ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 3, No 1 (2020)

Μετάδοση μηνυμάτων με ορατό φως: Η περίπτωση των οπτικών ινών

Ιάσονας Διαμαντάκος, Σπύρος Ζαχαράτος, Έλμα Κάσδαγλη, Γιώργος Καστής, Νεφέλη Κωνσταντίνου, Φώτης Κωνσταντίνου, Ευαγγελία Μαρματσούρη, Ιωάννης Γράψας, Ιωάννης Γάτσιος

doi: 10.12681/osj.22403

Copyright © 2020, Ιάσονας Διαμαντάκος, Σπύρος Ζαχαράτος, Έλμα Κάσδαγλη, Γιώργος Καστής, Νεφέλη Κωνσταντίνου, Φώτης Κωνσταντίνου, Ευαγγελία Μαρματσούρη, Ιωάννης Γράψας, Ιωάννης Γάτσιος

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

Διαμαντάκος Ι., Ζαχαράτος Σ., Κάσδαγλη Έ., Καστής Γ., Κωνσταντίνου Ν., Κωνσταντίνου Φ., Μαρματσούρη Ε., Γράψας Ι., & Γάτσιος Ι. (2020). Μετάδοση μηνυμάτων με ορατό φως: Η περίπτωση των οπτικών ινών. *Open Schools Journal for Open Science*, *3*(1). https://doi.org/10.12681/osj.22403

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 06/05/2024 17:14:14

Open Schools Journal for Open Science

Volume 4

Μετάδοση μηνυμάτων με ορατό φως: Η περίπτωση των οπτικών ινών

Ιάσονας Διαμαντάκος[1], Σπύρος Ζαχαράτος[1], Έλμα Κάσδαγλη[1], Γιώργος Καστής[1], Νεφέλη Κωνσταντίνου[1], Φώτης Κωνσταντίνου[1], Ευαγγελία Μαρματσούρη[2], Ιωάννης Γράψας[2], Ιωάννης Γάτσιος[3]

[1] 2ο Γενικό Ενιαίο Λύκειο Παλαιού Φαλήρου, Αθήνα, Ελλάδα
[2] Φυσικός, 26ο ΓΕΛ Αθηνών - Μαράσλειο, Αθήνα, Ελλάδα
[3] τ. Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Δ΄ Αθήνας, Αθήνα, Ελλάδα

Περίληψη

Οι οπτικές ίνες είναι το κύριο μέσο μετάδοσης σήματος στη σύγχρονη επικοινωνία. Παράλληλα τα LED χρησιμοποιούνται σε πάρα πολλές εφαρμογές εγκαταστάσεων και εξοπλισμού, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων τους. Η κατασκευή ενός λειτουργικού προσομοιώματος οπτικής ίνας στο σχολικό εργαστήριο και η χρήση της για τη μετάδοση μηνυμάτων με ορατό φως, αποτελεί την ερευνητική εργασία που έχουμε αναλάβει. Η διαδικασία περιλαμβάνει την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται τόσο με την κατασκευή της οπτικής ίνας, όσο και με την κατασκευή συστοιχίας λαμπτήρων LED για την παραγωγή μιας ποικιλίας φωτεινών μηνυμάτων, αλλά και με ζητήματα, όπως η κωδικοποίηση και η καταγραφή των μηνυμάτων που μεταδίδονται με τη βοήθεια της οπτικής ίνας. Η ολοκλήρωση της κατασκευής του προσομοιώματος οπτικής ίνας και των διατάξεων που επιτρέπουν την παραγωγή και την καταγραφή κωδικοποιημένων μηνυμάτων, αναμένεται να αποτελέσει μια πειστική προσομοίωση της σύγχρονης τεχνολογίας επικοινωνιών.

Λέξεις κλειδιά

Φως, οπτική ίνα, κωδικοποίηση, μηνύματα

Οι ανάγκες της σύγχρονης ζωής απαιτούν πολύ γρήγορη και αξιόπιστη μετάδοση πληροφοριών με σχεδόν μηδενικές απώλειες σε μεγάλες αποστάσεις. Προκειμένου να μεταφέρουμε ένα μήνυμα – πληροφορία χρειαζόμαστε μια πηγή φωτός, ένα μέσον μετάδοσης και βέβαια τον παραλήπτη που θα λάβει και θα αποκωδικοποιήσει το μήνυμα. Χρησιμοποιούμε ως πηγή φωτός λαμπτήρες LED επειδή έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, το χαμηλό κόστος συντήρησης, το μικρό μέγεθός τους , η μεγάλη διάρκεια ζωής τους και ο μικρός χρόνος απόκρισής τους πράγμα που οδηγεί στην εφαρμογή τους σε πληθώρα εγκαταστάσεων.

Ως μέσον μετάδοσης χρησιμοποιήσαμε οπτικές ίνες αφού η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων μέσω οπτικών ινών είναι τεράστια, σχεδόν ίση με την ταχύτητα του φωτός και οι απώλειες είναι σχεδόν μηδενικές. Οι οπτικές ίνες έχουν μπει για τα καλά στη ζωή μας και οφείλουμε να εξοικειωθούμε με τα συστήματα μετάδοσης οπτικών ινών. Κατασκευάσαμε αρχικά ένα προσομοίωμα οπτικής ίνας με απλά υλικά προκειμένου να γίνει κατανοητή και « ορατή » η φυσική αρχή πάνω στην οποία βασίζεται η λειτουργία της και στην συνέχεια μία διάταξη που μπορεί να παράγει κωδικοποιημένα μηνύματα και προτείναμε έναν χρωματικό κώδικα.

ΔΙΟΔΟΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΦΩΤΟΣ (LED**:** Light Emitting Diode**)**

Ημιαγωγοί

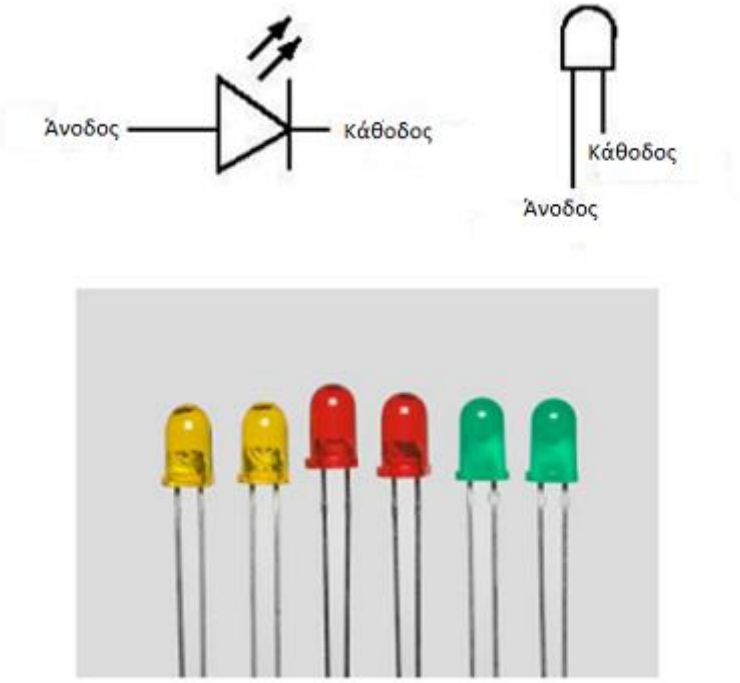
Οι ημιαγωγοί είναι υλικά που έχουν ιδιότητες που κατατάσσονται ανάμεσα στις ιδιότητες των μονωτών και εκείνες των αγωγών. Τέτοια υλικά είναι το πυρίτιο (Si) και το γερμάνιο (Ge) . Εάν προσθέσουμε στους ημιαγωγούς λίγες προσμίξεις διαφορετικών ατόμων μπορούμε να μεταβάλλουμε δραστικά τις ιδιότητές τους. Όταν προσμειχθούν με στοιχεία που τους αποδίδουν περίσσια ηλεκτρονίων, τότε ονομάζονται ημιαγωγοί τύπου «**n**», ενώ εάν προσμειχθούν με στοιχεία που τους αποδίδουν περίσσια οπών, τότε ονομάζονται ημιαγωγοί τύπου «**p»** (Φυσική Β λυκείου, Serway) **.**

LED

Δίοδος φωτοεκπομπής (LED, Light Emitting Diode) αποκαλείται ένας ημιαγωγός (επαφή p-n), ο οποίος όταν πολωθεί ορθά τον διαπερνά ρεύμα και εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία. Στα LED για την αναγνώριση των ακροδεκτών τους ο ένας ακροδέκτης είναι μακρύτερος από τον άλλον και δηλώνει την άνοδο (εικόνα 1). Η τάση που λειτουργούν τα LED κυμαίνεται από 1.5 μέχρι 3V και το ρεύμα γύρω στα 20mA, μεγέθη όμως που εξαρτώνται από τον τύπο και το χρώμα του LED. Επίσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η ανάστροφη τάση που αντέχει ο λαμπτήρας LED. Αν η τάση αυτή ξεπεραστεί, που συνήθως είναι γύρω στα 3 με 11V η δίοδος καταστρέφεται. Οι δίοδοι εκπομπής φωτός (LED) μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε σχεδόν μονοχρωματικό φως με τρόπο άμεσο, που δεν συνοδεύεται από σημαντική εκπομπή θερμότητας προς το περιβάλλον

Στην σημερινή εποχή, τα LED προσφέρονται σε διάφορα είδη αλλά και χρώματα (εικόνα 1) (Ζάρδας Δ. 2014). Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται, εξαρτάται από τη χημική σύσταση του ημιαγωγού

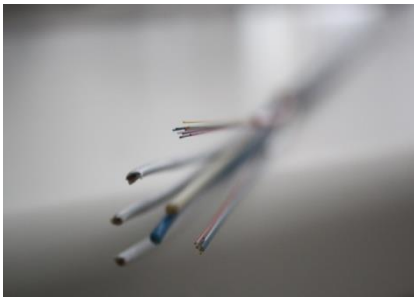
που χρησιμοποιείται και μπορεί να είναι φως ορατό, υπεριώδες ή υπέρυθρο (Γαλανάκης Ε. 2017). Τα μικρά LED είναι κυρίως μονοχρωματικά. Το μικρό μέγεθός τους περιορίζει το ρεύμα που μπορεί να τα διαπεράσει, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από 1 mA για τα χαμηλής ισχύος, έως και τα 20 mA για τα υπερυψηλής ισχύος. Συνήθως έρχονται με ενσωματωμένη αντίσταση για να μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν σε τροφοδοτικό των 5 ή 12 Volts.



Εικόνα 1 Σχηματική αναπαράσταση και πραγματική μορφή διόδων

Τα LED ορατού φωτός χρησιμοποιούνται σε πάρα πολλές εφαρμογές εγκαταστάσεων και εξοπλισμού ως δείκτες αλλά και σηματοδότες, λόγω του μικρού μεγέθους τους, της πολύ μικρής κατανάλωσης αλλά και του χαμηλού κόστους συντήρησης. Τέλος χρησιμοποιούνται στην **μετάδοση πληροφοριών μέσω οπτικών ινών**, όπου αν και ο άνθρωπος δεν βλέπει το φως, διότι μεταδίδεται μέσα σε καλώδιο, χρησιμοποιείται ορατό φως .

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ



Εικόνα 2 Καλώδιο οπτικών ινών

Οι **οπτικές ίνες**, είναι πολύ λεπτά νήματα από πλαστικό ή γυαλί, όπου από μέσα τους, μεταδίδονται ψηφιακά δεδομένα, υπό μορφή φωτός. Ένα καλώδιο οπτικών ινών (εικόνα 2), περιέχει μέσα του 10άδες ή και 100άδες πολύ λεπτές τέτοιες οπτικές ίνες, σε διάμετρο, μικρότερη και από μία τρίχα.

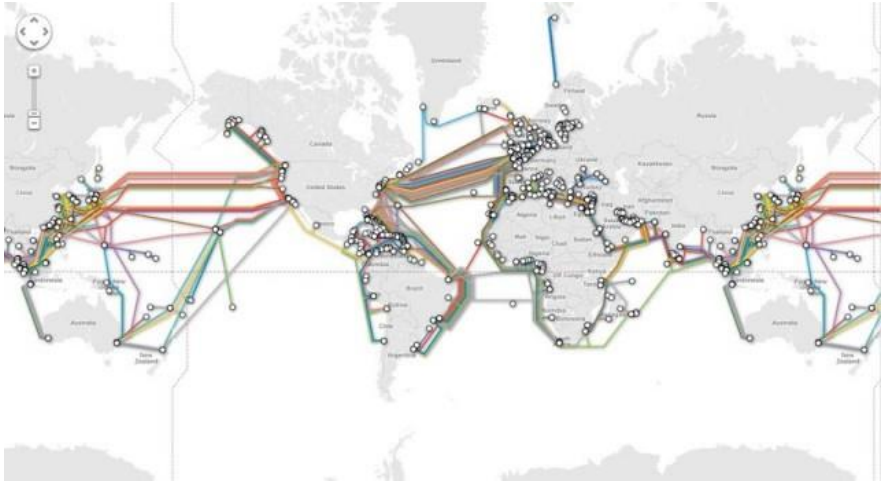
Τα ψηφιακά κύματα φωτός, ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός μέσα από την οπτική ίνα, με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της οπτικής ίνας. Οι ανακλάσεις αυτές, γίνονται στα τοιχώματα, σε γωνία μικρότερη των 42 μοιρών, με αποτέλεσμα να λειτουργούν τα τοιχώματα σαν καθρέφτες (**ολική ανάκλαση)** και είναι η αιτία που τα κύματα φωτός μένουνε μέσα στην οπτική ίνα, συνεχίζοντας το ταξίδι τους μέχρι το άλλο άκρο, χωρίς να βγαίνουν-χάνονται έξω από την ίνα.

Υπάρχουν οι οπτικές ίνες απλού τύπου , όπου τα κύματα φωτός ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή και μπορούμε να στείλουμε δεδομένα σε μεγάλες αποστάσεις και οι πολλαπλού τύπου που μπορούν να στείλουν παράλληλα, σε ξεχωριστό μονοπάτι, πολλά κύματα φωτός. Το κάθε κύμα φωτός, εισέρχεται στην οπτική ίνα με ελαφρώς διαφορετική γωνία σε σχέση με τα άλλα, και ακολουθεί το δικό του μονοπάτι μέσα της, μέσω των διαδοχικών ανακλάσεων στο περίβλημα. Στον πίνακα Ι αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των οπτικών ινών (citytec).

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων	Ακριβές
Εξαιρετικά γρήγορη μεταφορά	Εύθραυστες
Τα δεδομένα ταξιδεύουν χωρίς παρεμβολές	Σχετικά δύσκολη εγκατάσταση
Λεπτές και ελαφρές	Αποφυγή υπερβολικής κάμψης λόγω πιθανής ύπαρξης απωλειών
Ψηφιακά δεδομένα: γρήγορη κωδικοποίηση – αποκωδικοποίηση με αμελητέες απώλειες	

Πίνακας 1 Οπτικές ίνες: πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Στη δεκαετία του 1980 αναπτύχθηκαν καλώδια οπτικών ινών. Το πρώτο διατλαντικό τηλεφωνικό καλώδιο για τη χρήση οπτικών ινών ήταν το TAT-8, το οποίο τέθηκε σε λειτουργία το 1988. Υποβρύχια καλώδια τηλεπικοινωνιών με διάμετρο 69 χιλιοστά μεταφέρουν το 99% του **διεθνούς traffic** (Internet, τηλεφωνία, προσωπικά δεδομένα) συνδέοντας κάθε ήπειρο της Γης, με εξαίρεση την Ανταρκτική. Αυτά τα εκπληκτικά καλώδια οπτικών ινών διασχίζουν τους ωκεανούς για εκατοντάδες χιλιάδες χιλιόμετρα. Στην εικόνα 3 φαίνεται ένας χάρτης του Παγκόσμιου Υποθαλάσσιου Καλωδιακού Δικτύου (digitallife)



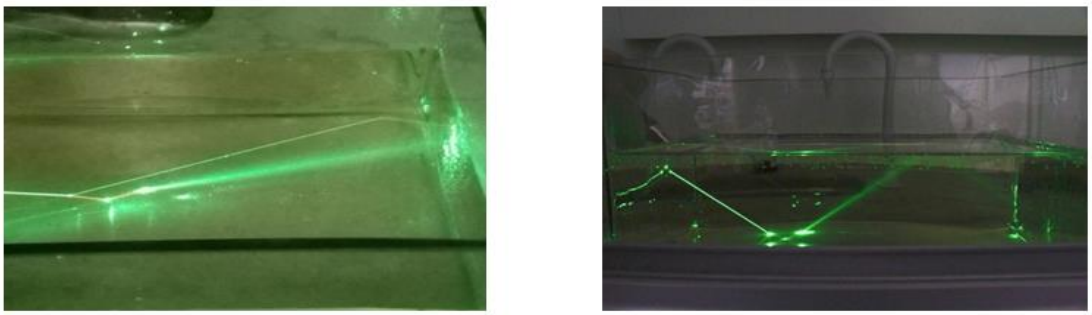
Εικόνα 3: Υποθαλάσσιο Καλωδιακό Δίκτυο

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ¨ΚΑΛΩΔΙΟΥ¨ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Φαινόμενο ολικής ανάκλασης

Μπορούμε να δούμε το φαινόμενο της **ολικής ανάκλασης** με το εξής εύκολο πείραμα: γεμίζουμε με νερό μια λεκάνη, λίγο παραπάνω από τη μέση και ρίχνουμε πολύ μικρή ποσότητα διχρωμικού καλίου. Το διάλυμα παίρνει ένα κιτρινωπό χρώμα και έτσι μπορούμε να δούμε το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης. Με ένα πράσινο lazer ρίχνουμε φως από το πλάι της λεκάνης.

Στην εικόνα 4 φαίνεται πολύ καθαρά η ολική ανάκλαση του φωτός του laser από δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες



Εικόνα 4 Ολική ανάκλαση του φωτός του laser από δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες

Το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης βρίσκει εφαρμογή στις οπτικές ίνες. Κατασκευάσαμε μια προσομοίωση οπτικής ίνας χρησιμοποιώντας έναν διαφανή πλαστικό σωλήνα διαμέτρου περίπου 8mm και μήκους περίπου 1m (εικόνα 5). Εάν ρίξουμε το φως ενός laser στη μία άκρη του σωλήνα θα δούμε τα φαινόμενα της ολικής ανάκλασης αλλά και της διάθλασης. Αποτέλεσμα είναι το φως να μην φτάνει στην άλλη άκρη της οπτικής ίνας.

Εικόνα 5 Προσομοίωση οπτικής ίνας

Προκειμένου να αυξήσουμε τον δείκτη διάθλασης του σωλήνα τον γεμίζουμε με γλυκερίνη και κλείνουμε με τάπες από πλεξιγκλάς τα δύο άκρα του. Για να εμποδίσουμε ακόμα περισσότερο το φαινόμενο της διάθλασης - ώστε να μην διαφύγει το φως από τον σωλήνα - τυλίξαμε τον σωλήνα με αλουμινόχαρτο. Εάν φωτίσουμε με ένα laser το ένα άκρο του σωλήνα τότε θα δούμε το φως να εξέρχεται από το άλλο άκρο. Στις εικόνες 6α και 6β φαίνεται το άκρο της ¨οπτικής ίνας¨ που κατασκευάσαμε όταν δεν φωτίζεται (εικόνα 6α) και όταν φωτίζεται (εικόνα 6β) το άλλο της άκρο.

Εικόνα 6α το άκρο της ¨οπτικής ίνας¨ όταν δεν φωτίζεται

Εικόνα 6β το άκρο της ¨οπτικής ίνας¨ όταν φωτίζεται

Στις εικόνες 6α και 6β φαίνεται και ο διαφανής σωλήνας όπως ήταν αρχικά και όπως τον διαμορφώσαμε αφού τον γεμίσαμε με γλυκερίνη και τον τυλίξαμε με αλουμινόχαρτο. Στην εικόνα

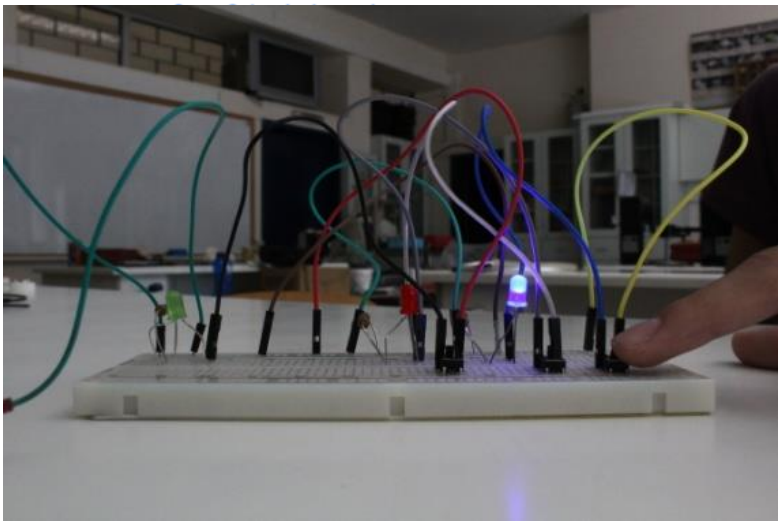
6β έχουμε ρίξει το φως ενός πράσινου laser στο ένα άκρο και είναι εμφανές ότι το φώς εξέρχεται από το άλλο άκρο με ελάχιστες απώλειες. Στην εικόνα 7 φαίνεται το ίδιο πείραμα με κόκκινο laser.

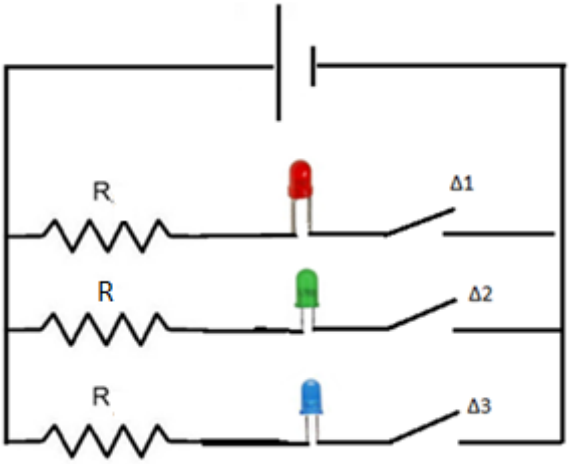
Εικόνα 7 πείραμα με κόκκινο laser

Θα μπορούσαμε να μειώσουμε ακόμα περισσότερο τις απώλειες αν καλύπταμε τον σωλήνα με μία θερμοσυστελλόμενη ράβδο.

ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΦΩΣ

Για να μεταφέρουμε κάποιο μήνυμα με τις οπτικές ίνες, φτιάξαμε την εξής διάταξη: σε ένα breadboard τοποθετήσαμε τρία led χρώματος πράσινο, κόκκινο και μπλε τα συνδέσαμε μεταξύ τους παράλληλα και το καθένα από αυτά σε σειρά με μια αντίσταση περίπου 200 Ω και έναν διακόπτη. Το κάθε σύστημα αντίσταση - led - διακόπτης συνδέθηκε παράλληλα με τα υπόλοιπα όμοια συστήματα και παράλληλα με μια συστοιχία μπαταριών συνολικά 4,5V. Πατώντας επιλεκτικά τον διακόπτη ανάβει το αντίστοιχο LED (εικόνα 8)



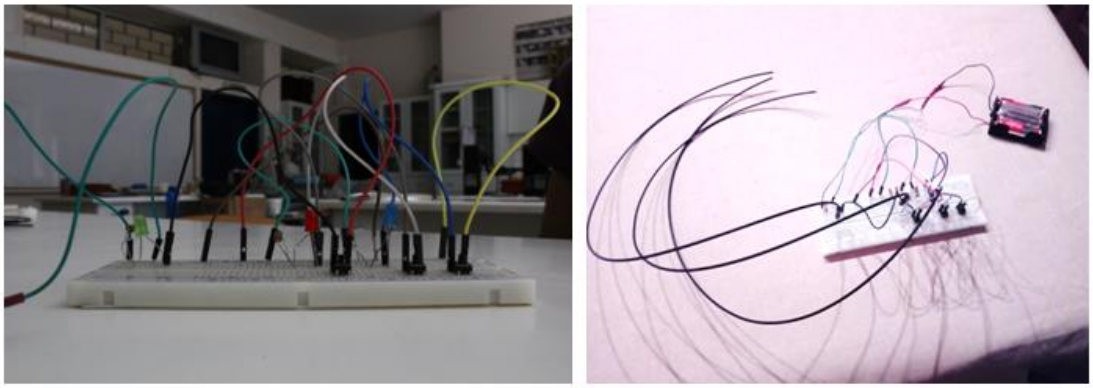


Εικόνα 8 Διακόπτης

Εικόνα 8α Κύκλωμα

Καλύπτουμε κάθε Led με ένα μικρό κομμάτι από θερμοσυστελλόμενη ράβδο μαύρου χρώματος , στο άλλο άκρο της οποίας εφαρμόζουμε σε μια οπτική ίνα, ώστε να μεταφέρεται το φως από το led μέσω της οπτικής ίνας σε όποια απόσταση επιθυμούμε.

Προκειμένου να μεταφέρουμε σε μεγαλύτερες αποστάσεις τα μηνύματα, συνδέουμε κάθε LED με μια οπτική ίνα –καλύπτοντας το LED - ώστε το φως του να μεταφέρεται μέσω της οπτικής ίνας σε όποια απόσταση θέλουμε. Έτσι στο άλλο άκρο της οπτικής ίνας βλέπουμε το φως του LED. Συνολικά από κάθε breadboard φεύγουν τρεις οπτικές ίνες, μία για κάθε χρώμα (εικόνα 9).



Εικόνα 9 ***οπτικές ίνες και χρώμα***

Αν έχουμε ορίσει έναν **χρωματικό κώδικα** (εικόνα 10), μπορούμε να αποκωδικοποιούμε τα μηνύματα. Προτείνουμε τον παρακάτω χρωματικό κώδικα:

Τα φωνήεντα ξεκινάνε πάντα από κόκκινο και τα σύμφωνα από πράσινο ή μπλε. Η κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση μηνυμάτων με τη χρήση του χρωματικού κώδικα που προτείνουμε θα

μπορούσε να έχει εφαρμογή στην μεταφορά πληροφορίας. Ο δέκτης των μηνυμάτων θα έχει τρεις φωτοδιόδους με τα χρώματα που έχουμε επιλέξει δηλαδή μπλε, κόκκινο, πράσινο . Η κάθε φωτοδίοδος παράγει ρεύμα αν πέσει πάνω της φως κατάλληλου χρώματος. Αν οι φωτοδίοδοι συνδεθούν με μικροελεγκτή -ο οποίος χρησιμοποιώντας τον προτεινόμενο χρωματικό κώδικα - αποκωδικοποιεί τα σήματα- τότε θα μπορούσε να εμφανισθεί το μήνυμα στην οθόνη του δέκτη.

Εικόνα 10 Χρωματικός κώδικας

Η φωτεινή ενέργεια διαδραματίζει σήμερα- όπως και στο παρελθόν- σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία μας. Οι οπτικές ίνες είναι σε θέση να μεταφέρουν πληροφορίες σε πολύ μεγάλες αποστάσεις και αποτελούν ένα κυρίαρχο κομμάτι των σύγχρονων τηλεπικοινωνιών. Στη παρούσα εργασία δείξαμε ότι η οπτική ίνα βασίζεται σε μια γνωστή αρχή της οπτικής φυσικής – την ολική ανάκλαση και ότι εύκολα μπορούμε να την προσομοιάσουμε. Χρησιμοποιώντας απλά υλικά και με φθηνό κόστος μπορούμε να φτιάξουμε ένα απλό δίκτυο οπτικών ινών χρησιμοποιώντας ως φωτεινή πηγή LED διαφόρων χρωμάτων και ως μέσο μεταφοράς καλώδιο οπτικών ινών. Προτιμήσαμε το breadboard για να μειώσουμε το μέγεθος της διάταξής μας, ωστόσο θα μπορούσε να γίνει και με τα γνωστά κυκλώματα που υπάρχουν σε ένα σχολικό εργαστήριο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές του 2ου Λυκείου Π. Φαλήρου για την ηθική τους συμπαράσταση και τις ώρες που μας διέθεσαν ώστε να μπορέσουμε να ετοιμάσουμε αυτήν την

πειραματική διάταξη και ιδιαίτερα τον κ$_{ο}$ Παναγιώτη Παπαδόπουλο, Χημικό, που μας βοήθησε στα πειράματα στο εργαστήριο φυσικών επιστημών του σχολείου μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γαλανάκης Ε. (2017), *Τεχνολογία Λαμπτήρων Led : Η Επίδραση Τους Στην Ποιότητα Ισχύος Και Οι Επιπτώσεις Τους Στο Περιβάλλον*, Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

Ζάρδας Δ. (2014), *Μελέτη Φωτισμού Συγκροτήματος Γραφείων Με Τεχνολογία Led*, Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τμήμα Ηλεκτρολογίας

Φυσική Β΄ Γενικού Λυκείου Γενικής Παιδείας Βιβλίο Μαθητή

Bilstein, R. and Anderson, F. (n.d.). *Orders of magnitude*, σελ. 5

Γνώρισε τα υποθαλάσσια καλώδια που συνδέουν τον κόσμο, Διαδικτυακή Πηγή: https://www.digitallife.gr/undersea-cables-that-connect-the-world-96802

http://www.citytec.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=82&Itemid=55