

# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα:** Μελέτη-κατασκευή αυτοκινούμενου συστήματος ενεργειακά αυτόνομου, το οποίο θα κρατάει σταθερή απόσταση από έναν κινούμενο στόχο. (Το σύστημα θα υποστηρίζεται από φωτοβολταϊκή κυψέλη που θα προσανατολίζεται αυτόματα στον ήλιο).

**Σπουδαστές:** Μίντζιας Παναγιώτης  
Σατραζέμης Νικόλαος

**Επιβλέπων καθηγητής:** Σινιόρος Παναγιώτης  
**Συνεπιβλέπων καθηγητής:** Νικολής Βασίλειος

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2012

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο την μελέτη και την κατασκευή ενός αυτοκινούμενου συστήματος ενεργειακά αυτόνομου.

Πιο συγκεκριμένα, το αυτοκινούμενο σύστημα περιλαμβάνει μία φωτοβολταϊκή κυψέλη, η οποία προσανατολίζεται αυτόματα προς τον ήλιο και ταυτόχρονα φορτίζονται οι μπαταρίες του συστήματος. Έτσι λοιπόν, εύκολα καταλαβαίνει κανείς την αναγκαιότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και τη λειτουργία ηλεκτρονικών διατάξεων για την πραγματοποίηση της κατασκευής.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες και δεν απαιτείται καμία ενεργειακή παρέμβαση για την εκμετάλλευσή τους.

Επίσης, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον και θεωρούνται η αρχή για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μία από τις εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αποτελούνται από ένα ή περισσότερα panels. Στην ουσία τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ηλεκτρονικές διατάξεις ημιαγωγών που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτεθούν στον ήλιο.

Έτσι λοιπόν, συμπεραίνει κανείς ότι η δωρεάν ενέργεια από τον ήλιο είναι και το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Από την άλλη πλευρά, το κόστος εγκατάστασής τους βρίσκεται από την απέναντι πλευρά του ζυγού, προκειμένου να εξισορροπηθεί η κατάσταση.

Όσο αφορά τώρα το κατασκευαστικό κομμάτι της εργασίας, πρέπει να καταλάβει ο αναγνώστης ότι η κατασκευή του συστήματος προκειμένου να πραγματοποιηθεί χρειάστηκε ο συνδυασμός ηλεκτρονικών διατάξεων, έτσι ώστε να γίνεται πρώτα ο έλεγχος της εντολής και στη συνέχεια η εκτέλεσή της.

Οι συνδυασμοί αυτών των ηλεκτρονικών διατάξεων αλλά και οι τρόποι κατασκευή τους ήταν αρκετοί, αλλά επιλέχθηκε ο πιο οικονομικός τρόπος και αξιόπιστος.

Η ηλεκτρονική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε, προκειμένου το panel να προσανατολίζεται αυτόματα προς τον ήλιο, κατασκευάστηκε από τελεστικούς ενισχυτές, φωτοαντιστάσεις σαν αισθητήρια ελέγχου του μέγιστου φωτισμού και μαγνητικούς διακόπτες. Στην συνέχεια, η γέφυρα (H) σαν μονάδα ισχύος δίνει την κατάλληλη τάση πολικότητας στον κινητήρα και τελικά ο τελευταίος έρχεται σε μία καινούργια θέση ισορροπίας προς το μέγιστο φωτισμό.

Επιπλέον, κάθε σύστημα ελέγχου έχει έναν ελεγκτή, ο οποίος παρακολουθεί την κατάσταση του ελεγχόμενου συστήματος και εκδίδει τις κατάλληλες εντολές για τα ελεγχόμενα μέρη είτε αυτά είναι μηχανικά είτε είναι ηλεκτρικά. Τέτοιοι ελεγκτές είναι οι αισθητήρες, οι οποίοι είναι συστήματα που μας επιτρέπουν να μετράμε φυσικά μεγέθη. Ακόμα, να τονιστεί ότι οι αισθητήρες εμφανίζουν το μετρούμενο αποτέλεσμα στην έξοδό τους με διάφορους τρόπους, οι οποίοι αναφέρονται αναλυτικά στην συνέχεια.

Τέλος, μελετήσαμε ένα ηλεκτρονικό σύστημα που δίνει τη δυνατότητα στο αυτοκινούμενο σύστημα να έχει αισθητήρες ελέγχου – κίνησης, προκειμένου να ελέγχει και να κρατάει σταθερή απόσταση από έναν κινούμενο στόχο. Παρόλο αυτά, αυτό το ηλεκτρονικό σύστημα δεν το υλοποιήσαμε, λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής του.

Οι αισθητήρες, όμως, κάνουν την εμφάνισή τους σαν μαγνητικές επαφές, οι οποίες σταματάνε την περιστροφή του panel, όταν το τελευταίο προσπαθώντας να προσανατολιστεί στον ήλιο περάσει τα απαγορευτικά σημεία, με αποτέλεσμα να κόψει τα καλώδια.

Κλείνοντας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή ηλεκτρονικών του τμήματος ηλεκτρολογίας, Νικολή Βασίλειο για την πολύτιμη βοήθειά του.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Φωτοβολταϊκά συστήματα

1.1 Ήπιες μορφές ενέργειας.....	5
1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα (ανάλυση).....	7
1.2.1 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα.....	12
1.2.2 Βαθμός απόδοσης.....	13
1.3 Κίνητρα και νομοθεσία.....	14

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Ταλαντωτής θέρμης

2.1 Ιστορική αναδρομή.....	16
2.2 Αρχή λειτουργίας του ταλαντωτή Theremin.....	17
2.3 Διακόπτης προσέγγισης με τον ταλαντωτή Theremin.....	24

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Αισθητήρες ελέγχου απόστασης

3.1 Σύστημα ελέγχου.....	30
3.2 Αισθητήρες.....	31
3.2.1 Έξοδοι με τρανζίστορ.....	32
3.2.2 Αναλογικές έξοδοι και μετατροπείς ADC.....	33
3.2.3 Έξοδοι συχνότητας.....	33
3.3 Αισθητήρες PIR.....	34

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **Μετάδοση ασύρματης μετάδοσης**

4.1 Γενικά.....	41
4.2 Τρόποι αμφίδρομης μετάδοσης.....	43
4.3 Αντιμετώπιση παρεμβολών.....	45
4.3.1 Τεχνικές Spread Spectrum.....	46

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **Περιγραφή συστήματος**

5.1 Τελεστικοί ενισχυτές σε γραμμική & μη γραμμική λειτουργία..	47
5.2 Συγκριτής τάσης.....	51
5.3 Σύστημα αυτόματου προσανατολισμού.....	52

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### 1.1 Ήπιες μορφές ενέργειας

Σε αυτό το κεφαλαίο θα ασχοληθούμε και θα αναπτύξουμε το θέμα των ήπιων μορφών ενέργειας και πιο συγκεκριμένα θα αναλύσουμε τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας.

Στην αρχή ξεκίνησαν ως πειραματικές εφαρμογές, αλλά σήμερα λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια. Θετικό στοιχείο για την παραπέρα αξιοποίησή τους είναι το κόστος των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας, το οποίο ελαττώνεται τα τελευταία χρόνια και μάλιστα η αιολική, η υδροηλεκτρική ενέργεια καθώς και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως για παράδειγμα ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος "ήπιες" αναφέρεται σε δύο βασικά χαρακτηριστικά τους.

Καταρχήν, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως κυρίως γίνεται με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για "καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεδμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Έτσι λοιπόν, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας, η Γη.

Γενικά, ως ανανεώσιμες πηγές θεωρούνται οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας, όπως για παράδειγμα του πετρελαίου ή του άνθρακα.

Ο χαρακτηρισμός “ανανεώσιμες” είναι κατά κάποιο τρόπο καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιατών. Σε κάθε περίπτωση οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Πλέον στην εποχή μας, από την Ευρωπαϊκή ένωση, αλλά και από άλλα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ’ ουσίαν στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης και την ενέργεια από τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια.

Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται από τη θέρμανση του αέρα, ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης – συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του.

Από την άλλη πλευρά, η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

Ειδικά στην Ελλάδα, η οποία έχει μορφολογία και κλίμα κατάλληλο για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας και συγκεκριμένα στα νησιά και γενικότερα σε απομακρυσμένες επαρχιακές περιοχές, όπου αντιμετωπίζουν και τα μεγαλύτερα προβλήματα.

## 1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα (ανάλυση)

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα οποία κινούν τεράστιο ενδιαφέρον από όλα τα αναπτυσσόμενα κράτη.

Η ονομασία φωτοβολταϊκά είναι σύνθετη λέξη και προέρχεται από την λέξη φως και την μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης, το volt.

Πιο συγκεκριμένα, ο ήλιος παράγει ενέργεια μεγαλύτερη κατά 1500 φορές από την ενέργεια που καταναλώνουμε σε ολόκληρη τη Γη κάθε χρόνο. Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται στη Γη με μορφή μικρών σωματιδίων, τα λεγόμενα φωτόνια.

Τα φωτόνια συνθέτουν το ηλιακό φως και ταξιδεύουν με ταχύτητα 380.000 km/sec. Δηλαδή, το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα panel ή πλαίσια ή κρύσταλλα, όπως λέγονται στο εμπόριο, φωτοβολταϊκών στοιχείων ή κυψελών ή κυττάρων, μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή.

Στην ουσία τα φωτοβολταϊκά είναι ηλεκτρονικές διατάξεις ημιαγωγών που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτεθούν στην ακτινοβολία φωτονίων του ήλιου.

Οι ηλεκτρονικές διατάξεις πυριτίου (Si) ενός ή περισσότερων επιπέδων που παράγουν ρεύμα όταν εκτεθούν στο ηλιακό φως, ονομάζονται φωτοδίοδοι.

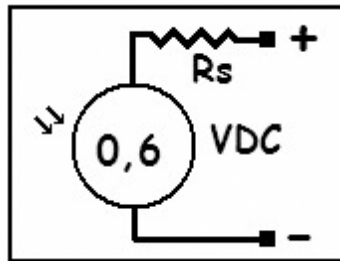
Επίσης, είναι γνωστό ότι κάθε άτομο πυριτίου διαθέτει στην εξωτερική του στοιβάδα τέσσερα ηλεκτρόνια. Έτσι λοιπόν, όταν τα εκπεμπόμενα από τον ήλιο φωτόνια συγκρουστούν με τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας του ατόμου του πυριτίου, τα ηλεκτρόνια που συγκρούστηκαν με τα φωτόνια αποκτούν περισσότερη ενέργεια. Όταν η προσαυξημένη ενέργεια από την σύγκρουση αυτή ξεπεράσει



ένα καθορισμένο επίπεδο, τότε το ηλεκτρόνιο αυτό αποχωρίζεται από το άτομο του πυριτίου και είναι ικανό να μεταβιβάσει ρεύμα. Με αυτό τον τρόπο η φωτοδιόδος αποκτά θετικό φορτίο και ελευθερώνει ένα ηλεκτρόνιο.

Η κατάλληλη σύνδεση πολλών φωτοδίοδων μαζί αποτελούν την φωτοβολταϊκή κυψέλη που παράγει ηλεκτρισμό συνεχούς τάσης 0,6 V και ρεύματος 0,146A.

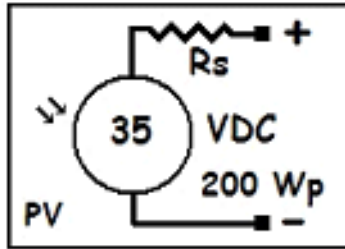
Η φωτοβολταϊκή κυψέλη διεθνώς ονομάζεται Photovoltaic Cells (PV Cells). Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα πλήθος κατάλληλα συναρμολογημένων φωτοδίοδων απλής ή διπλής επαφής (P-N) με μεγάλο ενεργειακό διάκενο που δημιουργεί ροή ηλεκτρονίων όταν δεχθεί φως. Στο σχήμα 1 φαίνεται η σχηματική παράσταση της φωτοβολταϊκής κυψέλης 0,6V DC.



Σχήμα 1.1: Σχηματική παράσταση φωτοβολταϊκής κυψέλης 0,6 V DC

Πολλές φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούν τον φωτοβολταϊκό συλλέκτη, ο οποίος έχει την ένδειξη της ονομαστικής του ισχύος σε  $W_p$  και την τάση εξόδου. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η σχηματική παράσταση του φωτοβολταϊκού συλλέκτη 200  $W_p$ , 35V DC.

Τέλος, όταν πολλοί συλλέκτες συναρμολογούμενοι καταλλήλως αποδίδουν μεγάλα μεγέθη ενέργειας.



Σχήμα 1.2: Σχηματική παράσταση του φωτοβολταϊκού συλλέκτη 200 Wp 35 V DC

Αξίζει να αναφερθεί ότι στην εποχή μας το πυρίτιο αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών και για την δημιουργία τους χρησιμοποιούνται δύο τύποι πυριτίου, το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο.

Το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολύκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής ( κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις και άλλα ), ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Επίσης, εκτός από το πυρίτιο χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όπως το κάδμιο-τελλούριο ( CdTe ) και ο ινδοδισεληνιούχος χαλκός. Σε αυτές τις καταστάσεις, η μορφή του στοιχείου διαφέρει σημαντικά από αυτή του κρυσταλλικού πυριτίου, και έχει συνήθως τη μορφή λωρίδας πλάτους μερικών χιλιοστών και μήκους αρκετών εκατοστών.

Τα panel συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από δύο έως και αρκετές εκατοντάδες φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

Η κατασκευή μιας γεννήτριας κρυσταλλικού πυριτίου μπορεί να γίνει και από ερασιτέχνες, μετά από την προμήθεια των στοιχείων. Βέβαια, το κόστος είναι απίθανο να είναι χαμηλότερο από την αγορά έτοιμης γεννήτριας, καθώς η προμήθεια ποιοτικών στοιχείων είναι πολύ δύσκολη.

Στο εμπόριο διατίθενται φωτοβολταϊκά panel σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν. Έτσι, ένα panel 36

κυψελών μπορεί να έχει ονομαστική ισχύ 70-85 Watt (W), ενώ μεγαλύτερα panel μπορεί να φτάσουν και τα 200 W ή και παραπάνω.

Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι ο ήλιος εκπέμπει στη Γη 1 KW/m<sup>2</sup>, αλλά με την σημερινή τεχνολογία των φωτοβολταϊκών δεν μπορεί να αποδοθεί ενέργεια μεγαλύτερη του 40%. Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά με σύγχρονη τεχνολογία χαμηλού κόστους κυμαίνεται από 10-18%.

Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε. Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες για κάθε kwρ εγκατεστημένης ισχύος ανάλογα με την τεχνολογία των συλλεκτών και την ενεργειακή μελέτη που θα χρησιμοποιηθούν καταλαμβάνουν έκταση 8-10 m<sup>2</sup>.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για αυτό το λόγο οι πρώτες χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές συνεχούς τάσης, με κλασικά παραδείγματα τον υπολογιστή τσέπης και τους δορυφόρους.

Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές, οι οποίες ονομάζονται inverters. Τα inverters μετατρέπουν τη συνεχή τάση μιας πηγής συνεχούς ρεύματος, σε εναλλασσόμενη τάση, ορισμένης ενεργού τιμής και συχνότητας.

Με αυτό τον τρόπο, το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση, όπως για παράδειγμα μια κατοικία, ένα σκάφος, ένα θερμοκήπιο, ακόμα και μια μονάδα παραγωγής, που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος.

Έτσι λοιπόν, σκοπός ενός τέτοιου συστήματος είναι να παρέχει ρεύμα χρησιμοποιώντας ενέργεια από τον ήλιο, χωρίς εξάρτηση από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν λογαριασμοί, πάγια, κόστος μεταφοράς (ρολόι), παρά μόνο δωρεάν ενέργεια από τον ήλιο. Ένα τέτοιο σύστημα είναι ιδανικό για απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει τρόπος σύνδεσης με το δίκτυο.

Το σύστημα απαιτεί και την ύπαρξη μονάδας αποθήκευσης για την συνεχή λειτουργία του κατά τις νυχτερινές ώρες ή ώρες συννεφιάς. Η συντήρηση που απαιτείται είναι μηδαμινή και αφορά κυρίως ένα περιοδικό καθαρισμό των επιφανειών των ηλιακών συλλεκτών και τον έλεγχο των συσσωρευτών.

Τα αυτόνομα συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Συστήματα μικρής ισχύος
- Υβριδικά συστήματα

Τα συστήματα μικρής ισχύος εγκαθίστανται συνήθως σε κτίρια που διαθέτουν ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα.

Χρησιμοποιούνται συχνά για τη λειτουργία αντλιών ή ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Έχουν ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος, ο οποίος διακόπτει τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί και δεν απαιτούν την χρήση των συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας.

Βέβαια, σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελούνται από ένα μόνο φωτοβολταϊκό πλαίσιο, το οποίο τροφοδοτεί έναν μικρό ανεμιστήρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τον χειμώνα να χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο δίκτυο ή τον αερισμό των υπερθερμαινόμενων χωρών το καλοκαίρι.

Τα υβριδικά συστήματα είναι συνδυασμός φωτοβολταϊκού συστήματος με γεννήτρια πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος – H/Z).

Κυρίως απευθύνονται σε μεγάλες οικιακές ή επαγγελματικές εφαρμογές. Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ενεργοποιείται αυτόματα σε έκτατες περιπτώσεις για να υποβοηθήσει το φωτοβολταϊκό σύστημα. Αν το υβριδικό σύστημα είναι σε συνδυασμό με το κεντρικό δίκτυο, τότε το τελευταίο χρησιμοποιείται ως εφεδρική πηγή σε περίπτωση ανάγκης. Κυρίως χρησιμοποιούνται για την αδιάλειπτη λειτουργία στρατηγικής σημασίας ηλεκτρικών φορτίων ή ευαίσθητων φορτίων σε περιοχές όπου το κεντρικό δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα, όπως για παράδειγμα διακοπές ή μεταβολές της τάσης.

Τέλος, το υβριδικό σύστημα είναι αυτόνομο και αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία που λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας, όπως για παράδειγμα σε συνδυασμό με μια γεννήτρια πετρελαίου ή με μια ανεμογεννήτρια.

## 1.2.1 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να καταλογίσει κανείς στα φωτοβολταϊκά συστήματα το κόστος τους, το οποίο παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 6000 ευρώ ανά εγκατεστημένο kW ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 kW, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο.

Ωστόσο, το ποσό αυτό μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου πέντε με έξι χρόνια και το φωτοβολταϊκό σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα είκοσι πέντε χρόνια.

Παρόλο αυτά, τα πλεονεκτήματα είναι πολλά και το ευρύ κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και περισσότερο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα φωτοβολταϊκά συστήματα ειδικότερα για την κάλυψη ή την συμπλήρωση των ενεργειακών του αναγκών.

Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι τα εξής:

- Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα.
- Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή, κοντά στους αντίστοιχους καταναλωτές ενέργειας, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής.
- Η λειτουργία του συστήματος είναι εντελώς αθόρυβη.
- Έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, με δεδομένο ότι οι κατασκευαστές εγγυώνται τα κρύσταλλα για είκοσι με τριάντα χρόνια λειτουργίας.
- Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών.
- Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως για παράδειγμα η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτηρίου.
- Τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.

- Το Φ/Β σύστημα μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης, καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου, όπως ήδη γίνεται στο Φράιμπουργκ της Γερμανίας.

## 1.2.2 Βαθμός απόδοσης

Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τα οποία σχεδιάστηκαν τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, δεν είχαν παραπάνω από 1-2% απόδοση. Το 1954 τα εργαστήρια Bell Laboratories δημιούργησαν τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου με απόδοση 6%. Στην πάροδο του χρόνου όλο και αυξανόταν ο βαθμός απόδοσης. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η αύξηση της απόδοσης, έστω και κατά μια ποσοστιαία μονάδα, θεωρείται επίτευγμα στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών.

Στην εποχή μας ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βρίσκεται στο 13-19%. Δυστυχώς όμως, συγκριτικά με την απόδοση ενός άλλου συστήματος, όπως για παράδειγμα του αιολικού ή του υδροηλεκτρικού παραμένει αρκετά χαμηλός.

Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε ηλιοστάτη. Φυσικά, οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400 μέχρι 1800 kWh.

### 1.3 Κίνητρα και νομοθεσία

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο για το 2020, το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Ως προς την ηλιοθερμική ενέργεια η Ελλάδα ήταν πρωτοπόρος χώρα τις τελευταίες δεκαετίες στην Ευρώπη με περίπου ένα εκατομμύριο εγκατεστημένους ηλιακούς θερμοσίφωνες, οι οποίοι συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας το ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό. Απομένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι προϋποθέσεις μάλιστα για τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ακόμα καλύτερες, αφού τα τελευταία παρουσιάζουν την μέγιστη παραγωγή ακριβώς εκείνες τις ώρες της ημέρας που η κατανάλωση, δηλαδή η ζήτηση, φτάνει στο μέγιστο και η Δ.Ε.Η ζητά από τους καταναλωτές να περιορίσουν την ζήτηση ή μερικές φορές αναγκάζεται να κάνει περικοπές, δηλαδή ελεγχόμενη συσκότιση.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιδοτούνται από το ελληνικό κράτος μέσω του επενδυτικού νόμου Ν.3522/06 και του αναπτυξιακού νόμου Ν.3299/04 για επενδυτές μεσαίας και μεγάλης κλίμακας. Αυτή η επιδότηση αγοράς εξοπλισμού μπορεί να φτάσει έως και 40%, ανάλογα με την περιοχή της εγκατάστασης και τα επιχειρηματικά κριτήρια που ικανοποιούνται.

Στη συνέχεια και με βάση το νόμο Ν.3468/08 για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ο επενδυτής συνάπτει δεκαετές συμβόλαιο, με μονομερή δυνατότητα ανανέωσης της σύμβασης από την πλευρά του επενδυτή για ακόμη δέκα χρόνια, για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει στον Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.) για τις διασυνδεδεμένες περιοχές, ή απευθείας στη Δ.Ε.Η για τις μη διασυνδεδεμένες περιοχές.

Η τιμή πώλησης κυμαίνεται από 0,40 έως 0,50 ευρώ ανά κιλοβατώρα (kWh) ανάλογα με το μέγεθος και την περιοχή της εγκατάστασης. Επίσης, ο ιδιώτης μπορεί να επωφεληθεί του νόμου Ν.3468/06, πουλώντας την πλεονάζουσα ενέργεια που διαθέτει στις ίδιες ανταγωνιστικές τιμές, με επιπλέον όφελος φοροελάφρυνση έως και 700 ευρώ.

Αυτά τα κίνητρα έχουν ήδη δείξει τα πρώτα αποτελέσματα και πλέον βλέπουμε τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων σε πολλές

περιοχές της χώρας, καθώς και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε καινούργια ή και παλιότερα σπίτια. Με την τρέχουσα νομοθεσία η ελληνική πολιτεία στοχεύει στην δημιουργία μεγάλων έως και πολύ μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων, σε αντίθεση με άλλες χώρες, όπως για παράδειγμα η Γερμανία, η οποία στοχεύει στην ανάπτυξη πολλών μικρών συστημάτων.

Τέλος, να αναφερθεί ότι η Ευρωπαϊκή νομοθεσία είναι αντίστοιχη με την ελληνική. Πολλές πόλεις χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν παράσχει ανάλογα κίνητρα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών τόσο σε οικιακές όσο και σε εταιρικές εγκαταστάσεις. Μάλιστα, η πόλη με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην Γερμανία, το Φράιμπουργκ διατηρώντας τον τίτλο της "πράσινης πόλης" ανακοίνωσε την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε οικίες και δημόσια κτίρια, ενώ τον Οκτώβριο του 2008 φιλοξένησε το διεθνές συνέδριο για τα φωτοβολταϊκά.

Οι οικιακοί καταναλωτές στην πόλη πωλούν τα ποσά ενέργειας που περισσεύουν στον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας.

Επίσης, παρόμοιες προσπάθειες γίνονται στην Νότια Γαλλία και στην Ιταλία, καθώς αυτές οι περιοχές πλεονεκτούν από την άποψη ημερήσιας ηλιοφάνειας.

Ωστόσο, προσδοκείται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και σε βορειότερες περιοχές, ιδιαίτερα όταν βελτιωθεί ο συντελεστής απόδοσής τους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΘΕΡΜΗΣ

### 2.1 Ιστορική αναδρομή

Η αρχή των ετεροδυναμικών ταλαντωτών ανακαλύφθηκε τυχαία στις πρώτες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα από μηχανικούς, οι οποίοι πειραματίζονταν με καθοδικές λυχνίες κενού. Οι μουσικές δυνατότητες της αρχής αυτής, παρατηρήθηκαν από αρκετούς μηχανικούς, όπως οι Maurice Martenot, Nikolay Obukhov, Armand Givelet και Leon Sergeivitch Termen.

Ο Termen σε ηλικία πέντε χρονών μαθαίνοντας τσέλο, κατάλαβε για πρώτη φορά ότι η μουσική έκφραση του μυαλού εμποδίζεται από την μηχανική – μυϊκή μάθηση των χεριών. Πιο επιστημονικά αυτό σημαίνει ότι η μικρή απόσταση ανάμεσα στις λυχνίες κενού και το ανθρώπινο σώμα δημιουργεί διακυμάνσεις στην συχνότητα, λόγω της αγωγιμότητας του σώματος.

Το 1917 ο Leon Termen συνειδητοποίησε ότι, αντί να αποτελεί πρόβλημα, η ανθρώπινη αγωγιμότητα μπορεί να αποτελέσει μηχανισμό ελέγχου για ένα όργανο και συνεπώς να απελευθερώσει τον δημιουργό από τα κλαβιέ και την προκαθορισμένη τονικότητα.

Έτσι λοιπόν, κατασκεύασε την πρώτη του μηχανή, η οποία ονομάστηκε "Theremin", συνδυασμός από το όνομά του και την λέξη "Aetherophone" και είναι το πρώτο όργανο που εκμεταλλεύεται την ετεροδυναμική αρχή.

Στο πρωτότυπο η ένταση ρυθμιζόταν με ένα πετάλι ποδιού και η τονικότητα με έναν μηχανισμό με διακόπτη. Στο μοντέλο παραγωγής του 1920 υπήρχε μια κεραία και ένας οριζόντιος μεταλλικός βρόχος. Το όργανο παίζεται κινώντας το ένα χέρι κατά μήκος της κεραίας για την τονικότητα και το άλλο κατά μήκος του βρόχου για την ένταση. Το αποτέλεσμα είναι ένας μονοφωνικός συνεχής ήχος που διαμορφώνεται από τον εκτελεστή.

Στην ουσία, αυτό το αποτέλεσμα δημιουργείται από δύο ηχητικά ραδιοκύματα υψηλών συχνοτήτων, των οποίων η διαφορά τους δημιουργεί ένα τρίτο κύμα ίσης συχνότητας με την διαφορά (περίπου 20 Hz με 20000 Hz.).

Η χροιά του οργάνου είναι σταθερή και θυμίζει ήχο βιολιού. Ο ήχος παράγεται άμεσα από τον ετεροδυναμικό συνδυασμό δύο ταλαντωτών, ενός που λειτουργεί σε σταθερή συχνότητα και ενός άλλου που μεταβάλλεται.

Αυτή η μεταβολή εξαρτάται από την απόσταση του χεριού του μουσικού από την κεραία και παράγει τον ήχο.

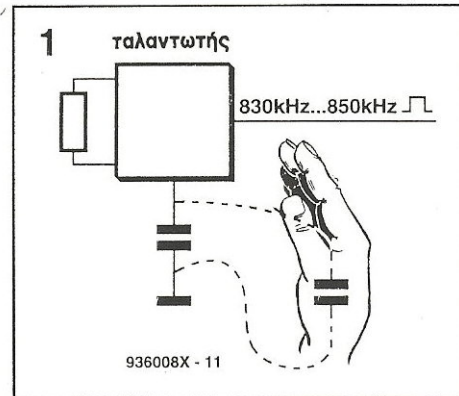
Ο πεπειραμένος παίκτης μπορεί με την κατάλληλη δεξιολογική χειρονομία να πετύχει τον τόνο που θέλει. Στη δεκαετία του '20, ορισμένοι μουσικοί έγιναν μοναδικοί εκτελεστές αυτού του οργάνου, με απαιτήσεις όχι μόνο για αίθουσες συναυλιών, αλλά κατάλληλες και για μουσικές παραγωγές δίσκων και ταινιών.

Λαμβάνοντας αυτά υπ' όψιν η Techno-Freaks, ξαναθυμήθηκε το παλαιό καλό της αναλογικό συνθεσάιζερ με τους ελεγχόμενους από τάση ταλαντωτές της που θα μπορούσαν να συνδυαστούν με τον ταλαντωτή που ενεργοποιείται άμεσα από το χέρι ή το σώμα.

Τέλος, το 1954 οι ετεροδυναμικοί ταλαντωτές έγιναν η καθιερωμένη μέθοδος παραγωγής ηλεκτρονικής μουσικής μέχρι την εφεύρεση των τρανζίστορ την δεκαετία του '60. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το Theremin έγινε γνωστό ως οικιακό όργανο, αντικαταστάτης των έγχορδων και χρησιμοποιήθηκε κυρίως ως καινοτομία παρά ως "σοβαρό" όργανο.

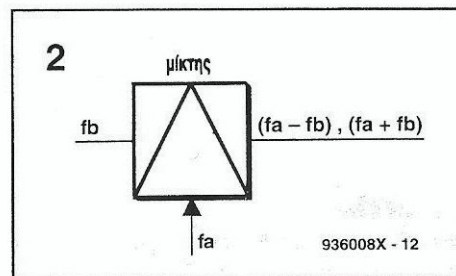
## **2.2 Αρχή λειτουργίας του ταλαντωτή Theremin**

Η αρχή λειτουργίας με το χέρι παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Σε κάθε ταλαντωτή υπάρχει μία χωρητικότητα που καθορίζει μαζί με άλλα την συχνότητα ταλαντώσεων. Δηλαδή, όταν πλησιάζει ένα χέρι κοντά στο κύκλωμα δημιουργείται μια παράλληλη χωρητικότητα που αποσυντονίζει τον ταλαντωτή.



Σχήμα 2.1: Ένα χέρι κοντά στον ταλαντωτή παρουσιάζει μια παράλληλη χωρητικότητα, που συντονίζει τον ταλαντωτή.

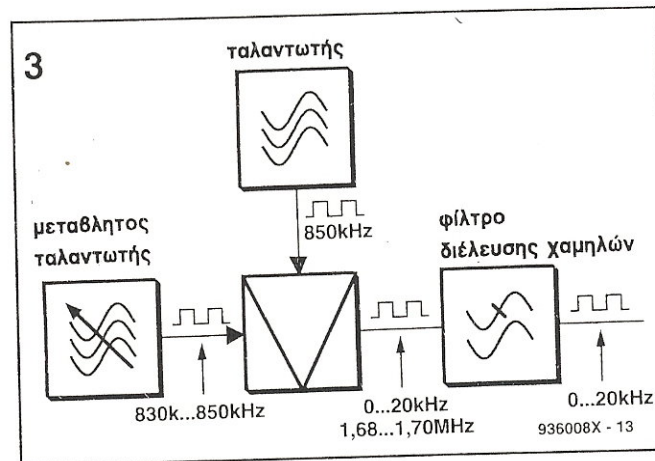
Επειδή, αυτή η παράλληλη χωρητικότητα είναι πολύ μικρή, μόνο σε πολύ υψηλές συχνότητες, γίνεται αισθητή η επίδρασή της. Ένας ταλαντωτής ακουστικής συχνότητας ακόμα και με την επαφή του χεριού δεν εμφανίζει ουσιαστικό αποσυντονισμό. Για αυτό το λόγο, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2, η συχνότητα εξόδου καθορίστηκε μεταξύ 830 και 850 KHz. Σε αυτή τη συχνότητα μπορεί εύκολα να αποσυντονιστεί με χωρητικότητα του χεριού ο ταλαντωτής του κυκλώματος.



Σχήμα 2.2: Κατά την μίξη δύο σημάτων HF παράγονται από το γινόμενο μίξεων, δύο συχνότητες που έχουν συχνότητα το άθροισμα και τη διαφορά των εισερχόμενων συχνοτήτων.

Σε αυτή τη περίπτωση το πρόβλημα είναι ότι η συχνότητα δεν είναι ακουστή ακόμα και από τις νυχτερίδες, επειδή είναι πολύ υψηλή. Όταν όμως το σήμα του ταλαντωτή που αναφέραμε το αναμείξουμε με έναν άλλο δεύτερο ταλαντωτή σταθερής συχνότητας, μπορεί με κατάλληλη επιλογή της συχνότητας να φθάσουμε σε ένα ακουστικό σήμα.

Στο σχήμα 2.3 φαίνονται και οι δύο ταλαντωτές, ο μείκτης και ένα φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων που ακολουθεί. Επίσης, φαίνεται ότι η συχνότητα του σταθερού ταλαντωτή ορίστηκε στα 850 KHz. Από την έξοδο του μείκτη λαμβάνεται το άθροισμα και η διαφορά συχνότητας των σημάτων εισόδου. Επειδή και οι δύο ταλαντωτές παράγουν ορθογώνια σήματα 5V, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μείκτης μία πύλη EXOR. Το φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων πίσω από το μείκτη φιλτράρει το παραγόμενο αποτέλεσμα υψηλής συχνότητας (άθροισμα σημάτων) και επιτρέπει στην έξοδο να υπάρχουν σήματα της ακουστικής περιοχής μέχρι 20 KHz.



Σχήμα 2.3: Το δομικό διάγραμμα παρουσιάζει δύο ταλαντωτές, ένα μείκτη και ένα φίλτρο διελεύσεως χαμηλών συχνοτήτων.

Το κύκλωμα του σχήματος 2.4 πραγματοποιείται με τρία ολοκληρωμένα κυκλώματα. Και για τους δύο ταλαντωτές χρησιμοποιήθηκε μία έκδοση του ολοκληρωμένου TCL 555 σε CMOS. Χρησιμοποιήθηκε το χρονοκύκλωμα 555, επειδή έχει στον κλάδο RC πολύ υψηλή αντίσταση και πολύ χαμηλή κατανάλωση στην περίπτωση που θα λειτουργούσε με μπαταρία. Για τον μείκτη αρκεί μία και μόνο πύλη EXOR. Επειδή οι πύλες EXOR υπάρχουν σε πακέτα των τεσσάρων πυλών, οι τρεις πύλες παραμένουν αχρησιμοποίητες. Το IC3 του κυκλώματος δεν είναι EXOR αλλά EXNOR.

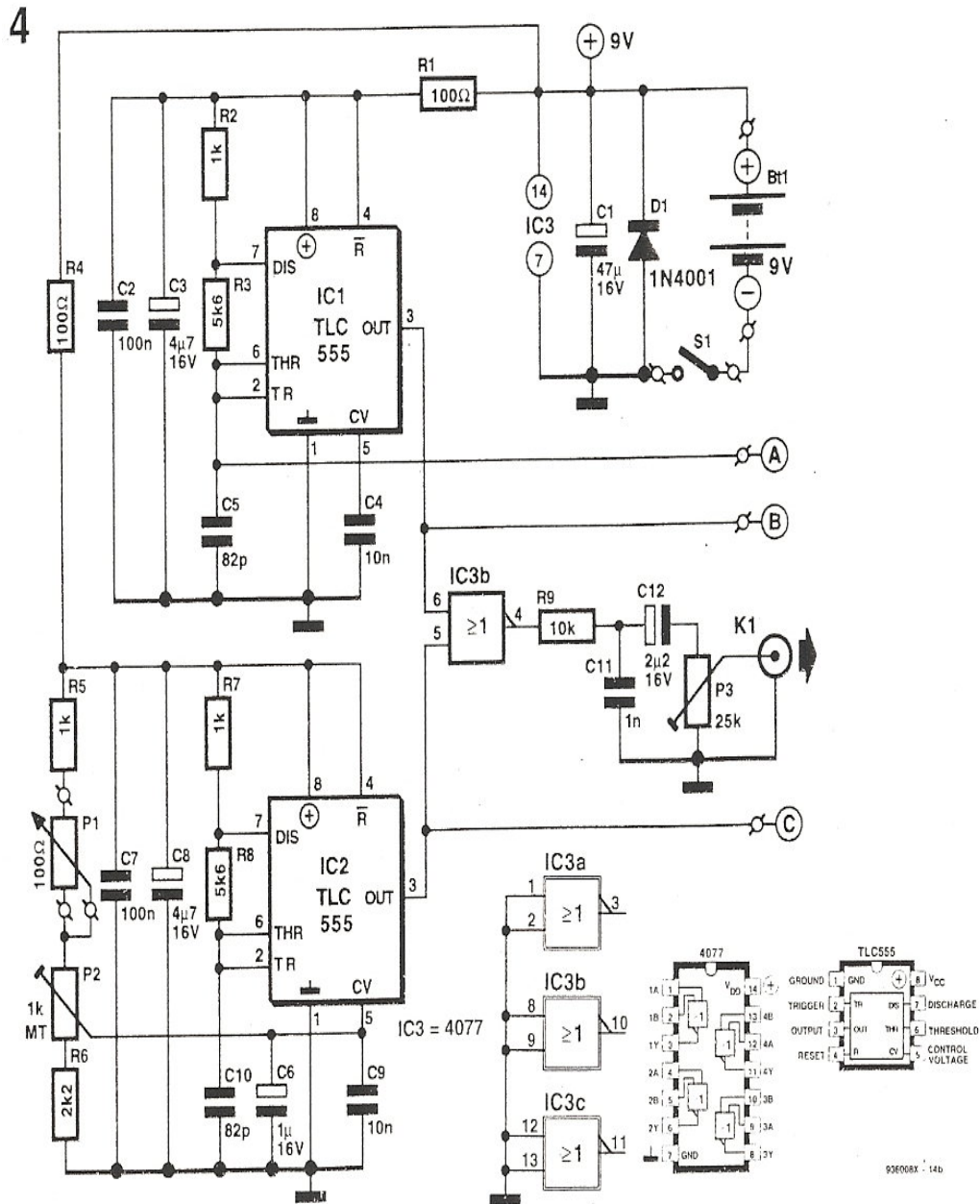
Αυτό σημαίνει πως το σήμα που συνδέεται στην EXOR, αντιστρέφεται στην έξοδό του. Βέβαια, αυτό δεν επηρεάζει καθόλου την συχνότητα λειτουργίας του κυκλώματος και άρα δεν παίζει ρόλο όταν λειτουργεί στο σύστημα σαν μείκτης.

Φυσικά, για να έχει ακρίβεια ο τονισμός του ήχου, η συχνότητα του αλλάζει στον ταλαντωτή του IC2 με το ποτενσιόμετρο P1. Η περιοχή ρύθμισης διαλέχτηκε, έτσι ώστε η συχνότητα εξόδου να είναι μηδέν χωρίς την επίδραση του χεριού.

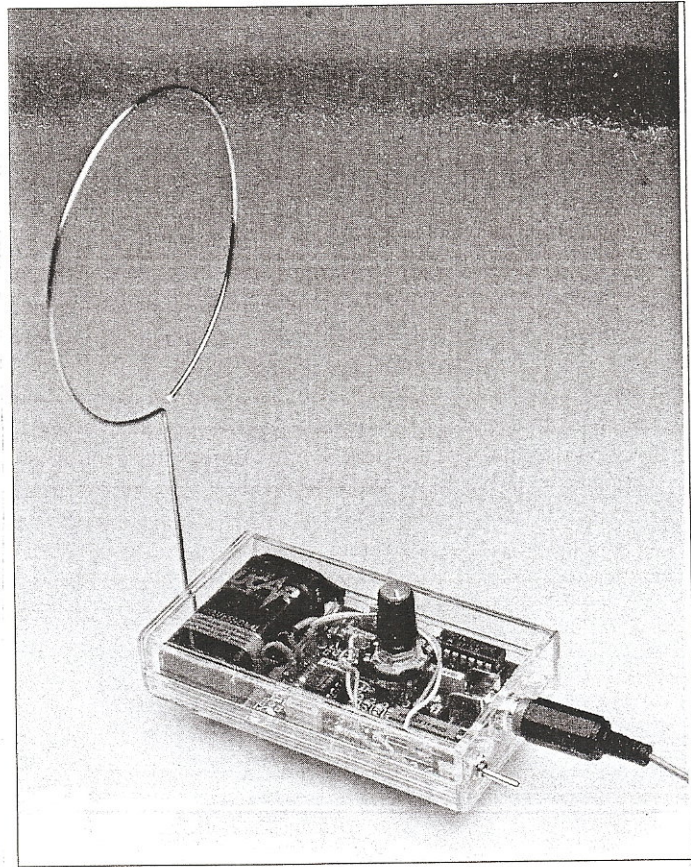
Ο πυκνωτής που καθορίζει τη συχνότητα C5 του IC1 στο σημείο "Α" συνδέεται με ένα αισθητήριο σύρμα διαμορφωμένο σε κύκλο για να έχει μεγαλύτερη επίδραση στο πλησίασμα του χεριού.

Το φίλτρο διελεύσεως χαμηλών συχνοτήτων πίσω από την πύλη μείξης IC36 αποτελείται από μία απλή βαθμίδα RC με τα R9/C11, C12 που ενεργούν σαν ένας πυκνωτής ζεύξεως για να παρέχει μία έξοδο χωρίς συνεχή συνιστώσα.

Με τον τρόπο αυτό μπορεί να συνδεθεί το σύστημα σε οποιοδήποτε ενισχυτή ή κατ' ευθείαν σε μία τελική βαθμίδα ολοκληρωμένου κυκλώματος. Με το ποτενσιόμετρο P3 ρυθμίζεται η στάθμη εξόδου.



Σχήμα 2.4: Οι δύο ταλαντωτές πραγματοποιούνται με το ολοκληρωμένο χρονισμό. Για μείκτης μια πύλη EXNOR και το φίλτρο διελεύσεως χαμηλών συχνοτήτων που αποτελείται από μία απλή μονάδα RC.



*Σχήμα 2.5: Σαν αισθητήριο του διακόπτη προσέγγισης χρησιμεύει ένα κυκλικό σύρμα.*

Στην πλακέτα του σχήματος 2.6α φαίνεται ότι για την έξοδο του ήχου έχει τοποθετηθεί ένας συνδετήρας RCA. Σχεδόν πάντα στα τυπωμένα κυκλώματα μιας όψης, υπάρχουν μικρές γέφυρες από σύρμα που κατά την συναρμολόγηση δεν πρέπει να παραβλέπεται η τοποθέτησή τους. Η αριστερή πλευρά της πλακέτας βρίσκεται κοντά στους ακροδέκτες της μπαταρίας και του διακόπτη το σημείο A, στο οποίο συνδέεται το αισθητήριο σύρμα.

Το σύρμα που χρησιμοποιήθηκε στην δοκιμαστική κατασκευή μήκους, περίπου 25cm έδωσε μια ευαίσθησια λειτουργία από απόσταση 30cm. Φυσικά, αντί για σύρμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεταλλική ταινία. Κατά τον τρόπο αυτό μπορεί στο κύκλωμα να χρησιμοποιηθεί ένα περίβλημα τυμπανοειδές, όπου οι δύο του

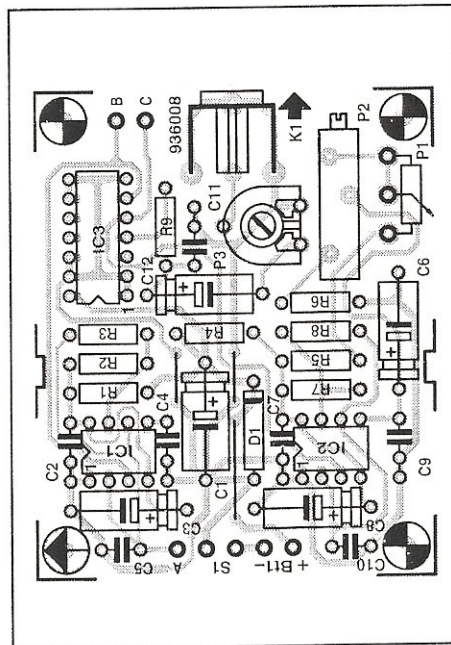


επιφάνειες θα χρησιμοποιηθούν σαν αισθητήριες και στην συνέχεια θα συνδεθούν με το σημείο A του τυπωμένου κυκλώματος.

Κατά τη διάρκεια της ρύθμισης πρέπει να είναι συνδεδεμένα τα αισθητήρια (αισθητήριο σύρμα ή επιφάνειες), αλλά θα πρέπει και η απόσταση του ανθρώπινου σώματος και αισθητηρίου να είναι περισσότερο από 40cm. Το ποτενσιόμετρο P1 μπορεί να συνδεθεί και με μακρύτερα σύρματα, αφού όμως πρώτα τοποθετηθεί σε μία μέση τιμή. Το ποτενσιόμετρο P2 τότε θα ρυθμιστεί έτσι, ώστε το σήμα εξόδου να γίνει μηδέν. Το P1 θα μετατοπισθεί λίγο μέχρι να ακουστεί ένας χαμηλός τόνος.

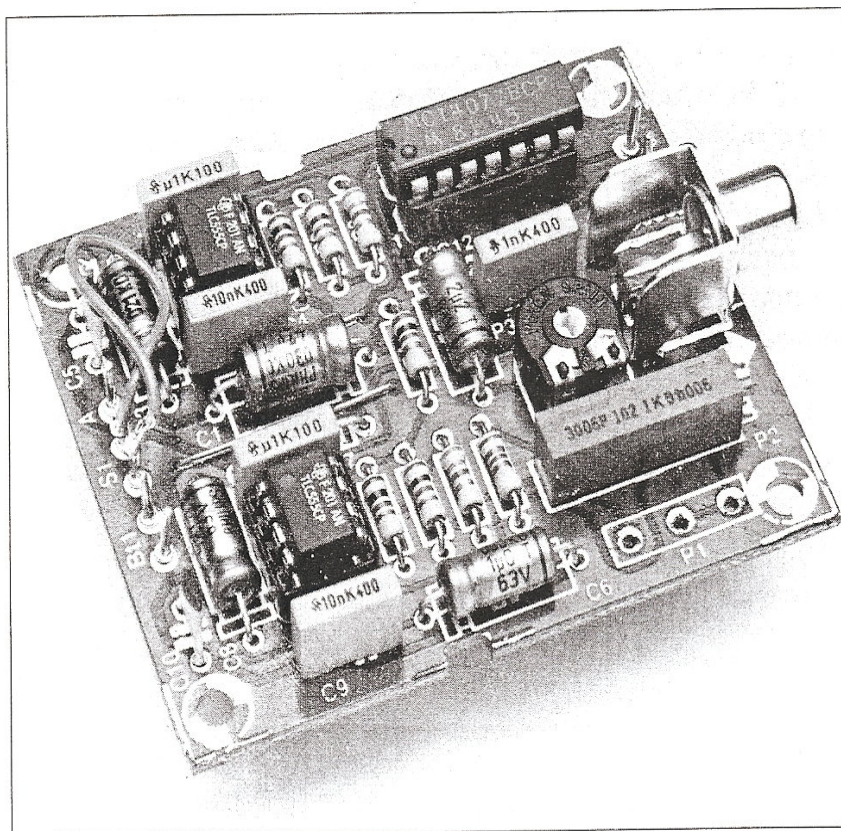
Θα πρέπει κανείς με επαναλαμβανόμενες τοποθετήσεις του P1 και δοκιμές να βρει τη θέση, η οποία θα έχει την μεγαλύτερη ευαισθησία στο χέρι, ούτως ώστε το παίξιμο με το Theremin να μην εμποδίζεται.

Φυσικά, απαιτείται για το κύκλωμα ρεύμα, πολύ λιγότερο από αυτό που χρειαζόταν ο Termen με τις τριόδους λυχνίες του. Η τάση λειτουργίας μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 4 και 12 volts. Η κατανάλωση είναι περίπου 15mA. Η είσοδος που αναφέραμε ότι χρησιμοποιείται σαν διακόπτης προσέγγισης είναι συνδεδεμένη μόνο με μία κυκλωματική μονάδα επάνω στην πλακέτα.



Σχήμα 2.6α: Σχέδιο του εξοπλισμού με εξαρτήματα της πλακέτας.





Σχήμα 2.6β: Ο εξοπλισμός με εξαρτήματα της πλακέτας.

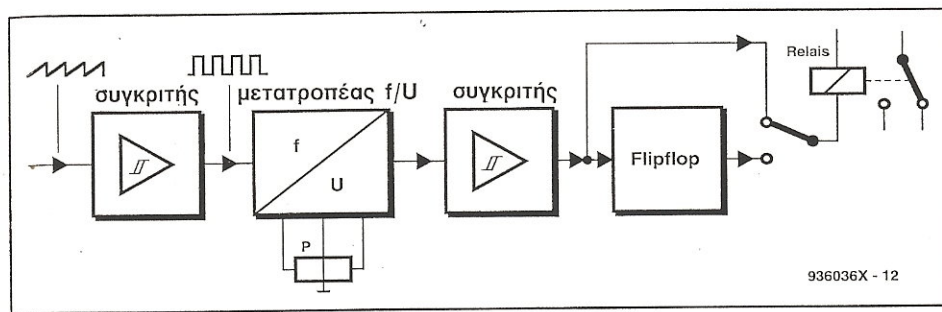
## 2.3 Διακόπτης προσέγγισης με τον ταλαντωτή Theremin

Η σύλληψη της ιδέας της προσθήκης, έγινε με σκοπό να εξυπηρετηθούν δύο εφαρμογές. Στην πρώτη, να ενεργοποιείται ένα ρελέ όταν πλησιάζει ένα χέρι τον αισθητήρα και να απενεργοποιείται όταν το χέρι απομακρύνεται. Σε αυτή την εφαρμογή μπορεί να συνδεθεί το ρελέ με οποιαδήποτε συσκευή ηχητικού σήματος, όπως για παράδειγμα με σειρήνες και συναγερμούς αυτοκινήτων.

Στην δεύτερη εφαρμογή το κύκλωμα λειτουργεί σαν διακόπτης που ανάβει και σβήνει. Με το πρώτο πλησίασμα ενεργοποιείται το ρελέ και παραμένει ενεργοποιημένο και μετά την απομάκρυνση του χεριού. Με το δεύτερο πλησίασμα απενεργοποιείται ο διακόπτης. Με αυτό τον τρόπο ο αισθητήριος διακόπτης ενεργεί σαν μπουτόν διπλής

ενέργειας, ο οποίος δεν επηρεάζεται από το χέρι όταν είναι ενεργοποιημένος.

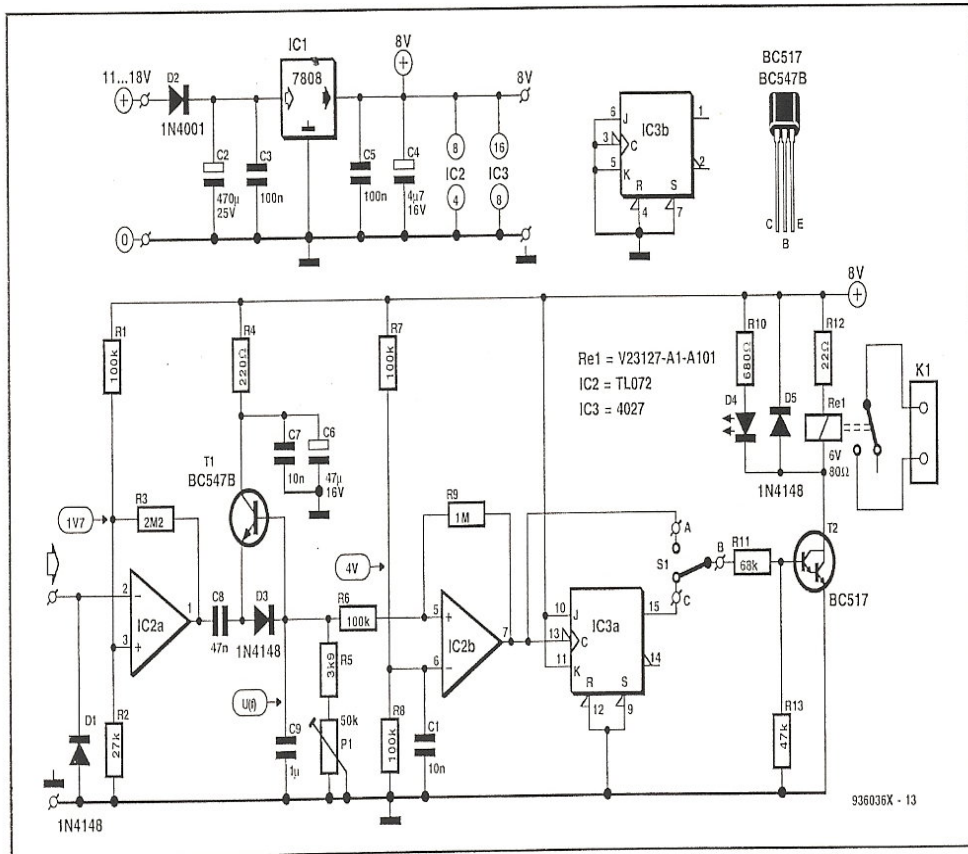
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μία γενική λειτουργική εικόνα της προσθήκης που έγινε στον ταλαντωτή. Στην είσοδο της προσθήκης του ταλαντωτή, υπάρχει ένα πριονωτό σήμα μεταβλητής συχνότητας που βγαίνει με την έξοδο του ταλαντωτή. Το σήμα αυτό παράγει ένα άλλο ορθογώνιο σήμα μέσω ενός συγκριτή, ο οποίος οδηγεί έναν μετατροπέα συχνότητας σε τάση, δημιουργώντας έτσι μια συνεχή τάση στην έξοδό του.



Σχήμα 2.7: Σχηματικό διάγραμμα της προσθήκης που αναφέρεται σε έναν μετατροπέα συχνότητας σε τάση και ένα διακόπτη με κατώφλι μεταγωγής.

Κατόπιν, ένας άλλος συγκριτής που διαθέτει έναν Schmitt-Trigger παρακολουθεί την συνεχή τάση και ενεργοποιεί ένα κύκλωμα flip-flop, όταν η στάθμη της τάσης υπερβεί ένα προκαθορισμένο όριο. Το ρελέ οπλίζει είτε στο flip-flop είτε στον συγκριτή. Όταν συνδέεται στον τελευταίο, τότε απενεργοποιείται πάντοτε όταν αλλάζει η στάθμη. Αυτό ανταποκρίνεται με τη λειτουργία άναψε σβήσε που προαναφέραμε και που την πραγματοποιεί το flip-flop.

Η κυκλωματική ανάλυση του σχηματικού διαγράμματος παρουσιάζεται στο σχήμα 2.8.

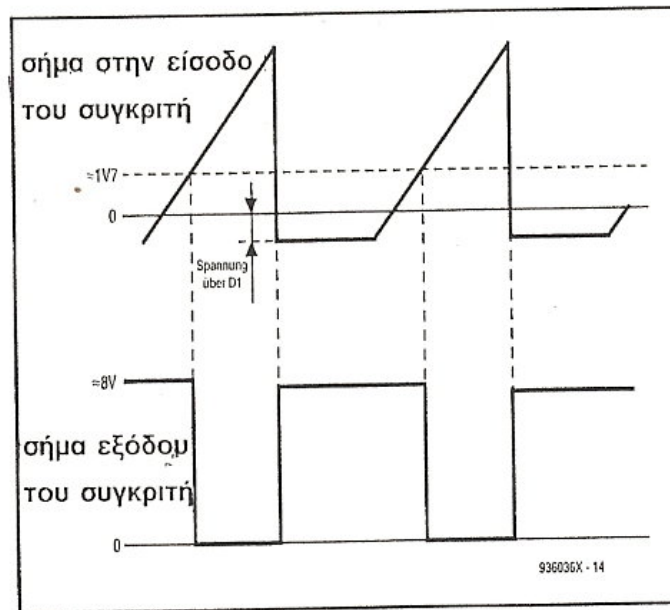


Σχήμα 2.8: Κυκλωματικό διάγραμμα για πρακτική εφαρμογή.

Η διάοδος D1 σε συνδυασμό με τον πυκνωτή εξόδου του ταλαντωτή Theremin στην είσοδο του κυκλώματος καθορίζουν την στάθμη, που τοποθετεί το εύρος της πριονωτής ταλάντωσης στο μηδέν. Επειδή η διάοδος σε αγώγιμη κατάσταση βρίσκεται κάτω από τάση 0,6V, η συγκράτηση του σήματος γίνεται στην τιμή των 0,6V και όχι στο μηδέν.

Αυτό φαίνεται στο επάνω μέρος του σχήματος 2.9. Επίσης, παρουσιάζεται με διακεκομμένη γραμμή το κατώφλι διέγερσης του συγκριτή με τον τελεστικό ενισχυτή IC2a, ο οποίος βρίσκεται σε στάθμη 1,7V. Εάν τώρα η τιμή αυτή γίνει μεγαλύτερη στην αναστρέφουσα είσοδο, τότε η έξοδος του συγκριτή μεταβάλλεται.

Η υψηλή στάθμη, περίπου +8V, γίνεται χαμηλή σχεδόν 0V. Με το κατέβασμα από τα 8V στο 1,7V επανέρχεται πάλι η έξοδος σε υψηλή στάθμη και όπως φαίνεται στο σχήμα 2.9, το πριονωτό σήμα προκαλεί την παραγωγή ενός ορθογωνίου σήματος.



Σχήμα 2.9: Ο συγκριτής στην είσοδο του κυκλώματος, μετατρέπει το τριγωνικό σήμα της εξόδου του ταλαντωτή Theremin σε ορθογώνιο σήμα.

Φυσικά, ο συγκριτής έχει μια μικρή υστέρηση που προκαλεί ταλαντώσεις κατά το πέρασμα από το κατώφλι μεταγωγής μεταξύ υψηλής και χαμηλής στάθμης. Οι ταλαντώσεις ρυθμίζονται σε όσο το δυνατόν χαμηλότερες τιμές με την R3. Ένα κύκλωμα με το T1/D3 σε συνδυασμό με το C8/C9 ενεργεί στο να μετατρέπει τους παλμούς συνεχούς τάσεως της εξόδου του συγκριτή σε μία τάση εξαρτώμενη από την συχνότητα του ταλαντωτή Theremin. Με το P1 ρυθμίζεται το όριο μεταξύ μεταβολής συχνότητας και μεταβολής τάσεως (ρυθμός μετατροπής V/Hz).

Ο δεύτερος συγκριτής με το IC2β δημιουργεί μια υστέρηση μέσω της αντίστασης R9. Η τιμή μεταγωγής αυτού του συγκριτή βρίσκεται περίπου στη στάθμη των 4V. Κάθε θετική άνοδος του παλμού στην έξοδο του IC2 (μεταβολή από 0 έως +8V), διεγείρει το flip-flop έτσι που κάθε σκανδαλισμός μεταβάλλει την κατάσταση εξόδου του στην ακίδα 15, από χαμηλή στάθμη σε υψηλή και το αντίστροφο.

Όταν ο διακόπτης S1 συνδέει το flip-flop με τον T2 όπως φαίνεται στο σχήμα 2.8, ενεργοποιείται το ρελέ, όταν η έξοδος του flip-flop έχει την υψηλή του τιμή και απενεργοποιείται όταν έχει την χαμηλή του τιμή. Στην άλλη θέση του S1 (A) διεγείρεται το flip-flop με τη στάθμη

εξόδου του συγκριτή 1C2β. Πάλι και σε αυτή τη περίπτωση το ρελέ ενεργοποιείται με υψηλή στάθμη και απενεργοποιείται με χαμηλή στάθμη.

Ένα λαμπάκι LED (D4) με μία αντίσταση προστασίας (R10) σε παράλληλη σύνδεση με το ρελέ, δείχνει εάν υπάρχει ρεύμα ή όχι. Η ένδειξη αυτή λειτουργεί κι όταν δεν υπάρχει συνδεδεμένο ρελέ για να διευκολύνεται ο έλεγχος του κυκλώματος.

Η δίοδος D5 στο ίδιο κύκλωμα βραχυκυκλώνει την τάση που παράγεται από την αυτεπαγωγή του πηνίου του ρελέ από το ρεύμα διακοπής. Η τροφοδότηση γίνεται από μία τάση 11V με 18V από ένα τυπωμένο τροφοδοτικό. Η δίοδος D2 από αντίστροφη πολικότητα. Το σταθεροποιητικό τάσης IC1 παρέχει μία σταθερή τάση λειτουργίας 8V για όλο το κύκλωμα.

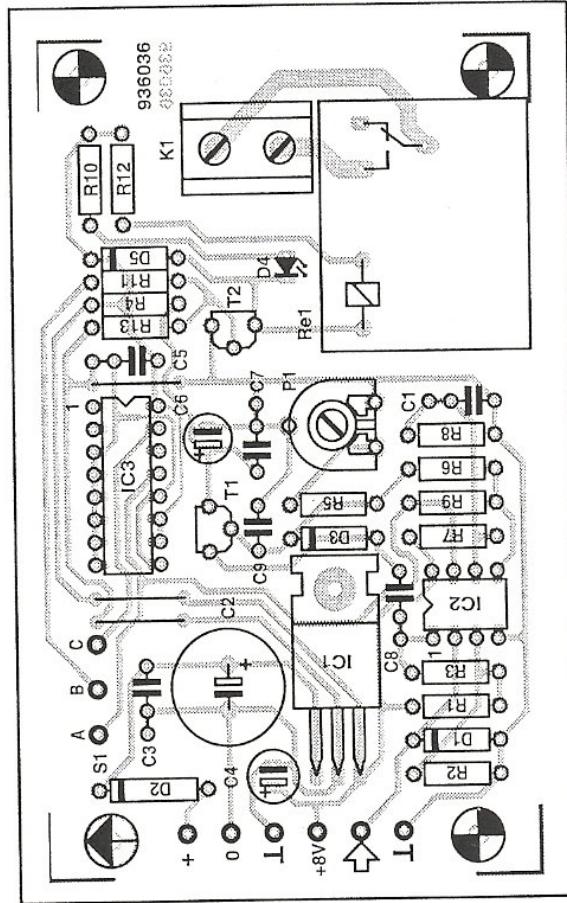
Ο εξοπλισμός της πλακέτας για τον διακόπτη Theremin φαίνεται στο σχήμα 2.10. Παράλληλα με τις τρεις γέφυρες από σύρμα, με τις οποίες θα πρέπει να αρχίσει και η συναρμολόγηση, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή και στη συναρμολόγηση των σταθεροποιητών τάσης. Όπως φαίνεται και στο σχήμα οι σταθεροποιητές τοποθετούνται παράλληλα με το τυπωμένο κύκλωμα με την ψυκτική επιφάνεια στο κάτω μέρος και με την τρύπα στερέωσης, επάνω από την αντίστοιχη τρύπα τυπωμένου κυκλώματος. Τα τρία ποδαράκια του σταθεροποιητή πρέπει να λυγίσουν σε σχήμα ορθής γωνίας για να περάσουν στις αντίστοιχες τρύπες του τυπωμένου κυκλώματος. Για να βιδωθεί ο σταθεροποιητής πάνω στο τυπωμένο κύκλωμα θα πρέπει να γίνει μία τρύπα τριών χιλιοστών επάνω σε αυτό. Η βίδα στερέωσης δεν χρειάζεται να είναι μονωμένη. Οι ακροδέκτες του πρέπει να κολληθούν μετά από το βίδωμα.

Για τις εξωτερικές συνδέσεις με το φορτίο, υπάρχει στο κύκλωμα μία διπολική κλέμα K1. Με αυτή τη κλέμα θα συνδεθεί η τάση του δικτύου. Μετά από την σύνδεση του σήματος του ταλαντωτή Theremin και της τάσης λειτουργίας, μπορεί να δοκιμασθεί η λειτουργικότητα και να ρυθμιστεί η ευαισθησία του με το P1, παρακολουθώντας την απόσταση που τον ενεργοποιεί σε εκατοστά του μέτρου.

Κανονικά ο ταλαντωτής Theremin και το επιπρόσθετο κύκλωμα πρέπει να μπουνέ μαζί σε ένα κουτί και να αποτελέσουν μια ολοκληρωμένη κατασκευή ενός διακόπτη ευαίσθητου στην προσέγγιση. Για να έχουμε μια κοινή τροφοδοσία επάνω στο τυπωμένο κύκλωμα της προσθήκης, προβλέπονται ακίδες για την σύνδεση των +8V. Υπάρχει όμως η δυνατότητα και για τις δύο



μονάδες να απομακρυνθούν η μία από την άλλη περίπου ένα μέτρο και να χρησιμοποιηθεί για την μεταξύ τους σύνδεση θωρακισμένο καλώδιο. Στο σχήμα 2.11 φαίνεται πως γίνεται η σύνδεση ενός φορτίου, όπως για παράδειγμα μίας λάμπας ή ενός ανεμιστήρα στο τυπωμένο κύκλωμα.



Σχήμα 2.10: Η σύνδεση ενός φορτίου στην έξοδο του τυπωμένου κυκλώματος K1. Οι επαφές του ρελέ που συνδέονται με το K1 μπορούν να τροφοδοτήσουν συσκευές τάσεως δικτύου μέχρι και 1150 W.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

### 3.1 Συστήματα ελέγχου

Σε κάθε σύστημα ελέγχου υπάρχει ένα υπολογιστικό σύστημα (ελεγκτής), το οποίο παρακολουθεί την κατάσταση του ελεγχόμενου συστήματος και εκδίδει τις κατάλληλες εντολές για τα ελεγχόμενα μηχανικά – ηλεκτρικά μέρη. Τέτοια συστήματα ελέγχου συναντώνται σε βιομηχανικές εφαρμογές, στον έλεγχο οχημάτων και αεροσκαφών, καθώς και σε οικιακές εφαρμογές.

Σε ένα τέτοιο σύστημα η πληροφορία μεταδίδεται είτε αναλογικά, δηλαδή με αναλογικό ρεύμα είτε ψηφιακά. Ο τρόπος μετάδοσης καθορίζει τα ολοκληρωμένα κυκλώματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την συγκρότηση του συστήματος ελέγχου.

Ένα τυπικό σύστημα ελέγχου (βρόχος ελέγχου) μπορεί να αναπαρασταθεί από το σχήμα 3.1. Η τρέχουσα κατάσταση (φυσικές ποσότητες) του ελεγχόμενου συστήματος μετράται με τη βοήθεια αισθητήρων και ψηφιοποιείται πριν εισαχθεί στο υπολογιστικό σύστημα – ελεγκτή. Εκεί, με τη χρήση του επιθυμητού αλγορίθμου ελέγχου (control – law) υπολογίζεται η νέα επιθυμητή κατάσταση και εκδίδονται οι κατάλληλες εντολές προς τις ηλεκτρομηχανικές διατάξεις ελέγχου (actuators). Αυτές οι εντολές πρέπει να μετατραπούν σε αναλογικό σήμα, πριν εφαρμοστούν στις διατάξεις ελέγχου.



Σχήμα 3.1  
Τυπικό σύστημα ελέγχου (Βρόχος ελέγχου)

Ο πιο απλός αλγόριθμος είναι ο “on-off”, γιατί εάν για παράδειγμα η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την επιθυμητή, τότε ενεργοποιείται το θερμαντικό σώμα. Αν πάλι είναι υψηλότερη, το θερμαντικό σώμα σβήνει. Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για συστήματα όπου δεν απαιτείται ακρίβεια ελέγχου.

Από την άλλη πλευρά, για ακριβέστερο έλεγχο χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι, οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη το ιστορικό των καταστάσεων του συστήματος, δηλαδή προηγούμενες τιμές κατάστασης εκτός από την τρέχουσα. Ένας τέτοιος αλγόριθμος είναι ο PID (Proportional Integral Derivative).

### 3.2 Αισθητήρες

Οι αισθητήρες ή όπως αναφέρονται στην αγγλική ορολογία sensors είναι όργανα, τα οποία μας επιτρέπουν να μετρήσουμε φυσικά μεγέθη, έτσι ώστε να ελέγξουμε και να αυτοματοποιήσουμε τη λειτουργία διαφόρων συστημάτων.

Έτσι λοιπόν, ανάλογα με τον προορισμό του ο κάθε αισθητήρας ανιχνεύει συγκεκριμένες πληροφορίες στο χώρο που επιτηρεί. Αρχικά, αυτές τις πληροφορίες τις μετατρέπει στην κατάλληλη μορφή και στη συνέχεια τις μεταφέρει στο αυτόματο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών. Εκεί γίνεται η αξιολόγησή τους και λαμβάνονται οι απαραίτητες αποφάσεις για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος.

Οι αισθητήρες ενός συστήματος λειτουργούν ξεχωριστά και ο καθένας επιτελεί το δικό του σημαντικό έργο, όπως για παράδειγμα τα αισθητήρια όργανα του ανθρώπου, δηλαδή η όραση, η αφή, η όσφρηση, η ακοή και η γεύση. Σήμερα, με την τεχνολογική ανάπτυξη να καλπάζει, έχει κατασκευαστεί πλήθος αισθητήρων, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για την ανίχνευση πολλών φυσικών μεγεθών και καταστάσεων, όπως για παράδειγμα της θερμοκρασίας, της πίεσης, της δύναμης, της περιστροφής, της στάθμης, της ροής ρευστών, της κίνησης και άλλων.

Η χρήση των αισθητήρων στην αυτοματοποίηση διαφόρων συστημάτων επέφερε πολλά θετικά συνεπακόλουθα. Για παράδειγμα, στον παραγωγικό τομέα κατάφερε να χαμηλώσει το κόστος παραγωγής, ενώ παράλληλα αύξησε την παραγωγικότητα. Επίσης, βοήθησε σημαντικά στη συνεχή λειτουργία χωρίς λάθη καθώς και στην ασφάλεια του προσωπικού. Άρα λοιπόν, συμπεραίνει κανείς ότι



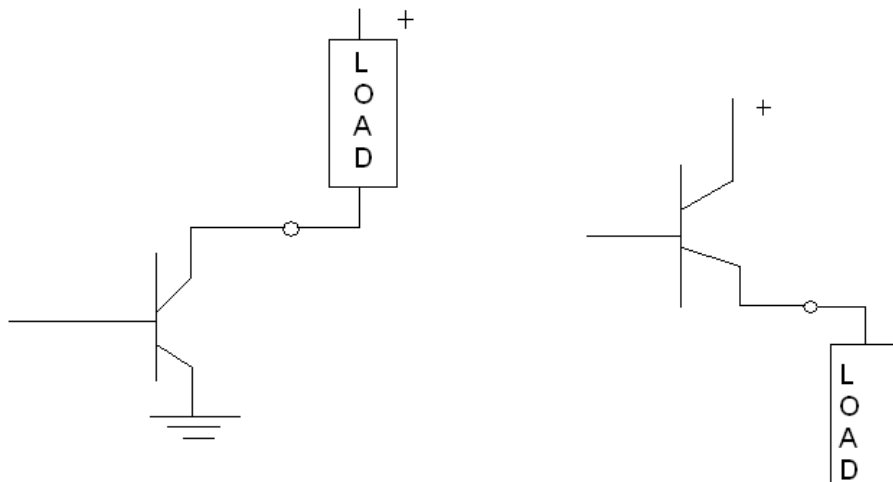
οι αισθητήρες είναι ένα από τα βασικά μέρη κάθε συστήματος ελέγχου.

Πιο συγκεκριμένα, ένας αισθητήρας εμφανίζει το μετρούμενο αποτέλεσμα στην έξοδό του με μία σειρά από διαφορετικούς τρόπους, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Διακοπτικά (on-off) με έξοδο τύπου "τρανζίστορ".
- Με αναλογική τάση και ρεύμα, όπου οι στάθμες αναπαριστούν τις τιμές.
- Ως συχνότητα του σήματος εξόδου.
- Ψηφιακά (αφού προηγηθεί μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό).

### 3.2.1. Έξοδοι με τρανζίστορ

Η έξοδος αισθητήρα διακοπτικού τύπου, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2, είναι στην ουσία ένα οδηγούμενο τρανζίστορ ανοικτού συλλέκτη, το οποίο μπορεί να οδηγήσει ένα φορτίο, όπως για παράδειγμα ένα ρελέ ή ακόμα και μια λογική είσοδο (πύλη) με την προσθήκη της κατάλληλης αντίστασης pullup. Την έξοδο χαρακτηρίζει το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα διαμέσου του τρανζίστορ.



Σχήμα 3.2 Έξοδοι Αισθητήρων Διακοπτικού Τύπου "ON-OFF"

Εάν τώρα η έξοδος είναι τύπου NPN, το φορτίο συνδέεται μεταξύ της εξόδου και της θετικής τάσης ( $V^+$ ), η οποία μπορεί να είναι και υψηλότερη από 5V, ενώ αν η έξοδος είναι PNP, το φορτίο συνδέεται μεταξύ εξόδου και γείωσης.

### 3.2.2 Αναλογικές έξοδοι και μετατροπείς ADC.

Όταν ο αισθητήρας παρέχει το μετρούμενο μέγεθος με αναλογικό τρόπο, το αποτέλεσμα εκφράζεται με τιμές μέσα από ένα συνεχές πεδίο.

Σε κάθε περίπτωση, το αναλογικό μέγεθος ψηφιοποιείται κατά την παραλαβή του στο σύστημα ελέγχου με τη βοήθεια ενός μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό (A/D Converter ή ADC). Ο μετατροπέας ADC είναι επίσης βασικό μέρος του συστήματος ελέγχου.

Υπάρχουν διάφορα είδη ADC, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους. Τα βασικά είναι τα flash, τα διαδοχικής προσέγγισης και τα sigma-delta. Σε κάθε είδος πρέπει να εξασφαλίζεται ότι κατά τη σύγκριση το σήμα εισόδου δεν αλλάζει τιμή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός κυκλώματος sample and hold, το οποίο απομονώνει και αποθηκεύει την τιμή εισόδου κατά τη στιγμή της σύγκρισης.

Η ψηφιακή έξοδος ενός ADC μεταφέρεται σειριακά ή παράλληλα στον μικροεπεξεργαστή – ελεγκτή. Η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων πρέπει να συνυπολογίζεται στην απόδοση του ADC. Πολλοί μικροελεγκτές διαθέτουν ενσωματωμένα κυκλώματα μετατροπής A/D και επιτρέπουν την απευθείας σύνδεση αναλογικής εισόδου σε κάποιον ακροδέκτη του.

### 3.2.3 Έξοδοι συχνότητας

Ορισμένοι αισθητήρες παράγουν το μετρούμενο μέγεθος ως έκφραση της συχνότητας του σήματος εξόδου. Αυτή η συχνότητα είναι χαμηλή, της τάξης μερικών δεκάδων Hertz (Hz). Οι λόγοι για τη χρήση συχνότητας είναι μεταξύ άλλων οι εξής:

- Η ανοχή του σήματος σε θόρυβο, σε σχέση με την αναλογική μετάδοση. Το σήμα χαμηλής συχνότητας με διακριτές λογικές

στάθμες μπορεί να μεταδοθεί μέσω μακρύτερων αγωγών με μικρότερη παραμόρφωση, άρα και με μικρότερο σφάλμα μέτρησης. Επίσης, εάν απαιτείται, είναι δυνατή η χωρητική σύζευξη και ηλεκτρική απομόνωση του σήματος.

- Δεν απαιτείται η χρήση μετατροπέα A/D για την εύρεση της μετρούμενης τιμής. Αντιθέτως, η τιμή εξάγεται με τη βοήθεια κάποιου μετρητή του μικροελεγκτή. Η διασύνδεση του αισθητήρα απαιτεί μόνο έναν ακροδέκτη του μικροελεγκτή.

Το μετρούμενο μέγεθος υπολογίζεται από τη συχνότητα, την περίοδο ή τον λόγο των χρόνων υψηλής και χαμηλής κατάστασης.

### 3.3 Αισθητήρες PIR

Οι παθητικοί αισθητήρες υπέρυθρων, γνωστοί και ως PIR, αποτελούν εδώ και αρκετά χρόνια αναπόσπαστο κομμάτι των ανιχνευτών κίνησης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές ασφάλειας και αυτοματισμού.

Τα βασικά τους χαρακτηριστικά και η αρχή λειτουργίας τους, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Οι παθητικοί αισθητήρες υπέρυθρων PIR είναι μονάδες με πλήθος εφαρμογών στην καθημερινότητά μας, αφού τους συναντάμε στις συσκευές ανίχνευσης κίνησης σε σπίτια, γραφεία και εμπορικά καταστήματα, κυρίως για σκοπούς ασφαλείας, ενεργοποίησης φωτισμού ή αυτόματου ανοίγματος θυρών, ενώ το κόστος τους θεωρείται ιδιαίτερα χαμηλό.

Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ηλεκτρονικές συσκευές, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να μετρούν την ακτινοβολία του υπέρυθρου φωτός, το οποίο εκπέμπεται από τα αντικείμενα που εστιάζουν.

Η κίνηση ανιχνεύεται όταν μία πηγή θερμότητας, όπως για παράδειγμα το ανθρώπινο σώμα, περάσει από μία πηγή με διαφορετική θερμοκρασία, όπως ένας τοίχος. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειώσουμε ότι όλα τα αντικείμενα εκπέμπουν μια υπέρυθρη ακτινοβολία και παρόλο που δεν είναι ορατή στο ανθρώπινο μάτι μπορεί να ανιχνευθεί από τα κατάλληλα συστήματα.

Ο όρος "παθητικός αισθητήρας" σημαίνει ότι οι PIR, δεν παράγουν ενέργεια κανενός είδους, αλλά μπορούν να λαμβάνουν και την υπέρυθρη ενέργεια. Ο πυρήνας ενός PIR εμπεριέχει είτε ένα συμπαγή αισθητήρα είτε μια ομάδα από μικρότερους αισθητήρες, με

εμβαδόν περίπου  $\frac{1}{4}$  της ίντσας. Ο πραγματικός αισθητήρας που βρίσκεται στο τσιπάκι, κατασκευάζεται από φυσικά ή τεχνητά πυροηλεκτρικά υλικά υπό μορφή λεπτού φιλμ, όπως το νιτρώδες γάλλιο (GoN), το νιτρικό Κάσιο ( $\text{CsNO}_3$ ) και το φθορίδιο του πολυβινυλίου.

Ο αισθητήρας PIR συνήθως κατασκευάζεται ως μέρος ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος και περιέχει ένα, δύο ή και τέσσερα ισομεγέθεις περιοχές από πυροηλεκτρικό υλικό. Οι τομείς του αισθητήρα μπορούν να ενωθούν ανά δύο, στις εισόδους ενός διαφορετικού ενισχυτή με τη χρήση καλωδίου. Σε μια τέτοια διάταξη, οι μετρήσεις ακυρώνουν η μία την άλλη και η μέση θερμοκρασία του χώρου εποπτείας προκύπτει από ηλεκτρικά σήματα. Μία αύξηση της IR ενέργειας σε όλο τον αισθητήρα αυτοακυρώνεται και δεν ενεργοποιεί τον αισθητήρα.

Έτσι λοιπόν, αποτρέπεται η εσφαλμένη ενεργοποίηση του συστήματος από διάφορες αλλαγές, όπως για παράδειγμα ένα δυνατό φως. Ταυτόχρονα, αυτές οι διαφορετικές ρυθμίσεις ελαχιστοποιούν τις παρεμβολές κοινού τρόπου κι έτσι η συσκευή δεν ενεργοποιείται από γειτονικά ηλεκτρικά πεδία. Παρόλα αυτά, ένα τέτοιο ζευγάρι αισθητήρων δεν μετρά τη θερμοκρασία, παρά μόνο τις διακυμάνσεις της κι έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως ανιχνευτής κίνησης.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα στο οποίο εμπεριέχεται ο αισθητήρας τοποθετείται σε ένα περίβλημα και αυτό με τη σειρά του τοποθετείται στον υπό εποπτεία χώρο. Η υπέρυθη ενέργεια φτάνει στον αισθητήρα μέσω ενός ανοίγματος του περιβλήματος που είναι καλυμμένο με πλαστικό υλικό για να αποφευχθεί η εισαγωγή σκόνης και εντόμων, τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη λειτουργία του συστήματος.

Διάφοροι μηχανισμοί χρησιμοποιούνται για να εστιαστεί η υπέρυθη ακτινοβολία στο άνοιγμα του αισθητήρα. Ένας τρόπος είναι η χρήση φακών Fresnel που είναι λεπτοί και επιτρέπουν το μεγάλο άνοιγμα με μικρότερη εστιακή απόσταση, ενώ μερικοί PIR αισθητήρες χρησιμοποιούν πλαστικούς παραβολικούς καθρέπτες. Επιπρόσθετα, στο άνοιγμα του περιβλήματος μπορεί να τοποθετηθεί ένα οπτικό φίλτρο, έτσι ώστε να περιορίσει τα μήκη κύματος της λαμβανόμενης ακτινοβολίας στα μήκη κύματος που λαμβάνονται από το ανθρώπινο σώμα, δηλαδή τα 8-14  $\mu\text{m}$ .

Όσο αφορά την αρχή λειτουργίας αυτών των αισθητήρων, οι συσκευές PIR θεωρούνται «κάμερες» υπέρυθρων που θυμούνται το

ποσό της ακτινοβολίας του χώρου που εμποπτεύουν. Μόλις το PIR τροφοδοτηθεί, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα έρχονται σε κατάσταση αναμονής και τροφοδοτούν ένα μικρό ρελέ. Αυτό το ρελέ ελέγχει ένα σετ από επαφές, οι οποίες συνδέονται στην είσοδο ανίχνευσης ενός πίνακα ελέγχου. Αν το ποσό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που ανιχνεύει ο αισθητήρας αλλάξει μέσα σε μία καθορισμένη χρονική περίοδο, η συσκευή αλλάζει την κατάσταση του ρελέ και ο συναγερμός ενεργοποιείται.

Πιο αναλυτικά, το πυροηλεκτρικό υλικό δημιουργεί ένα ηλεκτρικό φορτίο όταν εκτεθεί σε υπέρυθρη ακτινοβολία. Συνεπώς, μια αλλαγή στην ακτινοβολία οδηγεί και σε αλλαγή του ηλεκτρικού φορτίου, το οποίο μετράται από ένα ολοκληρωμένο FET που βρίσκεται στον αισθητήρα.

Το σήμα εξόδου του αισθητήρα είναι αρκετά μικρό και απαιτείται ειδική σχεδιαστική προσοχή, έτσι ώστε να μπορούν να εντοπιστούν πολύ μικρές αλλαγές σε εύρος μερικών mV. Αυτές οι αλλαγές εξαρτώνται κυρίως από την απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και της πηγής της ακτινοβολίας, καθώς και από το μέγεθός της. Τέτοιες συσκευές τροφοδοτούνται με μπαταρίες των τριών volt και δίνουν στην έξοδο στα 500 mV.

Τώρα, για να ενισχυθεί το σήμα ώστε να αγγίξει μία πιο απτή κλίμακα μετρήσεων απαιτείται η ενσωμάτωση ενός ακόμα ενισχυτικού σταδίου στο σύστημα του αισθητήρα. Το κέρδος ενίσχυσης αυτού του σταδίου εξαρτάται πλήρως από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για την μετατροπή του αναλογικού σήματος του αισθητήρα σε ψηφιακό. Συνήθως, χρησιμοποιείται ένας απλός συγκριτής που οδηγεί ένα ρελέ ή ενεργοποιεί ένα μικροελεγκτή (MCU).

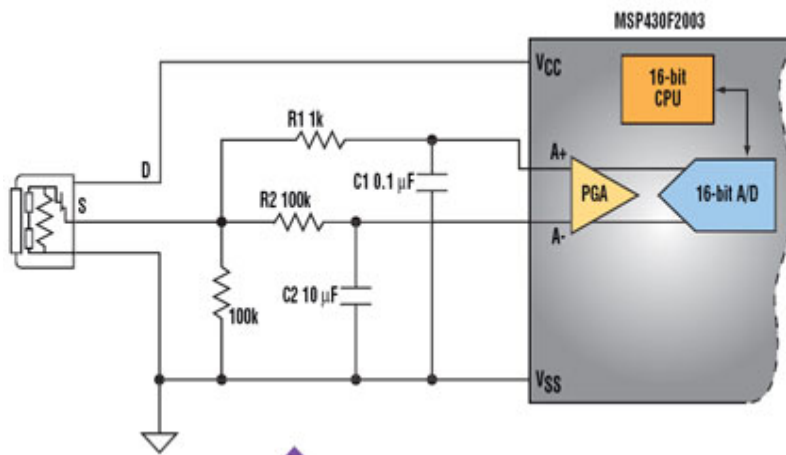
Σε πιο μεγάλες εφαρμογές, ο συγκριτής μπορεί να αντικατασταθεί από έναν κανονικό A/D μετατροπέα, ο οποίος θα παρέχει περισσότερες πληροφορίες στον MCU και θα επιτρέπει μια πιο ουσιαστική επεξεργασία του σήματος.

Η επιλογή ενός MCU που θα εμπεριέχει όλα τα εξαρτήματα σε ένα τσιπάκι είναι μία οικονομική λύση, αφενός μικρότερη, αφετέρου παρέχει ευκολία στο σχεδιασμό και τον έλεγχο. Επίσης, η επιλογή ενός A/D μετατροπέα 16 bits παρέχει καλύτερη ανάλυση των μετρήσεων και έχει χαμηλότερες απαιτήσεις κέρδους ενίσχυσης από το σύστημα. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του MCU είναι ο προγραμματιζόμενος ενισχυτής (PGA), ο οποίος βρίσκεται στον A/D μετατροπέα και χρησιμοποιείται για απευθείας σύνδεση με τον

αισθητήρα. Οι είσοδοι του PGA και του A/D μετατροπέα είναι διαφορετικές, ούτως ώστε να μεγιστοποιείται το ταίριασμα μεταξύ του μικρού σήματος εξόδου του αισθητήρα στο δυναμικό εύρος του μετατροπέα.

Από την άλλη πλευρά, η έξοδος του αισθητήρα δεν είναι διαφορετική, όπως είναι η είσοδος του ενισχυτή. Αυτό επιλύεται δημιουργώντας μια τάση πόλωσης DC για την ανάστροφη είσοδο του PGA χρησιμοποιώντας την ίδια τον έξοδο του αισθητήρα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Με αυτή τη διαμόρφωση, η έξοδος του αισθητήρα συνδέεται στη μη ανάστροφη είσοδο του PGA μέσω ενός φίλτρου RC ( $R1/C1$ ). Επιπρόσθετα, η έξοδος του αισθητήρα χρησιμοποιείται για να παραχθεί η απαιτούμενη DC πόλωση για την είσοδο A του διαφορικού ζευγαριού. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα μεγάλο φίλτρο RC χαμηλών συχνοτήτων ( $R2/C2$ ), που τοποθετείται στην ανάστροφη είσοδο του ενισχυτή. Έτσι, όχι μόνο αποκόπτεται ο θόρυβος από το σήμα, αλλά δημιουργείται και μια DC στάθμη, που αυτόματα προσαρμόζεται στο  $V_{CC}$ . Το πλεονέκτημα του κυκλώματος είναι ότι δεν απαιτούνται επιπρόσθετα κυκλώματα για να παραχθεί μία ανεξάρτητη πόλωση τάσης. Ενώ πολλοί ανιχνευτές κίνησης μπορεί να απαιτούν ευαισθησία σε επίπεδο  $\mu V$ , ένα σύστημα γενικού σκοπού με εύρος δεκάδες μέτρα, μπορεί να κατασκευαστεί με την προαναφερόμενη διασύνδεση.

Όμως, γι' αυτά τα συστήματα επιβάλλεται περαιτέρω ενίσχυση του σήματος του αισθητήρα.

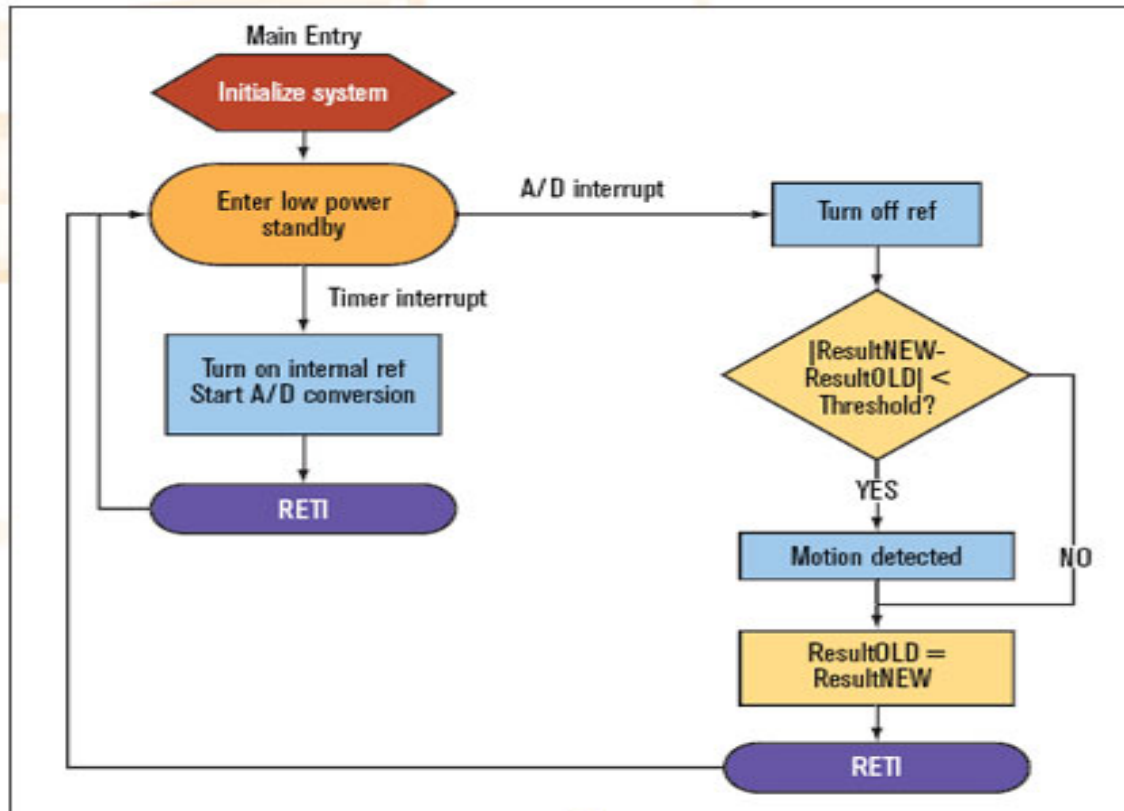


Σχήμα 3.3: Διασύνδεση αισθητήρα και MCU

Στη συνέχεια, το επόμενο σχεδιαστικό βήμα σ' έναν ανιχνευτή κίνησης είναι το λογισμικό, το οποίο θα ελέγχει το σύστημα. Το παρακάτω σχήμα δείχνει το διάγραμμα του λογισμικού ενός MCU για έναν ανιχνευτή. Μία σημαντική λειτουργία που πρέπει να εξασφαλίζεται από το λογισμικό, είναι η ικανότητα ο MCU να οδηγείται αποκλειστικά από διακοπές. Αυτό σημαίνει ότι καμία εντολή δεν θα εκτελείται από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, εκτός κι αν υπάρχει λειτουργία.

Σε αυτή την περίπτωση, η κεντρική μονάδα επεξεργασίας βρίσκεται σε αναμονή μέχρι να εφαρμοστεί μία διακοπή του χρόνου, που να ξεκινά μία νέα A/D μετατροπή ή μία A/D διακοπή, η οποία υποδεικνύει ότι το αποτέλεσμα έχει εξαχθεί.

Όταν η μετατροπή ολοκληρωθεί, το αποτέλεσμα συγκρίνεται με το τελευταίο δείγμα. Η απόλυτη τιμή της διαφοράς τους, συγκρίνεται με μία στάθμη που έχει οριστεί κατασκευαστικά κι αν ξεπεραστεί, συμπεραίνεται κίνηση. Αυτό το απλό διάγραμμα του λογισμικού επιτρέπει ελεύθερο καθορισμό του εύρους των δειγμάτων μέσω ενός εσωτερικού χρονομέτρου, ενώ ταυτόχρονα χειρίζεται και αποτελέσματα μετατροπών, χωρίς να απαιτείται βρόγχος περιόδευσης σημαιών, που να υποδεικνύουν την ανάγκη εξυπηρέτησης διακοπών και μάλιστα χωρίς καθυστερήσεις λογισμικού.



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα λογισμικού MCU

Όσο αναφορά την τροφοδοσία ενός απλού MCU τα πράγματα είναι εύκολα. Το ρεύμα που απαιτείται για το μεγαλύτερο μέρος της διάρκειας ζωής του, είναι της τάξεως του 1μΑ, δηλαδή αρκεί μια μπαταρία των 3V.

Εσωτερικά του MCU, υπάρχει ένας ταλαντωτής για το χρονισμό του χρονομέτρου, έτσι ώστε νέες A/D μετατροπές να ξεκινούν κάθε 340ms. Αν κι οι τρεις δειγματοληψίες ανά δευτερόλεπτο φαίνονται λίγες, λαμβάνοντας υπόψη το αργό σήμα εισόδου στον αισθητήρα, λόγω της εστίασης σε ανθρώπινες δραστηριότητες, ο ρυθμός αυτός επαρκεί για ασφαλή ανίχνευση κίνησης.

Επίσης, απαιτείται από τον ανιχνευτή μια γρήγορη έναρξη ενός ρολογιού με υψηλή συχνότητα (1 MHz), το οποίο θα οδηγήσει τον A/D μετατροπέα να εξάγει αποτέλεσμα σε λιγότερο από 1,024ms για κάθε δείγμα. Ο χρόνος μετατροπής διατηρείται στο ελάχιστο, ούτως



ώστε η τροφοδοσία να είναι χαμηλή, αφού και ο μετατροπέας καταναλώνει το 70% του ρεύματος της πηγής.

Το συνολικό ρεύμα του συστήματος ποικίλει ανάλογα με την τελική λύση που θα επιλεγεί. Το ενεργό ρεύμα καθορίζεται από την αναφορά του A/D μετατροπέα και από την ίδια τη μετατροπή. Κυρίως η μέση κατανάλωση είναι εξαρτώμενη από το ρεύμα του αισθητήρα. Αν και ο αισθητήρας πρέπει να είναι διαρκώς ενεργός, η κατανάλωση του ρεύματος είναι χαμηλή. Για τα συστήματα που παρουσιάστηκαν, ένα μέσο ρεύμα των 10mA είναι αρκετό.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι οι κατασκευαστές συστήνουν προσεκτική τοποθέτηση των αισθητήρων για να αποφευχθούν οι εσφαλμένες ενδείξεις. Προτείνουν την τοποθέτηση του PIR σε σημείο τέτοιο, έτσι ώστε να μην εστιάζει έξω από το χώρο, όπως για παράδειγμα έξω από ένα παράθυρο.

Αν και το μήκος κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που είναι ευαίσθητος δεν διαπερνά το γυαλί, μια ισχυρή πηγή όπως τα φώτα ενός οχήματος, μπορεί να υπερφορτώσει το σύστημα και να ενεργοποιήσει το συναγερμό. Από την άλλη πλευρά, την κίνηση ενός ανθρώπου έξω από το παράθυρο δεν είναι σε θέση να την ανιχνεύσει. Επίσης, ένας PIR δεν πρέπει να βρίσκεται κοντά σε συστήματα κλιματισμού, αφού τα θερμά και τα ψυχρά κύματα αέρα μπορούν να διαφοροποιήσουν τη θερμοκρασία του αισθητήρα και να οδηγήσουν σε ενεργοποίησή του.

Επιπλέον, σε συστήματα μέτρησης θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται μη διαφορικά PIR. Το σήμα εξόδου αξιολογείται σύμφωνα με τη βαθμονόμηση του IR φάσματος, του τύπου του υλικού που εστιάζει ο αισθητήρας και προκύπτουν σχετικά ακριβείς μετρήσεις θερμοκρασίας. Σε μη βαθμονομημένο PIR θερμόμετρο, μετρώνται οι αλλαγές της θερμοκρασίας, παρόλο που η ακριβής μέτρηση είναι αδύνατη.

Τέλος, συστήματα PIR υπάρχουν πολλά και για πλήθος εφαρμογών. Τα πιο συνήθη είναι τα συστήματα ασφαλείας κατοικιών είτε με Fresnel φακούς είτε με πολύπλευρους παραβολικούς καθρέπτες και με εύρος κάλυψης μέχρι τα 30 πόδια. Μερικοί μεγαλύτεροι PIR κατασκευάζονται με μονόπλευρους καθρέπτες και εντοπίζουν αλλαγές στην υπέρυθρη ακτινοβολία σε απόσταση μεγαλύτερη των εκατό ποδιών. Υπάρχουν και PIR σχεδιασμένοι με αντίθετα προσανατολισμένους καθρέπτες, οι οποίοι επιτρέπουν μια ευρύτερη κάλυψη του χώρου.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

### 4.1 Γενικά

Η ασύρματη επικοινωνία επιτυγχάνεται μεταξύ ενός πομπού και ενός δέκτη μεταδίδοντας την πληροφορία κωδικοποιημένη σε ραδιοκύματα, τα οποία μεταδίδονται στον ελεύθερο χώρο μεταξύ των δύο σημείων.

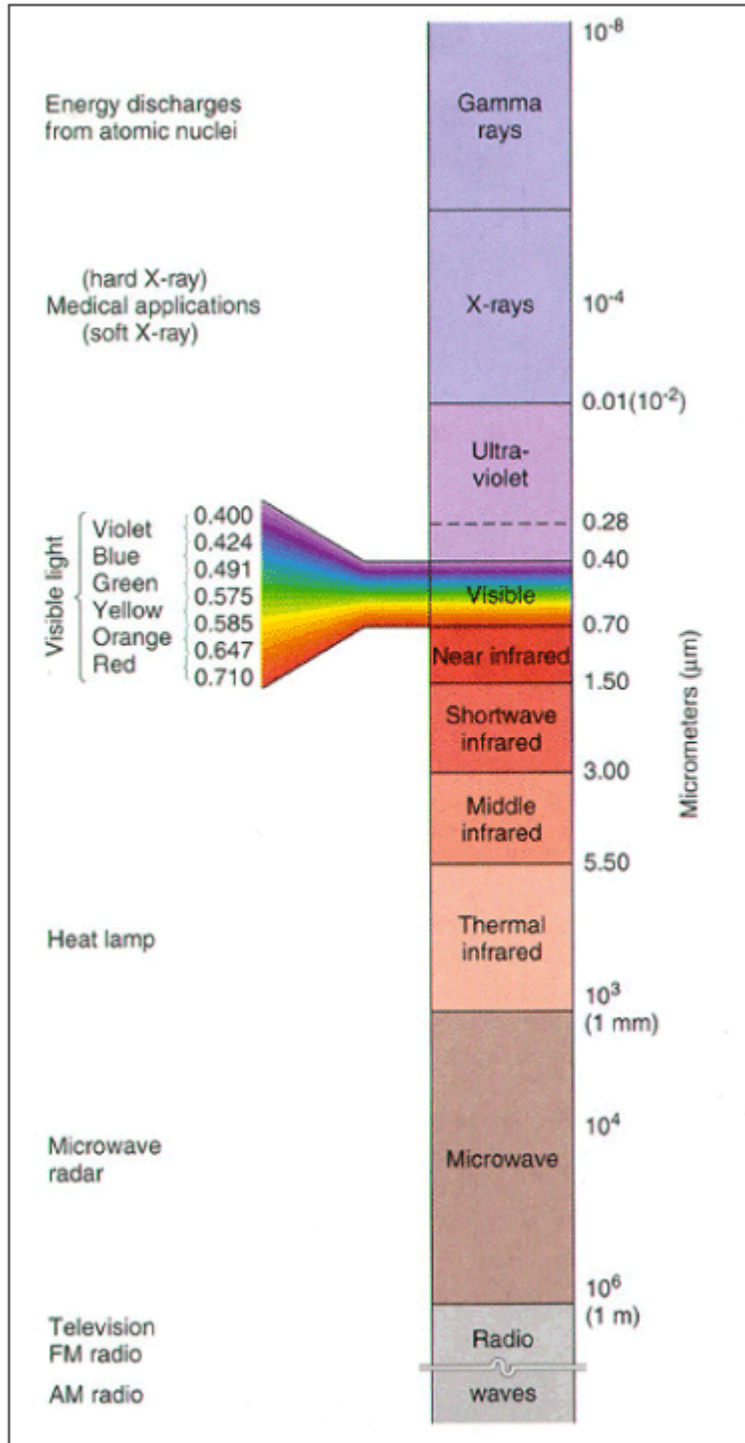
Με τον όρο ραδιοκύματα εννοούμε τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα, τα οποία έχουν μήκος κύματος της τάξεως των χιλιοστών και μεγαλύτερο (εικόνες 4.1 και 4.2).

Σε αυτά περιλαμβάνονται τα μικροκύματα που χρησιμοποιούνται από τεχνολογίες, όπως για παράδειγμα οι φούρνοι μικροκυμάτων και τα ασύρματα τοπικά δίκτυα αλλά και ραδιοκύματα με μεγαλύτερα μήκη κύματος όπως τα FM και τα AM.

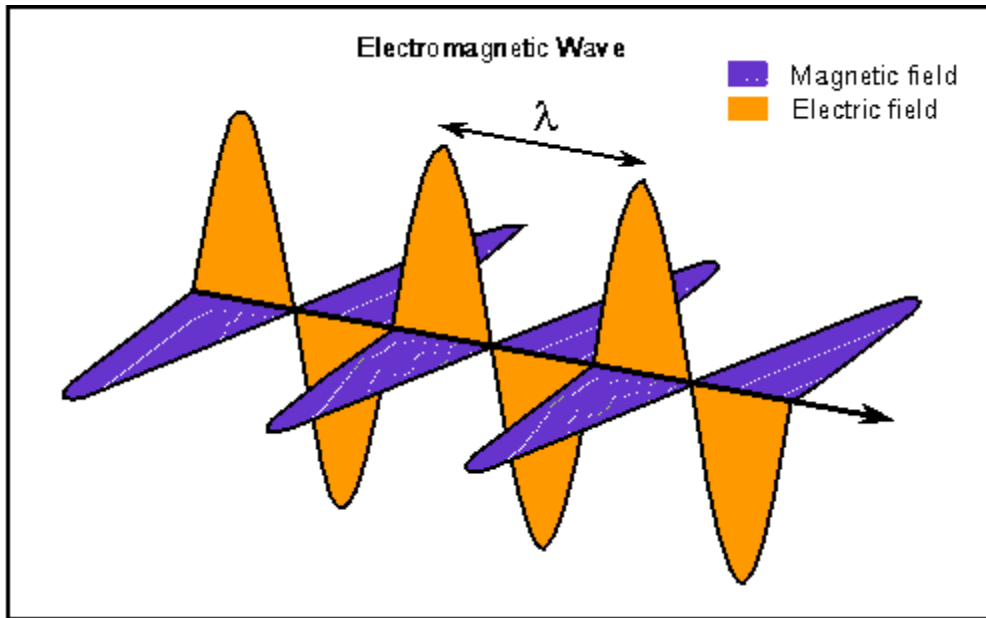
Κάποιες ασύρματες επικοινωνίες, όπως για παράδειγμα το ραδιόφωνο (FM και AM), λαμβάνουν χώρα μόνο προς τη μία κατεύθυνση και συχνά αναφέρονται σαν broadcast ασύρματες επικοινωνίες, καθώς είναι πολύ συχνά επικοινωνία ενός προς πολλούς (one to many).

Σε άλλες μορφές ασύρματης επικοινωνίας η επικοινωνία είναι αμφίδρομη και οι συσκευές που μετέχουν στην επικοινωνία επιτρέπουν την λήψη και την μετάδοση ραδιοκυμάτων προς και από όλες τις άλλες συσκευές.

Σε αυτού του τύπου τις μεταδόσεις, η επικοινωνία μπορεί να είναι σημείου με σημείο (point to point, όπως σε δικτυακές συνδέσεις μεταξύ κτιρίων ή πόλεων) ή σημείου με πολλά σημεία (point to multipoint, όπως στα ασύρματα τοπικά δίκτυα καθώς και στα κυψελοειδή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας).



Εικόνα 4.1: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.  
 Τα ραδιοκύματα περιλαμβάνουν τα σήματα με μήκος κύματος από 1mm (μικροκύματα) και μεγαλύτερο (FM radio, AM radio).



Εικόνα 4.2: Ηλεκτρομαγνητική μετάδοση. Μαγνητικό και ηλεκτρικό πεδίο.

## 4.2 Τρόποι αμφίδρομης μετάδοσης

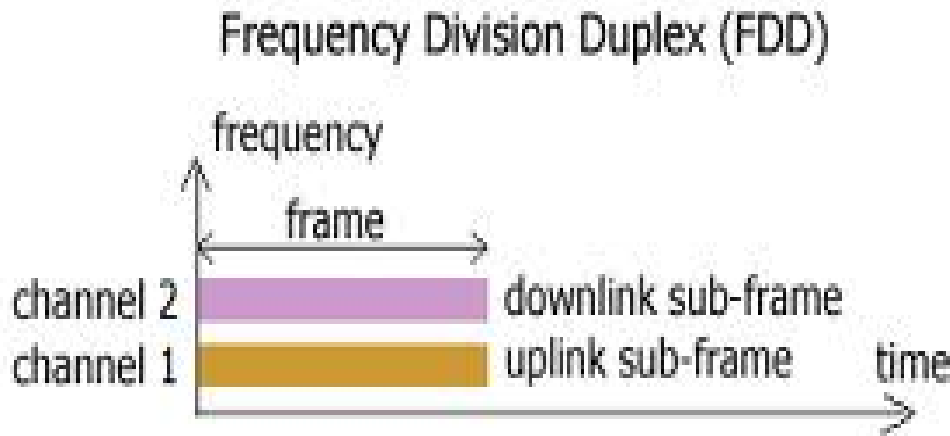
Στα ασύρματα δίκτυα δεδομένων, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σήμερα για την δικτύωση υπολογιστών, η επικοινωνία λαμβάνει χώρα και προς τις δύο κατευθύνσεις καθώς οι υπολογιστές πρέπει να είναι σε θέση και να λαμβάνουν αλλά και να αποστέλλουν δεδομένα είτε ταυτόχρονα (full duplex) είτε εναλλασσόμενοι μεταξύ κατάστασης μετάδοσης και λήψης (half duplex). Η ασύρματη αμφίδρομη επικοινωνία σε αυτά τα δίκτυα επιτυγχάνεται κυρίως με δύο τεχνολογίες:

Frequency Division Duplex (FDD):

Με αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται διαφορετικές συχνότητες για την μετάδοση και για τη λήψη και οι δύο συχνότητες έχουν τέτοια απόσταση ώστε να αποφεύγονται παρεμβολές (εικόνα 4.3).

Η τεχνολογία FDD παρέχει μια πραγματική full duplex λύση αλλά επίσης έχει το πρόβλημα της δέσμευσης φάσματος συχνοτήτων (άρα bandwidth) και για τη μετάδοση και για τη λήψη. Πιο απλά, χρησιμοποιώντας μεγαλύτερο φάσμα συχνοτήτων η επικοινωνία

μπορεί να περιοριστεί σε σχέση με τον όγκο της πληροφορίας που μπορεί να μεταφέρει.



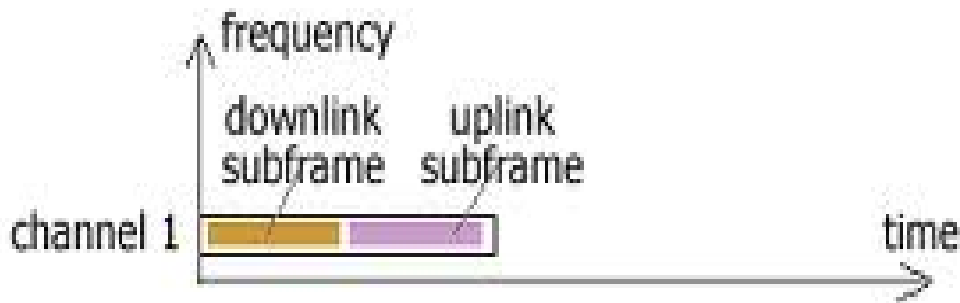
*Εικόνα 4.3: Frequency Division Duplex.*

*Χρησιμοποιούνται διαφορετικά κανάλια συχνοτήτων για την λήψη και τη μετάδοση. Με αυτό τον τρόπο ένας σταθμός μπορεί να λαμβάνει και να αποστέλλει δεδομένα ταυτόχρονα.*

Αντί της δέσμευσης διαφορετικής συχνότητας για την λήψη και την μετάδοση, η μέθοδος TDD πραγματοποιεί και την μετάδοση και την λήψη στην ίδια συχνότητα με την διαφορά ότι η μετάδοση και η λήψη εναλλάσσονται περιοδικά κατά την διάρκεια της επικοινωνίας όπως φαίνεται στην εικόνα 4.4.

Παρόλο που αυτή η μέθοδος ουσιαστικά λειτουργεί σαν half-duplex (μονόδρομη) επικοινωνία στο φυσικό επίπεδο και απαιτεί από τις συσκευές να μπορούν να εναλλάσσονται πολύ γρήγορα, μεταξύ της κατάστασης μετάδοσης και της κατάστασης λήψης, πρόκειται για μια λύση, η οποία μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε σχέση με την χρήση και αξιοποίηση του φάσματος συχνοτήτων.

## Time Division Duplex (TDD)



Εικόνα 4.4: Time Division Duplex.

Η μετάδοση πραγματοποιείται σε ένα κανάλι συχνοτήτων.

Ο σταθμός εναλλάσσεται μεταξύ κατάστασης εκπομπής και κατάσταση λήψης περιοδικά. Παρόλο που υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία, αυτή δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα (Half Duplex).

### 4.3 Αντιμετώπιση παρεμβολών

Όλες οι ασύρματες επικοινωνίες πάσχουν από το πρόβλημα το παρεμβολών. Για να το αντιληφθεί κανείς αυτό αρκεί να σκεφτεί ότι οι συσκευές των σύγχρονων τοπικών ασύρματων δικτύων και οι φούρνοι μικροκυμάτων λειτουργούν στην ίδια συχνότητα.

Τα ασύρματα δίκτυα δέχονται επίσης παρεμβολές και από άλλες πηγές, όπως για παράδειγμα ηλεκτρικά καλώδια υψηλής τάσης, ηλεκτρογεννήτριες και άλλα.

Επιπλέον, κανείς δεν μπορεί να αποκλείσει το γεγονός της επιτηδευμένης παρεμπόδισης της επικοινωνίας (jamming).

Το πρόβλημα αυτό είναι τόσο παλιό όσο και η ίδια η ύπαρξη των ραδιοκυμάτων. Οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι πολύ παλιές και παρακάτω παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τα σύγχρονα ασύρματα δίκτυα δεδομένων.

### 4.3.1 Τεχνικές Spread Spectrum

Ο όρος spread spectrum (εξάπλωσης φάσματος) είναι πολύ παλιός στο χώρο των ασύρματων τηλεπικοινωνιών και αναφέρεται στις τεχνικές με τις οποίες η ασύρματη μετάδοση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας συχνότητες σε μεγαλύτερο εύρος ζώνης από ότι θα ήταν απολύτως απαραίτητο για την μετάδοση της πληροφορίας.

Επί της ουσίας γίνεται μια «εξάπλωση» της πληροφορίας σε μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων σε σχέση με το αρχικό σήμα.

Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται για διάφορους λόγους. Ο πιο βασικός από όλους, είναι η μείωση των παρεμβολών από άλλα σήματα, καθώς το σήμα δεν μεταδίδεται σε μια μόνο συχνότητα. Άλλοι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς τέτοιες τεχνικές είναι η ασφάλεια από υποκλοπές του σήματος, η αντίσταση στην εξασθένηση του σήματος καθώς και η δυνατότητα χρήσης του μέσου από πολλές συσκευές ταυτόχρονα (multiple access).

Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές spread spectrum που χρησιμοποιούνται και στα σύγχρονα ασύρματα δίκτυα δεδομένων είναι οι Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS – Συνεχούς Ακολουθίας Εξάπλωσης Φάσματος) και Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS – Αναπήδησης Συχνότητας Εξάπλωσης Φάσματος).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

#### 5.1 Τελεστικοί ενισχυτές σε γραμμική και μη γραμμική λειτουργία

Συχνά παρουσιάζεται η ανάγκη απλών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, τα οποία σε συνδυασμό με άλλες ηλεκτρονικές συσκευές και όργανα μετρήσεων μπορούν να εξυπηρετήσουν περιστασιακές ή μόνιμες ανάγκες αυτοματισμών και μετρήσεων.

Με αυτές τις κατασκευές αποφεύγεται αφενός η αγορά συνθετότερων διατάξεων, οι οποίες είναι αρκετά ακριβές και αφετέρου ο υφιστάμενος εξοπλισμός αξιοποιείται πληρέστερα και με περισσότερη απόδοση.

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή κυκλωμάτων με διακριτά ηλεκτρονικά εξαρτήματα, απαιτεί συνήθως αρκετές θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις ηλεκτρονικών. Κυκλώματα γενικής και ειδικής χρησιμότητας στη χημική οργανολογία μπορούν να κατασκευασθούν εύκολα με τελεστικούς ενισχυτές (operational amplifiers), οι οποίοι προσφέρονται στο εμπόριο ως φθηνά ολοκληρωμένα κυκλώματα (integrated circuits).

Η ονομασία των τελεστικών ενισχυτών είναι ενδεικτική της ικανότητάς τους να πραγματοποιούν μετά από μια κατάλληλη συνδεσμολογία μαθηματικές τελέσεις σε σήματα αναλογικού χαρακτήρα.

Έτσι λοιπόν, ο τελεστικός ενισχυτής είναι ένα προκατασκευασμένο μονολιθικό κύκλωμα μικρών διαστάσεων, ο οποίος συμπεριφέρεται ως ενισχυτής τάσης και έχει πολύ μεγάλο κέρδος. Αυτό το κέρδος μπορεί να πάρει πολύ μεγάλες τιμές και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ  $10^4$  και  $10^6$ . Ο τελεστικός ενισχυτής αποτελεί το βασικό δομικό στοιχείο σε μια πληθώρα αναλογικών εφαρμογών.

Συνδυάζεται με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα σχηματίζοντας ενισχυτές τάσης, ακόλουθο τάσης, ενεργά φίλτρα και άλλα κυκλώματα.

Στην περίπτωση των ολοκληρωμένων αναλογικών κυκλωμάτων χρησιμεύει σαν ένα μοντέλο συγκριτικής (αφαιρετικής) λειτουργίας για τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού. Η υλοποίησή του με τρανζίστορ



προσαρμόζεται κατάλληλα, έτσι ώστε να ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες της εφαρμογής. Ο τελεστικός ενισχυτής τροφοδοτείται συνήθως με συμμετρική τροφοδοσία (+V, -V), έχει δύο εισόδους και μία έξοδο. Η μία είσοδος ονομάζεται είσοδος αναστροφής και συμβολίζεται με (-), ενώ η άλλη ονομάζεται είσοδος μη αναστροφής και συμβολίζεται με (+).

Επίσης, επειδή η τροφοδοσία στον τελεστικό ενισχυτή είναι συμμετρική, υπάρχει μία μέγιστη θετική τάση εξόδου που ονομάζεται θετική τάση κόρου (+V<sub>k</sub>) και μία μέγιστη αρνητική τάση εξόδου που ονομάζεται αρνητική τάση κόρου (-V<sub>k</sub>). Αυτές οι δύο τιμές αντιστοιχούν σε μία μέγιστη επιτρεπτή τάση εισόδου, που πάνω από αυτή, το σήμα στην έξοδο εμφανίζεται παραμορφωμένο. Στην ουσία ο τελεστικός ενισχυτής είναι ενισχυτής διαφοράς των τάσεων των εισόδων του:

$$V_{in} = V_{(+)} - V_{(-)} \quad 5.a$$

Ενώ η τάση εξόδου (V<sub>out</sub>) είναι:

$$V_{out} = AV_{in} \quad 5.b$$

Όπου A είναι η ενίσχυση τάσης του τελεστικού ενισχυτή.

Η ενίσχυση τάσης είναι θεωρητικά άπειρη. Στην πράξη όμως, έχει μια πεπερασμένη πολύ μεγάλη τιμή. Έτσι λοιπόν, αν δεν εφαρμόσουμε καμία ανάδραση, όταν η διαφορά των εισόδων του είναι της τάξεως των mV, τότε το πιο πιθανό είναι η έξοδος να βρίσκεται στον κόρο (θετικό ή αρνητικό).

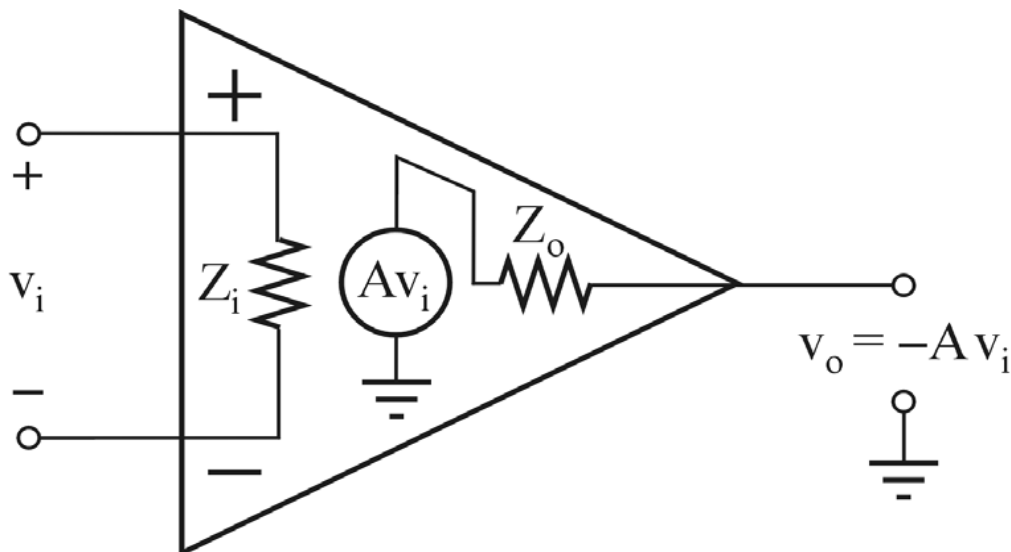
Σε ορισμένες περιπτώσεις για να εξασφαλίσουμε ότι η έξοδος θα βρίσκεται στον κόρο, εφαρμόζουμε θετική ανάδραση στο κύκλωμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μόλις η μία είσοδος ξεπεράσει ελάχιστα την άλλη, η έξοδος να οδηγηθεί στον αντίστοιχο κόρο. Εκμεταλλευόμαστε αυτό το χαρακτηριστικό για να συγκρίνουμε δύο τάσεις, έτσι ώστε να κατασκευάσουμε διάφορα κυκλώματα.

Οι τελεστικοί ενισχυτές μπορούν να μεταβάλλουν την τάση εξόδου τους με μια ορισμένη ταχύτητα. Αυτή η ταχύτητα εκφράζεται ως η κλίση του τριγωνικού σήματος εξόδου, όταν στην είσοδο εφαρμόζεται σήμα υψηλής συχνότητας. Το χαρακτηριστικό αυτό των τελεστικών ενισχυτών ονομάζεται ρυθμός ανόδου και μετριέται σε βολτ ανά δευτερόλεπτο, με τυπικές τιμές γύρω στα 500 V/μsec.

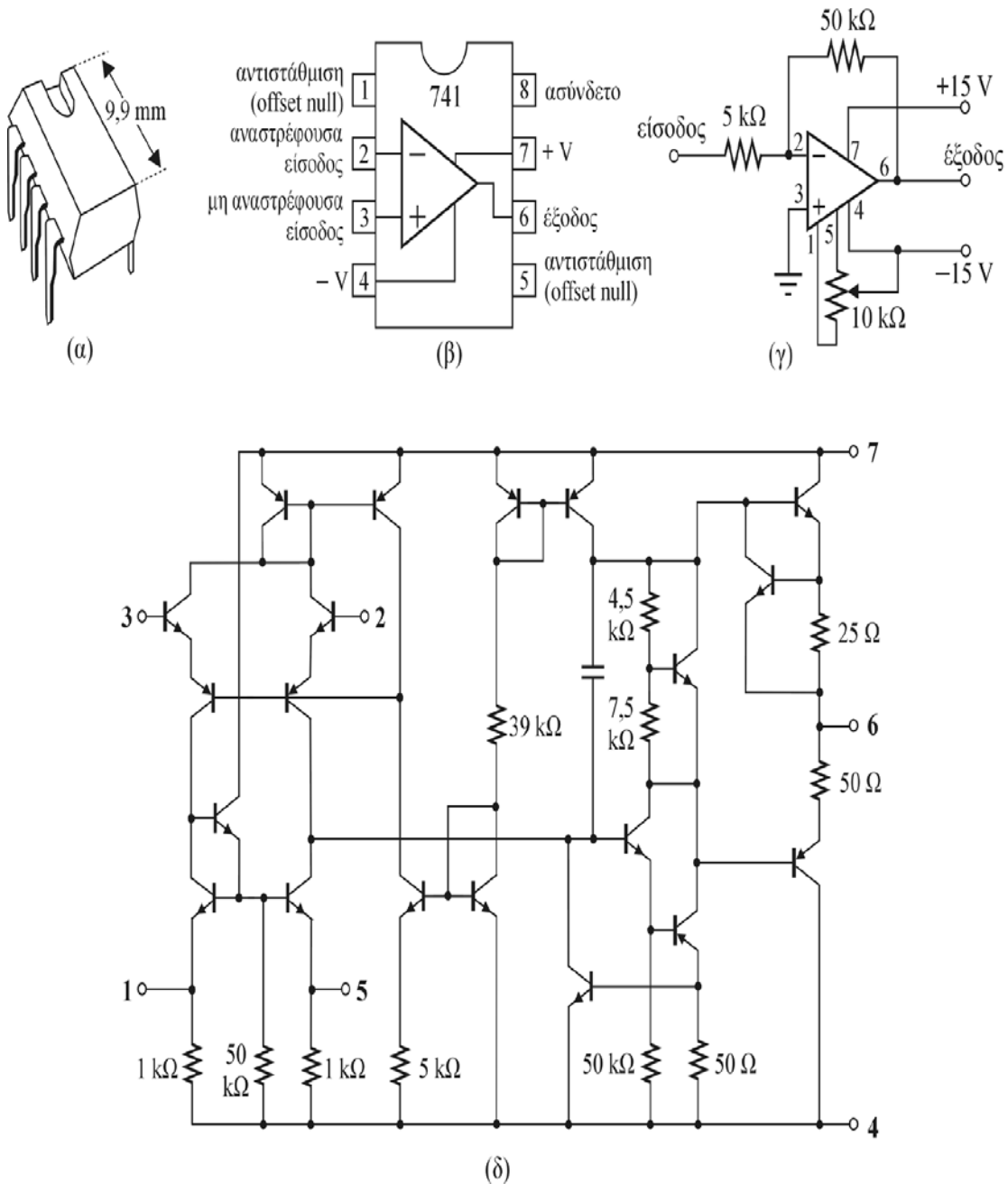
Ο ιδανικός τελεστικός ενισχυτής έχει άπειρη ενίσχυση τάσης, άπειρη αντίσταση εισόδου, μηδενική αντίσταση εξόδου και εύρος συχνοτήτων από μηδέν έως άπειρο. Στην πραγματικότητα οι παραπάνω τιμές είναι πεπερασμένες. Η ρύθμιση της ενίσχυσης γίνεται με αρνητική ανάδραση, η οποία εξασφαλίζεται με κατάλληλη συνδεσμολογία αντιστάσεων από την έξοδο προς την είσοδο αναστροφής.

Οι τελεστικοί ενισχυτές δεν παρουσιάζουν την ίδια ενίσχυση σε όλες τις συχνότητες. Η συμπεριφορά τους σε χαμηλές συχνότητες είναι πολύ καλή και η ενίσχυση είναι η αναμενόμενη ακόμα και σε συνεχές (DC) σήμα εισόδου. Από την άλλη πλευρά, σε υψηλές συχνότητες παρουσιάζεται ελάττωση της ενίσχυσης.

Τέλος, η συχνότητα αποκοπής εξαρτάται από την ενίσχυση και αυξάνεται με την ελάττωση της ενίσχυσης.



Εικόνα 5.1: Ισοδύναμο κύκλωμα πραγματικού τελεστικού ενισχυτή



Σχήμα 5.2: Ένας τυπικός τελεστικός ενισχυτής, ο 741.

(α) εξωτερική εμφάνιση του TE.

(β) Αντιστοιχία ακίδων και εσωτερικών συνδέσεων.

(γ) Καλωδίωση του 741 με εξωτερικά εξαρτήματα για κατασκευή αντιστροφέα ενισχυτή με απολαβή 10, όπου περιλαμβάνεται και η σύνδεση ποτενσιόμετρου αντιστάθμισης.

(δ) Εσωτερικό (ισοδύναμο) κύκλωμα του 741.

## 5.2 Συγκριτής τάσης

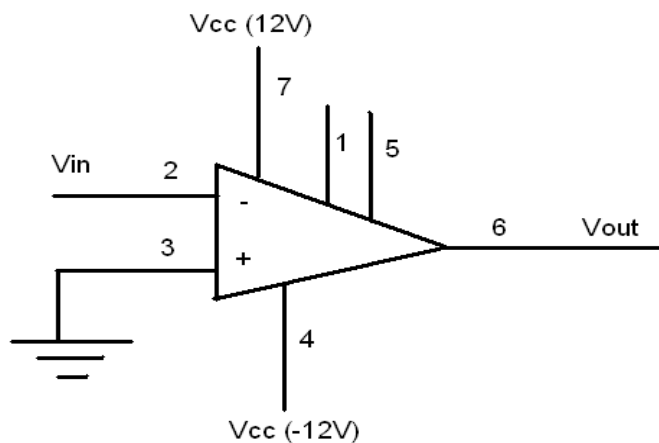
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται, ένα κύκλωμα συγκριτή τάσης με αναστροφή και ένα χωρίς αναστροφή. Η σύγκριση της τάσης εισόδου  $V_1$  γίνεται με την τάση αναφοράς, η οποία είναι συνδεδεμένη στην άλλη είσοδο του τελεστικού ενισχυτή.

Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι στα κυκλώματα του σχήματος η σύγκριση γίνεται με το δυναμικό της γείωσης, αφού η δεύτερη είσοδος του κάθε κυκλώματος είναι γειωμένη.

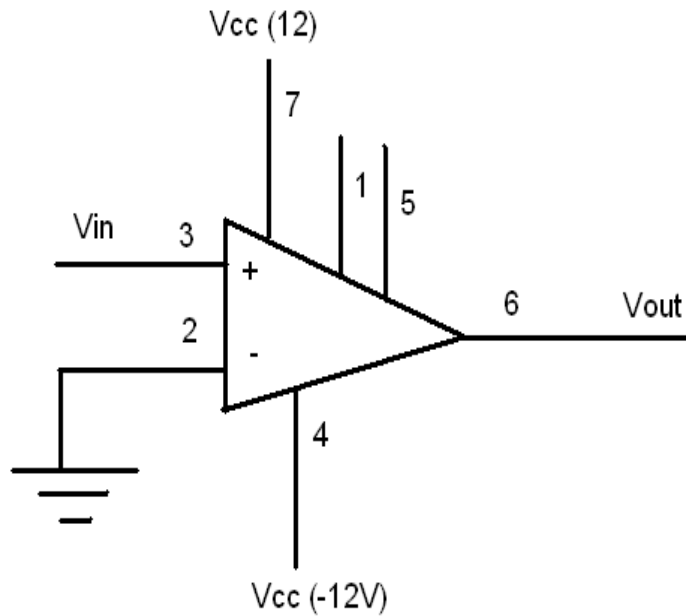
Στο κύκλωμα συγκριτή τάσης με αναστροφή, όταν η τάση εισόδου ξεπεράσει ελάχιστα το μηδέν, η έξοδος θα περάσει στον θετικό κόρο, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει στο κύκλωμα συγκριτή τάσης χωρίς αναστροφή.

Τα κυκλώματα λειτουργούν πολύ καλά σε χαμηλές συχνότητες, όπως προαναφέραμε και σε υψηλές συχνότητες παρουσιάζουν μια καθυστέρηση στη μετάβαση από τη μία κατάσταση κόρου στην άλλη. Η αλλαγή στην κατάσταση της εξόδου γίνεται σε λίγο μεγαλύτερη θετική ή αρνητική τάση δίνοντας την εντύπωση διαφοράς φάσης εισόδου εξόδου. Επίσης, η μεταβολή από τη μια κατάσταση στην άλλη δεν γίνεται ακαριαία, αλλά το μέτωπο της μετάβασης παρουσιάζει μία κλίση.

Τέλος, το φαινόμενο γίνεται ακόμα εντονότερο σε μεγάλες συχνότητες σήματος εισόδου.



Σχήμα 5.3: Κύκλωμα συγκριτή τάσης με αναστροφή

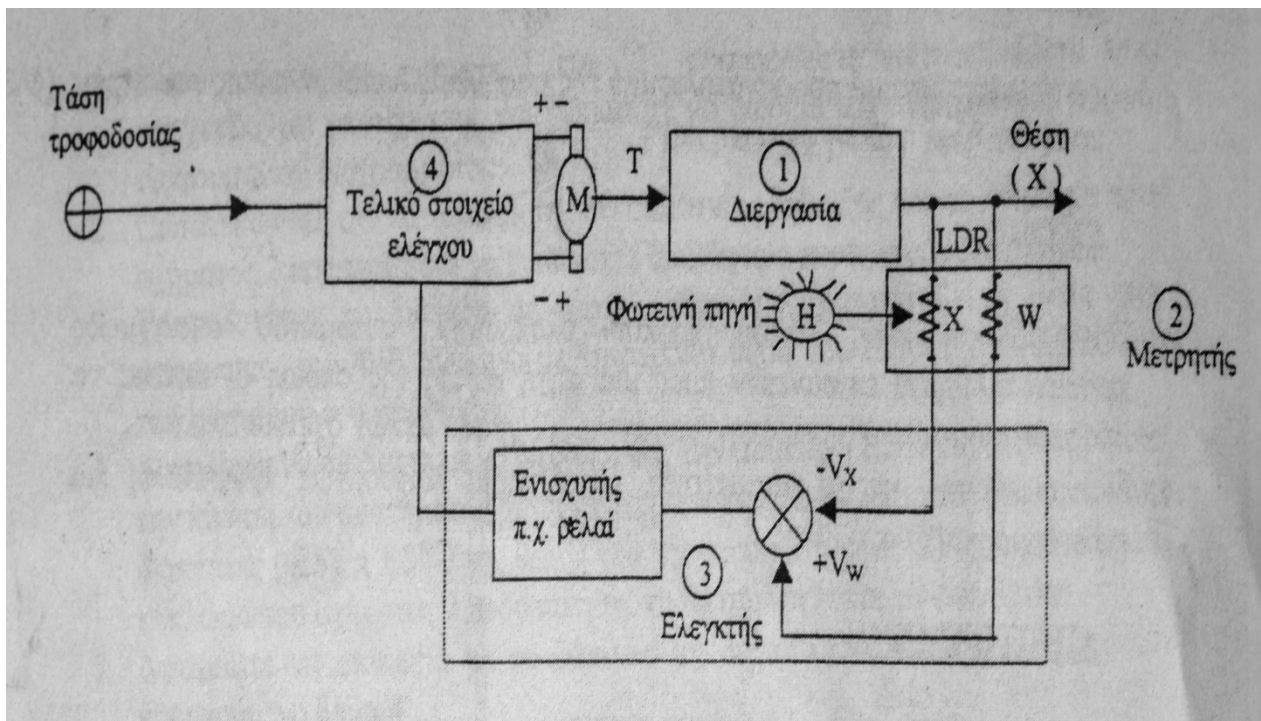


Σχήμα 5.4: Κύκλωμα συγκριτή τάσης χωρίς αναστροφή

### 5.3 Σύστημα αυτόματου προσανατολισμού

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το λειτουργικό διάγραμμα συστήματος αυτόματου προσανατολισμού επιφάνειας προς τον ήλιο, το οποίο είναι σχετικά απλό. Αυτό το καταλαβαίνει κανείς επειδή χρησιμοποιεί ένα συγκριτή παραθύρου, ο οποίος όταν οι δύο φωτοαντιστάσεις LDR βλέπουν τον ίδιο φωτισμό, τότε αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο στόχος (W) και η μέτρηση (X) να είναι ίσες.

Δηλαδή αυτό σημαίνει ότι μπορεί να μηδενιστεί η ρυθμιστική διαφορά με αποτέλεσμα και οι δύο τελεστικοί ενισχυτές του κυκλώματος (T1, T2), οι οποίοι λειτουργούν σαν διακόπτες, να έχουν μηδενική έξοδο, γεγονός που ισοδυναμεί με μηδενική τάση στον κινητήρα και άρα με κατάσταση ηρεμίας του συστήματος.



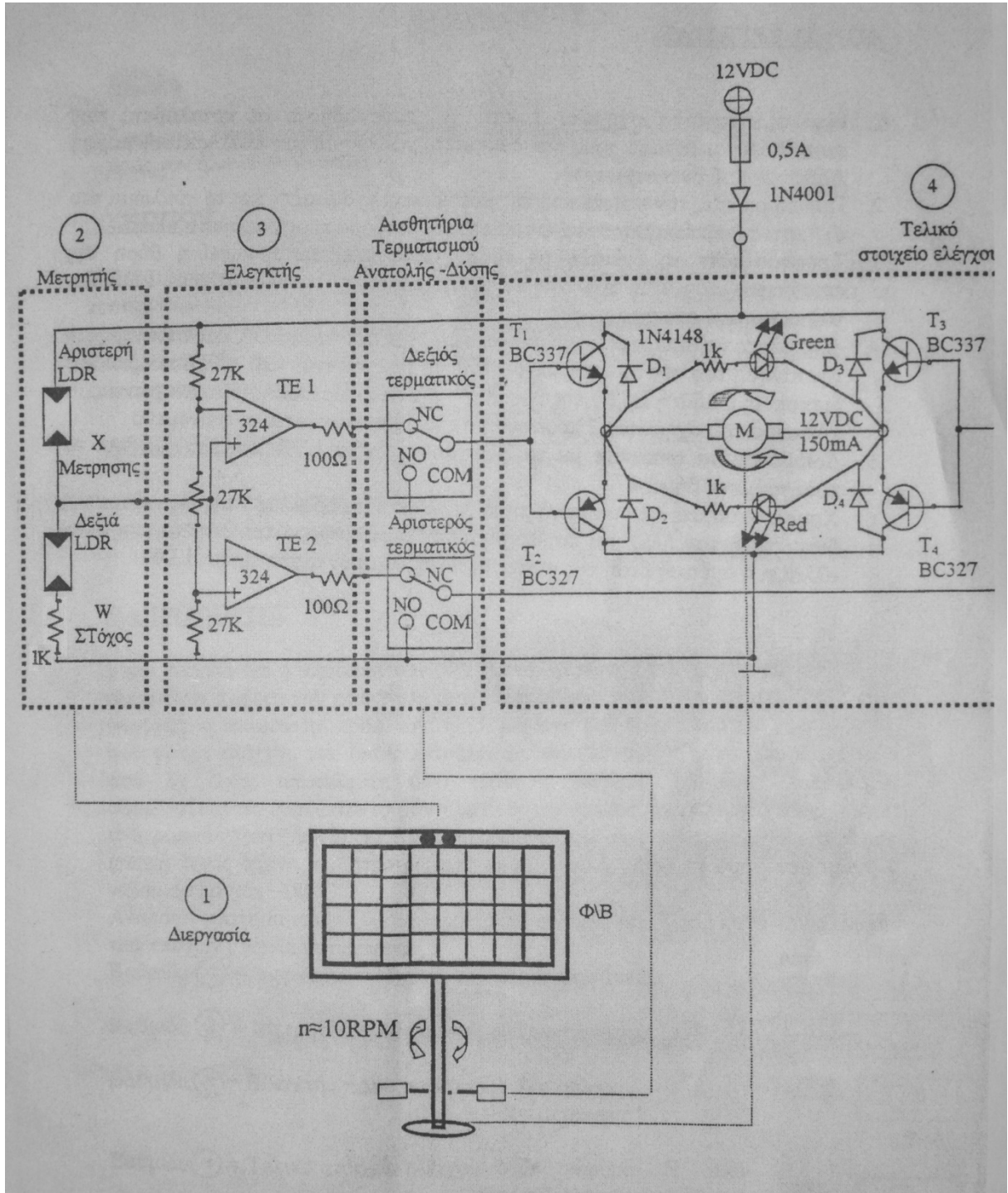
Σχήμα 5.5: Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος αυτόματου προσανατολισμού επιφάνειας προς τον ήλιο.

Όταν τώρα αλλάξει η θέση του ήλιου, ο φωτισμός των δύο αισθητηρίων (φωτοαντιστάσεις W, X) είναι διαφορετικός, με αποτέλεσμα η έξοδος του ενός τελεστικού ενισχυτή να έχει θετικό αποτέλεσμα και να πηγαίνει στον κόρο, δηλαδή να δουλεύει σαν διακόπτης, ενώ αν έχει αρνητικό αποτέλεσμα να μένει στο μηδέν (έξοδος = 0). Αυτό με την σειρά του έχει ως αποτέλεσμα, η γέφυρα (H) να δώσει τάση κατάλληλης πολικότητας στον κινητήρα και τελικά ο κινητήρας να έρθει σε μία καινούργια θέση ισορροπίας.

Στην συνέχεια, όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.6, οι αντιστάσεις των 27KΩ στο κύκλωμα βάζουν μικρές υστερήσεις στον τρόπο ανίχνευσης των μεταβολών της θέσης του ήλιου, καθώς και στις αντιδράσεις επαναφοράς του κινητήρα.

Τελικά, το σύστημα προσαρμόζεται με μικρά βήματα στη νέα κατάσταση. Ενώ, η αντίσταση του 1KΩ (στο σχήμα φαίνεται κάτω από την φωτοαντίσταση) βοηθάει στην ισορροπία του panel (δηλαδή

το panel δεν κινείται αριστερά δεξιά), όταν οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν ταυτόχρονα κάθετα στις φωτοαντιστάσεις.

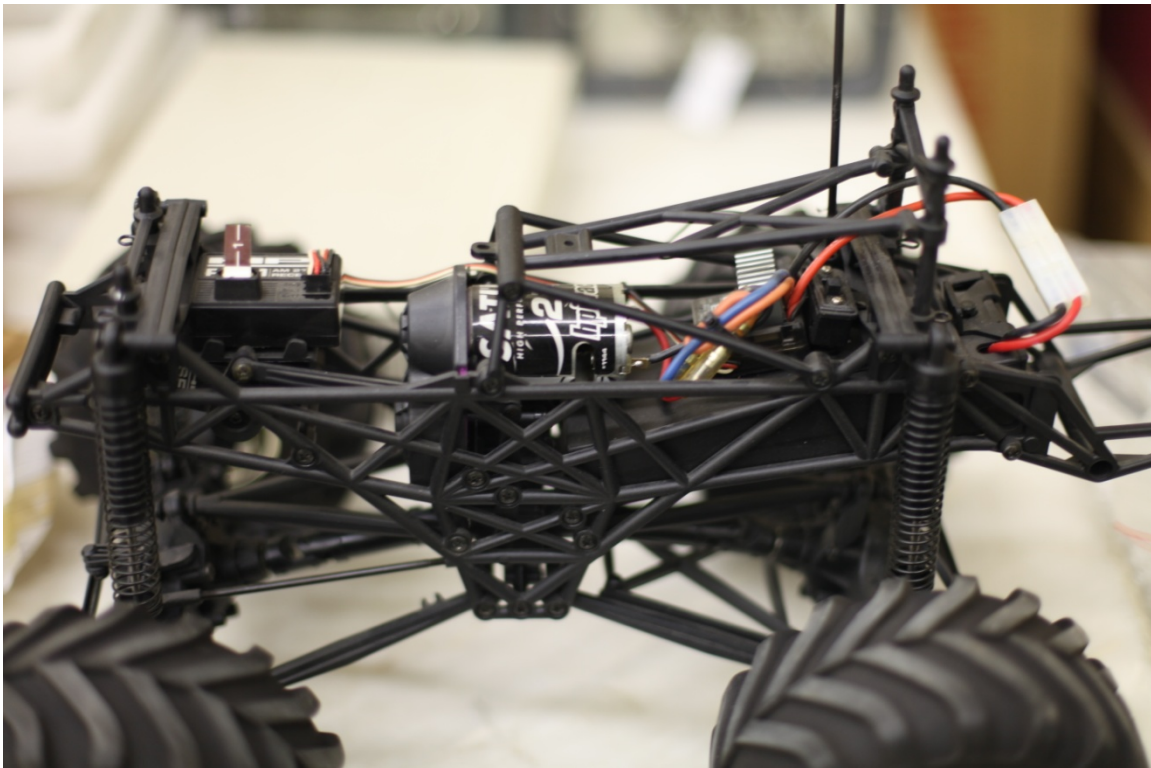


Σχήμα 5.6: Κύκλωμα αυτόματου προσανατολισμού επιφάνειας Φ/Β προς τον ήλιο.

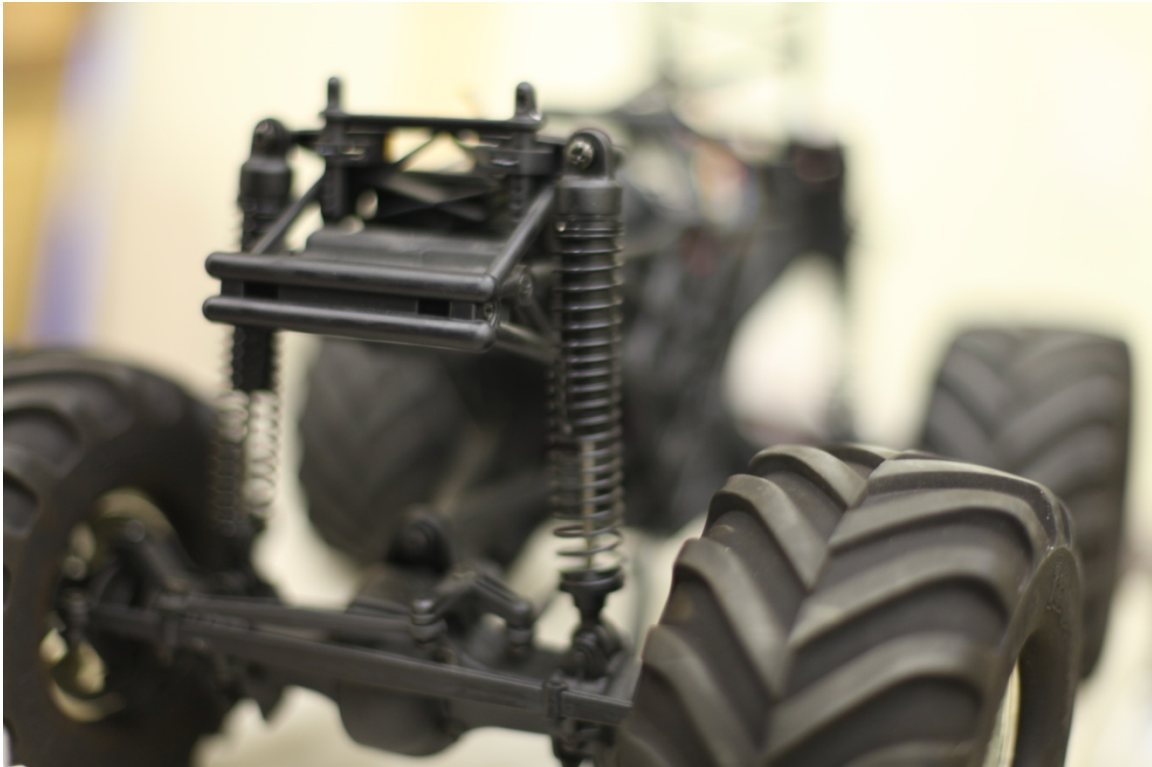
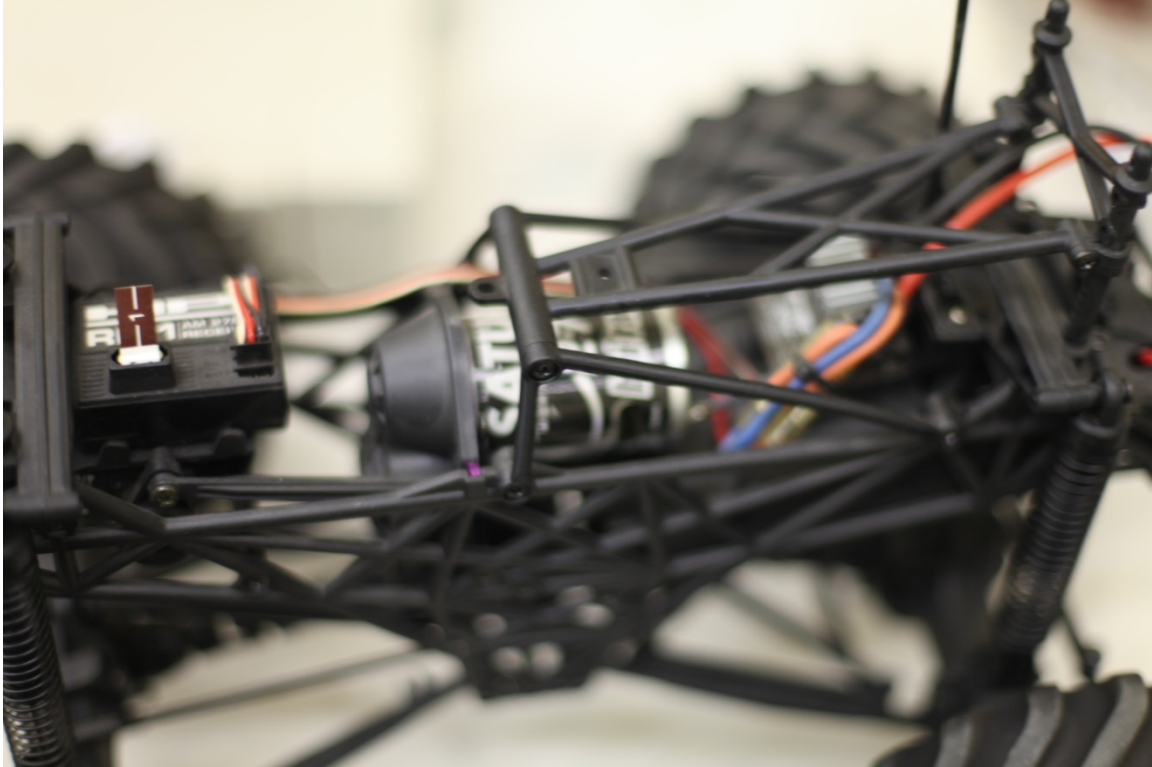
Επιπλέον, να τονιστεί ότι οι φωτοαντιστάσεις έχουν τοποθετηθεί κατά  $45^\circ$  στο panel, προκειμένου να προσανατολίζεται το panel με την ανατολή του ήλιου και να μην χρειάζεται περαιτέρω ώρα μέχρι ο ήλιος να φθάσει σε συγκεκριμένο ύψος, όπως θα χρειαζόταν αν το panel ήταν παράλληλο με το έδαφος.

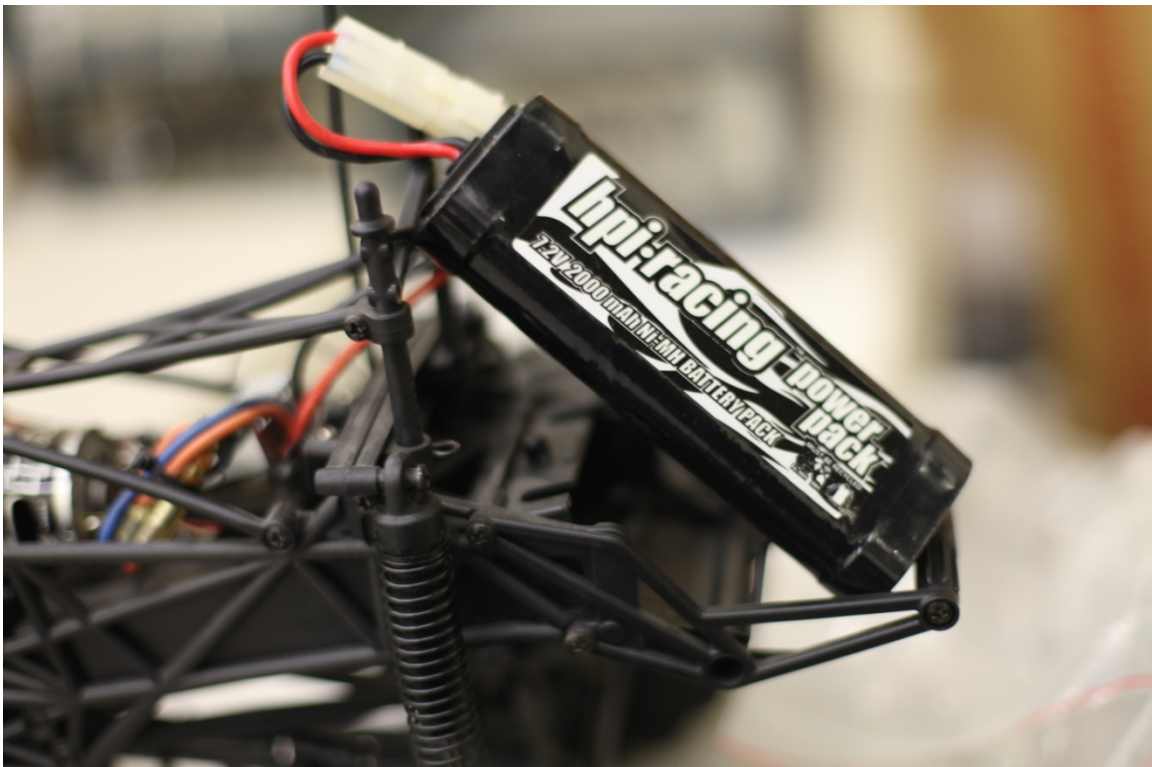
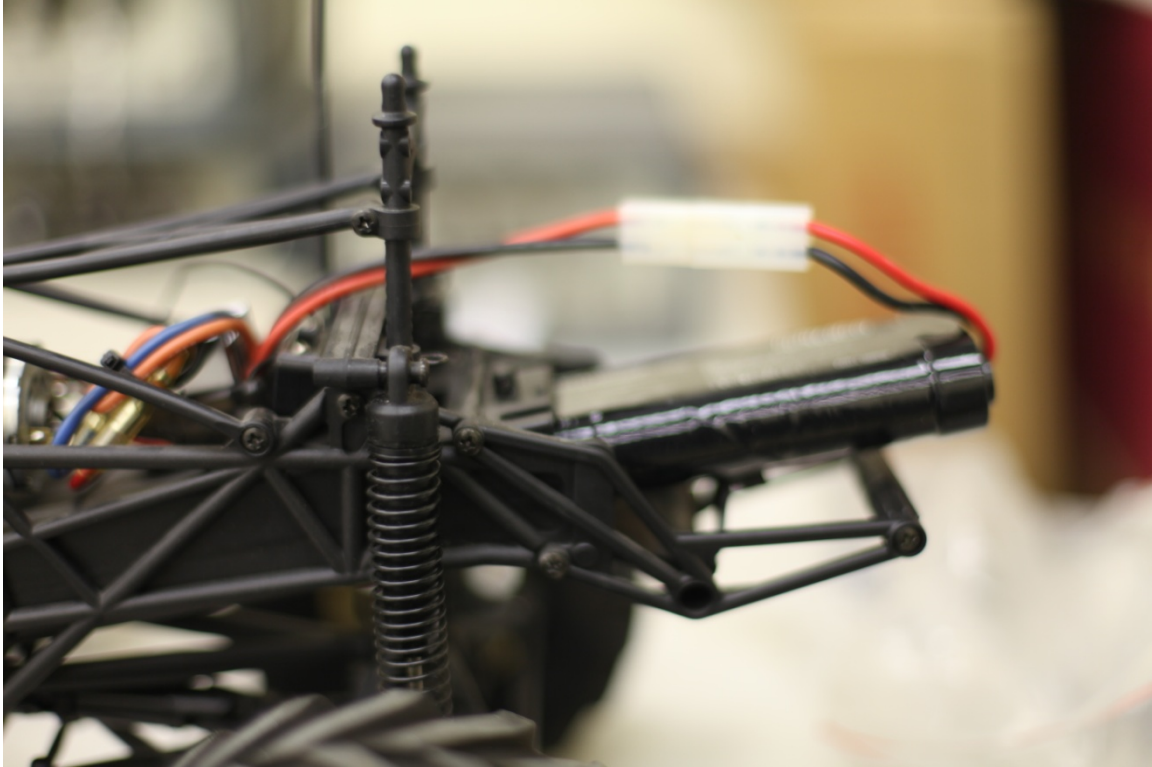
Επίσης, στην κατασκευή μας έχουν χρησιμοποιηθεί δύο μαγνητικές επαφές, οι οποίες είναι τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να σταματάνε την περιστροφή του panel, προκειμένου να μην κοπούν τα καλώδια. Βέβαια, η λύση αφενός για την αποφυγή του κοψίματος των καλωδίων και αφετέρου για την περιστροφή του panel  $360^\circ$  είναι η χρήση ειδικού μηχανισμού spiral. Δυστυχώς, αυτός ο τρόπος κοστίζει περισσότερα χρήματα από την λύση που δώσαμε και για αυτό δεν πραγματοποιήθηκε.

Τέλος, παρουσιάζονται στην συνέχεια φωτογραφίες από την κατασκευή του συστήματος κατά την διάρκεια της κατασκευής του, αλλά και ολοκληρωμένο το σύστημα.

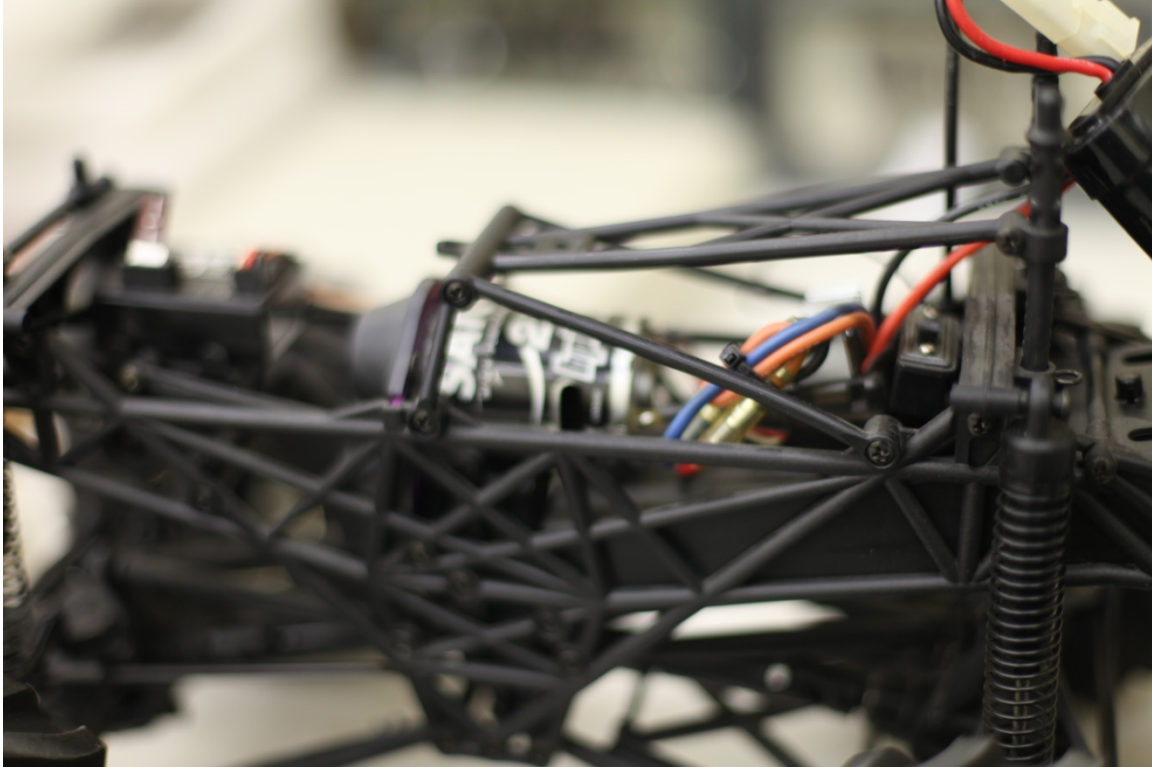


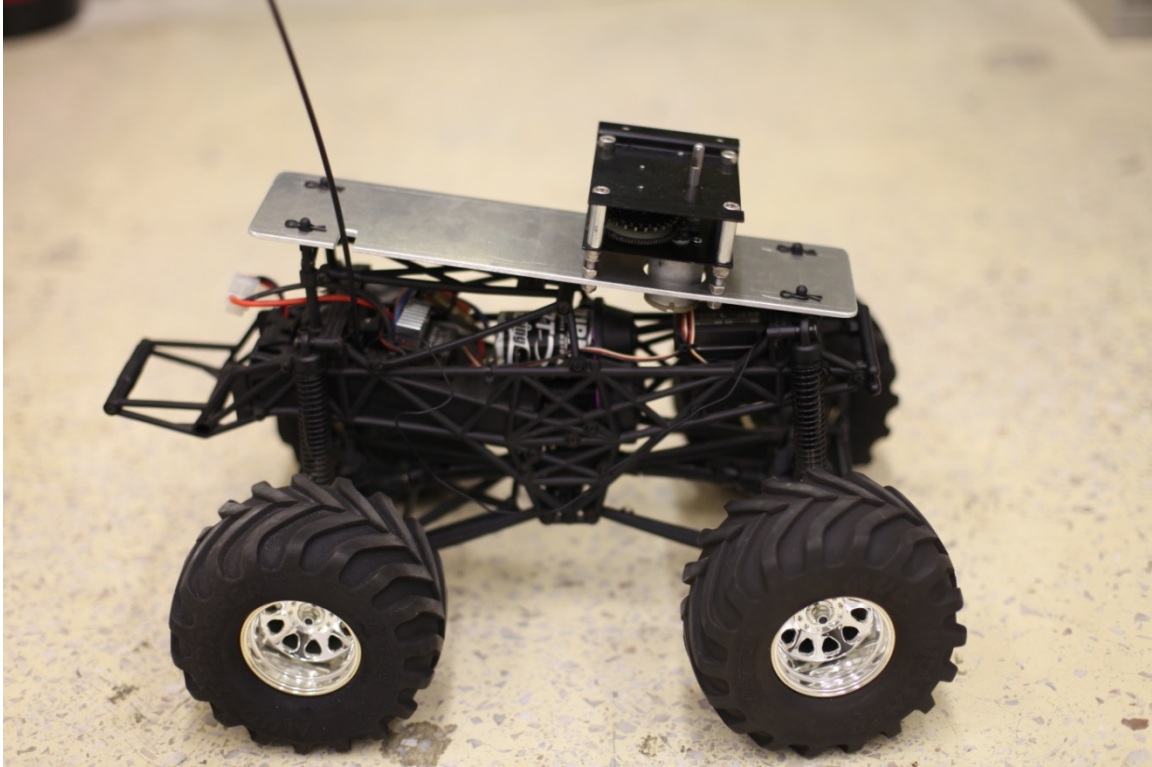




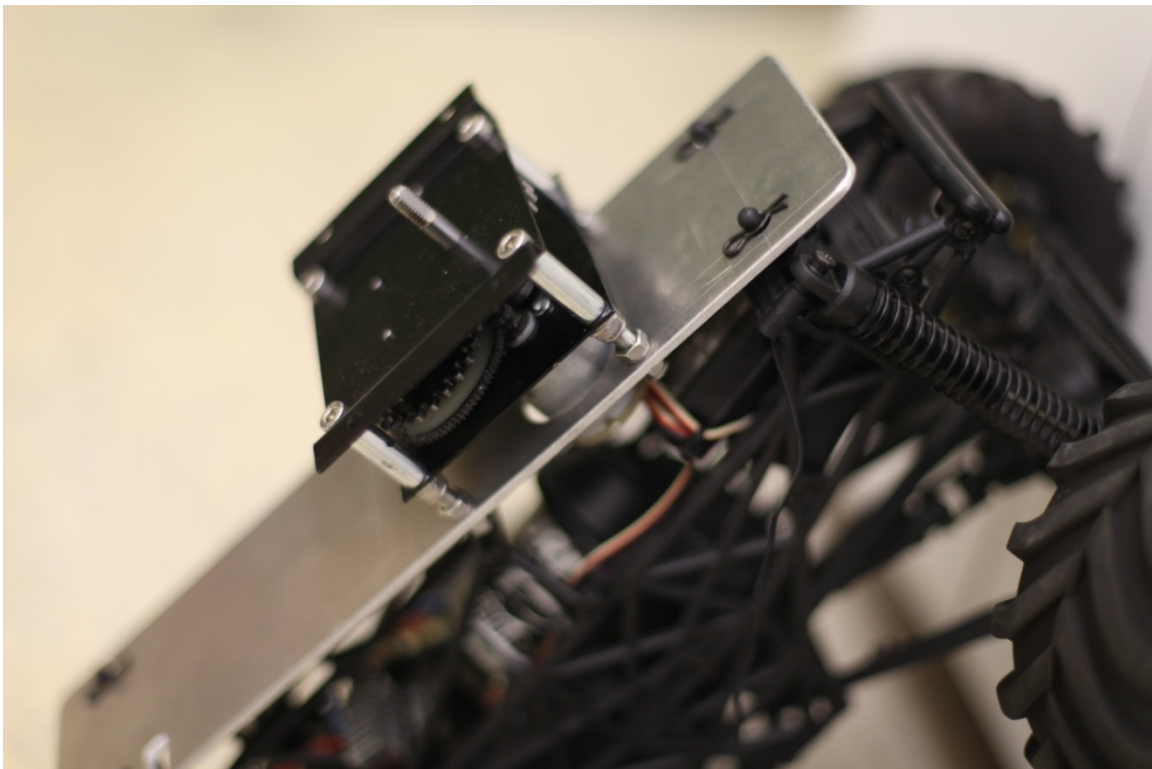
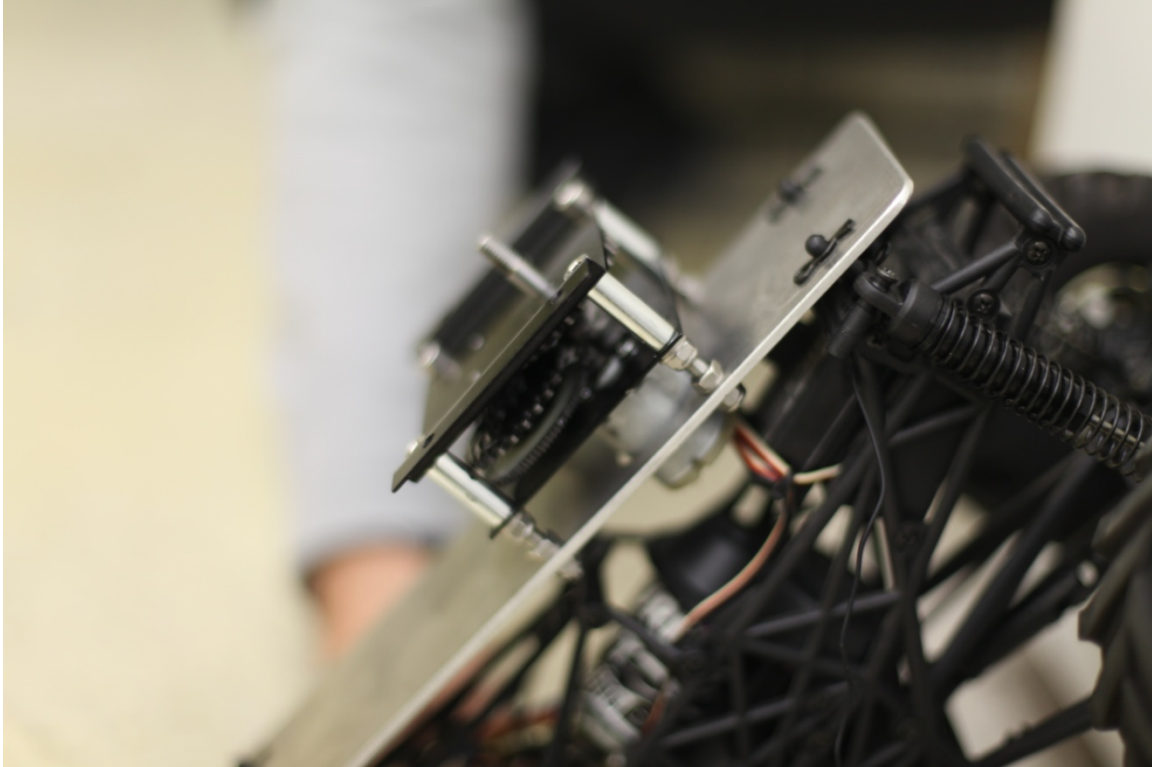


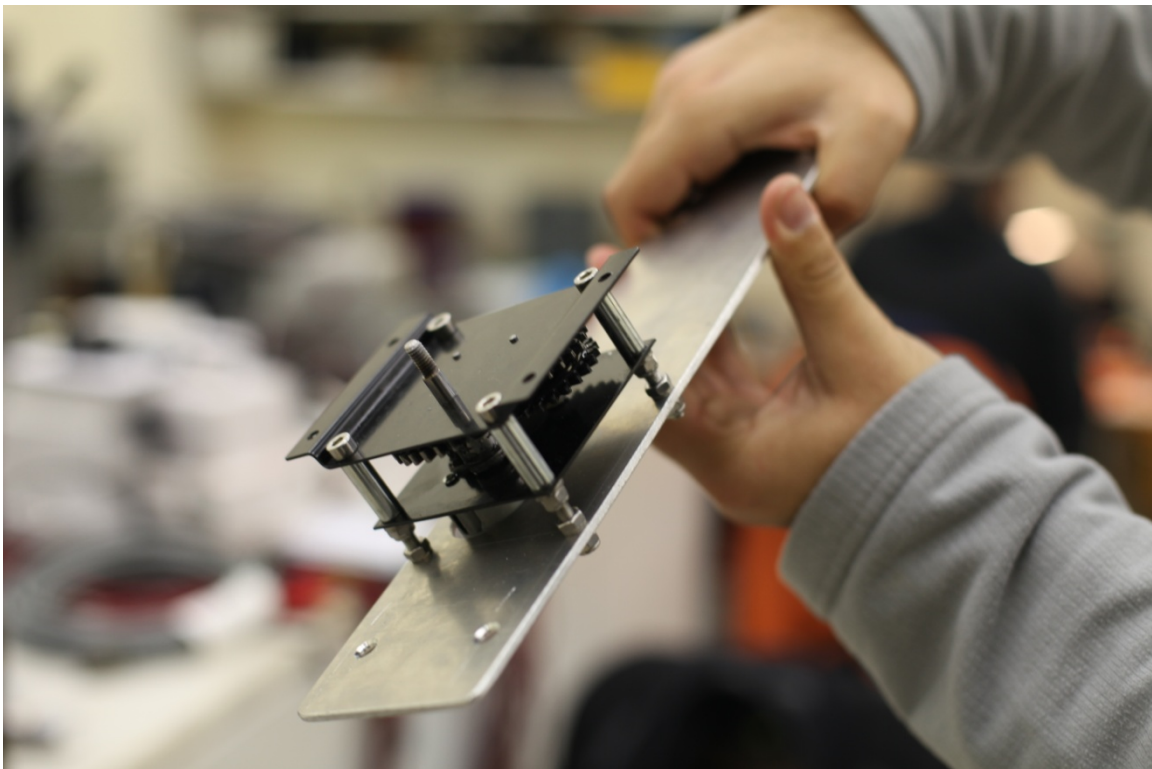


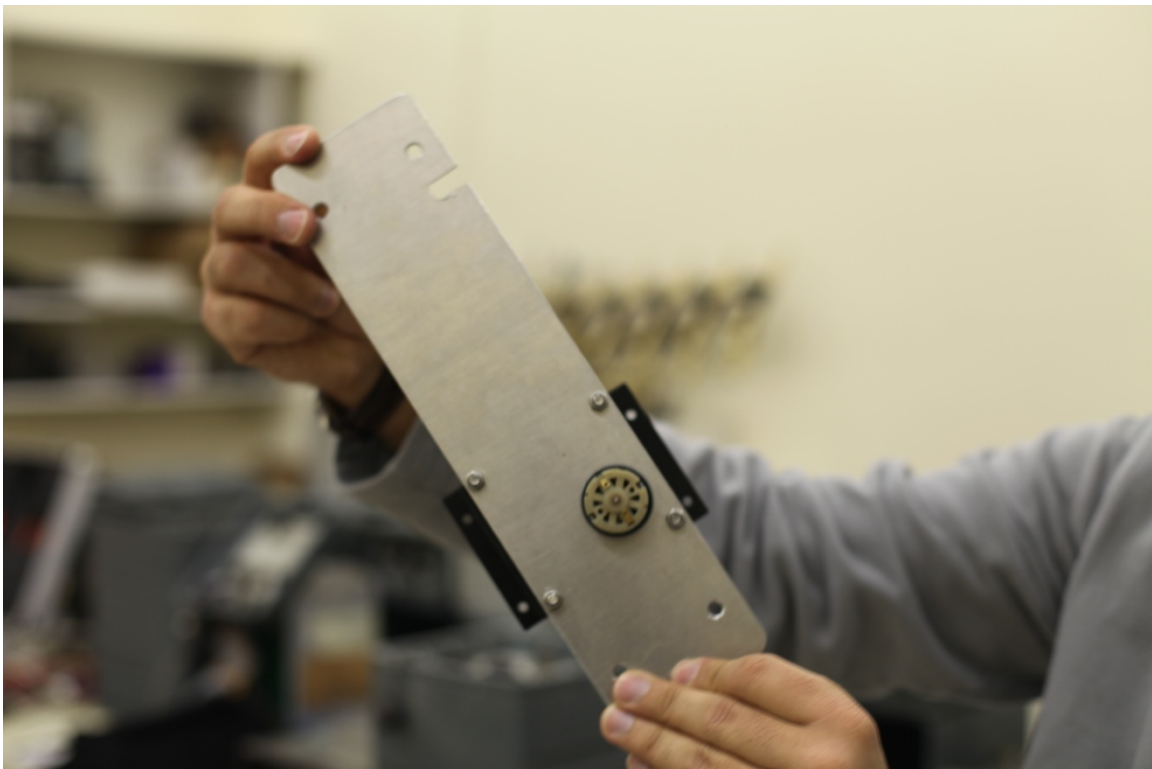
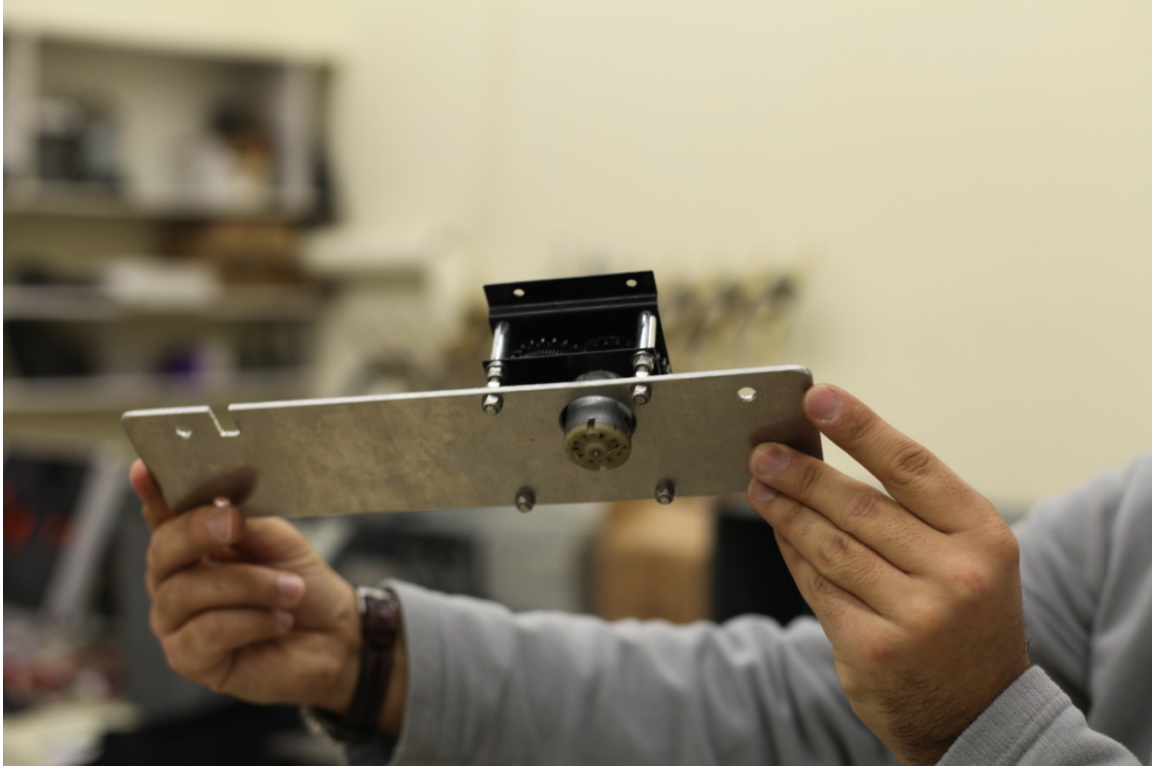




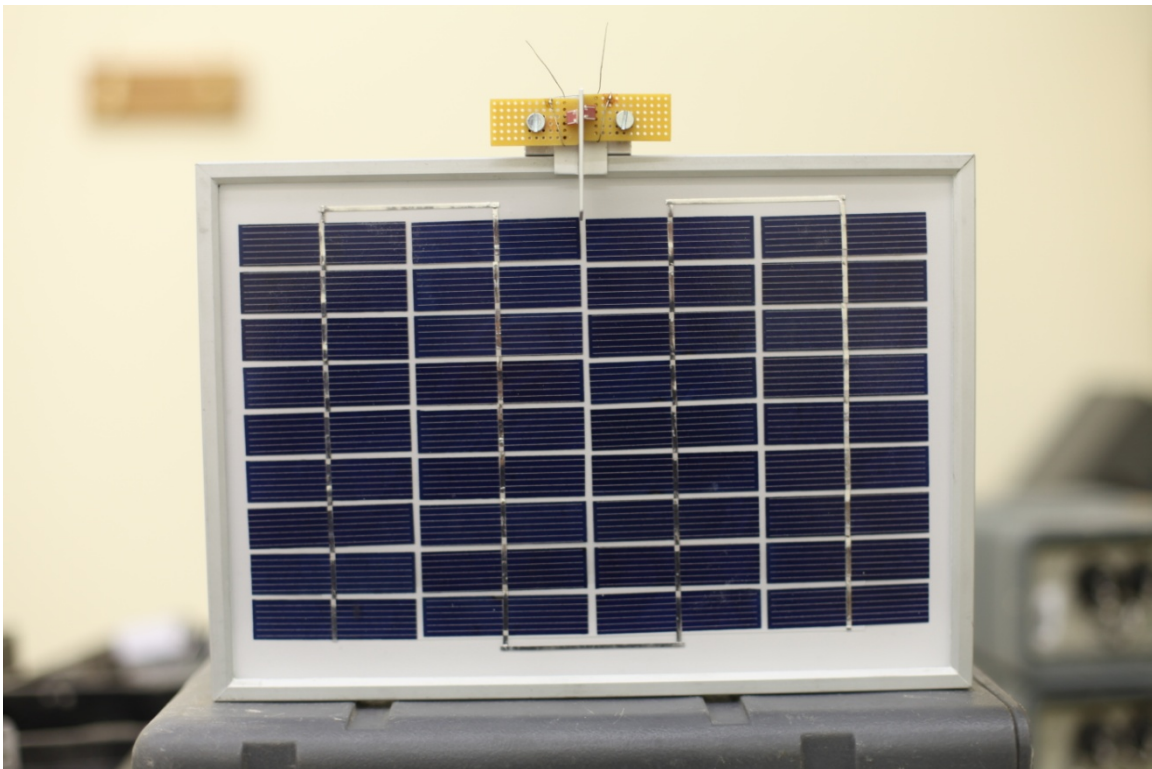
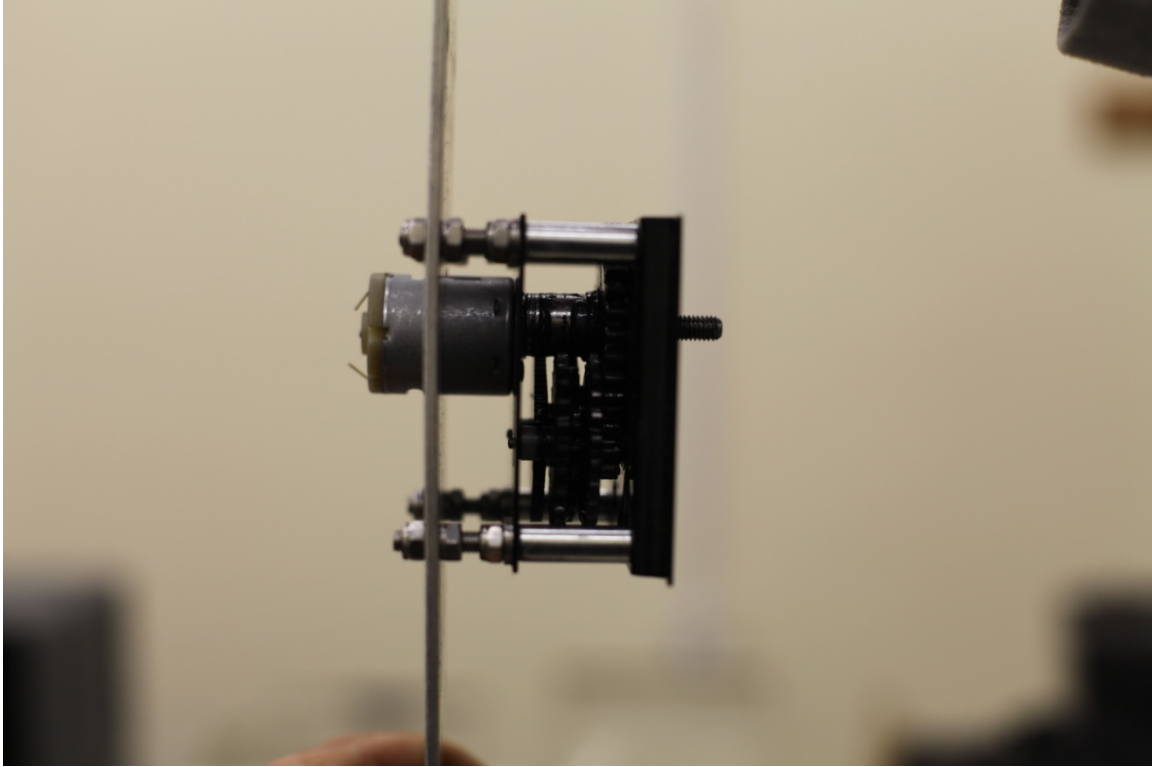




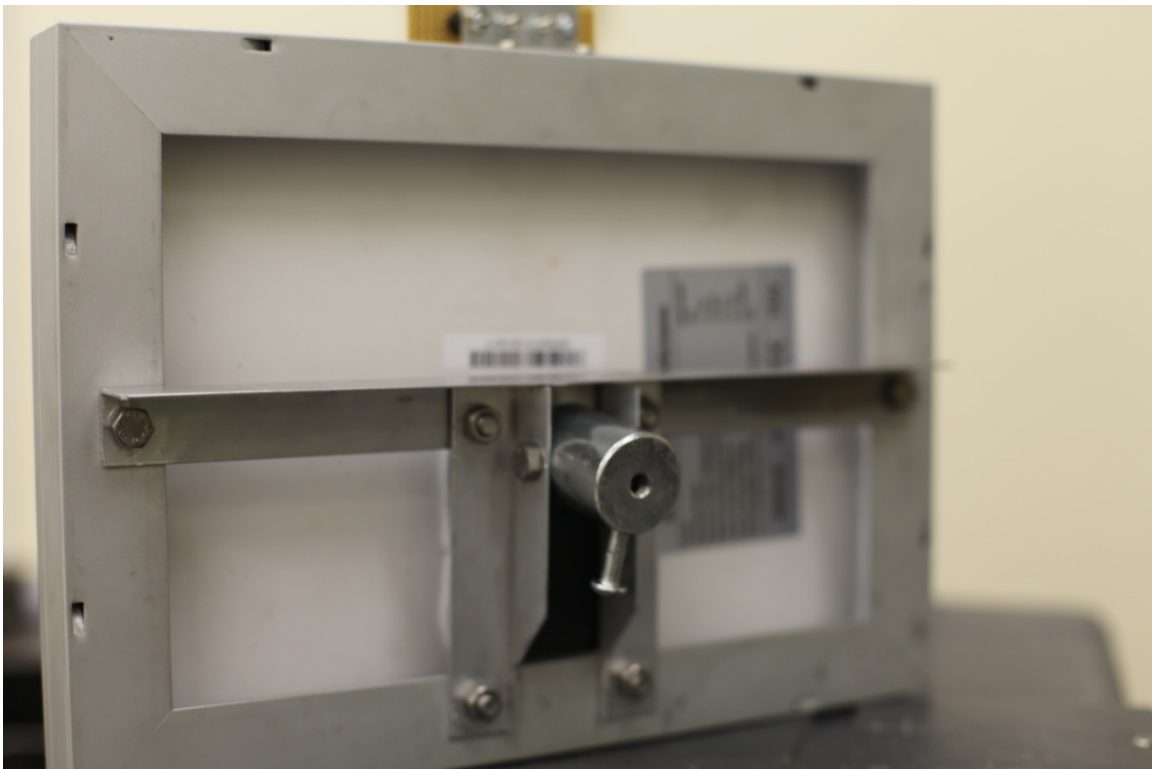
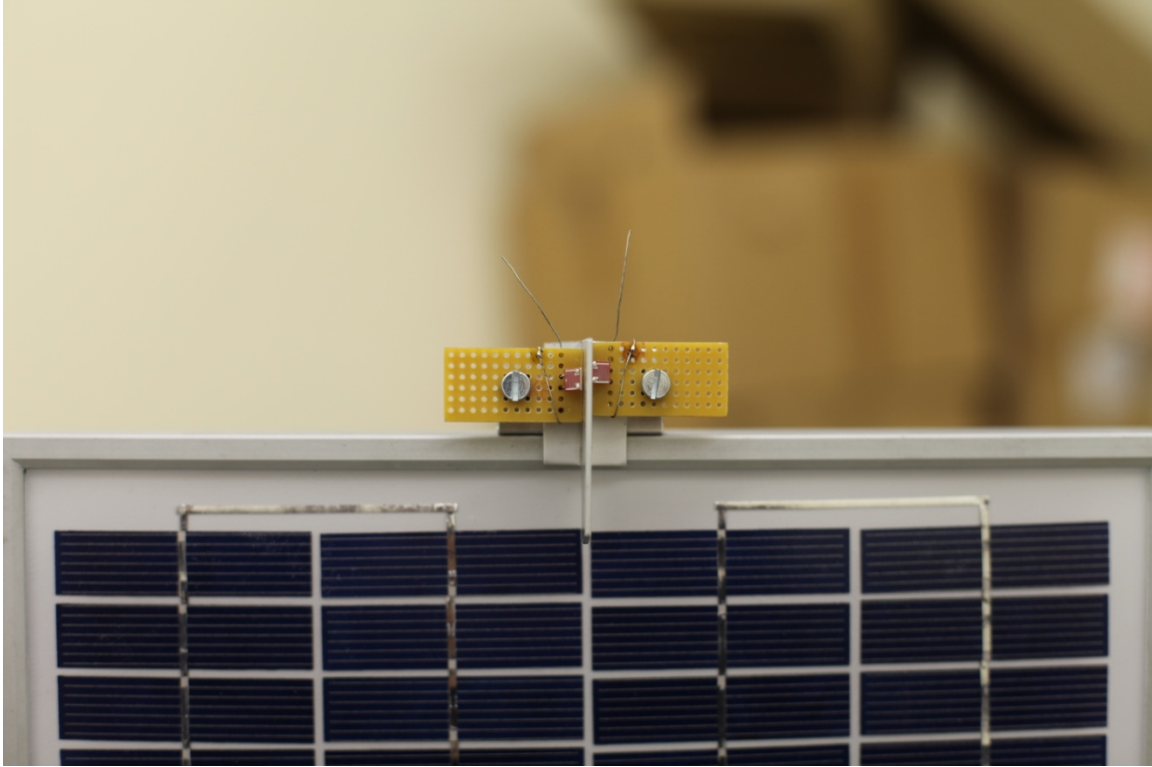


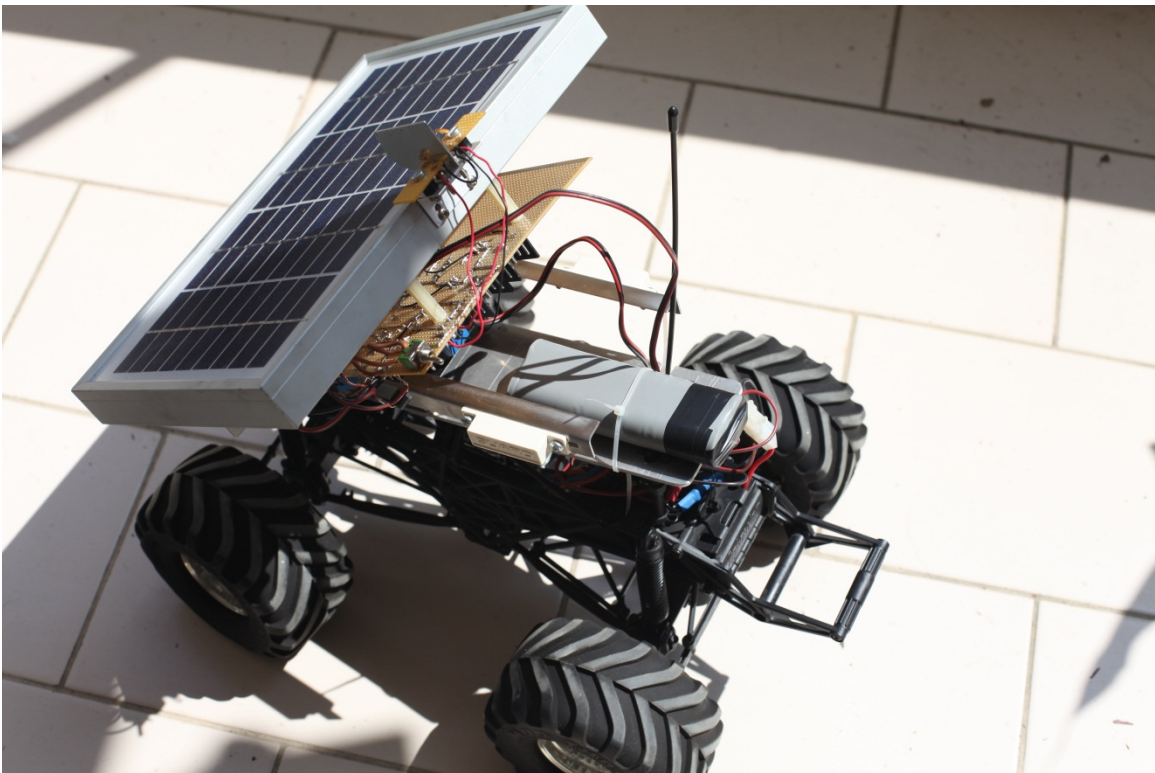
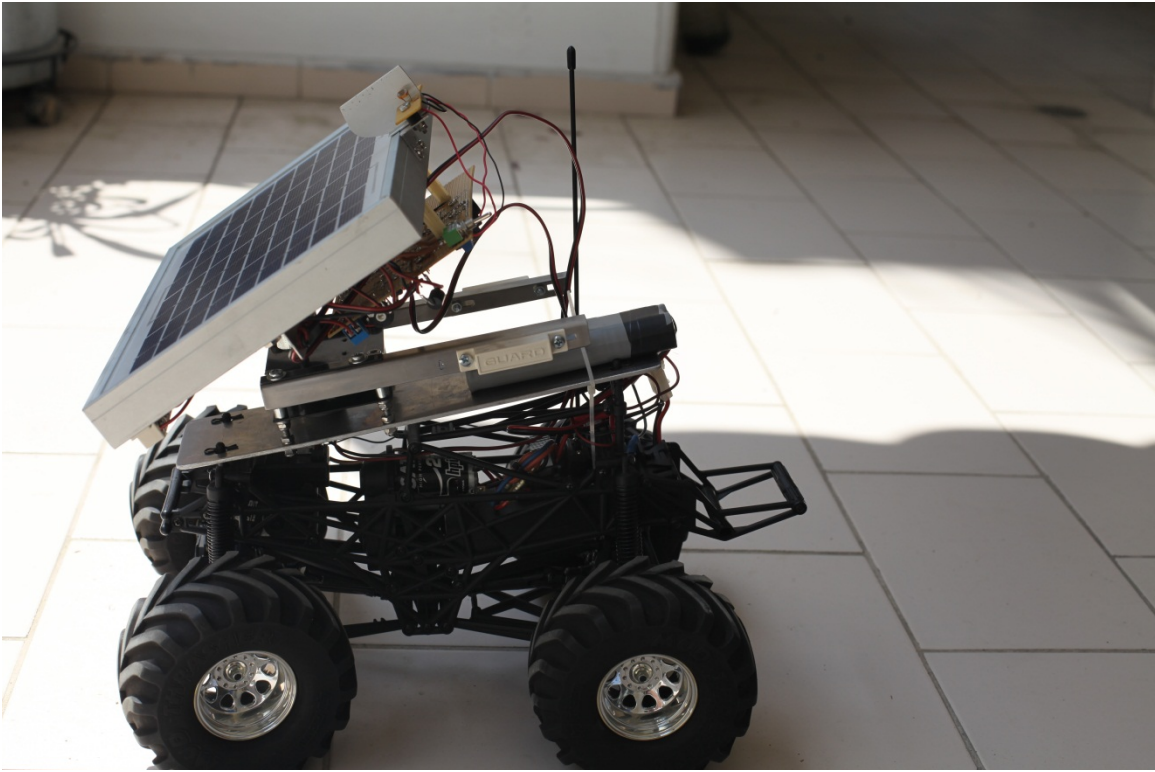




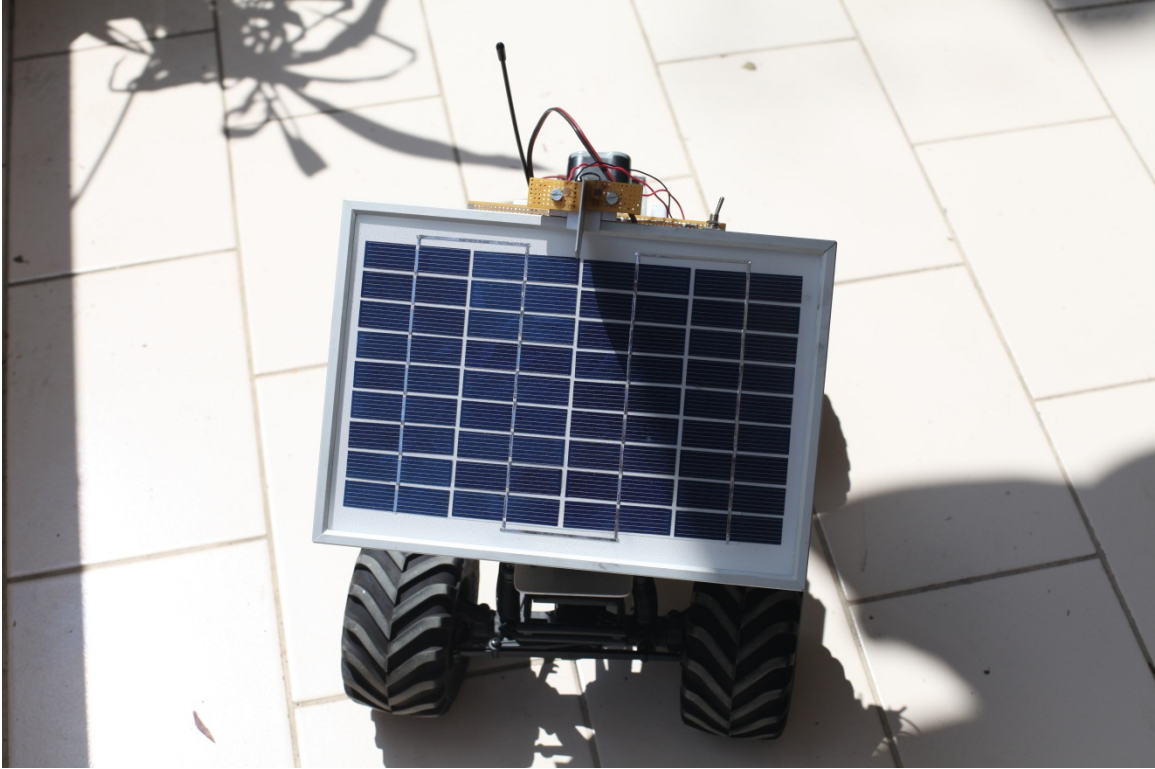












## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κ.Α. Καρύπακα, «Γενική Ηλεκτρονική, τόμος Α», Θεσσαλονίκη 2001
- Κ.Α. Καρύμπκα, «Γενική ηλεκτρονική, τόμος Β», Θεσσαλονίκη 2001
- Παντελής Β. Μαλατέστας, Ηρακλής Αθ. Βυλλιώτης, «Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρικής Κίνησης Μ», Εκδόσεις Τζιόλα 2005
- Παντελής Β. Μαλατέστας, Ηρακλής Αθ. Βυλλιώτης, «Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρονικών Ισχύος», Εκδόσεις Τζιόλα 2004
- Γεώργιος Ε. Χατζαράκης, «Ηλεκτρικά Κυκλώματα», Εκδόσεις Τζιόλα 2001
- Μ. Morris Mano, «Ψηφιακή Σχεδίαση, τρίτη έκδοση», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
- [el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org)
- [www.iqsolarpower.com](http://www.iqsolarpower.com)
- [www.selasenergy.gr](http://www.selasenergy.gr)
- [www.fotovoltaika.gr](http://www.fotovoltaika.gr)
- [www.vf.teithe.gr](http://www.vf.teithe.gr)
- [www.smarteck.gr](http://www.smarteck.gr)
- [magnmat.physics.auth.gr](http://magnmat.physics.auth.gr)
- [www.kapagroup.gr](http://www.kapagroup.gr)
- [bouquet.wordpress.com](http://bouquet.wordpress.com)
- Ελεκτορ τεύχη Απρίλιος – Μάιος 1999