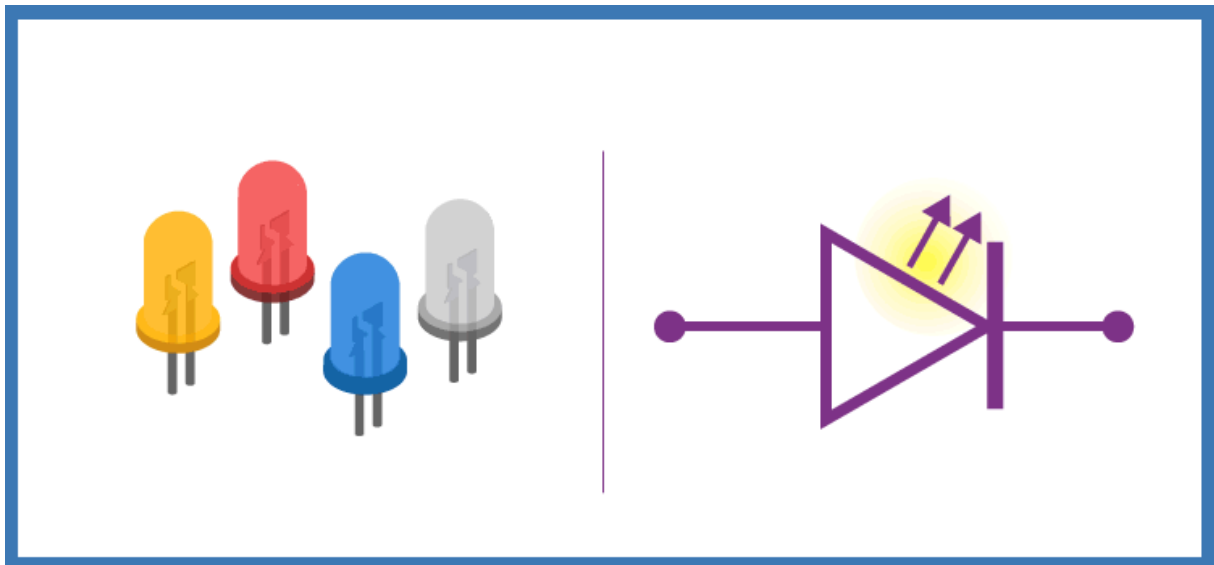


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Σχεδίαση και υλοποίηση φωτιστικού τεχνολογίας
LED»



Των φοιτητών: Σαλαμανόπουλου
Γεώργιου και Πεταλόπουλου
Αβράμ
Αρ. Μητρώου: 517124 / 517319

Ημερομηνία 06/05/2025

Επιβλέπων
Ονοματεπώνυμο
Κιοσκερίδης Ν. Ιορδάνης
Βαθμίδα Καθηγητής

Τίτλος Δ.Ε. Σχεδίαση και υλοποίηση φωτιστικού τεχνολογίας LED

Κωδικός Δ.Ε. 24118

Όνοματεπώνυμο φοιτητή/τών Σαλαμανόπουλος Γεώργιος, Πεταλόπουλος Αβραάμ

Όνοματεπώνυμο εισηγητή Κιοσκερίδης Ν. Ιορδάνης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 06/02/2024

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 29/04/2025

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία των φοιτητών Σαλαμανόπουλου Γεώργιου και Πεταλόπουλου Αβραάμ που την εκπόνησε/αν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητα και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Πρόλογος

Σε μια εποχή ταχείας εξέλιξης και προόδου η ανθρωπότητα προσπαθεί να καλύψει τις απαιτούμενες ανάγκες της με όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος, σε ενέργεια, στο περιβάλλον, τις πρώτες ύλες κ.τ.λ.. Κάπως έτσι λοιπόν και εμείς σκεφτήκαμε, ώστε να εκπονήσουμε την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία για τους λαμπτήρες τεχνολογίας LED, οι οποίοι έχουν μεγάλη απήχηση στην εποχή μας λόγω των πολλών εφαρμογών σε διάφορους τομείς. Με το σύνολο των γνώσεων που έχουμε συλλέξει από το τμήμα μας σε συνδυασμό με την τριβή μας στα ηλεκτρονικά, προσπαθούμε να αναδείξουμε τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας των LED που την καθιστούν αναντικατάστατη στην εποχή μας.

Περίληψη

Η συγκεκριμένη μελέτη και υλοποίηση έχει ως στόχο να δείξει τα βήματα προς την κατασκευή ενός απλού φωτιστικού που διέπεται από τα πλήρη χαρακτηριστικά της τεχνολογίας των Leds. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας δίνει την δυνατότητα σε πολλούς από τους τομείς της, να βρίσκουν εφαρμογή και σε διαφορετικούς κλάδους από αυτούς για τους οποίους προορίζονταν. Έτσι στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται εκτενώς ο ρόλος του φωτός και πως είναι δυνατή η εξ' ολοκλήρου κατασκευή με εναλλακτικές μεθόδους, ενός σύγχρονου και πλήρους αποδοτικού φωτιστικού. Ξεκινώντας την ανάλυση στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή ως προς τους τρόπους τις μεθόδους και τις τεχνολογικές εξελίξεις των φωτιστικών σωμάτων. Στο κεφάλαιο δεύτερο γίνεται αναφορά στις διόδους και τους τύπους αυτών, οι οποίοι μας εξυπηρετούν για διάφορες εφαρμογές. Στο κεφάλαιο τρίτο και τέταρτο εμβαθύνουμε στοχευμένα στις τεχνολογίες των Leds και πως αυτές βρίσκουν εφαρμογή στους τρόπους φωτισμού, καθώς και στα κυκλώματα με τα οποία γίνεται η διαχείριση των στοιχείων αυτών. Τα επόμενα τρία κεφάλαια που ακολουθούν παρουσιάζουν την προσωπική μας υλοποίηση, τα αποτελέσματα που εξήχθησαν και τις προτάσεις προς βελτίωση που έχουμε εντοπίσει. Βασικός στόχος της εργασίας μας αυτής είναι η ενδεχόμενη μετάβαση από παλαιότερα φωτιστικά σώματα μειωμένης απόδοσης, σε αποδοτικότερα και ευκολότερα στην χρήση, τα οποία θα έχουν εφαρμογή σε περισσότερους από έναν τομείς.

«Design and implementation of LED lighting technology»

«Salamanopoulos George, Petalopoulos Avraam»

Abstract

This study and implementation aim to outline the steps for constructing a simple lighting fixture that fully incorporates the characteristics of LED technology. The rapid advancement of technology enables various fields to find applications beyond their original intended use. In this thesis, the role of light is thoroughly analyzed, along with the possibility of designing and constructing a modern and highly efficient lighting fixture using alternative methods. The analysis begins in the first chapter with a historical overview of lighting methods, technologies, and their evolution over time. The second chapter focuses on diodes and their various types, highlighting their applications in different fields. In the third and fourth chapters, we delve deeper into LED technologies, examining their role in lighting applications as well as the circuits used to manage these components. The following three chapters present our own implementation, the results obtained, and proposed improvements based on our findings. The primary objective of this study is to facilitate the transition from older, less efficient lighting systems to more efficient and user-friendly alternatives, which can be applied across multiple sectors

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας και όλους όσους στάθηκαν δίπλα μας σε αυτή την δύσκολη ακαδημαϊκή περίοδο στις ζωές μας, καθώς και τους καθηγητές του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων για όσα εφόδια μας έδωσαν.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| Πρόλογος..... | 3 |
| Περίληψη..... | 4 |
| Abstract..... | 5 |
| Ευχαριστίες..... | 6 |
| Περιεχόμενα..... | 7 |
| Περιεχόμενα..... | 8 |
| Περιεχόμενα..... | 9 |
| Κατάλογος Εικόνων..... | 10 |
| Κατάλογος Πινάκων..... | 11 |
| Συντομογραφίες..... | 12 |
| Κεφάλαιο 1ο: Ανάπτυξη σωμάτων φωτισμού..... | 13 |
| 1.1 Εισαγωγή..... | 13 |
| 1.2 Λάμπα λαδιού..... | 14 |
| 1.3 Λάμπα αερίου..... | 15 |
| 1.4 Λάμπα πυράκτωσης..... | 16 |
| 1.5 Λάμπες φθορίου και cfl..... | 17 |
| 1.5.1 Λαμπτήρες cfl..... | 18 |
| 1.6 Λάμπα Led..... | 20 |
| Κεφάλαιο 2ο: Δίοδοι..... | 22 |
| 2.1 Εισαγωγή..... | 22 |
| 2.2 Δομή και λειτουργία διόδου..... | 22 |
| 2.2.1 Δομή της διόδου..... | 23 |
| 2.3 Αρχή λειτουργίας διόδου..... | 23 |
| 2.3.1 Χωρίς εφαρμογή τάσης (No Bias)..... | 24 |
| 2.3.2 Πόλωση προς τα Εμπρός (Forward Bias)..... | 25 |
| 2.3.3 Πόλωση προς τα Πίσω (Reverse Bias)..... | 25 |
| 2.4 Χαρακτηριστικά μεγέθοι..... | 26 |
| 2.4.1 Μέγιστο ρεύμα ορθής φοράς (IF)..... | 26 |
| 2.4.2 Μέγιστη επαναλαμβανόμενη ανάστροφη τάση (VRRM)..... | 27 |
| 2.4.3 Μέγιστη ορθή τάση (VF)..... | 27 |
| 2.4.4 Μέγιστο ανάστροφο ρεύμα (IR)..... | 28 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.4.5 | Θερμοκρασία λειτουργίας (TJ)..... | 28 |
| 2.5 | Δίοδος Schottky..... | 29 |
| 2.6 | Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της διόδου σε σύγκριση με άλλα εξαρτήματα..... | 30 |
| 2.6.1 | Πλεονεκτήματα της διόδου..... | 30 |
| 2.6.2 | Μειονεκτήματα της διόδου..... | 31 |
| Κεφάλαιο 3ο: Led chips..... | | 31 |
| 3.1 | Εισαγωγή..... | 31 |
| 3.2 | Χαρακτηριστικά των LED..... | 32 |
| 3.2.1 | Αποδοτικότητα ακτινοβολίας φωτισμού..... | 32 |
| 3.3 | Φωτεινή αποτελεσματικότητα και θερμότητα φωτός..... | 32 |
| 3.4 | Δομή των Leds..... | 33 |
| 3.5 | Συστοιχίες των Leds..... | 33 |
| 3.6 | Χρωματικός διαχωρισμός των Led..... | 34 |
| 3.7 | Μοτίβα κατανομής φωτός..... | 35 |
| 3.7.1 | Τύποι διαχωρισμού μοτίβων φωτισμού μιας συστοιχίας Leds..... | 37 |
| Κεφάλαιο 4ο: Κυκλώματα ισχύος τροφοδοσίας των Led..... | | 39 |
| 4.1 | Εισαγωγή..... | 39 |
| 4.2 | Buck converter..... | 39 |
| 4.2.1 | Δομή..... | 39 |
| 4.2.2 | Τρόπος λειτουργίας..... | 39 |
| 4.2.2.1 | Λειτουργία συνεχούς αγωγιμότητας (CCM)..... | 40 |
| 4.2.2.2 | Λειτουργία ασυνεχούς αγωγιμότητας (DCM)..... | 41 |
| 4.2.2.3 | Λειτουργία οριακής αγωγιμότητας (BCM)..... | 42 |
| 4.2.3 | Εφαρμογές..... | 42 |
| 4.3 | Κυκλώματα υψηλών τάσεων τροφοδοσίας Led..... | 43 |
| 4.4 | Συνδυασμός των μεθόδων..... | 44 |
| 4.5 | Σύγχρονες εφαρμογές..... | 46 |
| Κεφάλαιο 5ο: Κατασκευή..... | | 47 |
| Κεφάλαιο 6ο: Μετρήσεις και αποτελέσματα..... | | 54 |
| 6.1 | Λειτουργία σε οριακές τιμές..... | 54 |
| 6.2 | Μετρήσεις αποδοτικότητας φωτισμού..... | 55 |
| 6.3 | Μετρήσεις θορύβου..... | 55 |
| 6.4 | Μετρήσεις θερμοκρασιών..... | 57 |

| | |
|--|----|
| Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης..... | 58 |
| 7.1 Συμπεράσματα..... | 58 |
| 7.2 Προτάσεις βελτίωσης..... | 59 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 60 |

Κατάλογος Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1.1: Λάμπα λαδιού..... | 14 |
| Εικόνα 1.2: Λαμπτήρας αερίου..... | 16 |
| Εικόνα 1.3: Συμβατικός λαμπτήρας πυράκτωσης..... | 17 |
| Εικόνα 1.4: Λαμπτήρας φθορίου..... | 19 |
| Εικόνα 1.5: Λαμπτήρας cfl..... | 20 |
| Εικόνα 1.6: Λάμπα Led..... | 21 |
| Εικόνα 2.1: Τύποι διόδων..... | 22 |
| Εικόνα 2.2: Εσωτερική δομή διόδου..... | 22 |
| Εικόνα 2.3: Χαρακτηριστική I-V διόδου..... | 24 |
| Εικόνα 2.4: Κατάσταση ηρεμίας..... | 25 |
| Εικόνα 2.5: Ορθή πόλωση..... | 25 |
| Εικόνα 2.6: Ανάστροφη πόλωση..... | 26 |
| Εικόνα 2.7: 1N4001 IF(rated)/T..... | 27 |
| Εικόνα 2.8: 1N4001 Ποσοστιαία τιμή ανάστροφης τάσης..... | 27 |
| Εικόνα 2.9: 1N4001 Ορθή τάση..... | 28 |
| Εικόνα 3.0: Εσωτερική δομή διόδου Schottky..... | 29 |
| Εικόνα 3.1: Χαρακτηριστική I-V διόδου Schottky..... | 30 |
| Εικόνα 3.2: Φάσμα θερμοκρασίας χρώματος..... | 32 |
| Εικόνα 3.3: Τυπική μορφή Led..... | 33 |
| Εικόνα 3.4: Τύποι των Leds..... | 35 |
| Εικόνα 3.5: Κατανομή φωτός UV SMD Led PLCC-2..... | 35 |
| Εικόνα 3.6: Κατανομή φωτός Led MV5754A..... | 36 |
| Εικόνα 3.7: Τυπική χωρική κατανομή φωτός XP-G2 Led..... | 36 |
| Εικόνα 3.8: Κατανομή φωτός Infrared Led TSAL6100..... | 36 |
| Εικόνα 3.9: Μοντέλα κατανομής φωτισμού..... | 37 |
| Εικόνα 4.1: Κυματομορφές σε λειτουργία CCM..... | 40 |
| Εικόνα 4.2: Κυματομορφές σε λειτουργία DCM..... | 41 |
| Εικόνα 4.3: Μετατροπή AC-DC για τροφοδοσία των Leds..... | 43 |
| Εικόνα 4.4: Συνδυαστικό κύκλωμα ελέγχου και μετατροπέα Buck..... | 44 |
| Εικόνα 4.5: Κύκλωμα με χρήση BP2863XJ..... | 45 |
| Εικόνα 4.6: Κύκλωμα οικιακής λάμπας Led με το chip BP5116..... | 45 |
| Εικόνα 4.7: Συσκευή dimming με PWM παλμούς..... | 46 |
| Εικόνα 4.8: Dimming με PWM παλμούς..... | 47 |
| Εικόνα 5.1: Κύκλωμα σε πλήρη λειτουργία..... | 47 |
| Εικόνα 5.2: Κύκλωμα dc-dc μετατροπέα..... | 49 |
| Εικόνα 5.3: Οθόνη ενδείξεων..... | 49 |
| Εικόνα 5.4: Λάμπα Led με csp chips..... | 50 |
| Εικόνα 5.5: Θόλος συγκέντρωσης της δέσμης φωτός..... | 50 |
| Εικόνα 5.6: Άνω όψη της κατασκευής..... | 51 |
| Εικόνα 5.7: Block διάγραμμα του κυκλώματος..... | 52 |
| Εικόνα 5.8: LTC1625 step down μετατροπέας υψηλής απόδοσης..... | 52 |
| Εικόνα 5.9: Χαρακτηριστικά μπαταρίας..... | 54 |
| Εικόνα 6.1: Μετρήσεις και γράφημα θορύβου..... | 56 |

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Τιμές μετρήσεων φωτός

Πίνακας 2: Καταγραφές θερμοκρασίας χωρίς ψύξη

Πίνακας 3: Καταγραφές θερμοκρασίας με ψύξη

Σύντομογραφίες

CFL - compact fluorescent lamp

LED - light emitting diode

SMD - surface mount device

COF - chip on film

CSP - chip scale package

PCB - printed circuit board

IGBT - insulated gate bipolar transistor

BJT - bipolar junction transistor

JFET - junction gate field effect transistor

EMI - electromagnetic interference

CCM - continuous conduction mode

DCM - discontinuous conduction mode

BCM - boundary conduction mode

PWM - pulse width modulation

RGB - red green blue

Κεφάλαιο 1ο: Ανάπτυξη σωμάτων φωτισμού

1.1 Εισαγωγή

Η ανάγκη του ανθρώπου για την χρήση φωτισμού ξεκίνησε πολλές εκατοντάδες χρόνια πίσω. Από τα αρχαία κιόλας χρόνια ο άνθρωπος για να διευκολύνει τον τρόπο ζωής του, έκανε προσπάθειες να δημιουργήσει μια πηγή φωτισμού με ότι μέσα είχε στην διάθεση του. Η πρώτη πηγή φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε ήταν το κερί, μετέπειτα ακολούθησε η λάμπα λαδιού η οποία με την καύση του υγρού που υπήρχε σε ένα μικρό δοχείο, είχε αρκετά μεγαλύτερη χρονική διάρκεια σε σχέση με το κερί.

Αργότερα υπήρξε μια τεράστια τεχνολογική ανάπτυξη καθώς εφευρέθηκε η ηλεκτρική ενέργεια και ήρθαν στο προσκήνιο οι πρώτες λάμπες που χρησιμοποίησαν ως πηγή τους το ηλεκτρικό ρεύμα για την παραγωγή φωτός. Φτάσαμε λοιπόν στην σημερινή εποχή όπου έχουμε καταλήξει να χρησιμοποιούμε περισσότερους από έναν τύπο λαμπτήρα, μολονότι δημιουργήθηκαν και άλλοι τύποι που δεν επικράτησε η χρήση τους για πολύ. Στη συνέχεια θα δούμε τα είδη των λαμπτήρων που χρησιμοποιήθηκαν ανα καιρούς μέχρι και σήμερα.

1.2 Λάμπα λαδιού

Η λάμπα λαδιού γνωστή και ως λάμπα πετρελαίου ήταν μία από τις πρώτες μορφές φωτισμού που χρησιμοποιήθηκαν πριν από την εφεύρεση των κοινών λαμπτήρων. Η εφεύρεση της λάμπας αυτής προήλθε από τον Ελβετό φυσικό François-Pierre-Amédée Argand το 1783 και αποτέλεσε ένα σημαντικό βήμα στην εξέλιξη του φωτισμού .

Όπως βλέπουμε και στην εικόνα 1.1 οι λάμπες λαδιού αποτελούνταν από ένα δοχείο που περιείχε το λάδι το οποίο λειτουργούσε ως καύσιμο για τον φωτισμό. Το δοχείο αυτό συνήθως ήταν κατασκευασμένο από γυαλί ή μέταλλο. Επίσης είχε ένα φυτίλι το οποίο βυθιζόταν στο λάδι επιτρέποντάς του να απορροφηθεί και να καλύψει ολόκληρο το φυτίλι παρέχοντας έτσι ένα σταθερό καύσιμο για την φωτιά. Στην πορεία προστέθηκε ένας ρυθμιστής βάθους για το φυτίλι όπου έδινε την δυνατότητα ρύθμισης της φλόγας ανάλογα με το ύψος του φυτιλιού που προεξείχε. Ανάβοντας την άκρη του φυτιλιού η φλόγα παρήγαγε το φως.

Οι λαμπτήρες λαδιού είχαν εφαρμογή σε διάφορους τομείς. Οι βασικές χρήσεις τους ήταν για οικιακό φωτισμό και για φωτισμό των δρόμων και των δημόσιων χώρων. Αν και οι λάμπες λαδιού δεν ήταν τόσο φωτεινές όσο οι σύγχρονοι ηλεκτρικοί λαμπτήρες, διοχέτευαν αρκετό φως ειδικά σε καταστάσεις χαμηλού φωτισμού και αυτό ήταν κάτι που διευκόλυνε αρκετά την καθημερινότητα των ανθρώπων.

Βέβαια οι λάμπες αυτές είχαν και κάποια μειονεκτήματα. Ένα από αυτά ήταν η διάρκεια ζωής της λάμπας, το δοχείο που χρειαζόταν συχνά γέμισμα και το φυτίλι που καίγονταν με την χρήση της λάμπας και έπρεπε ανα τακτά διαστήματα να αντικαθίσταται. Επίσης υπήρχε υψηλός κίνδυνος πυρκαγιάς καθώς η φλόγα ήταν εκτεθειμένη και απαιτούνταν μεγάλη προσοχή κατά την χρήση της. Τέλος η ανάφλεξη των λαμπτήρων λαδιού μπορεί να ήταν δύσκολη σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Στην πορεία τοποθετήθηκαν μικρές γυάλινες καμινάδες για την έναυση και την προστασία της φλόγας από τον αέρα αλλά και για να μειωθεί ο κίνδυνος κάποιας πυρκαγιάς.



Εικόνα 1.1: Λάμπα λαδιού

Πηγή: <https://nikokiris.gr>

1.3 Λάμπα αερίου

Η πρώτη εμπορική χρήση του φυσικού αερίου για φωτισμό έγινε το 1792 από τον William Murdoch ο οποίος χρησιμοποίησε φωταέριο για τον φωτισμό του σπιτιού του. Το 1804 ο Γερμανός εφευρέτης Friedrich Winzer ήταν το πρώτο πρόσωπο για το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για φωτισμό αερίου άνθρακα το 1804 με χρήση φυσικού αερίου που αποστάζεται από ξύλο. Αυτό το αέριο παρήχθη με τη διαδικασία της πυρόλυσης του ξύλου, όπου το ξύλο θερμαίνεται σε ένα κλειστό περιβάλλον με έλλειψη οξυγόνου, παράγοντας μια ποικιλία αερίων, μεταξύ των οποίων και το αέριο που χρησιμοποιήθηκε για τον φωτισμό. Οι σύγχρονοι λαμπτήρες αερίου συνήθως λειτουργούν με φυσικό αέριο και λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τους παλαιότερους.

Κατά κύριο λόγο, η λάμπα αερίου αποτελείται από ένα γυάλινο σώμα που περιέχει αέριο (συνήθως φυσικού αερίου), και ένα νήμα που λειτουργεί ως φίλαμα. Όταν ο χρήστης ανάβει το φως, το ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το νήμα και προκαλεί θέρμανση στο νήμα, γεγονός που κάνει το νήμα να αναπτύξει φως και θερμότητα. Το φως που παράγεται εξαρτάται από το είδος του αερίου που χρησιμοποιείται και την ενέργεια που διαρρέει μέσα από το νήμα. Κάποιοι λαμπτήρες αερίου μπορεί να περιέχουν επίσης ορισμένα χημικά για να βελτιώσουν την απόδοση του φωτός ή το χρώμα. Όταν το φως εκπέμπεται από το αέριο, η λάμπα φωτίζει το περιβάλλον της.

Όπως και κάθε είδος λαμπτήρων έτσι και οι λάμπες αερίου έχουν κάποια πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι ότι οι περισσότεροι από αυτούς τους λαμπτήρες δεν περιέχουν τοξικές ουσίες, όπως ο υδράργυρος που υπάρχει στις λάμπες φθορισμού, κάνοντάς τους φιλικούς προς το περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να απορριφθούν με ασφάλεια και να ανακυκλωθούν χωρίς τους κινδύνους που συνδέονται με το υδράργυρο και άλλες τοξικές ουσίες που μπορεί να περιέχουν άλλοι τύποι λαμπτήρων.

Επίσης ένα ακόμη πλεονέκτημα των λαμπτήρων αερίου είναι η ανθεκτικότητά τους σε κραδασμούς και θερμοκρασιακές διακυμάνσεις που τους καθιστά ιδανικούς για χρήση σε διάφορα περιβάλλοντα, ακόμη και σε συνθήκες όπου οι παραδοσιακοί λαμπτήρες θα μπορούσαν να αποτύχουν. Αυτό τους κάνει κατάλληλους για χρήση σε εξωτερικούς χώρους, σε χώρους αποθήκευσης, κτίρια και άλλα περιβάλλοντα όπου οι ακραίες συνθήκες μπορεί να είναι παρούσες.

Οι σύγχρονοι λαμπτήρες αερίου έχουν μακρά διάρκεια ζωής, οπότε δεν χρειάζεται συχνή αντικατάσταση. Η μακρά διάρκεια ζωής σημαίνει λιγότερη συντήρηση και λιγότερα έξοδα για αντικατάσταση λαμπτήρων. Επιπλέον, αυτό μειώνει το κόστος λειτουργίας σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, καθώς δεν απαιτείται συχνή αγορά νέων λαμπτήρων. Η μακρά διάρκεια ζωής των λαμπτήρων αερίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ποιότητα του κατασκευαστικού υλικού και οι συνθήκες λειτουργίας. Ωστόσο, συνήθως έχουν μια διάρκεια ζωής που μπορεί να φτάσει μέχρι και δεκαετίες σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Εκτός από όλα αυτά οι λάμπες αερίου συνήθως έχουν χαμηλότερο κόστος αγοράς σε σύγκριση με άλλους τύπους φωτισμού, όπως οι λάμπες LED ή οι λάμπες αλογόνου. Αυτό καθιστά τους λαμπτήρες αερίου μια οικονομική επιλογή για τη φωτιστική διακόσμηση ή την κάλυψη των καθημερινών αναγκών φωτισμού σε διάφορους χώρους. Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η μακροπρόθεσμη διάρκεια ζωής και η ενεργειακή απόδοση των πιο σύγχρονων λαμπτήρων, όπως οι LED, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη οικονομία στο μακροπρόθεσμο.

Παρόλο που οι λαμπτήρες αερίου είναι ανθεκτικοί σε κραδασμούς και θερμοκρασιακές διακυμάνσεις σε γενικές συνθήκες, μπορεί να υπάρχουν προβλήματα κατά τη λειτουργία τους σε ακραίες θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα, σε πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές θερμοκρασίες, η απόδοση τους μπορεί να μειωθεί, ή ακόμα και να αντιμετωπίσουν προβλήματα στην ανάφλεξη ή στη συντήρηση της φωτεινότητας. Επομένως, είναι σημαντικό να λαμβάνετε υπόψη τις συνθήκες λειτουργίας όταν επιλέγετε να χρησιμοποιήσετε λαμπτήρες αερίου.

Επίσης η φωτεινότητα των λαμπτήρων αερίου ενδέχεται να είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με άλλες πηγές φωτός, όπως οι λάμπες LED ή οι λάμπες αλογόνου, για παράδειγμα. Αυτό μπορεί να περιορίζει τη χρήση τους σε περιβάλλοντα όπου απαιτείται ισχυρός και φωτεινός φωτισμός, όπως σε καταστήματα ή εργασιακούς χώρους. Ωστόσο, αυτό εξαρτάται επίσης από τον τύπο και την ισχύ του κάθε λαμπτήρα αερίου. Ορισμένοι μπορούν να παράγουν αρκετά φως, ανάλογα με τις προδιαγραφές τους.



Εικόνα 1.2: Λαμπτήρας αερίου

Πηγή: <https://karapanagiotis-gas.gr>

1.4 Λάμπα πυράκτωσης

Ο γνωστός Αμερικανός Thomas Edison έκανε την πρώτη παρουσίαση της εφεύρεσης του, αυτής της τεχνολογίας φωτισμού στις 31 Δεκεμβρίου του 1879. Χρησιμοποιώντας λοιπόν σπείρες από νήμα πυράκτωσης, συνήθως βολφραμίου, ένα ιδιαίτερα σκληρό μέταλλο, με πολύ υψηλό σημείο τήξης που ξεπερνά του 3400 βαθμούς κελσίου, το οποίο όταν τεθεί υπό τάση και διαπερνάται από σταθερό ρεύμα που δημιουργεί κίνηση στα ηλεκτρικά φορτία, αρχίζει να αναπτύσει σημαντική θερμοτητα που το αναγκάζει να φωτοβολεί. Έγιναν κι άλλες προσπάθειες κατασκευής από νήμα άνθρακα και σκληρές ίνες γιαπωνέζικου μπαμπού αλλά απέτυχαν. Η επαναστατική αυτή εφεύρεση με πηγή τον ηλεκτρισμό εξαπλώθηκε πολύ γρήγορα και βρήκε πολλές εφαρμογές. Όταν η σπείρα βολφραμίου ξεπερνούσε τα 2-3 εκατοστά, σε περιπτώσεις που ήταν απαραίτητος ο φωτισμός μεγάλης ισχύος, χρειαζόταν επιπρόσθετη στήριξη από μη αγωγίμο υλικό που θα συγκρατούσε στην βάση του τον λαμπτήρα, με την βοήθεια πορσελάνης.

Όσον αφορά την μορφή του λαμπτήρα αυτός ήταν γυάλινης κατασκευής, άλλοτε σφαιρικής και άλλοτε ελλειπτικής μορφής. Στο εσωτερικό του συνήθως θα υπήρχε κενό αέρος, εκτός από κάποιες εξειδικευμένες εφαρμογές υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων στις οποίες υπήρχε αδρανές αέριο συνήθως άζωτο. Λαμπτήρες όπως αυτοί διακρίνονται από την ισχύ που μπορούν να εκπέμψουν την οποία την μετράμε σε watt(W) σε συνδυασμό με την χρωματική απόδοση του φωτισμού τους που μετριέται σε kelvin(K). Ένας κανόνας στην περίπτωση αυτή, είναι η σχέση που ένωνε την απόδοση ισχύος με τον χρόνο ζωής του λαμπτήρα, καθώς τα μεγέθει αυτά είναι αντιστρόφως ανάλογα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς σε αυτούς τους λαμπτήρες τόσο μικρότερο χρόνο ζωής έχουν, που μετριέται σε ώρες. Ένας λαμπτήρας πυράκτωσης σήμερα έχει μέσο όρο χρόνου λειτουργίας περίπου 700-1500 ώρες. Το τέλος της ζωής του φτάνει όταν κοπεί το σπείρωμα και δεν “κλείνει” πλέον κύκλωμα των δύο πόλων τροφοδοσίας του.

Μετεξέλιξη της λάμπας πυρακτώσεως αποτελεί η λάμπα αλογόνου ή αλλιώς λάμπα ιωδίου-χαλαζία. Βασικές διαφορές των δύο εντοπίζονται κυρίως στον χρόνο ζωής που στην περίπτωση της λάμπας αλογόνου φτάνουμε τις 2000 ώρες και πλέον, καθώς και στην θερμότητα εκπομπής του γυάλινου περιβλήματος, λόγω των διαφορετικών αδρανών αερίων που συναντάμε στις λάμπες αλογόνου. Τελευταίο χαρακτηριστικό διάκρισης και διαφοράς ανάμεσα στις δύο είναι η φωτεινή απόδοση που υπολογίζεται σε lumens/watt και καθορίζει το ποσό της δέσμης του ορατού φωτός που εκπέμπει ένας λαμπτήρας.



Εικόνα 1.3:Συμβατικός λαμπτήρας πυράκτωσης

Πηγή: <https://manthanw.wordpress.com>

1.5 Λάμπες φθορίου και cfl

Η λάμπα φθορισμού ανακαλύφθηκε από τους επιστήμονες Friedrich Meyer, Hans Spanner και Edmund Germer το 1927 και η ανακάλυψη τους αποτέλεσε μια καθοριστική στιγμή στον κλάδο του φωτισμού. Η ανακάλυψη της λάμπας αυτής συνέβη κατά την διάρκεια ερευνών σχετικά με την

εκπομπή φωτός από αέρια κατά την διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από αυτά. Έτσι εφαρμόζοντας διαφορά δυναμικού μεταξύ ατμών υδραργύρου και με επικάλυψη βηρυλλίου στο εσωτερικό πέτυχαν την κατασκευή του λαμπτήρα φθορισμού. Η επίτευξη αυτού του αποτελέσματος βασίστηκε στην χρήση διαφορετικών αερίων, όπως αέριο υδραργύρου και αέριο βηρυλλίου μέσα στον σωλήνα της λάμπας φθορισμού. Το αέριο υδραργύρου αναστέλλει το φως και δημιουργεί το φαινόμενο φθορισμού, ενώ η επίστρωση βηρυλλίου στο εσωτερικό του σωλήνα βοηθά στην εξασφάλιση της σταθερότητας του φωτός και στην αύξηση της απόδοσης.

Οι λαμπτήρες αυτοί έχουν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τους κοινούς λαμπτήρες λόγω της λειτουργίας τους και των υλικών που χρησιμοποιούσαν. Οι λάμπες φθορισμού δεν παράγουν τόση θερμότητα όσο άλλου τύπου λαμπτήρες όπως για παράδειγμα οι λάμπες αλογόνου και έτσι η μειωμένη θερμότητα συμβάλει στην μείωση της φθοράς των εσωτερικών τμημάτων της λάμπας και επομένως στην αύξηση διάρκειας ζωής της. Από την στιγμή που η περισσότερη ενέργεια μετατρέπεται σε φως και λιγότερη απορρίπτεται ως θερμότητα, έτσι αυξάνεται η ενεργειακή της απόδοση αλλά και μειώνεται το κόστος λειτουργίας της.

Επίσης εξαιτίας της μεγάλης διάρκειας ζωής της, μειώνεται το κόστος συντήρησης αλλά και η ανάγκη αγοράς νέων λαμπτήρων. Τέλος προσφέρουν ομοιόμορφο, φυσικό φως που δεν αποδίδει τόσο πολύ χρωματική παραμόρφωση όπως άλλοι λαμπτήρες. Για αυτόν τον λόγο τους λαμπτήρες αυτούς συνήθως τους συναντάμε σε βιομηχανικούς χώρους αλλά και σε δημόσιους χώρους όπως για παράδειγμα σε σχολεία και σε γραφεία που χρειάζονται δυνατό και καθαρό φως.

Οι λαμπτήρες αυτοί όπως και όλοι οι λαμπτήρες έχουν και κάποια αρνητικά στοιχεία. Η αρχική τιμή των λαμπτήρων φθορισμού είναι συνήθως υψηλότερη σε σύγκριση με άλλους τύπους λαμπτήρων, όπως οι λαμπτήρες αλογόνου ή οι λαμπτήρες νατρίου. Αυτό οφείλεται στην πιο προηγμένη τεχνολογία και την υψηλότερη απόδοση ενέργειας των λαμπτήρων φθορισμού. Βέβαια όπως είπαμε και πιο πάνω η μακροπρόθεσμη οικονομία σε ενέργεια και η μείωση του κόστους λειτουργίας τους, τους καθιστούν οικονομικά επωφελείς στον χρόνο.

Ένα άλλο μειονέκτημα τους είναι η καθυστέρηση έναρξης. Συγκεκριμένα, οι παλαιότεροι λαμπτήρες φθορισμού μπορεί να χρειαστούν κάποιο χρονικό διάστημα μέχρι να φτάσουν στον πλήρη φωτισμό τους μετά την εκκίνηση τους. Αυτό μπορεί να συμβεί ειδικά σε χαμηλές θερμοκρασίες ή όταν οι λαμπτήρες είναι παλαιότεροι και πιθανόν να έχουν υποστεί φθορά. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να θεωρηθεί ενόχλητικό ή ανεπιθύμητο, ειδικά σε περιβάλλοντα όπου απαιτείται άμεσος και πλήρης φωτισμός με την εκκίνηση τους. Ωστόσο, οι σύγχρονοι λαμπτήρες φθορισμού έχουν βελτιωθεί σε αυτό το θέμα και παρουσιάζουν μικρότερες καθυστερήσεις εκκίνησης ή και καθόλου, εξασφαλίζοντας άμεσο φωτισμό.

Τέλος η διάθεσή τους απαιτεί προσοχή λόγω της περιεκτικότητάς τους σε υδράργυρο, ο οποίος είναι τοξικός και μπορεί να προκαλέσει περιβαλλοντική ρύπανση αν δεν απορριφθεί σωστά. Η ασφαλής διάθεση των λαμπτήρων φθορισμού απαιτεί ειδικές διαδικασίες ανακύκλωσης ή διάθεσης σε εγκεκριμένα κέντρα ανακύκλωσης. Η μη σωστή διάθεσή τους μπορεί να οδηγήσει σε περιβαλλοντικά προβλήματα και απειλές για την υγεία του ανθρώπου, γι αυτό είναι σημαντικό οι καταναλωτές να είναι καθολικά προσεκτικοί.

1.5.1 Λαμπτήρας cfl

Οι λάμπες CFL ανακαλύφθηκαν πρώτη φορά κατά τη δεκαετία του 1970, με την εμπορική τους διάδοση να ξεκινά περίπου τη δεκαετία του 1980. Η λάμπα CFL (Compact Fluorescent Lamp) είναι ένας τύπος λαμπτήρα φθορισμού που έχει σχεδιαστεί να είναι πιο μικρός και πιο συμπαγής σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες φθορισμού. Αυτό τους επιτρέπει να τοποθετούνται εύκολα, σε διάφορες εφαρμογές και χώρους, ακόμη και σε σημεία όπου ο χώρος είναι περιορισμένος. Επιπλέον, η μικρότερη διαστατική τους μορφή τους κάνει ιδανικές για χρήση σε φωτιστικά που δεν μπορούν να φιλοξενήσουν μεγαλύτερους λαμπτήρες. Όπως είπαμε και πιο πάνω οι παλαιότεροι τύποι λαμπτήρων φθορισμού μπορεί να χρειαστούν λίγο χρόνο για να φτάσουν στον πλήρη φωτισμό. Αντίθετα, οι λάμπες CFL εκκινούν αμέσως μετά το πάτημα του διακόπτη, χωρίς καθυστέρηση. Αυτό τις καθιστά πιο βολικές για χρήση σε χώρους όπου απαιτείται άμεσος φωτισμός, όπως σε διαδρόμους ή μπάνια. Επίσης οι λάμπες CFL είναι γνωστές για την υψηλή τους ενεργειακή απόδοση σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες φθορισμού. Καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για να παράγουν το ίδιο επίπεδο φωτός. Η υψηλή απόδοση αυτή κάνει τις λάμπες CFL μια οικονομικά προσιτή και περιβαλλοντικά φιλική επιλογή για τον φωτισμό των χώρων.

Παρόλα αυτά όπως οι μεγαλύτεροι λαμπτήρες φθορισμού, έτσι και αυτοί έχουν υδράργυρο και πρέπει να αντιμετωπίζονται με την ανάλογη προσοχή. Δεν πρέπει να πετιούνται στα σκουπίδια, αφού ο τελικός τους προορισμός πρέπει να είναι η ανακύκλωση. Πολλά καταστήματα και κοινότητες παρέχουν χώρους ανακύκλωσης για τις χρησιμοποιημένες λάμπες CFL, επομένως είναι σημαντικό να αναζητήσετε τέτοιους πόντους ανακύκλωσης στην περιοχή σας. Αυτό βοηθά στην προστασία του περιβάλλοντος και την ασφάλεια των ανθρώπων.



Εικόνα 1.4: Λαμπτήρας φθορίου

Πηγή: <https://www.luvundlee.com>



Εικόνα 1.5: Λαμπτήρας cfl

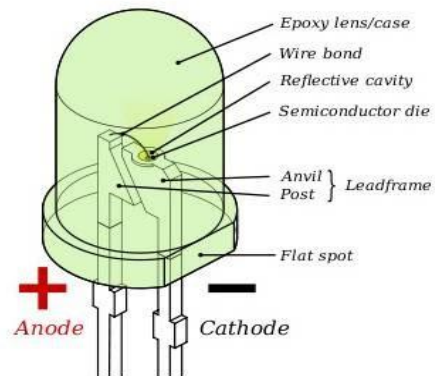
Πηγή: <https://www.caliston.gr>

1.6 Λάμπα Led

Ο πρώτος λαμπτήρας led “γεννήθηκε” την δεκαετία του 1960 και πιο συγκεκριμένα, το 1962 δύο επιστήμονες και συνεργάτες στην General Electric ο Nick Holonyak Jr. και ο George Craford κατάφεραν να δημιουργήσουν την πρώτη υλοποίηση μιας λάμπας Led που εκπέμπει κόκκινο ορατό φως, χρησιμοποιώντας αρσενίδιο γάλανη ή ουράνιος γάλανη. Για την τότε εποχή αποτέλεσε ένα επαναστατικό άλμα στον τομέα του φωτισμού, αλλά ακόμη και σήμερα η τεχνολογία αυτή αν και έχει εξελιχθεί στα σημεία, βρίσκεται στην επάνοδο της. Οι συγκεκριμένοι λοιπόν λαμπτήρες χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα για την παραγωγή φωτός, καθώς είναι ένας τύπος διόδου που διαρρέεται από ρεύμα με αποτέλεσμα να φωτοβολεί. Πιο συγκεκριμένα κάθε led αποτελείται από ένα ημιαγωγό υλικό κατά βάση κρυσταλλικού στέμματος το οποίο ενσωματώνει δύο τύπους ημιαγωγών, εκ των οποίων ο ένας έχει πολύ μεγάλη συγκέντρωση ηλεκτρονίων ενώ ο άλλος έχει έλλειψη ηλεκτρονίων. Στα απλά ηλεκτρονικά για την περιγραφή της συγκεκριμένης δομής χρησιμοποιείται, η ονομασία N-P, όπου η συνάρτηση μεταξύ των δύο αυτών ημιαγωγών δημιουργείται από την διάταξη διαφορετικών επικαλυμμένων στρωμάτων. Αυτή λοιπόν η διασταύρωση είναι που επιτρέπει την ροή ηλεκτρονίων και ως αποτέλεσμα παράγεται ορατό φως όταν εφαρμοστεί ηλεκτρική τάση. Στην περίπτωση της λάμπας led το ορατό φως διαχωρίζεται και χρωματικά καθώς μπορεί να καλύψει ολόκληρο το χρωματικό ορατό φάσμα με τις αποχρώσεις φωτισμού της. Ένα ακόμη δομικό χαρακτηριστικό που συναντάται στις λάμπες led που χρειάζεται να εκπέμψουν λευκό φως, είναι το στερεό κυανίου του οποίου η χρήση είναι για μετατρέψει μέρος του μπλέ φωτός που εκπέμπεται από τον ημιαγωγό στο φως άλλων χρωμάτων, όπως το κίτρινο ή και το κόκκινο με αποτέλεσμα έτσι την παραγωγή λευκού φωτός. Επιπλέον τα led ως διόδοι έχουν ένα ακόμη κοινό πλαίσιο αυτό της ανόδου και καθόδου, το οποίο στην ουσία είναι οι μεταλλικές συνδέσεις που συνδέουν τον ημιαγωγό με το κύκλωμα τροφοδοσίας του και καθορίζουν την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Κάποια θετικά της χρήσης της λάμπας led είναι η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας της μικρής κατανάλωσης τους σε σχέση τους λαμπτήρες παλαιότερης γενιάς (πυρακτώσεως, φθορίου). Επίσης η φιλικότητα προς το περιβάλλον διότι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής συνήθως 50.000-100.000 ώρες λειτουργίας

και επακόλουθο αυτού είναι και η μείωση των αποβλήτων. Τέλος δεν περιέχουν τόσο επιβλαβείς ουσίες όπως ο υδράργυρος που τον συναντάμε σε άλλου τύπου λάμπες.

Dual In-line Package (DIP)

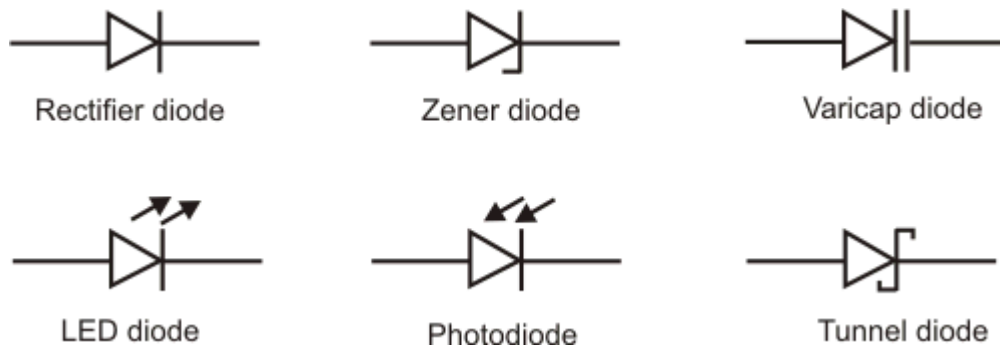


Εικόνα 1.6: Λάμπα Led

Πηγή: <http://gr.solar-led-lights.com>

Κεφάλαιο 2ο: Δίοδοι

2.1 Εισαγωγή



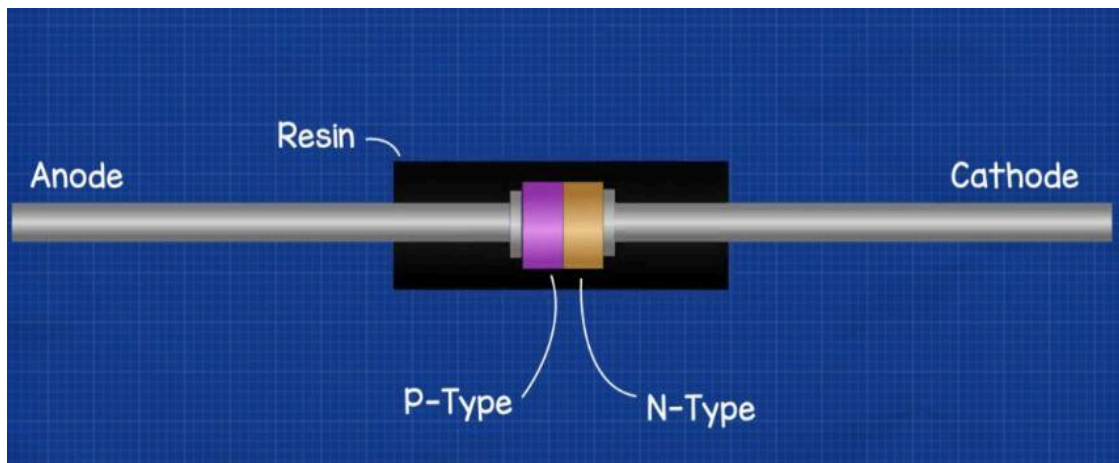
Εικόνα 2.1: Τύποι διόδων

Πηγή: <https://learnelectronics.gr>

Οι δίοδοι είναι ηλεκτρονικά εξαρτήματα που η χρήση τους είναι να επιτρέπουν την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος προς μια μόνο συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η πρώτη πατενταρισμένη εμφάνιση έγινε το 1904 από τον Βρετανό φυσικό John Ambrose Fleming για την ανόρθωση εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές ρεύμα καθώς και για την ανίχνευση ραδιοκυμάτων. Από εκείνη την εποχή και μέχρι σήμερα η χρήση των διόδων στα ηλεκτρονικά έχει γιγαντωθεί καθώς έχει ποικίλες εφαρμογές στην προστασία των κυκλωμάτων, στην μετατροπή και την ανόρθωση ρεύματος, σταθεροποίηση της τάσης, τους αισθητήρες φωτός, καθώς και στην αναλογική απεικόνιση σημάτων σε ηλεκτρονικά κυκλώματα (Led/Displays).

Τα LED (Light Emitting Diodes) είναι ένας ειδικός τύπος διόδου, που διακρίνεται για την ικανότητά του να εκπέμπει φως όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Όπως και άλλες δίοδοι, οι LED επιτρέπουν τη ροή του ρεύματος μόνο προς μία κατεύθυνση, λειτουργώντας ως ηλεκτρική βαλβίδα. Αυτό που καθιστά τα LED μοναδικά είναι η ικανότητά τους να μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φως με πολύ υψηλή αποδοτικότητα, χωρίς να παράγουν μεγάλη θερμότητα.

2.2 Δομή και λειτουργία διόδου



Εικόνα 2.2: Εσωτερική δομή διόδου

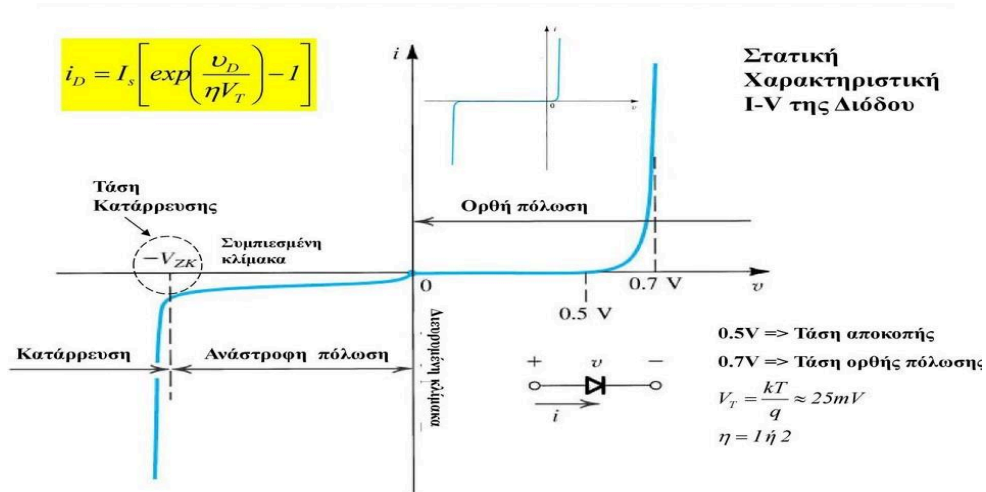
Πηγή: <https://theengineeringmindset.com>

2.2.1 Δομή της διόδου

Η εσωτερική δομή μιας διόδου όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.2 αποτελείται από δύο τύπους ηλεκτροδίων, έναν της ανόδου(θετικό) και έναν της καθόδου(αρνητικό). Λειτουργούν με την αρχή διασταύρωσης P-N δύο ημιαγωγών(P-Type και N-type) που ενώνονται μεταξύ τους και δημιουργούν ένα φράγμα δυναμικού. Το υλικό τύπου p είναι εμπλουτισμένο με προσμίξεις (dopants) που παρέχουν επιπλέον οπές (positive charge carriers). Οι προσμίξεις αυτές είναι συνήθως στοιχεία από την ομάδα τρία του περιοδικού πίνακα, όπως το βόριο. Το υλικό τύπου n περιέχει προσμίξεις που παρέχουν επιπλέον ηλεκτρόνια (negative charge carriers). Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την πρόσμιξη είναι συνήθως από την ομάδα πέντε του περιοδικού πίνακα, όπως το φώσφορο. Η περιοχή επαφής μεταξύ αυτών των δύο υλικών είναι γνωστή ως περιοχή απορρόφησης ή χώρος απογύμνωσης (depletion region). Η ζώνη αυτή λειτουργεί ως φράγμα και επιτρέπει τη ροή του ρεύματος μόνο όταν η διόδος είναι πολωμένη προς τα εμπρός (forward biased). Σε αυτή την περίπτωση, η εφαρμογή τάσης μειώνει το ηλεκτρικό πεδίο στη ζώνη απογύμνωσης και επιτρέπει τη διέλευση των φορτίων. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ ανόδου και καθόδου ώστε να επιτραπεί η διέλευση ρεύματος ονομάζεται κατώφλι και οι τιμές του κυμαίνονται από 0.5V-0.7V ανάλογα με το υλικό κατασκευής της διόδου.

2.3 Αρχή Λειτουργίας διόδου

Η κατανόηση της αρχής λειτουργίας της διόδου είναι κρίσιμη για την εκμετάλλευση των ιδιοτήτων της σε διάφορες εφαρμογές, όπως στην ανόρθωση εναλλασσόμενου ρεύματος, στη ρύθμιση τάσης, και στην προστασία κυκλωμάτων. Οι διόδοι παίζουν καθοριστικό ρόλο στη σχεδίαση και λειτουργία σύγχρονων ηλεκτρονικών συστημάτων και συσκευών. Η χρήση των διόδων όσο απαιτητική και αν χρειάζεται να είναι, βασίζεται στην αρχή λειτουργίας που απεικονίζεται στην εικόνα 2.3, όταν αναφερόμαστε σε μια ορθά πολωμένη διόδο. Παρακάτω θα μελετήσουμε την λειτουργία της διόδου σε κάποιες διαφορετικές καταστάσεις ως προς την πόλωση της. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ ανόδου και καθόδου ώστε να επιτραπεί η διέλευση ρεύματος στην ορθή πόλωση ονομάζεται κατώφλι και οι τιμές του κυμαίνονται από 0.5V-0.7V ανάλογα με το υλικό κατασκευής της διόδου. Στην ανάστροφη πόλωση υπάρχει η τάση διάσπασης ή κατάρρευσης ($-V_{zk}$) η οποία αποτελεί την ελάχιστη τιμή, μετά την οποία η διόδος ξεκινά να άγει σημαντικό ρεύμα, ενώ αν δεν περιοριστεί κατάλληλα το ρεύμα αυτό, τότε ενδέχεται η διόδος να καταστραφεί ή να της προκληθεί μόνιμη βλάβη.

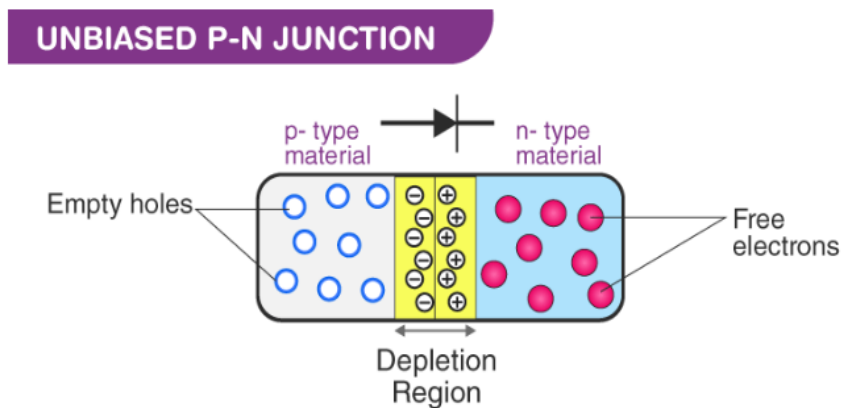


Εικόνα 2.3: Χαρακτηριστική I-V διόδου

Πηγή: <https://docplayer.gr>

2.3.1 Χωρίς Εφαρμογή Τάσης (No Bias)

Στην κατάσταση ηρεμίας, χωρίς την παρουσία εξωτερικής τάσης, τα ηλεκτρόνια από το υλικό τύπου n και οι οπές από το υλικό τύπου p κινούνται προς την αντίθετη περιοχή λόγω της φυσικής διαφοράς στη συγκέντρωση των φορτίων. Τα ηλεκτρόνια που μετακινούνται από την περιοχή n προς την περιοχή p συνδυάζονται με τις οπές, και αντίστροφα, οι οπές από την περιοχή p μετακινούνται προς την περιοχή n και συνδυάζονται με τα ηλεκτρόνια. Αυτή η αμοιβαία μετακίνηση δημιουργεί την περιοχή απογύμνωσης (depletion region), μια ζώνη κοντά στην επαφή p-n όπου δεν υπάρχουν ελεύθεροι φορείς φορτίου. Η περιοχή απογύμνωσης λειτουργεί ως φράγμα, αποτρέποντας την περαιτέρω ροή των ηλεκτρονίων και των οπών και δημιουργεί ένα εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο που ενισχύει αυτήν την ανασταλτική δράση. Ως αποτέλεσμα, η διόδος δεν επιτρέπει τη ροή ρεύματος στην κατάσταση ηρεμίας, διατηρώντας μια σταθερή ισορροπία χωρίς εξωτερική τάση.

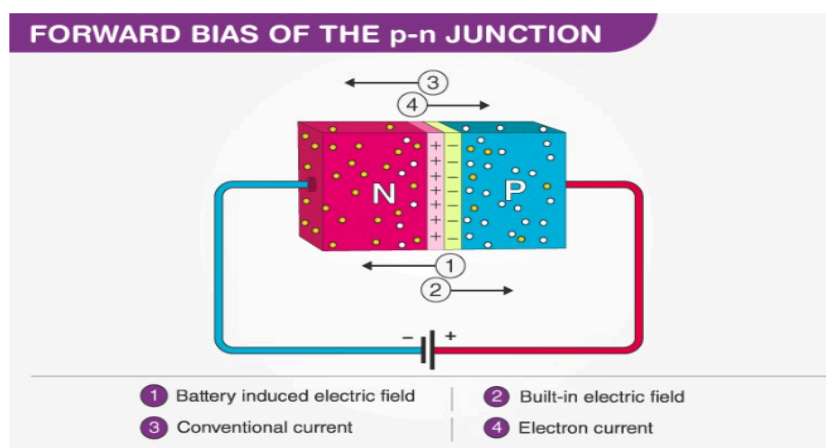


Εικόνα 2.4: Κατάσταση ηρεμίας

Πηγή: <https://byjus.com>

2.3.2 Πόλωση προς τα Εμπρός (Forward Bias)

Η πόλωση προς τα εμπρός (forward bias) είναι η κατάσταση κατά την οποία μια διάδος επιτρέπει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν εφαρμόζεται εξωτερική τάση με το θετικό άκρο της πηγής συνδεδεμένο στο υλικό τύπου p και το αρνητικό άκρο στο υλικό τύπου n, το φράγμα δυναμικού της περιοχής απογύμνωσης μειώνεται. Αυτή η μείωση επιτρέπει στους φορείς φορτίου, δηλαδή τα ηλεκτρόνια από το υλικό τύπου n και τις οπές από το υλικό τύπου p, να διαπεράσουν την επαφή p-n. Οι οπές μετακινούνται προς την περιοχή n, ενώ τα ηλεκτρόνια μετακινούνται προς την περιοχή p, με αποτέλεσμα τη ροή ρεύματος μέσω της διόδου. Η διαδικασία αυτή καθιστά τη διάοδο ενεργή, επιτρέποντας τη ροή του ρεύματος μόνο προς μία κατεύθυνση, επιβεβαιώνοντας τη λειτουργία της ως μονόδρομος ηλεκτρικής αγωγής.

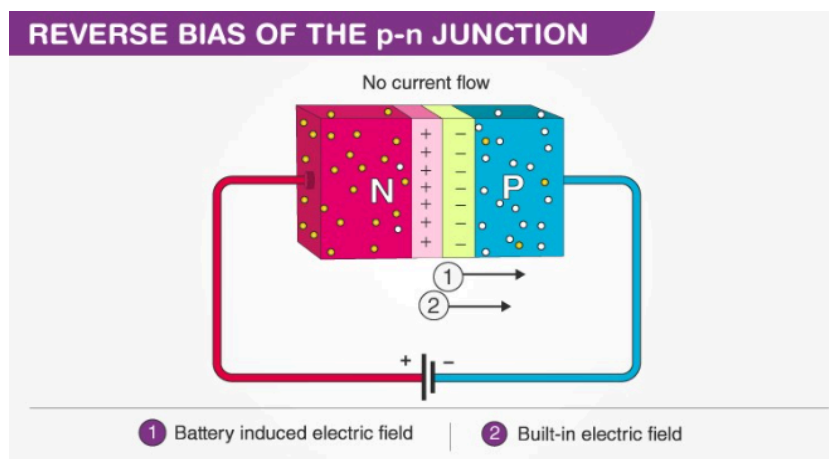


Εικόνα 2.5: Ορθή πόλωση

Πηγή: <https://byjus.com>

2.3.3 Πόλωση προς τα Πίσω (Reverse Bias)

Η πόλωση προς τα πίσω (reverse bias) είναι η κατάσταση κατά την οποία μια δίοδος εμποδίζει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν εφαρμόζεται εξωτερική τάση με το θετικό άκρο της πηγής συνδεδεμένο στο υλικό τύπου n και το αρνητικό άκρο στο υλικό τύπου p, το φράγμα δυναμικού της περιοχής απογύμνωσης αυξάνεται. Αυτή η αύξηση ενισχύει το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο της περιοχής απογύμνωσης, διευρύνοντας την και αποτρέποντας τη διέλευση των φορέων φορτίου. Στην κατάσταση αυτή, τα ηλεκτρόνια του υλικού τύπου n και οι οπές του υλικού τύπου p απομακρύνονται περαιτέρω από την επαφή p-n, καθιστώντας τη δίοδο μη αγώγιμη. Ως αποτέλεσμα, η δίοδος λειτουργεί ως ανοιχτός διακόπτης, αποκλείοντας τη ροή ρεύματος μέσω του κυκλώματος, και επιδεικνύει τη χαρακτηριστική της ιδιότητα να επιτρέπει τη ροή ρεύματος μόνο σε μία κατεύθυνση.



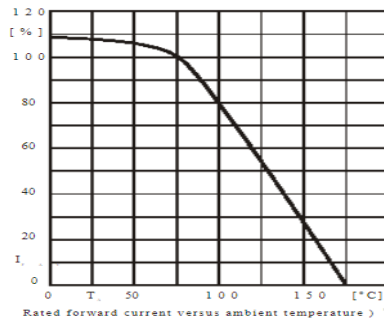
Εικόνα 2.6: Ανάστροφη πόλωση

Πηγή: <https://byjus.com>

2.4 Χαρακτηριστικά μεγέθοι

2.4.1 Μέγιστο ρεύμα ορθής φοράς (IF)

Όταν μία δίοδος έχει πολωθεί ορθά, δηλαδή η άνοδος της είναι θετική σε σχέση την κάθοδο και παραμένει σε αυτή την κατάσταση, όχι στιγμιαία, τότε ως μέγιστο ρεύμα ορθής φοράς ορίζεται η υψηλότερη τιμή του ρεύματος που διαρρέει την δίοδο στην συγκεκριμένη κατάσταση πόλωσης, χωρίς αυτή να υποστεί οποιαδήποτε βλάβη ή καταστροφή. Η τιμή του ρεύματος αυτού αναφέρεται στα χαρακτηριστικά μεγέθοι των φυλλαδίων προδιαγραφών εξαρτημάτων (datasheet), αλλά πρακτικά εξ' αιτίας των θερμοκρασιών της δίοδου, περιορίζεται για να εξασφαλιστεί η ακέραια λειτουργία του υλικού.

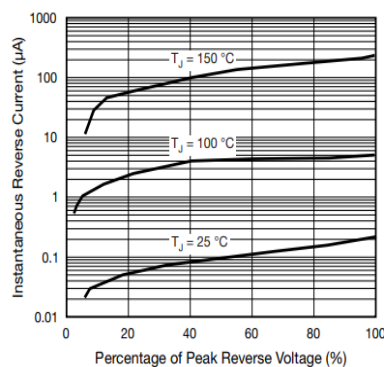


Εικόνα 2.7: 1N4001 IF(rated)/T

Πηγή: <https://www.alldatasheet.com>

2.4.2 Μέγιστη επαναλαμβανόμενη ανάστροφη τάση (VRRM)

Στην ανάστροφη πόλωση της διόδου υπάρχει μια μέγιστη αρνητική τιμή της τάσης κατά την επαναλαμβανόμενη εφαρμογή της οποίας η διόδος δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα στην κανονική της λειτουργία. Η αντοχή μιας συγκεκριμένης διόδου στην ανάστροφη τάση εξαρτάται από την θερμοκρασία της, διότι καταπονείται το υλικό του ημιαγωγού και διαφοροποιούνται τα όρια του, γι' αυτό τον λόγο τα διαγράμματα της ανάστροφης τάσης απεικονίζουν τις τιμές της σύμφωνα με τις διαφορετικές θερμοκρασίες στην επιφάνεια της διόδου. Η θερμοκρασία της διόδου δεν είναι πάντα σταθερή και σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το ρεύμα που την διαπερνά.



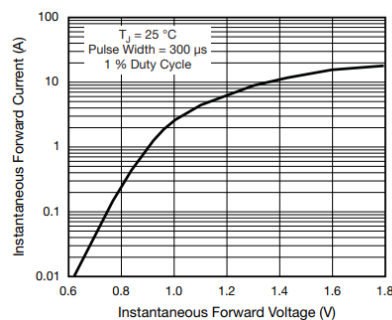
Εικόνα 2.8: 1N4001 Ποσοστιαία τιμή ανάστροφης τάσης

Πηγή: <https://www.vishay.com>

2.4.3 Μέγιστη ορθή τάση (VF)

Η τάση που απαιτείται για να διαρρεύσει το ρεύμα μέσα από ένα LED που βρίσκεται σε ορθή πόλωση ώστε να αρχίσει να εκπέμπει φως ονομάζεται μέγιστη ορθή τάση VF. Η τιμή της εξαρτάται από το χρώμα του φωτός που παράγει ένα LED αλλά και από τι υλικό είναι κατασκευασμένο. Η μέγιστη ορθή τάση είναι πολύ σημαντική για την σωστή λειτουργία του LED. Εάν ένα LED τροφοδοτηθεί με υψηλότερη τάση από την μέγιστη επιτρεπτή τότε μπορεί να υπερθερμανθεί, να μειωθεί η διάρκεια της ζωής του καθώς ακόμη και να καταστραφεί πλήρως καθώς το ημιαγωγικό υλικό και τα εσωτερικά του κυκλώματα καταστρέφονται.

Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την μέγιστη ορθή τάση. Ένας από αυτούς είναι το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του LED γιατί ανάλογα το υλικό απαιτείται και διαφορετική ενέργεια για τη διέλευση ηλεκτρονίων από τη ζώνη σθένους στην ζώνη αγωγιμότητας του ημιαγωγού. Οπότε το υλικό καθορίζει το ενεργειακό χάσμα του LED όπου είναι άμεσα συνδεδεμένο με την ορθή τάση. Ένας άλλος παράγοντας είναι ο τύπος του LED. Τα τα υψηλής ισχύος LED έχουν υψηλότερη μέγιστη ορθή τάση και διαφέρουν από τα τυπικά LED και στην δομή τους αλλά και στην λειτουργία τους. Τα LED αυτά έχουν πολύπλοκη δομή και αποτελούνται από μεγαλύτερα ημιαγωγικά στοιχεία, έτσι μπορούν να διαχειριστούν υψηλότερα επίπεδα ρεύματος και επίσης χρησιμοποιούν υλικά με υψηλότερο ενεργειακό χάσμα που σημαίνει μεγαλύτερη VF για να εκπέμπουν φως υψηλότερης έντασης ή κάποιον συγκεκριμένων χρωμάτων όπως λευκό ή μπλε.



Εικόνα 2.9: 1N4001 Ορθή τάση

Πηγή: <https://www.vishay.com>

2.4.4 Μέγιστο ανάστροφο ρεύμα(IR)

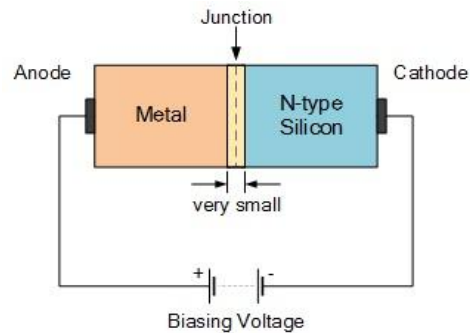
Κατά την ανάστροφη πόλωση μιας διόδου το μέγιστο ρεύμα που την διαρρέει ονομάζεται ανάστροφο ρεύμα. Υπό ιδανικές συνθήκες και μιλώντας πάντα για μια ιδανική δίοδο το ρεύμα αυτό θα είχε μηδενική τιμή, καθώς στην ανάστροφη πόλωση με ιδανικά υλικά το κυκλώματος δεν επιτρέπεται η ροή ρεύματος. Στην πράξη όμως ανάλογα με το υλικό κατασκευής των διόδων συναντάται ένα ελάχιστο ρεύμα εύρους από micro αμπερ(μΑ), που εμφανίζεται περισσότερο στις διόδους γερμανίου, έως και nano αμπερ(nA) που πιο συχνά συναντάται σε διόδους πυριτίου και αυτό λόγω των χαρακτηριστικών των ημιαγωγών ή και των συνθηκών που επικρατούν στις διόδους του κυκλώματος. Η αύξηση του ανάστροφου ρεύματος οδηγεί σε ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας, πράγμα που ενδέχεται να προκαλέσει βλάβη ή και την καταστροφή του υλικού.

2.4.5 Θερμοκρασία λειτουργίας(TJ)

Κατά την εφαρμογή δυναμικού πάνω σε μια δίοδο είτε σε κατάσταση ορθής είτε σε κατάσταση ανάστροφης πόλωσης, εμφανίζεται ως αποτέλεσμα αυτού κάποια αύξηση της θερμοκρασίας της διόδου. Ονομάζουμε λοιπόν θερμοκρασία λειτουργίας μιας διόδου το εύρος θερμοκρασιών μέσα στο οποίο η δίοδος, μπορεί να λειτουργεί απρόσκοπτα χωρίς να παρουσιάσει βλάβη ή να υποβαθμιστούν οι επιδόσεις της. Συμβολίζεται με TJ και η τιμή της αφορά την θερμοκρασία που εμφανίζεται στην περιοχή ένωσης μεταξύ ανόδου και καθόδου. Υπέρβαση του εύρους της θερμοκρασίας μπορεί να

οδηγήσει σε αύξηση του ανάστροφου ρεύματος, μείωση της τάσης ορθής φοράς ή να προκαλέσει ζημία στο ίδιο το υλικό. Με την χρήση της κατάλληλης ψύξης είναι εφικτό να ρυθμιστεί το επιθυμητό εύρος θερμοκρασιών, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε κυκλώματος.

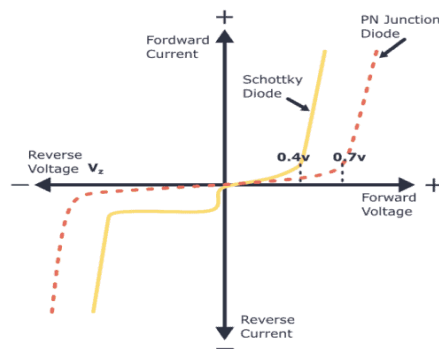
2.5 Δίοδος Schottky



Εικόνα 3.0: Εσωτερική δομή διόδου Schottky

Πηγή: <https://www.electronics-tutorials.ws>

Η δίοδος Schottky γνωστή και ως δίοδος φραγμού Schottky αποτελεί μια δίοδο επαφής μετάλλου και ενός ημιαγωγού, σε αντίθεση με τις κλασικές διόδους τύπου p-n δύο ημιαγωγών, έχει δηλαδή αντικατασταθεί ο ημιαγωγός τύπου p της κλασικής διόδου με ένα μέταλλο αλλά έχει παραμείνει ο ημιαγωγός τύπου n. Ο μεταλλικός αγωγός μπορεί να είναι από χρυσό, αργίλιο, νικέλιο ή και τιτάνιο. Ο ημιαγωγός τύπου n αποτελείται από πυρίτιο, όμως σε συγκεκριμένες εφαρμογές που απαιτείται υψηλότερη τάση και θερμοκρασία χρησιμοποιείται καρβίδιο του πυριτίου (SiC). Οι διαφορές αυτές έχουν ως αποτέλεσμα η δίοδος Schottky να είναι καταλληλότερη σε ορισμένες εξειδικευμένες εφαρμογές εξαιτίας της χαμηλότερης τάσης ορθής πόλωσης (VF), οι οποίες κυμαίνονται από 0,15-0,45V, σε σύγκριση με την κλασική δίοδο τύπου p-n που παρατηρούμε τιμές μεταξύ 0,5-0,7V. Ένα ακόμη διαφορετικό χαρακτηριστικό που διαθέτουν οι διόδους Schottky είναι η ταχύτητα απόκρισης και ταχύτατης αποκατάστασης (<10ns) από την κατάσταση αγωγής τους, πράγμα που τις καθιστά καταλληλότερη επιλογή σε κυκλώματα ισχύος όπως τα τροφοδοτικά σε λειτουργία διακόπτη σε dc-dc μετατροπείς καθώς και σε κυκλώματα ραδιοσυχνότητας. Εμφανίζουν γρήγορη αποκατάσταση όταν η πολικότητα αντιστρέφεται διότι σε σχέση με τις απλές διόδους δεν έχουν αποθηκευμένο φορτίο. Παρά τα αρκετά πλεονεκτήματα που έχει μια δίοδος Schottky έχει και κάποια μειονεκτήματα όπως το υψηλό ανάστροφο ρεύμα (IR) που μπορεί να τις διαρρέει, ειδικά σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών μπορεί να φτάσει την τάξη των mA ενώ στις απλές διόδους συνήθως είναι της τάξης των μA ή ακόμα και nA. Η τιμή της μέγιστης ανάστροφης τάσης (VRRM) μιας τυπικής διόδου Schottky συχνά βρίσκεται από 20-200V είναι περιορισμένη σε σχέση με αυτή της συμβατικής διόδου που βρίσκεται κοντά στα 1000V.



Εικόνα 3.1: Χαρακτηριστική I-V διόδου Schottky

Πηγή: <https://www.build-electronic-circuits.com>

2.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της διόδου σε σύγκριση με άλλα εξαρτήματα

Κάθε ηλεκτρονικό εξάρτημα έχει την δική του λειτουργία καθώς και μια εξειδικευμένη εφαρμογή, ενώ η χρήση εξαρτάται ανάλογα με τις ανάγκες του κυκλώματος. Ας δούμε λοιπόν αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της διόδου σε σύγκριση με άλλα εξαρτήματα.

2.6.1 Πλεονεκτήματα της διόδου

Οι διόδοι είναι απλές στην χρήση αλλά και στην εγκατάσταση σε κυκλώματα, κάτι που τις καθιστά ιδανικές για βασικές λειτουργίες όπως η προστασία από αντίστροφη ροή ρεύματος αλλά και για την ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές. Σε αντίθεση με τα τρανζίστορ, οι διόδοι δεν απαιτούν περίπλοκες ρυθμίσεις για να λειτουργήσουν και είναι πιο απλοί στη χρήση, καθώς δεν χρειάζονται ακριβή έλεγχο της τάσης ή του ρεύματος. Αντίθετα, τα τρανζίστορ απαιτούν μεγαλύτερη ακρίβεια στη ρύθμιση των σημάτων για να πραγματοποιήσουν τις αντίστοιχες λειτουργίες τους. Αυτό τα καθιστά πιο ευέλικτα σε προηγμένες εφαρμογές αλλά και πιο απαιτητικά.

Επίσης οι διόδοι παρέχουν υψηλή προστασία των κυκλωμάτων από ζημιές που μπορεί να προκληθούν λόγω αντίστροφης τάσης και αυτό συμβαίνει γιατί η βασική τους λειτουργία είναι να επιτρέπουν τη ροή του ρεύματος μόνο προς μία κατεύθυνση, οπότε τις καθιστά κατάλληλες για εφαρμογές όπως η ανόρθωση και η προστασία ευαίσθητων κυκλωμάτων από ακούσια αντίστροφη πόλωση. Μια λοιπόν διόδος “αντιδρά” άμεσα στη μεταβολή της πόλωσης και παρέχει απλή και αποτελεσματική προστασία χωρίς να είναι αναγκαία η προσθήκη πολύπλοκων κυκλωμάτων ελέγχου, σε αντίθεση με τις ασφάλειες, για παράδειγμα, που λειτουργούν με καθυστέρηση και χρειάζονται χρόνο για να “κάψουν” το κύκλωμα σε περίπτωση υπερφόρτωσης ή τα τρανζίστορ που μπορούν να προστατεύσουν από υπερτάσεις αλλά συχνά απαιτούν περίπλοκα κυκλώματα ελέγχου. Η διόδος είναι ένα μικρό και σχετικά οικονομικό εξάρτημα, αυτό την καθιστά ιδανική για χρήση σε κυκλώματα μικρού κόστους ή περιορισμένου μεγέθους όπου η ανάγκη για αποδοτικότητα και εξοικονόμηση χώρου είναι κρίσιμη. Από την συνολική γκάμα των διόδων, οι περισσότερες είναι γενικά πιο οικονομικές από τα τρανζίστορ για την υλοποίηση συγκεκριμένων διατάξεων που εξυπηρετούν συγκεκριμένο σκοπό εντός ενός κυκλώματος. Οι εφαρμογές των διόδων συχνά απαιτούν λιγότερα υλικά, μειώνοντας έτσι το συνολικό κόστος παραγωγής ενός κυκλώματος.

2.6.2 Μειονεκτήματα της διόδου

Έχει αναφερθεί ξανά πως ο κύριος ρόλος της διόδου είναι να επιτρέπει τη ροή ρεύματος μόνο σε μία κατεύθυνση και να μπλοκάρει την αντίστροφη ροή, ωστόσο δεν παρέχει τον έλεγχο που προσφέρει ένα τρανζίστορ, το οποίο έχει τη δυνατότητα να διακόπτει ή να ενισχύει σήματα. Συγκριτικά με το τρανζίστορ, η δίοδος λειτουργεί ως παθητικό εξάρτημα, με μια πιο περιορισμένη λειτουργία. Τα τρανζίστορ είναι ενεργά εξαρτήματα που μπορούν να ελέγχουν τη ροή του ρεύματος και να λειτουργούν είτε ως διακόπτες είτε ως ενισχυτές, οπότε, προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες, καθιστώντας τα καταλληλά για πιο προηγμένες εφαρμογές. Η δίοδος είναι χρήσιμη για απλές λειτουργίες σε αντίθεση με τα τρανζίστορ όπου οι δυνατότητες που προσφέρουν τα καθιστούν αναγκαία σε πιο σύνθετα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της διόδου είναι η ανθεκτικότητά της. Παρόλο που η δίοδος χρησιμοποιείται συχνά για την προστασία κυκλωμάτων από αντίστροφη τάση μπορεί να καταστραφεί εύκολα αν εκτεθεί σε υπερβολική τάση που υπερβαίνει την ονομαστική της τιμή γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του κυκλώματος. Οι δίοδοι zener και κάποιες άλλες συγκεκριμένες έχουν μεγαλύτερες ανοχές αλλά αποτελούν εξαιρέσεις σύμφωνα με το πλήθος τους. Η δίοδος zener χρησιμοποιείται για ρύθμιση τάσης και μπορεί να διαχειριστεί συγκεκριμένες τάσεις. Σε αντίθεση με τις δίοδους, τα τρανζίστορ, τα MOSFET ειδικότερα έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε υψηλές τάσεις. Μπορούν να λειτουργούν ως διακόπτες υψηλής ισχύος και να αντέξουν απότομες μεταβολές του ρεύματος χωρίς να καταστρέφονται τόσο εύκολα όσο οι δίοδοι.

Οι δίοδοι είναι εξαιρετικά χρήσιμες για συγκεκριμένες λειτουργίες όπως η ανόρθωση και η προστασία από αντίστροφη πόλωση όμως όταν απαιτείται μεγαλύτερη αντοχή σε υψηλές τάσεις ή ενεργειακή αποδοτικότητα τα μειονεκτηματά τους γίνονται εμφανή καθιστώντας τα τρανζίστορ και τις αντιστάσεις πιο κατάλληλα σε πολλές εφαρμογές.

Κεφάλαιο 3ο: Led chips

3.1 Εισαγωγή

Τα LED (Light emitting diode) αποτελούν δίοδους εκπομπής φωτός, ημιαγωγικά στοιχεία που όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα εκπέμπουν φως. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτροφωταύγειας κατά το οποίο φαινόμενο οι οπές και τα ηλεκτρόνια συνδυάζονται και έτσι απελευθερώνεται ενέργεια με την μορφή φωτονίων. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη LED ο διαχωρισμός των οποίων, ως προς τον χρωματισμό, γίνεται συνήθως με το μήκος κύματος σε συνδυασμό με το εύρος της ορθής τάσης που αντιστοιχεί στην κάθε περίπτωση.

3.2 Χαρακτηριστικά των LED

3.2.1 Αποδοτικότητα ακτινοβολίας φωτισμού

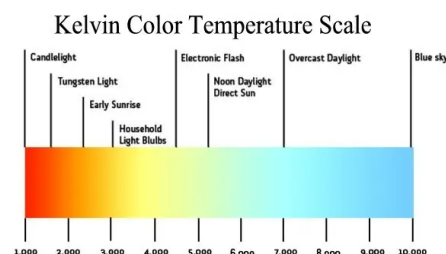
Η απόδοση φωτισμού των LEDs είναι ένα χαρακτηριστικό που καθορίζει το κατά πόσο κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία ξεχωριστά μπορεί να εκπέμψει ορατό φως. Αποτελεί τον λόγο της φωτεινής ροής προς την συνολική ηλεκτρική ισχύ στην εισόδου και είναι μετρήσιμη σε lm/W(lumens/Watt). Μονάδα μέτρησης του συνολικού πλήθους του ορατού φωτός που εκπέμπει ένα LED ως πηγή φωτισμού είναι τα lumens(lm).Κατά την μετατροπή του 100% της ηλεκτρικής ισχύος εισόδου ενός LED σε φώς, στο μέγιστο ορατό μήκος κύματος για το ανθρώπινο μάτι(555nm), παρατηρείται ότι η φωτεινή πηγή εκπέμπει την μέγιστη απόλυτη τιμή της στα 683 lm/W. Η μέγιστη τιμή εκπομπής του λευκού φωτός δύναται να φτάσει μέχρι τα 350 lm/W, στην πραγματικότητα όμως, οι τιμές που παρατηρούμε βρίσκονται μεταξύ 100-200 lm/W, αρκετά περισσότερο σε σύγκριση με άλλους τύπους πηγών φωτισμού όπως τις λάμπες πυράκτωσης με 10-18 lm/W ή τους λαμπτήρες φθορισμού με 60-100 lm/W.Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μεγάλης αποδοτικότητας των LEDs. Ο τύπος υπολογισμού της φωτεινής αποτελεσματικότητας της ακτινοβολίας είναι:

$$K = \frac{\Phi_v}{\Phi_e} = \frac{\int_0^{\infty} K(\lambda) \Phi_{e,\lambda} d\lambda}{\int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda} d\lambda} \quad \text{σχέση 3.1}$$

Το $K(\lambda)$ αντιπροσωπεύει την φασματική φωτεινή αποτελεσματικότητα, το $\Phi_{e,\lambda}$ την φασματική ροή ακτινοβολίας, το Φ_v την φωτεινή ροή και το Φ_e την ροή ακτινοβολίας.

3.3 Φωτεινή αποτελεσματικότητα και θερμότητα φωτός

Η φωτεινή αποτελεσματικότητα ως προς την θερμότητα αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό των LED, το οποίο τα διαχωρίζει ως προς την χρωματική εκπομπή της δέσμης φωτός. Το φάσμα θερμότητας των Led αναφέρεται στην απόχρωση χρώματος του φωτός που αυτά εκπέμπουν, προσδιορίζοντας την θερμοκρασία του χρώματος την οποία την μετράμε σε kelvin(K). Η θερμοκρασία χρώματος είναι ένας δείκτης του πόσο “θερμό” ή “ψυχρό” φως παράγεται από μια πηγή φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα για τα Led, το φάσμα αυτό είναι αρκετά ευρύ και συναντάμε από τις πιο θερμές τιμές 2700-3000K μέχρι και πάνω από 10000K για τις πιο ψυχρές. Έχει παρατηρηθεί ότι οι ψυχρές αποχρώσεις των Led είναι περισσότερο αποδοτικές σε σχέση με τις θερμότερες με ελάχιστη διαφορά.

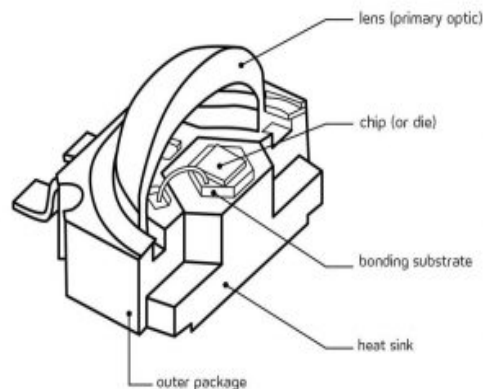


Εικόνα 3.2: Φάσμα θερμοκρασίας χρώματος

Πηγή: www.leditnow.gr

3.4 Δομή των Leds

Μικρά σε μέγεθος στοιχεία τα οποία καλύπτονται από ένα φωσφορούχο, συνήθως κιτρινωπό υλικό, το οποίο απλώνεται πάνω από την περιοχή εκπομπής και δίνει την δυνατότητα στο στοιχείο να εκπέμπει το γνωστό λευκό φως. Ολόκληρο το chip τοποθετείται πάνω σε ένα πλαίσιο αλουμινίου του οποίου η χρήση είναι πολύ σημαντική για την απαγωγή της θερμότητας και κατά συνέπεια της σωστής λειτουργίας ολόκληρου του υλικού. Ενδέχεται σε ορισμένες περιπτώσεις να υπάρχει και ένα επιπλέον στρώμα που να υπερκαλύπτει το φωσφορούχο υλικό το οποίο ονομάζεται φακός και βοηθά στην καλύτερη διάχυση του φωτός. Ο φακός αυτός τις περισσότερες φορές αποτελείται από σιλικονούχο υλικό. Αυτές οι διαφορές ως προς την δομή του εξαρτήματος υπάρχουν διότι τα Led chips ποικίλουν ως εξαρτήματα και μπορούν να βρεθούν στις εξής μορφές smd, cof, csp, cree.



Εικόνα 3.3: Τυπική μορφή Led

Πηγή: <https://www.tehao-optics.com/en/news/company-news/50.html>

3.5 Συστοιχίες των Leds

Πέρα από την μεμονωμένη χρήση των Led συναντούμε και συστοιχίες αυτών για να επιτευχθεί κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή. Η συστοιχίες αυτές δημιουργούνται με την σε σειρά σύνδεση πολλαπλών στοιχείων Led που τοποθετούνται πάνω σε ένα ενιαίο πλαίσιο αλουμινίου μονής πλευρά (single sided PCB). Καθοριστικό ρόλο παίζει και η θερμότητα που αναπτύσσουν, στην διάρκεια ζωής τους, τα Led, ειδικά σε εφαρμογές όπου συναντάμε πολλά συνδεδεμένα μεταξύ τους σε συστοιχίες Led ή όταν χρειάζεται να τροφοδοτηθεί κάποιο μεγάλο μεγέθους Led. Για τον λόγο αυτό ενσωματώνεται ένα κέλυφος από θερμοαγωγίμο υλικό, συχνά αλουμίνιο, σε ολόκληρη την επιφάνεια της συστοιχίας ανάμεσα στα Leds και το PCB για την απαγωγή της θερμότητας, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη λειτουργία και η μέγιστη αποδοτικότητα των Led. Με την αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρείται μείωση στην τάση ορθής φοράς, το οποίο σημαίνει ότι πρέπει τα Led να διαρρέονται από σταθερό ρεύμα ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανση και συνεπώς και η καταστροφή του κυκλώματος.

3.6 Χρωματικός διαχωρισμός των Led

Ο διαχωρισμός των Led ως προς τον χρωματισμό και το μήκος κύματος τους, βασίζεται στις φυσικές ιδιότητες του φωτός το οποίο εκπέμπουν. Τα Led μπορούν να παράγουν φως σε διάφορους χρωματισμούς, οι οποίοι έχουν άμεση σχέση με το μήκος κύματος του φωτός και το υλικό κατασκευής τους. Το μήκος κύματος μετριέται σε nm (nanometers). Ο διαχωρισμός των Led με βάση το μήκος κύματος δημιουργεί τέσσερις κατηγορίες. Τα ορατά, τα υπεριώδη, τα υπέρυθρα και τα λευκά Led.

❖ Ορατό φάσμα των Led:

Led τα οποία εκπέμπουν φως στο ορατό φάσμα διαχωρίζονται με βάση το χρώμα του φωτός εκπομπής τους. Σε αυτή την κατηγορία βρίσκονται Led που έχουν μήκος κύματος περίπου από 400-700 nm. Χρωματικά αναγνωρίζονται ως τα μωβ, μπλε, πράσινα, πορτοκαλί και κίτρινα καθώς και τα κόκκινα Led. Μήκος κύματος των μωβ από 400-450 nm των μπλε 450-500 nm των πράσινων 500-570 nm των κίτρινων και των πορτοκαλί από 570-610 nm αντίστοιχα, καθώς και για τα κόκκινα από 610-760 nm. Κατασκευαστικά τα μπλε Led συνήθως αποτελούνται από γάλλιο-νιτρίδιο (GaN) και έχουν μεγάλη απήχηση σε εφαρμογές υψηλής φωτεινότητας όπως οι οθόνες. Τα πράσινα αποτελούνται από γάλλιο-φωσφορίδιο (GaP) και βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε σήματα και σε ενδείξεις. Τα κόκκινα Led κατασκευάζονται από γάλλιο-αρσενίδιο (GaAs) και παράγουν ιδανικό φως για σήματα κυκλοφορίας καθώς και για ενδείξεις σε τηλεχειριστήρια. Τέλος τα πορτοκαλί και κίτρινα κατασκευάζονται από τα ίδια υλικά με τα κόκκινα και χρησιμοποιούνται επίσης σε εφαρμογές σήμανσης.

❖ Υπεριώδες φάσμα των Led (UV):

Τα Led που εκπέμπουν στο υπεριώδες φάσμα έχουν μήκος κύματος κάτω από τα 400 nm. Διαδεδομένες εφαρμογές αυτού του τύπου των Led συναντάμε σε θαλάμους αποστείρωσης σε εξειδικευμένες ιατρικές εφαρμογές και σε περιπτώσεις όπου υπάρχει η ανάγκη για ανίχνευση υλικού. Τα Led αυτά κατασκευάζονται συχνά αλουμίνιο γάλλιο και νιτρίδιο (AlGaIn).










❖ Υπέρυθρο φάσμα των Led:

Τα υπέρυθρα Led εκπέμπουν φως στα μήκη κύματος πάνω από 700 nm και αυτό είναι αόρατο με το ανθρώπινο μάτι. Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα τοποθετούνται ως οι μικρότερες τιμές της κόκκινης ορατής ακτινοβολίας, από όπου και προκύπτει η ονομασία υπέρυθρη ακτινοβολία. Γνωστές εφαρμογές τους αποτελούν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα όπως τα τηλεχειριστήρια/τηλεκοντρόλ, οι διάφοροι τρόποι θέρμανσης, όσον αφορά το φαγητό, όπως λάμπες και φούρνοι μικροκυμάτων καθώς και για ιατρικούς λόγους. Επιπλέον εφαρμογή έχουν στα συστήματα ασφαλείας για τους συναγερμούς και σε κάμερες νυχτερινής όρασης. Αυτού του τύπου τα Led κατασκευάζονται συνήθως από γάλλιο-αρσενίδιο (GaAs).

❖ Λευκά Led:

Λευκά Led δεν ονομάζονται τα Led τα οποία παράγουν λευκό φως αλλά αυτά που δημιουργούνται μετά την ανάμειξη μιας παλέτας χρωμάτων RGB, δηλαδή με την μίξη κόκκινου πράσινου και

μπλε φωτός. Ένας επιπλέον τρόπος δημιουργίας λευκού Led προκύπτει από τα μπλε Led τα οποία καλύπτονται από ένα στρώμα φωσφόρου το οποίο μετατρέπει το μπλε φως σε λευκό.

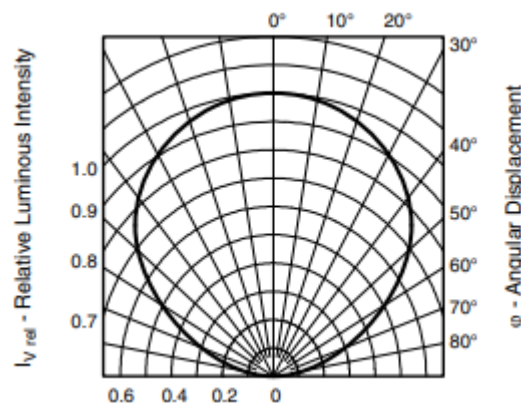
| Color LED | Name Color | Wavelength nm = 1×10^{-9} | Voltage Drop (Forward Voltage) |
|---|-------------|------------------------------------|--------------------------------|
|  | White | 395 - 530 nm | 3 - 5 V |
|  | Ultraviolet | < 400 nm | 3.1 - 4.4 V |
|  | Violet | 400 - 450 nm | 2.8 - 4.0 V |
|  | Blue | 450 - 500 nm | 2.5 - 3.7 V |
|  | Green | 500 - 570 nm | 1.9 - 4.0 V |
|  | Yellow | 570 - 590 nm | 2.1 - 2.2 V |
|  | Orange | 590 - 610 nm | 2.0 - 2.1 V |
|  | Red | 610 - 760 nm | 1.6 - 2.0 V |
|  | Infrared | > 760 nm | < 1.9 V |

Εικόνα 3.4: Τύποι των Led's

Πηγή: www.uk.pinterest.com

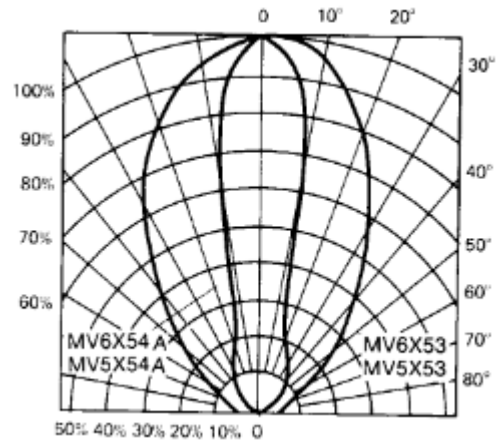
3.7 Μοτίβα κατανομής φωτός

Χωρική κατανομή φωτός των Led (spatial distribution) ονομάζεται ο τρόπος με τον οποίο κάθε διαφορετικός τύπος Led διαχέει το φως που εκπέμπει στον χώρο, σε μια συνάρτηση του ποσοστού της φωτεινής έντασης και της κατεύθυνσης των παραγόμενων ακτίνων του φωτός, με τις αντίστοιχες μοίρες στο πεδίο. Παίρνοντας ως αρχή μια συγκεκριμένη κατεύθυνση παρατηρούμε πως η φωτεινή ένταση για κάθε μια περίπτωση σημειώνεται ως ένα διάνυσμα για κάθε μια γωνία. Έπειτα από την σύνδεση των τελικών σημείων των διανυσμάτων αυτών, εξάγουμε ως αποτέλεσμα την συνολική καμπύλη κατανομής του φωτισμού ενός Led σε πολικές ή και γραμμικές συντεταγμένες.



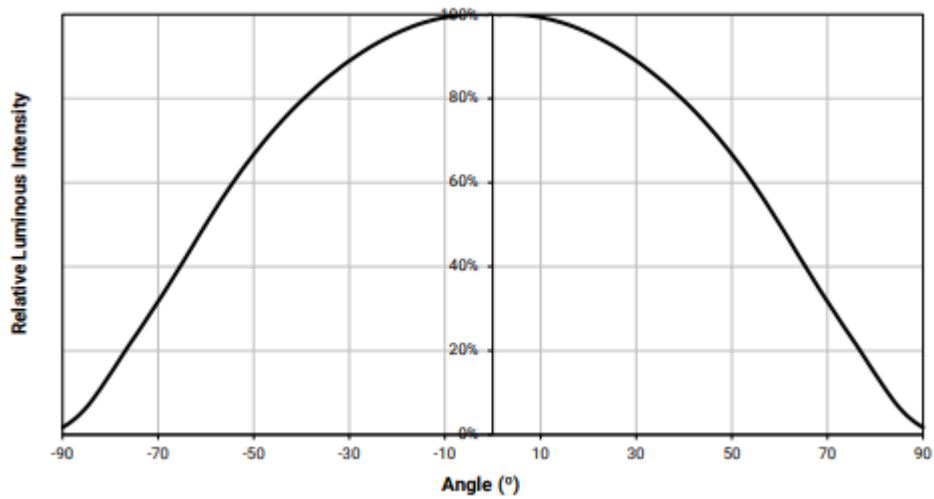
Εικόνα 3.5: Κατανομή φωτός UV SMD Led PLCC-2

Πηγή: <https://www.vishay.com/docs/82556/vlmu3100.pdf>



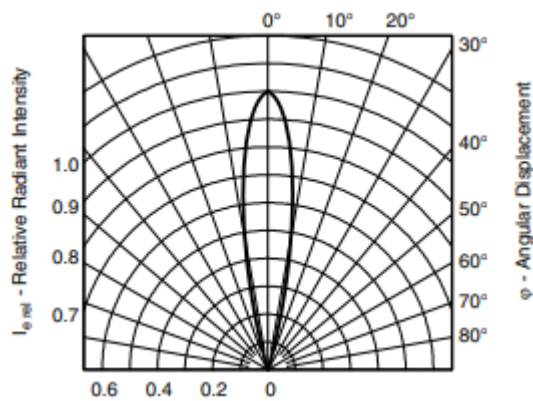
Εικόνα 3.6: Κατανομή φωτός Led MV5754A

Πηγή: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/102280/FAIRCHILD/MV5754A.html>



Εικόνα 3.7: Τυπική χωρική κατανομή φωτός XP-G2 Led

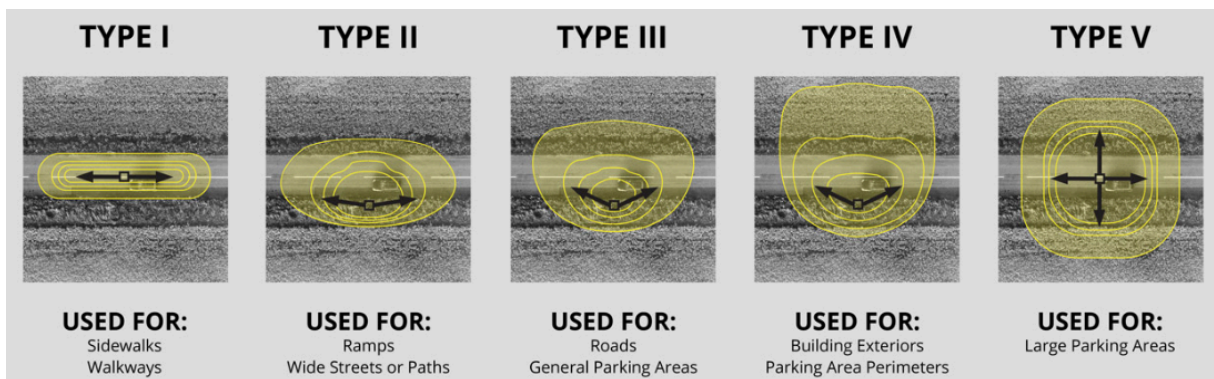
Πηγή: <https://downloads.cree-led.com/files/ds/x/XLamp-XPG2.pdf>



Εικόνα 3.8: Κατανομή φωτός Infrared Led TSAL6100

3.7.1 Τύποι διαχωρισμού μοτίβων φωτισμού μιας συστοιχίας Leds

Όταν μελετάμε συστοιχίες των Led και δεν επικεντρωνόμαστε μεμονωμένα στον κάθε τύπο αυτών, παρατηρούμε την ύπαρξη κάποιων διαφορών. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν πέντε επικρατέστεροι τύποι για την διάκριση της χωρικής κατανομής του φωτός των Led. Την αρχή του διαχωρισμού αυτού ξεκίνησε το Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) κατα την ίδρυση της το 1906 ταξινομώντας τις κατανομές αυτές, σύμφωνα με την επίδραση του κάθε τύπου μοτίβου φωτισμού ενός φωτιστικού συνόλου. Ο διαχωρισμός των τύπων φωτισμού έχει βοηθήσει στο να κατανοούμε καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο το φωτιστικά σώματα εκπέμπουν το φως και πως γίνεται η διάδοση αυτού σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η χρησιμότητα διαφοροποίησης των κατηγοριών οφείλεται κυρίως στην ανάγκη για καλύτερη και αποδοτικότερη φωταγώγηση η οποία επιτυγχάνεται με την επιλογή του κατάλληλου τύπου φωτιστικού συμπλέγματος. Απαιτητικές εφαρμογές αποτελούν οι δρόμοι, τα στενά μονοπάτια και οι μεγάλες και μη συμμετρικές εκτάσεις στάθμευσης οχημάτων.



Εικόνα 3.9: Μοντέλα κατανομής φωτισμού

Πηγή: <https://gkoled.com/iesna-light-distributions/>

- ❖ Τύπος I: Ο συγκεκριμένος τύπος φωτισμού είναι κατάλληλος για μεγάλους δρόμους καθώς είναι ένας αμφίδρομος πλευρικός τύπος φωτισμού που συγκεντρώνει τις δέσμες του φωτός αντιδιαμετρικά μεταξύ τους. Οι δέσμες απλώνονται ομοιόμορφα και στις δύο πλευρές γι' αυτό η τοποθέτηση τους γίνεται συνήθως στο μέσο του δρόμου σε αποστάσεις ίσες με το πλάτος του δρόμου.
- ❖ Τύπος II: Αυτός ο τύπος παρατηρείται συνηθέστερα σε δρόμους μεγάλου πλάτους και στενούς διαδρόμους πεζών καθώς η χρησιμότητα του είναι στην φωταγώγηση μεγάλων πεδίων. Εντοπίζεται σε μονοπάτια πεζών ή σε παράδρομους ενώ παρά την περιορισμένη χρήση του σε δρόμους συναντάται παράπλευρα του δρόμου καθώς έχει πλευρικό πλάτος φωτισμού περίπου τις 25 μοίρες.

- ❖ Τύπος III: Οι τύποι διανομής φωτισμού σε αυτή την κατηγορία έχουν ορισμένα κοινά στοιχεία με τον τύπο II όμως είναι περισσότερο διαδεδομένοι. Αυτό συμβαίνει διότι η μετωπική ρίψη του φωτός στον συγκεκριμένο τύπο είναι μεγαλύτερη από αυτή του τύπου II, όμως η πλάγια ρίψη είναι ελάχιστα μικρότερη. Βρίσκουν παρόμοιες εφαρμογές όπως οι τύπου II ή και σε περισσότερο απαιτητικές συνθήκες. Εάν κάνουμε μία απευθείας σύγκριση με τον τύπο II θα παρατηρήσουμε πως στην περίπτωση του τύπου III το πλευρικό πλάτος φωτισμού είναι στις 40 μοίρες.

- ❖ Τύπος IV: Στην περίπτωση του τύπου διανομής φωτός IV παρατηρούμε το φως να διαχέεται στον μισό κύκλο, πράγμα που σημαίνει ότι κατάλληλες εφαρμογές αποτελούν μικροί χώροι στάθμευσης οχημάτων ή ακόμη και εξωτερικοί χώροι επιχειρήσεων που είναι απαραίτητη η φωταγωγή τους. Στην περίπτωση αυτή έχουμε πλευρικό πλάτος φωτισμού 60 μοιρών και ίδια ένταση φωτός από τις 90 μέχρι τις 270 μοίρες από το σημείο παρατήρησης.

- ❖ Τύπος V: Η μοναδική περίπτωση που θα μπορούσε να χρησιμοποιείται σε μεγάλους χώρους στάθμευσης οχημάτων, σε μεγάλες διασταυρώσεις δρόμων και σε εξωτερικούς χώρους που έχουν την ανάγκη περιμετρικού φωτισμού αποτελεί ο τύπος V. Παράγει μια κυκλική κατανομή του φωτός 360 μοιρών η οποία παρέχει ίδιο φωτισμό σε όλες τις κατευθύνσεις. Εάν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε βέλτιστα τον χώρο κάλυψης χωρίς να μπορούμε να τοποθετήσουμε πολλούς προβολείς επιλέγουμε αυτούς του τύπου V.

Κεφάλαιο 4ο: Κυκλώματα ισχύος τροφοδοσίας των Led

4.1 Εισαγωγή

Για να είμαστε σε θέση να χρησιμοποιήσουμε οποιοδήποτε στοιχείο Led για την οποιαδήποτε εφαρμογή κι αν σκοπεύουμε να υλοποιήσουμε, εκτός από την επιλογή του κατάλληλου τύπου Led πρέπει να μπορούμε επίσης να το τροφοδοτήσουμε επαρκώς. Πολύ μεγάλο πλήθος στοιχείων Led, με πολλές διαφορετικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα οι τάσεις τροφοδοσίας, τα κυκλώματα προστασίας και τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα των πλακετών που επιτελούν συγκεκριμένη λειτουργία με σκοπό την σωστή και ασφαλή τροφοδοσία της εκάστοτε υλοποίησης, πράγματα για τα οποία θα κάνουμε αρκετές αναφορές. Σε αυτό το κεφάλαιο λοιπόν θα μελετήσουμε κάποια από τα κυκλώματα τροφοδοσίας, μέσω των οποίων μπορούμε να πετύχουμε βέλτιστα κυκλώματα αποφεύγοντας ορισμένα προβλήματα είτε αναφερόμαστε σε απλές οικιακές εφαρμογές, είτε σε κάποιες πιο εξειδικευμένες.

4.2 Buck converter

4.2.1 Δομή

Ο μετατροπέας Buck ή αλλιώς Step-Down converter αποτελεί έναν μετατροπέα dc-dc ο οποίος δομικά περιέχει τουλάχιστον δύο ημιαγωγά στοιχεία, μια διόδο και ένα τρανζίστορ συνήθως ή μπορεί να παρατηρήσουμε την αντικατάσταση της διόδου με ένα δεύτερο τρανζίστορ για επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση του κυκλώματος. Στην περίπτωση της χρήσης διόδου αυτή ονομάζεται διόδος ελεύθερης ροής (freewheeling diode). Στις περιπτώσεις χρήσης δεύτερου τρανζίστορ την συχνότερη επιλογή αποτελούν τα Mosfet ισχύος, IGBT ή τα τρανζίστορ διπολικής διασταύρωσης (BJT). Επίσης περιέχει τουλάχιστον ένα στοιχείο αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας όπως πυκνωτή ή πηνίο ή τον συνδυασμό και των δύο αυτών. Σε κάποιες περιπτώσεις που δεν επιθυμούμε τον κυματισμό της τάσης και με σκοπό την καλύτερη εξομάλυνση αυτού χρησιμοποιούνται φίλτρα με πυκνωτές, πηνία ή τον συνδυασμό τους, είτε στην είσοδο είτε στην έξοδο.

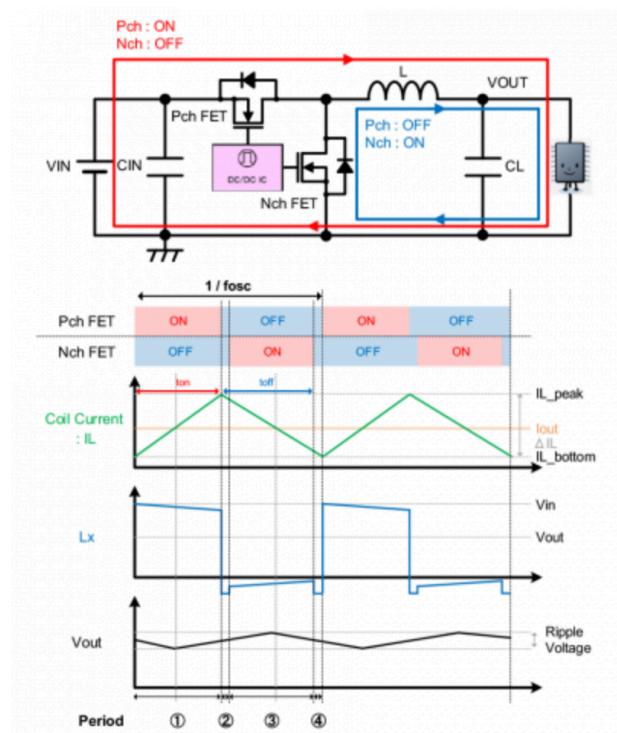
4.2.2 Τρόπος Λειτουργίας

Η λειτουργία του μετατροπέα Buck είναι η μείωση της τάσης και η αύξηση του ρεύματος από την είσοδο προς την έξοδο του. Ο τρόπος λειτουργίας αυτού του μετατροπέα είναι πολύ σημαντικός καθώς μας δίνει την δυνατότητα να τροφοδοτούμε διάφορα υποσυστήματα ενός κυκλώματος τα οποία χρειάζονται διαφορετικές τιμές τάσης. Έτσι ο μετατροπέας περιλαμβάνει ελεγχόμενη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από την είσοδο προς την έξοδο χρησιμοποιώντας διακόπτες και στοιχεία αποθήκευσης ενέργειας. Διακόπτες όπως τα Mosfet επιτρέπουν σε αυτόν τον μετατροπέα με την ρύθμιση του κύκλου εργασίας τους, την επιθυμητή ρύθμιση της μέσης τάσης εξόδου, ανάλογα με την τιμή της τάσης εισόδου. Όταν ο κύριος διακόπτης (τρανζίστορ) είναι ενεργοποιημένος (on) και επιτρέπεται η ροή του ρεύματος το πηνίο αποθηκεύει την ενέργεια στο μαγνητικό του πεδίο. Έπειτα η αποθηκευμένη αυτή ενέργεια μεταφέρεται προς την έξοδο, με τον πυκνωτή εξόδου να φορτίζεται και το φορτίο εξόδου να τροφοδοτείται. Με την απενεργοποίηση (off) του κύριου διακόπτη το μαγνητικό πεδίο του πηνίου ξεκινά να καταρρέει απελευθερώνοντας την ενέργεια αυτή προς το φορτίο, αυτή τη φορά όμως δια μέσω της διόδου ελεύθερης ροής. Ο τρόπος λειτουργίας του μετατροπέα αυτού επομένως είναι η συνεχής σύγκριση της τάσης εξόδου με την τάση αναφοράς, σε συστήματα κλειστού

βρόχου για να μπορεί να ελέγχει την λειτουργία του κυκλώματος μέσω της ανατροφοδότησης. Αυτό καθίσταται εφικτό για τον συγκεκριμένο μετατροπέα καθώς ο κύκλος εργασίας του συγκεκριμένου είναι πολύ υψηλός και μπορεί να ξεπερνά και το 90%.

4.2.2.1 Λειτουργία συνεχούς αγωγιμότητας (CCM)

Κατά την διάρκεια της συνεχούς λειτουργίας του μετατροπέα το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο δεν μηδενίζεται ποτέ σε ολόκληρη την διάρκεια του κύκλου μεταγωγής. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται ότι το πηνίο αποθηκεύει και μεταφέρει συνεχώς ενέργεια σε ολόκληρο των κύκλο εργασίας. Η τάση εισόδου και ο κύκλος εργασίας του κύριος διακόπτης είναι αυτοί οι παράμετροι που καθορίζουν την τιμή της τάσης στην έξοδο. Παρατηρούμε πως η χρήση του μετατροπέα στην συγκεκριμένη λειτουργία προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα όπως χαμηλότερη κυμάτωση της τάσης εξόδου, ακόλουθο του οποίου είναι και η μειωμένη χρήση φίλτρων και η ελάχιστη καταπόνηση που επιδέχονται οι διακόπτες του κυκλώματος. Ορισμένες φορές ο μετατροπέας δεν μας διευκολύνει στην λειτουργία του αυτή, διότι χρειαζόμαστε αρκετά πολύπλοκα σχήματα ελέγχου ώστε να πετύχουμε την διατήρηση σταθερότητας υπό διαφορετικές συνθήκες στο φορτίο.



Εικόνα 4.1: Κυματομορφές σε λειτουργία CCM

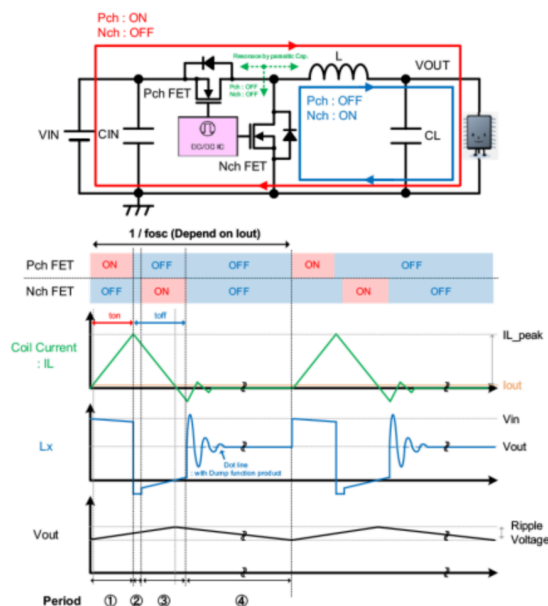
Πηγή: https://product.torexsemi.com/en/technical-support/techfaq/doc_2071

Σύμφωνα με τον διαχωρισμό που παρατηρούμε στο σχήμα 4.1, σε διάστημα μιας περιόδου έχουμε 4 διαφορετικές καταστάσεις. Από την αρχή των αξόνων μέχρι και την κατάσταση 1 ο κύριος διακόπτης (Pch) βρίσκεται σε κατάσταση αγωγής (ON) ενώ δεύτερος διακόπτης (Nch) σε κατάσταση αποκοπής (OFF). Ταυτόχρονα το πηνίο παρατηρούμε πως αποθηκεύει ενέργεια και ο πυκνωτής απελευθερώνει. Στην κατάσταση 1-2 ο κύριος διακόπτης είναι και πάλι σε αγωγή ενώ ο δεύτερος διακόπτης σε

αποκοπή ενώ το πηνίο και ο πυκνωτής αποθηκεύουν ενέργεια. Στην κατάσταση 2-3 ο κύριος διακόπτης είναι σε κατάσταση αποκοπής ενώ ο δευτέρος μεταβαίνει σε κατάσταση αγωγής. Το πηνίο είναι αυτό που τροφοδοτεί το κύκλωμα καθώς απελευθερώνει ενέργεια και ο πυκνωτής φορτίζεται. Στην τελευταία κατάσταση 3-4 και πάλι ο κύριος διακόπτης παραμένει σε κατάσταση αποκοπής ενώ ο δευτέρος εξακολουθεί να άγει, το πηνίο και ο πυκνωτής εκφορτίζεται.

4.2.2.2 Λειτουργία ασυνεχούς αγωγιμότητας (DCM)

Στην λειτουργία ασυνεχούς αγωγιμότητας και για ένα συγκεκριμένο διάστημα του κύκλου μεταγωγής το ρεύμα του πηνίου φτάνει την τιμή του μηδενός, όταν το ρεύμα που διαρρέει το φορτίο στην έξοδο έχει χαμηλότερη τιμή από αυτή του μέσου ρεύματος του επαγωγέα. Ως αποτέλεσμα αυτής της λειτουργίας παρατηρούμε ότι το πηνίο διοχετεύει ολόκληρη την αποθηκευμένη του ενέργεια με αποτέλεσμα να μένει αποφορτισμένο πριν την έναρξη του επόμενου κύκλου. Μέσω αυτής της διαδικασίας παρατηρούμε μεγαλύτερο κυματισμό της τάσης εξόδου, εξαιτίας της φόρτισης-αποφόρτισης του πηνίου και αυξημένο EMI (electromagnetic interference) λόγω της απότομης αλλαγής στην ροή του ρεύματος. Πλεονεκτήματα στις εφαρμογές της λειτουργίας αυτής αποτελούν η βελτιωμένη απόδοση κατά την επιρροή ελαφρού φορτίου, η χρήση απλουστερών σχημάτων ελέγχου καθώς και οι ελάχιστες απώλειες ανάστροφης ανάκτησης μέσω της διόδου.



Εικόνα 4.2: Κυματομορφές σε λειτουργία DCM

Πηγή: https://product.torexsemi.com/en/technical-support/techfaq/doc_2071

Στην περίπτωση DCM δεν παρατηρείται διαφορά στην λειτουργία του μετατροπέα σε σύγκριση με την περίπτωση CCM παρά μόνο στην τέταρτη κατάσταση του DCM όπου ο βασικός και ο δευτερεύων διακόπτης είναι σε αποκοπή (OFF), ενώ το πηνίο έχει καταναλώσει ολόκληρη την αποθηκευμένη του ενέργεια και ο πυκνωτής εκφορτίζεται.

4.2.2.3 Λειτουργία οριακής αγωγιμότητας (BCM)

Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ένας μετατροπέας Buck έχει την δυνατότητα να μεταβαίνει από τον ένα τρόπο λειτουργίας στον άλλο, αναλόγως με τις απαιτήσεις του φορτίου. Πιο συγκεκριμένα για φορτία υψηλών απαιτήσεων μπορεί να λειτουργεί ως CCM ενώ ταυτόχρονα έχει την δυνατότητα να μεταβάλει την λειτουργία του σε DCM όταν υπάρχει επίδραση ελαφρού φορτίου. Αυτή η συμπεριφορά του μετατροπέα ονομάζεται οριακή λειτουργία αγωγιμότητας και μπορεί να ωφελήσει και τους άλλους δύο τύπους αγωγιμότητας. Πλεονεκτήματα της λειτουργίας αυτής αποτελούν η μειωμένη τάση στα εξαρτήματα ανάλογα με τις συνθήκες και η αρκετά υψηλή απόδοση σε μεγάλα φορτία. Το μοναδικό μειονέκτημα που μπορεί να παρατηρηθεί στην περίπτωση αυτή είναι η απαίτηση πολύπλοκων σχημάτων ελέγχου ώστε να επιτευχθεί η σταθερή λειτουργία του κυκλώματος.

4.2.3 Εφαρμογές

Η χρήση των μετατροπέων Buck έχει ποικίλες εφαρμογές σε διάφορους τομείς όπως στην αυτοκίνηση, τα smartphones/tablets, στον τομέα των τροφοδοτικών, στα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και άλλα. Μια από τις πιο κοινές εφαρμογές του μετατροπέα αυτού αποτελούν τα ρυθμιζόμενα τροφοδοτικά, σε ολοκληρωμένο σχεδιασμό τροφοδοτικών ηλεκτρονικού υπολογιστή που έχει μια κοινή είσοδο και χρειάζεται να διαμοιράζει σε διάφορα υποσυστήματα διαφορετικές τιμές τάσης με τις συνηθισμένες τιμές των +3.3, +5, +12 και -12 volts. Επίσης χρησιμοποιείται και στα κλασικά τροφοδοτικά γνωστά σε όλους και ως φορτιστές. Για παράδειγμα η χρήση του είναι πλήρως διαδεδομένη στην υλοποίηση φορτιστών για επαναφορτιζόμενες μπαταρίες εργαλείων, που έχουν απαιτήσεις εξόδου συνήθως περί τα 4-4.6 volts για μπαταρίες ιόντων λιθίου. Όσον αφορά την αυτοκίνηση η χρήση του συγκεκριμένου μετατροπέα γίνεται όλο και πιο απαραίτητη καθώς χρησιμοποιείται για την διαχείριση ακριβείς τάσης σε πολλά από τα υποσυστήματα των σύγχρονων οχημάτων όπως τα συστήματα πληροφόρησης των οδηγών, τις μονάδες ελέγχου του κινητήρα (ECM/ECU), τα συστήματα επιθεώρησης βλαβών (CAN BUS) και ακόμη στα κυκλώματα διαχείρισης των φώτων Led των οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα για τις μονάδες Led των οχημάτων χρησιμοποιούνται μετατροπείς Buck για την διατήρηση σταθερής τάσης στα τσιπ των Leds για να επιτευχθεί η μεγάλη διάρκεια ζωής τους στον χρόνο. Στα συστήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες, επίσης η χρήση του μετατροπέα είναι πολύ σημαντική διότι, χρησιμοποιείται στον έλεγχο κάποιων τάσεων εξόδου των συστημάτων αυτών μέσα στους μετατροπείς (inverters).

Ορισμένοι χρήσιμοι τύποι για την επιλογή και κατασκευή του κατάλληλου μετατροπέα για συγκεκριμένες ανάγκες είναι:

$$\text{Κύκλος λειτουργίας: } D = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

σχέση 4.1

$$\text{Απόδοση λειτουργίας: } \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

σχέση 4.2

$$\text{Επιλογή πηνίο: } L = \frac{(1-D)}{2 * f} * R$$

σχέση 4.3

$$\text{Επιλογή πυκνωτή: } C = \frac{(1-D)}{8 * L * f^2} * V_{out}$$

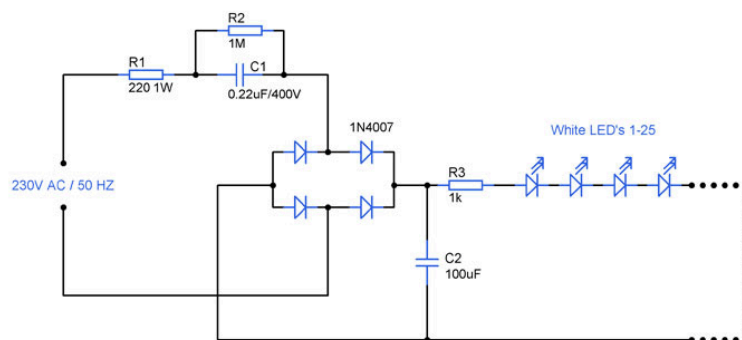
σχέση 4.4

$$\text{Κυμάτωση τάσης εξόδου: } r = \frac{(1-D)}{8 * L * C * f^2}$$

σχέση 4.5

4.3 Κυκλώματα υψηλών τάσεων τροφοδοσίας Led

Σε αυτή την κατηγορία παρατηρούμε κυκλώματα μετατροπών εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή τάση (AC-DC), η οποία είναι απαραίτητη για την τροφοδοσία της συστοιχίας των Leds. Η βασική συνδεσμολογία των κυκλωμάτων αυτών αποτελείται από μια εναλλασσόμενη πηγή τάσης (230v/50Hz), έναν πυκνωτή της τάξης των μF συνδεδεμένο παράλληλα με μια αντίσταση της τάξης κάποιων $\text{k}\Omega$. Αυτός ο πυκνωτής έχει ως λειτουργία να ρυθμίσει το μέσο ρεύμα που θα διαρρέει την συστοιχία των Leds, δηλαδή συμπεριφέρεται ως αντίσταση πτώσης της τάσης, ώστε να διασφαλιστεί ότι το ρεύμα που θα περνά από τα Leds είναι κατάλληλο και δεν θα δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα στο κύκλωμα ή στην συστοιχία. Έπειτα υπάρχει μια γέφυρα ανόρθωσης η οποία χρειάζεται για την μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή. Η γέφυρα αυτή δεν είναι παρά ένα ολοκληρωμένο τσιπ το οποίο αποτελείται από μια συνδεσμολογία μεταξύ τεσσάρων διόδων, τα χαρακτηριστικά της οποίας διαφέρουν από περίπτωση σε περίπτωση καθώς μπορεί να αλλάζουν οι παράμετροι των διόδων που την αποτελούν. Ο δεύτερος πυκνωτή του κυκλώματος είναι παράλληλα συνδεδεμένος με την συστοιχία και έχει δύο βασικές λειτουργίες. Η πρώτη και βασικότερη είναι να ρυθμίζει την κυμάτωση της τάσης που θα δημιουργηθεί πάνω στο φορτίο. Η δεύτερη λειτουργία είναι συνυφασμένη με την πρώτη καθώς πρέπει να ρυθμίζει την αιχμή της τιμής του ρεύματος εισροής, η οποία εμφανίζεται όταν το κύριο ρεύμα είναι ενεργοποιημένο. Ο παλμός αυτός του ρεύματος είναι ικανός αν δεν ρυθμιστεί να οδηγήσει σε καταστροφή του φορτίου. Αρκετές φορές παρατηρείται η μη χρήση αυτού του πυκνωτή. Επίσης γίνεται και χρήση μιας αντίστασης της τάξης των $\Omega/\text{k}\Omega$ ώστε να επιτευχθεί η ομοιομορφία και η σταθερότητα του φωτισμού από την συστοιχία, μέσω της σταθερότητας του ρεύματος που διαρρέει τα φορτία.



Εικόνα 4.3: Μετατροπή AC-DC για τροφοδοσία των Leds

Πηγή: <https://gsmicro.blogspot.com/2015/03/230v-ac-led-circuit.html>

4.4 Συνδυασμός των μεθόδων

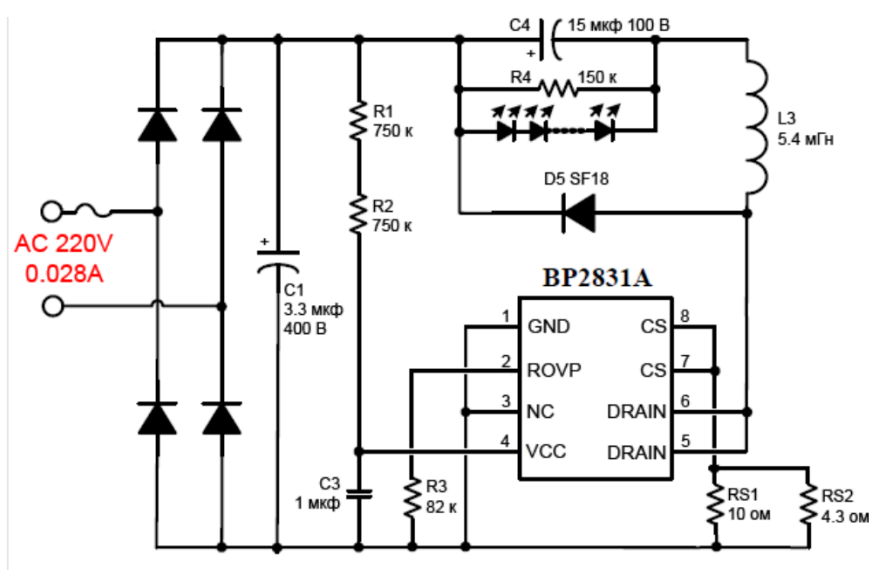
Από το datasheet για το τσιπ BP2831A είναι γνωστό ότι έχει τάση κατωφλίου (V_{CS}) 400mV επομένως μπορεί να βρεθεί η μέγιστη τιμή του ρεύματος στο πηνίο, από τον τύπο $I_{pk} = \frac{400mV}{R_{CS}}$ σχέση 4.6,

το ρεύμα των Leds είναι $I_{LED} = \frac{I_{pk}}{2}$ σχέση 4.7. Η εσωτερική δομή του τσιπ αυτού περιέχει και μια διόδο zener στην Vcc, η οποία σε συνδυασμό με τις αντιστάσεις R1 και R2 καθώς και τον πυκνωτή C3

διατηρούν σταθερή τάση στο τσιπ στα 17 volts. Το πηνίο L3 υπολογίζεται $L = \frac{V_{LED} * (V_{IN} - V_{LED})}{f * I_{pk} * V_{IN}}$ σχέση

4.8. Η αντίσταση R3 είναι υπεύθυνη για την προστασία από υπέρταση συνεπώς και καταστροφή του κυκλώματος. Η τιμή της R3 είναι αυτή που καθορίζει το επίπεδο της προστασίας, από υπέρταση (V_{ovp}

) και οι τιμές τους, υπολογίζονται $R_3 = 15 * T_{OVP} * 10^6$ σχέση 4.9 και $T_{OVP} = \frac{L * V_{CS}}{(R_{S1} // R_{S2}) * V_{OVP}}$ σχέση 4.9.1 για τον χρόνο απομαγνητισμού, άρα οι τιμές της R3 κυμαίνονται στην τάξη των kΩ.

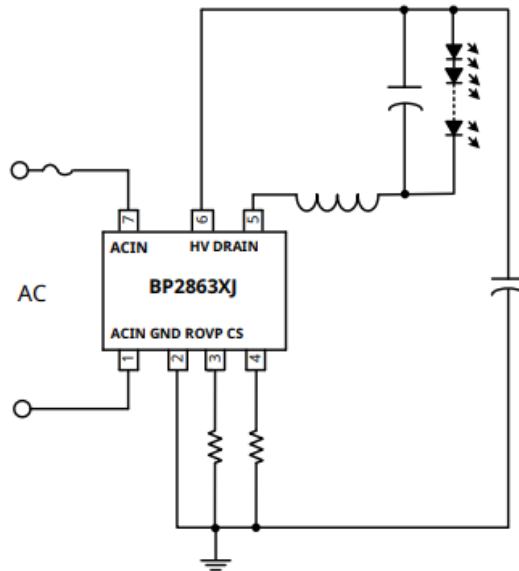


Εικόνα 4.4: Συνδυαστικό κύκλωμα ελέγχου και μετατροπέα Buck

Πηγή: <https://www.indiamart.com/proddetail/bp2831a-led-driver-ic-8876007212.html>

Παρόμοια περίπτωση με αυτή της χρήσης του τσιπ BP2831A αποτελεί και η υλοποίηση με το τσιπ BP2863XJ. Οι διαφορές των δύο τσιπ δεν είναι τόσες πολλές, όμως στην δεύτερη περίπτωση με την χρήση του τσιπ BP2863XJ, που ενσωματώνει σε ένα στοιχείο το κύκλωμα ανόρθωσης, την διόδο ελεύθερης ροής και την μονάδα τροφοδοσίας, επομένως μπορεί να υλοποιηθεί βέλτιστα το όλο

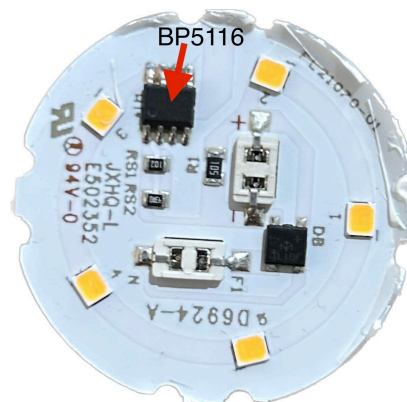
σύνολο με την ελαχιστοποίηση των υλικών. Μια ακόμη διαφορά των δύο είναι η τάση κατωφλίου όπου στην περίπτωση χρήσης του BP2863XJ θα έχουμε τιμές μεταξύ 360-386 mV με τυπική τιμή τα 373 mV.



Εικόνα 4.5: Κύκλωμα με χρήση BP2863XJ

Πηγή:

<https://5.imimg.com/data5/ANDROID/Doc/2024/2/386607132/EU/JJ/WD/25093290/document-3a1000375735.pdf>



Εικόνα 4.6: Κύκλωμα οικιακής λάμπας Led με το chip BP5116

Στην εικόνα 4.6 το κύκλωμα αποτελείται από το ολοκληρωμένο BP5116 που είναι ένας ημιαγωγός υψηλής ισχύος και σκοπός αυτού είναι η διατήρηση/διαχείριση της υψηλής εναλλασσόμενης τάσης του οικιακού δικτύου (220-230 volts), ώστε να μπορεί το συνολικό κύκλωμα να λειτουργεί απρόσκοπτα (σταθερός φωτισμός των Leds και αποφυγή θερμοκρασιών που οδηγούν σε καταστροφή

). Το συγκεκριμένο τσιπ είναι ένας γραμμικός οδηγός Led με δυνατότητα υψηλής διαχείρισης ρευμάτων, καθώς επίσης ενσωματώνει διάφορους διακόπτες υψηλής τάσης και JFET. Κρίνεται ιδανικό για την υλοποίηση κυκλωμάτων με την εν σειρά σύνδεση των στοιχείων Led που διαρρέονται από μικρά ρεύματα, ενώ η τροφοδοσία εισόδου του συνολικού κυκλώματος είναι υψηλή και εναλλασσόμενη (AC).

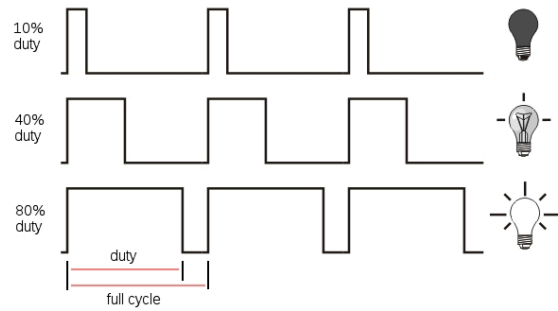
4.5 Σύγχρονες εφαρμογές

Στην σημερινή εποχή ολοένα και περισσότερες είναι οι περιπτώσεις, στις οποίες οι άνθρωποι παρατηρείται πως επιθυμούν να διαχειρίζονται τον τρόπο λειτουργίας μιας ολοκληρωμένης συστοιχίας από Led κατά βούληση, αναλόγως με τις συνθήκες. Αυτή η λειτουργία προσφέρει στους χρήστες την δυνατότητα να “επεμβαίνουν” στον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το κύκλωμα τροφοδοσίας, καθιστώντας τους ικανούς να μπορούν μέσω ρυθμιστικών συσκευών να “θαμπώνουν” την φωτεινότητα μιας συστοιχίας ή και μεμονωμένων στοιχείων Led. Αυτή η παρεμβολή ονομάζεται dimming και δύναται να υλοποιηθεί πάνω στα κυκλώματα με διάφορους τρόπους. Για λόγους ευκολίας στις εγκαταστάσεις και εξοικονόμηση υλικών τα κυκλώματα αυτά πολλές φορές είναι ενσωματωμένα στα κυκλώματα τροφοδοσίας των Leds. Υπάρχουν δύο ευρέως γνωστοί τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνεται η λειτουργία αυτή, ο πρώτος είναι μέσω της ρύθμισης των παλμών PWM και ο δεύτερος με αναλογικό τρόπο. Και οι δύο τρόποι αυτοί επιτυγχάνουν το αποτέλεσμα αυτό μέσα από τον περιορισμό της τιμής του ρεύματος που διαρρέει τα Leds. Με τους PWM παλμούς αλλάζει ο κύκλος λειτουργίας του κυκλώματος και διαμορφώνεται αναλόγως και η τιμή του ρεύματος, η λειτουργία αυτή είναι γνωστή ως διαμόρφωση πλάτους παλμού. Στην περίπτωση της αναλογικής ρύθμισης της φωτεινότητας των Leds μειώνεται “απευθείας” το ρεύμα που διαρρέει τα Leds με αποτέλεσμα την μείωση της φωτεινότητας. Μια πολύ σημαντική διαφορά των δύο αυτών μεθόδων που πρέπει να αναφερθεί είναι πως στην περίπτωση ρύθμισης με αναλογικό τρόπο ενδέχεται τα Leds στα οποία εφαρμόζεται το θάμπωμα να παρουσιάσουν και αλλαγή στον χρωματισμό του, πράγμα απίθανο να συμβεί με την ρύθμιση μέσω PWM παλμών.



Εικόνα 4.7: Συσκευή dimming με PWM παλμούς

Πηγή: <https://www.hzleddriver.com/dimmable-led-driver/12v-32w-pwm-dimmable-led-driver.html>



Εικόνα 4.8: Dimming με PWM παλμούς

Πηγή: <https://docs.onion.io/omega2-maker-kit/starter-kit-fading-led.html>

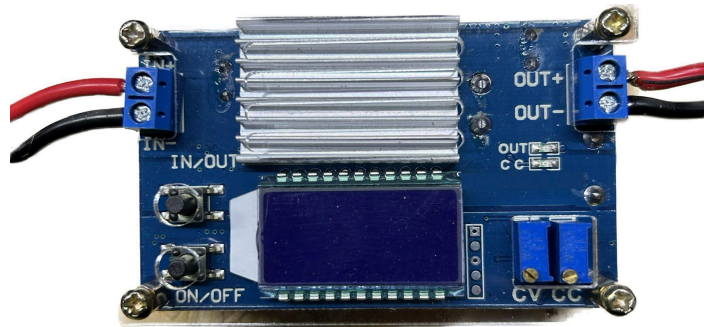
Κεφάλαιο 5ο: Κατασκευή



Εικόνα 5.1: Κύκλωμα σε πλήρη λειτουργία

Τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κυκλώματος της εικόνας 5.1 είναι, ο dc-dc μετατροπέας, η λάμπα Led (φορτίο) και η μπαταρία. Σχετικά με τον dc-dc μετατροπέα ή αλλιώς μετατροπέα buck που χρησιμοποιήθηκε, κύρια χαρακτηριστικά του οποίου είναι το μικρο μέγεθος του, η αποδοτική λειτουργία του, καθώς η ασφάλεια και ευκολία που προσφέρει στο συγκεκριμένο κύκλωμα. Ένας από τους στόχους της υλοποίησης αυτής εξάλλου, είναι η σχετικά μικρή σε έκταση κυκλωματική δομή, συνδυαστικά με την κατά το δυνατόν αποδοτικότερη λειτουργία. Συνδέοντας λοιπόν τον μετατροπέα και τα επιμέρους στοιχεία με σκοπό την υλοποίηση του κυκλώματος, διαπιστώθηκε η ανάγκη εφαρμογής ενός μονωτικού υλικού στις δύο όψεις του μετατροπέα, καθώς το ενδεχόμενο κάποιου βραχυκυκλώματος στο κύκλωμα του, θα ήταν πολύ εύκολο να συμβεί, στην περίπτωση κάποιου λάθους χειρισμού. Έτσι δημιουργήσαμε δυο πλάκες διαστάσεων 82mm x 52mm x 2mm από plexiglass οι οποίες τοποθετήθηκαν πάνω και κάτω από τον μετατροπέα με την βοήθεια κάποιων ειδικών αποστατών. Όσον αφορά την μπαταρία του κυκλώματος, οι αρχικές σκέψεις ήταν να τροφοδοτήσουμε το παρών κύκλωμα από κάποιο τροφοδοτικό ρυθμιζόμενης τάσης, πράγμα που θα σήμαινε αυτομάτως πως ολόκληρη η κατασκευή θα ήταν “καταδικασμένη” να λειτουργεί μόνο στις περιπτώσεις που θα υπήρχε τροφοδοσία 230v ac. Έπειτα αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί ένας άλλος, εναλλακτικός τρόπος, που θα μας έδινε το βασικό πλεονέκτημα της απρόσκοπτης λειτουργίας μακριά από κάθε ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτό φυσικά είναι εφικτό με την χρήση μπαταριών υψηλής απόδοσης και χωρητικότητας όπως αυτές των αυτοκινήτων ή των ups, αλλά οι συγκεκριμένες όμως μειονεκτούν από πλευράς βάρους και όγκου. Έτσι καταλήξαμε στην λύση μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου 20v και 4Ah διαστάσεων 125mm x 85mm 70x και βάρους λιγότερου από το 1/10 κάποιων μπαταριών μολύβδου. Τα στοιχεία της μπαταρίας που επιλέχθηκε είναι τα ακόλουθα 51NR19/66-2 και τα οποία έχουν την δυνατότητα να τροφοδοτήσουν το φορτίο στις μέγιστες απαιτήσεις του για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς επαναφόρτιση. Λόγω της επιλογής του συγκεκριμένου τύπου μπαταρίας ο οποίος είναι αρκετά πιο ευάλωτος σε κάποιο ενδεχόμενο βραχυκύκλωμα, τοποθετήθηκε και ένας διακόπτης μετά τον θετικό πόλο, που αποτρέπει τέτοια σφάλματα. Το συγκεκριμένο φορτίο του κυκλώματος έχει κάποιες ιδιαιτερότητες για να επιτευχθεί η ομαλή λειτουργία του, οι οποίες ενδεικτικά είναι, η σταθερή τάση στα άκρα του, η γραμμική θερμική του επιβάρυνση, καθώς και το ικανοποιητικό ρεύμα που χρειάζεται να το διαρρέει. Τα πλεονεκτήματα που παρατηρούμε με τον συνδυασμό όλων αυτών των εξαρτημάτων είναι η σταθερή και αποδοτική λειτουργία του κυκλώματος, η επιλογή των τιμών τάσεων και ρεύματος και η ανθεκτικότητα του κυκλώματος στον χρόνο. Για την βελτισποίηση της λειτουργία του, παρόλα αυτά, εφαρμόστηκε επιπλέον μια ψύκτρα αλουμινίου διαστάσεων 36.5mm x 25mm x 5mm η οποία διαμορφώθηκε και εφαρμόστηκε με θερμοαγώγιμη ταινία πάνω στο σώμα του μετατροπέα buck. Σε αυτό το σημείο χρειαζόταν ένας τρόπος ώστε να ελέγχονται οι τάσεις και τα ρεύματα που διαρρέουν τα κυκλώματα, τα οποία μας ενδιαφέρουν, έτσι συνδέθηκε μια οθόνη ενδείξεων τάσης και ρεύματος με την τιμή της απεικονιζόμενης τάσης να είναι αυτή στην έξοδο του μετατροπέα buck, μιας και αυτή την

τιμή θεωρούμε αναγκαία επιτήρησης. Το ρεύμα που μας ενδιαφέρει να επιτηρείται από την άλλη δεν είναι άλλο παρά το ρεύμα που διαρρέει το φορτίο στην έξοδο. Οι διαστάσεις της οθόνης είναι 48mm x 29mm x 21mm.



Εικόνα 5.2: Κύκλωμα dc-dc μετατροπέα



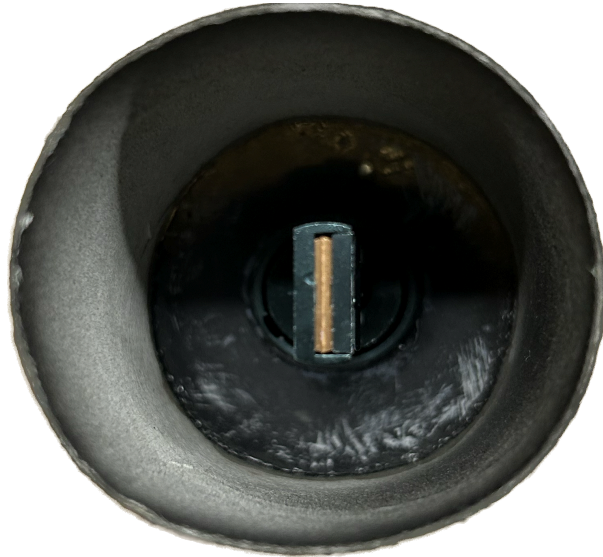
Εικόνα 5.3: Οθόνη ενδείξεων

Αναζητώντας την κατάλληλη επιλογή της λάμπας Led που θα χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα μας, καταλήξαμε στην τροποποίηση ενός ήδη πολύ αποδοτικού συνόλου, από πλευράς φωτισμού και σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας, καθώς και του τρόπου διαχείρισης της θερμότητας ο οποίος αποτελεί σημαντικό κριτήριο. Στην εικόνα 5.4 απεικονίζεται μια λάμπα υψηλής απόδοσης, τύπου Led, η οποία χρησιμοποιεί esp chips και πιο συγκεκριμένα τα chip 3570. Τα συγκεκριμένα chips κατασκευαστικά αποτελούνται από δύο συστοιχίες παράλληλα συνδεδεμένες, η κάθε μια από τις οποίες έχει εν σειρά συνδεδεμένα τρία Leds. Μορφολογικά παρατηρούμε την ύπαρξη δύο τέτοιων συστοιχιών πάνω στην λάμπα, οι οποίες βρίσκονται εκατέρωθεν η μια της άλλης. Μια λάμπα χαλκού στο κέντρο, εμπλουτισμένη με θερμοαγώγιμη πάστα, είναι αυτή που συγκρατεί τις δύο πλευρές στις οποίες υπάρχουν τα chips, συνδεδεμένες μεταξύ τους, ενώ υπάρχει εκεί και για λόγους απαγωγής του θερμικού φορτίου. Η συγκεκριμένη λάμπα Led επιλέχθηκε διότι αφενός τα esp chips είναι πολύ αποδοτικά στην φωτεινή τους κατάσταση (σχέση φωτισμού-κατανάλωσης) και αφετέρου διότι η ισχύς που απαιτείται για την τροφοδοσία τους είναι αρκετά διαχειρίσιμη. Σχετικά με τα θερμικά φορτία που

δημιουργούνται από την έναυση και καθόλη την λειτουργία της λάμπας Led, υπάρχει ένας ανεμιστήρας που λειτουργεί από την αρχή της τροφοδοσίας της λάμπας, σκοπός του οποίου είναι η γραμμική αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της λάμπας, καθώς και η αποφυγή της υπερθέρμανσης που μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή των chips. Οι διαστάσεις αυτού του ανεμιστήρα είναι 28mm. Επιπλέον όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.5 χρειάστηκε να κατασκευαστεί έναν θόλο, ο οποίος προσαρμόζεται πάνω στο σώμα της λάμπας και δεν επιτρέπει την διάχυση του φωτός προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να τυφλώνει, αλλά συγκεντρώνει την δέσμη στο κέντρο. Η κατασκευή του θόλου έγινε από ανακυκλωμένο χαρτόνι και πλαστικό τα οποία κόπηκαν/βάφτηκαν και κολλήθηκαν μεταξύ τους με εποξική κόλλα δύο συστατικών η οποία έχει αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης ο θόλος αυτός έχει την δυνατότητα να αφαιρείται, καθώς η συγκεκριμένη λάμπα που έχει επιλεγεί, ενσωματώνει έναν κυλινδρικό δακτύλιο που ασφαλίζει στο κυρίως σώμα της, πάνω στον οποίο έχει προστεθεί ο θόλος. Ο δακτύλιος αυτός, έχει επενδυθεί με υφασμάτινη ταινία καλωδιώσεων, ώστε με την αύξηση της θερμοκρασίας να μην λιώσει το πλαστικό της βάσης του θόλου.

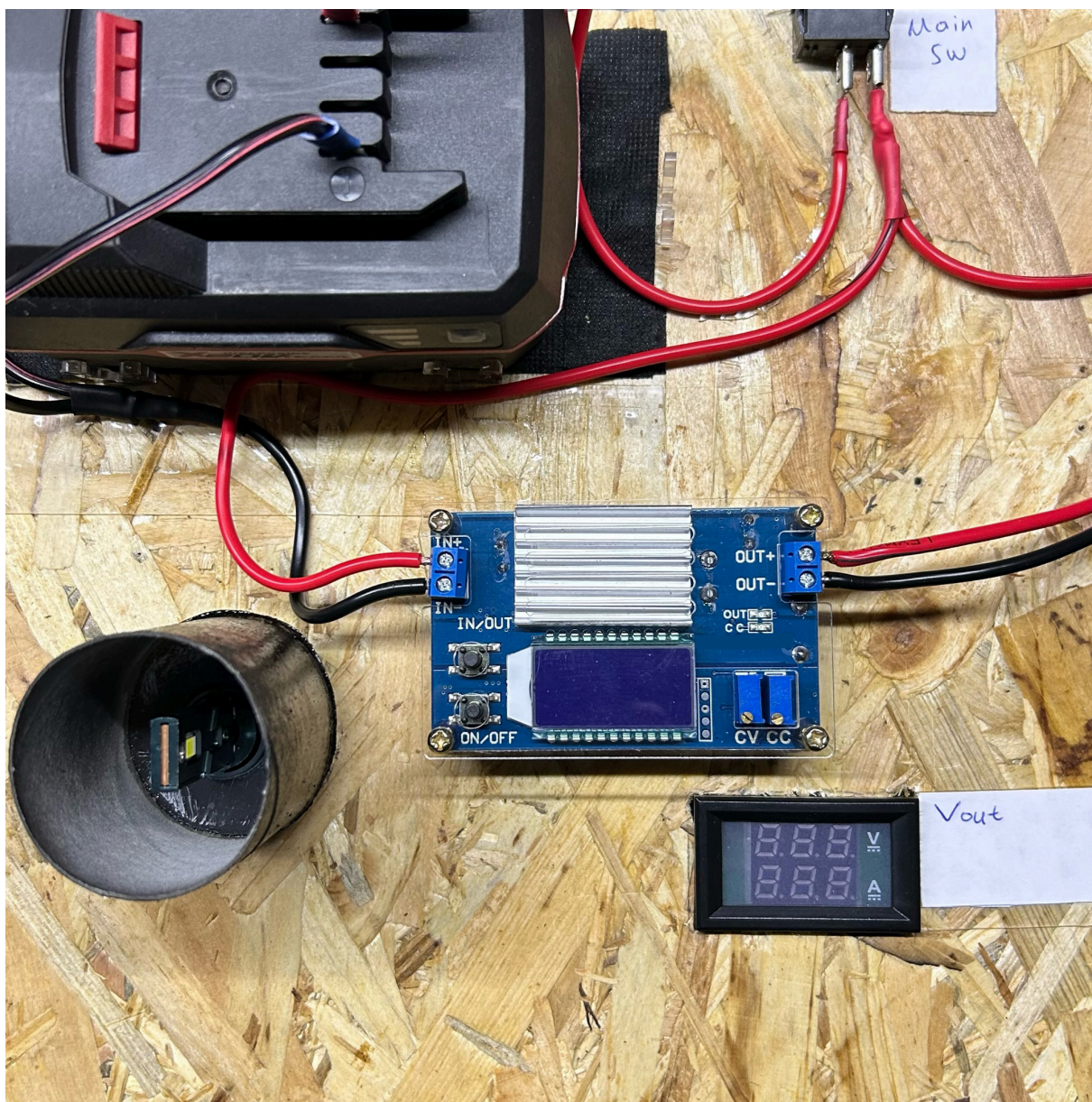


Εικόνα 5.4: Λάμπα Led με csp chips

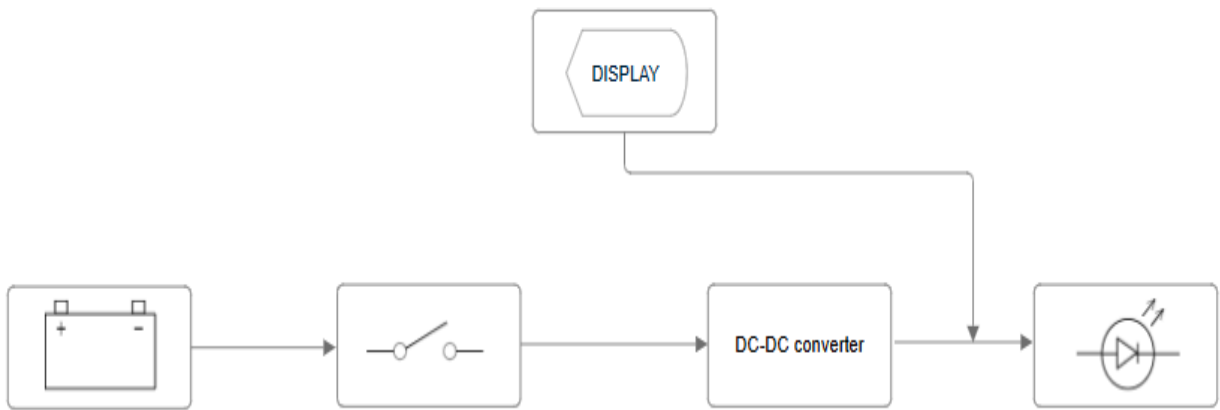


Εικόνα 5.5: Θόλος συγκέντρωσης της δέσμης φωτός

Αφού έχουμε ολοκληρώσει και βεβαιωθεί για την λειτουργικότητα όλων των υποσυστημάτων που αποτελούν την κατασκευή, ξεκινήσαμε την δημιουργία της πλατφόρμας στην οποία έχουμε τοποθετήσει όλα τα εξαρτήματα. Αρχικά επιλέξαμε ως βασικό υλικό το επεξεργασμένο ξύλο ώστε το κόστος να διατηρηθεί χαμηλό αλλά και γιατί θέλαμε η κατασκευή να είναι ανθεκτικότερη από πλευράς σταθερότητας. Το υλικό που επιλέχθηκε είναι το osb (oriented strand board) το οποίο κόπηκε σε διαστάσεις 250 mm x 250mm x 20mm και στο οποίο έγιναν τρύπες διατομής 38mm, με ειδικό εξάρτημα ώστε να τοποθετήσουμε την βάση της λάμπας η οποία στερεώθηκε με πυρίμαχη σιλικόνη. Επίσης έγινε ακόμη μια τρύπα ώστε να τοποθετηθεί χωνευτά η οθόνη ενδείξεων οι διαστάσεις της οποίας είναι 47mm x 26mm. Στο κάτω μέρος της κατασκευής τοποθετήθηκαν 4 βίδες μήκους 50mm που χρησιμοποιούνται ως αποστάτες ώστε να υπάρχει επαρκής ροή αέρα στον ανεμιστήρα της λάμπας. Όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα τοποθετήθηκαν πάνω στην ξύλινη βάση και στερεώθηκαν με ταινία διπλής όψης.

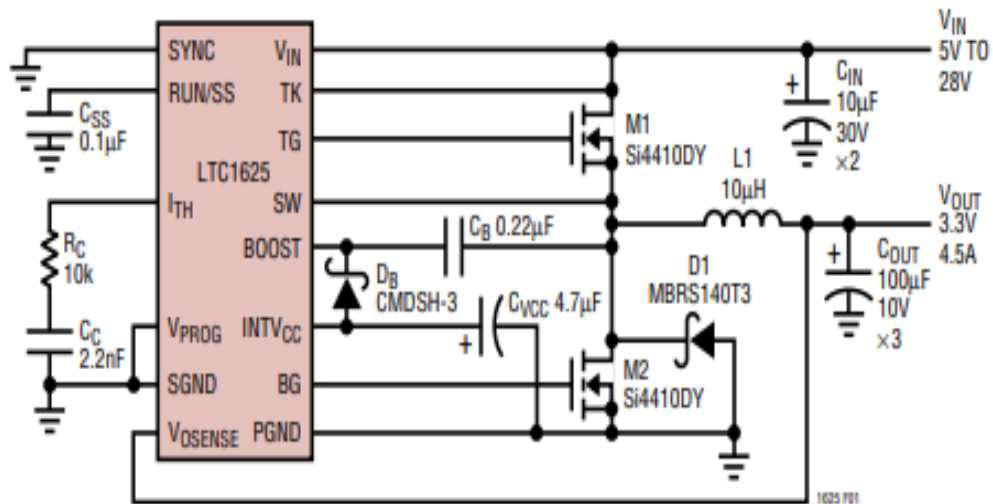


Εικόνα 5.6: Άνω όψη της κατασκευής



Εικόνα 5.7: Block διάγραμμα του κυκλώματος

Ακολουθεί μια λίστα με ορισμένα από τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα τα οποία χρησιμοποιούνται στον dc-dc μετατροπέα του κυκλώματος.



Εικόνα 5.8: LTC1625 step down μετατροπέας υψηλής απόδοσης

Mosfets: NCE4060K N- channel mosfet ισχύος

datasheet: www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/773059/NCEPOWER/NCE4060K.html

Τρανζίστορ: D882 NPN silicon epitaxial transistor

datasheet: www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/479006/WILLAS/D882.html

Microcontroller: N76E003

datasheet: www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132178/NUVOTON/N76E003.html

lcd controller: HT1621

datasheet: www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/64418/HOLTEK/HT1621.html

Οθόνη:

Led dual display digital meter

Χαρακτηριστικά:

εύρος τάσης: 0.0V-100V

εύρος ρεύματος: 0A-10A

σφάλμα τάσης: +/- 0.1%

σφάλμα ρεύματος: +/- 1%

ρεύμα λειτουργίας: < 20mA

θερμοκρασίες ομαλής λειτουργίας: -10 °C - +65 °C

Συσσωρευτής/Μπαταρία:

Μπαταρία ιόντων λιθίου με 10 κελιά σε συστοιχίες των δύο και σε εν σειρά σύνδεση μεταξύ των υπολοίπων. Το κάθε στοιχείο υπό φυσιολογικές συνθήκες και σε κατάσταση αδράνειας χωρίς να είναι πλήρως εκφόρτηστο μετράται περίπου στα 3.7V και έχει χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας περί τα 2000mah.

| | |
|--------------------|-------------|
| Battery cells..... | 10 |
| Nominal | |
| voltage | 20 V== |
| Capacity..... | 4.0 Ah |
| Energy..... | 80 Wh |
| Temperature..... | |
| | max. 50 °C |
| Charging | |
| process | 4 - 40 °C |
| Operation | -20 - 50 °C |
| Storage..... | 0 - 45 °C |

Εικόνα 5.9: Χαρακτηριστικά μπαταρίας

Κύριος διακόπτης on/off:

Rocker switch 250V/6A

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: Μετρήσεις και αποτελέσματα

6.1 Μετρήσεις τάσης και ρεύματος

Στην φάση των μετρήσεων υπάρχει ένας διαχωρισμός σχετικά με τις τιμές της τάσης ή του ρεύματος στο κύκλωμα, ο οποίος αφορά την κανονική λειτουργία και την λειτουργία σε οριακές τιμές. Σχετικά με τις οριακές τιμές, οι οποίες δεν είναι άλλες παρά οι τιμές τάσης/ρεύματος που αν εφαρμοστούν στο κύκλωμα αυτό είτε δεν θα “αντλεί” την απαραίτητη ισχύ ώστε να λειτουργήσει, είτε θα οδηγηθεί στην καταστροφή. Εφαρμόζοντας στο κύκλωμα τάση περίπου από 0-7V δεν παρέχεται σε αυτό αρκετή ενέργεια ώστε να λειτουργήσει. Έπειτα από μια δοκιμή που πραγματοποιήσαμε σε ένα φορτίο πανομοιότυπο αυτού της συγκεκριμένης κατασκευής του οποίου και θέλαμε να δοκιμάσουμε τις ανοχές, που θα το οδηγούσαν στην καταστροφή, παρατηρήσαμε ότι πέρα από τα περίπου 13V παρουσιάζει μια αστάθεια στην λειτουργία του. Αυξάνοντας την τάση στα άκρα του φορτίου και αφήνοντας το ρεύμα να ρέει ελεύθερα χωρίς να το περιορίσουμε τεχνητά, το φορτίο άρχισε να ανεβάζει αισθητά την θερμοκρασία των chips. Σε αυτό το σημείο να επισημάνουμε πως ενδεχομένως αν αφήναμε το φορτίο σε εκείνη την κατάσταση θα οδηγούνταν σε λίγα λεπτά στην καταστροφή λόγω θερμοκρασιών που δεν μπορούσε να αποβάλει ούτε το περίβλημα, αλλά ούτε και ο ανεμιστήρας. Παρόλα αυτά γνωρίζοντας ότι θα οδηγήσουμε το φορτίο στην καταστροφή του, που ήταν και ο λόγος για τον οποίο ξεκινήσαμε την μέτρηση αυτή, αυξήσαμε την τάση στα 16V και μετρήσαμε την θερμοκρασία των chips στους 77 °C, λίγα δευτερόλεπτα πριν το φορτίο σταματήσει να λειτουργεί εξαιτίας της βλαβής που του είχε προκληθεί. Το μέγιστο ρεύμα που περνούσε μέσα από το φορτίο και μπορέσαμε να μετρήσουμε ήταν στα 2,6A.

6.2 Μέτρηση αποδοτικότητας φωτισμού

Για τις μετρήσεις της αποδοτικότητας φωτισμού της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο όργανο μέτρησης σε όσο το δυνατόν ιδανικότερες συνθήκες για την ανάληψη των μετρήσεων αυτών. Αρχικά να αναφέρουμε τις προδιαγραφές του οργάνου μέτρησης (λουξόμετρο/φωτόμετρο) το οποίο είναι της εταιρίας uni-t με αριθμό μοντέλου ut-383. Η δυνατότητα του οργάνου για την μέτρηση του φωτισμού φτάνει μέχρι την τιμή των 200000 lux με ακρίβεια +/- 4% για μετρήσεις από 0-200000 lux. Η διεξαγωγή των μετρήσεων έγινε σε σκοτεινό δωμάτιο χωρίς καμία άλλη πηγή φωτισμού στον περιβάλλοντα χώρο, καθώς για τις ανάγκες της σωστότερης μέτρησης λήφθηκαν περισσότερες από μια μετρήσεις. Πριν την έναρξη των μετρήσεων τοποθετήσαμε την κατασκευή σε σταθερό σημείο και χωρίσαμε σε τέσσερα τεταρτημόρια την περιοχή γύρω από αυτή, ενώ καθόλη την διεξαγωγή της συγκεκριμένης μέτρησης η κατασκευή παρέμεινε στο ίδιο σημείο. Έπειτα μετρήσαμε σε κάθε νοητό άξονα των τεσσάρων τεταρτημορίων, δηλαδή στις 0°, 90°, 180°, 270° μοίρες, δύο αποστάσεις σε σχέση με την φωτεινή πηγή, μια στα 50cm και μια δεύτερη στο 1m. Επιπλέον αυτών των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε μια μέτρηση εσωτερικά του κάθε τεταρτημορίου στο μέσο του, δηλαδή στις 45°, 135°, 225°, 315° με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια ως προς τις μοίρες ήταν εφικτό. Και στις επόμενες αυτές μετρήσεις λήφθηκαν υπόψη οι ίδιες κατά μήκος αποστάσεις από την φωτεινή πηγή, 50cm και 1m αντίστοιχα. Για την μεγαλύτερη εγκυρότητα των μετρήσεων η κάθε μια από αυτές διεξήχθη δύο φορές, για να αποφευχθούν τυχόν δικά μας λάθη κατά την λήψη της μέτρησης, ενώ η τελική τιμή αυτών, προέκυψε από τον μέσο όρο των δύο μετρήσεων. Το σύνολο των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε χωρίς την χρήση του ειδικού περιβλήματος γύρω από τα Leds, ώστε να ληφθεί η μέγιστη τιμή που μπορεί να φτάσει η συγκεκριμένη πηγή. Τέλος για τα συγκεκριμένα Leds της πηγής φωτισμού, γνωρίζουμε από τους κατασκευαστές ότι είναι εφικτό να φτάσουν μέχρι τα 30000 lumens σε ιδανικές συνθήκες και δεδομένων των δικών μας συνθηκών δεν επιδιώξαμε να φέρουμε στα όρια τους τα chips ή και να τα ξεπεράσουμε, ώστε να αποφύγουμε ανεπιθύμητες ενέργειες. Στον πίνακα που ακολουθεί, υπάρχουν αναλυτικά βάση των αποστάσεων, όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.

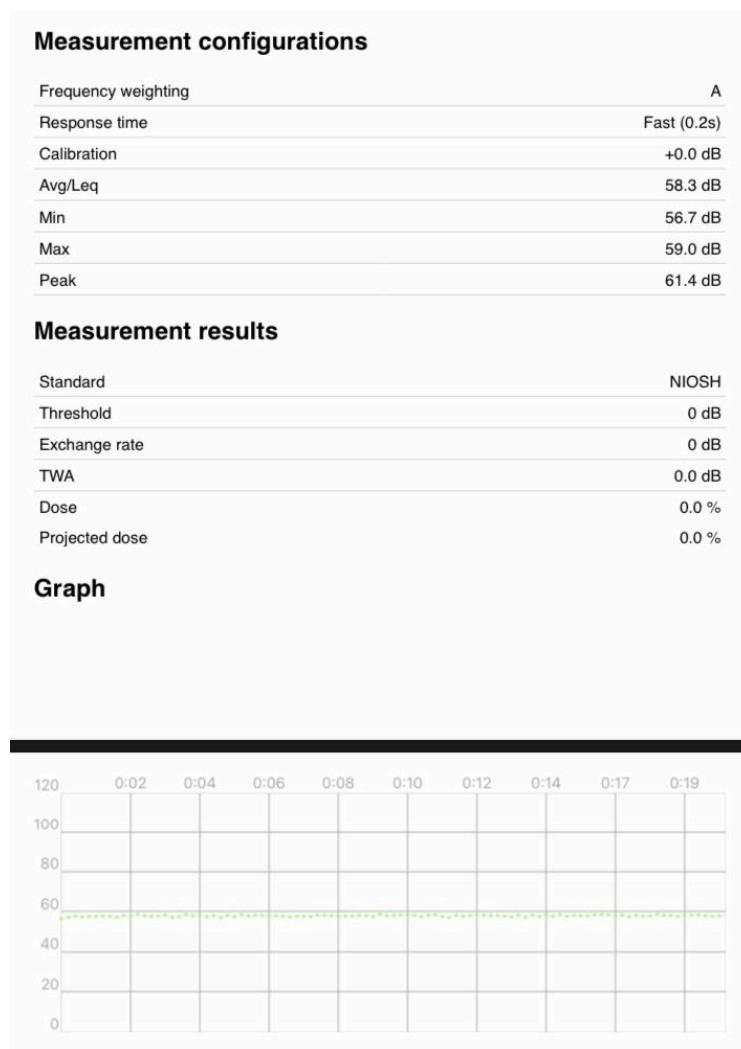
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° |
|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 50cm | 1618 | 730 | 1105 | 670 | 1586 | 768 | 1028 | 703 |
| 1m | 442 | 40 | 27 | 313 | 385 | 276 | 32 | 317 |

Πίνακας 1

6.3 Επίπεδα θορύβου

Όσον αφορά την μέτρηση του επιπέδου θορύβου που παράγεται από το κύκλωμα κατά την λειτουργία του, ο οποίος οφείλεται κατά κύριο λόγο στον ανεμιστήρα που διαθέτει το φορτίο για την απαγωγή της θερμότητας. Η μέτρηση των τιμών αυτών πραγματοποιήθηκε με την χρήση μικροφώνου κινητής συσκευής και του κατάλληλου λογισμικού καταγραφής των επιπέδων θορύβου. Ο χώρος στον οποίο έχουν πραγματοποιηθεί οι συγκεκριμένες μετρήσεις δεν πληροί σε καμία περίπτωση τα πρότυπα κατά

τα οποία διεξάγονται αντίστοιχες μετρήσεις θορύβου, σε ειδικούς χώρους με εξειδικευμένα όργανα μέτρησης. Για την συγκεκριμένη μέτρηση όμως πάρθηκαν κατά το δυνατόν κάποια μέτρα ώστε να αποφευχθούν τυχόν λανθασμένες μετρήσεις. Οι μετρήσεις ολοκληρώθηκαν σε κλειστό χώρο μακριά από περιβαλλοντικούς θορύβους και παρεμβολές. Η συσκευή καταγραφής τοποθετήθηκε περίπου σε απόσταση ενός μέτρου από τον ανεμιστήρα του φορτίου με κατεύθυνση προς αυτόν και η μέτρηση ξεκίνησε ενώ ο ανεμιστήρας είχε αναπτύξει τον μέγιστο αριθμό στροφών. Δεν έγινε κανένα καλιμπράρισμα μέσω του λογισμικού ώστε οι μετρήσεις να είναι ανέπαφες ενώ η διάρκεια της μέτρησης αυτής ήταν 20 δευτερόλεπτα. Κατά την εκκίνηση του ανεμιστήρα δεν παρατηρείται καμία παρεμβολή/απόκλιση στην λειτουργία του, όπως τριγμοί ή τζόγος, επομένως δεν κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί μέτρηση θορύβου κατά την εκκίνηση του. Οι μέγιστη τιμή θορύβου που μπορεί να παρατηρηθεί είναι κατά την λειτουργία του ανεμιστήρα στο πλήρες εύρος των στροφών του. Θα ακολουθήσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων όπως αυτά εξήχθησαν από το λογισμικό καταγραφής, καθώς και ένα γράφημα που αναπαριστά τις τιμές που καταγράφηκαν, στο πέρας των 20 δευτερολέπτων.



Εικόνα 6.1: Μετρήσεις και γράφημα θορύβου

6.4 Μετρήσεις θερμοκρασιών

Σχετικά τις μετρήσεις των θερμοκρασιών πάνω σε κάποια από τα εξαρτήματα του κυκλώματος πρέπει να αναφέρουμε τις συνθήκες και τους τρόπους που διεξήχθησαν οι μετρήσεις αυτές. Αρχικά χωρίζουμε σε δύο φάσεις τις μετρήσεις, με την διαφορά αυτών να βρίσκεται στην χρήση και μη χρήση ψύξης κάποιων εκ' των εξαρτημάτων. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε θερμομέτρο υπερύθρων με πολύ μικρές ανοχές της κλάσης του 0,5 °C, το μοντέλο του οποίου είναι το PTI 380, ενώ οι μετρήσεις έγιναν στο ίδιο σημείο πάνω στο κάθε εξάρτημα, δύο φορές διαδοχικά ώστε να προκύψει ο μέσος όρος της κάθε τιμής. Ο χώρος στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις είχε θερμοκρασία δωματίου περίπου στους 23 °C. Λαμβάνοντας υπόψη των τρόπο λειτουργίας του κυκλώματος, επιλέχθηκαν κάποιες καίριες τιμές των ρευμάτων που διαρρέουν το φορτίο για την διεξαγωγή της μέτρησης των θερμοκρασιών. Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί πως οι μετρήσεις πάρθηκαν μετά το πέρας των 5 λεπτών λειτουργίας για κάθε μία από τις επιλεγμένες τιμές ρεύματος. Έτσι δημιουργήθηκαν οι παρακάτω πίνακες στους οποίους γίνεται ο διαχωρισμός της κατάστασης (με ψύξη ή χωρίς), στους οποίους γίνεται αναπαράσταση της θερμοκρασίας των εξαρτημάτων συγκριτικά με τις τιμές των ρευμάτων διαρροής του κυκλώματος. Όλες οι τιμές των αναγραφόμενων θερμοκρασιών αφορούν την κλίμακα βαθμών κελσίου (°C) και όχι κάποιας άλλης μονάδος.

Χωρίς την χρήση ψύκτρας:

| | 0.5A | 1A | 1.5A | 2A |
|-----------------|------|----|------|------|
| Μπαταρία | 24 | 24 | 24 | 24 |
| dc-dc converter | 27 | 28 | 31 | 33 |
| Led chips | 35 | 35 | 36 | 41.5 |

πίνακας 2

Με την χρήση ψύκτρας:

| | 0.5A | 1A | 1.5A | 2A |
|-----------------|------|----|------|------|
| Μπαταρία | 24 | 24 | 24 | 24 |
| dc-dc converter | 24 | 25 | 27 | 30 |
| Led chips | 35 | 35 | 36 | 41.5 |

πίνακας 3

Μετά το πέρας των μετρήσεων θερμοκρασίας δεν παρατηρήθηκε αλλαγή στο κέλυφος της μπαταρίας καθόλη την διάρκεια των μετρήσεων, καθώς αυτή παρέμεινε σταθερή στους 24°C, αυτό πιθανότατα συμβαίνει είτε επειδή στον συγκεκριμένο συσσωρευτή δεν αποβάλλεται στο περιβάλλον η θερμότητα των κυψελών που περιέχει εσωτερικά, καθώς είναι συσσωρευτής κλειστού τύπου, είτε επειδή δεν “ζορίζεται” ώστε να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία του συγκεκριμένου κυκλώματος.

Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης

7.1 Συμπεράσματα

Έπειτα από τις διάφορες δοκιμές στις οποίες έχουμε υποβάλει την κατασκευή μας και στα πλαίσια τα οποία ήταν αυτό δυνατό, είμαστε σε θέση να εξάγουμε κάποια ασφαλή συμπεράσματα που έχουν να κάνουν με αυτή. Αρχικά το συνολικό κύκλωμα καταφέρνει να τροφοδοτηθεί έως και στο 100% και με απόλυτη επιτυχία και ασφάλεια, σύμφωνα πάντα με τα όρια που έχουμε ορίσει. Υπολογίζοντας πάντα θεωρητικά την αντοχή του κυκλώματος, στον χρόνο ζωής που αυτό αναμένεται να έχει, δηλαδή περίπου 100.000 ώρες συνεχούς λειτουργίας και με δεδομένη την μη κατάλληλη ψύξη, με αποτέλεσμα το φορτίο να υπερθερμαίνεται, στην παρούσα υλοποίηση λοιπόν αναμένουμε αρκετά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Συνεπώς το ζήτημα περί λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα έχει εξαιρεθεί πλήρως. Σχετικά με την προσαρμοστικότητα της κατασκευής και την αντοχή της, στην παρατεταμένη χρήση για τις ανάγκες φωτισμού κάποιου χώρου, η χρονική διάρκεια λειτουργίας είναι απολύτως συνδεδεμένη με την επιλογή του κατάλληλου συσσωρευτή, ο οποίος αρκεί να πληρεί τις προϋποθέσεις της τάσης και μόνο, καθώς το κύκλωμα δεν έχει απώλειες σε κατάσταση σβέσης και δεν χρειάζεται μπαταρία με μεγάλο στιγμιαίο ρυθμό εκφόρτισης, λόγω των χαμηλών καταναλώσεων του φορτίου στις εναλλαγές από την κατάσταση off σε on. Αυτό σημαίνει ότι κατά πρώτων δεν καταπονείται η μπαταρία, σε σχέση με την περίπτωση όπου το φορτίο θα χρειαζόταν μεγάλα στιγμιαία ρεύματα και δεύτερον ότι δεν υπάρχει μεγάλη θερμική επιβάρυνση της μπαταρίας κατά την συνεχή λειτουργία, αφού και τα δύο αυτά είναι λόγοι για την μείωση ζωής της και κατά συνέπεια ολοκλήρου του κυκλώματος. Η μπαταρία που έχουμε χρησιμοποιήσει εμείς δίνεται από τον κατασκευαστή της για περίπου 400 κύκλους φόρτισης που θεωρητικά σημαίνει ότι δεν υπάρχει οποιαδήποτε ανάγκη να γίνει αντικατάσταση της, ακόμα και στις πιο απαιτητικές συνθήκες λειτουργίας της κατασκευής. Ένα επίσης πολύ σημαντικό θετικό της υλοποίησης αυτής είναι το κόστος της, το οποίο είναι αρκετά χαμηλό για αυτά που μπορεί να προσφέρει, αν επίσης υπολογίσουμε το γεγονός ότι στην παρούσα κατασκευή θα μπορούσαν να γίνουν και κάποιοι συμβιβασμοί, που εσκεμμένα δεν επιλέξαμε, για την μείωση ακόμα περισσότερο του κόστους. Συγκριτικά λοιπόν με τα χρήματα που ενδεχομένως μπορούν να δαπανηθούν σε αντίστοιχες συσκευές του εμπορίου, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι είναι εφικτή ακόμη και η απόσβεση των υλικών σε βάθος χρόνου, ειδικά αν συμπεριλάβουμε την μεγάλη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Όσον αφορά την αλλαγή κάποιων εξαρτημάτων αυτή είναι τόσο εύκολη καθώς δεν απαιτείται η αποσυναρμολόγηση κανενός άλλου εξαρτήματος πέραν του επιθυμητού, κάτι το οποίο σπανίζει στις περισσότερες υλοποιήσεις φωτιστικών. Δεν θεωρούμε πως υπάρχουν μειονεκτήματα στην παρούσα κατασκευή ικανά για να αλλάξουν ολοκληρωτικά την δομή της, παρά μόνο αν είναι στοχευμένη η χρήση της με τέτοιο τρόπο που δεν μπορεί να εξυπηρετήσει στην παρούσα μορφή και κρίνονται αναγκαίες παρεμβάσεις στα σημεία. Η απλή δόμηση της κατασκευής αυτής είναι και το κύριο χαρακτηριστικό της, καθώς κάθε πιθανή μελλοντική ανάγκη για την οποιαδήποτε παρέμβαση δεν θα αποτελέσει το παραμικρό πρόβλημα. Τέλος έχοντας υπόψη μας την δημιουργία ενός τελικού συνόλου το οποίο σε μεγάλο βαθμό θα είχε ένα θετικό οικολογικό αποτύπωμα, όσο αυτό ήταν δυνατό, καταλήξαμε στη χρήση ορισμένων ανακυκλώσιμων υλικών και σε όσα σημεία αυτό δεν ήταν εφικτό, χρησιμοποιήθηκαν εναλλακτικές λύσεις με επαναχρησιμοποιούμενα υλικά..

7.2 Προτάσεις βελτίωσης

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μιας και έχει εφαρμογή σε πολλούς τομείς, θα μπορούσε να διαμορφωθεί αναλόγως έτσι ώστε να γίνει κατάλληλη για την εκάστοτε εφαρμογή. Μιλώντας για την κατασκευή καθεαυτή οι βελτιώσεις που μπορούν να εφαρμοστούν για καλύτερη λειτουργία σε πιο απαιτητικές συνθήκες, είναι η προσθήκη ενός ανεμιστήρα διαστάσεων 70mm - 100mm με την ροή του αέρα να είναι προς τα κάτω, ώστε να μην δημιουργεί στροβιλισμό και κατά συνέπεια να εγκλωβίζει στιγμιαία τον θερμό αέρα που εξέρχεται από το υπάρχουν εσωτερικό ανεμιστήρα της λάμπας. Επίσης η όλη κατασκευή θα μπορούσε να μην είχε υλοποιηθεί πάνω σε ξύλινη επιφάνεια αλλά με κάποιον διαφορετικό τρόπο, που να εξυπηρετεί την ανάλογη εφαρμογή και χρήση. Σχετικά με την μονάδα παροχής ενέργειας, δηλαδή την μπαταρία, που δεν είναι απαραίτητη η χρήση της αλλά μπορεί να αντικατασταθεί ή και να καταργηθεί σε περίπτωση που δεν εξυπηρετεί σε μια επικείμενη εφαρμογή. Η αντικατάσταση της, δεν θα βρει αντιμέτωπα προβλήματα, απλά στην περίπτωση της κατάργησης της και αντικατάστασης της από πηγή εναλλασσόμενης τάσης, κρίνεται αναγκαία η προσθήκη μιας γέφυρας ανόρθωσης ώστε να είναι εφικτή η λειτουργία του κυκλώματος και αυτό μόνο στην περίπτωση που επιθυμούμε για κάποιο λόγο την χρήση υψηλών τάσεων για την τροφοδοσία του. Επιπλέον η κατασκευαστική δομή θα μπορούσε να βελτιωθεί αν γίνει κάποια μελέτη για την τοποθέτηση των κυκλωμάτων εσωτερικά κάποιου κουτιού που θα αποτελείται από μεταλλικό και σε συνδυασμό με κάποιο άλλο μη αγώγιμο υλικό όπως πλαστικό ή plexiglass, έτσι ώστε να τοποθετηθούν σε αυτό για να μειωθεί ο χώρος που καταλαμβάνουν, ενώ παράλληλα θα βελτιωθεί και η θερμική τους απαγωγή. Τέλος στην ενδεχόμενη περίπτωση την οποία θέλουμε να γίνει ακόμη πιο συμβατή ως προς την λειτουργία και η λειτουργικότητα της, η παρούσα κατασκευή, μπορούμε να αφαιρέσουμε τα αναλογικά ποτενσιόμετρα και στις θέσεις αυτών να τοποθετήσουμε ψηφιακούς ρυθμιστές οι οποίοι θα μπορούν να παρέχουν την δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου των λειτουργιών του κυκλώματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Charles K. Alexander, Matthew N.O. Sadiku, Εισαγωγή στα Ηλεκτρονικά Κυκλώματα 4η Έκδοση, Θεσσαλονίκη: ΤΖΙΟΛΑΣ, 2017
- [2] Ιορδάνης Ν. Κιοσκερίδης, Ηλεκτρονικά Ισχύος 2η Έκδοση, Θεσσαλονίκη: ΤΖΙΟΛΑΣ, 2019
- [3] Στέφανος Ν. Μανιάς, Ηλεκτρονικά Ισχύος 3η Έκδοση, Αθήνα: ΣΥΜΕΩΝ, 2020
- [4] <https://www.alldatasheet.com>
- [5] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/888552/VISHAY/1N4001.html>
- [6] <https://www.vishay.com/docs/81370/vlmw41.pdf>
- [7] <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/102280/FAIRCHILD/MV5754A/486/1/MV5754A.html>
- [8] <https://downloads.cree-led.com/files/ds/x/XLamp-XPG2.pdf>
- [9] <https://www.vishay.com/docs/81009/tsal6100.pdf>
- [10] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132263/BPS/BP2831A.html>
- [11] <https://5.imimg.com/data5/ANDROID/Doc/2024/2/386607132/EU/JJ/WD/25093290/document-3a1000375735.pdf>
- [12] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1140946/BPS/BP5116DJ.html>
- [13] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/245448/FAIRCHILD/2SC5200.html>
- [14] <https://www.zgsm-china.com/blog/iesna-lighting-distribution-types-and-their-applications.html>
- [15] https://product.torexsemi.com/en/technical-support/techfaq/doc_2071
- [16] <https://revolveled.com/blogs/shop-talk/led-light-distribution-patterns-types-iii-iv-and-v?srsltid=AffmBOopdstYeQjyPGpK-VfDypC-js3xL5Shz5yi47S2rFVpjm-mHAndas>
- [17] <https://www.tehao-optics.com/en/news/company-news/50.html>
- [18] <https://www.cree-led.com/products/leds/chips>
- [19] https://www.electronics-tutorials.ws/diode/diode_3.html