**Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ – ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ****ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

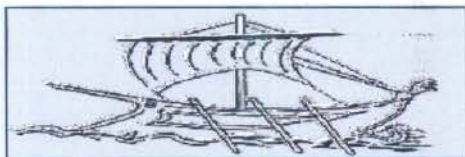
**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΤΡΙΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕΛΕΚΤΩΝ.**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

ΒΑΡΔΑΡΑΜΑΤΟΣ ΣΠΥΡΟΣ Α.Μ.:34613

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΕΠ. ΣΙΝΙΟΡΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ



Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ –ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΝΙΚΟΛΗΣ ΒΑΣΙΛΗΣ – ΑΡΤΕΜΙΣ ΖΑΧΜΑΝΟΓΛΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΤΡΙΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ μ ΕΛΕΚΤΩΝ.**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

ΒΑΡΔΑΡΑΜΑΤΟΣ ΣΠΥΡΟΣ Α.Μ.:34613

Αφιερώνεται,

στην οικογένεια μου, στον πατέρα μου Παναγή και την μητέρα μου Ειρήνη που στήριξαν και συνεχίζουν να στηρίζουν, με αγάπη, τις αποφάσεις “της ζωής” μου και που η κάθε μια απλή αγωνία μου για αυτούς είναι διπλή και σύνθετη.

Βαρδαραμάτος Σπύρος

Ευχαριστώ,

για την αμέριστη βοήθεια που μου πρόσφεραν απλόχερα οι καθηγητές μου Βασίλη Νικολή και Άρτεμις Ζαχμάνογλου, τα παιδιά της ιστοσελίδας Hlekttronika.gr, τον Κλεομένη που με βοήθησε να φέρω εις πέρας το δύσκολο έργο των μικροελεγκτών και τέλος τους κολλητούς μου Νίκο και Ριχάρδο και Tornero που μοιράστηκαν μαζί μου όλες τις δυσκολίες της εργασίας αυτής.

Βαρδαραμάτος Σπύρος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

σελ.

A. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Εισαγωγή.....	8
1.1 Διαστάσεις Μηχανοστασίου.....	8
1.2 Οικοδομική Κατασκευή Μηχανοστασίου.....	8
1.3 Ανοίγματα Μηχανοστασίου.....	9
1.4 Φωτισμός Μηχανοστασίου.....	9

B. ΚΙΝΗΤΗΡΙΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ

2. Εισαγωγή.....	9
2.1 Ηλεκτρικός Κινητήρας.....	9
2.1.1 Κινητήρες ΕΡ Τριφασικοί Βραχυκυκλωμένου Δρομέα.....	10
2.1.2 Κινητήρες ΣΡ με το σύστημα Ward-Leonard.....	10
2.2 Υπολογισμός Ισχύος Κινητήρα.....	11
2.3 Μειωτήρας Στροφών.....	12
2.4 Τροχαλία Τριβής.....	13
2.5 Ηλεκτρομαγνητική Πέδη.....	14
2.6 Συρματόσχοινα.....	14
2.6.1 Συρματόσχοινα Έλξης.....	15
2.6.2 Συρματόσχοινα Ρυθμιστές Ταχύτητας.....	15
2.6.3 Συρματόσχοινα Αντιστάθμισης.....	15
2.6.4 Πρόσδεση Συρματόσχοινων.....	16
2.7 Τύποι Ανάρτησης.....	16

Γ. ΦΡΕΑΤΙΟ

3. Εισαγωγή.....	18
3.1 Οικοδομική Κατασκευή Φρεατίου.....	19
3.2 Θύρες Φρεατίου.....	20
3.2.1 Διάκριση Θυρών.....	21
3.2.2 Ασφάλιση Θυρών.....	22
3.3 Θάλαμος.....	23
3.4 Αντίβαρο.....	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

A. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

1.1 Ενεργά και Παθητικά Στοιχεία.....	25
1.2 Μετασχηματιστές.....	26
1.2.1 Λειτουργία.....	26

B. ΔΙΟΔΟΣ - ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

2.1 Ημιαγωγή.....	27
2.2 Δίοδος.....	28
2.3 Δίοδος Zener.....	30
2.4 Δίοδος Φωτοεκπομπής.....	30
2.5 Τρανζίστορ.....	31
2.5.1 Λειτουργία.....	32
2.5.2 Το Τρανζίστορ σαν Διακόπτης.....	33
2.6 Φωτοτρανζίστορ.....	34
2.6.1 Φωτοζεύκτες.....	34

Γ. ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

3.1 Ιδανικός Τελεστικός Ενισχυτής.....	35
3.2 Χαρακτηριστική Τελεστικών Ενισχυτών.....	35
3.2.1 Απολαβή Τάσης.....	35
3.2.2 Χαρακτηριστική Τάσης Εισόδου – Εξόδου.....	35
3.3 Βασικά Κυκλώματα του Τελεστικού Ενισχυτή.....	36
3.3.1 Κύκλωμα Αναστροφής.....	36
3.3.2 Κύκλωμα μη Αναστροφής.....	36
3.3.3 Κύκλωμα Ακολουθητή Τάσης.....	37
3.3.4 Κύκλωμα Διαφοράς.....	37
3.3.5 Κύκλωμα Άθροισης.....	38

Δ. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ

4.1 Δίοδος Ισχύος.....	38
4.2 Mosfets Ισχύος.....	40

Ε. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

5.1 Μη Ελεγχόμενη Ανόρθωση Τύπου Γέφυρας.....	43
5.2 Μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ.....	46
5.2.1 Μετατροπέας Κλάσης Α.....	47
5.3 Έλεγχος Φοράς Ρεύματος με Γέφυρα ‘Η’.....	49

ΣΤ. ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

6.1 Λογικές Πύλες.....	51
------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Α. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

1.1 Τι Είναι ένας Μικροελεγκτής.....	53
1.2 Αρχιτεκτονική Δομή των Μικροελεγκτών.....	53
1.2.1 Ο Μικροεπεξεργαστής.....	54
1.2.2 Η Μνήμη.....	54
1.2.3 Οι διάδρομοι ενός Μικροεπεξεργαστή.....	55
1.2.4 Οι μονάδες Εισόδου / Εξόδου.....	55

Β. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ PIC

2.1 Ο Μικροελεγκτής PIC.....	55
2.2 Κατηγορίες PIC.....	56
2.2.1 Οχτώ ακροδεκτών.....	56
2.2.2 Χαμηλής Τάξης.....	57
2.2.3 Μεσαίας Τάξης.....	57
2.2.4 Υψηλής Τάξης.....	57

Γ. ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ

3.1 Τύποι της μνήμης Προγράμματος.....	57
3.2 Επανατοποθέτηση.....	58
3.3 Χρονισμός του συστήματος.....	59
3.4 Καταχωρητές Θέσεων Μνήμης.....	60
3.5 Διακοπές.....	62
3.6 Χρονιστές.....	63
3.7 Ψηφιακές Είσοδοι/Εξοδοι.....	63

Δ. ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΤΟΛΩΝ

4.1 Σύνολο Εντολών.....	64
-------------------------	----

4.2 Ρεπερτόριο Εντολών.....	65
4.3 Επεξήγηση Βασικών Εντολών.....	65
4.4 Επεξήγηση Συντομογραφιών.....	65
4.5 Ψευδοεντολές.....	65
Ε. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ 12F683	
5.1 Περιγραφή Μικροελεγκτή.....	67
5.2 Οι Ακίδες του Μικροελεγκτή.....	69
5.3 Οργάνωση του Μικροελεγκτή.....	70
5.4 Οργάνωση της Μνήμης Δεδομένων.....	71
5.5 Ψηφία Αρχικής Μορφοποίησης.....	74
5.6 Ο Καταχωρητής Status.....	76
5.7 Οι Πόρτες Εισόδου/Εξόδου.....	77
5.7.1 GPIO και ο καταχωρητής TRISIO.....	77
5.7.2 Επεξήγηση Προγράμματος.....	78
5.8 Καταχωρητής ANSEL.....	78
5.8.1 Επεξήγηση Προγράμματος.....	79
5.9 Καταχωρητής OSCCON.....	79
5.9.1 Επεξήγηση Προγράμματος.....	80
5.10 Ο Χρονιστής Timer2.....	80
5.10.1 Λειτουργία του Timer2.....	80
5.10.2 Επεξήγηση Προγράμματος.....	81
5.11 Η Μονάδα PWM.....	82
5.11.1 Επεξήγηση Προγράμματος.....	83
5.12 Μονάδα Μετατροπής A/D.....	84
5.12.1 Επιλογή Καναλιού.....	84
5.12.2 Τάση Αναφοράς του Μετατροπέα.....	84
5.12.3 Το ρολόι του Μετατροπέα.....	84
5.12.4 Διακοπές.....	85
5.12.5 Αποτέλεσμα της Διαμόρφωσης.....	85
5.13 Λειτουργία Μετατροπής.....	86
5.13.1 Εκκίνηση Μετατροπής.....	86
5.13.2 Ολοκλήρωση της Μετατροπής.....	86
5.13.3 Τερματισμός της Μετατροπής.....	86
5.14 Καταχωρητής Ελέγχου A/D.....	86
5.14.1 Επεξήγηση Προγράμματος.....	87
5.15 Ανάλυση του Προγράμματος.....	87
5.16 Βοηθητικές Υπορουτίνες.....	91
5.16.1 Υπορουτίνα Καθυστέρησης.....	91
5.16.2 Υπορουτίνα Σύγκρισης.....	92
ΣΤ. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ 16F872	
6.1 Περιγραφή Μικροελεγκτή.....	93
6.2 Οι Ακίδες του PIC16f872.....	94
6.3 Οργάνωση του Μικροελεγκτή.....	96
6.4 Οργάνωση της Μνήμης Δεδομένων.....	96
6.5 Οι Πόρτες Εισόδου/Εξόδου.....	101
6.5.1 Πόρτα PORTA και TRISA καταχωρητής.....	101
6.5.2 Πόρτα PORTB και TRISB καταχωρητής.....	102
6.5.3 Πόρτα PORTC και TRISC καταχωρητής.....	103

6.5.4 Επεξήγηση Προγράμματος.....	104
6.6 Περιγραφή Προγράμματος για την Δημιουργία των Οροφωενδείξεων.....	104
6.6.1 Επεξήγηση Προγράμματος.....	105
6.7 Περιγραφή Προγράμματος για την Δημιουργία Κινούμενου Βέλους.....	106
6.8 Το πρόγραμμα των φωτεινών Ενδείξεων.....	113
Z. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ 12F877	
7.1 Περιγραφή Μικροελεγκτή.....	120
7.2 Οι Ακίδες του PIC16f872.....	122
7.3 Οργάνωση του Μικροελεγκτή.....	124
7.4 Οργάνωση της Μνήμης Δεδομένων.....	124
7.5 Πόρτα PORTD και TRISD καταχωρητής.....	129
7.6 Πόρτα PORTD και TRISD καταχωρητής.....	129
7.6.1 Επεξήγηση Προγράμματος.....	131
7.7 Ο Καταχωρητής OPTION_REG.....	133
7.8 Ο Καταχωρητής INTCON.....	134
7.8.1 Επεξήγηση Προγράμματος OPTION_REG.....	135
7.8.2 Επεξήγηση Προγράμματος INTCON	135
7.8.3 Επεξήγηση Προγράμματος MainProgram.....	136
7.8.4 Επεξήγηση Προγράμματος MainProgram.....	140
7.9 Το Πρόγραμμα Ολοκληρωμένο.....	145
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
4.1 Περιγραφή Κυκλώματος Φωτοενδείξεων.....	156
4.2 Περιγραφή Κυκλώματος Ελέγχου	157
4.3 Περιγραφή Κυκλώματος Γέφυρας 'H' και PWM	159
Βιβλιογραφία.....	162

Κατασκευαστικά Στοιχεία

1. Εισαγωγή

Το μηχανοστάσιο είναι ο χώρος μέσα στον οποίο είναι εγκατεστημένος, ο πίνακας κίνησης και φωτισμού, ο πίνακας χειρισμού του ανελκυστήρα, ο κινητήριος μηχανισμός του ανελκυστήρα, ο ρυθμιστής ταχύτητας και σε παλαιότερες κατασκευές ο μηχανικός οροφoδιαλογέας.

Στο χώρο του μηχανοστασίου δεν επιτρέπεται από τον κανονισμό να εγκαθίσταται ή να τοποθετείται οποιοσδήποτε άλλος εξοπλισμός εκτός αυτού που αυστηρά έχει σχέση με το μηχανοστάσιο.

Το μηχανοστάσιο κατασκευάζεται συνήθως στο δώμα πάνω από το φρεάτιο.

1.1 Διαστάσεις Μηχανοστασίου

Οι διαστάσεις που κατασκευάζεται το μηχανοστάσιο προκύπτουν από συγκεκριμένες δεσμεύσεις του κανονισμού σε σχέση με τον τρόπο επιθεώρησης, επισκευής και συντήρησης.

Έτσι, οι κανονισμοί ορίζουν ότι μπροστά από τον πίνακα χειρισμού πρέπει να υπάρχει ελεύθερη οριζόντια επιφάνεια βάθους 0,70m και πλάτους 0,50m ή όσο είναι το πλάτος του πίνακα χειρισμού.

Όμως, και για τη συντήρηση όπως και τον έλεγχο του κινητήριου μηχανισμού απαιτείται από τον κανονισμό ελεύθερη οριζόντια επιφάνεια διαστάσεων 0,50m x 0,60m..

Η προσπέλαση στους χώρους που προαναφέρθηκαν πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 0,50m, ενώ πάνω από κινούμενα εξαρτήματα απαιτείται ελεύθερο ύψος τουλάχιστο 0,30m.

Με βάση τα παραπάνω, καθώς επίσης ότι και το ύψος εργασίας πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 2 m, καταλήγουμε ότι οι ελάχιστες διαστάσεις ενός μηχανοστασίου στις συνηθισμένες κατασκευές είναι 2,50m x 2,50m με ελάχιστο ύψος 2.00 m.

1.2 Οικοδομική κατασκευή μηχανοστασίου

Το μηχανοστάσιο κατασκευάζεται από μπετονόχυλο τοιχοποιία και σοβαντίζεται για να μην ευνοείται η δημιουργία σκόνης και υγρασίας. Το δάπεδο του μηχανοστασίου (αντίστοιχα η οροφή του φρεατίου) υπολογίζεται ώστε να αντέχει

στις δυναμικές καταπονήσεις κατά τη λειτουργία του κινητήριου μηχανισμού και του αναρτώμενου απ' αυτόν εξοπλισμού, και καλύπτεται με αντιολισθητικά υλικά.

Σε περίπτωση που το μηχανοστάσιο είναι τοποθετημένο στο δώμα και οι οδηγοί είναι αναρτημένοι από την οροφή του φρεατίου, θα πρέπει να υπολογίζονται επιπλέον και οι καταπονήσεις που θα προέλθουν από τους οδηγούς όταν ενεργοποιηθεί η συσκευή αρραγής του ανελκυστήρα.

1.3 Ανοίγματα μηχανοστασίου

Σε κάθε μηχανοστάσιο είναι απαραίτητο να υπάρχουν τα εξής ανοίγματα:

1. Θύρες εισόδου:

Στο μηχανοστάσιο δεν επιτρέπεται να εισέρχεται κανείς άλλος, εκτός από τα εντεταλμένα συνεργεία επισκευής και συντήρησης του ανελκυστήρα. Έτσι στην είσοδο τοποθετούνται μεταλλικές θύρες ελαχίστων διαστάσεων 0,60 m x 1,80 m οι οποίες πρέπει να ασφαλίζουν, το δε άνοιγμα τους να είναι προς τα έξω.

2. Ανοίγματα αερισμού:

Το μηχανοστάσιο πρέπει να διαθέτει επαρκή αερισμό. Ο αερισμός αυτός εξασφαλίζεται με ανοίγματα διαστάσεων 0,50m x 0,50m που επικοινωνούν απευθείας με τον εξωτερικό χώρο. Δεν επιτρέπεται τα ανοίγματα αυτά να επικοινωνούν με άλλους χώρους του κτιρίου. Η προστασία αυτών των ανοιγμάτων επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση εξωτερικών μεταλλικών περσίδων.

3. Λειτουργικά ανοίγματα:

Με τον όρο «λειτουργικά ανοίγματα» εννοούμε εκείνα τα ανοίγματα μέσα από τα οποία περνάνε οι οδηγοί, τα συρματόσχοινα κ.λ.π. προς το φρεάτιο και το θάλαμο. Αυτά τα ανοίγματα διαθέτουν χιτώνια τα οποία μάλιστα προεξέχουν 0,05 m πάνω από την επιφάνεια του μηχανοστασίου.

Η προσπέλαση στο μηχανοστάσιο πρέπει να είναι ελεύθερη και ασφαλής, κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες και να έχει επαρκή φωτισμό. Δεν επιτρέπεται να γίνεται μέσα από ιδιωτικούς χώρους. Συνήθως γίνεται από το κοινόχρηστο κλιμακοστάσιο.

1.4 Φωτισμός μηχανοστασίου

Μέσα στο μηχανοστάσιο τοποθετούνται φωτιστικά σώματα προστατευμένα από σκόνη και υγρασία (π.χ. τύπου χελώνας). Η ένταση φωτισμού από αυτά τα φωτιστικά σώματα στο επίπεδο του δαπέδου πρέπει να είναι 200 Lux. Ο διακόπτης φωτισμού τοποθετείται μέσα στο μηχανοστάσιο δίπλα στην είσοδο του. Επίσης, μέσα στο μηχανοστάσιο πρέπει να τοποθετείται και πρίζα γειωμένη

Κινητήριος Μηχανισμός

2. Εισαγωγή

Ο κινητήριος μηχανισμός αποτελείται από τον ηλεκτρικό κινητήρα, το μειωτήρα στροφών (βαρούλκο), την τροχαλία τριβής και την ηλεκτρομαγνητική πέδη (φρένο). Τοποθετείται πάνω σε μεταλλική βάση και όλο αυτό το συγκρότημα τοποθετείται πάνω σε μια βάση από σκυρόδεμα. Ανάμεσα στη μεταλλική βάση και στη βάση από σκυρόδεμα, παρεμβάλλονται αντιδονητικά στηρίγματα.

2.1 Ηλεκτρικός Κινητήρας

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι η συσκευή που παρέχει την απαιτούμενη μηχανική ενέργεια για την κίνηση του ανελκυστήρα. Η τροφοδοσία του με ηλεκτρική ενέργεια γίνεται από τον πίνακα κίνησης. Η περιστροφική κίνηση του δρομέα μεταφέρεται μέσω του μειωτή στροφών στη τροχαλία τριβής, η οποία με τη σειρά της, μέσω των συρματόσχοινων ανάρτησης κινεί το θάλαμο.

Η λειτουργία των ανελκυστήρων επιβάλλει ιδιαίτερες απαιτήσεις στους κινητήρες, όπως είναι:

- Μεγάλη ροπή εκκίνησης.
- Δυνατότητα πολλών ζεύξεων (εκκινήσεων).
- Ικανότητα ανταπόκρισης στις απαιτούμενες ταχύτητες (0,50m/s έως 2,50m/s) χωρίς αύξηση του κόστους ή του όγκου του κινητήριου μηχανισμού.

2.1.α Κινητήρες ΕΡ Τριφασικοί Βραχυκυκλωμένου δρομέα

Α) Κινητήρες ΕΡ με ένα τύλιγμα στο στάτη.

Χρησιμοποιούνται στους ανελκυστήρες μιας ταχύτητας που η ταχύτητα τους δεν υπερβαίνει τα 0,55 m/s και έχουν ωφέλιμο φορτίο μέχρι 4 άτομα ή 300 Kg. Σοβαρό μειονέκτημα στη λειτουργία αυτών των ανελκυστήρων είναι το απότομο σταμάτημα του θαλάμου, που έχει σα συνέπεια τη μη ακριβή στάση του στο επίπεδο των ορόφων.

Σήμερα ανελκυστήρες μιας ταχύτητας δεν εγκαθίστανται πλέον. Κινητήρες με ένα τύλιγμα στο στάτη χρησιμοποιούνται στους ανελκυστήρες με συνεχή ρύθμιση στροφών σε συνεργασία με τους inverters.

Β) Κινητήρες ΕΡ με δύο τυλίγματα στο στάτη.

Χρησιμοποιούνται για ανελκυστήρες με ταχύτητες μεγαλύτερες από 0,55 m/s.

Από την σχέση: $u = 60 \cdot f / P$

Όπου: f : 50 Hz η συχνότητα του ρεύματος

u : ταχύτητα περιστροφής του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου

p : αριθμός ζευγών μαγνητικών πόλων

προκύπτει ότι η σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής και επομένως και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα, μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τον αριθμό των ζευγών των μαγνητικών πόλων. Αν προσθέσουμε ένα δεύτερο τύλιγμα στο στάτη του κινητήρα δημιουργώντας μεγαλύτερο αριθμό πόλων, μπορούμε να δημιουργήσουμε μια δεύτερη ταχύτητα περιστροφής, μικρότερη από την ονομαστική του.

Μ' αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνουμε λίγο πριν ο ανελκυστήρας να σταματήσει σε κάποιο όροφο, να τροφοδοτείται το δεύτερο τύλιγμα του κινητήρα, ο θάλαμος να κινείται με τη μικρή ταχύτητα, με αποτέλεσμα να έχουμε ομαλότερο σταμάτημα και ακριβέστερη ισοστάθμιση.

Η σχέση μεταξύ αυτών των δύο ταχυτήτων είναι συνήθως 1:4 έως 1:6. Εάν δηλαδή το κύριο τύλιγμα αποδίδει 1500 στρ/min, τότε το δευτερεύον θα αποδίδει 375 στρ/min έως 250 στρ/min. Πάντως, και σ' αυτή την περίπτωση, απαιτείται η λειτουργία της πέδης.

Για να υπολογιστεί η ταχύτητα κίνησης του ανελκυστήρα πρέπει να είναι γνωστή η σχέση μείωσης του μειωτήρα στροφών, όπως επίσης και η διάμετρος της τροχαλίας. Διότι η ταχύτητα του ανελκυστήρα στην ουσία είναι η περιφερειακή ταχύτητα ενός σημείου της τροχαλίας, άρα και των συρματόσχοινων. Επομένως:

$$v = 2\pi R U K$$

όπου: v : η ταχύτητα του ανελκυστήρα

R : η ακτίνα της τροχαλίας

U : η πραγματική ταχύτητα περιστροφής

K : η σχέση μείωσης

2.1.β Κινητήρες ΣΡ με το σύστημα Ward – Leonard

Το σύστημα αυτό τοποθετείται σε ανελκυστήρες, οι οποίοι κινούνται με μεγάλες ταχύτητες $1,20 \text{ m/s} < v$. Τέτοιου είδους απαιτήσεις συναντώνται συνήθως στα πολώροφα κτίρια.

Για να αποφύγουμε την καταπόνηση τόσο των επιβατών όσο και της κινητήριας μηχανής στους ανελκυστήρες που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, επιδιώκουμε την όσο το δυνατόν ομαλότερη εκκίνηση και στάθμευση του θαλάμου. Στις απότομες μεταπτώσεις της ταχύτητας του θαλάμου από τα 3,50 m/s στα 0 m/s ή και αντίστροφα, θα ήταν δυνατό να υποστούν ακόμα και σωματικές βλάβες οι επιβάτες, το δε οίκημα να δεχθεί ισχυρή δόνηση.

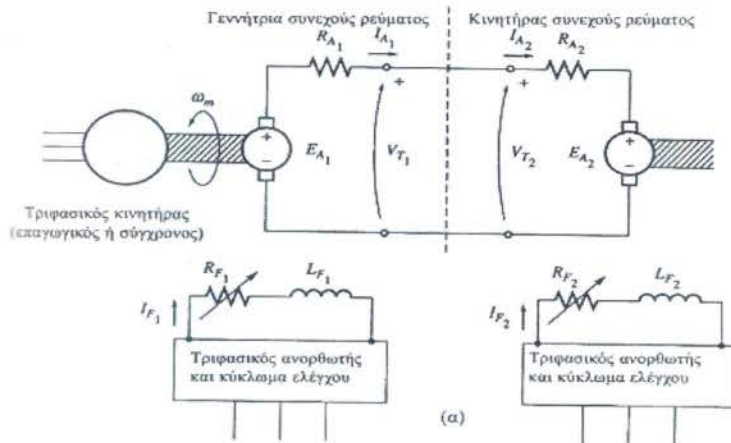
Στους κινητήρες ΣΡ μπορούμε να μεταβάλλουμε συνέχεια και με ευκολία σε πολύ μεγάλα όρια τις στροφές τους με τη μεταβολή του ρεύματος διέγερσης. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε εκτός των άλλων τρόπων και με τη συνεχή μεταβολή της τάσης η οποία εφαρμόζεται στο τύλιγμα του επαγωγίσιμου του κινητήρα, γεγονός που εκμεταλλευόμαστε με τη ζεύξη Ward- Leonard, η οποία περιλαμβάνει:

-Κινητήρα ΣΡ ξένης διέγερσης

-Γεννήτρια ΣΡ ξένης διέγερσης

-Κινητήρια μηχανή για την εκκίνηση της γεννήτριας.

Με επέμβαση στη διέγερση της γεννήτριας εκκινεί, ρυθμίζεται και αναστρέφεται ο κινητήρας.



Παρόλα αυτά τα μειονεκτήματα του συστήματος Ward-Leonard είναι φανερά. Το ένα απ' αυτά είναι ότι ο χρήστης θα πρέπει να αγοράσει *τρεις* πλήρεις μηχανές με τις ίδιες σχεδόν προδιαγραφές, πράγμα που είναι πολύ δαπανηρό. Άλλο ένα μειονέκτημα είναι το ότι παρουσιάζει πολύ μικρότερη απόδοση απ' ότι μόνο μία μηχανή. Εξαιτίας αυτού του κόστους αλλά και της μικρής απόδοσης το σύστημα Ward-Leonard έχει αντικατασταθεί στις νέες εφαρμογές από τα κυκλώματα ελέγχου με SCR.

2.2 Υπολογισμός ισχύος κινητήρα

Για να υπολογίσουμε την ισχύ του κινητήρα ανελκυστήρα, πρέπει να καθορίσουμε τη λεγόμενη δρώσα δύναμη P , η οποία είναι:

$$P = F + Q - G$$

όπου: F : βάρος θαλάμου, πλαισίου, συρματόσχοινων.

Q : ωφέλιμο φορτίο

G : βάρος αντίβαρου

Το αντίβαρο κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να ισοσταθμίζει το μισό του ωφέλιμου φορτίου καθώς και το απόβαρο. Δηλαδή:

$$G = F + Q/2$$

Επομένως: $P = Q/2$

Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, πρέπει να γίνεται αναλυτικός υπολογισμός της δρώσας δύναμης στις ακραίες θέσεις του θαλάμου (πρώτη και τελευταία στάση).

Η ισχύς του κινητήρα δίνεται από τη σχέση:

$$N = P \cdot v / 76 \cdot \eta (\text{HP}) \quad \text{ή} \quad N = P \cdot v / 102 \cdot \eta (\text{KW})$$

όπου: P : η δρώσα δύναμη σε kp.

v : η ταχύτητα του κινητήρα σε m/s.

η : ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης.

Οι τιμές του βαθμού απόδοσης κυμαίνονται από 0,3 έως 0,6 και εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. Από τον ίδιο τον κινητήρα
2. Από το μειωτήρα
3. Από την ποιότητα της εγκατάστασης, το είδος της ανάρτησης (άμεση ή έμμεση), τον αριθμό των τροχαλιών παρέκκλισης και τις απώλειες στην τροχαλία τριβής.

Αν ονομάσουμε η_1 το βαθμό απόδοσης του ηλεκτρικού κινητήρα, η_2 τον βαθμό απόδοσης του βαρούλκου και η_3 το βαθμό απόδοσης που εξαρτάται από την εγκατάσταση και τις τροχαλίες, τότε ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης η θα είναι:

$$\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$$

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η ποιότητα κατασκευής αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τις απώλειες ισχύος. Σωστή εγκατάσταση (ζύγισμα οδηγών, πλαίσιο θαλάμου, αντίβαρου) δε δημιουργεί απώλειες λόγω τριβών στους οδηγούς.
- Δεν πρέπει να παρεμβάλλονται πολλές τροχαλίες παρέκκλισης και να αποφεύγεται η τοποθέτηση του μηχανοστασίου στο κάτω μέρος του φρεατίου. Ιδανικότερος τρόπος ανάρτησης είναι η άμεση 1:1
- Πρέπει να γίνεται τακτική συντήρηση της εγκατάστασης (λίπανση των οδηγών, εδράσεων τροχαλιών, κινητηρίου μηχανισμού κ.λ.π.), έτσι ώστε να διατηρείται ο αρχικός βαθμός απόδοσης.

2.3 Μειωτήρας στροφών(Βαρούλκο)

Η τροχαλία έλξης στους ανελκυστήρες περιστρέφεται με μικρό αριθμό στροφών. Συνήθως για ταχύτητα ανελκυστήρα 1m/s η τροχαλία αυτή περιστρέφεται με 25 έως 50 στρ/min ανάλογα με τη διάμετρο της τροχαλίας και τον τύπο ανάρτησης του θαλάμου.

Είναι προφανές ότι αν η τροχαλία ελάμβανε κίνηση απευθείας από τον κινητήρα, τότε θα έπρεπε ο κινητήρας αυτός να ήταν ολιγόστροφος. Ολιγόστροφος κινητήρας σημαίνει κινητήρας με πολλούς πόλους άρα πολύ μεγάλο μέγεθος και ακριβή κατασκευή.

Οι εγκαταστάσεις όμως απαιτούν μικρούς και οικονομικούς κινητήρες. Για να γίνει δυνατή η χρησιμοποίηση τέτοιου είδους κινητήρων, είναι απαραίτητο να παρεμβάλουμε μεταξύ κινητήρα και τροχαλίας ένα μειωτήρα στροφών.

Ο μειωτήρας κάνει αυτό που λέει η ονομασία του: 'παίρνει' από τη μία μεριά (κινητήρας) πολλές στροφές και 'βγάζει' από την άλλη πλευρά (τροχαλία) λίγες στροφές. Το πόσο λιγότερες θα είναι οι στροφές προς την τροχαλία σε σχέση με τις στροφές από τον κινητήρα, ονομάζεται σχέση μείωσης (π.χ. αν ένας κινητήρας περιστρέφεται με 1500 στρ/min και η τροχαλία με 30 στρ/min, τότε η σχέση μείωσης είναι $1500 : 30 = 50$).

Από τα πολλά είδη μειωτήρων που υπάρχουν στους ανελκυστήρες χρησιμοποιείται εκείνος που αποτελείται από έναν ατέρμονα κοχλία και ένα γρανάζι (κορόνα) τοποθετημένα μέσα σε λάδι σε χυτοσίδηρο κιβώτιο. Ο ατέρμονας κοχλίας μοιάζει με βίδα και έχει τραπεζοειδές σπείρωμα. Συνήθως χρησιμοποιούνται σφαιροειδείς και κυλινδρικοί ατέρμονες κοχλίες. Χαρακτηριστικά στοιχεία ενός ατέρμονα κοχλίας είναι το βήμα και η γωνία κλήσης, στοιχεία που καθορίζουν την απόδοση του. Αν η γωνία κλήσης είναι μεγάλη, τότε ο κοχλίας θα έχει περισσότερα βήματα, επομένως μεγαλύτερη απόδοση (βήμα 1 σημαίνει ότι μια πλήρης περιστροφή του ατέρμονα προωθεί κατά 1 δόντι την 'κορόνα'). Ο ατέρμονας κοχλίας κατασκευάζεται από ατσάλι, ενώ ο οδοντωτός τροχός (κορόνα) από ορείχαλκο. Η αθόρυβη λειτουργία του μηχανισμού μετάδοσης της κίνησης είναι σπουδαίο στοιχείο και εξαρτάται από την καλή έδραση του άξονα του ατέρμονα και του οδοντωτού τροχού. Στη διεύθυνση και κατά μήκος του άξονα εμφανίζονται ωστικές δυνάμεις που αλλάζουν διεύθυνση και μέγεθος ανάλογα με τη φορά κίνησης και το φορτίο του θαλάμου. Ο ατέρμονος κοχλίας μπορεί να τοποθετηθεί πάνω ή κάτω από τον οδοντωτό τροχό. Τοποθετείται όμως τις περισσότερες φορές επάνω, για λόγους οικονομίας και για απλούστερη τοποθέτηση του κινητήρα.

Οι οδοντωτοί τροχοί παρουσιάζουν τις παρακάτω βλάβες:

- Σχηματισμός μικρών λάκκων, δηλαδή σπάσιμο πλευρικά των οδόντων εξαιτίας της υψηλής πλευρικής πίεσης.
- Φθορά των οδόντων λόγω τριβής
- Φθορά από εισχώρηση ξένων σωμάτων στο λιπαντικό
- Υπερθέρμανση
- Σπάσιμο οδόντος από κρουστική καταπόνηση
- Σπάσιμο γωνίας οδόντος από άνιση κατανομή φορτίου.

Σήμερα, σε εγκαταστάσεις ανελκυστήρων μεγάλων ταχυτήτων (πάνω από 2 m/s) δε χρησιμοποιείται μειωτήρας στροφών. Το πρόβλημα της μείωσης των στροφών αντιμετωπίζεται με την επιλογή κινητήρα με ονομαστικές στροφές 1000 στρ/min που συνεργάζεται με inverter (συνεχής ρύθμιση των στροφών) και τροχαλία ανάλογης διαμέτρου (πλανητικά συστήματα).

2.4 Τροχαλία Τριβής

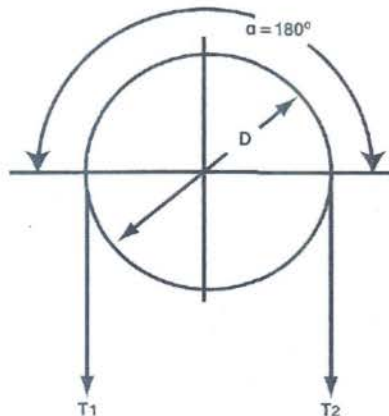
Η τροχαλία τριβής είναι ο αποδέκτης της μεταφερόμενης μηχανικής ισχύος του κινητήρα. Περιστρέφεται μαζί με την κορώνα και παρασύρει λόγω τριβής τα συρματόσχοινα και κινεί το θάλαμο. Σε παλαιότερους μηχανισμούς, αντί της τροχαλίας τριβής υπήρχε τύμπανο. Στο τύμπανο οι αυλακώσεις είχαν σχήμα έλικας ενώ η τροχαλία τριβής έχει ένα αυλάκι για κάθε συρματόσχοινο.

Οι τροχαλίες τριβής αποτελούνται από το κύριο σώμα και τις αυλακώσεις που είναι διαμορφωμένες στην περιφέρεια της. Κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο σε ειδικά διαμορφωμένα καλούπια.

Η ιδιότητα της ταυτόχρονης κίνησης των συρματόσχοινων με τη τροχαλία τριβής, ονομάζεται ικανότητα έλξης του φορτίου.

Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από δύο παράγοντες:

1. Από τη γωνία επικάλυψης των συρματόσχοινων στην τροχαλία τριβής (σχέδιο 2.16). Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα έλξης (γωνία $\alpha > 160^\circ$).
2. Από την τριβή ανάμεσα στην τροχαλία κίνησης και στο συρματόσχοινο, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η τριβή τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα έλξης.



Θα λέμε ότι μια τροχαλία τριβής είναι κατάλληλη, όταν δεν ολισθαίνουν τα συρματόσχοινα μέσα στ' αυλάκια της.

Ο συντελεστής τριβής εξαρτάται από τον τύπο των αυλακιών της τροχαλίας και είναι σταθερός. Μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται η φυσική κατάσταση των αυλακιών.

2.5 Ηλεκτρομαγνητική πέδη(φρένο)

Ο ανελκυστήρας πρέπει να είναι εφοδιασμένος με σύστημα πέδησης που να ενεργοποιείται αυτόματα. Το φρένο χρησιμοποιείται για την ακινητοποίηση του ανελκυστήρα. Αποτελείται από ένα ηλεκτρομαγνήτη που λειτουργεί στα 110 V ΣΡ, δύο μπράτσα επενδεδυμένα εσωτερικά με φερμουίτ και ένα σύστημα μοχλών. Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης δεν τροφοδοτείται, τότε τα μπράτσα εφαρμόζουν μια ροπή πέδησης στο τύμπανο του άξονα και ο ανελκυστήρας ακινητοποιείται. Αυτή η ροπή εξασφαλίζεται με τη βοήθεια δύο ελατηρίων και ενός περικοχλίου (παξιμάδι) ρύθμισης. Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης τροφοδοτείται ανοίγουν τα μπράτσα και ελευθερώνεται το τύμπανο. Το φρένο του ανελκυστήρα κλείνει αυτόματα σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, ή βλάβης του κυκλώματος ελέγχου. Για μεγαλύτερη ασφάλεια οι επαφές που τροφοδοτούν τον ηλεκτρομαγνήτη του φρένου, βρίσκονται στο ρελέ ισχύος που τροφοδοτεί τον κινητήρα. Το φρένο ρυθμίζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος να ακινητοποιεί το θάλαμο κατά την κάθοδο του με φορτίο μεγαλύτερο κατά 25% του ονομαστικού του.

Στους ανελκυστήρες μεγάλων ταχυτήτων και ρυθμιζόμενων στροφών, το φρένο ακινητοποιεί μόνο τον ανελκυστήρα αφού αυτός σταματήσει. Το φρενάρισμα γίνεται ηλεκτρομαγνητικά με την ανάπτυξη αντίρροπων μαγνητικών πεδίων προς το πεδίο που περιστρέφει το δρομέα.

Η λειτουργία του φρένου στους ανελκυστήρες στηρίζεται στην ύπαρξη ωστικών ελατηρίων με τα σημεία άρθρωσης να βρίσκονται στη φορά της δύναμης τριβής.

Λόγω του κινδύνου της θραύσης του ελατηρίου, πολλοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν δύο παράλληλα ελατήρια έλξης. Οι τριβές που δημιουργούνται όταν φρενάρει ο ανελκυστήρας φθείρουν την επένδυση (φερμουίτ) του φρένου. Η διατήρηση της σε καλή κατάσταση σηματοδοτεί και την καλή λειτουργία του φρένου. Η επένδυση αυτή στερεώνεται είτε με περτσίνια από μαλακό σίδηρο, είτε με βίδες, φυσικά έξω από την επιφάνεια πέδησης. Υπάρχει περίπτωση η επένδυση να κολληθεί, όμως δεν πρέπει να μαλακώνει από τις υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται από τα συχνά φρεναρίσματα.

Συμπεραίνουμε ότι για την ρύθμιση του φρένου

Το φρένο του ανελκυστήρα θα πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας ότι θα πρέπει να είναι ικανό να συγκρατεί με ασφάλεια το φορτίο χωρίς να καταπονείται ο μηχανισμός κίνησης και το τύμπανο να περιστρέφεται χωρίς να εφάπτεται στα φερμουίτ. Το διάκενο αυτό ρυθμίζεται από τους αντίστοιχους κοχλίες ρύθμισης. Η πίεση που εφαρμόζεται στο τύμπανο ρυθμίζεται με τα ελατήρια ρύθμισης.

Τέλος, μπορούμε να πούμε πως ένα φρένο ανελκυστήρα λειτουργεί σωστά όταν:

-Τα φερμουίτ βρίσκονται σε καλή κατάσταση.

-Η επιφάνεια του τύμπανου παρέχει την απαραίτητη ικανότητα πέδησης (δεν παρουσιάζει γυάλισμα ή ανομοιομορφίες στην επιφάνεια του).

2.6 Συρματόσχοινα

Γενικά τα συρματόσχοινα χαρακτηρίζονται από την τεχνολογία κατασκευής τους και τη διάμετρο τους. Στους ανελκυστήρες χρησιμοποιούνται συρματόσχοινα τύπου seale με 6 δέσμες και 19 συρματίδια η κάθε δέσμη ή με 8 δέσμες και 19 συρματίδια η κάθε δέσμη επίσης. Τα συρματόσχοινα μπορεί να είναι δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα. Τα συρματόσχοινα τύπου seale αποτελούνται από χαλύβδινα συρματίδια αντοχής $130 \div 180 \text{ Kg/mm}^2$ ($1275 \div 1765 \text{ N / mm}^2$) τα οποία συστρέφονται (πλέκονται) μεταξύ τους και σχηματίζουν τη δέσμη. Οι δέσμες συστρέφονται γύρω από κανάβινη ψυχή σχηματίζοντας το συρματόσχοινο. Ο αριθμός των συρματόσχοινων που χρησιμοποιούνται σ' ένα ανελκυστήρα εξαρτάται από το είδος και το ωφέλιμο φορτίο του.

2.6.α Συρματόσχοινα Έλξης

Τα συρματόσχοινα στους ανελκυστήρες χρησιμοποιούνται για την ανάρτηση του θαλάμου και του αντίβαρου. Τα συρματόσχοινα έλξης στους ανελκυστήρες διατάσσονται παράλληλα και δένονται στο επάνω μέρος του θαλάμου και του αντίβαρου.

Όταν επιλέγουμε συρματόσχοινα για ανελκυστήρα τριβής, θα πρέπει:

1. Η ονομαστική τους διάμετρος να είναι τουλάχιστον 8 mm.
2. Να αντέχουν σε εφελκυσμό 1570 N/mm² για τα εξωτερικά συρματίδια και 1770 N/mm² για τα εσωτερικά.
3. Να υπάρχουν τουλάχιστον 2 συρματόσχοινα.
4. Κάθε συρματόσχοινο να είναι ανεξάρτητο από τα άλλα.
5. Ο συντελεστής ασφαλείας του συρματόσχοινου ανάρτησης πρέπει να είναι το λιγότερο:
 - I. 12 σε ανελκυστήρες με τρία ή περισσότερα συρματόσχοινα.
 - II. 16 σε ανελκυστήρες με 2 συρματόσχοινα.

Ονομάζουμε συντελεστή ασφαλείας το λόγο μεταξύ του ελάχιστου φορτίου θραύσης ενός συρματόσχοινου ανάρτησης προς την μεγαλύτερη δύναμη που αναπτύσσεται σ' αυτό όταν ο θάλαμος είναι φορτωμένος με το ονομαστικό του φορτίο και βρίσκεται στη κατώτερη στάση.

Αυτός ο συντελεστής ασφαλείας ν πρέπει να είναι:

$$V \geq P_{\text{θραύσης}} / P_{\text{έλξης}}$$

2.6.β Συρματόσχοινο ρυθμιστή ταχύτητας

Ο ρυθμιστής ταχύτητας ενεργοποιείται από ένα εύκαμπτο συρματόσχοινο.

Το φορτίο θραύσης αυτού του συρματόσχοινου πρέπει να είναι τουλάχιστον 8 φορές μεγαλύτερο από τη δύναμη έλξης που αναπτύσσεται στο συρματόσχοινο του ρυθμιστή όταν αυτός ενεργοποιηθεί.

Η ονομαστική του διάμετρος πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 mm.

2.6.γ Συρματόσχοινα αντιστάθμισης

Στους ανελκυστήρες που είναι εγκατεστημένοι σε υψηλά κτίρια και συγκεκριμένα όταν ο θάλαμος βρίσκεται στις ακραίες θέσεις (επάνω ή κάτω), το βάρος των συρματόσχοινων ανάρτησης είναι μεγάλο με αποτέλεσμα να προστίθεται στο βάρος του θαλάμου ή του αντίβαρου.

Το φαινόμενο αυτό δημιουργεί πρόσθετα και μεταβαλλόμενα φορτία στον κινητήρα.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιούνται τα συρματόσχοινα αντιστάθμισης τα οποία τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να συνδέουν το κάτω μέρος του θαλάμου με το κάτω μέρος των αντίβαρων. Τα συρματόσχοινα αντιστάθμισης περνούν από σταθερή τροχαλία που είναι τοποθετημένη στο κάτω μέρος του φρεατίου με αποτέλεσμα την ελάττωση κατά πολύ της επίδρασης του βάρους των συρματόσχοινων ανάρτησης.

2.6.δ Πρόσδεση συρματόσχοινων

Η πρόσδεση των συρματόσχοινων γίνεται με τη βοήθεια των εξαρτημάτων ανάρτησης.

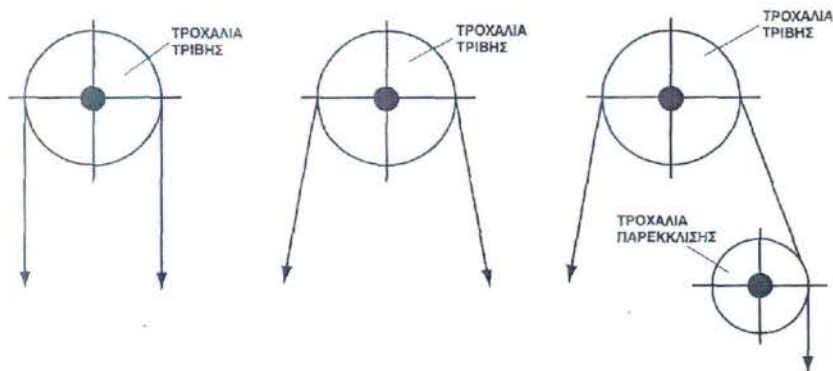
Ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος σύνδεσμος είναι ο σφηνοσύνδεσμος (κάνος). Σ' αυτή τη περίπτωση για τη πλήρη σύσφιξη των συρματόσχοινων χρησιμοποιείται η ίδια η ένταση των συρματόσχοινων. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερο φορτίο ανυψώνεται, τόσο ο σύνδεσμος σφίγγει περισσότερο. Τα ελεύθερα άκρα του συρματόσχοινου μετά το σφηνοσύνδεσμο, συνδέονται με το κυρίως συρματόσχοινο με τη βοήθεια ειδικών συνδετήρων (σφιγκτήρων). Οι συνδετήρες που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι οι ονυχωτοί συνδετήρες (σχέδιο 2.27) οι οποίοι αποτελούνται από δύο μέρη. Το ένα μέρος είναι ένα δίχαλο με σπείρωμα στα δύο του άκρα και το άλλο μέρος είναι μια ονυχωτή ημικυκλική βάση που συσφίγγει το συρματόσχοινο. Σε κάθε συρματόσχοινο χρησιμοποιούμε τουλάχιστο δύο συνδετήρες που επιλέγονται με βάση τη διάμετρο του συρματόσχοινου.

2.7 Τύποι ανάρτησης

Ανάρτηση ονομάζουμε τον τρόπο με τον οποίο κρεμάμε από τα συρματόσχοινα το θάλαμο και τα αντίβαρα.

Διακρίνουμε την άμεση και την έμμεση ανάρτηση.

Στην άμεση ανάρτηση (1:1) από τη μια μεριά της τροχαλίας τριβής αναρτάμε το θάλαμο και από την άλλη τα αντίβαρα. Στην περίπτωση αυτή η ταχύτητα των συρματόσχοινων είναι ίση με την ταχύτητα του θαλάμου.

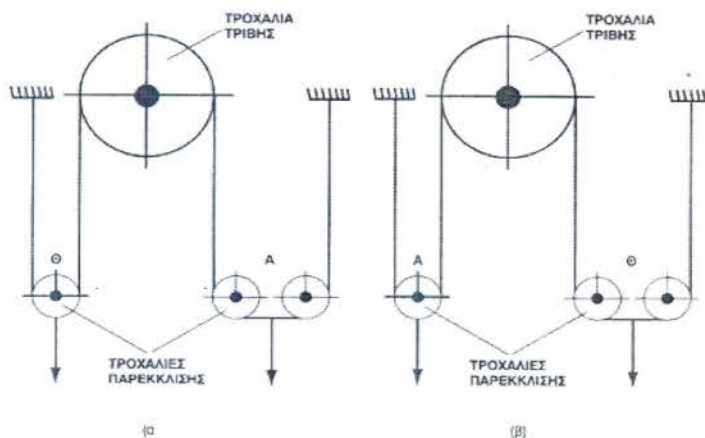


Στην περίπτωση (α) με άμεση ανάρτηση 1:1, η γωνία περιέλιξης είναι 180° χωρίς τροχαλία παρέκκλισης. Συντελεστής απόδοσης 0,81.

Στην περίπτωση (β) με άμεση ανάρτηση 1:1, η γωνία περιέλιξης $< 180^\circ$ χωρίς τροχαλία παρέκκλισης. Συντελεστής απόδοσης 0,79.

Στην περίπτωση (γ) με άμεση ανάρτηση 1:1 και τροχαλία παρέκκλισης, η γωνία περιέλιξης πρέπει να είναι οπωσδήποτε μεγαλύτερη από 160° για να μην έχουμε ολίσθηση των συρματόσχοινων. Συντελεστής απόδοσης 0,76.

Στην έμμεση ανάρτηση (2:1) τα βάρη (θάλαμος και αντίβαρο) αναρτώνται μέσω τροχαλιών που βρίσκονται στο επάνω μέρος του θαλάμου και του αντίβαρου .



Στις περιπτώσεις (α) & (β) έχουμε έμμεση ανάρτηση 2:1 με το θάλαμο και το αντίβαρο να αναρτώνται μέσω τροχαλιών παρέκκλισης. Χρησιμοποιείται για ανύψωση μεγάλων φορτίων και η ταχύτητα του θαλάμου είναι το μισό της ταχύτητας των συρματόσχοινων. Συντελεστής απόδοσης 0,69 και 0,72 αντίστοιχα για (α) και (β).

ΦΡΕΑΤΙΟ

3 Εισαγωγή

Το φρεάτιο είναι ο χώρος μέσα στον οποίο κινούνται ο θάλαμος και το αντίβαρο του ανελκυστήρα. Ο χώρος του φρεατίου χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την εγκατάσταση του εξοπλισμού του ανελκυστήρα. Απαγορεύεται το φρεάτιο να χρησιμοποιείται σαν χώρος διέλευσης ή εγκατάστασης εξοπλισμού, που να μην έχει σχέση με τον ανελκυστήρα.

Ο φωτισμός του φρεατίου γίνεται με μόνιμη ηλεκτρική εγκατάσταση. Χρησιμοποιούνται στεγανά φωτιστικά σώματα (τύπου χελώνας).

Εφόσον το φρεάτιο συμβάλλει στην αντιτυρική προστασία του κτιρίου, πρέπει να περιβάλλεται από αδιάτρητα τοιχώματα, δάπεδο και οροφή εκτός των επιτρεπόμενων από τη νομοθεσία ανοιγμάτων.

Σε κάθε φρεάτιο επιτρέπονται τα παρακάτω ανοίγματα:

1. Θυρών φρεατίου.
2. Θυρών επιθεώρησης και έκτακτης ανάγκης.
3. Εξαερισμού
4. Λειτουργικά ανοίγματα μεταξύ φρεατίου - μηχανοστασίου ή τροχαλιοστασίου.
5. Θύρα έκτακτης ανάγκης όταν η απόσταση μεταξύ δύο ορόφων ξεπερνά τα 11 m (διαστάσεις 0,35m x 1,80m).
6. Θύρα επιθεώρησης σε περίπτωση που η κάτω απόληξη του φρεατίου είναι μεγαλύτερη από 2,50m {διαστάσεις 0,60m x 1,40m}.

Οι θύρες επιθεώρησης και έκτακτης ανάγκης πρέπει να ασφαλίζονται με κλειδαριά, ν' ανοίγουν προς τα έξω και να διαθέτουν την ίδια αντιτυρική προστασία με τις θύρες εισόδου του φρεατίου. Όταν είναι ανοικτές, πρέπει να διακόπτουν τη λειτουργία του ανελκυστήρα.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

7.Θυρίδα αερισμού στο πάνω μέρος του φρεατίου προστατευμένη εξωτερικά με μεταλλικές περσίδες και ελάχιστη επιφάνεια, μεγαλύτερη από το 1% της οριζόντιας διατομής του φρεατίου.

3.1 Οικοδομική κατασκευή φρεατίου

Κατασκευάζεται από άφλεκτα υλικά που δεν ευνοούν τη δημιουργία σκόνης, είναι εσωτερικά λείο και παρουσιάζει την απαραίτητη αντοχή για τις καταπονήσεις που δέχεται τόσο κατά την ομαλή λειτουργία του ανελκυστήρα, όσο και στις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης π.χ. λειτουργία της συσκευής αρπάγης.

Στην πράξη συνιστάται τα τοιχώματα του φρεατίου ή τουλάχιστον αυτά στα οποία γίνεται η στήριξη των οδηγών να κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα και να σοβαντίζονται. Επίσης, από οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να κατασκευάζονται η οροφή και ο πυθμένας του φρεατίου.

Γεωμετρικά στοιχεία του φρεατίου

Τα γεωμετρικά στοιχεία του φρεατίου που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη και κατασκευή του ανελκυστήρα, είναι:

Οι διαστάσεις της οριζόντιας διατομής και το ύψος του φρεατίου.

Οι διαστάσεις της οριζόντιας διατομής του φρεατίου (πλάτος και βάθος του φρεατίου) καθορίζονται από το ωφέλιμο φορτίο και κατά συνέπεια από τις διαστάσεις του θαλάμου του ανελκυστήρα. Για παράδειγμα, ανελκυστήρας ωφελίμου φορτίου 600 Kg, 8 ατόμων έχει θάλαμο διαστάσεων 1,10m x 1,40m.

Για να διαστασιολογήσουμε το φρεάτιο ενός ανελκυστήρα, εργαζόμαστε ως εξής:

- Καθορίζουμε αρχικά τις διαστάσεις του θαλάμου λαμβάνοντας υπόψη το ωφέλιμο φορτίο του ανελκυστήρα.
- Στη συνέχεια τοποθετούμε πάνω στην κάτωψη το θάλαμο και το αντίβαρο, λαμβάνοντας υπόψη τα εξής:

1. Η οριζόντια απόσταση από το κατώφλι της εισόδου του θαλάμου έως το κατώφλι της θύρας του φρεατίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,035 m.
2. Οι αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ θαλάμου, αντίβαρου και στοιχείων φρεατίου είναι τουλάχιστον 0,050 m.
3. Οι διαστάσεις της οριζόντιας διατομής του πλαισίου του αντίβαρου είναι 0,080 m x 0,680 m για ωφέλιμο φορτίο μέχρι 375 Kg και 0,120 m x 0,960 m για μεγαλύτερα φορτία για αντίβαρα κατασκευασμένα από σκυρόδεμα.

Οι οδηγοί τοποθετούνται στους άξονες που διέρχονται από τα κέντρα βάρους του θαλάμου και του αντίβαρου. Οι κατασκευαστικές αποστάσεις μεταξύ της πλάτης του οδηγού και των τοιχωμάτων του φρεατίου για τη στήριξη τους, είναι 0,070 m έως 0,150 m ανάλογα με τον τύπο των οδηγών. Μεταξύ δε της μύτης των οδηγών και του θαλάμου ή του αντίβαρου, η απόσταση κυμαίνεται από 0,020 m μέχρι 0,040 m.

Με βάση επομένως τις αποστάσεις ασφαλείας και τις κατασκευαστικές απαιτήσεις, προκύπτει για ανελκυστήρα ωφελίμου φορτίου 600 Kg φρεάτιο διαστάσεων 1,40 m x 1,75 m.

Η διαδρομή του ανελκυστήρα στο φρεάτιο.

Διαδρομή ανελκυστήρα ονομάζουμε την κατακόρυφη απόσταση στο φρεάτιο, από το πρώτο μέχρι το τελευταίο επίπεδο στάθμευσης,. Υπάρχουν περιπτώσεις (βλάβες) που ο θάλαμος του ανελκυστήρα συνεχίζει την κίνηση του έξω από τα ακραία όρια της προς τα πάνω ή προς τα κάτω διαδρομής του. Τη μέγιστη αυτή απόσταση που θα διανύσει ο θάλαμος μέχρις ότου ακινητοποιηθεί από τα συστήματα ασφαλείας του ανελκυστήρα, ονομάζουμε υπερδιαδρομή. Το μήκος της υπερδιαδρομής κυμαίνεται από 0,100 m μέχρι 0,150 m.

Κάτω απόληξη του φρεατίου.

Είναι το τμήμα του φρεατίου, κάτω από το πρώτο επίπεδο στάθμευσης του ανελκυστήρα μέχρι τον πυθμένα του. Ο πυθμένας της κάτω απόληξης πρέπει να είναι επίπεδος και ομαλός. Στον πυθμένα τοποθετούνται πάνω σε ειδικές βάσεις οι προσκρουστήρες του θαλάμου και των αντίβαρων.

Στην κάτω απόληξη πρέπει υποχρεωτικά να υπάρχουν τα παρακάτω:

- Διάταξη STOP του ανελκυστήρα κοντά στη θύρα του φρεατίου ή τη θύρα επίσκεψης.
- Διακόπτης φωτισμού του φρεατίου.
- Πρίζα γειωμένη.
- Διάταξη ενδοεπικοινωνίας.

Για να καθορίσουμε το βάθος της κάτω απόληξης πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι πρέπει να συμβαίνει το εξής:

Σε περίπτωση που ο θάλαμος καθίσει στους προσκρουστήρες και τους συμπίσει, τότε κάτω από το θάλαμο πρέπει να υπάρχει χώρος ικανός να χωρέσει ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο διαστάσεων 0,50m x 0,60m x 1,00m.

Επομένως, και με βάση τα κατασκευαστικά δεδομένα του φέροντος πλαισίου, του θαλάμου και τις αποστάσεις ασφαλείας που ορίζονται, η κάτω απόληξη πρέπει να έχει βάθος μεγαλύτερο από 1,10 m. Συνήθως κατασκευάζεται βάθος απόληξης 1,40 m..

Η άνω απόληξη του φρεατίου

Άνω απόληξη φρεατίου ονομάζουμε το τμήμα εκείνο του φρεατίου που βρίσκεται πάνω από το τελευταίο επίπεδο στάθμευσης του ανελκυστήρα. Ο υπολογισμός του ύψους της άνω απόληξης προϋποθέτει ότι ο θάλαμος έχει καλύψει την πορεία πάνω υπερδιαδρομή του και επομένως το αντίβαρο έχει καθίσει και συμπίσει τον προσκρουστήρα του.

Στην παραπάνω περίπτωση θα πρέπει:

1. Το μήκος των οδηγών του θαλάμου να είναι τέτοιο που να επιτρέπει μια επιπλέον διαδρομή της τάξεως του $0,1 + 0,035 v^2$ (m) όπου v (m/s) η ονομαστική ταχύτητα του ανελκυστήρα.
2. Η ελεύθερη απόσταση μεταξύ της στέγης του θαλάμου και της οροφής του φρεατίου θα πρέπει να είναι $1,0 + 0,035 v^2$ (m).

Με βάση τα παραπάνω, το ύψος της άνω απόληξης πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 3,50 m, διάσταση που εξαρτάται, όπως προαναφέραμε, από την ταχύτητα του ανελκυστήρα.

3.2 Θύρες φρεατίου

Οι είσοδοι στο φρεάτιο πρέπει σύμφωνα με τους κανονισμούς να κλείνονται με θύρες οι οποίες να έχουν ελάχιστο ελεύθερο πλάτος 0,65 m και ελεύθερο ύψος τουλάχιστον 2,00 m. Τα λειτουργικά διάκενα μεταξύ κάσας και φύλλου θύρας κυμαίνονται μεταξύ 6mm και 10 mm. Οι κανονισμοί επίσης καθορίζουν την αντοχή που πρέπει να έχουν οι θύρες του φρεατίου. Εάν οι θύρες φέρουν ανοίγματα παρατήρησης για τον εντοπισμό της θέσης του θαλάμου σ' ένα συγκεκριμένο επίπεδο στάθμευσης, τότε πρέπει:

- Το άνοιγμα αυτό να καλύπτεται από κρύσταλλο ενισχυμένο με μεταλλικές ίνες ελάχιστου πάχους 6 mm.
- Ελάχιστη επιφάνεια κρυστάλλου 0,015 m² με απόσταση από το επίπεδο του δαπέδου, τουλάχιστον 1,00 m.

Η κλειστή θέση των θυρών των ανελκυστήρων ασφαρίζεται ηλεκτρομηχανικά ως εξής:

- Μ' ένα σύστημα ακροδεκτών (επαφές θυρών) στις κάσες και τα φύλλα των θυρών, οι οποίοι όταν οι θύρες είναι κλειστές εφάπτονται μεταξύ τους, αποτελώντας το κύκλωμα ασφαλείας επαφών θυρών ανελκυστήρα.
- Με διάταξη μανδάλωσης (κλειδαριά) η οποία ασφαρίζει μηχανικά και ηλεκτρικά τις θύρες του φρεατίου. Η ηλεκτρική μανδάλωση των θυρών φρεατίου αποτελείτο κύκλωμα ασφαλείας μανδάλωσης (κλειδαριών) ανελκυστήρα.

3.2.α Διάκριση θυρών:

- **Χειροκίνητες θύρες**

Χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικούς ανελκυστήρες. Αναρτώνται από την «κρεμάστρα» και οδηγούνται στο κάτω μέρος από ειδικά διαμορφωμένο μεταλλικό πλαίσιο. Ανοίγουν και κλείνουν με το χέρι, μόνο όταν ο θάλαμος βρίσκεται πίσω απ' αυτές και ειδικότερα μέσα σε ζώνη απομανδάλωσης.

- **Ανοιγόμενες θύρες**

Ανοιγόμενες είναι οι θύρες του φρεατίου οι οποίες ανοίγουν με το χέρι και κλείνουν αυτόματα με τη βοήθεια ελατηρίων. Στηρίζονται με τη βοήθεια ισχυρών μεντεσέδων έτσι ώστε να αποφεύγεται το κρέμασμα τους. Οι ορθοστάτες (κάσες) και τα φύλλα των θυρών φέρουν τις απαραίτητες υποδοχές για την τοποθέτηση των διατάξεων ασφαλείας και των λειτουργικών εξαρτημάτων τους, δηλαδή:

-Τις επαφές των θυρών

-Τη κλειδαριά των θυρών.

-Το ελατήριο και την αλυσίδα τα οποία τοποθετούνται στο κάτω μέρος της θύρας και του ορθοστάτη,

- Τον ωθητήρα, που απορροφά υδραυλικά τη δύναμη κρούσης μεταξύ θύρας και ορθοστάτη κατά την αυτόματη επαναφορά στη κλειστή θέση, παρεμβάλλοντας μια ελαστική ρόδα..

- **Αυτόματες θύρες**

Οι θύρες αυτές χρησιμοποιούνται σε κτίρια με μεγάλη χρήση του ανελκυστήρα, γιατί μειώνουν δραστικά το χρόνο αποβίβασης και επιβίβασης των επιβατών. Το κόστος βέβαια είναι μεγάλο και συνήθως δεν χρησιμοποιούνται σε κοινά κτίρια κατοικιών. Η θύρα του θαλάμου φέρει κινητήριο μηχανισμό, ο οποίος τοποθετείται στην οροφή του θαλάμου. Κατά τη κίνηση της σύρει μηχανικά τη θύρα του φρεατίου. Στις σύγχρονες κατασκευές ο κινητήριος μηχανισμός φέρει σύστημα ρύθμισης της ταχύτητας, έτσι ώστε το κλείσιμο της θύρας να είναι ομαλό και αθόρυβο. Τα φύλλα των θυρών αναρτώνται από την 'κρεμάστρα' (χαλύβδινο έλασμα στο πάνω μέρος, που λειτουργεί μαζί με το μηχανισμό) και οδηγούνται από το Sill (προφίλ) αλουμινίου κατάλληλα διαμορφωμένο. Ζυγίζονται κατακόρυφα και καθορίζονται οι δεδομένες αποστάσεις μεταξύ τους, με τη βοήθεια των οβάλ οπών στο πλέγμα της κρεμάστρας και των πλαστικών τάκων οδήγησης στο κάτω μέρος.

Ένα συρματόσχοινο με τη βοήθεια ελατηρίου λειτουργεί προσθετικά κατά το κλείσιμο της πόρτας.

Οι αυτόματες θύρες, πέρα από τις ηλεκτρικές διατάξεις ασφαλείας που αναφέρθηκαν στις ανοιγόμενες θύρες, διαθέτουν επιπλέον:

-Τερματικούς διακόπτες ελέγχου της κλειστής και ανοικτής τους θέσης.

-Ηλεκτρομηχανική διάταξη επαναφοράς, σε περίπτωση εμποδίου κατά το κλείσιμο της.

Οι αυτόματες θύρες διακρίνονται σε:

1. Πλευρικού ανοίγματος

A. Μονόφυλλες θύρες. Αποτελούνται από ένα φύλλο (μονόφυλλες), το οποίο σύρεται με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού προς τη μία πλευρά, δημιουργώντας πλευρικό άνοιγμα.

B. Τηλεσκοπικές θύρες. Αποτελούνται από δύο ή περισσότερα φύλλα τα οποία κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση. Η ταχύτητα κίνησης του ενός φύλλου είναι διπλάσια της ταχύτητας του άλλου, έτσι ώστε και τα δύο φύλλα να φθάνουν συγχρόνως στο τέλος της διαδρομής.

2. Κεντρικού ανοίγματος

A. Δύο φύλλων. Αποτελούνται από δύο φύλλα τα οποία κινούνται αντίθετα δημιουργώντας έτσι άνοιγμα στο κέντρο.

B. Τηλεσκοπικές θύρες. Αποτελούνται από περισσότερα από δύο φύλλα τα οποία κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση δημιουργώντας έτσι άνοιγμα στο κέντρο.

3.2.β Ασφάλιση των θυρών

Η ασφάλιση των θυρών του ανελκυστήρων γίνεται ηλεκτρομηχανικά με τις επαφές των θυρών και την κλειδαριά.

- **Ασφάλιση ανοιγόμενων θυρών**

Όλα τα φύλλα και οι κάσες των θυρών έχουν επαφές που γεφυρώνονται μόνο όταν έρθει το φύλλο της θύρας στην κανονική του θέση, δηλαδή η θύρα είναι κλειστή. Το ηλεκτρικό κύκλωμα των επαφών είναι συνδεδεμένο σε σειρά με το κύκλωμα ελέγχου του ανελκυστήρα. Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται ηλεκτρικά η κλειστή θέση των θυρών του ανελκυστήρα. Η μανδάλωση στις θύρες των ανελκυστήρων πραγματοποιείται με κατάλληλους μηχανισμούς, οι οποίοι ονομάζονται κλειδαριές. Η κλειδαριά εμποδίζει το άνοιγμα της θύρας όταν δεν βρίσκεται σταματημένος ο θάλαμος πίσω απ' αυτή με τη βοήθεια ενός πύρου ο οποίος εισέρχεται στο φύλλο της θύρας. Επιπλέον η κλειδαριά διαθέτουν ένα σύστημα επαφών που κλείνουν όταν έχει εισχωρήσει ο πύρος στο φύλλο της θύρας.

Το ξεκλείδωμα της ημιαυτόματης θύρας, γίνεται ως εξής:

Στο τοίχωμα του θαλάμου δίπλα στην είσοδο και απέναντι από την κλειδαριά, τοποθετείται ο μηχανισμός απομανδάλωσης (μαγνήτης). Όταν κινείται ο ανελκυστήρας, το πηνίο του μηχανισμού τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα με αποτέλεσμα τη συσπείρωση του ελάσματος. Έτσι, όταν ο θάλαμος διέρχεται μπροστά από τις θύρες των ορόφων, τα ράουλα των κλειδαριών να μη προσκρούουν σ' αυτόν. Όταν ο θάλαμος φθάσει μπροστά στη θύρα του ορόφου που έχει προγραμματισθεί να σταματήσει, διακόπτεται η τροφοδοσία του πηνίου του μηχανισμού απομανδάλωσης, με αποτέλεσμα το έλασμα να προβάλλει προς τα έξω. Σ' αυτή τη θέση σπρώχνει το βραχίονα της κλειδαριάς και προκαλεί απομανδάλωση της θύρας και άνοιγμα των επαφών της κλειδαριάς.

- **Ασφάλιση αυτόματων θυρών**

Όπως οι ανοιγόμενες θύρες, έτσι και οι αυτόματες φέρουν κλειδαριές οι οποίες βέβαια είναι περισσότερο πολύπλοκες και επομένως ακριβότερες. Κάθε κλειδαριά αυτόματης πόρτας αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

-Το σταθερό

-Το κινητό

Η μανδάλωση της αυτόματης θύρας ενός ανελκυστήρα γίνεται με κατάλληλο μηχανισμό ο οποίος ανήκει στο σύστημα ασφαλείας του ανελκυστήρα. Διαθέτει κι αυτή ένα σύστημα επαφών το κύκλωμα των οποίων ελέγχει το κύκλωμα χειρισμού του ανελκυστήρα. Ταυτόχρονα στην κλειστή τους θέση ασφαλίζουν μηχανικά τις θύρες.

Συμπερασματικά η κλειδαριά στις αυτόματες θύρες, εξυπηρετεί τους παρακάτω σκοπούς:

-Κρατάει μηχανικά κλειδωμένη την θύρα του φρεατίου.

-Επεμβαίνει ηλεκτρικά στο κύκλωμα χειρισμού του ανελκυστήρα.

-Αποτελεί σημείο σύμπτυξης θύρας θαλάμου και θύρας φρεατίου.

Φωτοηλεκτρικός έλεγχος κίνησης αυτομάτων Θυρών

Η αυτόματη λειτουργία των θυρών εξασφαλίζεται μέσα από μηχανισμό ο οποίος λειτουργεί με τη βοήθεια ηλεκτρικού κινητήρα. Αυτός ο κινητήρας αναστρέφει την κίνηση του (επομένως και τη φορά κίνησης των θυρών) κάθε φορά που παρεμβάλλεται κάποιο εμπόδιο στην κίνηση τους.

Μια από τις πλέον διαδεδομένες διατάξεις αυτόματης λειτουργίας των θυρών ανελκυστήρα είναι αυτή που χρησιμοποιεί φωτοκύτταρο. Στη μία πλευρά της θύρας υπάρχει μια λάμπα και στην απέναντι πλευρά τοποθετείται ένα φωτοκύτταρο.

Ηλεκτρονικός έλεγχος λειτουργίας αυτομάτων θυρών

Είναι δυνατόν αντί του φωτοηλεκτρικού ελέγχου της κίνησης των θυρών να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρονικός ανιχνευτής ο οποίος ελέγχει την είσοδο του θαλάμου σε ζώνη τριών διαστάσεων η οποία εκτείνεται κατά πλάτος και ύψος της θύρας εισόδου και σε μικρή απόσταση μπροστά από τη θύρα του φρεατίου. Αν κατά τη διάρκεια του κλεισίματος κάποιο άτομο μπει στη ζώνη ανίχνευσης, αυτόματα αναστρέφεται η φορά κίνησης όχι σε όλο το μήκος της διαδρομής, αλλά σε τόση διαδρομή όση απαιτείται για να εισέλθει κάποιο άτομο, οπότε και ξανακλείνουν. Ο ηλεκτρονικός

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

ανιχνευτής αποτελείται από δύο ανεξάρτητες μονάδες ανίχνευσης στερεωμένες κατά μήκος της ράχης των κινουμένων φύλλων.

3.3 Θάλαμος

Ο θάλαμος είναι το μέρος του ανελκυστήρα που δέχεται τα προς μεταφορά άτομα ή φορτία. Ο κυρίως θάλαμος (καμπίνα) αποτελείται από άφλεκτα αδιάτρητα τοιχώματα, δάπεδο και οροφή. Επιτρεπόμενα ανοίγματα στο θάλαμο είναι η θυρίδα έκτακτης ανάγκης (όχι υποχρεωτικά), τα ανοίγματα αερισμού και η είσοδος του θαλάμου.

Οι θυρίδες έκτακτης ανάγκης βρίσκονται στην οροφή του θαλάμου. Είναι ανοίγματα διαστάσεων 30cm x 50cm και χρησιμοποιούνται για την έξοδο επιβατών μόνο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Το άνοιγμα αυτό φέρει ένα πορτάκι, που ανοίγει προς τα έξω. Όταν το πορτάκι είναι ανοικτό, ενεργοποιείται η διάταξη STOP ούτως ώστε ο ανελκυστήρας να μην κινείται με το πορτάκι ανοικτό.

Η είσοδος του θαλάμου έχει ελάχιστο ύψος 2,00m. Σύμφωνα με τον EN 81.1 η είσοδος φέρει υποχρεωτικά αυτόματη ή χειροκίνητη θύρα. Μια προστατευτική ηλεκτρική διάταξη απαγορεύει την κίνηση του θαλάμου με ανοικτή τη θύρα. Η ωφέλιμη επιφάνεια του θαλάμου καθορίζεται αυστηρά από το ονομαστικό φορτίο του ανελκυστήρα και γιαυτό το λόγο προβλέπονται διατάξεις υπερφόρτωσης.

Τα τοιχώματα του θαλάμου κατασκευάζονται από λαμαρίνα μαύρη ή DKP πάχους συνήθως 1,50mm..

Ο θάλαμος εσωτερικά επενδύεται με διάφορα υλικά (αλουμίνιο, φορμάικα κ.λ.π.). Η εσωτερική επένδυση του θαλάμου έχει σχέση μόνο με την αισθητική του.

Το δάπεδο του θαλάμου επενδύεται με διάφορα υλικά (πλαστικό τάπητα, πλακάκι κ.λ.π.).

Ο θάλαμος κάθεται και στηρίζεται σε μεταλλικό πλαίσιο διαμορφωμένο από σιδηροδοκούς γωνιακού προφίλ ή UNP, ανάλογα με το ωφέλιμο φορτίο. Οι διαστάσεις αυτού του πλαισίου είναι ίσες με τις διαστάσεις του θαλάμου.

Ο φωτισμός του θαλάμου γίνεται από δύο τουλάχιστον λαμπτήρες πυράκτωσης 42V ή λαμπτήρες φθορισμού ή SPOTS. Συνήθως για την κάλυψη των φωτιστικών σωμάτων κατασκευάζεται η ψευδοροφή φωτισμού, στηριγμένη σε ειδικά διαμορφωμένο πλαίσιο.

Η οροφή του θαλάμου κατασκευάζεται από λαμαρίνα πάχους 2mm ενισχυμένη από στρα-ντζαριτιά έτσι ώστε ν' αντέχει το βάρος δύο τεχνικών συντήρησης που θα εργάζονται πάνω από το θάλαμο. Περιμετρικά η οροφή και σε μέγιστη απόσταση 0,15 m από την άκρη της φέρει στηθαίο και κουπαστή.

Εάν στην οροφή του θαλάμου υπάρχουν τροχαλίες παρέκκλισης (ανάρτηση 2:1) πρέπει να φέρουν προστατευτικούς μανδύες. Επίσης στην οροφή υπάρχουν υποχρεωτικά μπουτονιέρα επιθεώρησης, πρίζα γειωμένη και συσκευή επικοινωνίας.

Φέρον Πλαίσιο (Σασί)

Ο θάλαμος φέρεται στην κίνηση του από το λεγόμενο φέρον πλαίσιο το οποίο κινείται κατακόρυφα μέσα από πέδιλα ολίσθησης ή κύλισης πάνω στους οδηγούς. Αποτελείται από 4 οριζόντιους σιδηροδοκούς προφίλ UNP 120 (δύο για το κάτω μέρος και δύο για το πάνω) ή μεγαλύτερης διατομής ανάλογα με το ονομαστικό φορτίο του ανελκυστήρα και τέσσερις κατακόρυφους σιδηροδοκούς, προφίλ γωνία. Στο κάτω μέρος του φέροντος πλαισίου κάθεται το πλαίσιο του θαλάμου και ηλεκτροσυγκολλείται. Όταν κριθεί απαραίτητο, μεταξύ των δύο πλαισίων παρεμβάλλονται αντιδονητικά στηρίγματα. Στο επάνω ή κάτω μέρος του φέροντος πλαισίου τοποθετείται και η συσκευή αρπάγης. Το φέρον πλαίσιο αναρτάται με τα συρματόσχοινα ανάρτησης μέσω κώνων (σιφηνοσύνδεσμοι).

3.4 Αντίβαρα

Τα αντίβαρα σε μια εγκατάσταση ανελκυστήρα ισοσταθμίζουν ένα μέρος του ονομαστικού φορτίου και του απόβαρου. Γιαυτό το λόγο το βάρος των αντίβαρων επιλέγεται έτσι ώστε να είναι:

$$G = F + Q/2$$

Όπου G το βάρος των αντίβαρων,

F το βάρος θαλάμου και φέροντος πλαισίου

και Q το ωφέλιμο φορτίο.

Το αντίβαρο αποτελείται από πολλά τεμάχια (μέχρι 25) κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο ή σκυρόδεμα, τοποθετημένα σε μεταλλικό πλαίσιο πλάτους από 0,60 m μέχρι 1,00 m.

Το πλαίσιο αυτό κινείται κατακόρυφα μέσα από πέδιλα ολίσθησης στους οδηγούς αντίβαρων.

Το πλαίσιο κατασκευάζεται από δύο οριζόντιους σιδηροδοκούς προφίλ UNP 100 έναν για το πάνω και έναν για το κάτω μέρος και τέσσερις κατακόρυφους σιδηροδοκούς προφίλ γωνία. Το ύψος του αντίβαρου είναι περίπου 2,80 m έως 3,00m.

Εάν απαιτείται αρπάγη στο αντίβαρο, τότε το πλαίσιο του κατασκευάζεται από σιδηροδοκούς μεγαλύτερης διατομής.

3.5 Οδηγοί

Οι οδηγοί εξασφαλίζουν την οδήγηση του πλαισίου του θαλάμου και του αντίβαρου. Στους ανελκυστήρες τριβής συνήθως αναρτώνται από την οροφή του φρεατίου και στηρίζονται κατά διαστήματα (1,50m έως 2,00 m) στα τοιχώματα του φρεατίου. Οι οδηγοί διατίθενται στο εμπόριο σε πεντάμετρα τεμάχια μαζί με τις αρμοκαλύπτρες (λάμες για τη σύνδεση δύο τεμαχίων οδηγών) και τις βίδες για τη σύνδεση των τεμαχίων. Κατασκευάζονται από εξελασμένο χάλυβα. Η στήριξη τους στο φρεάτιο γίνεται με τη βοήθεια μεταλλικών στηριγμάτων γωνιακού προφίλ. Η τοποθέτηση των οδηγών είναι μια επίπονη εργασία και κατέχει πρωτεύοντα ρόλο στην εγκατάσταση του ανελκυστήρα.

Εάν οι οδηγοί δεν είναι σωστά κατακόρυφα ζυγισμένοι και τοποθετημένοι απέναντι στον ίδιο άξονα, τότε αναπτύσσονται δυνάμεις τριβής, έχουμε απώλειες ισχύος και καταστροφή των ολισθητήρων οδήγησης

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

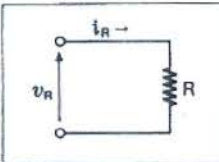
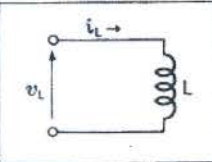
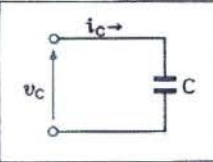
1.1 ΕΝΕΡΓΑ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ή δικτύωμα αποτελείται από ένα σύνολο ηλεκτρικών στοιχείων που είναι μεταξύ τους ηλεκτρικώς συνδεδεμένα. Τα βασικά ηλεκτρικά στοιχεία, που χαρακτηρίζονται σαν παθητικά, είναι ωμική αντίσταση, η αυτεπαγωγή και η χωρητικότητα.

Από τα στοιχεία αυτά η αυτεπαγωγή και η χωρητικότητα δεν καταναλίσκουν ηλεκτρική ενέργεια, αλλά απλώς την αποθηκεύουν από τις ηλεκτρικές πηγές που τροφοδοτούν το κύκλωμα και μπορούν να την ξαναδώσουν πάλι στο ηλεκτρικό κύκλωμα και στις πηγές. Αντίθετα, η ωμική αντίσταση δε μπορεί να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια αλλά την καταναλίσκει μετατρέποντας την σε θερμότητα.

Εκτός από τα παθητικά έχουμε και τα ενεργά στοιχεία. Τέτοια στοιχεία είναι οι πηγές τάσης και ρεύματος και εκείνα τα οποία μπορούν από μόνα τους είτε μέσω άλλων διατάξεων (π.χ. ενισχυτών) να δώσουν ηλεκτρική ενέργεια. Η σχέση μεταξύ της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα ενός ηλεκτρικού στοιχείου και του ρεύματος που το διαρρέει παρέχεται στον παρακάτω πίνακα.

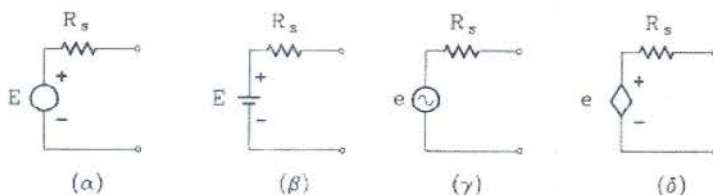
Τα βασικά ηλεκτρικά στοιχεία και η σχέση μεταξύ τάσης και ρεύματος

		
$v_R = i_R R$	$v_L = L \frac{di_L}{dt}$	$v_C = \frac{1}{C} \int i_C dt$
$i_R = \frac{v_R}{R}$	$i_L = \frac{1}{L} \int v_L dt$	$i_C = C \frac{dv_C}{dt}$

Οι πηγές τάσης και ρεύματος αποτελούν ενεργά στοιχεία ενός κυκλώματος.

Πηγές τάσης

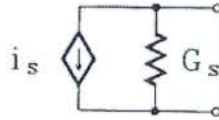
Πηγή τάσης είναι η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας της οποίας η τάση που παρέχει δεν εξαρτάται από το φορτίο. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό μια ιδανική πηγή τάσης έχει μηδενική εσωτερική αντίσταση. Στην πράξη όμως μία πηγή τάσης παρουσιάζει έστω και μικρή εσωτερική αντίσταση που τοποθετείται σε σειρά με το σύμβολο της πηγής, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα. Στο σχήμα αυτό παρίσταται το σύμβολο μιας πηγής συνεχούς, μιας ηλεκτρικής συστοιχίας και μιας πηγής εναλλασσόμενης τάσης. Στην πηγή συνεχούς τάσης η πολικότητα παραμένει σταθερή ενώ το μέτρο της μπορεί να μεταβάλλεται με το χρόνο. Στην πηγή εναλλασσόμενης τάσης, η τάση αλλάζει πολικότητα συχνά. Συχνά η θετική φορά στα άκρα μιας πηγής σημειώνεται με το + και - στα άκρα του συμβόλου της.



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Πηγές ρεύματος

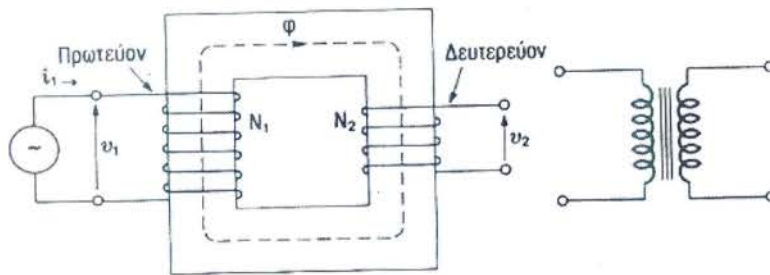
Πηγή ρεύματος είναι η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας της οποίας το ρεύμα που παρέχει δεν εξαρτάται από το φορτίο. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό μια ιδανική πηγή ρεύματος θα έχει μηδενική εσωτερική αγωγιμότητα. Μια πραγματική πηγή ρεύματος βέβαια δεν έχει μηδενική εσωτερική αγωγιμότητα με αποτέλεσμα να υπάρχει μια «απώλεια» ρεύματος δια μέσου αυτής. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια πηγή ρεύματος με την εσωτερική της αγωγιμότητα φορτίου G_s .



1.2 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

Οι μετασχηματιστές είναι ηλεκτρικοί μετατροπείς AC - AC, δηλαδή μετασχηματίζουν AC μεγέθη (τάσεις ή ρεύματα) σε AC πάλι μεγέθη. Πολύ συνηθισμένη περίπτωση εφαρμογής των μετασχηματιστών είναι ο υποβιβασμός ή η ανύψωση της τάσης του δικτύου για την τροφοδοσία διαφόρων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών διατάξεων. Χρησιμοποιούνται επίσης σε στοιχεία ζεύξης μεταξύ των διαφόρων βαθμίδων των ενισχυτών, για την απόρριψη DC τάσεων, για τη λήψη παλμικών τάσεων σε πολμοκυκλώματα κλπ. Τους μετασχηματιστές τους κατατάσσουμε σε δύο μεγάλες κατηγορίες που διακρίνονται από την περιοχή συχνότητας που λειτουργούν. Έτσι έχουμε τους μετασχηματιστές χαμηλών συχνοτήτων που σ' αυτούς υπάρχουν οι μετασχηματιστές ισχύος και οι μετασχηματιστές ακουστικών συχνοτήτων (μέχρι 100 KHz) και τους μετασχηματιστές υψηλών συχνοτήτων (ραδιοσυχνοτήτων).

Ο μετασχηματιστής αποτελείται από ένα σιδηροπυρήνα κλειστό, τετραγωνικού ή κυκλικού σχήματος, πάνω στον οποίο υπάρχει το τύλιγμα του πρωτεύοντος N_1 στροφών και το τύλιγμα του δευτερεύοντος N_2 στροφών. Ο πυρήνας δεν είναι συμπαγής αλλά αποτελείται από πολλά σιδερένια ελάσματα για την ελάττωση των επαγωγικών ρευμάτων μέσα σ' αυτόν και την αποφυγή υπερθέρμανσης του. Για τους μετασχηματιστές υψηλών συχνοτήτων ο πυρήνας κατασκευάζεται από φερομαγνητικά υλικά (φερίτες), όπως το $MnZn$, που έχουν υψηλή αντίσταση για τον περιορισμό των δινορευμάτων.



1.2.1 Λειτουργία:

Ας θεωρήσουμε τώρα ότι στα άκρα του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή τοποθετείται το φορτίο R_L . Θα δημιουργηθεί τότε ένα ρεύμα i_2 στο δευτερεύον και αυτό θα προκαλέσει μία μαγνητική ροή Φ_2 , η οποία κατά το νόμο του Faraday, θα είναι αντίθετη με την αρχική ροή Φ και επομένως την ελαττώνει. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ελάττωση της επαγόμενης τάσης στο πρωτεύον, πράγμα που αναγκάζει την πηγή να δώσει πρόσθετο ρεύμα i_1 στο πρωτεύον, ώστε η πρόσθετη μαγνητική ροή Φ_1 που δημιουργείται σ' αυτό, να εξισώσει πάλι την επαγόμενη τάση στο πρωτεύον με την τάση της πηγής. Οι δύο πρόσθετες μαγνητικές ροές Φ_1 και Φ_2 είναι ίσες και αντίθετες μεταξύ τους, οπότε η αρχική μαγνητική ροή Φ παραμένει σταθερή. Έτσι έχουμε τον **λόγω μετασχηματισμού**:

$$\alpha = u_2/u_1 = N_2/N_1 = i_1/i_2$$

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

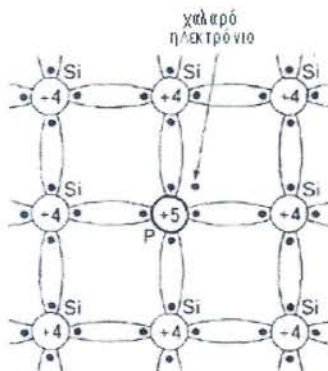
ΔΙΟΔΟΣ – ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΗΜΙΑΓΩΓΗ

Το πλάτος της απαγορευμένης ζώνης σ' ένα κρύσταλλο έχει μεγάλη σημασία για την αγωγιμότητα του. Κι' αυτό γιατί τα ηλεκτρόνια σθένους, όταν πάρουν ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από την E_G , σπάζουν τους δεσμούς τους με τα άτομα και βρίσκονται στη ζώνη αγωγιμότητας. Στη ζώνη αυτή τα ηλεκτρόνια μπορούν πλέον να κινηθούν ελεύθερα υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου και να συμβάλλουν στην αγωγιμότητα του υλικού. Ανάλογα λοιπόν με το εύρος της απαγορευμένης ζώνης τα κρυσταλλικά σώματα διακρίνονται στα μέταλλα, στους μονωτές και στους **ημιαγωγούς**. Οι ημιαγωγοί διακρίνονται από τη στενή απαγορευμένη ζώνη που έχουν ($= 1$ eV). Το πλάτος της απαγορευμένης ζώνης για το γερμάνιο στους 0° K είναι $E_{G0} = 0,782$ eV, ενώ για το πυρίτιο είναι $E_{G0} = 1,21$ eV. Για το Ge είναι $C = 3,9 \cdot 10^{-4}$ και για το Si, $C = 2,8 \cdot 10^{-4}$. Λόγω του μικρού ενεργειακού χάσματος που υπάρχει μεταξύ της ζώνης σθένους και της ζώνης αγωγιμότητας στους ημιαγωγούς, μερικά ηλεκτρόνια παίρνουν εύκολα ικανή θερμική ενέργεια και περνάνε στη ζώνη αγωγιμότητας. Έτσι λόγω του σχετικά μικρού αριθμού των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας οι κρύσταλλοι αυτοί έχουν σχετικά μικρή αγωγιμότητα και γι' αυτό χαρακτηρίζονται σαν ημιαγωγοί. Η αγωγιμότητα των ημιαγωγών ελαττώνεται με την ελάττωση της θερμοκρασίας και μηδενίζεται στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός. Το πλάτος της απαγορευμένης ζώνης εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των ατόμων στον κρύσταλλο που και αυτή πάλι εξαρτάται από τον, όγκο του ατόμου. Όσο πιο μικρή είναι η απόσταση μεταξύ των ατόμων τόσο το πλάτος της απαγορευμένης περιοχής μεγαλώνει.

I. Ημιαγωγοί τύπου n

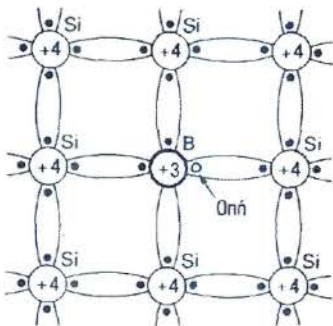
Ας θεωρήσουμε ότι σ' ένα κρύσταλλο π.χ. Si υπάρχει μικρός, σχετικά με τον αριθμό των ατόμων του κρυστάλλου, αριθμός ατόμων πεντασθένους στοιχείου π.χ. φωσφόρου (P). Το κάθε άτομο του P θα συνδεθεί με ομοιοπολικούς δεσμούς με τα τέσσερα γειτονικά άτομα του Si, οπότε δεσμεύονται τα τέσσερα ηλεκτρόνια του. Το πέμπτο ηλεκτρόνιο του P μένει αδέσμευτο και μπορεί με την πρόσληψη μικρής ενέργειας να αποσπασθεί από το άτομο και να βρεθεί στη ζώνη αγωγιμότητας. Το ηλεκτρόνιο αυτό φεύγοντας από το ξένο άτομο, το αφήνει μεν φορτισμένο (ιονισμένο), αλλά δε δημιουργεί οπή γιατί η κενή του θέση δεν γίνεται πόλος έλξης για άλλο ηλεκτρόνιο. Τα πεντασθενή άτομα της πρόσμιξης στον κρύσταλλο του ημιαγωγού λέγονται δότες ή **τύπου n**. Ολόκληρος δε ο κρύσταλλος που έχει άτομα τύπου n λέγεται κρύσταλλος τύπου n.



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

II. Ημιαγωγοί τύπου p

Θεωρούμε τώρα την περίπτωση κατά την οποία σ' ένα κρύσταλλο ημιαγωγού π.χ. Si υπάρχουν άτομα τρισθενούς στοιχείου όπως είναι το βόριο (B), το αργίλιο (Al) ή το ινδίο (In). Τα τρία ηλεκτρόνια σθένους του στοιχείου της πρόσμιξης δεσμεύονται με ομοιοπολικό δεσμό από τα γειτονικά άτομα του Si και λείπει ένα ηλεκτρόνιο από το τρισθενές στοιχείο της πρόσμιξης, που με το ηλεκτρόνιο του γειτονικού ατόμου του Si θα σχημάτιζε το τέταρτο ζευγάρι των ηλεκτρονίων για ευσταθή εξωτερικό φλοιό. Η έλλειψη αυτή του ηλεκτρονίου στο άτομο της πρόσμιξης αποτελεί οπή. Με λίγη τώρα ενέργεια μπορεί να φύγει ένα ηλεκτρόνιο από το γειτονικό άτομο του Si και να πάει στο άτομο του B για να καλύψει την έλλειψη του ηλεκτρονίου εξουδετερώνοντας έτσι την οπή- Το ηλεκτρόνιο αυτό όμως αφήνει μια νέα οπή στο άτομο από το οποίο έφυγε. Κατ' αυτόν τον τρόπο η οπή μετακινήθηκε από το άτομο του βορίου σε άτομο του πυριτίου και από'κει μπορεί πάλι να μετακινηθεί. Τα τρισθενή άτομα της πρόσμιξης που υπάρχουν μέσα στον κρύσταλλο του Si λέγονται αποδέκτες ή **τύπου p** ο δε κρύσταλλος λέγεται κρύσταλλος τύπου p.



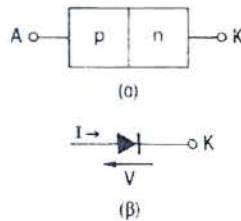
2.2 – ΔΙΟΔΟΣ

Θεωρούμε δίοδο έναν ημιαγωγό, ο οποίος αποτελείται από μια περιοχή τύπου p και από μια περιοχή τύπου n που βρίσκονται μεταξύ τους σε επαφή. Όταν ο θετικός πόλος της πηγής συνδέεται με το n μέρος του κρυστάλλου και ο αρνητικός πόλος της συνδέεται με το p μέρος του κρυστάλλου, τότε η επαφή p-n θεωρείται ότι είναι **ανάστροφα πολωμένη**. Επειδή το ηλεκτρικό πεδίο που προκαλείται από την τάση της πηγής μέσα στον κρύσταλλο είναι της ίδιας φοράς με το ηλεκτρικό πεδίο των φορτίων χώρου της επαφής γι' αυτό τα πεδία αυτά προστίθενται. Έτσι το ηλεκτρικό πεδίο της επαφής αυξάνεται, με αποτέλεσμα να αυξηθούν και τα φορτία χώρου στην κάθε πλευρά της επαφής, όπως ακριβώς συμβαίνει και σ' ένα πυκνωτή όπου η αύξηση του πεδίου μεταξύ των οπλισμών του γίνεται με αντίστοιχη αύξηση των φορτίων στους οπλισμούς. Αντίστοιχα, αυξάνεται και το πλάτος της περιοχής των φορτίων χώρου λόγω αύξησης του αριθμού των ιόντων, όπως και η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο περιοχών p και n κατά την τιμή της διαφοράς δυναμικού της πηγής. Η αυξημένη διαφορά δυναμικού στην περιοχή της επαφής έχει σαν συνέπεια τη μείωση και σχεδόν το μηδενισμό του ρεύματος I_d , γιατί τώρα πια πολύ λίγοι φορείς αποκτούν τη δυνατότητα ν' ανεβούν το φράγμα δυναμικού $V + V_{ho}$. Απεναντίας, το ρεύμα κόρου I_s παραμένει το ίδιο, δεδομένου ότι όλοι οι φορείς που δημιουργούνται λόγω της θερμοκρασίας περνούν, όπως είδαμε, την επαφή και δημιουργούν το ρεύμα αυτό. Είναι φανερό ότι το ρεύμα I_s θα είναι ανεξάρτητο από την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του κρυστάλλου.

Θεωρούμε τώρα, ότι η τάση της πηγής εφαρμόζεται στα άκρα του κρυστάλλου με αντίθετη πολικότητα από την προηγούμενη. Στην περίπτωση αυτή η επαφή **πολώνεται ορθά**. Το ηλεκτρικό πεδίο που εφαρμόζεται μέσα στον κρύσταλλο από την πηγή τάσης, έχει αντίθετη φορά από το πεδίο της επαφής και κατά συνέπεια το συνιστάμενο πεδίο γίνεται μικρότερης έντασης. Η περιοχή των φορτίων χώρου στενεύει και χαμηλώνει ο φραγμός δυναμικού στην περιοχή της επαφής. Συνέπεια αυτού είναι ότι οι φορείς πλειονότητας περνάνε εύκολα το λόφο δυναμικού και διαχέονται στην άλλη περιοχή δημιουργώντας έτσι ένα μεγάλο ρεύμα I_d . Βλέπουμε δηλαδή ότι η επαφή p-n παρουσιάζει πολύ μικρή αγωγιμότητα κατά την ανάστροφη πόλωση της, ενώ κατά την ορθή πόλωση, η αγωγιμότητα είναι μεγάλη. Αυτή η ιδιότητα που έχει η διόδος, την καθιστά την επαφή πολύτιμη

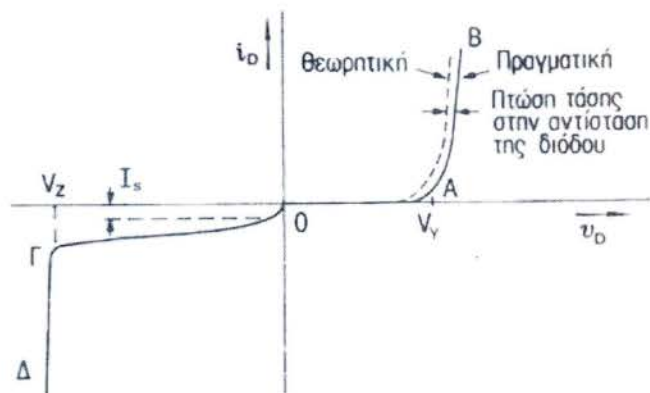
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

στις διάφορες εφαρμογές. Κυκλοφορούν στο εμπόριο σε μεγάλη ποικιλία. Η περιοχή p του κρυστάλλου αποτελεί την **άνοδο** ενώ η περιοχή n αποτελεί την **κάθοδο** της διόδου και το σύμβολο αυτής.



Χαρακτηριστική καμπύλη της διόδου

Η χαρακτηριστική καμπύλη της διόδου έχει τη μορφή που δείχνει το παρακάτω σχήμα. Η εστιγμένη γραμμή δίνει τη θεωρητική καμπύλη της διόδου, ενώ η συνεχής δίνει την πραγματική καμπύλη της. Η απόκλιση της πραγματικής καμπύλης από τη θεωρητική για το τμήμα ΟΓ, οφείλεται στην ωμική αντίσταση του περιβλήματος της διόδου, ενώ για το τμήμα ΑΒ η απόκλιση οφείλεται στην πτώση τάσης που δημιουργεί το ρεύμα της διόδου πάνω στην ωμική αντίσταση του κρυστάλλου. Για το τμήμα ΟΑ και για μικρές τιμές της τάσης v_0 θα είναι $i_D = 0$. Η μεγαλύτερη τιμή της τάσης $v_0 = v_\gamma$ για την οποία μπορούμε να θεωρήσουμε ότι $i_D = 0$ λέγεται **τάση κατωφλίου** (threshold voltage). Έτσι θεωρούμε ότι για διόδους χαμηλής ισχύος για το Ge είναι $V_\gamma = 0,2 \text{ V}$ και για το Si είναι $V_\gamma = 0,6 \text{ V}$.



Τέλος, για αρνητικές τιμές της τάσης v_0 , που θα ισχύουν για το τμήμα ΟΓ, θα είναι $i_D = I_s$. Το τμήμα ΓΔ της χαρακτηριστικής που παρουσιάζει μια απότομη αύξηση του ρεύματος της διόδου με σταθερό περίπου δυναμικό V_Z , λέγεται **περιοχή κατάρρευσης** της διόδου. Όταν η διόδος Ge χαμηλής ισχύος βρίσκεται σε αγωγιμότητα, συνήθως θεωρούμε στους υπολογισμούς, ότι η πτώση τάσης v_0 στα άκρα της είναι $0,3 \text{ V}$ (Ge), ενώ για τη διόδο πυριτίου $v_0 = 0,7 \text{ V}$ (Si).

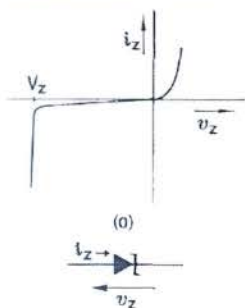
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

2.3 – ΔΙΟΔΟΣ ZENER

Σε "κάθε δίοδο υπάρχει, στην καμπύλη τάσης-ρεύματος, η περιοχή κατάρρευσης που χαρακτηρίζεται από απότομη αύξηση του ανάστροφου ρεύματος. Το σχεδόν σταθερό δυναμικό V_z της περιοχής κατάρρευσης λέγεται δυναμικό zener. Οι δίοδοι που κατασκευάζονται ειδικά για να λειτουργούν στην περιοχή κατάρρευσης λέγονται δίοδοι zener και όπως είναι φανερό, έχουν την ιδιότητα να διατηρούν την τάση στα άκρα τους σχεδόν σταθερή για μεγάλες μεταβολές ρεύματος. Υπάρχουν δυο χωριστά φαινόμενα με τα οποία μπορεί να εξηγηθεί η καμπύλη της περιοχής κατάρρευσης. Είναι το φαινόμενο zener και το φαινόμενο του καταιγισμού των φορέων.

Το φαινόμενο zener εμφανίζεται όταν υπάρχει ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή των φορτίων χώρου. Τότε, λόγω του ισχυρού πεδίου, πολλοί από τους ομοιοπολικούς δεσμούς των ατόμων του κρυστάλλου της περιοχής αυτής σπάζουν και δημιουργούνται ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές που κινούνται σε αντίθετες διευθύνσεις σχηματίζοντας ένα μεγάλο ανάστροφο ρεύμα.. Το φαινόμενο zener γίνεται σε διόδους με ισχυρή προσμίξεων, οπότε το πλάτος της περιοχής φορτίων χώρου στενεύει, με συνέπεια να αυξηθεί το ηλεκτρικό πεδίο. Με την εφαρμογή ανάστροφης τάσης στη δίοδο, το ηλεκτρικό πεδίο της επαφής αυξάνεται περισσότερο, ώσπου για κάποια τιμή της τάσης $v_z = V_z$ αρχίζει το φαινόμενο zener.

Το φαινόμενο του καταιγισμού φορέων εξάλλου, οφείλεται στη γένεση ζευγών ηλεκτρονίων-οπών που δημιουργούνται από συγκρούσεις επιταχυνόμενων φορέων με τα άτομα του κρυστάλλου. Οι φορείς που δημιουργούνται μέσα στον κρύσταλλο από τη θερμοκρασία επιταχύνονται από το ισχυρό πεδίο των φορτίων χώρου, αποκτούν ικανή ενέργεια και με τη σύγκρουση τους με τα άτομα του κρυστάλλου, σπάζουν ομοιοπολικούς δεσμούς των ατόμων του κρυστάλλου και προκαλούν έτσι τη γένεση νέων ζευγών ηλεκτρονίων-οπών που και αυτά πάλι επιταχύνονται από το πεδίο και δημιουργούν άλλους φορείς. Με αυτή τη διαδικασία, το ρεύμα εντός του κρυστάλλου αυξάνεται πολύ γρήγορα, όταν υπάρχει η απαραίτητη διαφορά δυναμικού στα άκρα της διόδου, η οποία θα δημιουργήσει το απαιτούμενο ηλεκτρικό πεδίο.



Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε την χαρακτηριστική V/I της διόδου zener αλλά και το σύμβολο της.

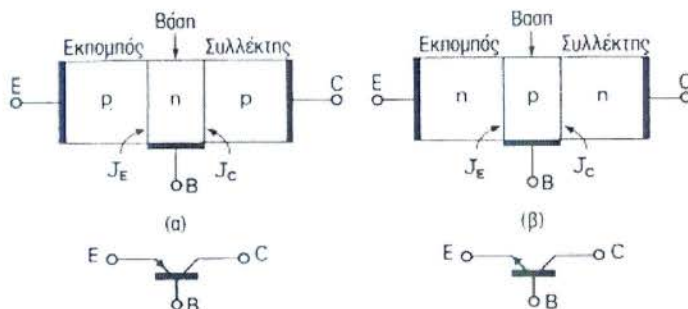
2.4 – ΔΙΟΔΟΣ ΦΩΤΟΕΚΠΟΜΠΗΣ (LED)

Κατά την επανασύνδεση ηλεκτρονίων και οπών απελευθερώνεται ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας ή θερμότητας. Στους κρυστάλλους Si και Ge ο αριθμός των ηλεκτρονίων, που από τη ζώνη αγωγιμότητας μεταπηδά κατευθείαν στη ζώνη σθένους εκπέμποντας φωτεινή ακτινοβολία, είναι πολύ μικρός. Ο μεγαλύτερος αριθμός των ηλεκτρονίων κατεβαίνει προς τη ζώνη σθένους, μέσω των λεγομένων «παγίδων», που αποτελούν ενεργειακές στάθμες μέσα στην απαγορευμένη περιοχή, λόγω ατελειών του κρυσταλλικού πλέγματος. Έτσι, η ενέργεια που αποβάλλεται είναι θερμική. Έχει όμως βρεθεί, ότι σε ορθά πολωμένη επαφή p-η(δίοδο) από ορισμένο υλικό, όπως το **GaAs**, μπορούν να γίνουν απευθείας μεταπτώσεις ηλεκτρονίων από τη ζώνη αγωγιμότητας στη ζώνη σθένους, οπότε παράγεται ορατή ακτινοβολία. Οι επανασυνδέσεις ηλεκτρονίων-οπών γίνονται κοντά στην επαφή και η ακτινοβολία που εκπέμπεται γίνεται εντονότερη με την αύξηση του ρεύματος της διόδου

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

2.5 – ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ (BJT)

Το BJT συνίσταται από κρύσταλλο κυρίως Si ή Ge που διαχωρίζεται σε τρεις διαδοχικές περιοχές p, n, p, ή η, p, η, οπότε αντίστοιχα χαρακτηρίζεται σαν τύπου pnp ή τύπου npn. Από τις τρεις περιοχές, η μία ακραία έχει μεγάλη δόση πρόσμιξης και αποτελεί τον **εκπομπό** (Emitter, E) του τρανζίστορ, η μεσαία περιοχή, που χαρακτηρίζεται σαν **βάση** (Base, B), έχει πολύ μικρή δόση πρόσμιξης σε σχέση με την πρόσμιξη του εκπομπού και έχει επίσης πολύ μικρό πλάτος, μικρότερο των 5μm. Η άλλη ακραία περιοχή αποτελεί το **συλλέκτη** (Collector, C) με μικρότερη δόση πρόσμιξης από τη βάση. Στο σχήμα φαίνονται οι δύο τύποι των τρανζίστορ και τα αντίστοιχα σύμβολα τους:

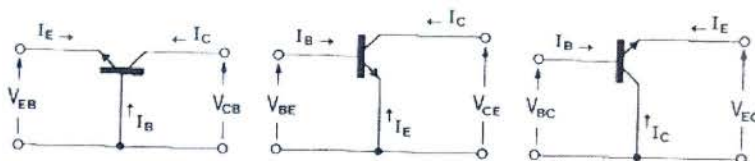


Οι τρεις διαδοχικές περιοχές του τρανζίστορ χωρίζονται μεταξύ τους από μία επαφή pη μεταξύ εκπομπού και βάσης, που χαρακτηρίζεται σαν επαφή του εκπομπού J_E , και από μία δεύτερη επαφή pη μεταξύ συλλέκτη και βάσης, που αποτελεί την επαφή του συλλέκτη J_C . Στο σύμβολο του τρανζίστορ ο εκπομπός φέρει ένα βέλος που δείχνει τη συμβατική φορά που έχει το ρεύμα του εκπομπού, όταν το τρανζίστορ βρίσκεται σε λειτουργία.

Για να διακρίνουμε πότε ένα ρεύμα του τρανζίστορ το θεωρούμε σαν θετικό ή αρνητικό ορίζουμε τις θετικές φορές των ρευμάτων. Έτσι, το ρεύμα για κάθε ένα από τους τρεις ακροδέκτες του τρανζίστορ θεωρείται θετικό όταν εισέρχεται στο τρανζίστορ και αρνητικό όταν εξέρχεται απ' αυτό. Εάν π.χ. είναι $I_C = -2mA$, αυτό σημαίνει ότι το πραγματικό ρεύμα εξέρχεται από το τρανζίστορ. Γι' αυτό, ανεξάρτητα από την πραγματική φορά των ρευμάτων στους ακροδέκτες του τρανζίστορ, σημειώνουμε με βέλη προς το τρανζίστορ τις φορές αναφοράς των ρευμάτων που θεωρούμε θετικές. Προφανώς, για τα τρία ρεύματα του τρανζίστορ, δηλαδή για το ρεύμα του εκπομπού I_E , του συλλέκτη I_C και της βάσης I_B , θα ισχύει η σχέση:

$$I_E + I_C + I_B = 0$$

Οι τάσεις μεταξύ των ακροδεκτών δηλώνονται με δύο δείκτες από τους οποίους ο δεύτερος φανερώνει τον ακροδέκτη αναφοράς του δυναμικού. Έτσι π.χ η τάση V_{CB} σημαίνει το δυναμικό του συλλέκτη C σε σχέση με το δυναμικό της βάσης B και προφανώς θα είναι $V_{CB} = -V_{BC}$. Κατά τη συνδεσμολογία του τρανζίστορ, δύο ακροδέκτες του χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή του σήματος εισόδου και δύο ακροδέκτες χρησιμοποιούνται για τη λήψη του σήματος εξόδου, ενώ κάποιος από τους τρεις ακροδέκτες είναι κοινός για τα σήματα εισόδου και εξόδου. Έτσι, ανάλογα με τον κοινό ακροδέκτη, η συνδεσμολογία χαρακτηρίζεται σαν συνδεσμολογία κοινής βάσης, κοινού εκπομπού και κοινού συλλέκτη. Στο σχήμα φαίνονται οι τρεις τρόποι συνδεσμολογίας του τρανζίστορ με τις θεωρούμενες σαν θετικές φορές των ρευμάτων και των τάσεων.



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

2.5.1 – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ (BJT)

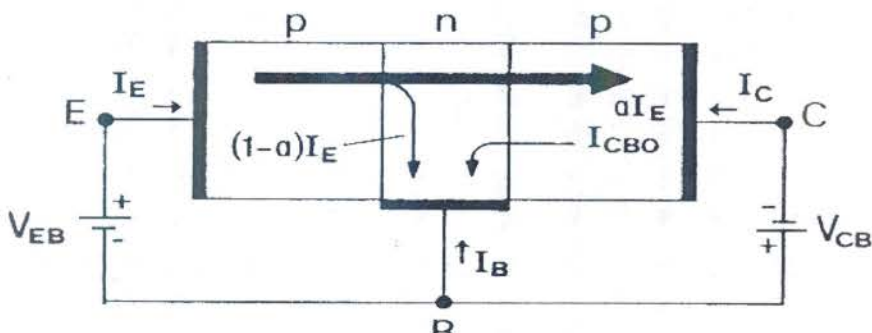
Τα δυναμικά των τριών περιοχών του τρανζίστορ ρηρ, με ανοικτούς τους ακροδέκτες, όπου το δυναμικό της βάσης παρουσιάζει ένα λόφο ύψους V_{h0} , ενώ το δυναμικό των δύο ακραίων περιοχών είναι το ίδιο για συμμετρικό τρανζίστορ, όπου η ενεργός τομή του κρυστάλλου παραμένει σταθερή. Εάν τώρα η επαφή J_E του εκπομπού πολωθεί ορθά με μια πηγή τάσης V_{EB} , όπως μας είναι γνωστό, το ύψος του λόφου δυναμικού θα ελαττωθεί για τους φορείς πλειονότητας του εκπομπού κατά και θα γίνει $V_{hE} = V_{h0} - V_{EB}$ όπου υποθέτουμε ότι $V_{EB} < V_{h0}$.

Εάν τώρα η επαφή J_C του συλλέκτη πολωθεί ανάστροφα με πηγή τάσης V_{CB} , ο λόφος δυναμικού θα αυξηθεί κατά V_{CB} για τους φορείς πλειονότητας του συλλέκτη, δηλαδή θα γίνει $V_{hC} = V_{h0} + V_{CB}$. Η ορθή πόλωση της επαφής J_E του εκπομπού, που ελαττώνει το φράγμα δυναμικού της επαφής, έχει σαν συνέπεια την αύξηση της διάχυσης φορέων από τον εκπομπό στη βάση. Οι φορείς αυτοί που αποτελούν φορείς μειονότητας μέσα στη βάση, με διάχυση μπαίνουν στην περιοχή φορτίων χώρου της επαφής του συλλέκτη, εκεί βρίσκουν ευνοϊκό ηλεκτρικό πεδίο που τους επιταχύνει προς τον ακροδέκτη του συλλέκτη.

Το ηλεκτρικό πεδίο της επαφής J_E ασκεί ανασταλτική επίδραση στην κίνηση των οπών από τον εκπομπό προς τη βάση, που όπως είδαμε αποτελεί ένα φραγμό. Αντίθετα, το πεδίο της περιοχής της επαφής του συλλέκτη ωθεί τις οπές που εισχωρούν σ' αυτό προς την περιοχή του συλλέκτη, και με διάχυση φθάνουν κατόπιν στο συλλέκτη και δημιουργούν το ρεύμα του. Ένα ποσοστό όμως των οπών που βρίσκεται στη βάση, επανασυνδέεται με τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που υπάρχουν εκεί και δεν φθάνει στην περιοχή του συλλέκτη. Τα ηλεκτρόνια που επανασυνδέονται μέσα στη βάση αναπληρώνονται από την πηγή V_{EB} και επομένως συμβάλλουν στο σχηματισμό του εξωτερικού ρεύματος της βάσης. Επειδή η βάση έχει σκόπιμα πολύ μικρό πλάτος, ένα πολύ μικρό ποσοστό των οπών επανασυνδέεται, ενώ το μεγάλο ποσοστό οδεύει προς το συλλέκτη. Παράλληλα με τη διάχυση οπών από τον εκπομπό προς τη βάση, υπάρχει και διάχυση ηλεκτρονίων από τη βάση προς τον εκπομπό, που σχηματίζει ένα ρεύμα ηλεκτρονίων σχετικά μικρό, λόγω της πολύ μικρότερης συγκέντρωσης των φορέων αυτών στην περιοχή της βάσης. Το ρεύμα αυτό είναι ομόρροπο προς το ρεύμα των οπών από τον εκπομπό στη βάση. Έτσι λοιπόν, το ρεύμα του εκπομπού I_E είναι το άθροισμα των δύο ρευμάτων που προέρχονται από διάχυση οπών και ηλεκτρονίων που περνάνε την επαφή J_E του εκπομπού. Τελικά ένα ποσοστό α του ρεύματος του εκπομπού, δηλαδή ένα ρεύμα αI_E , περνάει την επαφή J_C και ρέει προς το συλλέκτη.

Το ρεύμα του συλλέκτη τώρα, αποτελείται από το ρεύμα αI_E και από ένα άλλο πολύ μικρό ρεύμα I_{CBO} ή I_{co} που σχηματίζεται μεταξύ της βάσης και του συλλέκτη. Η θετική φορά του ρεύματος αυτού, ελήφθη αυθαίρετα να είναι από το συλλέκτη προς τη βάση. Το παραπάνω ρεύμα προέρχεται από τη θερμική γένεση ζευγών ηλεκτρονίων-οπών μέσα στις περιοχές του συλλέκτη και της βάσης, όπου τα δημιουργούμενα ηλεκτρόνια στην περιοχή του συλλέκτη, σαν φορείς μειονότητας περνάνε προς τη βάση και οι αντίστοιχες οπές της βάσης φθάνουν στο συλλέκτη. Αυτό το ρεύμα δεν εξαρτάται από την τάση V_{CB} , αντιστοιχεί δε προς το ανάστροφο ρεύμα κόρου I_s που συναντήσαμε στη δίοδο. Το ρεύμα I_{CBO} είναι προφανώς το μοναδικό ρεύμα του συλλέκτη όταν ο εκπομπός είναι ανοικτός, γι' αυτό οι δύο πρώτοι δείκτες του ρεύμα μεταξύ των ακροδεκτών C και B, ενώ ο τελευταίος δείκτης σημαίνει ότι ο τρίτος ακροδέκτης του τρανζίστορ, δηλαδή ο εκπομπός, είναι ανοικτός.

Το σχήμα δείχνει τα δύο ηλεκτρικά πεδία των επαφών J_E και J_C .



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Από τα παραπάνω καταλήγουμε στους εξής συντελεστές :

I. Συντελεστής α όπου λέγεται και συντελεστής απολαβής συνεχούς ρεύματος κοινής βάσης

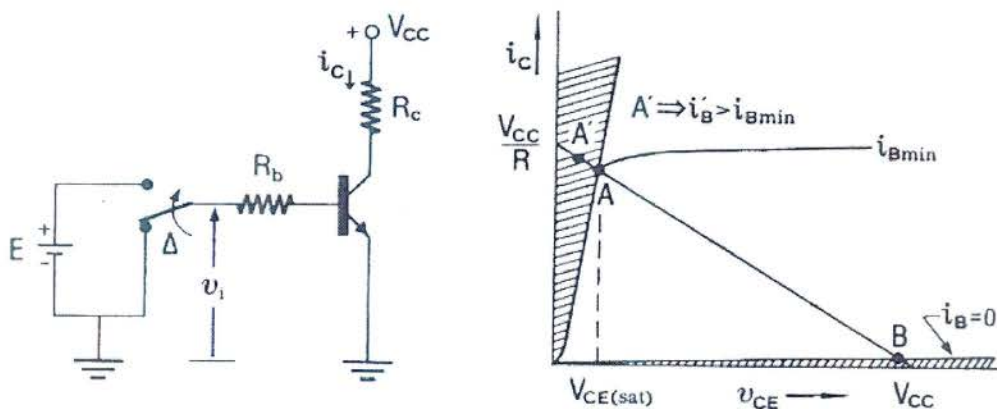
- $\alpha \approx -I_C / I_E$
- $h_{FB} = I_C / I_E$
- $h_{FB} \approx -\alpha$

II. Συντελεστής β όπου λέγεται και συντελεστής απολαβής συνεχούς ρεύματος κοινού εκπομπού

- $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$ κ' $\alpha = \beta / (\beta + 1)$
- $\beta \approx -I_C / I_B \approx -I_E / I_B$
- $h_{FE} \approx I_C / I_B \approx \beta$

2.5.2 – ΤΟ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΣΑΝ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ

Το τρανζίστορ μπορεί να οδηγηθεί σε πλήρη αγωγιμότητα με μικρό ρεύμα βάσης, ενώ με μηδενισμό του ρεύματος της βάσης να έλθει σε αποκοπή. Ο τρόπος αυτός λειτουργίας του τρανζίστορ είναι χρήσιμος σε πολλά κυκλώματα και ιδίως στα ψηφιακά, όπου εκεί χρειάζονται μόνο δύο καταστάσεις λειτουργίας.



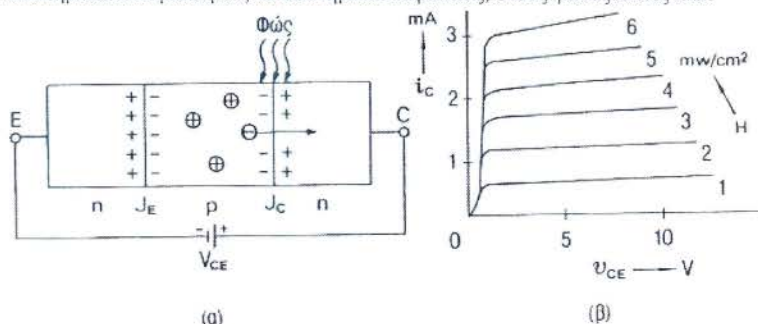
Το σχήμα δείχνει έναν απλό τρόπο με τον οποίο ένα τρανζίστορ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν διακόπτης για το ρεύμα του φορτίου R_c , ενώ η χαρακτηριστική δείχνει την ευθεία φόρτου καθώς και τις περιοχές κόρου και αποκοπής. Από το σημείο A περνάει η χαρακτηριστική που αντιστοιχεί σε ένα ρεύμα βάσης i_{Bmin} , που το θεωρούμε σαν την ελάχιστη τιμή του για να προκαλέσει κόρο. Για μεγαλύτερη τιμή i_B του ρεύματος βάσης εισερχόμαστε μέσα στην περιοχή κόρου στο σημείο A'. Η τάση v_{ce} στα άκρα του τρανζίστορ πυριτίου, όταν αυτό είναι στον κόρο, είναι περίπου $V_{CE(sat)} = 0,2V$, ενώ για ένα τρανζίστορ γερμανίου είναι περίπου $0,1V$.

2.6 –ΦΩΤΟΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

Είναι ένα φωτοστοιχείο πολύ πιο ευαίσθητο από τη φωτοδίοδο. Το φωτοτρανζίστορ κατασκευάζεται έτσι ώστε, η φωτοευαίσθητη επαφή να είναι η επαφή του συλλέκτη και συνήθως είναι τύπου npn. Η λειτουργία του φωτοτρανζίστορ είναι η ίδια με τη λειτουργία του συνηθισμένου τρανζίστορ. Με την πρόσπτωση του φωτός στην περιοχή της επαφής του συλλέκτη δημιουργούνται ζευγάρια ηλεκτρονίων-οπών μέσα στην περιοχή της βάσης. Τα ηλεκτρόνια που δημιουργούνται, σαν φορείς μειονότητας, σχηματίζουν ένα ρεύμα I_b που αντιστοιχεί σ' ένα ρεύμα βάσης I_B . Οι οπές που είναι φορείς πλειονότητας, συγκεντρώνονται μέσα στη βάση και ρίχνουν το ύψος του λόφου δυναμικού μεταξύ εκπομπού και βάσης. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη δημιουργία ενός μεγάλου ρεύματος ηλεκτρονίων από τον εκπομπού στη βάση και από εκεί προς το συλλέκτη. Το ολικό ρεύμα του συλλέκτη αποτελείται από το ρεύμα I_b που δημιουργείται από το φως μέσα στη βάση και ένα ρεύμα βI_b που έρχεται από τον εκπομπού, δηλαδή είναι:

$$I_c = (\beta + 1)I_b$$

Οι χαρακτηριστικές του τρανζίστορ είναι ανάλογες με τις ήδη γνωστές μας χαρακτηριστικές, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα, μόνο που εδώ έχουμε σαν παράμετρο το φωτισμό αντί για το ρεύμα της βάσης. Το σύμβολο του φωτοτρανζίστορ δείχνεται πιο κάτω. Η βάση του φωτοτρανζίστορ συνήθως μένει ελεύθερη. Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ή μέτρηση του φωτός σε φωτογραφικά μηχανήματα, σε συστήματα εκμετάλλευσης του ηλιακού φωτός, σε βιομηχανικά συστήματα αυτοματισμού, σε συστήματα ασφαλείας, στους φωτοζεύκτες κλπ.

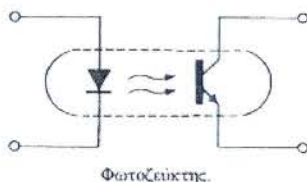


Το φωτοτρανζίστορ (α) και οι χαρακτηριστικές του (β).



2.6.1 –ΦΩΤΟΖΕΥΚΤΕΣ

Είναι στοιχεία που αποτελούν ένα συνδυασμό φωτοδίοδου εκπομπής (LED) και φωτοτρανζίστορ. Μεταξύ των δύο αυτών στοιχείων δεν υπάρχει ηλεκτρική σύνδεση παρά μόνο οπτική. Για το λόγο αυτό οι φωτοζεύκτες χρησιμοποιούνται σαν άριστα απομονωτικά μέσα για την απόρριψη του ηλεκτρονικού θορύβου μεταξύ των βαθμίδων μιας ηλεκτρονικής διάταξης.



Στο φωτοζεύκτη, το σήμα ηλεκτρικού ρεύματος που υπάρχει στη φωτοδίοδο μετατρέπεται σε οπτικό σήμα, που δια μέσου του φωτοτρανζίστορ μετατρέπεται πάλι σε σήμα ρεύματος.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

3.1 Ο ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

Ο τελεστικός ενισχυτής (TE, Operational Amplifier, Opamp) έχει συνήθως δύο εισόδους, μία είσοδο αναστροφής που συμβολίζεται με το (-), μία είσοδο μη αναστροφής που συμβολίζεται με το (+), και μία έξοδο. Για τον ιδανικό τελεστικό ενισχυτή η αντίσταση εισόδου θα είναι άπειρη ($R_i \rightarrow \infty$) η αντίσταση εξόδου μηδενική ($R_o = 0$), η απολαβή τάσης άπειρη ($A \rightarrow \infty$) και το εύρος ζώνης διέλευσης συχνοτήτων στο διάστημα $(0, \infty)$.

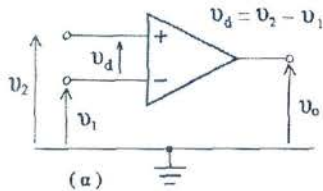
3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ

3.2.α Απολαβή Τάσης

Σαν απολαβή τάσης A ορίζουμε το λόγο :

$$A = U_o / (U_2 - U_1) = U_o / U_d$$

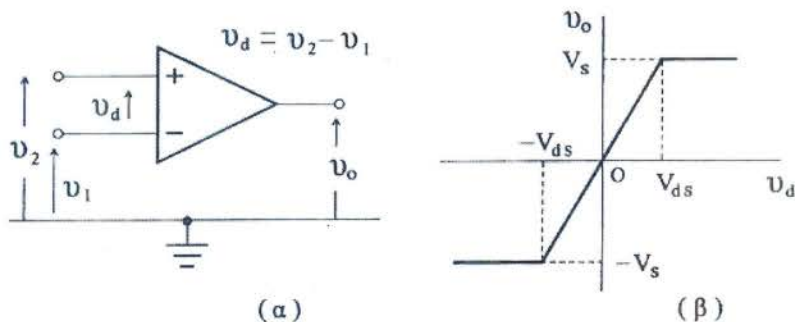
όπου $U_d = U_2 - U_1$ είναι το διαφορικό σήμα εισόδου



3.2.β Χαρακτηριστική τάσης εισόδου-εξόδου

Η χαρακτηριστική αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα και αφορά την τάση εξόδου v_o και τη διαφορική είσοδο

$U_d = U_2 - U_1$. Η χαρακτηριστική παρουσιάζει ένα θετικό (V_s) και ένα αρνητικό ($-V_s$) σημείο κόρου και δεν είναι πάντοτε συμμετρική. Το διαφορικό σήμα εισόδου v_d , για γραμμική λειτουργία του ενισχυτή, πρέπει να είναι στο διάστημα $(-V_{ds}, V_{ds})$ που είναι πολύ μικρό, επειδή η ενίσχυση A είναι πολύ μεγάλη.



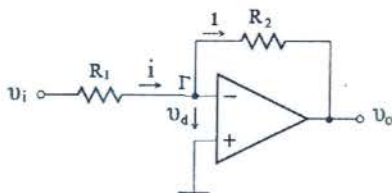
Ο τελεστικός ενισχυτής (α) και η στατική χαρακτηριστική εισόδου-εξόδου (β).

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

3.3 ΒΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ

3.3.1 ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗΣ

Το κύκλωμα του αναστροφικού ενισχυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Υπάρχει η αντίσταση R_1 που συνδέεται με το σήμα εισόδου v_i και με την είσοδο αναστροφής, καθώς και η αντίσταση ανάδρασης R_2 που συνδέεται με την έξοδο και την είσοδο. Η είσοδος μη αναστροφής είναι προσγειωμένη.



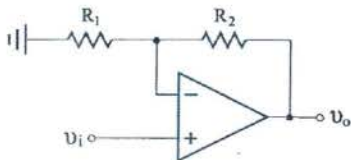
Για τη γραμμική περιοχή λειτουργίας του ενισχυτή ισχύει:

- Η διαφορική τάση U_d είναι σχεδόν μηδενική ($U_d \approx 0$)
- Το ρεύμα i που διαρρέει την αντίσταση R_1 , διαρρέει και την αντίσταση R_2 ($i_{R1} = i_{R2}$)

Με σχέση μεταφοράς: $u_2 / u_1 = -R_2 / R_1$

3.3.2 ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΗ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗΣ

Στο κύκλωμα αυτό η τάση εισόδου δρα στην είσοδο μη αναστροφής. Το δυναμικό του σημείου A θα είναι αφού ο διαιρέτης τάσης R_1/R_2 λειτουργεί στο κενό (μηδενικό ρεύμα δια του ΤΕ).



Δεδομένου όμως ότι $U_d = 0$, έπεται ότι $U_A = U_i$ έτσι:

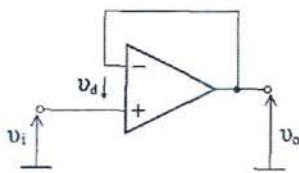
- $U_i = U_o * (R_1 / (R_1 + R_2))$
- $U_o = (1 + R_2/R_1) * U_i$

Βλέπουμε ότι η απολαβή είναι μεγαλύτερη της μονάδας ενώ δεν γίνεται αναστροφή πρόσημου.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

3.3.3 ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΚΟΛΟΥΘΗΤΗ ΤΑΣΗΣ

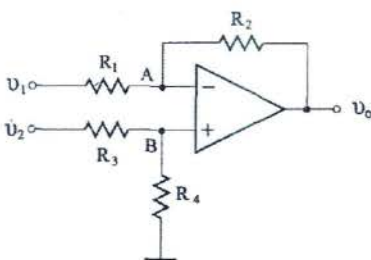
Αποτελεί μία πολύ καλή απομονωτική βαθμίδα τάσης (buffer) με πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου και πολύ μικρή αντίσταση εξόδου. Η συνδεσμολογία είναι απλή και ανταποκρίνεται στο σχήμα.



Η έξοδος του κυκλώματος θα είναι : $U_o = U_i$

3.3.4 ΚΥΚΛΩΜΑ ΔΙΑΦΟΡΑΣ

Λέγεται και διαφορικός ενισχυτής. Χρησιμοποιείται για την ενίσχυση δύο σημάτων που τοποθετούνται στις δύο εισόδους του όπως δείχνει και το σχήμα.



Εάν $R_1 = R_3$ και $R_2 = R_4$ τότε έχουμε την σχέση:

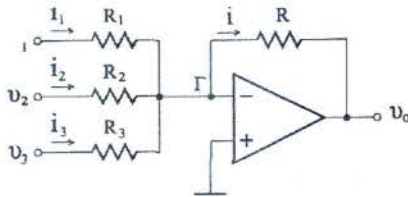
- $U_o = - (R_2/R_1) * (U_1 - U_2)$

Εάν $R_1 = R_2$ και $R_3 = R_4$ τότε έχουμε την σχέση:

- $U_o = -(U_1 - U_2)$

3.3.5 ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΘΡΟΙΣΗΣ

Το κύκλωμα ανταποκρίνεται στο πιο κάτω σχήμα. Ο αριθμός των εισόδων, θεωρητικά, είναι απεριόριστος. Τα ρεύματα που διέρχονται από τις αντιστάσεις εισόδου οδηγούνται όλα προς τον κλάδο της ανάδρασης, αφού το ρεύμα στην είσοδο του τελεστικού είναι μηδενικό.



Από το παραπάνω σχήμα έχουμε:

- $i_1 + i_2 + i_3 = i$
- $U_F = 0$

Έτσι καταλήγουμε στον εξής τύπο:

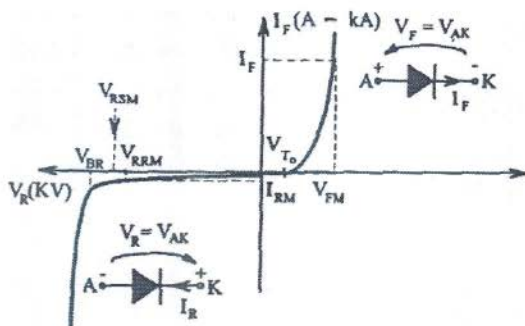
- $U_o = - (R/R_1) * U_1 - (R/R_2) * U_2 - (R/R_3) * U_3$

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ

4.1 ΔΙΟΔΟΣ ΙΣΧΥΟΣ

Η διόδος ισχύος είναι ένας ημιαγωγός μιας επαφής ο οποίος χρησιμοποιείται για την κατασκευή μη ελεγχόμενων ανορθωτικών διατάξεων. Επίσης, χρησιμοποιείται στους αντιστροφείς ισχύος (DC-AC) σαν διόδος ελεύθερης διέλευσης και σε πολλούς άλλους μετατροπείς για διάφορους άλλους λόγους. Υπάρχουν διόδοι ισχύος που έχουν ονομαστική τιμή ρεύματος που φθάνει έως και 5,000 Ampere και ονομαστική τιμή τάσης αποκοπής που φθάνει έως και 5,000 Volt. Όσον αφορά την διακοπτική τους ταχύτητα αυτή κυμαίνεται από 1msec για εφαρμογές πολύ μεγάλης ισχύος (MW), έως μερικών δεκάδων nsec για εφαρμογές πολύ μικρής ισχύος (mW). Στο τμήμα αυτό θα ασχοληθούμε με την V-I χαρακτηριστική της διόδου καθώς και τη διακοπτική χαρακτηριστική της. Θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι η διακοπτική χαρακτηριστική ενός ημιαγωγού έχει να κάνει με την δυναμική συμπεριφορά λειτουργίας του όταν αυτό μεταβαίνει από την κατάσταση αποκοπής στην κατάσταση αγωγής και το αντίθετο. Η δυναμική συμπεριφορά των ημιαγωγών χρειάζεται για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι για να πετύχουμε με εξωτερικά κυκλώματα καλύτερους χρόνους έναυσης και σβέσης (t_{on} και t_{off}) και ο δεύτερος λόγος είναι για να γνωρίζουμε τις απώλειες ισχύος κατά την έναυση και κατά την σβέση τους. Γνωρίζοντας τις απώλειες των ημιαγωγών μπορούμε να υπολογίσουμε την απόδοση ισχύος της ηλεκτρικής συσκευής μέσα στην οποία βρίσκονται. Όπως βλέπουμε και από το σχήμα αυτό, η διόδος λειτουργεί στο πρώτο και στο τρίτο τεταρτημόριο. Όταν η διόδος είναι θετικά πολωμένη (δηλαδή η άνοδος να έχει μεγαλύτερη τάση από την κάθοδο με αναφορά κάποιο σημείο) τότε η διόδος μεταβαίνει στην κατάσταση αγωγής και το ρεύμα της ανόδου αρχίζει να αυξάνεται, όπως παρουσιάζεται στο πρώτο τεταρτημόριο της V-I χαρακτηριστικής του σχήματος. Όταν η διόδος άγει και κάποια στιγμή πολωθεί αρνητικά (δηλαδή η τάση καθόδου να γίνει μεγαλύτερη από την τάση ανόδου) τότε η διόδος μεταβαίνει στην κατάσταση ανάστροφης αποκοπής. Το τρίτο τεταρτημόριο της V-I χαρακτηριστικής προσδιορίζει την φάση της αρνητικής αποκοπής της διόδου. Η διόδος μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μη ελεγχόμενος διακόπτης ημιαγωγός που όταν πολώνεται θετικά κλείνει (ON) και όταν πολώνεται αρνητικά ανοίγει (OFF).

Στο σχήμα παρουσιάζεται η V-I χαρακτηριστική μιας διόδου.



I_F = Ρεύμα αγωγής ή ρεύμα ορθής πόλωσης

I_R = Ανάστροφο ρεύμα

I_{RM} = Μέγιστο ρεύμα ανάκτησης

V_R = Ανάστροφη ή αρνητική τάση

V_F = Τάση αγωγής

V_{FM} = Μέγιστη τάση αγωγής

V_{T0} = Τάση κατωφλίου κατά την αγωγή

V_{RRM} = Μέγιστη επαναλαμβανόμενη ανάστροφη τάση. Μέγιστη ανάστροφη ή αρνητική τάση που μπορεί να δεχθεί συνέχεια η διόδος

V_{RSM} = Μέγιστη μη επαναλαμβανόμενη ανάστροφη τάση V_{BR} = Ανάστροφη τάση κατάρρευσης

Προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

i) Εάν η ανάστροφη τάση της διόδου υπερβεί την τάση κατάρρευσης (V_{BR}) τότε η διόδος καταστρέφεται. ii) Στην αρχή αγωγής της διόδου στα άκρα της έχουμε μια πολύ μικρή τάση, V_F (0.3-1 Volt) και στη συνέχεια, αυξανόμενου του ρεύματος αγωγής, η τάση αυτή γίνεται η τάση ορθής πόλωσης ή τάση αγωγής, V_F (1-3 Volts).

iii) Η διόδος μπορεί να δεχθεί συνεχόμενα μια ανάστροφη τάση της τάξης V_{RRM} σύμφωνα με τις προδιαγραφές της. Επίσης, μπορεί να δεχθεί μία ανάστροφη μη επαναλαμβανόμενη τάση της τάξης, V_{RSM} , σύμφωνα με τις προδιαγραφές της.

Διακοπτική συμπεριφορά διόδου ισχύος

Κατά την έναυσή της η διόδος ισχύος δεν παρουσιάζει κανένα στοιχείο το οποίο να είναι άξιο να μελετηθεί. Από την στιγμή που η διόδος είναι θετικά πολωμένη, μεταβαίνει στην κατάσταση αγωγής χωρίς κανένα πρόβλημα υπέρτασης ή υπερρεύματος. Παρά ταύτα κατά την σβέση της παρουσιάζει μια δυναμική συμπεριφορά η οποία είναι άξια να μελετηθεί γιατί θα μπορούσαμε να εξάγουμε κάποια χρήσιμα συμπεράσματα όσον αφορά την διακοπτική ταχύτητα και τις απώλειες σβέσης της διόδου. Στο σχήμα παρουσιάζεται η διακοπτική χαρακτηριστική μιας τυπικής διόδου ισχύος κατά την σβέση της.

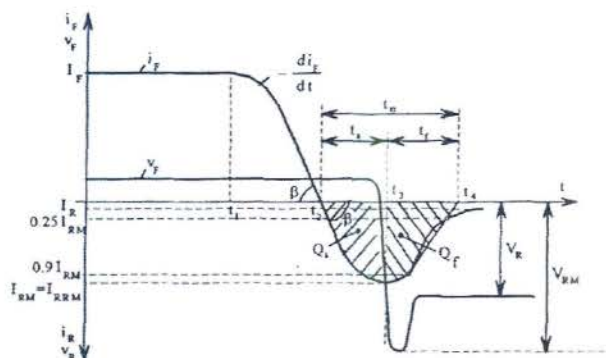
Αρχικά υποθέτουμε ότι η διόδος βρίσκεται στην κατάσταση αγωγής έως την χρονική στιγμή t_1 μέσω της οποίας ρέει ένα ρεύμα I_F και στα άκρα της υπάρχει μια τάση ορθής πόλωσης V_F . Την χρονική στιγμή t_1 στα άκρα της διόδου εφαρμόζεται μια αρνητική τάση με αποτέλεσμα να αρχίζει η διαδικασία μετάβασης της διόδου από την κατάσταση αγωγής (ON) στην κατάσταση αποκοπής (OFF). Όπως βλέπουμε και από το σχήμα 9.4, την χρονική t_1 , το ρεύμα της διόδου αρχίζει να μειώνεται με μια κλίση V_R/L όπου V_R είναι η τιμή της αρνητικής τάσης που έχει

εφαρμοστεί στην διόδο και L είναι η αυτεπαγωγή που τυχόν είναι συνδεδεμένη σε σειρά με την διόδο. Την χρονική στιγμή t_2 το ρεύμα της διόδου γίνεται αρνητικό και η διόδος αρχίζει να αποκτά την δυνατότητα ανάστροφης αποκοπής διότι το αρνητικό ρεύμα αρχίζει να μειώνει τα ελεύθερα φορτία που βρίσκονται και στις δύο πλευρές γύρω από την επαφή. Το φαινόμενο της μείωσης των ελεύθερων φορτίων διαρκεί έως την χρονική στιγμή t_3 οπότε και η διόδος αποκτά πλέον την δυνατότητα αποκοπής. Το αρνητικό ρεύμα της διόδου αρχίζει να μειώνεται ραγδαία και την χρονική στιγμή t_4 πάει στο μηδέν. Το αρνητικό ρεύμα έχει μέγιστη τιμή την χρονική στιγμή t_3 .

Προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

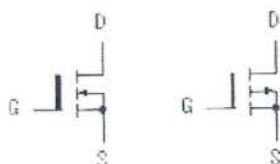
- $t_s = t_3 - t_2 =$ χρόνος αποθήκευσης = Χρονική διάρκεια μεταξύ μηδενισμού του ρεύματος και της στιγμής που φθάνει στην μέγιστη αρνητική τιμή του.
- $t_f = t_4 - t_3 =$ χρόνος πτώσης = Χρονική διάρκεια που χρειάζεται το αρνητικό ρεύμα της διόδου να πέσει από την μέγιστη τιμή του στο μηδέν.
- $t_{rr} = t_4 - t_2 = t_s + t_f =$ χρόνος αρνητικής ανάκτησης (Reverse Recovery Time) = Η χρονική διάρκεια μεταξύ της χρονικής στιγμής που το ρεύμα της διόδου αρχίζει να παίρνει αρνητική τιμή και της χρονικής στιγμής που αυτό γίνεται μηδέν.

Σχήμα 9.4 Διακοπτική χαρακτηριστική διόδου ισχύος κατά την σβέση



4.2 MOSFETS ΙΣΧΥΟΣ

Το MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) όπως και το BJT τρανζίστορ είναι ημιαγωγός τριών ακροδεκτών, στο οποίο η πύλη (Gate) ελέγχει τη ροή του ρεύματος μεταξύ των ακροδεκτών εξόδου που είναι η πηγή (Source) και η υποδοχή (Drain). Στο σχήμα παρουσιάζεται το σύμβολο ενός MOSFET με διάυλο τύπου η.



N channel FET P channel FET

Σύμβολο του MOSFET

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Στο σχήμα παρουσιάζονται οι V-I χαρακτηριστικές ενός MOSFET με διαύλου τύπου n όπου

- I_D = ρεύμα υποδοχής (Drain current)
- V_{DS} = τάση μεταξύ υποδοχής και πηγής (Drain-source voltage).
- V_{GS} = τάση μεταξύ πύλης και πηγής (Gate-source voltage). Πολλές φορές θα ονομάζεται τάση πύλης.

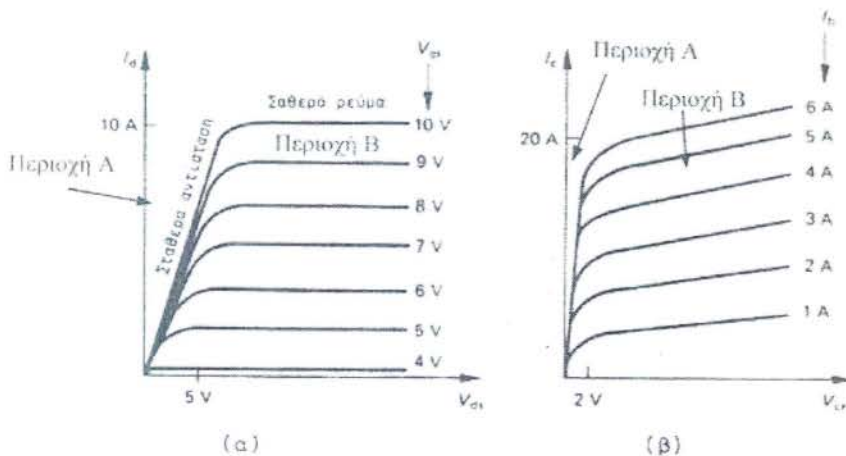
Οι χαρακτηριστικές V-I ενός MOSFET διαύλου τύπου p είναι οι ίδιες με εκείνες του MOSFET με δίαυλο τύπου n με τη διαφορά ότι οι πολικότητες του ρεύματος και της τάσης είναι ανεστραμμένες έτσι ώστε οι χαρακτηριστικές του MOSFET διαύλου τύπου p να εμφανίζονται στο τρίτο τεταρτημόριο του πεδίου I_D - V_{DS} . Επίσης, στο σχήμα παρουσιάζονται οι V-I χαρακτηριστικές ενός τρανζίστορ ισχύος. Εάν συγκρίνουμε τις χαρακτηριστικές των δύο αυτών διακοπών ημιαγωγών εξάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα.:

i) Η ομάδα των καμπυλών του MOSFET ισχύος παράγεται από τις αλλαγές της τάσης της πύλης και όχι από τις αλλαγές του ρεύματος βάσης όπως συμβαίνει με το τρανζίστορ ισχύος. Για το λόγο αυτό το MOSFET λέγεται ότι είναι ημιαγωγός τάσης ενώ το τρανζίστορ ημιαγωγός ρεύματος.

ii) Η κλίση της καμπύλης στην περιοχή κορεσμού του τρανζίστορ είναι μεγαλύτερη από αυτή της ωμικής περιοχής του MOSFET. Αυτό δείχνει ότι η αντίσταση αγωγής, $R_{DS(ON)}$ του MOSFET είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αντίσταση αγωγής του τρανζίστορ.

iii) Η κλίση της καμπύλης του τρανζίστορ στην ενεργό περιοχή είναι μεγαλύτερη από αυτή της αντίστοιχης ενεργούς περιοχής του MOSFET. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να καθιστά το MOSFET σαν καλύτερη πηγή σταθερού ρεύματος.

Στις διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος που χρησιμοποιούνται MOSFET, τα MOSFET λειτουργούν σαν διακόπτες για τον έλεγχο της ισχύος φορτίου όπως γίνεται και με τα τρανζίστορ ισχύος. Επομένως, στις διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος (δηλ. αντιστροφείς, μετατροπείς συνεχούς ρεύματος κ.τ.λ.) το MOSFET λειτουργεί είτε στην περιοχή αποκοπής (cut-off region), όταν δεν άγει, είτε στην ωμική περιοχή, όταν άγει.



α) Χαρακτηριστική V-I του MOSFET.

Περιοχή A= ωμική περιοχή ή περιοχή αγωγής

Περιοχή B= ενεργός περιοχή ή περιοχή σταθερού ρεύματος ή περιοχή κορεσμού

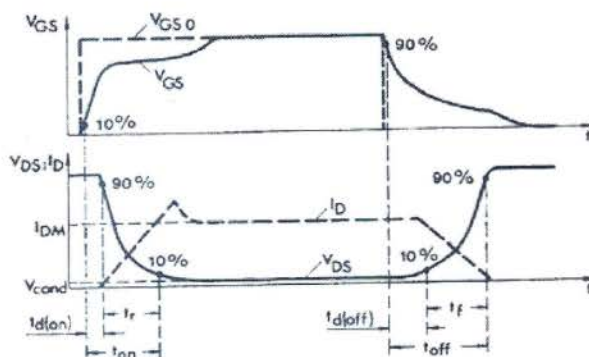
β) Χαρακτηριστική V-I του BJT

Περιοχή A= περιοχή κορεσμού

Περιοχή B= γραμμική ενεργός περιοχή

Διακοπτικές χαρακτηριστικές του MOSFET

Στο σχήμα παρουσιάζονται οι διακοπτικές χαρακτηριστικές του MOSFET ισχύος. Στο σχήμα παρουσιάζεται η κυματομορφή του παλμού έναυσης που εφαρμόζεται στην πύλη του MOSFET και στο σχήμα παρουσιάζονται οι κυματομορφές του ρεύματος υποδοχής I_D και της τάσης υποδοχής-πηγής V_{DS} κατά την έναυση του και κατά την σβέση του MOSFET. Πρέπει να σημειώσουμε ότι πρέπει να γνωρίζουμε την δυναμική συμπεριφορά του MOSFET μέσω διακοπτικών του χαρακτηριστικών έτσι ώστε να μπορούμε να υπολογίσουμε τις απώλειες του κατά τη σβέση του, κατά την έναυση του και κατά την αγωγή του. Οι διακοπτικοί χρόνοι ενός MOSFET εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις εσωτερικές του παρασιτικές χωρητικότητες. Οι χωρητικότητες αυτές μπορούν να δημιουργήσουν χρόνους καθυστέρησης κατά τις μεταβατικές καταστάσεις του ημιαγωγού και κατά συνέπεια να μειώνονται οι διακοπτικές τους δυνατότητες. Για να έχει το MOSFET την δυνατότητα γρήγορης φόρτισης και εκφόρτισης αυτών των παρασιτικών χωρητικοτήτων κατά την έναυση και κατά την σβέση του έτσι ώστε να μην παρουσιάζονται φαινόμενα μεταβατικών σφαλμάτων και καθυστέρηση έναυσης και σβέσης του ημιαγωγού. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει το κύκλωμα οδήγησης (Driving circuit) του MOSFET να συμπεριφέρεται στο MOSFET σαν μία πηγή παλμών με χαμηλή εσωτερική σύνθετη αντίσταση. Η τάση V_{GS} του MOSFET δεν πρέπει να υπερβαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις τα $\pm 20\text{Volts}$ διότι αυτό θα είναι καταστροφικό για το MOSFET.



Διακοπτικές χαρακτηριστικές του MOSFET.

- Κυματομορφή τάσης πύλης V_{GS} .
- Κυματομορφές ρεύματος υποδοχής I_D και τάσης υποδοχής - πηγής V_{DS} .

Κατασταση Αγωγής

Για να μεταβεί ένα MOSFET ισχύος στη κατάσταση αγωγής πρέπει να εφαρμόσουμε έναν παλμό τάσης στην πύλη του με μεγάλη κλίση. Όμως λόγω της εσωτερικής αντίστασης του κυκλώματος οδήγησης και της εσωτερικής παρασιτικής χωρητικότητας, C_{GS} . Απ' ότι βλέπουμε η πραγματική κυματομορφή της V_{GS} έχει μικρότερη κλίση απ' αυτή της ιδανικής V_{GS} . Όταν η τάση v_{GS} φθάσει την οριακή τιμή $V_{GS(th)}$ τότε η τάση V_{DS} αρχίζει να μειώνεται ενώ το ρεύμα υποδοχής αρχίζει να αυξάνεται. Η χρονική διάρκεια μεταξύ της χρονικής στιγμής που η τάση v_{GS} έχει αυξηθεί στο 10% της τελικής τιμής της και της χρονικής στιγμής που η τάση v_{DS} έχει μειωθεί στο 90% της αρχικής της τιμής ονομάζεται χρόνος καθυστέρησης αγωγής, $t_{d(on)}$. Επίσης, η χρονική διάρκεια μεταξύ της χρονικής στιγμής που η τάση V_{DS} μειώνεται από 90% στα 10% της τιμής της ονομάζεται χρόνος ανύψωσης, t_r . Επομένως, ο χρόνος που χρειάζεται ένα MOSFET να μεταβεί στην κατάσταση αγωγής δίνεται από την σχέση:

- $t_{on} = t_{d(on)} + t_r$
όπου $t_r \approx 2.2R_G * C_{iss}$
 R_G = εσωτερική αντίσταση κυκλώματος οδήγησης

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Κατάσταση Αποκοπής

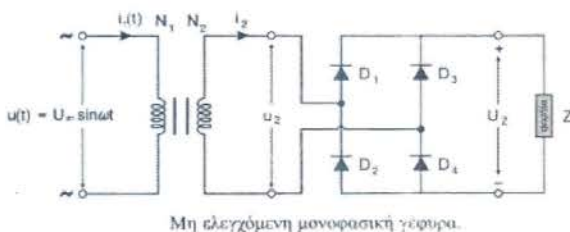
Για να μεταβεί ένα MOSFET ισχύος στην κατάσταση αποκοπής εφαρμόζουμε στη πύλη του μηδενική ή στιγμιαία αρνητική τάση. Η αρνητική τάση χρειάζεται για την γρήγορη εκφόρτιση των παρασιτικών χωρητικότητων του έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη διακοπτική συχνότητα. Ο ιδανικός παλμός τάσης πύλης V_{gs0} (παλμός πριν συνδεθεί στην πύλη του MOSFET) έχει μεγάλη κλίση, ο πραγματικός παλμός v_{GS} (παλμός αφού συνδεθεί το MOSFET με το κύκλωμα οδήγησης) παρουσιάζει μικρότερη κλίση πάλι λόγω των εσωτερικών παρασιτικών χωρητικότητων του MOSFET. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία κάποιων διακοπτικών καθυστερήσεων κατά την μετάβαση στη κατάσταση αποκοπής (δηλ. κατά την σβέση του). Πρώτα απ'όλα υπάρχει ο χρόνος καθυστέρησης $t_{d(off)}$ που είναι ο χρόνος μεταξύ της χρονικής στιγμής που η τάση v_{GS} έχει μειωθεί στο 90% της αρχικής της τιμής και της χρονικής στιγμής που η τάση v_{DS} είναι στο 10% της τελικής της τιμής. Μετά την χρονική στιγμή $t_{d(off)}$ το ρεύμα υποδοχής I_d αρχίζει να μειώνεται και μετά από ένα χρόνο t_r , ο οποίος ονομάζεται χρόνος πτώσης, πηγαίνει στο μηδέν. Ο χρόνος του MOSFET δίνεται από την ακόλουθη σχέση

- $t_{off} = t_{d(off)} + t_r$

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

5.1 ΜΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΑΝΟΡΘΩΣΗ ΤΥΠΟΥ ΓΕΦΥΡΑΣ

Κατά τη θετική ημιπερίοδο, οι δίοδοι D_1 και D_4 είναι ορθά πολωμένες και κλείνουν κύκλωμα μέσω του φορτίου. Ενώ κατά την αρνητική ημιπερίοδο, είναι ορθά πολωμένες οι δίοδοι D_2 και D_3 , παρατηρούμε ότι για κάθε ημιπερίοδο άγουν δύο δίοδοι χιαστί. Το φορτίο το διαρρέει ρεύμα της ίδιας φοράς κατά την θετική ή αρνητική ημιπερίοδο της τάσης. Η κάθε δίοδος όταν δεν άγει βρίσκεται υπό ανάστροφη τάση. Παρακάτω βλέπουμε την μη ελεγχόμενη γέφυρα:



Μη ελεγχόμενη μονοφασική γέφυρα.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι σε σχέση με την απλή ανόρθωση παρουσιάζει να εξής πλεονεκτήματα:

- Παρέχει διπλάσια DC τάση.
- Έχει χαμηλότερο συντελεστή κυμάτωσης.
- Δίνει διπλάσιο συντελεστή απόδοσης ισχύος.
- Έχει διπλάσια συχνότητα κυμάτωσης.

Σαν μειονέκτημα μπορούμε να αναφέρουμε ότι:

- Την χρήση περισσότερων διόδων.
- Την διπλάσια μέγιστη αναστροφη τάση που δέχονται οι δίοδοι.

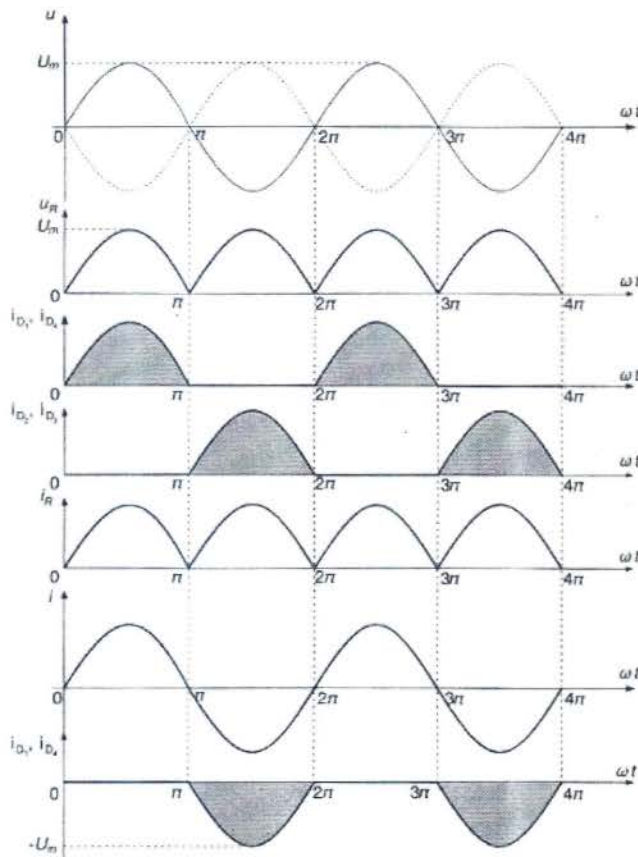
Λειτουργία με Ωμικό φορτίο.

Έστω : $u(t) = U_m \sin \omega t$

Ισχύει ότι:

- Η μέση τιμή της τάσης στο φορτίο, είναι: $U_{R,av} = 2\sqrt{2}U_{rms}/\pi$
- Η ενεργός τιμή της τάση στο φορτίο, είναι: $U_{R,rms} = U_m/\sqrt{2}$
- Η μέση τιμή του ρεύματος στο φορτίο, είναι: $I_{R,av} = 2I_m/\pi$
- Η ενεργός τιμή του ρεύματος στο φορτίο, είναι: $I_{R,rms} = I_m/\sqrt{2}$
- Η παρεχόμενη ισχύς στο φορτίο, είναι: $P_R = U_m^2/2R$
- Η ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης συνιστώσας της τάσης στο φορτίο, είναι: $U_{ac,rms} = 0.433 U_{rms}$

Παρατηρούμε της κυματομορφές τάσεων και ρευμάτων μη ελεγχόμενης γέφυρας με ωμικό φορτίο.



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Λειτουργία με Ωμικό-Επαγωγικό φορτίο.

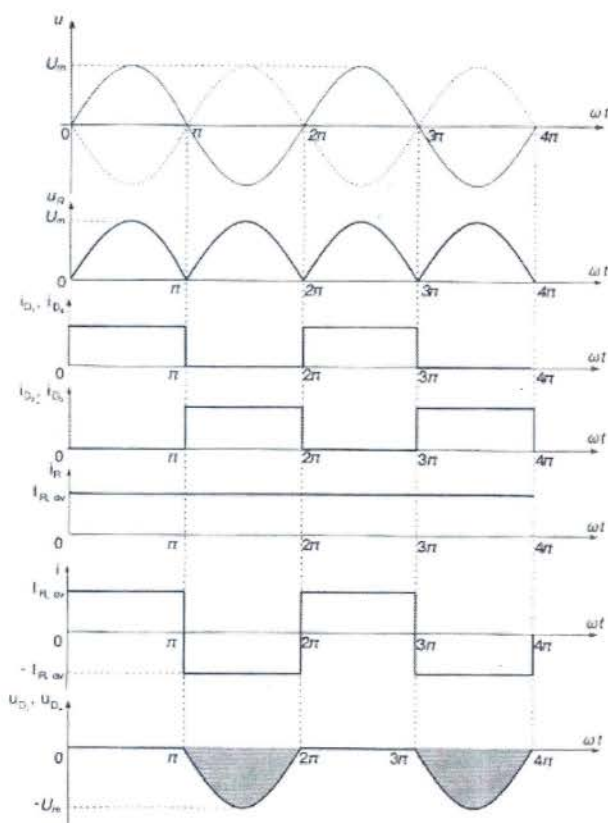
Το ηλεκτρικό κύκλωμα του μετατροπέα, με ωμικό - επαγωγικό φορτίο παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα, όπου στη θέση του φορτίου είναι μια ωμική αντίσταση σε σειρά με μια καθαρή αυτεπαγωγή.

Όπως και στην περίπτωση της λειτουργίας με ωμικό φορτίο, για τα διαστήματα:

- $0 < \omega t < \pi$, μεταξύ των διόδων με κοινή κάθοδο (D_1, D_3), θα άγει αυτή που έχει άνοδο με θετικότερο δυναμικό, δηλαδή η D_1 , και μεταξύ των διόδων με κοινή άνοδο (D_2, D_4) θα άγει αυτή που έχει κάθοδο με αρνητικότερο δυναμικό, δηλαδή η D_4 .
- $\pi < \omega t < 2\pi$, μεταξύ των διόδων με κοινή κάθοδο (D_1, D_3) θα άγει αυτή που έχει άνοδο με θετικότερο δυναμικό, δηλαδή η D_3 , και μεταξύ των διόδων με κοινή άνοδο (D_2, D_4), θα άγει αυτή που έχει κάθοδο με αρνητικότερο δυναμικό, δηλαδή η D_2 .

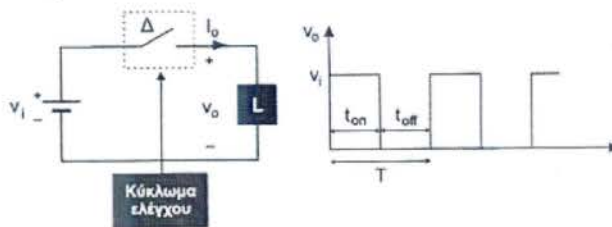
Το ρεύμα στα τυλίγματα του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή, αλλάζει φορά σε κάθε ημιπερίοδο, δηλαδή είναι ένα εναλλασσόμενο αλλά όχι ημιτονοειδές ρεύμα. Η τάση στο φορτίο u_z , έχει την ίδια μορφή όπως και στην περίπτωση της λειτουργίας με ωμικό φορτίο και επομένως ισχύουν οι αντίστοιχες σχέσεις υπολογισμού.

Παρατηρούμε της κυματομορφές τάσεων και ρευμάτων μη ελεγχόμενης γέφυρας με ωμικό-επαγωγικό φορτίο.



5.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ Σ.Ρ./Σ.Ρ

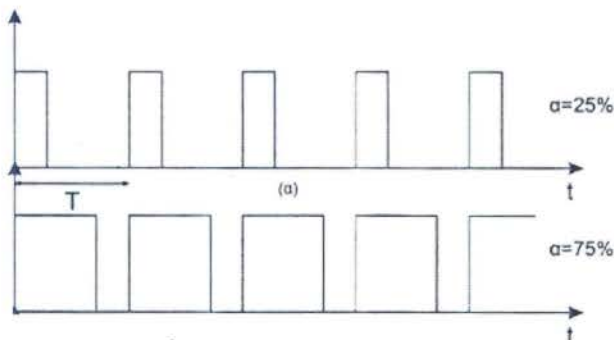
Ο μετατροπέας Σ.Ρ./Σ.Ρ., μετατρέπει μια συνεχή τάση σε μια ακολουθία (τραίνο) θετικών παλμών. Μεταβάλλοντας το βαθμό χρησιμοποίησης (*duty-cycle*) των παλμών αυτών, δηλαδή το χρόνο αγωγής (χρονική διάρκεια παλμού) σε σχέση με την περίοδο λειτουργίας, ελέγχουμε τη μέση τιμή της τάσης εξόδου. Ο ψαλιδιστής λοιπόν, είναι το ισοδύναμο του μετασχηματιστή στο Σ.Ρ, καθόσον μια σταθερή τάση στην είσοδο του, μετατρέπεται στην έξοδο σε μια συνεχή τάση διαφορετικής τιμής, παρέχοντας επιπλέον τη δυνατότητα της αναλογικής μεταβολής του "λόγου μετασχηματισμού" σε ευρέα όρια. Οι μετατροπείς Σ.Ρ./Σ.Ρ., ανάλογα με τα τεταρτημόρια λειτουργίας (σε άξονες V-I), στα οποία μπορούν να λειτουργήσουν, διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες. Σε πιο κάτω παράγραφο θα αναφερθούμε για τον μετατροπέα κλάσης Α. Παρακάτω βλέπουμε έναν μετατροπέα Σ.Ρ/Σ.Ρ και την χαρακτηριστική τάσης εξόδου.



Οι ελεγχόμενοι ηλεκτρονικοί διακόπτες που παρεμβάλλονται μεταξύ πηγής και φορτίου, μπορεί να είναι τρανζίστορ ισχύος, θυρίστορ ή GTO. Η χρήση των τρανζίστορ (MOSFET ισχύος, IGBT) και των GTO προσφέρεται περισσότερο, διότι αποφεύγονται τα κυκλώματα εξαναγκασμένης μεταγωγής που απαιτεί η χρήση των θυρίστορ.

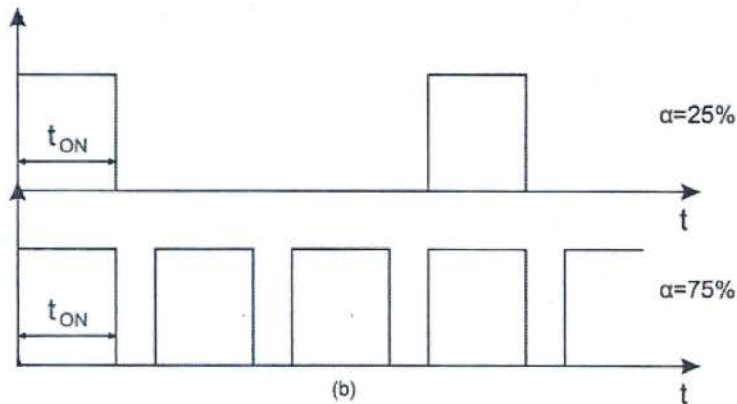
Η μεταβολή του βαθμού χρησιμοποίησης επιτυγχάνεται με δύο τρόπους.

- Με σταθερή συχνότητα (δηλαδή $f = 1/T = \text{σταθ.}$) και μεταβάλλοντας το χρόνο αγωγής t_{on} (*pulse-width modulation*)(σχήμα α).



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

- Έχοντας το t_{on} ή το t_{off} σταθερό και μεταβάλλοντας την περίοδο T του παλμού (frequency modulation) (σχήμα β)



Η δεύτερη μέθοδος παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα

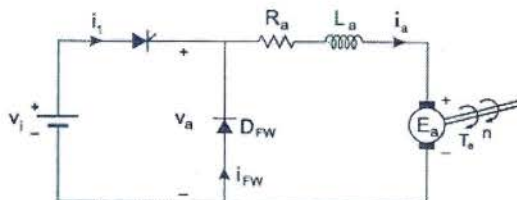
- Για τη μεταβολή της τάσης, η συχνότητα πρέπει να μεταβάλλεται σε αρκετά μεγάλη κλίμακα, γεγονός που δυσκολεύει τη σχεδίαση των απαιτούμενων φίλτρων. Επίσης στις υψηλές συχνότητες, έχουμε έντονη ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση.
- Τα μεγάλα διαστήματα μη αγωγής (t_{off}) σε χαμηλές τάσεις, δημιουργούν στις περιπτώσεις τροφοδοσίας κινητήρων την ασυνέχεια του ρεύματος τύμπανου, πράγμα το οποίο είναι ανεπιθύμητο.

Παρατηρήσεις :

Λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους, της υψηλής απόδοσης και της ταχείας δυναμικής απόκρισης, οι μετατροπείς Σ.Ρ./Σ.Ρ. χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές ηλεκτρικής έλξης και κίνησης.

5.2.1 Μετατροπέας κλάσης A

Όπως προαναφέραμε, ο μετατροπέας κλάσης "A", είναι μετατροπέας ενός τεταρτημορίου και συγκεκριμένα του πρώτου. Ένα βασικό χαρακτηριστικό του, είναι ότι η μέση τιμή της τάσης εξόδου δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την τάση εισόδου (step-down converter). Στο σχήμα, παρουσιάζεται το κύκλωμα ισχύος του μετατροπέα, με φορτίο το τύλιγμα τύμπανου ενός κινητήρα Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.

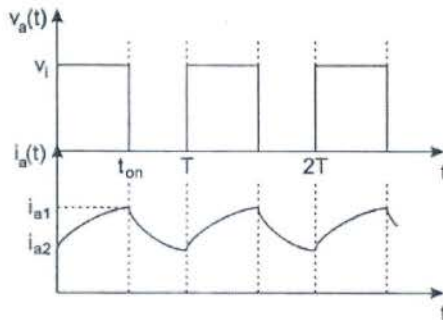


Στα διαστήματα παλμοδότησης του θυρίστορ, η τάση εισόδου του μετατροπέα εφαρμόζεται στα άκρα του τυλίγματος τύμπανου. Στα διαστήματα μη αγωγής του θυρίστορ, λόγω της συσσωρευμένης ενέργειας στην αυτεπαγωγή, το τύλιγμα τύμπανου βραχυκυκλώνεται μέσω της διόδου ελεύθερης ροής. Ανάλογα δε με τις συνθήκες φόρτισης του κινητήρα και την τιμή του βαθμού χρησιμοποίησης, η αγωγή του ρεύματος τύμπανου μπορεί να είναι συνεχής ή ασυνεχής. Η συνεχής αγωγή είναι γενικά επιδιωκόμενη, διότι βελτιώνει τη δυναμική απόκριση του συστήματος.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

5.2.1.α Συνεχης αγωγή

Στο σχήμα, παρουσιάζονται οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος τύμπανου καθώς επίσης και του ρεύματος του μετατροπέα, στην περίπτωση της συνεχούς αγωγής.

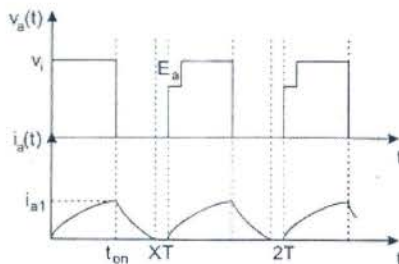


- Η μέση τιμή της τάσης εξόδου, είναι: $V_a = V_i (t_{on}/T) = V_i \cdot \alpha$
- Η ενεργός τιμή της τάσης εξόδου, είναι: $V_{a,rms} = \sqrt{(t_{on}/T)} V_i$

Όπου $\alpha = t_{on}/T$

5.2.1.β Ασυνεχης αγωγή

Στο σχήμα, παρουσιάζονται οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος τύμπανου καθώς επίσης και του ρεύματος του μετατροπέα, στην περίπτωση της ασυνεχούς αγωγής.



- Η μέση τιμή της τάσης εξόδου, είναι: $V_a = \alpha V_i + (1-X/T)E_a$
- Η ενεργός τιμή της τάσης εξόδου, είναι: $V_{a,rms} = \sqrt{[\alpha V_i^2 + (1-X/T) E_a^2]}$

Για $0 < t < t_{on}$ ισχύει:

- $i_a(t) = [(V_i - E_a)/R_a][1 - e^{-t/\tau}]$

Για $t_{on} < t < X$

- $i_a(t) = [(V_i - E_a)/R_a][1 - e^{-t_{on}/\tau}] e^{-t'/\tau} - [(E_a/R_a)(1 - e^{-t'/\tau})]$

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

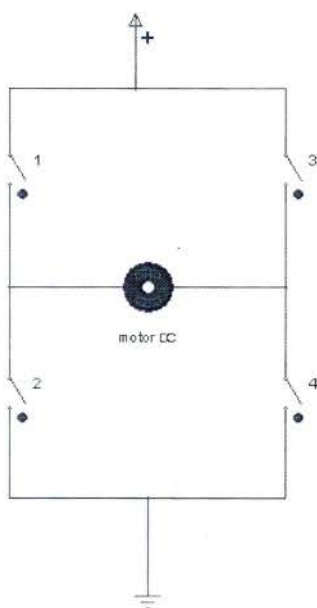
Έλεγχος τάσης εξόδου DC/DC μετατροπέα με την τεχνική Διαμόρφωσης Εύρους Παλμών (PWM)

Για να επιτευχθεί ο έλεγχος της τάσης εξόδου του διακοπτικού στοιχείου του σχήματος 5.1, το εύρος των παλμών της τάσης εξόδου δ μεταβάλλεται σε σχέση με τα επίπεδα αναφοράς που έχουμε ορίσει εμείς. Η τεχνική αυτή με την οποία επιτυγχάνεται ο έλεγχος της τάσης εξόδου μέσω της αυξομειώσης του εύρους των παλμών της τάσης εξόδου ονομάζεται Διαμόρφωση Εύρους Παλμών (Pulse Width Modulation, PWM). Ο ορισμός της τεχνικής PWM με την τεχνική αυτή παράγονται σε επίπεδο κυκλώματος ελέγχου (ασθενή σήματα) τετραγωνικής μορφής από μικροελεγκτή καταλληλά προγραμματισμένο όπως θα δείξουμε στο κεφάλαιο των μικροελεγκτών.

5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΜΕ ΓΕΦΥΡΑ 'Η'

Το όνομα Η-γέφυρα μερικές φορές ονομάζεται "πλήρης γέφυρα" Η-γέφυρα ονομάστηκε έτσι, επειδή έχει τέσσερα στοιχεία μεταγωγής στις "γωνιές" του Η και τον κινητήρα να αποτελεί την οριζόντια γραμμή.

Η βασική γέφυρα φαίνεται στην εικόνα παρακάτω.



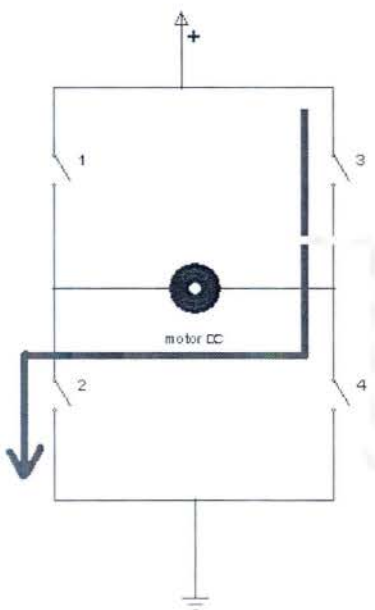
Φυσικά το γράμμα Η δεν έχει την γραμμή του θετικού και της γειώσης ενωμένες μεταξύ τους, αλλά η εικόνα είναι σαφής. Το βασικό γεγονός που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι υπάρχουν, θεωρητικά, τα τέσσερα στοιχεία μεταγωγής εντός της γέφυρας. Τα τέσσερα στοιχεία αυτά συχνά αποκαλούνται, το υψηλό αριστερά, υψηλό δεξιά πλευρά, τα χαμηλό δεξιά πλευρά, και το χαμηλό αριστερό (με τη φορά του ρολογιού).

Οι διακόπτες ενεργοποιούνται σε ζεύγη, είτε το υψηλό αριστερά και κάτω δεξιά, ή κάτω αριστερά και δεξιά υψηλό, αλλά ποτέ οι διακόπτες που βρίσκονται στην ίδια "πλευρά" της γέφυρας. Αν οι διακόπτες σε μια πλευρά μιας γέφυρας είναι και τα δύο ενεργοποιημένα δημιουργείται ένα βραχυκύκλωμα μεταξύ του συν της μπαταρίας και το μείον αυτής. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται Switch-Mode Power Supply (SMPS). Αν η γέφυρα είναι αρκετά ισχυρή θα απορροφήσει το φορτίο τις μπαταρίας σαν απλά θα διαρροή γρήγορα. Συνήθως όμως οι διακόπτες έχουν ειδή καταστραφε. Για ενεργοποίησής τον

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

κινητήρα, θα πρέπει να είναι δύο διακόπτες αντίθετοι διαγωνίως. Από την παραπάνω εικόνα, ενεργοποιούμε τα διακοπτικά στοιχεία, υψηλό αριστερά και δεξιά χαμηλά.

Η τρέχουσα ροή εμφανίζεται με πράσινο. Η τρέχουσα ροή ρεύματος προκαλεί στον κινητήρα να μετατρέψει σε μια «θετική» την φορά κατεύθυνση. Αν τώρα ενεργοποιήσουμε τα υπόλοιπα δύο διακοπτικά στοιχεία θα έχουμε την τρέχουσα ροή που εμφανίζεται με κόκκινο με αποτέλεσμα να έχουμε αντίθετη φορά περιστροφής. Παρακάτω βλέπουμε το κύκλωμα με της δύο κατευθύνσης κόκκινο-πράσινο.



Στην πραγματικότητα, είναι τόσο απλό, το δύσκολο μέρος έρχεται όταν αποφασίσετε τι πρέπει να χρησιμοποιηθεί για διακόπτες. Οτιδήποτε που μπορεί να μεταφέρει ρεύμα θα λειτουργήσει, από τέσσερις διακόπτες SPST, ένα DPDT διακόπτη, ρελέ, τρανζίστορ, στην εξουσία MOSFETs λειτουργία εξάρτημα.

Μπορούμε να περιγράψουμε την γέφυρα H σε έναν πίνακα αληθείας με τέσσερις εισόδους κ ένα αποτέλεσμα.

Διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν 16 πιθανοί συνδυασμοί αλλά οι πέντε από αυτούς είναι ωφέλιμοι αφού οι υπόλοιποι δεν κάνουν τίποτα περισσότερο από το να βραχυκύκλουν τους πόλους ή να είναι μόνο ένα διακοπτικό στοιχείο ενεργοποιημένο.

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 1	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 2	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 3	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 4	MOTOR
1	0	0	1	ΔΕΞΙΑ
0	1	1	0	ΑΡΙΣΤΕΡΑ
0	0	0	0	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ
1	0	1	0	ΠΕΔΗ
0	1	0	1	ΠΕΔΗ

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

6.1 ΛΟΓΙΚΕΣ ΠΥΛΕΣ

Οι λογικές πύλες είναι στοιχειώδη ψηφιακές διατάξεις, που αποτελούν τους δομικούς λίθους γενικότερων λογικών κυκλωμάτων. Οι λογικές πύλες δέχονται στην είσοδο ή στις εισόδους τους ένα ή περισσότερα δεδομένα και παρέχουν στην έξοδό τους το αποτέλεσμα, δηλαδή αποτελούν την υλοποίηση σε ηλεκτρονικό κύκλωμα των διαφόρων λογικών συναρτήσεων.

Οι πύλες αποτελούνται από βασικά στοιχεία της ηλεκτρονικής όπως διόδους και τρανζίστορ. Έχουν τουλάχιστον μία ή δύο εισόδους και μία μόνο έξοδο. Τα κυκλώματα λογικής αποτελούνται από πύλες συνδεδεμένες η μία με την άλλη ώστε να πραγματοποιούν διάφορες πράξεις (π.χ. αθροίσματα αριθμών).

Οι βασικές πύλες είναι :

- A) Πύλη NOT (OXI)
- B) Πύλη AND (ΚΑΙ)
- Γ) Πύλη OR (Η)
- Δ) Πύλη XOR (Αποκλειστικό Η)
- E) Συνδιασμοί των παραπάνω

- Πύλη NOT (OXI)

Η πύλη NOT εκτελεί την πράξη της αντιστροφής. Το λογικό της σύμβολο φαίνεται παρακάτω σχήμα.

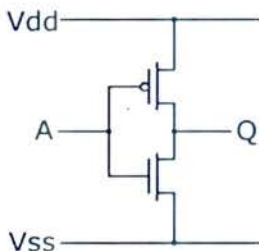
Έχει μόνο μία είσοδο και μία έξοδο. Η λειτουργία της πύλης NOT περιγράφεται από τον παρακάτω πίνακα αλήθειας.

Η πύλη αντιστρέφει την τιμή της εισόδου (εάν η είσοδος είναι λογικό 1 η έξοδος γίνεται λογικό 0, εάν η είσοδος είναι λογικό 0 η έξοδος γίνεται λογικό 1).



A	X
0	1
1	0

Και το αντίστοιχο ηλεκτρονικό κύκλωμα:



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

- Πύλη AND (ΚΑΙ)

Η πύλη AND εκτελεί την λογική πράξη ΚΑΙ. Το σύμβολό της φαίνεται παρακάτω. Έχει δύο ή περισσότερες εισόδους και μία έξοδο. Η λειτουργία της πύλης AND περιγράφεται από τον πίνακα αλήθειας, που έχει δύο στήλες, όσες και οι εισοδοί, και μία τρίτη στήλη για την έξοδο X. Από τον πίνακα αλήθειας συμπεραίνουμε ότι για να είναι η έξοδος λογικό 1 θα πρέπει η είσοδος A ΚΑΙ η είσοδος B να είναι λογικό 1. Αν μία από τις εισόδους είναι λογικό 1 ή και οι δύο είναι λογικό 0 τότε και η έξοδος είναι 0.



A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- Πύλη OR (Η)

Η πύλη OR εκτελεί την λογική πράξη Η. Το σύμβολό της φαίνεται παρακάτω. Έχει δύο ή περισσότερες εισόδους και μία έξοδο. Η λειτουργία της πύλης OR περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα αλήθειας όπου συμπεραίνουμε ότι για να είναι η έξοδος μιας πύλης OR ίση με λογικό 1 ή η μια είσοδος ή η άλλη ή και οι δύο πρέπει να είναι λογικό 1. Εάν και οι δύο εισοδοί είναι μηδέν τότε και η έξοδος θα είναι λογικό 0.



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

- Πύλη XOR (Αποκλειστικό Η)

Η πύλη XOR εκτελεί την λογική πράξη "αποκλειστικό Η". Το σύμβολό της φαίνεται παρακάτω. Έχει δύο ή περισσότερες εισόδους και μία έξοδο. Από τον πίνακα αλήθειας μιας πύλης XOR παρατηρούμε ότι όταν μία από τις δύο εισόδους είναι λογικό 1, τότε η έξοδος είναι και αυτή λογικό 1.



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- Πύλες NAND, NOR, XNOR

Η πύλη NOT μπορεί να συνδυαστεί με τις άλλες πύλες που περιγράψαμε παραπάνω και να προκύψουν τρεις ακόμη πύλες. Έτσι με το συνδυασμό των AND και NOT προκύπτει η NAND, με το συνδυασμό OR και NOT προκύπτει η NOR και τέλος με το συνδυασμό XOR και NOT προκύπτει η XNOR.

NAND



A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR



A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

XNOR



A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

1. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΕΝΑΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ

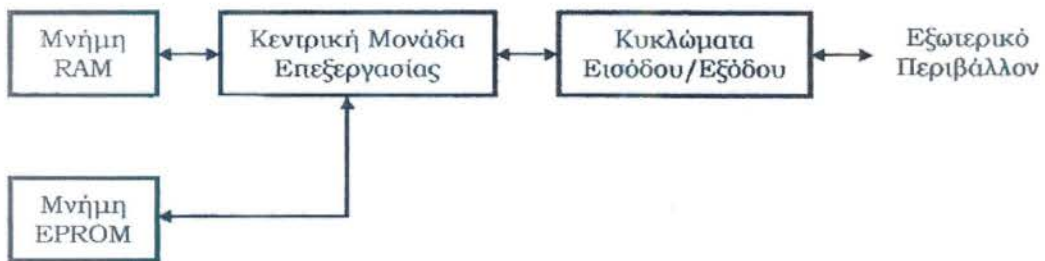
Ένας μικροελεγκτής είναι ένα μικρό υπολογιστικό κύκλωμα, σχεδιασμένο ένα και μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα υψηλής κλίμακας ολοκλήρωσης. Όπως κάθε υπολογιστικό κύκλωμα, περιέχει μονάδες εισόδου/εξόδου, μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας, έναν αριθμό καταχωρητών και κυκλώματα μνήμης. Κάθε μικροελεγκτής είναι λοιπόν ικανός να ανταλλάξει σήματα με το εξωτερικό περιβάλλον, να εκτελέσει πράξεις ανάμεσα σε μεταβλητές και να καταχωρήσει κάποιες τιμές στη μνήμη RAM που διαθέτει.

Κάθε μικροελεγκτής περιέχει μέσα σε ένα και μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα τα παρακάτω στοιχεία:

- έναν αριθμό από καταχωρητές ειδικού σκοπού (συσσωρευτή, καταχωρητή κατάστασης, μετρητή προγράμματος, καταχωρητή εντολών, καταχωρητή δείκτη).
- εσωτερικούς χρονιστές - απαριθμητές.
- αριθμητική και λογική μονάδα (ALU).
- μονάδα αποκωδικοποίησης εντολών.

Βασικά στοιχεία ενός μικροελεγκτή αποτελούν:

- η μνήμη προγράμματος (ROM ή EPROM) και
- η μνήμη καταχωρητών / μεταβλητών (RAM).
- τα κυκλώματα χρονισμού και ελέγχου
- οι θύρες εισόδου/εξόδου



Η δομή ενός μικροελεγκτή.

Μέσα από αυτές μπορεί ένας μικροελεγκτής να δέχεται σήματα εισόδου με τη μορφή λογικών ψηφιακών καταστάσεων, χαρακτήρες ή bytes δεδομένων με την τεχνική της ασύγχρονης ή της σύγχρονης σειριακής επικοινωνίας, σήματα διακοπών, ή σε ορισμένες περιπτώσεις και αναλογικά σήματα, τα οποία στη συνέχεια μετατρέπονται σε ψηφιακά. Επίσης μπορεί να αποστέλλει σήματα σε άλλες συσκευές μέσα από θύρες εξόδου, να οδηγεί ηλεκτρονόμους, διόδους LED και άλλα κατάλληλα κυκλώματα, που συνήθως περιλαμβάνονται σε κάθε μορφής αυτοματισμό.

Οι μικροελεγκτές χαρακτηρίζονται από ένα περιορισμένο ρεπερτόριο εντολών, που μπορούν να γραφούν σε συμβολική μορφή (assembly), με τη βοήθεια μνημονικών ονομάτων.

1.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ

Ένα υπολογιστικό σύστημα αποτελείται από τις εξής βασικές μονάδες.

- Μικροεπεξεργαστή
- Μνήμη
- Κυκλώματα εισόδου /εξόδου (Input/ Output— I/O)

Τα παραπάνω κυκλώματα συνδέονται μεταξύ τους και με όλα τα άλλα βοηθητικά, περιφερειακά κυκλώματα, μέσω των λεγομένων διαδρόμων (ή λεωφόρων, buses) του υπολογιστή.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

1.2.1 Ο ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ

Ο μικροεπεξεργαστής είναι η καρδιά του συστήματος και υλοποιείται με ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα υπερυψηλής κλίμακας ολοκλήρωσης (ULSI). Τα επιμέρους κυκλώματα που συγκροτούν εν γένει έναν μικροεπεξεργαστή είναι τα

α) Καταχωρητές

Κάθε επεξεργαστής αποτελείται από έναν αριθμό καταχωρητών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση δεδομένων και ενδιάμεσων αποτελεσμάτων. Το μέγεθος των εσωτερικών αυτών καταχωρητών μας δίνει το εύρος του λεγόμενου εσωτερικού διαδρόμου δεδομένων (internal data bus). Πρόκειται, δηλαδή, για τα κυκλώματα που διακινούν και αποθηκεύουν πληροφορίες στο εσωτερικό του επεξεργαστή, κάτι που γίνεται με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα διακίνησης της πληροφορίας στα εξωτερικά κυκλώματα. Ένας βασικός εσωτερικός καταχωρητής είναι ο συσσωρευτής (accumulator), που σε ορισμένες περιπτώσεις χαρακτηρίζεται ως καταχωρητής εργασίας.

β) Η αριθμητική και λογική μονάδα

Σε έναν μικροεπεξεργαστή υπάρχουν κυκλώματα καταχωρητών ολίσθησης, απαριθμητών, αποκωδικοποιητών, αθροιστών κ.λ.π. Με συνδυασμό πολλών τέτοιων ψηφιακών κυκλωμάτων, μπορούμε να δημιουργήσουμε κυκλώματα που υλοποιούν κάθε αριθμητική ή λογική πράξη.

Η αριθμητική και λογική μονάδα (arithmetic and logical unit, ALU) είναι ένα κύκλωμα, του οποίου ο ρόλος είναι να εκτελεί με ταχύτητα κάθε μορφής αριθμητική και λογική πράξη. Λόγω αυτής της σύνθεσης λειτουργίας το ψηφιακό αυτό κύκλωμα ονομάζεται και υπερπύλη. Τέτοια κυκλώματα κατασκευάζονται σήμερα με την τεχνική της ολοκλήρωσης υπερυψηλής κλίμακας.

γ) Η μονάδα ελέγχου

Πρόκειται για τη μονάδα που παράγει όλα τα σήματα χρονισμού και ελέγχου, τα οποία συντονίζουν τις διάφορες λειτουργίες όλων των κυκλωμάτων του υπολογιστικού συστήματος. Η μονάδα ελέγχου παράγει τα σήματα που καθοδηγούν τη συνεργασία των διάφορων μονάδων προκειμένου να εκτελεστούν οι εντολές του προγράμματος. Αυτή αποφασίζει για την προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση των διαφόρων μονάδων και κατευθύνει τη διακίνηση των δεδομένων στους διαδρόμους του υπολογιστή.

1.2.2 Η ΜΝΗΜΗ

Η μνήμη RAM των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων αποτελείται από διαδοχικά κύτταρα μνήμης σε διάταξη πίνακα και μπορεί να αποθηκεύσει πολλά bytes πληροφορίας (1 byte = 8 bits). Τα κύτταρα μνήμης είναι κατασκευασμένα με βάση τις αρχές της τεχνολογίας των ημιαγωγών και αποτελούνται από τρανζίστορ σε διάταξη δισταθής πολυδονητή (μνήμες SRAM) ή από τρανζίστορ τεχνολογίας MOS (μνήμες DRAM).

Κάθε μνήμη χαρακτηρίζεται από τη χωρητικότητα της, δηλαδή το πλήθος ίων bytes πληροφορίας που μπορεί να χωρέσει, και από τον χρόνο προσπέλασης, δηλαδή από τον χρόνο που απαιτείται από τη στιγμή που ζητείται κάποιο δεδομένο έως την εξαγωγή του στον διάδρομο δεδομένων. Τυπικές χωρητικότητες για κάθε ολοκληρωμένο κύκλωμα μνήμης είναι μερικές δεκάδες έως πολλές εκατοντάδες Kbytes, ενώ τυπικοί χρόνοι είναι μερικές δεκάδες ns.

Για να προσπελάσουμε μια θέση μνήμης χρειάζεται να ορίσουμε τη διεύθυνση της μέσα από τον λεγόμενο διάδρομο διευθύνσεων (address bus).

Μία μνήμη με χωρητικότητα 64 bytes χρειάζεται 6 γραμμές διευθύνσεων (καθώς $2^6 = 64$), ενώ μια μνήμη χωρητικότητας 2 Kbytes χρειάζεται 11 γραμμές διευθύνσεων. Η ενεργοποίηση μιας από τις πολλές θέσεις μνήμης μέσω των γραμμών διευθύνσεων γίνεται με τη βοήθεια κυκλωμάτων που ονομάζονται αποκωδικοποιητές.

Ας σημειωθεί ότι στους υπολογιστές που λειτουργούν σύμφωνα με την αρχιτεκτονική von Neumann, που αποτελούν και την πλειοψηφία των υπολογιστικών συστημάτων, η ίδια μνήμη φιλοξενεί, σε διαφορετικές περιοχές, τόσο τα δεδομένα-αποτελέσματα, όσο και τις εντολές του προγράμματος. Υπάρχουν ωστόσο υπολογιστικά συστήματα όπου διαχωρίζεται σαφώς η μνήμη του προγράμματος από τη μνήμη των δεδομένων, καθώς αυτές συνιστούν διαφορετικές φυσικές οντότητες.

1.2.3 ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΕΝΟΣ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ

Η αρχιτεκτονική ενός προσωπικού υπολογιστή στηρίζεται στην ύπαρξη τριών διαδρόμων επικοινωνίας ανάμεσα στις διάφορες μονάδες. Οι διάδρομοι αυτοί αποτελούνται από ηλεκτρικές γραμμές που μεταφέρουν κατάλληλα σήματα επικοινωνίας..

Ο κυριότερος είναι ο διάδρομος δεδομένων (address bus), μέσα από τον οποίο μεταφέρονται τα δεδομένα ανάμεσα στις βασικές μονάδες του υπολογιστή. Τα σημερινά συστήματα χαρακτηρίζονται από διαδρόμους δεδομένων των 32 bits, ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται σε κάθε περίοδο του ωρολογιακού σήματος 32 bits δεδομένων.

Ένας δεύτερος διάδρομος, ο διάδρομος διευθύνσεων (data bus), μεταφέρει τα σήματα που ενεργοποιούν μια συγκεκριμένη θέση μνήμης. Η διαδικασία της ενεργοποίησης επιτελείται από τον αποκωδικοποιητή διευθύνσεων (address decoder). Εάν οι γραμμές διευθύνσεων είναι η, τότε οι θέσεις μνήμης που μπορούν να ενεργοποιηθούν είναι 2^h .

Ο τρίτος διάδρομος είναι ο διάδρομος ελέγχου (control bus), ο οποίος μεταφέρει σήματα ελέγχου από τον μικροεπεξεργαστή προς τις υπόλοιπες μονάδες του συστήματος. Μέσω αυτού του διαδρόμου διακινούνται τα σήματα που συντονίζουν τις λειτουργίες του υπολογιστή κατά την εκτέλεση μιας εντολής.

1.2.4 ΟΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ (I/O)

Η επικοινωνία του υπολογιστικού συστήματος με το περιφερειακό περιβάλλον είναι καθήκον της Μονάδας Εισόδου-Εξόδου (I/O). Πρόκειται για ένα κύκλωμα που πολλές φορές λειτουργεί σαν ένας μικρός αυτόνομος υπολογιστής, ώστε να απαλλάσσει την CPU από το βάρος της επικοινωνίας με τις αργές περιφερειακές συσκευές. Τα κυκλώματα από τα οποία εξαρτώνται οι περιφερειακές συσκευές λέγονται δίαυλοι ή θύρες (ports). Συχνά στους σημερινούς μικροϋπολογιστές οι δίαυλοι αναλαμβάνουν την επικοινωνία με την κεντρική μνήμη και εισάγουν τα δεδομένα που στέλνουν οι περιφερειακές συσκευές κατευθείαν σε αυτήν, παρακάμπτοντας την CPU. Μια

τέτοια λειτουργία αναφέρεται σαν Direct Memory Access (απευθείας πρόσβαση στη μνήμη) και οι δίαυλοι που λειτουργούν έτσι ονομάζονται δίαυλοι DMA. Εκτός από τη λειτουργία DMA, τα κυκλώματα εισόδου/εξόδου λειτουργούν και με δυο άλλους τρόπους. Σχόν ένα τρόπο, τον έλεγχο της λειτουργίας I/O τον έχει εξολοκλήρου το πρόγραμμα, το οποίο είναι γραμμένο έτσι, ώστε κάθε τόσο να γίνεται ένας έλεγχος των περιφερειακών συσκευών και η μεταφορά των δεδομένων στον κατάλληλο χρόνο. Η λειτουργία αυτή συχνά αναφέρεται ως polling (διαδοχικές ερωτήσεις). Είναι ευνόητο ότι πρόκειται για σχετικά αργή λειτουργία, η οποία μάλιστα υποχρεώνει την CPU να αφιερώνει τον περισσότερο χρόνο της στην επικοινωνία με τις περιφερειακές συσκευές.

Ο άλλος τρόπος χρησιμοποιεί τα λεγόμενα σήματα διακοπών (interrupt signals). Όταν μια περιφερειακή συσκευή είναι έτοιμη να στείλει ή να λάβει κάποιο δεδομένο, ειδοποιεί την CPU στέλνοντας ένα σήμα διακοπής στον κατάλληλο ακροδέκτη της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας. Η CPU τότε διακόπτει τη λειτουργία της και εξυπηρετεί την περιφερειακή συσκευή

2. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ PIC

2.1 Ο Μικροελεγκτής PIC

Οι ελεγκτές PIC έχουν ένα κοινό πυρήνα. Αυτό σημαίνει ότι μεταξύ όλων των μελών της σειράς υπάρχει μεγάλος βαθμός συμβατότητας από την άποψη του λογισμικού και της εσωτερικής κυκλωματικής διασύνδεσης. Βλέποντας απλώς τη λίστα των διαφόρων μελών της σειράς, αντιλαμβάνεται κανείς ότι υπάρχουν πάρα πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου να επιλεγεί ένας συγκεκριμένος τύπος.

Ο πυρήνας γύρω από τον οποίο δομείται ο επεξεργαστής των PIC, ανήκει σε μια αρχιτεκτονική γνωστή ως "αρχιτεκτονική Harvard".

Πριν από χρόνια, το υπουργείο εθνικής άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών ζήτησε από τα πανεπιστήμια του Harvard και το Princeton να σχεδιάσουν ένα cuno υπολογιστή με σκοπό τη σχεδίαση τροχιάς βλημάτων

"Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει"

πυροβολικού. Το Harvard παρουσίασε μια αρχιτεκτονική στα πλαίσια της οποίας το τμήμα μνήμης χωρίζεται σε δύο μέρη: το ένα χρησιμοποιείται για την αποθήκευση του προγράμματος (μνήμη ελέγχου), ενώ το δεύτερο χρησιμοποιείται για προσωρινή αποθήκευση μεταβλητών (τύπος μνήμης τυχαίας προσπέλασης ή RAM). Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής ήταν ότι η ανάκληση των εντολών του προγράμματος από τη (σχετικά παλαιού τύπου και αργή) μνήμη ελέγχου μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα με τη διαδικασία πρόσβασης στη μνήμη RAM (εξίσου παλαιού τύπου και αργή), επιταχύνοντας με τον τρόπο αυτό την εκτέλεση των εντολών. Η αρχιτεκτονική που παρουσίασε το Princeton και που ανταγωνιζόταν τη προηγούμενη, χρησιμοποιούσε την ίδια μνήμη ως μνήμη ελέγχου και ως μνήμη RAM. Η δεύτερη αυτή αρχιτεκτονική είναι γνωστή ως "αρχιτεκτονική Von Neumann".

Η ιδέα του διαχωρισμού του συστήματος μνήμης σε μνήμη ελέγχου και μνήμη RAM, που επικρατούσε στην αρχιτεκτονική του Harvard, έδινε ένα πολύ πιο γρήγορο σύστημα από αυτό του Von Neumann αλλά πολύ πιο ακριβό. Έτσι η αρχιτεκτονική που προτάθηκε από το Von Neumann του Princeton κέρδισε στο παραπάνω διαγωνισμό, αλλά κέρδισε και σημαντικό έδαφος αφού αποτέλεσε τη βασική αρχιτεκτονική για τους περισσότερους τύπους υπολογιστών (όπ33ς-ιθ-§^θ-βθ£-ϊροσωH^

Πολλά χρόνια αργότερα, μετά από αυτό το διαγωνισμό, κάποιοι σχεδιαστές μηχανικοί της εταιρείας General Instruments, θέλοντας να σχεδιάσουν ένα δικό τους τύπο μικροελεγκτή, έφεραν ξανά στο φως την αρχιτεκτονική του Harvard. Κρατώντας τη μνήμη του συστήματος χωρισμένη σε δύο μέρη, το ένα για μνήμη ελέγχου και το άλλο για μνήμη RAM, ο σχεδιασμός του μικροελεγκτή πλεονεκτεί με την έννοια της απλότητας στην υλοποίηση αλλά και την εξαιρετικά γρήγορη λειτουργία (υαράγοντες πολύ σημαντικοί για τους μικροελεγκτές).

Ετη πραγματικότητα, οι διατάξεις στις οποίες χρησιμοποιείται η αρχιτεκτονική Harvard είναι ελαφρά φθηνότερες από τις αντίστοιχες της κλασικής αρχιτεκτονικής Von Neumann επειδή στις πρώτες δεν είναι απαραίτητο να συνδυάζονται μαζί η μνήμη ROM (EPROM κ.λπ.) με τη μνήμη RAM. Χρησιμοποιώντας την αρχιτεκτονική Harvard, η σειρά των μικροελεγκτών PIC χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη ταχύτητα λειτουργίας και από το χαμηλό κόστος σε σχέση με άλλα ανταγωνιστικά προϊόντα ανάλογου τύπου.

Σήμερα η Microchip διαθέτει μια πλήρη σειρά μικροελεγκτών PIC τεχνολογίας CMOS με μια πληθώρα χαρακτηριστικών που τους καθιστά κατάλληλους για πάρα πολλές εφαρμογές.

Από την άποψη της ποικιλίας, σε διαφορετικούς τύπους, της σειράς των μικροελεγκτών PIC, η Microchip χώρισε τις διατάξεις αυτές σε τρεις ομάδες: χαμηλής, μεσαίας και υψηλής τάξης. Με βάση αυτό το σχήμα, όλα τα μέλη της σειράς έχουν σχεδιαστεί ώστε να είναι, με τη λογική της μετάβασης από χαμηλότερη σε υψηλότερη τάξη, συμβατά ως προς το κώδικα του λογισμικού (οι εκδόσεις των PIC υψηλότερης τάξης μπορούν να "τρέξουν" προγράμματα που γράφηκαν για εκδόσεις χαμηλότερης τάξης), όπως επίσης διαθέτουν εσωτερικούς καταχωρητές δεσμευμένους στις ίδιες διευθύνσεις μνήμης, ώστε να αιτλοκοιείται η μεταβίβαση προγραμμάτων μεταξύ διαφορετικών εκδόσεων της σειράς.

2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ PIC

Με την πάροδο ίου χρόνου, όλο και περισσότεροι PIC προστίθενται στη γραμμή παραγωγής. Υπάρχουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων έτσι ώστε να επιλεγεί το καλύτερο για κάποια εφαρμογή.

2.2.1 PIC 8 ακροδεκτών

Η εταιρεία Microchip έχει εκδώσει πρόσφατα μια σειρά από ελεγκτές των (8) οκτώ συνολικά ακροδεκτών, που προορίζονται για πολύ απλές εφαρμογές. Οι ελεγκτές αυτοί διαθέτουν μέχρι και έξι ακροδέκτες εισόδου - εξόδου (I/O) όπως επίσης και άλλα εξειδικευμένα χαρακτηριστικά (συμπεριλαμβανομένων και μονάδων μεατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό ή ADC).

Τα μέλη της σειράς PIC12C5xx είναι ουσιαστικά ελεγκτές χαμηλής τάξης με δυνατότητα προγραμματισμού εντός του κυκλώματος (In-System-Programing).

Επίσης διαθέτουν ένα ταλαντωτή RC (που σημαίνει ότι δεν απαιτούνται εξωτερικοί ακροδέκτες χρονισμού του ελεγκτή) και εσωτερικό κύκλωμα επανατοποθέτησης (Reset). Με βάο~η αυτές τις ιδιότητες, οι οηγεκρμμένοι ελεγκτές διατίθενται με έξι ακροδέκτες εισόδου - εξόδου και δύο ακροδέκτες τροφοδοσίας (Vdd και Ground).

Τα μέλη της σειράς PIC12C67x διαθέτουν CPU (κεντρική μονάδα επεξεργασίας) αρχιτεκτονικής μεσαίας τάξης και επιπλέον, εσωτερικούς μετατροπείς σήματος ADC.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

2.2.2 PIC χαμηλής τάξης (Low-end PICs)

Η σειρά ελεγκτών PIC χαμηλής τάξης σχεδιάστηκε για πρώτη φορά, κρος τα τέλη του 1980. Αποτελούνται από ένα βασικό πυρήνα επεξεργαστή χωρίς σύστημα διακοπών και με πολύ περιορισμένη στοίβα μετρητή προγράμματος. Δε διαθέτουν κανένα από τα χαρακτηριστικά των PIC μεσαίας τάξης (όπως εσωτερικούς μετατροπείς ADC, σειριακές θύρες, διαύλους διασύνδεσης με επεξεργαστές κ.λ.π.). Το μεγάλο πλεονέκτημα τους είναι το πολύ χαμηλό κόστος (αν κατ το πλεονέκτημα αυτό χάνει μέρα με τη μέρα την αξία του επειδή όλο και περισσότεροι, χαμηλού κόστους, ελεγκτές μεσαίας τάξης είναι πλέον διαθέσιμοι).

2.2.3 PIC μεσαίας τάξης (Mid-range PICs)

Στη σειρά των ελεγκτών PIC μεσαίας τάξης υπάρχει εξαιρετικά μεγάλη ποικιλία διαφορετικών διατάξεων στη γραμμή παραγωγής. Οι διατάξεις των μικροελεγκτών αυτών διαθέτουν από 13 μέχρι και 54 ακροδέκτες θυρών εισόδου - εξόδου, πολλαπλούς χρονιστές, εξόδους διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM I/O), δυνατότητα ασύγχρονης επικοινωνίας, άμεσο έλεγχο οθονών υγρών κρυστάλλων (LCD), μνήμη προγράμματος τύπου EEPROM και πολλά άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά. Από τις πιο ενδιαφέρουσες εκδόσεις αυτής της σειράς των PIC, είναι εκείνοι που σχεδιάστηκαν με δυνατότητα άμεσης διασύνδεσης με οθόνες LCD.

Η βασική CPU μεσαίας τάξης διαθέτει ένα ρεπερτόριο 35 εντολών, σύστημα διακοπών και μια στοίβα μετρητή προγράμματος με βάθος οκτώ θέσεων. Οι πηγές του συστήματος διακοπών μπορεί να είναι καταστάσει ακροδεκτών εισόδου, υπερχειλίση χρονιστών, λήψη σειριακών δεδομένων, σήμανση τέλους μετατροπής τοι εσωτερικού ADC και πολλές άλλες ακόμη. Το μέγεθος της μνήμης προγράμματος, που ανέρχεται μέχρι και τα 1 Kbytes, επιτρέπει τη χρήση αυτών των διατάξεων σε αρκετά πολύπλοκες εφαρμογές.

2.2.4 PIC υψηλής τάξης (High-end PICs)

Η σειρά ελεγκτών PICITCxx αποτελείται από τις εμπλουτισμένες εκδόσεις της αρχιτεκτονικής που χρησιμοποιείται στους PIC χαμηλής και μεσαίας τάξης. Έχοντας τη δυνατότητα πρόσβασης σε μνήμη μέχρι και 64K λέξεων των 16-bits, προσφέρουν πλήρεις λύσεις περισσότερο στη σχεδίαση συστημάτων, παρά στο παραδοσιακό μόνο έλεγχο ευφυϊών κυκλωμάτων (όπως προσφέρουν τυπικά οι υπόλοιποι PIC).

Ο πυρήνας κεντρικής επεξεργασίας των ελεγκτών αυτών, επιτρέπει μεγάλη ευελιξία στη μετακίνηση εσωτερικών δεδομένων και προσφέρει πολλαπλά διανύσματα διακοπών για διάφορα συστήματα διαχείρισης διακοπών. Όλες αυτές οι ιδιότητες προσφέρουν πολύ πιο αποδοτικό προγραμματισμό για τις διάφορες εφαρμογές.

3.1 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ

3.1.1 Τύποι της μνήμης προγράμματος

Οι διάφοροι τύποι μνημών για την αποθήκευση προγραμμάτων, που μπορούμε να συναντήσουμε στους ελεγκτές PIC, είναι οι τρεις ακόλουθες:

- Μνήμη καλωδιωμένης λογικής (Hardwired) ή "Μνήμη Ανάγνωσης μόνο" ROM.
- EPROM (Erasable Programmable ROM) ή "Επαναπρογραμματιζόμενη Μνήμη Ανάγνωσης μόνο".
- EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM) ή "Ηλεκτρικά Επαναπρογραμματιζόμενη Μνήμη Ανάγνωσης μόνο", η οποία συχνά αναφέρεται και ως E2PROM.

Κάθε ένας από αυτούς τους τύπους μνήμης έχει τα πλεονεκτήματά του, σε διάφορες περιπτώσεις.

Ο βασικός τύπος μνήμης που χρησιμοποιείται στους ελεγκτές PIC για την αποθήκευση του προγράμματος είναι ο τύπος EPROM.

Μια κυψελίδα μνήμης τύπου EPROM, ένας απομονωτής συγκρατεί ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου και με τον τρόπο αυτό δηλώνει τη κατάσταση του bit που αντιπροσωπεύει. Το ηλεκτρικό αυτό φορτίο απομακρύνεται με την έκθεση των κυψελίδων μνήμης σε υπεριώδες φως (Ultra-

"Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει"

Violet ή UV). Όπως! αναφέρθηκε πρωτότερα, οι ελεγκτές PIC που διαθέτουν μνήμη EPROM, διατίθενται σε δύο τύπους συσκευασίας:

- Κεραμική συσκευασία με διαφανές παράθυρο από γυαλί, της οποίας τα περιεχόμενα μπορούν να διαγραφούν.
- Διάφοροι τύποι πλαστικών συσκευασιών οι οποίοι δεν επιτρέπουν διαγραφή των στοιχείων της μνήμης (OTP).

Οι ελεγκτές PIC της μεσαίας και υψηλής τάξης, που περιέχουν μνήμη EPROM (και EEPROM) παρουσιάζουν το σημαντικό πλεονέκτημα, να προγραμματίζονται ενώ έχουν ήδη συνδεθεί στο κύκλωμα της εφαρμογής. Αυτό επιτυγχάνεται με έλεγχο εντός του κυκλώματος (In-Circuit-Test), λειτουργικό έλεγχο ή χρήση εξειδικευμένων συστημάτων προγραμματισμού.

Ο λόγος για τον οποίο είναι επιθυμητό να προγραμματίζονται οι ελεγκτές αφού έχει κατασκευαστεί και συναρμολογηθεί το σχετικό κύκλωμα, είναι ότι, με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο αριθμός των διαφορετικών PIC που πρέπει να καταχωρεί ο κατασκευαστής του κυκλώματος σε κάποιο κατάλογο. Επίσης, με τον τρόπο αυτό απλουστεύεται η διαδικασία παραγωγής, αφού έχει παρακαμφθεί το στάδιο του προγραμματισμού καθώς και οι σχετικές διαδικασίες διακίνησης και αναγνώρισης των προγραμματισμένων εξαρτημάτων.

Η μέθοδος αυτή είναι εξάλλου γνωστή και με την ονομασία In-System-Programmning (ISP), που σημαίνει: "Προγραμματισμός Εντός του Συστήματος". Ο τύπος της ηλεκτρικά επαναπρογραμματιζόμενης μνήμης (EEPROM) συμπεριφέρεται με τρόπο παρόμοιο με αυτό της EPROM, παρουσιάζοντας όμως ένα μεγάλο πλεονέκτημα. Το ηλεκτρικό φορτίο που συγκρατεί στη κυψελίδα μνήμης, μπορεί να απομακρυνθεί με εφαρμογή κατάλληλου ηλεκτρικού παλμού (δεν απαιτείται υπερτώδες φως για τη συγκεκριμένη εκφόρτιση), γεγονός που διευκολύνει και επιταχύνει αρκετά τη διαδικασία ανάπτυξης και επαναπρογραμματισμού. Η μνήμη προγράμματος τύπου EEPROM, μπορεί να προγραμματιστεί πολλές εκατοντάδες φορές μέχρι να φθάσει στα όρια αστοχίας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η μνήμη EEPROM απαιτεί συνήθως μεγαλύτερους χρόνους προσπέλασης από αυτούς των μνημών EPROM ή ROM. Αυτό αποτελεί πρόβλημα σε εφαρμογές υψηλής ταχύτητας.

Προς το παρόν, οι μόνοι ελεγκτές PIC που περιέχουν μνήμη προγράμματος τύπου EEPROM είναι αυτοί της σειράς 16x8x, και προσφέρουν λειτουργικότητα από επίπεδα χαμηλής τάξης μέχρι και ανωτέρων προδιαγραφών. Σήμερα παρατηρείται μια σύγχυση στη βιομηχανία σχετικά με το τι είναι η έκδοση ελεγκτή "EEPROM" και τι είναι η έκδοση "Flash". Η Microchip προσδιορίζει τους τύπους ελεγκτών EEPROM με το γράμμα "C" (τεχνολογία CMOS) ή με το γράμμα "F" (τεχνολογία Flash), πράγμα που προκαλεί κάποια σύγχυση. Επιπλέον αρχίζουν να διακινούνται νέοι τύποι ελεγκτών EEPROM (εννέα καινούργιοι τύποι ελεγκτών PIC με μνήμη EEPROM κυκλοφόρησαν το 1997). Η σύμβαση της Microchip για την αναγνώριση αυτών των ελεγκτών είναι η χρήση του γράμματος "F", αντί του "C", που εμφανίζεται στο κωδικό σειράς του εξαρτήματος.

Γενικά, όταν πρέπει να επιλέξετε το κατάλληλο ελεγκτή, για κάποια εφαρμογή, με βάση το τύπο της μνήμης προγράμματος που περιέχει, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σας διάφορους παράγοντες όπως το κόστος, το χρόνο ανάπτυξης, τη ταχύτητα της εφαρμογής και την ευστάθεια του προγράμματος.

3.2 Επανατοποθέτηση (Reset)

Οι ελεγκτές PIC επανατοποθετούνται (μηδενίζονται) από την είσοδο του ακροδέκτη "MCLR". Όταν η είσοδος αυτή οδηγηθεί σε λογικό επίπεδο μηδέν (όταν, για παράδειγμα, γειωθεί), ο ελεγκτής εισέρχεται στη κατάσταση επανατοποθέτησης (Reset). Στα πλαίσια της κατάστασης αυτής απενεργοποιούνται όλα τα κυκλώματα οδήγησης εξόδων και διακόπτεται η λειτουργία του συστήματος χρονισμού.

Το διάνυσμα επανατοποθέτησης (Reset Vector) βρίσκεται στη θέση μνήμης που αντιστοιχεί στην αρχή του προγράμματος από την οποία ξεκινά η εκτέλεση του. Στους ελεγκτές μεσαίας και υψηλής τάξης, είναι η τελευταία διεύθυνση της μνήμης.

Δεν πρέπει να συγχέουμε την επανατοποθέτηση με τη στιγμή της παροχής τροφοδοσίας. Τη στιγμή που τροφοδοτείται ο ελεγκτής, τα περισσότερα από τα bits των εσωτερικών καταχωρητών βρίσκονται σε συγκεκριμένα λογικά επίπεδα, ενώ τα υπόλοιπα καθώς και οι καταχωρητές μνήμης RAM, περιέχουν απροσδιόριστες τιμές. Μετά από ένα κύκλο επανατοποθέτησης τα bits αυτά καθώς και οι καταχωρητές της RAM τοποθετούνται στις τιμές που περιείχαν πριν από την ενεργοποίηση της

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

επανατοποθέτησης (Reset). Τοποθετώντας σε κάποιους καταχωρητές της RAM, γνωστές τιμές που δεν επαναλαμβάνονται εύκολα, το πρόγραμμα είναι σε θέση να αναγνωρίσει κατά πόσο, το διάνυσμα επανατοποθέτησης εκτελέστηκε μετά από τη παροχή τροφοδοσίας ή μετά από ενεργοποίηση του κύκλου επανατοποθέτησης. Σε πιο πρόσφατους τύπους ελεγκτών PIC ο έλεγχος αυτός γίνεται με χρήση του ειδικού καταχωρητή "POWER CONTROL".

Μερικές φορές είναι πιθανό να θέλετε να επανατοποθετήσετε το PIC ενώ εκτελείται κάποιο πρόγραμμα, όταν η τάση τροφοδοσίας ίου ελεγκτή κατέλθεισε μια προκαθορισμένη τιμή κατωφλίου. Η ενέργεια αυτή είναι γνωστή ως "Brown-Out".

Σε κανονικές συνθήκες, στο PIC δε χρησιμοποιείται ξεχωριστό κύκλωμα επανατοποθέτησης. Αυτό ισχύει επειδή υπάρχει δυνατότητα προγραμματισμού του PIC, ώστε να προσδιορίζεται ο μεταβατικός χρόνος κατά την παροχή τροφοδοσίας (με τη χρήση του bit "PWRTE" στους προγραμματιζόμενους ενωτήρες ή ασφάλειες).

3.3 Χρονισμός του συστήματος

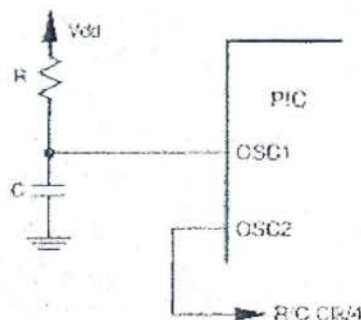
Ο PIC μπορεί να λειτουργήσει με διάφορους τύπους συστήματος χρονισμού. Η ιδιότητα αυτή διευρύνει κατά πολύ τη σχεδίαση της εφαρμογής σας. Τρεις διαφορετικούς τύπους ταλαντωτή μπορούμε να χρησιμοποιούμε για το χρονισμό του PIC:

- Αντίσταση / πυκνωτή (RC)
- Κρυσταλλικός
- Εξωτερικού τύπου

Κάθε ένας από τους τύπους αυτούς έχει κάποια πλεονεκτήματα που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε κατά την ανάπτυξη μιας εφαρμογής. Οι ταλαντωτές τύπου RC (εικόνα 2-4) χρησιμοποιούν τη σταθερά χρόνου ενός δικτύωματος αντίστασης σε σειρά με ένα πυκνωτή για την παραγωγή ενός σήματος χρονισμού με τυπική ακρίβεια συχνότητας 20%.

Παρατηρούμε ότι ο ακροδέκτης OSC2 παρέχει σήμα χρονισμού στο ένα τέταρτο της συχνότητας της βασικής ταλάντωσης (πρόκειται για το σήμα χρονισμού των εντολών).

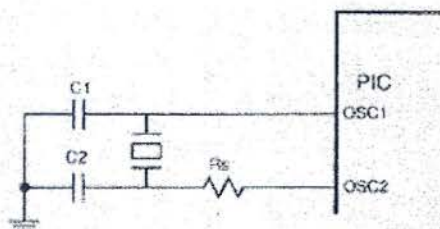
Το σήμα που παράγεται από αυτή την έξοδο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το συγχρονισμό του ελεγκτή με διάφορα εξωτερικά κυκλώματα.



Η ακρίβεια της συχνότητας χρονισμού, που όπως αναφέρθηκε είναι της τάξης του 20%, επιβάλλει τη χρήση του συγκεκριμένου τύπου ταλαντωτή μόνο σε εφαρμογές που δεν απαιτείται ακριβής χρονισμός. Έτσι απορρίπτεται η χρήση του σε εφαρμογές μετάδοσης σειριακών δεδομένων, ηχητικών τόνων ή χρονιζόμενης προσαρμογής σε εξωτερικά άλλα κυκλώματα.

Υπάρχουν βέβαια αρκετές εφαρμογές για τις οποίες ο ταλαντωτής RC είναι κατάλληλος με την προϋπόθεση ότι δεν απαιτείται χρονισμός ακρίβειας. Πριν χρησιμοποιήσουμε το τύπο ταλαντωτή RC, πρέπει να τροποποιήσουμε κατάλληλα τους προγραμματιζόμενους ενωτήρες (ασφάλειες) του PIC. Άλλοι χύποι του συστήματος χρονισμού περιλαμβάνουν το χρονισμό λειτουργίας σε χαμηλή κατανάλωση, το χρονισμό τυποποιημένης συχνότητας κρυστάλλου στη περιοχή των MHz (XT) και το χρονισμό υψηλής ταχύτητας (HS). Οι τρεις αυτοί τύποι υλοποιούνται με χρήση κρυστάλλου ή εξωτερικής πηγής ταλάντωσης. Οι τιμές των πυκνωτών C1 και C2 προσδιορίζονται από τα φυλλάδια τεχνικών προδιαγραφών σε σχέση με το τύπο του κρυστάλλου και του PIC που χρησιμοποιείται όπως και από τη συχνότητα χρονισμού που επιβάλλεται. Η σύνδεση της αντίστασης Rs, όπως και η τιμή της, εκτιμούνται εμπειρικά και εφόσον αυτή συνδεθεί, η τιμή της πρέπει να είναι της τάξης των μερικών εκατοντάδων Ωμ.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”



Υπάρχει και ο κεραμικός ταλαντωτής. Το εξάρτημα αυτό περιέχει ένα κύκλωμα συντονισμού σε συνδυασμό με εσωτερικούς πυκνωτές, στην ίδια συσκευασία, μειώνοντας έτσι τη συνολική επιφάνεια του κυκλώματος της εφαρμογής σας, η οποία γίνεται επιπλέον κατ'οικονομικότερη, από την άποψη ότι στην θέση του κρυστάλλου τοποθετείται ο κεραμικός ταλαντωτής ο οποίος ενώ έρχεται περίπου στο ίδιο κόστος με το κρύσταλλο, δε χρειάζεται τους εξωτερικούς πυκνωτές. Αλλο ένα πλεονέκτημα του κεραμικού ταλαντωτή είναι η αντοχή του έναντι του κρυστάλλου. Από την άποψη, της διακριτικότητας και της ακρίβειας του χρονισμού, ο κεραμικός ταλαντωτής υστερεί, παρουσιάζοντας μια ανοχή στη συχνότητα, της τάξης του 0,5%, ενώ ένας απλός κρύσταλλος παρουσιάζει μια τυπική ανοχή περίπου 20ppm (μόλις 0,002%). Για τις περισσότερες εφαρμογές, η διαφορά αυτή δεν αποτελεί πρόβλημα, αν όμως η εφαρμογή απαιτεί ρολόι πραγματικού χρόνου πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο κρύσταλλος.

Αν επιλεγεί εξωτερικός ταλαντωτής ως σύστημα χρονισμού για τα PIC, τότε πρέπει να οριστεί ο τύπος του συστήματος χρονισμού σαν LP, XT ή HS. Η έξοδος του εξωτερικού ταλαντωτή συνδέεται στην είσοδο OSC1, ενώ ο ακροδέκτης OSC2 παραμένει ασύνδετος. Από τον ακροδέκτη αυτό (OSC2) παίρνουμε ένα σήμα της ίδιας συχνότητας με αυτό που εμφανίζεται στον ακροδέκτη OSC1. Τα δύο αυτά σήματα παρουσιάζουν μεταξύ τους μια διαφορά φάσης. Αν η έξοδος του ταλαντωτή που οδηγεί στον ακροδέκτη OSC1 πρέπει να συνδεθεί ταυτόχρονα και σε άλλα τμήματα του κυκλώματος εκτός από τον ελεγκτή, τοποθετείται στον ακροδέκτη αυτό ένας απομονωτής (buffer), από την έξοδο του οποίου οδηγούνται τα υπόλοιπα εξωτερικά κυκλώματα.

3.4 Καταχωρητές θέσεων μνήμης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι ελεγκτές PIC περιέχουν εντελώς ξεχωριστά τμήματα μνήμης για την αποθήκευση του προγράμματος και για τις ομάδες καταχωρητών. Το τμήμα καταχωρητών μνήμης περιέχει θέσεις για την αποθήκευση τιμών που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα (γνωστές και ως μεταβλητές) και μια ομάδα ειδικών καταχωρητών ελέγχου.

Εκτός από τη RAM και τους καταχωρητές, υπάρχει ακόμα ένας ειδικός καταχωρητής που συμβολίζεται με το γράμμα "W" και χρησιμοποιείται ως συσσωρευτής για προσωρινή αποθήκευση.

Οι καταχωρητές μνήμης περιέχονται σε ομάδες του ενός, δύο ή τεσσάρων φύλλων μνήμης των 128 ή 256 bytes. Κάθε καταχωρητής έχει μέχρι οκτώ bits (8-bits) και μπορεί να διαβαστεί με διάφορες προγραμματιστικές μεθόδους. Τυπικά οι καταχωρητές ελέγχου εσωτερικών κυκλωμάτων, στους οποίους η πρόσβαση γίνεται κατά την διαδικασία εκκίνησης του προγράμματος, βρίσκονται στην ομάδα καταχωρητών Bank1. Αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι επιτρέπει τη δόμηση του τμήματος του προγράμματος που αφορά τις διαδικασίες εκκίνησης, κατά τις οποίες μπορεί να τοποθετηθεί το bit επιλογής ομάδων καταχωρητών και στη συνέχεια να μηδενίζεται μόνο μια φορά για την εκτέλεση του προγράμματος

	Bank 0	Bank 1	
0x000	INDF	INDF	0x060
0x001	TRISC	OPTION	0x061
0x002	PCL	PCL	0x062
0x003	STATUS	STATUS	0x063
0x004	FSR	FSR	0x064
0x005	PORTA	TRISA	0x065
0x006	PORTB	TRISB	0x066
0x007			0x067
0x00A	PCLATH	PCLATH	0x08A
0x00B	INTCON	INTCON	0x08B
0x00C	File Registers	File Registers	0x08C
			0x0FF

- Για τους ελεγκτές PIC υψηλών δυνατοτήτων οι καταχωρητές μνήμης μπορούν να αρχίζουν από τη διεύθυνση 0x020.
- Η σκουρόχρωμη επιφάνεια δηλώνει τις θέσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επιπλέον καταχωρητές θυρών (I/O) ή καταχωρητές ειδικών λειτουργιών.
- Η ανοιχτόχρωμη επιφάνεια δηλώνει τις θέσεις οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται, και όταν διαβαστούν επιστρέφουν πάντα τη τιμή 0x000.
- Οι καταχωρητές μνήμης της ομάδας Bank1 μπορούν να βρίσκονται κάτω ακριβώς από τις αντίστοιχες θέσεις της ομάδας Bank0 με τη τεχνική της 'σκίασης' (Shadow Memory).

Σε όλους τους τύπους PIC, χρησιμοποιούνται οι ίδιες διευθύνσεις για τους καταχωρητές μνήμης. Αυτό μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε το ίδιο πρόγραμμα με διαφορετικούς τύπους ελεγκτών. Η εταιρεία Microchip κατέβαλε αρκετή προσπάθεια τα τελευταία χρόνια, ώστε όλοι οι καταχωρητές και τα bits ελέγχου να ονομάζονται με τον ίδιο τρόπο, διευκολύνοντας έτσι τη πολλαπλή χρήση προγραμμάτων. Οι καταχωρητές STATUS, INTCON, FSR, INDF, OPTION, PCL, και PCLATH, βρίσκονται αντίστοιχα, στις ίδιες διευθύνσεις κάθε μια από τις ομάδες καταχωρητών. Με τον τρόπο αυτό η προσπέλαση των καταχωρητών γίνεται με τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα από τη λογική κατάσταση του bit επιλογής ομάδων καταχωρητών (Bank Select). Οι καταχωρητές που αντιστοιχούν σε εσωτερικά κυκλώματα (Hardware Registers) ξεκινούν από τη διεύθυνση μηδέν, σε κάθε μια από τις ομάδες, και οι καταχωρητές μνήμης (RAM Registers) στις αμέσως επόμενες θέσεις. Οι ελεγκτές χαμηλής τάξης της σειράς PIC, διαθέτουν μόνο μια ομάδα καταχωρητών. Για τη προσπέλαση των καταχωρητών που βρίσκονται τυπικά στην ομάδα Bank1, και ειδικότερα των TRIS και OPTION, χρησιμοποιούνται ειδικές εντολές με τις οποίες μεταφέρονται τα περιεχόμενα του καταχωρητή "w", άμεσα στους καταχωρητές αυτούς. Επειδή δεν μπορούμε να διαβάσουμε τα περιεχόμενα των καταχωρητών αυτών, πρέπει να υπάρχει κάποιο αντίγραφο της τιμής τους, ώστε να μπορούμε να τους χρησιμοποιήσουμε αργότερα.

Ο καταχωρητής "w" είναι ένας ενδιάμεσος καταχωρητής που χρησιμοποιείται ως συσσωρευτής. Ο καταχωρητής αυτός δε διευθυνοδοτείται άμεσα, παρά μόνο στους ελεγκτές υψηλής τάξης, και για τη προσπέλαση του χρησιμοποιούνται διάφορες εντολές. Επίσης, σε όλες τις αριθμητικές εντολές, τη θέση προορισμού του αποτελέσματος μπορεί να αποτελέσει τόσο ο καταχωρητής "w", όσο και ο καταχωρητής προέλευσης που χρησιμοποιείται.

Οι ελεγκτές PIC υψηλής ιαξής, αν και συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο, εντούτοις είναι κάπως πιο πολύπλοκοι. Η πολυπλοκότητα αυτή βασίζεται σε δύο λόγους. Ο πρώτος, είναι η ύπαρξη των κύρια μη ομαδοποιημένων καταχωρητών που αποτελούν ένα υποσύνολο του πλήθους των καταχωρητών μνήμης. Ο δεύτερος λόγος είναι, η θέση του καταχωρητή WREG (η έκδοση του καταχωρητή "w", στους ελεγκτές υψηλής τάξης), η οποία δε διαχωρίζεται από τις υπόλοιπες, των άλλων καταχωρητών, και η προσπέλαση της γίνεται με τον ίδιο τρόπο που επιτελείται σε κάθε καταχωρητή.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

3.5 Διακοπές (Interrupts)

Η διακοπή σε ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα είναι το αποτέλεσμα μιας ενέργειας, στο κύκλωμα που σηματοδοτεί ένα γεγονός. Το αποτέλεσμα είναι να σταματήσει η ροή του κύριου κώδικα και να εκτελεστεί ένα ειδικό τμήμα του προγράμματος, ίο οποίο ανταποκρίνεται μόνο στο συγκεκριμένο γεγονός, και στη συνέχεια να επιστρέψει ο έλεγχος του προγράμματος στο κύριο τμήμα και συγκεκριμένα στο σημείο όπου ενεργοποιήθηκε η διακοπή.

3.6 Χρονιστές

Η συνηθισμένη εκτέλεση ενός προγράμματος σε έναν επεξεργαστή δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το συγχρονισμό μιας εφαρμογής. Ο λόγος είναι ότι διάφορες εντολές του προγράμματος καταλαμβάνουν διαφορετικό αριθμό κύκλων εκτέλεσης. Η κατάσταση αυτή, γίνεται πιο πολύπλοκη όταν πραγματοποιούνται κλήσεις υπορουτινών ή έχουν ενεργοποιηθεί κάποιες διακοπές, στα πλαίσια της εφαρμογής.

Για να εξαλειφθεί το πρόβλημα αυτό, κατασκευάζονται κυκλώματα χρονιστών στο εσωτερικό των ελεγκτών PIC.

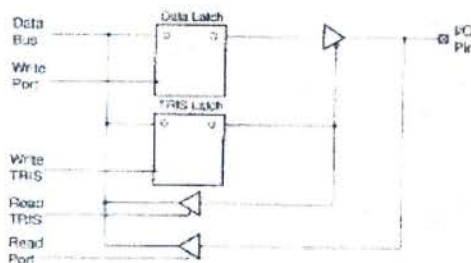
Οι διάφοροι τύποι ελεγκτών PIC περιέχουν έναν αριθμό διαφορετικών χρονιστών. Ο πιο βασικός χρονιστής είναι ο Timer0 ή TMRO. Πρόκειται για ένα μετρητή οκτώ δυαδικών ψηφίων (8-bits), ο οποίος ενεργοποιεί μια διακοπή όταν για τη προτοποθετημένη τιμή απαρίθμησης, σημειωθεί υπερχείλιση (όταν γίνει ίση με 0x0100).

Σε μερικούς τύπους ελεγκτών PIC περιέχονται δύο ακόμη χρονιστές ειδικής χρήσης (TMR1 και TMR2). Η λειτουργία τους είναι παρόμοια με αυτή του TMRO, έχουν όμως επιπλέον σχεδιαστεί και για πιο ειδικές χρήσεις. Οι χρήσεις αυτές αναφέρονται στη δυνατότητα σύλληψης και σύγκρισης εύρους παλμών όπως και παραγωγής σήματος διαμορφωσης εύρους παλμού (PWM). Οι ιδιότητες αυτές ανήκουν σε κάποιο τμήμα των εσωτερικών κυκλωμάτων, γνωστού με την ονομασία "Capture / Compare / PWM" ή "CCP".

Ο τελευταίος τύπος χρονιστή που χρησιμοποιείται στους ελεγκτές PIC, είναι ο χρονιστής επιτήρησης ή Watchdog Timer (WDT). Ο χρονιστής αυτός επανεκκινεί (Reset) το PIC, αμέσως μετά τη πάροδο συγκεκριμένου χρόνου.

3.7 Ψηφιακές εισοδοι - έξοδοι (I/O)

Κάθε τύπος ελεγκτή PIC μπορεί να ελέγχει και να διαβάζει ψηφιακές καταστάσεις. Οι καταστάσεις αυτές διαβάζονται και εγγράφονται μέσα από τους αντίστοιχους καταχωρητές θυρών (I/O). Η κατεύθυνση προς την οποία εμφανίζονται οι καταστάσεις (λογικό 1 για ανάγνωση και λογικό 0 για εγγραφή καταστάσεων), ελέγχεται από το καταχωρητή TRIS. Για κάθε ένα διαφορετικό καταχωρητή θύρας I/O υπάρχει και ο αντίστοιχος καταχωρητής TRIS. Ο αριθμός των bits που αντιστοιχούν στις θύρες I/O εξαρτάται από το τύπο του ελεγκτή, τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται και τον απαιτούμενο αριθμό ακροδεκτών που χρειάζονται για τη σύνδεση με εξωτερικά κυκλώματα.



Οι ψηφιακές εισόδους μπορούν να ενεργοποιήσουν μια διακοπή, ανάλογα με τη λογική κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι ακροδέκτες που αντιστοιχούν σε αυτές. Με βάση αυτό το χαρακτηριστικό, το πρόγραμμα της εφαρμογής είναι σε θέση να ανταποκριθεί σε συγκεκριμένες καταστάσεις εισόδων χωρίς την ανάγκη ανίχνευσης των αντίστοιχων bits από ειδικούς βρόχους διαλογής (Polling) του προγράμματος.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Οι παράλληλες ψηφιακές γραμμές I/O αποτελούν το απλούστερο μέσο με το οποίο ο PIC, συνδέεται με το εξωτερικό περιβάλλον. Οι λειτουργίες εισόδων -εξόδων που προσφέρουν σε υψηλότερο επίπεδο κάποιοι τύποι ελεγκτών PIC, μπορούν να εξομοιωθούν με κατάλληλα προγράμματα και χρήση ελεγκτών χαμηλής τάξης, στους οποίους οι ακροδέκτες I/O λειτουργούν μόνο ως απλές ψηφιακές είσοδοι ή έξοδοι.

4.1 ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΤΟΛΩΝ

Η σειρά PIC16, ονομάζεται RISC (Reduced Instruction Set Computer) και χρησιμοποιεί ένα σετ 35 μόνο εντολών. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε τις 35 εντολές του PIC16F84, που αποτελούν και το σύνολο εντολών του μικροελεγκτή. Στην πρώτη στήλη δίδεται η μνημονική ονομασία και οι τελεστές της εντολής και στη δεύτερη στήλη δίδεται μια σύντομη περιγραφή.

4.2 ΡΕΠΕΡΤΟΡΙΟ ΕΝΤΟΛΩΝ

Μνημονικός κώδικας	Περιγραφή
ADDWF f, d	Πρόσθεσε το περιεγόμενο του W με τον καταχωρητή f
ANDWF f, d	Λογικό AND ανάμεσα στον W και στον f
CLRF f	Μηδένισε το περιεγόμενο του f
CLRW	Μηδένισε το περιεγόμενο του W
COMF f, d	Αντικατέστησε τον f με το συμπλήρωμα του
DECf f, d	Ελάττωσε τον f κατά 1
DECFSZ f, d	Ελάττωσε τον f κατά 1, πήγαινε στη μεθεπόμενη εντολή αν το αποτέλεσμα είναι μηδέν
INCF f, d	Αύξησε τον f κατά 1
INCFSZ f, d	Αύξησε τον f κατά 1, πήγαινε στη μεθεπόμενη εντολή αν το αποτέλεσμα είναι μηδέν
IORWF f, d	Λογικό Ή ανάμεσα στον W και στον f
MOVf f, d	Μετακίνησε το περιεγόμενο του f
MOVWF f, d	Μετακίνησε το περιεγόμενο του W στον f
NOP	Καμία Ενέργεια
RLF f, d	Περιστροφή προς τα αριστερά του f μέσω του κρατούμενου (Carry)
RRF f, d	Περιστροφή προς τα δεξιά του f μέσω του κρατούμενου (Carry)
SUBWF f, d	Αφαίρεσε τον W από τον f
SWAPf f, d	Αντάλλαξε τις τετράδες του f
XORWF f, d	Αποκλειστικό Ή ανάμεσα στον W και στον f
BCF f, d	Μηδένισε το bit b του f
BSE f, d	Θέσε σε λογικό 1 το bit b του f
BTFSZ f, d	Αν το bit b του f είναι μηδέν πήγαινε στην μεθεπόμενη
BTFS f, d	Αν το bit b του f είναι μονάδα πήγαινε στην μεθεπόμενη εντολή
	Εντολές πράξεων με σταθερούς αριθμούς και ελέγχου
ADDLW k	Πρόσθεσε στο περιεγόμενο του W τον αριθμό k
ANDLW k	Λογικό AND ανάμεσα στον αριθμό k και στον W
CALL k	Κλήση υπορουτίνας k
CLRWD	Μηδένισε τον χρονιστή επιτήρησης (WDT)
GOTO k	Πήγαινε στην διεύθυνση k
IORLW k	Λογικό Ή ανάμεσα στον W και στον αριθμό k
MOVLW k	Μετακίνησε τον αριθμό k στον W
RETFIE	Επιστροφή από διακοπή
RETLW k	Επιστροφή από υπορουτίνα με τον αριθμό k στον W
RETURN	Επιστροφή από υπορουτίνα
SLEEP	Είσοδος σε λειτουργία αναμονής
SUBLW k	Αφαίρεσε τον W από τον αριθμό k
XORLW k	Αποκλειστικό Ή ανάμεσα στον W και τον αριθμό k

4.3 Επεξήγηση βασικών εννοιών

Μνημονικ ό	Το αντίστοιχο δεκαεξαδικής εντολής σε απλή μορφή, κατανοητή από τον άνθρωπο
Τελεστής	Το λειτουργικό μέρος του μνημονικού [ADDWF f,l (μνημονικό = πρόσθεσε στον W τον) (τελεστής = f και αποθήκευσε io αποτέλεσμα στον
MSb	Το περισσότερο σημαντικό bit ενός Byte
LSb	Το λιγότερο σημαντικό bit ενός Byte
Flag	Σημαία, κατάσταση των bit του καταχωρητή STATUS
F	Το όνομα του καταχωρητή
D	Η σταθερά που δείχνει τον προορισμό του αποτελέσματος μιας πράξης (αποθήκευση στο W αν d=0 ή αποθήκευση στο f αν d=1)
W	Η συντομογραφία ίου καταχωρητή γενικής λειτουργίας (Working
K	Ένας σταθερός αριθμός που θέλετε να χρησιμοποιήσετε

4.4 Επεξήγηση συντομογραφιών

C	Κρατούμενο, αποτέλεσμα πράξης (Carry)
DC	Ψηφιακό κρατούμενο, αποτέλεσμα πράξης (Digital Carry)
Z	Μηδενικό αποτέλεσμα πράξης (Zero)
TO, PD	Ψηφία του καταχωρητή STATUS που δείχνουν Time Out (TO) και Power Down (PD)
MSb	Most Significant bit : Περισσότερο Σημαντικό Ψηφίο μιας ψηφιολέξης (Byte) π.χ. : 10101010
LSb	Least Significant bit : Λιγότερο Σημαντικό Ψηφίο μιας ψηφιολέξης (Byte) π.χ. : 10101010

4.5 ΨΕΥΔΟΕΝΤΟΛΕΣ

Ψευδοεντολή	Περιγραφή	Σύνταξη
_BADRAM	Δηλώνει μη προσβάσιμες διευθύνσεις μνήμης	badram<expr>[,<expr>][,<expr>[,<expr>]]
BANKSEL	Δημιουργεί κώδικα επιλογής RAM bank για έμμεση (indirect) διευθυνσιοδότηση	bankisel<label>
BANKSEL	Δημιουργεί κώδικα επιλογής RAM bank για άμεση (direct) διευθυνσιοδότηση	banksel<label>
CBLOCK	Ορίζει τμήμα σταθερών αριθμών	cblock[<expr>]
ENDC	endc	
CODE	Ξεκινά τμήμα εκτέλεσιμου κώδικα	[<name>]code[<address>]
_CONFIG	Ορίζει τα ψηφία διαμόρφωσης του μικροεπεξεργαστή	config<expr>
CONSTANT	Δηλώνει μία σταθερά	constant<label>[=<expr>,...,<label>[=<expr>]]
DA	Αποθηκεύει δεδομένα, σειριακά στη μνήμη προγράμματος	[<label>]da<expr>[,<expr>,...,<expr>]
DATA	Δημιουργεί δεδομένα αριθμών και κειμένου (Numeric and Text Data)	[<label>]data<expr>[,<expr>,...,<expr>]
DB	Ορίζει δεδομένα μιας ψηφιολέξης (Byte)	[<label>]db<expr>[,<expr>,...,<expr>]
DE	Ορίζει δεδομένα για αποθήκευση στην μνήμη EEPROM	[<label>]de<expr>[,<expr>,...,<expr>]
#DEFINE	Ορίζει ετικέτα	#define<name>[<value>]
#UNDEFINE	Διαγράφει ορισμένη ετικέτα	#undef<label>
DT	Ορίζει πίνακα (Table)	[<label>]dt<expr>[,<expr>,...,<expr>]
DW	Ορίζει δεδομένα δυο ψηφιολέξεων (1 Word = 2 Bytes = 16 Bits)	[<label>]dw<expr>[,<expr>,...,<expr>]
END	Ορίζει το τέλος του κώδικα	end
EQU	Ορίζει μια σταθερά	<label>equ<expr>
ERROR	Εμφανίζει μήνυμα λάθους αν υπάρξει	error"<text string>"
ERRORLEVEL	Ορίζει το επίπεδο για την εμφάνιση λαθών	errorlevel"0 1 2 [<+>]<message number>"
EXITM	Έξοδος από μακροεντολή	exitm
EXPAND	Επεκτείνει την λίστα της μακροεντολής	expand
NOEXPAND	Απενεργοποιεί την επέκταση της μακροεντολής	noexpand
EXTERN	Ορίζει εξωτερική ετικέτα	extern<label>[,<label>]
FILL	Τοποθετεί δεδομένα σε διεύθυνση της μνήμης προγράμματος	[<label>]fill<expr>,<count>
GLOBAL	Εξάγει ορισμένη ετικέτα	global<label>[,<label>]

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

IDATA	Ξεκινά τμήμα δεδομένων αρχικοποίησης τιμών	[<name>]idata[<address>]
IDLOCS	Ορίζει ID τοποθεσίες	idlocs<expr>
#IF	Ξεκινά τμήμα κώδικα με συνθήκη	#if<expr>
#ELSE	Ξεκινά τμήμα κώδικα που εναλλάσσεται με την συνθήκη "Εάν"	#else
#ENDIF	Τερματίζει τμήμα κώδικα με συνθήκη "Εάν"	#endif
#IFDEF	Εκτελεί κώδικα εάν υπάρχει ορισμένο σύμβολο	#ifdef<label>
#IFNDEF	Εκτελεί κώδικα εάν δεν υπάρχει ορισμένο σύμβολο	#ifndef<label>
INCLUDE	Επισυνάπτει αρχείο κώδικα	include<<include file>> "<include file>"
LIST	Ξεκινά επιλογές λίστας και δημιουργεί αρχείο λίστας κώδικα (Αρχείο.lst)	list[<list option>,...,<list option>]
NOLIST	Απενεργοποιεί την δημιουργία αρχείο λίστας κώδικα	nolist
LOCAL	Ορίζει μεταβλητή σε μακροεντολή	local<label>[,<label>]
MACRO	Ξεκινά δημιουργία μακροεντολής	<label>macro{<arg>,...,<arg>}
ENDM	Τερματίζει μακροεντολή	endm
_MAXRAM	Ορίζει την τελευταία διεύθυνση της μνήμης RAM	_maxram<expr>
MESSG	Δημιουργεί μήνυμα για τον χειριστή του μεταγλωττιστή	messg"<message text>"
ORG	Ορίζει την αρχή του κώδικα (Origin)	[<label>]org<expr>
PAGE	Υποχρεώνει τον μεταγλωττιστή να αλλάξει σελίδα	page
PAGESEL	Δημιουργεί κώδικα επιλογής σελίδας μνήμης ROM	pagesel<label>
PROCESSOR	Ορίζει τον τύπο του μικροεπεξεργαστή	processor<processor_type>
RADIX	Ορίζει το σύστημα αρίθμησης	radix<default radix>
RES	Δεσμεύει τμήμα μνήμης ως εφεδρικό	[<label>]res<mem_units>
SET	Ορίζει μεταβλητή για τον μεταγλωττιστή	<label>set<expr>
SPACE	Εισάγει κενές γραμμές κειμένου	space<expr>
TITLE	Ορίζει τον τίτλο του κώδικα	title"<title text>"
SUBTITLE	Ορίζει τον υπότιτλο του κώδικα	subtitle"<sub text>"
UDATA	Ξεκινά τμήμα μη αρχικοποιημένων δεδομένων	[<name>]udata[<address>]
UDATA_ACS	Ξεκινά πρόσβαση σε τμήμα μη αρχικοποιημένων δεδομένων	[<name>]udata_acs[<address>]
UDATA_OVR	Ξεκινά τμήμα επικαλυπτόμενων δεδομένων	[<name>]udata_ovr[<address>]
UDATA_SHR	Ξεκινά τμήμα δεδομένων κοινής χρήσης	[<name>]udata_shr[<address>]
VARIABLE	Ορίζει μεταβλητή συμβόλου	variable<label>[=<expr>,...,<label>[=<expr>]]
WHILE	Ξεκινά κύκλο επανάληψης κώδικα εάν η συνθήκη είναι αληθής	while<expr>
ENDW	Τερματίζει κύκλο επανάληψης κώδικα	endw

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ 12F683

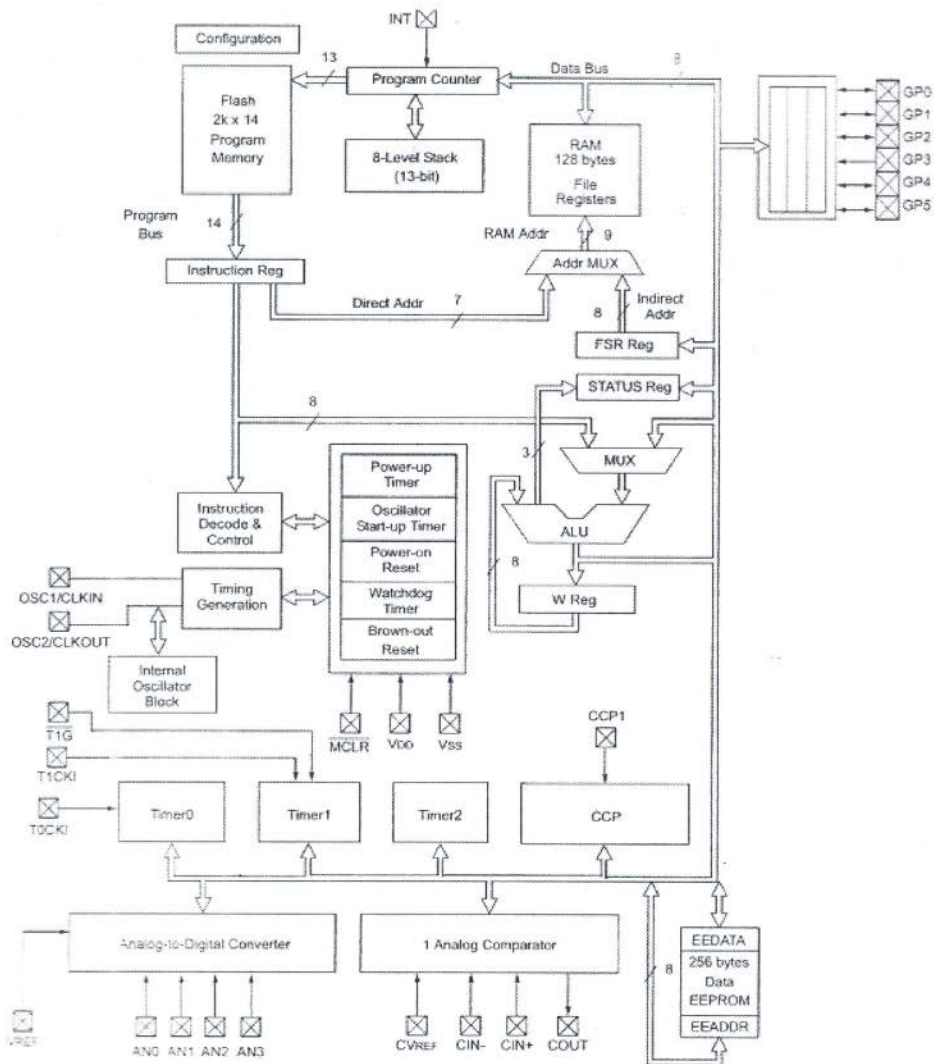
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΙΚΡΟΕΓΚΤΗ

Ο PIC12F675 διατίθεται σε συσκευασία των οχτώ ακίδων και έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Ταχύτητα λειτουργίας
-Μέχρι 20 MHz κρύσταλλο ή το εσωτερικό ρολόι
- Ικανότητα Διακοπών
- Σωρός οωχτώ διόδων
- Άμμεσος κ έμμεσος τρόπος διευθυνσιοδότησης
- Ακριβές εσωτερικός ταλαντωτής
- Διαθέτει τρόπο λειτουργίας χαμηλής κατανάλωσης
- Ευρύ φάσμα τάσης λειτουργίας (2-5V)
- Αυξημένο φάσμα θερμοκρασίας
- Ψηφείο ένδειξης πρόκλησης Reset Power on Reset(POR)
- PWRT
- Κυκλώμα έρευνας πτώσης τάσης και πρόκληση Reset BOR
- Έναν ανεξάρτητο χρονιστή επιτήρησης(WDT)
- Προγραμματιζόμενη παρεμβολή ή όχι αντιστάσεων pull-up στις ακίδες
- Η μνήμη EPPROM αντέχει σε 1.000.000 κύκλους εγγραφής/ανάγνωσης
- Η μνήμη FLASH αντέχει σε 100.000. κύκλους εγγραφής/ανάγνωσης και διατηρεί τα περιεχόμενα πάνω από 40 χρόνια
- Ρεύμα συντηρήσεως 50nA,Ρεύμα λειτουργίας 220μΑ,Ρεύμα επιτήρησης 1μΑ
- 6 γραμμές για είσοδο και έξοδο δεδομένων
- Αναλογικό μετατροπέα
- Αναλογικό/Ψηφιακό μετατροπέα
- Timer0 σαν 8 μπιτ χρονιστή ή σαν ρολόι
- Timer1 σαν 16 μπιτ χρονιστή ή σαν ρολόι και εισόδους OSC1 Κ OSC2
- Timer2 σαν χρονιστή ή σαν ρολόι με 8 μπιτ καταχωρητή περιόδου.
- Δυνατότητα προγραμματισμού δια μέσου των ακροδεκτών με υψηλή τάση

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

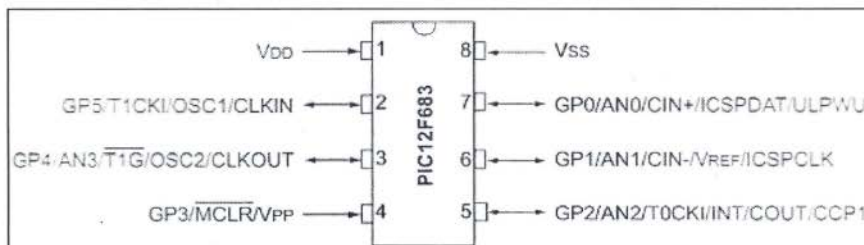
Μπλοκ διάγραμμα του PIC12F683



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

5.2 Οι ακίδες του PIC12F683

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κάτοψη του μικροελεγκτή PIC12F683 με τους οκτώ ακροδέκτες του. Όλοι οι ακροδέκτες πλην της τροφοδοσίας έχουν τουλάχιστον τρεις πολυπλεγμένες λειτουργίες. Για την επιλογή μιας συγκεκριμένης λειτουργίας του ακροδέκτη θα πρέπει να τοποθετηθεί το κατάλληλο ψηφίο σε συγκεκριμένο καταχωρητή SFR.



Περιγραφή των ακιδών του μικροελεγκτή PIC12F683

Ονομασία ακίδας	Τύπος Εισόδου	Τύπος Εξόδου	Περιγραφή λειτουργίας
Vdd	Power		Θετική τροφοδοσία
Vss	Power		Επίπεδο γης
GP0 ANO CIN+ ICSPDAT ULPW	TTL AN AN TTL AN	CMOS CMOS	Αμφίδρομη I/O με προγραμματιζόμενες αντιστάσεις pull-up και με δυνατότητα πρόκλησης διακοπής κατά την αλλαγή επιπέδου τάσης σε αυτήν (interrupt-on-change). Είσοδος του καναλιού 0 μετατροπής A/D. Θετική είσοδος συγκριτή. Ακίδα δεδομένων κατά το σειριακό προγραμματισμό ICSP. Είσοδος χαμηλής κατανάλωσης κατά την εκκίνηση από sleep mode
GP1 AN1 CIN- VREF ICSPCLK	TTL AN AN AN ST	CMOS CMOS	Αμφίδρομη I/O με προγραμματιζόμενες αντιστάσεις pull-up και με δυνατότητα πρόκλησης διακοπής κατά την αλλαγή επιπέδου τάσης σε αυτήν (interrupt-on-change). Είσοδος του καναλιού 1 μετατροπής A/D. Αρνητική είσοδος συγκριτή. Ακίδα—είσοδος εφαρμογής εξωτερικής τάσης αναφοράς για τη μονάδα A/D. Ακίδα μεταφοράς των παλμών ρολογιού κατά το σειριακό προγραμματισμό ICSP.
GP2 AN2 T0CKL INT COUT	ST AN ST ST CMOS	CMOS CMOS	Αμφίδρομη I/O με προγραμματιζόμενες αντιστάσεις pull-up και με δυνατότητα πρόκλησης διακοπής κατά την αλλαγή επιπέδου τάσης σε αυτήν (interrupt-on-change). Είσοδος του καναλιού 2 μετατροπής A/D. Είσοδος για τη μέτρηση παλμών με τον TMRO. Ακίδα είσοδος εξωτερικής διακοπής INT. Έξοδος του συγκριτή.
CCP1	ST	CMOS	Είσοδος σύλληψης. Σύγκριση και PWM έξοδος
GP3 MCLR Vpp	TTL ST HV		Είσοδος με δυνατότητα πρόκλησης διακοπής κατά την αλλαγή επιπέδου τάσης σε αυτήν (interrupt-on-change). Είσοδος για πρόκληση Reset, ή για την εφαρμογή της τάσης προγραμματισμού ICSP. Υψηλή τάση προγραμματισμού ICSP.
GP4 AN3 T1G OSC2 CLKOUT	TTL AN ST CMOS	CMOS XTAL CMOS	Αμφίδρομη I/O με προγραμματιζόμενες αντιστάσεις pull-up και με δυνατότητα πρόκλησης διακοπής κατά την αλλαγή επιπέδου τάσης σε αυτήν (interrupt-on-change). Είσοδος του καναλιού 3 μετατροπής A/D. Είσοδος που επιτρέπει τη μέτρηση παλμών από τον TMR1. Ακίδα σύνδεσης του κρυστάλλου. Έξοδος συχνότητας Fosc/4.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

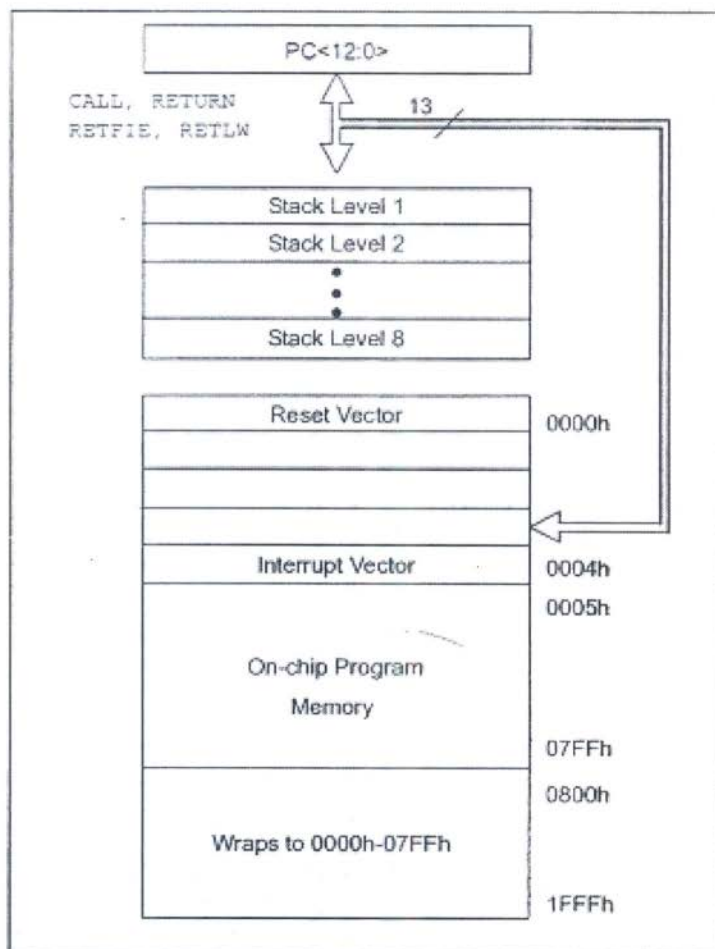
GP5	TTL	"CMO	Αμφίδρομη I/O με προγραμματιζόμενες αντιστάσεις pull-up και με δυνατότητα πρόκλησης διακοπής κατά την αλλαγή επιπέδου τάσης σε αυτήν (interrupt-on- change)
TICK1	ST		Είσοδος-ρολόι για τη μέτρηση παλμών με τον TMR1
OSC1		XTAL	Ακίδα σύνδεσης του κρυστάλλου
CLKIN	ST		Ακίδα σύνδεσης εξωτερικού κρυστάλλου ή ταλαντωτή RC

5.3 Οργάνωση της μνήμης προγράμματος

Ο απαρτιζόμενος του προγράμματος του PIC12F683 είναι 13-ψηφιος. Αυτός θα μπορούσε να διευθυνσιοδοτεί συνολική μνήμη μεγέθους 8k x 14 λέξεων. Από αυτές όμως χρησιμοποιούνται μόνον οι 2k x 14 διευθύνσεις, που βρίσκονται στην περιοχή 0000h - 07FFh.

Το άνωμα της διακοπής Reset βρίσκεται στη διεύθυνση 0000h, ενώ το άνωμα όλων των υπολοίπων διακοπών βρίσκεται στη διεύθυνση 0004h. Ο σωρός αποτελείται από οκτώ θέσεις οι οποίες δεν καταλαμβάνουν θέσεις στη μνήμη δεδομένων και δεν είναι άμεσα προσπελάσιμες με εντολές, παρά μόνο με την κλήση υπορουτινών (συμπεριλαμβάνονται και οι ρουτίνες εξυπηρέτησης διακοπών).

Η μνήμη προγράμματος και ο σωρός του μικροελεγκτή 12f683



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

5.4 Οργάνωση της μνήμης δεδομένων

Η μνήμη δεδομένων του 12F683 είναι χωρισμένη σε 2 σειρές (Banks), όπου βρίσκονται οι καταχωρητές γενικής χρήσης GPR (General Purpose Registers) και οι καταχωρητές ειδικής χρήσης SFR (Special Function Register). Οι καταχωρητές SFR βρίσκονται στις 32 πρώτες θέσεις κάθε μιας από τις δύο σειρές, καταλαμβάνοντας έτσι τις περιοχές 20h-7Fh στη Bank0 και A0-BFh στη Bank1. Οι διευθύνσεις-καταχωρητές⁴ που βρίσκονται στην περιοχή 20h-7Fh αποτελούν στην πραγματικότητα τους καταχωρητές γενικής χρήσης GPR μπορούν να θεωρηθούν

και να χρησιμοποιηθούν ως στατική μνήμη RAM. Η περιοχή FOh-FFh της Bank1 και η περιοχή 70h-7Fh της Bank0 είναι διαθέσιμες για διευθυνσιοδότηση, η υπόλοιπη περιοχή μνήμης μένει άθικτη και επιστρέφει στο '0' μετά την εγγραφή. Η σειρά (Bank) καταχωρητών επιλέγεται από το ψηφίο RPO (STATUS<5>) του καταχωρητή STATUS. Έτσι, για BANK0 επιλέγεται το ψηφίο 0 στο RPO ενώ για BANK1 επιλέγεται το ψηφίο 1. Κάθε καταχωρητής μπορεί να προσπελάσσεται είτε με τον άμεσο, είτε με τον έμμεσο τρόπο. Οι καταχωρητές FSR χρησιμοποιούνται από τον επεξεργαστή και της περιφερειακές λειτουργίες για τον έλεγχο των καταστροφικών λειτουργιών της συσκευής. Αυτοί οι καταχωρητές είναι στην στατική μνήμη. Οι ειδικοί καταχωρητές μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Επίσης οι ειδικοί καταχωρητές συνεργάζονται με τον πηρύνα και περιγράφονται παρακάτω.

Η οργάνωση της μνήμης δεδομένων

File Address	File Address
Indirect addr ⁽¹⁾ 00h	Indirect addr ⁽¹⁾ 80h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h
PCL 02h	PCL 82h
STATUS 03h	STATUS 83h
FSR 04h	FSR 84h
GPIO 05h	TRISIO 85h
06h	86h
07h	87h
08h	88h
09h	89h
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch
0Dh	8Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh
TMR1H 0Fh	OSCCON 8Fh
T1CON 10h	OSCTUNE 90h
TMR2 11h	91h
T2CON 12h	PR2 92h
CCPR1L 13h	93h
CCPR1H 14h	94h
CCP1CON 15h	WPU 95h
16h	IOC 96h
17h	97h
WDTCON 18h	98h
CMCON0 19h	VRCON 99h
CMCON1 1Ah	EEDAT 9Ah
1Bh	EEDR 9Bh
1Ch	EECON1 9Ch
1Dh	EECON2 ⁽¹⁾ 9Dh
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh
ADCON0 1Fh	ANSEL 9Fh
20h	ADn 00h
General Purpose Registers 96 Bytes	5Fh
	C0h
	EFh
	FDh
	FFh
BANK 0	BANK 1

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Πίνακας των καταχωρητών SFR που βρίσκονται στην τραπεζα 0

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Page
Bank 0											
00h	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								xxxx xxxx	17, 90
01h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxx xxxx	41, 90
02h	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	17, 90
03h	STATUS	IRP ⁽¹⁾	RP1 ⁽¹⁾	RP0	T0	PD	Z	DC	C	0001 1xxxx	11, 90
04h	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	17, 90
05h	GPIO	—	—	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0	--xx xxxx	31, 90
06h	—	Unimplemented								—	—
07h	—	Unimplemented								—	—
08h	—	Unimplemented								—	—
09h	—	Unimplemented								—	—
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for upper 5 bits of Program Counter				---	0000	17, 90
0Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	GPIE	TDIF	INTF	GPIF	0000 0000	13, 90
0Ch	PIR1	EEIF	ADIF	CCP1IF	—	CMIF	OSFIF	TMR2IF	TMR1IF	000- 0000	15, 90
0Dh	—	Unimplemented								—	—
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1								xxxx xxxx	44, 90
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1								xxxx xxxx	44, 90
10h	T1CON	T1GINV	TMR1GE	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	0000 0000	47, 90
11h	TMR2	Timer2 Module Register								0000 0000	49, 90
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	50, 90
13h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register 1 Low Byte								xxxx xxxx	76, 90
14h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register 1 High Byte								xxxx xxxx	76, 90
15h	CCP1CON	—	—	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	75, 90
16h	—	Unimplemented								—	—
17h	—	Unimplemented								—	—
18h	WDTCON	—	—	—	WDTPS3	WDTPS2	WDTPS1	WDTPS0	SWDTEN	---0 1000	97, 90
19h	CMCON0	—	COUT	—	CINV	CIS	CM2	CM1	CM0	-0-0 0000	56, 90
1Ah	CMCON1	—	—	—	—	—	—	T1GSS	CMSYNC	---- --10	57, 90
1Bh	—	Unimplemented								—	—
1Ch	—	Unimplemented								—	—
1Dh	—	Unimplemented								—	—
1Eh	ADRESH	Most Significant 8 bits of the left shifted A/D result or 2 bits of right shifted result								xxxx xxxx	81, 90
1Fh	ADCON0	ADFM	VCFG	—	—	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON	00-- 0000	85, 90

Πίνακας των καταχωρητών SFR που βρίσκονται στην τραπεζα 1

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Page
Bank 1											
80h	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								xxxx xxxx	17, 90
81h	OPTION_REG	GPPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	12, 90
82h	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	17, 90
83h	STATUS	IRP ⁽¹⁾	RP1 ⁽¹⁾	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	11, 90
84h	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	17, 90
85h	TRISIO	—	—	TRISIO5	TRISIO4	TRISIO3	TRISIO2	TRISIO1	TRISIO0	--11 1111	32, 90
86h	—	Unimplemented								—	—
87h	—	Unimplemented								—	—
88h	—	Unimplemented								—	—
89h	—	Unimplemented								—	—
8Ah	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for upper 5 bits of Program Counter					---0 0000	17, 90
8Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INT0	GPIE	T0IF	INTF	GPIF	0000 0000	13, 90
8Ch	PIE1	EEIE	ADIE	CCP1IE	—	CMIE	OSFIE	TMR2IE	TMR1IE	000- 0000	14, 90
8Dh	—	Unimplemented								—	—
8Eh	PCON	—	—	ULPWUE	SBOREN	—	—	POR	BOR	--01 --qz	16, 90
8Fh	OSCCON	—	IRCF2	IRCF1	IRCF0	OSTS ⁽²⁾	HTS	LTS	SCS	-110 x000	20, 90
90h	OSCTUNE	—	—	—	TUN4	TUN3	TUN2	TUN1	TUN0	---0 0000	24, 90
91h	—	Unimplemented								—	—
92h	PR2	Timer2 Module Period Register								1111 1111	49, 90
93h	—	Unimplemented								—	—
94h	—	Unimplemented								—	—
95h	WPU ⁽³⁾	—	—	WPU5	WPU4	—	WPU2	WPU1	WPU0	--11 -111	34, 90
96h	IOC	—	—	IOC5	IOC4	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	--00 0000	34, 90
97h	—	Unimplemented								—	—
98h	—	Unimplemented								—	—
99h	VRCON	VREN	—	VRR	—	VR3	VR2	VR1	VR0	0-0- 0000	58, 90
9Ah	EEDAT	EEDAT7	EEDAT6	EEDAT5	EEDAT4	EEDAT3	EEDAT2	EEDAT1	EEDAT0	0000 0000	71, 90
9Bh	EEADR	EEADR7	EEADR6	EEADR5	EEADR4	EEADR3	EEADR2	EEADR1	EEADR0	0000 0000	71, 90
9Ch	EECON1	—	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD	---- x000	72, 91
9Dh	EECON2	EEPROM Control Register 2 (not a physical register)								---- ----	72, 91
9Eh	ADRESL	Least Significant 2 bits of the left shifted result or 8 bits of the right shifted result								xxxx xxxx	86, 91
9Fh	ANSEL	—	ADCS2	ADCS1	ADCS0	ANS3	ANS2	ANS1	ANS0	-000 1111	33, 91

5.5 ΨΗΦΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ (Configuration Word Bits)

Τα ψηφία αρχικής μορφοποίησης χρησιμεύουν στον καθορισμό των παραμέτρων λειτουργίας του υλικού των μικροελεγκτών PIC. Γράφονται κατά το φόρτωμα του αρχείου *.hex στη μνήμη Flash, δηλαδή κατά τον προγραμματισμό του τσιπ. Μια από τις δυνατότητες που προσφέρονται κατά την εγγραφή της λέξης αρχικής μορφοποίησης είναι η προστασία της μνήμης ROM από πειρατεία. Η δυνατότητα αυτή θα πρέπει κανονικά κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης να απενεργοποιείται και να ενεργοποιείται κατά την προώθηση του τελικού προϊόντος.

Αρχική τιμή της λέξης αρχικής μορφοποίησης κατά την αγορά του μη προγραμματισμένου τσιπ είναι η SFFFh. Κατά την τροφοδότηση του ολοκληρωμένου καθορίζεται με τα ψηφία αυτά ο τρόπος λειτουργίας του ολοκληρωμένου. Τα ψηφία της λέξης αρχικής μορφοποίησης αποθηκεύονται μια φορά κατά την εγγραφή του προγράμματος στη μνήμη ROM του ολοκληρωμένου και είναι χαρτογραφημένα στη διεύθυνση 2007h. Τα ψηφία αυτά δεν είναι δυνατό να διαβασθούν από το πρόγραμμα του χρήστη. Ο καλύτερος τρόπος για την αποθήκευσή τους κατά τον προγραμματισμό του ολοκληρωμένου, είναι να γραφεί στην αρχή του κώδικα που θα αποθηκευθεί στη μνήμη μια εντολή της μορφής:

`__CONFIG _XT_OSC & _PWRTE_ON & _BODEN_OFF & _CP_OFF & _WDT_ON`

- Παράδειγμα τρόπου σύνταξης προγράμματος σε γλώσσα assembly

LIST p = p16f84 ;Οδηγία πως θα δημιουργηθεί το αρχείο λίστας
#INCLUDE <P16f84.INC> ;Αρχείο που θα συμπεριληφθεί. Περιέχει τις αντιστοιχίες διευθύνσεων καταχωριστών

__CONFIG _XT_OSC & _PWRTE_ON & _BODEN_OFF & _CP_OFF & _WDT_ON ;Καθορισμός των αρχείων αρχικής μορφοποίησης
org 0x00 ;Αρχή της μνήμης προγράμματος
RESET_A: ;Πρώτη προς εκτέλεση εντολή μετά το reset

End ;Δηλωση στον assembler για το τέλος του προγράμματος.

Τα σύμβολα της οδηγίας **`__CONFIG`**

Oscillators	<code>_RC_OSC</code>
	<code>_EXTRC_OSC</code>
	<code>_EXTRC_OSC _CLKOUT</code>
	<code>_EXTRC_OSC _NOCLKOUT</code>
	<code>_INTRC1DSC</code>
	<code>_INTRC_OSC _CLKOUT</code>
	<code>_INTRC_OSC _NOCLKOUT</code>
	<code>_LP_OSC</code>
	<code>_XT_OSC</code>
	<code>_HS_OSC</code>
Watch Dog Timer	<code>_WDT_ON</code>
	<code>_WDT_OFF</code>
Power-up Timer	<code>_PWRTE_ON</code>
	<code>_PWRTE_OFF</code>
Brown-out Reset	<code>_BODEN_ON</code>
	<code>_BODEN_OFF</code>
Master Clear Enable	<code>_MCLR_ON</code>
	<code>_MCLR_OFF</code>
Code Protect	<code>_CP_ALL</code>

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

	_CP_ON
	_CP_75
	_CP_50
	CP_OFF
Code Protect Data EEPROM	JDP_ON
	_DP_OFF
Code Protect Calibration Space	_CPC_ON
	_CPC_OFF

Τα ψηφία της λέξης αρχικής μορφοποίησης

CP1	CP0	DEBUG	-	WRT	CPD	LVP	BODEN			PWRT	WDTE	FOSC1	FOSC0
-----	-----	-------	---	-----	-----	-----	-------	--	--	------	------	-------	-------

CP1:CP0: Ψηφία προστασίας του κώδικα

11 = Η μνήμη δεν προστατεύεται

10 = Προστασία μιας συγκεκριμένης περιοχής μνήμης, που εξαρτάται από το ολοκληρωμένο

01 = Προστασία μιας συγκεκριμένης περιοχής μνήμης, που εξαρτάται από το ολοκληρωμένο

00 = Όλη η μνήμη προστατευμένη

CPD: Ψηφία προστασίας των δεδομένων της μνήμης EEPROM

1 = Η μνήμη δεδομένων EEPROM δεν προστατεύεται

0 = Προστασία της μνήμης δεδομένων EEPROM

BODEN: Ψηφίο ενεργοποίησης Reset από πτώση τάσης

1 = BOR (Brown-out Reset) ενεργοποιημένο

0 = BOR απενεργοποιημένο

PWRT: Ψηφίο ενεργοποίησης του χρονιστή PWRT (Power-up Timer)

1 = PWRT απενεργοποιημένος

0 = PWRT ενεργοποιημένος

MCLR: Ψηφίο επιλογής λειτουργίας της ακίδας MCLR

1 = Η ακίδα θα χρησιμοποιηθεί για πρόκληση διακοπής Reset.

0 = Η ακίδα θα χρησιμοποιηθεί ως ψηφιακή είσοδος. Το MCLR είναι εσωτερικά συνδεδεμένο με τη V_{DD}

WDTE: Ψηφίο ενεργοποίησης του χρονιστή επιτήρησης Watchdog Timer

1 = WDT ενεργοποιημένος

0 = WDT απενεργοποιημένος

FOSCJ:FOSCO: Ψηφία επιλογής ταλαντωτή για τα ολοκληρωμένα που διαθέτουν 2 ψηφία για το σκοπό αυτό.

11 = Ταλαντωτής RC

10 = Ταλαντωτής HS

01 = Ταλαντωτής XT

00 = Ταλαντωτής LP

FOSC2 FOSCI FOSCO: Ψηφία επιλογής ταλαντωτή για τα ολοκληρωμένα που διαθέτουν 3 ψηφία για το σκοπό αυτό.

111 = Ταλαντωτής εξωτερικός (EXTRC) με παραγωγή σήματος CLKOUT

110 = Ταλαντωτής εξωτερικός (EXTRC) χωρίς παραγωγή σήματος CLKOUT

101 = Ταλαντωτής εσωτερικός (INTRC) με παραγωγή σήματος CLKOUT

100 = Ταλαντωτής εσωτερικός (INTRC) χωρίς παραγωγή σήματος CLKOUT

011 = Μη διαθέσιμη θέση κατελημμένη

010 = Ταλαντωτής HS

001 = Ταλαντωτής XT

000 = Ταλαντωτής LP

5.6 Ο ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ STATUS

Ο καταχωρητής STATUS περιέχει την αριθμητική κατάσταση της αριθμητικής και λογικής μονάδας ALU, την κατάσταση του RESET και τα ψηφία για την επιλογή σειράς (bank) καταχωρητών. Ο καταχωρητής STATUS είναι χαρτογραφημένος και στις 4 σειρές καταχωρητών. Τα ψηφία TO και PD του καταχωρητή STATUS δεν δύνανται να γραφούν. Για το λόγω αυτό, ορισμένες φορές μπορεί όταν γράφεται μια τιμή στον STATUS μπορεί να διαβασθεί διαφορετική τιμή. Για παράδειγμα με την εντολή CLRF STATUS μηδενίζονται τα τρία υψηλότερα ψηφία και τοποθετείται το ψηφίο Z. Με άλλα λόγια, μετά από την εκτέλεση αυτής της εντολής CLRF STATUS το περιεχόμενο του STATUS θα είναι 000u uluu (όπου u = αμετάβλητο). Για το λόγο αυτό προκειμένου να αλλάχθει το περιεχόμενο του καταχωρητή STATUS θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι εντολές BCF, BSF, SWAPF και MOVWF, επειδή οι εντολές αυτές δεν επηρεάζουν τα ψηφία σημαίες Z, C ή DC.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C
bit 7					bit 0		
Όπου:							
R = Αναγνώσιμο ψηφίο					W = Εγράψιμο ψηφίο		
U = Μη χρησιμοποιούμενο ψηφίο που διαβάζεται σαν 0					n = Τιμή μετά από POR reset		

Ψηφίο 7 IRP: Ψηφίο επιλογής σειράς καταχωρητών (Χρησιμοποιείται για-την έμμεση διευθυνσιοδότηση)

1 = Bank 2, 3 (100h - iFFh)

0 = Bank 0, 1 (00h - FFh)

Ψηφία 6:5 RP1:RPO: Ψηφία επιλογής σειράς καταχωρητών (Χρησιμοποιείται για την άμεση διευθυνσιοδότηση)

11=Bank3(180h- iFFh)

10 = Bank2(100h- 17Fh)

01 =Bank1 (80h-FFh)

00 = Bank 0 (00h - 7Fh)

Κάθε σειρά αποτελείται από =128 (0-1Fh) bytes.

Ψηφίο 4 TO: (Time out). Ψηφίο ένδειξης λήξης χρόνου

1 = Μετά από την αρχική τροφοδότηση, με την εκτέλεση της εντολής CLRWDΤ ή της εντολής SLEEP.

0 = Συνέβη λήξη χρόνου του χρονιστή φύλαξης WDT

Ψηφίο 3 PD: Ψηφίο ένδειξης κατάστασης χαμηλής κατανάλωσης Power-down

1 = Μετά από την αρχική τροφοδότηση ή με την εκτέλεση της εντολής CLRWDΤ

0 = με την εκτέλεση της εντολής SLEEP

Ψηφίο 2 Z: Ψηφίο ένδειξης μηδενισμού

1 = Το αποτέλεσμα μιας αριθμητικής ή λογικής εντολής είναι μηδέν

0 = Το αποτέλεσμα μιας αριθμητικής ή λογικής εντολής δεν είναι μηδέν

Ψηφίο 1 DC: Κρατούμενο/ δανειζόμενο μετά από την εκτέλεση των εντολών ADDWF, ADDLW,

SUBLW, SUBWF (για δανειζόμενο αναστρέφεται η πολικότητα του ψηφίου)

1 = Όποτε προκύπτει κρατούμενο από το 4PoP ψηφίο στο αποτέλεσμα

0 = Όποτε δεν προκύπτει κρατούμενο από το 4PoP ψηφίο στο αποτέλεσμα

Ψηφίο 0 C: Κρατούμενο/ δανειζόμενο μετά από την εκτέλεση των εντολών ADDWF, ADDLW, SUBLW, SUBWF

1 = Όποτε προκύπτει κρατούμενο

0 = Όποτε δεν προκύπτει κρατούμενο

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

5.7 Οι πόρτες Εισόδου/Εξόδου (GPIO PORT)

Υπάρχουν διαθέσιμες μέχρι έξι εισόδων και εξόδων. Μερικές ή ακόμα και όλες είναι διαθέσιμες σαν εισόδου/εξόδου ανάλογα με την περιφερειακή συσκευή που είναι συνδεδεμένη. Όταν η ακίδα είναι συνδεδεμένη με την περιφερειακή συσκευή, μπορεί η ακίδα να μην χρησιμοποιείται σαν είσοδος ή έξοδος.

5.7.1 GPIO και ο καταχωρητής TRISIO

Ο GPIO αποτελείται από 6 ψηφία αμφίδρομων πορτών. Η αντίστοιχη διεύθυνση δεδομένων του καταχωρητή είναι ο TRISIO. Ρυθμίζοντας ένα TRISIO ψηφίο ίσον με ένα (=1) μετατρέπεις το αντίστοιχο GPIO ψηφίο σαν είσοδο, έτσι ρυθμίζοντας ένα TRISIO ψηφίο ίσον με μηδέν (=0) μετατρέπεις το αντίστοιχο GPIO ψηφίο σαν έξοδο. Το GP3 είναι μια εξαίρεση γιατί λειτουργεί μόνο σαν είσοδος και το αντίστοιχο TRISIO διαβάζεται μόνο σαν 1. Ο TRISIO καταχωρητής ελέγχει τις διευθύνσεις από τα ψηφία του GPIO, ακόμα και αν αυτές χρησιμοποιούνται σαν αναλογικές εισοδοί. Ο χειριστής πρέπει να εξασφαλίζει τα ψηφία του TRISIO καταχωρητή να διατηρούνται με άσσο (1) όταν χρησιμοποιούνται σαν αναλογικές εισοδοί.

- Καταχωρητής γενικής κατάστασης εισόδων /εξόδων GPIO

U-0	U-0	R/W-x	R/W-0	R-x	R/W-0	R/W-0	R/W-0
-	-	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0
bit 7		bit 0					

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0

W = Εγράψιμο ψηφίο
n = Τιμή μετά από POR reset

1'= Bit is set '0'= Bit is cleared x=Bit είναι άγνωστο

Bit 7-6 Δεν χρησιμοποιείται. Διαβάζεται σαν μηδέν

Bit 5-0 **GP<5:0>** :GPIO I/O ψηφίο ακίδας

1 = Η πόρτα είναι > V_{IH}

0 = Η πόρτα είναι < V_{IL}

- Καταχωρητής TRISIO

U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
-	-	TRISIO5	TRISIO4	TRISIO3	TRISIO2	TRISIO1	TRISIO0
bit 7		bit 0					

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0

W = Εγράψιμο ψηφίο
n = Τιμή μετά από POR reset

1'= Bit is set '0'= Bit is cleared x=Bit είναι άγνωστο

Bit 7-6 Δεν χρησιμοποιείται. Διαβάζεται σαν μηδέν

Bit 5:4 **TRISIO<5:4>** :GPIO ψηφία ελέγχου

1 = Η GPIO ακίδα διαμορφώνεται σαν είσοδος

0 = Η GPIO ακίδα διαμορφώνεται σαν έξοδος

Bit 3 **TRISIO<3>** :GPIO ψηφίο ελέγχου

Διαβάζεται μόνο σαν 1, πάντα σαν είσοδος

Bit 2:0 **TRISIO<2:0>** :GPIO ψηφία ελέγχου

1 = Η GPIO ακίδα διαμορφώνεται σαν είσοδος

0 = Η GPIO ακίδα διαμορφώνεται σαν έξοδος

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

5.7.2 Από το πρόγραμμα του PIC12F683 που περιγράφει τον TRISIO καταχωρητή έχουμε:

```
BANKSEL    GPIO                ;select GPIO
CLRF       GPIO                ;καθάρισμος GPIO

BANKSEL    TRISIO              ;select TRISIO
BSF        TRISIO,0            ;an0 is input
BSF        TRISIO,1            ;an1 is input
BCF        TRISIO,2            ;ccp1 is output
```

Επεξήγηση:

Επιλέγουμε τον καταχωρητή GPIO με την ψευδοεντολή BANK SELECT (BANKSEL). Με την εντολή clrf προκαλούμε μηδενισμό των ψηφίων της GPIO. Στην συνέχεια επιλέγουμε τον καταχωρητή TRISIO. Με την εντολή bsf προκαλούμε στις ακίδες 0, 1 να λειτουργούν σαν είσοδοι και με την εντολή bcf προκαλούμε στην ακίδα 2 να λειτουργεί σαν έξοδο.

5.8 Καταχωρητής ANSEL (Analog Select)

Ο Ansel καταχωρητής χρησιμοποιείται για να διαμορφώνει την ρύθμιση εισόδου των ακίδων από ψηφιακή είσοδο/έξοδο σε αναλογική. Έτσι ρυθμίζοντας κατάλληλα τα ψηφία Ansel με υψηλό δηλαδή 1, οι ακίδες διαβάζονται σαν ψηφιακές ενώ με χαμηλό (0) χρησιμοποιούνται οι ακίδες σαν αναλογικές. Η κατάσταση των Ansel ψηφίων δεν επηρεάζουν τις ρυθμίσεις των ψηφιακών εξόδων. Δηλαδή όταν μία ακίδα με TRIS = 0 και Ansel = 1 παραμένει σαν ψηφιακή έξοδος και όταν λειτουργεί σαν είσοδος είναι αναλογική. Αυτό μπορεί να προκαλέσει απροσδόκητη συμπεριφορά κατά την εκτέλεση του read/write modify στις λειτουργίες της αντίστοιχης πόρτας.

• Καταχωρητής ANSEL

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
-	ADCS2	ADCS1	ADCS0	ANS3	ANS2	ANS1	ANS0
bit 7							bit 0

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο

U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0

W = Εγράψιμο ψηφίο

1' = Bit is set 0' = Bit is cleared x = Bit είναι άγνωστο

n = Τιμή μετά από POR reset

Bit 7 Δεν χρησιμοποιείται. Διαβάζεται σαν μηδέν

Bit 6-4 **ADCS<2:0>** :ψηφία ελέγχου ρολογιού A/Ψ μετατροπέα

000 = $F_{OSC}/2$

001 = $F_{OSC}/8$

010 = $F_{OSC}/32$

x11 = F_{RC}

100 = $F_{OSC}/4$

101 = $F_{OSC}/16$

110 = $F_{OSC}/64$

Bit 3-0 **ANS<3:0>** :Αναλογικά ψηφία ελέγχου

1 = Αναλογική είσοδος

0 = Ψηφιακή Είσοδος/ Έξοδος

5.8.1 Από το πρόγραμμα του PIC12F683 που περιγράφει τον ANSEL καταχωρητή έχουμε:

```
BANKSEL    ANSEL                      ;clock Fsc, An0,an1 are analog input
MOVLW     B'00110011'
MOVWF     ANSEL
```

Επεξήγηση:

Επιλέγουμε τον καταχωρητή ANSEL με την ψευδοεντολή BANK SELECT (BANKSEL). Με την εντολή movlw μεταφέρουμε στον working register σε δυαδική μορφή τα ψηφία '00110011'. Τα οποία περιγράφουν ότι κατά την a/d μετατροπή χρησιμοποιεί εσωτερικό ρολόι για αυτήν και επίσης ότι οι ακίδες 0,1 λειτουργούν σαν αναλογικές εισοδοί. Στην συνέχεια την τιμή του working register την μεταφέρουμε στον καταχωρητή ANSEL με την εντολή movwf.

5.9 Καταχωρητής Oscillator Control (OSCCON)

Ο καταχωρητής Oscillator Control ελέγχει το σύστημα του ορλογιού και της συχνότητας με τη σωστή επιλογή των ρυθμίσεων. Ο OSCCON καταχωρητής περιέχει τα ακόλουθα bits:

- Επιλογή των μιλις συχνότητας (IRCF)
- Μπιτις κατάσταση συχνότητας (HTS, LTS)
- Σύστημα ελεγχου ρολογιολυ (OSTS, SCS)

Καταχωρητής Oscillator Control:

U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-0	R-1	R-0	R-0	R/W-0
-	IRCF2	IRCF1	IRCF0	OSTS	HTS	LTS	SCS
bit 7							bit 0

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο

1'= Bit is set '0'= Bit is cleared x=Bit είναι άγνωστο

W = Εγράψιμο
ψηφίο

n = Τιμή μετά από POR reset

Bit 7

χρησιμοποιείται. Διαβάζεται σαν μηδέν

Bit 6-4 **IRCF** <2:0> :Επιλογή μιλις εσωτερικού ταλαντωτή συχνότητας

111 = 8MHz

110 = 4MHz

101 = 2MHz

100 = 1MHz

011 = 500kHz

010 = 250kHz

001 = 125kHz

000 = 31kHz

Bit 3 **OSTS** :Κατάσταση εκκίνησης ταλαντωτή εξωτερικού ρολογιού

1 = Η συσκευή λειτουργεί από το εξωτερικό ρολόι ορισμένο από FOSC <2:0> καταχωρητης αρχικής μορφοποίησης

0 = Η συσκευή λειτουργεί από το εσωτερικό ρολόι

Bit 2 **HTS** :HFINTOSC κατάσταση(Υψηλή συχνότητα – 8 MHz to 125kHz)

1 = HFINTOSC είναι σταθερή

0 = HFINTOSC δεν είναι σταθερή

Bit 1 **LTS** :LFINTOSC μπιτ ισορροπίας (Χαμηλή συχνότητα – 31 kHz)

1 = LFINTOSC είναι σταθερή

0 = LFINTOSC δεν είναι σταθερή

Bit 0 **SCS** : Επιλογή μπιτ συστήματος ρολογιού

1 = Εσωτερικός ταλαντωτής

0 = Πηγή ρολογιού από FOSC <2:0> καταχωρητης αρχικής μορφοποίησης

Δεν



5.9.1 Πρόγραμμα του PIC12F683 που περιγράφει τον OSCCON καταχωρητή έχουμε:

```
(_CONFIG_INTRC_OSC_NOCLKOUT & _WDT_OFF & _MCLRE_ON)
    BANKSEL    OSCCON                ;set clock to 4MHz
    MOVLW      B'01100000'
    MOVWF      OSCCON
```

Επεξήγηση:

Επιλέγουμε τον καταχωρητή OSCCON με την ψευδοεντολή BANK SELECT (BANKSEL). Μεταφέρουμε στον working register σε δυαδική μορφή τα ψηφία '01100000'. Τα οποία περιγράφουν ότι ο PIC12F683 τρέχει με τον εσωτερικό ταλαντωτή με συχνότητα 4MHz. Στην συνέχεια την τιμή του working register την μεταφέρουμε στον καταχωρητή OSCCON.

5.10 Αυτοτελής Μονάδα Timer2

Η μονάδα timer2 αποτελείται από οχτώ ψηφία καταχωρητή και έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Οχτάμπιτο καταχωρητή ρολογιού (TIMER2)
- Οχτάμπιτο καταχωρητή περιόδου (PR2)
- Διακοπή στον TIMER2 σε συνδυασμό με τον PR2
- Ο προμετρητής ρυθμίζεται μέσω προγραμματισμού
- Ο μεταμετρητής ρυθμίζεται μέσω προγραμματισμού

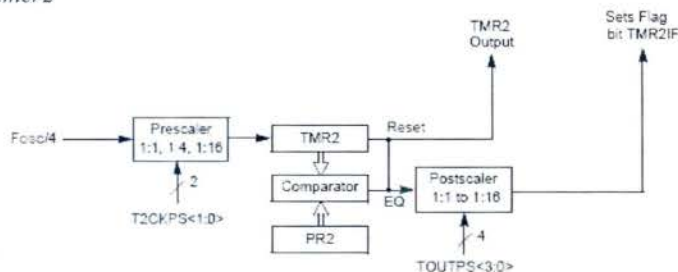
5.10.1 Η λειτουργία του Timer2

Η είσοδος του μετρητή της μονάδας TMR2 είναι το σύστημα των εντολών του μετρητή ($F_{OSC}/4$). Ο μετρητής τροφοδοτεί τον προμετρητή του TMR2 το οποίο έχει ρυθμίσεις σε 1:1, 1:4 ή 1:16. Η έξοδος του προμετρητή χρησιμοποιείται για να αυξήσει τον καταχωρητή του TIMER2. Οι τιμές του TMR2 και PR2 συνεχώς συγκρίνονται για να οριστούν μόλις ταιριάζουν. Ο TMR2 θα αυξάνεται ξεκινώντας από την τιμή 00H μέχρι να ταιριάζει με την τιμή του PR2. Μόλις επιτύχει η ταίριαξη δύο πράγματα συμβαίνουν:

- Ο TMR2 επανατοποθετείται με αρχική τιμή 00h για το επόμενο κύκλο
- Ο μεταμετρητής του TMR2 αυξάνεται

Η έξοδος του συγκριτή TMR2/ PR2 τροφοδοτεί τον μεταμετρητή του TMR2. Ο μεταμετρητής έχει επιλογές ρύθμισης από 1:1 μέχρι 1:16. Η έξοδος του μεταμετρητή TMR2 χρησιμοποιείται για να ενεργοποιήσει το ψηφίο της σημαίας διακοπής (TMR2IF) από τον καταχωρητή PIR1. Οι καταχωρητές TMR2/ PR2 είναι πλήρως αναγνώσιμα και εγράψιμα. Σε κάθε επανατοποθέτηση ο καταχωρητής TMR2 έχει την τιμή 00h και ο καταχωρητής PR2 έχει την τιμή FFh. Ο Timer2 ενεργοποιείται από το ψηφίο TMR2ON ρυθμίζοντας το σε '1' από το καταχωρητή T2CON και απενεργοποιείται ρυθμίζοντας το σε '0'. Ο προμετρητής του Timer2 ελέγχεται από τα ψηφία (T2CKPS) του καταχωρητή T2CON και ο μεταμετρητής του Timer2 ελέγχεται από τα ψηφία (TOUTPS) του καταχωρητή T2CON.

Μπλοκ διάγραμμα του Timer2



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Καταχωρητής ελέγχου Timer2 **T2CON**

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
-	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0

bit 7

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο

U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0

W = Εγράψιμο ψηφίο

1'= Bit is set 0'= Bit is cleared x=Bit είναι άγνωστο

n = Τιμή μετά από POR reset

bit 0

Bit 7 Δεν χρησιμοποιείται. Διαβάζεται σαν μηδέν

Bit 6-3 **TOUTPS<3:0>** :Επιλογή ψηφίων της εξόδου του μεταμετρητή Timer2

0000 =1:1 μεταμετρηση

0001= 1:2 μεταμετρηση

0010= 1:3 μεταμετρηση

0011= 1:4 μεταμετρηση

0100= 1:5 μεταμετρηση

0101= 1:6 μεταμετρηση

0110= 1:7 μεταμετρηση

0111= 1:8 μεταμετρηση

1000 =1:9 μεταμετρηση

1010 =1:10 μεταμετρηση

1011 =1:11 μεταμετρηση

1100 =1:12 μεταμετρηση

1101 =1:13 μεταμετρηση

1110 =1:14 μεταμετρηση

1111 =1:15 μεταμετρηση

Bit 2 **TMR2ON** :Ψηφίο ενεργοποίησης του Timer2

1 = Timer2 ενεργοποιημένος

0 = Timer2 απεργοποιημένος

Bit 1-0 **T2CKPS<1:0>** : Επιλογή ψηφίων του προμετρητή Timer2

00 = Προμέτρηση είναι 1

01 = Προμέτρηση είναι 4

1x = Προμέτρηση είναι 16

5.10.2 Από το πρόγραμμα του PIC12F683 που περιγράφει τον T2CON καταχωρητή έχουμε:

```
BANKSEL    T2CON                                ;enable timer2 with max prescale POSTSCALE 1:1
MOVLW      B'00000110'
MOVWF      T2CON
```

Επεξήγηση:

Επιλέγουμε τον καταχωρητή T2CON με την ψευδοεντολή BANK SELECT (BANKSEL). Μεταφέρουμε στον working register σε δυαδική μορφή τα ψηφία '00000110'. Τα οποία περιγράφουν ότι έχει ενεργοποιηθεί ο Timer2 με την μέγιστη προμέτρηση και μεταμετρητή 1:1. Στην συνέχεια την τιμή του working register την μεταφέρουμε στον καταχωρητή T2CON.

5.11 Μονάδα PWM

Η PWM είναι μια περιφερειακή μονάδα με την οποία επιτρέπει στον χειριστή να χρονομετρεί και να ελέγχει διαφορετικά συμβάντα. Η PWM μέθοδος μπορεί να παράγει διαμορφωμένο παλμό που να διαφέρει στην συχνότητα και τον χρόνο.

Καταχωρητής ελέγχου CCP1 (CCP1CON)

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
-	-	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0
bit 7							
bit 0							

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0 W = Εγγράψιμο ψηφίο

1'= Bit is set 0'= Bit is cleared x=Bit είναι άγνωστο n = Τιμή μετά από POR reset

Bit 7-6 Δεν χρησιμοποιείται. Διαβάζεται σαν μηδέν

Bit 5-4 **DC1B<1:0>** :Τα λιγότερα σημαντικά ψηφία του PWM παλμού

PWM μέθοδος:Είναι τα δύο ψηφία με την χαμηλότερη αξία από την διαμόρφωση των παλμών.

Bit 6-3 **CCP1M<3:0>** :Επιλογή ψηφίων για την CCP μέθοδο

0000 = 1:1 CCP απενεργοποιημένο

0001 = 1:2 Δεν χρησιμοποιείται

0010 = 1:3 Δεν χρησιμοποιείται

0011 = 1:4 Δεν χρησιμοποιείται

0100 = 1:5 Τρόπος σύλληψης σε κάθε πτωτικό μέτωπο

0101 = 1:6 Τρόπος σύλληψης σε κάθε ανερχόμενο μέτωπο

0110 = 1:7 Τρόπος σύλληψης σε κάθε 4ο ανερχόμενο μέτωπο

0111 = 1:8 Τρόπος σύλληψης σε κάθε 16ο ανερχόμενο μέτωπο

1000 = 1:9 Τρόπος σύγκρισης ,όταν κατά τη σύγκριση γίνεται CCP =1 ταυτόχρονα τοποθετείτε το ψηφίο CCP1F =1

1001 = 1:10 Τρόπος σύγκρισης ,όταν κατά τη σύγκριση γίνεται CCP =0 ταυτόχρονα τοποθετείτε το ψηφίο CCP1F =1

1010 = 1:11 Τρόπος σύγκρισης ,όταν κατά τη σύγκριση είναι ίδια παράγεται εσωτερική διακοπή

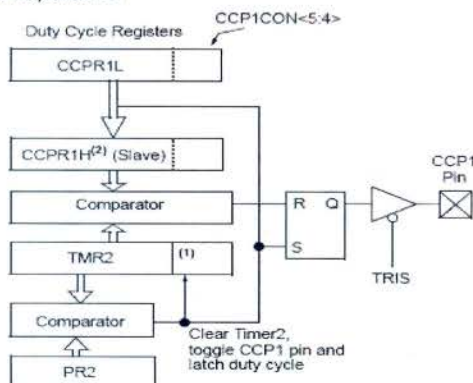
1011 = 1:12 Τρόπος σύγκρισης ,παράγεται ειδικό γεγονός σκανδαλισμού

11x = 1:14 Τρόπος λειτουργίας PWM

11x = 1:15 Τρόπος λειτουργίας PWM

5.11.1 Ο τρόπος παραγωγής παλμών PWM

Η έξοδος της μονάδας PWM τοποθετείται υψηλά για συγκεκριμένο ποσοστιαίο χρονικό διάστημα της περιόδου. Σύμφωνα με τον τρόπο αυτό, παράγονται στην ακίδα εξόδου CCPx παλμοί PWM με διακριτικότητα έως 10 ψηφίων. Επειδή η CCPx είναι πολυπλεγμένη με το latch της πόρτας θα πρέπει να γίνει το αντίστοιχο ψηφίο TRIS=0, έτσι ώστε να λειτουργήσει η CCPx ως ακίδα εξόδου. Το μπλοκ διάγραμμα της μονάδας CCP για παραγωγή παλμών PWM φαίνεται παρακάτω.



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

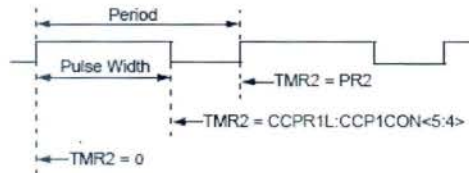
Η περίοδος των παλμών PWM καθορίζεται γράφοντας τον κατάλληλο αριθμό στον καταχωρητή PR2 και υπολογίζεται από μαθηματικό τύπο.

$$PWM\ Period = [(PR2) + 1] \cdot 4 \cdot T_{osc} \cdot (TMR2\ Prescale\ Value)$$

Όταν γίνει $TMR2 = PR2$, τότε συμβαίνουν τα εξής στον επόμενο κύκλο προσαύξησης:

- $TMR2=0$
- Η ακίδα γίνεται $CCPx=1$ (αν όμως είναι PWM duty cycle = 0%, δεν γίνεται)
- Το PWM duty cycle κλειδώνεται από τον $CCPRxL$ στο $CCPRxH$

Η συχνότητα των παλμών PWM είναι ίση με $1/PWM\ period$ όπως βλέπουμε παρακάτω.



Τα ψηφία DCxB9-DCxBO μπορούν να γραφούν οποτεδήποτε, αλλά η τιμή του duty cycle δεν κλειδώνεται στον $CCPRxH$ μέχρι συμβεί η εξίσωση των τιμών των καταχωρητών PR2 και TMR2 (που είναι και το τέλος της τρέχουσας περιόδου). Όταν έχουμε λειτουργία PWM ο καταχωρητής $CCPRxH$ μπορεί μόνο να διαβασθεί. Όταν η τιμή του καταχωρητή $CCPRxH$ συμπεριλαμβανομένων και των 2 ψηφίων είναι ίδια με την τιμή του TMR2 συμπεριλαμβανομένων των 2 ψηφίων του προμετρητή γίνεται η ακίδα $CCPx=0$. Αυτό είναι και το τέλος του duty cycle. Η μέγιστη διακριτικότητα για συγκεκριμένη συχνότητα PWM δίνεται από τον τύπο:

$$Διακριτικότητα = \log(F_{osc}/F_{pwm}) / \log(2)$$

Αν το duty cycle των παλμών PWM είναι μεγαλύτερο από την περίοδο PWM η ακίδα $CCPx$ δεν μηδενίζεται και έτσι έχουμε duty cycle 100%.

5.11.2 Από το πρόγραμμα του PIC12F683 που περιγράφει τον CCP1CON καταχωρητή έχουμε:

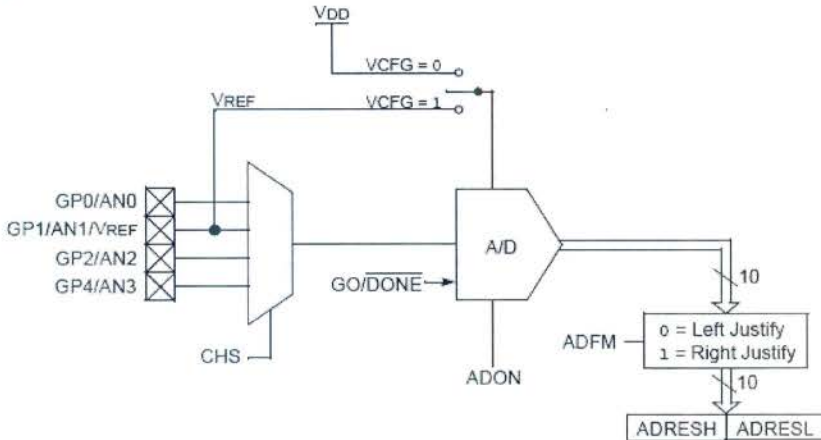
```
BANKSEL    CCP1CON                ;select PWM mode (active high)
MOVLW     B'00001101'
MOVWF     CCP1CON
```

Επεξήγηση:

Επιλέγουμε τον καταχωρητή CCP1CON με την ψευδοεντολή BANK SELECT (BANKSEL). Μεταφέρουμε στον working register σε δυαδική μορφή τα ψηφία '00001101'. Τα οποία περιγράφουν ότι έχει ενεργοποιηθεί η λειτουργία PWM. Στην συνέχεια την τιμή του working register την μεταφέρουμε στον καταχωρητή CCP1CON.

5.12 Μονάδα Μετατροπής Ψηφιακού σε Αναλογικού σήματος

Ο A/D μετατροπέας παρέχει μια μετατροπή από ένα αναλογικό σήμα σε ένα δεκαψηφίο δυαδικό σήμα. Η συσκευή χρησιμοποιεί αναλογικές εισόδους, οι οποίες είναι πολυπλεγμένες σε ένα απλό και σταθερό κύκλωμα. Η έξοδος του κυκλώματος αυτού συνδέεται με την είσοδο του μετατροπέα. Ο μετατροπέας παράγει ένα δεκαψηφίο δυαδικό αποτέλεσμα με την μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων. Το αποτέλεσμα αυτόν αποθηκεύεται στον καταχωρητή ADC. Η τάση αναφοράς μπορεί να είναι είτε η τάση τροφοδοσίας είτε μια εξωτερική τάση. Ο μετατροπέας μπορεί να παράγει κατά την επιτυχή μετατροπή μια εσωτερική διακοπή, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επαναφέρει την συσκευή από την κατάσταση ύπνου. Μπλοκ διάγραμμα του ADC.



5.12.1 Επιλογή Καναλιού

Τα ψηφία CHS του καταχωρητή ADCON0 καθορίζουν πιο κανάλι είναι συνδεδεμένο με το κύκλωμα του μετατροπέα. Όταν γίνει αλλαγή καναλιού, πριν το ξεκίνημα της μετατροπής απαιτείται μια καθυστέρηση χρόνου.

5.12.2 Τάση Αναφοράς του Μετατροπέα

Το ψηφίο VCFG του καταχωρητή ADCON0 παρέχει τον έλεγχο για την θετική τάση αναφοράς. Η θετική τάση αναφοράς μπορεί να είναι είτε η τάση τροφοδοσίας είτε μια εξωτερική πηγή τάσης. Η αρνητική τάση αναφοράς είναι πάντοτε συνδεδεμένη με την γη.

5.12.3 Το Ρολόι του Μετατροπέα

Το ρολόι του μετατροπέα είναι προγραμματιστικά συμβατό μέσω των ψηφίων ADCS του καταχωρητή ANSEL. Υπάρχουν επτά πιθανές επιλογές για το ρολόι.

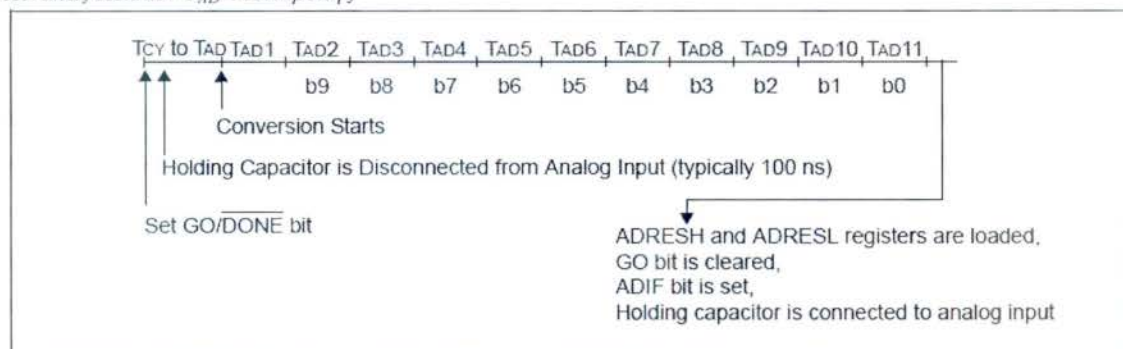
- $F_{OSC}/2$
- $F_{OSC}/4$
- $F_{OSC}/8$
- $F_{OSC}/16$
- $F_{OSC}/32$
- $F_{OSC}/64$
- F_{RC}

Ο χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί ένα ψηφίο μετατροπής ορίζεται ως T_{AD} . Ένας ολοκληρωμένος κύκλος μετατροπής απαιτεί $11 T_{AD}$. Για την σωστή μετατροπή απαιτείται κάθε T_{AD} να έχει συγκεκριμένο χρόνο.

Πίνακας περιόδου του ρολογιού για συσκευές με τάση λειτουργίας άνω των 3.0V

ADC Clock Period (T _{AD})		Device Frequency (F _{osc})			
ADC Clock Source	ADCS<2:0>	20 MHz	8 MHz	4 MHz	1 MHz
F _{osc} /2	000	100 ns ⁽²⁾	250 ns ⁽²⁾	500 ns ⁽²⁾	2.0 μs
F _{osc} /4	100	200 ns ⁽²⁾	500 ns ⁽²⁾	1.0 μs ⁽²⁾	4.0 μs
F _{osc} /8	001	400 ns ⁽²⁾	1.0 μs ⁽²⁾	2.0 μs	8.0 μs ⁽³⁾
F _{osc} /16	101	800 ns ⁽²⁾	2.0 μs	4.0 μs	16.0 μs ⁽³⁾
F _{osc} /32	010	1.6 μs	4.0 μs	8.0 μs ⁽³⁾	32.0 μs ⁽³⁾
F _{osc} /64	110	3.2 μs	8.0 μs ⁽³⁾	16.0 μs ⁽³⁾	64.0 μs ⁽³⁾
FRC	x11	2-6 μs ^(1,4)	2-6 μs ^(1,4)	2-6 μs ^(1,4)	2-6 μs ^(1,4)

Πίνακας Κύκλων T_{AD} Μετατροπής



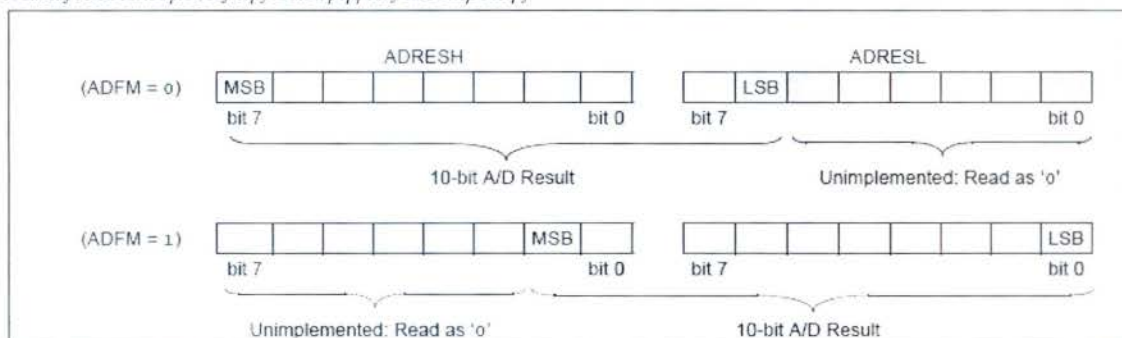
5.12.4 Διακοπές

Ο A/D μετατροπέας παρέχει την ικανότητα να παράγει κατά την επιτυχή μετατροπή μια εσωτερική διακοπή. Η σημαία διακοπής του A/D μετατροπέας είναι το ψηφίο ADIF του καταχωρητή PIR1. Η ενεργοποίηση της διακοπής του A/D μετατροπέας βρίσκεται στο ψηφίο ADIE του καταχωρητή PIE1. Το ψηφίο ADIF πρέπει να μηδενίζεται κατά τον προγραμματισμό.

5.12.5 Αποτέλεσμα της Διαμόρφωσης

Το δεκαψήφιο αποτέλεσμα της μετατροπής μπορεί να παραχθεί σε δύο διατάξεις σε αριστερή ή δεξιά στοίχιση. Το ADFM ψηφίο του ADCON0 καταχωρητή ελέγχει τα αποτελέσματα της εξόδου.

Πίνακας Αποτελέσματος της Δεκαψήφιας Μετατροπής



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

5.13 Λειτουργία Μετατροπής

5.13.1 Εκκίνηση της μετατροπής

Για την ενεργοποίηση του A/D μετατροπέα το ψηφίο ADON του ADCON0 καταχωρητή πρέπει να τοποθετηθεί από 0 σε 1. Τοποθετώντας το ψηφίο GO/DONE του ADCON0 καταχωρητή σε '1' ο A/D μετατροπέας βρίσκεται σε εξέλιξη.

5.13.2 Ολοκλήρωση της μετατροπής

Όταν η μετατροπή ολοκληρωθεί, η μονάδα A/D εκτελεί τις παρακάτω διαδικασίες:

- Μηδενίζει το ψηφίο GO/DONE
- Θέτει το ψηφίο της σημαίας ADIF
- Επανατοποθετεί στους καταχωρητές ADRESH:ADRESL τα καινούργια αποτελέσματα της μετατροπής.

5.13.3 Τερματισμός της μετατροπής

Εάν μια μετατροπή τερματιστεί πριν την ολοκλήρωση της, το ψηφίο GO/DONE μπορεί να καθαριστεί προγραμματιστικά. Οι καταχωρητές ADRESH:ADRESL δεν θα ενημερωθούν με τα καινούργια αποτελέσματα αλλά θα υπάρχουν σε αυτούς τα προηγούμενα. Επιπλέον δύο T_{AD} καθυστέρησης είναι ο απαιτούμενος χρόνος για να ξεκινήσει η καινούργια μετατροπή.

5.14 Καταχωρητής ελέγχου A/D 0 (ADCON0)

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	VCFG	-	-	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON
bit 7							bit 0

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο

U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0

W = Εγγράψιμο ψηφίο

1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit είναι άγνωστο

n = Τιμή μετά από POR reset

Bit 7 **ADFM**: Επιλογή ψηφίου του αποτελέσματος του A/D μετατροπέα

1 = Δεξιά Στοιχισή

0 = Αριστερή στοιχισή

Bit 6 **VCFG**: Ψηφίο τάσης αναφοράς

1 = Τάση ακιδας V_{ref}

0 = Τάση τροφοδοσίας V_{dd}

Bit 5-4 Δεν χρησιμοποιείται. Διαβάζεται σαν μηδέν

Bit 3-2 **CHS<1:0>**: Επιλογή ψηφίων αναλογικού καναλιού

00 = AN0

01 = AN1

10 = AN2

11 = AN3

Bit 1 **GO/DONE**: Ψηφίο κατάστασης του A/D μετατροπέα

1 = Ο A/D μετατροπέας είναι σε εξέλιξη

0 = Η μετατροπή ολοκληρώθηκε/δεν είναι σε εξέλιξη

Bit 0 **ADON**: Ψηφίο ενεργοποίησης του A/D μετατροπέα

1 = Ο A/D μετατροπέας είναι ενεργοποιημένος

0 = Ο A/D μετατροπέας είναι απενεργοποιημένος

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

5.14.1 Από το πρόγραμμα του PIC12F683 που περιγράφει τον ADCON0 καταχωρητή έχουμε:

```
BANKSEL    ADCON0           ;left justified ,ADON=on,AN0
MOVLW     B'00000001'
MOVWF     ADCON0

BSF        ADCON0,GO
CALL      DELAY
BTFSC     ADCON0,GO
GOTO      $-1
MOVF      ADRESH,W           ; ADRESH -> W
BANKSEL    CCPR1L
MOVWF     CCPR1L
```

Επεξήγηση:

Επιλέγουμε τον καταχωρητή ADCON0 με την ψευδοεντολή BANK SELECT (BANKSEL). Μεταφέρουμε στον working register σε δυαδική μορφή τα ψηφία '00000001'. Τα οποία περιγράφουν ότι έχει ενεργοποιηθεί η λειτουργία

του A/D μετατροπέα, τα αποτελέσματα να είναι σε αριστερή στίχιση και σαν αναλογική είσοδος έχει επιλεγεί το κανάλι AN0. Στην συνέχεια την τιμή του working register την μεταφέρουμε στον καταχωρητή ADCON0.

Θέτουμε με την εντολή BSF το ψηφίο GO του καταχωρητή ADCON0 για να έχουμε την μετατροπή σε εξέλιξη. Καλούμε μια καθυστέρηση έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η μετατροπή και ελέγχουμε τότε το ψηφίο GO θα μηδενιστεί. Αφού μηδενιστεί το αποτέλεσμα της μετατροπής έχει αποθηκευτεί στον καταχωρητή ADRESH. Με την εντολή MOVF

ADRESH,W μεταφέρουμε το αποτέλεσμα της μετατροπής από το καταχωρητή στον working register.

Επιλέγουμε το καταχωρητή CCPR1L για να του μεταφέρουμε το αποτέλεσμα από τον working register με αποτέλεσμα να έχουμε στην ακίδα του CCP1 διαμορφωμένους παλμούς.

5.15 Ανάλυση του Προγράμματος Παραγωγής Παλμών PWM

```
=====
;
; CONFIGURATION BITS
;
list      p=12F683
#include "p12f683.inc"
CONFIG    INTRC_OSC_NOCLKOUT & _WDT_OFF & _MCLRE_ON
;
; EQUAL MODE
;
DELAY EQU      0x20
;
; ORIGIN MODE
;
ORG      0x00
GOTO     INIT
;
; DELAY ROUTINE
;
DELAY_1:
MOVLW    .80           ; 0,245μS for 4MHz
MOVWF    DELAY
DECFSZ   DELAY,F
GOTO     $-1
RETURN
=====
```

```

===== INITIALIZATION PROGRAM =====
INIT:
;...PORTS
    BANKSEL    TRISIO
    BSF        TRISIO,0      ;an0 is input
    BSF        TRISIO,1      ;an1 is input
    BCF        TRISIO,2      ;ccp1 is output
;...CLOCK
    BANKSEL    OSCCON        ;set clock to 4MHz
    MOVLW      B'01100000'
    MOVWF      OSCCON
;...ANALOG PORTS
    BANKSEL    ANSEL        ;clock Fsc, An0,
    MOVLW      B'00110011'  ;an1 are analog input
    MOVWF      ANSEL
;...PWM
    BANKSEL    CCP1CON      ;select PWM mode (active high)
    MOVLW      B'00001101'
    MOVWF      CCP1CON
;...CCP1
    CLRF      CCP1RL
;...TIMER2
    BANKSEL    T2CON        ;enable timer2 with max prescale,
    MOVLW      B'00000110'  ;POSTSCALE 1:1
    MOVWF      T2CON
;...PERIOD
    BANKSEL    PR2
    MOVLW      0xFF
    MOVWF      PR2          ;set PWM max period
;...A/D_CONVERT
    BANKSEL    ADCON0      ;left justified ,ADON=on,AN0
    MOVLW      B'00000001'
    MOVWF      ADCON0
=====
===== MAIN PROGRAM =====
MAIN:
    BANKSEL    CCP1RL      ;AN0
    MOVLW      .65         ;25%
    MOVWF      CCP1RL

MAIN1:
    CALL       DELAY_1
    BSF        ADCON0,GO
    BTFSC      ADCON0,GO
    GOTO       $-1
    MOVF       ADRESH,W    ;W
    SUBLW      .128        ;k
    BTFSC      STATUS,0    ;k-w
    GOTO       MAIN1       ;K>W 'H K=W'
    BANKSEL    CCP1RL
    MOVLW      .255        ;k<w
    MOVWF      CCP1RL      ;100%

```

```

BANKSEL    ADCON0
MOVLW      B'00000101'    ;ANI
MOVWF      ADCON0

MAIN2:     CALL      DELAY_1
           BSF        ADCON0,GO
           BTFSC      ADCON0,GO
           GOTO       $-1
           MOVF        ADRESH,W    ;W
           SUBLW      .128         ;k
           BTFSC      STATUS,0     ;k-w
           GOTO       ;K>W 'H K=W
           BANKSEL    CCPR1L
           MOVLW      .65          ;k<w
           MOVWF      CCPR1L      ;25%

=====
END OF PROGRAM
=====
END

```

Περιγραφή των Ψηφίων Μορφοποίησης και Αρχικοποίησης

_INTRC_OSC_NOCLKOUT : Η συσκευή λειτουργεί με εσωτερικό ταλαντωτή χωρίς εξωτερικό ρολόι
 _WDT_OFF : Ο επιτηρητής χρονισμού είναι απενεργοποιημένος
 _MCLR_ON : Προκαλεί επανεκκίνηση δημιουργώντας ένα χαμηλό επίπεδο στην ακίδα MCLR
 ORG 0x00 : Δηλώνει την αρχή της μνήμης προγράμματος
 DELAY EQU 0x20 : Η ονομασία DELAY ισούται με το καταχωρητή με διεύθυνση 0x20

INSTALL PROGRAM

Το install πρόγραμμα που περιέχει τους καταχωρητές ειδικού σκοπού όπως ADCON0, PR2, T2CON, CCP1CON, ANSEL, OSCCON, TRISIO έχουν αναφερθεί εκτενέστερα στα παραπάνω υποκεφάλαια.

Γενική περιγραφή του κυρίου προγράμματος.

Κατά την ενεργοποίηση της συσκευής παράγει παλμούς PWM με duty cycle 25%.

```

BANKSEL    CCPR1L    ;AN0
MOVLW      .65        ;25%
MOVWF      CCPR1L

```

Όταν ανιχνεύσει στην ακίδα AN0 μια τάση μικρότερη του 2,5V το duty cycle παραμένει στα 25% και εκτελεί το βρόχο αυτό έως ότου η τάση ξεπεράσει τα 2,5V. (Η ανίχνευση γίνεται με την βοήθεια του A/D μετατροπέα που αποθηκεύει το αποτέλεσμα της μετατροπής στον working register και συγκρίνεται με μια σταθερή τιμή των 2,5V = 128dec με την μέθοδο της αφαίρεσης) Όταν η τάση γίνει μεγαλύτερη από 2,5V η ακίδα CCP1 παράγει παλμούς PWM με duty cycle 100%.

```

MAIN1:     CALL      DELAY_1    ;(*)
Ανίχνευση: BSF        ADCON0,GO ;(**)
           BTFSC      ADCON0,GO ;(***)
           GOTO       $-1
           MOVF        ADRESH,W    ;W
Σύγκριση:  SUBLW      .128         ;k
           BTFSC      STATUS,0     ;k-w
Βρόχος:    GOTO       MAIN1      ;K>W 'H K=W
           BANKSEL    CCPR1L
           MOVLW      .255         ;k<w
           MOVWF      CCPR1L      ;100%

```



Στην συνέχεια αλλάζουμε ακίδα ανίχνευσης από AN0 σε AN1.

```
BANKSEL    ADCON0
MOVLW      B'00000101'    ;ANI
MOVWF      ADCON0
```

Όταν ανιχνεύσει στην ακίδα AN1 μια τάση μικρότερη του 2,5V το duty cycle παραμένει στα 100% και εκτελεί το βρόχο αυτό έως ότου η τάση ξεπεράσει τα 2,5V. Όταν η τάση γίνει μεγαλύτερη από 2,5V η ακίδα CCP1 παράγει παλμούς PWM με duty cycle 25%. (Η ανίχνευση γίνεται με την βοήθεια του A/D μετατροπέα που αποθηκεύει το αποτέλεσμα της μετατροπής στον working register και συγκρίνεται με μια σταθερή τιμή των 2,5V = 128dec με την μέθοδο της αφαίρεσης)

```
MAIN2:      CALL      DELAY_1    ;( * )
Ανίχνευση:  BSF        ADCON0,GO  ;( ** )
            BTFSC     ADCON0,GO  ;( *** )
            GOTO      $-1
            MOVF      ADRESH,W   ;W
Σύγκριση:  SUBLW      .128        ;k
            BTFSC     STATUS,0   ;k-W
Βρόχος:    GOTO      MAIN2      ;K>W 'H K=W
            BANKSEL   CCPR1L
            MOVLW      .65        ;k<w
            MOVWF     CCPR1L     ;25%
```

- (*) Είναι ο χρόνος καθυστέρησης που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η σύλληψη της τάσης.
- (**) Θέτουμε σε λειτουργία τον A/D μετατροπέα.
- (***) Ελέγχουμε με την μέθοδο polling πότε θα μηδενιστεί το GO ψηφίο το οποίο σημαίνει ότι έχει έρθει η πέρας η μετατροπή.

5.16 ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΡΟΥΤΙΝΕΣ

5.16.1 ΥΠΟΡΟΥΤΙΝΑ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ

Πολλές φορές είναι ευκολότερο να μετρούμε χρονικά διαστήματα μέσω κάποιας ρουτίνας καθυστέρησης, παρά προγραμματίζοντας το υλικό του μικροελεγκτή, δηλαδή τον απεριθμητή/χρονιστή TMRO. Η εκτέλεση κάθε εντολής χρειάζεται τέσσερις κύκλους του ωρολογιακού σήματος, δηλαδή συνολική χρονική διάρκεια 0,5μS εάν η συχνότητα του εξωτερικού ταλαντωτή είναι 4MHz. Ας σημειωθεί ότι οι εντολές διακλάδωσης χρειάζονται 2μS.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια υπορουτίνα, η οποία δημιουργεί συνολική καθυστέρηση 0.5ms για εξωτερικό ταλαντωτή συχνότητας 4MHz.:

DELAY_0.5mS:	MOVLW	D'165'
	MOVWF	TIMER1
DEL_LOOP:	DECFSZ	TIMER1,F
	GOTO	DEL_LOOP
	RETURN	

Κάθε βρόχος DEL_LOOP - GOTO DEL_LOOP διαρκεί χρόνο 3μS. Η εντολή DECFSZ χρειάζεται χρόνο 1μS, ενώ η εντολή GOTO χρειάζεται χρόνο 2μS. Όταν συμβαίνει η παράκαμψη, τότε η εντολή DECFSZ διαρκεί 2μS. Άρα σε κάθε περίπτωση το σύνολο είναι 3μS.

Αρχικά αποθηκεύουμε στον καταχωρητή εργασίας W τον δεκαδικό αριθμό 166. Στην συνέχεια μεταφέρουμε τον δεκαδικό αριθμό 165 από τον W στον καταχωρητή που έχουμε ορίσει με την ονομασία TIMER1. Κάθε φορά που εκτελείται ο βρόχος καθυστέρησης μειώνεται ο καταχωρητής TIMER1 κατά ένα.

Όπως είναι προφανές, ο βρόχος καθυστέρησης θα εκτελεστεί συνολικά 165 φορές προτού συμβεί η επιστροφή (στην οποία η εντολή DECFSZ διαρκεί 2μS) στο κυρίως πρόγραμμα. Άρα η συνολική καθυστέρηση είναι:

$$165 * 3\mu S + 1\mu S = 496\mu S$$

Σε αυτά πρέπει να προστεθούν τα δύο μικροδευτερόλεπτα που διαρκούν οι δύο πρώτες εντολές της υπορουτίνας, καθώς και τα δύο μικροδευτερόλεπτα που διαρκεί η εντολή κλήσης της υπορουτίνας (CALL). Έτσι συνολικά η υπορουτίνα διαρκεί 498μS και επίσης αν χρησιμοποιήσουμε την εντολή CALL η τελική διάρκεια ανέρχεται στα 500 μS

5.16.2 ΥΠΟΡΟΥΤΙΝΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ

Προκειμένου να προσδιορισθεί αν ένας δεδομένος αριθμός είναι μικρότερος, ή μεγαλύτερος, ή ίσος με έναν άλλο αριθμό, θα πρέπει να αφαιρεθούν οι δύο αριθμοί και να προσδιορισθεί αν τοποθετήθηκαν οι σημαίες μηδενισμού Z και κρατούμενου C που βρίσκονται στον καταχωρητή STATUS. Το ψηφίο STATUS<0> του καταχωρητή STATUS είναι το κρατούμενο C και το ψηφίο STATUS <2> είναι το ψηφίο μηδενισμού Z. Με το πιο κάτω πρόγραμμα αφαιρείται με την εντολή sublw ο καταχωρητής W από το k=05 και το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στον W. Το κρατούμενο ελέγχεται και αν είναι C=1 ελέγχεται το ψηφίο Z. Αν είναι Z=0 δείχνεται ότι το αποτέλεσμα σύγκρισης δεν ήταν μηδέν ενώ αν Z=1 το αποτέλεσμα είναι μηδέν δηλαδή $k = w$. Αν είναι C=0 τότε το $k < w$.

```
MOVLW    D'3'                ;W=3 (tyxaios ari8mos)
SUBLW    D'5'                ;K=5 => 5-3 RESULT TO W(tyxaios ari8mos)
BTFS     STATUS,C            ;ELEGXOS AN K<W 'H [K>W 'H' K=W]
GOTO     K_MIKROTERO         ;K<W
BTFS     STATUS,Z            ;ELEGXOS AN K>W 'H' K=W
GOTO     K_MEGALYTERO        ;K>W
GOTO     K_ISON_W            ;K=W
```

ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ 16F872

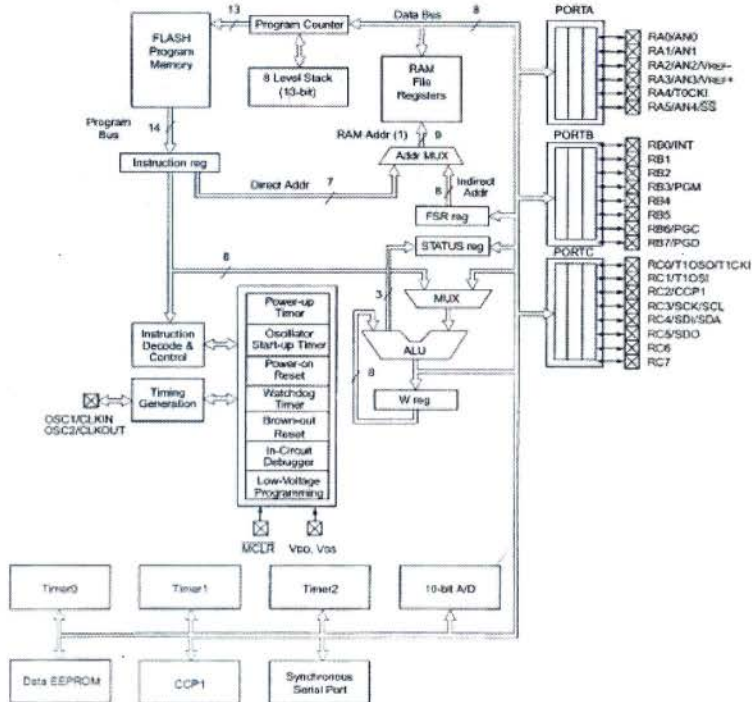
6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΙΚΡΟΕΓΚΤΗ

Ο PIC16F675 διατίθεται σε συσκευασία των 28 ακίδων και έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Υψηλές επιδόσεις του του επεξεργαστή
- Μόνο 35 εντολές λειτουργίας
- Όλοι οι κύκλοι λειτουργίας είναι μόνοι εκτός των βρόχων
- Ταχύτητα λειτουργίας
 - Μέχρι 20 MHz κρύσταλλο
 - 200nS κύκλο λειτουργίας
- Χωρητικότητα 2K χ 14 λέξεων στην μνημη Flash
 - Χωρητικότητα 128 χ 8 λέξεων στην μνημη Ram
 - Χωρητικότητα 64 x 8 λέξεων στην μνημη EEPROM
- Σωρός οκτώ θέσεων
- Ικανότητα Διακοπών
- Άμμεσος κ έμμεσος τρόπος διευθυνσιοδότησης
- Ψηφείο ένδειξης πρόκλησης Reset Power on Reset(POR)
- PWRT και εκκινιτή με κρύσταλλο
- Έναν ανεξάρτητο χρονιστή επιτήρησης(WDT)
- Προστασία του κώδικα προγράμματος
- Εξοικονόμηση ρεύματος με την μέθοδο SLEEP
- Επιλογή ρύθμισης του κρυστάλλου
- Χαμηλή κατανάλωση με μεγάλη ταχύτητα
- Τέλειος στατικός σχεδιασμός
- Προγραμματισμός 'επί τόπου' με την μέθοδο ICSP
- Ικανότητα προγραμματισμού επί τόπου χαμηλής τάσης
- Ευρύ φάσμα τάσης λειτουργίας (2-5V)
- Αναλογικό/Ψηφιακό μετατροπέα
- Timer0 σαν 8 μπιτ χρονιστή ή σαν ρολόι με προμετρητή 8 μπιτ
- Timer1 σαν 16 μπιτ χρονιστή ή σαν ρολόι με προμετρητή
- Timer2 σαν χρονιστή ή σαν ρολόι με 8 μπιτ καταχωρητή περιόδου
- Μία έξοδος για σύλληψη / σύγκριση / PWM
- 10 πολυπλεγμένων καναλιών από αναλογική σε ψηφιακή μετατροπή
- Σύγχρονη σειριακή θύρα με Master/Slave Mode
- Κυκλώμα έρευνας πτώσης τάσης και πρόκληση Reset BOR

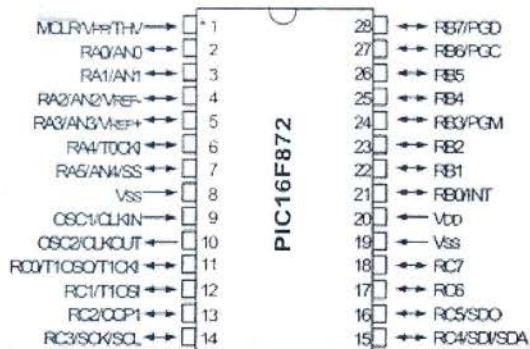
Μπλοκ διάγραμμα του PIC16F872

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F872	2K	128 Bytes	64 Bytes



6.2 Οι ακίδες του PIC16F872

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κάτοψη του μικροελεγκτή PIC12F872 με τους 28 ακροδέκτες του. Όλοι οι ακροδέκτες πλην της τροφοδοσίας έχουν το πολύ τρεις πολυπλεγμένες λειτουργίες. Για την επιλογή μιας συγκεκριμένης λειτουργίας του ακροδέκτη θα πρέπει να τοποθετηθεί το κατάλληλο ψηφίο σε συγκεκριμένο καταχωρητή SFR.



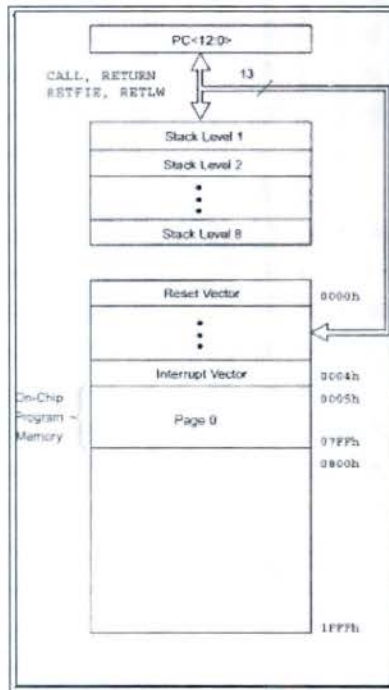
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Περιγραφή των ακιδών του μικροελεγκτή **PIC16F872**

Ονομασία Ακίδας	Περιγραφή Λειτουργίας
OSC1/CLKIN	Είσοδος από τον κρύσταλλο ή από εξωτερικό ρολόι
OSC2/CLKOUT	Εξόδος από τον κρύσταλλο ή από εξωτερικό ρολόι
MCLR/Vpp/THV	Είσοδος Master clear, τάση προγραμματισμού, υψηλή τάση δοκιμής
RA0/AN0	Οι πόρτες Α είναι αμφιδρομες εισόδους/εξόδους Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 0 Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 1 Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 2, αρνητική αναφορά τάσης Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 3, θετική αναφορά τάσης Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - είσοδος για τον Timer0 Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 5 - Επιλογή slave για την σειριακή επικοινωνία
RA1/AN1	
RA2/AN2/Vref-	
RA3/AN3/Vref+	
RA4/TOCKI	
RA5/SS/AN4	
RB0/INT	Οι πόρτες Β είναι αμφιδρομες εισόδους/εξόδους και μπορούν να προγραμματιστούν για pull-up εισόδους Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Εξωτερική διακοπή Ψηφιακή είσοδος/έξοδος Ψηφιακή είσοδος/έξοδος Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Σειριακού προγραμματισμού με χαμηλή τάση Ψηφιακή είσοδος/έξοδος Ψηφιακή είσοδος/έξοδος Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - In-circuit debugger και ακίδα εφαρμογής δεδομένων κατά τον προγραμματισμό ICSP Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - In-circuit debugger και ακίδα εφαρμογής παλμών ρολογιού για προγραμματισμό ICSP
RB1	
RB2	
RB3/PGM	
RB4	
RB5	
RB6/PGC	
RB7/PGD	
RC0/T1OSO/T1CKI	Οι πόρτες Γ είναι αμφιδρομες εισόδους/εξόδους Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Έξοδος ταλαντωτή Timer1- Είσοδος για τον Timer1 Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Είσοδος ταλαντωτή Timer1 Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Είσοδος σύλληψης, έξοδος συγκρίσης1, έξοδος pwm1 Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Σύγχρονο σειριακό ρολόι εισόδου - εξόδου για SPI/I2C Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Είσοδος δεδομένων SPI, Είσοδος/έξοδος δεδομένων I2C Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Έξοδος δεδομένων SPI Ψηφιακή είσοδος/έξοδος Ψηφιακή είσοδος/έξοδος Ψηφιακή γείωση τροφοδοσίας Θετική τάση ψηφιακής τροφοδοσίας
T1/T1OSI	
RC2/CCP1	
RC3/SCK/SCL	
RC4/SDI/SDA	
RC5/SDO	
RC6	
RC7	
Vss	
Vdd	

6.3 Οργάνωση της μνήμης προγράμματος

Η μνήμη προγραμματισμού και δεδομένων έχουν ξεχωριστού διαύλους επικοινωνίας με το να συμβαίνει ταυτόχρονη προσπέλαση. Ο απαριθμητής του προγράμματος του PIC16F872 είναι 13-ψηφιος. Αυτός θα μπορούσε να διευθυνσιοδοτεί συνολική μνήμη μεγέθους 8k x 14 λέξεων. Από αυτές όμως χρησιμοποιούνται μόνον οι 2k x 14 ψηφία στην μνήμη FLASH. Το άνωσμα της διακοπής Reset βρίσκεται στη διεύθυνση 0000h, ενώ το άνωσμα όλων των υπολοίπων διακοπών βρίσκεται στη διεύθυνση 0004h.



6.4 Οργάνωση της μνήμης δεδομένων

Η μνήμη δεδομένων του 16F872 είναι χωρισμένη σε 4 σειρές (Banks), όπου βρίσκονται οι καταχωρητές γενικής χρήσης GPR (General Purpose Registers) και οι καταχωρητές ειδικής χρήσης SFR (Special Function Register). Τα ψηφία RP1 & RP0 είναι τα ψηφία επιλογής των τραπεζών.

RP<1:0>	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

Κάθε τράπεζα εκτείνεται πάνω από 128 bytes. Οι πιο χαμηλές τοποθεσίες καταχωρητών εξυπηρετούνται από τους καταχωρητές ειδικής χρήσης. Πιο πάνω από τους καταχωρητές ειδικής χρήσης βρίσκονται οι καταχωρητές γενικής χρήσης και χρησιμοποιούνται ως στατική μνήμη RAM. Για ταχύτερη προσπέλαση κάποιοι καταχωρητές υψηλής χρήσης χαρτογραφούνται κ στις 4 τράπεζες. Κάθε καταχωρητής FSR μπορεί να προσπελάζεται είτε με τον άμεσο, είτε με τον έμμεσο τρόπο.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Η οργάνωση της μνήμης δεδομένων

Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾	
TMR0	00h	OPTION REG	80h	TMR0	100h	OPTION REG	180h
PCL	01h	PCL	81h	PCL	101h	PCL	181h
STATUS	02h	STATUS	82h	STATUS	102h	STATUS	182h
FSR	03h	FSR	83h	FSR	103h	FSR	183h
PORTA	04h	TRISA	84h		104h		184h
PORTB	05h	TRISB	85h	PORTB	105h	TRISB	185h
PORTC	06h	TRISC	86h		106h		186h
	07h		87h		107h		187h
	08h		88h		108h		188h
	09h		89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽¹⁾	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽¹⁾	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
SSPBUF	13h	SSPAD0	93h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
	18h		98h				
	19h		99h				
	1Ah		9Ah				
	1Bh		9Bh				
	1Ch		9Ch				
	1Dh		9Dh				
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh				
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register		General Purpose Register		accesses 20h-7Fh		accesses A0h-BFh	
96 Bytes		32 Bytes					
			BFh				1BFh
			C0h				1C0h
			EFh		15Fh		1EFh
		accesses 70h-7Fh	F0h	accesses 70h-7Fh	170h	accesses 70h-7Fh	1F0h
			FFh		17Fh		1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Πίνακας των καταχωρητών SFR που βρίσκονται στην τραπεζα 0

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets (2)
Bank 0											
00h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	0000 0000
01h	TMR0	Timer0 module's register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
02h ⁽³⁾	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000
03h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	T0	P0	Z	DC	C	0001 1xxx	000q quuu
04h ⁽³⁾	FSR	Indirect data memory address pointer								xxxx xxxx	uuuu uuuu
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written; PORTA pins when read						--0x 0000	--0u 0000
06h	PORTB	PORTB Data Latch when written; PORTB pins when read								xxxx xxxx	uuuu uuuu
07h	PORTC	PORTC Data Latch when written; PORTC pins when read								xxxx xxxx	uuuu uuuu
08h	—	Unimplemented								—	—
09h	—	Unimplemented								—	—
0Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter				--0 0000	--0 0000	
0Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	(4)	ADIF	(4)	(4)	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	r0rr 0000	r0rr 0000
0Dh	PIR2	—	(4)	—	—	EEIF	BCLIF	—	—	(4)	-r-0 0--r
0Eh	TMR1L	Holding register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Fh	TMR1H	Holding register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	--uu uuuu
11h	TMR2	Timer2 module's register								0000 0000	0000 0000
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	-000 0000
13h	SSPBUF	Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
14h	SSPCON	WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	0000 0000	0000 0000
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register1 (LSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register1 (MSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	--00 0000
18h	—	Unimplemented								—	—
19h	—	Unimplemented								—	—
1Ah	—	Unimplemented								—	—
1Bh	—	Unimplemented								—	—
1Ch	—	Unimplemented								—	—
1Dh	—	Unimplemented								—	—
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/ DONE	—	ADON	0000 00-0	0000 00-0

Πίνακας των καταχωρητών SFR που βρίσκονται στην τραπεζα 1

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets (2)
Bank 1											
60h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	0000 0000
61h	OPTION_REG	RBFU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111
62h ⁽³⁾	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000
63h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	T0	P0	Z	DC	C	0001 1xxx	000q quuu
64h ⁽³⁾	FSR	Indirect data memory address pointer								xxxx xxxx	uuuu uuuu
65h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
66h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
67h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
68h	—	Unimplemented								—	—
69h	—	Unimplemented								—	—
6Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	---0 0000
6Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RSIF	0000 000x	0000 000u
8Ch	PIE1	(4)	ADIE	(4)	(4)	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	r0rr 0000	r0rr 0000
8Dh	PIE2	—	(4)	—	EEIE	BCLIE	—	—	(4)	-r-0 0--r	-r-0 0--r
8Eh	PCON	—	—	—	—	—	—	POR	BOR	---- --qq	---- --uu
8Fh	—	Unimplemented								—	—
90h	—	Unimplemented								—	—
91h	SSPCON2	GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0000 0000	0000 0000
92h	PR2	Timer2 Period Register								1111 1111	1111 1111
93h	SSPADD	Synchronous Serial Port (I ² C mode) Address Register								0000 0000	0000 0000
94h	SSPSTAT	SMP	CKE	D/A	P	S	R/W	UA	BF	0000 0000	0000 0000
95h	—	Unimplemented								—	—
96h	—	Unimplemented								—	—
97h	—	Unimplemented								—	—
98h	—	Unimplemented								—	—
99h	—	Unimplemented								—	—
9Ah	—	Unimplemented								—	—
9Bh	—	Unimplemented								—	—
9Ch	—	Unimplemented								—	—
9Dh	—	Unimplemented								—	—
9Eh	ADRESL	A/D Result Register Low Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0--- 0000	0--- 0000

Πίνακας των καταχωρητών SFR που βρίσκονται στην τραπεζα 2

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets (2)	
Bank 2												
100h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	0000 0000	
101h	TMR0	Timer0 module's register								xxxx xxxx	uuuu uuuu	
102h ⁽³⁾	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000	
103h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C	0001 1xxxx	000q quuu	
104h ⁽³⁾	FSR	Indirect data memory address pointer								xxxxx xxxxx	uuuu uuuu	
105h	—	Unimplemented								—	—	
106h	PORTB	PORTB Data Latch when written. PORTB pins when read								xxxxx xxxxx	uuuu uuuu	
107h	—	Unimplemented								—	—	
108h	—	Unimplemented								—	—	
109h	—	Unimplemented								—	—	
10Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	---0 0000	
10Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u	
10Ch	EEDATA	EEPROM data register								xxxxx xxxxx	uuuu uuuu	
10Dh	EEADR	EEPROM address register								xxxxx xxxxx	uuuu uuuu	
10Eh	EEDATH	—	—	EEPROM data register high byte						xxxxx xxxxx	uuuu uuuu	
10Fh	EEADRH	—	—	—	EEPROM address register high byte						xxxxx xxxxx	uuuu uuuu
Bank 3												
180h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	0000 0000	
181h	OPTION_REG	RBP1	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111	
182h ⁽³⁾	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000	
183h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C	0001 1xxxx	000q quuu	
184h ⁽³⁾	FSR	Indirect data memory address pointer								xxxxx xxxxx	uuuu uuuu	
185h	—	Unimplemented								—	—	
186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111	
187h	—	Unimplemented								—	—	
188h	—	Unimplemented								—	—	
189h	—	Unimplemented								—	—	
18Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	---0 0000	
18Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u	
18Ch	EECON1	EEPGD	—	—	—	WREERR	WREN	WR	RD	x--- x000	x--- u000	
18Dh	EECON2	EEPROM control register2 (not a physical register)								----	----	
18Eh	—	Reserved maintain clear								0000 0000	0000 0000	
18Fh	—	Reserved maintain clear								0000 0000	0000 0000	

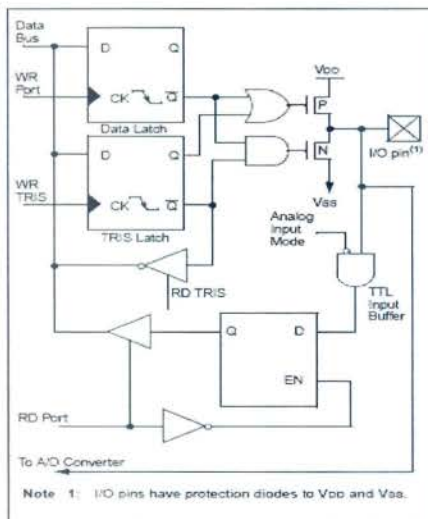
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

6.5 Οι πόρτες Εισόδου/Εξόδου

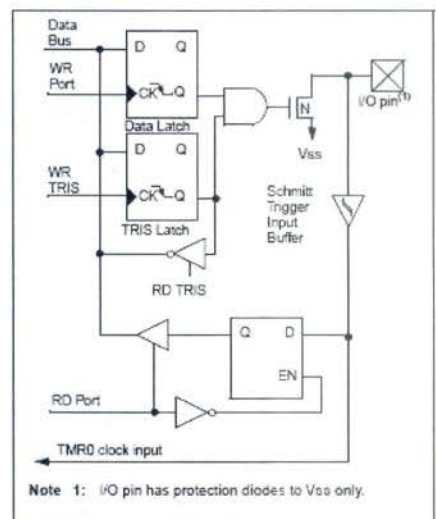
Σε όλους σχεδόν τους μικροελεγκτές PIC καθορίζεται η διεύθυνση των δεδομένων ως είσοδοι ή ως εξοδοι τοποθετώντας κατάλληλα τον καταχωρητή διευθύνσεως δεδομένων που ονομάζεται TRIS. Σε κάθε πόρτα PORT<x> αντιστοιχεί και ένας καταχωρητής TRIS<x>. Τοποθετώντας ένα ψηφίο του καταχωρητή TRIS<x> ίσο με το ένα 'βαφτίζεται' η αντίστοιχη ακίδα της πόρτας είσοδος. Αντίθετα, τοποθετώντας ένα ψηφίο του καταχωρητή TRIS<x> ίσο με το μηδέν, 'βαφτίζεται' η αντίστοιχη ακίδα της πόρτας εξόδου. Ο καταχωρητής PORT<x> είναι το κύκλωμα κλειδώματος (latch) των δεδομένων που στέλνονται στην πόρτα εξόδου. Με άλλα λόγια, ότι στέλνεται στην πόρτα του μικροελεγκτή κλειδώνεται σε αυτήν και παραμένει μέχρι να αλλάξει. Όποτε διαβάζεται η πόρτα διαβάζεται στην πραγματικότητα η ακίδα I/O και όχι το latch. Υπάρχουν εντολές οι οποίες διαβάζουν -τροποποιούν -γράφουν στις ακίδες μιας πόρτας. Όλες οι εντολές εγγραφής σε ακίδα, όπως π.χ. οι BSF και BCF είναι εντολές ανάγνωσης- τροποποίησης- εγγραφής. Για το λόγο αυτό, όποτε γράφεται η πόρτα διαβάζονται οι ακίδες της, η αναγνωσθείσα τιμή τροποποιείται και στη συνέχεια γράφεται στο latch. Προκειμένου να αποφευχθεί το κάψιμο της πόρτας, οι ακίδες εισόδου/ εξόδου διαθέτουν δύο διόδους προστασίας προς την τροφοδοσία V_{dd} και τη V_{ss}.

6.5.1 Πόρτα PORTA και ο TRISA καταχωρητής

Η πόρτα PORTA αποτελείται από αμφίδρομες πόρτες εύρους 6 ψηφίων. Ο αντίστοιχος καταχωρητής δεδομένων του της πόρτας PORTA είναι ο TRISA. Θέτοντας ένα ψηφίο του καταχωρητή TRISA ίσον με ένα διαβάζεται η αντίστοιχη ακίδα του PORTA σαν είσοδος. Επίσης μηδενίζοντας ένα ψηφίο του καταχωρητή TRISA ίσον με μηδέν διαβάζεται η αντίστοιχη ακίδα του PORTA σαν εξόδου. Διαβάζοντας τον καταχωρητή του PORTA διαβάζει την κατάσταση της ακίδας, εφόσον τροποποιηθεί γράφεται και στην πόρτα κλειδώματος. Η ακίδα RA4 είναι πολυπλεγμένη και χρησιμοποιείται σαν είσοδος της μονάδας του χρονιστή TIMER0 σαν ακίδα RA4/T0CKI. Η ακίδα RA4/T0CKI διαθέτει στην είσοδο έναν Schmitt Trigger και είναι ανοιχτού συλλέκτη στην έξοδο. Όλες οι υπόλοιπες ακίδες της πόρτας A είναι επιπέδου TTL ως είσοδοι και διαθέτουν κύκλωμα οδήγησης εξόδου CMOS. Οι άλλες είσοδοι λειτουργούν σαν αναλογικές και αναλογικές τάσης αναφοράς εισόδου, η λειτουργία αυτών ελέγχεται από τα αντίστοιχα ψηφία του καταχωρητή ADCON1. Ο καταχωρητής TRISA ελέγχει της ακίδες της πόρτας A ακόμα και αν αυτε λειτουργουν σαν αναλογικές.



Μπλοκ Διάγραμμα Ακίδων RA0:RA3 & RA5



Μπλοκ Διάγραμμα Ακίδας RA4/T0CKI

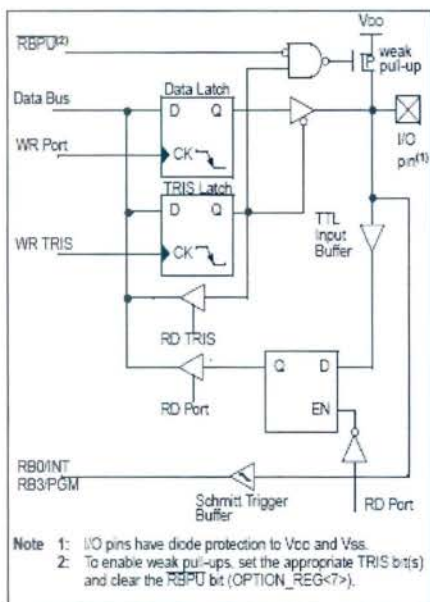
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

6.5.2 Πόρτα PORTB και ο TRISB καταχωρητής

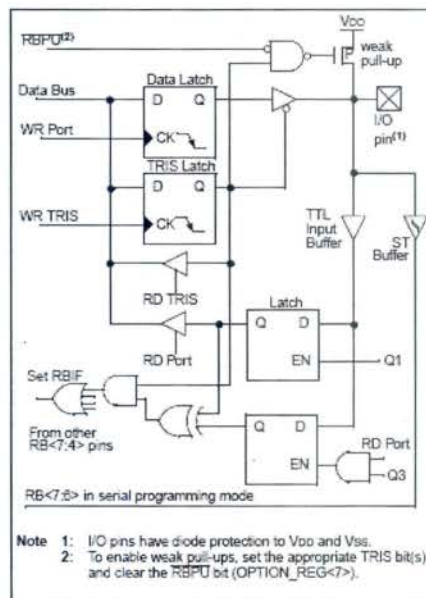
Η πόρτα PORTB είναι αμφίδρομη 8-ψήφια. Ο καταχωρητής διεύθυνσης δεδομένων που αντιστοιχεί στην πόρτα B είναι ο TRISB. Τοποθετώντας ένα ψηφίο του καταχωρητή TRISB=1 ορίζεται το αντίστοιχο κύκλωμα οδήγησης ως είσοδος σε κατάσταση υψηλής αντίστασης. Αντίθετα, τοποθετώντας ένα ψηφίο του καταχωρητή TRISB=0 στέλνονται τα δεδομένα του latch εξόδου στην επιλεγείσα ακίδα. Κάθε μια ακίδα της PORTB διαθέτει μια εσωτερική ασθενή pull-up, που ενεργοποιείται τοποθετώντας το ψηφίο RBPU=0 που είναι το ψηφίο 7 του καταχωρητή OPTION. Οι pull-ups εξαφανίζονται αν οι ακίδες χρησιμοποιούνται σαν έξοδοι.

Τέσσερις από τις ακίδες της PORTB οι RB7-RB4 διαθέτουν τη δυνατότητα πρόκλησης διακοπής κατά την αλλαγή κατάστασης σε αυτές. Αυτό είναι δυνατό, μόνον αν οι ακίδες αυτές χρησιμοποιούνται ως είσοδοι. Οι ακίδες εισόδου RB7-RB4 συγκρίνονται με την προηγούμενη τιμή που είναι κλειδωμένη από την τελευταία ανάγνωση της PORTB. Τέλος, συνδέονται όλες οι ακίδες RB7-RB4 με μια πύλη OR προκειμένου να προκαλέσουν τη διακοπή κατά την αλλαγή τοποθετώντας το ψηφίο RBIF (INTCON<0>). Η σημαία διακοπής μηδενίζεται με τους εξής 2 τρόπους:

- Προσπελαύνοντας την πόρτα PORTB
- Μηδενίζοντας με εντολές τη σημαία RBIF



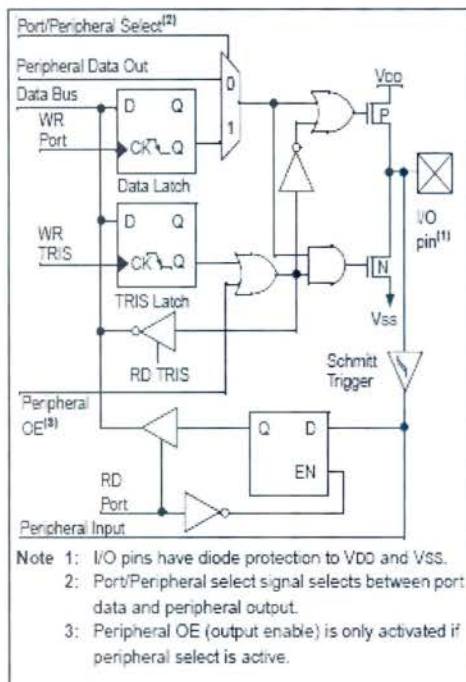
Μπλοκ Διάγραμμα Ακιδών RB0:RB3



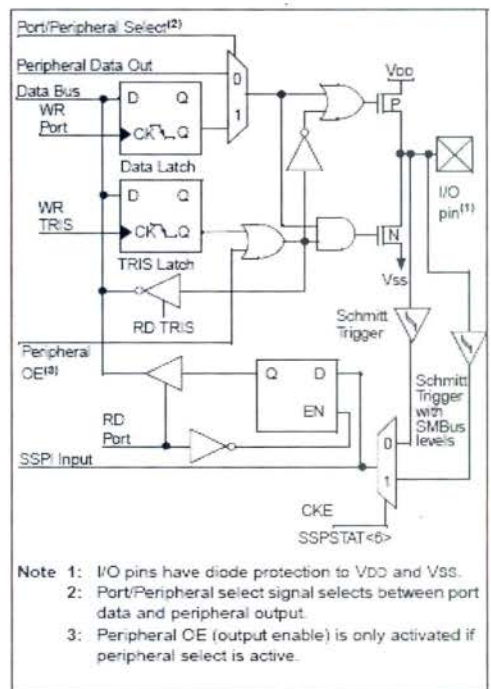
Μπλοκ Διάγραμμα Ακιδών RB4:RB7

6.5.3 Πόρτα PORTC και ο TRISC καταχωρητής

Η πόρτα PORTC είναι αμφίδρομη 8-ψήφια. Ο καταχωρητής διεύθυνσης δεδομένων που αντιστοιχεί στην πόρτα C είναι ο TRISC. Τοποθετώντας ένα ψηφίο του καταχωρητή TRISC=1 ορίζεται το αντίστοιχο κύκλωμα οδήγησης ως είσοδος σε κατάσταση υψηλής αντίστασης. Αντίθετα, τοποθετώντας ένα ψηφίο του καταχωρητή TRISC=0 στέλνονται τα δεδομένα του latch εξόδου στην επιλεγείσα ακίδα. Η πόρτα PORTC είναι πολυπλεγμένη με αρκετές λειτουργίες, οι ακίδες της πόρτας PORTC έχουν στην είσοδο του απομονωτές Schmitt Trigger. Όταν η μονάδα προγραμματισμού είναι ενεργοποιημένη τα ψηφία της PORTC 4,3 επιβεβαιώνουν τα χαμηλά επίπεδα προγραμματισμού. Όποτε χρησιμοποιείται η πόρτα αυτή από τα περιφερειακά πρέπει να δοθεί προσοχή επειδή ορισμένα περιφερειακά γράφουν πάνω στα ψηφία του καταχωρητή TRIS για να κάνουν κάποια ακίδα είσοδο και άλλα περιφερειακά για να την κάνουν έξοδο.



Μπλοκ Διάγραμμα Ακιδών RC0:RC2 & RC5:RC7



Μπλοκ Διάγραμμα Ακιδών RC4:RC3

6.5.4 Από το πρόγραμμα του PIC16F872 που περιγράφει την κατάσταση των ακίδων από τον TRISx καταχωρητή έχουμε:

```
CLRF    PORTA    ;ARXIKOPOIHSH PORTA
CLRF    PORTB    ;ARXIKOPOIHSH PORTB
CLRF    PORTC    ;ARXIKOPOIHSH PORTC

MOVLW   b'000000' ;PORTS_A are output
BANKSEL TRISA
MOVWF   TRISA
MOVLW   b'00000000' ;PORTS_B are output
BANKSEL TRISB
MOVWF   TRISB
MOVLW   b'00011111' ;RC0-RC4 are input
BANKSEL TRISC
MOVWF   TRISC
```

Επεξήγηση:

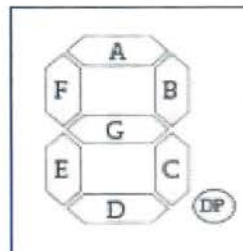
Αρχικοποιούμε για κάθε μία πόρτα μηδενίζοντας τα latches εξόδου με την εντολή clrf. Σε κάθε έναν από τους τρεις καταχωρητές για να δηλώσουμε ποιες ακίδες θα είναι εξόδοι και ποιες θα είναι εισόδοι πραγματοποιούμε τα εξής τρία βήματα:

- 1) Μεταφέρουμε τα επιθυμητά ψηφία σε δυαδική μορφή όπως φαίνεται παραπάνω στον working register με την βοήθεια της εντολής movlw.
- 2) Επιλέγουμε τον καταχωρητή που ελέγχει την αντιστοιχη πόρτα με την βοήθεια της εντολής banksel.
- 3) Με την εντολή movwf μεταφέρουμε την τιμή από τον working register στον καταχωρητή που ελέγχει την αντιστοιχη πόρτα.

6.6 Περιγραφή Προγράμματος για την δημιουργία των Οροφθενδείξεων

Ο μικροελεγκτής ελέγχει τρεις ψηφιακές εισόδους μία για κάθε όροφο όπου με τον κατάλληλο πρόγραμμα μετατρέπει την εντολή σε ένδειξη του αντίστοιχου ορόφου στον οροφο-απεικονιτή. Ο απεικονιτής αποτελείται από επτά τμήματα ,μπορεί να εμφανίσει πλήθος ψηφίων με την κατάλληλη συνδεσμολογία των επτα επαφών του συν ένα που αποτελεί την γείωση. Μεταξύ του μικροελεγκτή και του απεικονιτή συνδέεται ένας αποκωδικοποιητής ,ο οποίος μετατρέπει της τέσσερις εντολές του μικροελεγκτή στις επτά εισόδους του απεικονιτή. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας αληθείας του αποκωδικοποιητή.

A	B	C	D	LT	a	b	c	d	e	f	g	Display
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	2
1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	3



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

6. 6 .1 Από το πρόγραμμα του PIC16F872 που περιγράφει την δημιουργία των οροφθενδείξεων :

```
START:
1os:  BTFSC      PORTC ,2      ;ENTOLH 1ου
      GOTO       1os_ROUTINE
2os:  BTFSC      PORTC ,3      ;ENTOLH 2ου
      GOTO       2os_ROUTINE
3os:  BTFSC      PORTC ,4      ;ENTOLH 3ου
      GOTO       3os_ROUTINE
      GOTO       START
```

```
1os_ROUTINE:
      BSF        PORTC ,7
      BSF        PORTC ,5
      BCF        PORTC ,6
      GOTO       1os
```

```
2os_ROUTINE:
      BSF        PORTC ,7
      BCF        PORTC ,5
      BSF        PORTC ,6
      GOTO       2os
```

```
3os_ROUTINE:
      BSF        PORTC ,7
      BSF        PORTC ,5
      BSF        PORTC ,6
      GOTO       3os
```

Επεξήγηση:

Το παραπάνω πρόγραμμα αποτελείται από τρεις υπορουτίνες για κάθε ένα όροφο. Η οροφθενδείξη ενεργοποιείται κάθε φορά που ο θάλαμος βρίσκεται σταματημένος σε κάθε όροφο έτσι με την σειρά του ο μικροελεγκτής ελέγχει αν ο θάλαμος βρίσκεται σε κίνηση ή είναι σταματημένος. Ανάλογα με τον όροφο που είναι σταματημένος το πρόγραμμα εισέρχεται και στην αντίστοιχη υπορουτίνα , μετά το τέλος της υπορουτίνας ελέγχει ξανά αν ο θάλαμος είναι σταματημένος ή όχι. Έτσι το πρόγραμμα βρίσκεται μέσα σε ένα συνεχή βρόχο που κάνει τις εξής δύο διαδικασίες ανεξαρτήτου ορόφου :

A) Ελέγχει σε πον όροφο βρίσκεται σταματημένο κ εισέρχεται στην αντίστοιχη υπορουτίνα. Ο έλεγχος γίνεται με την εντολή btfsc ,δηλαδή αν βρίσκεται σε κάποιο όροφο εκτελεί άλμα στην υπορουτίνα με την βοήθεια της εντολής goto , αλλιώς συνεχίζει κ ελέγχει τους επόμενους ορόφους.

```
1os:  BTFSC      PORTC ,2
      GOTO       1os_ROUTINE
2os:  BTFSC      PORTC ,3
      GOTO       2os_ROUTINE
3os:  BTFSC      PORTC ,4
      GOTO       3os_ROUTINE
      GOTO       START
```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

B) Θέτουμε ή μηδενίζουμε τα ψηφία της PORTC<5,6,7> έτσι ώστε να έχουμε τις φωτεινές ένδειξης 1,2,3 στον απεικωνιτή με τις εντολές bsf k bcf.

- Για να έχουμε στον απεικωνιτή ένα:



BSF PORTC,7
BSF PORTC,5
BCF PORTC,6

A/RC5	B/RC6	LT/RC7	a	b	c	d	e	f	g	DISPLAY
1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1

- Για να έχουμε στον απεικωνιτή δύο:



BSF PORTC,7
BCF PORTC,5
BSF PORTC,6

A/RC5	B/RC6	LT/RC7	a	b	c	d	e	f	g	DISPLAY
0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	2

- Για να έχουμε στον απεικωνιτή τρία:

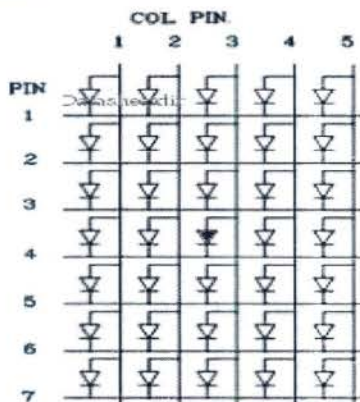


BSF PORTC,7
BSF PORTC,5
BSF PORTC,6

A/RC5	B/RC6	LT/RC7	a	b	c	d	e	f	g	DISPLAY
1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3

6.7 Περιγραφή Προγράμματος για την δημιουργία του κινούμενου βέλους κατεύθυνσης

Ο ίδιος μικροελεγκτής ελέγχει επιπλέον δύο ακόμα καταστάσεις του θαλάμου αν βρίσκεται σε κίνηση ή όχι. Αυτό επιτυγχάνετε με το να ελέγχει άλλες δύο εισόδους, κάθε είσοδος αναφέρεται για την αντίστοιχη κατεύθυνση του θαλάμου. Με την μέθοδο polling το πρόγραμμα εγκλωβίζεται σε έναν βρόχο στον οποίο ο ελεγκτής ελέγχει εναλλάξ τις δύο αυτές εισόδους. Όταν ενεργοποιηθεί κάποια από τις δύο εισόδους η ροή του προγράμματος εισέρχεται στην αντίστοιχη κατεύθυνση της υπορουτίνας δημιουργώντας το κινούμενο βέλος. Το βέλος απεικονίζεται σε μια φωτεινή ένδειξη τύπου μήτρας που αποτελείται από 5 επί 7 γραμμές δηλαδή σύνολο 35 φωτοδιόδους. Οι επαφές του απεικωνιτή είναι αποτελούνται από επτά αρνητικές εισοδοι για κάθε οριζόντια γραμμή και πέντε θετικές εισοδοι για κάθε κάθετοι γραμμή πράγμα το οποίο μας δείχνει ότι για να ενεργοποιηθεί μια φωτοδιόδος πρέπει να τροφοδοτηθεί με συντεταγμένες.



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Έτσι αν θέλουμε να τροφοδοτήσουμε την κόκκινη φωτοδιόδο όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα θα πρέπει να δώσουμε μια θετική τάση στον αριθμό 3 της οριζόντιας γραμμής και μια αρνητική τάση στον αριθμό 4 από την κάθετη γραμμή. Έτσι λοιπόν για να δημιουργήσουμε το βέλος θα πρέπει το οποίο αποτελείται από τέσσερις οριζόντιες γραμμές φωτοδιόδων θα πρέπει κάθε φορά να ενεργοποιούμε μία μία την γραμμή με μια ελάχιστη καθυστέρηση μεταξύ των γραμμών. Αυτό γιατί θα πρέπει να απενεργοποιήσουμε την προηγούμενη γραμμή και μετά να ενεργοποιήσουμε την επόμενη, αν δεν υπήρχε η καθυστέρηση το ανθρώπινο μάτι θα έβλεπε τον απεικονιτή απενεργοποιημένο. Δημιουργούμε το βελάκι ενεργοποιώντας μία μία την γραμμή και απενεργοποιώντας κάθε φορά την προηγούμενη. Τα βήματα που ακολουθεί το πρόγραμμα για τον έλεγχο και την δημιουργία του βέλους είναι παρακάτω:

A)Ελέγχει αν ο θάλαμος βρίσκεται σε κίνηση ή όχι. Αν ο θάλαμος βρίσκεται σε κίνηση το πρόγραμμα εκτελεί άλμα στην αντίστοιχη υπορουτίνα αν όχι το πρόγραμμα εγκλωβίζεται στο βρόχο ελέγχου των εισόδων. Ο έλεγχος των εισόδων γίνεται με την εντολή bitfsc και η εκτέλεση αλμάτων με το goto .

```
START:
  UP:   BTFSC    PORTC,0
        GOTO     UP_ROUTINE
  DOWN: BTFSC    PORTC,1
        GOTO     DOWN_ROUTINE
        GOTO     START
```

B)Όταν ο θάλαμος βρίσκεται σε κίνηση το πρόγραμμα εκτελεί της εντολές της υπορουτίνας δημιουργώντας το κενούμενο βέλος.

UP_ROUTINE:

```
CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,0
CALL    DELAY
BCF     PORTB,0
CALL    DELAY_30
```



```
=====
CALL    MESAIO
BSF     PORTB,0
CALL    DELAY
BCF     PORTB,0
```



```
-----
CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,1
CALL    DELAY
BCF     PORTB,1
CALL    DELAY_30
```



```
=====
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,0
CALL    DELAY
BCF     PORTB,0
```



```
-----
CALL    MESAIO
BSF     PORTB,1
CALL    DELAY
BCF     PORTB,1
```



```
-----
CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,2
CALL    DELAY
BCF     PORTB,2
CALL    DELAY_30
```



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

=====
CALL    OLOKHLRO
BSF     PORTB,1
CALL    DELAY
BCF     PORTB,1
-----

CALL    MESAIO
BSF     PORTB,2
CALL    DELAY
BCF     PORTB,2
-----

CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,3
CALL    DELAY
BCF     PORTB,3
CALL    DELAY_30
=====

CALL    OLOKHLRO
BSF     PORTB,2
CALL    DELAY
BCF     PORTB,2
-----

CALL    MESAIO
BSF     PORTB,3
CALL    DELAY
BCF     PORTB,3
-----

CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,4
CALL    DELAY
BCF     PORTB,4
CALL    DELAY_30
=====

=====
CALL    OLOKHLRO
BSF     PORTB,3
CALL    DELAY
BCF     PORTB,3
-----

CALL    MESAIO
BSF     PORTB,4
CALL    DELAY
BCF     PORTB,4
-----

CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,5
CALL    DELAY
BCF     PORTB,5
CALL    DELAY_30
=====

```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

=====
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB, 4
CALL    DELAY
BCF     PORTB, 4
=====

CALL    MESAIO
BSF     PORTB, 5
CALL    DELAY
BCF     PORTB, 5
=====

CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB, 6
CALL    DELAY
BCF     PORTB, 6
CALL    DELAY_30
=====

CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB, 5
CALL    DELAY
BCF     PORTB, 5
=====

CALL    MESAIO
BSF     PORTB, 6
CALL    DELAY
BCF     PORTB, 6
CALL    DELAY_30
=====

CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB, 6
CALL    DELAY
BCF     PORTB, 6
CALL    DELAY_30
=====

GOTO    START
=====

```



DOWN_ROUTINE:

```

;=====
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,6
CALL    DELAY
BCF     PORTB,6
CALL    DELAY_30
;-----
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,6
CALL    DELAY
BCF     PORTB,6
;-----
CALL    MESAIO
BSF     PORTB,5
CALL    DELAY
BCF     PORTB,5
CALL    DELAY_30
;-----
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,6
CALL    DELAY
BCF     PORTB,6
;-----
CALL    MESAIO
BSF     PORTB,5
CALL    DELAY
BCF     PORTB,5
;-----
CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,4
CALL    DELAY
BCF     PORTB,4
CALL    DELAY_30
;=====
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,5
CALL    DELAY
BCF     PORTB,5
;-----
CALL    MESAIO
BSF     PORTB,4
CALL    DELAY
BCF     PORTB,4
;-----
CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,3
CALL    DELAY
BCF     PORTB,3
CALL    DELAY_30

```



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

;=====
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,4
CALL    DELAY
BCF     PORTB,4
;-----

CALL    MESAIO
BSF     PORTB,3
CALL    DELAY
BCF     PORTB,3
;-----

CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,2
CALL    DELAY
BCF     PORTB,2
CALL    DELAY_30
;=====

CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,3
CALL    DELAY
BCF     PORTB,3
;-----

CALL    MESAIO
BSF     PORTB,2
CALL    DELAY
BCF     PORTB,2
;-----

CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,1
CALL    DELAY
BCF     PORTB,1
CALL    DELAY_30
;=====

CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,2
CALL    DELAY
BCF     PORTB,2
;-----

CALL    MESAIO
BSF     PORTB,1
CALL    DELAY
BCF     PORTB,1
;-----

CALL    KENTRIKO
BSF     PORTB,0
CALL    DELAY
BCF     PORTB,0
CALL    DELAY_30
;=====

```



```

;=====
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,1
CALL    DELAY
BCF     PORTB,1
;-----
CALL    MESAIO
BSF     PORTB,0
CALL    DELAY
BCF     PORTB,0
;=====
CALL    OLOKLHRO
BSF     PORTB,0
CALL    DELAY
BCF     PORTB,0
;=====
GOTO    START
;=====

```



Γ) Οι υπορουτίνες με τις ετικέτες Κεντρικό, Μεσαίο, Ολόκληρο και Delay είναι για να μειώσουν στο ελάχιστο το πλήθος των εντολών στο πρόγραμμα αφού είναι κοινές σε πολλά σημεία του προγράμματος . Η υπορουτίνα Κεντρικό ενεργοποιεί κατά το ήμισυ τις φωτοδιόδους της μεσαίας κάθετης γραμμής της μήτρας, δίνοντας χαμηλό δυναμικό σε κάθε ένα από αυτά. Η υπορουτίνα Μεσαίο ενεργοποιεί κατά το ήμισυ τις φωτοδιόδους των τριών εσωτερικών κάθετων γραμμών της μήτρας, δίνοντας χαμηλό δυναμικό σε αυτές. Η υπορουτίνα Ολόκληρο ενεργοποιεί κατά το ήμισυ τις φωτοδιόδους και των πέντε καθέτων γραμμών, δίνοντας σε όλες χαμηλό δυναμικό. Τέλος η υπορουτίνα Delay χρησιμοποιείται για να προσθεση ένα χρόνο καθυστέρησης ανάμεσα από τις εντολές και επίσης αρχικοποιεί τις εξόδους της πόρτας Α.

KENTRIKO:

```

MOVLW   B'011011'
MOVWF   PORTA
RETURN

```

MESAIO:

```

MOVLW   B'010001'
MOVWF   PORTA
RETURN

```

OLOKLHRO:

```

MOVLW   B'000000'
MOVWF   PORTA
RETURN

```

DELAY:

```

CALL    DELAY_10
CLRF    PORTA
RETURN

```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

6.8 Το πρόγραμμα των φωτεινων ενδείξεων είναι:

```
===== CONFIGURATION BITS =====
list      p=pic16f876
include   p16f876.inc
config _HS_OSC & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _LVP_OFF
errorlevel -302 ;Suppress bank warning
===== EQUAL MODULE =====
TIMER1    EQU  H'20'      ;Used in delay routine
TIMER2    EQU  H'21'
TIMER3    EQU  H'22'
TIMER4    EQU  H'23'
===== ORIGIN MODULE =====
ORG       00h              ;DIEU8YNSH EKINISEOS
GOTO START                ;META TO BOOT MENU
===== DELAY ROUTINE =====
=====
;....10mS.....
=====
DELAY_10:    MOVLW  D'014'
             MOVWF  TIMER2
DEL_LOOP11   MOVLW  D'213'
             MOVWF  TIMER1
DEL_LOOP21   DECFSZ TIMER1,F
             GOTO   DEL_LOOP21
             DECFSZ TIMER2,F
             GOTO   DEL_LOOP11
             RETURN
=====
;....31ms.....
=====
DELAY_30:
             MOVLW  D'065'
             MOVWF  TIMER3
DEL_LOOP1    MOVLW  D'225'
             MOVWF  TIMER4
DEL_LOOP2    DECFSZ TIMER4,F
             GOTO   DEL_LOOP2
             DECFSZ TIMER3,F
             GOTO   DEL_LOOP1
             RETURN
===== INIT PORTS =====
START
    CLRF PORTA      ;ARXIKOPOIHSN PORTA
    CLRF PORTB      ;ARXIKOPOIHSN PORTB
    CLRF PORTC      ;ARXIKOPOIHSN PORTC

    MOVLW  b'000000' ;PORTS_A are output
    BANKSEL TRISA
    MOVWF  TRISA
```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

MOVLW    b'00000000' ;PORTS_B are output
BANKSEL   TRISB
MOVWF     TRISB
MOVLW    b'00011111' ;RC0-RC4 are input
BANKSEL   TRISC      ;RC5-RC7 are oupur
MOVWF     TRISC

```

===== CONTROL BUTTONS =====

START:

```

UP:      BTFSC    PORTC,0
          GOTO     UP_ROUTINE
DOWN:    BTFSC    PORTC,1
          GOTO     DOWN_ROUTINE
Aos:     BTFSC    PORTC,2
          GOTO     Aos_ROUTINE
Bos:     BTFSC    PORTC,3
          GOTO     Bos_ROUTINE
Cos:     BTFSC    PORTC,4
          GOTO     Cos_ROUTINE
          GOTO     START

```

KENTRIKO:

```

MOVLW    B'011011'
MOVWF     PORTA
RETURN

```

MESAIO:

```

MOVLW    B'010001'
MOVWF     PORTA
RETURN

```

OLOKLHRO:

```

MOVLW    B'000000'
MOVWF     PORTA
RETURN

```

DELAY:

```

CALL     DELAY_10
CLRF     PORTA
RETURN

```

UP_ROUTINE:

```

CALL KENTRIKO
BSF     PORTB,0
CALL DELAY
BCF     PORTB,0
CALL DELAY_30

```

```

CALL MESAIO
BSF     PORTB,0
CALL DELAY
BCF     PORTB,0

```

```

CALL KENTRIKO
BSF     PORTB,1
CALL DELAY
BCF     PORTB,1

```



“Ο μικροελεγκτής πάγει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

CALL DELAY_30

CALL OLOKLHRO
BSF PORTB,0
CALL DELAY
BCF PORTB,0

CALL MESAIO
BSF PORTB,1
CALL DELAY
BCF PORTB,1

CALL KENTRIKO
BSF PORTB,2
CALL DELAY
BCF PORTB,2
CALL DELAY_30

CALL OLOKLHRO
BSF PORTB,1
CALL DELAY
BCF PORTB,1

CALL MESAIO
BSF PORTB,2
CALL DELAY
BCF PORTB,2

CALL KENTRIKO
BSF PORTB,3
CALL DELAY
BCF PORTB,3
CALL DELAY_30

CALL OLOKLHRO
BSF PORTB,2
CALL DELAY
BCF PORTB,2

CALL MESAIO
BSF PORTB,3
CALL DELAY
BCF PORTB,3

CALL KENTRIKO
BSF PORTB,4
CALL DELAY
BCF PORTB,4
CALL DELAY_30

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

=====
5      CALL OLOKLHRO
      BSF  PORTB,3
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,3
-----
5      CALL MESAIO
      BSF  PORTB,4
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,4
-----
5      CALL KENTRIKO
      BSF  PORTB,5
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,5
      CALL DELAY_30
=====
5      CALL OLOKLHRO
      BSF  PORTB,4
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,4
-----
5      CALL MESAIO
      BSF  PORTB,5
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,5
-----
5      CALL KENTRIKO
      BSF  PORTB,6
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,6
      CALL DELAY_30
=====
5      CALL OLOKLHRO
      BSF  PORTB,5
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,5
-----
5      CALL MESAIO
      BSF  PORTB,6
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,6
      CALL DELAY_30
=====
5      CALL OLOKLHRO
      BSF  PORTB,6
      CALL DELAY
      BCF  PORTB,6
      CALL DELAY_30
=====
5      GOTO START
=====
5

```

DOWN_ROUTINE:

```
=====
;
    CALL OLOKLHRO
    BSF  PORTB,6
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,6
    CALL DELAY_30
=====
;
    CALL OLOKLHRO
    BSF  PORTB,6
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,6
-----
;
    CALL MESAIO
    BSF  PORTB,5
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,5
    CALL DELAY_30
=====
;
    CALL OLOKLHRO
    BSF  PORTB,6
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,6
-----
;
    CALL MESAIO
    BSF  PORTB,5
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,5
-----
;
    CALL KENTRIKO
    BSF  PORTB,4
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,4
    CALL DELAY_30
=====
;
    CALL OLOKLHRO
    BSF  PORTB,5
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,5
-----
;
    CALL MESAIO
    BSF  PORTB,4
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,4
-----
;
    CALL KENTRIKO
    BSF  PORTB,3
    CALL DELAY
    BCF  PORTB,3
    CALL DELAY_30
```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

CALL OLOKLHRO
BSF PORTB,4
CALL DELAY
BCF PORTB,4

```

```

CALL MESAIO
BSF PORTB,3
CALL DELAY
BCF PORTB,3

```

```

CALL KENTRIKO
BSF PORTB,2
CALL DELAY
BCF PORTB,2
CALL DELAY_30

```

```

CALL OLOKLHRO
BSF PORTB,3
CALL DELAY
BCF PORTB,3

```

```

CALL MESAIO
BSF PORTB,2
CALL DELAY
BCF PORTB,2

```

```

CALL KENTRIKO
BSF PORTB,1
CALL DELAY
BCF PORTB,1
CALL DELAY_30

```

```

CALL OLOKLHRO
BSF PORTB,2
CALL DELAY
BCF PORTB,2

```

```

CALL MESAIO
BSF PORTB,1
CALL DELAY
BCF PORTB,1

```

```

CALL KENTRIKO
BSF PORTB,0
CALL DELAY
BCF PORTB,0
CALL DELAY_30

```

```

=====
;
CALL OLOKLHRO
BSF  PORTB,1
CALL DELAY
BCF  PORTB,1
;-----
CALL MESAIO
BSF  PORTB,0
CALL DELAY
BCF  PORTB,0
;=====
CALL OLOKLHRO
BSF  PORTB,0
CALL DELAY
BCF  PORTB,0
;=====
GOTO START
;=====
Aos_ROUTINE:
BSF      PORTC ,7
BSF      PORTC ,5
BCF      PORTC ,6
GOTO Aos
Bos_ROUTINE:
BSF      PORTC ,7
BCF      PORTC ,5
BSF      PORTC ,6
GOTO Bos
Cos_ROUTINE:
BSF      PORTC ,7
BSF      PORTC ,5
BSF      PORTC ,6
GOTO Cos
;=====
END

```

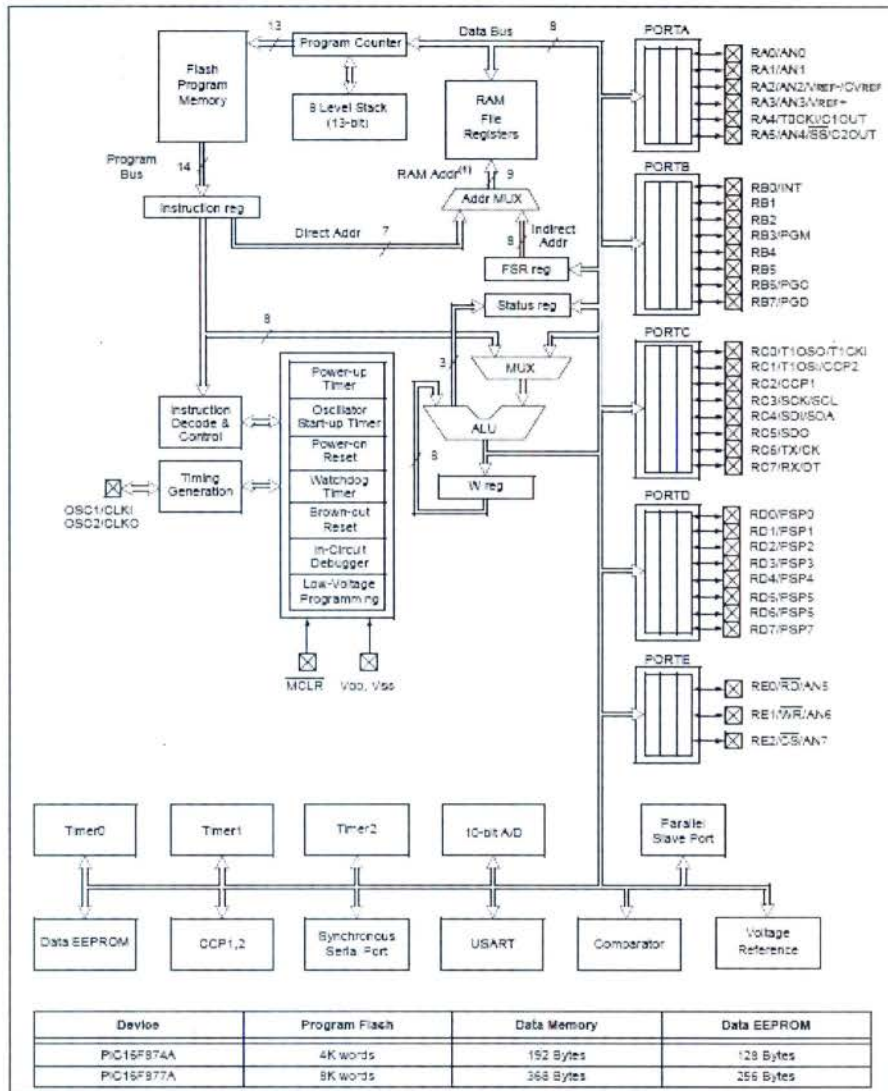
I. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ 16F877

7.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ

Ο PIC16F877 διατίθεται σε συσκευασία των 40 ακίδων και έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Υψηλές επιδόσεις του του επεξεργαστή
- Μόνο 35 εντολές λειτουργίας
- Όλοι οι κύκλοι λειτουργίας είναι μόνοι εκτός των βρόχων
- Ταχύτητα λειτουργίας
 - Μέχρι 20 MHz κρύσταλο
 - 200nS κύκλο λειτουργίας
- Χωρητικότητα 8K χ 14 λέξεων στην μνήμη Flash
 - Χωρητικότητα 368 χ 8 λέξεων στην μνήμη Ram
 - Χωρητικότητα 256 x 8 λέξεων στην μνήμη EEPROM
- Σωρός οκτώ θέσεων
- Ικανότητα Διακοπών
- Άμμεσος κ έμμεσος τρόπος διευθυνσιοδότησης
- Ψηφείο ένδειξης πρόκλησης Reset Power on Reset(POR)
- PWRT και εκκινιτή με κρύσταλλο
- Έναν ανεξάρτητο χρονιστή επιτήρησης(WDT)
- Προστασία του κώδικα προγράμματος
- Εξοικονόμηση ρεύματος με την μέθοδο SLEEP
- Επιλογή ρύθμισης του κρυστάλλου
- Χαμηλή κατανάλωση με μεγάλη ταχύτητα
- Τέλειος στατικός σχεδιασμός
- Προγραμματισμός 'επί τόπου' με την μέθοδο ICSP
- Ικανότητα προγραμματισμού επί τόπου χαμηλής τάσης
- Ευρύ φάσμα τάσης λειτουργίας (2-5V)
- Αναλογικό/Ψηφιακό μετατροπέα
- Timer0 σαν 8 μπιτ χρονιστή ή σαν ρολόι με προμετρητή 8 μπιτ
- Timer1 σαν 16 μπιτ χρονιστή ή σαν ρολόι με προμετρητή
- Timer2 σαν χρονιστή ή σαν ρολόι με 8 μπιτ καταχωρητή περιόδου
- Δύο εξόδους για σύλληψη / σύγκριση / PWM
- 10 πολυπλεγμένων καναλιών από αναλογική σε ψηφιακή μετατροπή
- Σύγχρονη σειριακή θύρα με Master/Slave Mode
- Κυκλώμα έρευνας πτώσης τάσης και πρόκληση Reset BOR

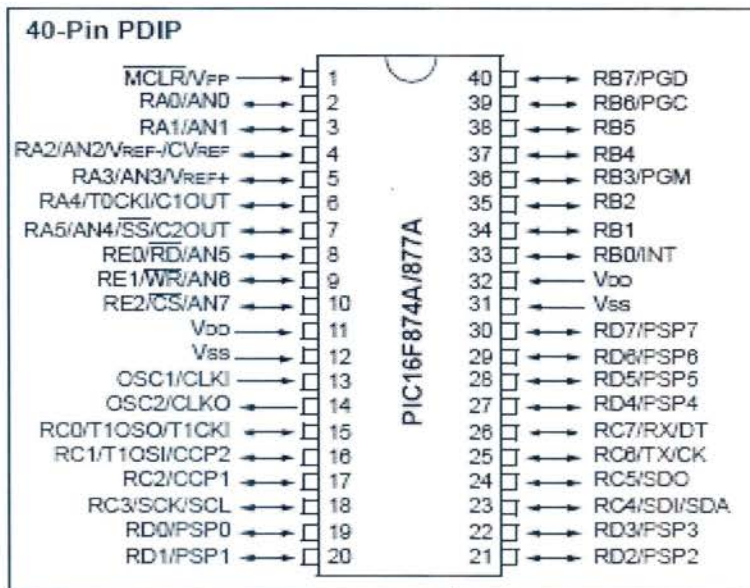
Μπλοκ διάγραμμα του PIC16F877



“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

7.2 Οι ακίδες του PIC16F877

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κάτοψη του μικροελεγκτή PIC16F877 με τους 40 ακροδέκτες του. Όλοι οι ακροδέκτες πλην της τροφοδοσίας έχουν το πολύ τρεις πολυπλεγμένες λειτουργίες. Για την επιλογή μιας συγκεκριμένης λειτουργίας του ακροδέκτη θα πρέπει να τοποθετηθεί το κατάλληλο ψηφίο σε συγκεκριμένο καταχωρητή SFR.



Περιγραφή των ακιδών του μικροελεγκτή PIC16F877

Ονομασία Ακίδας	Περιγραφή Λειτουργίας
OSC1/CLKIN	Είσοδος από τον κρύσταλλο ή από εξωτερικό ρολόι
OSC2/CLKOUT	Εξοδος από τον κρύσταλλο ή από εξωτερικό ρολόι
MCLR/Vpp/THV	Είσοδος Master clear, τάση προγραμματισμού, υψηλή τάση δοκιμής
RA0/AN0	Οι πόρτες A είναι αμφιδρομες εισόδου/εξόδοι Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 0
RA1/AN1	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 1
RA2/AN2/Vref-	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 2, αρνητική αναφορά τάσης
RA3/AN3/Vref+	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 3, θετική αναφορά τάσης
RA4/T0CKI	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - είσοδος για τον Timer0
RA5/SS/AN4	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Αναλογική είσοδος 5 - Επιλογή slave για την σειριακή επικοινωνία
RB0/INT	Οι πόρτες B είναι αμφιδρομες εισόδου/εξόδοι και μπορούν να προγραμματιστούν για pull-up εισόδοι Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Εξωτερική διακοπή
RB1	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος

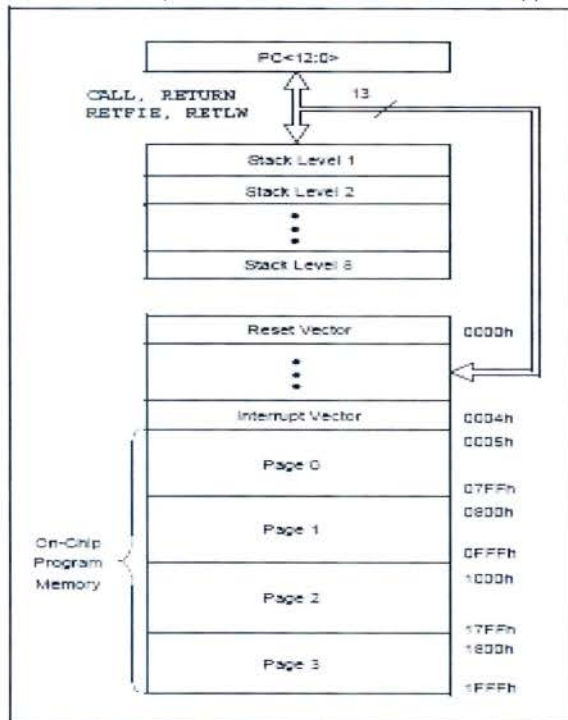
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

RB2	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος
RB3/PGM	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Σειριακού προγραμματισμού με χαμηλή τάση
RB4	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος
RB5	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος
RB6/PGC	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος -In-circuit debugger και ακίδα εφαρμογής δεδομένων κατά τον προγραμματισμό ICSP
RB7/PGD	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος -In-circuit debugger και ακίδα εφαρμογής παλμων ρολογιού για προγραμματισμό ICSP
RC0/T1OSO/T1CKI T1/T1OSI RC2/CCP1 RC3/SCK/SCL RC4/SDI/SDA RC5/SDO RC6 RC7	Οι πόρτες Γ είναι αμφιδρομες εισόδου/εξόδοι
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Έξοδος ταλαντωτή Timer1- Είσοδος για τον Timer1
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Είσοδος ταλαντωτή Timer1
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Είσοδος σύλληψης,έξοδος συγκρισης1, έξοδος pwm1
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Σύγχρονο σειριακό ρολόι εισόδου - εξόδου για SPI/I2C
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Είσοδος δεδομένων SPI, Είσοδος/έξοδος δεδομένων I2C
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Έξοδος δεδομένων SPI
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος
RD0/PSP0 RD0/PSP1 RD0/PSP2 RD0/PSP3 RD0/PSP4 RD0/PSP5 RD0/PSP6 RD0/PSP7	Οι πόρτες Δ είναι αμφιδρομες εισόδου/εξόδοι
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Παράλληλη επικοινωνία με την μεθοδο σκλάβου σε διαυλο επικοινωνίας με MCU
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Παράλληλη επικοινωνία με την μεθοδο σκλάβου σε διαυλο επικοινωνίας με MCU
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Παράλληλη επικοινωνία με την μεθοδο σκλάβου σε διαυλο επικοινωνίας με MCU
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Παράλληλη επικοινωνία με την μεθοδο σκλάβου σε διαυλο επικοινωνίας με MCU
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Παράλληλη επικοινωνία με την μεθοδο σκλάβου σε διαυλο επικοινωνίας με MCU
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Παράλληλη επικοινωνία με την μεθοδο σκλάβου σε διαυλο επικοινωνίας με MCU
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Παράλληλη επικοινωνία με την μεθοδο σκλάβου σε διαυλο επικοινωνίας με MCU
	Ψηφιακή είσοδος/έξοδος - Παράλληλη επικοινωνία με την μεθοδο σκλάβου σε διαυλο επικοινωνίας με MCU
RE0/RD/AN5 RE0/WR/AN6 RE0/CS/AN7 Vss Vdd	Οι πόρτες Ε είναι αμφιδρομες εισόδου/εξόδοι
	Αναλογική είσοδος - Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παράλληλο πορτα επικοινωνίας
	Αναλογική είσοδος - Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παράλληλο πορτα επικοινωνίας
	Αναλογική είσοδος - Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παράλληλο πορτα επικοινωνίας
	Ψηφιακή γείωση τροφοδοσίας
	Θετική τάση ψηφιακής τροφοδοσίας

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

7.3 Οργάνωση της μνήμης προγράμματος

Η μνήμη προγραμματισμού και δεδομένων έχουν ξεχωριστού διαύλους επικοινωνίας με το να συμβαίνει ταυτόχρονη προσπέλαση. Ο απαριθμητής του προγράμματος του PIC16F877 είναι 13-ψήφιος. Αυτός θα μπορούσε να διευθυνσιοδοτεί συνολική FLASH μνήμη μεγέθους 8k x 14 λέξεων. Το άνωσμα της διακοπής Reset βρίσκεται στη διεύθυνση 0000h, ενώ το άνωσμα όλων των υπολοίπων διακοπών βρίσκεται στη διεύθυνση 0004h



7.4 Οργάνωση της μνήμης δεδομένων

Η μνήμη δεδομένων του 16F877 είναι χωρισμένη σε 4 σειρές (Banks), όπου βρίσκονται οι καταχωρητές γενικής χρήσης GPR (General Purpose Registers) και οι καταχωρητές ειδικής χρήσης SFR (Special Function Register). Τα ψηφία RP1 & RP0 είναι τα ψηφία επιλογής των τραπεζών.

RP<1:0>	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

Κάθε τράπεζα εκτείνεται πάνω από 128 bytes. Οι πιο χαμηλές τοποθεσίες καταχωρητών εξυπηρετούνται από τους καταχωρητές ειδικής χρήσης. Πιο πάνω από τους καταχωρητές ειδικής χρήσης βρίσκονται οι καταχωρητές γενικής χρήσης και χρησιμοποιούνται ως στατική μνήμη RAM. Για ταχύτερη προσπέλαση κάποιοι καταχωρητές υψηλής χρήσης χαρτογραφούνται στις 4 τράπεζες. Κάθε καταχωρητής FSR μπορεί να προσπελαύνεται είτε με τον άμεσο, είτε με τον έμμεσο τρόπο.

Η οργάνωση της μνήμης δεδομένων

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ⁽¹⁾ 00h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 80h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 100h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h	105h	185h
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h	107h	187h
PORTD ⁽¹⁾ 08h	TRISD ⁽¹⁾ 88h	108h	188h
PORTE ⁽¹⁾ 09h	TRISE ⁽¹⁾ 89h	109h	189h
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ⁽²⁾ 18Eh
TMR1H 0Fh	8Fh	EEADRH 10Fh	Reserved ⁽²⁾ 18Fh
T1CON 10h	90h	110h	190h
TMR2 11h	SSPCON2 91h	111h	191h
T2CON 12h	PR2 92h	112h	192h
SSPBUF 13h	SSPADD 93h	113h	193h
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h	114h	194h
CCPR1L 15h	95h	115h	195h
CCPR1H 16h	96h	116h	196h
CCP1CON 17h	97h	117h	197h
RCSTA 18h	TXSTA 98h	118h	198h
TXREG 19h	SPBRG 99h	119h	199h
RCREG 1Ah	9Ah	11Ah	19Ah
CCPR2L 1Bh	9Bh	11Bh	19Bh
CCPR2H 1Ch	CMCON 9Ch	11Ch	19Ch
CCP2CON 1Dh	CVRCON 9Dh	11Dh	19Dh
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh	11Eh	19Eh
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh	11Fh	19Fh
20h	ADCON1 9Fh	120h	1A0h
General Purpose Register 96 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes
EFh	EFh	1EFh	1EFh
F0h	F0h	1F0h	1F0h
7Fh	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh
Bank 0	Bank 1	Bank 2	Bank 3

Πίνακας των καταχωρητών SFR που βρίσκονται στην τραπεζα 0

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:	
Bank 0												
00h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	31, 150	
01h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxxx xxxxx	55, 150	
02h ⁽³⁾	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	30, 150	
03h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxxx	22, 150	
04h ⁽³⁾	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxxxx xxxxxx	31, 150	
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read						...0x 0000	43, 150	
06h	PORTB	PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read								xxxxxx xxxxxx	45, 150	
07h	PORTC	PORTC Data Latch when written: PORTC pins when read								xxxxxx xxxxxx	47, 150	
08h ⁽⁴⁾	PORTD	PORTD Data Latch when written: PORTD pins when read								xxxxxx xxxxxx	48, 150	
09h ⁽⁴⁾	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	... -xxxx	49, 150	
0Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter						...-0 0000	30, 150
0Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RSIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150	
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽³⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	26, 150	
0Dh	PIR2	—	CMIF	—	EEIF	SCLIF	—	—	CCP2IF	-0-0 0--0	28, 150	
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxxxx xxxxxx	60, 150	
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxxxx xxxxxx	60, 150	
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{T1SYNC}$	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	57, 150	
11h	TMR2	Timer2 Module Register								0000 0000	62, 150	
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	61, 150	
13h	SSPBUF	Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register								xxxxxx xxxxxx	79, 150	
14h	SSPCON	WCOL	SSPOV	SSPEN	OKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	0000 0000	82, 82, 150	
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register 1 (LSB)								xxxxxx xxxxxx	63, 150	
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register 1 (MSB)								xxxxxx xxxxxx	63, 150	
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	64, 150	
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	112, 150	
19h	TXREG	USART Transmit Data Register								0000 0000	116, 150	
1Ah	RCREG	USART Receive Data Register								0000 0000	116, 150	
1Bh	CCPR2L	Capture/Compare/PWM Register 2 (LSB)								xxxxxx xxxxxx	63, 150	
1Ch	CCPR2H	Capture/Compare/PWM Register 2 (MSB)								xxxxxx xxxxxx	63, 150	
1Dh	CCP2CON	—	—	CCP2X	CCP2Y	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0	--00 0000	64, 150	
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte								xxxxxx xxxxxx	133, 150	
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON	0000 00-0	127, 150	

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Πίνακας των καταχωρητών SFR που βρίσκονται στην τραπεζα 1

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:	
Bank 1												
80h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	31, 150	
81h	OPTION_REG	RSPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	23, 150	
82h ⁽³⁾	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	30, 150	
83h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	T0	P0	Z	DC	C	0001 1xxx	22, 150	
84h ⁽³⁾	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	31, 150	
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	43, 150	
86h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	45, 150	
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	47, 150	
88h ⁽⁴⁾	TRISD	PORTD Data Direction Register								1111 1111	48, 151	
89h ⁽⁴⁾	TRISE	IBF	OBF	IOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits			0000 -111	50, 151	
8Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter						---0 0000	30, 150
8Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150	
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽²⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	OCPIE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	25, 151	
8Dh	PIE2	—	CMIE	—	EEIE	BCIE	—	—	CCP2IE	-0-0 0-0-0	27, 151	
8Eh	PCON	—	—	—	—	—	—	POR	BOR	---- --qq	29, 151	
8Fh	—	Unimplemented								—	—	
90h	—	Unimplemented								—	—	
91h	SSPCON2	GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0000 0000	83, 151	
92h	PR2	Timer2 Period Register								1111 1111	62, 151	
93h	SSPAD0	Synchronous Serial Port (I ² C mode) Address Register								0000 0000	79, 151	
94h	SSPSTAT	SMP	CKE	D/A	P	S	R/W	UA	BF	0000 0000	79, 151	
95h	—	Unimplemented								—	—	
96h	—	Unimplemented								—	—	
97h	—	Unimplemented								—	—	
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	111, 151	
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	113, 151	
9Ah	—	Unimplemented								—	—	
9Bh	—	Unimplemented								—	—	
9Ch	CMCON	C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0	0000 0111	135, 151	
9Dh	CVRCON	CVREN	CVROE	CVRR	—	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0	000- 0000	141, 151	
9Eh	ADRESL	A/D Result Register Low Byte								xxxx xxxx	133, 151	
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	00-- 0000	126, 151	

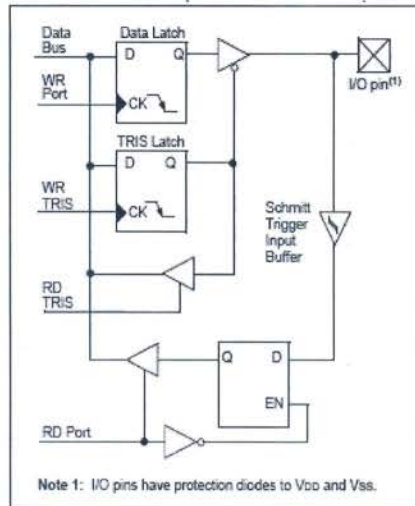
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Πίνακας των καταχωρητών SFR που βρίσκονται στην τραπεζα 2

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:
Bank 2											
100h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	31, 150
101h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxxx xxxxx	55, 150
102h ⁽³⁾	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	30, 150
103h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxxx	22, 150
104h ⁽³⁾	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxxx xxxxx	31, 150
105h	—	Unimplemented								—	—
106h	PORTB	PORTB Data Latch when written; PORTB pins when read								xxxxx xxxxx	45, 150
107h	—	Unimplemented								—	—
108h	—	Unimplemented								—	—
109h	—	Unimplemented								—	—
10Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	30, 150
10Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150
10Ch	EEDATA	EEPROM Data Register Low Byte								xxxxx xxxxx	39, 151
10Dh	EEADR	EEPROM Address Register Low Byte								xxxxx xxxxx	39, 151
10Eh	EEDATH	—	—	EEPROM Data Register High Byte					---xxx xxxxx	39, 151	
10Fh	EEADRH	—	—	—	— ⁽⁵⁾	EEPROM Address Register High Byte				---- xxxxx	39, 151
Bank 3											
180h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	31, 150
181h	OPTION_REG	RBP1	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	23, 150
182h ⁽³⁾	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	30, 150
183h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxxx	22, 150
184h ⁽³⁾	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxxx xxxxx	31, 150
185h	—	Unimplemented								—	—
186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	45, 150
187h	—	Unimplemented								—	—
188h	—	Unimplemented								—	—
189h	—	Unimplemented								—	—
18Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	30, 150
18Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150
18Ch	EECON1	EEPGD	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD	x--- x000	34, 151
18Dh	EECON2	EEPROM Control Register 2 (not a physical register)								---- ----	39, 151
18Eh	—	Reserved; maintain clear								0000 0000	—
18Fh	—	Reserved; maintain clear								0000 0000	—

7.5 Η πόρτα PORTD και ο καταχωρητής TRISD

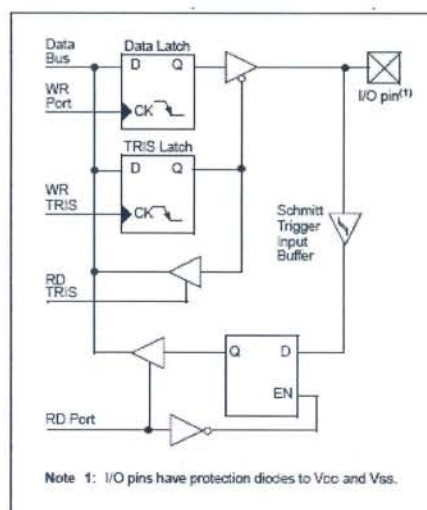
Η πόρτα PORTD είναι αμφίδρομη οχτανήφια. Ο καταχωρητής διεύθυνσης δεδομένων που αντιστοιχεί στην πόρτα D είναι ο TRISD. Οι ακίδες της πόρτας TRISD όταν είναι εισοδοί διαθέτουν απομονωτή Schmitt Trigger. Η πόρτα PORTD μπορεί να διαμορφωθεί σαν οχτανήφια παράλληλη πόρτα σκλάβου, ρυθμίζοντας το ψηφίο ελέγχου PSMODE. Με αυτή την μέθοδο οι εισοδοί είναι επιπέδου TTL.



Μπολκ Διάγραμμα της πόρτας D

7.6 Η πόρτα PORTE και ο καταχωρητής TRISE

Η πόρτα PORTE είναι αμφίδρομη τρινήφια, οι ακίδες της πόρτας TRISD όταν είναι εισοδοί διαθέτουν απομονωτή Schmitt Trigger. Οι ακίδες της πόρτας E γίνονται εισοδοί για την παράλληλη επικοινωνία ελεγκτών κάνοντας το ψηφίο PSMODE = 1. Σε αυτή την μέθοδο ο χρήστης πρέπει να βεβαιωθεί ότι τα τρία ψηφία του καταχωρητή TRISE πρέπει να είναι ίσον με ένα, έτσι ώστε να έχουν διαμορφωθεί σαν ψηφιακές εισοδοί. Επίσης πρέπει από τον καταχωρητή ADCON1 να έχει επιβεβαιωθεί ότι οι εισοδοί έχουν ρυθμιστεί ως ψηφιακές εισοδοί, οι εισοδοί είναι επιπέδου TTL. Οι ακίδες της πόρτας E είναι πολυπλεγμένες με αναλογικές εισόδους, όταν επιλεχθούν σαν αναλογικές οι ακίδες διαβάζονται σαν '0'. Ο καταχωρητής διεύθυνσης δεδομένων που αντιστοιχεί στην πόρτα E είναι ο TRISE.



Μπολκ Διάγραμμα της πόρτας E

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

• Καταχωρητής TRISE

R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1
IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	-	BIT2	BIT1	BIT0
bit 7							bit 0

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο

U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0

W = Εγράψιμο ψηφίο

1'= Bit is set '0'= Bit is cleared x=Bit είναι άγνωστο

n = Τιμή μετά από POR reset

- Bit 7 **IBF**: Ψηφίο κατάστασης εισόδου επικοινωνίας
 1 = Μια λέξη έχει εληφθεί και αναμένεται να διαβασθεί από το επεξεργαστή
 0 = Δεν έχει εληφθεί τίποτα.
- Bit 6 **OBF**: Ψηφίο κατάστασης εξόδου επικοινωνίας
 1 = Η έξοδος προκαλεί πάγωμα μια πρηγούμενης γραφόμενης λέξης
 0 = Η έξοδος έχει διαβασθεί
- Bit 5 **IBOV**: Ψηφίο ελέγχου υπερπήλωσης εισόδου.
 1 = Ένα καινούργιο συμβαν ,όταν το προηγούμενο συμβαν δεν έχει διαβασθεί
 0 = Καμία υπερπήλωσης συμβάντων
- Bit 4 **PSPMODE**: Επιλογή ψηφίου παράλληλης επικοινωνίας
 1 = Η PORTD λειτουργεί σαν παράλληλη πόρτα επικοινωνίας σκλαβου
 0 = Η PORTD λειτουργεί σαν είσοδου/έξοδοι
- Bit 3 Δεν χρησιμοποιείται. Διαβάζεται σαν μηδέν
- Bit 2 **Bit2** : Ψηφίο ελέγχου κατεύθυνσης
 0 = Έξοδος
 1 = Είσοδος
- Bit 1 **Bit1**: Ψηφίο ελέγχου κατεύθυνσης
 0 = Έξοδος
 1 = Είσοδος
- Bit 0 **Bit0** : Ψηφίο ελέγχου κατεύθυνσης
 0 = Έξοδος
 1 = Είσοδος

7.6.1 Από το πρόγραμμα του PIC16F877 που περιγράφει την διαμόρφωση των εισόδων/εξόδων:

```
#define INT      0           ; Interrupt pin or RB0
#define But_A   1           ; Button "A" pin number
#define But_B   2           ; Button "B" pin number
#define But_C   3           ; Button "C" pin number

ORG      0
GOTO     INITIALIZATION

INITIALIZATION:
;*****
CLRF     PORTA           ;CLEAR PORTA
CLRF     PORTB           ;CLEAR PORTB
CLRF     PORTC           ;CLEAR PORTC
CLRF     PORTD           ;CLEAR PORTD

BANKSEL  TRISA           ;RA0-RA5 ARE OUTPUT
CLRF     TRISA           ;0x00

BANKSEL  TRISB           ;RB0-RB7 ARE INPUT
BSF      TRISB,INT       ;0xFF
BSF      TRISB,But_A
BSF      TRISB,But_B
BSF      TRISB,But_C
BSF      TRISB,4
BSF      TRISB,5
BSF      TRISB,6
BSF      TRISB,7

BANKSEL  TRISC           ;RC0-RC3 ARE OUTPUT
MOVLW    b'11110000'     ;RC4-RC7 ARE INPUT
MOVWF    TRISC           ;0xF0

BANKSEL  TRISD           ;RD0-RD1 ARE OUTPUT
MOVLW    b'11111100'     ;RD2-RD7 ARE INPUT
MOVWF    TRISD           ;0xFC
```

Επεξήγηση :

Στο ολοκληρωμένο πρόγραμμα έχει ρυθμιστεί να λειτουργεί με εξωτερικές διακοπές, για αυτόν τον λόγο πρέπει να δηλώσουμε τα ανύσματα επανατοποθέτησης και διακοπών. Πριν την αρχικοποίηση των πορτών σαν εισόδου/έξοδοι

στην αρχή του προγράμματος δηλώνουμε το άνυσμα επανατοποθέτησης. Μετά από Reset φορτώνεται στον αριθμητή του προγράμματος η διεύθυνση 0000h, δηλαδή η ροή του προγράμματος ξεκινάει από την διεύθυνση 0000h, χρησιμοποιώντας την εντολή org 0(origin) και στην συνέχεια προκαλείται άλμα με την εντολή goto.

```
ORG      0
GOTO     INITIALIZATION
```

Στην συνέχεια αρχικοποιούμε τις πόρτες μηδενίζοντας τα latches εξόδου, χρησιμοποιώντας την εντολή clrf.

```
CLRF    PORTA           ;CLEAR PORTA
CLRF    PORTB           ;CLEAR PORTB
CLRF    PORTC           ;CLEAR PORTC
CLRF    PORTD           ;CLEAR PORTD
```

Τέλος δηλώνουμε ποιες ακίδες θα είναι εξόδοι και ποιες εισόδοι επιλέγοντας κάθε φορά τον καταχωρητή που επιθυμούμε με την εντολή banksel. Δηλώνουμε με '1' την είσοδο και με '0' την έξοδο. Μετφέρουμε τον αριθμό στον working register χρησιμοποιώντας την εντολή movlw και από τον working register στον καταχωρητή TRIS<x> χρησιμοποιώντας την εντολή movwf. Επίσης δηλώνουμε σαν είσοδο μια ακίδα με την εντολή bsf και σαν έξοδο με την εντολή bcf.

```
CLRF    PORTA           ;CLEAR PORTA
CLRF    PORTB           ;CLEAR PORTB
CLRF    PORTC           ;CLEAR PORTC
CLRF    PORTD           ;CLEAR PORTD
```

```
BANKSEL TRISA           ;RA0-RA5 ARE OUTPUT
CLRF    TRISA           ;0x00
```

```
BANKSEL TRISB           ;RB0-RB7 ARE INPUT
BSF     TRISB,INT       ;0xFF
BSF     TRISB,But_A
BSF     TRISB,But_B
BSF     TRISB,But_C
BSF     TRISB,4
BSF     TRISB,5
BSF     TRISB,6
BSF     TRISB,7
```

```
BANKSEL TRISC           ;RC0-RC3 ARE OUTPUT
MOVLW   b'11110000'     ;RC4-RC7 ARE INPUT
MOVWF   TRISC           ;0xF0
```

```
BANKSEL TRISD           ;RD0-RD1 ARE OUTPUT
MOVLW   b'11111100'     ;RD2-RD7 ARE INPUT
MOVWF   TRISD           ;0xFC
```

Μπορούμε να αλλάξουμε το ψηφίο μιας ακίδας τοποθετώντας του μια ετικέτα με την βοήθεια την ψευδοεντολής #define

7.7 Ο καταχωρητής OPTION_REG

Ο καταχωρητής Option_Reg είναι εγράψιμος και αναγνώσιμος, ο οποίος παρέχει έλεγχο διαφόρων ψηφίων για την αρχικοποίηση του προμετρητή και επιτυριτή χρονισμού μεταμετρητή του Tmr0, την εξωτερική διακοπή, τον Tmr0 και τις ασθενείς pull-ups στην πόρτα portb.

• Καταχωρητής OPTION_REG

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
RBPB	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0

bit 7

bit 0

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0

W = Εγράψιμο ψηφίο

1'= Bit is set '0'= Bit is cleared x=Bit είναι άγνωστο

n = Τιμή μετά από POR reset

Bit 7 **RBPB**: Ψηφίο ενεργοποίησης των pull-up της πορτας B

1 = Pull-up της πορτας B είναι εκτός

0 = Pull-up της πορτας B είναι εντός.

Bit 6 **INTEDG**: Ψηφίο επιλογής μετώπου διακοπής

1 = Διακοπή με θετικό μέτωπο

0 = Διακοπή με αρνητικό μέτωπο

Bit 5 **T0CS**: Ψηφίο επιλογής προσαύξηση ρολογιού

1 = Μετα βολή στον ακροδέκτη T0CKI/RA4

0 = Χρήση εσωτερικού ρολογιού

Bit 4 **T0SE**: Ψηφίο επιλογής μετώπου για τον Tmr0

1 = Προσαύξηση με αρνητικό μέτωπο στον ακροδέκτη T0CKI/RA4

0 = Προσαύξηση με θετικό μέτωπο στον ακροδέκτη T0CKI/RA4

Bit 3 **PSA**: Ψηφίο εκχώρησης του προμετρητή

0 = Εκχώρηση του προμετρητή στον WDT

1 = Εκχώρηση του προμετρητή στον Tmr0

Bit 2-0 **PS2:PS0** : Ψηφίο επιλογής μεγέθους προμετρητή

PS2 PS1 PS1	TMR0 ρυθμός	WDT ρυθμός
000	1:2	1:1
001	1:4	1:2
010	1:8	1:4
011	1:16	1:8
100	1:32	1:16
101	1:64	1:32
110	1:128	1:64
111	1:256	1:128

7.8 Ο καταχωρητής INTCON (INTERRUPT CONTROL)

Ο καταχωρητής INTCON είναι εγράψιμος και αναγνώσιμος, ο οποίος παρέχει έλεγχο διαφόρων ψηφίων ενεργοποίησης και σημαιών για την υπερχείλιση του καταχωρητή Tmr0, αλλαγή της πόρτας B σε εισόδων διακοπής και ως είσοδος διακοπής της ακίδας INT.

• Καταχωρητής INTCON

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
bit 7							bit 0

Όπου:

R = Αναγνώσιμο ψηφίο

U = Δεν χρησιμοποιείται και διαβάζεται σαν 0

W = Εγράψιμο ψηφίο

1'= Bit is set '0'= Bit is cleared x=Bit είναι άγνωστο

n = Τιμή μετά από POR reset

Bit 7 GIE: Ψηφίο καθολικής ενεργοποίησης των διακοπών

1 = Ενεργοποιούνται όλες οι μη μασκαρισμένες διακοπές

0 = Απενεργοποιούνται όλες οι διακοπές

Bit 6 PEIE: Ψηφίο ενεργοποίησης περιφερειακών διακοπών

1 = Ενεργοποιούνται όλες οι μη μασκαρισμένες περιφερειακές διακοπές

0 = Απενεργοποιούνται όλες οι περιφερειακές διακοπές

Bit 5 TOIE: Ψηφίο ενεργοποίησης διακοπής υπερχείλισης από τον TMRO

1 = Ενεργοποιείται η διακοπή του TMRO

0 = Απενεργοποιείται η διακοπή του TMRO

Bit 4 INTE: Ψηφίο ενεργοποίησης εξωτερικής διακοπής INT

1 = Ενεργοποιείται η εξωτερική διακοπή INT

0 = Απενεργοποιείται η εξωτερική διακοπή INT

Bit 3 RBIE: Ψηφίο RB ενεργοποίησης διακοπής αλλαγής στην πόρτα

1 = Ενεργοποιείται η διακοπή RB αλλαγής επιπέδου στην πόρτα

0 = Απενεργοποιείται η διακοπή RB αλλαγής στην πόρτα

Bit 2 TOIF: Σημαία διακοπής από την υπερχείλιση του χρονιστή TMRO

1 = Συνέβη υπερχείλιση του χρονιστή TMRO

0 = Δεν συνέβη υπερχείλιση του χρονιστή TMRO

Bit 1 INTF: Σημαία εξωτερικής διακοπής INT

1 = Συνέβη εξωτερική διακοπή INT

0 = Δεν συνέβη εξωτερική διακοπή INT

7.8.1 Από το πρόγραμμα του PIC16F877 που περιγράφει τις ρυθμίσεις των καταχωρητών Option_Reg και Intcon:

Για να μπορεί η συσκευή να αντιληφθεί μια εξωτερική διακοπή θα πρέπει να ρυθμίσουμε τους καταχωρητές που αντιστοιχούν στον έλεγχο της ακίδας INT, τα ψηφία ενεργοποίησης των διακοπων και το ψηφίο μετώπου. Καθαρίζοντας το ψηφίο<6> του καταχωρητή OPTION-REG ο ελεγκτής αντιλαμβάνεται την διακοπή όταν πέσει η τάση σε χαμηλό επίπεδο δηλαδή από 5V -> 0V. Θέτοντας με '1' τα ψηφία<7,4> του καταχωρητή INTCON ενεργοποιούμε το γενικό ψηφίο διακοπής και το ψηφίο εξωτερικής διακοπής.

```
*****
;
;***Interrupt set up
;*****
BANKSEL    OPTION_REG
BCF        OPTION_REG,INTEDG    ;(Psifio epilogis metopoy energopoihseis
                                   ; diakopton me arntiko metwpo)

BANKSEL    INTCON
BSF        INTCON,GIE           ;(Pshfio καθολικis energopoihseis diakopton)
BSF        INTCON,INTE         ;(Pshfio energopoihshs e3oterikhhs diakopis INT)
```

7.8.2 Από το πρόγραμμα του PIC16F877 που περιγράφει την προκλήση εξωτερικής διακοπής

Κατά την κανονική λειτουργία, η ροή του προγράμματος ξεκινάει με την αρχικοποίηση των πορτών και την ρύθμιση των καταχωρητών, στην συνέχεια η ροή εισέρχεται στον βασικό βρόχο του προγράμματος όπου ελέγχει τα τρία ψηφία του καταχωρητή ButtonStates πότε αυτά θα γίνουν σεν (=1) και να ξεκινάει μία από τις τρεις υπορουτίνες. Κατά την διάρκεια πρόκλησης εξωτερικής διακοπής, η ροή του προγράμματος μεταβαίνει στο πρόγραμμα διακοπής και ελέγχει το ψηφίο INTF του καταχωρητή INTCON, αν είναι '0' δεν έχει προκληθεί διακοπή ενώ αν είναι '1' έχει γίνει. Όταν το ψηφίο γίνει '1' τότε καλείται η υπορουτίνα ReadButtons οι οποία ελέγχει από ποια ακίδα προκλήθηκε η εξωτερική διακοπή. Με την είσοδο του προγράμματος στην υπορουτίνα απενεργοποιούμε όλες τις διακοπες καθαρίζοντας το το ψηφίο GIE, στην συνέχεια ελέγχουμε τις ακίδες του καταχωρητη portb <1.2.3> κ θέτουμε (=1) το αντιστοιχο ψηφίο του καταχωρητή ButtonStates. Στην συνέχεια απενεργοποιούμε την σημαία εξωτερικής διακοπής. Επιστρέφοντας από την υπορουτίνα στο πρόγραμμα διακοπής εξέρχεται από αυτό με την εντολή retfie. Κατά την είσοδο του προγράμματος στον βρόχο καθώς ελέγχει τα ψηφία του καταχωρητη ButtonStates από τα οποία το ένα είχε γίνει σεν αφού είχε προκληθεί διακοπή εισέρχεται και στο ανάλογο effect.

```
ORG 0
GOTO      INITIALIZATION
ORG 4
GOTO      INTERRUPT

INTERRUPT:
BTFSC     INTCON,INTF    ;simea e3oterikis diakopis
CALL      ReadButtons
RETFIE                      ;epistrofi apo tin diakopi

INITIALIZATION:
- Αρχικοποίηση Πορτών Εισόδου/Εξόδου
- Ρύθμιση των Intcon & Option_Reg
```

LOOP:
START:

```
BTFSC      ButtonStates,But_A  ; Check Button A,1
CALL       effect A
BTFSC      ButtonStates,But_B  ; Check Button B,2
CALL       effect B
BTFSC      ButtonStates,But_C  ; Check Button C,3
CALL       effect C
GOTO       LOOP
```

;..... END INITIALIZATION.....

;.....MAIN PROGRAM.....

;code here for effect A

;code here for effect B

;code here for effect C

;..... END MAINPROGRAM

ReadButtons:

```
BANKSEL    INTCON
BCF        INTCON,GIE      ;DISABLE GLOBAL INTERRUPT
                        ;The buttons are pressed if the are *** LOW ***

BANKSEL    PORTB
BTFSS      PORTB,But_A      ; Read button A
BSF        ButtonStates,But_A ; Set the flag if pressed
BTFSS      PORTB,But_B      ; Read button B
BSF        ButtonStates,But_B ; Set the flag if pressed
BTFSS      PORTB,But_C      ; Read button C
BSF        ButtonStates,But_C ; Set the flag if pressed

BANKSEL    INTCON
BCF        INTCON,INTF      ;Simaiia e3oterikis diakopis
                        ;Clear the flag at the very end. This will help debouncing

RETURN
```

7.8.3 Από το πρόγραμμα του PIC16F877 που περιγράφει το Main Program

Το Main Program αποτελείται από τρεις υπορουτίνες, στην ουσία είναι η διαδικασία κατά την οποία χρησιμοποιεί ο ανελκυστήρας για να έρθει στο επίπεδο το οποίο εμείς το καλέσαμε. Λόγω του ότι ο ανελκυστήρας αποτελείται από τρία πατώματα καταλαβαίνουμε ότι οι βασικές υπορουτίνες είναι τρεις. Η κάθε βασική υπορουτίνα περιέχει άλλες τρεις ρουτίνες εκ των οποίων οι δυο είναι για την λειτουργία του ανελκυστήρα από το αντίστοιχο επίπεδο, δηλαδή αν καλούμε τον θάλαμο να έλθει στο μεσαίο επίπεδο, το πρόγραμμα πρέπει να ελέγξει σε ποιο επίπεδο βρίσκεται και στην συνέχεια να ακολουθήσει την διαδικασία για να φτάσει στον όροφο αντιλαμβανομάστε ότι θα ακολουθούσε διαφορετική διαδικασία αν ερχόταν ο θάλαμος από τον τρίτο κ διαφορετικό αν ερχόταν ο θάλαμος από τον πρώτο.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Η τρίτη υπορουτίνα αναφέρεται για τον έλεγχο των θυρών. Οι τρεις βασικές υπορουτίνες είναι περίπου πανομοιότυπες αυτό που αλλάζει είναι κάθε φορά και αναλογα το σημείο του προγράμματος το ψηφίο της πόρτας.

• Η υπορουτίνα RELEY_DOWN πραγματοποιεί τρία βήματα καθαρίζει το ψηφίο του καταχωρητή ButtonStates το οποίο τροποποιήθηκε κατά την διάρκεια της διακοπής και είναι έτοιμο για την επόμενη κλήση. Δεύτερον ελέγχει αν ο θάλαμος είναι στο επίπεδο που έγινε η κλήση έτσι ώστε να ανοίξει την θύρα και να τερματίσει την υπορουτίνα. Τέλος ελέγχει σε ποιο επίπεδο βρίσκεται ο θάλαμος έτσι ώστε να προκαλέσει άλμα στην απαραίτητη διαδικασία.

;effect A

RELEY_DOWN:

	BCF	ButtonStates,But_A	; Clear the flag
	BTFSC	PORTB,5	;ELEGXOS AN O BALAMOS EINAI IDIOY OROFOY ME TO
MPOYTON	GOTO	GATE_1_OPEN_CLOSE	;YPOROYTINA PORTAS Iou OROFOY
	BTFSC	PORTB,6	;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU
OROFOY	GOTO	RELEY_DOWN_A	
	BTFSC	PORTB,7	;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 3OU
OROFOY	GOTO	RELEY_DOWN_B	
	GOTO	\$-4	; proklisi almatos stin tertarti proigoumeni entoli
FLAG_4:	RETURN		; Epistrofi apo call

• Οι υπορουτίνες RELEY_DOWN_A και RELEY_DOWN_B δίνουν εντολές για την ενεργοποίηση και την απενεργοποίηση της γέφυρας 'H' και του PWM. Μετά την ενεργοποίηση και την κίνηση του θαλάμου κατά την διαδρομή του έρχεται σε επαφή με μαγνητικές επαφές που σκοπό έχουν να αυξομειώσουν την ταχύτητα του θαλάμου.

RELEY_DOWN_A:

BANKSEL	PORTA	
MOVLW	B'000101'	;ENERGOPOIHSHTH DOWN_RELEY / start pwm (set)
MOVWF	PORTA	
NOP		
BANKSEL	PORTD	
BTFSS	PORTD,5	;magmhtikh epafh B1
GOTO	\$-1	
NOP		
BANKSEL	PORTA	
MOVLW	B'001101'	;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF	PORTA	
NOP		
BANKSEL	PORTD	
BTFSS	PORTD,4	;magmhtikh epafh A
GOTO	\$-1	
NOP		

BIBΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

```

BANKSEL    PORTA
MOVLW     B'100101'    ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF     PORTA
NOP
BANKSEL    PORTB
BTFSS     PORTB,5      ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH IOU OROFOY
GOTO      $-1
NOP
BANKSEL    PORTA
MOVLW     B'000000'    ;APENERGOPOIHSHTH DOWN_RELEY / stop pwm (reset)
MOVWF     PORTA
NOP
GOTO      GATE_1_OPEN_CLOSE

```

RELEY_DOWN_B:

```

BANKSEL    PORTA
MOVLW     B'000101'    ;ENERGOPOIHSHTH DOWN_RELEY / start pwm (set)
MOVWF     PORTA
NOP
BANKSEL    PORTD
BTFSS     PORTD,7      ;magmhtikh epafh C
GOTO      $-1
NOP
BANKSEL    PORTA
MOVLW     B'001101'    ;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF     PORTA
NOP
BANKSEL    PORTD
BTFSS     PORTD,4      ;magmhtikh epafh A
GOTO      $-1
NOP
BANKSEL    PORTA
MOVLW     B'100101'    ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF     PORTA
NOP
BANKSEL    PORTB
BTFSS     PORTB,5      ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH IOU OROFOY
GOTO      $-1
NOP
BANKSEL    PORTA
MOVLW     B'000000'    ;APENERGOPOIHSHTH DOWN_RELEY / stop pwm (reset)
MOVWF     PORTA
NOP
GOTO      GATE_1_OPEN_CLOSE

```

• Η υπορουτίνα GATE_1_OPEN_CLOSE ενεργοποιεί και απενεργοποιεί με μια καθυστέρηση 4 δευτερολέπτων ανάμεσα από τις δυο αυτές ενέργειες τους ηλεκτροκινητήρες που αφορούν για το άνοιγμα και κλείσιμο των θυρών αλλά και για των έλεγχο αυτών πέρνοντας τις εντολές από τους τερματικούς διακόπτες που βρίσκονται στην αρχή και στο τέλος της διαδρομής των θυρών.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

GATE_1_OPEN_CLOSE:

```
BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00000001' ;ENERGOPOIHSB MOTER->ANOI3E
IORWF      PORTC
NOP
BANKSEL    PORTD
BTFSS      PORTD,3      ;EFTASE?;;;B_TERMATIKOS
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00000000'
ANDWF      PORTC        ;APENERGOPOIHSB MOTER
NOP
```

```
CALL       DELAY_2
CALL       DELAY_2
```

```
NOP
BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00000010' ;ENERGOPOIHSB MOTER-> KLISE
IORWF      PORTC
NOP
BANKSEL    PORTD
BTFSS      PORTD,2      ;EFTASE?;;;A_TERMATIKOS
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00000000' ;ENERGOPOIHSB MOTER->ANOI3E
ANDWF      PORTC
NOP
GOTO       FLAG_4
```

7.8.4 Από το πρόγραμμα του PIC16F877 που περιγράφει το Main Program

Οι άλλες δύο βασικές υπορουτίνες είναι παρόμοιες με την υπορουτίνα που περιγράψαμε πιο πάνω. Η διαφορά βρίσκεται στην ενεργοποίηση / απενεργοποίηση και στον έλεγχο διαφόρων σημείων.

RELEY_DOWN_OR_UP:

```
BCF      ButtonStates,But_B      ; Clear the flag
BTFSC    PORTB,6                  ;ELEGXOS AN O 8ALAMOS EINAI IDIOY OROFOY
GOTO     GATE_2_OPEN_CLOSE       ;YPOROYTINA PORTAS 2ou OROFOY
BTFSC    PORTB,5                  ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 1OU OROFOY
GOTO     RELEY_UP_1
BTFSC    PORTB,7                  ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 3OU OROFOY
GOTO     RELEY_DOWN_1
GOTO     $-4
```

FLAG_2: RETURN

RELEY_UP_1:

```
BANKSEL   PORTA
MOVLW     B'000110'      ;ENERGOPOIHSH DOWN_RELEY / start pwm (set)
MOVWF     PORTA
NOP
BANKSEL   PORTD
BTFSS     PORTD,4        ;magmhtikh epafh A
GOTO      $-1
NOP
BANKSEL   PORTA
MOVLW     B'001110'      ;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF     PORTA
NOP
BANKSEL   PORTD
BTFSS     PORTD,5        ;magmhtikh epafh B1
GOTO      $-1
NOP
BANKSEL   PORTA
MOVLW     B'100110'      ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF     PORTA
NOP
BANKSEL   PORTB
BTFSS     PORTB,6        ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU OROFOY
GOTO      $-1
NOP
BANKSEL   PORTA
MOVLW     B'000000'      ;ENERGOPOIHSH DOWN_RELEY / start pwm (reset)
MOVWF     PORTA
NOP
GOTO      GATE_2_OPEN_CLOSE
```

RELEY_DOWN_1:

BANKSEL	PORTA	
MOVLW	B'000101'	;ENERGOPOIHSN DOWN_RELEY / start pwm (set)
MOVWF	PORTA	
NOP		
BANKSEL	PORTD	
BTFSS	PORTD,7	;magmhtikh epafh C
GOTO	\$-1	
NOP		
BANKSEL	PORTA	
MOVLW	B'001101'	;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF	PORTA	
NOP		
BANKSEL	PORTD	
BTFSS	PORTD,6	;magnhtikh epafh B2
GOTO	\$-1	
NOP		
BANKSEL	PORTA	
MOVLW	B'100101'	;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF	PORTA	
NOP		
BANKSEL	PORTB	
BTFSS	PORTB,6	;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU OROFOY
GOTO	\$-1	
NOP		
BANKSEL	PORTA	
MOVLW	B'000000'	;APENERGOPOIHSN DOWN_RELEY / stop pwm (reset)
MOVWF	PORTA	
NOP		
GOTO	GATE_2_OPEN_CLOSE	

GATE_2_OPEN_CLOSE:

BANKSEL	PORTC	
MOVLW	B'00000100'	;ENERGOPOIHSN MOTER->ANOI3E
IORWF	PORTC	
NOP		
BANKSEL	PORTC	
BTFSS	PORTC,4	;EFTASE?;;;C_TERMATIKOS
GOTO	\$-1	
NOP		
BANKSEL	PORTC	
MOVLW	B'00000000'	
ANDWF	PORTC	;APENERGOPOIHSN MOTER
NOP		
CALL	DELAY_2	
CALL	DELAY_2	
NOP		
BANKSEL	PORTC	
MOVLW	B'00001000'	;ENERGOPOIHSN MOTER-> KLISE
IORWF	PORTC	
NOP		

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

BANKSEL    PORTC
BTFSS      PORTC,5      ;EFTASE?;;;D_TERMATIKOS
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00000000'  ;APENERGOPOIHSB MOTER
ANDWF      PORTC
NOP
GOTO       FLAG_2

```

RELEY_UP:

```

BCF        ButtonStates,But_C      ;Clear the flag
BTFSC      PORTB,7      ;ELEGXOS AN O 8ALAMOS EINAI IDIOY OROFOY
GOTO       GATE_3_OPEN_CLOSE      ;YPOROYTINA PORTAS 3ou OROFOY
BTFSC      PORTB,6      ;ELEGXOS OROFODIAKOPHT 2OU OROFOY
GOTO       RELEY_UP_A
BTFSC      PORTB,5      ;ELEGXOS OROFODIAKOPHT 1OU OROFOY
GOTO       RELEY_UP_B
GOTO       $-4

```

FLAG_5: RETURN

RELEY_UP_A:

;2 -> 3

```

BANKSEL    PORTA
MOVLW      B'000110'      ;ENERGOPOIHSB UP_RELEY / start pwm (set)
MOVWF      PORTA
NOP
BANKSEL    PORTD
BTFSS      PORTD,6      ;magnhtikh epafh B2
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTA
MOVLW      B'001110'      ;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF      PORTA
NOP
BANKSEL    PORTD
BTFSS      PORTD,7      ;magnhtikh epafh C
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTA
MOVLW      B'100110'      ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF      PORTA
NOP
BANKSEL    PORTB
BTFSS      PORTB,7      ;ELEGXOS OROFODIAKOPHT 3OU OROFOY
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTA
MOVLW      B'000000'      ;APENERGOPOIHSB UP_RELEY / stop pwm

```

(reset)

```

MOVWF      PORTA
NOP
GOTO       GATE_3_OPEN_CLOSE ;YPOROYTINA PORTAS 3ou OROFOY

```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

RELEY_UP_B:                                     ;1 -> 3
    BANKSEL    PORTA
    MOVLW      B'000110'                        ;ENERGOPOIHSB UP_RELEY / start pwm (set)
    MOVWF      PORTA
    NOP
    BANKSEL    PORTD
    BTFSS      PORTD,4                          ;magnhtikh epafh A
    GOTO       $-1
    NOP
    BANKSEL    PORTA
    MOVLW      B'001110'                        ;go pulse pwm (test_1) A,3
    MOVWF      PORTA
    NOP
    BANKSEL    PORTD
    BTFSS      PORTD,7                          ;magnhtikh epafh C
    GOTO       $-1
    NOP
    BANKSEL    PORTA
    MOVLW      B'100110'                        ;go pulse pwm (test_2) A,5
    MOVWF      PORTA
    NOP
    BANKSEL    PORTB
    BTFSS      PORTB,7                          ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU OROFOY
    GOTO       $-1
    NOP
    BANKSEL    PORTA
    MOVLW      B'000000'                        ;APENERGOPOIHSB UP_RELEY / stop pwm (reset)
    MOVWF      PORTA
    NOP
    GOTO       GATE_3_OPEN_CLOSE ;YPOROYTINA PORTAS 3ou OROFOY

```

GATE_3_OPEN_CLOSE:

```

    BANKSEL    PORTD                          ;ENERGOPOIHSB MOTER->ANOI3E
    MOVLW      B'00000001'
    IORWF      PORTD
    NOP
    BANKSEL    PORTC
    BTFSS      PORTC,7                          ;EFTASE?;;;Z_TERMATIKOS
    GOTO       $-1
    NOP
    BANKSEL    PORTD
    MOVLW      0X00                            ;APENERGOPOIHSB MOTER
    ANDWF      PORTD
    NOP

    CALL DELAY_2
    CALL DELAY_2

    NOP
    BANKSEL    PORTD
    MOVLW      B'00000010'                    ;ENERGOPOIHSB MOTER->KLISE
    IORWF      PORTD

```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

NOP
BANKSEL    PORTC
BTFSS      PORTC,6          ;EFTASE?;;;E_TERMATIKOS
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTD
MOVLW      0X00             ;APENERGOPOIHS MOTER
ANDWF      PORTD
NOP
GOTO       FLAG_5

```

```

;=====
;.....END OF MAIN PROGRAM.....
;=====

```

7.9 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ

Με την μέθοδο polling έχει κατασκευασθεί αυτό το πρόγραμμα, είναι το πιο σημαντικό από όλα τα προγράμματα γιατί είναι αυτό που σιντονίζει όλα τα υπόλοιπα. Ελέγχει τα μπουτόν, τους οροφοδιακόπτες, τις μαγνητικές επαφές, τους τερματικούς διακόπτες των πορτών, ελέγχει της γέφυρες 'H' των πορτων αλλά και του κινητήρα που δίνει την κίνηση στον θάλαμο και τέλος δίνει εντολές για να παραχθεί το PWM σήμα από άλλο κύκλωμα για τον έλεγχο του κινητήρα. Η λειτουργία του προγράμματος είναι να μετακινήσει τον θάλαμο στο επίπεδο που το καλέσαμε με μια ομαλή επιτάχυνση και ομαλή επιβραδίνση, επίσης παρέχει και ένα είδος μνήμης δηλαδή κατά την κίνηση του θαλάμου όταν πατηθεί ένα μπουτόν αποθηκεύεται σε έναν καταχωρητή ολοκληρώνει την κίνηση και εν συνεχεία πραγματοποιεί την εντολή που αποθηκεύτηκε.

```
=====
;
;.....CONFIGURATION Mode.....
;
=====
#include <p16f877a.inc>
    _CONFIG_WDT_OFF & _LVP_OFF & _XT_OSC

;
;.....EQU's Mode.....
;
=====
ButtonStates      EQU  0x70      ; All Button states var in shared memory
TIMER1            EQU  H'20'      ; Used in delay routine
TIMER2            EQU  H'21'      ; " " "
TIMER3            EQU  H'22'
TIMER4            EQU  H'23'
TIMER5            EQU  H'24'

;
;.....Define Mode.....
;
=====
#define INT 0      ; Interrupt pin or RB0
#define But_A 1    ; Button "A" pin number
#define But_B 2    ; Button "B" pin number
#define But_C 3    ; Button "c" pin number
#define Thalamos 4 ; Button "thalamos" pin number

;
;.....ORIGIN Mode.....
;
=====
ORG 0
GOTO    INITIALIZATION
ORG 4
GOTO    INTERRUPT

;
;.....INTERRUPT Mode.....
;
=====
INTERRUPT:
    BTFSC    INTCON,INTF      ;simea e3oterikis diakopis
    CALL     ReadButtons
    RETFIE      ;epistrofi apo tin diakopi
```

```

=====
;.....INITIALIZATION Mode.....
=====
INITIALIZATION:
*****
;
    CLRF PORTA                ;CLEAR PORTA
    CLRF PORTB                ;CLEAR PORTB
    CLRF PORTC                ;CLEAR PORTC
    CLRF PORTD                ;CLEAR PORTD
*****
;
;***Interrupt set up
;*****
;
    BANKSEL    OPTION_REG
    BCF        OPTION_REG,INTEDG    ;(Psifio epilogis metopoy energopoihseis diakopton)
    BANKSEL    INTCON
    BSF        INTCON,GIE            ;(Pshfio ka8olikis energopoihseis diakopton)
    BSF        INTCON,INTE          ;(Pshfio energopoihshs e3oterikhs diakopis INT)
    CLRF       ButtonStates        ;(ka8arismos toy register)
;***Read Write Bank 1
;*****
;
    BANKSEL    TRISA            ;RA0-RA5 ARE OUTPUT
    CLRF       TRISA            ;0x00

    BANKSEL    TRISB            ;RB0-RB7 ARE INPUT
    BSF        TRISB,INT        ;0xFF
    BSF        TRISB,But_A
    BSF        TRISB,But_B
    BSF        TRISB,But_C
    BSF        TRISB,4
    BSF        TRISB,5
    BSF        TRISB,6
    BSF        TRISB,7

    BANKSEL    TRISC            ;RC0-RC3 ARE OUTPUT
    MOVLW      b'11110000'      ;RC4-RC7 ARE INPUT
    MOVWF      TRISC            ;0xF0

    BANKSEL    TRISD            ;RD0-RD1 ARE OUTPUT
    MOVLW      b'11111100'      ;RD2-RD7 ARE INPUT
    MOVWF      TRISD            ;0xFC

    BANKSEL    TRISE
    MOVLW      B'00000001'
    MOVWF      TRISE

```

```

;
;.....General Check Mode.....
;

```

LOOP:

```

START:  BTFSC      ButtonStates,But_A  ; Check Button A,1
        CALL      RELEY_DOWN
        BTFSC     ButtonStates,But_B  ; Check Button B,2
        CALL      RELEY_DOWN_OR_UP
        BTFSC     ButtonStates,But_C  ; Check Button C,3
        CALL      RELEY_UP
        GOTO      LOOP

```

```

;
;.....MAIN PROGRAM.....
;

```

RELEY_DOWN:

```

        BCF      ButtonStates,But_A      ;Clear the flag
        BTFSC     PORTB ,5              ;ELEGXOS AN O 8ALAMOS EINAI IDIOY
OROFOY ME TO MPOYTON
        GOTO     GATE_1_OPEN_CLOSE      ;YPOROYTINA PORTAS 1ou OROFOY
        BTFSC     PORTB ,6              ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU
OROFOY
        GOTO     RELEY_DOWN_A
        BTFSC     PORTB ,7              ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 3OU
OROFOY
        GOTO     RELEY_DOWN_B
        GOTO     $-4                    ;proklisi almatos stin tertarti proigoumeni entoli
FLAG_4:  RETURN                        ;Epistrofi apo call

```

RELEY_DOWN_A:

```

        BANKSEL   PORTA
        MOVLW     B'000101'            ;ENERGOPOIHSH DOWN_RELEY / start pwm (set)
        MOVWF     PORTA
        NOP
        BANKSEL   PORTD
        BTFSS     PORTD,5              ;magmhtikh epafh B1
        GOTO      $-1
        NOP
        BANKSEL   PORTA
        MOVLW     B'001101'            ;go pulse pwm (test_1) A,3
        MOVWF     PORTA
        NOP
        BANKSEL   PORTD
        BTFSS     PORTD,4              ;magmhtikh epafh A
        GOTO      $-1
        NOP
        BANKSEL   PORTA
        MOVLW     B'100101'            ;go pulse pwm (test_2) A,5
        MOVWF     PORTA
        NOP
        BANKSEL   PORTB
        BTFSS     PORTB,5              ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 1OU OROFOY
        GOTO      $-1
        NOP

```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

BANKSEL PORTA
MOVLW B'000000' ;APENERGOPOIHS DOWN_RELEY / stop pwm (reset)
MOVWF PORTA
NOP
GOTO GATE_1_OPEN_CLOSE

```

RELEY_DOWN_B:

```

BANKSEL PORTA
MOVLW B'000101' ;ENERGOPOIHS DOWN_RELEY / start pwm (set)
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTD
BTFSS PORTD,7 ;magmhtikh epafh C
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'001101' ;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTD
BTFSS PORTD,4 ;magnhtikh epafh A
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'100101' ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTB
BTFSS PORTB,5 ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH IOU OROFOY
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'000000' ;APENERGOPOIHS DOWN_RELEY / stop pwm (reset)
MOVWF PORTA
NOP
GOTO GATE_1_OPEN_CLOSE

```

GATE_1_OPEN_CLOSE:

```

    BANKSEL    PORTC
    MOVLW      B'00000001' ;ENERGOPOIHS MOTER->ANOI3E
    IORWF      PORTC
    NOP
    BANKSEL    PORTD
    BTFSS      PORTD,3      ;EFTASE?;;;B_TERMATIKOS
    GOTO       $-1
    NOP
    BANKSEL    PORTC
    MOVLW      B'00000000'
    ANDWF      PORTC        ;APENERGOPOIHS MOTER
    NOP

```

```

    CALL       DELAY_2
    CALL       DELAY_2

```

```

    NOP
    BANKSEL    PORTC
    MOVLW      B'00000010' ;ENERGOPOIHS MOTER-> KLISE
    IORWF      PORTC
    NOP
    BANKSEL    PORTD
    BTFSS      PORTD,2      ;EFTASE?;;;A_TERMATIKOS
    GOTO       $-1
    NOP
    BANKSEL    PORTC
    MOVLW      B'00000000' ;APENERGOPOIHS MOTER
    ANDWF      PORTC
    NOP
    GOTO       FLAG_4

```

RELEY_DOWN_OR_UP:

```

    BCF        ButtonStates,But_B      ; Clear the flag
    BTFSC      PORTB,6      ;ELEGXOS AN O 8ALAMOS EINAI IDIOY OROFOY ME TO MPOYTON
    GOTO       GATE_2_OPEN_CLOSE      ;YPOROYTINA PORTAS 2ou OROFOY
    BTFSC      PORTB,5      ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 1OU

```

OROFOY

```

    GOTO       RELEY_UP_1
    BTFSC      PORTB,7      ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 3OU

```

OROFOY

```

    GOTO       RELEY_DOWN_1
    GOTO       $-4

```

FLAG_2: RETURN

RELEY_UP_1:

```

    BANKSEL    PORTA
    MOVLW      B'000110'      ;ENERGOPOIHS DOWN_RELEY / start pwm (set)
    MOVWF      PORTA
    NOP
    BANKSEL    PORTD
    BTFSS      PORTD,4      ;magmhtikh epafh A
    GOTO       $-1

```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'001110' ;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTD
BTFSS PORTD,5 ;magnhtikh epafh B1
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'100110' ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTB
BTFSS PORTB,6 ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU OROFOY
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'000000' ;ENERGOPOIHSHT DOWN_RELEY / start pwm (reset)
MOVWF PORTA
NOP
GOTO GATE_2_OPEN_CLOSE

```

RELEY_DOWN_1:

```

BANKSEL PORTA
MOVLW B'000101' ;ENERGOPOIHSHT DOWN_RELEY / start pwm (set)
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTD
BTFSS PORTD,7 ;magnhtikh epafh C
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'001101' ;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTD
BTFSS PORTD,6 ;magnhtikh epafh B2
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'100101' ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTB
BTFSS PORTB,6 ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU OROFOY
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'000000' ;APENERGOPOIHSHT DOWN_RELEY / stop pwm (reset)
MOVWF PORTA
NOP
GOTO GATE_2_OPEN_CLOSE

```

GATE_2_OPEN_CLOSE:

```

BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00000100' ;ENERGOPOIHS MOTER->ANOI3E
IORWF      PORTC
NOP
BANKSEL    PORTC
BTFSS      PORTC,4      ;EFTASE?;;;C_TERMATIKOS
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00000000'
ANDWF      PORTC        ;APENERGOPOIHS MOTER
NOP

```

```

CALL        DELAY_2
CALL        DELAY_2

```

```

NOP
BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00001000' ;ENERGOPOIHS MOTER-> KLISE
IORWF      PORTC
NOP
BANKSEL    PORTC
BTFSS      PORTC,5      ;EFTASE?;;;D_TERMATIKOS
GOTO       $-1
NOP
BANKSEL    PORTC
MOVLW      B'00000000' ;APENERGOPOIHS MOTER
ANDWF      PORTC
NOP
GOTO       FLAG_2

```

RELEY_UP:

```

BCF         ButtonStates,But_C ;Clear the flag
BTFSC      PORTB,7             ;ELEGXOS AN O 8ALAMOS EINAI IDIOY OROFOY
GOTO       GATE_3_OPEN_CLOSE ;YPOROYTINA PORTAS 3ou OROFOY
BTFSC      ORTB,6              ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU OROFOY
GOTO       RELEY_UP_A
BTFSC      PORTB,5              ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 1OU

```

OROFOY

```

GOTO       RELEY_UP_B
GOTO       $-4

```

FLAG_5:

```

RETURN

```

RELEY_UP_A:

;2 -> 3

```

BANKSEL    PORTA
MOVLW      B'000110' ;ENERGOPOIHS UP_RELEY / start pwm (set)
MOVWF      PORTA
NOP
BANKSEL    PORTD
BTFSS      PORTD,6      ;magmhtikh epafh B2
GOTO       $-1

```

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

```

NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'001110' ;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTD
BTFSS PORTD,7 ;magnhtikh epafh C
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'100110' ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTB
BTFSS PORTB,7 ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 3OU OROFOY
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'000000' ;APENERGOPOIHSHTH UP_RELEY / stop pwm (reset)
MOVWF PORTA
NOP
GOTO GATE_3_OPEN_CLOSE ;YPOROYNTINA PORTAS 3ou OROFOY

```

```

RELEY_UP_B: ;1 -> 3
BANKSEL PORTA
MOVLW B'000110' ;ENERGOPOIHSHTH UP_RELEY / start pwm (set)
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTD
BTFSS PORTD,4 ;magnhtikh epafh A
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'001110' ;go pulse pwm (test_1) A,3
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTD
BTFSS PORTD,7 ;magnhtikh epafh C
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'100110' ;go pulse pwm (test_2) A,5
MOVWF PORTA
NOP
BANKSEL PORTB
BTFSS PORTB,7 ;ELEGXOS OROFODIAKOPHTH 2OU OROFOY
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTA
MOVLW B'000000' ;APENERGOPOIHSHTH UP_RELEY / stop pwm (reset)
MOVWF PORTA
NOP
GOTO GATE_3_OPEN_CLOSE ;YPOROYNTINA PORTAS 3ou OROFOY

```

GATE_3_OPEN_CLOSE:

```
BANKSEL PORTD ;ENERGOPOIHS MOTER->ANOI3E
MOVLW B'00000001'
IORWF PORTD
NOP
BANKSEL PORTC
BTFS PORTC,7 ;EFTASE?;;;Z_TERMATIKOS
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTD
MOVLW 0X00 ;APENERGOPOIHS MOTER
ANDWF PORTD
NOP

CALL DELAY_2
CALL DELAY_2

NOP
BANKSEL PORTD
MOVLW B'00000010' ;ENERGOPOIHS MOTER->KLISE
IORWF PORTD
NOP
BANKSEL PORTC
BTFS PORTC,6 ;EFTASE?;;;E_TERMATIKOS
GOTO $-1
NOP
BANKSEL PORTD
MOVLW 0X00 ;APENERGOPOIHS MOTER
ANDWF PORTD
NOP
GOTO FLAG_5
```

;.....END OF MAIN PROGRAM.....

ReadButtons:

```

BANKSEL  INTCON
BCF      INTCON,GIE          ;DISABLE GLOBAL INTERRUPT
BANKSEL  PORTB
BTFSS    PORTB,But_A        ; Read button A
BSF      ButtonStates,But_A  ; Set the flag if pressed
BTFSS    PORTB,But_B        ; Read button B
BSF      ButtonStates,But_B  ; Set the flag if pressed
BTFSS    PORTB,But_C        ; Read button C
BSF      ButtonStates,But_C  ; Set the flag if pressed
BANKSEL  INTCON
BCF      INTCON,INTF        ;Simaia e3oterikis diakopis
RETURN

```

```

;=====
;Delay_routine.....2s.....
;=====

```

```

DELAY_2:  MOVLW  D'012'
          MOVWF  TIMER3
DEL_LOOP0 MOVLW  D'228'
          MOVWF  TIMER2
DEL_LOOP1 MOVLW  D'242'
          MOVWF  TIMER1

DEL_LOOP2 DECFSZ TIMER1,F
          GOTO  DEL_LOOP2
          DECFSZ TIMER2,F
          GOTO  DEL_LOOP1
          DECFSZ TIMER3,F
          GOTO  DEL_LOOP0
          RETURN

```

```

;=====
;Delay_routine.....1mS.....
;=====

```

```

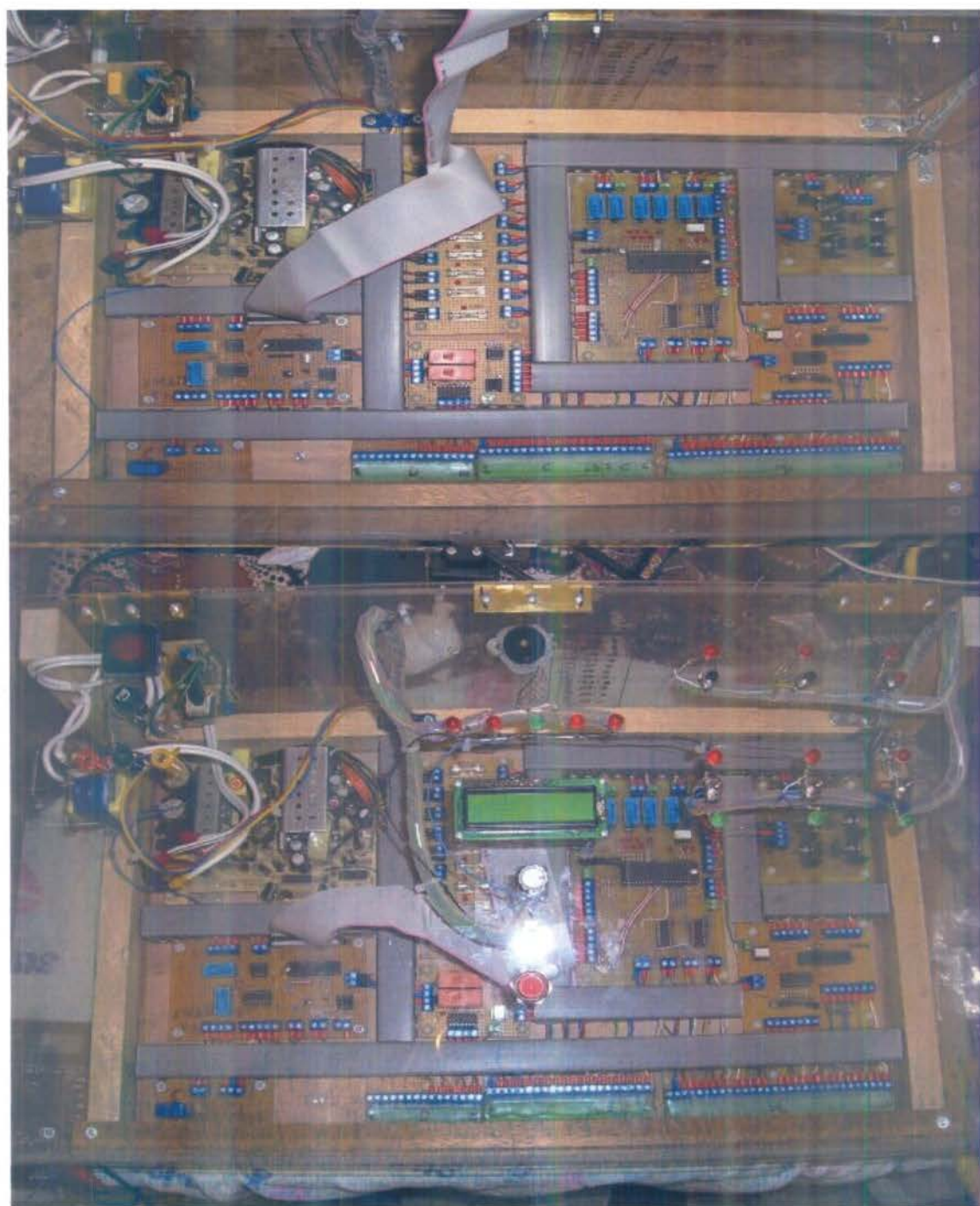
DELAY_1:          MOVLW  D'17'
          MOVWF  TIMER5
DEL_LOOP3:        MOVLW  D'97'
          MOVWF  TIMER4
DEL_LOOP4:        DECFSZ  TIMER4,F
          GOTO  DEL_LOOP4
          DECFSZ  TIMER5,F
          GOTO  DEL_LOOP3
          RETURN

```

```

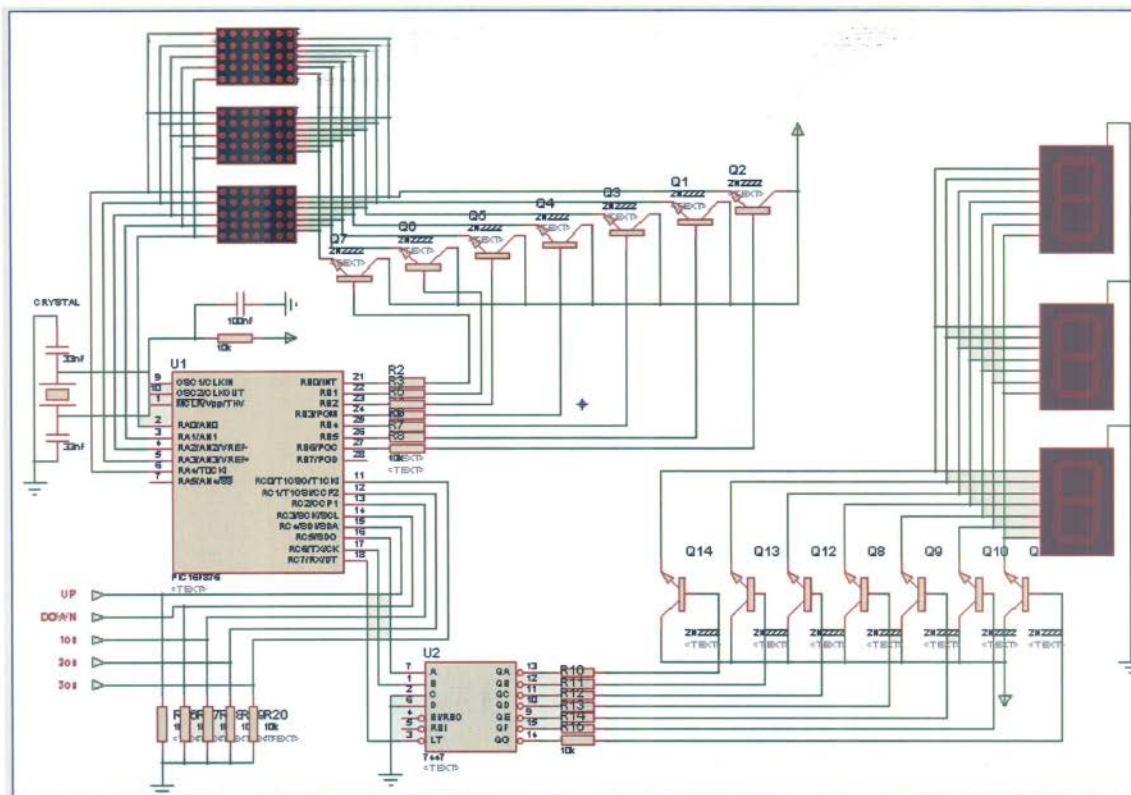
;=====
END

```



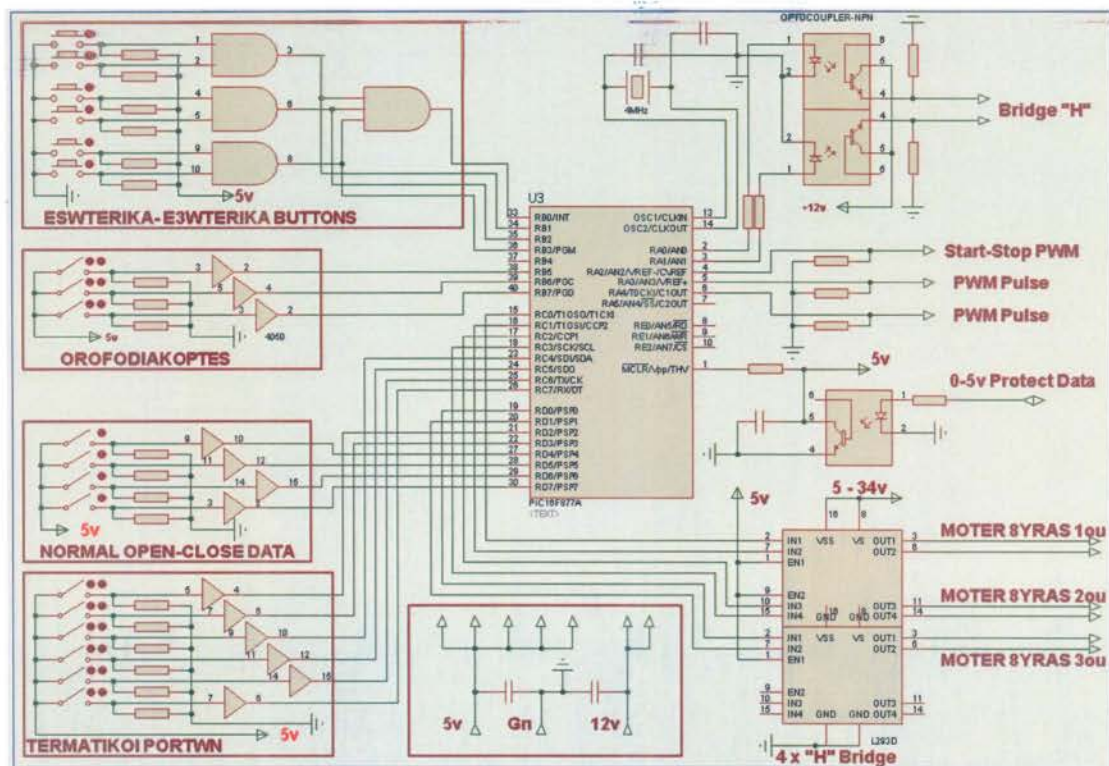
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

8.1 Περιγραφή Κυκλώματος Φωτοενδείξεων



Το παραπάνω κύκλωμα αποτελεί το κύκλωμα για την δημιουργία των φωτεινών ενδείξεων δηλαδή του κινούμενου βέλους και την ένδειξη της αριθμικής του επιπέδου του θαλάμου. Σαν πηρύνα του κυκλώματος χρησιμοποιούμε τον τον μικροελεγκτή 16F872 για τον έλεγχο των εντολών εισόδου, για επεξεργασία αυτών μέσω της εκτέλεσης του προγράμματος αλλά και των εντολών εξόδου που έχει ως αποτέλεσμα την την εμφάνιση των ενδείξεων. Η είσοδος του ελεγκτή αποτελείται από πέντε εντολές οι οποίες καταφτάνουν από το κύκλωμα ελέγχου και είναι συνδεδεμένες με την γη μέσω μιας αντίστασης 10KΩ για μικρό ρεύμα διαρροής. Η μία συσκευή των ενδείξεων είναι ο απεικονιτής τύπου μήτρας. Οι κάθοδοι των φωτοδιόδων της μήτρας συνδέονται με την πόρτα Α του μικροελεγκτή ενώ οι άνοδοι της μήτρας με την πόρτα Β του μικροελεγκτή. Η τροφοδοσία των ανόδων της μήτρας γίνεται μέσω τρανζίστορ οι οποίοι λειτουργούν σαν διακόπτες και σκανδαλίζονται από τον μικροελεγκτή μέσω μιας αντίστασης προστασίας πριν συνδεθούν με την βάση του κάθε τρανζίστορ. Ο απεικονιτής των αριθμών ελέγχεται από την πόρτα C του μικροελεγκτή. Ανάμεσα στον μικροελεγκτή και τον απεικονιτή παρεμβάλεται ένας αποκωδικοποιητής ο οποίος μετατρέπει τις τρεις εντολές του ελεγκτή σε εφτά σήματα για την ενεργοποίηση των εφτά τμημάτων του απεικονιτή. Κάθε ένα από τα εφτά τμήματα του απεικονιτή τροφοδοτείται μέσω ενός τρανζίστορ ο οποίος λειτουργεί σαν διακόπτης και ελέγχεται από τον αποκωδικοποιητή μέσω μιας αντίστασης προστασίας. Οι απεικονιτές είναι κοινής καθόδου. Η ακίδα με την ονομασία MCLR συνδέεται με την τροφοδοσία μέσω μια αντίστασης 10KΩ και παράλληλα με αυτή συνδέεται με την γη μέσω ενός πυκνωτή 10nF. Το ρολόι του μικροελεγκτή αποτελείται από έναν κρύσταλλο 4MHz και δύο πυκνωτές 33pF σε κατάλληλη συνδεσμολογία. Στην τροφοδοσία του κυκλώματος τοποθετούμε έναν πυκνωτή με τιμή 100nF για την αποφυγή παρασίτων.

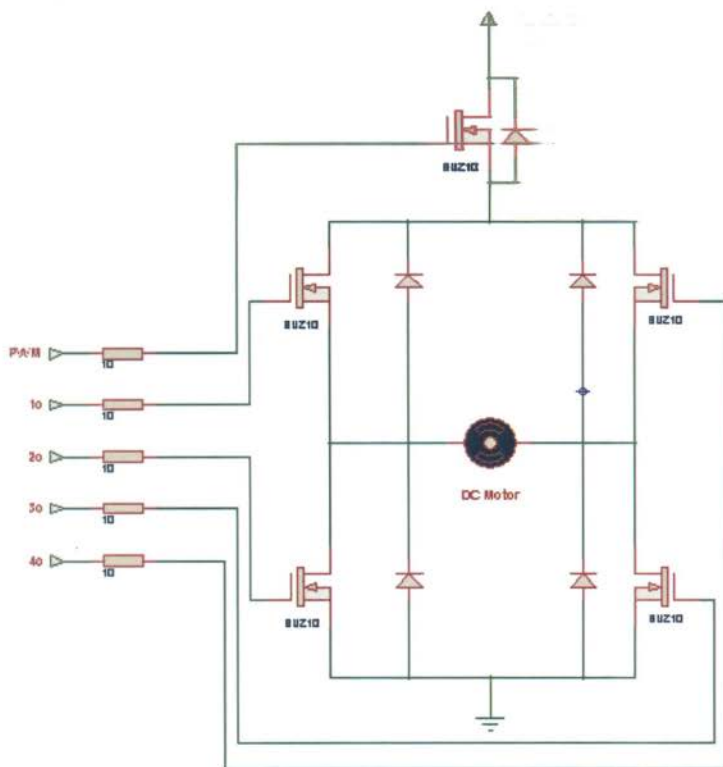
“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”



Το παραπάνω κύκλωμα αποτελεί τον κύριο κορμό των κυκλωμάτων ελέγχου στον ανελκυστήρα το οποίο ελέγχει όλες τις πιθανές καταστάσεις που παίρνουν τα στοιχεία και συνδέουν το κύκλωμα με τον περιβάλλοντα χώρο. Τα στοιχεία αυτά είναι τα μπουτόνς εντός του θαλάμου και τα επιτοιχία δίπλα από την θύρα, είναι οι οροφωδιακόπτες που παρέχουν την εντολή για τον τερματισμό της διαδρομής, οι μαγνητικές επαφές που καθορίζουν την ταχύτητα του θαλάμου και οι τερματικοί διακόπτες για τον έλεγχο των θυρών. Τα στοιχεία αυτά γίνονται εισόδοι για τον μικροελεγκτή PIC16F877 όπου και επεξεργάζονται από αυτόν. Ανάμεσα από τα στοιχεία εισόδου και τον μικροελεγκτή παρεμβαλονται απομονωτές για την αποφυγή σφαλμάτων και πτώση τάσης στα άκρα του ελεγκτή είτε με πύλες YES είτε με πύλες AND. Κατά την εκκίνηση του κυκλώματος με τροφοδοσία για να μην είναι οι πύλες σε απροσδιόριστη κατάσταση, στην είσοδο τους συνδέουμε παράλληλα με την γη ή με την τροφοδοσία μια αντίσταση 10KΩ έτσι ώστε σε κατάσταση ηρεμίας να βρίσκονται σε υψηλό δυναμικό ή σε χαμηλό. Μετά την επεξεργασία των σημάτων εισόδου κατά την εκτέλεση του προγράμματος παράγει ο ελεγκτής σήματα στις συσκευές εξόδου. Οι συσκευές εξόδου είναι φωτοτρανζίστορ που τροφοδοτούνται μέσω μιας αντίστασης ασφαλείας 330Ω για την αποφυγή της καταστροφής του φωτοτρανζίστορ αλλά και το τυποποιημένο κύκλωμα L293D που αποτελεί μια δύο γέφυρες για τον έλεγχο των θυρών. Έτσι οι εξόδοι του ελεγκτή γίνονται εντολές για το τυποποιημένο κύκλωμα. Η ακίδα με την ονομασία MCLR συνδεεται με την τροφοδοσία μέσω μια αντίστασης 10KΩ και παράλληλα με αυτή συνδέεται με την γη μέσω ενός πυκνωτή 10nF. Το ρολόι του μικροελεγκτή αποτελείται από έναν κρύσταλο 4MHz και δύο πυκνωτές 33pF σε κατάλληλη συνδεσμολογία. Στην τροφοδοσία του κυκλώματος τοποθετούμε έναν πυκνωτή με τιμή 100nF για την αποφυγή παρασιτών.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

8.3 Περιγραφή Κυκλώματος Γέφυρας ΗΉ και PWM



Η γέφυρα Η αποτελείται από δύο παράλληλα τμήματα στα οποία είναι τοποθετημένα δύο διακοπτικά στοιχεία τύπου MosFet. Το πάνω μέρος των τμημάτων αυτών είναι συνδεδεμένα με υψηλό δυναμικό τα οποία αποτελούν την υποδοχή (Drain) των MosFet και το κάτω μέρος των τμημάτων με την γη τα οποία και αυτά αποτελούν την πηγή (Source) των MosFet. Αντιπαράλληλα με τα MosFet είναι τοποθετημένοι διόδους ελεύθερας ροής για την εκτόνωση του ρεύματος του κινητήρα μιας και ο κινητήρας λειτουργεί σαν αποθηκευτικό στοιχείο. Ενδιάμεσα από κάθε τμήμα των διασχεπτικών στοιχείων τοποθετείται ο κινητήρας. Με την κατάλληλη έναυση των διακοπικών στοιχείων στην πύλη των MosFet έχουμε τρεις πιθανές ενέργειες του κινητήρα κίνηση αριστερόστροφη, κίνηση δεξιόστροφη και σταμάτημα. Η γέφυρα τροφοδοτείται με υψηλό δυναμικό από την πηγή του MosFet το οποίο είναι τοποθετημένο για να ελέγχει την ταχύτητα του κινητήρα δημιουργώντας μια διακοπώμενη τροφοδοσία ανά τον χρόνο, αυτό επιτυγχάνεται τροφοδοτώντας με παλμούς PWM στην πύλη των MosFet.

“Ο μικροελεγκτής παύει εκεί που η φαντασία ολοκληρώνει”

Βιβλιογραφία:

- Ηλεκτρονικά Ισχύος - Στέφανος Μανιάς
- Εισαγωγή στους Μικροελεγκτές - Σταμάτης Αλατσαθιανός
- Ηλεκτρικές Μηχανές - Stephen J. Chapman
- Ηλεκτρική Κίνηση - Π. Μαλατέστας, Στεφανος Μανιάς
- Αναλογική Εξομοίωση Συστημάτων - Δ. Καλλιγερόπουλος, Σ. Βασιλειάδου
- Ψηφιακή Σχεδίαση - M. Morris Mano
- Γενική Ηλεκτρονική τόμος Α - Κ.Α. Καρυμπάκα
- Γενική Ηλεκτρονική τόμος Β - Κ.Α. Καρυμπάκα
- Ανελκυστήρες - Δούμος Ευθύμιος, Ευθυμίου Ιωάννης, Κοτζαμπάσης Μιχάλης
- Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρικής Κίνησης - Παντελής Μαλατέστας, Ηρακλής Βυλλιώτης
- Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρικών Ισχύος - Παντελής Μαλατέστας, Ηρακλής
- Την ιστοσελίδα Ηλεκτρονικα.gr
- Την ιστοσελίδα Pic in greek
- Την ιστοσελίδα electronics Circuits
- Την ιστοσελίδα electronic projects
- Την ιστοσελίδα Wikipedia.com