



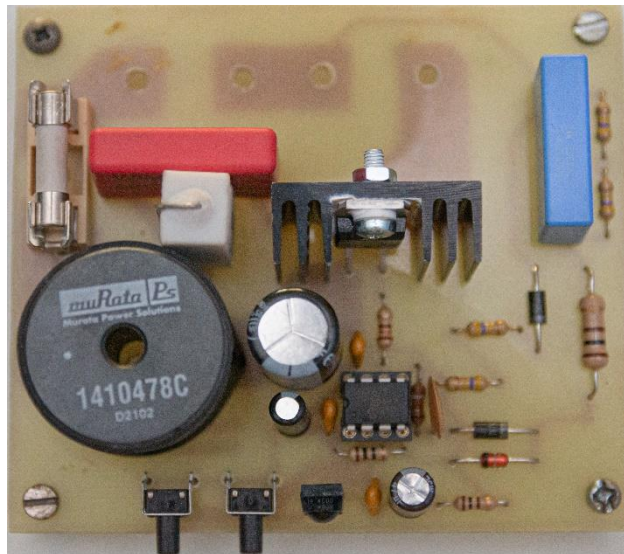
ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Υλοποίηση τηλεχειριζόμενου Dimmer ελεγχόμενο από
τον μικροελεγκτή PIC12F675»



Του φοιτητή
Γαλάνη Ευάγγελου
Αρ. Μητρώου: 514022

Επιβλέπων
Όνοματεπώνυμο: Γιακουμής Άγγελος
Επίκουρος Καθηγητής

Τίτλος Π.Ε Υλοποίηση τηλεχειριζόμενου Dimmer ελεγχόμενο από τον μικροελεγκτή PIC12F675

Κωδικός Π.Ε. 16126

Όνοματεπώνυμο φοιτητή/τών: Γαλάνης Ευάγγελος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.

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 του φοιτητή Γαλάνη Ευάγγελου που την εκπόνησε. 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 απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Πρόλογος

Ο λόγος που επέλεξα την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία είναι κυρίως ο τρόπος με τον οποίο μπορεί και αναμιγνύει διαφόρους κλάδους των ηλεκτρονικών μαζί. Το ενδιαφέρον μου για τον προγραμματισμό καθώς και η περιέργεια μου πάνω στο κομμάτι της σχεδίασης και σύνθεσης ηλεκτρονικών πλακετών ήταν και τα κίνητρα μου για την επιλογή αυτή. Με την παρούσα πτυχιακή εργασία κατάφερα να εξελιχθώ παραπάνω στο κομμάτι των ηλεκτρονικών, να εξερευνήσω τις διάφορες μεθόδους κατασκευής μιας πλακέτας και φυσικά να επεξεργαστώ τις αμέτρητες ιδιότητες των μικροελεγχτών PIC. Η ύπαρξη των ηλεκτρονικών ισχύος κάνουν την παρούσα κατασκευή τόσο ενδιαφέρουσα όσο και πρόκληση. Η προσθήκη ασύρματων δυνατοτήτων χειρισμού του μηχανισμού της πλακέτας ήταν ένα νέο και ενδιαφέρον κεφάλαιο για μένα που μου κίνησε το ενδιαφέρον για τα πρωτόκολλα ασύρματων επικοινωνιών ακόμα περισσότερο. Οπότε σε αυτή την εργασία θα δούμε πως λειτουργεί ένα κύκλωμα ενός διακόπτη Dimmer, ποια επιπλέον στοιχεία το κάνουν πιο εύκολο και πρακτικό, καθώς και βελτιώσεις πάνω στο καθένα από αυτά. Ως εκ τούτου, απώτερος σκοπός της εργασίας αυτής είναι η απόκτηση εμπειρίας πάνω στην κατασκευή τέτοιων κυκλωμάτων, η περαιτέρω εκπαίδευση μου πάνω στα γνωστικά πεδία που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο σύστημα, αλλά και η κατασκευή μιας λειτουργικής συσκευής.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των υποχρεώσεων μου ως προπτυχιακός φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΠΠΑΕ. Στόχος της εργασίας είναι η βιβλιογραφική μελέτη και η ανάλυση λειτουργίας ενός διακόπτη Dimmer όσο πιο κατανοητά γίνεται. Η εργασία χωρίζεται σε τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μια εισαγωγή στις θεωρητικές έννοιες των κλάδων της τεχνολογίας που απασχολούν το αντικείμενο της εργασίας που θα ασχοληθούμε και θα κάνουμε μια σύντομη ιστορική αναδρομή πάνω σε αυτό και τις εφευρέσεις που έγιναν στο παρελθόν. Θα δούμε, δηλαδή τι είναι τα ηλεκτρονικά ισχύος συνοπτικά και θα εστιάσουμε στους διακόπτες dimmer και στον τρόπο λειτουργίας τους. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναλύσουμε τη συναρμολόγηση της πλακέτας και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή. Θα αναλυθεί λεπτομερώς η λειτουργία και η χρήση κάθε εξαρτήματος και στοιχείου της κατασκευής όπως επίσης και η κατασκευή ενός PCB. Έπειτα θα δούμε κάποια στοιχεία σχετικά με την αρχιτεκτονική και τη λειτουργία του μικροελεγκτή PIC12F675 πάνω στην πλακέτα. Τέλος στο τρίτο κεφάλαιο θα δούμε αναλυτικά τις μετρήσεις και τα διαγράμματα που πάρθηκαν αφού τέθηκε σε λειτουργία η πλακέτα καθώς και τα ελαττώματα που μπορεί να έχει ή τις βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν.

«Implementation of a remotely controlled Dimmer via the microcontroller PIC12F675»

«Galani Evangelos»

Abstract

The complete study carried out for this dissertation as well as the construction that was conducted throughout that period proved that applications that use any type of thyristor, have great potential overall. More specifically, the research part of this work proves that the vast majority of devices nowadays, and especially home appliances, are made of circuits that unquestionably use one or more triacs in combination with other devices and frequency filters. This in turn, shows us how important power electronics play in our lives and that they are now an integral part of it.

Using microcontrollers as the core of such applications, we have made a big leap in precisely controlling their performance according to our expectations. With basic programming knowledge as well as the most necessary electronic devices (rectifiers, transformers, induction / condenser filters) one can produce any kind of home appliance from a simple mobile charger to a dimmer to control the lights or heat of the house. Within this study, we present such a low cost , home-embedded application that records, stores and processes the data given by the domestic power supply so it can attribute the desired results. In the following chapters we analyze the structure, each component of the system and the methods being implemented.

In addition, the concept of dimmer and more specifically power control, are intertwined with energy saving, an issue that already concerns man and society to a large extent. A purely personal assessment is the fact that in the coming years, the monitoring of energy consumption by humans will be monitored and adjusted accordingly from the most seemingly "small" application such as a dimmer to an entire smart home.

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα και εισηγητή καθηγητή μου, κ.Γιακουμή Αγγελο για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές του. Επίσης θέλω να δώσω ένα θερμό ευχαριστώ σε όσα συγγενικά και οικεία άτομα με στήριξαν με τις συμβουλές τους και με διευκόλυναν με τις γνώσεις τους.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	3
Κατάλογος Σχημάτων	8
Συντομογραφίες.....	10
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή στη θεωρία.....	12
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	12
1.2 Αρχή λειτουργίας του Dimmer	15
1.3 Εφαρμογές των οικιακών Dimmer	16
1.4 Ηλεκτρονικά Συστήματα Ισχύος	19
1.4.1 Εφαρμογές ηλεκτρονικών συστημάτων ισχύος.....	20
Κεφάλαιο 2ο: Αρχή λειτουργίας υλικού και λογισμικού	23
2.1 Εισαγωγή	23
2.2 Πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB)	23
2.2.1 Τι είναι μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB).....	24
2.2.2 Η Ιστορία των PCBs	24
2.2.3 Σχεδιασμός και κατασκευή	26
2.2.4 Η διαδικασία δημιουργίας ενός PCB	27
2.3 Θυρίστωρ.....	31
2.3.1 Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου (SCR)	31
2.3.2 Triac.....	33
2.3.3 Diac.....	35
2.4 Πυκνωτές	35
2.5 Δίοδος	37
2.5.1 Ανόρθωση μισού κύματος.....	41
2.5.2 Ανόρθωση μισού κύματος με πυκνωτή.....	43
2.6 Αντιστάσεις.....	44
2.7 Μικροελεγκτής.....	47
2.7.1 Πώς λειτουργούν οι μικροελεγκτές	48
2.7.2 Τα στοιχεία ενός μικροελεγκτή	49
2.7.3 Χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής του μικροελεγκτή	51
2.7.4 Διαφορές των μικροελεγκτών από τους μικροεπεξεργαστές	52

2.7.5	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης μικροελεγκτών στη βιομηχανία	53
2.8	Γλώσσες προγραμματισμού	55
2.8.1	Επίπεδα γλωσσών προγραμματισμού	57
2.9	Μπλοκ διάγραμμα	58
Κεφάλαιο 3ο:	Εφαρμογή του Dimmer	61
3.1	Εισαγωγή	61
3.2	Σκοπός της εφαρμογής	61
3.3	Υλοποίηση και κατασκευή της εφαρμογής.....	62
3.4	Το μπλοκ διάγραμμα της κατασκευής.....	66
3.5	Η αποδόμηση της τροφοδοσίας του κυκλώματος	67
3.6	Ο μικροελεγκτής PIC12F675.....	69
3.6.1	Χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή	71
3.7	Ο προγραμματισμός του dimmer και το Software	73
3.7.1	Ο προγραμματισμός του δέκτη IR.....	79
3.8	Φίλτρα του κυκλώματος	80
3.9	Zero-crossing	81
3.10	Ο σκανδαλισμός του triac	81
3.11	Έλεγχος φάσης στην έξοδο.....	84
3.12	Συμπεράσματα	86
3.13	Σκέψεις για επεκτάσεις/ βελτιώσεις της εφαρμογής	87
3.14	Βιβλιογραφία.....	88
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α :	ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ.....	91

Κατάλογος Σχημάτων

Εικόνα 1: Granville Woods' "Safety Dimmer"	13
Εικόνα 2: Joel S. Spira's Capri dimmer.....	14
Εικόνα 3: Οικιακή πλακέτα διακόπτη Dimmer	14
Εικόνα 4: Κύκλωμα οικιακού Dimmer	16
Εικόνα 5: Μηχανικό περιστροφικό dimmer.....	17
Εικόνα 6: LED-Ready dimmers	17
Εικόνα 7: Dimmer με τηλεχειριστήριο	18
Εικόνα 8: Touch Screen dimmer	18
Εικόνα 9: Λειτουργικό διάγραμμα ενός ηλεκτρονικού συστήματος ισχύος	20
Εικόνα 10 : Μετατροπείς εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή με στοιχεία IGBT για υπόγεια μεταφορά ισχύος υπό υψηλή συνεχή τάση.....	21
Εικόνα 11: Διάγραμμα ενός επεξεργαστή ισχύος.....	22
Εικόνα 12: Μια πλακέτα PCB όπως την συναντάμε στην αγορά.....	23
Εικόνα 13: PCB με ξύλινη βάση	24
Εικόνα 14: Ένα PCB παλιάς κατασκευής.....	25
Εικόνα 15: Υαλοβάμβακας (FR4) πλακέτας.....	26
Εικόνα 16: Έκθεση σε υπεριώδες φως.....	27
Εικόνα 17: Διάτρηση με ειδικό τρυπάνι	28
Εικόνα 18: Επιμετάλλωση πλακέτας	29
Εικόνα 19: Στρώματα πλακέτας PCB μονής όψης	30
Εικόνα 20: Στρώματα πλακέτας PCB διπλής όψης	30
Εικόνα 21: Στρώματα πλακέτας PCB πολλαπλών όψεων	30
Εικόνα 22: Τα Θυρίστορ που συναντάμε στην αγορά	33
Εικόνα 23: Σύμβολα του triac	34
Εικόνα 24: Τα Triac ως εξαρτήματα στην αγορά.....	34
Εικόνα 25: Συνδιασμός Triac με Diac	35
Εικόνα 26 : Diac	35
Εικόνα 27: Τα διάφορα είδη πυκνωτών της αγοράς	37
Εικόνα 28: Δίοδος Πυριτίου (Si)	38
Εικόνα 29: Δίοδος Γερμανίου (Ge)	38
Εικόνα 30: Χαρακτηριστικές καμπύλες V-I πυριτίου και γερμανίου (Si και Ge).....	38
Εικόνα 31: (α)Το σύμβολο της διόδου, (β) η χαρακτηριστική καμπύλη της διόδου I-V, (γ) η θεωρητική ιδανική ορθή γωνία της διόδου.....	39
Εικόνα 32: Το ρεύμα της διόδου σε κατάσταση αποκοπής.....	40
Εικόνα 33: Χαρακτηριστική μιας διόδου Zener	41
Εικόνα 34: Η αρχή λειτουργίας του ανορθωτή μισού κύματος.....	42
Εικόνα 35: Κύκλωμα ανορθωτή μισού μήκους κύματος	42
Εικόνα 36: Ανόρθωση μισού κύματος με φίλτρο πυκνωτή	43
Εικόνα 37: Αντιστάσεις πάνω σε ηλεκτρονικό κύκλωμα	44
Εικόνα 38: Ποτενσιόμετρα και τρίμερ.....	45

Εικόνα 39: Χρωματικός κώδικας πάνω σε μια αντίσταση.....	46
Εικόνα 40: Ο πίνακας με τον χρωματικό κώδικα	47
Εικόνα 41: Ο μικροελεγκτής ως εξάρτημα	48
Εικόνα 42: Ο μικροελεγκτής πάνω σε PCB.....	48
Εικόνα 43: Μπλοκ διάγραμμα ενός μικροελεγκτή	50
Εικόνα 44: Οι βασικές διαφορές των αρχιτεκτονικών Von Neumann και Harvard.....	52
Εικόνα 45: Οι διαφορετικές αρχιτεκτονικές του μικροελεγκτή και του μικροεπεξεργαστή.....	53
Εικόνα 46: Κώδικας γλώσσας προγραμματισμού	56
Εικόνα 47: Τα επίπεδα των γλωσσών προγραμματισμού	58
Εικόνα 48: Μπλοκ διάγραμμα.....	59
Εικόνα 49: Διάγραμμα ροής.....	60
Εικόνα 50: Το PCB της συσκευής.....	63
Εικόνα 51: Ενδεικτικά το μέγεθος της πλακέτας	64
Εικόνα 52: Προστατευτικό κουτί με τα επιμέρους κομμάτια	65
Εικόνα 53: Τοποθέτηση και σύνδεση πλακέτας.....	65
Εικόνα 54: Η τελική μορφή της συσκευής.....	66
Εικόνα 55: Το μπλοκ διάγραμμα της συσκευής.....	67
Εικόνα 56: Το σχηματικό του κυκλώματος.....	68
Εικόνα 57: Διάγραμμα του PIC12F675	70
Εικόνα 58: Αρχιτεκτονική του PIC12F675.....	72
Εικόνα 59: Το αναπτυξιακό περιβάλλον του MPLAB	73
Εικόνα 60: Η διαδικασία ανάπτυξης του κώδικα	74
Εικόνα 61: Το PICKit 3	75
Εικόνα 62: Η διαδικασία αποθήκευσης των 8 κωδικών	76
Εικόνα 63: Το διάγραμμα ροής του PIC12F675	77
Εικόνα 64: Τα interrupts του προγράμματος.....	79
Εικόνα 65: Το πηνίο πάνω στην πλακέτα	80
Εικόνα 66: Ο παλμός του zero-crossing	81
Εικόνα 67: Κυματομορφή χωρίς φωτεινότητα	82
Εικόνα 68:Κυματομορφή χαμηλής φωτεινότητας.....	82
Εικόνα 69: Κυματομορφή μεσαίας φωτεινότητας.....	82
Εικόνα 70: Κυματομορφή υψηλής φωτεινότητας	83
Εικόνα 71: Κυματομορφή εξόδου χαμηλής φωτεινότητας	84
Εικόνα 72: Κυματομορφή εξόδου μεσαίας φωτεινότητας.....	84
Εικόνα 73:Κυματομορφή εξόδου υψηλής φωτεινότητας.....	85
Εικόνα 74: Σύγκριση των δύο κυματομορφών.....	86

Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή στη θεωρία

1.1 Ιστορική αναδρομή

Αδιαμφισβήτητα οι ηλεκτρικές συσκευές έχουν μπει στη ζωή των ανθρώπων εδώ και δεκαετίες. Κάποιες από αυτές μένουν και κάποιες καταργούνται λόγω ελαττωματικότητας. Ένας βασικός παράγοντας αυτής της διάκρισης ήταν, είναι και θα είναι πάντα το πόσο έλεγχο έχει ο ίδιος ο άνθρωπος πάνω στην εκάστοτε συσκευή, στη αποδοτικότητα της προς αυτόν και στον τρόπο που αυτή του παράγει έργο. Εφόσον οι ηλεκτρικές συσκευές τροφοδοτούνται με ηλεκτρική τάση, η πρώτη πρόκληση στο ζήτημα του ελέγχου ήταν ο έλεγχος της τάσης της συσκευής. Συχνά, σε πολλές εφαρμογές, απαιτείται έλεγχος της τάσης διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών. Στην καθημερινότητα αλλά και σε περισσότερο εξεζητημένες περιπτώσεις, οι ηλεκτρικές συσκευές πρέπει να παρέχουν την επιθυμητή ισχύ σε μορφή φωτισμού ώστε να προσαρμόζονται αναλόγως στους διάφορους χώρους εργασίας. Οι ανάγκες μας για τεχνικές ρύθμισης της τάσης μας οδήγησε σε μία σειρά από ευρέσεις και ανακαλύψεις στον χώρο των ηλεκτρονικών ισχύος που αργότερα με τη σειρά τους οδήγησαν στην κατασκευή των πρώτων dimmer.

Η λέξη "dimmer" προέρχεται από το αγγλικό "dim" που σημαίνει "αμυδρό φως" και έχει την ίδια σημασία και στα ρωσικά. Αλλά οι ίδιοι οι Ρώσοι συχνά αποκαλούν το dimmer ως dimmer, επειδή είναι μια ηλεκτρονική συσκευή με την οποία μπορούμε να αλλάξουμε την ηλεκτρική ισχύ (δηλαδή, να την προσαρμόσετε πάνω ή κάτω). Τις περισσότερες φορές, χρησιμοποιώντας μια τέτοια συσκευή, ελέγχεται το φορτίο φωτισμού. Το dimmer έχει σχεδιαστεί για να αλλάζει τη φωτεινότητα του φωτός που εκπέμπεται από λαμπτήρες LED, λαμπτήρες πυρακτώσεως και αλογόνου. Οι πρώτοι ρυθμιστές dimmer ελέγχονταν άμεσα μέσω χειροκίνητου χειρισμού μεγάλων φωτεινών dimmer πάνελ. Αυτό απαιτούσε όλη την ισχύ του διακόπτη να προέρχεται από τη θέση ελέγχου φωτισμού, το οποίο ήταν άβολο στην χρήση, αναποτελεσματικό και πιθανόν επικίνδυνο για συστήματα μεγάλης ή υψηλής ισχύος, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για φωτισμό σκηνής θεάτρου.

Το 1896, ο Γκράνβιλ Γουντς έφτιαξε και κατοχύρωσε την πατέντα του με όνομα "Safety Dimmer", το οποίο μείωσε σημαντικά τη σπατάλη ενέργειας και την ποσότητα ενέργειας που παράγεται για να καλύψει την επιθυμητή ζήτηση αντί να ξοδεύει ανεπιθύμητη ενέργεια.



Εικόνα 1: Granville Woods' "Safety Dimmer"

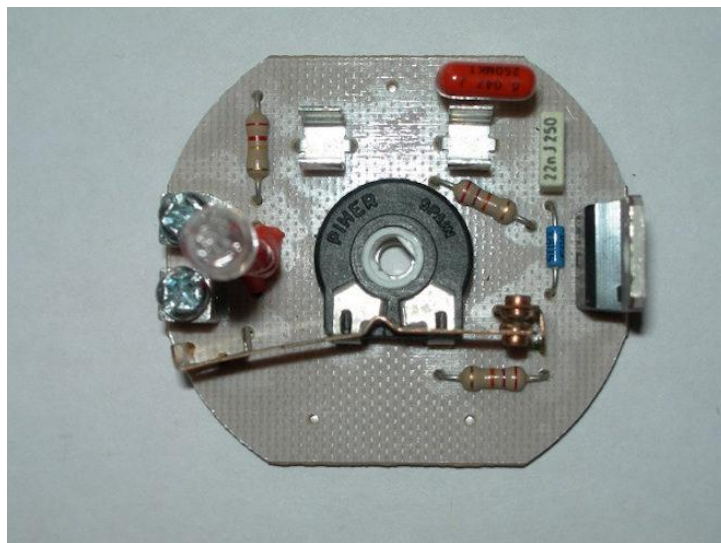
Στις αρχές του 1900, η μόνη μέθοδος ελέγχου και εξασθένησης του φωτός ήταν μέσω της χρήσης ροοστατών, που είναι πολύ μεγάλα πηνία χαλκού, τα οποία μεταφέρουν την ισχύ εξόδου από τον λαμπτήρα στον ροοστάτη. Οι ροοστάτες χρησιμοποιήθηκαν σε εφαρμογές θεάτρου για την εξασθένηση του φωτισμού της σκηνής. Μπορούσαν να εκτρέπουν την ισχύ από τον λαμπτήρα στον ίδιο τον ροοστάτη, χωρίς να παρέχουν απτή εξοικονόμηση ενέργειας και καμία πρόληψη θερμότητας. Η τεχνολογία αυτή δεν μπορούσε εύκολα να εισαχθεί στο σπίτι, και ως εκ τούτου υπήρχε η ευκαιρία για ένα νέο προϊόν να κάνει ακριβώς αυτό.

Το 1959, ο Joel S. Spira, ο οποίος ίδρυσε την Lutron Electronics Company το 1961 εφηύρε τον πρώτο ρυθμιστή dimmer στερεάς κατάστασης στον κόσμο και το ονόμασε Capri. Χρησιμοποιώντας ένα εξάρτημα που ονομάζεται triac, το dimmer θα μπορούσε να ανάβει και να σβήνει το φως τόσες φορές το δευτερόλεπτο, ώστε το ανθρώπινο μάτι να μην μπορεί να δει τη διαδικασία που συμβαίνει, αλλά να βλέπει χαμηλότερο επίπεδο φωτός. Αυτό ήταν μια σημαντική ανακάλυψη στον κόσμο, καθώς η τεχνολογία dimming ήταν προσβάσιμη στο σπίτι, λόγω του γεγονότος ότι ο ρυθμιστής Capri ήταν εύκολα μετατρέψιμος σε ένα τυπικό wallbox. Έδωσε επίσης στους ιδιοκτήτες σπιτιού τη δυνατότητα να αλλάξουν την ατμόσφαιρα στο δωμάτιο επιτρέποντάς τους να χαμηλώσουν το επίπεδο φωτισμού πολύ εύκολα, και λόγω του triac, η εξοικονόμηση ενέργειας ήταν δραματική. Έκτοτε το Capri, άλλαξε τον τρόπο ελέγχου του φωτισμού στο σπίτι και στο γραφείο, χρησιμοποιώντας ένα τόσο απλό κομμάτι μηχανικής τεχνολογίας.



Εικόνα 2: Joel S. Spira's Capri dimmer

Όταν άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα dimmer στερεάς κατάστασης, αναλογικά συστήματα τηλεχειρισμού (όπως συστήματα ελέγχου φωτισμού 0-10 V) έγιναν εφικτά. Το συρμάτινο καλώδιο για τα συστήματα ελέγχου ήταν πολύ μικρότερο (με χαμηλό ρεύμα και μικρότερο κίνδυνο) από τα καλώδια μεγάλης ισχύος των προηγούμενων συστημάτων φωτισμού. Κάθε dimmer είχε τα δικά του καλώδια ελέγχου, με αποτέλεσμα να μειώνονται τα καλώδια και η πολυπλοκότητα στον πίνακα κεντρικού ελέγχου του φωτισμού.



Εικόνα 3: Οικιακή πλακέτα διακόπτη Dimmer

1.2 Αρχή λειτουργίας του Dimmer

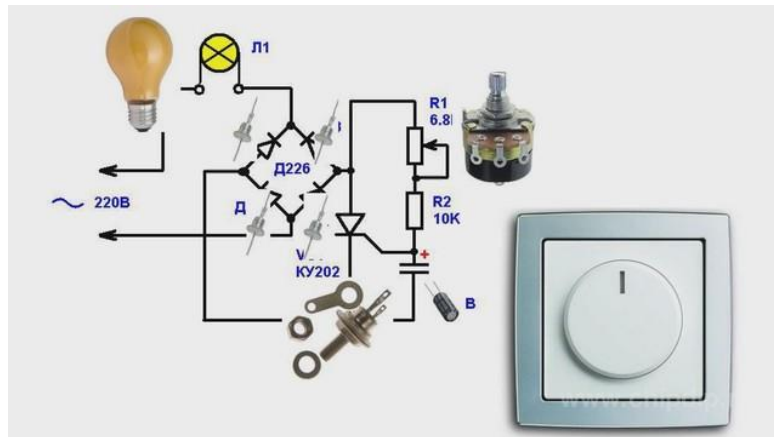
Η κεντρική ιδέα της λειτουργίας των Dimmers είναι να ελέγχει την ηλεκτρική ισχύ που παρέχεται σε ένα φωτιστικό σώμα. Πιο παλιά, αντί για τα Dimmers χρησιμοποιούνταν μετασχηματιστές με μεταβλητή έξοδο (αυτομετασχηματιστές). Στις σημερινές τεχνολογίες σε ένα μεγάλο ποσοστό η τεχνική αυτή έχει εγκαταλειφθεί και έχει αντικατασταθεί από ηλεκτρονικούς ρυθμιστές έντασης του φωτισμού των οποίων η υλοποίηση γίνεται με ηλεκτρονικά ισχύος (Silicon Controlled Rectifier ή αλλιώς Thyristor και TRIAC) και η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στον έλεγχο της γωνίας έναυσης.

Οι ρυθμιστές έντασης φωτισμού είναι μονοφασικοί και χρησιμοποιούνται είτε για να ρυθμίσουν την ένταση ενός φωτιστικού σώματος ατομικά, είτε σε ομάδες (Dimmer Packs ή Dimmer Racks) για να ελέγξουν μια σειρά φωτιστικών σωμάτων. Η θεμελιώδης αρχή λειτουργίας, η οποία παραμένει अपαράλλαχτη για σαράντα και πλέον χρόνια, περιλαμβάνει μονοφασικό έλεγχο από ένα ζεύγος thyristors συνδεδεμένων αντιπαράλληλα ή από ένα TRIAC .

Το απλούστερο παράδειγμα ενός dimmer είναι μια μεταβλητή αντίσταση ή ρεοστάτης. Ένας ρεοστάτης είναι μια ρυθμιζόμενη αντίσταση πάνω σε ένα αγωγίμο στοιχείο. Η αντίσταση μπορεί να αλλάξει σταδιακά και ομαλά. Για να υπάρχει ως αποτέλεσμα η χαμηλή φωτεινότητα του φωτός, είναι απαραίτητο να μειωθεί η τάση. Βέβαια η αντίσταση και η ισχύς του ρεύματος θα είναι μεγάλες, γεγονός που θα οδηγήσει σε ισχυρή θέρμανση της συσκευής. Έτσι, ένας τέτοιος ρυθμιστής είναι εντελώς μη κερδοφόρος και λειτουργεί με χαμηλή απόδοση.

Όλα τα σύγχρονα οικιακά, ηλεκτρονικά dimmers που χρησιμοποιούνται σε καθημερινές εφαρμογές, έχουν έναν ενσωματωμένο μηχανισμό σαν "κλειδί" (μπορεί επίσης να ονομαστεί διακόπτης). Αυτός λειτουργεί ως κύριο στοιχείο στο σχεδιασμό τους, ο οποίος ελέγχεται από συσκευές τρανζίστορ ημιαγωγών, triac ή thyristor που θα αναλυθούν παρακάτω λεπτομερώς τόσο αυτά όσο και η λειτουργία τους. Οι περισσότερες συσκευές δεν εξάγουν ημιτονοειδές σήμα στην έξοδο όπως αυτό που λαμβάνουν στη είσοδο της τροφοδοσίας τους (την τάση δικτύου) αλλά στην πραγματικότητα ο ηλεκτρονικός διακόπτης είναι αυτός που κόβει τα τμήματα του ημιτονοειδούς σήματος.

Για να γίνει σαφέστερο, ας υποθέσουμε ότι ρέει ρεύμα στο ηλεκτρικό δίκτυο, το οποίο έχει ημιτονοειδές σχήμα. Για να αλλάξουμε τη φωτεινότητα, ένα ημιτονοειδές κύμα πρέπει πρώτα να τροφοδοτηθεί στη λάμπα. Ο αμφίδρομος thyristor κόβει το μπροστινό ή το πίσω άκρο του ημιτονοειδούς κύματος AC, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την τάση που τροφοδοτεί τη λάμπα. Ανάλογα με το ποιο μέτωπο του ημιτονοειδούς κύματος αποκόπτεται, η ρυθμιζόμενη μέθοδος μπορεί να μας βοηθήσει στην προσαρμογή του άκρου ή στη ρύθμιση του ακραίου άκρου (αιχμή).



Εικόνα 4: Κύκλωμα οικιακού Dimmer

Πέραν του φωτισμού (dimming), μερικές άλλες από τις εφαρμογές των διατάξεων αυτών είναι:

- Έλεγχος της τάσης των επαγωγικών κινητήρων
- Έλεγχος ηλεκτρικών συστημάτων θέρμανσης (σε βιομηχανικές εφαρμογές)
- Έλεγχος πυκνωτών για ρύθμιση άεργης ισχύος σε γραμμές μεταφοράς.
- Γενικώς σε εφαρμογές στις οποίες έλεγχος της τάσης φορτίου με σχετικά υψηλή συχνότητα.

1.3 Εφαρμογές των οικιακών Dimmer

Επί του παρόντος, οι διακόπτες dimmer διατίθενται σε διάφορους τύπους. Οι περισσότεροι διακόπτες dimmer χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς λαμπτήρες χαμηλής συχνότητας, λαμπτήρες πυρακτώσεως, μαγνητικές χαμηλές συχνότητες, συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας, κ.λπ. Παρακάτω θα πάμε να δούμε κάποια από τα είδη των διαφόρων dimmer switches που κυκλοφορούν στη αγορά και χρησιμοποιούνται σε υλοποιήσεις οικιακών εφαρμογών.

Ο πιο κοινός τύπος διακόπτη dimmer είναι γνωστός ως περιστροφικός ροοστάτης, ο οποίος χρησιμοποιεί έναν ηλεκτρικό κινητήρα για να ρυθμίσει τη θέση ενός σετ μακριών μεταλλικών λεπίδων μέσα σε έναν λαμπτήρα. Όταν οι λεπίδες είναι τοποθετημένες παράλληλα μεταξύ τους, εμποδίζουν τη διέλευση όλου του φωτός. Καθώς περιστρέφονται σε κάθετη θέση, όλο και περισσότερο φως διέρχεται μέχρι να ευθυγραμμιστούν όλες οι λεπίδες και να γίνει ξανά πλήρως φωτεινό.

Αυτός ο τύπος dimmer συναντάται συχνά σε θέατρα ή αίθουσες συναυλιών όπου είναι απαραίτητο να αλλάζετε τα επίπεδα φωτισμού γρήγορα ή σταδιακά κατά τη διάρκεια παραστάσεων ή παραστάσεων χρησιμοποιώντας ένα πόμολο.



Εικόνα 5: Μηχανικό περιστροφικό dimmer

Τα LED-Ready dimmers είναι επίσης γνωστά ως διακόπτες που χρησιμοποιούνται για λαμπτήρες LED. Αυτοί οι τύποι dimmer είναι αρκετά συμβατοί με λιγότερη κατανάλωση ισχύος, επομένως χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μείωση της έντασης των παραδοσιακών λαμπτήρων. Σε σύγκριση με τα κυκλώματα ροοστάτη φωτός, αυτά είναι πολύ καλύτερα.



Εικόνα 6: LED-Ready dimmers

Τα ακουστικά dimmers χρησιμοποιούνται συχνότερα κατά το σχεδιασμό ενός «έξυπνου σπιτιού», όπου ο φωτισμός μπορεί να ελεγχθεί με φωνητικές εντολές ή χειροκρότημα.

Αυτά τα dimmers μπορούν να χωριστούν ανάλογα με τον τύπο των λαμπτήρων που ρυθμίζουν:

1. Οι απλούστερες συσκευές χρησιμοποιούνται για λαμπτήρες πυρακτώσεως και αλογόνου, οι οποίοι λειτουργούν σε τάση 220 V. Όλα είναι απλά εδώ - αλλάζει η τάση και ρυθμίζεται η ισχύς λάμψης του νήματος.

2. Το κύκλωμα για λαμπτήρες αλογόνου 12 V ή 24 V πρέπει να είναι με μετασχηματιστή. Όταν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε επιλέγεται ένας ρυθμιστής για τον τύπο του μετασχηματιστή που χρησιμοποιείται (έχουν ειδική σήμανση - C για ηλεκτρονικό, RL για περιέλιξη).
3. Οι λαμπτήρες LED απαιτούν dimmers με διαμόρφωση συχνότητας παλμού.

Οι λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας και φθορισμού είναι δύσκολο να ρυθμιστούν. Οι ειδικοί δεν το συνιστούν γενικά αυτό. Εάν πρέπει πραγματικά να ελέγξετε αυτούς τους λαμπτήρες, τότε συμπεριλάβετε έναν ηλεκτρονικό εκκινητή στο κύκλωμα dimmer.

Στα ακουστικά dimmer και στα περισσότερα σύγχρονα, καινοτόμα dimmers τελευταίας τεχνολογίας, μπορεί να γίνει η χρήση τηλεχειριστήριου. Αυτό αξίζει τον κόπο, επειδή χρησιμοποιώντας το τηλεχειριστήριο, μπορείτε να προσαρμόσετε τη φωτεινότητα της συσκευής φωτισμού από οπουδήποτε στο δωμάτιο.



Εικόνα 7: Dimmer με τηλεχειριστήριο

Διακόπτες dimmer με οθόνης αφής. Αυτοί οι διακόπτες dimmer τοποθετούνται συχνά σε έναν τοίχο μέσα στο σπίτι. Είναι πολύ εύκολοι στη χρήση και δίνουν μια μοντέρνα εμφάνιση στο σπίτι. Τέτοιοι διακόπτες είναι βασικά μέρη ενός συστήματος οικιακού αυτοματισμού.



Εικόνα 8: Touch Screen dimmer

1.4 Ηλεκτρονικά Συστήματα Ισχύος

Σε αυτό το σημείο φαίνεται ξεκάθαρα και θα φανεί και στην πορεία, ότι ο διακόπτης Dimmer που πραγματεύεται αυτή η εργασία έχει ως βασικό κορμό του τα ηλεκτρονικά ισχύος. Όλοι οι διακόπτες ισχύος που προαναφέρθηκαν, καθώς και τα λοιπά στοιχεία της συσκευής που θα αναφερθούν παρακάτω, συσχετίζονται και χρησιμοποιούνται κατ' εξοχήν στην επεξεργασία της ισχύος. Οπότε παρακάτω θα αναλύσουμε την χρήση των ηλεκτρονικών συστημάτων ισχύος και την επεξεργασία αυτής.

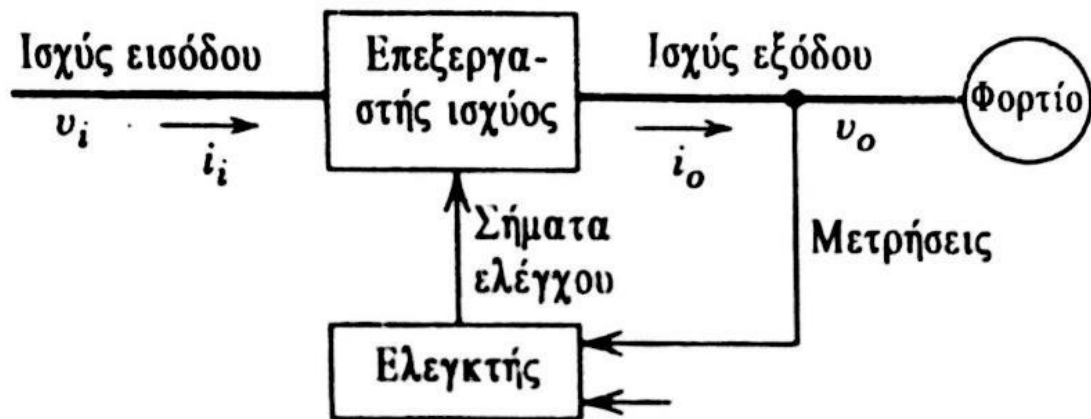
Η ηλεκτρική ενέργεια είναι αναμφίβολα ένα από τα επιτακτικά μέρη της ζωής μας. Θα έχετε παρατηρήσει ότι ενώ όλες οι συσκευές του σπιτιού λειτουργούν με μια κοινή πηγή (το ηλεκτρικό ρεύμα AC του σπιτιού) συνήθως έχουν ποικίλες απαιτήσεις ισχύος. Για να ικανοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις, χρησιμοποιούνται διαφορετικά κυκλώματα όπου η ισχύς αλλάζει στην επιθυμητή μορφή. Για παράδειγμα, το κινητό μας τηλέφωνο απαιτεί DC ισχύ χαμηλής τιμής. Έτσι ένα κύκλωμα ενεργεί μεταξύ της κύριας παροχής του σπιτιού και της μπαταρίας του κινητού, για να αλλάξει την είσοδο AC σε DC ενώ ταυτόχρονα αλλάζει και την τάση, για να φτάσει στην απαιτούμενη χαμηλή τάση DC που απαιτείται.

Υπάρχει ένας ειδικός κλάδος στην ηλεκτρονική μηχανική που μελετά την εφαρμογή αυτών των ηλεκτρονικών συσκευών σε διάφορα κυκλώματα ισχύος και είναι γνωστός ως ηλεκτρονικά ισχύος. Δεν απαιτεί μόνο γνώσεις μηχανικής ισχύος, αλλά χρησιμοποιεί επίσης βασικά στοιχεία και από την ηλεκτρονική μηχανική.

Τα ηλεκτρονικά ισχύος, ωστόσο, δεν είναι μια νέα ιδέα. Χρονολογούνται από το 1902 όταν ο Peter Cooper Hewitt ανέπτυξε έναν ανορθωτή υδραργύρου για να μετατρέψει το AC σε DC. Σήμερα, πάνω από 100 χρόνια αργότερα, τα ηλεκτρονικά ισχύος έχουν εισαχθεί σχεδόν σε όλα τα πεδία της ηλεκτρικής ενέργειας και υποδηλώνουν ένα κοινό στοιχείο για όλα τα κυκλώματα μετατροπής και ελέγχου ισχύος.

Στη βάση τους, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος χρησιμοποιούν διαφορετικές παθητικές και ενεργητικές συσκευές όπως τους SCR (Silicon Controlled Rectifier). Αυτές οι ενεργητικές συσκευές λειτουργούν κυρίως ως διακόπτες που βοηθούν στον έλεγχο ή τη μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας από τη μια μορφή στην άλλη. Η μετατροπή και ο έλεγχος ισχύος είναι δυνατά λόγω των μεταβλητών στοιχείων της ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως γνωρίζουμε, η ηλεκτρική ενέργεια είναι το γινόμενο της τάσης, του ρεύματος και της συχνότητας (σε περίπτωση σήματος AC). Μια αλλαγή σε οποιοδήποτε από αυτά ή ένας συνδυασμός αυτών μπορεί επίσης να αλλάξει την ισχύ. Για παράδειγμα, οι ανορθωτές, που είναι ένα από τα πιο χρησιμοποιούμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος, μετατρέπουν την ισχύ εισόδου εναλλασσόμενου ρεύματος σε ισχύ συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιώντας διαφορετικές συσκευές εναλλαγής ρεύματος και παθητικά εξαρτήματα όπως πηνία, αντιστάσεις και πυκνωτές, αλλάζοντας το ρεύμα εισόδου από αμφίδρομο AC σε μονοκατευθυντικό DC.

Ένα άλλο παράδειγμα ηλεκτρονικού κυκλώματος ισχύος είναι ένας μετατροπέας τάσης buck, όπου η τάση εισόδου μειώνεται στην πλευρά του φορτίου, χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό διακοπών στερεάς κατάστασης και παθητικών ηλεκτρικών εξαρτημάτων.



Εικόνα 9: Λειτουργικό διάγραμμα ενός ηλεκτρονικού συστήματος ισχύος

1.4.1 Εφαρμογές ηλεκτρονικών συστημάτων ισχύος

Το κίνητρο και η ανάγκη για περισσότερη ηλεκτροδότηση έχει οδηγήσει στην ανάγκη για περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια. Εκτός από την παραγωγή ενέργειας, η επεξεργασία ισχύος παίζει βασικό ρόλο στην αποτελεσματική χρήση της διαθέσιμης ισχύος. Είναι σημαντικό η ακατέργαστη ισχύς να μετατρέπεται σε μια μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές εφαρμογές. Τα ηλεκτρονικά ισχύος παίζουν τον κεντρικό ρόλο στην παροχή ισχύος με βάση τις επιθυμητές προδιαγραφές κάθε εφαρμογής.

Η βασική εφαρμογή που δείχνει τη σημασία των ηλεκτρονικών ισχύος στην καθημερινή μας ζωή είναι ο ρυθμιστής στροφών. Πριν από την εμφάνιση των ρυθμιστών στροφών στερεάς κατάστασης, χρησιμοποιούνταν ρυθμιστές στροφών με μεγάλο όγκο και απώλειες λόγω αντίστασης. Για τον έλεγχο της ταχύτητας του ρυθμιστή, η τάση δικτύου AC διέρχεται μέσω μιας αντίστασης που είναι συνδεδεμένη σε σειρά. Έτσι, όταν ο ρυθμιστής είναι ενεργοποιημένος, υπάρχει συνεχής κατανάλωση ισχύος της αντίστασης που είναι συνδεδεμένη σε σειρά. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τέτοια θέματα η επιστήμη των ηλεκτρονικών εξελίχθηκε και βρήκε πιο καινοτόμους τρόπους ελέγχου των ρυθμιστών στροφών ή των κινητήρων γενικότερα, μέσω του ελέγχου της τάσης και της συχνότητας με τη χρήση ημιαγωγικών συσκευών ισχύος.

Σε εφαρμογές αεροδιαστημικής, ειδικά στις εφαρμογές του διαστήματος, το μέγεθος, το βάρος και η αξιοπιστία είναι κρίσιμες παράμετροι. Εάν η τροφοδοσία γίνεται σε χαμηλές συχνότητες, οι μετασχηματιστές και άλλα στοιχεία αποθήκευσης ενέργειας καταλαμβάνουν τεράστιο χώρο. Με τους μετατροπείς ρεύματος να λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες μεταγωγής, το μέγεθος των στοιχείων αποθήκευσης ενέργειας μειώνεται δραστικά. Το μέγεθος αυτών των στοιχείων είναι αντιστρόφως ανάλογο της συχνότητας μετατροπής του ρεύματος. Έτσι, οι συσκευές με μικρότερους χρόνους μετατροπής συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού μεγέθους και βάρους των συστημάτων.

Τα υπερσύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ισχύος είναι ικανά να χειρίζονται ισχύ από λίγα watts έως αρκετά MWatts, επιτρέποντας αποτελεσματικές και αξιόπιστες εφαρμογές ακατέργαστης ισχύος και ρυθμιζόμενης ισχύος. Ως αποτέλεσμα, οι υδραυλικοί και μηχανικοί κινητήρες αντικαθίστανται με

ηλεκτρικούς κινητήρες που μπορούν να ελεγχθούν με ακρίβεια χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος.



Εικόνα 10 : Μετατροπείς εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή με στοιχεία IGBT για υπόγεια μεταφορά ισχύος υπό υψηλή συνεχή τάση

Είναι κυριολεκτικά αδύνατο να απαριθμήσουμε όλες τις εφαρμογές των ηλεκτρονικών ισχύος σήμερα διότι έχουν διεισδύσει σχεδόν σε όλα τα πεδία όπου γίνεται χρήση εφαρμογών ηλεκτρικής ενέργειας. Η εισαγωγή των ηλεκτρονικών ισχύος στη ζωή μας είναι ολοένα και πιο αυξανόμενη, ειδικά με τις σημερινές τάσεις των νέων συσκευών και την σύγχρονη σχεδίαση συσκευών και ημιαγωγίων ελεγκτών ισχύος. Η ευκολία κατασκευής τους οδήγησε επίσης στη διαθεσιμότητα αυτών των συσκευών σε ένα ευρύ φάσμα κατηγοριών και σταδιακά εμφανίστηκαν και σε συστήματα υψηλής τάσης. Παρακάτω είναι συνοπτικά λίγες από τις περιπτώσεις που συναντάμε τα ηλεκτρονικά ισχύος στην καθημερινότητα μας:

Οικιακές εφαρμογές: Αν κοιτάξουμε γύρω μας, μπορούμε να βρούμε πολλές εφαρμογές ηλεκτρονικών ισχύος, όπως dimmer φωτός, κλιματισμό, εστίες μαγειρέματος, φώτα έκτακτης ανάγκης, προσωπικούς υπολογιστές, ηλεκτρικές σκούπες, UPS (σύστημα αδιάλειπτης τροφοδοσίας), φορτιστές μπαταρίας κ.λπ.

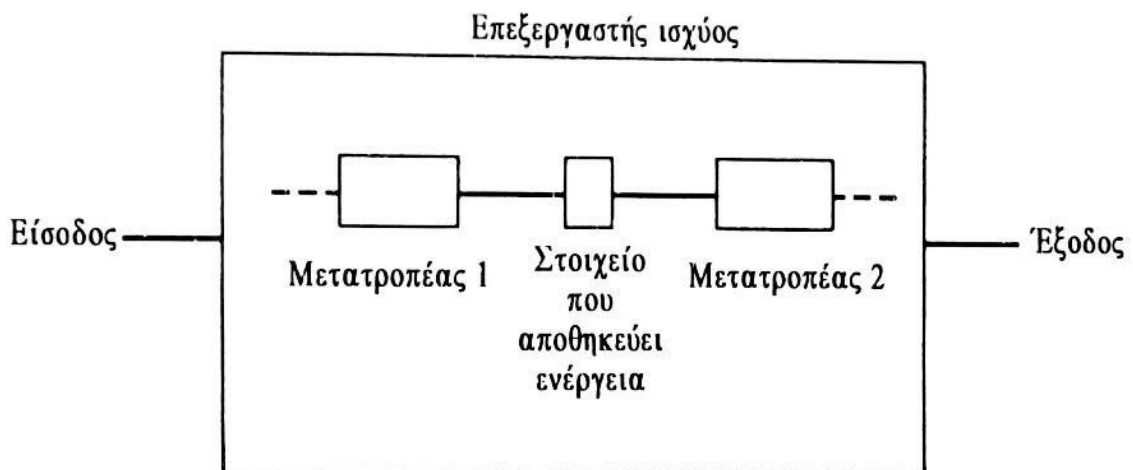
Αυτοκίνητα και έλξη: Μετρό, υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, τρόλεϊ, περονοφόρα ανυψωτικά και πολλά άλλα. Ένα σύγχρονο αυτοκίνητο έχει τόσα πολλά εξαρτήματα όπου χρησιμοποιούνται τα ηλεκτρονικά ισχύος, όπως η μίζα, έλεγχος υαλοκαθαριστήρων, παρμπρίζ, προσαρμοζόμενος μπροστινός φωτισμός, εσωτερικός φωτισμός, ηλεκτρικό τιμόνι και ούτω καθεξής. Εκτός από τα ηλεκτρονικά ισχύος χρησιμοποιούνται ευρέως σε σύγχρονα συστήματα πέδησης αλλά και σε πλοία.

Βιομηχανίες: Σχεδόν όλοι οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες χειρίζονται από ηλεκτρονικά συστήματα, π.χ. γραμμές παραγωγής μετάλλων, κλωστοϋφαντουργεία, τσιμεντοβιομηχανίες, συμπιεστές, αντλίες, ανεμιστήρες, φυσητήρες, ανελκυστήρες, περιστροφικοί κλίβανοι κ.λπ. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν συγκόλληση, γερανούς, εφαρμογές θέρμανσης, συστήματα ισχύος έκτακτης ανάγκης, εκσκαφείς κ.λπ.

Άμυνα και αεροδιαστημική: Τροφοδοτικά σε αεροσκάφη, δορυφόρους, διαστημικά λεωφορεία, προκαταρκτικός έλεγχος σε πυραύλους, μη επανδρωμένα οχήματα και αμυντικό εξοπλισμό.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Τα συστήματα παραγωγής ενέργειας όπως η ηλιακή, η αιολική κ.λπ. χρειάζονται συστήματα διατήρησης της ισχύος, συστήματα αποθήκευσης και συστήματα μετατροπής προκειμένου να γίνουν χρησιμοποιήσιμα. Για παράδειγμα, τα ηλιακά πάνελ παράγουν ισχύ συνεχούς ρεύματος ενώ για τις περισσότερες εφαρμογές χρειαζόμαστε εναλλασσόμενο ρεύμα και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται ηλεκτρονικός μετατροπέας ισχύος.

Βοηθητικό σύστημα: μετάδοση HVDC, αντιστάθμιση VAR (SVC), στατικοί διακόπτες κυκλώματος, συστήματα διέγερσης γεννήτριας, FACTS (Flexible AC Transmission Systems), έξυπνα δίκτυα κ.λπ.



Εικόνα 11: Διάγραμμα ενός επεξεργαστή ισχύος

Κεφάλαιο 2ο: Αρχή λειτουργίας υλικού και λογισμικού

2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε, σε εισαγωγικό επίπεδο, την ηλεκτρονική πλακέτα του Dimmer σαν συσκευή καθώς επίσης και για τα επιμέρους κομμάτια αυτής, (PCB, ανορθωτές ρεύματος, διακόπτες, ποτενσιόμετρα, αντιστάσεις κ.α.). Αρχικά θα δούμε γενικά πως λειτουργούν τα διάφορα στοιχεία και εξαρτήματα της πλακέτας ξεχωριστά, δηλαδή ποια είναι η αρχή λειτουργίας τους σε κάθε εφαρμογή που μπορεί να χρησιμοποιηθούν και όχι μόνο στην συγκεκριμένη πλακέτα. Στη συνέχεια και αφού αναλύσουμε τα στοιχεία αυτά, θα εξετάσουμε πιο συγκεκριμένα και λεπτομερώς τα εξαρτήματα που λαμβάνουν μέρος στην ίδια την κατασκευή της πλακέτας καθώς και το πως θα συμβάλλουν στην λειτουργία της.

2.2 Πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB)

Για να ξεκινήσουμε λοιπόν, θα πρέπει αρχικά να γνωρίζεις κανείς τι ακριβώς είναι μια ηλεκτρονική πλακέτα και αυτό γιατί η πλακέτα αποτελεί την βάση του Dimmer στην προκειμένη περίπτωση αλλά και σχεδόν κάθε ηλεκτρονικής συσκευής που χρησιμοποιούμε καθημερινά. Για να πούμε και πιο σωστά την ονομασία πρόκειται για μία πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος ή όπως είναι πιο γνωστό στη βιομηχανία, ένα PCB (printed circuit board) σαν αυτό που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 12: Μια πλακέτα PCB όπως την συναντάμε στην αγορά

2.2.1 Τι είναι μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB)

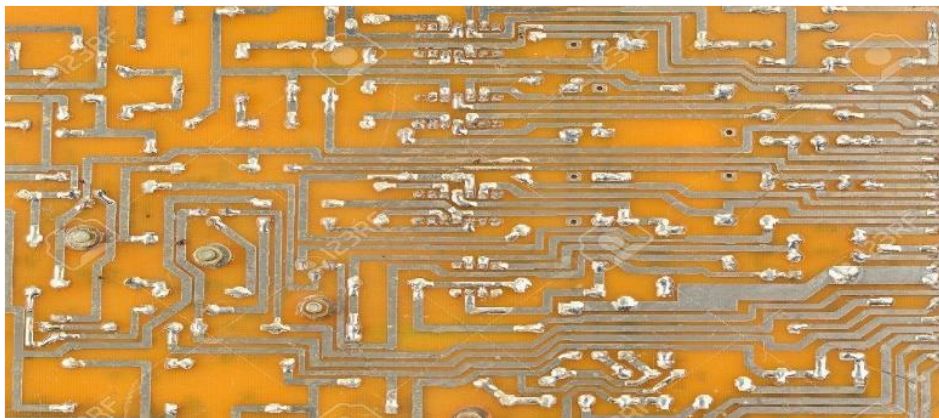
Η πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB) μπορούμε να πούμε ότι είναι μια «επιφάνεια» που κατασκευάζεται για τη σύνδεση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων μεταξύ τους και χρησιμοποιείται σε όλους σχεδόν τους υπολογιστές και τα ηλεκτρονικά είδη.

Το PCB είναι κατασκευασμένο από ένα υλικό που δεν άγει τον ηλεκτρισμό, συνήθως από υαλοβάμβακα, ενώ ο χαλκός που είναι χαραγμένος (τυπωμένος σε λεπτές γραμμές) στο εσωτερικό της πλακέτας μεταξύ των στρωμάτων της ή πάνω στην επιφάνεια της επιτρέπει στον ηλεκτρισμό να πηγαίνει μόνο εκεί που θέλουμε. Στη συνέχεια, τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα συνδέονται σε αυτή την πλακέτα χρησιμοποιώντας ένα αγωγίμο συγκολλητικό υλικό, το γνωστό καλώι.

Οι πλακέτες PCB μπορεί να έχουν πολλά διαφορετικά μέρη που συνδέονται και συνεργάζονται μεταξύ τους. Οι πιο συνηθισμένες πλακέτες κυκλωμάτων κατασκευάζονται σε μεγάλους αριθμούς για μια συγκεκριμένη εργασία, για παράδειγμα για τη λειτουργία ενός υπολογιστή, ενός κινητού τηλεφώνου ή μιας τηλεόρασης. Ορισμένες, ωστόσο, πλακέτες κατασκευάζονται απλές, έτσι ώστε κάποιος να μπορεί να κατασκευάσει τις δικές του εφαρμογές για μια αντίστοιχη εργασία. Οι περισσότερες συσκευές στις μέρες μας που χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα, έχουν στο εσωτερικό τους τουλάχιστον μία πλακέτα κυκλώματος που τα κάνει να λειτουργούν.

2.2.2 Η Ιστορία των PCBs

Οι πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων προήλθαν από συστήματα ηλεκτρολογικής σύνδεσης που χρησιμοποιούνταν τη δεκαετία του 1850. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικές λωρίδες ή ράβδοι για τη σύνδεση μεγάλων ηλεκτρικών εξαρτημάτων τοποθετημένων σε ξύλινες βάσεις. Αργότερα, οι μεταλλικές λωρίδες αντικαταστάθηκαν από καλώδια συνδεδεμένα σε βιδωτούς ακροδέκτες και οι ξύλινες βάσεις αντικαταστάθηκαν από μεταλλικά πλαίσια. Αυτό επέτρεπε τα πράγματα να είναι μικρότερα, κάτι που ήταν απαραίτητο καθώς τα κυκλώματα γίνονταν πιο πολύπλοκα με περισσότερα εξαρτήματα.



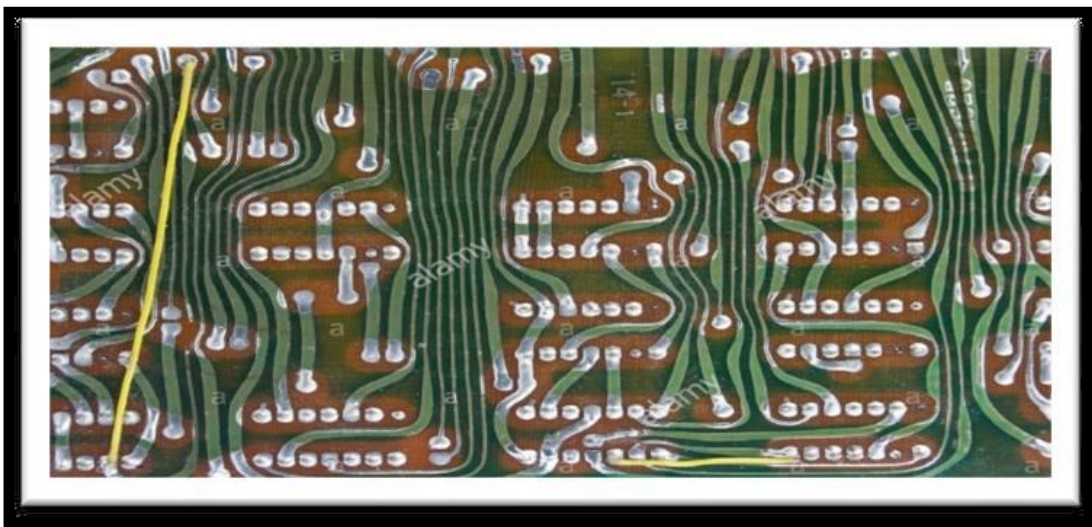
Εικόνα 13: PCB με ξύλινη βάση

Ο Τόμας Έντισον ήταν ο πρώτος που δοκίμασε μεθόδους χρήσης μετάλλων σε λινό χαρτί ενώ ο Άρθουρ Μπέρι το 1913 κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στη Βρετανία, μια μέθοδο print-and-etch. Το 1925, ο Charles Ducas των Ηνωμένων Πολιτειών ανέπτυξε μια μέθοδο που χρησιμοποιούσε την ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση. Δημιούργησε μια ηλεκτρική διαδρομή απευθείας σε μια μονωμένη επιφάνεια εκτυπώνοντας μέσω ενός στένσιλ (ένα σχήμα που κόβεται σε ένα χαρτόνι) με ειδικό μελάνι που μπορούσε να αγωγιμοποιήσει τον ηλεκτρισμό, όπως ακριβώς και τα καλώδια. Η μέθοδος αυτή ονομάστηκε "τυπωμένη καλωδίωση" ή "τυπωμένο κύκλωμα".

Το 1943, ο Αυστριακός Paul Eisler, που εργαζόταν στο Ηνωμένο Βασίλειο, κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μια μέθοδο χάραξης του αγωγίμου μοτίβου και των κυκλωμάτων, πάνω σε ένα στρώμα χαλκού που ήταν προσαρτημένο σε μια σκληρή βάση την οποία δεν διαπερνούσε ο ηλεκτρισμός. Η ιδέα του έγινε πολύ χρήσιμη τη δεκαετία του 1950, όταν εισήχθη στον τομέα των ηλεκτρονικών το τρανζίστορ. Μέχρι τότε, οι λυχνίες κενού και άλλα εξαρτήματα ήταν τόσο μεγάλα που οι παραδοσιακές μέθοδοι τοποθέτησης και καλωδίωσης ήταν το μόνο που χρειαζόταν. Με την εισαγωγή των τρανζίστορ, ωστόσο, τα εξαρτήματα έγιναν πολύ μικρά και οι κατασκευαστές έπρεπε να χρησιμοποιούν τυπωμένες πλακέτες κυκλωμάτων ώστε οι συνδέσεις να είναι επίσης μικρές.

Η τεχνολογία των διαμπερών οπών και η χρήση της σε PCB πολλαπλών στρώσεων κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την αμερικανική εταιρεία Hazeltine το 1961. Αυτό επέτρεψε πολύ πιο πολύπλοκες πλακέτες, με εξαρτήματα τοποθετημένα κοντά μεταξύ τους. Τα τσιπ ολοκληρωμένων κυκλωμάτων εισήχθησαν τη δεκαετία του 1970 και τα εξαρτήματα αυτά ενσωματώθηκαν γρήγορα στο σχεδιασμό και τις τεχνικές κατασκευής πλακετών τυπωμένων κυκλωμάτων. Σήμερα η πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος μπορεί να έχει έως και 50 στρώματα σε ορισμένες εφαρμογές.

Η τεχνολογία επιφανειακής τοποθέτησης αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 και άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως στα τέλη της δεκαετίας του 1980.



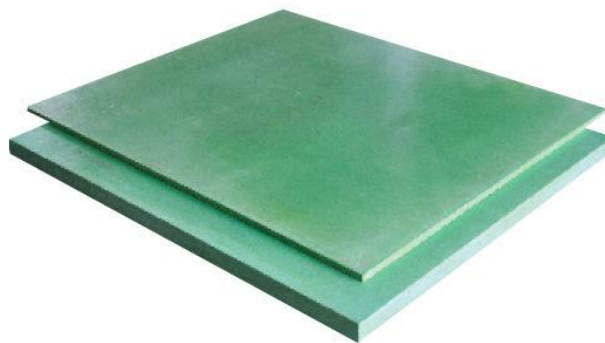
Εικόνα 14: Ένα PCB παλιάς κατασκευής

2.2.3 Σχεδιασμός και κατασκευή

Το κύριο καθήκον κατά το σχεδιασμό μιας πλακέτας είναι το να υπολογιστούν τα σημεία που θα τοποθετηθούν όλα τα εξαρτήματα. Συνήθως υπάρχει ένα σχηματικό διάγραμμα που μετατρέπεται σε PCB. Κάθε πλακέτα σχεδιάζεται για τη δική της χρήση και πρέπει να έχει το σωστό μέγεθος για να χωράει στον απαιτούμενο χώρο. Οι μηχανικοί συνήθως χρησιμοποιούν ειδικά λογισμικά σχεδιασμού για να σχεδιάσουν τα σχέδια των κυκλωμάτων πάνω στην πλακέτα. Τα διαστήματα μεταξύ των χάλκινων διαδρομών μπορούν να είναι 0,04 ίντσες (1,0 mm) ή μικρότερα. Η θέση των οπών για τα καλώδια των εξαρτημάτων ή τα σημεία επαφής σχεδιάζονται επίσης και εκεί πέρα ολοκληρώνεται το κομμάτι του σχεδιασμού για να πάρει σειρά το κομμάτι της κατασκευής της πλακέτας.

Η διαδικασία κατασκευής του PCB μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους και υπάρχουν πολλές παραλλαγές αλλά τα κύρια στάδια στη διαδικασία κατασκευής PCB είναι τα ίδια. Οι πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων, κατασκευάζονται από μία ποικιλία ουσιών. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη είναι μια μορφή σανίδας που για βάση της έχει ίνες γυαλιού και ονομάζεται FR4. Το FR4 παρέχει έναν, αντικειμενικά, καλό βαθμό σταθερότητας υπό τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και δεν καταστρέφεται εύκολα, ενώ ταυτόχρονα δεν είναι και υπερβολικά ακριβό. Υπάρχουν και άλλα φθηνότερα υλικά για την κατασκευή των PCB όταν πρόκειται για εμπορικά προϊόντα χαμηλού κόστους ή αντίστοιχα ακριβότερα υλικά για πιο σημαντικές εφαρμογές. Για σχέδια ραδιοσυχνοτήτων υψηλής απόδοσης όπου η διηλεκτρική σταθερά του υποστρώματος είναι σημαντική και απαιτούνται χαμηλά επίπεδα απώλειας, μπορεί να χρησιμοποιηθούν πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων με βάση το πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE), αν και είναι πολύ πιο δύσκολο να κατασκευαστούν.

Προκειμένου να κατασκευαστεί ένα PCB με ίχνη χαλκού για τα εξαρτήματα, χρειάζεται πρώτα μία χάλκινη επιφάνεια. Αυτή αποτελείται από το υλικό του υποστρώματος, συνήθως FR4, με μια επένδυση από χαλκό συνήθως και στις δύο πλευρές. Αυτή η επένδυση χαλκού είναι στην ουσία ένα λεπτό στρώμα χαλκού κολλημένο στην σανίδα. Αυτή η συγκόλληση είναι συνήθως πολύ καλή για το FR4, αλλά όσον αφορά το PTFE, προσθέτει δυσκολία στην επεξεργασία των PCB.

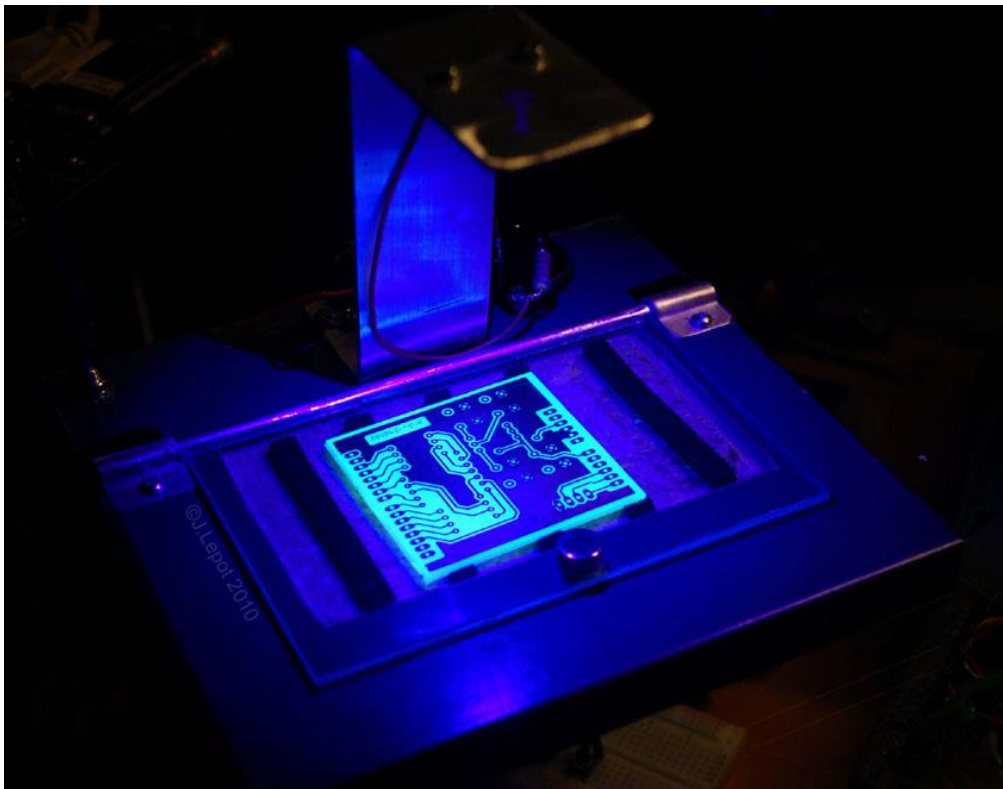


Εικόνα 15: Υαλοβάμβακας (FR4) πλακέτας

2.2.4 Η διαδικασία δημιουργίας ενός PCB

Με τις σωστές, πλέον, πλακέτες κατασκευασμένες και διαθέσιμες, το επόμενο βήμα είναι να δημιουργηθούν τα απαιτούμενα ίχνη χαλκού στην πλακέτα και να αφαιρεθεί ο περισσευόμενος χαλκός που θα μείνει. Η κατασκευή των PCB συνήθως επιτυγχάνεται με τη χρήση χημικής διαδικασίας χάραξης. Η πιο κοινή μορφή χάραξης που χρησιμοποιείται στα PCB είναι ο χλωριούχος σίδηρος.

Για να αποκτήσουμε το σωστό μοτίβο των χάλκινων ιχνών, χρησιμοποιείται μια, κατά κάποιο τρόπο, φωτογραφική διαδικασία. Συνήθως ο χαλκός στις πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος καλύπτεται με ένα λεπτό στρώμα φωτοαντίστασης. Στη συνέχεια εκτίθεται σε υπεριώδες φως μέσω ενός φωτογραφικού φιλμ ή μιας φωτογραφικής μάσκας που διαγράφει λεπτομερώς τα απαιτούμενα ίχνη. Με αυτόν τον τρόπο η εικόνα των ιχνών διαγράφεται στο φωτοαντιστατικό στρώμα το οποίο με τη σειρά του, τοποθετείται σε ένα ειδικό αλκαλικό διάλυμα, έτσι ώστε μόνο εκείνες οι περιοχές της πλακέτας όπου χρειάζονται τα ίχνη να καλύπτονται από το φωτοαντιστατικό υλικό ενώ οι υπόλοιπες να καθαριστούν από το διάλυμα.

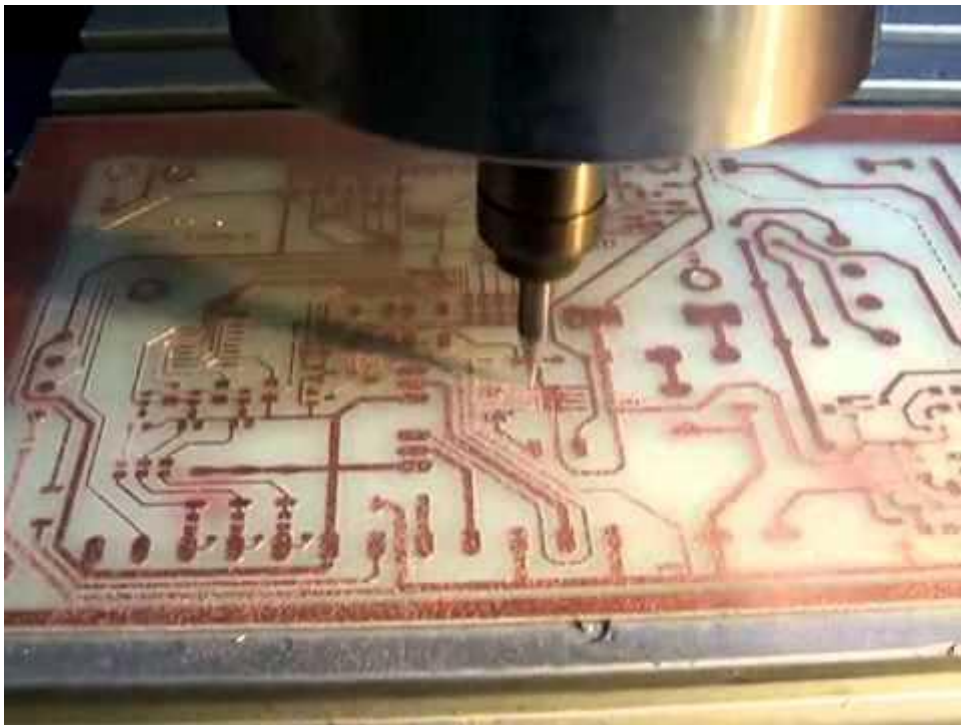


Εικόνα 16: Έκθεση σε υπεριώδες φως

Το επόμενο στάδιο της διαδικασίας είναι να τοποθετηθεί το PCB στον χλωριούχο σίδηρο για να χαραχτούν οι περιοχές όπου δεν απαιτείται χαλκός. Γνωρίζοντας τη συγκέντρωση του χλωριούχου σιδήρου και το πάχος του χαλκού στην σανίδα, τοποθετείται μέσα στο χημικό διάλυμα για τον απαιτούμενο χρόνο. Εάν οι πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων τοποθετηθούν στο διάλυμα για πολύ

μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε χάνονται κάποιες λεπτομέρειες, καθώς ο χλωριούχος σίδηρος τείνει να διαβρώνει το στρώμα φωτοαντίστασης που υπάρχει στα επιθυμητά σημεία.

Αν και οι περισσότερες πλακέτες PCB κατασκευάζονται με φωτογραφική επεξεργασία, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι. Μία από αυτές είναι η χρήση μιας εξειδικευμένης μηχανής φρεζαρίσματος υψηλής ακριβείας, με λίγα λόγια ένα ειδικό τρυπάνι που πραγματοποιεί πολύ ακριβείς κινήσεις. Το τρυπάνι αναπτύσσοντας πολλές χιλιάδες στροφές, χρησιμοποιείται για το φρεζάρισμα του χαλκού σε εκείνες τις περιοχές όπου δεν απαιτείται χαλκός αφήνοντας τις υπόλοιπες ανέγγιχτες. Ο έλεγχος είναι προφανώς αυτοματοποιημένος και βασίζεται σε αρχεία που δημιουργούνται από το λογισμικό σχεδιασμού του PCB. Αυτή η μορφή κατασκευής PCB δεν είναι κατάλληλη για μεγάλες ποσότητες πλακετών, αλλά είναι ιδανική επιλογή σε πολλές περιπτώσεις όπου χρειάζονται πολύ μικρές ποσότητες πρωτότυπων ποσοτήτων PCB με μικρές λεπτομέρειες.



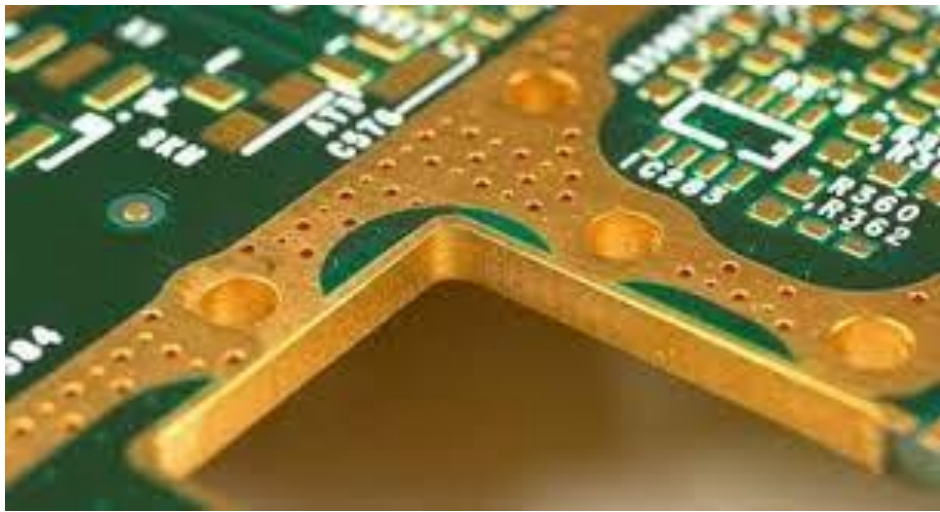
Εικόνα 17: Διάτρηση με ειδικό τρυπάνι

Καθώς η πολυπλοκότητα των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων αυξάνεται, δεν είναι πάντα δυνατή η παροχή όλης της συνδεσιμότητας που απαιτείται χρησιμοποιώντας μόνο τις δύο πλευρές του PCB. Αυτό συμβαίνει αρκετά συχνά όταν σχεδιάζονται σύνθετοι μικροεπεξεργαστές και άλλες παρόμοιες πλακέτες. Σε αυτή την περίπτωση απαιτούνται πολυστρωματικές πλακέτες. Η κατασκευή PCB πολλαπλών στρώσεων, αν και χρησιμοποιεί τις ίδιες διαδικασίες όπως για τις πλακέτες μονής στρώσης, απαιτεί μεγαλύτερο βαθμό ακρίβειας και έλεγχο της διαδικασίας κατασκευής.

Οι πλακέτες πολλαπλών στρωμάτων, κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας πολύ πιο λεπτές μεμονωμένες πλακέτες στο εσωτερικό τους, μία για κάθε στρώμα, και στη συνέχεια συνδέονται μεταξύ τους για να παραχθεί το συνολικό PCB. Καθώς ο αριθμός των στρώσεων αυξάνεται, έτσι και οι σανίδες

πρέπει να γίνονται πιο λεπτές για να μην γίνει πολύ παχύ το τελικό PCB. Επιπλέον τα επιμέρους στρώματα πρέπει να είναι πολύ ακριβή για να διασφαλίζεται ότι τυχόν οπές διασύνδεσης τους ευθυγραμμίζονται.

Για τη συγκόλληση των διαφορετικών στρωμάτων μεταξύ τους, η πλακέτα θερμαίνεται για να σκληρύνει το συγκολλητικό υλικό. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κάποια προβλήματα παραμόρφωσης. Οι μεγάλες σανίδες πολλαπλών στρώσεων μπορούν να έχουν μια αισθητή διαστρέβλωση επάνω τους, εάν δεν έχουν σχεδιαστεί σωστά. Αυτό μπορεί να συμβεί ιδιαίτερα αν, για παράδειγμα, ένα από τα εσωτερικά στρώματα χρησιμοποιείται σαν επίπεδο τροφοδοσίας ή επίπεδο γείωσης όπου σε αυτή την περίπτωση ορισμένες εύλογα σημαντικές περιοχές θα πρέπει να μείνουν χωρίς χαλκό και αυτό σταδιακά θα δημιουργήσει καταπονήσεις στο PCB που μπορεί να οδηγήσουν σε παραμόρφωση.

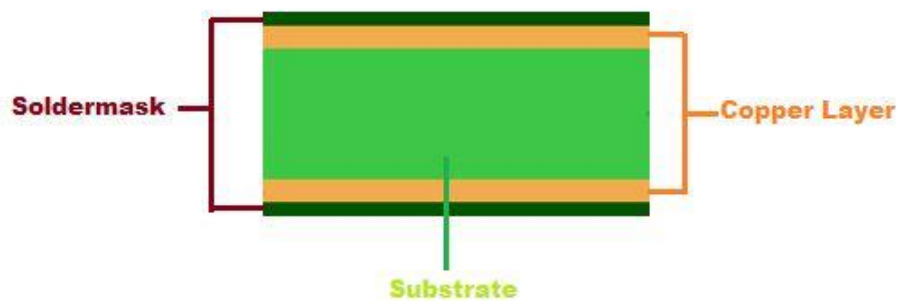


Εικόνα 18: Επιμετάλλωση πλακέτας

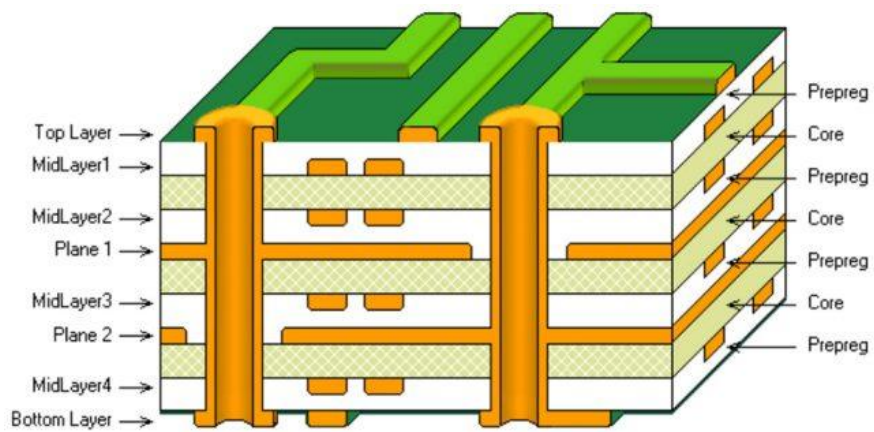
Αφού έχουν παρθεί οι σωστές αποφάσεις και έχει κατασκευαστεί ένα άρτιο PCB, στο σημείο αυτό πάνω στη πλακέτα, τοποθετούνται αντιστάσεις, ολοκληρωμένα κυκλώματα, πυκνωτές, πηνία, δίοδοι και λοιπά. Μόλις ολοκληρωθεί και αυτή η διαδικασία, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι έχουμε δημιουργήσει ένα PCB. Προτού το PCB θεωρηθεί έτοιμο για χρήση, ένας τεχνικός πραγματοποιεί μια δοκιμή στην πλακέτα. Αυτό θα επιβεβαιώσει τις λειτουργίες PCB και ότι τηρεί τους σκοπούς της σχεδίασης και υλοποίησής του.



Εικόνα 19: Στρώματα πλακέτας PCB μονής όψης



Εικόνα 20: Στρώματα πλακέτας PCB διπλής όψης



Εικόνα 21: Στρώματα πλακέτας PCB πολλαπλών όψεων

2.3 Θυρίστορ

Το θυρίστορ (thyristor) σαν ορισμός αναφέρεται σε ένα πλήθος ημιαγωγικών διακοπών οι οποίοι στη δομή τους αποτελούνται από τρία, τέσσερα ή περισσότερα ημιαγωγά στρώματα τύπου n και p. Σε κάθε μία περίπτωση αυτής της πολυμελούς οικογένειας των θυρίστορ, έχουμε να κάνουμε με δύο ευσταθείς καταστάσεις λειτουργίας, την κατάσταση αγωγιμότητας και την κατάσταση αποκοπής. Κάθε ένα από αυτά τα εξαρτήματα μπορεί να μεταβάλλεται μεταξύ μιας αγωγίμης (on) κατάστασης και μιας μη αγωγίμης (off) κατάστασης, ώστε να επιτρέπει ή να σταματά τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος. Επιπλέον, κάποια θυρίστορ έχουν τη δυνατότητα να διακόπτουν τη ροή του ρεύματος, σε μία κατεύθυνση, ενώ άλλα θυρίστορ δύνανται να διακόπτουν τη ροή του ρεύματος, σε κάθε κατεύθυνση.

Πλεονεκτήματα αυτών των διατάξεων, οι οποίες λειτουργούν σαν ηλεκτρονικοί διακόπτες έναντι των αντίστοιχων μηχανικών, είναι :

- Η πολύ μικρή φθορά και επομένως η απαιτούμενη συντήρηση.
- Η μεγάλη ικανότητα στον χειρισμό ρεύματος-ισχύος (>2 MVA) ανά πόλο.
- Η μικρή χρονική καθυστέρηση (της τάξης των μs) στον χειρισμό των ρευμάτων. Αυτό επιτρέπει μεγάλες συχνότητες χειρισμών.
- Σε μερικές εφαρμογές πλεονεκτήματα είναι και ο μικρός θόρυβος (π.χ. σε νοσοκομειακές εφαρμογές) αλλά και ο σχετικά μικρός όγκος τους.

Μειονεκτήματα είναι:

- Η πτώση τάσης (της τάξης των 1-2,5 V) όταν άγουν.
- Το μικρό ρεύμα διαρροής σε κατάσταση αποκοπής, με αποτέλεσμα την απαίτηση σε σειρά και ενός μηχανικού διακόπτη

2.3.1 Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου (SCR)

Ο όρος SCR σημαίνει Silicon Controlled Rectifier ή ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου και είναι ένα από τα πιο σημαντικά μέλη της οικογένειας των θυρίστορ. Είναι πιο δημοφιλές από τα άλλα θυρίστορ όπως το TRIAC, το SCS, το DIAC κ.λπ. με αποτέλεσμα πολλοί να χρησιμοποιούν την λέξη «θυρίστορ»

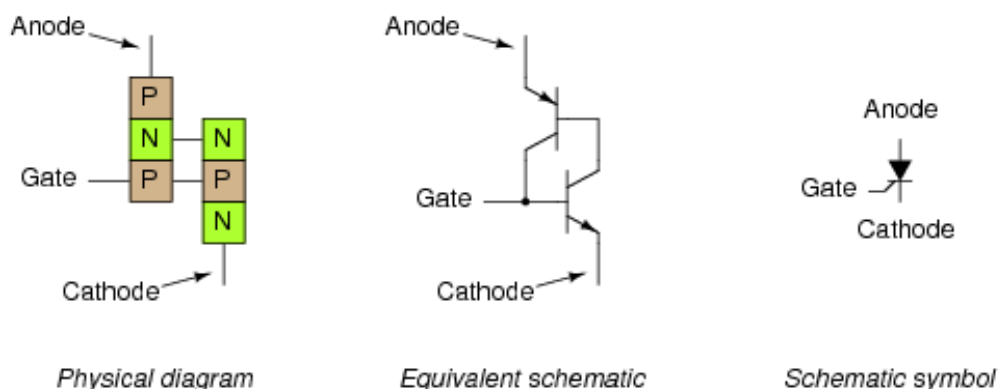
για να περιγράψουν μόνο τους SCR. Οι SCR κατασκευάζονται από πυρίτιο και χρησιμοποιούνται πιο συχνά για τη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές (ανόρθωση), εξ' ου και η ονομασία ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου. Οι SCR έχουν την ικανότητα να χειρίζονται υψηλές τιμές ρεύματος και τάσης, επομένως χρησιμοποιούνται στις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές.

Ο πρώτος SCR (Silicon Controlled Rectified) κατασκευάστηκε το 1958 στις ΗΠΑ από την Αμερικανικής προέλευσης εταιρία General Electric η οποία ιδρύθηκε στην Νέα Υόρκη και εδρεύει στη Βοστώνη. Η νέα αυτή κατασκευή και οι μετέπειτα εφαρμογές της, προκάλεσαν επανάσταση στον τομέα των ηλεκτρονικών διατάξεων ισχύος.

Πρόκειται για μία συσκευή η οποία έχει τέσσερα, εναλλασσόμενα ημιαγώγιμα στρώματα και είναι σχεδόν πάντα κατασκευασμένη από πυρίτιο. Το SCR έχει τρεις ακροδέκτες συνδεδεμένους σε τρία από τα τέσσερα ημιαγώγιμα στρώματα του, την άνοδο, την κάθοδο και την πύλη. Ο πιο εύκολος τρόπος για να καταλάβουμε τη λειτουργία ενός SCR είναι να δούμε τα τέσσερα στρώματα του ως δυο PNP και NPN τρανζίστορ που αλληλοσυνδέονται έτσι ώστε να είναι ισοδύναμα με μια συσκευή(SCR) τεσσάρων στρωμάτων.

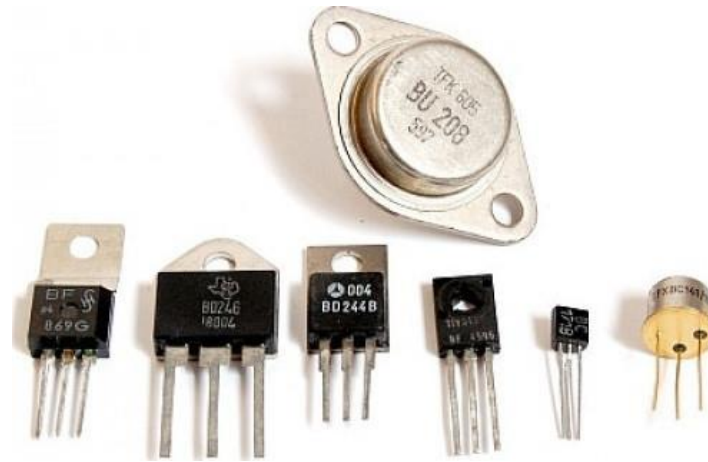
Μπορούμε να ενεργοποιήσουμε έναν SCR κάνοντας έστω και στιγμιαία την τάση πύλης του θετική(δίνοντας δηλαδή ένα μικρό ρεύμα στην πύλη) και να τον απενεργοποιήσουμε όταν σχεδόν μηδενίσουμε την τάση ανόδου – καθόδου του. Όταν ο SCR είναι ενεργοποιημένος και άγει ένα υψηλό ρεύμα από την κάθοδο προς την άνοδο, τότε η συσκευή άγει στην ορθή κατεύθυνση, ενώ αν η πολικότητα της καθόδου ως προς άνοδο αντιστραφεί, τότε η συσκευή άγει μόνο ένα μικρό ρεύμα διαρροής, το οποίο θα ρέει κατά την αντίθετη κατεύθυνση.

Ένας ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπως ο έλεγχος ισχύος ενός κυκλώματος εναλλασσόμενου ρεύματος(π.χ. κινητήρας ή κύκλωμα φωτισμού), η προστασία φορτίων από υπερτάσεις και σε συνδυασμό με μικροεπεξεργαστές έναντι των απλών ηλεκτρονόμενων.



Σχήμα 1: Σχηματικό σύμβολο του SCR

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε πως και οι διάφοροι τύποι θυρίστορ μοιάζουν μεταξύ τους αλλά έχουν κάποιες σημαντικές διαφορές που τους κάνουν ιδιαίτερα χρήσιμους και πρακτικούς για τις εφαρμογές που χρειάζονται. Παρακάτω θα αναλύσουμε τους τύπους θυρίστορ που θα μας φανούν χρήσιμοι στην συγκεκριμένη εφαρμογή του Dimmer.

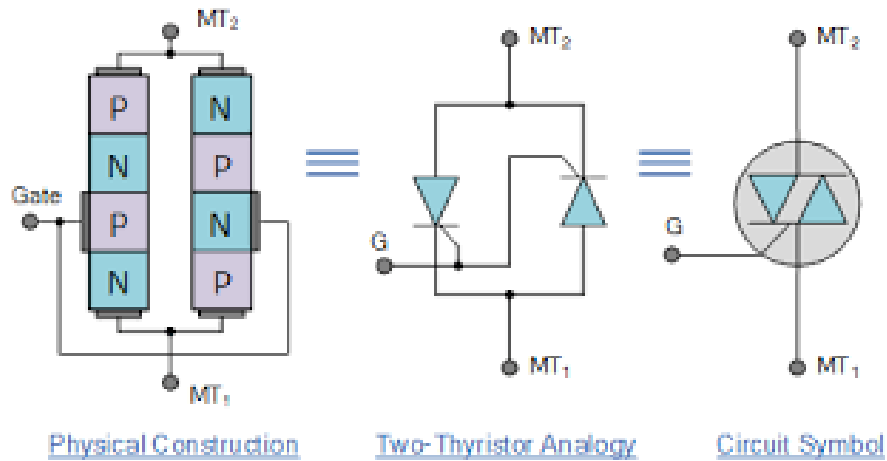


Εικόνα 22: Τα Θυρίστορ που συναντάμε στην αγορά

2.3.2 Triac

Στις εφαρμογές όπου είναι απαραίτητο να επιτύχουμε πλήρη έλεγχο ενός AC σήματος, είναι πολύ πιο εύκολο να χρησιμοποιήσουμε μία συσκευή, γνωστή ως αμφίδρομο τριοδικό thyristor. Αυτή η συσκευή είναι πιο γνωστή ως TRIAC. Το TRIAC έχει τα ίδια χαρακτηριστικά διακόπτη, όπως ένας SCR με τη διαφορά ότι εμφανίζει αυτά τα χαρακτηριστικά και στις δύο κατευθύνσεις. Αυτό κάνει το TRIAC ισοδύναμο με δύο SCR συνδεδεμένα παράλληλα, αλλά σε αντίθετες κατευθύνσεις.

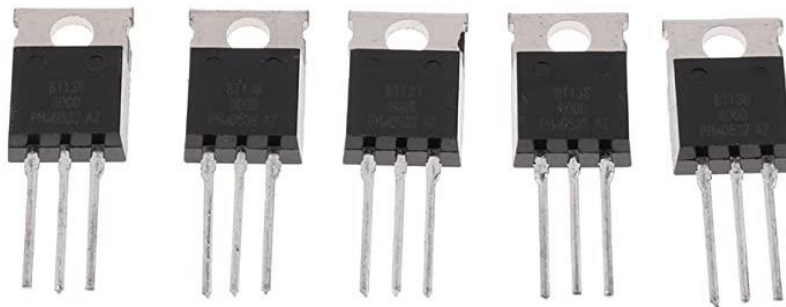
Μια ιδιαίτερη χρήση των triac είναι οι ροοστάτες φωτός για οικιακό φωτισμό και χρησιμοποιούνται επίσης σε πολλές άλλες καταστάσεις ελέγχου ισχύος, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου κινητήρα και των ηλεκτρονικών διακοπών. Ως αποτέλεσμα της απόδοσής τους, τα triac τείνουν να χρησιμοποιούνται για ηλεκτρονικές εφαρμογές με χαμηλή έως μέση ισχύ, αφήνοντας τα θυρίστορ να χρησιμοποιούνται για τις εφαρμογές υψηλής ισχύος και μεγάλες θερμοκρασίες.



Εικόνα 23: Σύμβολα του triac

Το triac είναι μια εξέλιξη του θυρίστορ. Ενώ το θυρίστορ μπορεί να ελέγξει το ρεύμα μόνο στο μισό του κύκλου της περιόδου, το triac το ελέγχει και στα δύο μισά μιας κυματομορφής AC. Έτσι το triac μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ζεύγος παράλληλων αλλά αντίθετων θυρίστορ έχοντας τις δύο πύλες συνδεδεμένες μεταξύ τους και την άνοδο της μιας συσκευής συνδεδεμένη με την κάθοδο της άλλης.

Το Triac είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη συσκευή ημιαγωγών για μετατροπή και έλεγχο ισχύος σε AC κυκλώματα, καθώς μπορεί να ενεργοποιηθεί είτε με θετικό είτε με αρνητικό παλμό στην πύλη (Gate) του, ανεξάρτητα από την πολικότητα του ρεύματος AC εκείνη τη στιγμή. Αυτό καθιστά το triac ιδανικό για τον έλεγχο του φορτίου ενός λαμπτήρα ή κινητήρα AC σε αντίστοιχες εφαρμογές ισχύος.



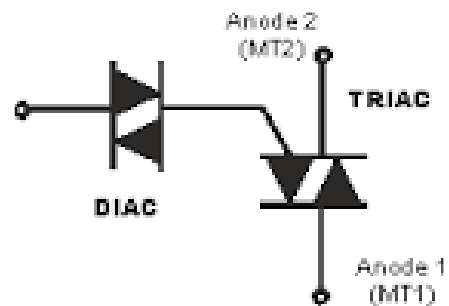
Εικόνα 24: Τα Triac ως εξαρτήματα στην αγορά

2.3.3 Diac

Το DIAC είναι μια συσκευή δύο τερματικών δηλαδή είναι ένας συνδυασμός παράλληλων ημιαγωγών στρωμάτων που επιτρέπει την ενεργοποίηση προς μία κατεύθυνση. Αυτή η συσκευή χρησιμοποιείται περισσότερο για την ενεργοποίηση του triac παρά μόνο του. Τα κυκλώματα με DIAC εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι ένα DIAC άγει ρεύμα μόνο μετά την υπέρβαση μιας ορισμένης τάσης διάσπασης. Η πραγματική τάση διάσπασης εξαρτάται από τις προδιαγραφές του εξαρτήματος. Όταν εφαρμόζεται η τάση διάσπασης του DIAC, η αντίστασή του, μειώνεται απότομα και αυτό οδηγεί σε απότομη μείωση της πτώσης της τάσης στο DIAC και σε αντίστοιχη αύξηση του ρεύματος. Το DIAC παραμένει στην αγωγή κατάσταση έως ότου η ροή του ρεύματος μέσω αυτού πέσει κάτω από μια συγκεκριμένη τιμή. Όταν το ρεύμα πέσει κάτω από αυτή την τιμή, το DIAC επιστρέφει στην υψηλή αντίστασή του και σταματάει να άγει.



Εικόνα 26 : Diac



Εικόνα 25: Συνδυασμός Triac με Diac

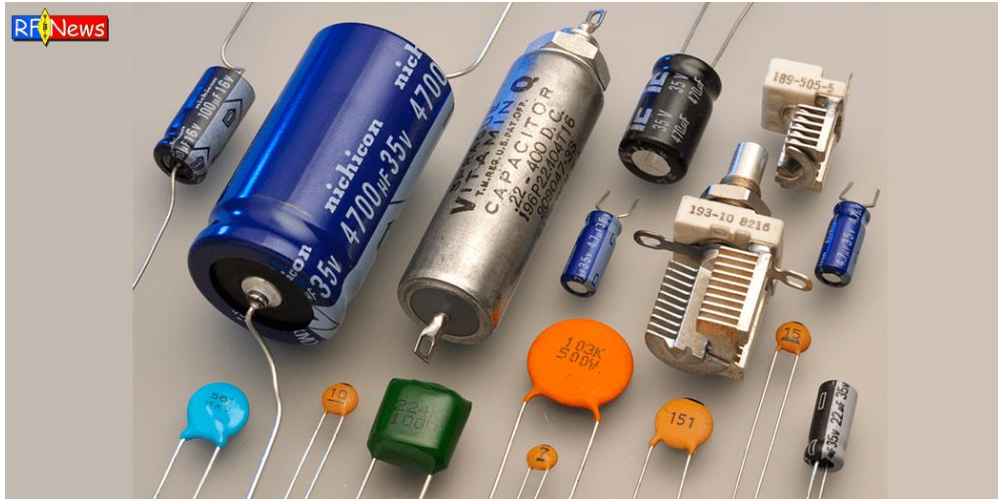
2.4 Πυκνωτές

Ένας πυκνωτής είναι ουσιαστικά ένα σύστημα δύο γειτονικών αγωγών ανάμεσα στους οποίους παρεμβάλλεται μονωτικό υλικό. Οι δύο αυτοί αγωγοί ονομάζονται οπλισμοί του πυκνωτή και συνήθως το υλικό κατασκευής τους περιλαμβάνει μέταλλα όπως ο ορείχαλκος, ο επικαδμιωμένος σίδηρος ή το αλουμίνιο. Το παρεμβαλλόμενο υλικό ονομάζεται διηλεκτρικό του πυκνωτή και για την κατασκευή του χρησιμοποιούνται υλικά όπως το χαρτί, το λάδι, το γυαλί, το ταντάλιο, πολυπροπυλένιο, μίκα και διάφορα άλλα υλικά τα οποία έχουν ένα κοινό στοιχείο, είναι μη αγωγά. Οι πυκνωτές χρησιμοποιούνται ως όργανα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν ηλεκτρικό φορτίο όταν εφαρμοστεί τάση στα άκρα τους. Μερικές από τις χρήσεις των πυκνωτών που συναντάμε συχνά και τους κάνει τόσο σημαντικούς στην επιστήμη των ηλεκτρονικών, είναι σε ηλεκτρονικά φίλτρα όπου χρησιμεύουν στο να φιλτράρουν ανεπιθύμητα ηλεκτρικά σήματα ή στα τροφοδοτικά όπου μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές.

Όταν ένας πυκνωτής είναι φορτισμένος, οι οπλισμοί του έχουν ηλεκτρικά φορτία κατά μέτρο ίσα και αντίθετα. Ονομάζουμε φορτίο του πυκνωτή το φορτίο του θετικά φορτισμένου οπλισμού του. Η ποσότητα του φορτίου που μπορεί να συγκρατήσει ένας πυκνωτής εξαρτάται από την επιφάνεια των οπλισμών του (η οποία είναι ανάλογη του φορτίου) και από την μεταξύ τους απόσταση (η οποία είναι αντιστρόφως ανάλογη του φορτίου). Το πηλίκο του φορτίου ενός πυκνωτή προς την τάση αυτού (η διαφορά δυναμικού δηλαδή που αναπτύσσεται μεταξύ των οπλισμών ενός φορτισμένου πυκνωτή) ονομάζεται χωρητικότητα και εκφράζει την ικανότητα ενός πυκνωτή να αποθηκεύει ενέργεια. Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή συμβολίζεται με το γράμμα C και μονάδα μέτρησής της είναι το Farad που συμβολίζεται με το γράμμα F.

Κύρια χαρακτηριστικά μεγέθη των πυκνωτών:

- **Ονομαστική χωρητικότητα:**
Πρόκειται για την τιμή της χωρητικότητας για την οποία έχει κατασκευαστεί ένας πυκνωτής. Η τιμή αυτή έχει υπολογιστεί από τους κατασκευαστές για συγκεκριμένες θερμοκρασίες και συχνότητες λειτουργίας.
- **Τάση λειτουργίας:**
Η μέγιστη τάση που μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα πυκνωτής χωρίς αυτός να καταστραφεί ή να υποστεί σοβαρή βλάβη, δίνεται συνήθως από τον κατασκευαστή.
- **Ανοχή χωρητικότητας:**
Η ανοχή του πυκνωτή σε περίπτωση που εφαρμόσουν τιμές διαφορετικές από αυτή της ονομαστικής του.
- **Συχνότητα αναφοράς:**
Η συχνότητα λειτουργίας με την οποία λειτουργεί ο πυκνωτής σε συμφωνία με την ονομαστική χωρητικότητά του.
- **Αντίσταση μόνωσης:**
Η αντίσταση που υπάρχει τόσο μεταξύ των ηλεκτροδίων του πυκνωτή όσο και αντίσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων και του περιβλήματος του πυκνωτή.

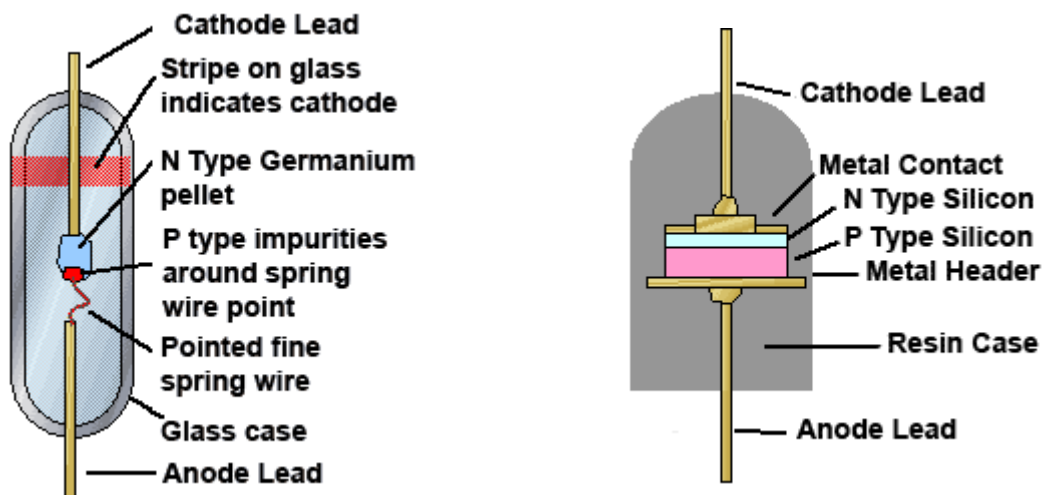


Εικόνα 27: Τα διάφορα είδη πυκνωτών της αγοράς

2.5 Δίοδος

Στην επιστήμη των ηλεκτρονικών, η δίοδος είναι ένα στοιχείο του κυκλώματος που το συναντάμε πολύ συχνά. Έτσι και στην εφαρμογή του Dimmer γενικότερα, έχουν μεγάλη χρησιμότητα ως εξαρτήματα ελέγχου των κυματομορφών της τάσης και του ρεύματος του κυκλώματος. Σκοπός της δίοδου είναι να περιορίζει τη κατευθυντήρια ροή των φορέων αγωγιμότητας (charge carriers). Δηλαδή στην ουσία, η δίοδος είναι υπεύθυνη για το αν θα επιτραπεί στο ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει από τη μια κατεύθυνση ή αν θα μπλοκαριστεί από την αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι, η δίοδος μπορεί να θεωρηθεί ως η αντίστοιχη ηλεκτρονική εκδοχή της βαλβίδας των υδραυλικών συστημάτων, η οποία, σε ένα αντίστοιχο παράδειγμα, στον σωλήνα που διαρρέει νερό, δεν επιτρέπει ροή αντίθετη από την επιθυμητή.

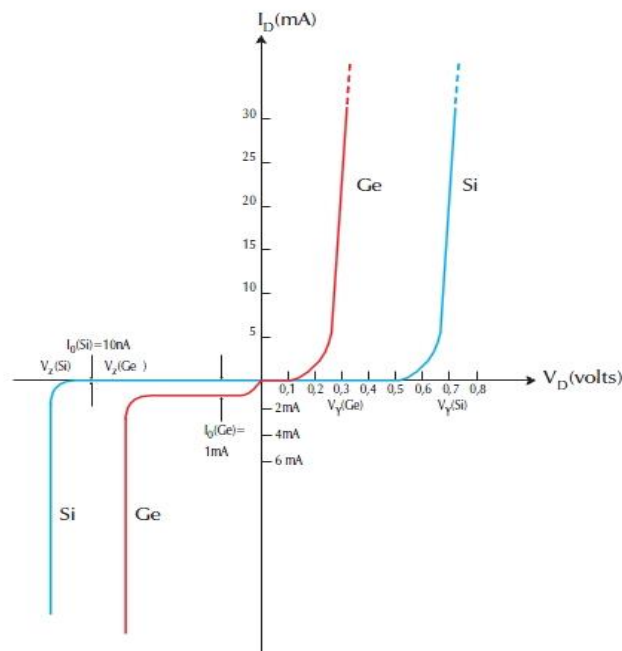
Οπότε, τα κυκλώματα που απαιτούν την ροή του ρεύματος να ρέει προς μία μόνο κατεύθυνση περιλαμβάνουν μία ή περισσότερες δίοδους στη σχεδίαση του κυκλώματος. Οι πρώτες δίοδοι που κατασκευάστηκαν περιλάμβαναν κρυστάλλους όπως αυτοί των ανιχνευτών cat's whisker ή πολλές φορές είχαν λυχνίες κενού.



Εικόνα 29: Δίοδος Γερμανίου (Ge)

Εικόνα 28: Δίοδος Πυρίτιου (Si)

Ο ανιχνευτής κρυστάλλων cat's whisker είναι ένα πλέον απαρχαιωμένο ηλεκτρονικό εξάρτημα που είχε χρησιμοποιηθεί σε ορισμένους ραδιοφωνικούς δέκτες των αρχών του 20ου αιώνα και αποτελούνταν από ένα κομμάτι κρυσταλλικού ορυκτού που διορθώνει το ραδιοφωνικό σήμα εναλλασσόμενου ρεύματος. Χρησιμοποιήθηκε ως ανιχνευτής (αποδιαμορφωτής) για την εξαγωγή του σήματος διαμόρφωσης ήχου από τον διαμορφωμένο φορέα, για την παραγωγή του ήχου στα ακουστικά. Ήταν ο πρώτος τύπος διόδου ημιαγωγών, και μία από τις πρώτες ηλεκτρονικές συσκευές ημιαγωγών. Ο λόγος που λεγόταν cat's whisker (μουστάκι γάτας) είναι επειδή αποτελούνταν από ένα κομμάτι κρυσταλλικού ορυκτού, συνήθως γαλένα (θειούχο μόλυβδο), με ένα λεπτό σύρμα να ακουμπά την επιφάνειά του. Σήμερα, οι περισσότερες διόδους που συναντάμε στην αγορά είναι κατασκευασμένες από υλικά ημιαγωγών όπως το πυρίτιο ή το γερμάνιο.

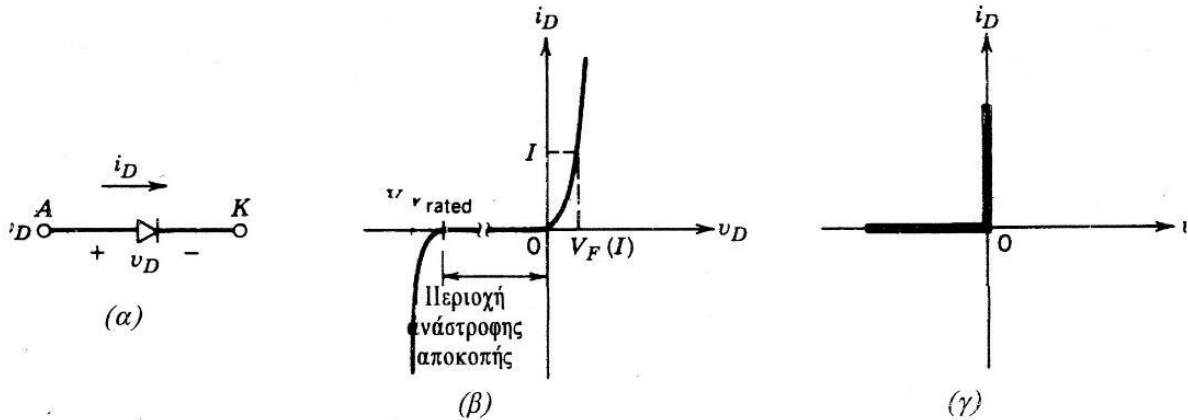


Εικόνα 30: Χαρακτηριστικές καμπύλες V-I πυρίτιου και γερμανίου (Si και Ge)

Στην παρακάτω εικόνα δίνονται το σύμβολο της διόδου που χρησιμοποιείται στη σχεδίαση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και η χαρακτηριστική καμπύλη της τάσης που διαπερνάει την δίοδο εν συναρτήσει με το ρεύμα που τη διαρρέει (χαρακτηριστική καμπύλη I-V), με το γράμμα (α) και (β) αντίστοιχα. Όταν η δίοδος είναι ορθά πολωμένη τότε αρχίζει να άγει δηλαδή μένει κλειστή και δημιουργείται μια μικρή πτώση τάσης στα άκρα της, της τάξης του 1V. Όταν η δίοδος είναι ανάστροφα πολωμένη, και μέχρι τη στιγμή που η τάση στα άκρα της γίνει ίση με την ανάστροφη τάση διάσπασης, η δίοδος διαρρέεται μόνο από ένα μηδαμίνης ποσότητας ρεύμα διαρροής. Όταν η δίοδος δεν ακολουθεί κάποια από τις παραπάνω περιπτώσεις (δηλαδή λειτουργεί κανονικά), τότε η ανάστροφη τάση πόλωσης δε θα πρέπει να φτάνει την ονομαστική τιμή της τάσης διάσπασης.

Λαμβάνοντας υπόψη τις μικρές ποσότητες των ρευμάτων διαρροής στην κατάσταση αποκοπής (ανάστροφη πόλωση) και τη μικρή πτώση τάσης στην κατάσταση αγωγιμότητας (ορθή πόλωση) και

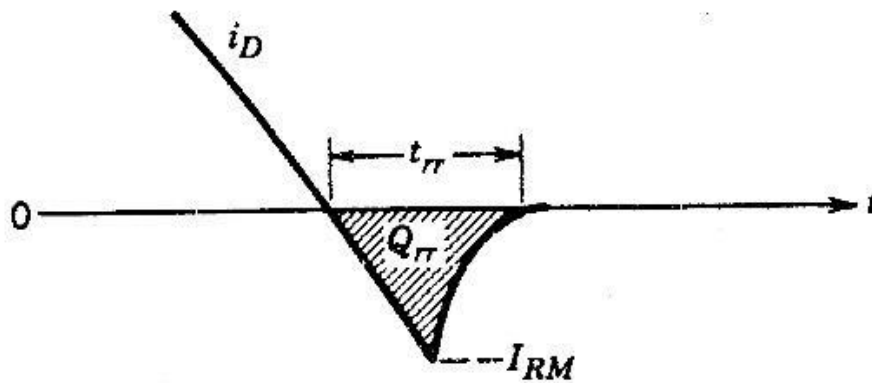
πάντα συγκρίνοντας τις με τις τάσεις και τα ρεύματα λειτουργίας του κυκλώματος στο οποίο χρησιμοποιείται η διάδος, η χαρακτηριστική καμπύλη I-V της διόδου που προαναφέρθηκε μπορεί να εξιδανικευτεί, όπως φαίνεται στο γράμμα (γ) της εικόνας παρακάτω. Η ιδανική αυτή ορθή γωνία της διόδου είναι χαρακτηριστική και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση του κυκλώματος του Dimmer που θα υλοποιηθεί, αλλά δε θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί για τη σχεδίασή του στην πράξη, για παράδειγμα, κατά τον υπολογισμό των τάσεων δικτύου που θα εφαρμοστούν πάνω στη διάταξη.



Εικόνα 31: (α) Το σύμβολο της διόδου, (β) η χαρακτηριστική καμπύλη της διόδου I-V, (γ) η θεωρητική ιδανική ορθή γωνία της διόδου.

Κατά τη διάρκεια που η διάδος είναι κλειστή, μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ιδανικός διακόπτης, επειδή μεταβαίνει πολύ γρήγορα από τη μία κατάσταση της στην άλλη σε σύγκριση με τα μεταβατικά φαινόμενα που εμφανίζονται σε άλλα σημεία στα κυκλώματα ισχύος. Κατά το άνοιγμα της όμως, όπως φαίνεται στην Εικόνα 18 παρακάτω, το ρεύμα της διόδου αναστρέφεται για κάποιο χρονικό διάστημα, πριν μηδενιστεί. Το χρονικό διάστημα αυτό μοιάζει σαν ένα είδος στιγμιαίας ταλάντωσης του ρεύματος ως προς τον χρόνο και ονομάζεται «χρόνος ανάστροφης αποκατάστασης» (reverse recovery time) ή t_{rr} .

Αυτό το αρνητικό ρεύμα του χρόνου ανάστροφης αποκατάστασης είναι απαραίτητο για να μπορεί να εξαλειφθεί η περίσσεια φορέων στη διάοδο και έτσι να της επιτρέψει την αποκοπή. Σε επαγωγικά κυκλώματα, το ρεύμα του χρόνου ανάστροφης αποκατάστασης t_{rr} , υπάρχει περίπτωση να οδηγήσει σε υπερτάσεις. Στα περισσότερα κυκλώματα, αυτό το αναστροφο ρεύμα δεν έχει κάποια επίδραση πάνω στη χαρακτηριστική καμπύλη εισόδου/εξόδου των κυκλωμάτων, καθιστώντας έτσι την διάοδο και πάλι ως ιδανική κατά τη μετάβαση στην κατάσταση αγωγιμότητας.



Εικόνα 32: Το ρεύμα της διόδου σε κατάσταση αποκοπής

Δίοδος Zener :

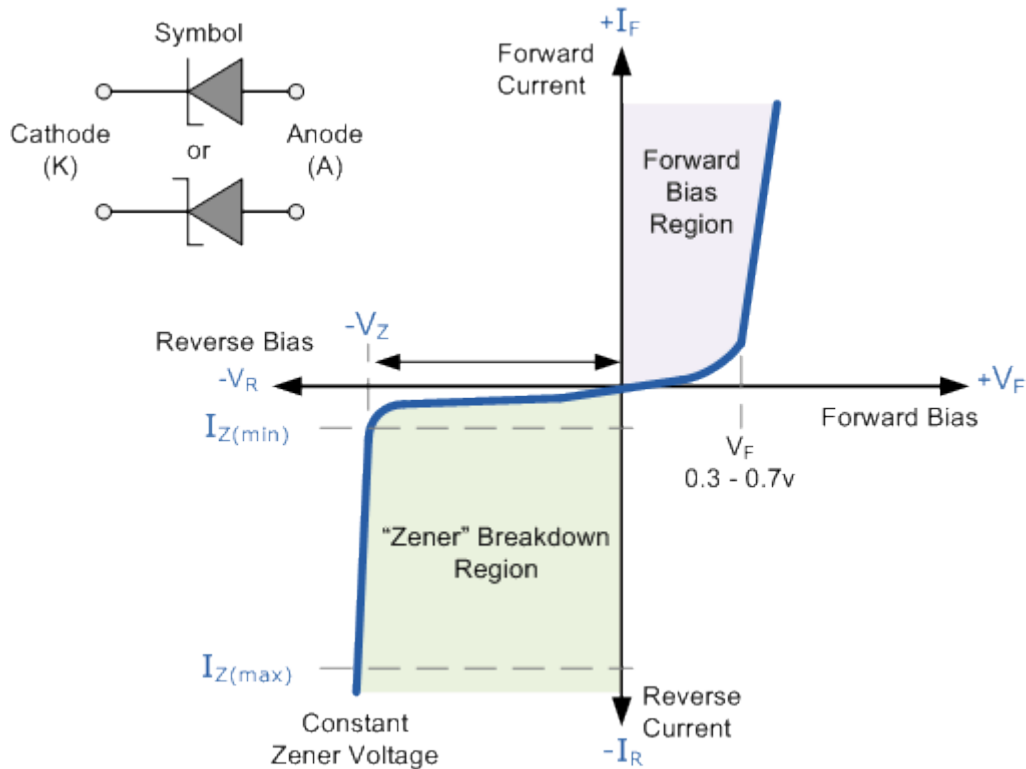
Μια δίοδος Zener είναι ένας ειδικός τύπος διόδου που έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει αξιόπιστα το ρεύμα να ρέει "προς τα πίσω" όταν επιτευχθεί μια ορισμένη αντίστροφη τάση, γνωστή ως τάση Zener. Οι δίοδοι Zener κατασκευάζονται με μεγάλη ποικιλία τάσεων Zener και μερικές είναι ακόμη και μεταβλητές.

Η δίοδος Zener συμπεριφέρεται ακριβώς όπως μια κανονική δίοδος γενικής χρήσης που αποτελείται από πυρίτιο και όταν πολώνεται ως προς την άνοδο της εμφανίζει τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Ωστόσο, σε αντίθεση με μια συμβατική δίοδο που μπλοκάρει οποιαδήποτε ροή ρεύματος στην ανάστροφη πόλωση, η δίοδος zener μόλις η ανάστροφη τάση φτάσει σε μια προκαθορισμένη τιμή, αρχίζει να άγει προς την αντίστροφη κατεύθυνση.

Αυτό συμβαίνει όταν η ανάστροφη τάση, που εφαρμόζεται στη δίοδο zener, υπερβεί την ονομαστική τάση της διόδου. Τότε εμφανίζεται ένα φαινόμενο που ονομάζεται κατάρρευση χιονοστιβάδας (avalanche breakdown) όπου το ρεύμα αρχίζει να ρέει μέσω της διόδου για να περιορίσει την αύξηση της τάσης.

Το ρεύμα που ρέει μέσω της διόδου zener αυξάνεται δραματικά στη μέγιστη τιμή (και γι' αυτό συνήθως περιορίζεται από μια αντίσταση σειράς) και μόλις επιτευχθεί αυτό, το αντίστροφο ρεύμα κορεσμού παραμένει αρκετά σταθερό για ένα ευρύ φάσμα ανάστροφων τάσεων. Το σημείο τάσης στο οποίο η τάση στη δίοδο zener γίνεται σταθερή ονομάζεται «τάση zener» (V_Z) και για τις δίοδους zener αυτή η τάση μπορεί να κυμαίνεται από λιγότερο από ένα βολτ έως μερικές εκατοντάδες βολτ.

Το σημείο στο οποίο η τάση zener ενεργοποιείται για να ρέει το ρεύμα μέσα της, μπορεί να ελεγχθεί με μεγάλη ακρίβεια (με μικρότερη από 1% ανοχή) στο στάδιο της κατασκευής της, δίνοντας έτσι στη δίοδο μια συγκεκριμένη τάση διάσπασης zener (V_Z). Για παράδειγμα, 4,3 V ή 7,5 V. Αυτή η τάση διάσπασης zener στην καμπύλη I-V είναι σχεδόν μια κάθετη ευθεία γραμμή.



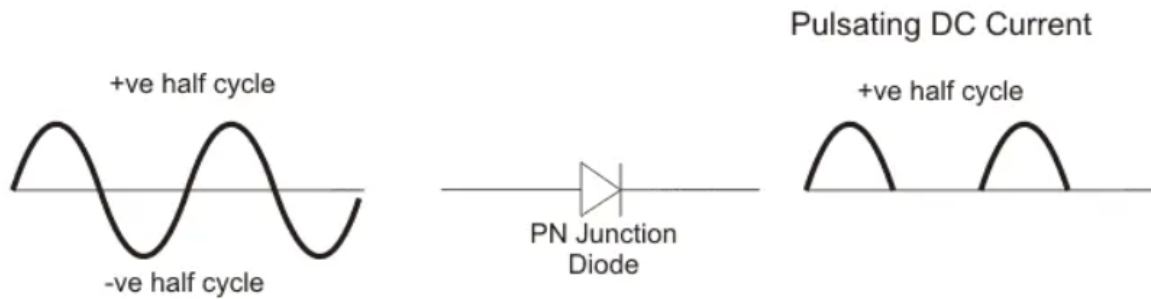
Εικόνα 33: Χαρακτηριστική μιας διόδου Zener

2.5.1 Ανόρθωση μισού κύματος

Ο ανορθωτής είναι μια διάταξη που μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) σε συνεχές ρεύμα (DC) και αποτελεί ένα από τα βασικά στοιχεία του κυκλώματος του dimmer που θα εξετάσουμε παρακάτω. Υλοποιείται χρησιμοποιώντας μια δίοδο ή μια ομάδα διόδων. Οι ανορθωτές μισού κύματος χρησιμοποιούν μία δίοδο, ενώ ένας ανορθωτής πλήρους κύματος χρησιμοποιεί πολλαπλές διόδους. Η λειτουργία ενός ανορθωτή μισού κύματος εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι οι διόδους επιτρέπουν στο ρεύμα να ρέει μόνο προς μία κατεύθυνση.

Ένας ανορθωτής μισού κύματος είναι η απλούστερη διαθέσιμη μορφή ανορθωτή. Θα εξετάσουμε ένα πλήρες κύκλωμα ανορθωτή μισού κύματος αργότερα αλλά ας καταλάβουμε πρώτα τι ακριβώς κάνει αυτός ο τύπος ανορθωτή.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει τη βασική αρχή ενός ανορθωτή μισού κύματος. Όταν μια τυπική κυματομορφή AC διέρχεται από έναν ανορθωτή μισού κύματος, παραμένει μόνο η μισή διότι οι ανορθωτές μισού κύματος επιτρέπουν μόνο έναν μισό κύκλο (θετικό ή αρνητικό μισό κύκλο) της τάσης AC και μπλοκάρουν τον άλλο μισό κύκλο στην πλευρά DC, όπως φαίνεται παρακάτω.



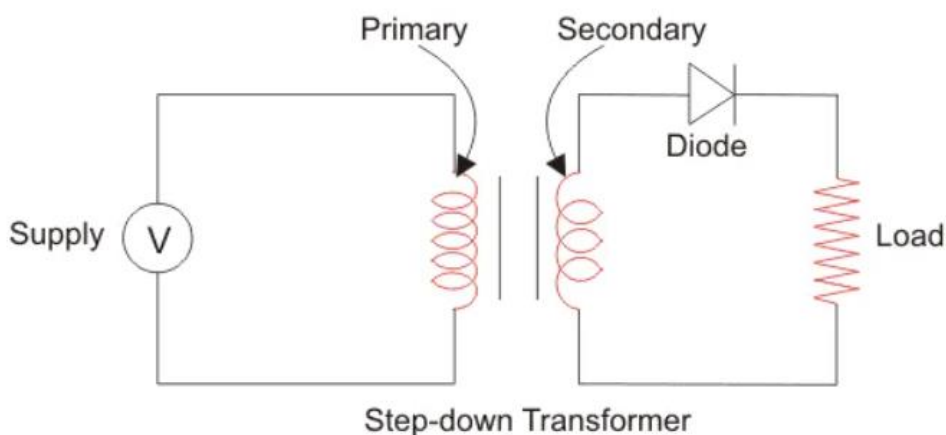
Εικόνα 34: Η αρχή λειτουργίας του ανορθωτή μισού κύματος

Δεδομένου ότι τα συστήματα συνεχούς ρεύματος είναι σχεδιασμένα να έχουν ρεύμα που ρέει προς μία μόνο κατεύθυνση, η εφαρμογή μιας κυματομορφής AC με θετικούς και αρνητικούς κύκλους μέσω μιας συσκευής DC μπορεί να έχει καταστροφικές και επικίνδυνες συνέπειες. Χρησιμοποιούμε λοιπόν ανορθωτές μισού κύματος για να μετατρέψουμε την ισχύ εισόδου AC σε ισχύ εξόδου DC.

Αλλά η δίοδος είναι μόνο μέρος της γιατί ένα πλήρες κύκλωμα ανορθωτή μισού κύματος αποτελείται από 3 κύρια μέρη:

1. Ένας μετασχηματιστής
2. Αντιστασιακό φορτίο
3. Μια δίοδος

Ένα διάγραμμα κυκλώματος ανορθωτή μισού κύματος μοιάζει με αυτό παρακάτω:



Εικόνα 35: Κύκλωμα ανορθωτή μισού μήκους κύματος

Η αρχή λειτουργία του ανορθωτή μισού κύματος είναι πολύ απλή. Πρώτα, εφαρμόζεται υψηλή τάση εναλλασσόμενου ρεύματος στην κύρια πλευρά (αριστερή) του μετασχηματιστή step-down και έπειτα

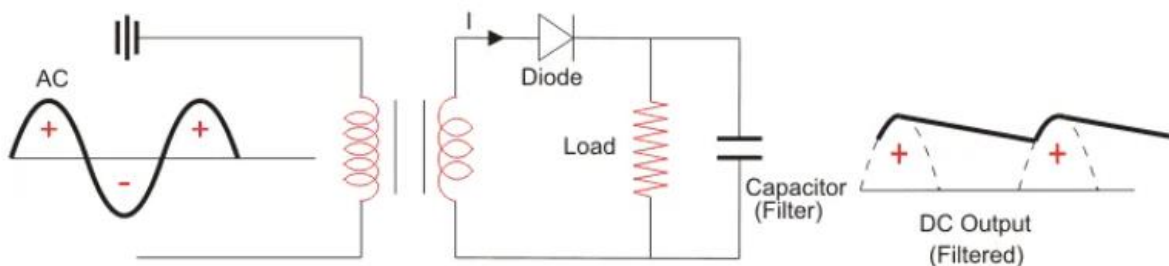
μετατρέπεται σε χαμηλή τάση (λόγω των λιγότερων τυλιγμάτων χαλκού στο εσωτερικό του μετασχηματιστή) στη δεύτερη πλευρά (δεξιά) η οποία θα εφαρμοστεί στη δίοδο.

Κατά τη διάρκεια του θετικού μισού κύκλου της τάσης AC, η δίοδος είναι ορθά πολωμένη και το ρεύμα ρέει μέσα της. Κατά τη διάρκεια του αρνητικού μισού κύκλου της τάσης AC, η δίοδος θα έχει ανάστροφη πόλωση και η ροή του ρεύματος θα μπλοκαρισθεί. Επειδή η δίοδος βρίσκεται τώρα σε λειτουργία ανάστροφης πόλωσης, δεν μπορεί να περάσει ρεύμα από αυτήν. Ως εκ τούτου, έχουμε ένα ανοιχτό κύκλωμα. Δεδομένου ότι το ρεύμα δεν μπορεί να περάσει στο φορτίο κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η τάση εξόδου είναι ίση με μηδέν. Όλα αυτά γίνονται πολύ γρήγορα – αφού μια κυματομορφή AC θα ταλαντώνεται μεταξύ θετικού και αρνητικού πολλές φορές κάθε δευτερόλεπτο (ανάλογα με τη συχνότητα).

Αντίστοιχα, ένας αρνητικός ανορθωτής μισού κύματος θα επιτρέπει μόνο αρνητικούς μισούς κύκλους μέσω της δίοδου και θα μπλοκάρει τον θετικό μισό κύκλο. Η μόνη διαφορά μεταξύ ενός θετικού και αρνητικού ανορθωτή μισού κύματος είναι η κατεύθυνση της δίοδου.

2.5.2 Ανόρθωση μισού κύματος με πυκνωτή

Η κυματομορφή εξόδου από την παραπάνω θεωρία είναι μια παλμική κυματομορφή DC. Αυτό προκύπτει όταν χρησιμοποιούμε ανορθωτή μισού κύματος χωρίς φίλτρο. Τα φίλτρα είναι συνδιασμοί εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή (εξομάλυνση) των παλλόμενων κυματομορφών DC σε σταθερές κυματομορφές DC. Αυτό το επιτυγχάνουν καταστέλλοντας τους κυματισμούς DC στην κυματομορφή. Αν και οι ανορθωτές μισού κύματος χωρίς φίλτρα είναι θεωρητικά δυνατοί, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πρακτικές εφαρμογές γιατί οι συσκευές συνεχούς ρεύματος απαιτούν μια σταθερή κυματομορφή. Άρα πρέπει να «εξομαλύνουμε» αυτήν την παλλόμενη κυματομορφή για να είναι χρήσιμη στην καθημερινότητα μας. Αυτός είναι ο λόγος που στην πραγματικότητα χρησιμοποιούμε ανορθωτές μισού κύματος με φίλτρο. Ένας πυκνωτής ή ένα πηνίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φίλτρο ωστόσο ο ανορθωτής μισού κύματος με φίλτρο πυκνωτή χρησιμοποιείται πιο συχνά. Η παρακάτω εικόνα δείχνει πώς ένα χωρητικό φίλτρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξομάλυνση μιας παλλόμενης κυματομορφής DC σε μια σταθερή κυματομορφή DC.



Εικόνα 36: Ανόρθωση μισού κύματος με φίλτρο πυκνωτή

2.6 Αντιστάσεις

Μια αντίσταση είναι ένα εξάρτημα δύο ακροδεκτών που περιορίζει το ρεύμα που ρέει στα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Η ιδιότητα του να αντιστέκεται στη ροή του ρεύματος ονομάζεται αντίσταση, εκφράζεται σε Ohm (Ω) και πήρε το όνομα της από τον Γερμανό φυσικό Georg Simon Ohm. Οι αντιστάσεις διατίθενται σε διάφορα μεγέθη. Το μέγεθος τους είναι ανάλογο με την ισχύ τους. Η ονομαστική ισχύς είναι η μέγιστη ποσότητα ισχύος που μπορεί να διαχέει μια αντίσταση χωρίς να καταστραφεί από την υπερβολική συσσώρευση θερμότητας. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια που καλύπτεται από μια αντίσταση, τόσο περισσότερη ισχύς μπορεί να διαχέεται πάνω της.

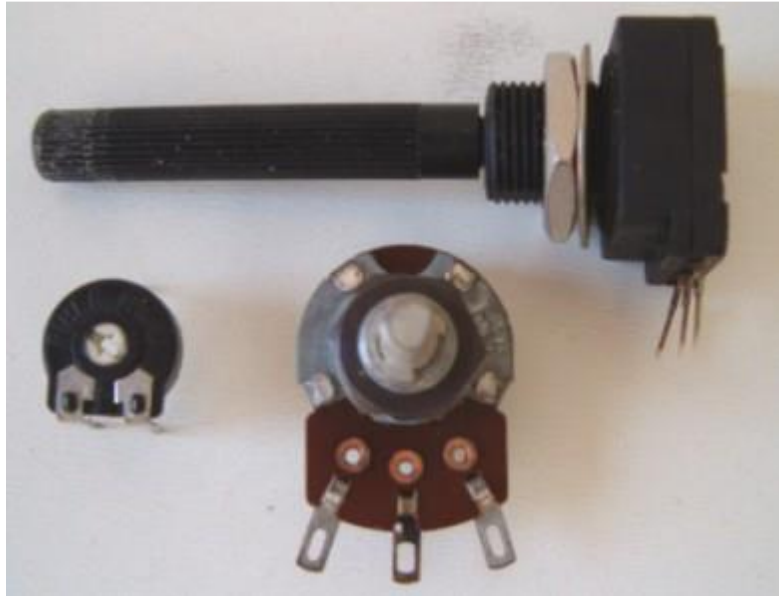


Εικόνα 37: Αντιστάσεις πάνω σε ηλεκτρονικό κύκλωμα

Υπάρχουν δύο τύποι αντιστάσεων: οι σταθερές και οι μεταβλητές.

- Οι σταθερές αντιστάσεις έχουν σχεδιαστεί για να θέτουν τις σωστές συνθήκες σε ένα κύκλωμα. Οι τιμές τους δεν πρέπει ποτέ να αλλάζουν για να ρυθμιστεί το κύκλωμα, αφού αυτές καθορίστηκαν κατά τη φάση του σχεδιασμού. Συνήθως είναι κατασκευασμένες από άνθρακα.
- Οι αντιστάσεις μεταβλητής τιμής ονομάζονται αλλιώς ποτενσιόμετρα ή τρίμμερ και είναι εκείνες που μπορούμε να μεταβάλουμε την ονομαστική τους τιμή (μέχρι ένα προκαθορισμένο σημείο). Κατασκευάζονται από άνθρακα ή σύρμα ανάλογα με την ισχύ τους. Τα ποτενσιόμετρα και τα τρίμμερ αποτελούνται από ένα μονωτικό υλικό κυλινδρικής μορφής, πάνω στο οποίο τυλίγεται ένας αγωγός υψηλής αντίστασης. Στον συρμάτινο αγωγό εφάπτεται ένας δρομέας ο

οποίος ολισθαίνει κατά μήκος της αντίστασης σύρματος με αποτέλεσμα να παίρνουμε την μεταβλητή τιμή της αντίστασης που θέλουμε.



Εικόνα 38: Ποτενσιόμετρα και τρίμμερ

Η τοποθέτηση μιας αντίστασης σε ένα κύκλωμα θα μειώσει το ρεύμα κατά ένα ακριβές ποσό. Αν κοιτάξουμε τις αντιστάσεις από έξω, πιθανότατα φαίνονται το ίδιο. Ωστόσο, αν την σπάσουμε, θα δούμε μια μονωτική κεραμική ράβδο στη μέση με σύρμα χαλκού τυλιγμένο από γύρω. Η αντίσταση εξαρτάται από αυτές τις στροφές χαλκού. Όσο πιο λεπτός είναι ο χαλκός, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, καθώς είναι πιο δύσκολο για τα ηλεκτρόνια να περάσουν μέσα από αυτόν. Όπως ξέρουμε ήδη, είναι ευκολότερο για τα ηλεκτρόνια να ρέουν σε ορισμένα υλικά αγωγών παρά στους μονωτές που δεν ρέουν καθόλου

Επίσης οι αντιστάσεις έχουν κάποια χαρακτηριστικά μεγέθη τα οποία είναι τα εξής:

1. Τιμή αντίστασης

Είναι η τιμή της αντίστασης με μονάδα μέτρησης το Ωμ.

2. Ισχύς της αντίστασης

Είναι η μέγιστη τιμή της ισχύος που μπορεί να καταναλωθεί πάνω στην αντίσταση υπό μορφή θερμότητας.

3. Ανοχή

Είναι η απόκλιση της τιμής της αντίστασης από την τιμή που δίνει ο κατασκευαστής. Οι τιμές ανοχής ορίζονται από τον κατασκευαστή και είναι $\pm 10\%$, $\pm 5\%$, $\pm 2\%$, $\pm 1\%$ και $\pm 0,5\%$.

4. Γραμμικότητα

Οι αντιστάσεις στην λειτουργία τους πρέπει να ακολουθούν τον νόμο του Ohm ($I=V/R$), για να μην παρατηρούνται μεταβολές των τάσεων και των εντάσεων στις οποίες λειτουργούν. Στις μη γραμμικές αντιστάσεις, όμως, επιδιώκουμε τέτοιες μεταβολές.

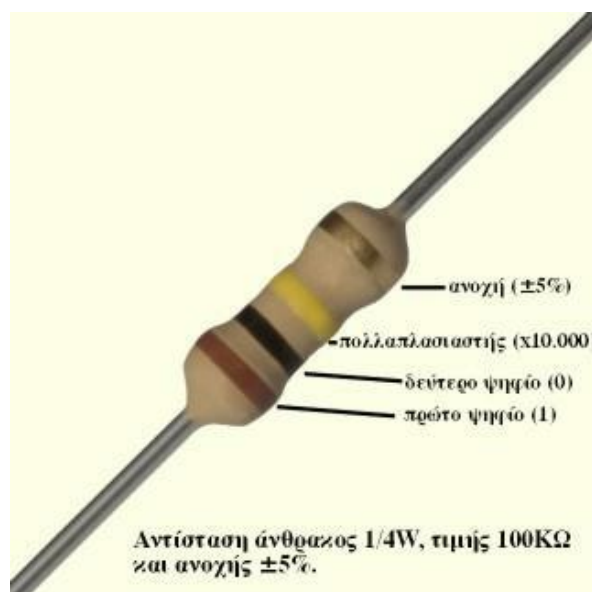
5. Τάση θορύβου

Η θερμότητα που αναπτύσσουν οι αντιστάσεις στο σώμα τους έχουν σαν αποτέλεσμα να δημιουργείται θερμικός θόρυβος στο κύκλωμα με συνέπεια την ύπαρξη παρασιτικής τάσης στα άκρα τους που μετριέται σε μV ανά V της ονομαστικής τάσης λειτουργίας τους.

6. Σταθερότητα της αντίστασης

Η συνεχής λειτουργία της αντίστασης, στο πέρασμα του χρόνου παρουσιάζει αλλοιώσεις στο υλικό κατασκευής της με αποτέλεσμα την αλλοίωση της ονομαστικής τιμής της. Η σταθερότητα της αντίστασης εκφράζεται με την σταθερότητα της ονομαστικής της τιμής ανεξάρτητα του χρόνου λειτουργίας της.

Τέλος πρέπει να ειπωθεί ότι παρόλο που χρησιμοποιούνται πολλές μέθοδοι υπολογισμού αντιστάσεων η πιο δημοφιλής είναι αυτή του υπολογισμού ωμικής αντίστασης με τη χρήση του χρωματικού κώδικα όπως φαίνεται παρακάτω.



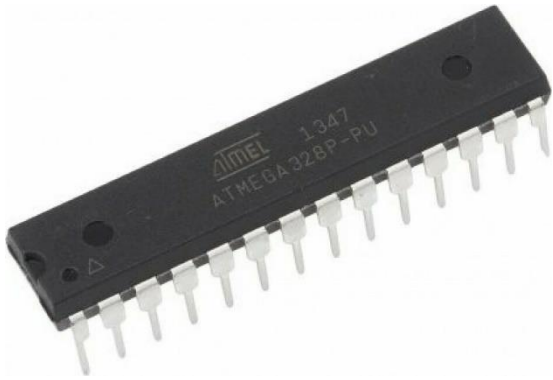
Εικόνα 39: Χρωματικός κώδικας πάνω σε μια αντίσταση

Χρώμα	1ο Ψηφίο	2ο Ψηφίο	3ο Ψηφίο	Πολ/στής	Ανοχή	Συν.Θερμ.
			Μπορεί να μην υπάρχει			Μπορεί να μην υπάρχει
Ασημί				10^{-2}	10%	
Χρυσό				10^{-1}	5%	
Μαύρο	0	0	0	10^0		200ppm/OC
Καφέ	1	1	1	10^1	1%	100ppm/OC
Κόκκινο	2	2	2	10^2	2%	50ppm/OC
Πορτοκαλί	3	3	3	10^3		15ppm/OC
Κίτρινο	4	4	4	10^4		25ppm/OC
Πράσινο	5	5	5	10^5	0,50%	
Μπλε	6	6	6	10^6	0,25%	10ppm/OC
Μωβ	7	7	7	10^7	0,10%	5ppm/OC
Γκρι	8	8	8	10^8	0,05%	
Λευκό	9	9	9	10^9		1ppm/OC

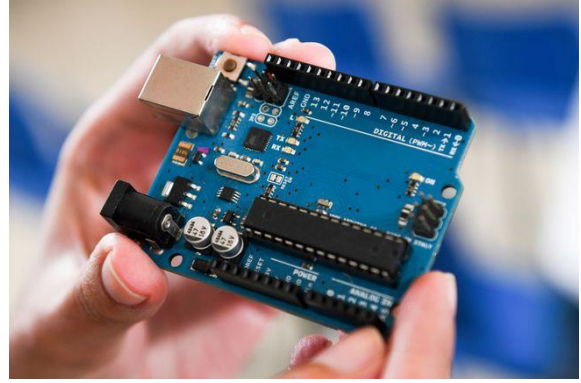
Εικόνα 40: Ο πίνακας με τον χρωματικό κώδικα

2.7 Μικροελεγκτής

Ένας μικροελεγκτής είναι ένα συμπαγές και κλειστό, κατά μία έννοια, ολοκληρωμένο κύκλωμα σχεδιασμένο να ελέγχει μια συγκεκριμένη λειτουργία σε ένα ενσωματωμένο σύστημα. Ένας τυπικός μικροελεγκτής περιλαμβάνει τον επεξεργαστή του, τη μνήμη του και τα περιφερειακά μέρη εισόδου/εξόδου (I/O) σε ένα μόνο τσιπ. Μερικές φορές αναφέρεται ως ενσωματωμένος ελεγκτής ή μονάδα μικροελεγκτή (MCU). Οι μικροελεγκτές βρίσκονται σε οχήματα, ρομπότ, συσκευές γραφείου, ιατρικές συσκευές, φορητούς πομποδέκτες ραδιοφώνου, μηχανήματα αυτόματης πώλησης και οικιακές συσκευές, μεταξύ άλλων συσκευών. Είναι ουσιαστικά απλοί μικροσκοπικοί προσωπικοί υπολογιστές (PC) που έχουν σχεδιαστεί για να ελέγχουν τις μικρές λειτουργίες ενός μεγαλύτερου στοιχείου, χωρίς την ανάγκη για ένα πολύπλοκο λειτουργικό σύστημα (OS).



Εικόνα 41: Ο μικροελεγκτής ως εξάρτημα



Εικόνα 42: Ο μικροελεγκτής πάνω σε PCB

2.7.1 Πώς λειτουργούν οι μικροελεγκτές

Ένας μικροελεγκτής είναι ενσωματωμένος μέσα σε ένα σύστημα και σκοπός του είναι ο έλεγχος μιας μοναδικής λειτουργίας σε μια συσκευή. Αυτό το κάνει ερμηνεύοντας δεδομένα που λαμβάνει από τα περιφερειακά I/O μέρη του, χρησιμοποιώντας τον κεντρικό του επεξεργαστή για την ερμηνεία τους. Οι προσωρινές πληροφορίες που λαμβάνει ο μικροελεγκτής αποθηκεύονται στη μνήμη δεδομένων του, όπου ο επεξεργαστής έχει πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες και χρησιμοποιεί οδηγίες που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη του προγράμματος για να αποκρυπτογραφήσει και να εφαρμόσει τα εισερχόμενα δεδομένα. Στη συνέχεια χρησιμοποιεί τα περιφερειακά I/O μέρη του για να επικοινωνήσει και να πραγματοποιήσει την κατάλληλη ενέργεια.

Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα συστημάτων και συσκευών. Οι συσκευές συχνά χρησιμοποιούν πολλαπλούς μικροελεγκτές που συνεργάζονται μέσα στη συσκευή σαν ένα υποσύστημα αυτής, προκειμένου να ολοκληρώσουν τις αντίστοιχες εργασίες τους. Για παράδειγμα, ένα αυτοκίνητο μπορεί να έχει πολλούς μικροελεγκτές που ελέγχουν διάφορα μεμονωμένα συστήματα μέσα σε αυτό, όπως το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης (ABS), το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης, το σύστημα ψεκασμού καυσίμου ή τον έλεγχο της ανάρτησης. Όλοι οι μικροελεγκτές επικοινωνούν μεταξύ τους για να πραγματοποιήσουν τις σωστές ενέργειες. Μερικοί μπορεί να επικοινωνούν με έναν πιο περίπλοκο κεντρικό υπολογιστή μέσα στο αυτοκίνητο και άλλοι μπορεί να επικοινωνούν μόνο με άλλους παρόμοιους μικροελεγκτές. Εν συνεχεία στέλνουν και λαμβάνουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τα περιφερειακά I/O μέρη τους και επεξεργάζονται αυτά τα δεδομένα για να εκτελέσουν τις καθορισμένες εργασίες τους.

2.7.2 Τα στοιχεία ενός μικροελεγκτή

Τα βασικά στοιχεία ενός μικροελεγκτή είναι:

- **Ο επεξεργαστής (CPU)**

Ένας επεξεργαστής μπορεί να θεωρηθεί ως ο εγκέφαλος της συσκευής. Επεξεργάζεται και ανταποκρίνεται σε διάφορες οδηγίες που κατευθύνουν τη λειτουργία του μικροελεγκτή. Αυτό περιλαμβάνει την εκτέλεση βασικών αριθμητικών, λογικών και I/O λειτουργιών. Εκτελεί επίσης λειτουργίες μεταφοράς δεδομένων, οι οποίες επικοινωνούν και στέλνουν εντολές σε άλλα στοιχεία του μεγαλύτερου ενσωματωμένου συστήματος.

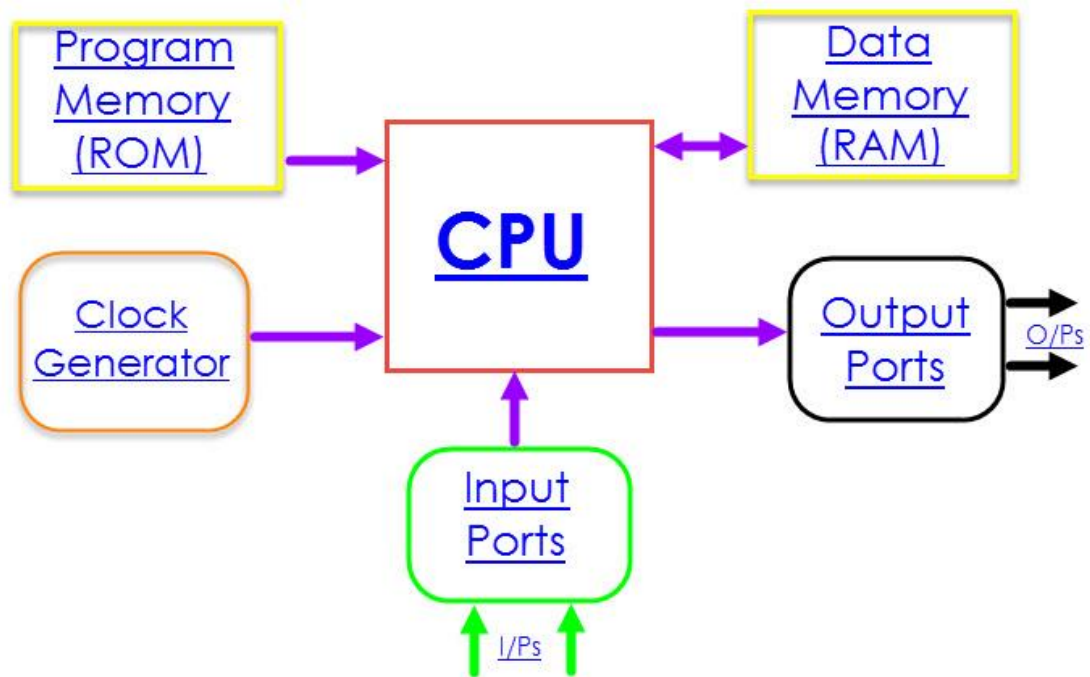
- **Μνήμη**

Η μνήμη ενός μικροελεγκτή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των δεδομένων που λαμβάνει ο επεξεργαστής και χρησιμοποιεί για να ανταποκρίνεται σε οδηγίες που έχει προγραμματιστεί να εκτελεί. Ένας μικροελεγκτής έχει δύο κύριους τύπους μνήμης:

- 1) Μνήμη προγράμματος, η οποία αποθηκεύει τις μακροπρόθεσμες πληροφορίες που έχουν να κάνουν με τις οδηγίες που εκτελεί ο CPU. Η μνήμη προγράμματος είναι μη πτητική μνήμη, που σημαίνει ότι διατηρεί πληροφορίες με την πάροδο του χρόνου χωρίς να χρειάζεται πηγή ενέργειας.
- 2) Μνήμη δεδομένων, η οποία απαιτείται για την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων κατά την εκτέλεση των εντολών. Η μνήμη δεδομένων είναι ασταθής, που σημαίνει ότι τα δεδομένα που διατηρεί είναι προσωρινά και διατηρούνται μόνο εάν η συσκευή είναι συνδεδεμένη σε πηγή ρεύματος.

- **Περιφερειακά I/O**

Οι συσκευές εισόδου και εξόδου είναι ουσιαστικά η μέθοδος επικοινωνίας του επεξεργαστή με τον έξω κόσμο. Οι θύρες εισόδου λαμβάνουν πληροφορίες και τις στέλνουν στον επεξεργαστή με τη μορφή δυαδικών δεδομένων. Ο επεξεργαστής λαμβάνει αυτά τα δεδομένα και στέλνει τις απαραίτητες οδηγίες στις συσκευές εξόδου που εκτελούν εργασίες εκτός του μικροελεγκτή.



Εικόνα 43: Μπλοκ διάγραμμα ενός μικροελεγκτή

Ενώ ο επεξεργαστής, η μνήμη και τα περιφερειακά I/O είναι τα καθοριστικά στοιχεία του μικροεπεξεργαστή, υπάρχουν και άλλα στοιχεία που περιλαμβάνονται συχνά. Ο ίδιος ο όρος περιφερειακά I/O αναφέρεται απλώς σε υποστηρικτικά στοιχεία που διασυνδέονται με τη μνήμη και τον επεξεργαστή. Υπάρχουν πολλά υποστηρικτικά εξαρτήματα που μπορούν να ταξινομηθούν ως περιφερειακά. Η ύπαρξη ενός περιφερειακού I/O είναι στοιχειώδης για έναν μικροεπεξεργαστή, επειδή είναι ο μηχανισμός μέσω του οποίου εφαρμόζεται ο επεξεργαστής.

Άλλα υποστηρικτικά στοιχεία ενός μικροελεγκτή περιλαμβάνουν:

- **Μετατροπέας αναλογικού σε ψηφιακό (ADC)**

Το ADC είναι ένα κύκλωμα που μετατρέπει τα αναλογικά σήματα σε ψηφιακά σήματα. Επιτρέπει στον επεξεργαστή στο κέντρο του μικροελεγκτή να διασυνδέεται με εξωτερικές αναλογικές συσκευές, όπως οι διάφοροι αισθητήρες.

- **Μετατροπέας ψηφιακού σε αναλογικό (DAC)**

Ένα DAC εκτελεί την αντίστροφη λειτουργία ενός ADC και επιτρέπει στον επεξεργαστή που βρίσκεται στο κέντρο του μικροελεγκτή, να στέλνει τα εξερχόμενα σήματα του σε εξωτερικά αναλογικά στοιχεία.

- **Δίαυλος συστήματος**

Ο δίαυλος του συστήματος είναι το συνδετικό καλώδιο που συνδέει όλα τα στοιχεία του μικροελεγκτή μεταξύ τους.

- **Σειριακή θύρα**

Η σειριακή θύρα είναι ένα είδος θύρας I/O που επιτρέπει στον μικροελεγκτή να συνδέεται με εξωτερικά εξαρτήματα. Έχει παρόμοια λειτουργία με μια USB θύρα αλλά διαφέρει στον τρόπο ανταλλαγής bits.

2.7.3 Χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής του μικροελεγκτή

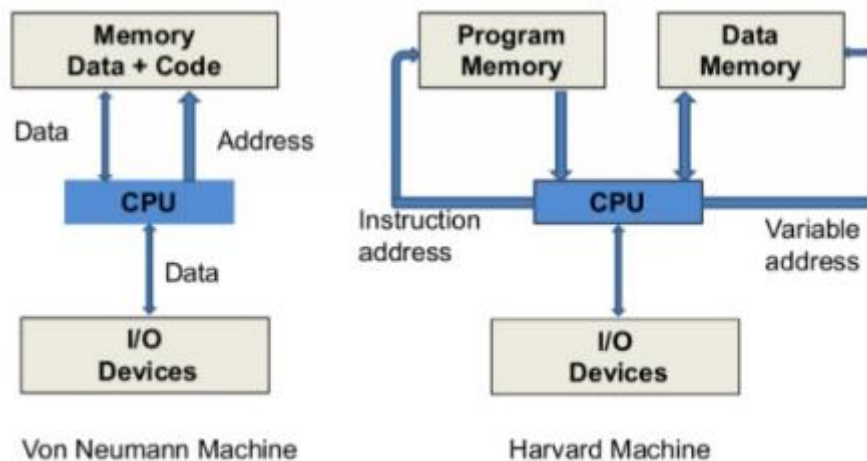
Ο επεξεργαστής ενός μικροελεγκτή διαφέρει ανάλογα με την εφαρμογή. Οι επιλογές που υπάρχουν κυμαίνονται από τους απλούς επεξεργαστές 4-bit, 8-bit ή 16-bit έως πιο σύνθετους επεξεργαστές 32-bit ή 64-bit. Οι μικροελεγκτές μπορούν να χρησιμοποιούν volatile μνήμη (μνήμη που κρατάει τα δεδομένα της αφού σταματήσει η παροχή του ρεύματος σε αυτή), όπως η μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM) και non-volatile μνήμη (μνήμη που χάνει τα δεδομένα της με τη διακοπή της τροφοδοσίας της) όπως η μνήμη flash, η EPROM (erasable programmable read-only memory) και η EEPROM (electrically erasable programmable read-only memory).

Γενικά, οι μικροελεγκτές έχουν σχεδιαστεί για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα χωρίς πρόσθετα υπολογιστικά εξαρτήματα, επειδή έχουν σχεδιαστεί με επαρκή ενσωματωμένη μνήμη καθώς και με ακίδες για λειτουργίες I/O γενικής χρήσης, ώστε να μπορούν να διασυνδέονται απευθείας με αισθητήρες και άλλα εξαρτήματα.

Η αρχιτεκτονική του μικροελεγκτή μπορεί να βασίζεται στην αρχιτεκτονική του Harvard ή στην αρχιτεκτονική του Von Neumann, όπου και οι δύο προσφέρουν διαφορετικές μεθόδους ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ του επεξεργαστή και της μνήμης. Με την αρχιτεκτονική του Harvard, ο δίαυλος δεδομένων και η οδηγία διαχωρίζονται, επιτρέποντας ταυτόχρονες μεταφορές. Από την άλλη, με την αρχιτεκτονική Von Neumann, ένας δίαυλος μόνος του χρησιμοποιείται τόσο για δεδομένα όσο και για οδηγίες.

Όταν έγιναν διαθέσιμοι για πρώτη φορά, οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούσαν αποκλειστικά τη γλώσσα assembly. Σήμερα, η γλώσσα προγραμματισμού C και C++ είναι οι πιο δημοφιλείς επιλογές που έχουν σχεδόν εκτοπίσει την assembly από την αγορά. Άλλες κοινές γλώσσες μικροελεγκτή περιλαμβάνουν τις Python και JavaScript. Στην συγκεκριμένη εργασία ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιείται είναι ο

PIC12F675 και η δική του γλώσσα προγραμματισμού είναι η assembly. Οπότε σε επόμενη ενότητα παρακάτω θα αναλύσουμε εκτενέστερα τόσο την λειτουργία και αρχιτεκτονική του μικροελεγκτή αυτού όσο και την γλώσσα προγραμματισμού assembly και τον κώδικα που θα χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή μας.

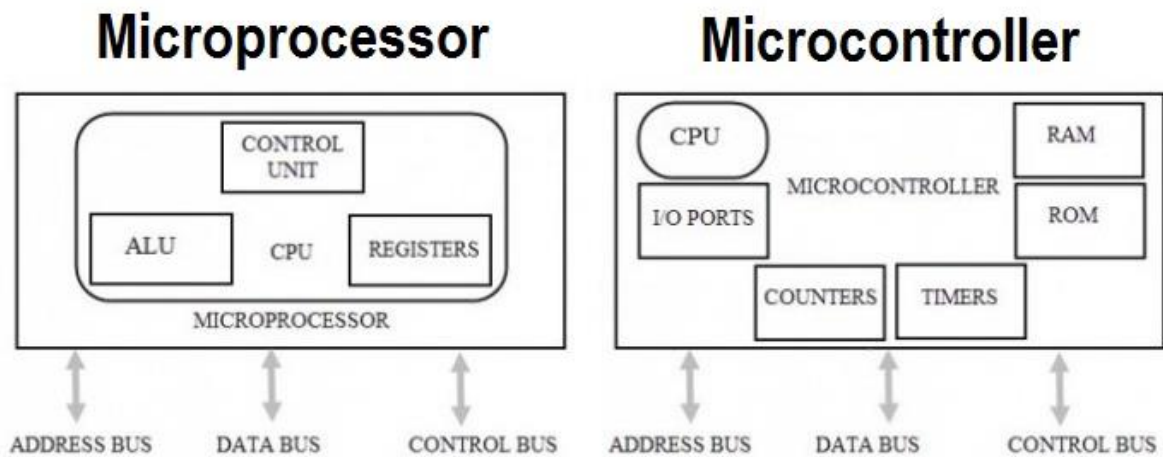


Εικόνα 44: Οι βασικές διαφορές των αρχιτεκτονικών Von Neumann και Harvard

2.7.4 Διαφορές των μικροελεγκτών από τους μικροεπεξεργαστές

Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ μικροελεγκτών και μικροεπεξεργαστών γίνεται όλο και λιγότερο σαφής με την πάροδο του χρόνου καθώς η πολυπλοκότητα των τσιπς έχει γίνει σχετικά φθηνότερη στην υλοποίηση της και έτσι έχει ενσωματώσει στους μικροελεγκτές πιο "γενικής χρήσης" υπολογιστικές λειτουργίες και δυνατότητες. Παρ' όλα αυτά για να μπορέσουμε να καταλάβουμε καλύτερα την βασική διαφορά που υπάρχει μεταξύ τους και προτού την αναλύσουμε περαιτέρω, θα μπορούσαμε να πούμε με απλά λόγια ότι οι καφετιέρες χρησιμοποιούν μικροελεγκτές ενώ οι επιτραπέζιοι υπολογιστές χρησιμοποιούν μικροεπεξεργαστές.

Σε γενικές γραμμές οι μικροελεγκτές είναι λιγότερο ακριβοί και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από τους μικροεπεξεργαστές. Οι μικροεπεξεργαστές δεν έχουν ενσωματωμένη μνήμη RAM, μνήμη ROM ή άλλα περιφερειακά στο τσιπ, αντ' αυτού συνδέονται σε αυτά με τις ακίδες τους. Ένας μικροεπεξεργαστής μπορεί να θεωρηθεί η καρδιά ενός συστήματος υπολογιστή, ενώ ένας μικροελεγκτής μπορεί να θεωρηθεί η καρδιά ενός ενσωματωμένου συστήματος.



Εικόνα 45: Οι διαφορετικές αρχιτεκτονικές του μικροελεγκτή και του μικροεπεξεργαστή

Η δυνατότητα του μικροεπεξεργαστή να μπορεί να συνδέεται με μνήμες μεγαλύτερης χωρητικότητας και άρα καλύτερης αποθήκευσης προγραμμάτων, κάνει τον υπολογιστή πιο ευέλικτο και ισχυρό από έναν μικροελεγκτή και του επιτρέπει να εκτελεί πολλά διαφορετικά προγράμματα ταυτόχρονα και γρήγορα. Αν και οι υπολογιστές είναι ευέλικτοι και ισχυροί, ο μικροελεγκτής έχει τα πλεονεκτήματά του και αυτά φαίνονται κυρίως στη βιομηχανία.

2.7.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης μικροελεγκτών στη βιομηχανία

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση μικροελεγκτών στη βιομηχανία. Μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι ότι είναι επαναχρησιμοποιήσιμοι, αξιόπιστοι, οικονομικά αποδοτικοί και ενεργειακά αποδοτικοί.

- **Επανάχρηση**

Ο τυπικός μικροελεγκτής είναι προγραμματιζόμενος, πράγμα που σημαίνει ότι είναι επαναχρησιμοποιήσιμος. Αυτό είναι ιδιαίτερα πλεονεκτικό για τη δημιουργία πρωτότυπων κυκλωμάτων ελέγχου. Κατά την ανάπτυξη ενός πολύπλοκου συστήματος ελέγχου, δεν είναι ασυνήθιστη η αποτυχία κατά την πρώτη εφαρμογή. Στην πραγματικότητα, ένα σύνθετο έργο ελέγχου μπορεί να χρειαστεί να ξαναγραφεί και να καλωδιωθεί ξανά, πολλές φορές προτού ανταποκριθεί στις προσδοκίες του σχεδιασμού. Το γεγονός ότι το κύκλωμα ελέγχου μπορεί να τροποποιηθεί με προγραμματισμό και όχι με επανακαλωδίωση είναι πολύ πλεονεκτικό για τη γρήγορη ανάπτυξη πρωτότυπων έργου.

- **Αξιοπιστία**

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα, όπως ο μικροελεγκτής, είναι πολύ πιο αξιόπιστα από τα ρελέ. Πριν από τους μικροελεγκτές, τα κυκλώματα ελέγχου βασίζονταν σε πολλά ηλεκτρομηχανικά ρελέ και χρονοδιακόπτες για τον έλεγχο του συστήματος. Τα ρελέ εξαρτώνται από ηλεκτρομαγνήτες για τη μετακίνηση του οπλισμού και των εξαρτημάτων επαφής, οπότε τελικά φθείρονται λόγω μηχανικής τριβής. Τα ρελέ είναι επίσης ευαίσθητα σε ζημιές που προκαλούνται από σκόνη, βρωμιά, διάβρωση, σκουριά, έντομα και άλλους ρύπους που μπορεί να επηρεάσουν τα κινούμενα μέρη. Οι μικροελεγκτές δεν έχουν κινούμενα μέρη. Αυτό παρέχει πολύ υψηλότερο ποσοστό αξιοπιστίας. Ρελέ και τρανζίστορ υψηλής ισχύος μπορούν να ενσωματωθούν για τελικές εφαρμογές σε κινητήρες, αλλά η πραγματική λογική χρονισμού και ελέγχου δεν χρειάζεται να βασίζεται στη μηχανική δράση των ρελέ.

- **Απόδοση κόστους**

Οι μικροελεγκτές μπορούν να παραχθούν με χαμηλότερο κόστος από τους ηλεκτρομηχανικούς προκατόχους τους. Επίσης, οι μικροελεγκτές μπορούν να επαναπρογραμματιστούν εάν η σχεδιασμένη εφαρμογή δεν λειτουργεί σωστά ή αν αλλάξει η εφαρμογή για τη χρήση της.

- **Ενεργειακή απόδοση**

Επειδή το μεγαλύτερο μέρος των σύγχρονων κυκλωμάτων είναι κατασκευασμένο από ολοκληρωμένα κυκλώματα, το ενεργειακό κόστος της χρήσης ενός μικροελεγκτή είναι πολύ μικρότερο συγκριτικά με το αν χρησιμοποιούνταν μεμονωμένα στοιχεία ενός λογικού κυκλώματος τύπου διακοπών ρελέ. Η λογική των διακοπών ρελέ χρησιμοποιεί πολυάριθμα ρελέ συνδεδεμένα σε σειρά και παράλληλα για να δημιουργηθούν συνθήκες κυκλώματος ελέγχου παρόμοιες σε λειτουργία με τις λογικές πύλες και γι' αυτό συγκριτικά, ένας

μικροελεγκτής καταναλώνει λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τις συμβατικές ηλεκτρομηχανικές συσκευές.

Ωστόσο υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα της χρήσης των μικροελεγκτών στη βιομηχανία. Δύο από τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα είναι η ανάγκη για εξειδικευμένους προγραμματιστές και η ευαισθησία των ελεγκτών στα ηλεκτροστατικά φορτία.

- **Προγραμματιστική πολυπλοκότητα**

Απαιτούνται ειδικές δεξιότητες για τον προγραμματισμό των μικροελεγκτών. Αυτό απαιτεί υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης για το προσωπικό μιας εταιρίας στη βιομηχανία. Επιπλέον, υπάρχουν πολλές διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού για να διαλέξει κανείς. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πρόβλημα συμβατότητας όταν προσπαθούμε να συγχωνεύσουμε δύο ανόμοια συστήματα σε ένα σύστημα ελέγχου.

- **Ηλεκτροστατική ευαισθησία**

Οι περισσότεροι μικροελεγκτές αποτελούνται από συμπληρωματικά ολοκληρωμένα κυκλώματα ημιαγωγών οξειδίου μετάλλου (CMOS). Το CMOS μπορεί να καταστραφεί εύκολα από μια στατική φόρτιση και γι' αυτό πρέπει να τηρούνται αυστηρά οι στατικές προφυλάξεις.

2.8 Γλώσσες προγραμματισμού

Γλώσσα προγραμματισμού είναι οποιοδήποτε σύνολο κανόνων που μετατρέπει συμβολοσειρές, ή γραφικά στοιχεία προγράμματος (αν μιλάμε για οπτικές γλώσσες προγραμματισμού), σε διάφορα είδη κώδικα μηχανής. Οι γλώσσες προγραμματισμού είναι ένα είδος γλώσσας υπολογιστή και χρησιμοποιούνται στον προγραμματισμό υπολογιστών για την υλοποίηση αλγορίθμων.

Οι περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού αποτελούνται από οδηγίες για υπολογιστές. Υπάρχουν προγραμματιζόμενες μηχανές που χρησιμοποιούν ένα σύνολο συγκεκριμένων οδηγιών, αντί για γενικές γλώσσες προγραμματισμού. Από τις αρχές του 1800, έχουν χρησιμοποιηθεί προγράμματα για να κατευθύνουν τη συμπεριφορά μηχανών όπως οι αργαλειοί Jacquard, τα μουσικά κουτιά και τα πιάνο αναπαραγωγής. Τα προγράμματα για αυτές τις μηχανές (όπως οι κύλινδροι ενός πιάνου) δεν παρήγαγαν διαφορετική συμπεριφορά ως απόκριση σε διαφορετικές εισόδους ή συνθήκες.

Χιλιάδες διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού έχουν δημιουργηθεί και περισσότερες δημιουργούνται κάθε χρόνο. Πολλές γλώσσες προγραμματισμού είναι γραμμένες σε μια επιτακτική μορφή (δηλαδή ως μια ακολουθία πράξεων που πρέπει να εκτελεστούν) ενώ άλλες γλώσσες

χρησιμοποιούν τη δηλωτική μορφή (δηλαδή καθορίζεται το επιθυμητό αποτέλεσμα, όχι πώς να το επιτύχετε).

Η περιγραφή μιας γλώσσας προγραμματισμού συνήθως χωρίζεται σε δύο συστατικά, αυτά της σύνταξης (φόρμα) και της σημασιολογίας (σημασία), τα οποία συνήθως ορίζονται από μια επίσημη γλώσσα. Ορισμένες γλώσσες ορίζονται από ένα έγγραφο προδιαγραφών (για παράδειγμα, η γλώσσα προγραμματισμού C καθορίζεται από ένα πρότυπο ISO), ενώ άλλες γλώσσες (όπως η Perl) έχουν κυρίαρχη εφαρμογή που λειτουργεί ως αναφορά. Ορισμένες γλώσσες έχουν και τα δύο, με τη βασική γλώσσα να ορίζεται από ένα πρότυπο και τις επεκτάσεις, οι οποίες λαμβάνονται από την βασική εφαρμογή, να είναι κοινές.

Η θεωρία των γλωσσών προγραμματισμού είναι ένας υποτομέας της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με το σχεδιασμό, την υλοποίηση, την ανάλυση, τον χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση των γλωσσών προγραμματισμού.

```

2 let meetups = [
3   {name:'JavaScript', isActive:true, members:700},
4   {name:'Angular', isActive:true, members:900},
5   {name:'Node', isActive:false, members:600},
6   {name:'React', isActive:true, members:500}
7 ];
8 let sumFPChain = meetups.filter((m)=>{
9   return m.isActive;
10  })
11  .map((m)=>{
12   return m.members - (0.1*m.members);
13  })
14  .reduce((acc, m)=>{
15   return acc + m;
16  },0);
17 console.log(sumFPChain); // Output will be 1890
18

```

Εικόνα 46: Κώδικας γλώσσας προγραμματισμού

Κάθε γλώσσα προγραμματισμού έχει ένα μοναδικό σύνολο λέξεων-κλειδιών (λέξεις που καταλαβαίνει) και μια ειδική σύνταξη για την οργάνωση των οδηγιών του προγράμματος.

Ένα πρόγραμμα γραμμένο σε μια συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού έχει δύο μέρη: οδηγίες γραμμένες σε αυτή τη γλώσσα και δηλώσεις γραμμένες σε μια άλλη γλώσσα που ονομάζεται κώδικας μηχανής. Ο κώδικας μηχανής είναι μια δυαδική μορφή που αποτελείται από μονάδες και μηδενικά (1 και 0). Κάθε ψηφίο αντιπροσωπεύει είτε μια οδηγία είτε δεδομένα μέσα στο πρόγραμμα.

Όταν ένας προγραμματιστής πληκτρολογεί μια εντολή στον υπολογιστή του, στέλνει αυτές τις οδηγίες στον επεξεργαστή του υπολογιστή, ο οποίος τις μεταφράζει σε κώδικα μηχανής, ώστε να μπορεί να τις εκτελέσει. Στη συνέχεια, λαμβάνει οποιαδήποτε πληροφορία που παράγεται από αυτές τις εντολές και τις μεταφράζει ξανά σε κάτι που μπορούν να κατανοήσουν οι άνθρωποι - συνήθως στα αγγλικά.

Η διαδικασία είναι παρόμοια για τους ιστότοπους δηλαδή όταν ένας χρήστης εισάγει κείμενο σε μια μηχανή αναζήτησης όπως το Google, μετατρέπει το ερώτημα του χρήστη σε κώδικα μηχανής πριν το στείλει στους διακομιστές του. Στη συνέχεια επεξεργάζεται όλα τα αποτελέσματα από τον αλγόριθμο αναζήτησής του χρησιμοποιώντας κώδικα μηχανής πριν τα μεταφράσει ξανά σε μια αναγνώσιμη από τον άνθρωπο μορφή.

2.8.1 Επίπεδα γλωσσών προγραμματισμού

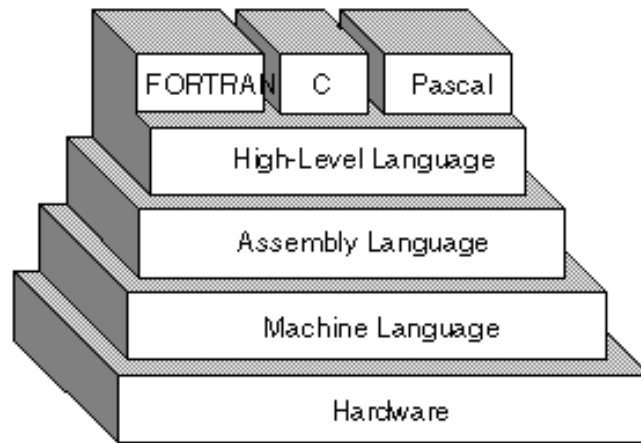
Οι γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, ενώ είναι απλές σε σύγκριση με τις ανθρώπινες γλώσσες, είναι πιο περίπλοκες από τις γλώσσες που καταλαβαίνει ο υπολογιστής, (δηλαδή τις γλώσσες μηχανής). Κάθε διαφορετικός τύπος CPU έχει τη δική του μοναδική γλώσσα μηχανής.

Ανάμεσα στις γλώσσες μηχανής και τις γλώσσες υψηλού επιπέδου είναι γλώσσες που ονομάζονται γλώσσες assembly και τέτοιου επιπέδου γλώσσα θα χρησιμοποιηθεί και για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή μας. Η γλώσσα assembly είναι ένας τύπος γλώσσας προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου που προορίζεται να επικοινωνεί απευθείας με το υλικό ενός υπολογιστή. Σε αντίθεση με τη γλώσσα μηχανής, η οποία αποτελείται από δυαδικούς και δεκαεξαδικούς χαρακτήρες, οι γλώσσες assembly έχουν σχεδιαστεί για να είναι αναγνώσιμες από τον άνθρωπο.

Οι γλώσσες assembly είναι παρόμοιες με τις γλώσσες μηχανής, αλλά είναι πολύ πιο εύκολο να προγραμματιστούν επειδή επιτρέπουν σε έναν προγραμματιστή να αντικαταστήσει αριθμούς με ονόματα. Χρησιμοποιούν σύντομους μνημονικούς κώδικες για οδηγίες και αυτό επιτρέπει στον προγραμματιστή να εισάγει ονόματα στα μπλοκ μνήμης που συγκρατούν δεδομένα. Θα μπορούσαμε λοιπόν να γράψουμε "add pay,total" αντί για "0110101100101000" για μια εντολή που θα πρόσθετε δύο αριθμούς.

Η assembly έχει σχεδιαστεί για να μεταφράζεται εύκολα στη γλώσσα μηχανής. Ωστόσο τα μπλοκ δεδομένων μπορεί να αναφέρονται με το όνομα τους αντί των διευθύνσεων τους με αποτέλεσμα η γλώσσα assembly να μην παρέχει πιο εξελιγμένα μέσα οργάνωσης πολύπλοκων πληροφοριών. Όπως η γλώσσα μηχανής, η γλώσσα assembly απαιτεί λεπτομερή γνώση της εσωτερικής αρχιτεκτονικής του υπολογιστή. Είναι χρήσιμο όταν τέτοιες λεπτομέρειες είναι σημαντικές, όπως στον προγραμματισμό ενός υπολογιστή για αλληλεπίδραση με περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτές, σαρωτές, συσκευές αποθήκευσης κ.λπ.).

Πάνω από τις γλώσσες υψηλού επιπέδου υπάρχουν γλώσσες που ονομάζονται γλώσσες τέταρτης γενιάς (συνήθως συντομογραφία 4GL). Οι 4GL απέχουν πολύ από τις γλώσσες μηχανής και αντιπροσωπεύουν την κατηγορία των γλωσσών υπολογιστών που βρίσκονται πιο κοντά στις ανθρώπινες γλώσσες. Ανεξάρτητα από τη γλώσσα που χρησιμοποιείται, το πρόγραμμα πρέπει τελικά να μετατραπεί σε γλώσσα μηχανής, ώστε ο υπολογιστής να μπορεί να το κατανοήσει.



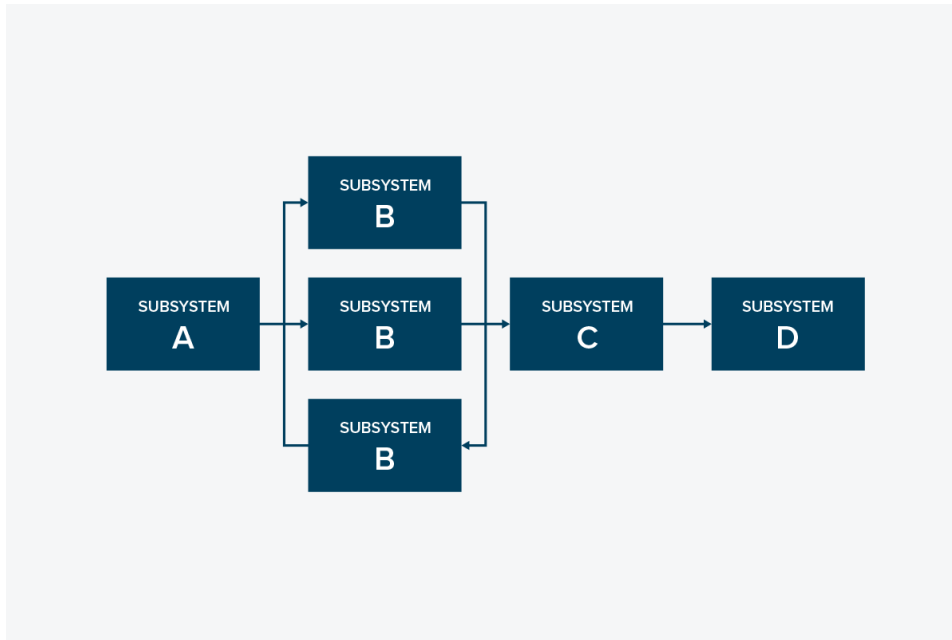
Εικόνα 47: Τα επίπεδα των γλωσσών προγραμματισμού

2.9 Μπλοκ διάγραμμα

Ένα μπλοκ διάγραμμα είναι μια σχεδίαση ενός συστήματος του οποίου τα κύρια μέρη ή εξαρτήματα αντιπροσωπεύονται από μπλοκ. Αυτά τα μπλοκ ενώνονται με γραμμές για να εμφανίσουν τη σχέση μεταξύ των μπλοκ.

Χρησιμοποιούμε μπλοκ διαγράμματα για να οπτικοποιήσουμε τη λειτουργική άποψη ενός συστήματος. Το διάγραμμα χρησιμοποιεί μπλοκ που συνδέονται με γραμμές για να αναπαραστήσουν στοιχεία ενός συστήματος.

Τις περισσότερες φορές, τα μπλοκ διαγράμματα βοηθούν πολύ όταν απαιτείται μια σαφής εικόνα της ροής πληροφοριών ή ελέγχου, εκτός βέβαια από την περίπτωση που ένα έργο εμπεριέχει εκατοντάδες διεργασίες. Μπορούν να διευκολύνουν την αναπαράσταση περίπλοκων αλγορίθμων ή ροών πληροφοριών και επικοινωνίας μεταξύ ακριβών εξαρτημάτων, για παράδειγμα, σε μια εγκατάσταση μαζικής παραγωγής. Οι γραφικά αναπαρασταθείσες διαδικασίες του έργου είναι λιγότερο επίπονες στην κατανόηση από ό,τι όταν είναι σε μορφή κειμένου.

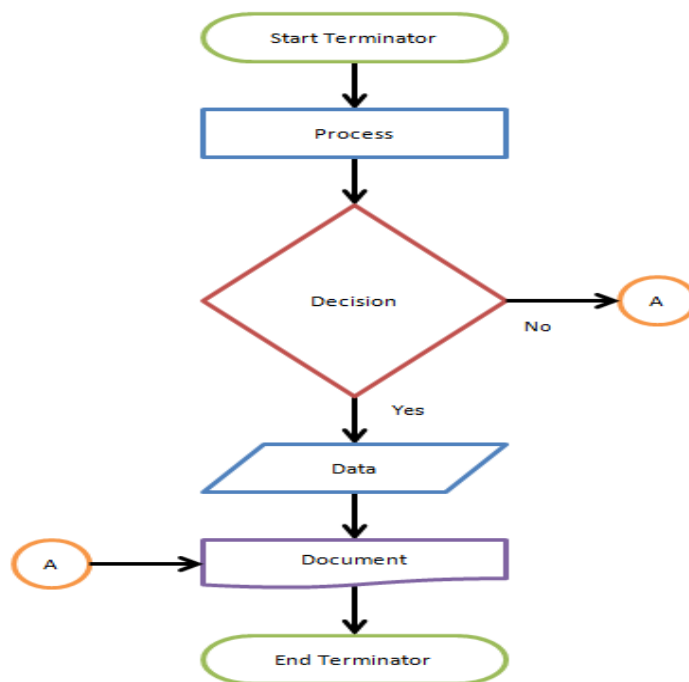


Εικόνα 48: Μπλοκ διάγραμμα

Με ένα μπλοκ διάγραμμα, μπορούμε εύκολα να απεικονίσουμε τα βασικά μέρη ενός λογισμικού ή ενός μηχανικού συστήματος αλλά και να απεικονίσουμε τη ροή δεδομένων σε ένα διάγραμμα ροής διεργασιών.

Το διάγραμμα ροής (Flowchart) είναι το αντίστοιχο μπλοκ διάγραμμα του προγραμματισμού, δηλαδή το χρησιμοποιούμε για να απεικονίσουμε την ροή των πληροφοριών και εντολών σε έναν κώδικα. Πρόκειται για ένα διάγραμμα που απεικονίζει μια διαδικασία, ένα σύστημα ή έναν αλγόριθμο. Χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλά πεδία για την τεκμηρίωση, τη μελέτη, τον σχεδιασμό, τη βελτίωση, την επικοινωνία και την μετάφραση συχνά περίπλοκων διαδικασιών σε σαφή, εύκολα κατανοητά διαγράμματα. Τα διαγράμματα ροής χρησιμοποιούν ορθογώνια, οβάλ, ρόμβους και πολλά άλλα σχήματα για να καθορίσουν τον τύπο του βήματος ή της εντολής που ακολουθεί, μαζί με βέλη σύνδεσης για τον καθορισμό της ροής και της ακολουθίας. Μπορούν να κυμαίνονται από απλά, χειροποίητα γραφήματα έως ολοκληρωμένα διαγράμματα σχεδιασμένα από υπολογιστή που απεικονίζουν πολλαπλά βήματα και διαδρομές.

Ως οπτική αναπαράσταση της ροής δεδομένων, τα διαγράμματα ροής είναι χρήσιμα για τη σύνταξη ενός προγράμματος ή αλγόριθμου και την εξήγηση του σε άλλους ή τη συνεργασία μαζί τους σε αυτό. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα διάγραμμα ροής αλγορίθμου για να εξηγήσουμε τη λογική πίσω από ένα πρόγραμμα πριν αρχίσουμε να κωδικοποιούμε την αυτοματοποιημένη διαδικασία. Μπορεί να βοηθήσει στην οργάνωση της σκέψης μεγάλων εικόνων και να παρέχει έναν οδηγό όταν έρθει η ώρα να κωδικοποιήσουμε. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα απλό παράδειγμα ενός διαγράμματος ροής ενώ αυτό που θα χρησιμοποιηθεί για τον δικό μας κώδικα είναι αρκετά πιο σύνθετο.



Εικόνα 49: Διάγραμμα ροής

Κεφάλαιο 3ο: Εφαρμογή του Dimmer

3.1 Εισαγωγή

Αυτό είναι το τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας και σε αυτό, όπως προειπώθηκε, θα αναλύσουμε την λειτουργία της πλακέτας αυτής καθαυτής και το πως κατασκευάστηκε. Δηλαδή θα εξετάσουμε ένα-ένα τα κομμάτια της πλακέτας που συνεργάζονται μεταξύ τους προκειμένου να βγει το αποτέλεσμα που ζητάμε, και στο τέλος θα δούμε και το αποτέλεσμα που όντως προκύπτει. Θα δούμε τον κώδικα του μικροελεγκτή, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν με τις τιμές τους, το σχηματικό της πλακέτας και το PCB σχέδιο της. Στις τελευταίες ενότητες θα δούμε την τελική μορφή που πήρε η πλακέτα μας, οδηγίες για τον σωστό τρόπο λειτουργίας καθώς επίσης και τα διάφορα ελαττώματα ή βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν.

3.2 Σκοπός της εφαρμογής

Ο σκοπός αυτού του dimmer είναι ο τηλεχειρισμός ηλεκτρικών αντιστάσεων θερμότητας και λαμπών πυρακτώσεως έως 1000 Watts. Ο μικροελεγκτής PIC 12F675 που εμπεριέχεται και ελέγχει την λειτουργία του dimmer είναι προγραμματισμένος σε γλώσσα assembly κάτι το οποίο τον κάνει συμβατό με τα περισσότερα τηλεχειριστήρια της αγοράς. Οπότε συνοπτικά οι στόχοι για την κατασκευή αυτής της εργασίας είναι οι παρακάτω:

1. Λειτουργία υπό την συχνότητα δικτύου των 50Hz ή 60Hz.
2. Λειτουργία υπό την τάση δικτύου των 117 VAC ή 230 VAC.
3. Εύκολη στη χρήση ασύρματη λειτουργία με ένα μόνο κουμπί.
4. Κατάλληλο για έλεγχο του επιπέδου της φωτεινότητας κάθε λάμπας πυρακτώσεως και λάμπας αλογόνου καθώς επίσης και για το επίπεδο θερμότητας μικρών ηλεκτρικών φούρνων ή άλλων παρόμοιων πηγών θερμότητας.
5. Δυνατότητα να «μαθαίνει» μέχρι οχτώ κωδικούς ελέγχου από ένα απλό τηλεχειριστήριο.

3.3 Υλοποίηση και κατασκευή της εφαρμογής

Η υλοποίηση της εφαρμογής έγινε με γνώμονα την ασφάλεια του χρήστη (η πλακέτα συνδέεται απευθείας στην οικιακή γραμμή ρεύματος), την πρακτικότητα της για λόγους επίδειξης και όχι τόσο οικιακής χρήσης (γι' αυτό και η χρήση μιας απλής, παλιάς λάμπας πυρακτώσεως και όχι κάποιο άλλο φορτίο) και τέλος το μέγεθος της πλακέτας έτσι ώστε να είναι πρακτική και αδιάκριτη στην μετέπειτα χρήση της σε όλους τους χώρους. Το PCB υλοποιήθηκε με τις πλέον κοινές μεθόδους που αναφέρονται σε προηγούμενη ενότητα και μπορούν να βρεθούν διαδικτυακά με πληθώρα εναλλαγών. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι εύκολο να βρεθούν στην ελληνική αγορά με εξαίρεση τον μικροελεγκτή PIC12F675 όπου θα κατά πάσα πιθανότητα θα πρέπει να το προμηθευτείτε από το εξωτερικό. Παρακάτω αναγράφεται η λίστα με τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν όπως ακριβώς φαίνονται στο σχηματικό του κυκλώματος, καθώς επίσης και το τυπωμένο σχέδιο χαλκού του PCB (η κάτω όψη).

Αντιστάσεις

R1 = 120Ω 5%, 5W

R2 = 120Ω 5%, 0.25W, 250V

R3,R4,R7,R8 = 470kΩ 5%, 0.25W, 250V

R5 = 100Ω 5%, 1W, 350V

R6 = 100Ω 5%, 0.25W, 250V

R9 = 39kΩ 5%, 0.25W, 250V

R10 = 10Ω 5%, 0.25W, 250V

Πυκνωτές

C1 = 100nF 20%, 1000V, X1 class, 15mm

C2 = 470nF 20%, 275 VAC, X2 class, 22.5mm

C3 = 470μF 20%, 50V, diameter 13mm, 5mm

C4,C6,C8 = 100nF 10%, 50V, κεραμικοί X7R, 0.2" (5.08mm) mm

C5 = 10μF 20%, 50V, diameter 5mm, 2 mm

C7 = 47μF 20%, 50V, diameter 6.3mm, 0.1" (2.54 mm)

C9 = 100pF 5%, 100V, κεραμικός C0G/NP0, 0.2" (5.08mm)

Πηνία

L1 = 100μH 10%, 7.8A, R(DC) = 0.04Ω, Murata Power Solutions 1410478C

Ημιαγωγοί

D1 = 1N4734A, 5V6 δίοδος zener, 1W

D2,D3 = 1N4007, 1000V, 1A

TRI1 = BTB16-600SWRG

IC1 = PIC12F675, προγραμματισμένο

IC2 = TSOP4838 δέκτης IR

Λοιπά υλικά

K1-K4 = (6.35mm) τερματικά βιδωτά με παξιμάδι, οπή 3.3mm

S1,S2 = απτικοί διακόπτες (buttons) 6x6 mm,

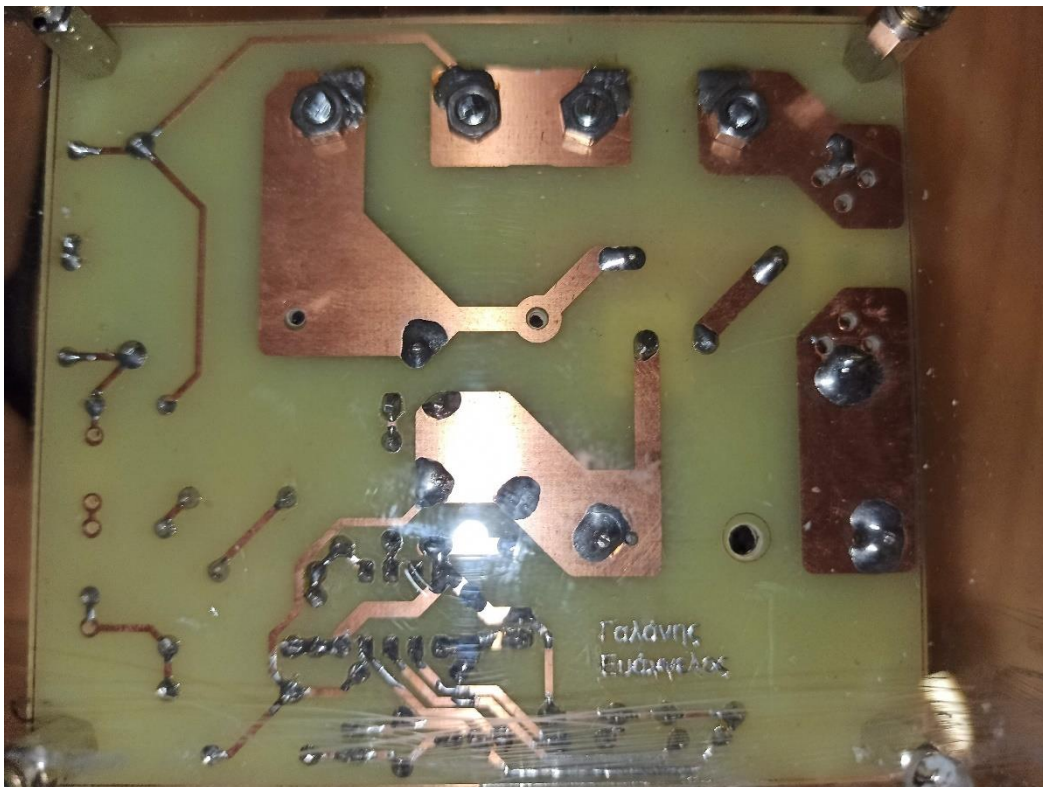
HS1 = ψύκτρα τύπου Fischer SK, PCB mount, 6.5 °C/W. Για μέγιστη ισχύ 1250 watts.

F1 = βάση ασφάλειας, 20x5 mm, 500V, 10A

F1 = 5A ασφάλεια, slow-blow, (T), 5x20mm

Φορτίο αντίστασης της επιλογής σα έως 1000 watts μέγιστη ισχύ.

Μονωτική βάση ασφαλείας κατά προτίμηση πλαστική

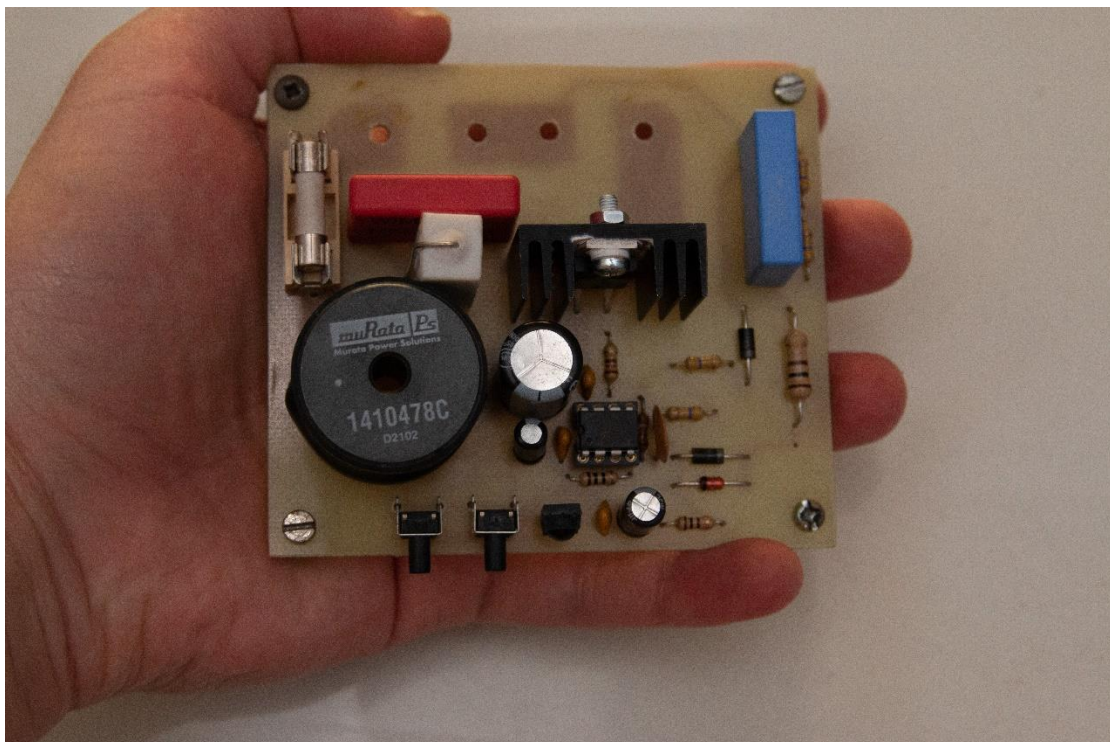


Εικόνα 50: Το PCB της συσκευής

Μετά την συγκόλληση των εξαρτημάτων η πλακέτα είχε μέγεθος μικρότερο από την παλάμη του μέσου ενήλικα οπότε είχε φέρει εις πέρας την μία προσδοκία της, δηλαδή αυτή του διακριτικού μεγέθους. Μετά από την συγκόλληση και τον περιορισμό του μεγέθους που γίνανε με επιτυχία, σειρά είχε η ασφάλεια κατά την χρήση. Γι' αυτό κατασκευάστηκε ένα ειδικό για τα μέτρα της εφαρμογής, πλαστικό κουτί το οποίο θα περικλείει τόσο την ίδια την πλακέτα όσο και τα επιμέρους κομμάτια της κατασκευής.

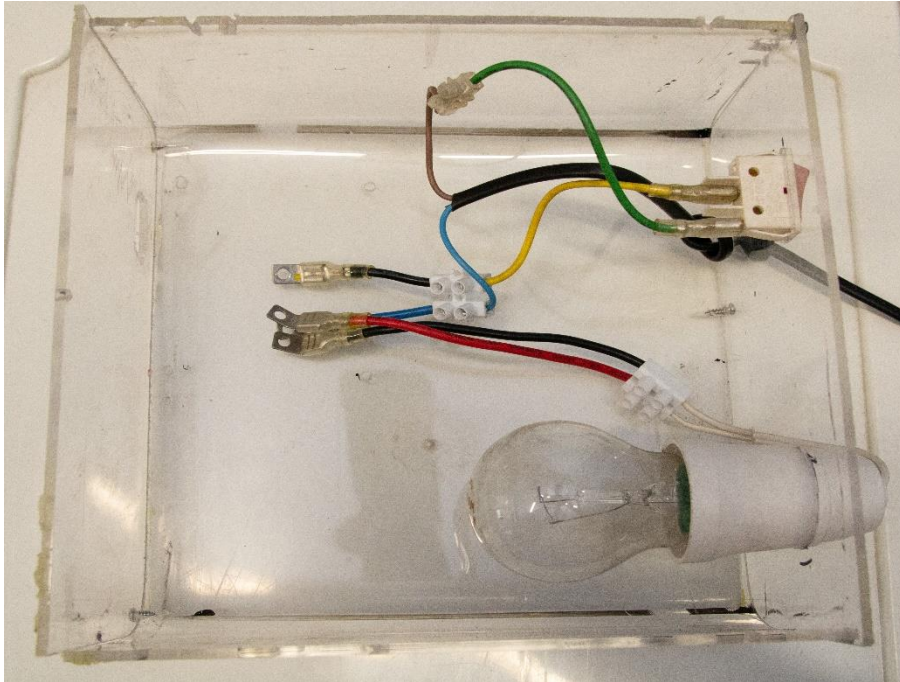
Πάνω σε αυτό το κουτί, το πρώτο πράγμα που έγινε ήταν να συνδεθούν οι τερματικοί K1 έως K4 πάνω στην τροφοδοσία και πάνω στην λάμπα πυρακτώσεως αντίστοιχα, έτσι ώστε να συνδεθούν στην πλακέτα με το που τοποθετηθεί στην προκαθορισμένη θέση της μέσα στο κουτί. Στη συνέχεια ανοίχτηκαν οπές πάνω στα τοιχώματα του κουτιού για τον αντάπτορα (ντουί) της λάμπας και για τα buttons που θα πρέπει να πατηθούν χωρίς να αγγίζουμε την πλακέτα. Όσον αφορά την τροφοδοσία, δεν ανοίχτηκε οπή για τη υποδοχή (σούκο) της πρίζας αλλά ανοίχτηκε οπή για να τοποθετηθεί ένας διακόπτης ασφαλείας ο οποίος είναι προαιρετικός αλλά εξασφαλίζει τον παράγοντα της ασφαλείας που θέσαμε σαν γνώμονα προηγουμένως τόσο για την ευκολία του χρήστη όσο και για την προστασία της συσκευής. Παρακάτω φαίνονται στις εικόνες τα βήματα κατασκευής και τοποθέτησης της πλακέτας αφού συγκολλήθηκαν τα υλικά πάνω της.

Βήμα 1^ο : Κατασκευή του PCB και συγκόλληση υλικών (οι τέσσερις κενές θέσεις στο πάνω μέρος είναι για την τοποθέτηση των τεσσάρων τερματικών).



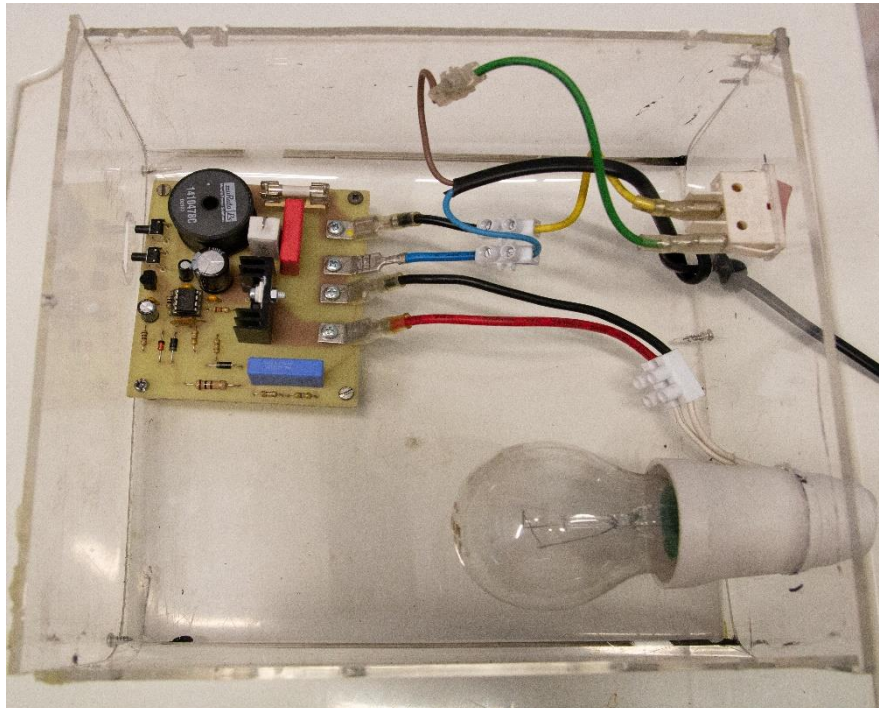
Εικόνα 51: Ενδεικτικά το μέγεθος της πλακέτας

Βήμα 2^ο : Κατασκευή μονωτικού, προστατευτικού, πλαστικού κουτιού και άνοιγμα οπών για τα επιμέρους κομμάτια της κατασκευής. Τοποθέτηση των τεσσάρων τερματικών.



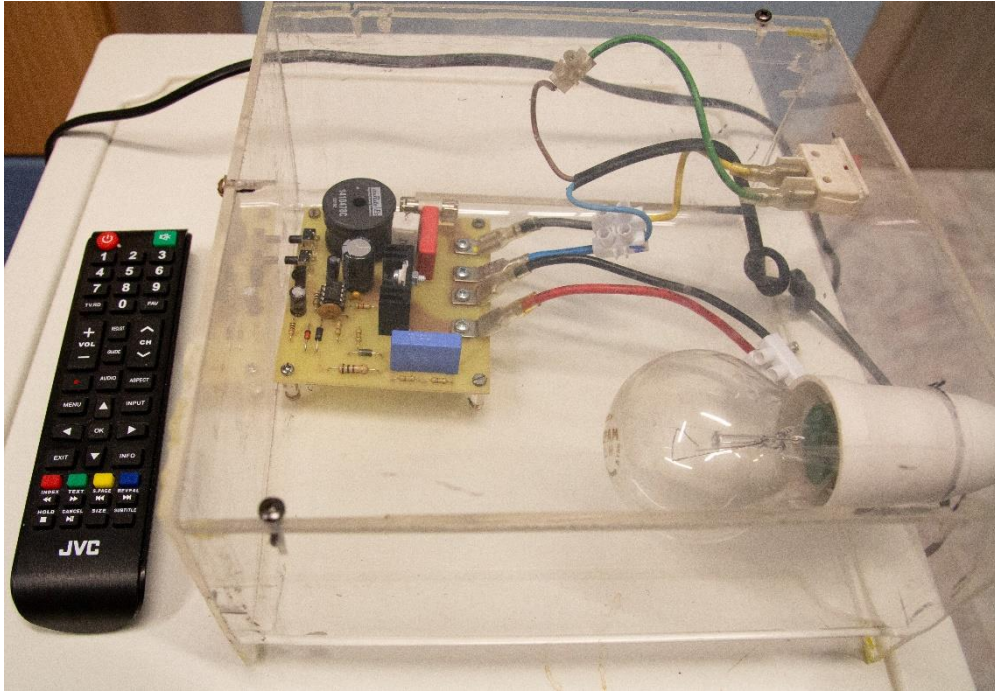
Εικόνα 52: Προστατευτικό κουτί με τα επιμέρους κομμάτια

Βήμα 3^ο : Τοποθέτηση πλακέτας και σύνδεση των τεσσάρων τερματικών στα σημεία K1-K4 πάνω στην πλακέτα.



Εικόνα 53: Τοποθέτηση και σύνδεση πλακέτας

Στο τελικό στάδιο προστέθηκε το καπάκι του κουτιού και το τηλεχειριστήριο υπέρυθρων. Δοκιμάστηκαν διάφοροι τύποι συμβατικών τηλεχειριστηρίων με το πρωτόκολλο RC5 στον πομπό τους, όπως αυτά της LG, Phillips, Toshiba κ.α. και δεν αλλάζει κάτι στον τρόπο λειτουργίας τους αρκεί να έχουν οκτώ τουλάχιστον αριθμημένα πλήκτρα για την αποθήκευση των κωδικών που θα αναφερθούν παρακάτω. Στο τέλος επιλέχθηκε ένα τηλεχειριστήριο της JVC που μπορούμε να το προμηθευτούμε σε οικονομική τιμή σε πολλά σημεία της αγοράς.



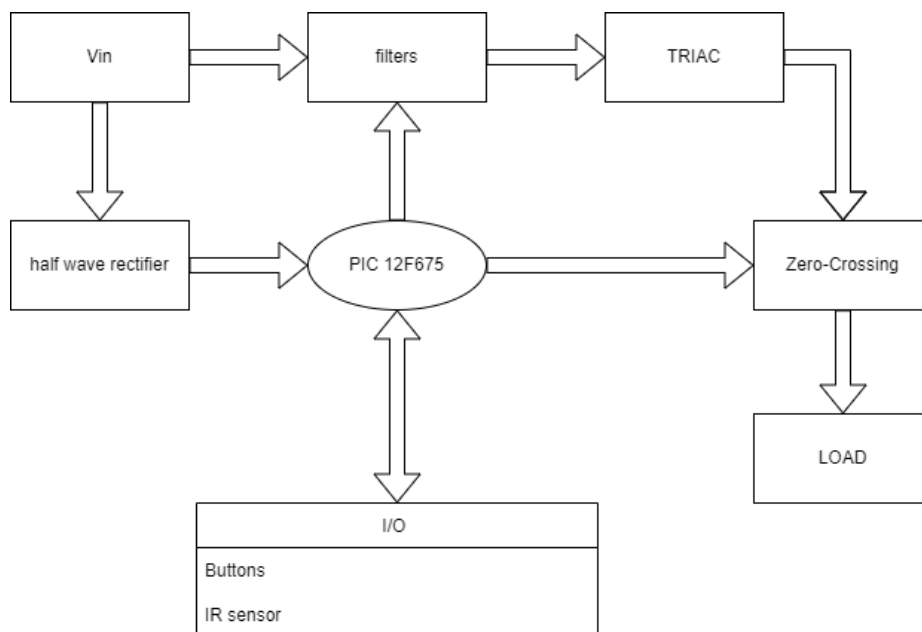
Εικόνα 54: Η τελική μορφή της συσκευής

3.4 Το μπλοκ διάγραμμα της κατασκευής

Η λειτουργία του κυκλώματος, όπως φαίνεται εκ πρώτης όψεως, αποτελείται από δύο κύριους συντελεστές, το triac και τον μικροελεγκτή. Παρότι αυτό είναι αληθές, δεν παύει να ισχύει το γεγονός ότι υπάρχει ένα σημαντικός αριθμός πρόσθετων κομματιών που συνεργάζονται μεταξύ τους και βοηθούν στην καλύτερη και αποδοτικότερη λειτουργία του κυκλώματος. Στην παρακάτω εικόνα όπως θα δούμε υπάρχει το μπλοκ διάγραμμα του κυκλώματος της κατασκευής και η γενικότερη συνεργατική λειτουργία και αλληλουχία που υπάρχει μεταξύ των συντελεστών του κυκλώματος.

Όπως θα δούμε όλα ξεκινάνε από την τάση του κυκλώματος V_{in} που εισέρχεται στο κύκλωμα. Θα παρατηρήσετε πως σε καμία περίπτωση δεν εφαρμόζεται απευθείας ούτε στο triac αλλά ούτε στον μικροελεγκτή PIC12F675 διότι αυτό θα ήταν καταστροφικό. Αντιθέτως χρησιμοποιούνται ειδικά φίλτρα προτού εισέλθει το ρεύμα στο triac, τα οποία στην προκειμένη περίπτωση έχουν την μορφή της ασφάλειας του κυκλώματος σε σειρά με το πηνίο μας και το δίκτυο snubber σε παραλληλία με το triac, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η πλειοψηφία των διακυμάνσεων που θα μπορούσαμε να έχουμε. Αντίστοιχα στον μικροελεγκτή μας, λόγω του ότι έχει τάση εισόδου μόλις 5 Volt χρησιμοποιούμε

αρχικά μια δίοδο ως ανορθωτή μισού κύματος και καθαρίζουμε το ρεύμα από επιπλέον ripples με τη χρήση πυκνωτών. Άρα στο μπλοκ διάγραμμα έχουμε το τετράγωνο με τον ανορθωτή μισού κύματος και το τετράγωνο με τα φίλτρα αντίστοιχα, και τα δύο ακριβώς πριν το triac και τον μικροελεγκτή. Συνεχίζοντας βλέπουμε πως ο μικροελεγκτής, όπως και κάθε μικροελεγκτής ή μικροεπεξεργαστής έχει άμεση επικοινωνία με τα I/O μέρη του που στην προκειμένη περίπτωση είναι ο δέκτης υπερύθρων TSOP4838 και τα button του control και του program που εκτελούν τις λειτουργίες του dimmer και του προγραμματισμού του μικροελεγκτή με το τηλεχειριστήριο. Να σημειωθεί ότι υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης των I/O συσκευών που θα συνεργάζονται με τον μικροελεγκτή αλλά σε κάθε περίπτωση θα μπαίνανε πάλι στο ίδιο τετράγωνο με τα υπάρχοντα. Έπειτα βλέπουμε τόσο τον μικροελεγκτή όσο και το triac να καταλήγουν στο φορτίο (είτε είναι φωτισμός είτε θέρμανση) αλλά προτού καταλήξουν υπάρχει το τετράγωνο του zero-crossing. Το zero-crossing είναι αυτό που θα «ενημερώσει» πρωτίστως τον μικροελεγκτή, σχετικά με το ποιο είναι το σημείο μηδέν πάνω στην κυματομορφή της εξόδου είτε αυτή έχει αποκοπεί ως αποτέλεσμα της λειτουργίας του triac είτε όχι. Με αυτό τον τρόπο καταφέρνει να συντονίσει όλο το κύκλωμα για την ορθότερη λειτουργία του.



Εικόνα 55: Το μπλοκ διάγραμμα της συσκευής

3.5 Η αποδόμηση της τροφοδοσίας του κυκλώματος

Όσον αφορά το κομμάτι της τροφοδοσίας του κυκλώματος, υπήρχαν διάφορες παραλλαγές και προφανώς τα αντίστοιχα ελαττώματα σε αυτές οπότε έπρεπε να πειραματιστώ με τις εναλλακτικές λύσεις για να προκύψει το τελικό κύκλωμα. Κάποιες από τις παραλλαγές είχαν τους εξής συλλογισμούς: θα μπορούσαμε να έχουμε ένα κύκλωμα με τάση $V_{cc} = 5 \text{ volt}$ και $I_{φορτίου} = 4 \text{ mA}$ περίπου, το οποίο θα το πάρουμε από την οικιακή γραμμή ρεύματος των 230 VAC με αποδεκτά χαμηλή παρεμβολή αλλά δυστυχώς λόγω μεγάλου κόστους και περιορισμού χώρου, αποκλείεται η επιλογή του να βάλουμε έναν αποκλειστικό μετασχηματιστή ρεύματος με τον συνοδευτικό του ανορθωτή και τους κατάλληλους

Οπότε καταλήγουμε στην περίπτωση όπου θα συνδέσουμε ένα συνδυασμό αντίστασης (R), χωρητικότητας (C) και μια συσκευή αποκοπής της κυματομορφής του δικτύου δηλαδή έναν ανορθωτή μισού κύματος, που θα υλοποιηθεί με μια δίοδο. Στο σημείο του σχηματικού της παραπάνω εικόνας, όπου συναντάμε τον συνδυασμό των R5-C2-D2 (στην συχνότητα των 50 Hz και 8 mA ρεύμα), ο πυκνωτής C2 με τιμή 0,47 μ F που χρησιμοποιείται είναι επαρκής για την αξιόπιστη τροφοδοσία του κυκλώματος ελέγχου του triac, λαμβάνοντας επίσης υπόψη ότι ο σκανδαλισμός του διαρκεί μόνο κάποια microseconds. Εκτός από τον πολύ σημαντικό πυκνωτή C2 που παίρνει μέρος στη διαδικασία υποβιβασμού τάσης, το κύκλωμα τροφοδοσίας περιλαμβάνει τα R3+R4, D2, D1, C4 και C3 των οποίων η λειτουργία είναι σχετικά απλή. Η επαγωγική αντίσταση X_L του C2 μαζί με την αντίσταση της R5 και την ανόρθωση της διόδου D2 περιορίζει αποτελεσματικά το ρεύμα που εφαρμόζεται στη δίοδο zener D1. Ο πυκνωτής C3 αφαιρεί τις περισσότερες από τις διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου, και τέλος ο C4 καταστέλλει τυχόν υψηλές συχνότητες και θόρυβο. Οι τάσεις της γραμμής AC και η συσκευή που αποτελεί το φορτίο μας είναι συνδεδεμένες στα βύσματα K1-K2 και K3-K4 αντίστοιχα. Η τάση δικτύου προστατεύεται με μία ασφάλεια F1 των 5 amp (115 V, 10 amp) και οποιοσδήποτε άλλος θόρυβος προκύψει λόγω του triac καταστέλλεται από το πηνίο L1

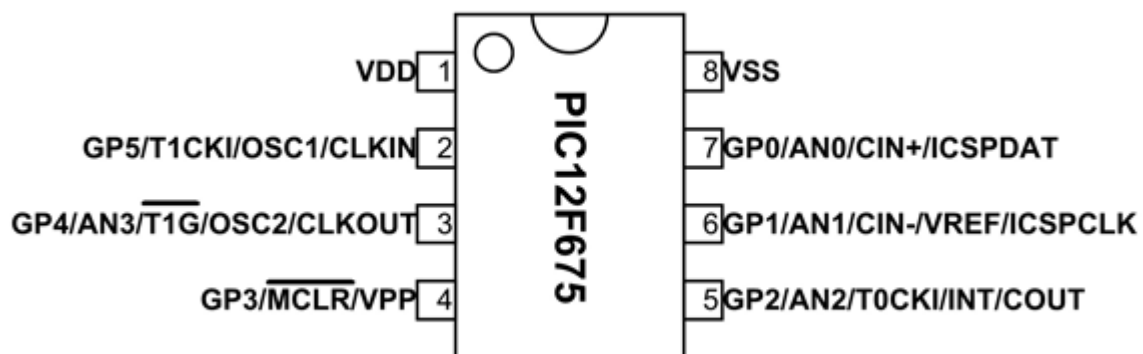
3.6 Ο μικροελεγκτής PIC12F675

Ο μικροελεγκτής PIC12F675 είναι ο «εγκέφαλος» της πλακέτας μας διότι χειρίζεται τον έλεγχο του triac και τις συχνότητες των παλμών του. Πρόκειται για έναν πολύ χρήσιμο μικροελεγκτή που αποτελεί ιδανική και αρκετά φθηνή επιλογή για εκπαιδευτικού τύπου εφαρμογές όπως αυτή. Ωστόσο δεν υπάρχουν πολλά που μπορούμε να αναλύσουμε για αυτόν διότι όντας μικροελεγκτής είναι πολύ περιορισμένες οι μεταβλητές που επιτρέπει να επεξεργαστούν. Πρακτικά είναι ένας μικροελεγκτής που γύρω από τον οποίο «χτίστηκε» η εφαρμογή μας.

Ο PIC12F675 είναι μια συσκευή 8 ακίδων κατασκευασμένο από την MICROCHIP TECHNOLOGY, και κάποιες από τις ακίδες μπορούν να εκτελέσουν πολλαπλές λειτουργίες όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα ακίδων. Η περιγραφή για καθεμία από αυτές τις λειτουργίες δίνεται παρακάτω.

Ακίδα	Λειτουργία	Περιγραφή
1	VDD	Θετική Τροφοδοσία
2	GP5/T1CKI/OSC1/CLKIN	GP5: Ακροδέκτης I/O γενικής χρήσης 5 T1CKI: Είσοδος εξωτερικού ρολογιού Timer1 OSC1: Ακίδα ταλαντωτή 1 CLKI: Είσοδος πηγής εξωτερικού ρολογιού
3	GP4/ AN3/ T1G/OSC2/CLKOUT	GP4: Ακροδέκτης I/O γενικής χρήσης 4 AN3: Αναλογική είσοδος 3 T1G: Πύλη Timer1 OSC2: Ακίδα ταλαντωτή 2 CLKO: Έξοδος πηγής ρολογιού
4	GP3/MCLR/VPP	GP3: Ακροδέκτης I/O γενικής χρήσης 3 MCLR: Master Clear Input ή Ακίδα επανεκκίνησης VPP: Τάση προγραμματισμού
5	GP2/AN2 /T0CKI/INT/COUΤ	GP2: Ακίδα I/O γενικής χρήσης 2 AN2: Αναλογική είσοδος 2 T0CKI: Είσοδος χρονοδιακόπτη 0 INT: Εξωτερική διακοπή COUT: Έξοδος σύγκρισης
6	GP1/AN1/CIN-/VREF/ICSPCLK	GP1: Ακροδέκτης I/O γενικής χρήσης 1 AN1: Αναλογική είσοδος 1 CIN-: Είσοδος σύγκρισης VREF: Εξωτερική αναφορά τάσης ICSPCLK: Ρολόι σειριακού προγραμματισμού
7	GP0/AN0/CIN+/ICSPDAT	GP: Ακίδα γενικής χρήσης I/O AN0: Αναλογική είσοδος 0 CIN+: Είσοδος σύγκρισης ICSPDAT: Σειριακά δεδομένα προγραμματισμού I/O
8	VSS	Γείωση

Πίνακας 1: Ακίδες του PIC12F675



Εικόνα 57: Διάγραμμα του PIC12F675

Ο PIC12F675 είναι ένας μικροελεγκτής σχεδιασμένος για εφαρμογές και συστήματα χαμηλών απαιτήσεων και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη προηγμένων εφαρμογών. Είναι καλό για εκμάθηση και πειραματισμό από μηχανικούς επειδή έχει υψηλή συχνότητα επανεγγραφής μνήμης flash μεγέθους 2 KBytes, η οποία είναι αρκετή για αρχάριους μηχανικούς και προγραμματιστές έτσι ώστε να αναπτύξουν βασικά προγράμματα. Επίσης, οι 6 ακίδες GPIO έχουν σχεδιαστεί για χειρισμό μέγιστου ρεύματος 25 mA που πληροί το όριο πολλών περιφερειακών συσκευών και αισθητήρων.

3.6.1 Χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή

Ο PIC12F675 κατέχει πλήθος χρήσιμων χαρακτηριστικών που βοηθούν τόσο στην πολυπλοκότητα των εφαρμογών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όσο και στον αριθμό αυτών. Μερικά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, φαίνονται παρακάτω:

- Υψηλής απόδοσης RISC CPU:
 - Ταχύτητα λειτουργίας:
 - DC Είσοδος ταλαντωτή/ρολόι 20 MHz
 - DC Κύκλος εντολών 200 ns
 - Δυνατότητα interrupt με λειτουργίες άμεσης, έμμεσης και σχετικής διεύθυνσης
- Ειδικά χαρακτηριστικά μικροελεγκτή:
 - Επιλογές εσωτερικού και εξωτερικού ταλαντωτή
 - Εσωτερικός ταλαντωτής ακριβείας 4 MHz, βαθμονομημένος στο $\pm 1\%$
 - Υποστήριξη εξωτερικού ταλαντωτή για κρυστάλλους και συντονιστές
 - 5 μ s αφύπνιση από την λειτουργία sleep (στα 3V)
 - Λειτουργία αναμονής για εξοικονόμησης ενέργειας
 - Μεγάλο εύρος τάσης λειτουργίας από 2,0V έως 5,5V
 - Βιομηχανικό και εκτεταμένο εύρος θερμοκρασίας
 - Επαναφορά ενεργοποίησης χαμηλής κατανάλωσης (POR)
 - Χρονοδιακόπτης ενεργοποίησης (PWRT) και Χρονοδιακόπτης εκκίνησης ταλαντωτή (OST)
 - Watchdog Timer (WDT) με ανεξάρτητο ταλαντωτή για αξιόπιστη λειτουργία
 - Προγραμματιζόμενος Κώδικας Προστασίας
 - Διατήρηση EEPROM Flash/Data: > 40 έτη

- Χαρακτηριστικά χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας:

Ρεύμα αναμονής:

1 nA στα 2V

Λειτουργικό ρεύμα:

8,5 μ A στα 32 kHz, 2V

100 μ A στα 1 MHz, 2V

Ρεύμα ταλαντωτή χρονοδιακόπτη 1:

4 μ A στα 32 kHz, 2V

- Περιφερειακά χαρακτηριστικά:

6 ακίδες I/O με IDC (Individual Direction Control)

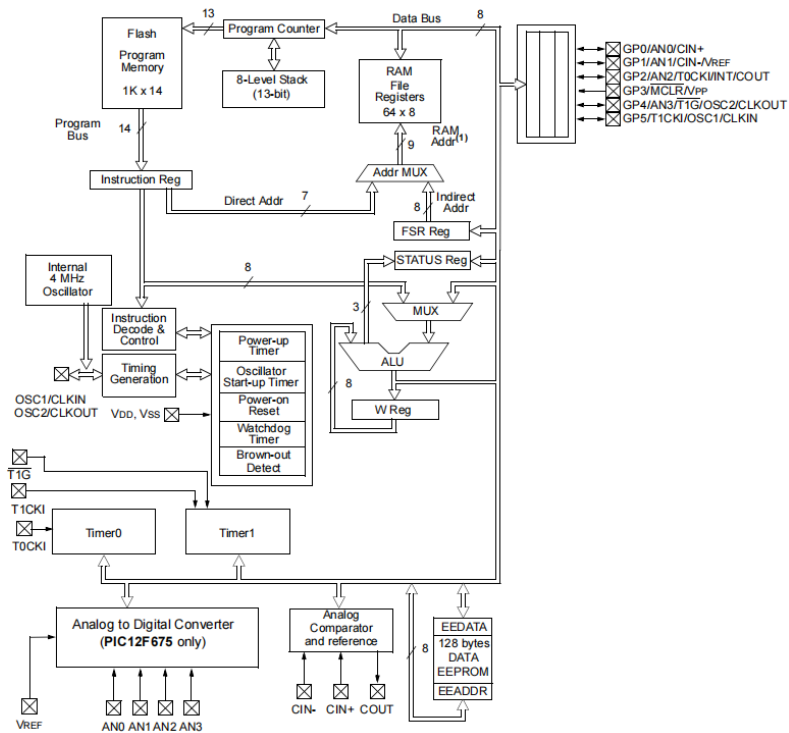
Μονάδα μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό (PIC12F675):

Ανάλυση 10 bit

Προγραμματιζόμενη είσοδος 4 ή 8 καναλιών

Είσοδος αναφοράς τάσης

Timer0: 8-Bit Timer/Counter με 8-Bit



Εικόνα 58: Αρχιτεκτονική του PIC12F675

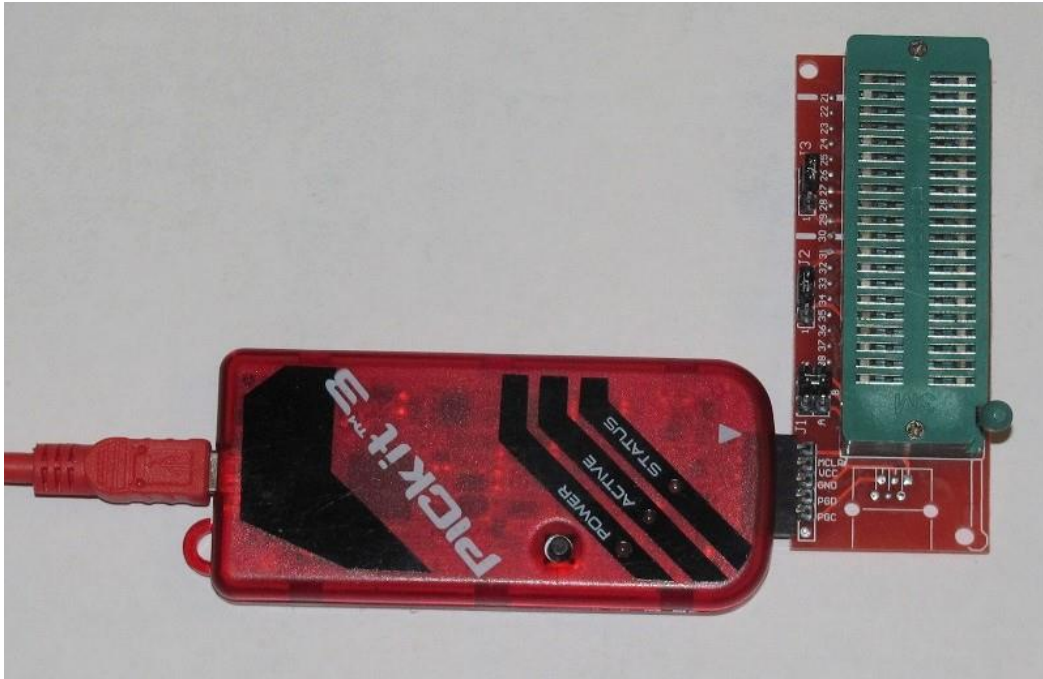

```

;
; AUTHOR: GALANIS EVANGELOS
;
; REVISION: 1.0
; DATE: ABRIL 13, 2022
;
;=====
;
LIST F=12F675
#include <P12F675.INC> ;ΟΠΙΟΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ
ERRORLEVEL -302 ;ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ "NOT IN BANK 0"
__CONFIG _CP_OFF & _MCLR_OFF & _WDT_OFF & _INTRC_OSC_NOCLKOUT & _BODEN_OFF & _PWRTE_ON
; I/O DEFINITIONS
#define NCL GPIO, 0 ;
#define FIRE_TRIAC GPIO, 1 ;
#define Z_C_DI GPIO, 2 ;
#define IR_SIGN GPIO, 3 ;
#define DIM_BUT GPIO, 4 ;
#define REC_SW GPIO, 5 ;
;-----
MASK_IO EQU B'00111110'
;-----
; CONSTANTS
; MAXDIM ;ΕΙΝΑΙ ΜΕΤΑΒΗΤΟ ΚΑΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΙ
#define MAXBRT 0XFC ;FUNCTION ME 0XF1
#define STEP .25 ; INC OR DEC TIME_ON
#define DELAY_CHK BUTT .3
#define FIRE_NUMB .3 ;TRIAС FIRE TIMES
#define INICIAR 0XFB ;MAXBRT
#define TIME_PUSH .45 ;TIME TO HOLD DOWN
;HOLD DOWN TIME TOY SW GIA SINEKOMENO INC OR DEC
#define IR_TIMEOUT .13 ;GIA KASE MONAAA AYXHEH 50 mS ΠΕΡΙΠΟΥ
;O XPONOS ANAMONHE
#define REC_CODE_WAIT .60
;-----
; FLAGS
#define STOP FLAGS, 0 ;STOP TOY ΕΛΕΓΧΟΥ #ΣΤΕΙΝΟΘΗΤΑΙ
#define BUSY FLAGS, 1 ;ΕΜΒΕΙΗ ΓΙΑ STOP TOY INC OR DEC
#define SENTIDO FLAGS, 2 ;ΣΕΤΑΡΙΣΜΑ TOY INC GIA BRIGHTNESS
#define CODE_OK FLAGS, 3
#define CHECK_LINE FLAGS, 4
#define RCV_AGAIN FLAGS, 5
#define CICLO_NEG FLAGS, 6 ;TRIGGER TRIAC
#define IR_ON FLAGS, 7 ;ΠΥΘΜΙΕH ΟΤΑΝ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΕΦΚΥΡΟΣ ΚΩΔΙΚΟE
;*****
; VARIABLES
CBLOCK 0X020
MAXDIM
CICLO_H
CICLO_L
TEMP_A_H
TEMP_A_L
TEMP_B_L
TEMP_B_H
FLAGS
CHK BUTT
FIRE_TIMES

```

Εικόνα 60: Η διαδικασία ανάπτυξης του κώδικα

Στη συνέχεια και αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της δημιουργίας του αρχείου κώδικα του μικροελεγκτή (HEX file), το αρχείο φορτώθηκε στον μικροελεγκτή με τη βοήθεια του PICKit3. Το εν λόγω kit είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο προγραμματισμού μικροελεγκτών, εντοπισμού σφαλμάτων (debugging) και προγραμματισμού των EEPROM των μικροελεγκτών. Το σύστημα debugging εκτελεί τον εκάστοτε κώδικα σαν μια πραγματική συσκευή, διότι αντί να χρησιμοποιεί ένα ειδικό τσιπ εντοπισμού σφαλμάτων για εξομοίωση, χρησιμοποιεί μια συσκευή με ενσωματωμένο κύκλωμα εξομοίωσης. Με λίγα λόγια είναι ένας In-Circuit Programmer/Debugger από την Microchip που δεν χρειάζεται εξωτερικό hardware ή επιπλέον θύρες για να λειτουργήσει. Το κύριο πλεονέκτημα του PICKit3 είναι ότι μπορεί να συνδεθεί στη θύρα ICSP (In Circuit Serial Programming) της πλακέτας χωρίς πρόσθετες θύρες και αυτό βοηθάει σε τέτοιου είδους απλές πειραματικές εφαρμογές μειώνοντας την πολυπλοκότητα αλλά και το κόστος που θα χρειαζόταν άλλοι ισχυρότεροι προγραμματιστές μικροελεγκτών. Όλες οι διαθέσιμες λειτουργίες μιας δεδομένης συσκευής είναι προσβάσιμες και μπορούν να ρυθμιστούν και να τροποποιηθούν από το MPLAB IDE.



Εικόνα 61: Το PICKit 3

Για να καταλάβουμε καλύτερα την κύρια λειτουργία του μικροελεγκτή, θα χρειαστεί να εξετάσουμε συνδυαστικά το μπλοκ διάγραμμα της λειτουργίας του και ταυτόχρονα μερικές από τις γραμμές του κώδικα που αποτελούν βασικά σημεία του.

Οπότε ξεκινώντας από το διάγραμμα ροής ως βάση για την καλύτερη επεξήγηση, παρατηρούμε δύο «ροές» από μπλοκς όπου στην αριστερή έχουμε την βασική λειτουργία του μικροελεγκτή, αφού τροφοδοτήσουμε το κύκλωμα και το `triac`, και στην δεξιά έχουμε την διαδικασία των `interrupts` όπου γίνονται οι χειρισμοί των `timers` και των διακοπών. Άρα σε πρώτο στάδιο βλέπουμε στην αριστερή πλευρά το πρόγραμμα του μικροελεγκτή να ξεκινάει και να υπολογίζει την συχνότητα μισού κύματος χρησιμοποιώντας τον `timer1` (`TMR1`) για να υπολογίσει την γωνία έναυσης που θα αρχίσει να άγει το `triac`. Στη συνέχεια ενεργοποιεί τα `interrupts` για να κάνει τους πρώτους βασικούς ελέγχους που απαιτούνται στην έναρξη του προγράμματος, τους οποίους θα αναλύσουμε παρακάτω. Έπειτα ελέγχει αν η λειτουργία που πρόκειται να ακολουθήσει είναι η «κανονική» λειτουργία, δηλαδή με το `button S1` ή αν πρόκειται για την τηλεχειριζόμενη λειτουργία, δηλαδή με το πάτημα του `button S2`, όπου θα χρειαστεί να ετοιμαστεί η αντίστοιχη ρουτίνα που απαιτείται. Αν βρισκόμαστε στην λειτουργία με το `button S1` τότε το πρόγραμμα απλά περιμένει να πατηθεί το `button S1`, ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιεί διαρκώς τον έλεγχο σε περίπτωση που θελήσουμε να χρησιμοποιήσουμε το τηλεχειριστήριο. Αν είμαστε στη λειτουργία του τηλεχειριστηρίου τότε το πρόγραμμα ετοιμάζει την διαδικασία ενεργοποίησης της μνήμης `EEPROM` που υπάρχει στον μικροελεγκτή, χωρίς κανέναν κωδικό για πρώτη φάση (`CODES = 0`), προκειμένου να αποθηκεύσει τους κωδικούς του τηλεχειριστηρίου που θα λάβει στη συνέχεια από τον χρήστη. Κατά τη διάρκεια λήψης των κωδικών το πρόγραμμα ενεργοποιεί την λάμπα(φορτίο) και την κάνει να αναβοσβήσει μια φορά μετά από την αποθήκευση κάθε κωδικού, ως ένδειξη ότι τον δέχτηκε και τον αποθήκευσε επιτυχώς. Κατόπιν πραγματοποιεί έναν ακόμα έλεγχο στον οποίο ελέγχει τον αριθμό των κωδικών που έχουν αποθηκευτεί. Αυτός ο έλεγχος είναι απαραίτητος διότι η διαδικασία αποθήκευσης των κωδικών, οι οποίοι είναι 8, ολοκληρώνεται μόλις αποθηκευτούν

και οι 8 κωδικοί. Όταν ολοκληρωθεί και η αποθήκευση, το πρόγραμμα ανάβει την λάμπα και την κρατάει αναμμένη ως ένδειξη ότι είναι έτοιμο για χρήση. Στο τέλος επιστρέφει στην αρχική κατάσταση αναμονής για να περιμένει κάθε επόμενο input του χρήστη. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το απόκομμα του κώδικα που δείχνει την main routine της διαδικασίας και συγκεκριμένα το κομμάτι αποθήκευσης των κωδικών αφού μόλις έχει ενεργοποιηθεί η IR λειτουργία (η τηλεχειριζόμενη λειτουργία υπέρυθρων).

```

REC_CODE      CALL    LAMP_OFF
                CALL    DELAY
                CALL    LAMP_ON
                CALL    DELAY
                CALL    LAMP_OFF
                CALL    DELAY
                CALL    LAMP_ON
                CALL    DELAY
                CALL    LAMP_OFF
                BCF     IR_ON                ;ANENERGH ΕΞΟΔΟΣ
                CLRF   ADDRS
                MOVLW  0X08                ;8 ΚΑΝΑΛΙΑ(ΚΩΔΙΚΟΙ)
                MOVWF  GRUPO
PR0            MOVLW  DATAREG
                MOVWF  FSR
PR1            BTFSC  IR_SIGN
                GOTO   PR1
                CLRF  TMR0
                CALL  GET_PULSE
                CALL  GET_PULSE
PR2            INCF   FSR
                MOVLW (DATAREG + 0X10)
                SUBWF FSR,W
                BTFSS STATUS,Z
                GOTO  PR2
                MOVLW DATAREG
                MOVWF FSR
PR2A          MOVF   INDF,W
                CALL  WRITE
                INCF  ADDRS
                INCF  FSR
                MOVLW (DATAREG + 0X10)
                SUBWF FSR,W
                BTFSS STATUS,Z
                GOTO  PR2A
                CALL  DELAY
                CALL  LAMP_ON
                CALL  DELAY
                CALL  LAMP_OFF
                CALL  END_IR
                DECFSZ GRUPO
                GOTO  PR0                ;PROGRAM NEXT CHANEL
                CALL  LAMP_ON
                GOTO  RUN

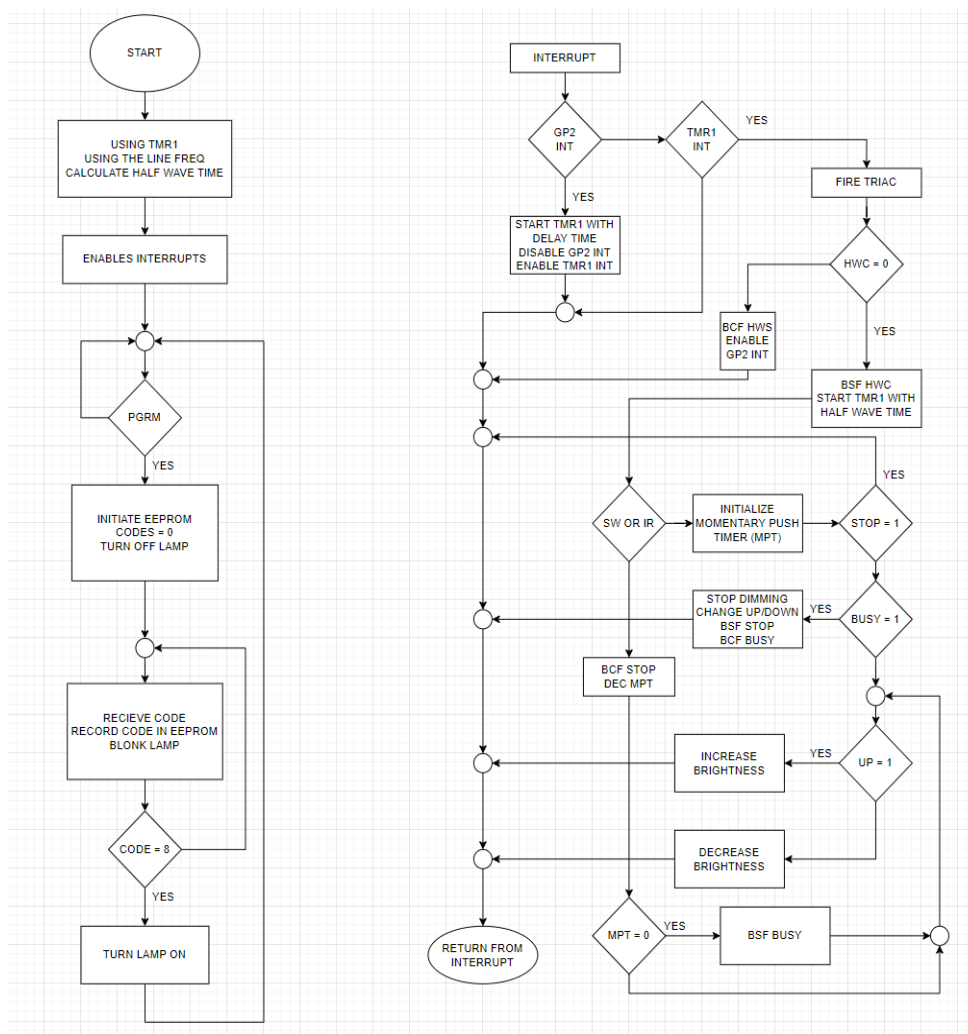
```

Εικόνα 62: Η διαδικασία αποθήκευσης των 8 κωδικών

Συνεχίζοντας βλέπουμε στη δεξιά πλευρά την ροή των μπλοκς που αφορούν τα interrupts. Αν παρατηρήσουμε στην ροή της αριστερής πλευράς θα δούμε ότι τα interrupts συμβαίνουν σε κάθε περίπτωση πριν πατήσουμε οποιοδήποτε κουμπί και πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε διαδικασία, που σημαίνει ότι τα interrupts είναι μια διαδικασία που εκτελείται και επαναλαμβάνεται μέσα στο πρόγραμμα.

Όπως βλέπουμε το πρόγραμμα ξεκινάει το interrupt κάνοντας δύο ελέγχους στη σειρά, ο ένας είναι ο GP2 και ο άλλος είναι ο TMR1. Ο δεύτερος είναι αυτονόητος μιας και τον συναντήσαμε στην κύρια λειτουργία στα αριστερά και είναι το interrupt του timer1. Ο δεύτερος έλεγχος GP2 θα καταλάβουμε ποιος είναι αν ανατρέξουμε στο κύκλωμα και κοιτάξουμε το άκρο του μικροελεγκτή με το όνομα GP2, το οποίο είναι το άκρο που ευθύνεται για το zero-crossing, δηλαδή τον υπολογισμό του σημείου μηδέν πάνω στην κυματομορφή της περιόδου που θα έχουμε. Ο έλεγχος του zero-crossing θα συμβαίνει κάθε φορά σε οποιαδήποτε λειτουργία κι αν βρισκόμαστε, με το που δώσουμε τροφοδοσία στο κύκλωμα. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι για να υπάρχει πάντα ως σημείο αναφοράς το μηδέν πάνω στην κυματομορφή μας και να μπορεί το πρόγραμμα να υπολογίσει την γωνία έναυσης που θα άγει το triac

έτσι ώστε να υπολογίσει τους χρόνους που απαιτούνται για την αυξομείωση της φωτεινότητας της λάμπας. Παρακάτω βλέπουμε μια εικόνα με το απόκομμα του κώδικα που αφορά τα interrupts. Όπως θα δούμε και εκεί, το πρόγραμμα αφού κάνει πρώτα ένα reset στα bits της μνήμης με την εντολή BSF, συνεχίζει και αποθηκεύει της μεταβλητές που θα πάρει από το zero-crossing (οι οποίες θα είναι τιμές χρόνου σε millisecond πάνω στην κυματομορφή) στις σωστές banks με τις εντολές CLRF STATUS και MOVWF. Στη συνέχεια κάνει το ίδιο και με την εντολή PCLANTH (PIC LATCH HIGH) που είναι στην ουσία σαν να διαβάζει σε κάθε περίοδο της κυματομορφής την τιμή από το άκρο 5, το οποίο είναι το zero-crossing. Κατόπιν την αποθηκεύει, και στη συνέχεια με την εντολή GOTO CHK_TMR1 πηγαίνει στον επόμενο έλεγχο που βλέπουμε στο διάγραμμα, για να ενεργοποιηθεί ο timer1. Στην ουσία το GP2 είναι το πρώτο interrupt που εκτελείται κάθε 20ms (αν έχουμε συχνότητα δικτύου ίση με 50Hz) και είναι σαν να μην έχουμε πατήσει κανένα κουμπι ακόμα.



Εικόνα 63: Το διάγραμμα ροής του PIC12F675

Το δεύτερο interrupt που εκτελείται και ο δεύτερος έλεγχος στο μπλοκ διάγραμμα αντίστοιχα, είναι όπως θα δούμε αυτός του timer1. Στην ενεργοποίηση του timer1, το πρόγραμμα και πάλι καθαρίζει όλα τα bits με την εντολή BCF (BIT CLEAR FLAG) αλλά αυτή τη φορά με την εντολή CALL FIRE πυροδοτεί το triac και όπως θα δούμε και στο διάγραμμα, μετά το τετράγωνο FIRE TRIAC, ελέγχει αν το σημείο εκκίνησης του μισού κύκλου είναι το 0 με τον έλεγχο HW=0 καταγράφοντας τα δεδομένα και αποθηκεύοντας τα με τις εντολές MOVFW CICLE_H και MOVFW CICLE_L. Αν δεν είναι, τότε ενεργοποιεί τον έλεγχο του GP2 και συνεχίζει στο σημείο άθροισης απ' όπου και θα επιστρέψει στην αρχική ροή του προγράμματος. Αν πάλι έχουμε σαν σημείο αναφοράς το μηδέν, τότε το πρόγραμμα συνεχίζει κάνοντας έναν μεγάλο κύκλο με ελέγχους στους οποίους χρονομετράει το πάτημα των κουμπιών που θα πατήσει ο χρήστης (είτε είναι από το τηλεχειριστήριο είτε το button S1 από την πλακέτα) και αυξομειώνει την ένταση της φωτεινότητας της λάμπας αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση ο timer1 είναι υπεύθυνος να υπολογίζει την γωνία έναυσης του triac για κάθε περίοδο της κυματομορφής και να την κρατάει σταθερή μέχρι να αλλαχθεί.

Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά οι συνθήκες και τα βήματα που ακολουθεί το πρόγραμμα κατά τη διάρκεια των interrupts του timer1:

- 1) Ο μικροελεγκτής υπολογίζει τη συχνότητα της τροφοδοσίας AC (50 Hz ή 60 Hz) και σβήνει τελείως τη λάμπα. Μετά περιμένει τον διακόπτη ελέγχου S1 να πατηθεί.
- 2) Εάν πατήσουμε τον S1 και τον αφήσουμε αμέσως, η φωτεινότητα θα αυξάνεται αργά μέχρι να φτάσει στο μέγιστο επίπεδο.
- 3) Εάν πατήσουμε τον S1 και παραμένει πατημένος, η φωτεινότητα θα αυξάνεται μέχρι να τον αφήσουμε.
- 4) Εάν πατήσουμε και αφήσουμε τον διακόπτη και η λυχνία είναι ήδη αναμμένη πλήρως ή εν μέρει, τότε το dimmer θα μειώσει τη φωτεινότητα στο μηδέν.
- 5) Εάν πατηθεί ο S1 και παραμένει πατημένος, ενώ η λυχνία είναι φωτισμένη πλήρως ή εν μέρει, τότε το dimmer θα μειώσει τη φωτεινότητα μέχρι να αφήσουμε τον διακόπτη.

Να σημειωθεί ότι για όλες τις περιπτώσεις που αναφέρεται η «φωτεινότητα» μπορεί επίσης να αντικατασταθεί από την "ισχύ θερμαντήρα" εάν ένας ηλεκτρικός φούρνος ή παρόμοια συσκευή είναι συνδεδεμένα ως φορτίο.

Παρακάτω βλέπουμε μια εικόνα με το απόκομμα του κώδικα που αφορά τα δύο interrupts που προαναφέρθηκαν.

```

;-----
;ΣΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΚΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΤΑ INTERRUPTS
;-----
INTERRUPT:      BSF      ORG      0x0004          ;PLACE CODE ΣΤΟ INTERRUPT VECTOR
                NC1
                MOVWF   WREG_TEMP      ;SAVE WREG
                SWAPF   STATUS,W
                CLRF    STATUS          ;ΕΠΙΛΟΓΗ FILE REGISTER BANK0
                MOVWF   STATUS_TEMP    ;ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΙΜΗΣ STATUS
                MOVF    PCLATH,W       ;STORE PCLATH IN WREG
                MOVWF   PCLATH_TEMP    ;ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΙΜΗΣ PCLATH
                CLRF    PCLATH        ;SELECT PROGRAM MEMORY PAGE0
                MOVF    FSR,W          ;STORE FSR IN WREG
                MOVWF   FSR_TEMP      ;SAVE FSR VALUE
                BCF     INTCON,GIE
                BTFSS   INTCON,INTF    ; GP2 INTERRUPT
                GOTO    CHK_TMR1

;//////////////////////////////////////
GP2_INTER      BCF     INTCON,INTF    ; GP2 INTERRUPT CLEAR
                BCF     PIR1,TMR1IF   ;CLEAR TMR1 INTERRUPT
                BCF     INTCON,INTE    ;DISABLE GP2 INTERRUPT
                MOVF    TIME_OFF_H,W   ;CHARGE DELAY TIME
                MOVWF   TMR1H
                MOVF    TIME_OFF_L,W   ;CHARGE DELAY TIME
                MOVWF   TMR1L
                BSF     STATUS,RP0     ;SELECT BANK1
                BSF     PIE1,TMR1IE    ;ENABLE TMR1 INTS
                BCF     STATUS,RP0     ;SELECT BANK0
                GOTO    ENDINT

;//////////////////////////////////////
;ΕΛΕΓΧΟΣ INTERRUPTION TIMER 1
CHK_TMR1       BTFSS   PIR1,TMR1IF   ; TMR1 INTERRUPT
                GOTO    ENDINT
TMR1_INTER     BCF     PIR1,TMR1IF   ; TMR1 INTERRUPT CLEAR
                CALL    FIRE
                MOVFW  CICLE_H
                MOVWF   TMR1H
                MOVFW  CICLE_L
                MOVWF   TMR1L
                BTFSC  CICLE_NEG
                GOTO    FIN_CICLE
                BSF    CICLE_NEG
                GOTO    CHK_BOT      ;ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΜΑΓΓΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΚΥΚΛΩΝ
FIN_CICLE      BCF     CICLE_NEG
                BCF     INTCON,INTF    ;CLEAR GP2 INTERRUPT
                BSF     INTCON,INTE    ;ENABLE GP2 INTERRUPT
                BSF     STATUS,RP0     ;SELECT BANK1
                BCF     PIE1,TMR1IE    ;DISABLE TMR1 INTS
                BCF     STATUS,RP0     ;SELECT BANK0
                GOTO    ENDINT

```

Εικόνα 64: Τα interrupts του προγράμματος

3.7.1 Ο προγραμματισμός του δέκτη IR

Ο προγραμματισμός του dimmer είναι πολύ απλός. Για να ξεκινήσουμε τον προγραμματισμό είναι προτιμότερο αλλά όχι απαραίτητο, η λάμπα να βρίσκεται στο μέγιστο της φωτεινότητας της. Για να το προγραμματίσουμε, ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

- 1) Κρατάμε πατημένο το διακόπτη S2 για 3 δευτερόλεπτα. Αυτό θα κάνει τη λάμπα να αναβοσβήσει δύο φορές, δείχνοντας ότι το κύκλωμα έχει μπει στη ρουτίνα προγραμματισμού.
- 2) Χρησιμοποιώντας το τηλεχειριστήριο μας σε απόσταση περίπου 1,5 μέτρο ή λιγότερο, πατάμε το κουμπί που θέλουμε να αποθηκεύσουμε. Όταν το dimmer λάβει και αποθηκεύσει τον κωδικό, θα ενεργοποιήσει την λάμπα και θα την αναβοσβήσει ως επιβεβαίωση ότι ο κωδικός έχει αποθηκευτεί.

- 3) Επαναλαμβάνουμε το βήμα 2 άλλες επτά φορές. Μόλις οι οκτώ κωδικοί έχουν αποθηκευτεί η λάμπα θα ανάψει και θα παραμείνει αναμμένη ως ένδειξη ότι ο προγραμματισμός ολοκληρώθηκε.

Ο κωδικός μπορεί να είναι ο ίδιος για τις 8 διαθέσιμες θέσεις. Επίσης, μπορούν να είναι διαφορετικά τα τηλεχειριστήρια που χρησιμοποιούνται αρκεί να είναι του ίδιου τύπου ο πομπός τους (στην προκειμένη περίπτωση η σειρά RC5 είναι η προτιμότερη). Μόλις προγραμματιστεί το dimmer, τα προγραμματισμένα κουμπιά για τον έλεγχο θα έχουν την ίδια λειτουργία με τον διακόπτη ελέγχου S1.

3.8 Φίλτρα του κυκλώματος

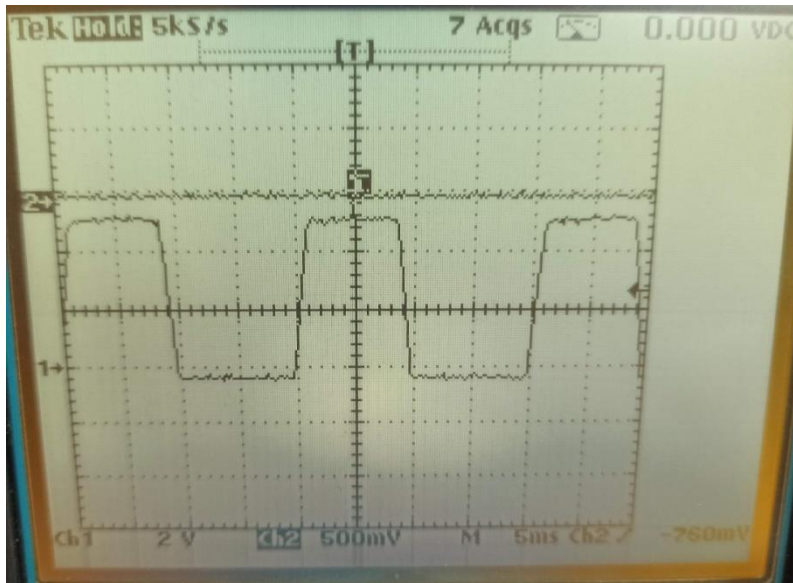
Το κύκλωμα διαθέτει φίλτρο για την αποφυγή της ακτινοβολίας και των διαταραχών, από το δίκτυο AC, που μπορεί να επηρεάσουν την σωστή λειτουργία του triac. Το πηνίο L1 που λειτουργεί ως επαγωγικό φίλτρο είναι 100μH, 7.8 A με αντίσταση 0.04Ω και μπορούμε να το προμηθευτούμε από την αγορά ή μπορεί να κατασκευαστεί στο σπίτι από 10 τυλίγματα επιχαλκομένου σύρματος 22 AWG (διαμέτρου 0,6 χιλιοστά) σε τοροειδή πυρήνα 25 χιλιοστών. Αν δεν υπάρχει εμπειρία στο τύλιγμα σύρματος σε πυρήνα για εφαρμογές με AC τάση τότε προτείνεται ανεπιφύλακτα το πηνίο της αγοράς. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κύκλωμα τροφοδοτείται με τάση που μπορεί προκαλεί σοβαρές διακυμάνσεις, οι τάσεις τροφοδοσίας στον μικροελεγκτή και στον δέκτη υπερύθρων TSOP4838, πρέπει να φιλτραριστούν. Για τον μικροελεγκτή αυτό γίνεται από τα R10, C5 και C6, ενώ για τον δέκτη TSOP4838, από τα R6, C7 και C8.



Εικόνα 65: Το πηνίο πάνω στην πλακέτα

3.9 Zero-crossing

Κοιτάζοντας τα D3, R7+R8 και R9-C9, έχουμε έναν ανορθωτή μισού κύματος παρά έναν ανιχνευτή zero-crossing. Κατά συνέπεια ανιχνεύεται μόνο μία διέλευση της τάσης από το σημείο μηδέν και το λογισμικό του μικροελεγκτή υπολογίζει την στιγμή του σκανδαλισμού προκειμένου να εμφανιστεί στην κυματομορφή το δεύτερο μισό του κύκλου της καμπύλης. Στο σημείο που ανιχνεύεται το σημείο μηδέν ο μικροελεγκτής εμφανίζει ένα πολύ μικρό παλμό τάσης, της τάξης του 1,5V ως ένδειξη ότι έγινε η ανίχνευση.

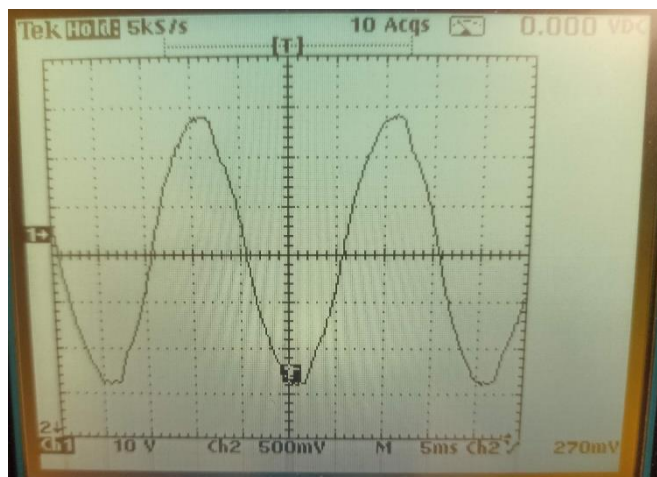


Εικόνα 66: Ο παλμός του zero-crossing

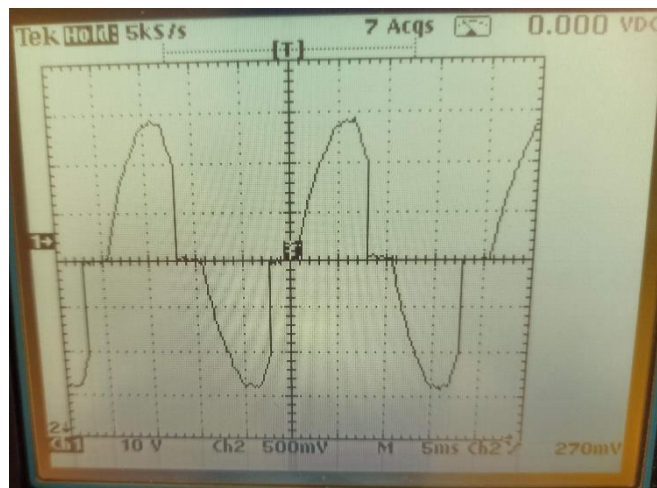
3.10 Ο σκανδαλισμός του triac

Τόσο η ακίδα A1 του triac όσο και η τροφοδοσία του μικροελεγκτή (+5 V) συνδέονται με την τάση AC. Για να ενεργοποιηθεί το triac, η πύλη G γειώνεται μέσω της αντίστασης περιορισμού ρεύματος R2. Αυτός ο συνδυασμός εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι ο μικροελεγκτής έχει μεγαλύτερη είσοδο ρεύματος (current sink capacity) απ' ό τι έξοδο (current source capacity), και ενεργοποιεί το triac με «αρνητική» τάση στην πύλη του, που είναι το σημείο όπου τα περισσότερα από αυτού του είδους τα εξαρτήματα χρειάζονται έστω το ελάχιστο ρεύμα για να λειτουργήσουν. Παράλληλα το triac συνδέεται και με ένα δίκτυο snubber το οποίο αποτελείται από τον C1 και την R1 σε σειρά. Η χρησιμότητα του βρίσκεται στο να αποφεύγονται τυχόν αρνητικοί σκανδαλισμοί του triac BTB16-600SWRG διότι λόγω του ότι είναι της σειράς SWRG έχει χαμηλό ρεύμα σκανδαλισμού και μπορεί να ανάψει από μικροδιακυμάνσεις στο δίκτυο και θορύβους.

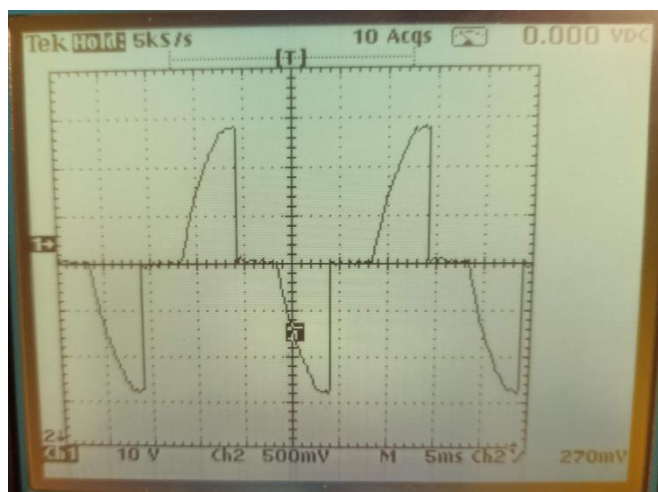
Παρακάτω φαίνονται με την σειρά από πάνω προς τα κάτω, οι κυματομορφές της τάσης που διαπερνά το triac (από το σημείο A1 μέχρι το A2) ,σε τέσσερα διαφορετικά (αυξανόμενα) στάδια φωτεινότητας της λάμπας.



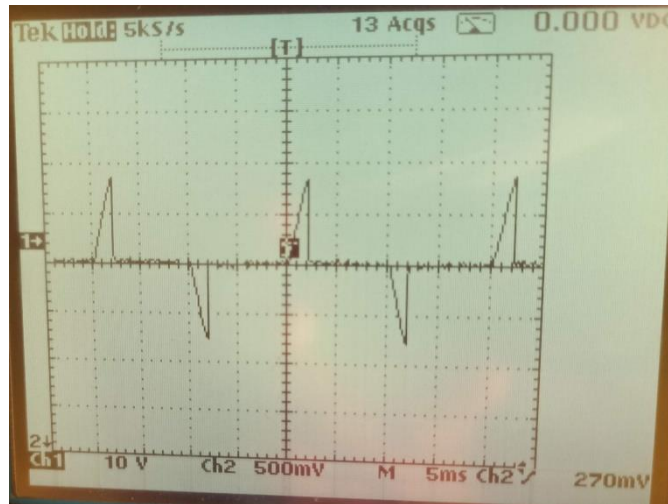
Εικόνα 67: Κυματομορφή χωρίς φωτεινότητα



Εικόνα 68: Κυματομορφή χαμηλής φωτεινότητας



Εικόνα 69: Κυματομορφή μεσαίας φωτεινότητας



Εικόνα 70: Κυματομορφή υψηλής φωτεινότητας

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η φωτεινότητα της λάμπας τόσο μεγαλύτερο μέρος της κυματομορφής "λείπει" σε σχέση με την αρχική κυματομορφή της σβηστής λάμπας. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε πλέον να καταλάβουμε και την πρακτική χρήση του triac στο κύκλωμα μας, δηλαδή το triac dimming και τον έλεγχο της φάσης του ρεύματος. Το triac dimming αποτελεί έναν από τους πλέον διαδεδομένους τρόπους ελέγχου της τάσης που εφαρμόζεται στο φορτίο, ιδιαίτερα όταν αυτό έχει να κάνει με τον φωτισμό.

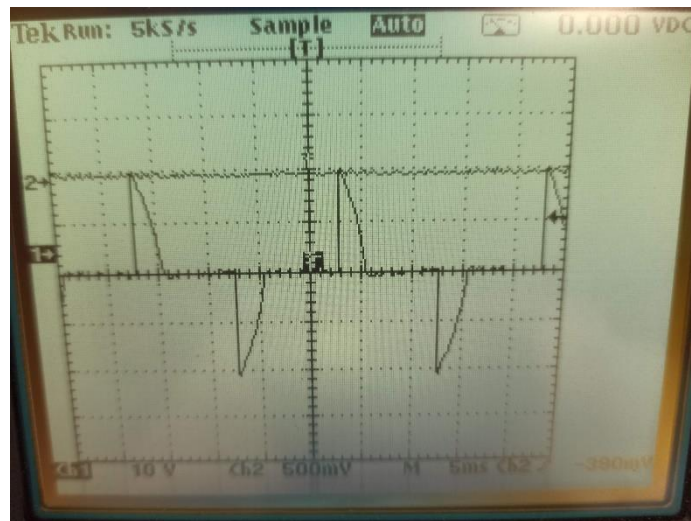
Στην παρούσα εφαρμογή, το triac λειτουργεί ως διακόπτης υψηλής ταχύτητας και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας που περνά στην λάμπα πυρακτώσεως που έχουμε ως φορτίο. Με την ενεργοποίηση του σκανδαλισμού του, υπαγορεύει σε ποιο σημείο η λάμπα αρχίζει να άγει, ουσιαστικά «κόβοντας» την κυματομορφή της τάσης και σταματώντας την πλήρη παροχή της. Όσο νωρίτερα αντιδρά το triac, τόσο περισσότερη ισχύς απελευθερώνεται, και αντίστοιχα όσο πιο μετά αντιδρά το triac τόσο λιγότερη ισχύς απελευθερώνεται, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της φωτεινότητας της λάμπας. Με λίγα λόγια μειώνεται η μέση τιμή του ρεύματος που θα περάσει στο φορτίο άρα και η ισχύς του που συνεπάγεται σε μεταβολή στη φωτεινότητα, θερμότητα κτλ..

Μία σημαντική σημείωση σε αυτό το σημείο είναι ότι στις παραπάνω κυματομορφές βλέπουμε την τάση που διαπερνάει το triac και όχι την τάση στο φορτίο. Δηλαδή με λίγα λόγια δεν βλέπουμε "το τελικό αποτέλεσμα" ακόμα. Παρακάτω θα αναλύσουμε τις κυματομορφές της τάσης πάνω στην λάμπα και θα τις συγκρίνουμε με αυτές του triac για να δούμε την επίδραση που έχει σε αυτές.

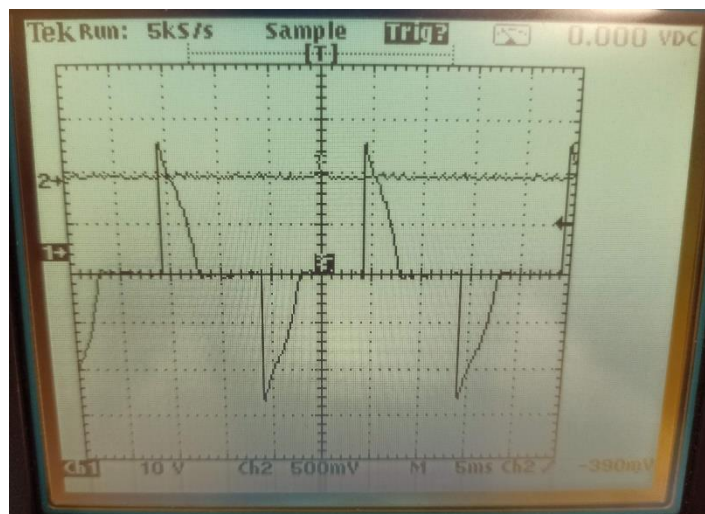
3.11 Έλεγχος φάσης στην έξοδο

Στο σημείο αυτό θα συγκρίνουμε τις κυματομορφές της τάσης πάνω στο φορτίο μας (στην λάμπα πυρακτώσεως) με αυτές πάνω στο triac, καθώς και το τι παρατηρούμε από τον έλεγχο της φάσης του ρεύματος.

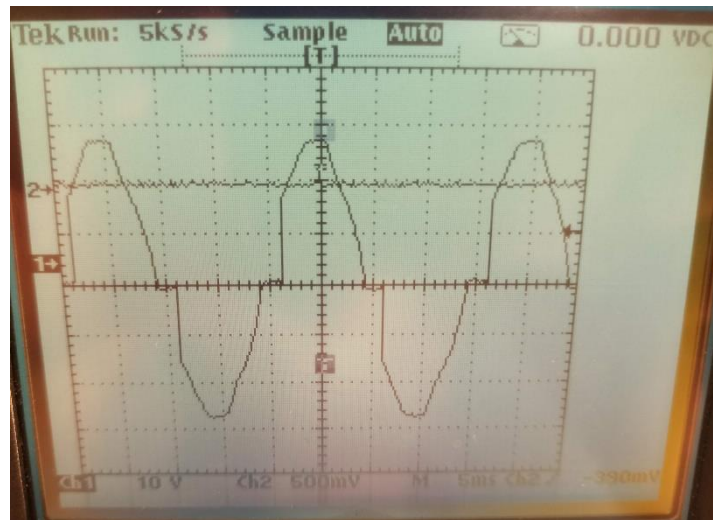
Παρακάτω φαίνονται οι κυματομορφές της εξόδου σε τρία διαφορετικά και αυξανόμενα επίπεδα της φωτεινότητας της λάμπας.



Εικόνα 71: Κυματομορφή εξόδου χαμηλής φωτεινότητας

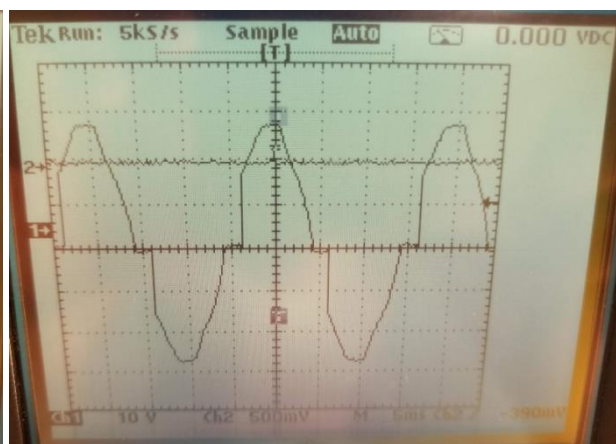
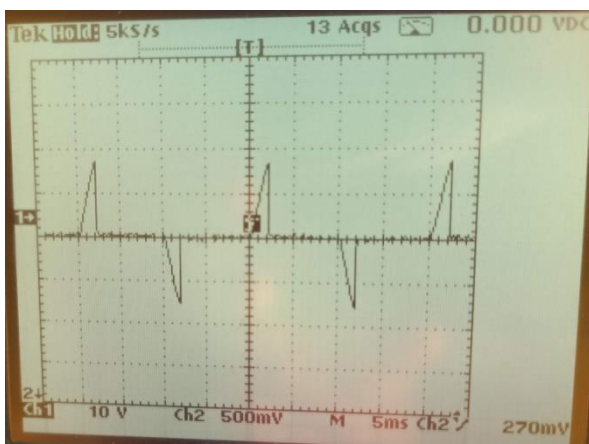


Εικόνα 72: Κυματομορφή εξόδου μεσαίας φωτεινότητας



Εικόνα 73:Κυματομορφή εξόδου υψηλής φωτεινότητας

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι όπως και στις κυματομορφές της τάσης που διαπερνάει το triac, έτσι και εδώ έχουν «αποκοπεί» κάποια κομμάτια των κυματομορφών ανάλογα της ισχύος που δέχεται η λάμπα μας. Αν προσέξουμε όμως καλύτερα θα διαπιστώσουμε ότι τα κομμάτια που λείπουν από τις αντίστοιχες κυματομορφές του κάθε επιπέδου φωτεινότητας, είναι ακριβώς τα αντίθετα. Δηλαδή αν κοιτάξουμε παρακάτω την κυματομορφή της τάσης που διαπερνάει το triac στην υψηλή φωτεινότητα και την συγκρίνουμε με την κυματομορφή της τάσης εξόδου που διαπερνάει την λάμπα στην υψηλή φωτεινότητα, θα δούμε ότι στην πραγματικότητα το triac έχει «κρατήσει» το κομμάτι που λείπει από την τάση εξόδου.



Εικόνα 74: Σύγκριση των δύο κυματομορφών

Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην δυνατότητα ελέγχου της φάσης που μας προσφέρει το triac. Το triac μπορεί να ενεργοποιηθεί σε οποιοδήποτε τμήμα του μισού κύκλου της περιόδου του ρεύματος και θα συνεχίσει να βρίσκεται σε λειτουργία αγωγιμότητας μόλις ο μισός κύκλος AC φτάσει στο μηδέν (zero-crossing). Αυτό σημαίνει ότι όταν το triac ενεργοποιείται στην αρχή κάθε μισού κύκλου περιόδου, άγει όπως ένας διακόπτης. Ωστόσο, αν ο σκανδαλισμός γίνει κάπου στη μέση του κύκλου της περιόδου, το triac θα άγει απλώς για την υπόλοιπη περίοδο αυτού του μισού κύκλου.

Συνήθως στα περισσότερα κυκλώματα που απαιτείται έλεγχος της φάσης από ένα triac, αυτό γίνεται συνδέοντας την πύλη του triac με ένα ποτενσιόμετρο έτσι ώστε να ελέγχουμε το ρεύμα της πύλης και κατά συνέπεια το βαθμό αλλά και την χρονική στιγμή που θα άγει το ίδιο το triac. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή το triac και πιο συγκεκριμένα το ρεύμα της πύλης του, ελέγχεται από τον PIC12F675 όπου είναι συνδεδεμένος με την πύλη στο pin 6.

3.12 Συμπεράσματα

Η ολοκληρωμένη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την πτυχιακή αυτή καθώς επίσης και η κατασκευή που υλοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της απέδειξε ότι οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν οποιοδήποτε τύπο thyristor, έχουν μεγάλες δυνατότητες. Πιο συγκεκριμένα το ερευνητικό κομμάτι της εργασίας αυτής αποδεικνύει πως η συντριπτική πλειοψηφία των συσκευών στις μέρες μας και ειδικά των οικιακών συσκευών, κατασκευάζονται από κυκλώματα που αδιαμφισβήτητα κάνουν χρήση ενός ή παραπάνω triac σε συνδυασμό με άλλες διατάξεις και φίλτρα συχνοτήτων. Αυτό με τη σειρά του μας επισημαίνει το πόσο σημαντικό ρόλο παίζουν τα ηλεκτρονικά ισχύος στη ζωή μας και ότι πλέον αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της.

Χρησιμοποιώντας τους μικροελεγκτές ως πυρήνες τέτοιων εφαρμογών, έχουμε κάνει ένα μεγάλο άλμα όσον αφορά τον ακριβή έλεγχο της απόδοσης τους σύμφωνα με τις προσδοκίες μας. Με βασικές γνώσεις προγραμματισμού καθώς επίσης και με τις πλέον αναγκαίες ηλεκτρονικές διατάξεις (ανορθωτές, μετασχηματιστές, επαγωγικά/πυκνωτικά φίλτρα) μπορεί να παραχθεί οποιοδήποτε είδους οικιακή συσκευή από έναν απλό φορτιστή κινητού μέχρι έναν dimmer για τον έλεγχο των φώτων ή της θερμότητας του σπιτιού.

Επιπλέον η έννοια του dimmer και πιο συγκεκριμένα του ελέγχου της ισχύος, είναι συνυφασμένα με την εξοικονόμηση ενέργειας, ένα ζήτημα που ήδη απασχολεί τον άνθρωπο και την κοινωνία σε μεγάλο βαθμό. Μία καθαρά προσωπική εκτίμηση αποτελεί το γεγονός ότι στα επόμενα χρόνια η παρακολούθηση της καταναλωμένης ενέργειας από τον άνθρωπο θα παρακολουθείτε και θα ρυθμίζεται αναλόγως από την πιο φαινομενικά «μικρή» εφαρμογή όπως ένα dimmer μέχρι ένα ολόκληρο έξυπνο σπίτι.

3.13 Σκέψεις για επεκτάσεις/ βελτιώσεις της εφαρμογής

Όπως κάθε συσκευή που χρησιμοποιεί σαν βάση της τους μικροελεγκτές, υπάρχουν αρκετά και σημαντικά θέματα λειτουργίας που μπορούν να βελτιωθούν. Η τροφοδοσία του μικροελεγκτή αποτελεί ένα από αυτά. Θα μπορούσαμε να έχουμε έναν εξειδικευμένο μετασχηματιστή ισχύος σε συνδυασμό με τους αντίστοιχους πυκνωτές του, αντί για την δίοδο ανόρθωσης μισού κύματος που υπάρχει στο κύκλωμα, κάνοντας χρήση της ανόρθωσης πλήρους κύματος.

Μία ακόμα έξυπνη αναβάθμιση του κυκλώματος θα ήταν ένας καλύτερος δέκτης υπέρυθρων με μεγαλύτερη εμβέλεια για μεγαλύτερη ευκολία του χρήστη μέσα από διάφορες θέσεις του σπιτιού καθώς επίσης και η χρήση της συσκευής σε μεγάλες αίθουσες δεξιώσεων ή θέατρα και κινηματογράφους.

Επιπλέον μια πολύ χρήσιμη προσθήκη θα ήταν αυτή μιας οθόνης OLED 128x64mm η οποία θα μας έδειχνε αναφορικά την τιμή της ισχύος πάνω στην λάμπα ή στην αντίσταση αν πρόκειται για κάποιο φούρνο.

Τέλος μια ενδιαφέρουσα αναβάθμιση θα ήταν η προσθήκη WiFi module για τη σύνδεση της συσκευής στο διαδίκτυο, κάτι το οποίο θα επέτρεπε τον τηλεχειρισμό της μέσω smartphone και ίσως θα μπορούσε να επεκταθεί και σε Internet of Things εφαρμογές και λειτουργίες.

3.14 Βιβλιογραφία

Application Note

[1] Design of PIC12F675 Microcontroller Based Data Acquisition System for Slowly Varying Signals

N. Monoranjan Singh and K. C. Sarma.

Department of Instrumentation & USIC, Gauhati University, Guwahati – 781 014, India.

*e-mail: mranjansn@yahoo.com

[2] Design and construction of an embedded system for depiction messages based on Arduino's architecture which is supported by the site management

Ιωάννης Δημητρίου

[3] Έρευνα σε όλα τα Α.Ε.Ι./Τ.Ε.Ι. Ελλάδας για το μάθημα Μικροεπεξεργαστές – Μικροϋπολογιστές

Μισιρλής Ιωάννης

[4] « Ηλεκτρονικά Ισχύος, Συστήματα ηλεκτρικής κίνησης και βιομηχανικές εφαρμογές»

Αθήνα, 5-6 Απριλίου 2006.

«Σημερινή τεχνολογική κατάσταση των ηλεκτρονικών ισχύος»

Αθανάσιος Ν. Σαφάκας

Καθηγητής Δρ.-Μηχ. Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας,

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών.

[5] Πρόταση για σχεδίαση και πρώτη υλοποίηση εκπαιδευτικής πλακέτας πρότυπου nanocomputer (Educational Development Nanoboard) Βασισμένο σε μικροεπεξεργαστή

Νικόλαος Ν. Ριζόπουλος, Πανεπιστήμιο Πατρών 2020

[6] Ανάλυση διακοπτικών κυκλωμάτων με την χρήση διαμόρφωσης εύρους παλμού (PWM) σε DC/DC και σε DC/AC μετατροπείς.

Χρυσόστομος Σιοπέ, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κεντρικής Μακεδονίας

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Ιούλιος 2016

[7] Design and construction of internet wireless electrical device management system (web controlling)

Α.Ε.Ι Τεχνολογικού τομέα σχολή: Τεχνολογικών εφαρμογών ,Τμήμα : Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε.

Μανδελιάς Δημήτριος-Ηλίας, Αιγάλεω Οκτώβριος 2016

[8] Κύκλωμα ανόρθωσης με θυρίστορ, οδηγούμενο από το ολοκληρωμένο TCA785

Κολυμβάνος Γεώργιος, Μπαρός Δημήτριος, Πατσίδης Άγγελος

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

2014

[9] Study on the problems that current harmonics cause on theatrical lighting circuits

<http://ikee.lib.auth.gr/record/291128/files/Diplwmatiki.pdf>

Βιβλία

[1] Ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων Τόμος Α', Ν. Μάργαρης, Εκδόσεις Τζιόλα

[2] Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers, Principles and applications

Tim Wilmshurst

[3] Microcontrollers Fundamentals and Applications with PIC, Fernando E. Valdes-Perez

Ramon Pallas-Areny

[4] Microcontrollers in Practice, M. Mitescu, I. Susnea

[5] PIC Microcontrollers, An Introduction to Microelectronics, Second Edition, Martin Bates

[6] Ηλεκτρονικά ισχύος, Ημιαγωγοί διακόπτες, Μετατροπείς ισχύος, Διατάξεις ελέγχου, Εφαρμογές

Internet Site

[1] A Light Bulb Moment: How The Dimmer Switch Set Lusters Ablaze

<https://www.npr.org/2015/10/24/451170011/a-light-bulb-moment-how-the-dimmer-switch-set-lusters-ablaze?t=16497>

[2] Lutron Electronics donates 50 years of company history to National Museum of American History

In History & Culture / 8 June 2010 <https://insider.si.edu/2010/06/new-acquisition-lutron-electronics-donates-50-years-of-company-history-to-national-museum-of-american-history/>

[3] <https://supportepal.wordpress.com/2016/03/19/τι-είναι-το-dimmer-ροοστάτης/>

[4] Electrician Expert <https://electricianexp.com/el/elektroprovodka/dimmer-chto-eto#i-3>

[5] https://learnabout-electronics.org/Semiconductors/diodes_22.php

[6] <http://www.madehow.com/Volume-2/Printed-Circuit-Board.html>

[7] <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/microcontroller>

[8] <https://electricalacademia.com/electronics/microcontroller-basics-advantages-disadvantages/>

[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Programming_language

[10] <https://www.investopedia.com/terms/a/assembly-language.asp>

[11] <https://diaylos.weebly.com/trt.html/>

[12] <https://el.alegsaonline.com/art/79240>

[13] <https://www.electrical4u.com/half-wave-rectifiers/>

[14] <https://components101.com/microcontrollers/pic12f675-pinout-datasheet>

[15] <https://blog.kafkas.gr/led-dimming/>

Κεφάλαιο 3

```
#DEFINE DELAY_CHK_BUTT .3
#DEFINE FIRE_NUMB .3 ;TRIAC FIRE TIMES
#DEFINE INICIAR 0XFB ;MAXBRT
#DEFINE TIME_PUSH .45 ;TIME TO HOLD DOWN
;HOLD DOWN TIME TOY SW GIA
ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΟ INC OR DEC
#DEFINE IR_TIMEOUT .13 ;ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΜΟΝΑΔΑ ΑΥΞΗΣΗ 50 mS
ΠΕΡΙΠΟΥ
;Ο ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ
#DEFINE REC_CODE_WAIT .60
;-----
; FLAGS
#DEFINE STOP FLAGS,0 ;STOP TOY ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ
#DEFINE BUSY FLAGS,1 ;ΕΝΔΕΙΞΗ ΓΙΑ STOP TOY INC OR DEC
#DEFINE SENTIDO FLAGS,2 ;ΣΕΤΑΡΙΣΜΑ TOY INC ΓΙΑ BRIGHTNESS
#DEFINE CODE_OK FLAGS,3
#DEFINE CHECK_LINE FLAGS,4
#DEFINE RCV_AGAIN FLAGS,5
#DEFINE CICLE_NEG FLAGS,6 ;TRIGGER TRIAC
#DEFINE IR_ON FLAGS,7 ;ΠΥΘΜΙΣΗ ΟΤΑΝ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΕΓΚΥΡΟΣ
ΚΩΔΙΚΟΣ
;*****
;VARIABLES
CBLOCK 0X020
MAXDIM
CICLE_H
CICLE_L
TEMP_A_H
TEMP_A_L
TEMP_B_L
TEMP_B_H
```

```

FLAGS
CHK_BUTT
FIRE_TIMES
TIME_OFF_H ;ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΓΙΑ ΝΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ ΤΟ TRIAC
TIME_OFF_L ;ΟΣΟ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΕΙΝΑΙ Η ΛΑΜΠΑ ΤΟΣΟ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ
ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ
; ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΜΕΧΡΙ ΝΑ ΞΕΚΙΝΗΣΕΙ ΤΟ TIMER1

COUNT_IR
ADDRS
MEM_REG_TEMP
MEM_REG
IR_REG
WAIT_IR
COUNT2
GRUPO
WAIT_TEMP
TIME_FIRE
;*****
INTCON_TEMP
WREG_TEMP ;ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ WREG ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ
ΤΟΥ INTERRUPT
STATUS_TEMP ; ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ STATUS ΚΑΤΑ ΤΗΝ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ INTERRUPT
PCLATH_TEMP ; ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ PCLATH (PIC LATCH
HIGH) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ INTERRUPT
FSR_TEMP ; ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ FSR (FILE SELECT REGISTER)
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ INTERRUPT
;*****
DATAREG
ENDC
;-----
ORG 0X0000

```

Κεφάλαιο 3

```
RESET:          CLRF  PCLATH
                GOTO  MAIN
```

```
;-----
```

```
;ΣΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΚΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΤΑ INTERRUPTS
```

```
;-----
```

```
                ORG  0X0004          ;PLACE CODE ΣΤΟ INTERRUPT
VECTOR
```

```
INTERRUPT: BSF      NC1

                MOVWF  WREG_TEMP ;SAVE WREG
                SWAPF  STATUS,W
                CLRF   STATUS      ;ΕΠΙΛΟΓΗ FILE REGISTER BANK0
                MOVWF  STATUS_TEMP ;ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΙΜΗΣ STATUS
                MOVF   PCLATH,W    ;STORE PCLATH IN WREG
                MOVWF  PCLATH_TEMP ;ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΙΜΗΣ PCLATH
                CLRF   PCLATH      ; ΕΠΙΛΟΓΗ PROGRAM MEMORY PAGE0
                MOVF   FSR,W       ; ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ FSR ΣΤΟ WREG
                MOVWF  FSR_TEMP    ;SAVE FSR VALUE
                BCF    INTCON,GIE
                BTFSS INTCON,INTF ; GP2 INTERRUPT
                GOTO  CHK_TMR1
```

```
;/////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
GP2_INTER  BCF      INTCON,INTF    ; GP2 INTERRUPT CLEAR
                BCF    PIR1,TMR1IF  ;CLEAR TMR1 INTERRUPT
                BCF    INTCON,INTE  ;DISABLE GP2 INTERRUPT
                MOVF   TIME_OFF_H,W  ;CHARGE DELAY TIME
                MOVWF  TMR1H
                MOVF   TIME_OFF_L,W  ;CHARGE DELAY TIME
                MOVWF  TMR1L
                BSF    STATUS,RP0    ; ΕΠΙΛΟΓΗ BANK1
                BSF    PIE1,TMR1IE  ;ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ TMR1 INTS
                BCF    STATUS,RP0    ; ΕΠΙΛΟΓΗ BANK0
```

```

                GOTO ENDINT

;////////////////////////////////////

;ΕΛΕΓΧΟΣ INTERRUPTION TIMER 1

CHK_TMR1  BTFSS PIR1,TMR1IF ; TMR1INTERRUPT

                GOTO ENDINT

TMR1_INTER BCF          PIR1,TMR1IF ; TMR1INTERRUPT CLEAR

                CALL FIRE

                MOVFW    CICLE_H

                MOVWF    TMR1H

                MOVFW    CICLE_L

                MOVWF    TMR1L

                BTFSC CICLE_NEG

                GOTO FIN_CICLE

                BSF      CICLE_NEG

                GOTO CHK_BOT          ;ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ
ΚΥΚΛΩΝ

FIN_CICLE  BCF          CICLE_NEG

                BCF      INTCON,INTF ;ΚΑΘΑΡΙΣΜΑ GP2 INTERRUPT

                BSF      INTCON,INTE ;ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ GP2 INTERRUPT

                BSF      STATUS,RP0 ; ΕΠΙΛΟΓΗ BANK1

                BCF      PIE1,TMR1IE ;ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ TMR1 INTS

                BCF      STATUS,RP0 ; ΕΠΙΛΟΓΗ BANK0

                GOTO ENDINT

;#####

CHK_BOT    BTFSS DIM_BUT

                GOTO ACTUA

                BTFSS IR_ON

                GOTO CHK_STOP

ACTUA      BCF          STOP

                DECFSZ   COUNT2

                GOTO INC_DEC

```

```

BSF          BUSY
GOTO INC_DEC
CHK_STOP    MOVLW    TIME_PUSH
            MOVWF    COUNT2
            BTFSC STOP
            GOTO ENDINT
            BTFSS BUSY
            GOTO INC_DEC
            CALL  NEXT_PUSH
            GOTO ENDINT

;*****
;*****
INC_DEC      BTFSC SENTIDO
            CALL  BRTUP
            BTFSS SENTIDO
            CALL  DIMOUT

;////////////////////////////////////

;ΤΕΛΟΣ ΤΩΝ INTERRUPTIONS ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ RESTORE
ENDINT:     MOVF FSR_TEMP,W ;GET SAVED FSR VALUE
            MOVWF  FSR          ;RESTORE FSR
            MOVF PCLATH_TEMP,W ;ΠΑΙΡΝΕΙ ΤΗΝ SAVED PCLATH ΤΙΜΗ
ΑΠΟ ΠΙΠΙΝ
            MOVWF  PCLATH        ;RESTORE PCLATH
            SWAPF  STATUS_TEMP,W ;ΠΑΙΡΝΕΙ ΤΗΝ SAVED STATUS
ΤΙΜΗ
            MOVWF  STATUS        ;RESTORE STATUS
            SWAPF  WREG_TEMP,F   ;ΠΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ WREG ΓΙΑ
RESTORE
            SWAPF  WREG_TEMP,W   ;RESTORE WREG WITHOUT
AFFECTING STATUS
            BSF    INTCON,GIE ;ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΕΙ ΤΑ INTERRUPTS
            BCF    NC1

```

```

                                RETFIE                                ;ΕΠΙΣΤΡΕΦΕΙ ΑΠΟ ΤΑ
INTERRUPT
;#####
BANK_DAT  ADDWF    PCL,F      ;ΕΠΙΛΟΓΗ MEMORY BACK
          GOTO  START
          RETLW   0x70
          RETLW   0x60
          RETLW   0x50
          RETLW   0x40
          RETLW   0x30
          RETLW   0x20
          RETLW   0x10
          RETLW   0
;#####
FIRE      BCF      FIRE_TRIAC
          MOVLW    FIRE_NUMB
          MOVWF    FIRE_TIMES

FIRE2     MOVFW    MAXDIM      ;IF TIME_ON = MAX_DIMM
STAY OFF

          SUBWF    TIME_OFF_H,W
          BTFSC   STATUS,Z
          RETURN

          BSF     STATUS,RP0    ;BANK1
          BCF     FIRE_TRIAC    ;ΕΞΟΔΟΣ OUTPUT
          MOVLW   .6
          MOVWF   TIME_FIRE

          DECFSZ  TIME_FIRE
          GOTO   $ -1

          BSF     STATUS,RP0    ;BANK1
          BSF     FIRE_TRIAC    ;ΕΙΣΟΔΟΣ INPUT
          BCF     STATUS,RP0    ;BANK0

```

```

        MOVLW    .4
        MOVWF   TIME_FIRE
DECFSZ   TIME_FIRE
        GOTO   $ -1
        DECFSZ   FIRE_TIMES
        GOTO   FIRE2
        RETURN

;#####
COMPARAR  BCF          CODE_OK
        MOVLW   B'00001111'
        ANDWF  MEM_REG_TEMP,F
        MOVLW   B'00001111'
        ANDWF  IR_REG,W
        SUBWF  MEM_REG_TEMP,F
        BTFSS STATUS,Z
        GOTO  COMP_FF
        BSF   CODE_OK
        RETURN
COMP_FF  MOVFW   MEM_REG_TEMP
        SUBLW  0XFF
        BTFSS STATUS,Z
        GOTO  COMP_01
        BSF   CODE_OK
        RETURN
COMP_01 MOVFW   MEM_REG_TEMP
        SUBLW  0X01
        BTFSS STATUS,Z
        RETURN
        BSF   CODE_OK
        RETURN

```

```

#####
DELAY          MOVLW    0X08      ; DELAY
               MOVWF    COUNT_IR
D1             MOVLW    0X01
               MOVWF    TMR0
D2             MOVF     TMR0,W
               BTFSS   STATUS,Z
               GOTO    D2
               DECFSZ  COUNT_IR
               GOTO    D1
               RETLW   0X00
#####
READ          MOVFW    ADDRS      ;GET ADDRESS
               BSF     STATUS,RP0
               MOVWF   EEADR
               BSF     EECON1,RD
               MOVFW   EEDATA
               BCF     STATUS,RP0
               MOVWF   MEM_REG
               RETURN
#####
WRITE        BSF      STATUS,RP0
               MOVWF   EEDATA
               BCF     STATUS,RP0
               MOVFW   ADDRS
               BSF     STATUS,RP0
               MOVWF   EEADR
               BCF     INTCON,GIE
               BSF     EECON1,WREN
               MOVLW   0X55

```

```

MOVWF    EECON2
MOVLW    0XAA
MOVWF    EECON2
BSF      EECON1,WR
WR1      BTFSC EECON1,WR
         GOTO WR1
         BCF      EECON1,WREN
         BCF      STATUS,RP0
         BSF      INTCON,GIE
         RETLW    0X00

;#####

GET_PULSE  BTFSS REC_SW
           GOTO RUN
           CLRF  TMR0
GET_P0     BTFSC TMR0,5
           GOTO GET_P1
           BTFSS IR_SIGN           ;ANAMONH  ΓΙΑ  HIGH  ON
"IR_SIGN" PIN
           GOTO GET_P0
GET_P1     CLRF  TMR0
GET_P2     BTFSC TMR0,5
           GOTO GET_P3
           BTFSC IR_SIGN           ;ANAMONH  ΓΙΑ  LOW  ON
"IR_SIGN" PIN
           GOTO GET_P2
GET_P3     MOVFW  TMR0           ;GET PULSE TIME
           MOVWF  INDF
           MOVLW  B'00001111'
           ANDWF  INDF
           CLRF  TMR0
GET_P4     BTFSC TMR0,5

```

```

                GOTO MS3A
                BTFSS IR_SIGN                ;ANAMONH GIA HIGH ON
"IR_SIGN" PIN

                GOTO GET_P4

MS3A          CLRF TMR0

MS4           BTFSC TMR0,5

                GOTO MS4A

                BTFSC IR_SIGN                ;ANAMONH GIA LOW ON
"IR_SIGN" PIN

                GOTO MS4

MS4A          MOVLW    B'00001111' ;GET PULSE TIME

                ANDWF   TMR0

                SWAPF  TMR0,W

                ADDWF  INDF

                RETURN

;#####

END_IR        MOVLW    IR_TIMEOUT

                MOVWF   WAIT_IR

                MOVLW   .158

                MOVWF  TMR0

                BCF     INTCON,T0IF

                BTFSS  IR_SIGN

                GOTO   END_IR

                BTFSS  INTCON,T0IF

                GOTO   $ -3

                DECFSZ  WAIT_IR

                GOTO   $ -8

                RETURN

;#####

END_IR_IN     BCF      RCV_AGAIN

END_IR1      BTFSC   CODE_OK

```

```

                                GOTO END_IR2
                                BTFSC RCV_AGAIN
                                GOTO RCV_CODE
END_IR2      MOVLW      IR_TIMEOUT
                                MOVWF      WAIT_IR
END_IR3      MOVLW      .190
                                MOVWF      TMR0
                                BCF          INTCON,T0IF
                                MOVLW      .2
                                MOVWF      WAIT_TEMP
                                BTFSC IR_SIGN
                                GOTO END_IR4
                                DECFSZ     WAIT_TEMP
                                GOTO $ -3
                                GOTO END_IR1
END_IR4      BTFSS INTCON,T0IF
                                GOTO $ -6
                                BSF          RCV_AGAIN
                                DECFSZ     WAIT_IR
                                GOTO END_IR3
                                RETURN

;#####
;*****
;      XPHSEH TΩN INDICATORS
;*****
LAMP_ON      BSF          STOP
                                BCF          BUSY
                                MOVLW      MAXBRT
                                MOVWF      TIME_OFF_H
                                CLRF      TIME_OFF_L

```

```

RETURN

;*****
LAMP_OFF  BSF          STOP

          BCF          BUSY

          MOVFW        MAXDIM

          MOVWF        TIME_OFF_H

          CLRF        TIME_OFF_L

          RETURN

;*****

;      MAIN ROUTINE

;*****

MAIN:     NOP

          CALL  0x3FF          ;ΚΑΤΑΡΓΗΣΗ ΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

          BSF  STATUS,RP0     ;ΤΟ ΙΔΙΟ

          MOVWF  OSCCAL          ;ΚΑΙ ΠΑΛΙ ΚΑΤΑΡΓΗΣΗ
ΓΙΑ ΝΑ ΑΚΟΛΟΥΘΗΣΕΙ Η ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ

          MOVLW  B'01000111'   ;1:256  TMR0  PRESCALER,PULLUPS
ENABLED

          MOVWF  OPTION_REG

          MOVLW  MASK_IO

          MOVWF  TRISIO

          MOVLW  B'00110000'

          MOVWF  WPU

;#####

          CLRF  VRCON          ;ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ  AD  CONVER
REFERENCE

          CLRF  ANSEL          ;ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ANSEL REGISTER FOR I/O
PORT

          BCF  STATUS,RP0     ;ΕΠΙΛΟΓΗ BANK 0

          CLRF  INTCON        ;ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ  GLOBAL  ΚΑΙ
PERIPHERAL INTS

```

Κεφάλαιο 3

```
                MOVLW    B'00000111'    ;0X07            ;ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ
COMPARATORS
                MOVWF    CMCON

;*****

                MOVLW    B'00010001'
                MOVWF    T1CON            ;TIMER1 1X2 CONFIGURATION

;*****

STARTBCF      STATUS,RP0

                CLRF    FLAGS            ;CLEAR ALL FLAGS

                MOVLW    INICIAR

                MOVWF    TIME_OFF_H

;##### ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ #####

FREC_1        BTFSS    Z_C_D1

                GOTO    FREC_1

                CLRF    TMR1L

                CLRF    TMR1H

                BTFSC    Z_C_D1

                GOTO    $-1

                BTFSS    Z_C_D1

                GOTO    $-1

                MOVFW    TMR1H

                MOVWF    TEMP_B_H

                MOVFW    TMR1L

                MOVWF    TEMP_B_L

                BTFSC    CHECK_LINE

                GOTO    FREC_2

                MOVFW    TEMP_B_H

                MOVWF    TEMP_A_H

                MOVFW    TEMP_B_L

                MOVWF    TEMP_A_L

                BSF     CHECK_LINE
```

```

                BTFSC      Z_C_D1
GOTO $-1

                GOTO FREC_1
FREC_2         MOVFW      TEMP_B_H
                SUBWF      TEMP_A_H,W
                BTFSC STATUS,Z
                GOTO FREC_3
                INCF  TEMP_A_H
                MOVFW      TEMP_A_H
                SUBWF      TEMP_B_H,W
                BTFSC STATUS,Z
                GOTO FREC_3
                DECF  TEMP_A_H
                DECF  TEMP_A_H
                MOVFW      TEMP_A_H
                SUBWF      TEMP_B_H,W
                BTFSS STATUS,Z
                GOTO START
FREC_3         MOVLW      0XFF
                MOVWF      TEMP_A_H
                MOVWF      TEMP_A_L
                CALL  RESTARLOS
                MOVFW      TEMP_A_H
                MOVWF      CICLE_H
                MOVFW      TEMP_A_L
                MOVWF      CICLE_L
                MOVFW      TEMP_A_H
                ADDLW      .6
                MOVWF      MAXDIM
;+++++

```

```

MOV LW    B'00000001'
MOV WF    T1CON      ;ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΤΙΜΕΡ1 1Χ1
MOV LW    B'11010000' ;ENABLE GLOBAL PERIPHERAL AND GP2
INTS
MOV WF    INTCON
MOV LW    MAXBRT
MOV WF    TIME_OFF_H
CLRF     TIME_OFF_L
RUN
BCF      IR_ON      ;ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΤΟΥ OUTPUT
MOV LW    REC_CODE_WAIT
MOV WF    WAIT_IR
MOV LW    .61
MOV WF    TMR0
BCF      INTCON,T0IF
BTFSZ    REC_SW      ;TEST IF REQUEST TO RECORD CODE
GOTO     RCV_CODE
BTFSZ    INTCON,T0IF
GOTO     $ -3
DECFSZ   WAIT_IR
GOTO     $ -8
GOTO     REC_CODE
RCV_CODE CLRF     TMR0      ;RESET TMR0
BCF      INTCON,T0IF
MOV LW    .3
MOV WF    WAIT_TEMP
BTFSZ    IR_SIGN     ;TEST REMOTE CONTROL
GOTO     RUN
DECFSZ   WAIT_TEMP
GOTO     $ -3
IR_COMM MOV LW    DATAREG
MOV WF    FSR

```

```

CALL GET_PULSE
IR0 CALL GET_PULSE
INCF FSR
MOVLW (DATAREG + 0X10)
SUBWF FSR,W
BTFSS STATUS,Z
GOTO IR0
CLRF ADDRS

;#####
MOVLW 0X08 ; 8 ΚΑΝΑΛΙΑ(ΚΩΔΙΚΟΙ)
MOVWF GRUPO
IR1 MOVFW GRUPO
CALL BANK_DAT
MOVWF ADDRS
MOVLW DATAREG
MOVWF FSR
IR2 CALL READ
MOVWF MEM_REG_TEMP
MOVFW INDF
MOVWF IR_REG
CALL COMPARAR
BTFSS CODE_OK
GOTO NEXT_GRUPO
MOVFW MEM_REG
MOVWF MEM_REG_TEMP
SWAPF MEM_REG_TEMP,F
SWAPF IR_REG
CALL COMPARAR
BTFSS CODE_OK
GOTO NEXT_GRUPO

```

```

INCF  ADDRS

INCF  FSR

MOVLW  (DATAREG + 0X10)

SUBWF  FSR,W

BTFSS STATUS,Z

GOTO  IR2

BTFSC CODE_OK

GOTO  ACTION

NEXT_GRUPO  DECFSZ  GRUPO

GOTO  IR1

ACTION      BTFSC CODE_OK

            BSF      IR_ON

            CALL  END_IR_IN

            BCF      IR_ON

            GOTO  RUN

;#####

REC_CODE  CALL  LAMP_OFF

            CALL  DELAY

            CALL  LAMP_ON

            CALL  DELAY

            CALL  LAMP_OFF

            CALL  DELAY

            CALL  LAMP_ON

            CALL  DELAY

            CALL  LAMP_OFF

            BCF      IR_ON          ;ANENEPTH EΞOΔOΣ

            CLRF  ADDRS

            MOVLW  0X08          ;8 ΚΑΝΑΛΙΑ(ΚΩΔΙΚΟΙ)

            MOVWF  GRUPO

PR0       MOVLW  DATAREG

```

```

MOVWF    FSR
PR1      BTFSC IR_SIGN
        GOTO PR1
        CLRF TMR0
        CALL GET_PULSE
PR2      CALL GET_PULSE
        INCF FSR
        MOVLW    (DATAREG + 0X10)
        SUBWF    FSR,W
        BTFSS STATUS,Z
        GOTO PR2
        MOVLW    DATAREG
        MOVWF    FSR
PR2A     MOVF INDF,W
        CALL WRITE
        INCF ADDR5
        INCF FSR
        MOVLW    (DATAREG + 0X10)
        SUBWF    FSR,W
        BTFSS STATUS,Z
        GOTO PR2A
        CALL DELAY
        CALL LAMP_ON
        CALL DELAY
        CALL LAMP_OFF
        CALL END_IR
        DECFSZ   GRUPO
        GOTO PR0                                ;PROGRAM NEXT CHANEL
        CALL LAMP_ON
        GOTO RUN

```

#####

```

NEXT_PUSH BSF      STOP
          BCF      BUSY
          BTFSS SENTIDO
          GOTO $+3
          BCF      SENTIDO
          RETURN
          BSF      SENTIDO
          RETURN
    
```

#####

```

BRTUP    MOVLW    MAXBRT
          SUBWF   TIME_OFF_H,W
          BTFSC  STATUS,Z
          GOTO  BRTBUT1
          MOVLW  STEP
          ADDWF  TIME_OFF_L,F
          BTFSC  STATUS,C
          INCF  TIME_OFF_H,F
          RETURN
BRTBUT1  CALL  NEXT_PUSH ; ΑΛΛΑΓΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΧΑΜΗΛΗ
          RETURN
    
```

#####

```

DIMOUT  MOVFW   MAXDIM
          SUBWF  TIME_OFF_H,W
          BTFSC  STATUS,Z
          GOTO  DIMBUT1
          MOVLW  STEP
          MOVWF  TEMP_B_L
          CLRF  TEMP_B_H
          CALL  NEG_NUM
    
```

```

MOVWF TEMP_B_L,W

ADDWF TIME_OFF_L,F ;ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΟΥ ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΥ BIT
ΤΕΡΜΑ ΔΕΞΙΑ

BTFSC STATUS,C ;ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΣΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ

INCF TIME_OFF_H,F

MOVWF TEMP_B_H,W

ADDWF TIME_OFF_H,F ;ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΟΥ ΠΙΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΥ BIT ΤΕΡΜΑ
ΑΡΙΣΤΕΡΑ

RETURN

DIMBUT1 CALL NEXT_PUSH ; ΑΛΛΑΓΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΥΨΗΛΗ

RETURN

;#####

;*****

; ΥΠΟΛΟΠΙΟΜΕΝΑ 16 BITS ( TEMP_A - CICLE -> TEMP_A )
SUBTRACT CALL NEG_NUM ; FIRST NEGATIVE THEN POSITIVE

;*****

; ΚΑΙ ΤΑ 16 BITS ( TEMP + CICLE -> TEMP )
ABSTRACT MOVWF TEMP_B_L,W

ADDWF TEMP_A_L, F ;ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΟΥ ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΥ
BIT ΤΕΡΜΑ ΔΕΞΙΑ

BTFSC STATUS,C

INCF TEMP_A_H, F

MOVWF TEMP_B_H,W

ADDWF TEMP_A_H, F ;ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΟΥ ΠΙΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΥ BIT
ΤΕΡΜΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ

RETLW 0

;*****

NEG_NUM COMF TEMP_B_L, F ; NEGATE CICLE ( -CICLE -> CICLE )

INCF TEMP_B_L, F

BTFSC STATUS,Z

DECF TEMP_B_H, F

COMF TEMP_B_H, F

```

RETLW 0

;

END