σύζευξη του φωτός στον πυρήνα δύσκολη. Οι πολύτροπες ίνες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε βηματικού και διαβαθμισμένου δείκτη ίνες. Αναφέρονται ως πολύτροπες από το γεγονός ότι πολλές ακτίνες φωτός μεταφέρονται συγχρόνως μέσα από την ίνα. Ο πυρήνας είναι μεγάλης διαμέτρου και αυξάνει την ευκολία σύζευξης και μπορούν να συζευχθούν και με χαμηλότερου κόστους πηγές φωτός.

- Μονότροπες με βηματικό δείκτη (Single - mode step index). Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επιστρώσης. Στην περίπτωση αυτή, η πορεία των ακτίνων εμφανίζεται στο παρακάτω σχήμα.



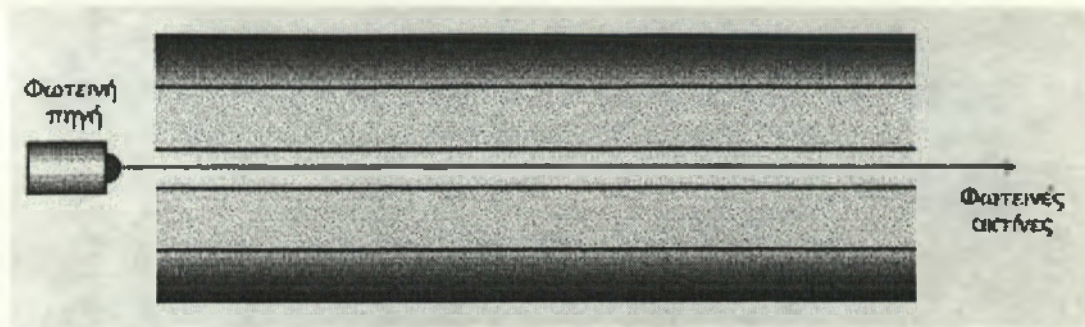
Σχήμα 5: Μονότροπες με βηματικό δείκτη (Single - mode step index)

- Πολύτροπες με βαθμιαίο δείκτη (Multi - graded index). Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται από βαθμιαία μεταβολή του δείκτη διάθλασης του υλικού της κεντρικής ίνας. Συμβαίνει βαθμιαία μείωση όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού. Η πορεία των ακτινών σε μια τέτοια ίνα είναι αυτή, που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6: Πολύτροπες με βαθμιαίο δείκτη (Multi - graded index)

- Μονότροπες με βηματικό δείκτη (Single - mode step index). Στις μονότροπες οπτικές ίνες η διάμετρος της κεντρικής ίνας είναι πολύ μικρή και πλησιάζει περίπου το επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε έναν μόνο δυνατό τρόπο μετάδοσης του οπτικού σήματος, τον αξονικό. Η πορεία των ακτινών σε μια τέτοια οπτική ίνα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η κεντρική ίνα στις μονότροπες οπτικές ίνες έχει διάμετρο από 5μm έως 10μm με συνηθέστερη τιμή τα 8,3 μm.



Σχήμα 7: Μονότροπες με βηματικό δείκτη (Single – mode step index)

9. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Τα κριτήρια με τα οποία κατηγοριοποιούνται οι οπτικές ίνες είναι τα εξής:

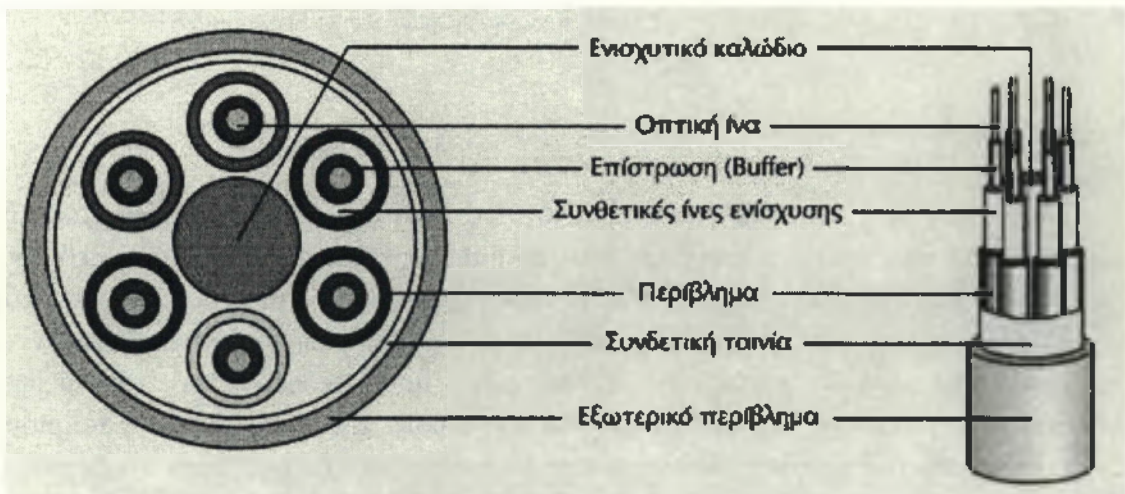
- Ο αριθμός κυματοδηγούμενων τρόπων: Υπάρχουν μονότροπες ίνες και πολύτροπες. Οι μονότροπες οπτικές ίνες προσφέρονται για την επίτευξη σημαντικά υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης γι' αυτό και η χρήση τους αποτελεί τον κανόνα στις τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις. Παρόλα αυτά, λόγω του μικρού μεγέθους τους, έχουν μικρές αντοχές στις μεταξύ τους συνδέσεις και στις συνδέσεις τους με οπτικούς πομπούς και δέκτες.
- Το υλικό της ίνας: Υπάρχουν γυάλινες ίνες και πλαστικές. Οι γυάλινες ίνες αποτελούνται από συνθετικό γυαλί, στο οποίο έχουν προστεθεί κατάλληλες προσμίξεις με σκοπό τη επίτευξη της διαφοροποίησης μεταξύ των δεικτών διάθλασης του πυρήνα και του περιβλήματος. Οι πλαστικές ίνες κατασκευάζονται από πλαστικά υλικά και έχουν κατώτερες επιδόσεις από αυτές των γυάλινων ινών.
- Ο δείκτης διάθλασης: Υπάρχουν ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης και βαθμωτού. Στις ίνες βηματικού, ο δείκτης διάθλασης λαμβάνει διακριτές τιμές στον πυρήνα και το περίβλημα. Στις ίνες βαθμωτού, ο δείκτης διάθλασης του πυρήνα μεταβάλλεται βαθμιαία.

Από τους τύπους ινών που αναφέρθηκαν, οι μονότροπες ίνες είναι γυάλινες και με βηματικό δείκτη διάθλασης και χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις μικρών και μεγάλων αποστάσεων, ενώ οι πολύτροπες ίνες είναι πλαστικές με βαθμιαίο δείκτη διάθλασης και χρησιμοποιούνται σε εσωτερικές καλωδιώσεις κτηρίων.

10. ΤΥΠΟΙ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

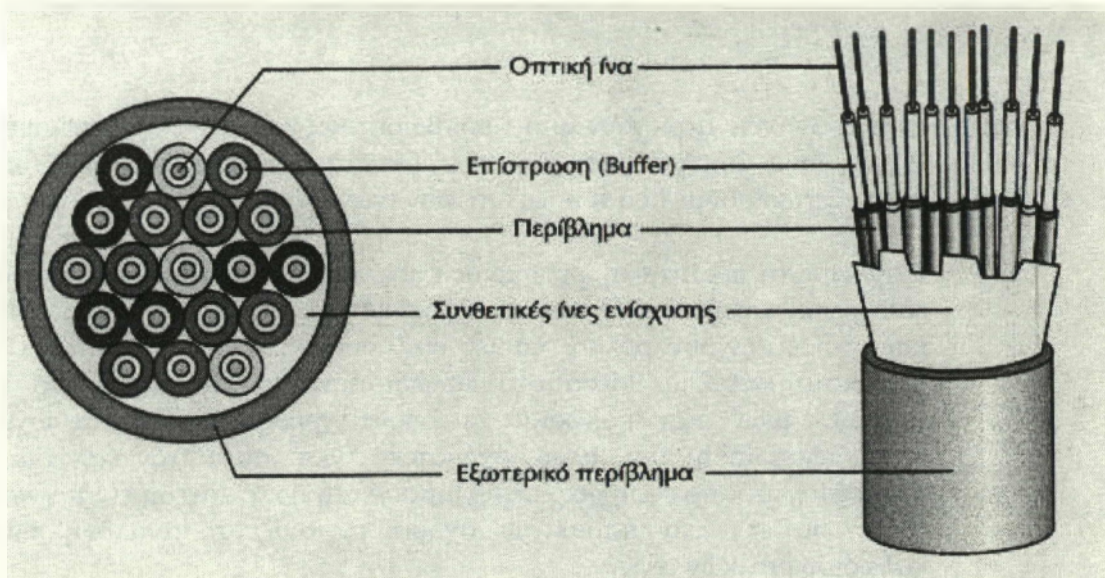
Τα καλώδια οπτικών ινών περιέχουν από 1 έως 36 οπτικές ίνες. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα καλώδια με ζυγό αριθμό οπτικών ινών για την επικοινωνία των full-duplex κυκλωμάτων. Θα ξεχωρίσουμε δυο τύπους οπτικών ινών ως προς την κατασκευή τους.

- Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε σε κάθε οπτική ίνα και εξωτερικά από την επιστρώση συνθετικές ίνες και εξωτερικό μονωτικό περίβλημα. Μέσα στο καλώδιο υπάρχουν πολλές τέτοιες ίνες, όπου η κάθε ίνα αποτελεί και ένα ξεχωριστό καλώδιο. Μέσα στο καλώδιο περιέχονται εκτός από καλώδια οπτικών ινών και καλώδια, τα οποία χρησιμεύουν για ενίσχυση και στρογγυλοποίηση του όλου σχήματος. Όλα αυτά τα καλώδια, τέλος, περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Tight Buffer. Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.



Σχήμα 8: Καλώδιο οπτικών ινών (Tight Buffer)

- Στην δεύτερη περίπτωση, έχουμε τις οπτικές ίνες με την επιστρώση τους να είναι τοποθετημένες ελεύθερα μέσα στο καλώδιο και περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα, αφού πρώτα τοποθετηθεί μέσα στο καλώδιο επιστρώση από συνθετικές ίνες για την ανθεκτικότητα του καλωδίου. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Loose Buffer. Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.



Σχήμα 9: Καλώδιο οπτικών ινών (Loose Buffer)

11. ΟΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΩΣ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Οι οπτικές ίνες έχουν μεγάλες δυνατότητες όσον αφορά τη μετάδοση σημάτων. Οι επιδόσεις τους όμως υποβαθμίζονται από διάφορους μηχανισμούς που περιορίζουν το μέγιστο δυνατό μήκος μιας ζεύξης, το εύρος ζώνης και το ρυθμό μετάδοσης στη ζεύξη. Υπάρχουν δύο φαινόμενα που καθορίζουν τις επιδόσεις των οπτικών ινών ως μέσο μετάδοσης. Αυτά είναι, η εξασθένηση, που εκδηλώνεται ως μείωση της κυματοδηγούμενης οπτικής ισχύος κατά μήκος της ίνας και η διασπορά, που εκδηλώνεται ως χρονική διαπλάτυνση των ψηφιακών παλμών στην έξοδο του οπτικού δέκτη. Η εξασθένηση προκαλείται κυρίως από την σκέδαση και την απορρόφηση ισχύος.

12. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

- Ιατρικές εφαρμογές
- Σε στρατιωτικές εφαρμογές, για λόγους υψηλών απαιτήσεων στην ασφάλεια μετάδοσης.
- Σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπου υπάρχει υψηλός βιομηχανικός θόρυβος, στον οποίο οι οπτικές ίνες παρουσιάζουν ανοσία
- Δίκτυα οπτικών επικοινωνιών, όπως είναι η καλωδιακή τηλεόραση, τα κλειστά κυκλώματα τηλεόρασης, τα τοπικά και μητροπολιτικά δίκτυα (LAN, MAN) οι τοπολογίες δικτύων και οι τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις.

- Ιδιωτικές εταιρίες σε τοπικά δίκτυα, σε πανεπιστημιακά δίκτυα κορμού, σε δίκτυα ευρείας περιοχής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΠΤΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΣΥΝΑΦΗ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Προκειμένου να είναι σε θέση οι οπτικές ίνες να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά με σκοπό την υλοποίηση τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων, είναι απαραίτητη η καλωδίωσή τους. Μέσω της καλωδίωσης, οι οπτικές ίνες ομαδοποιούνται και προστατεύονται από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος. Μια τηλεπικοινωνιακή ζεύξη απαιτεί τη διασύνδεση οπτικών καλωδίων μεταξύ τους, αλλά και με τις διατάξεις των οπτικών πομπών και δεκτών. Για να επιτευχθεί αυτό, έχει αναπτυχθεί μια σειρά παθητικών εξαρτημάτων και διατάξεων. Μερικά από αυτά είναι οι συνδετήρες οι συνενώσεις, οι οργανωτήρες και οι κατανεμητές. Ακόμη, για κάποιες ειδικές εφαρμογές, χρησιμοποιούνται παθητικές διατάξεις όπως οι συζεύκτες, οι διαχωριστές και συνδυαστές.

2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Η πιο συνηθισμένη τεχνική κατασκευής οπτικών ινών είναι η τροποποιημένη χημική εναπόθεση αερίου (Modified Chemical Vapour Deposition) . Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- Την κατασκευή προτύπου, που αποτελεί μεγέθυνση της τελικής οπτικής ίνας και συνήθως κατασκευάζεται σε μορφή ράβδου διαμέτρου 2 εκατοστών και μήκους 1 μέτρου. Το βασικό υλικό είναι το διοξείδιο του πυριτίου και η διαμόρφωση των δεικτών διάθλασης του πυρήνα και του περιβλήματος, γίνεται με χημική εναπόθεση κατάλληλων νοθευμάτων στο αρχικό υλικό.
- Τον ελεγχόμενο εφελκυσμό του προτύπου μέσα από μια θερμή ζώνη με θερμοκρασία περίπου 1500 °C με σκοπό να διαμορφωθεί η οπτική ίνα στις τελικές της διαστάσεις.
- Την προσθήκη πλαστικής προστατευτικής επένδυσης και την τύλιξη της ίνας σε κατάλληλα στροφεία για την μετακίνηση και την αποθήκευση.

3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Μπορεί μεν οι οπτικές ίνες να δημιουργούνται από γυαλί, θα πρέπει να τονιστεί όμως ότι το γυαλί αυτό δεν μπορεί να συγκριθεί, ως προς την καθαρότητά του, με το κοινό γυαλί που συναντάμε σε διάφορα αντικείμενα γύρω μας. Η φύση των δεδομένων που μεταδίδονται, καθώς και οι μεγάλες αποστάσεις που καλύπτουν τα καλώδια αυτά, απαιτούν το υλικό κατασκευής τους να είναι απολύτως διαφανές. Φυσικά αυτό δεν είναι εφικτό σε ποσοστό 100% και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η ισχύς του φωτεινού

σήματος μειώνεται σταδιακά. Η δημιουργία μιας οπτικής ίνας πραγματοποιείται σε τρία βήματα που είναι:

- Ο σχηματισμός ενός γυάλινου κυλίνδρου. Στο στάδιο αυτό, γίνονται όλες οι απαραίτητες χημικές διαδικασίες για τον σχηματισμό του καθαρού γυαλιού, ενώ ειδικός εξοπλισμός αναλαμβάνει να απομακρύνει από τον γυάλινο κύλινδρο όλα τα ξένα σώματα, που θα είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης της οπτικής ίνας. Όπως αντιλαμβάνεται εύκολα κανείς, πρόκειται για το κυριότερο βήμα για τη δημιουργία των οπτικών ινών.
- Η τομή των ινών από τον κύλινδρο που σχηματίστηκε. Αφού δημιουργηθεί ο αρχικός κύλινδρος, στη συνέχεια τοποθετείται σε μια συσκευή η οποία έχει το σχήμα πύργου και αναλαμβάνει τη δημιουργία των μικροσκοπικών ινών. Ο πύργος αυτός λιώνει το γυαλί σε θερμοκρασία περίπου 2.300 °C και στη συνέχεια αυτό ρέει κατακόρυφα από μικρές οπές, οπότε και ψύχεται σταδιακά, ώστε να πάρει την τελική μορφή οπτικής ίνας. Ειδικοί μηχανισμοί ελέγχουν τον σωστό της σχηματισμό, ενώ εξασφαλίζουν ότι η διάμετρος της δεν θα ξεπεράσει το φυσιολογικό όριο. Στο κάτω μέρος του πύργου, συναντάμε μια τροχαλία που αναλαμβάνει την περιέλιξη της οπτικής ίνας σε κυλίνδρους.
- Η δοκιμή για την αντοχή τους και για την σωστή λειτουργία τους. Σε αυτό το στάδιο, η οπτική ίνα περνά από ένα σύνολο ελέγχων που εξασφαλίζουν ότι είναι σε θέση να διατεθεί προς χρήση, χωρίς να δημιουργηθούν τυχόν προβλήματα κατά τη χρήση της. Στα τεστ αυτά περιλαμβάνεται ο έλεγχος αντοχής σε περίπτωση θραύσης, το σωστό της σχήμα αλλά και η μέτρηση της διαφάνειας, καθώς από αυτή εξαρτάται η σωστή μετάδοση του φωτεινού σήματος. Καταγράφεται επίσης η μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων, η συμπεριφορά της οπτικής ίνας στα διάφορα μήκη κύματος (χρώματα) του φωτός που μεταδίδει, καθώς και οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος που είναι αναγκαίες για να λειτουργήσει σωστά η ίνα.

Όταν όλοι αυτοί οι έλεγχοι ολοκληρωθούν επιτυχώς, η οπτική ίνα πλέον διατίθεται στο εμπόριο για χρήση από τις εταιρείες παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

4. ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Το καλώδιο οπτικών ινών είναι μια καλωδιακή δομή που περιέχει έναν αριθμό ινών (π.χ. 12, 60, 96...) και άλλα στοιχεία όπως μονωτικά περιβλήματα, μεταλλικά στοιχεία και άλλα. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ινοοπτικών καλωδίων. Τα καλώδια χαλαρής δομής

(loose - tube - cables) και τα καλώδια σφιχτής δομής (tight - tube - cables). Επίσης, υπάρχουν τα ταινιοκαλώδια και τα μικροκαλώδια. Σε όλους τους τύπους ινοοπτικών καλωδίων, οι ίνες ομαδοποιούνται και περιέχονται σε κατάλληλους σωληνίσκους ή σε εγκοπές. Τα καλώδια μπορεί να είναι επίγεια, υποβρύχια ή και εναέρια, ανάλογα με τη εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Συνοψίζοντας, υπάρχουν οπτικά καλώδια κορμού που διατρέχουν δηλαδή ολόκληρες περιοχές, αλλά και συνδρομητικά καλώδια που καταλήγουν σε γραφεία, πολυκατοικίες και άλλα.

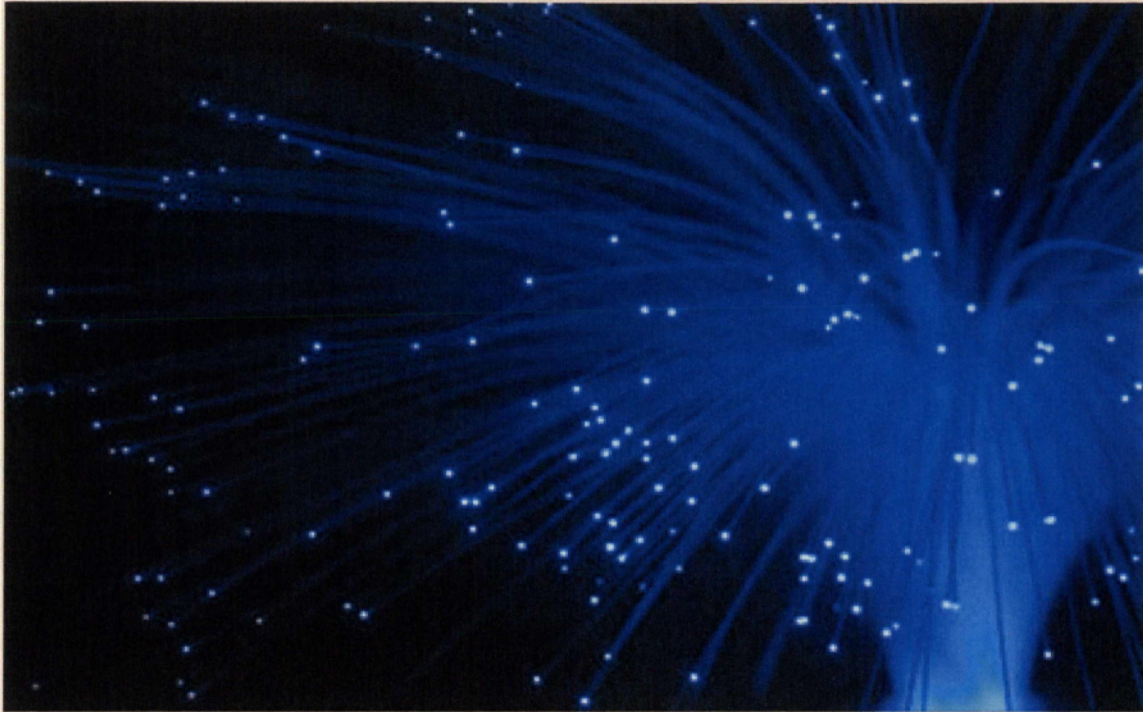
5. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ

Τα εξαρτήματα διασύνδεσης και τερματισμού χρησιμοποιούνται για την οργανωμένη διασύνδεση οπτικών καλωδίων μεταξύ τους, αλλά και με τις διατάξεις των οπτικών πομπών και δεκτών. Η διασύνδεση αυτή μπορεί να είναι μόνιμη ή προσωρινή. Τα βασικά εξαρτήματα διασύνδεσης και τερματισμού των οπτικών καλωδίων είναι τα εξής:

- Οι συνδετήρες, οι οποίοι είναι μηχανικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την επαναλαμβανόμενη σύνδεση οπτικών ινών μεταξύ τους ή οπτικών ινών με τις εξόδους των οπτικών πομποδεκτών.
- Οι συνενώσεις, που είναι οι απευθείας συνδέσεις των άκρων δύο οπτικών ινών οι οποίες επιτυγχάνονται μέσω θερμικής συγκόλλησης των άκρων ή μέσω μηχανικού εξαρτήματος συγκράτησης. Οι συνενώσεις χρησιμοποιούνται για επιμήκυνση της οπτικής ζεύξης και για διασύνδεση των οπτικών ινών με ίνες από άλλο οπτικό καλώδιο.
- Οι οργανωτήρες συνενώσεων, που είναι κατάλληλα διαμορφωμένοι δίσκοι, συντελούν στην προστασία και τη συστηματικότερη οργάνωση των συνενώσεων. Υπάρχουν πολλοί τύποι οργανωτήρων που διαφέρουν όμως ανάλογα με την εφαρμογή και τον κατασκευαστή. Περιέχουν από 2 έως 12 συνενώσεις ανάλογα με την εφαρμογή. Τέλος, χρησιμοποιούνται όπου είναι αναγκαίο να γίνουν συνενώσεις ινών, γι' αυτό και αποτελούν εξαρτήματα μιας σειράς διατάξεων διασύνδεσης και τερματισμού όπως είναι τα περιβλήματα σύνδεσης, οι οπτικοί κατανεμητές και τα κουτιά τερματισμού.
- Τα περιβλήματα σύνδεσης, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση καλωδίων σε εξωτερικούς χώρους περικλείοντας τους οργανωτήρες συνενώσεων και προστατεύοντάς τους από δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις. Επιπλέον, τα περιβλήματα περιέχουν εξαρτήματα υποστήριξης και συγκράτησης των καλωδίων και των στοιχείων και χώρο για την αποθήκευση της περίσσειας του καλωδίου. Τέλος, τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα περιβλήματα είναι της μορφής σωλήνα ή θόλου.
- Οι οπτικοί κατανεμητές όπου χρησιμοποιούνται για τον τερματισμό οπτικών καλωδίων σε εσωτερικούς χώρους όπως τα τηλεπικοινωνιακά κέντρα και οι χώροι συνδρομητών. Οι θέσεις στον οπτικό κατανεμητή στις οποίες τερματίζεται το καλώδιο, είναι τα σημεία πρόσβασης στις οπτικές ίνες του καλωδίου και τα σημεία στα οποία θα συνδεθούν οι οπτικοί πομποδέκτες. Οι τελευταίοι συνδέονται με τον οπτικό κατανεμητή με τη βοήθεια οπτικών ινών μικρού μήκους και τα άκρα τους

συνδέονται στις εξόδους των πομποδεκτών και στους υποδοχείς του κατανεμητή. Οι οπτικοί κατανεμητές διαφέρουν ως προς τις διαστάσεις, τη χωρητικότητα σε αριθμό τερματισμών και τη διευθέτηση των ινών.

- Τα κουτιά τερματισμού τα οποία είναι μικροί οπτικοί κατανεμητές και χρησιμοποιούνται για τον τερματισμό καλωδίων με μικρό αριθμό ινών. Ένα πεδίο εφαρμογής των κουτιών αυτών είναι ο τερματισμός συνδρομητικών οπτικών καλωδίων, σε χώρους συνδρομητών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΠΤΙΚΟΙ ΠΟΜΠΟΙ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Οι οπτικοί πομποί είναι οι διατάξεις που παράγουν το οπτικό φέρον και στη συνέχεια το διαμορφώνουν με το ηλεκτρικό σήμα πληροφορίας που εφαρμόζεται στην είσοδό τους. Δομικό στοιχείο των οπτικών πομπών είναι οι οπτικές πηγές από τις οποίες γίνεται και η παραγωγή του οπτικού φέροντος. Η διαμόρφωση του οπτικού φέροντος γίνεται είτε απευθείας επί της οπτικής πηγής είτε μέσω εξωτερικών ηλεκτροοπτικών διαμορφωτών οι οποίοι διασυνδέονται στην έξοδο της πηγής. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας οπτικός πομπός αποδοτικά σε ινοοπτικές ζεύξεις, πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις:

- Να λειτουργεί σε ένα από τα «παράθυρα» ελάχιστης εξασθένησης, δηλαδή τα 850nm, ή 1310nm, ή 1550nm.
- Το εκπεμπόμενο οπτικό φέρον να είναι μονοχρωματικό.
- Η ισχύς εξόδου του πομπού να είναι της τάξης του 1 mW.
- Να μπορεί να διαμορφωθεί από ψηφιακά σήματα ψηλού ρυθμού.
- Η επιφάνεια εκπομπής του πομπού να έχει διαστάσεις αντίστοιχες με αυτές των οπτικών ινών.
- Η λειτουργία του να είναι σταθερή και ανεξάρτητη των συνθηκών του περιβάλλοντος.
- Να έχει υψηλή αξιοπιστία.
- Να έχει κατά το δυνατόν, χαμηλό κόστος.

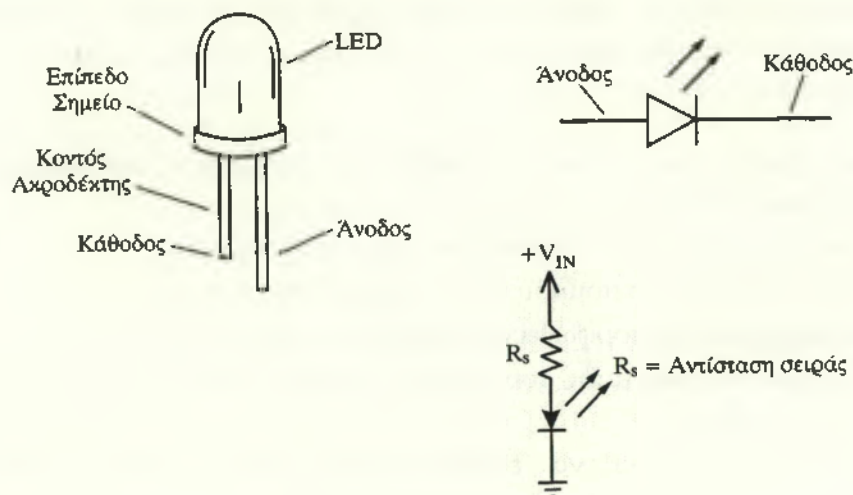
2. ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΟΣ

Υπάρχουν διάφορες πηγές φωτός. Η πρώτη και σημαντικότερη πηγή είναι το ηλιακό φως. Επιπλέον, υπάρχει η λυχνία πυρακτώσεως καθώς και η λυχνία αερίου. Πηγές φωτός, είναι επίσης τα lasers καθώς και τα lasers αέριας κατάστασης. Ακόμη, πηγή των φωτονίων θα μπορούσε να είναι μια θερμική πηγή πυράκτωσης, ή μια θερμική πηγή φθορισμού, που υποδιαιρείται με τη σειρά του στην κατηγορία των πηγών φωσφορισμού, στις οποίες η ακτινοβολία διαρκεί πολύ μετά την απομάκρυνση της διέγερσης και την κατηγορία των πηγών φθορισμού. Ο φθορισμός είναι ένας όρος που ισχύει για όλες τις πηγές στις οποίες ο μηδενισμός της απόκρισης μετά την απομάκρυνση της διέγερσης, είναι στιγμιαίος. Η πηγή φωτός η οποία μας απασχολεί για τις οπτικές επικοινωνίες, είναι η δίοδος φωτοεκπομπής ή LED.

3. ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Στους οπτικούς πομπούς ως πηγές χρησιμοποιούνται είτε lasers είτε δίοδοι εκπομπής φωτός (LEDs) κατασκευασμένες από ημιαγωγό υλικό. Οι δίοδοι αυτές, είναι φθηνές,

πολύ αποδοτικές, μακράς διάρκειας και καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια απ' ό τι οι λυχνίες πυρακτώσεως και μπορούν να αναβοσβήνουν πολύ σύντομα με ηλεκτρικά κυκλώματα. Οι ορατές δίοδοι φωτοεκπομπής εκπέμπουν σχετικά στενές δέσμες φωτός, σε χρώμα κόκκινο, πράσινο, κίτρινο και μπλε. Τα LED πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με μια αντίσταση έτσι ώστε να περιορίζεται το ρεύμα μέσα στην δίοδο. Αν δεν γίνει αυτό, η δίοδος θα καεί.



Σχήμα 10: Δίοδος φωτοεκπομπής

Σε ότι αφορά τις οπτικές πηγές, χρησιμοποιούνται ημιαγωγοί που είναι σε θέση να παράγουν μήκη κύματος στην περιοχή $1100\text{nm}^4 - 1670\text{nm}^4$. Βασική διαφορά ανάμεσα στα lasers και τις LEDs είναι πως τα lasers λειτουργούν με βάση τον μηχανισμό της εξαναγκασμένης εκπομπής φωτονίων άρα παράγουν σύμφωνη ακτινοβολία ενώ στις LEDs η εκπομπή φωτονίων είναι αυθόρμητη και το παραγόμενο οπτικό σήμα είναι ασύμφωνο. Για το λόγο αυτό, τα lasers επιτυγχάνουν υψηλότερες επιδόσεις από ότι οι LEDs και πλεονεκτούν σε χαρακτηριστικά όπως η μονοχρωματικότητα, η εκπεμπόμενη ισχύς και η δυνατότητα διαμόρφωσης από σήματα υψηλού ρυθμού.

4. Η ΑΜΕΣΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ

Στην άμεση διαμόρφωση μιας οπτικής πηγής η ψηφιακή παλμοσειρά μεταβάλλει απευθείας το ρεύμα έγχυσης της πηγής, έτσι ώστε αυτή να λειτουργεί σε κατάσταση «ON» ή «OFF», ανάλογα με το αν στην πηγή εφαρμόζεται ηλεκτρικός παλμός ή όχι. Παρόλο που η άμεση διαμόρφωση είναι εύκολα υλοποιήσιμη, στις πηγές laser, προκαλεί αστάθεια στη φάση του διαμορφωμένου σήματος. Η αστάθεια αυτή είναι γνωστή ως τρέμουλο φάσης και επιτείνεται όταν οι ρυθμοί μετάδοσης είναι υψηλοί. Το τρέμουλο φάσης είναι ανεπιθύμητο φαινόμενο γιατί έχει ως αποτέλεσμα απώλεια ισχύος και διαφωνία με παρακείμενα κανάλια.

5. Η ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ

Ένας τρόπος αποφυγής της εκδήλωσης τρέμουλου φάσης είναι ο διαχωρισμός της διεργασίας διαμόρφωσης από τη διεργασία δημιουργίας του οπτικού φέροντος. Αυτό επιτυγχάνεται αν ο διαμορφωτής τοποθετηθεί μετά από το laser έτσι ώστε το σήμα εξόδου του laser να διαμορφώνεται χωρίς μεταβολές του ρεύματος τροφοδοσίας. Αυτό, λοιπόν, είναι η εξωτερική διαμόρφωση και παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών διαμόρφωσης φάσης που είναι δύσκολο να υλοποιηθούν με άμεση διαμόρφωση. Οι απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί ένας εξωτερικός διαμορφωτής είναι οι εξής:

- Μεγάλο εύρος ζώνης λειτουργίας
- Μεγάλη περιοχή μεταβολής του διαμορφούμενου χαρακτηριστικού
- Χαμηλή τάση διέγερσης
- Γραμμικότητα
- Χαμηλό συντελεστή οπτικών απωλειών, τόσο κατά την εισαγωγή του σήματος από το laser, όσο και κατά τη διάδοσή του δια μέσου του διαμορφωτή
- Αναισθησία σε μεταβολές πόλωσης
- Μικρό μέγεθος

Οι εξωτερικοί διαμορφωτές κατασκευάζονται από ηλεκτροοπτικά υλικά επί των οποίων έχουν αναπτυχθεί κατευθυντικοί συζεύκτες ή συμβολομετρικές διατάξεις.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΠΤΙΚΟΙ ΔΕΚΤΕΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο δέκτης σε μια ιννοοπτική ζεύξη αποδιαμορφώνει το οπτικό σήμα και εξάγει το ηλεκτρικό σήμα πληροφορίας. Είναι, λοιπόν, καθοριστική η συμπεριφορά του δέκτη για τις επιδόσεις της ζεύξης, αφού ο δέκτης είναι η διάταξη που αναπαράγει το αρχικό σήμα πληροφορίας που μεταδίδεται. Για να μπορεί ο οπτικός δέκτης να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά σε ιννοοπτικές ζεύξεις πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω βασικές απαιτήσεις:

- Να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις συχνότητες λειτουργίας των ιννοοπτικών ζεύξεων
- Να μπορεί να διαμορφώνει υψήρρυθμα ψηφιακά σήματα
- Να έχει υψηλή ευαισθησία, δηλαδή να λειτουργεί ικανοποιητικά για χαμηλές τιμές της λαμβανόμενης ισχύος
- Το μέγεθός του να είναι αντίστοιχο με αυτό των οπτικών ινών
- Η λειτουργία του να είναι σταθερή και ανεξάρτητη των συνθηκών του περιβάλλοντος
- Να έχει υψηλή αξιοπιστία
- Να έχει χαμηλό κόστος

Βασικό δομικό στοιχείο ενός οπτικού δέκτη είναι η φωτοδίοδος του. Η φωτοδίοδος δέχεται το οπτικό σήμα και παρέχει στην έξοδό της ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο είναι το αρχικό σήμα πληροφορίας αλλοιωμένο από το θόρυβο και τις επιδράσεις των στοιχείων της ζεύξης. Στη συνέχεια, το σήμα ενισχύεται ενώ μια διάταξη αναγνώρισης καταστάσεων, «αποκαθιστά» το αρχικό ψηφιακό σήμα ενώ ένας ψηφιο - αναλογικός μετατροπέας το μετατρέπει σε αναλογικό.

2. Ο ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ

Εκτός από τη φωτοδίοδο, βασικό στοιχείο για τον καθορισμό των επιδόσεων του δέκτη είναι η ενισχυτική διάταξη που τοποθετείται αμέσως μετά τη φωτοδίοδο. Ο λόγος για τον οποίο είναι σπουδαία, είναι πως στην έξοδο της φωτοδίοδου, το ηλεκτρικό σήμα είναι κατά κανόνα αδύνατο, άρα περισσότερο ευπρόσβλητο στην επίδραση του θορύβου. Προτεραιότητα, κατά την επιλογή ενός κυκλώματος ενισχυτή, είναι ο περιορισμός του θερμικού θορύβου. Επιλέγονται δύο τύποι ενισχυτών, ο ενισχυτής τάσης και ο ενισχυτής με ανάδραση διαντιστάσεως.

3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΟΠΤΙΚΟΥ ΔΕΚΤΗ

Οι σημαντικές χαρακτηριστικές παράμετροι του οπτικού δέκτη είναι οι παρακάτω:

- Ο οπτικός σηματοθροβικός λόγος (Optical Signal - to - Noise Ratio - OSNR).
- Η ευαισθησία (Sensitivity) του δέκτη, που είναι η ελάχιστη αποδεκτή οπτική ισχύς στην είσοδο του δέκτη.
- Η υπερφόρτωση (Overloading) του δέκτη, που είναι η μέγιστη αποδεκτή οπτική ισχύς στην είσοδο του δέκτη.
- Ο χρόνος ανόδου (Rise Time), που είναι το απαιτούμενο χρονικό διάστημα για τη μεταβολή του ρεύματος εξόδου της φωτοδιόδου από το 100% στο 90% της μέγιστης τιμής του.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

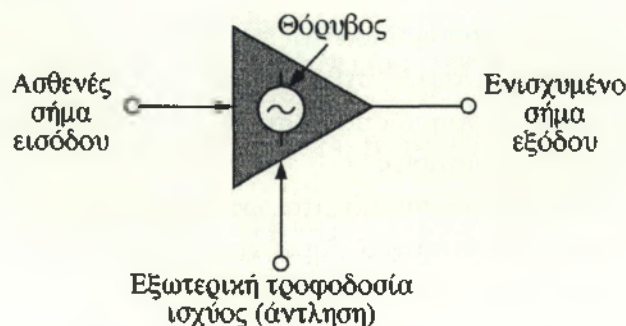
ΟΠΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Στο ξεκίνημα της ηλεκτρονικής εποχής, δεν υπήρχαν τρόποι ενίσχυσης ασθενών ηλεκτρικών σημάτων. Η σχεδίαση οποιασδήποτε μορφής επικοινωνιακής ραδιοζεύξης ήταν η διευθέτηση του ισολογισμού της ζεύξης. Αφορούσε δηλαδή, τον λεπτομερή υπολογισμό της κάθε μορφής απωλειών ισχύος που θα υποστεί το προς μετάδοση σήμα κατά την πορεία του προς τον δέκτη, περνώντας μέσα από τον αέρα ή μέσα από χάλκινους αγωγούς, από κεραίες κτλ. Μέχρι τις αρχές του 1990, για να αυξηθούν σε μήκος οι ινσοπτικές ζεύξεις χρησιμοποιούνταν ηλεκτροοπτικοί αναγεννητές. Μέσω ενός οπτικού δέκτη, οι διατάξεις αυτές αντλούσαν το ηλεκτρικό σήμα πληροφορίας, το αναγεννούσαν ή το ενίσχυαν και στη συνέχεια διαμόρφωναν ένα laser ημιαγωγού.

Οι αναγεννητές έχουν κάποια βασικά μειονεκτήματα. Αρχικά, το κόστος τους είναι υψηλό. Ακόμη, η εγκατάστασή τους είναι δύσκολη καθώς επίσης, ως υβριδικές συσκευές, δεν εκμεταλλεύονται όσο θα έπρεπε τις δυνατότητες της οπτικής ίνας. Τέλος, σημαντικό μειονέκτημα είναι πως στην περίπτωση της ταυτόχρονης μετάδοσης πολλών οπτικών σημάτων απαιτείται ξεχωριστός αναγεννητής για κάθε οπτικό σήμα. Για να περιοριστούν τα αρνητικά στοιχεία των αναγεννητών, χρησιμοποιήθηκε η αμιγώς οπτική ενίσχυση του σήματος. Οι οπτικοί ενισχυτές είναι φθηνότεροι από τους αναγεννητές, απλούστεροι ως διατάξεις και έχουν την ικανότητα της ταυτόχρονης ενίσχυσης όλων των σημάτων που μεταδίδονται σε μια συγκεκριμένη φασματική περιοχή. Το κυριότερο μειονέκτημα των οπτικών ενισχυτών είναι ο αναλογικός τρόπος ενίσχυσης των οπτικών σημάτων που έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση θορύβου μετά από έναν αριθμό διαδοχικών οπτικών ενισχύσεων.

Τα τελευταία χρόνια, καθώς έγινε φανερό στους σχεδιαστές των οπτικών συστημάτων ότι είναι επιθυμητό να παραμείνει το σήμα σε οπτική μορφή σε όλο το μήκος της διαδρομής μεταξύ τερματικών κόμβων, έγινε αναζήτηση για οπτικούς ενισχυτές καλής ποιότητας. Αν η ίνα μεταφέρει μία μόνο ροή bit (bitstream) και αν ο ρυθμός της ροής αυτής είναι μικρότερος από μερικά gigabits, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε έναν επαναλήπτη - αναγεννητή (regenerative - repeater) που αποτελείται από ένα φωρατή ο οποίος ακολουθείται από ηλεκτρονική ενίσχυση και στη συνέχεια ακολουθεί αναμετάδοση του σήματος σε οπτική μορφή.



Σχήμα 11: Βασική λειτουργική αρχή ενός ενισχυτή

Ο οπτικός ενισχυτής ως «μαύρο κουτί» με τρεις ακροδέκτες. Η ισχύς από την εξωτερική τροφοδοσία προκαλεί μια διεργασία κατά την οποία το ασθενές σήμα εισόδου μετατρέπεται σε ένα ισχυρό σήμα εξόδου. Στο εσωτερικό του ενισχυτή, προστίθεται αναπόφευκτα κάποιος θόρυβος και ο θόρυβος αυτός παριστάνεται σαν μία προσθετική συνιστώσα στο σήμα εισόδου.

Το εύρος ζώνης των οπτικών ενισχυτών είναι τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό, οποιουδήποτε ηλεκτρονικού ενισχυτή.

2. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ

Οι ρόλοι που παίζουν οι ενισχυτές στα οπτικά συστήματα είναι οι εξής:

- Ο ενισχυτής ισχύος είναι ένας οπτικός ενισχυτής που τοποθετείται αμέσως μετά από το laser εκπομπής για να υψώνει τη στάθμη της εκπεμπόμενης ισχύος σε μια τιμή μεγαλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί στην ισχύ εξόδου του laser.
- Ο ενισχυτής γραμμής αντικαθιστά τον επαναλήπτη ή τον αναγεννητή σε ένα ή περισσότερα σημεία ανάμεσα στον πομπό και στον δέκτη.
- Ο προενισχυτής του δέκτη.

3. ΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΙΝΑΣ ΕΡΒΙΟΥ

Οι οπτικοί ενισχυτές που χρησιμοποιούνται σήμερα στα ινοοπτικά δίκτυα είναι ενισχυτές ίνας Ερβίου (Erbium - Doped Fibre Amplifiers - EDFAs). Το βασικό τους στοιχείο είναι μια οπτική ίνα, με μήκος μερικές δεκάδες μέτρα ο πυρήνας της οποίας είναι νοθευμένος με ιόντα Ερβίου. Όταν η ίνα τροφοδοτηθεί με τη δέσμη ενός laser άντλησης (pump laser), με τη μεσολάβηση των πληθυσμών, η οποία οδηγεί σε ενίσχυση των πολυπλεγμένων οπτικών σημάτων. Όσον αφορά τη θέση των οπτικών ενισχυτών σε μια οπτική ζεύξη διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- Ο οπτικός ενισχυτής χρησιμοποιείται ως ενισχυτής ισχύος μετά την έξοδο του οπτικού πομπού, προκειμένου να επιτευχθεί μέγιστη δυνατή ενίσχυση του οπτικού σήματος.
- Ο οπτικός ενισχυτής χρησιμοποιείται ως ενισχυτής γραμμής για την ενίσχυση του σήματος σε τακτές αποστάσεις.
- Ο οπτικός ενισχυτής χρησιμοποιείται ως προενισχυτής πριν την είσοδο του οπτικού δέκτη, προκειμένου το οπτικό σήμα να αποκτήσει επαρκή ισχύ για την άντληση πληροφορίας από το δέκτη του σήματος.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

1. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

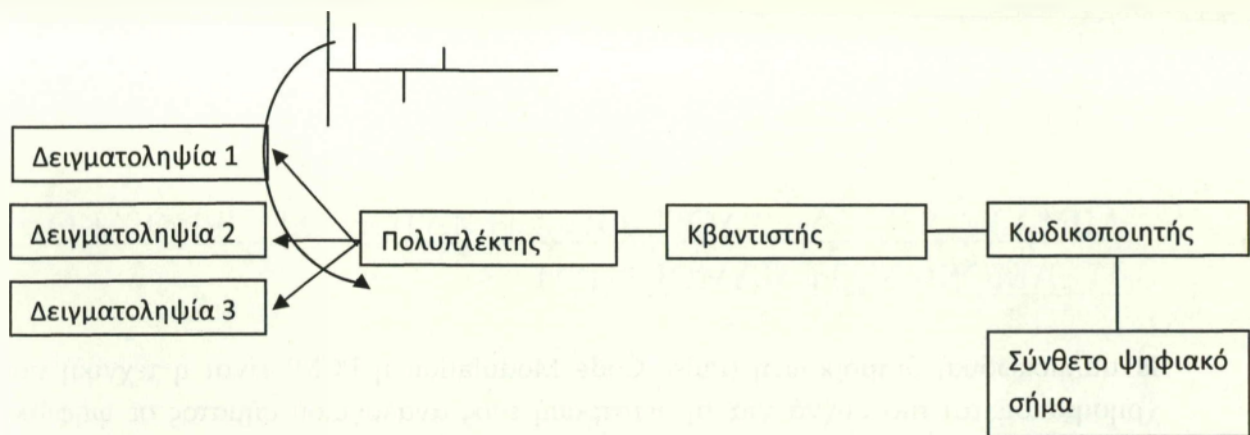
ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ - ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Η παλμοκωδική διαμόρφωση (Pulse Code Modulation ή PCM) είναι η τεχνική που χρησιμοποιείται πιο συχνά για τη μετατροπή ενός αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital Conversion ή A/D). Τα βασικά βήματα της παλμοκωδικής διαμόρφωσης, ως διεργασία, είναι τα εξής:

- Η δειγματοληψία (Sampling), η οποία συνίσταται για τη λήψη δειγμάτων του αναλογικού σήματος κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Η συχνότητα δειγματοληψίας f_s (δείγματα / second ή Hz), σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας (Sample Theorem), πρέπει να είναι τέτοια ώστε $f_s \geq 2B_a$, όπου:
 B_a : εύρος ζώνης του αρχικού αναλογικού σήματος
Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι προφανές πως η περίοδος δειγματοληψίας T_s (χρονικό διάστημα μεταξύ δύο δειγμάτων) δίνεται από τη σχέση $T_s = 1 / f_s$.
- Η κβάντιση (Quantization), κατά την οποία οι τιμές των δειγμάτων τροποποιούνται έτσι, ώστε να συμπίσουν με την πλησιέστερη τάση από έναν αριθμό προεπιλεγμένων τιμών, (που χαρακτηρίζονται και ως στάθμες κβάντισης). Οι στάθμες κβάντισης μπορεί να ισαπέχουν μεταξύ τους αλλά μπορεί και όχι. Ο συνολικός αριθμός q των προβλεπόμενων σταθμών κβάντισης είναι πάντοτε δύναμη του 2. Ο εκθέτης (π.χ. 2^8) αντιπροσωπεύει τον αριθμό των bits που θα απαιτηθούν για την ψηφιακή αναπαράσταση («1» ή «0») κάθε στάθμης. Επειδή οι τάσεις των δειγμάτων υφίστανται τροποποίηση, δημιουργείται το σφάλμα κβάντισης (quantization error) το οποίο ισοδυναμεί με την υπέρθεση στο σήμα θορύβου που χαρακτηρίζεται ως θόρυβος κβάντισης.
- Η κωδικοποίηση (Encoding), κατά την οποία ο κωδικοποιητής διαβάζει τον ακέραιο αριθμό που χαρακτηρίζει τη στάθμη κβάντισης και τον μετατρέπει σε μια αλληλουχία από καταστάσεις «1» και «0», που συνιστούν το ψηφιακό σήμα $m_d(t)$.

ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ ΧΡΟΝΟΥ (TDM)

Η πολυπλεξία ψηφιακών σημάτων (TDM) πραγματοποιείται μέσω της εκμετάλλευσης του «κενού» χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών δειγμάτων ενός αναλογικού σήματος

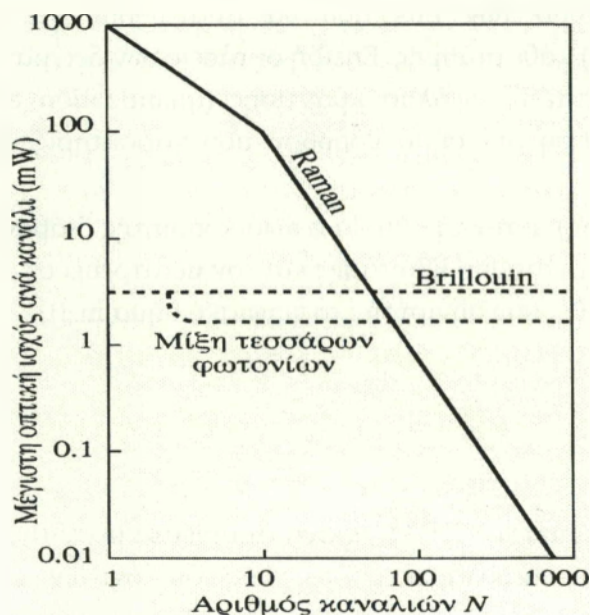


Σχήμα 12: Πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου

Αυτή η τεχνική πολυπλεξίας χαρακτηρίζεται ως πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (Time - Division Multiplexing ή TDM) και συνίσταται στη διάθεση συγκεκριμένων «χρονικών παραθύρων» για την μετάδοση των bits κάθε σήματος.

ΠΛΗΣΙΟΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ (PDH)

Η πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου προβλέπει συγκεκριμένα «επίπεδα» πολυπλεξίας τα οποία συνιστούν τη λεγόμενη «πλησιόχρονη ψηφιακή ιεραρχία» (Plesiochronous Digital Hierarchy ή PDH).



Σχήμα 13: Ανώτατα όρια ισχύος ανά κανάλι που επιβάλλονται από τις μη γραμμικότητες της ίνας για συστήματα «διαίρεσης μήκους κύματος», συναρτήσει του αριθμού των καναλιών

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ (SDH)

Η σύγχρονη ψηφιακή ιεραρχία (Synchronous Digital Hierarchy ή SDH) είναι μια πιο νέα ιεραρχία TDM, που συγκρίνοντάς την με την πλησιόχρονη ψηφιακή ιεραρχία (PDH) παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Στην ιεραρχία PDH η αποπολυπλεξία σημάτων χαμηλότερης τάξης πρέπει να γίνεται με διαδοχικά βήματα. Δεν είναι δυνατή, για παράδειγμα, η απευθείας αποπολυπλεξία σημάτων E1 από σήμα E3. Στην ιεραρχία SDH, αυτό μπορεί να συμβεί.
- Η ιεραρχία SDH προβλέπει σημαντικά υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.
- Ο πιο συνηθισμένος τρόπος μετάδοσης των σημάτων SDH είναι με οπτικά καλώδια. Γίνεται δηλαδή πλήρης εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων που παρέχει η οπτοηλεκτρονική τεχνολογία.
- Τα SDH σήματα παρέχουν μεγάλες δυνατότητες δρομολόγησης και διαχείρισης, και οφείλεται στη δομή των σημάτων SDH, που προβλέπει τη διάθεση μεγάλου αριθμού επιπλέον bits για τους παραπάνω σκοπούς.
- Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση της ιεραρχίας SDH διακρίνεται από υψηλό βαθμό τυποποίησης.

2. ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο είναι η συνολική τηλεπικοινωνιακή υποδομή μέσω της οποίας παρέχονται στους συνδρομητές οι διαθέσιμες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, όπως είναι η τηλεφωνία, το ISDN, οι υπηρεσίες δεδομένων κλπ. Υπάρχουν δύο κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται οι υπηρεσίες αυτές:

- Οι επιλεγόμενες υπηρεσίες (dial - up), που περιλαμβάνουν τη βασική τηλεφωνία και τις συναφείς υπηρεσίες όπως είναι η καρτοτηλεφωνία και οι υπηρεσίες ISDN.
- Οι λοιπές υπηρεσίες που περιλαμβάνουν τις αναλογικές μισθωμένες γραμμές και τις ψηφιακές υπηρεσίες δεδομένων όπως είναι η HellasCom, HellasPac και άλλες.

ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το πιο μεγάλο και πιο σημαντικό δίκτυο είναι το τηλεφωνικό. Αυτό συμβαίνει γιατί η τηλεφωνία είναι η βασικότερη και ευρύτερα διαδεδομένη τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία και γιατί το τηλεφωνικό δίκτυο χρησιμοποιείται ως βασική υποδομή για την παροχή και άλλων τηλεπικοινωνιακών ευκολιών όπως οι ISDN υπηρεσίες και οι υπηρεσίες δεδομένων. Οι τηλεφωνικές συσκευές των συνδρομητών είναι δενδροειδώς συνδεδεμένες σε τηλεφωνικά κέντρα και η μεταξύ τους επικοινωνία δεν γίνεται απευθείας αλλά έμμεσα, μέσω των κέντρων αυτών. Το τηλεφωνικό δίκτυο απαρτίζεται από δύο τμήματα.

- Το ζευκτικό δίκτυο ή δίκτυο κορμού το οποίο περιλαμβάνει τις συνδέσεις μεταξύ των τηλεφωνικών κέντρων.
- Το συνδρομητικό δίκτυο το οποίο περιλαμβάνει το τμήμα του δικτύου μεταξύ τηλεφώνων και τηλεφωνικών κέντρων.

Από τα πιο πάνω τμήματα, το ζευκτικό δίκτυο είναι ψηφιακό και συνήθως υλοποιείται με ιννοοπτικά καλώδια ή μικροκυματικές ζεύξεις, αντίθετα, το συνδρομητικό δίκτυο παραμένει αναλογικό.

ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το συνδρομητικό δίκτυο είναι το τμήμα του τηλεφωνικού δικτύου από το τηλεφωνικό κέντρο μέχρι το συνδρομητή. Αυτή η σύνδεση δεν γίνεται απευθείας αλλά μέσω των υπαίθριων κατανομών, οι οποίοι συγκεντρώνουν τα συνδρομητικά καλώδια μιας ευρύτερης περιοχής τα οποία στη συνέχεια οδηγούνται στο τηλεφωνικό κέντρο, μέσω κοινού πολυζευγικού καλωδίου. Το τμήμα του συνδρομητικού δικτύου από τον υπαίθριο κατανομητή μέχρι το τηλέφωνο συνθέτει το απερχόμενο δίκτυο ενώ το τμήμα από το κέντρο μέχρι τον υπαίθριο κατανομητή αποτελεί το κύριο δίκτυο.

ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΙΣ

Στην πιο συνηθισμένη περίπτωση τηλεφωνοδότησης ένα ζευγάρι αγωγών ξεκινά από την τηλεφωνική συσκευή του συνδρομητή και καταλήγει στον ακραίο διακλαδωτή, το καλώδιο με τα συνδρομητικά ζευγάρια καταλήγει στον υπαίθριο κατανομητή που αποτελεί το σημείο στο οποίο συγκεντρώνονται τα τηλεφωνικά καλώδια τα οποία ξεκινούν από τους ακραίους διακλαδωτές. Ο κάθε υπαίθριος κατανομητής της περιοχής μπορεί να εξυπηρετήσει μέχρι τριακόσιες τηλεφωνικές συσκευές και η περιοχή που καλύπτει είναι ακτίνας ενός έως δύο χιλιομέτρων. Από τον κατανομητή ξεκινούν ένα η περισσότερα πολυζευγικά καλώδια τα οποία καταλήγουν στο οικείο τηλεφωνικό κέντρο.

ΚΥΡΙΟ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Από τον υπαίθριο κατανεμητή, ξεκινούν ένα η περισσότερα καλώδια που περιλαμβάνουν όλα τα ζεύγη αγωγών που αντιστοιχούν στους συνδρομητές του κάθε κατανεμητή. Αυτά τα καλώδια φθάνουν στο υπόγειο του οικείου τηλεφωνικού κέντρου από όπου οδηγούνται στον κεντρικό κατανεμητή και στη συνέχεια, στις επιλογικές διατάξεις του κέντρου.

ΤΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Τα ηλεκτρικά καλώδια που χρησιμοποιούνται στο συνδρομητικό δίκτυο περιέχουν ζεύγη αγωγών χαλκού που ονομάζονται συνδρομητικά ζεύγη. Κάθε ένα από αυτά, συνιστά μια γραμμή μεταφοράς μέσα από την οποία υλοποιείται η σύνδεση του συνδρομητή με το τηλεφωνικό κέντρο. Η εκπομπή και η λήψη των τηλεφωνικών σημάτων πραγματοποιείται από το ίδιο ζεύγος αγωγών.

ΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ

Μέσα από τα τηλεφωνικά κέντρα γίνεται η αποκατάσταση των κλήσεων των συνδρομητών. Τα σημερινά τηλεφωνικά κέντρα είναι ψηφιακά και βασίζουν τη λειτουργία τους σε ειδικό λογισμικό (Stored - Programmed Controlled ή SPC exchanges). Σε σύγκριση με τα αναλογικά που υπήρχαν παλιά, τα ψηφιακά (SPC) κέντρα έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα, καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο όγκο, παρέχουν πολύ περισσότερες δυνατότητες και ευκολίες ενώ τόσο η συντήρηση όσο και η επέκταση και αναβάθμισή τους είναι σημαντικά ευκολότερες. Με τον όρο τηλεφωνικό κέντρο, μπορούμε επίσης να προσδιορίσουμε το συνολικό τηλεπικοινωνιακό χώρο μέσα στον οποίο είναι εγκατεστημένες οι μεταγωγικές διατάξεις και άλλος εξοπλισμός όπως οι πολυπλέκτες. Με αυτή την έννοια, το τηλεφωνικό κέντρο ως χώρος μπορεί να «στεγάζει»:

- Τον εξοπλισμό μεταγωγής ο οποίος περιλαμβάνει τις μονάδες μέσω των οποίων γίνεται η αποκατάσταση των κλήσεων μεταξύ των συνδρομητών.
- Τις μονάδες πολυπλεξίας και μετάδοσης όπως για παράδειγμα πολυπλέκτες PDH ή SDH, διατάξεις HDSL και άλλα. Οι μονάδες αυτές συναποτελούνται από ηλεκτρονικές ή οπτοηλεκτρονικές κάρτες οι οποίες εγκαθίστανται σε ειδικά ενθετικά πλαίσια (subracks) που με τη σειρά τους τοποθετούνται σε ικρίωματα (racks).
- Τις ανορθωτικές διατάξεις οι οποίες είναι απαραίτητες αφού ο ενεργός εξοπλισμός που εγκαθίσταται στα τηλεφωνικά κέντρα τροφοδοτούνται με συνεχή τάση.

- Τους κατανεμητές διαφόρων τύπων οι οποίοι μπορεί να είναι κατανεμητές συμμετρικών καλωδίων, κατανεμητές ομοαξονικών καλωδίων και οπτικοί κατανεμητές.

3. ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

ΚΙΝΗΤΡΑ ΧΡΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

- Αύξηση της ζήτησης σε τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες
- Αύξηση της χωρητικότητας των υφισταμένων ινδοοπτικών ζεύξεων σε σύντομους χρόνους και με χαμηλό κόστος
- Ωρίμανση της σχετικής οπτικής τεχνολογίας

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΠΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

- Φωτοπομποί
- Φωτοφωρατές
- Παθητικά στοιχεία (φίλτρα, συζεύκτες, κλπ)
- Οπτικές ίνες

ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Η δομή ενός δικτύου οπτικών ινών είναι χωρίς αμφιβολία αρκετά απλή. Συγκεκριμένα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Τον πομπό, ο οποίος μετατρέπει το ψηφιακό σήμα σε φωτεινή πληροφορία και πραγματοποιεί την εκπομπή της. Ακόμη, βρίσκεται σε επαφή με το οπτικό καλώδιο και διαθέτει κατάλληλο φακό, ώστε να διοχετεύει το φως στο εσωτερικό του.
- Το μέσο μεταφοράς, που δεν είναι άλλο από το καλώδιο οπτικών ινών.
- Τον ενισχυτή σήματος, ο οποίος είναι απαραίτητος μόνο σε συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων και αναλαμβάνει την ενίσχυση του σήματος σε τακτικά διαστήματα. Επειδή, σε μεγάλες αποστάσεις παρατηρείται εξασθένηση του σήματος, είναι απαραίτητη η παρουσία ενός ενισχυτή. Διαθέτει ειδικά κυκλώματα, τα οποία όταν λάβουν την εξασθενημένη φωτεινή πληροφορία, εκπέμπουν το σήμα εκ νέου, με πλήρη ισχύ.

- Τον δέκτη, ο οποίος λαμβάνει το φωτεινό σήμα και το μετατρέπει ξανά στην αρχική του μορφή, δηλαδή σε ψηφιακά δεδομένα. Όπως και ο πομπός, βρίσκεται σε άμεση επαφή με το καλώδιο οπτικών ινών και χρησιμοποιεί φωτοδιόδους για να ανιχνεύσει το λαμβανόμενο σήμα.

ΓΙΑΤΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ;

- Πολύ μεγάλο εύρος ζώνης
- Μικρό μέγεθος και βάρος
- Ηλεκτρική ανοσία
- Ανοσία σε παρεμβολές και διαφωνία
- Ασφάλεια σήματος
- Μικρές απώλειες μετάδοσης
- Εύκαμπτες αλλά ανθεκτικές σε τάσεις
- Αξιοπιστία και εύκολη συντήρηση
- Μικρό κόστος κατασκευής

4. Η ΤΟΠΟΛΟΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Οι τεχνολογίες με βάση τις οποίες είναι κατασκευασμένο το σύστημα, περιγράφονται παρακάτω.

- Η τοποθέτηση των πραγματικών ζεύξεων και των κόμβων ορίζει την τοπολογία του φυσικού δικτύου, για παράδειγμα, δακτυλίου, αστέρα, βρόχου, δένδρου ή άλλης επιλογής.
- Στη φυσική τοπολογία του δικτύου μπορούμε να επιβάλουμε μια τοπολογία φυσικής διαδρομής (physical - path topology) που ορίζει πως γίνεται η ροή της διακινούμενης πληροφορίας μεταξύ των διαφόρων τερματικών - χρηστών. Το πρόβλημα της δρομολόγησης (routing) είναι το ίδιο με αυτό, του να επιβάλουμε κάποιο είδος βέλτιστης τοπολογίας φυσικής διαδρομής, πάνω από μια δοσμένη φυσική τοπολογία δικτύου.
- Μια αναπαράσταση που δείχνει μόνο, ποιοι χρήστες μπορούν να επικοινωνούν με ποιους άλλους, και συγκαλύπτει την τοπολογική φύση της οργάνωσης του δικτύου, ονοσιστά τη λογική τοπολογία (logical topology).

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Υπάρχουν αρκετές απαιτήσεις γύρω από την επιθυμητή τοπολογία φυσικού δικτύου. Πιο συγκεκριμένα:

- Η δυνατότητα αλλαγής κλίμακας (scalability) που παρουσιάζει την ικανότητα να επεκτείνεται το δίκτυο ώστε να εξυπηρετήσει πολύ περισσότερους κόμβους από όσους είχαν αρχικά εγκατασταθεί.
- Η δυνατότητα αρθρωτής επέκτασης (modularity) που παρουσιάζει την ικανότητα να προστεθεί, αν θέλουμε, ένας μόνο επιπλέον κόμβος.
- Η μη κανονικότητα (irregularity) που αναφέρει πως η τοπολογία δεν θα πρέπει να μας εξαναγκάζει τεχνητά προς κάποια σχεδίαση ιδιαίτερα ασυνήθιστης μορφής που δεν θα ικανοποιεί κατ' ανάγκη τις απαιτήσεις του χρήστη.

5. ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK - ISDN)

ΓΕΝΙΚΑ

Το δίκτυο ISDN είναι ένα ψηφιακό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο μέσα από το οποίο είναι δυνατή η ενοποιημένη μετάδοση τηλεφωνικών σημάτων, εικόνας και δεδομένων. Στο χρήστη ISDN παρέχονται οι εξής δυνατότητες:

- Η βασική πρόσβαση ISDN (ISDN Basic Rate Access ή ISDN - BRA), μέσα από την οποία παρέχεται συνολικός ρυθμός μετάδοσης 160 Kbit/sec ο οποίος επαρκεί για την υλοποίηση δύο ψηφιακών τηλεφωνικών κυκλωμάτων ($2 \times 64 = 128$ Kbits/sec). Ρυθμός μετάδοσης 128 Kbits/sec μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για μία τηλεφωνική σύνδεση των 64 Kbits/sec και ένα κύκλωμα δεδομένων, είτε εξ ολοκλήρου για τη μετάδοση δεδομένων.
- Η πρωτεύουσα πρόσβαση ISDN (ISDN Primary Rate Access ή ISDN - PRA) μέσα από την οποία παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα επικοινωνίας με ρυθμό 2,048 Mbits/sec. Ο ρυθμός αυτός μπορεί να μεταδοθεί για παράδειγμα για την υλοποίηση τριάντα τευτόχρονων τηλεφωνικών συνδιαλέξεων ή για τη μετάδοση δεδομένων ή για οποιονδήποτε ενδιάμεσο συνδιασμό.

ΒΑΣΙΚΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ISDN

Τα βασικά χαρακτηριστικά της βασικής πρόσβασης ISDN είναι τα παρακάτω:

- Στο χώρο του χρήστη εγκαθίσταται ειδική τερματική διάταξη, που χαρακτηρίζεται ως «τερματισμός δικτύου τύπου 1» (Network Termination 1 ή NT1). Μεταξύ του NT1 και του τηλεφωνικού κέντρου, χρησιμοποιείται η υφιστάμενη καλωδιακή σύνδεση του συνδρομητή.
- Στο τμήμα «NT1 - τηλεφωνικό κέντρο», το μεταδιδόμενο σήμα είναι ψηφιακό. Για το σήμα αυτό, προβλέπονται τέσσερις τιμές τάσης που αντιστοιχούν στα τέσσερα τετραδικά σύμβολα.

Ζεύγος bits	1ο bit Πρόσημο	2ο bit Εύρος Παλμού	Τετραδικό Σύμβολο
10	1	0	+3
11	1	1	+1
01	0	1	-1
00	0	0	-3

Πίνακας 1: Τιμές τάσης στο τμήμα «NT1 - τηλεφωνικό κέντρο»

- Στο χρήστη διατίθενται δύο ψηφιακά κανάλια (2×64 Kbits/sec), τα οποία χαρακτηρίζονται ως «κανάλια B» και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετάδοση φωνής, εικόνας ή και δεδομένων και ένα κανάλι δεδομένων χαμηλού ρυθμού (16 Kbits/sec) το οποίο χαρακτηρίζεται ως «κανάλι D» και μεταφέρει τη σηματοδότηση. Λόγω της μετάδοσης των σημάτων αυτών η ISDN - BRA χαρακτηρίζεται ως επικοινωνία τύπου 2B+D και παρέχει στο χρήστη ωφέλιμο ρυθμό μετάδοσης 128 Kbits/sec.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΧΡΗΣΤΗ ΒΑΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Οι συσκευές χρήστη μπορεί να είναι τηλέφωνα, συσκευές fax και προσωπικοί υπολογιστές. Από τη άποψη του ISDN, οι συσκευές αυτές χωρίζονται σε συμβατές και μη συμβατές με την τεχνολογία ISDN και είναι οι ακόλουθες:

ΣΥΜΒΑΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ
Τηλέφωνα ISDN	Κοινά τηλέφωνα
Fax group 4	Fax group 3
Υπολογιστές με κάρτα ISDN	Υπολογιστές χωρίς κάρτα ISDN
Εικονοτηλέφωνα	

Πίνακας 2: Συσκευές χρήστη βασικής πρόσβασης

Οι συμβατές συσκευές συνδέονται απευθείας στη διάταξη NT1 ενώ οι μη συμβατές συνδέονται στη NT1 μέσω του λεγόμενου τερματικού προσαρμογέα.

ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΑΡΤΗΡΙΑ

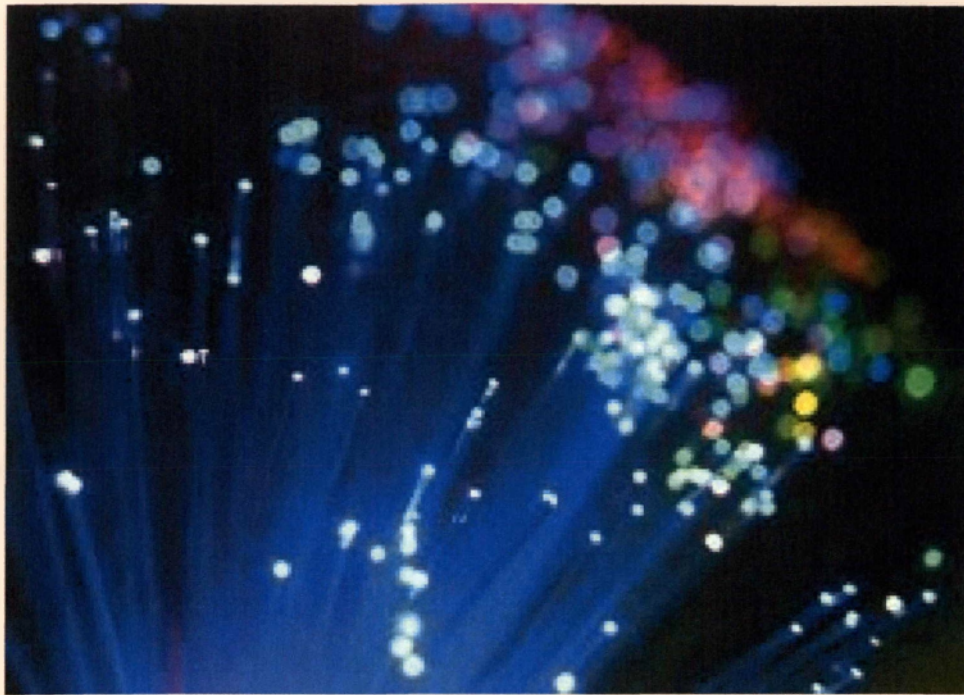
Η παθητική αρτηρία (passive bus ή S - bus) είναι μια 4 - σύρματη γραμμή στην οποία συνδέονται συσκευές χρήστη. Η αρτηρία αυτή εγκαθίσταται στο χώρο του συνδρομητή και τερματίζεται σε πρίζα $2 \times 100 \Omega$. Οι συσκευές χρήστη συνδέονται σε ενδιάμεσες πρίζες της παθητικής αρτηρίας και ο ρυθμός μετάδοσης κατά μήκος της αρτηρίας είναι 192 Kbits/sec.

ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΥΠΟΥ 1 (NETWORK TERMINATION 1 - NT1)

Όπως προαναφέρθηκε ο τερματισμός δικτύου NT1 εγκαθίσταται στον χώρο του συνδρομητή και αποτελεί τη διεπαφή μεταξύ της συνδρομητικής γραμμής και των συνδρομητικών συσκευών. Έτσι, από την πλευρά των συσκευών, ο NT1 μπορεί να συνδεθεί απευθείας με τις συσκευές αλλά και τους τερματικούς προσαρμογείς. Από την πλευρά της συνδρομητικής γραμμής, ο NT1 παρέχει το ψηφιακό σήμα ISDN και μέσω αυτής συνδέεται με τον τερματισμό γραμμής που είναι εγκατεστημένος στο τηλεφωνικό κέντρο.

ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ISDN (ISDN PRIMARY - RATE
ACCESS ή ISDN - PRA)

Η πρωτεύουσα πρόσβαση ISDN (ISDN - PRA) προβλέπει τη διάθεση τριάντα καναλιών Β (30*64 Kbits/sec) στο χρήστη και ενός καναλιού D γι' αυτό και λέγεται πρόσβαση τύπου 30B+D. Για την επικοινωνία μεταξύ συνδρομητή και κέντρου διατίθεται ένα σήμα (2,048 Mbits/sec) το οποίο είναι η έξοδος ενός ιδιωτικού τηλεφωνικού κέντρου εξοπλισμένου με κάρτα ISDN - PRA. Το σήμα αυτό μεταδίδεται προς το τηλεφωνικό κέντρο με χρήση τεχνικής HDSL.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΙΝΟΟΠΤΙΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ - ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

1. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΙΝΟΟΠΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΔΕΚΑΠΕΝΤΑΕΤΙΑ

Από την εποχή που εμφανίστηκαν τα πρώτα τηλεγραφικά και τηλεφωνικά δίκτυα, η εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών βασιζόταν στην αναζήτηση όλο και υψηλότερων φερουσών συχνοτήτων με στόχο την αύξηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης και της χωρητικότητας μετάδοσης. Οι ινοοπτικές τηλεπικοινωνίες θεωρούνται το τελευταίο βήμα της παραπάνω εξέλιξης, παρέχοντας φέρουσες συχνότητες πολύ πιο υψηλές. Αρχικά, ο όρος «ινοοπτικές τηλεπικοινωνίες» σήμαινε την υποκατάσταση των συμβατικών καλωδίων χαλκού από οπτικά καλώδια. Η φιλοσοφία σχεδίασης των πρώτων ινοοπτικών σημάτων διακρινόταν από συνεχείς ηλεκτρο - οπτικές και οπτο - οπτικές μετατροπές κατά μήκος της ζεύξης. Οι μετατροπές αυτές, περιορίζουν τις επιδόσεις των ινοοπτικών ζεύξεων εξαιτίας των περιορισμών σε ταχύτητα και εύρος ζώνης που έθεταν οι ηλεκτρονικές διατάξεις. Σε δεύτερη φάση, που είχε αυξηθεί το μήκος κύματος, η οπτοηλεκτρονική τεχνολογία περιέλαβε τις λειτουργίες της ενίσχυσης και της πολυπλεξίας. Έτσι, λίγα χρόνια μετά οι οπτικοί ενισχυτές αντικατέστησαν τους ακριβότερους και χαμηλότερων επιδόσεων «ηλεκτρο - οπτο - ηλεκτρικούς» αναγεννητές. Παράλληλα, η ινοοπτική τεχνολογία άρχισε να εισχωρεί και στο συνδρομητικό μέρος του τηλεπικοινωνιακού δικτύου, παρέχοντας οπτικά δίκτυα πρόσβασης με μεγάλη χωρητικότητα και ευελιξία.

2. ΙΝΟΟΠΤΙΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΩΣ

Τα καλώδια οπτικών ινών, τα οποία, συνήθως περιέχουν δεσμίδες οπτικών ινών, χρησιμοποιούνται, κυρίως, από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς για επίγειες και υποθαλάσσιες συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων, αντικαθιστώντας τόσο τις γραμμές ομοαξονικών καλωδίων, όσο και τις επίγειες και δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις. Στην Ελλάδα έχουν ήδη εγκατασταθεί για το εθνικό δίκτυο περίπου 9500 χιλιόμετρα οπτικών καλωδίων από τα οποία τα 8000 χιλιόμετρα είναι επίγεια καλώδια και τα υπόλοιπα υποβρύχια. Ακόμη, έχει ήδη εγκατασταθεί ένας σημαντικός αριθμός διεθνών καλωδίων τα οποία διασυνδέουν την Ελλάδα με τις Βαλκανικές χώρες, τη Δυτική Ευρώπη και τις χώρες του Εύξεινου Πόντου. Σε διεθνές επίπεδο, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διεθνών οπτικών καλωδίων, επίγειων και υποβρύχιων.

- Τα υποβρύχια οπτικά καλώδια που διατρέχουν τον Ατλαντικό Ωκεανό. Τα πρώτα από αυτά τα καλώδια εγκαταστάθηκαν στα μέσα του '80 και υποστηρίζουν συνολικό αριθμό μετάδοσης περίπου 560 Mbits/sec.
- Το καλωδιακό σύστημα SEA - ME - WE 3 (South East Asia - Middle East - West Europe), που ξεκινά από τη Δυτική Ευρώπη (Γερμανία, Μεγάλη Βρετανία), περνά από τα στενά του Γιβραλτάρ στη Μεσόγειο (Ιταλία, Ελλάδα, Κύπρο) συνεχίζει από τα στενά του Σουέζ

προς την Ασία (Ινδία, Σιγκαπούρη) και χωρίζεται σε δύο μέρη, με το ένα άκρο να καταλήγει στην Ιαπωνία και το άλλο στην Αυστραλία. Πολλά από τα καλωδιακά αυτά συστήματα έχουν χωρητικότητα της τάξης των Gbits/sec.

- Το καλώδιο ADRIA - 1, που συνδέει την Ελλάδα (Κέρκυρα), την Αλβανία (Durrës) και την Κροατία (Dubrovnik).
- Το υποβρύχιο οπτικό καλώδιο SEA - ME - WE - 3 το οποίο ξεκινά από τη Βρετανία και μέσω Γιβραλτάρ, Ερυθράς Θάλασσας και Ινδικού Ωκεανού, καταλήγει στη Σιγκαπούρη.
- Τα υποβρύχια και επίγεια οπτικά καλώδια που διασυνδέουν τις χώρες της Ευρώπης.
- Το καλώδιο BSFOCS, που εκτείνεται στην περιοχή της Μαύρης θάλασσας και συνδέει τη Βουλγαρία, Ουκρανία και Ρωσία.

Στα περισσότερα από τα παραπάνω καλωδιακά συστήματα, εφαρμόζονται τεχνικές πολυπλεξίας μήκους κύματος.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Αν και η καθιέρωση των οπτικών ινών ξεκίνησε από το ζευκτικό δίκτυο, πλέον η οπτοηλεκτρονική τεχνολογία έχει αρχίσει να εισχωρεί και στο συνδρομητικό μέρος του δικτύου. Στις περιπτώσεις αυτές τα συμβατικά συνδρομητικά κυκλώματα, υποκαθίστανται από τα λεγόμενα οπτικά δίκτυα πρόσβασης. Ένα οπτικό δίκτυο πρόσβασης (optical access network) είναι η οπτοηλεκτρονική τηλεπικοινωνιακή υποδομή η οποία μεσολαβεί μεταξύ του χρήστη - συνδρομητή και του τηλεφωνικού δικτύου ή των δικτύων δεδομένων. Το οπτικό δίκτυο πρόσβασης υποκαθιστά τα συμβατικά συνδρομητικά δίκτυα χαλκού και παρέχει μια ενοποιημένη υποδομή μέσω της οποίας ο χρήστης αποκτά πρόσβαση σε όλες τις διαθέσιμες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Υπό την έννοια αυτή, ένα οπτικό δίκτυο πρόσβασης:

- Προς τον συνδρομητή, πρέπει να διαθέτει όλες τις απαραίτητες διεπαφές για την παροχή των διαθέσιμων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες αυτές είναι οι ενούρματα παρεχόμενες υπηρεσίες στενής ζώνης (narrow - band services) όπως:
 - ▼ Οι επιλεγόμενες (dial - up) υπηρεσίες:
 - ✓ Η απλή τηλεφωνία και οι συναφείς τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες
 - ✓ Οι υπηρεσίες ISDN
 - ▼ Οι υπηρεσίες δεδομένων (data)
 - ✓ Υπηρεσίες δεδομένων που παρέχονται μέσω αναλογικών μισθωμένων γραμμών
 - ✓ Οι υπηρεσίες Hellas Com
 - ✓ Οι υπηρεσίες Hellas Pac
- Προς το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, πρέπει να διαθέτει τις απαραίτητες διεπαφές δικτύου για τη σύνδεση με το τηλεφωνικό δίκτυο και τα δίκτυα δεδομένων.
- Ένα οπτικό δίκτυο πρόσβασης πρέπει να διαθέτει διεπαφές για την επικοινωνία του με το δίκτυο διαχείρισης. Η διαχείριση του δικτύου θα πρέπει να γίνεται τοπικά αλλά και κεντρικά.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

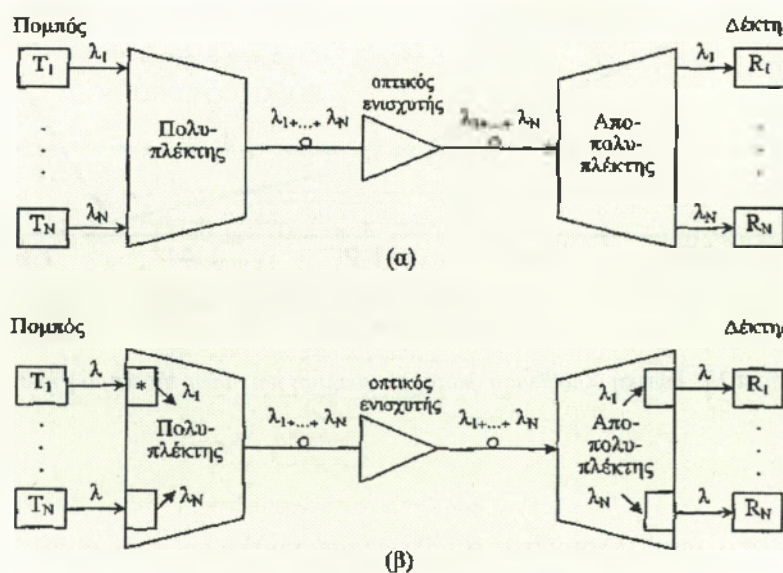
ΖΕΥΞΕΙΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (WDM)

1. ΓΕΝΙΚΑ

Η πολυπλεξία μήκους κύματος είναι μια νέα τεχνική πολυπλεξίας μέσω της οποίας είναι δυνατή η παράλληλη μετάδοση πολλών υψήρυνων σημάτων δια μέσου του ίδιου ζεύγους οπτικών ινών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση, από κάθε ψηφιακό σήμα, ενός ξεχωριστού οπτικού φέροντος το οποίο, στη συνέχεια, μεταδίδεται μέσω ιδιαίτερου οπτικού καναλιού. Λόγω της δυνατότητας για ταυτόχρονη μετάδοση μεγάλου αριθμού ψηφιακών σημάτων, η πολυπλεξία μήκους κύματος επιτυγχάνει την αύξηση της χωρητικότητας της ινσοπτικής ζεύξης στην οποία εφαρμόζεται, σε σύντομους χρόνους και με χαμηλό κόστος.

2. Η ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΜΙΑΣ ΖΕΥΞΗΣ WDM

Στον πομπό υπάρχει ένας αριθμός αναμεταδοτών και ένας πολυπλέκτης μήκους κύματος. Στον δέκτη υπάρχει ο αποπολυπλέκτης και αριθμός επιμέρους δεκτών ίσος με τον αριθμό των πολυπλεγμένων σημάτων. Στη ζεύξη αυτή, κάθε αναμεταδότης υποδέχεται ένα οπτικό σήμα, προερχόμενο από άλλα τμήματα του ινσοπτικού ζευκτικού δικτύου. Το σήμα αυτό επανεκπέμπεται από τον αναμεταδότη σε κάποιο προκαθορισμένο μήκος κύματος λ_n . Στη συνέχεια μέσω του πολυπλέκτη τα επιμέρους οπτικά σήματα πολυπλέκονται και σχηματίζουν το σύνθετο σήμα, το οποίο, αφού ενισχυθεί οπτικά από τον ενισχυτή ισχύος, διοχετεύεται στην οπτική ίνα. Το σύνθετο αυτό σήμα μεταδίδεται προς την πλευρά του δέκτη και φθάνει στον αποπολυπλέκτη. Εκεί, τα επιμέρους οπτικά σήματα, αποπολυπλέκονται και στη συνέχεια οδηγούνται στους αντίστοιχους δέκτες όπου αποδιαμορφώνονται και παρέχουν τα αντίστοιχα ηλεκτρικά σήματα.

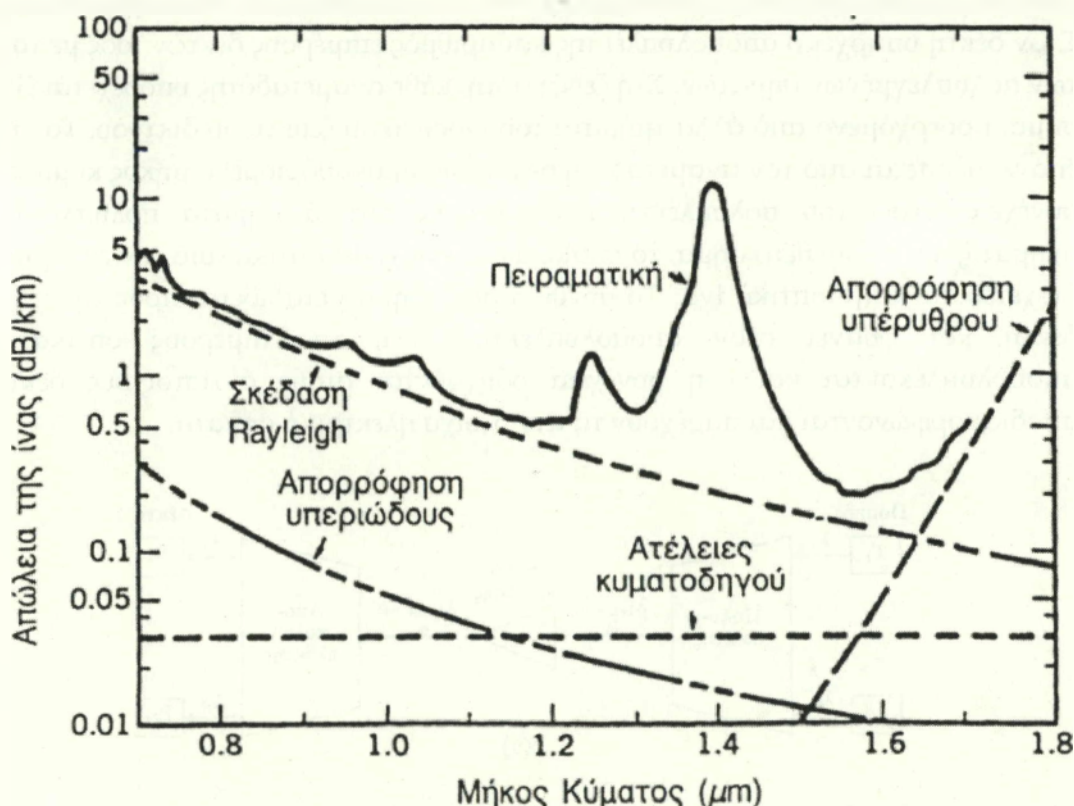


Σχήμα 14: βασική διάρθρωση ζεύξης WDM

3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΙΝΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Η κατασκευή οπτικών ινών στη δεκαετία του 1970 με χαμηλές απώλειες στην περιοχή του 1μm έκαναν πρακτικά δυνατές τις οπτικές επικοινωνίες. Οι απώλειες που παρουσιάζουν οι οπτικές ίνες είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας, αφού καθορίζει τη μέγιστη απόσταση διάδοσης του σήματος χωρίς παραμόρφωση. Συγκριτικά με τις πλαστικές, οι γυάλινες ίνες παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερες απώλειες. Οι απώλειες συναρτήσει του μήκους κύματος για τις γυάλινες οπτικές ίνες φαίνεται στο παρακάτω.



Σχήμα 15: Τοπική εξασθένιση φωτός σε γυάλινη ίνα συναρτήσει του μήκους κύματος

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στις απώλειες των γυάλινων ινών είναι:

• ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ

Όλα τα υλικά παρουσιάζουν απορρόφηση σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Στην γυάλινη οπτική ίνα που κατασκευάζεται από πυρίτιο, εμφανίζεται η φυσική απορρόφηση του πυριτίου και η απορρόφηση λόγω προσμίξεων πχ. Fe (σιδήρου), Cu (χαλκού), αλλά κυρίως λόγω της παρουσίας υδρατμών που προκαλούν τις κορυφές απορρόφησης OH (υδροξυλίου) σε μήκη κύματος 1.39 μm , 1.24 μm , 0.95 μm .

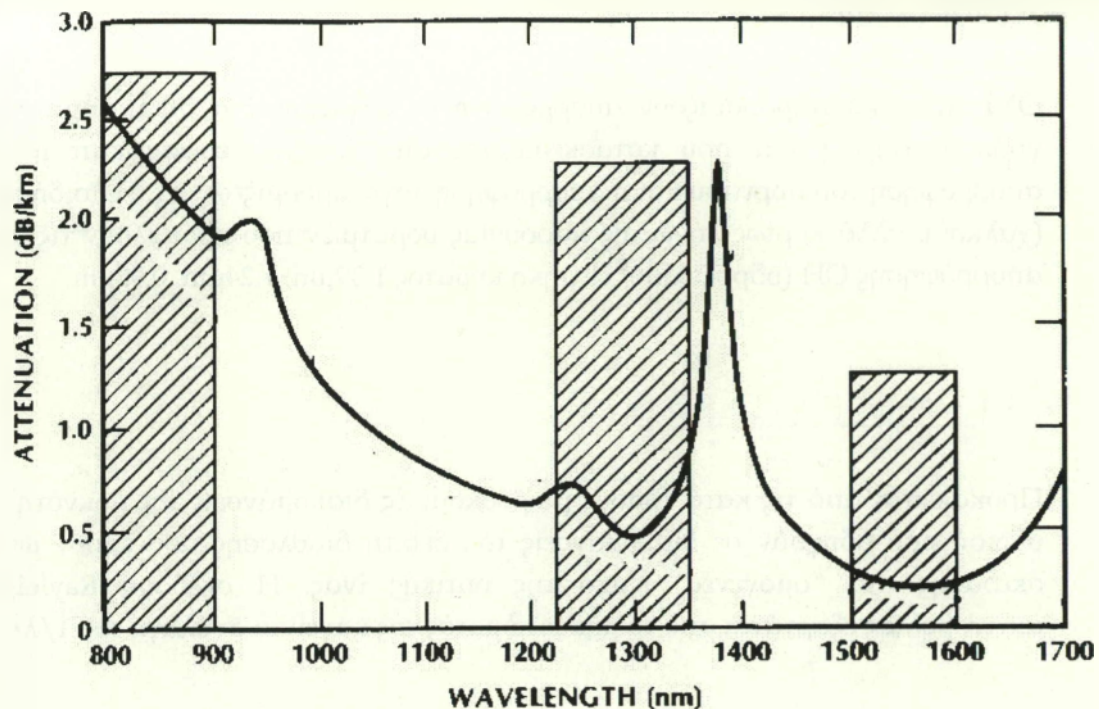
• ΣΚΕΔΑΣΗ RAYLEIGH

Προκαλείται από τις κατά τόπους μικροσκοπικές διακυμάνσεις της πυκνότητας του υλικού που οδηγούν σε διακυμάνσεις του δείκτη διάθλασης που δρουν ως εστίες σκέδασης στο “ομογενές” υλικό της οπτικής ίνας. Η σκέδαση Rayleigh της ακτινοβολίας εξαρτάται από το μήκος κύματός της και είναι ανάλογη του $1/\lambda^4$

• ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΥ

Απώλειες προκαλούν οι ατέλειες στην περιοχή ένωσης του πυρήνα με το περίβλημα καθώς και τα λυγίσματα της οπτικής ίνας.

Οι απώλειες των γυάλινων οπτικών ινών υπαγορεύουν τα μήκη κύματος λειτουργίας των συστημάτων οπτικών επικοινωνιών που αποκαλούνται και παράθυρα μετάδοσης.



Σχήμα 16: Πρώτο παράθυρο μετάδοσης, δεύτερο παράθυρο μετάδοσης, τρίτο παράθυρο μετάδοσης

• LED

Κατάλληλες δίοδοι πολωμένες ορθά (με συγκεκριμένες τιμές ρεύματος και τάσης για εκπομπή φωτός)

4. ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΟΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΙΑΣ ΖΕΥΞΗΣ WDM

ΟΙ ΑΝΑΜΕΤΑΔΟΤΕΣ

Στην είσοδο κάθε αναμεταδότη λαμβάνεται ένα συγκεκριμένο οπτικό σήμα το οποίο μεταφέρει ένα ψηφιακό σήμα πληροφορίας. Ο αναμεταδότης χρησιμοποιώντας οπτικό αποδιαμορφωτή, εξάγει το σήμα πληροφορίας με το οποίο στη συνέχεια διαμορφώνει την οπτική έξοδο ενός laser ημιαγωγού, το οποίο είναι υψηλών επιδόσεων και κατασκευασμένο έτσι ώστε να εκπέμπει σε μια από τις προκαθορισμένες περιοχές μήκους κύματος. Με τον τρόπο αυτό από τους διαθέσιμους αναμεταδότες, δημιουργούνται ισάριθμα οπτικά κανάλια καθένα από τα οποία χρησιμοποιείται για την μετάδοση ενός ψηφιακού σήματος πληροφορίας.



Σχήμα 17: Δομικό διάγραμμα αναμεταδότη

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΑΜΕΤΑΔΟΤΗ

Η βασική απαίτηση για έναν αναμεταδότη είναι η δυνατότητα εκπομπής σε συγκεκριμένο και αυστηρά καθορισμένο μήκος κύματος. Οι βασικές παράμετροι ενός αναμεταδότη είναι:

- Για τα σήματα εισόδου: Τύπος σημάτων εισόδου, μήκος κύματος σημάτων εισόδου, ισχύς σημάτων εισόδου.
- Για τα σήματα εξόδου: Εύρος μήκους κύματος εκπομπής, απόκλιση από το μήκος κύματος εκπομπής, μέση οπτική ισχύς, εύρος κεντρικού λοβού, λόγος ισχύων κεντρικού και ισχυρότερου πλευρικού λοβού, λόγος σβέσης.

Ο ΠΟΛΥΠΛΕΚΤΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Ο πολυπλέκτης μήκους κύματος είναι ένας παθητικός οπτικός συνδυαστής N:1 (όπου N ο αριθμός πολυπλεγμένων σημάτων) μέσω του οποίου τα επιμέρους οπτικά σήματα οδηγούνται στην οπτική ίνα που χρησιμοποιείται για την μετάδοση προς την συγκεκριμένη κατεύθυνση. Σε ότι αφορά τις επιδόσεις του, έχει τις παρακάτω βασικές παραμέτρους:

- Η απώλεια εισαγωγής, η οποία εκφράζει το ποσοστό της απώλειας οπτικής ισχύος καθώς το οπτικό σήμα διέρχεται μέσω της υπό εξέταση οπτικής διάταξης. Μετριέται σε dB.
- Η οπτική απώλεια επιστροφής που είναι ένας θετικός αριθμός ο οποίος πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν μεγαλύτερος. Μετριέται σε dB.

- Η κατευθυντικότητα που είναι ένας αρνητικός αριθμός ο οποίος πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην τιμή 0 dB. Μετριέται σε dB.

ΟΙ ΟΠΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

Οι οπτικοί ενισχυτές που χρησιμοποιούνται σήμερα στα ινσοπτικά δίκτυα είναι ενισχυτές ινας Erbium. Σε ότι αφορά τη θέση των οπτικών ενισχυτών σε μια ζεύξη WDM, διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- Ο οπτικός ενισχυτής χρησιμοποιείται ως ενισχυτής ισχύος μετά την είσοδο του πολυπλέκτη, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ενίσχυση του σύνθετου οπτικού σήματος.
- Ο οπτικός ενισχυτής γραμμής που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση του σήματος σε τακτές αποστάσεις.
- Ο οπτικός προενισχυτής πριν την είσοδο του αποπολυπλέκτη προκειμένου το οπτικό σήμα να αποκτήσει επαρκή ισχύ για την διεργασία της αποπολυπλεξίας και τη λήψη των αποπολυπλεγμένων καναλιών από τους επιμέρους δέκτες.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ ΙΝΑΣ ΕΡΒΙΟΥ

- Η «διαφάνεια» της διεργασίας ενίσχυσης, ως προς τον αριθμό, τον τύπο και την τάξη των πολυπλεγμένων σημάτων.
- Η ικανότητα ενίσχυσης σε μεγάλο εύρος ζώνης.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ

- Η φασματική ανομοιομορφία του κέρδους τους η οποία προκαλεί διαφοροποιήσεις στον βαθμό ενίσχυσης των πολυπλεγμένων καναλιών.
- Η δημιουργία θορύβου αυθόρμητης εκπομπής.

Ο ΑΠΟΠΟΛΥΠΛΕΚΤΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Ο ρόλος του αποπολυπλέκτη είναι ο διαχωρισμός των καναλιών μέσω των οποίων μεταδίδονται τα πολυπλεγμένα ψηφιακά σήματα. Ο διαχωρισμός αυτός είναι φασματικός και πραγματοποιείται με τη βοήθεια διάταξης. Στην έξοδο του αποπολυπλέκτη μπορεί να τοποθετηθούν εξασθενητές για τον έλεγχο της ισχύος των εξερχόμενων σημάτων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

- Η επιλεκτικότητά του, που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το σηματοθορυβικό λόγο (S/N) στην είσοδο των επιμέρους δεκτών.
- Η απώλεια εισαγωγής η οποία πρέπει να διατηρείται κατά το δυνατόν χαμηλή.

ΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΕΚΤΕΣ

Ο ρόλος των επιμέρους δεκτών είναι η λήψη των αποπολυπλεγμένων οπτικών σημάτων και η εξαγωγή των ψηφιακών σημάτων πληροφορίας. Βασική του μονάδα είναι μια φωτοδίοδος, μέσω της οποίας, το λαμβανόμενο οπτικό σήμα μετατρέπεται σε οπτικό το οποίο αφού ενισχυθεί διαβιβάζεται σε μια διάταξη αναγνώρισης παλμών η οποία αναπαράγει το αρχικό ψηφιακό σήμα πληροφορίας.



Σχήμα 18: Δομικό διάγραμμα επιμέρους δέκτη

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΕΚΤΩΝ

- Αποκρισιμότητα R της χρησιμοποιούμενης φωτοφιάδου
- Λόγος bit σφαλμάτων
- Οπτικός σηματοθορυβικός λόγος καναλιού
- Ευαισθησία του δέκτη
- Υπερφόρτωση του δέκτη

ΟΠΤΙΚΟΙ ΠΟΛΥΠΛΕΚΤΕΣ ΠΡΟΣΘΑΦΑΙΡΕΣΗΣ

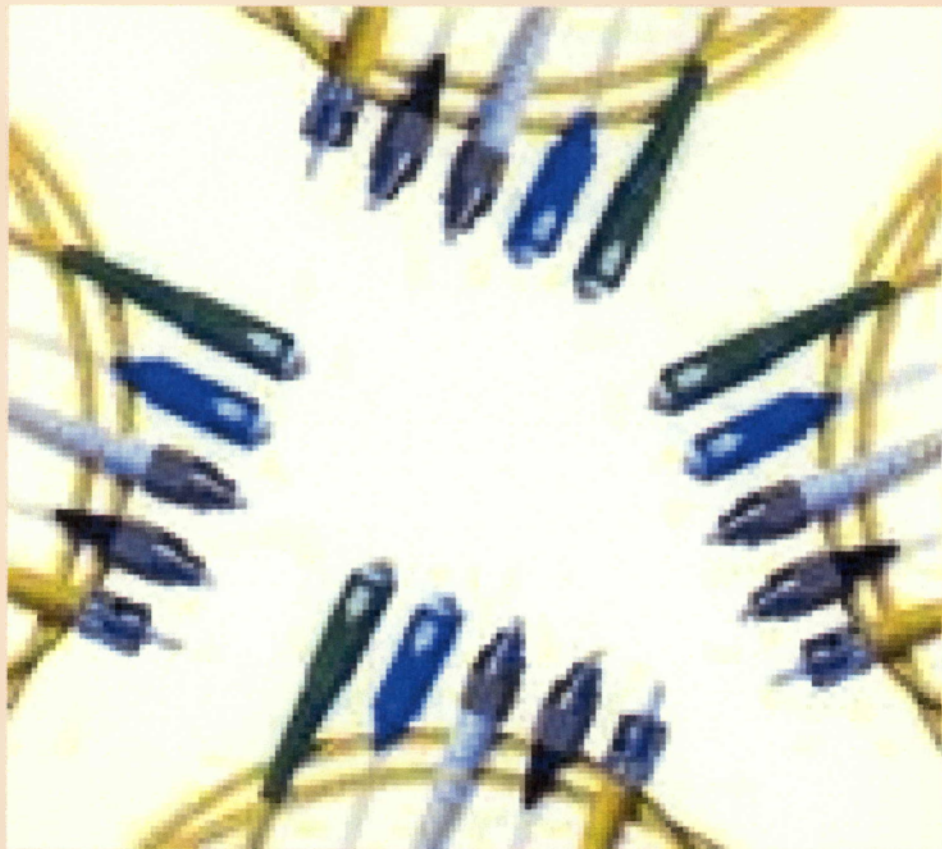
Ο ρόλος των οπτικών πολυπλεκτών προσθαφαίρεσης είναι η εξαγωγή από το σύνθετο οπτικό σήμα, ενός ή περισσότερων οπτικών καναλιών. Ένας οπτικός πολυπλέκτης προσθαφαίρεσης μπορεί να εκτελέσει τα παραπάνω απευθείας στο οπτικό στρώμα χωρίς την ανάγκη εξαγωγής των ψηφιακών σημάτων από τα οπτικά κανάλια.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

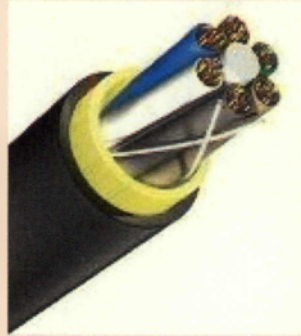
- Ο αριθμός των καναλιών τα οποία μπορεί να εισάγει ή να εξάγει
- Η απώλεια εισαγωγής
- Η απομόνωση μεταξύ των εισαγόμενων ή εξαγόμενων καναλιών
- Η διαρθρωσιμότητα του οπτικού πολυπλέκτη προσθαφαίρεσης

ΟΠΤΙΚΟΙ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΤΗΡΕΣ

Οι οπτικοί διασταυρωτήρες είναι μια διάταξη N οπτικών εισόδων και N οπτικών εξόδων η οποία δρομολογεί οπτικά κανάλια από οποιαδήποτε είσοδο σε οποιαδήποτε έξοδο.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

1. ΦΥΛΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το **φύλλο δεδομένων** (datasheet) ενός ηλεκτρονικού εξαρτήματος αποτελεί μια συλλογή όλων των μηχανικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του εξαρτήματος και, επιπλέον, μπορεί να περιέχει πληροφορίες για τη χρήση του, να προτείνει παραδείγματα εφαρμογών κ.λπ. Οι συνηθέστερες πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε ένα φύλλο δεδομένων συγκεντρώνονται στον παρακάτω πίνακα:

A/A	Είδος Πληροφορίας
1	Κατασκευαστής
2	Τύπος και κωδική ονομασία εξαρτήματος
3	Τύπος συσκευασίας (π.χ. DIP)
4	Βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας
5	Σύντομη περιγραφή λειτουργίας
6	Διάγραμμα ακροδεκτών
7	Απόλυτες μέγιστες/ελάχιστες τιμές (τάσης τροφοδοσίας, κατανάλωσης ισχύος, ρευμάτων, θερμοκρασίας αποθήκευσης, θερμοκρασίας λειτουργίας, θερμοκρασίας συγκόλλησης, κ.λπ.)
8	Συνιστώμενες συνθήκες λειτουργίας
9	Προδιαγραφές DC
10	Προδιαγραφές AC
11	Διαστάσεις, μηχανικά χαρακτηριστικά
12	Ενδεικτικές εφαρμογές

Πίνακας 3: Πληροφορίες που περιέχονται σε ένα φύλλο δεδομένων

Τα περιεχόμενα ενός φύλλου δεδομένων εξειδικεύονται ανάλογα με το εξάρτημα στο οποίο αντιστοιχούν.

2. ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Ο βασικός ρόλος ενός εργαστηρίου ηλεκτρονικής είναι η **σχεδίαση** και η **δοκιμή** (ο έλεγχος, δηλαδή, λειτουργίας) ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Κατά τη διαδικασία δοκιμής, εκτός από το ίδιο το κύκλωμα στο οποίο διενεργείται έλεγχος, απαιτείται και ένας αριθμός εργαστηριακών οργάνων τα οποία είτε παράγουν τα απαιτούμενα **σήματα δοκιμής**, είτε παρέχουν τις απαιτούμενες τάσεις τροφοδοσίας, είτε λαμβάνουν μετρήσεις των διάφορων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του υπό έλεγχο κυκλώματος.

Τα όργανα που παρέχουν τάση τροφοδοσίας σε ένα κύκλωμα ονομάζονται **τροφοδοτικά**. Ανάλογα με τη μορφή της τάσης που παράγουν διακρίνονται σε **τροφοδοτικά συνεχούς** (DC) και σε **τροφοδοτικά εναλλασσόμενου** (AC).

Τα σήματα δοκιμής παράγονται από διαφορετικούς τύπους οργάνων που γενικά ανήκουν στις κατηγορίες των **γεννητριών σήματος** ή των **γεννητριών συναρτήσεων**. Τέλος, τα όργανα που παρέχουν μετρήσεις των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ανήκουν στην οικογένεια των **μετρητικών οργάνων**.

3. ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΣΥΝΕΧΟΥΣ (DC)

Πρόκειται για επιτραπέζιες συσκευές που λειτουργούν με την AC τάση του ηλεκτρικού δικτύου και παρέχουν σταθερή DC τάση. Η τάση αυτή είναι συνήθως ρυθμιζόμενη και συχνά η τιμή της παρέχεται από το ίδιο το τροφοδοτικό σε ενσωματωμένη οθόνη σε ψηφιακή μορφή. Διακρίνονται σε **απλά**, τα οποία παρέχουν μία έξοδο DC τάσης, και στα **πολλαπλά** που διαθέτουν περισσότερες από μία εξόδους. Η DC τάση των τροφοδοτικών αυτών είναι **σταθεροποιημένη**, διατηρείται δηλαδή σταθερή για τις συνήθεις διακυμάνσεις που μπορεί να εμφανίσει η τάση του ηλεκτρικού δικτύου που τα τροφοδοτεί.

Αρκετά τροφοδοτικά συνεχούς διαθέτουν τη δυνατότητα να περιορίζουν το ρεύμα που μπορεί να αντλήσει από αυτές κάποιος φόρτος, λειτουργώντας ως πηγές ρεύματος πάνω από το όριο τάσης που καθορίζει ο χρήστης.

Χαρακτηριστικά μεγέθη των τροφοδοτικών συνεχούς είναι η **μέγιστη τάση** που μπορούν να αποδώσουν (αν αυτή είναι μεταβλητή), καθώς και το **μέγιστο ρεύμα**.

Κάθε έξοδος ενός τροφοδοτικού DC αντιστοιχεί σε τρεις ακροδέκτες: Τον θετικό πόλο της πηγής τάσης (+), τον αρνητικό πόλο (-) και τον ακροδέκτη γείωσης (GND - ground). Ο τελευταίος αποτελεί την απόληξη των μεταλλικών μερών της συσκευής τα οποία και συνδέονται γαλβανικά με αυτόν. Θα πρέπει να προσέξουμε πως ο ακροδέκτης γείωσης δεν σχετίζεται με τον κοινό αγωγό του τροφοδοτούμενου κυκλώματος, ο οποίος στα κυκλωματικά διαγράμματα συμβολίζεται επίσης με το σύμβολο της γείωσης. Συνήθως ως κοινός αγωγός θεωρείται ο αρνητικός πόλος της πηγής τάσης, και δεν θα πρέπει να συγχέεται με τον ακροδέκτη γείωσης του τροφοδοτικού.

4. ΑΠΛΟ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΣΥΝΕΧΟΥΣ LSI130

Πρόκειται για σταθεροποιημένο τροφοδοτικό γενικού σκοπού με μία έξοδο. Παρέχει 0-30Vdc ρυθμιζόμενα με δύο ροοστάτες διαφορετικής ευαισθησίας για ακριβή ρύθμιση της επιθυμητής τιμής. Το μέγιστο παρεχόμενο ρεύμα ανέρχεται στα 3A ρυθμιζόμενο, επίσης, με δύο ροοστάτες. Στην οθόνη του οργάνου παρέχονται διαρκώς ενδείξεις για τις τιμές της τάσης και του ρεύματος.

Το τροφοδοτικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές σταθερής τάσης (CV) ή σταθερού ρεύματος (CC). Τον τρόπο λειτουργίας σηματοδοτεί η αντίστοιχη ενδεικτική λυχνία (CV ή CC). Η λειτουργία σταθερού ρεύματος έχει συνοπτικά ως εξής: Η μέγιστη τιμή ρεύματος προρρυθμίζεται. Το όργανο βρίσκεται αρχικά σε λειτουργία CV. Όταν οι διακυμάνσεις του φορτίου οδηγήσουν το ρεύμα στην μέγιστη τιμή, τότε το τροφοδοτικό μεταπίπτει σε λειτουργία CC, συμπεριφερόμενο ως πηγή ρεύματος.

5. ΤΡΙΠΛΟ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΣΥΝΕΧΟΥΣ LS1330

Πρόκειται για σταθεροποιημένο τροφοδοτικό γενικού σκοπού με τρεις εξόδους. Παρέχει δύο εξόδους ρυθμιζόμενης τάσης 0-30Vdc με δυνατότητα λειτουργίας CV ή CC όπως ακριβώς το απλό τροφοδοτικό της προηγούμενης παραγράφου. Οι εξοδοί αυτές μπορούν με κατάλληλη ρύθμιση να λειτουργούν ανεξάρτητα ή να διασυνδέονται σε σειρά ή παράλληλα προκειμένου το όργανο να λειτουργεί ως πηγή τάσης 60Vdc/3A ή 30Vdc/6A αντίστοιχα. Διαθέτει επίσης έξοδο 5V/3A για την τροφοδοσία λογικών κυκλωμάτων.

6. ΠΟΛΥΜΕΤΡΑ

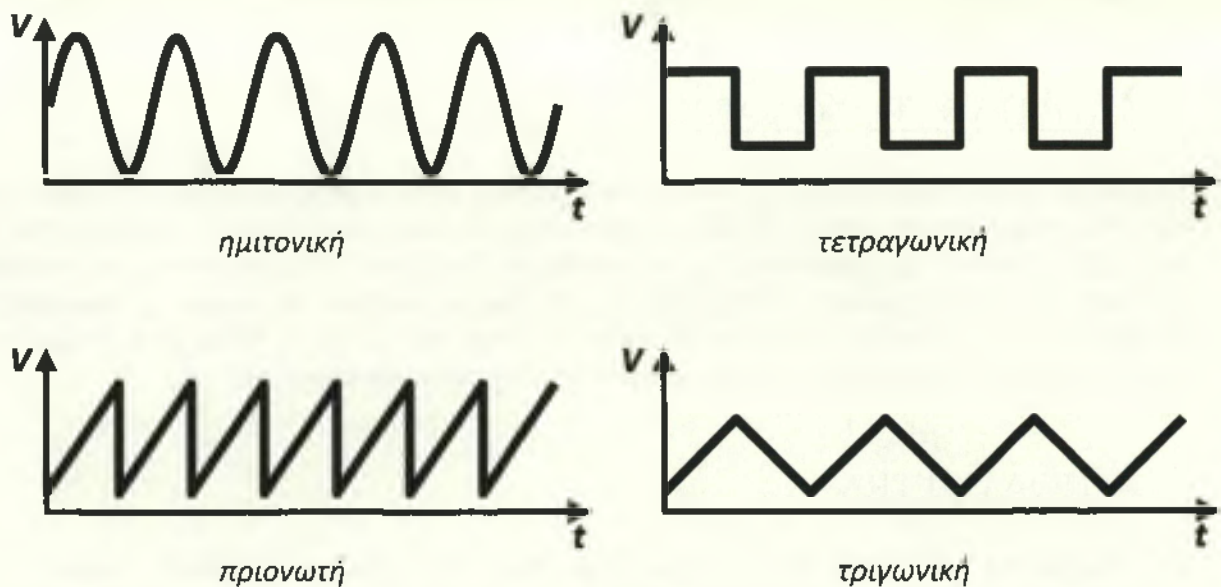
Οι σύγχρονες πρόοδοι στην τεχνολογία των μετρητικών οργάνων τείνουν να συγκεντρώσουν τη δυνατότητα μέτρησης των περισσότερων ηλεκτρικών μεγεθών (τάση, ένταση, αντίσταση, κ.λπ.) σε ένα και μόνο όργανο. Το όργανο αυτό ονομάζεται **πολύμετρο** (multimeter).

Ένα πολύμετρο μπορεί να επιτελεί τη λειτουργία **βολτομέτρου** (=όργανο μέτρησης τάσης), **αμπερομέτρου** (=όργανο μέτρησης έντασης), ή **ωμομέτρου** (=όργανο μέτρησης αντίστασης). Επιπλέον, ένα πολύμετρο μπορεί να μετρά τη χωρητικότητα πυκνωτών (να λειτουργεί, δηλαδή, ως **καπασιτόμετρο**), να προσδιορίζει χαρακτηριστικά μεγέθη διόδων ή τρανζίστορ, να παρέχει ενδείξεις της γαλβανικής συνέχειας μεταξύ δύο σημείων ενός κυκλώματος, κ.λπ. Η επιλογή του μεγέθους προς μέτρηση γίνεται συνήθως με την κατάλληλη ρύθμιση του περιστροφικού επιλογέα που διαθέτει κάθε σύγχρονο πολύμετρο.

Τα πολύμετρα διακρίνονται σε **αναλογικά** και σε **ψηφιακά**, με τα τελευταία να τείνουν να κυριαρχήσουν έναντι των πρώτων εξαιτίας της ευκολότερης χρήσης τους και της μεγαλύτερης αξιοπιστίας των μετρήσεων που παρέχουν.

7. ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΗΜΑΤΟΣ - ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ - ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

Οι **γεννήτριες σήματος** είναι ηλεκτρονικές συσκευές που παρέχουν συνήθως τάσεις ημιτονικές (οπότε και λέγονται **ταλαντωτές**), αλλά μπορούν επιπλέον να παρέχουν τάσεις τετραγωνικής, πριονωτής ή άλλης μορφής και τότε χαρακτηρίζονται ως **γεννήτριες συναρτήσεων**. Τυπικές κυματομορφές εξόδου μιας γεννήτριας συναρτήσεων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 19: Τοπικές κοματομορφές εξόδου γεννήτριας συναρτήσεων

Ανάλογα με τις τιμές των συχνοτήτων που παράγουν, οι γεννήτριες σήματος διακρίνονται σε γεννήτριες **χαμηλών** (LF), **ακουστικών** (AF) συχνοτήτων και σε γεννήτριες **υψηλών συχνοτήτων** (RF). Δύο παράμετροι που είναι καλό να γνωρίζουμε κατά τη χρήση γεννητριών συναρτήσεων είναι ο **κύκλος λειτουργίας** (duty cycle) και η **ολίσθηση DC** (DC offset).

8. ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

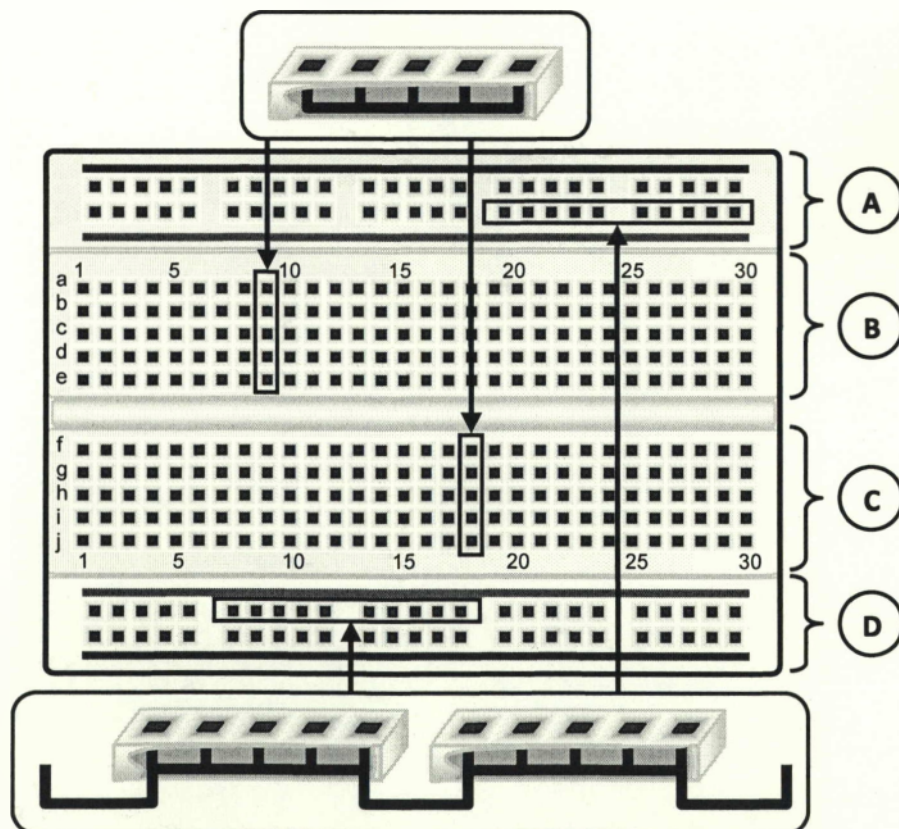
Ο **παλμογράφος** (oscilloscope) είναι ένα από τα σημαντικότερα όργανα του ηλεκτρονικού εργαστηρίου. Επιτρέπει την απεικόνιση της χρονικής εξέλιξης ηλεκτρικών σημάτων και παρέχει πληροφορίες γι' αυτά, τις οποίες δεν μπορούμε να πάρουμε με ένα κοινό πολύμετρο. Υπάρχουν κυρίως δύο τύποι παλμογράφου, ο **αναλογικός** και ο **ψηφιακός**, ενώ πολλοί παλμογράφοι διαθέτουν ταυτόχρονα αναλογικό και ψηφιακό τμήμα. Ο αναλογικός παλμογράφος στηρίζει τη λειτουργία του στον **καθοδικό σωλήνα**, ενώ ο ψηφιακός προσομοιώνει τη λειτουργία του αναλογικού παλμογράφου, χρησιμοποιώντας τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, παρέχοντας πολύ περισσότερες δυνατότητες.

9. ΠΛΑΚΕΤΕΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ (BREADBOARDS)

Ένα από τα σημαντικότερα στάδια στη σχεδίαση ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος είναι η υλοποίησή του σε επίπεδο πρωτοτύπου. Το **πρωτότυπο** (prototype) είναι μια αρχική μορφή του κυκλώματος στο οποίο διενεργούνται εξαντλητικές δοκιμές και έλεγχοι προκειμένου να διαπιστωθεί αν ικανοποιούνται όλες οι προδιαγραφές που τέθηκαν κατά τη σχεδίαση. Κατά το στάδιο ελέγχου ενός πρωτοτύπου είναι δυνατόν να διαπιστωθούν αποκλίσεις από την επιθυμητή συμπεριφορά, είτε λόγω αστοχιών στη σχεδίαση είτε λόγω παραγόντων που δεν

εκτιμήθηκαν σωστά. Προκειμένου να διορθωθούν οι αδυναμίες αυτές γίνεται επανασχεδίαση του κυκλώματος, γεγονός που επιβάλλει τροποποίηση του πρωτοτύπου και εκ νέου διενέργεια των ελέγχων. Το στάδιο αυτό είναι δυνατό να επαναληφθεί αρκετές φορές, ιδιαίτερα για κυκλώματα μεγάλης πολυπλοκότητας. Γίνεται φανερό πως για να μειωθεί ο απαιτούμενος χρόνος θα πρέπει η υλοποίηση του πρωτοτύπου να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι τροποποιήσεις σε αυτό να γίνονται γρήγορα και εύκολα, χωρίς αυτό να πρέπει να κατασκευαστεί από την αρχή.

Για την υλοποίηση των πρωτότυπων κυκλωμάτων χρησιμοποιούνται οι **πλακέτες πρωτοτύπων (protoboards ή bread-boards)**. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια τέτοια πλακέτα. Αποτελείται από συστοιχίες (ομάδες) οπών (υποδοχών) πάνω σε μονωτικό υλικό. Οι οπές χρησιμοποιούνται για να στερεώνονται σε αυτές οι ακροδέκτες των εξαρτημάτων του κυκλώματος και αγωγοί (καλώδια) διασύνδεσης - αν αυτό απαιτείται είναι δε κατασκευασμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν την εύκολη αφαίρεση και επανατοποθέτηση των ακροδεκτών σε αυτές, χωρίς να απαιτείται συγκόλλησή τους. Οι οπές διασυνδέονται εσωτερικά κατά συγκεκριμένο τρόπο προκειμένου ένα μεγάλο μέρος των αγωγών που απαιτεί το κύκλωμα να υλοποιούνται στο εσωτερικό της πλακέτας. Πιο συγκεκριμένα, οργανώνονται σε ομάδες των πέντε (πεντάδες), οι οποίες συνδέονται εσωτερικά όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 20: Δομή πλακέτας πρωτοτύπων και διασύνδεση οπών

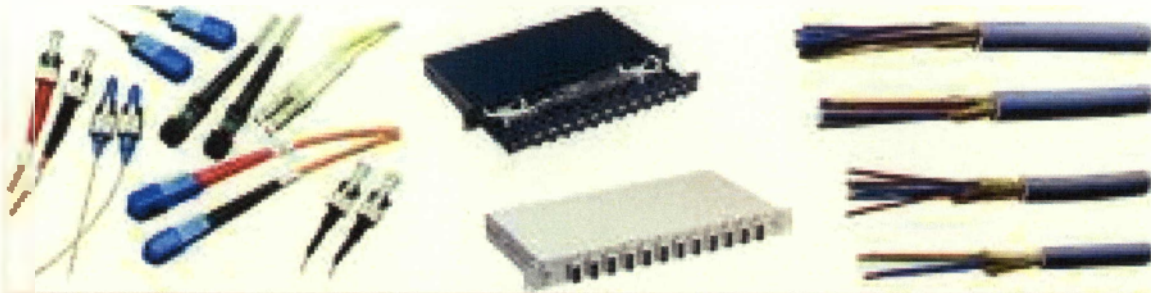
10. ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

Η πλειοψηφία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που χρησιμοποιούνται στην Πληροφορική και τις Τηλεπικοινωνίες είναι χαμηλής ισχύος, επομένως οι κίνδυνοι από τη χρήση τους είναι εξαιρετικά μικροί (αναφερόμαστε κυρίως στους κινδύνους **ηλεκτροπληξίας**). Κατά τη σχεδίαση της σειράς εργαστηριακών ασκήσεων που προτείνονται στο βιβλίο αυτό καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε η διεξαγωγή τους να είναι, στο μέτρο του δυνατού, ασφαλής. Παρόλα αυτά, η αλόγιστη χρήση των εργαστηριακών οργάνων (ιδιαίτερα των τροφοδοτικών) και η μη τήρηση των βασικών κανόνων ασφάλειας μπορεί να εγκυμονεί απρόβλεπτους κινδύνους. Όλα τα οργανωμένα εργαστήρια ηλεκτρονικής - κατά κύριο λόγο τα εκπαιδευτικά - διαθέτουν έναν οδηγό ασφάλειας, ο οποίος ορίζει τους κανόνες καλής πρακτικής και προτείνει μέτρα για την ελαχιστοποίηση ή την αντιμετώπιση των κινδύνων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ



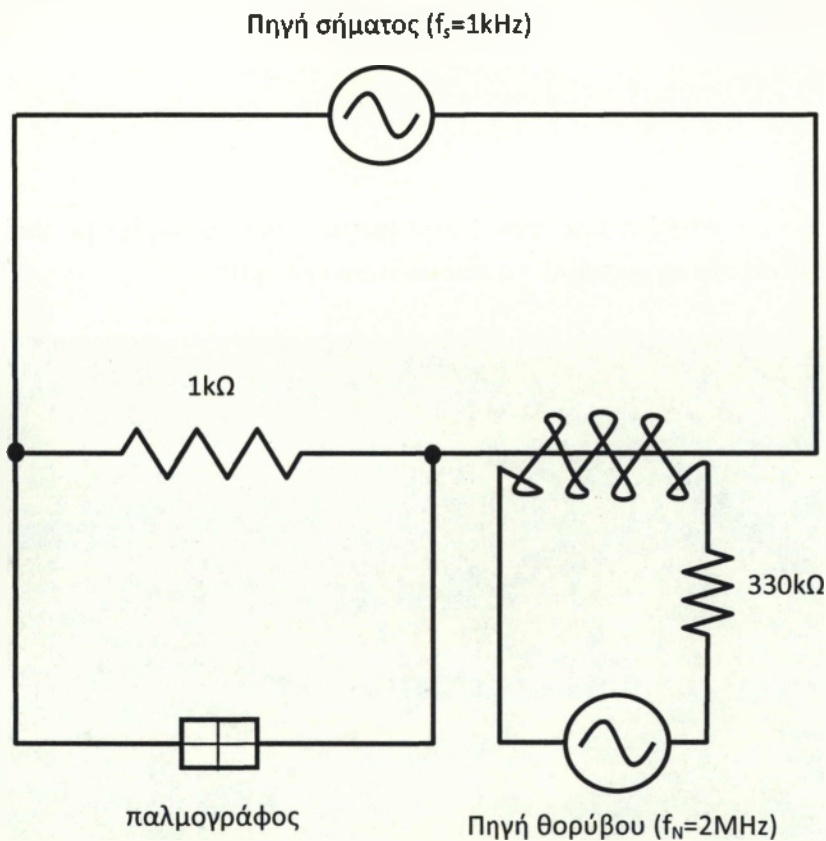
ΑΣΚΗΣΗ 1

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ

1. ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι να αποδείξουμε την επίδραση του θορύβου σε ένα ηλεκτρικό καλώδιο, η οποία είναι και ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούμε τις οπτικές ίνες αντί για τα καλώδια χαλκού.

Το κύκλωμα το οποίο θα δημιουργήσουμε σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση είναι το παρακάτω:



Σχήμα 21: Κύκλωμα επίδρασης θορύβου σε ηλεκτρικό καλώδιο

2. ΥΛΙΚΑ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Τα υλικά και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

- Αντίσταση $1\text{k}\Omega/0.5\text{W}$
- Αντίσταση $330\Omega/0.5\text{W}$
- Τίλιγμα 100 περίπου σπειρών

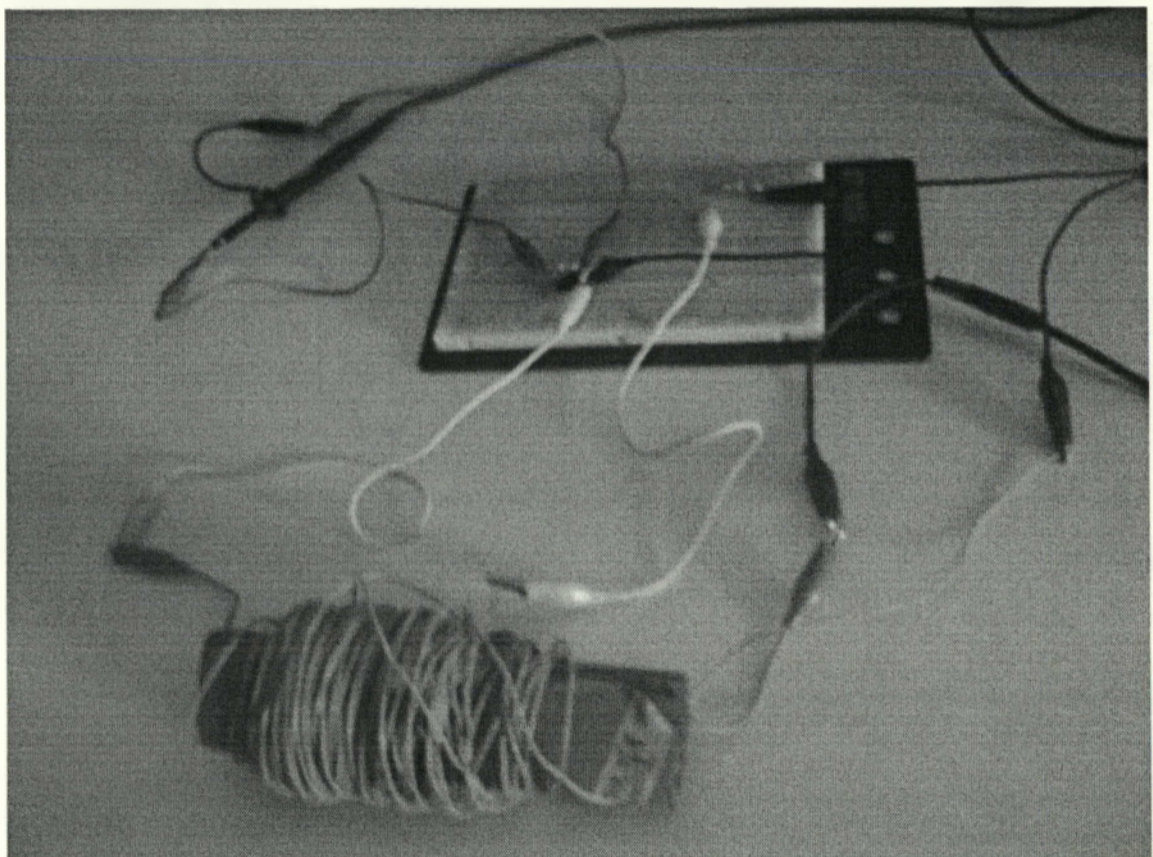
3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Τα εργαστηριακά όργανα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

- Δύο γεννήτριες συναρτήσεων των 2MHz
- Παλμογράφος
- Καλώδια σύνδεσης

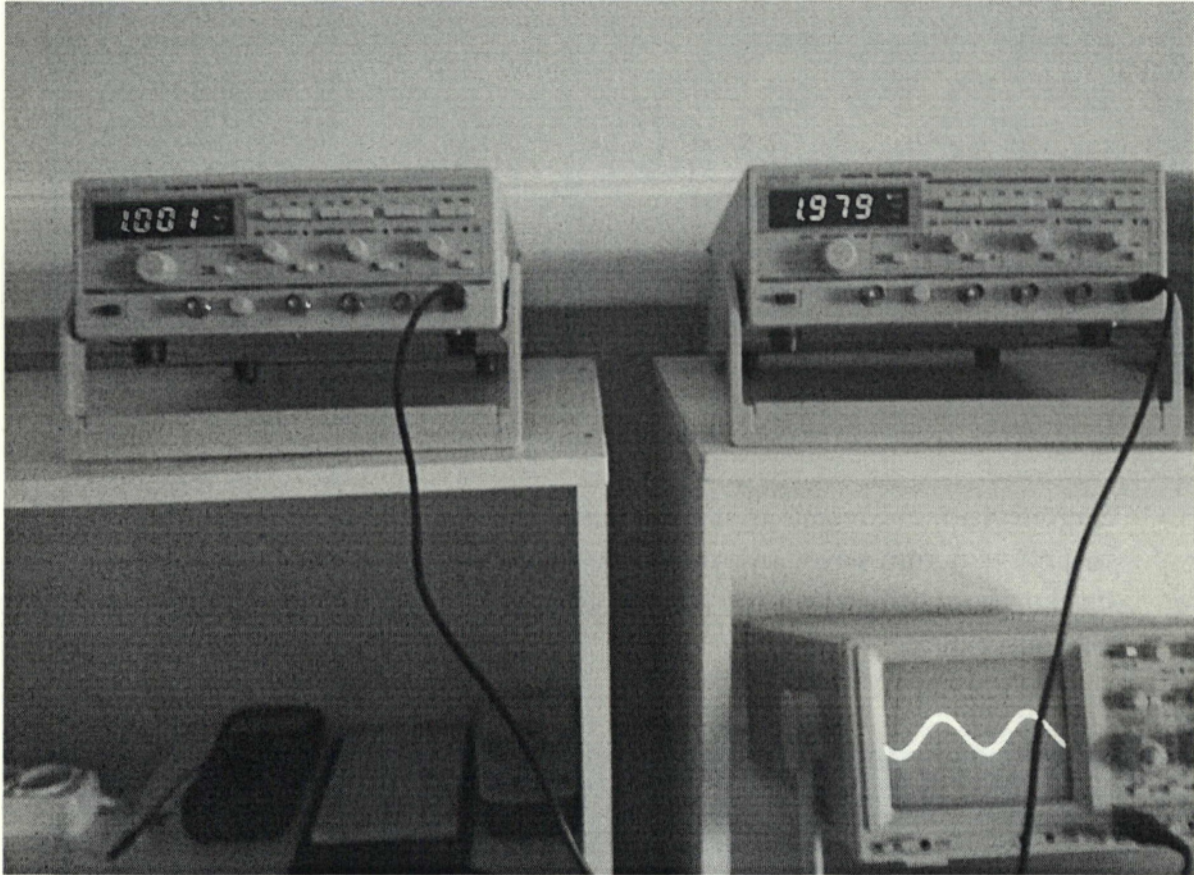
4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ

Με τη βοήθεια των υλικών και των εξαρτημάτων που αναφέραμε πιο πάνω, δημιουργήσαμε μέσα στο εργαστήριο το παρακάτω κύκλωμα:

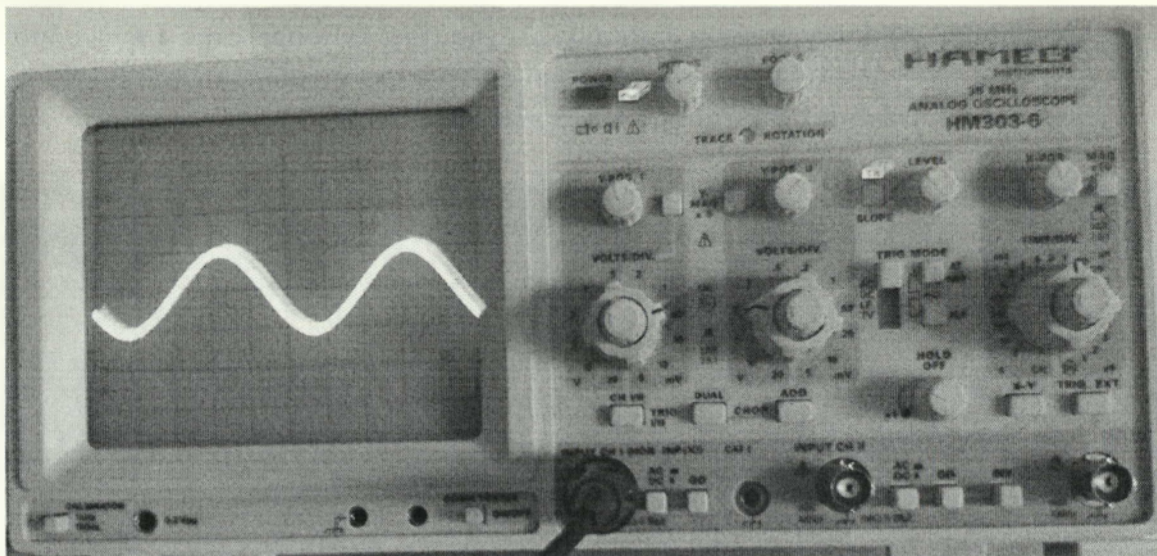


Σχήμα 22: Σχεδιασμός κυκλώματος επίδρασης θορύβου σε ηλεκτρικό καλώδιο, πάνω σε breadboard

Υλοποιούμε το κύκλωμα του παραπάνω σχήματος. Θέτουμε στην πηγή σήματος σχετικά μικρό πλάτος έτσι ώστε να φανεί ευκολότερα η επίδραση του θορύβου σε αυτό. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται η επίδραση αυτή.

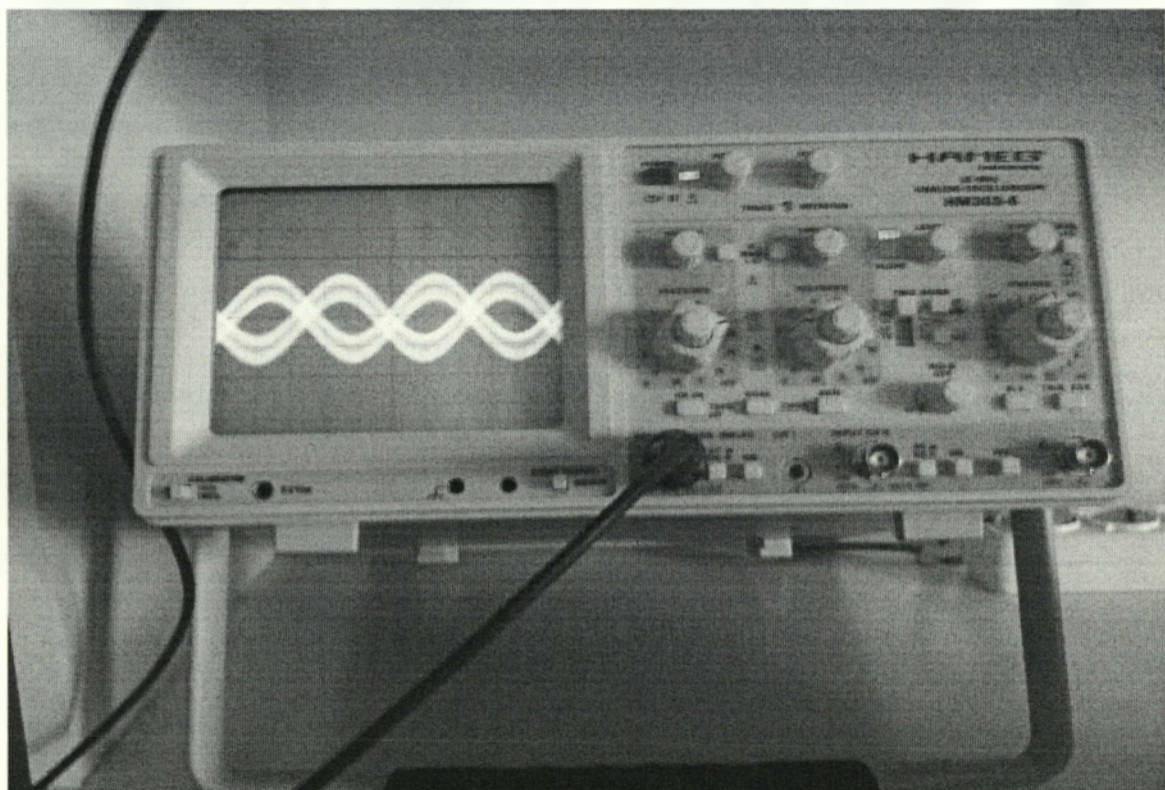


Σχήμα 23: Απεικόνιση αποτελεσμάτων στις γεννήτριες συναρτήσεων



Σχήμα 24: Απεικόνιση αποτελεσμάτων στον παλμογράφο

Στη συνέχεια, αυξάνουμε το πλάτος του σήματος που παράγει η πηγή θορύβου από τη μηδενική τιμή μέχρι την τιμή στην οποία εμφανίζεται θόρυβος στο σήμα που απεικονίζεται στην οθόνη του παλμογράφου. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε το φαινόμενο αυτό.



Σχήμα 25: Απεικόνιση αποτελεσμάτων στον παλμογράφο με την επίδραση θορύβου

Όταν έχει μικρό πλάτος το σήμα της πηγής θορύβου, το σήμα του παλμογράφου έχει έναν πολύ μικρό θόρυβο. Μεγαλώνοντας το πλάτος, παρατηρούμε πως μεγαλώνει ο θόρυβος στο σήμα, όπως φαίνεται στον παλμογράφο.



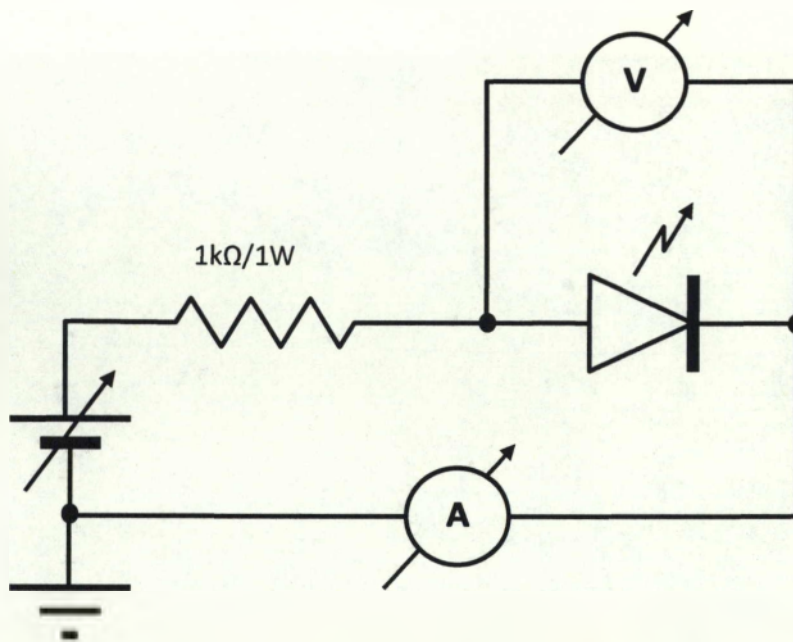
ΑΣΚΗΣΗ 2

ΧΑΡΑΞΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ LED

1. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η χάραξη της χαρακτηριστικής ρεύματος-τάσης (I-V) μιας φωτοεκπέμπουσας διόδου (LED). Κατά τη διάρκεια της άσκησης λαμβάνονται μετρήσεις για την τάση στα άκρα της διόδου και για το ρεύμα που τη διαρρέει, με μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας σε ένα ικανό εύρος της περιοχής λειτουργίας της. Τα αποτελέσματα των πιο πάνω μετρήσεων παριστάνονται γραφικά, ώστε να προκύψει η επιθυμητή χαρακτηριστική καμπύλη.

Το κύκλωμα το οποίο θα δημιουργήσουμε σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση είναι το παρακάτω:



Σχήμα 26: Κύκλωμα χάραξης χαρακτηριστικής LED

2. ΥΛΙΚΑ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Τα υλικά και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

- Αντίσταση 1kΩ/2W
- LED τύπου IF-E96, Red 660nm

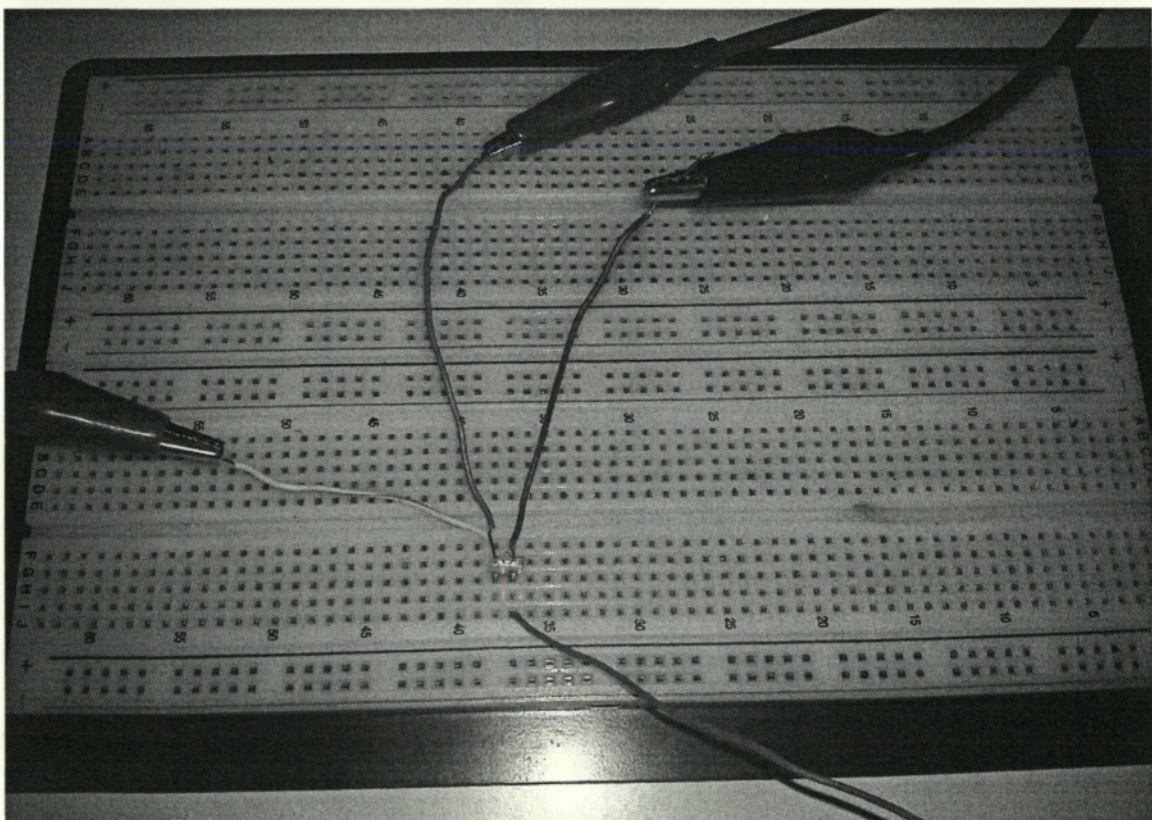
3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Τα εργαστηριακά όργανα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης 30V
- Ένα ψηφιακό πολύμετρο για μέτρηση τάσης
- Ένα ψηφιακό πολύμετρο για μέτρηση ρεύματος

4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ

Με τη βοήθεια των υλικών και των εξαρτημάτων που αναφέραμε πιο πάνω, δημιουργήσαμε μέσα στο εργαστήριο το παρακάτω κύκλωμα:



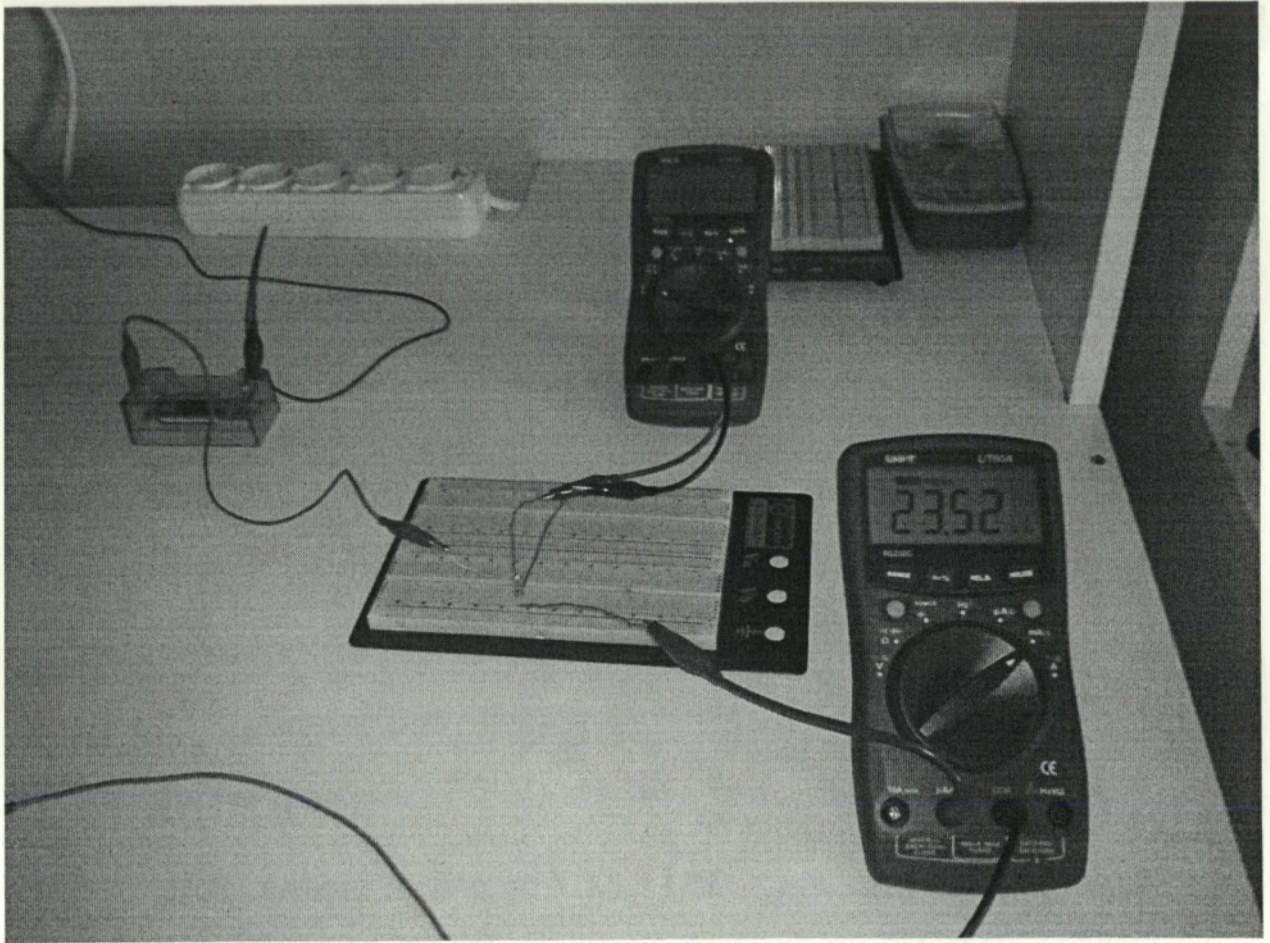
Σχήμα 27: Απεικόνιση κυκλώματος χάραξης χαρακτηριστικής LED, πάνω σε breadboard

Υλοποιούμε το κύκλωμα του παραπάνω σχήματος. Στη συνέχεια, μεταβάλλουμε την τάση τροφοδοσίας και βλέπουμε τις παρακάτω μετρήσεις σύμφωνα με τα αποτελέσματα που αναγράφονταν πάνω στις οθόνες των ψηφιακών πολυμέτρων:

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΠΟΛΥΜΕΤΡΩΝ	
ΤΑΣΗ (V)	ΡΕΥΜΑ (I)
0V	0mA
0.2V	1.55mA
0.4V	3.21mA
0.6V	5.13mA
0.8V	7.19mA
1V	9.53mA
1.2V	11.88mA
1.4V	14.4mA
1.5V	15.98mA
1.6V	17.44mA
1.8V	22.74mA
2V	29.7mA

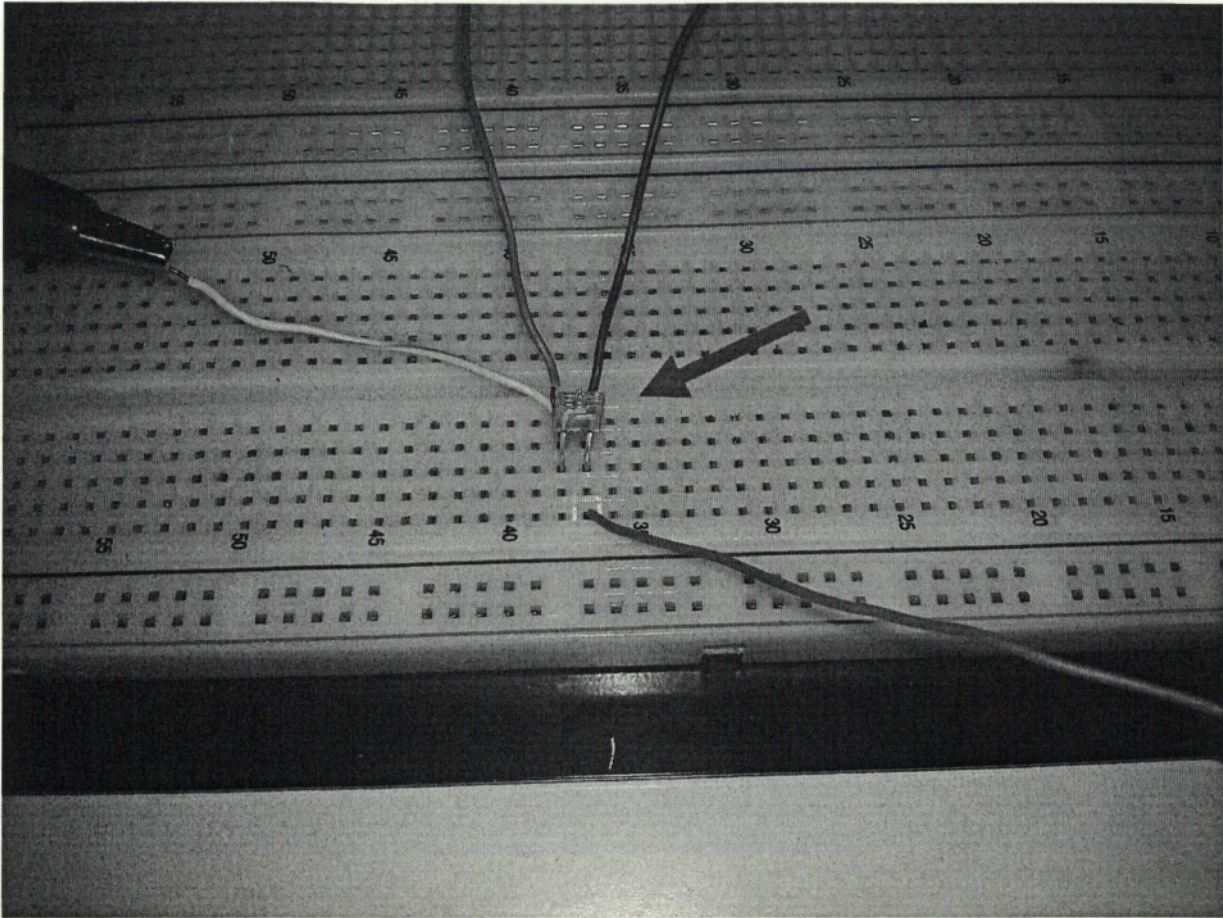
Πίνακας 4: Αποτελέσματα μετρήσεων των πολυμέτρων

Κάποια τυχαία αποτελέσματα του ψηφιακού πολυμέτρου τάσης και του ψηφιακού πολυμέτρου ρεύματος, φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 28: Απεικόνιση τιμών σε ψηφιακά πολύμετρα

Όπως θα μπορείτε να παρατηρήσετε στο επόμενο σχήμα, το LED της οπτικής ίνας φωτοβολεί.



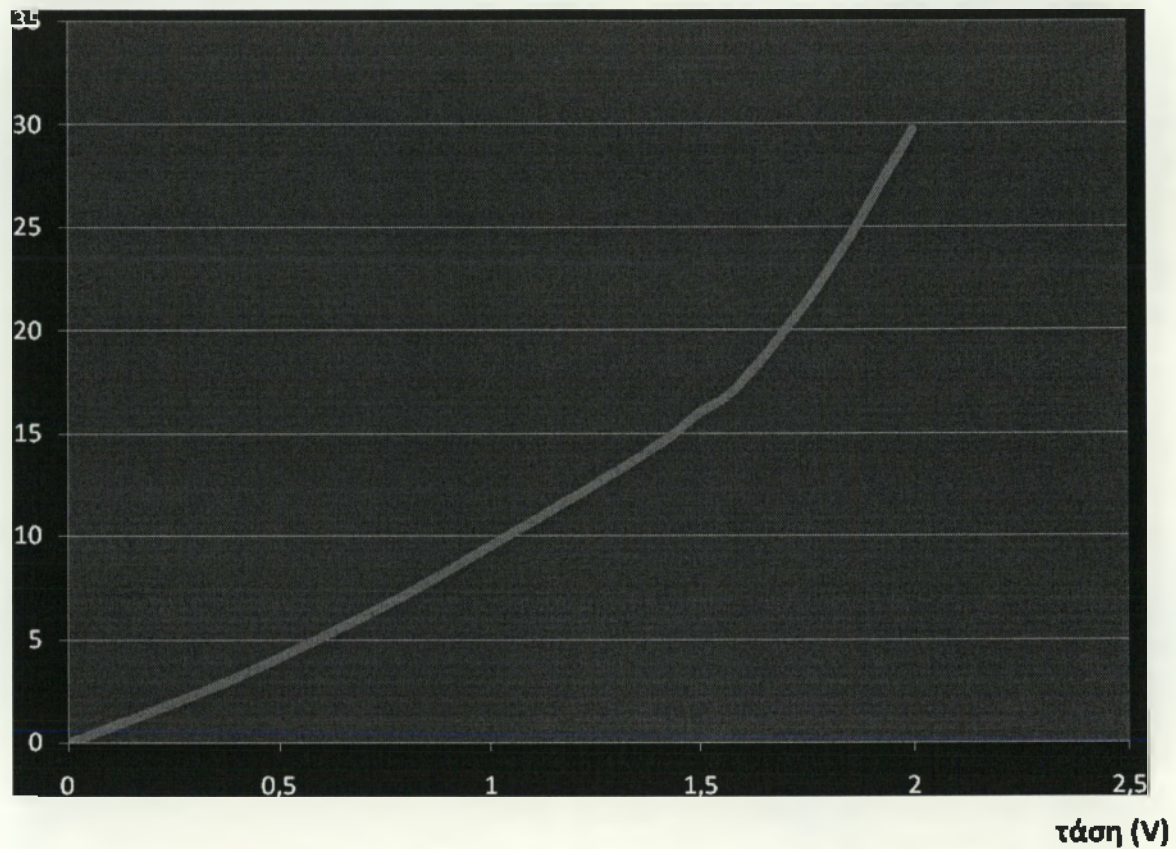
Σχήμα 29: Απεικόνιση του LED τη στιγμή που φωτοβολεί

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν μέσα στο εργαστήριο με τη βοήθεια των ψηφιακών πολυμέτρων, παρατηρήσαμε πως το LED ξεκινά να φωτοβολεί σε τάση 1,5V και με την τιμή του ρεύματος να βρίσκεται στα 15.98mA.

Στη συνέχεια, καταχωρήσαμε τις τιμές των πολυμέτρων που αναφέραμε πιο πάνω σε ένα φύλλο Excel με σκοπό τη διεξαγωγή γραφήματος που απεικονίζει τις εναλλαγές της τάσης και του ρεύματος.

Παρακάτω βλέπουμε το αντίστοιχο διάγραμμα. Στον άξονα των x βρίσκεται η τάση και στον άξονα των y το ρεύμα της πηγής.

ρεύμα (mA)



Σχήμα 30: Διάγραμμα απεικόνισης τάσης συναρτήσει του ρεύματος



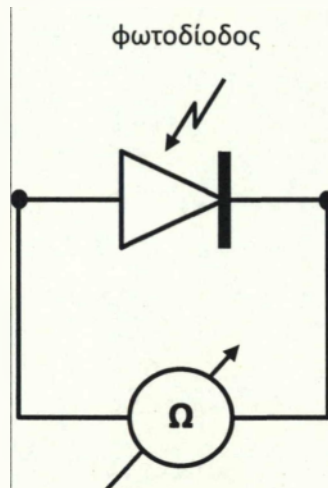
ΑΣΚΗΣΗ 3

ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΔΙΟΔΟΥ

1. ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός του πρώτου μέρους αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι να ασχοληθούμε με την ποιοτική μελέτη μιας φωτοδιόδου.

Το κύκλωμα το οποίο θα δημιουργήσουμε σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση είναι το παρακάτω:



Σχήμα 31: Κύκλωμα μελέτης φωτοδιόδου

2. ΥΛΙΚΑ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Τα υλικά και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

- Φωτοδίοδος (φωτοτρανζίστορ) IF-D92

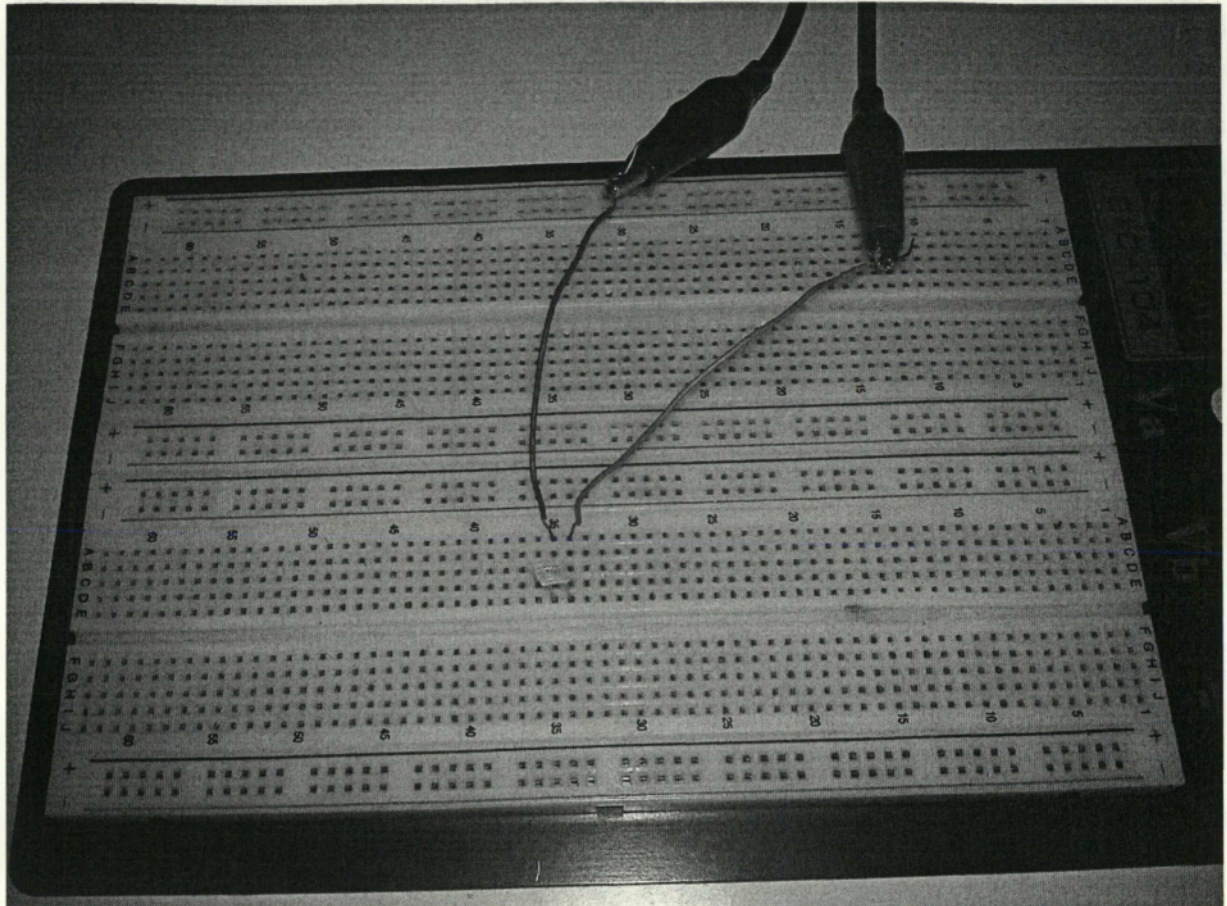
3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Τα εργαστηριακά όργανα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

- Πολύμετρο σε λειτουργία ωμομέτρου

4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ

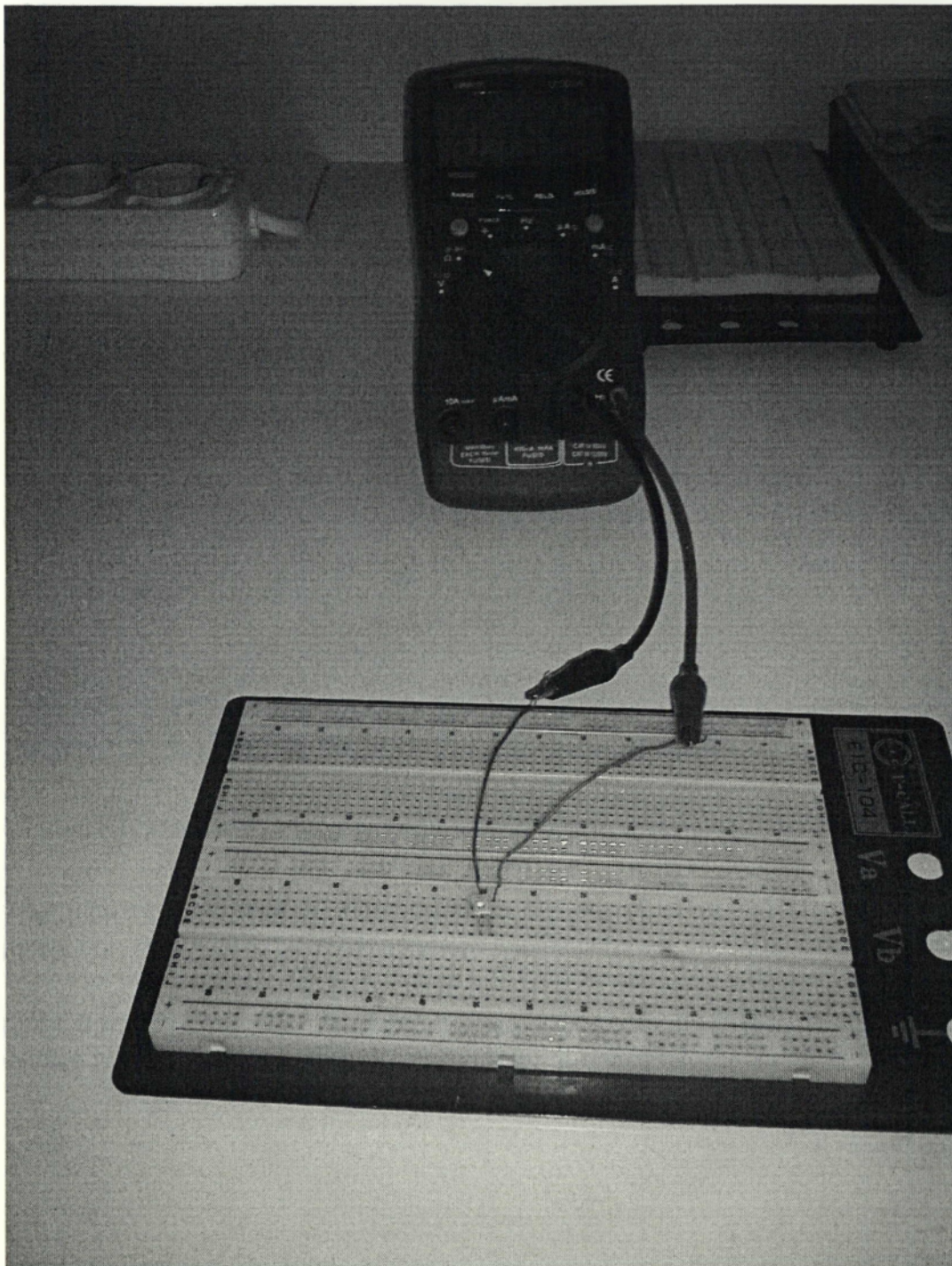
Με τη βοήθεια των υλικών και των εξαρτημάτων που αναφέραμε πιο πάνω, δημιουργήσαμε μέσα στο εργαστήριο το παρακάτω κύκλωμα:



Σχήμα 32: Απεικόνιση κυκλώματος μελέτης φωτοδιόδου, πάνω σε breadboard

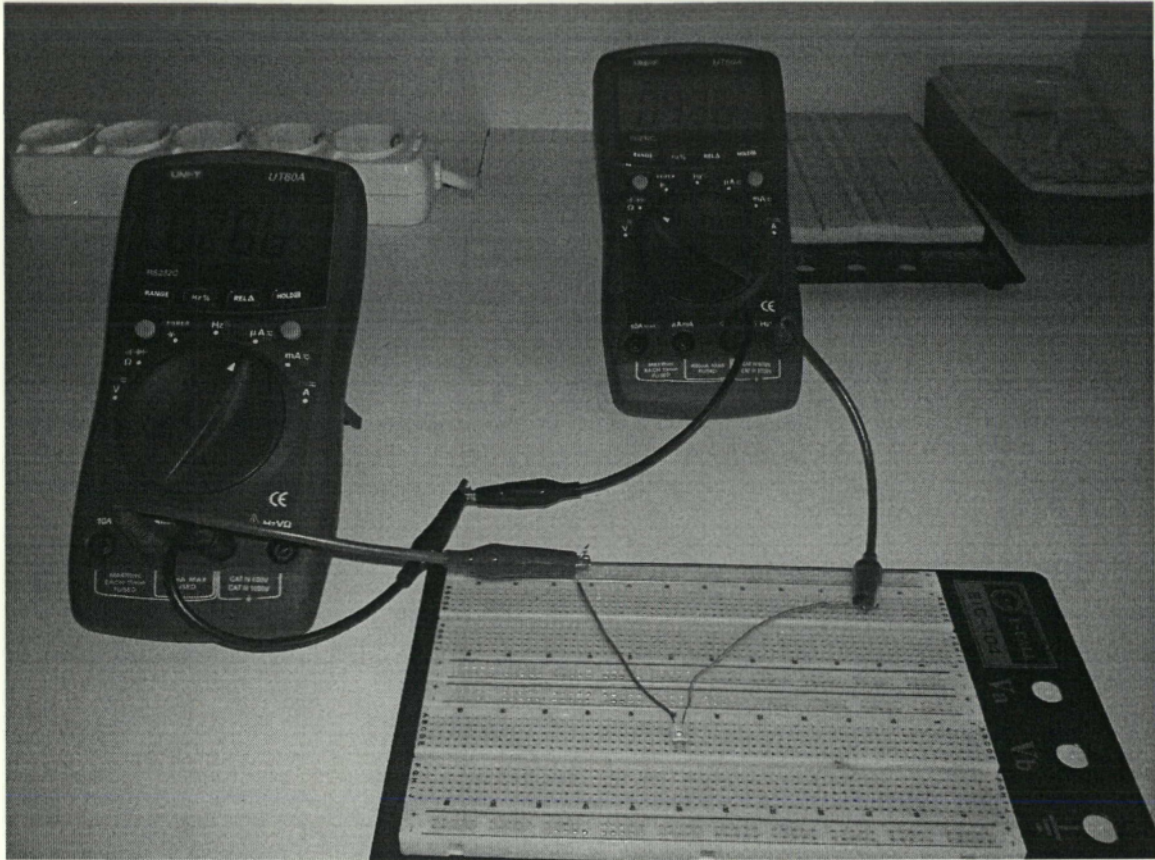
Θα ξεκινήσουμε την άσκησή μας, βρίσκοντας την αντίσταση σκότους της φωτοδιόδου. Αυτό θα υλοποιηθεί, απομονώνοντας το φως από τη δίοδο και έτσι βρίσκουμε τη μέγιστη αντίσταση η οποία είναι περίπου $180k\Omega$. Στη συνέχεια, πειραματιζόμενοι με το φως δωματίου ή άλλη πηγή φωτός, παρατηρούμε ότι όσο μεγαλώνει η προσπίπτουσα φωτεινή ισχύς, τόσο μικραίνει η αντίσταση της φωτοδιόδου και άρα μεγαλώνει το ρεύμα που τη διαρρέει.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τη μέτρηση της αντίστασης.



Σχήμα 33: Απεικόνιση της πηγής αντίστασης σε ψηφιακό πολύμετρο

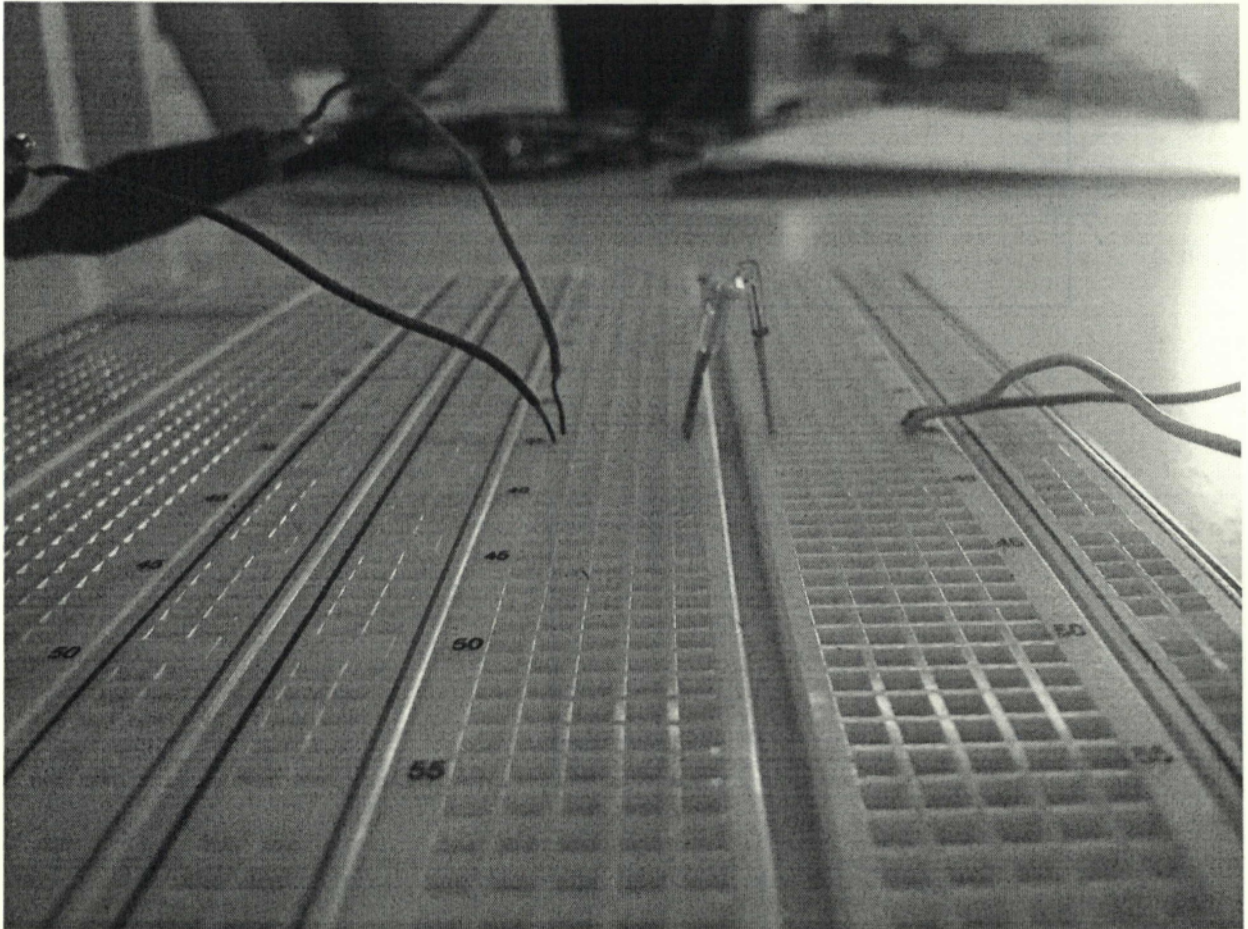
Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε τη μέτρηση της αντίστασης και του ρεύματος ταυτόχρονα.



Σχήμα 34: Απεικόνιση της τιμής αντίστασης και του ρεύματος ταυτόχρονα σε ψηφιακά πολύμετρα

Αν παρεμβάλουμε πολύμετρο σε λειτουργία αμπερομέτρου, μπορούμε να μετρήσουμε το ρεύμα αυτό, άρα και το ρεύμα σκότους είναι $1,5\mu\text{A}$ σύμφωνα με τη μέτρηση που κάναμε στο εργαστήριο.

Ακόμη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως φωτεινή πηγή, τη LED που χρησιμοποιήσαμε στην προηγούμενη άσκηση, τοποθετώντας την απέναντι από τη φωτοδίοδο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

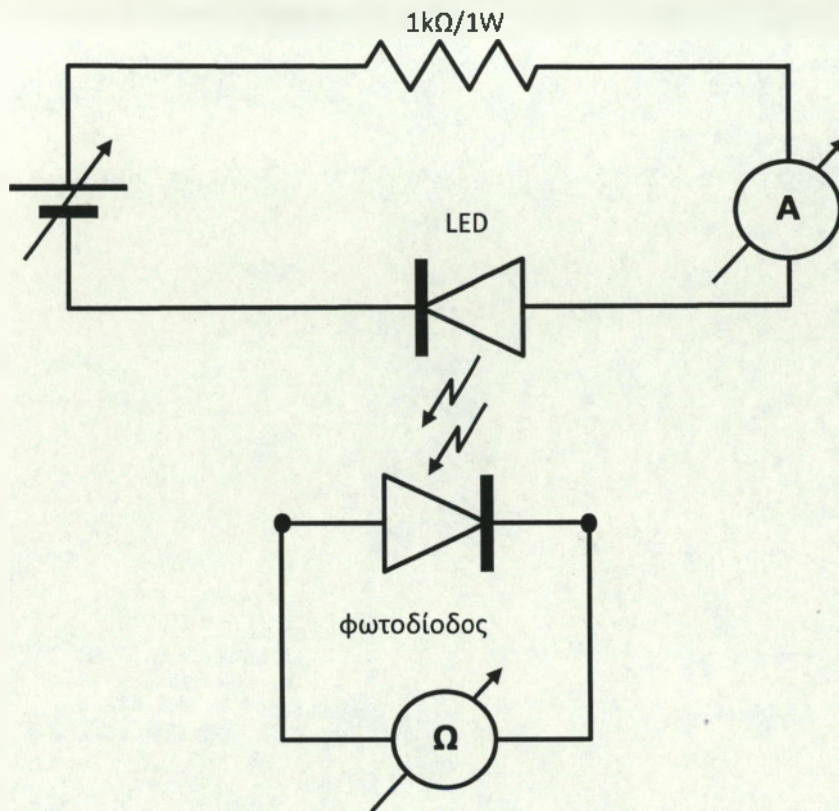


Σχήμα 35: Απεικόνιση της LED που είναι τοποθετημένη απέναντι από τη φωτοδιόδο

5. ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της εργαστηριακής άσκησης αυτή τη φορά, είναι να ασχοληθούμε με την ποσοτική μελέτη μιας φωτοδιόδου.

Το νέο κύκλωμα που θα δημιουργήσουμε στο δεύτερο μέρος της άσκησης αυτής είναι το παρακάτω:



Σχήμα 36: Κύκλωμα μελέτης ζεύξης φωτοδιόδου με φωτεινή πηγή LED

6. ΥΛΙΚΑ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Τα υλικά και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

- LED
- Φωτοτρανζίστορ
- Αντίσταση 1kΩ/2W
- Οπτική ίνα
- Προσαρμογέας ίνας στη LED
- Προσαρμογέας ίνας στη φωτοδιόδο

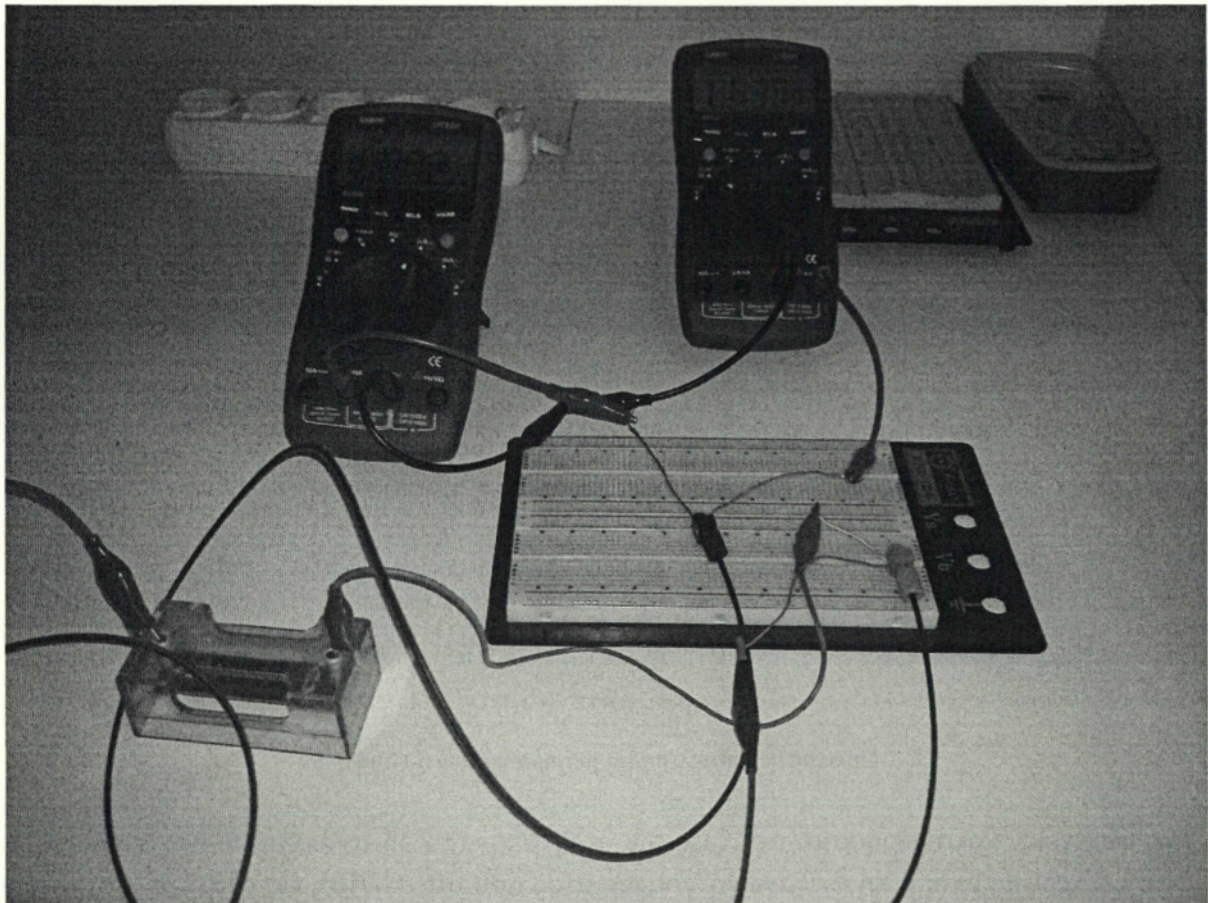
7. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Τα εργαστηριακά όργανα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης
- Πολύμετρο σε συνδεσμολογία ωμομέτρου
- Πολύμετρο σε συνδεσμολογία αμπερομέτρου

8. ΕΚΤΕΛΕΣΗ

Με τη βοήθεια των υλικών και των εξαρτημάτων που αναφέραμε πιο πάνω, δημιουργήσαμε μέσα στο εργαστήριο το παρακάτω κύκλωμα:



Σχήμα 37: Απεικόνιση κυκλώματος μελέτης φωτιοδιόδου με φωτεινή πηγή LED, πάνω σε breadboard

Υλοποιούμε το κύκλωμα του παραπάνω σχήματος. Στη συνέχεια, μεταβάλλουμε την τάση τροφοδοσίας και βλέπουμε τις παρακάτω μετρήσεις σύμφωνα με τα αποτελέσματα που αναγράφονταν πάνω στις οθόνες των ψηφιακών πολυμέτρων:

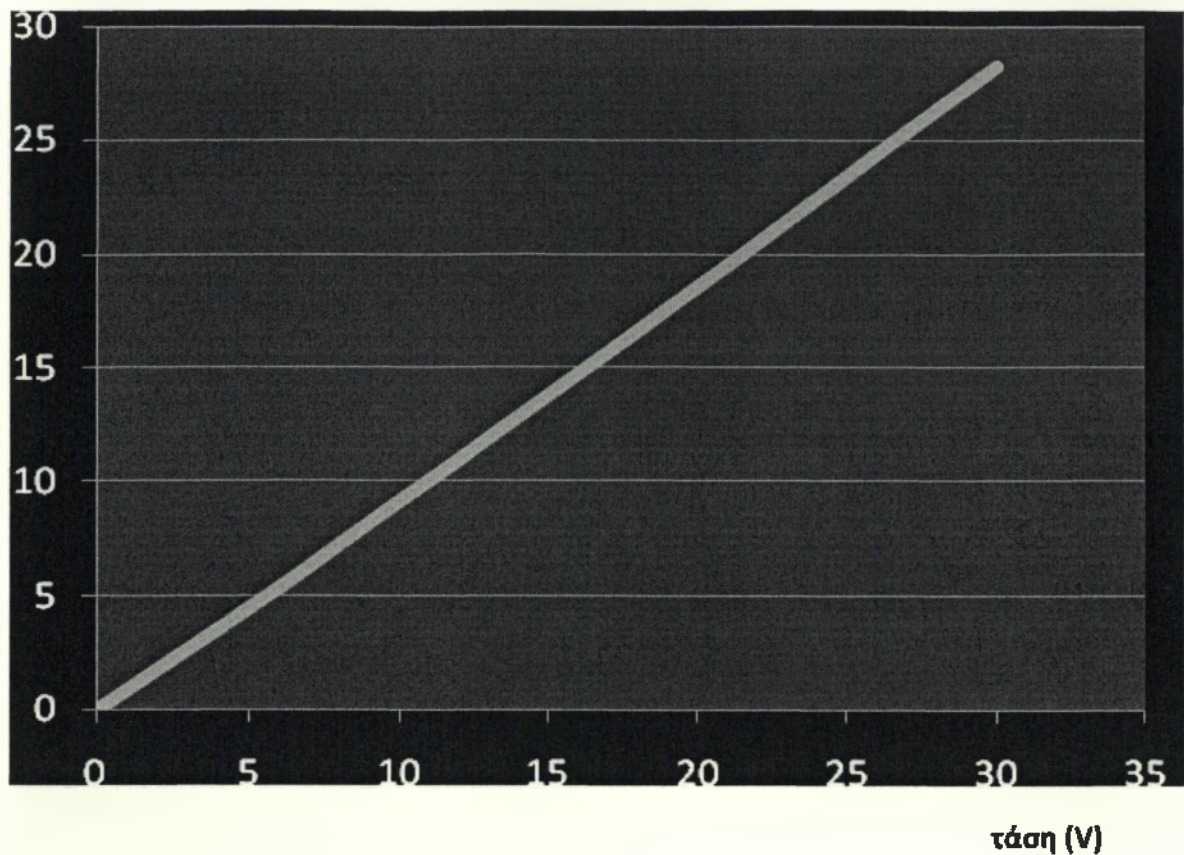
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΠΟΛΥΜΕΤΡΩΝ		
ΡΕΥΜΑ LED	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΔΙΟΔΟΥ	ΤΑΣΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ
0 mA	∞	0 V
2.68 mA	∞	3 V
5.37 mA	∞	6 V
8.19 mA	∞	9 V
10.94 mA	∞	12 V
13.75 mA	∞	15 V
16.6 mA	46 k Ω	18 V
19.48 mA	81.2 k Ω	21 V
22.39 mA	45 k Ω	24 V
25.31 mA	16.6 k Ω	27 V
28.19mA	9 k Ω	30V

Πίνακας 5: Αποτελέσματα μετρήσεων των πολυμέτρων

Στη συνέχεια, καταχωρήσαμε τις τιμές των πολυμέτρων που αναφέραμε πιο πάνω σε ένα φύλλο Excel με σκοπό τη διεξαγωγή γραφήματος που απεικονίζει τις εναλλαγές της τάσης και του ρεύματος.

Παρακάτω βλέπουμε το διάγραμμα που σας ανέφερα. Στον άξονα των x βρίσκεται η τάση και στον άξονα των y το ρεύμα της πηγής.

Ρεύμα (mA)



Σχήμα 38: Διάγραμμα απεικόνισης τάσης συναρτήσει του ρεύματος της πηγής

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινίσουμε πως για μικρότερες τιμές της τάσης τροφοδοσίας, η αντίσταση γίνεται άπειρη όπως αναφέρεται και στον πίνακα των μετρήσεων.

Οι μετρήσεις που κάναμε για την διεξαγωγή των παραπάνω μετρήσεων έγιναν με κάλυψη του κυκλώματος έτσι ώστε να μην επηρεάζεται από τυχόν εξωτερικό φως η LED και η φωτοδίοδος και να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των μετρήσεών μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. *ΙΝΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, Τεχνολογία – Εφαρμογές, Γεράσιμος Κ. Παγιατάκης, Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχ. ΟΤΕ, Επιστημονικός Συνεργάτης ΑΣΠΑΙΤΕ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ*
2. *ΔΙΚΤΥΑ, Οπτικών Ινών, Paul E. Green, ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ: Κ. ΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟΣ, Παπασωτηρίου*
3. *Αλέξανδρος Αλεξανδρής, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦ. Τ.Ε.Ι. ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ, ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΙΩΝ"*
4. *Συστήματα επικοινωνιών με οπτικές ίνες, G. Agrawal, 2^η έκδοση, Τζιόλα 2001*
5. *Δίκτυα οπτικών επικοινωνιών, P.E. Green, (Κ. Καρούμπαλος) Παπασωτηρίου, 1994*
6. *Optical Fiber communications, J. M Senior, 2nd edition, PrenticeHall, 1992*
7. *Optical communications systems, J. Gowar, 2nd edition, PrenticeHall, 1993*
8. *"Ηλεκτρονική για την Πληροφορική και τις Τηλεπικοινωνίες", Γιάννης Λιαπέρδος, Σπάρτη 2011*
9. <http://www.google.gr/search?a=%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CF%82+%CE%B9%CE%BD%CE%B5%CF%82&hl=el&biw=1264&bih=931&prmd=ivns&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=GxUcTsHAEI7t-gbcj6noCA&ved=0CDoQsAQ>
10. <http://coolweb.gr/ti-einai-optikes-ines-pos-leitourgoun/>
11. <http://www.texnikos.gr/electricity/electric2.shtml>
12. <http://www.techteam.gr/wiki/%CE%9F%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82>
13. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CE%AF%CE%BD%CE%B1>
14. http://egnatia.ee.auth.gr/~aalexioy/fiber_op.htm

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Γεωμετρία τοπικών μονότροπων και πολύτροπων οπτικών ινών: **σελίδα 15**

Σχήμα 2: Τυπικό καλώδιο 144 ινών της AT&T: **σελίδα 16**

Σχήμα 3: Το φως εισέρχεται στο περίβλημα στη διάρκεια της ανάκλασης: **σελίδα 17**

Σχήμα 4: Δομή της οπτικής ίνας: **σελίδα 19**

Σχήμα 5: Μονότροπες με βηματικό δείκτη (Single - mode step index): **σελίδα 23**

Σχήμα 6: Πολύτροπες με βαθμιαίο δείκτη (Multi - graded index): **σελίδα 23**

Σχήμα 7: Μονότροπες με βηματικό δείκτη (Single - mode step index) : **σελίδα 24**

Σχήμα 8: Καλώδιο οπτικών ινών (Tight Buffer): **σελίδα 25**

Σχήμα 9: Καλώδιο οπτικών ινών (Loose Buffer): **σελίδα 26**

Σχήμα 10: Δίοδος φωτοεκπομπής: **σελίδα 35**

Σχήμα 11: Βασική λειτουργική αρχή ενός ενισχυτή: **σελίδα 41**

Σχήμα 12: Πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου: **σελίδα 45**

Σχήμα 13: Ανώτατα όρια ισχύος ανά κανάλι που επιβάλλονται από τις μη γραμμικότητες της ίνας για συστήματα «διαίρεσης μήκους κύματος», συναρτήσει του αριθμού των καναλιών: **σελίδα 45**

Σχήμα 14: βασική διάρθρωση ζεύξης WDM: **σελίδα 61**

Σχήμα 15: Τυπική εξασθένιση φωτός σε γυάλινη ίνα συναρτήσει του μήκους κύματος: **σελίδα 62**

Σχήμα 16: Πρώτο παράθυρο μετάδοσης, δεύτερο παράθυρο μετάδοσης, τρίτο παράθυρο μετάδοσης: **σελίδα 64**

Σχήμα 17: Δομικό διάγραμμα αναμεταδότη: **σελίδα 65**

Σχήμα 18: Δομικό διάγραμμα επιμέρους δέκτη: **σελίδα 67**

Σχήμα 19: Τυπικές κοματομορφές εξόδου γεννήτριας συναρτήσεων: **σελίδα 74**

Σχήμα 20: Δομή πλακέτας πρωτοτύπων και διασύνδεση οπών: **σελίδα 75**

Σχήμα 21: Κύκλωμα επίδρασης θορύβου σε ηλεκτρικό καλώδιο: **σελίδα 79**

Σχήμα 22: Σχεδιασμός κυκλώματος επίδρασης θορύβου σε ηλεκτρικό καλώδιο, πάνω σε breadboard: **σελίδα 80**

Σχήμα 23: Απεικόνιση αποτελεσμάτων στις γεννήτριες συναρτήσεων: **σελίδα 81**

Σχήμα 24: Απεικόνιση αποτελεσμάτων στον παλμογράφο: **σελίδα 82**

Σχήμα 25: Απεικόνιση αποτελεσμάτων στον παλμογράφο με την επίδραση θορύβου: **σελίδα 82**

Σχήμα 26: Κύκλωμα χάραξης χαρακτηριστικής LED: **σελίδα 85**

Σχήμα 27: Απεικόνιση κυκλώματος χάραξης χαρακτηριστικής LED, πάνω σε breadboard: **σελίδα 86**

Σχήμα 28: Απεικόνιση τιμών σε ψηφιακά πολόμετρα: **σελίδα 88**

Σχήμα 29: Απεικόνιση του LED τη στιγμή που φωτοβολεί: **σελίδα 89**

Σχήμα 30: Διάγραμμα απεικόνισης τάσης συναρτήσει του ρεύματος: **σελίδα 90**

Σχήμα 31: Κύκλωμα μελέτης φωτοδιόδου: **σελίδα 92**

Σχήμα 32: Απεικόνιση κυκλώματος μελέτης φωτοδιόδου, πάνω σε breadboard: **σελίδα 93**

Σχήμα 33: Απεικόνιση της τιμής αντίστασης σε ψηφιακό πολόμετρο: **σελίδα 94**

Σχήμα 34: Απεικόνιση της τιμής αντίστασης και του ρεύματος ταυτόχρονα σε ψηφιακά πολόμετρα: **σελίδα 95**

Σχήμα 35: Απεικόνιση της LED που είναι τοποθετημένη απέναντι από τη φωτοδίοδο: **σελίδα 96**

Σχήμα 36: Κύκλωμα μελέτης φωτοδιόδου με φωτεινή πηγή LED: **σελίδα 97**

Σχήμα 37: Απεικόνιση κυκλώματος μελέτης φωτοδιόδου με φωτεινή πηγή LED, πάνω σε breadboard: **σελίδα 98**

Σχήμα 38: Διάγραμμα απεικόνισης τάσης συναρτήσει του ρεύματος της πηγής: **σελίδα 100**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τιμές τάσης στο τμήμα «NT1 – τηλεφωνικό κέντρο»: **σελίδα 52**

Πίνακας 2: Συσκευές χρήστη βασικής πρόσβασης: **σελίδα 53**

Πίνακας 3: Πληροφορίες που περιέχονται σε ένα φύλλο δεδομένων: **σελίδα 71**

Πίνακας 4: Αποτελέσματα μετρήσεων των πολομέτρων: **σελίδα 87**

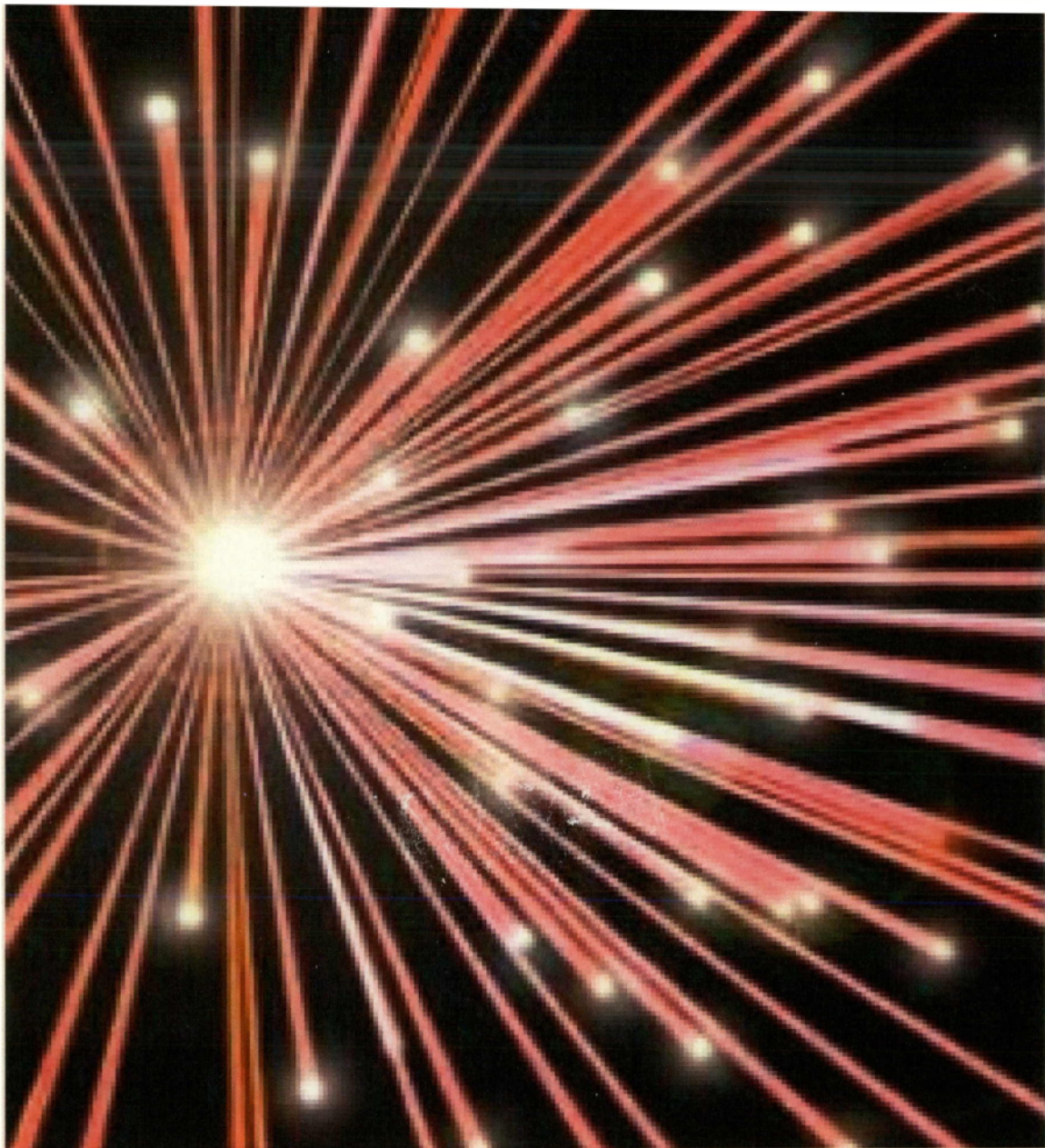
Πίνακας 5: Αποτελέσματα μετρήσεων των πολομέτρων: **σελίδα 99**

ΛΕΞΙΚΟ ΒΑΣΙΚΩΝ ΟΡΩΝ

1. Επικοινωνία: Σύνδεσμος ή δίκτυο μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων για τη μετάδοση πληροφοριών μεταξύ τους.
2. Οπτικές ίνες: Διηλεκτρικοί κυματοδηγοί κυκλικής, συνήθως, διατομής, κατασκευασμένες από πλαστικό ή γυαλί ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται.
3. Καλώδιο οπτικών ινών: Καλωδιακή δομή που περιέχει έναν αριθμό ινών (π.χ. 12, 60, 96...) και άλλα στοιχεία όπως μονωτικά περιβλήματα, μεταλλικά στοιχεία και άλλα.
4. Συνδετήρες: Μηχανικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την επαναλαμβανόμενη σύνδεση οπτικών ινών μεταξύ τους ή οπτικών ινών με τις εξόδους των οπτικών πομποδεκτών.
5. Συνενώσεις: Απευθείας συνδέσεις των άκρων δύο οπτικών ινών οι οποίες επιτυγχάνονται μέσω θερμικής συγκόλλησης των άκρων ή μέσω μηχανικού εξαρτήματος συγκράτησης.
6. Οργανωτήρες συνενώσεων: Κατάλληλα διαμορφωμένοι δίσκοι, που συντελούν στην προστασία και τη συστηματικότερη οργάνωση των συνενώσεων.
7. Περιβλήματα σύνδεσης: Χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση καλωδίων σε εξωτερικούς χώρους περικλείοντας τους οργανωτήρες συνενώσεων και προστατεύοντάς τους από δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις.
8. Οπτικοί κατανεμητές: Χρησιμοποιούνται για τον τερματισμό οπτικών καλωδίων σε εσωτερικούς χώρους όπως τα τηλεπικοινωνιακά κέντρα και οι χώροι συνδρομητών.
9. Κουτιά τερματισμού: Μικροί οπτικοί κατανεμητές και χρησιμοποιούνται για τον τερματισμό καλωδίων με μικρό αριθμό ινών.
10. Οπτικοί πομποί: Διατάξεις που παράγουν το οπτικό φέρον και στη συνέχεια το διαμορφώνουν με το ηλεκτρικό σήμα πληροφορίας που εφαρμόζεται στην είσοδό τους.
11. Φωτοδίοδος: Δέχεται το οπτικό σήμα και παρέχει στην έξοδό της ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο είναι το αρχικό σήμα πληροφορίας αλλοιωμένο από το θόρυβο και τις επιδράσεις των στοιχείων της ζεύξης.
12. Παλμοκωδική διαμόρφωση (Pulse Code Modulation ή PCM): Τεχνική που χρησιμοποιείται πιο συχνά για τη μετατροπή ενός αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital Conversion ή A/D).
13. Τηλεπικοινωνιακό δίκτυο: Η συνολική τηλεπικοινωνιακή υποδομή μέσω της οποίας παρέχονται στους συνδρομητές οι διαθέσιμες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, όπως είναι η τηλεφωνία, το ISDN, οι υπηρεσίες δεδομένων κλπ.

14. Συνδρομητικό δίκτυο: Το τμήμα του τηλεφωνικού δικτύου από το τηλεφωνικό κέντρο μέχρι το συνδρομητή.
15. Δίκτυο ISDN: Ψηφιακό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο μέσα από το οποίο είναι δυνατή η ενοποιημένη μετάδοση τηλεφωνικών σημάτων, εικόνας και δεδομένων.
16. Παθητική αρτηρία (passive bus ή S - bus): 4 - σύρματη γραμμή στην οποία συνδέονται συσκευές χρήστη.
17. Πολυπλεξία μήκους κύματος: Νέα τεχνική πολυπλεξίας μέσω της οποίας είναι δυνατή η παράλληλη μετάδοση πολλών υψήρρυθμων σημάτων δια μέσου του ίδιου ζεύγους οπτικών ινών.
18. LED: Κατάλληλες δίοδοι πολωμένες ορθά (με συγκεκριμένες τιμές ρεύματος και τάσης για εκπομπή φωτός).
19. Πολυπλέκτης μήκους κύματος: Παθητικός οπτικός συνδυαστής N:1 (όπου N ο αριθμός πολυπλεγμένων σημάτων) μέσω του οποίου τα επιμέρους οπτικά σήματα οδηγούνται στην οπτική ίνα που χρησιμοποιείται για την μετάδοση προς την συγκεκριμένη κατεύθυνση.
20. Επιμέρους δέκτες: Εκτελούν τη λήψη των αποπολυπλεγμένων οπτικών σημάτων και την εξαγωγή των ψηφιακών σημάτων πληροφορίας.
21. Οπτικοί πολυπλέκτες προσθαιφείρεσης: Εκτελούν την εξαγωγή από το σύνθετο οπτικό σήμα, ενός ή περισσότερων οπτικών καναλιών.
22. Οπτικοί διασταυρωτήρες: Διάταξη N οπτικών εισόδων και N οπτικών εξόδων η οποία δρομολογεί οπτικά κανάλια από οποιαδήποτε είσοδο σε οποιαδήποτε έξοδο.
23. Φύλλο δεδομένων (datasheet) ενός ηλεκτρονικού εξαρτήματος: Συλλογή όλων των μηχανικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του εξαρτήματος και, επιπλέον, μπορεί να περιέχει πληροφορίες για τη χρήση του, να προτείνει παραδείγματα εφαρμογών κ.λπ.
24. Τροφοδοτικό συνεχούς (DC): Επιτραπέζιες συσκευές που λειτουργούν με την AC τάση του ηλεκτρικού δικτύου και παρέχουν σταθερή DC τάση.
25. Απλό τροφοδοτικό συνεχούς LS1130: Σταθεροποιημένο τροφοδοτικό γενικού σκοπού με μία έξοδο. Παρέχει 0-30Vdc ρυθμιζόμενα με δύο ροοστάτες διαφορετικής ευαισθησίας για ακριβή ρύθμιση της επιθυμητής τιμής.
26. Τριπλό τροφοδοτικό συνεχούς LS1330: Σταθεροποιημένο τροφοδοτικό γενικού σκοπού με τρεις εξόδους. Παρέχει δύο εξόδους ρυθμιζόμενης τάσης 0-30Vdc με δυνατότητα λειτουργίας CV ή CC όπως ακριβώς το απλό τροφοδοτικό της προηγούμενης παραγράφου.
27. Πολύμετρο (multimeter): Μετρητικό όργανο που συγκεντρώνει τη δυνατότητα μέτρησης των περισσότερων ηλεκτρικών μεγεθών (τάση, ένταση, αντίσταση, κ.λπ.) σε ένα και μόνο όργανο.

28. Γεννήτριες σήματος: Ηλεκτρονικές συσκευές που παρέχουν συνήθως τάσεις ημιτονικές (οπότε και λέγονται ταλαντωτές), αλλά μπορούν επιπλέον να παρέχουν τάσεις τετραγωνικής, πριονωτής ή άλλης μορφής και τότε χαρακτηρίζονται ως γεννήτριες συναρτήσεων.
29. Παλμογράφος (oscilloscope): Επιτρέπει την απεικόνιση της χρονικής εξέλιξης ηλεκτρικών σημάτων και παρέχει πληροφορίες γι' αυτά, τις οποίες δεν μπορούμε να πάρουμε με ένα κοινό πολόμετρο.



ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ - ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΠΑΡΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

2011