



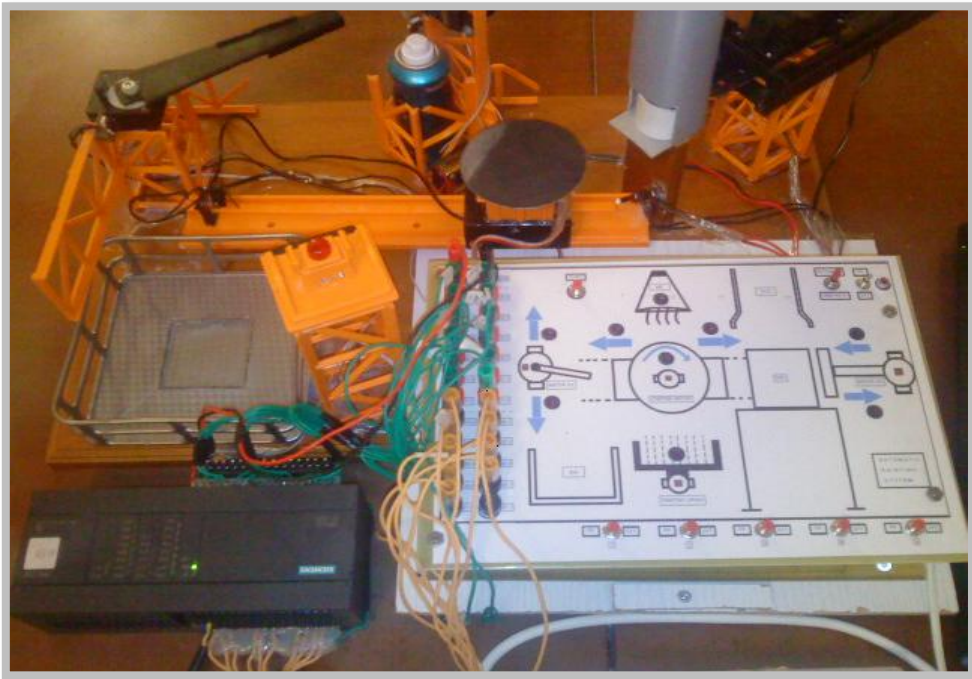
Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης
(Α.Τ.Ε.Ι.Θ.)

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών (Σ.Τ.Ε.Φ.)
Τμήμα Ηλεκτρονικής
Εργαστήριο Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου

Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης
Τμήμα Ηλεκτρονικής

Πτυχιακή Εργασία

**Θέμα: Έλεγχος και κατασκευή Συστήματος
Αυτόματης Βαφής, Ελεγχόμενο από
Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (P.L.C.)**



Επιβλέπων Καθηγητής: Χρήστος Μανάβης

**Επιμέλεια: Νικόλαος Λαμπράκης
ΚΑΣ 500065**

Θεσσαλονίκη 2010

(Ημ. Ανάληψης: Σεπτέμβριος 2009 / Ημ. Παράδοσης: Ιανουάριος 2010)

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ | 3 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 4 |
| ABSTRACT | 4 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)..... | 5 |
| 1.1.Ιστορική αναδρομή..... | 5 |
| 1.2.Περιγραφή και λειτουργία του PLC..... | 6 |
| 1.3.Πλεονεκτήματα ελεγκτών προγραμματιζόμενης λογικής..... | 8 |
| 1.4.Δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή | 10 |
| 1.4.1. Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων..... | 11 |
| 1.4.2. Μονάδα Τροφοδοσίας..... | 11 |
| 1.4.3. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)..... | 12 |
| 1.4.4. Μονάδες εισόδων / εξόδων..... | 14 |
| 1.5.Γλώσσες προγραμματισμού PLC | 15 |
| 1.6.Σύγκριση μορφών προγραμματισμού | 16 |
| 1.7.Πλεονεκτήματα λίστας εντολών (STL) σε σχέση με τις γραφικές μορφές (LAD, FBD) | 16 |
| 1.8.Μειονεκτήματα λίστας εντολών (STL) σε σχέση με τις γραφικές μορφές (LAD, FBD) | 17 |
| 1.9.MICRO - WIN..... | 18 |
| 1.10.Περιγραφή εντολών | 20 |
| 1.10.1 Εντολές Normally Open - Close(ανοιχτή - κλειστή επαφή)..... | 20 |
| 1.10.2 Χρονικό με καθυστέρηση στην έναυση (TON)..... | 22 |
| 1.10.3 Εντολή χρονικού (TON)..... | 22 |
| 1.10.4 Εντολή Up /Down Μετρητή (Up/Down counter)..... | 23 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ | 24 |
| 2.1.Βασικές έννοιες | 24 |
| 2.2.Ηλεκτρονόμοι (Relays) | 30 |
| 2.3.Πιεσοστάτης (Πρεσοστάτης)..... | 34 |
| 2.4.Θερμοστάτης | 35 |

| | |
|---|----|
| 2.5.Οριοδιακόπτες (τερματικοί διακόπτες)..... | 36 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ..... | 38 |
| 3.1.Συγκρότηση - κατασκευή..... | 38 |
| 3.2.Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών κινητήρων..... | 44 |
| 3.3.Ηλεκτρικοί κινητήρες - σέρβο (R/C servo)..... | 46 |
| 3.3.1.Επικοινωνία με τον δέκτη..... | 47 |
| 3.3.2.Πλεονεκτήματα..... | 48 |
| 3.3.3.Μειονεκτήματα..... | 48 |
| 3.4. Ηλεκτρικοί κινητήρες-βηματικός κινητήρας..... | 48 |
| 3.4.1.Εισαγωγή..... | 48 |
| 3.4.2.Εφαρμογές βηματικών κινητήρων..... | 49 |
| 3.4.3.Τύποι βηματικών κινητήρων..... | 50 |
| 3.4.4.Τρόποι οδήγησης βηματικών κινητήρων..... | 51 |
| 3.4.5.Χαρακτηριστικά βηματικών κινητήρων..... | 52 |
| 3.4.6.Πλεονεκτήματα βηματικού κινητήρα..... | 55 |
| 3.4.7.Μειονεκτήματα βηματικού κινητήρα..... | 55 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ..... | 56 |
| 4.1.Η δομή του συστήματος..... | 56 |
| 4.2.Τροφοδοτικό..... | 57 |
| 4.3.Η-BRIDGE..... | 58 |
| 4.4.Κύκλωμα οδήγησης σερβοκινητήρα..... | 59 |
| 4.5.Κύκλωμα οδήγησης βηματικού κινητήρα..... | 61 |
| 4.6.Πίνακας αντιστοίχισης εισόδων-εξόδων πινακίδας..... | 64 |
| 4.7.Διάγραμμα LADDER και επεξήγηση..... | 65 |
| 4.8.Λογικό διάγραμμα FBD..... | 79 |
| 4.9.Λίστα εντολών STL..... | 86 |
| Βιβλιογραφία..... | 91 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια. Στο *πρώτο* κεφάλαιο γίνεται αναδρομή στην ιστορία των PLC, μελετάται η δομή τους, οι τρόποι με τους οποίους προγραμματίζεται ένα PLC και γίνεται μία σύγκριση των γλωσσών προγραμματισμού. Στη συνέχεια ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των βασικών εντολών και δίνονται μερικά παραδείγματα. Στο *δεύτερο* κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές έννοιες και περιγράφονται διάφοροι τύποι διακοπών. Το *τρίτο* κεφάλαιο αναφέρεται στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος και στους κινητήρες ρομποτικών εφαρμογών και συγκεκριμένα στους σερβοκινητήρες και στους βηματικούς κινητήρες καθώς και στα χαρακτηριστικά τους. Τέλος, στο *τέταρτο* κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή και η ανάλυση του συστήματος αυτόματης βαφής, δηλαδή των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την λειτουργία του συστήματος καθώς και η επεξήγηση του τρόπου προγραμματισμού του PLC με την σχηματική γλώσσα LADDER.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

Η είσοδος του συστήματος μας είναι ένα σιλό γεμάτο με κουτιά έτοιμα προς βαφή. Μέσω ενός συστήματος προώθησης ένα κουτί τοποθετείται πάνω σε μία κυκλική βάση, η οποία βρίσκεται πάνω σε ένα μετακινούμενο φορείο, με δυνατότητα περιστροφής. Καθώς το κουτί τοποθετείται επάνω στη βάση, μέσω του φορείου μετακινείται από το σημείο φόρτωσης στο σημείο βαφής. Την στιγμή αυτή ενεργοποιείται το σπρέι βαφής και συγχρόνως η βάση περιστρέφεται έτσι ώστε το κουτί να βαφεί από όλες τις μεριές. Μετά το πέρας της διαδικασίας της βαφής, ενεργοποιείται ο αέρας έτσι ώστε το βαμμένο αντικείμενο να στεγνώσει. Τέλος ένα άλλο σύστημα προώθησης σπρώχνει το βαμμένο κουτί από την κυκλική βάση στον κάδο συγκέντρωσης βαμμένων κουτιών και στην συνέχεια το φορείο επιστρέφει στο σημείο φόρτωσης. Η όλη διαδικασία είναι αυτοματοποιημένη και ελεγχόμενη μέσω PLC.

ABSTRACT

SYSTEM OF AUTOMATIC DYE CONTROLLED FROM PLC

The entry of our system is a silo filled with boxes ready to be painted. Via a system of promotion a box is placed on a circular base, which is placed on a moving stretcher, with the possibility of rotation. Each time a box is placed on the base, via the stretcher it is moved from the point of loading in the point of painting. This moment the dye spray is activated, simultaneously the base starts to turn so the box is painted from all the sides. After the paint process is completed, the air system is activated so the dyed object dries. Finally another propulsion system pushes the dyed box away from the circular base, in the bucket that concentrates dyed boxes, and then the stretcher returns in the point of loading. The whole process is fully automated and controlled via PLC.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)

1.1. Ιστορική αναδρομή

Ήδη από τη δεκαετία του `60 στην Ευρώπη άρχισε η μετάβαση στα συστήματα με ψηφιακά ηλεκτρονικά. Αυτό δεν άλλαξε μόνο τον τρόπο σκέψης των κατασκευαστών αλλά και τη δομή και το τρόπο λειτουργίας εγκαταστάσεων και μηχανών. Υπήρξαν όμως και αρνητικά σημεία αφού απαιτήθηκε η γνώση υψηλής ηλεκτρονικής για τη σωστότερη εγκατάσταση και συντήρησή τους.

Οι πρώτοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC - Programmable Logic Controllers) στην αρχή της δεκαετίας του `70 χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την αντικατάσταση των ρελέ. Η μεγάλη απαίτηση για μείωση του κύκλου παραγωγής άρχισε στην αρχή της δεκαετίας του `80. Η τεχνολογία γινόταν γρηγορότερη και αναπτυσσόταν συνεχώς, παράλληλα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Όπως σε όλους τους τομείς έτσι κι εδώ, η επικοινωνία και η πληροφορία έγιναν η σημαντικότερη βάση για αποδοτική παραγωγή. Οι νέες συσκευές επεξεργάζονται πλέον δεδομένα και ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους ή με υπερκείμενους υπολογιστές.

Οι διαδικασίες παραγωγής γίνονται πιο σύνθετες, οι νεκροί χρόνοι στη παραγωγή μειώνονται συνεχώς, οι απαιτήσεις για αυξημένη ποιότητα αυξάνονται. Αλλάζει και ο ρόλος του ανθρώπου στη παραγωγική διαδικασία, τώρα σχεδιάζει, κατασκευάζει, προγραμματίζει, επιτηρεί κι επισκευάζει. Και ενώ η τεχνολογία προχωρά, φθάνουμε στη δεκαετία του '90 όπου τεχνολογικά έγινε μεγάλο άλμα (συσκευές μικρότερες, φθηνότερες, με σημαντικά αυξημένες δυνατότητες συγκριτικά με αυτές της προηγούμενης δεκαετίας) αλλά παράλληλα αυξήθηκε δυσανάλογα το κόστος εκπόνησης των προγραμμάτων και της θέσης σε

λειτουργία των εγκαταστάσεων. Οι κατασκευαστές ρίχνουν πλέον σημαντικό βάρος στο λογισμικό όπου παρέχονται έτοιμες λύσεις για τομείς του αυτοματισμού με τη βοήθεια βιβλιοθηκών, εκμεταλλεύονται την πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών και χρησιμοποιούν την εξέλιξη στο λειτουργικό τους σύστημα (τεχνολογία Windows) για να μειώσουν τους χρόνους στον προγραμματισμό των PLC (σχόλια προγράμματος, αντιγραφή τμημάτων προγράμματος από ένα πρόγραμμα σ' ένα άλλο κλπ). Εμφανίζονται νέες γλώσσες προγραμματισμού για τεχνολόγους σε γραφική μορφή, όπου ο χρήστης μέσω βιβλιοθηκών και έχοντας γνώση μόνο της παραγωγικής διαδικασίας "συνθέτει" τον αυτοματισμό του. Τα υπόλοιπα γίνονται αυτόματα στο παρασκήνιο για λογαριασμό του. Υποστηρίζεται τέλος και η εξέλιξη στις γλώσσες προγραμματισμού των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Pascal, C++) για χρήστες που είναι εξοικειωμένοι σε τέτοια περιβάλλοντα. Τέλος ιδιαίτερη έμφαση δίνεται πλέον στη δικτύωση - ασύρματη ή ενσύρματο για τον προγραμματισμό/ επιτήρηση εξ αποστάσεως μέσω ειδικών συσκευών επικοινωνίας και λογισμικού για ηλεκτρονικό υπολογιστή (SCADA) καθώς και στις επικοινωνίες Internet.

1.2. Περιγραφή και λειτουργία του PLC

Το PLC είναι μία ηλεκτρονική διάταξη η οποία από την άποψη της λειτουργίας θα μπορούσε να προσομοιωθεί με έναν πίνακα αυτοματισμού. Έχει δηλαδή εισόδους και εξόδους που συνδέονται με τα στοιχεία μιας εγκατάστασης και βέβαια έναν αλγόριθμο που καθορίζει ότι κάποιος συνδυασμός εισόδων παράγει ένα αποτέλεσμα στις εξόδους (π.χ. η ενεργοποίηση ενός τερματικού διακόπτη σταματά τον κινητήρα μιας μεταφορικής ταινίας). Οι ομοιότητες όμως σταματούν εδώ μιας και το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των PLC είναι ότι οι "κανόνες" που καθορίζουν την συμπεριφορά των εξόδων δεν είναι σταθεροί και "καλωδιωμένοι" όπως σε ένα κλασσικό πίνακα αυτοματισμού αλλά μπορούν να μεταβάλλονται με την επέμβαση στο πρόγραμμα του PLC χωρίς καμία επέμβαση στο Hardware του

συστήματος. Δηλαδή η λογική της λειτουργίας που ενσωματώνεται στο PLC μέσω του προγραμματισμού του είναι μεταβαλλόμενη. Έτσι σε ότι αφορά το υλικό όλα τα PLC αποτελούνται από την CPU, η οποία περιέχει την λογική του αυτοματισμού και η οποία αφού διαβάσει την κατάσταση των καρτών εισόδου (input modules) ενεργοποιεί τις κάρτες εξόδου (output modules) σύμφωνα με τους κανόνες (πρόγραμμα) που έχουμε αποθηκεύσει στην μνήμη του. Βέβαια το σύστημα συμπληρώνεται από το τροφοδοτικό και πιθανόν από διατάξεις ενδείξεων και χειρισμών (operator panel, operator display). Η CPU με την βοήθεια της κάρτας εισόδου γνωρίζει κάθε στιγμή την κατάσταση ενός διακόπτη εάν δηλαδή είναι διεγερμένος ή όχι. Επιπλέον με τη βοήθεια της κάρτας εξόδου οπλίζει ένα ρελέ και μέσω αυτού ενεργοποιεί μία διάταξη κίνησης, φωτισμού κλπ. Αυτό που απομένει είναι η "λογική", δηλαδή πότε πρέπει να οπλίσει το ρελέ. Αυτή η λογική είναι το πρόγραμμα του PLC που συντάσσεται σε συγκεκριμένη γλώσσα με την βοήθεια ειδικού λογισμικού και αποθηκεύεται στην μνήμη του PLC.

Έτσι τώρα το σύνολο του συστήματος λειτουργεί ως εξής:

- Αρχικά η CPU διαβάσει τις εισόδους, δηλαδή παρατηρεί την κάθε είσοδο, και αν σε αυτή έχει εμφανισθεί τάση (που σημαίνει ότι έχει κλείσει ο διακόπτης) καταχωρεί ένα λογικό 1 σε μία περιοχή της μνήμης του που είναι ειδική γι' αυτό τον σκοπό (Input Image). Η περιοχή αυτή περιέχει σε κάθε στιγμή την κατάσταση των εισόδων και λειτουργεί σαν ενδιάμεσος σταθμός ανάμεσα στον "έξω κόσμο" και την CPU.
- Στην συνέχεια εκτελείται το πρόγραμμα δηλαδή εξετάζεται η τιμή των εισόδων και αποφασίζεται η τιμή της εξόδου η οποία και καταχωρείται σε μία αντίστοιχη περιοχή μνήμης εξόδου (Output Image).
- Τέλος η περιοχή της μνήμης εξόδου μεταφέρεται στην κάρτα εξόδου και διεγείρει με την σειρά της το ρελέ.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται από την αρχή και διαρκώς. Η διαδικασία αυτή λέγεται κυκλική επεξεργασία στο PLC. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό εδώ να τονιστεί ότι η πληροφορία για την κατάσταση της εισόδου αποκτάται μόνο στην αρχή του κύκλου και θεωρείται σταθερή κατά τον χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος (πράγμα που βεβαίως μπορεί και να μην συμβαίνει), όμως ο κύκλος του PLC είναι τόσο σύντομος (τυπικά μερικά ms) που ακόμα και αν αλλάξει κατάσταση η είσοδος, η CPU θα το αντιληφθεί στον αμέσως επόμενο κύκλο (π.χ. μετά από 3 ms) και θα δράσει ανάλογα με καθυστέρηση μόνο χιλιοστών του δευτερολέπτου. Φυσικά για ιδιαίτερα κρίσιμες εισόδους υπάρχουν τεχνικές που επιτρέπουν την ακαριαία πληροφόρηση και δράση της CPU (Event driven interrupt).

Εδώ θα πρέπει να επίσης να υπογραμμιστεί, όπως εξάλλου φάνηκε και πιο πάνω, ότι το αποτέλεσμα του αυτοματισμού (διέγερση εξόδου) καθορίζεται απ' το πρόγραμμα και όχι απ' τις καλωδιώσεις. Διατηρώντας τις ίδιες ακριβώς καλωδιώσεις και αλλάζοντας μόνο το πρόγραμμα, το σύστημα μπορεί να συμπεριφέρεται εντελώς διαφορετικά. Αυτή είναι βέβαια και η μεγάλη διαφορά του PLC από οποιοδήποτε άλλο σύστημα αυτοματισμού που καθορίζει και το όνομα του δηλαδή προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.

1.3. Πλεονεκτήματα ελεγκτών προγραμματιζόμενης λογικής

- Μεγιστοποιούν την ταχύτητα της διαδικασίας παραγωγής και κατά συνέπεια μειώνουν πολύ γρήγορα το χρόνο απόσβεσης της εγκατάστασης.
- Στο στάδιο της μελέτης δεν υπάρχει πρόβλημα αν επαρκούν ή όχι οι επαφές των ρελέ, των χρονικών ή των εξωτερικών τερματικών.
- Η λειτουργία του αυτοματισμού μπορεί να αλλάξει πολύ εύκολα σε οποιοδήποτε στάδιο (μελέτη, κατασκευή, θέση σε λειτουργία ή αργότερα).
- Ο εντοπισμός βλαβών διευκολύνεται γιατί για κάθε εξωτερική εντολή υπάρχει αντίστοιχο LED. Επίσης, η ροή του αυτοματισμού μπορεί να παρακολουθείται άνετα, με τη βοήθεια μιας συσκευής προγραμματισμού.

- Έχουν τη δυνατότητα επέκτασης. Δηλαδή αν προστεθεί κάποια καινούρια διαδικασία ή χρειάζεται κάποιος επιπλέον έλεγχος, μπορεί με την προσθήκη των κατάλληλων καρτών εισόδων / εξόδων (I/O), το ίδιο το PLC να την πραγματοποιήσει.
- Ο αυτοματισμός παραδίνεται συντομότερα σε λειτουργία, επειδή η μελέτη μπορεί να γίνεται παράλληλα με την τοποθέτηση και συρμάτωση του ελεγκτή.
- Δεν υπάρχει το γνωστό πρόβλημα των «μη ενημερωμένων» σχεδίων του πίνακα αυτοματισμού μετά από λίγο καιρό. Ο ελεγκτής έχει πάντα κρατημένο «μέσα του» το τελευταίο πρόγραμμα, το οποίο μπορεί να διαβαστεί με μία συσκευή προγραμματισμού ή να εκτυπωθεί σε χαρτί.
- Υπάρχει σημαντική οικονομία στο χώρο, τη συντήρηση (δεν υπάρχουν μηχανικές επαφές) και την κατανάλωση ενέργειας.
- Η τοποθέτηση μπορεί να γίνει χωρίς κίνδυνο και μέσα σε πεδία ισχύος.
- Ένας ελεγκτής μπορεί να συνδεθεί με περιφερειακές μονάδες για επιτήρηση- έλεγχο της εγκατάστασης (οθόνη, εκτυπωτής, πληκτρολόγιο), καταργώντας το κλασικό μιμητικό διάγραμμα και τον πίνακα χειρισμών. Επίσης, μπορεί να συνδεθεί με ηλεκτρονικό υπολογιστή για ανταλλαγή στοιχείων.
- Η γλώσσα προγραμματισμού είναι προσαρμοσμένη στο βιομηχανικό αυτοματισμό και άρα είναι προσιτή στο προσωπικό που μέχρι σήμερα συντηρούσε τους κλασσικούς πίνακες αυτοματισμού.
- Όλες οι κάρτες είναι τοποθετημένες στον ίδιο δίαυλο επικοινωνίας (bus), πράγμα που επιταχύνει την διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών.
- Τα PLC έχουν σχεδόν απεριόριστη διάρκεια ζωής λόγω των ασθενών ρευμάτων που χρησιμοποιούν. Ταυτόχρονα συμβάλουν στην

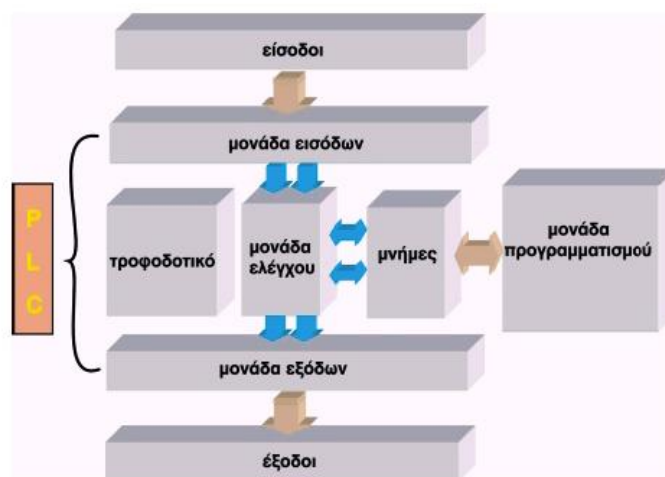
οικονομικότερη, από πλευράς κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, λειτουργία της εγκατάστασης.

1.4. Δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

Στην αγορά υπάρχουν σήμερα πάρα πολλά μοντέλα PLC κατασκευασμένα από πολλές εταιρίες. Η επιλογή ενός προγραμματιζόμενου ελεγκτή (τύπος, μέγεθος, κόστος) εξαρτάται από το πλήθος των στοιχείων που δίνουν εντολή σ' αυτόν (είσοδοι) και το πλήθος των στοιχείων που δέχονται εντολή απ' αυτόν (έξοδοι), καθώς και από το πλήθος των λειτουργιών που απαιτείται να κάνει ο αυτοματισμός (μέγεθος προγράμματος, δηλ. απαιτούμενη μνήμη και δυνατότητες της κεντρικής μονάδας).

Ανεξάρτητα όμως από τον τύπο και το μέγεθος, ένας προγραμματιζόμενος ελεγκτής, συνίσταται από τα εξής απαραίτητα στοιχεία (σχήμα 1.1):

- A. Πλαίσιο τοποθέτησης των μονάδων.
- B. Μονάδα τροφοδοσίας.
- Γ. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) που αποτελεί τον εγκέφαλο του PLC.
- Δ. Μονάδες εισόδων / εξόδων.



Σχήμα 1.1: Δομή PLC (Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή).

1.4.1. Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων

Όλες οι μονάδες, από τις οποίες αποτελείται ένας προγραμματιζόμενος ελεγκτής, πρέπει να τοποθετηθούν σε κάποιο πλαίσιο. Σ' αυτό είναι ενσωματωμένο το σύστημα αγωγών (BUS), μέσω των οποίων επικοινωνούν οι διάφορες μονάδες μεταξύ τους για την ανταλλαγή πληροφοριών και για την τροφοδοσία τους.

Αν οι θέσεις του κεντρικού πλαισίου που διατίθεται, δεν επαρκούν για να τοποθετηθούν οι μονάδες εισόδων και εξόδων που απαιτούνται σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή, τότε χρησιμοποιούνται περισσότερα πλαίσια επέκτασης για την τοποθέτηση των επιπλέον μονάδων. Κάθε πλαίσιο επέκτασης συνδέεται με το κεντρικό πλαίσιο ή με τα άλλα πλαίσια μέσω ειδικής μονάδας διασύνδεσης και καλωδίου.

1.4.2. Μονάδα Τροφοδοσίας

Η μονάδα τροφοδοσίας χρησιμεύει για να δημιουργηθούν από την τάση του δικτύου οι απαραίτητες εσωτερικές τάσεις για την τροφοδοσία αποκλειστικά των ηλεκτρικών στοιχείων, που υπάρχουν μέσα στον ελεγκτή (τρανζίστορες, ολοκληρωμένα κ.λπ.). Επίσης για να διατηρηθεί το περιεχόμενο της μνήμης RAM σε μια διακοπή τάσης με τη βοήθεια μπαταρίας, που ενσωματώνεται σ' αυτή. Τα σπουδαιότερα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας μονάδας τροφοδοσίας είναι τα εξής:

- Είσοδος

Ονομαστική τάση, ανοχές τάσης, συχνότητα, απορροφούμενο ρεύμα, προστασία.

- Εξοδος

Ονομαστική τάση, ονομαστικό ρεύμα, προστασία βραχυκυκλώματος.

- Μπαταρία για διατήρηση μνήμης RAM.

Αν το πρόγραμμα ενός ελεγκτή πρόκειται να αποθηκευτεί σε μνήμη RAM, τότε απαραίτητα πρέπει να υπάρχει στο σύστημα και μια μπαταρία για τη διατήρηση του περιεχομένου της μνήμης σε μια διακοπή τάσης του δικτύου. Αυτή ή μπαταρία,

που είναι συνήθως λιθίου τοποθετείται στη μονάδα τροφοδοσίας και μπορεί να κρατήσει το πρόγραμμα της μνήμης RAM για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Πρέπει, όμως, να προσεχτούν τα εξής σημεία:

α) Η μπαταρία θα πρέπει να αλλάζεται με την συχνότητα που ορίζει ο κατασκευαστής.

β) Το SOFTWARE του ελεγκτή πρέπει να παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να αξιολογήσει το γεγονός, ότι η μπαταρία έχει πέσει κάτω από το όριο ασφαλείας.

γ) Η αντικατάσταση της μπαταρίας πρέπει πάντοτε να γίνεται με τον ελεγκτή υπό τάση για να μην χαθεί το πρόγραμμα.

*Οι τυπικές εσωτερικές τάσεις των ελεγκτών είναι συνήθως: DC 5V, DC 9V, DC 24V.

1.4.3. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)

Η κεντρική μονάδα (CPU) είναι το σπουδαιότερο κομμάτι κάθε προγραμματιζόμενου ελεγκτή και διακρίνεται από τα εσωτερικά και εξωτερικά στοιχεία:

α. Εσωτερικά στοιχεία.

Τα σπουδαιότερα στοιχεία, τα οποία συναντάμε μέσα σε μια κεντρική μονάδα, είναι :

- Ο **μικροεπεξεργαστής**, που είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία και εκτέλεση των εντολών μια προς μια, που είναι γραμμένες μέσα στη μνήμη.
- Η **μνήμη**, που αποτελείται από διάφορες περιοχές, με σπουδαιότερες τις παρακάτω :

Περιοχή μνήμης για το πρόγραμμα του χρήστη (δηλ. για τις εντολές, από τις οποίες αποτελείται το πρόγραμμά μας). Η χωρητικότητα αυτής της περιοχής, έχει ιδιαίτερη σημασία.

Περιοχή μνήμης για τα χρονικά, τους απαριθμητές και τα βοηθητικά.

Περιοχή μνήμης απεικόνισης, στην οποία «απεικονίζονται» τα σήματα των εισόδων και των εξόδων (από εδώ «τα διαβάζει » το πρόγραμμα και τα επεξεργάζεται) .

Περιοχή μνήμης με το «λειτουργικό» πρόγραμμα του προγραμματιζόμενου ελεγκτή, το οποίο έχει αναπτύξει ο κατασκευαστής και το οποίο είναι μόνιμα αποθηκευμένο και προφανώς αναλλοίωτο. Αυτό καθορίζει τις διάφορες «γενικές» λειτουργίες, που πρέπει να γίνονται σε κάθε στιγμή, ανεξάρτητα από το δικό μας πρόγραμμα (π.χ. διάβασμα των σημάτων από τις μονάδες εισόδων και μεταφορά τους στην αντίστοιχη περιοχή μνήμης).

β. Εξωτερικά στοιχεία.

Κάθε κεντρική μονάδα έχει οπωσδήποτε :

- *Διακόπτη δύο θέσεων " RUN " / " STOP ".*
- *Αντίστοιχα LED (πράσινο = « Λειτουργία »/ κόκκινο = "STOP").*
- *Θέση για σύνδεση μιας συσκευής προγραμματισμού.*
- *Θέση για τοποθέτηση πρόσθετης μονάδας μνήμης (αύξηση χωρητικότητας).*

Όταν ο διακόπτης είναι σε θέση « STOP », σημαίνει ότι ο μικροεπεξεργαστής παύει να επεξεργάζεται το πρόγραμμα και όλες οι έξοδοι βρίσκονται σε κατάσταση «0». Αντίθετα , όταν ο διακόπτης είναι σε θέση " RUN ", γίνεται κανονική επεξεργασία του προγράμματος , οπότε και ανάβει το αντίστοιχο LED . Αν με γυρισμένο το διακόπτη σε θέση « RUN », είναι αναμμένο το κόκκινο LED «STOP», σημαίνει ότι υπάρχει κάποιο σφάλμα είτε στον προγραμματιζόμενο ελεγκτή είτε στο πρόγραμμα μας , το οποίο τον εμποδίζει να εκτελέσει κανονικά τη λειτουργία του.

1.4.4. Μονάδες εισόδων / εξόδων

Οι μονάδες των εισόδων και των εξόδων αποτελούν τις μονάδες επικοινωνίας της κεντρικής μονάδας με τον έξω κόσμο, δηλ. με τους αισθητήρες, τους διακόπτες, τα μπουτόν κ.α., που δίνουν τις πληροφορίες (εντολές) στη κεντρική μονάδα, καθώς και με τα ρελέ ισχύος των κινητήρων, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, ενδεικτικές λυχνίες και γενικά τους αποδέκτες που εκτελούν τις εντολές της κεντρικής μονάδας.

Η κεντρική μονάδα μπορεί να δεχτεί ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου χαμηλής τάσης και πολύ μικρού ρεύματος. Η τάση που δέχεται είναι συνήθως 0 Volt για το λογικό "0" και 5 Volt για το λογικό "1". Το ρεύμα εισόδου καθώς και το ρεύμα εξόδου δεν μπορεί να ξεπεράσει τα λίγα mA. Οι μονάδες εισόδων και εξόδων αναλαμβάνουν να προσαρμόσουν τα σήματα εισόδου και εξόδου, που έχουμε στον αυτοματισμό, σε σήματα που μπορεί να δεχτεί η κεντρική μονάδα, τόσο από άποψη τάσεων όσο και από άποψη ρευμάτων. Η προσαρμογή αυτή γίνεται με χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων ισχύος, είτε με τη χρήση κατάλληλων μικρό-ρελέ.

Κάθε σύστημα PLC καταλήγει πάντα σε ακροδέκτες (κλέμες). Οι ακροδέκτες αυτοί ανήκουν στις μονάδες εισόδων και εξόδων του. Στους ακροδέκτες εισόδων καταλήγουν οι αγωγοί που έρχονται από αισθητήρες ή τερματικούς διακόπτες, πιεζοστάτες, διακόπτες μπουτόν, κτλ. Στους ακροδέκτες εξόδων καταλήγουν οι αγωγοί που τροφοδοτούν πηνία ρελέ ισχύος, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, λυχνίες ένδειξης και λοιπούς αποδέκτες.

Στους διάφορους τύπους των PLC που υπάρχουν, οι μονάδες εισόδων και εξόδων αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο. Γενικά όμως ισχύουν τα παρακάτω:

- Μια μονάδα εισόδων ή εξόδων μπορεί να λειτουργεί με συνεχή τάση ή με εναλλασσόμενη τάση. Τυπικές τάσεις λειτουργίας είναι: DC 24V, 48V, 60V & AC 24V, 48V, 115V, 230V, με συνηθέστερες τις DC 24V, AC 115V & AC 230V.

- Τα κυκλώματα και οι τάσεις των εισόδων είναι τελείως ανεξάρτητα από τα αντίστοιχα κυκλώματα των εξόδων. Επομένως η τάση για τις εισόδους μπορεί να είναι διαφορετική από την τάση για τις εξόδους. Αν τώρα αυτές οι τάσεις είναι ίδιες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο τροφοδοτικό (για συνεχείς τάσεις), ή μετασχηματιστής χειρισμού (για AC τάσεις) για τις εισόδους και για τις εξόδους.
- Η τάση εισόδων (δηλ. η τάση που φτάνει σε μια είσοδο, όταν ενεργοποιηθεί ο αντιστοίχος αισθητήρας) συνήθως διαχωρίζεται γαλβανικά από το υπόλοιπο εσωτερικό κύκλωμα του PLC. Τα ίδια ισχύουν και για τις εξόδους. Αν σε κάποιες μονάδες εξόδων δεν έχουμε γαλβανική απομόνωση πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα το θέμα των γειώσεων.
- Στο συγκεκριμένο PLC η τάση τροφοδοσίας είναι 230V~AC η οποία παρέχεται από το δίκτυο. Οι εισοδοί δέχονται τάση DC. Οι έξοδοι είναι διακόπτες ρελέ και δίνουν την τάση που έχουν στα άκρα τους .

1.5.Γλώσσες προγραμματισμού PLC

Οι ελεγκτές προγραμματίζονται συνήθως σε μια (ή περισσότερες) από τις παρακάτω πια διεθνώς τυποποιημένες μορφές γλωσσών:

- **Λίστα εντολών**

(STATEMENT LIST = **STL**)

- **Σχέδιο επαφών**

(LADDER DIAGRAM = **LAD**)

- **Λογικό διάγραμμα**

(FUNCTION BLOCK DIAGRAM = **FBD**)

Οι μορφές αυτές έχουν τυποποιηθεί κατά DIN και IEC και αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τη «γλώσσα» στον προγραμματιζόμενο αυτοματισμό. Μπορούμε να πούμε από την αρχή, ότι οι μορφές σχεδιασμού επαφών (LAD) και λογικού διαγράμματος (FBD) είναι γραφικές μορφές παράστασης, δηλ. το πρόγραμμα «ζωγραφίζεται» πάνω στην οθόνη μιας συσκευής προγραμματισμού. Το σχέδιο επαφών χρησιμοποιεί λίγο πολύ σύμβολα του κλασσικού συνδεσμολογικού σχεδίου, π.χ. επαφές, πηνία, κτλ. Αντίθετα, το λογικό διάγραμμα χρησιμοποιεί σύμβολα λογικών πυλών, π.χ. πύλη AND, πύλη OR, κλπ.

1.6. Σύγκριση μορφών προγραμματισμού

Η «μητρική» γλώσσα κάθε ελεγκτή είναι αναμφίβολα η λίστα εντολών, η οποία έχει και τις μεγαλύτερες δυνατότητες και ευελιξία. Οπωσδήποτε, και οι δύο γραφικές μορφές (σχέδιο επαφών, λογικό διάγραμμα) έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα της καλύτερης εποπτείας «με μία ματιά». Στη συνέχεια θα επιχειρήσουμε μια παρουσίαση των σημαντικότερων πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων.

1.7. Πλεονεκτήματα λίστας εντολών (STL) σε σχέση με τις γραφικές μορφές (LAD, FBD)

- Έχει τις μεγαλύτερες δυνατότητες, γιατί υπάρχουν εντολές, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να παρασταθούν γραφικά, αν και στο κοντινό μέλλον αυτό θα διορθωθεί.
- Γνωρίζουμε με απόλυτη ακρίβεια τη σειρά, με την οποία ο μικροεπεξεργαστής επεξεργάζεται το πρόγραμμα (τη μία εντολή ύστερα από την άλλη).
- Καταλαμβάνει μικρότερο χώρο στη μνήμη για την αποθήκευση του προγράμματος.
- Είναι πολύ προσιτή στην χρήση σε όποιον έχει ασχοληθεί ήδη με προγραμματισμό κάθε είδους.

- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικροί, φτηνοί, φορητοί προγραμματιστές χειρός (ενώ αντίθετα για τη «σχεδίαση» μιας γραφικής μορφής απαιτείται οθόνη, αν θέλουμε να έχουμε εποπτεία).
- Ο χειρισμός κατά την πληκτρολόγηση του προγράμματος είναι πολύ απλούστερος. Αντίθετα, για την πληκτρολόγηση ενός στοιχείου στις γραφικές μορφές, π.χ. μιας επαφής, πρέπει ο δείκτης (cursor) στην οθόνη να βρίσκεται στη σωστή θέση.
- Αν σαν βάση για τον προγραμματισμό χρησιμοποιηθεί ένα κλασσικό συνδεσμολογικό σχέδιο με ρελέ ή ένα λογικό διάγραμμα (flow-chart), τότε η «μετάφραση» τους σε λίστα εντολών είναι το ίδιο εύκολη με την «μετάφραση» τους σε σχέδιο επαφών ή λογικό διάγραμμα αντίστοιχα (αν όχι ευκολότερη πολλές φορές).
- Πρέπει να τονιστεί, ότι ένα ηλεκτρολογικό συνδεσμολογικό σχέδιο, πολύ σπάνια μπορεί να προγραμματιστεί όπως είναι, χωρίς μετατροπές, σε σχέδιο επαφών.

1.8.Μειονεκτήματα λίστας εντολών (STL) σε σχέση με τις γραφικές μορφές (LAD, FBD)

- Ένα πρόγραμμα γραμμένο σε λίστα εντολών δεν έχει την ίδια εποπτεία «με μια ματιά», την οποία έχουν οι γραφικές μορφές. Με τις δυνατότητες όμως σχολιασμού προγράμματος, που παρέχουν οι σύγχρονες συσκευές προγραμματισμού, το μειονέκτημα αυτό παύει να είναι ιδιαίτερα σημαντικό.
- Η παρακολούθηση του αυτοματισμού σε λειτουργία (πάνω σε μια συσκευή προγραμματισμού οθόνης συνδεδεμένη στον ελεγκτή) είναι απλούστερη και πιο εποπτική, αν το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε κάποια από τις δύο γραφικές μορφές.

Συμπεράσματα

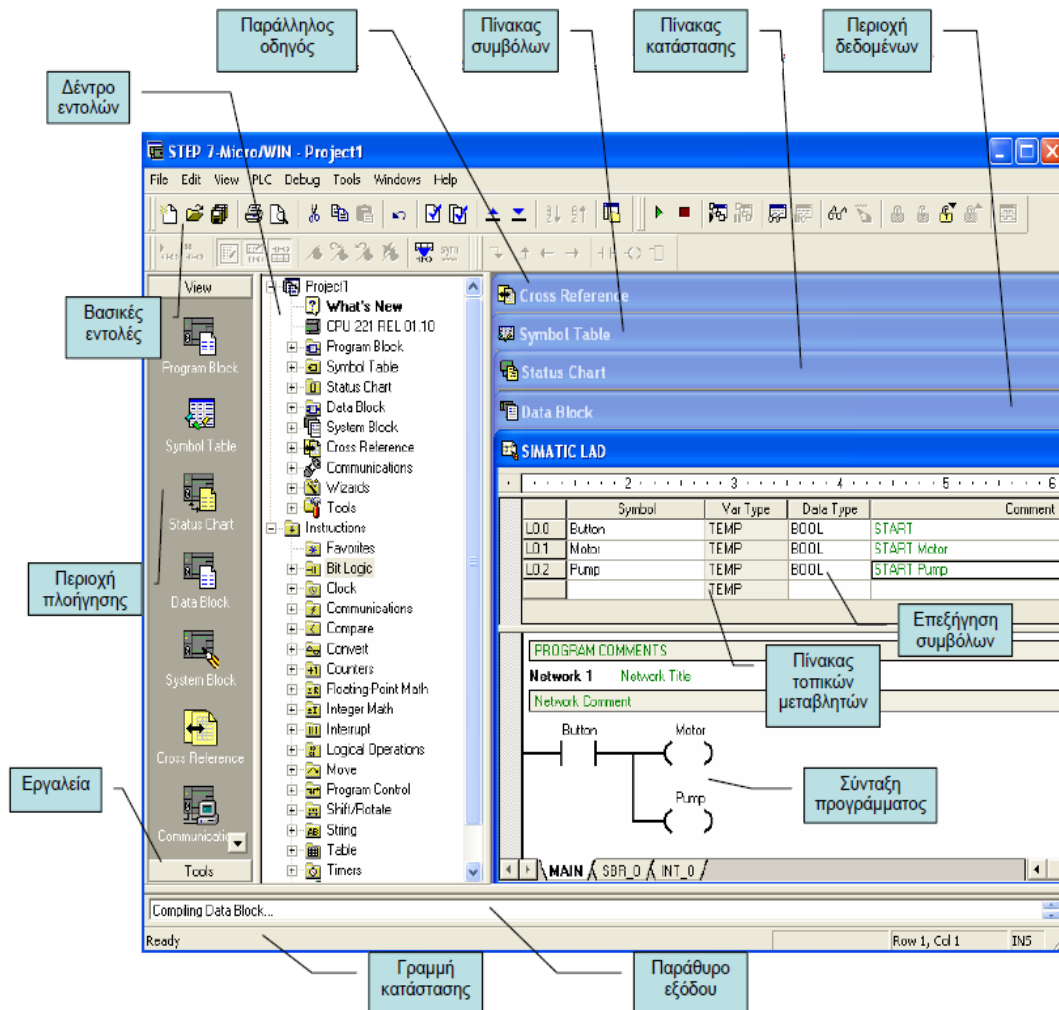
Καλό είναι οι ελεγκτές να έχουν τη δυνατότητα να προγραμματιστούν και στις τρεις μορφές που προαναφέρθηκαν και να αφήνεται σ' αυτόν που θα φτιάξει το πρόγραμμα η επιλογή της μορφής προγραμματισμού. Θεωρείται αυτονόητο ότι οι τρεις μορφές είναι συμβατές μεταξύ τους, δηλ. σε όποια μορφή κι αν προγραμματίσουμε, έχουμε τη δυνατότητα να πάρουμε το πρόγραμμα και στις άλλες δύο, ζητώντας το από τη συσκευή. Η χρήση περισσότερων από μία μορφή παράστασης ενός προγράμματος είναι πολλές φορές επιθυμητή και για άλλους λόγους: Π.χ. σ' ένα μεγάλο εργοστάσιο, αυτός που θα φτιάξει το πρόγραμμα μπορεί να επιλέξει π.χ. τη λίστα εντολών, αλλά η ηλεκτρολογική συντήρηση πιθανόν να προτιμάει στο αρχείο της την παράσταση σχεδίου επαφών, για την ανεύρεση βλαβών.

Όσοι έχουν εμπειρία στον τομέα του αυτοματισμού επιλέγουν συνήθως τη μορφή προγραμματισμού που ταιριάζει καλύτερα στην εμπειρία τους, λαμβάνοντας υπ' όψη και τα πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα που προαναφέραμε.

1.9. MICRO - WIN

Ο προγραμματισμός στις παραπάνω γλώσσες γίνεται μέσω ενός ειδικού λογισμικού για τη σειρά S7-200 της Siemens. Το λογισμικό αυτό είναι το Micro - Win. Μια γενική άποψη του λογισμικού Micro - Win φαίνεται στην εικόνα (σχήμα 1.2) την οποία μπορούμε να διακρίνουμε τα επίπεδα ανάπτυξης και επεξεργασίας του κώδικα. Στην αριστερή πλευρά βρίσκεται η περιοχή πλοήγησης η οποία χρησιμοποιείται για την μετάβαση στο αντίστοιχο παράθυρο επεξεργασίας και ανάπτυξης του προγράμματος μας. Στα δεξιά από την περιοχή πλοήγησης βρίσκεται το δέντρο εντολών το οποίο χρησιμεύει για την προεπισκόπηση των εντολών αλλά και για την εισαγωγή τους στην περιοχή σύνταξης - ανάπτυξης του προγράμματος. Ακριβώς δίπλα από το δέντρο εντολών βρίσκεται η περιοχή στην οποία μπορούν να εμφανίζονται διάφορα παράθυρα επεξεργασίας και ανάπτυξης

του προγράμματος. Στην κάτω πλευρά βρίσκεται το παράθυρο εξόδου το οποίο χρησιμεύει για την προβολή μηνυμάτων είτε κατά την μεταγλώττιση του προγράμματος είτε κατά την αποστολή του κώδικα στο PLC.



Σχήμα 1.2: Παράθυρο του προγράμματος MICRO-WIN.

Όπως κάθε παράθυρο λογισμικού, το Micro - Win διαθέτει τα βασικά μενού επεξεργασίας όπως είναι: το αρχείο, η επεξεργασία, η προβολή κτλ.

1.10. Περιγραφή εντολών

Σε αυτήν την παράγραφο ακολουθεί η περιγραφή εντολών καθώς και ο τρόπος σύνταξης τους στο παράθυρο σύνταξης του Micro - Win. Παράλληλα με τις εντολές θα δίνονται και μερικά παραδείγματα.

1.10.1 Εντολές Normally Open - Close(ανοιχτή - κλειστή επαφή)

Ανοιχτή επαφή:

- Κατάσταση ηρεμίας

(λογικό '0'): Η επαφή είναι ανοιχτή

- Σε κατάσταση ενεργοποίησης

(λογικό '1'): Η επαφή είναι κλειστή

- Περιγραφή λειτουργίας: Η επαφή αυτού του τύπου χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύει τις πραγματικές εισόδους του PLC, καθώς και τα εσωτερικά bits.

Κλειστή επαφή

- Κατάσταση ηρεμίας

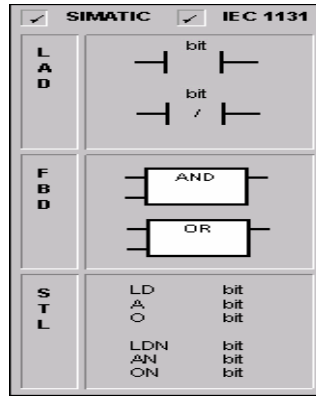
(λογικό '1'): Η επαφή είναι κλειστή

- Σε κατάσταση ενεργοποίησης

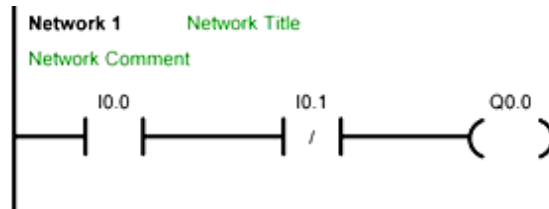
(λογικό '0'): Η επαφή είναι ανοιχτή

- Περιγραφή λειτουργίας: Η επαφή αυτού του τύπου χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύει τις πραγματικές εισόδους του PLC, καθώς και τα εσωτερικά bits.

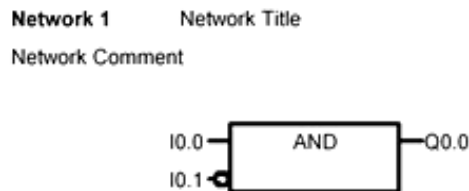
Η σύνταξη των εντολών Normally Open - Close στις γλώσσες (LAD/STL/FBD) φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:



Σχήμα 1.3: Normally Open - Close



Διάγραμμα 1: Παράδειγμα Ladder εντολών Normally Open - Close



Διάγραμμα 2: Παράδειγμα FBD εντολών Normally Open - Close

```

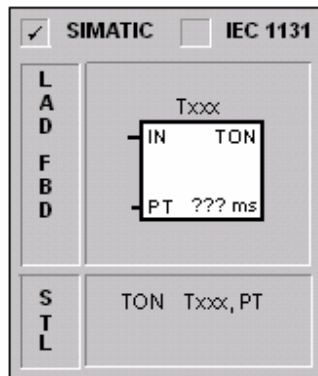
Network 1      Network Title
Network Comment

LD  I0.0
AN  I0.1
=   Q0.0
    
```

Παράδειγμα STL εντολών Normally Open - Close

1.10.2 Χρονικό με καθυστέρηση στην έναυση (TON)

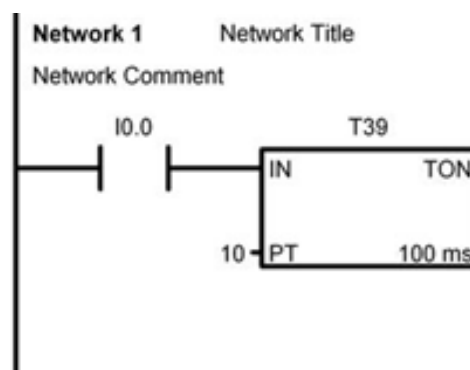
Η σύνταξη ενός χρονικού (TON) στις γλώσσες (LAD/STL/FBD):



Σχήμα 1.4: Χρονικό (TON)

1.10.3 Εντολή χρονικού (TON)

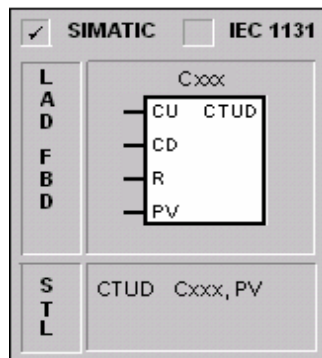
Το χρονικό με καθυστέρηση στην έναυση (TON), μετρά χρόνο όταν η είσοδος του ενεργοποιηθεί. Όταν η τρέχουσα τιμή (current value) γίνει ίση ή μεγαλύτερη από τον προκαθορισμένο χρόνο (preset time), τότε το bit εξόδου του χρονικού ενεργοποιείται. Η τρέχουσα τιμή του χρονικού μηδενίζεται όταν η επαφή εισόδου απενεργοποιηθεί.



Διάγραμμα 3: Παράδειγμα LADDER εντολής χρονικού (TON)

1.10.4 Εντολή Up /Down Μετρητή (Up/Down counter)

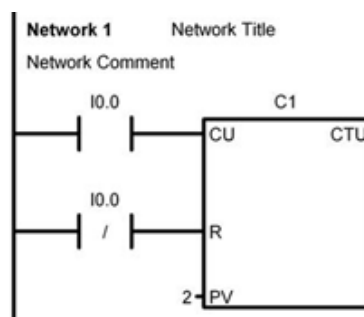
Η σύνταξη ενός Up/Down counter στις γλώσσες (LAD/STL/FBD):



Σχήμα 1.5: Up/Down counter

Ο μετρητής Up/Down αυξάνεται κάθε φορά που η είσοδος count-up CU εναλλάσσεται από off σε on και μειώνεται κάθε φορά που η είσοδος countdown εναλλάσσεται από off σε on. Η τωρινή τιμή Cxxx του counter κρατάει την τωρινή μέτρηση. Η προεπιλεγμένη τιμή PV συγκρίνεται με την τωρινή τιμή κάθε φορά που η εντολή μέτρησης εκτελείται.

Όταν η τωρινή τιμή Cxxx του μετρητή γίνει μεγαλύτερη ή ίση από την προεπιλεγμένη τιμή PV το bit του μετρητή δίνει έξοδο. Αλλιώς το bit του μετρητή παραμένει στην off του τιμή. Ο μετρητής επανέρχεται στις αρχικές του συνθήκες όταν η είσοδος Reset διεγείρεται ή όταν η εντολή Reset εκτελείται. Ο Up/Down μετρητής σταματάει το μέτρημα όταν πιάσει την τιμή PV.



Διάγραμμα 4: Παράδειγμα LADDER εντολής Up/Down counter

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

2.1. Βασικές έννοιες

- **Ενεργοποίηση** ενός διακόπτη είναι η διαδικασία με την οποία τον κάνουμε να αλλάξει κατάσταση στην ή στις επαφές που ελέγχει. Η ενεργοποίηση μπορεί να είναι μηχανική (πχ πατάμε τον διακόπτη με το χέρι, ή γενικά του ασκείται μηχανική δύναμη), ηλεκτρική (το βοηθητικό του κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα), μαγνητική κλπ.
 - Η ενεργοποίηση δεν έχει σχέση με το τι αποτέλεσμα θα δούμε στην ή στις επαφές που ελέγχει ο διακόπτης. Απλά σημαίνει ότι ο διακόπτης, ανταποκρινόμενος σε κάποιο εξωτερικό αίτιο, μεταβάλλει με οποιοδήποτε τρόπο την κατάσταση μίας τουλάχιστον επαφής.
- Η κατάσταση μίας επαφής χαρακτηρίζονται σαν ανοιχτή ή κλειστή ανάλογα με το εάν το αντίστοιχο κύκλωμα διακόπτεται η έχει συνέχεια:
 - **Ανοιχτή επαφή** ή **ανοιχτό διακόπτη** είναι η κατάσταση της επαφής που έχουμε όταν το κύκλωμα διακόπτεται (δηλαδή όταν η είσοδος με την έξοδο του διακόπτη δεν είναι σε επαφή).
 - **Κλειστή επαφή** ή **κλειστό διακόπτη** είναι η κατάσταση της επαφής που έχουμε όταν το κύκλωμα έχει συνέχεια (δηλαδή όταν η είσοδος με την έξοδο του διακόπτη είναι σε επαφή).
 - Η έννοια του "ανοιχτού" ή "κλειστού" διακόπτη είναι αντίστροφη από την έκφραση "ανοίγουμε τα φώτα". Για να "ανοίξουμε τα φώτα" πρέπει να περάσει ρεύμα από το κύκλωμα, πράγμα που γίνεται με τον να κλείσει ο διακόπτης. Αντίστοιχα, για

να "κλείσουμε τα φώτα", πρέπει να ανοίξει ο διακόπτης ώστε να διακοπεί το κύκλωμα και να μην περνάει το ρεύμα.

- **Απόκριση** είναι η μορφή της εξόδου που μας δίνει ένας διακόπτης, όσο είναι ενεργοποιημένος. Δηλαδή, εάν, όσο ο διακόπτης είναι "πατημένος" δίνει συνεχή απόκριση ή μόνο έναν παλμό:

- Συνεχή απόκριση έχουμε όταν πατάμε τον διακόπτη και, όσο τον κρατάμε πατημένο, η επαφή του μένει (για παράδειγμα) κλειστή.

- Απόκριση παλμού έχουμε όταν πατάμε τον διακόπτη και η επαφή του (για παράδειγμα) κλείνει για λίγα δέκατα του δευτερολέπτου και μετά ανοίγει, παρότι συνεχίζουμε να τον κρατάμε πατημένο. Συνήθως τέτοιου είδους επαφές μας παρέχουν κάποια ρελέ, όπου τυπικά μπορούμε και να ρυθμίσουμε την διάρκεια του παλμού.

- Η απόκριση δεν αφορά το εάν το αποτέλεσμα της ενεργοποίησης του διακόπτη θα είναι το άνοιγμα ή το κλείσιμο της επαφής.

- **Μανδάλωση** είναι η συγκράτηση του διακόπτη στη θέση στην οποία τον φέρνουμε. Για παράδειγμα: πατάμε τον διακόπτη και κλείνει η επαφή του - αφήνουμε τον διακόπτη και η επαφή μένει κλειστή. Αρκετές φορές, οι διακόπτες που λειτουργούν με μανδάλωση αποκαλούνται και διακόπτες καστανίας.

- **Αυτόματη επαναφορά** είναι το να επιστρέφει ο διακόπτης σε μία καθορισμένη θέση όταν παύει η ενεργοποίησή του. Για παράδειγμα: πατάμε τον διακόπτη και κλείνει η επαφή του - αφήνουμε τον διακόπτη και η επαφή ανοίγει. Τυπικά, αυτό γίνεται με κάποιο ελατήριο που επαναφέρει τον διακόπτη στην κανονική του θέση.

- **Μπουτόν** αποκαλούμε τους διακόπτες με αυτόματη επαναφορά και με συνεχή απόκριση. Για παράδειγμα: πατάμε το μπουτόν και η επαφή του μένει κλειστή όσο είναι πατημένο - αφήνουμε το μπουτόν και η επαφή ανοίγει. Τα μπουτόν σαν αυτό του παραδείγματος χαρακτηρίζονται σαν **push-to-make** αφού είναι NO και πρέπει να πατηθούν για να κλείσει η επαφή. Τα μπουτόν όπου, αντίστροφα, είναι NC και πρέπει να πατηθούν για να ανοίξει η επαφή, χαρακτηρίζονται σαν **push-to-break**.
- **Διακόπτες** είναι κανονικά οι συσκευές με τις οποίες μπορούμε να αλλάξουμε την κατάσταση κάποιας επαφής (δηλαδή να την ανοίξουμε ή να την κλείσουμε). Σε αρκετές περιπτώσεις, ο όρος χρησιμοποιείται ειδικά για τους διακόπτες με μανδάλωση και συνεχή απόκριση, σε αντιδιαστολή με τα μπουτόν, αλλά αυτό δεν είναι απόλυτο.
- Η κανονική κατάσταση μίας επαφής είναι αυτή στην οποία βρίσκεται στην κανονική κατάσταση λειτουργίας.
 - **Κανονικά ανοιχτή (NO - Normally Open)** είναι μία επαφή όταν είναι ανοιχτή στην κανονική κατάσταση λειτουργίας.
 - **Κανονικά κλειστή (NC - Normally Closed)** είναι μία επαφή όταν είναι κλειστή στην κανονική κατάσταση λειτουργίας.
 - Η κανονική κατάσταση μίας επαφής δεν έχει νόημα για τις επαφές (διακόπτες) με μανδάλωση αφού εκεί, σε όποια κατάσταση φέρουμε τον διακόπτη εκεί και μένει. Ισχύει όμως για τις επαφές που ενεργοποιούνται από κάποιο αίτιο και απενεργοποιούνται όταν αυτό πάψει (γενικά δηλαδή διακόπτες τύπου μπουτόν).
 - Το τι θεωρείται σαν **κανονική κατάσταση λειτουργίας** είναι θέμα ορισμού. Για παράδειγμα, ενώ οι περισσότεροι κατασκευαστές φωτοκυττάρων ασφαλείας ορίζουν ως κανονική κατάσταση λειτουργίας την μη ανίχνευση εμποδίου, υπάρχουν κάποιοι που

ορίζουν ως κανονική κατάσταση λειτουργίας την ανίχνευση εμποδίου.

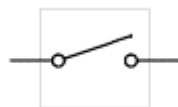
Σημειώστε ότι οι περισσότεροι διακόπτες που χρησιμοποιούμε για να μεταβιβάζουμε εντολές (πχ για άνοιγμα, κλείσιμο ή σταμάτημα) στους διάφορους πίνακες ελέγχου των αυτοματισμών μας, δεν είναι διακόπτες ισχύος αλλά διακόπτες **ψυχρής επαφής (potential-free contacts, dry contacts ή voltage-free contacts)**.

Οι διακόπτες κατηγοριοποιούνται με τον αριθμό των πόλων και των διαδρομών τους.

- **Πόλοι (Poles)**. Ένας πόλος είναι ένα σετ επαφών που ανήκουν σε ένα κύκλωμα.
- **Θέσεις (Throws)**. Αντιστοιχούν σε αυτό που καταλαβαίνουμε σαν θέση ενός μηχανικού διακόπτη (πχ πατημένος και ελεύθερος).

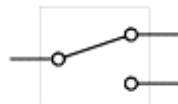
Μερικά παραδείγματα είναι τα παρακάτω:

1. **SPST (Single-Pole, Single-Throw)** / 1 πόλος και 1 θέση.



Πρόκειται για τον κλασικό διακόπτη on-off

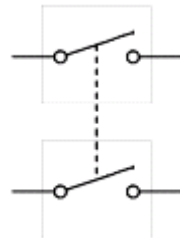
2. **SPDT (Single-Pole, Double-Throw)** / 1 πόλος και 2 θέσεις.



Είναι η απλούστερη μορφή μεταγωγικού διακόπτη όπου με μία είσοδο μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα σε δύο διαφορετικές εξόδους (ή το

ανάποδο). Εάν ο διακόπτης διαθέτει και τρίτη, ενδιάμεση, θέση off (δεν κλείνει κύκλωμα μεταξύ επαφών) περιγράφεται σαν SPCO (Single-Pole, Changeover ή Single-Pole, Centre-Off) και SPTT (Single-Pole, Triple-Throw).

3. **DPST (Double-Pole, Single-Throw)** / 2 πόλοι και 1 θέση.



Πρόκειται για 2 διακόπτες τύπου SPST που είναι συζευγμένοι (ενεργοποιούνται ταυτόχρονα)

4. **DPDT (Double-Pole, Double-Throw)** / 2 πόλοι και 2 θέσεις.



Πρόκειται για 2 διακόπτες τύπου SPDT που είναι συζευγμένοι (ενεργοποιούνται ταυτόχρονα). Εάν ο διακόπτης διαθέτει και τρίτη, ενδιάμεση, θέση off (δεν κλείνει κύκλωμα μεταξύ επαφών) περιγράφεται σαν DPCO (Double-Pole, Changeover ή Double-Pole, Centre-Off).

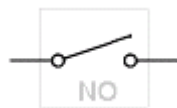
Όταν έχουμε διακόπτες που, από θέση σε θέση, κλείνουν και διαφορετικό κύκλωμα, τότε, ανάλογα με το πως συμπεριφέρεται ο διακόπτης στη μεταβατική κατάσταση όταν αλλάζουμε θέση, διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- **Πρώτα αποσύνδεση - Μετά σύνδεση (Break-before-make)**, όταν πρώτα ανοίγει το προηγούμενο κύκλωμα και μετά κλείνει το νέο. Αυτή είναι η συνηθισμένη περίπτωση.
- **Πρώτα σύνδεση - Μετά αποσύνδεση (Make-before-break ή Shorting switch)**, όταν πρώτα κλείνει το νέο κύκλωμα και μετά ανοίγει το προηγούμενο.

Μία άλλη κατηγοριοποίηση είναι κατά **μορφές (forms)** και αφορά τόσο τον αριθμό πόλων και διαδρομών όσο και την κατάσταση των επαφών (ανοιχτές ή κλειστές) στην κανονική κατάσταση λειτουργίας.

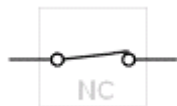
Τρεις συνηθισμένες μορφές είναι οι ακόλουθες:

1. Form A



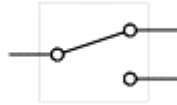
SPST και NO

2. Form B



SPST και NC

3. Form C



SPDT και, κατά την ενεργοποίηση, πρώτα ανοίγει η μία επαφή και μετά κλείνει η άλλη (break-before-make)

2.2. Ηλεκτρονόμοι (Relays)

Οι ηλεκτρομηχανικοί διακόπτες, γνωστοί σαν ηλεκτρονόμοι (relays, και στην αρχή των ηλεκτρολόγων: ρελέδες), εκτός από τα παλαιά τηλεφωνικά κέντρα και τον υπολογιστή Mark-II της δεκαετίας του '40, χρησιμοποιούνται ευρύτατα και σήμερα σε όλες τις ηλεκτρικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, λόγω της αντοχής τους στις υψηλές τάσεις (εκατοντάδες ή χιλιάδες Volt), σε αντίθεση με τους ημιαγωγούς που καίγονται εύκολα από υπερτάσεις.

Χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές εξ αιτίας της εξαιρετικής εποπτείας που προσφέρουν: βλέπεις και ακούς το διακόπτη να ανοιγοκλείνει μπροστά σου, κι έτσι νοιώθεις τη λειτουργία του ψηφιακού κυκλώματος πολύ καλύτερα απ' όσο με τα transistors, όπου δεν μπορεί κανείς να δει τι συμβαίνει με τα ηλεκτρόνια μέσα τους.

Η αρχή λειτουργίας του ηλεκτρονόμου είναι απλή: ένας ηλεκτρομαγνήτης, δηλαδή ένας σιδηρούς πυρήνας με ένα ηλεκτρικό πηνίο τυλιγμένο γύρω του, έλκει τον σπλισμό του, δηλαδή ένα κινητό σιδερένιο μοχλό, όταν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από το πηνίο. Μόλις διακοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα, ο μαγνήτης παύει να έλκει τον σπλισμό του, και ένα ελατήριο επαναφέρει τον τελευταίο στην αρχική του θέση, μακριά από τον σιδερένιο πυρήνα. Συνδέουμε στον σπλισμό έναν ή περισσότερους διακόπτες, και καθώς ο σπλισμός κινείται υπό την επίδραση του ηλεκτρομαγνήτη αυτός κάνει τους διακόπτες να ανοιγοκλείνουν.

Ηλεκτρονόμοι υπάρχουν σε όλα τα μεγέθη, από μικροί, κατάλληλοι για να τους ελέγχει μία χαμηλή τάση (5 - 12 Volt), π.χ. από ένα ηλεκτρονικό όργανο, και αυτοί με τη σειρά τους να αναβοσβήνουν μερικά φώτα (250 V, 5 A) ή ένα μικρό κινητήρα (π.χ. αντλία νερού), μέχρι πολύ μεγάλοι, κατάλληλοι για να ανοιγοκλείνουν τις μηχανές ολόκληρων εργοστασίων ή υποσταθμών της ΔΕΗ. Εμείς, φυσικά, για τις εφαρμογές μας χρησιμοποιούμε ένα τύπο ηλεκτρονόμου από τους μικρότερους, με ποδαράκια (ηλεκτρικές επαφές) κατάλληλα για την πλακέτα συνδέσεων (σε αντίθεση με άλλους που είναι κατάλληλοι για να βιδώνονται σε ηλεκτρικούς πίνακες).

Στην φωτογραφία (σχήμα 2.1) πιο κάτω φαίνεται ένας ηλεκτρονόμος παρόμοιος με αυτούς της πτυχιακής μας, στις δύο καταστάσεις του: αδρανής (αριστερά), και ενεργός (δεξιά). Το ηλεκτρικό πηνίο διέγερσης (εκατοντάδες σπείρες λεπτού, ξανθού, μονωμένου σύρματος, τυλιγμένες γύρω από τον πυρήνα) βρίσκεται στο αριστερό μέρος του ηλεκτρονόμου. Οι εξωτερικοί ακροδέκτες του πηνίου είναι δύο ποδαράκια στην αριστερή άκρη του ηλεκτρονόμου - στη φωτογραφία φαίνεται μόνο το μπροστινό - το άλλο είναι ακριβώς πίσω του. Ο πυρήνας του ηλεκτρομαγνήτη περνάει μέσα από το πηνίο, βγαίνει από κάτω, και ανεβαίνει προς τα επάνω ακριβώς δίπλα και δεξιά από το πηνίο (γκρί γυαλιστερό σίδηρο). Το μαγνητικό κύκλωμα συνεχίζει με το επάνω ήμισυ του σπλισμού, που βρίσκεται πάνω από τον ηλεκτρομαγνήτη. Ο σπλισμός είναι το σίδηρο σε σχήμα "Γ" με ελαφρώς αμβλεία γωνία που βρίσκεται πάνω και δεξιά από το πηνίο. Στην αριστερή φωτογραφία, δεν περνάει ρεύμα από το πηνίο και ο σπλισμός βρίσκεται ψηλά, όπου τον συγκρατεί το κατακόρυφο ελατήριο που μόλις διακρίνεται. Στη δεξιά φωτογραφία, διέρχεται ρεύμα από το πηνίο και ο σπλισμός έχει χαμηλώσει και έχει κολλήσει στον πυρήνα, ελκόμενος από τον ενεργό ηλεκτρομαγνήτη. Με την κίνηση αυτή, το κάτω-δεξί άκρο του σπλισμού έχει κινηθεί δεξιά, και έχει

παρασύρει ένα μαύρο, οριζόντιο, πλαστικό έμβολο, το οποίο με τη σειρά του έχει παρασύρει τη μεσαία επαφή του διακόπτη που φαίνεται στη φωτογραφία.



Σχήμα 2.1: Relay (ρελέ).

Στη δεξιά πλευρά του ηλεκτρονόμου υπάρχουν δύο διακόπτες, ένας εμπρός κι ένας πίσω - στη φωτογραφία φαίνεται μόνο ο εμπρόσθιος. Ο διακόπτης που φαίνεται στη φωτογραφία έχει έναν πόλο - το μεσαίο, χάλκινο, κατακόρυφο, λεπτότερο έλασμα - και δύο επαφές - τα δύο παχύτερα κατακόρυφα χάλκινα ελάσματα, ένα αριστερά και ένα δεξιά. Οι εξωτερικοί ακροδέκτες του διακόπτη είναι τα τρία ποδαράκια που φαίνονται κάτω από αυτόν, με την ίδια σειρά με την οποία βρίσκονται και τα αντίστοιχα ελάσματα μέσα στο διακόπτη. Από την πίσω πλευρά, που δεν φαίνεται στη φωτογραφία, υπάρχει άλλος ένας διακόπτης, ηλεκτρικά μονωμένος από τον πρώτο, που όμως κινείται από το ίδιο οριζόντιο μαύρο έμβολο, άρα ανοιγοκλείνει ταυτόχρονα με τον πρώτο. Οι 3 ακροδέκτες του οπίσθιου διακόπτη είναι ακριβώς πίσω από τους ακροδέκτες του εμπρόσθιου, και κρύβονται από αυτούς στη φωτογραφία.

Παρατηρήστε ότι ο διακόπτης είναι ηλεκτρικά πλήρως μονωμένος από τον ηλεκτρομαγνήτη και το πηνίο του: επικοινωνούν μόνο μηχανικά, μέσω του οριζόντιου μαύρου πλαστικού εμβόλου. Έτσι επιτυγχάνουμε τα δύο ηλεκτρικά κυκλώματα, το ελέγχον (πηνίο) και το ελεγχόμενο (διακόπτης), να είναι εντελώς

ανεξάρτητα, με δυνατότητα να υπάρχει μεγάλη (και μεταβαλλόμενη) διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο - π.χ. το ένα μπορεί να ανήκει σε ένα ευαίσθητο ηλεκτρονικό όργανο, ενώ το άλλο μπορεί να συνδέεται σε ένα θορυβώδη ηλεκτρικό κινητήρα, τροφοδοτούμενο από άλλη φάση τριφασικής παροχής. Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα των ηλεκτρονόμενων που δεν το έχουν οι ηλεκτρονικοί διακόπτες (transistors).

Από την άλλη μεριά, φυσικά, για να αλλάξει κατάσταση ο ηλεκτρονόμος πρέπει να κινηθούν μηχανικά τμήματα, άρα απαιτείται χρόνος πολλών χιλιοστών του δευτερολέπτου (millisecond - ms), τη στιγμή που οι ηλεκτρονικοί διακόπτες (transistors) αναβοσβήνουν σε χρόνο σημαντικά κάτω του δισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου (nanosecond - ns), σήμερα, δηλαδή είναι δεκάδες εκατομμύρια φορές γρηγορότεροι. Επίσης, για να κολλήσει ο σπλισμός ενός ηλεκτρονόμου απαιτείται ρεύμα της τάξης των 100 mA, άρα ισχύς γύρω στα 500 mW. Σε αντίθεση με αυτό, ένας σημερινός ηλεκτρονικός διακόπτης (transistor) μπορεί να ανοιγοκλείνει σε πλήρη ταχύτητα καταναλώνοντας κάτω από 50 μ W, και αναλογικά λιγότερο σε χαμηλότερες ταχύτητες, δηλαδή είναι δεκάδες χιλιάδες φορές οικονομικότερος στη μπαταρία (και στην παραγόμενη θερμότητα). Τέλος, ένα σημερινό transistor με τα γύρω κυκλώματά του καταλαμβάνει εμβαδό γύρω στο ένα τετραγωνικό μm (μικρόμετρο), συγκρινόμενο προς τα 300 τετραγωνικά mm (χιλιοστόμετρα) του ηλεκτρονόμου (χωρίς να παίρνουμε υπ' όψη και τη διαφορά ύψους), δηλαδή ο ηλεκτρονικός διακόπτης είναι γύρω στο ένα δισεκατομμύριο φορές μικρότερος.

Το πηνίο δεν έχει συγκεκριμένη πολικότητα, δηλαδή ενεργοποιείται με ρεύμα είτε της μίας φοράς είτε της άλλης. Επίσης το πηνίο είναι ηλεκτρικά μονωμένο από τους διακόπτες, άρα δεν μπορεί να περάσει ρεύμα ανάμεσα στους ακροδέκτες του πηνίου και αυτούς των διακοπών, ούτε η διαφορά τάσης μεταξύ τους έχει καμία επίδραση στον ηλεκτρονόμο.

2.3. Πιεσοστάτης (Πρεσοστάτης)

Είναι το εξάρτημα εκείνο, που ο διακόπτης του ενεργοποιείται από αισθητήριο πίεσης.

Τα κύρια μέρη του πιεσοστάτη είναι :

Το αισθητήριο πίεσης: Το αισθητήριο είναι το μέρος εκείνο του πιεσοστάτη, που αντιλαμβάνεται τη μεταβολή της πίεσης και προκαλεί το άνοιγμα ή κλείσιμο μιας επαφής. Συνήθως το αισθητήριο αποτελείται από μια μεμβράνη η οποία ανάλογα με τη μεταβολή της πίεσης εκτείνεται ή συστέλλεται .

Ο διακόπτης: Ο διακόπτης του πιεσοστάτη είναι συνήθως μεταγωγική επαφή ή μια ανοικτή και μια κλειστή επαφή.

Μηχανισμός ρύθμισης πίεσης: Έχει τη δυνατότητα με ρυθμιστικά βιδάκια να ρυθμίζει την ανώτερη και την κατώτερη στάθμη πίεσης στην οποία ανοίγει ή κλείνει τις επαφές του διακόπτη του.

Βάση ή πλαίσιο: Η βάση του είναι κατάλληλα διαμορφωμένη, ώστε να συγκρατεί τα εξαρτήματά του για να στηρίζεται πάνω σε σωλήνες.



Σχήμα 2.2: Πιεσοστάτες

Οι πιεσοστάτες (σχήμα 2.2) χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ή τη ρύθμιση μιας πίεσης σ' ένα υδραυλικό δίκτυο ή σε ένα δίκτυο αέρα. Όταν η πίεση ή η πτώση της

πίεσης φτάσει την τιμή του άνω ή του κάτω ορίου της ρύθμισης, η ηλεκτρική επαφή του πιεσοστάτη αλλάζει κατάσταση (μεταγωγική επαφή). Ο πιεσοστάτης τοποθετείται μέσω ενός σωλήνα μικρότερης διατομής πάνω στον κύριο σωλήνα, μέσα στον οποίο περνά το ελεγχόμενο ρευστό.

2.4. Θερμοστάτης

Θερμοστάτης είναι το εξάρτημα εκείνο, που ο διακόπτης του ενεργοποιείται από αισθητήριο θερμοκρασίας.

Το κύριο μέρος του θερμοστάτη είναι:

Το αισθητήριο θερμοκρασίας: Είναι το μέρος εκείνο του θερμοστάτη το οποίο αντιλαμβάνεται τις μεταβολές θερμοκρασίας και με κατάλληλο μηχανισμό ενεργοποιεί το διακόπτη.

Το αισθητήριο κατασκευάζεται από διάφορα υλικά και ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους διακρίνεται:

α) Αισθητήριο με διμεταλλικό στοιχείο

Για την ενεργοποίηση της επαφής χρησιμοποιείται η ιδιότητα του διμεταλλικού ελάσματος (σχήμα 2.3) να κάμπτεται, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία.



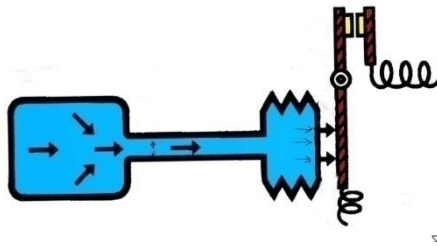
Σχήμα 2.3: Αισθητήριο με διμεταλλικό στοιχείο

Έχει σαν πλεονέκτημα ότι είναι απλό στη λειτουργία του και φτηνό, αλλά δεν είναι αισθητήριο ακριβείας και δεν επιδέχεται τηλεχειρισμό. Χρησιμοποιείται σε

εφαρμογές για έλεγχο θερμοκρασίας χώρου, στους θερμοσίφωνες, στις οικιακές συσκευές κλπ.

β) Αισθητήριο με υγρό ή αέριο υπό πίεση

Αποτελείται από αμπούλα που περιέχει υγρό ή αέριο που με τριχοειδή σωλήνα μεταφέρεται στο μηχανισμό ενεργοποίησης των επαφών.

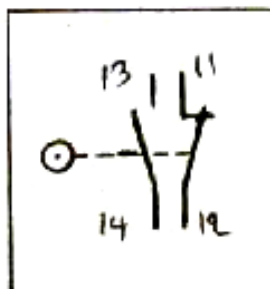


Σχήμα 2.4: Αισθητήριο με υγρό ή αέριο υπό πίεση

Η αυξομείωση του όγκου του υγρού ή του αερίου προκαλεί την κίνηση της μεμβράνης, που ενεργοποιεί κατάλληλα τις επαφές του θερμοστάτη (σχήμα 2.4). Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές θερμοστατών, σε ψυκτικούς θαλάμους, σε φούρνους, κλπ.

2.5. Οριοδιακόπτες (τερματικοί διακόπτες)

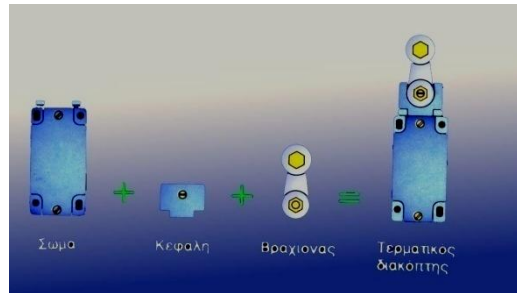
Αυτοί οι διακόπτες μετατρέπουν τις ωθήσεις, που προέρχονται από κινούμενα μηχανικά μέρη, σε ηλεκτρικά σήματα με άνοιγμα ή κλείσιμο της επαφής τους (σχήμα 2.5).



Σχήμα 2.5: Σύμβολο οριοδιακόπτη.

Τα κύρια μέρη ενός οριοδιακόπτη (σχήμα 2.6) είναι:

α) *Το σώμα*: είναι ένα στεγανό κουτί, μέσα στο οποίο βρίσκονται μια ανοικτή και μια κλειστή επαφή (διακόπτης). Οι επαφές αλλάζουν κατάσταση για όσο χρονικό διάστημα πιέζεται ο βραχίονας.



Σχήμα 2.6: Δομή τερματικού διακόπτη.

β) *Η κεφαλή*: τοποθετείται πάνω στο σώμα του οριοδιακόπτη και είναι κατάλληλα διαμορφωμένη, ώστε να δέχεται τον κατάλληλο βραχίονα.

γ) *Ο βραχίονας*: μεταφέρει τη μηχανική κίνηση μέσω της κεφαλής στο σώμα του οριοδιακόπτη, αλλάζοντας την κατάσταση των επαφών του. Η μορφή του εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής.



Σχήμα 2.7: Πραγματικές μορφές οριοδιακοπών

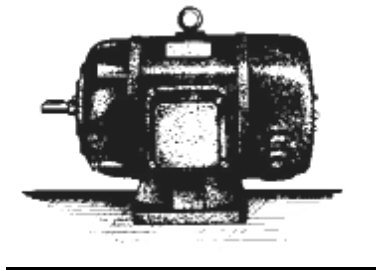
Εφαρμογές

Τυπικές μορφές οριοδιακοπών έχουμε σε μηχανές συσκευασίας, εκτυπώσεων, συναρμολόγησης. Στον αυτόματο έλεγχο πόρτας, σε μεταφορικές ταινίες διακίνησης εμπορευμάτων, σε εργαλειομηχανές, σε μηχανές επεξεργασίας ξύλου, σε πλυντήρια αυτοκινήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

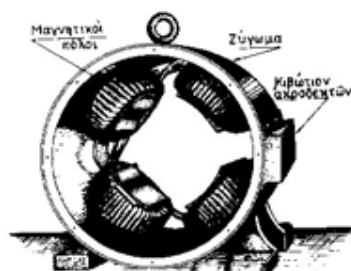
3.1. Συγκρότηση - κατασκευή

Μια μηχανή συνεχούς ρεύματος αποτελείται από ένα ακίνητο τμήμα που λέγεται στάτης και ένα κινητό που λέγεται δρομέας. Μια τέτοια συναρμολογημένη μηχανή φαίνεται στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Εξωτερική όψη μηχανής Συνεχούς Ρεύματος.

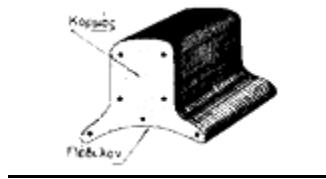
Ο στάτης αποτελείται από το ζύγωμα, τους μαγνητικούς πόλους (σχήμα 3.2), τους βοηθητικούς πόλους, τον ψηκτροφορέα με τις ψήκτρες και τα δύο καλύμματα. Το ζύγωμα αποτελεί τον κορμό της μηχανής και ενώνει μηχανικά και μαγνητικά τους μαγνητικούς πόλους. Έχει κυλινδρικό σχήμα και αποτελεί την βάση στήριξης της μηχανής στο κάτω μέρος. Κατασκευάζεται από χυτοχάλυβα ή ελατό σίδηρο.



Σχήμα 3.2: Το ζύγωμα και οι μαγνητικοί πόλοι του στάτη.

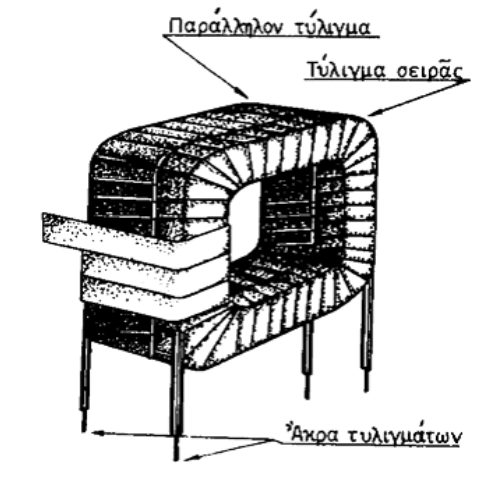
Οι μαγνητικοί πόλοι δίνουν την απαραίτητη μαγνητική ροή στο διάκενο ανάμεσα στα πέδιλά τους και το επαγωγικό τύμπανο. Κάθε πόλος αποτελείται από τον

πυρήνα και το τύλιγμά του που είναι μονωμένα μεταξύ τους. Ο πυρήνας συγκροτείται από μονωμένα ειδικά ελάσματα σιδήρου με μορφή όπως εκείνη του σχήματος 3.3. Το πλατύτερο μέρος τοποθετείται προς το μέρος του επαγωγικού τυμπάνου και λέγεται πέλδιλο. Ο βασικός σκοπός του είναι να οδηγεί την ροή σε ένα μεγαλύτερο μέρος της περιφέρειας του δρομέα και να υποβαστάζει το τύλιγμα του πόλου.



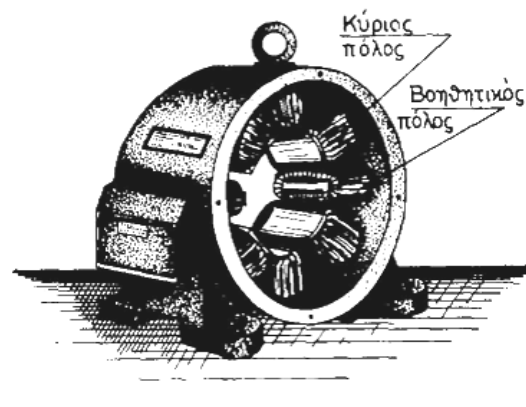
Σχήμα 3.3: Πυρήνας μαγνητικού πόλου.

Το τύλιγμα κάθε πόλου αποτελείται από πολλές σπείρες χάλκινου μονωμένου σύρματος που τυλίγονται γύρω από τον πυρήνα κάθε πόλου τυλιγμένες με βαμβακερή ταινία και εμβαπτισμένες σε μονωτικό βερνίκι. Τα άκρα του τυλίγματος μένουν ελεύθερα για την ηλεκτρική του σύνδεση. Το σύνολο των τυλιγμάτων των μαγνητικών πόλων λέγεται τύλιγμα διέγερσης της μηχανής. Σε πολλές μηχανές συνεχούς ρεύματος υπάρχουν δύο τυλίγματα σε κάθε πόλο, το καθένα ανεξάρτητο από το άλλο. Τότε το ένα τύλιγμα αποτελείται από πολλές σπείρες λεπτού σύρματος και λέγεται παράλληλο τύλιγμα και το άλλο από λίγες σπείρες χονδρού σύρματος και λέγεται τύλιγμα σειράς. Το σύνολο λέγεται σύνθετο τύλιγμα και πάντα μένουν ελεύθερα τα άκρα των δύο τυλιγμάτων αφού αυτά τυλιχθούν και μονωθούν (σχήμα 3.4).



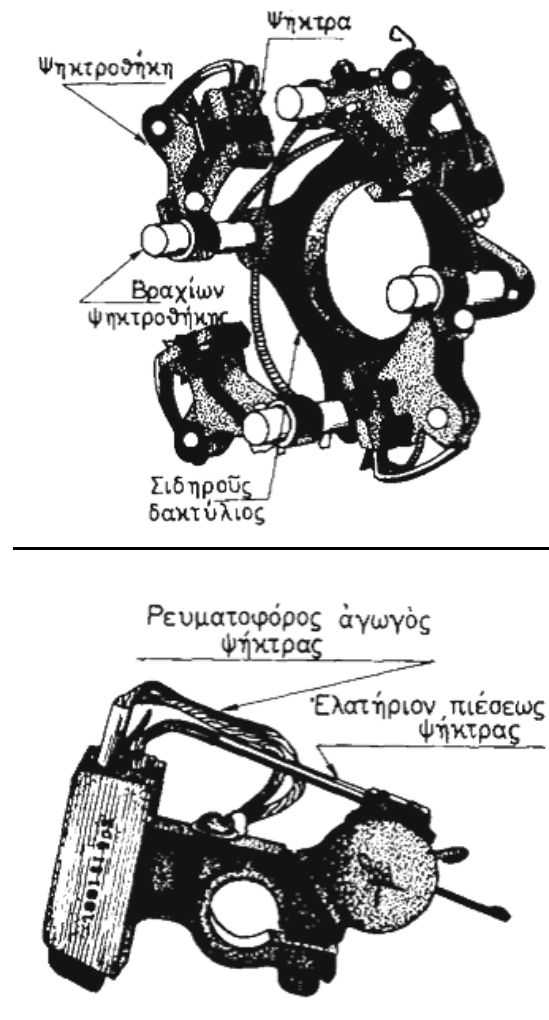
Σχήμα 3.4: Σύνθετο τύλιγμα πόλου.

Ο αριθμός των μαγνητικών πόλων κάθε ηλεκτρικής μηχανής είναι πάντα άρτιος και ανάλογα με τον αριθμό των πόλων που έχει μια μηχανή ονομάζεται διπολική, τετραπολική, εξαπολική κοκ. Οι βοηθητικοί πόλοι τοποθετούνται μεταξύ των κύριων πόλων και χρησιμεύουν στην αποφυγή των σπινθηρισμών του συλλέκτη. Η κατασκευή τους είναι ίδια με των κύριων πόλων αλλά είναι μικρότεροι. Τα τυλίγματά τους αποτελούνται από λίγες σπείρες χονδρού σύρματος και συνδέονται σε σειρά με το τύλιγμα επαγωγικού τυμπάνου. Στο σχήμα 3.5 φαίνεται το ζύγωμα τετραπολικής μηχανής με βοηθητικούς πόλους.



Σχήμα 3.5 Ζύγωμα τετραπολικής μηχανής με τους κύριους και τους βοηθητικούς πόλους.

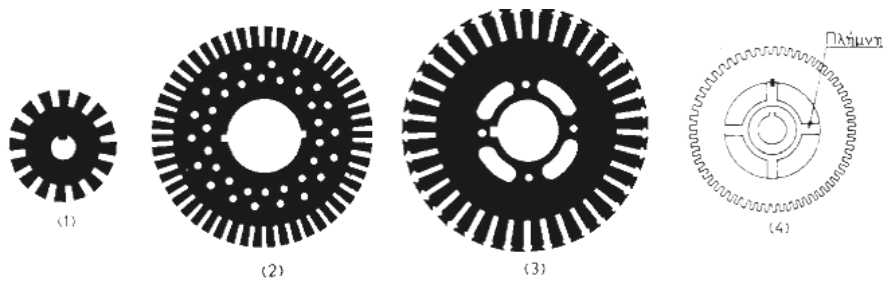
Ο ψηκτροφορέας αποτελείται από σιδερένιο δακτύλιο, τους βραχίονες των ψηκτροθηκών και τις ψηκτροθήκες όπως φαίνεται στο σχήμα 3.6. Οι ψήκτρες κατασκευάζονται από σκληρό άνθρακα, από γραφίτη ή από μίγμα άνθρακα και χαλκού. Στο ένα άκρο της ψήκτρας στερεώνεται ευλύγιστο χάλκινο σύρμα για να οδηγεί το ηλεκτρικό ρεύμα στην ψηκτροθήκη και από εκεί στον αγωγό που την συνδέει με έναν από τους ακροδέκτες της μηχανής. Οι ψήκτρες πιέζονται στον συλλέκτη με μικρά ελατήρια που βρίσκονται στις ψηκτροθήκες.



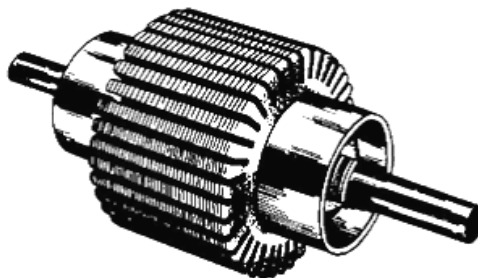
Σχήμα 3.6: Ο ψηκτροφορέας και η ψήκτρα.

Τα καλύμματα του στάτη στερεώνονται με βίδες στο ζύγωμα και χρησιμεύουν στην υποστήριξη του άξονα του δρομέα και του ψηκτροφορέα και στην προφύλαξη

του εσωτερικού της μηχανής. Ο δρομέας αποτελείται από τον άξονα, το επαγωγικό τύμπανο, τον συλλέκτη και τον ανεμιστήρα. Ο άξονας του δρομέα έχει στερεωμένα επάνω του το επαγωγικό τύμπανο (πυρήνα και τύλιγμα), τον συλλέκτη και τον ανεμιστήρα, στρέφεται δε πάντα με αυτά. Ο πυρήνας του επαγωγικού τυμπάνου παρέχει έναν δρόμο μικρής μαγνητικής αντίστασης για να περνούν οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου των πόλων και φέρει το τύλιγμα του τυμπάνου. Κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα με την μορφή του σχήματος 3.7. Η τελική μορφή του πυρήνα μιας μηχανής μικρής σχετικά ισχύος φαίνεται στο σχήμα 3.8.



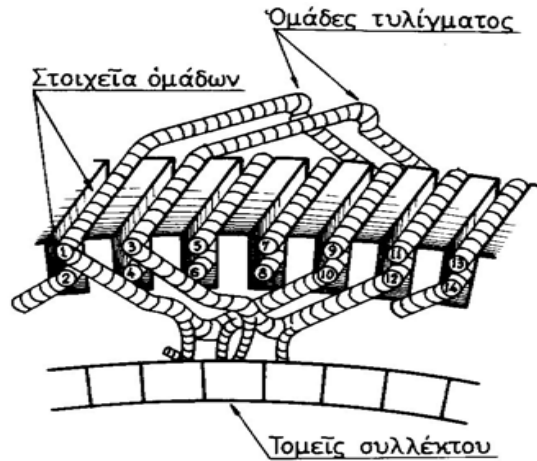
Σχήμα 3.7: Μορφές ελασμάτων επαγωγικού τυμπάνου.



Σχήμα 3.8: Πυρήνας μηχανής συνεχούς ρεύματος.

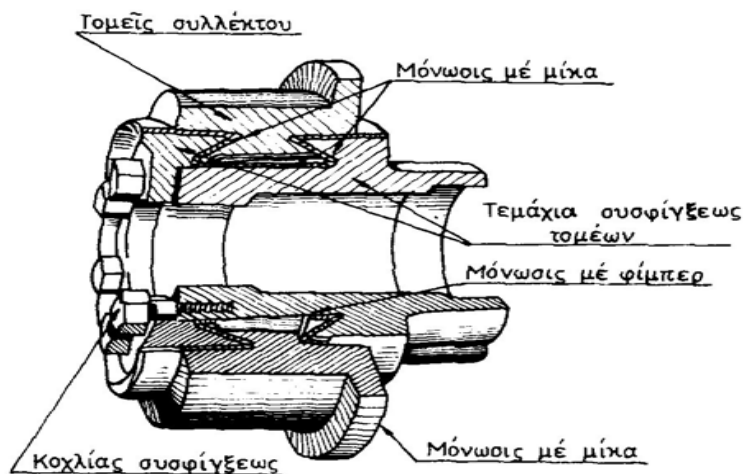
Το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου κατασκευάζεται από μονωμένο χάλκινο αγωγό κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής για μηχανές μικρής και μεγάλης ισχύος αντίστοιχα. Στις μικρές διπολικές μηχανές οι σπείρες τυλίγονται με το χέρι στον πυρήνα αφού τοποθετηθεί στα διάκενα των οδοντώσεων μονωτικό χαρτί (χειροποίητα τυλίγματα). Στις μεγαλύτερες μηχανές οι σπείρες διαμορφώνονται

πρώτα σε ομάδες σε ειδικά καλούπια και μετά τοποθετούνται στα διάκενα των οδοντώσεων. Στο σχήμα 3.9 φαίνεται η τοποθέτηση των στοιχείων των ομάδων στις οδοντώσεις.



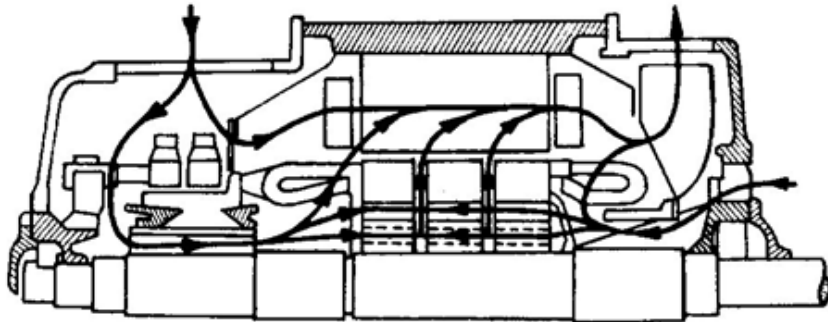
Σχήμα 3.9: Τοποθέτηση στοιχείων στις οδοντώσεις.

Ο συλλέκτης κατασκευάζεται από πολλά χάλκινα ελάσματα κατάλληλα διαμορφωμένα που φαίνονται στο σχήμα και λέγονται τομείς συλλέκτη. Αυτά τα ελάσματα συγκρατούνται μεταξύ δύο χαλύβδινων κοίλων κυλινδρικών τμημάτων αφού μονωθούν τόσο μεταξύ τους όσο και προς τα χαλύβδινα τεμάχια συγκράτησης. Στο σχήμα 3.10 φαίνεται μια μερική τομή συλλέκτη.



Σχήμα 3.10: Μερική τομή συλλέκτη.

Ο ανεμιστήρας στερεώνεται στον άξονα και κατά την περιστροφή δημιουργεί ρεύμα αέρα που μπαίνει στην μηχανή από το άνοιγμα του ενός καλύμματος και βγαίνει από το άνοιγμα του άλλου ψύχοντας το εσωτερικό της μηχανής όπως φαίνεται στο σχήμα 3.11.



Σχήμα 3.11: Ημιτομή μηχανής συνεχούς ρεύματος με την κυκλοφορία αέρα ψύξης.

Για την παραγωγή σημαντικών τάσεων και εντάσεων και για την μείωση της κυμάτωσης του ρεύματος που παράγει η στοιχειώδης γεννήτρια συνεχούς ρεύματος, χρησιμοποιούνται στην πράξη πολλές αντί μίας σπείρες κατάλληλα συνδεδεμένες. Ανεξάρτητα όμως από τον τρόπο σύνδεσης των σπειρών οι πλευρικοί αγωγοί κάθε σπείρας απέχουν μεταξύ τους όσο και οι άξονες δύο γειτονικών πόλων για να προσθέτονται οι ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται σ' αυτές. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των σπειρών διακρίνονται δύο μεγάλες κατηγορίες τυλιγμάτων: τα βροχοτυλίγματα και τα κυματοτυλίγματα.

3.2.Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών κινητήρων

Τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν τους ηλεκτροκινητήρες των ρομποτικών εφαρμογών (σχήμα 3.12) είναι:

- **Τάση λειτουργίας**, μετράται σε Volts και είναι η τάση που πρέπει να έχει το ηλεκτρικό ρεύμα τροφοδοσίας ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί σωστά.

- **Ένταση του ρεύματος**, μετράται σε Amps και είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κινητήρα όταν αυτός λειτουργεί. Η ένταση αυτή είναι ανάλογη του φορτίου του κινητήρα. Η ελάχιστη τιμή της αντιστοιχεί στην ελεύθερη περιστροφή του κινητήρα. Εάν ο κινητήρας έχει φορτίο η τιμή αυτή αυξάνεται. Για κάποια τιμή του φορτίου ο κινητήρας σταματά να περιστρέφεται, λόγω της μεγάλης αντίστασης, οπότε και η τιμή της έντασης μεγιστοποιείται. Η μέγιστη αυτή τιμή είναι ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά του κινητήρα που πρέπει να είναι γνωστό για τη σωστή επιλογή της τροφοδοσίας του.
- **Ταχύτητα**, στους ηλεκτροκινητήρες μετράται σε στροφές ανά λεπτό, στα σέρβο σε μοίρες ανά λεπτό και στους βηματικούς κινητήρες σε βήματα ανά δευτερόλεπτο. Πρόκειται για την ταχύτητα περιστροφής του άξονα του κινητήρα, όταν ο κινητήρας λειτουργεί υπό κανονική ηλεκτρική τάση και με δεδομένο φορτίο.
- **Ροπή**, μετράται σε Nm (Newton meters) και είναι η ροπή που παράγει ο κινητήρας στις διάφορες ταχύτητες περιστροφής του. Η μέγιστη τιμή ροπής κάθε κινητήρα, που ονομάζεται ροπή ακινητοποίησης, είναι η ροπή που παράγει όταν το φορτίο που αντιμετωπίζει είναι τόσο μεγάλο, ώστε να τον ακινητοποιεί.



Σχήμα 3.12: Ηλεκτροκινητήρας.

3.3. Ηλεκτρικοί κινητήρες - σέρβο (R/C servo)

Το σέρβο είναι συσκευή που αποτελείται από έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που ελέγχει τη θέση του τελικού άξονα κίνησης και ένα κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης του κινητήρα (σχήμα 3.13).



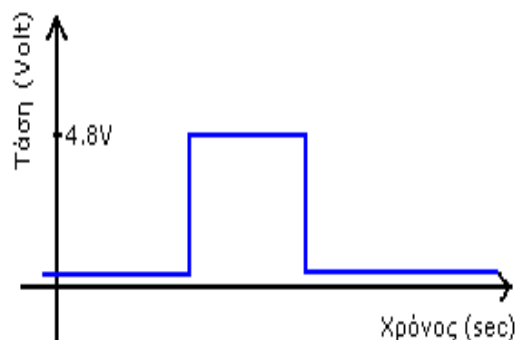
Σχήμα 3.13: Κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης του κινητήρα.

Κάθε κατασκευαστής χρησιμοποιεί τη δική του σχεδίαση μεταφοράς της κίνησης του κινητήρα μέσω γραναζιών στο εξωτερικό αρμ. Τα γραναζία (gears) αυτά μπορεί να είναι πλαστικά ή μεταλλικά (=ακριβά αλλά σχετικά ανθεκτικά). Επιπλέον, μπορεί να υπάρχει στήριξη του εξωτερικού αρμ (μοχλού) με εδράσεις ολίσθησης (κουζινέτα, δηλ. φτηνή περίπτωση-μεγάλη φθορά) ή με έδρανα κύλισης (ρουλεμάν, δηλ. ακριβή περίπτωση αλλά μηδενική φθορά με τον χρόνο). Επίσης οι τύποι κινητήρων που χρησιμοποιούνται ποικίλουν ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται το κάθε servo. Σε άλλες εφαρμογές απαιτείται μεγάλη ροπή, σε άλλες ακρίβεια ενώ σε άλλες ταχύτητα, αντοχή σε κραδασμούς ή συνδυασμούς των παραπάνω κτλ. Γενικά για τα περισσότερα μοντέλα συνήθως μιλάμε για κινητήρες συνεχούς με στάτη συνήθως μόνιμο μαγνήτη. Ο δρομέας μπορεί να αποτελείται από περιελίξεις με 2, 3, 5 ή περισσότερους πόλους. Όσο περισσότεροι τόσο καλύτερα. Τα παραπάνω είναι γενικά και φυσικά υπάρχουν εξαιρέσεις, π.χ. τα coreless servo που έχουν εντελώς άλλη φιλοσοφία. Πάντως

κάθε κατασκευαστής έχει λίστες με όλους τους τύπους *servo* που παράγει και με τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζονται. Τέλος, υπάρχουν διάφορα τυποποιημένα μεγέθη *servo* για μοντελιστική χρήση όπως *micro*, *mini*, *standard*, *large* κτλ. Το σύστημα ανάδρασης που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θέσης του *servo* από τα κυκλώματα ελέγχου είναι συνήθως μία μεταβλητή αντίσταση (ένα ποτενσιόμετρο) που περιστρέφεται μαζί με τον κινητήρα.

3.3.1.Επικοινωνία με τον δέκτη

Κάθε *servo* (σχήμα 3.14) συνδέεται μέσω καλωδίου με υποδοχή πάνω στο δέκτη. Το καλώδιο αυτό διαθέτει 3 αγωγούς που διακρίνονται εξωτερικά και έχουν διαφορετικό χρώμα. Οι δύο από τους τρεις αγωγούς αποτελούν την παροχή για το σέρβο και τα συστήματά του και συνήθως είναι άμεσες παράλληλες συνδέσεις στην παροχή του συστήματος που στην περίπτωση μας είναι οι μπαταρίες του μοντέλου. Ο τρίτος αγωγός είναι ο πιο ενδιαφέρων αφού "μεταφέρει" από τον δέκτη την πληροφορία θέσης του *servo*. Η παραπάνω πληροφορία "εμπεριέχεται" στην χρονική διάρκεια ενός παλμού σαν του παρακάτω που επαναλαμβάνεται κάθε τόσο.



Γράφημα 1: Παλμός εντολοδότησης

Η θέση του *servo* είναι ανάλογη της διάρκειας του παλμού που είναι από 1ms ως 2ms με συχνότητα λειτουργίας 50Hz.



Σχήμα 3.14 : Σερβοκινητήρας

3.3.2. Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό κόστος.
- Μικρές διαστάσεις και εύχρηστο σχήμα: όλα τα τμήματά ενός σέρβο περιβάλλονται από ένα συμπαγές περίβλημα από το οποίο εξέρχει μόνο ο τελικός άξονας κίνησης.
- Παράγουν υψηλές τιμές ροπής.
- Δεν απαιτείται χρήση αισθητήρων και κυκλωμάτων ανάδρασης για τον προσδιορισμό της θέσης του άξονα κίνησης.

3.3.3. Μειονεκτήματα

- Αδυναμία εκτέλεσης πλήρους και συνεχούς περιστροφής.

3.4. Ηλεκτρικοί κινητήρες-βηματικός κινητήρας

3.4.1. Εισαγωγή

Επενεργητής είναι η διάταξη που οδηγεί ένα σύστημα ελέγχου. Υπάρχουν πολλές κατηγορίες επενεργητών από τους οποίους οι περισσότεροι που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ελέγχου είναι διατάξεις συνεχούς οδήγησης (πχ. κινητήρες DC, κινητήρες μεταφοράς ισχύος, υδραυλικοί και πνευματικοί κινητήρες κλπ.).

Οι βηματικοί κινητήρες είναι επενεργητές αυξανόμενης οδήγησης. Είναι λογικό να τους μελετάμε σαν ψηφιακούς επενεργητές. Αντίθετα με τους επενεργητές συνεχούς οδήγησης, οι βηματικοί κινητήρες οδηγούνται με καθορισμένα γωνιακά βήματα (άλματα). Κάθε βήμα περιστροφής είναι η αντίδραση του ρότορα του κινητήρα σε έναν εισερχόμενο παλμό (ή ψηφιακή εντολή). Με αυτόν τον τρόπο, η βηματική περιστροφή του ρότορα συγχρονίζεται με παλμούς -υποθετικό τρένο παλμών- όπου φυσικά δεν χάνονται βήματα, εντούτοις κάνει τον κινητήρα να αντιδρά πιστά στο σήμα του εισόδου (ακολουθία παλμών) με έναν τρόπο ανοιχτού βρόγχου. Οι βηματικοί κινητήρες είναι ηλεκτρονικοί επενεργητές αφού μετατρέπουν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια για να επιτελέσουν μηχανικό έργο. Οι όροι *stepper motor*, *stepping motor* και *step motor* είναι συνώνυμοι και συχνά χρησιμοποιούνται αλληλοσυνδεόμενοι. Ο μηχανισμός με τον οποίο παράγεται η αυξανόμενη κίνηση διαφέρει από τον ένα τύπο βηματικού κινητήρα στον άλλο, όμως οι ίδιες τεχνικές ελέγχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα σχετιζόμενα τμήματα ελέγχου, κάνοντας εφικτή μία γενική αντιμετώπιση των βηματικών κινητήρων τουλάχιστον από την άποψη του ελέγχου.

3.4.2.Εφαρμογές βηματικών κινητήρων

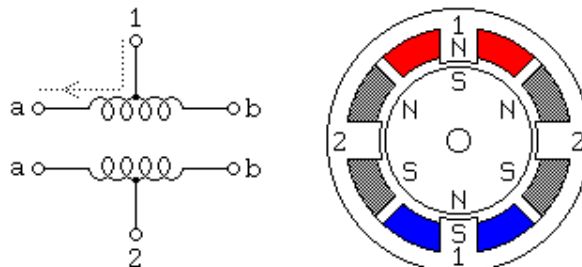
Οι βηματικοί κινητήρες είναι αυξανόμενοι επενεργητές, έτσι είναι κατάλληλοι για χρήση σε εφαρμογές ψηφιακού ελέγχου. Οι αρχικές εφαρμογές των βηματικών κινητήρων περιοριζόταν σε οδήγηση χαμηλής ταχύτητας και χαμηλής ροπής. Με την αλματώδη ανάπτυξη των οδηγών στερεάς κατάστασης και των γεννητριών παλμών με βάση τους μικροεπεξεργαστές, έγινε δυνατή η λειτουργία υψηλής ταχύτητας σε περιοδικές καταστάσεις, με υψηλή ροπή, και σε έλεγχο κλειστού βρόγχου. Υπάρχουν άπειρες εφαρμογές των βηματικών κινητήρων. Για παράδειγμα, ένας βηματικός κινητήρας χρησιμοποιείται στις εφαρμογές τυπογραφίας αφού οι χαρακτήρες εκτύπωσης αλλάζουν με συγκεκριμένα βήματα και οι γραμμές αλλάζουν με άλλα βήματα. Στη βιομηχανία αυτοματισμού οι

βηματικοί κινητήρες βρίσκονται ως επενεργητές σύνδεσης και επενεργητές τελικού ελέγχου στην ρομποτική. Άλλες εφαρμογές των βηματικών κινητήρων περιλαμβάνουν τοποθέτηση της πηγής και του αντικειμένου στην ιατρική και μεταλλουργική ραδιογραφία, οδηγούς των φακών σε κάμερες αυτόματης εστίασης, κινήσεις της κάμερας σε συστήματα εικονικής πραγματικότητας σε υπολογιστές και τροφοδότηση των φωτοτυπικών μηχανημάτων με χαρτί.

3.4.3. Τύποι βηματικών κινητήρων

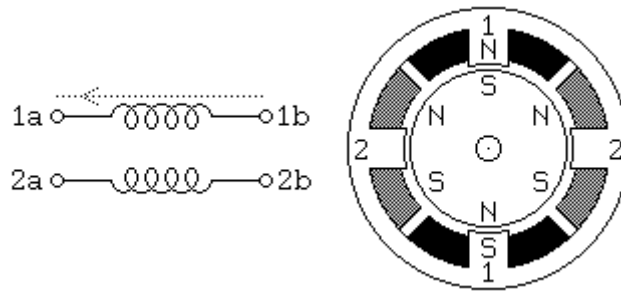
Οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τον αριθμό των φάσεων που έχουν σε:

-Μονοπολικούς ή Unipolar βηματικούς κινητήρες (σχήμα 3.15), οι οποίοι έχουν τετραφασικά μοτέρ και μπορούν να αναγνωριστούν από το πέντε ή έξι καλώδια που έχουν.



Σχήμα 3.15 : Μονοπολικός ή Unipolar βηματικός κινητήρας.

-Διπολικούς βηματικούς κινητήρες (σχήμα 3.16), οι οποίοι έχουν διφασικά μοτέρ και μπορούν να αναγνωριστούν από τα τέσσερα καλώδια που έχουν.



Σχήμα 3.16 : Διπολικός βηματικός κινητήρας.

-Universal stepper motors, οι οποίοι είναι υβριδικοί διπολικοί ή μονοπολικοί κινητήρες, έχουν οχτώ καλώδια και χρησιμοποιούνται αναλόγως με τα καλώδια σαν μονοπολικοί ή διπολικοί.

3.4.4. Τρόποι οδήγησης βηματικών κινητήρων

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να οδηγήσουμε έναν βηματικό κινητήρα και ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του βηματικού κινητήρα. Εμείς θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με μονοπολικούς κινητήρες, για τους οποίους υπάρχει μία μεγάλη γκάμα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για την οδήγηση αυτών.

Ένας μονοπολικός κινητήρας μπορεί να περιστραφεί είτε με Full Step, είτε με Half Step ανάλογα με την ακολουθία των τάσεων που δίνουμε στα πηνία. Για να κινηθεί ένας μονοπολικός κινητήρας σε Full Step πρέπει να συνδέσουμε τα κοινά καλώδια στην τροφοδοσία και στα υπόλοιπα να δώσουμε την εξής ακολουθία:

1. 1010
2. 1001
3. 0101
4. 0110
5. 1010

Αντίστοιχα, για να περιστραφεί ένας μονοπολικός κινητήρας σε Half Step ενώνουμε πάλι τα κοινά καλώδια στην τροφοδοσία και στα υπόλοιπα δίνουμε την εξής ακολουθία:

1. 1010
2. 1000
3. 1001
4. 0001
5. 0101
6. 0100
7. 0110
8. 0010
9. Και πάλι στην αρχή

3.4.5.Χαρακτηριστικά βηματικών κινητήρων

- *Φάση βηματικών κινητήρων*

Ένας βηματικός κινητήρας τεσσάρων φάσεων απαιτεί την εφαρμογή μιας αλληλουχίας τεσσάρων παλμών στα ποικίλα τυλίγματα του ώστε να έχουμε την κατάλληλη στρέψη. Από την φύση τους όλοι οι βηματικοί κινητήρες είναι τουλάχιστον δύο φάσεων. Οι πλειονότητα είναι αυτοί των τεσσάρων φάσεων και μερικοί είναι έξι φάσεων. Συνήθως-όχι όμως πάντα-όσο περισσότερες φάσεις έχει ο κινητήρας τόσο πιο ακριβής είναι.

- *Γωνία βήματος*

Οι βηματικοί κινητήρες ποικίλουν στο σύνολο των στροφών του άξονα κάθε φορά που ένα τύλιγμα ενεργοποιείται. Το σύνολο ή η στρέψη λέγεται βηματική γωνία και μπορεί να ποικίλει από 0.9° έως 90° -περισσότερο κοινή είναι η γωνία των 1.8° .

Η βηματική γωνία καθορίζει τον αριθμό των βημάτων ανά περιστροφή. Ένας βηματικός κινητήρας με βηματική γωνία 1.8° , για παράδειγμα, πρέπει να παλμοδοτείται διακόσιες φορές ώστε να κάνει ο άξονας μια ολοκληρωμένη περιστροφή. Ένας βηματικός κινητήρας με 7.5° βηματική γωνία πρέπει να παλμοδοτηθεί σαράντα οχτώ φορές για μια περιστροφή κ.ο.κ.

- *Λόγος παλμού*

Σαφώς, όσο μικρότερη είναι η βηματική γωνία τόσο πιο ακριβής είναι ο κινητήρας. Όμως, οι βηματικοί κινητήρες έχουν ένα ανώτατο όριο στον αριθμό των παλμών που μπορούν να αποδεχτούν ανά δευτερόλεπτο. Οι βηματικοί κινητήρες με μεγάλο κύκλο εργασίας έχουν συνήθως ένα μέγιστο λόγο παλμού (ή λόγο βήματος) της τάξης των 200 ή 300 βημάτων ανά δευτερόλεπτο, έτσι έχουν μια εντυπωσιακή υψηλή ταχύτητα από μία σε τρεις περιστροφές ανά δευτερόλεπτο-60 έως 180 rpm. Μερικοί μικρότεροι βηματικοί κινητήρες μπορούν να δεχθούν 100 ή περισσότερους παλμούς στο δευτερόλεπτο, αλλά δεν παρέχουν πολύ καλή ροπή.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι βηματικοί κινητήρες δεν μπορούν να φτάσουν στις υψηλότερες ταχύτητές τους από την ακινησία. Εφαρμόζοντας πάρα πολλούς παλμούς στιγμιαία, ο κινητήρας δεν ανταποκρίνεται. Για να επιτύχουμε υψηλές ταχύτητες, ο κινητήρας πρέπει να επιταχύνεται βαθμιαία.

- *Ροπή στρέψης*

Οι βηματικοί κινητήρες δεν μπορούν να διανέμουν τόση ροπή στρέψης όσο οι στάνταρ DC κινητήρες του ίδιου μεγέθους και βάρους. Όσο πιο αργά περιστρέφεται ένας βηματικός κινητήρας, τόσο υψηλότερη είναι η ροπή του.

- *Αποτέλεσμα πέδησης*

Η ενεργοποίηση ενός τυλίγματος σε ένα βηματικό κινητήρα προωθεί τον άξονα. Εάν εξακολουθήσει να εφαρμόζεται ρεύμα στο τύλιγμα, ο κινητήρας θα

σταματήσει να στρέφεται. Στην πραγματικότητα ο άξονας κλειδώνεται σαν να έχουν εφαρμοσθεί φρένα. Το αποτέλεσμα αυτής της ενδιαφέρουσας ενέργειας κλειδώματος είναι ότι δεν χρειάζεται να προστεθεί κύκλωμα πέδησης σε ένα βηματικό κινητήρα, εφόσον έχει ενσωματωμένα φρένα. Το σύνολο της ενέργειας πέδησης ενός βηματικού κινητήρα ονομάζεται ροπή συγκράτησης.

- *Αναλογίες τάσης-ρεύματος*

Όπως και οι DC κινητήρες, έτσι και οι βηματικοί κινητήρες ποικίλουν στα χαρακτηριστικά της τάσης και του ρεύματος τους. Οι βηματικοί κινητήρες για 5,6 και 12V λειτουργίας είναι κοινοί, αντίθετα όμως από τους DC κινητήρες, χρησιμοποιώντας υψηλότερη τάση από την καθορισμένη δεν προκαλούν γρηγορότερη λειτουργία, αλλά περισσότερη ροπή στρέψης και συγκράτησης. Υπερτροφοδοτώντας ένα βηματικό κινητήρα με περισσότερο από 40 ή 60% της σταθερής αναλογίας της τάσης μπορεί βαθμιαία να τον καταστρέψει.

Η αναλογία του ρεύματος του βηματικού κινητήρα εκφράζεται σε Amperes (ή milliamperes) ανά φάση. Η τάση τροφοδοσίας απαιτείται να διανέμει σε κάθε περίπτωση τόση ισχύ όση απαιτεί η προδιαγραφή κάθε φάσης, κατά προτίμηση περισσότερη εάν ο κινητήρας επωμίζεται βαρύ φορτίο. Η αλληλουχία κίνησης του βηματικού κινητήρα τεσσάρων τροφοδοτεί δύο φάσεις την στιγμή που απαιτεί από την τροφοδοσία να διανέμει τουλάχιστον δύο φορές περισσότερο ρεύμα από ότι η ανά φάση προδιαγραφή του. Εάν, για παράδειγμα, το ρεύμα ανά φάση είναι 0.25A η απαίτηση σε ισχύ οποιαδήποτε στιγμή είναι 0.5A.



Σχήμα 3.17 : Βηματικός κινητήρας.

3.4.6.Πλεονεκτήματα βηματικού κινητήρα

- Σε αντίθεση με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος, δεν χρειάζεται φρένα για να μένει ακίνητος ή για να επιβραδυνθεί.
- Στις μικρές ταχύτητες περιστροφής, αλλά και κατά την εκκίνησή του, παράγει μεγάλες τιμές ροπής .
- Είναι πολύ αξιόπιστος καθώς για τη λειτουργία του δεν απαιτούνται κινούμενες ηλεκτρικές επαφές, όπως στον κινητήρα συνεχούς ρεύματος και έτσι η διάρκεια ζωής του εξαρτάται μόνο από την αξιοπιστία του εδράνου κύλισης.
- Δεν απαιτείται χρήση αισθητήρων και κυκλωμάτων ανάδρασης για τον προσδιορισμό της θέσης του άξονα κίνησης.
- Ο βηματικός κινητήρας μπορεί να επιτύχει μεγάλο εύρος ταχυτήτων περιστροφής.
- Ο βηματικός κινητήρας μπορεί να επιτύχει πολύ χαμηλές ταχύτητες περιστροφής.

3.4.7.Μειονεκτήματα βηματικού κινητήρα

- Θορυβώδης λειτουργία.
- Αδυναμία περιστροφής σε υψηλές ταχύτητες.
- Κατά τη μετακίνηση φορτίων μεγάλης μάζας μπορεί να μη σταματήσει ακαριαία ο κινητήρας, λόγω της αυξημένης αδράνειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ

4.1. Η δομή του συστήματος

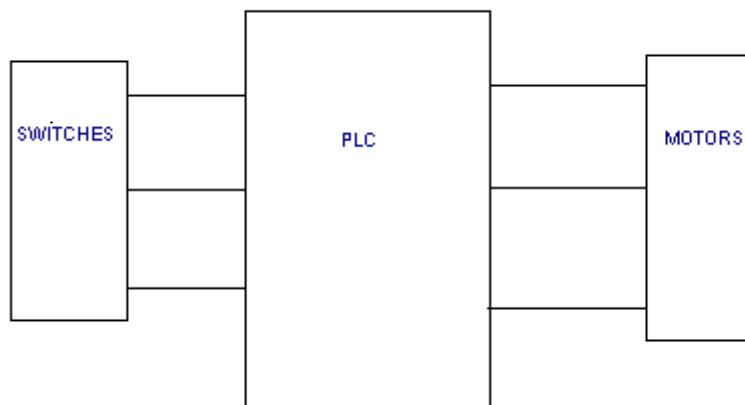
Το σύστημα αποτελείται από:

- Ένα σιλό γεμάτο με κουτιά
- Το σύστημα προώθησης κουτιών στην βάση μεταφοράς
- Το σύστημα μεταφοράς των κουτιών στη θέση βαφής και στεγνώματος
- Το σύστημα περιστροφής της βάσης μεταφοράς
- Το σύστημα βαφής
- Το σύστημα στεγνώματος
- Το σύστημα απομάκρυνσης των κουτιών από την περιστρεφόμενη βάση
- Τον κάδο εναπόθεσης των κουτιών

Το PLC και

- Τους διακόπτες

Μπλοκ Διάγραμμα

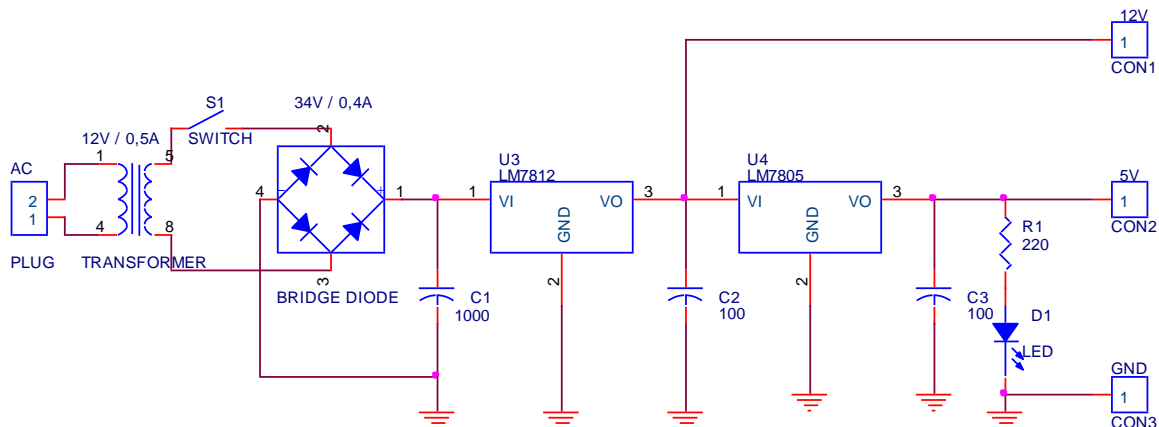


Για την υλοποίηση του συστήματός μας χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά είδη ηλεκτρικών κινητήρων:

- DC ηλεκτρικός κινητήρας (κοινά μοτέρ ρομποτικών εφαρμογών)
- Σερβο-κινητήρας
- Βηματικός κινητήρας

Στη συνέχεια θα ακολουθήσει μια σύντομη περιγραφή των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που χρειάστηκαν ώστε να τροφοδοτήσουμε και να οδηγήσουμε τα τρία αυτά είδη κινητήρων.

4.2. Τροφοδοτικό



Η κατασκευή του τροφοδοτικού έγινε με βάση τις απαιτήσεις σε τάση και σε ρεύμα των κυκλωμάτων οδήγησης των κινητήρων. Για τον λόγο αυτό χρειάστηκε ένα τροφοδοτικό που να μας παρέχει έξοδο 12V/350mA και 5V/350mA.

Ο μετασχηματιστής μέσω της γέφυρας διόδων και του πυκνωτή C1 παρέχει στην είσοδο του σταθεροποιητή 78M12 μια τάση DC περίπου 15,5V και αυτός με την σειρά του μας δίνει στην έξοδο 12V σταθεροποιημένη. Από την έξοδο των 12V τροφοδοτούμε και τον 78M05 και στην έξοδό του παίρνουμε 5V. Οι πυκνωτές C2, C3 χρησιμοποιούνται για εξομάλυνση και το LED χρησιμοποιείται ως ένδειξη λειτουργίας του τροφοδοτικού.

Υλικά:

Μετασχηματιστής: 12V/0,5A.(προτείνεται 14V/0,5A)

Σταθεροποιητές U3,U4 : 78M12 και 78M05.

C1: 1000μF.

C2,C3: 100μF.

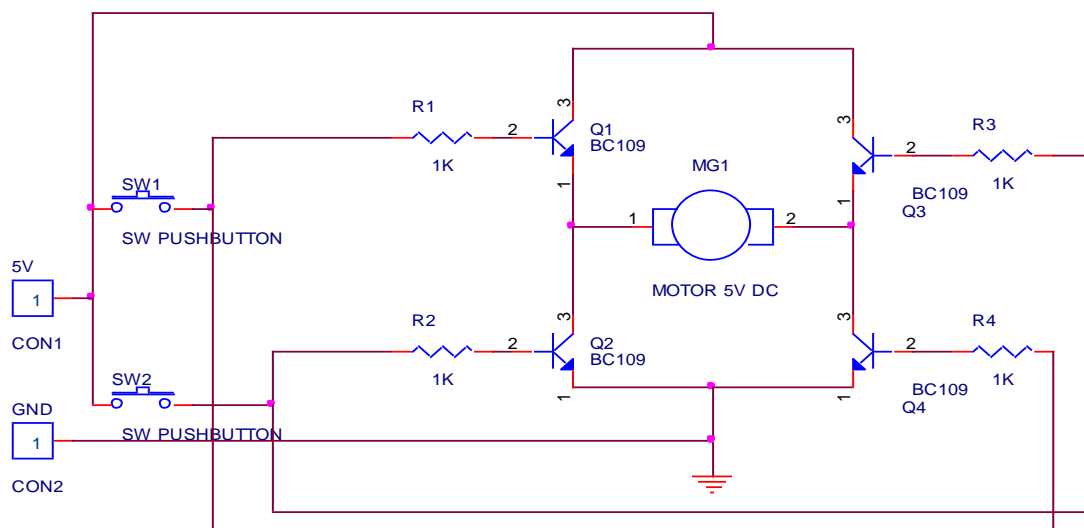
Γέφυρα διόδων: 34V/0,3A.

S1 : SPST διακόπτης.

R1: 220Ω.

D1: LED.

4.3. H-BRIDGE



Πρόκειται για ένα κύκλωμα που παίρνει το όνομά του από το σχήμα του και με το οποίο μπορούμε να ελέγξουμε έναν DC κινητήρα. Πρόκειται για ένα σύνολο 4 διακοπών οι οποίοι λειτουργούν ανά ζεύγη (στην περίπτωσή μας οι διακόπτες είναι NPN Transistor) και έχουν ως εξής: το Q1 με το Q4 και το Q2 με το Q3.

Ανάλογα με το ζεύγος που ενεργοποιείται έχουμε και τις εξής καταστάσεις:

| Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | ΕΞΟΔΟΣ |
|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------|
| On | Off | Off | On | Ο κινητήρας δουλεύει δεξιόστροφα |
| Off | On | On | Off | Ο κινητήρας δουλεύει αριστερόστροφα |
| On | On | Off | Off | Ο κινητήρας φρενάρει |
| Off | Off | On | On | Ο κινητήρας φρενάρει |

Στο κύκλωμα του παραπάνω σχήματος χρησιμοποιούμε μόνο τις δύο πρώτες καταστάσεις μέσω των διακοπών SW1 και SW2. Λόγω της μικρής τάσης λειτουργίας του κινητήρα δεν κρίθηκε απαραίτητη η χρήση διόδων προστασίας για τα τρανζίστορ. Σε περίπτωση όμως μεγαλύτερων τάσεων προτείνεται η χρησιμοποίησή τους.

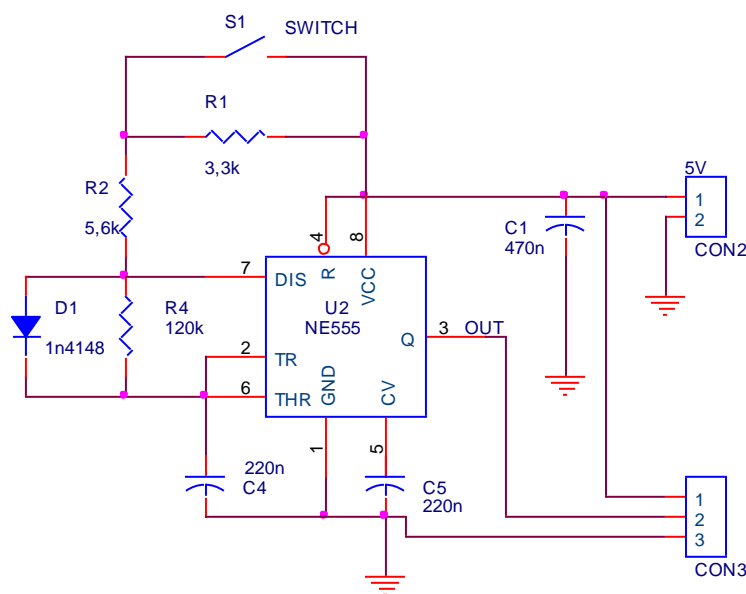
Υλικά:

SW1,SW2 : SPST διακόπτης.

R1,R2,R3,R4 : 1KΩ.

Q1,Q2,Q3,Q4 : BC109 ή BC338.

4.4.Κύκλωμα οδήγησης σερβοκινητήρα



Για την οδήγηση ενός σερβοκινητήρα απαιτούνται στενοί παλμοί με διάρκεια 1 έως 2 msec και συχνότητα επαναλήψεων 50 Hz (περίοδος 20 msec). Από αυτά υπολογίζουμε ότι ο λόγος διάρκειας των παλμών είναι μόλις 5 μέχρι 10%. Η παραγωγή των παλμών γίνεται με τον ασταθή πολυδονητή 555 και η διάρκειά τους εξαρτάται από την φόρτιση και την εκφόρτιση του πυκνωτή C4 μέσω των αντιστάσεων φόρτισης R1 , R2 και της αντίστασης εκφόρτισης R4 . Η δίοδος D1 χρησιμοποιείται για την ανεξαρτητοποίηση του χρόνου φόρτισης από τον χρόνο εκφόρτισης και ο διακόπτης S1 χρησιμοποιείται για την αλλαγή του χρόνου φόρτισης, γιατί καθώς κλείνει βραχυκυκλώνει την αντίσταση R1.

Υλικά:

C1 : 470nF.

C4,C5 : 220nF.

R1 : 3,3KΩ.

R2 : 5,6KΩ.

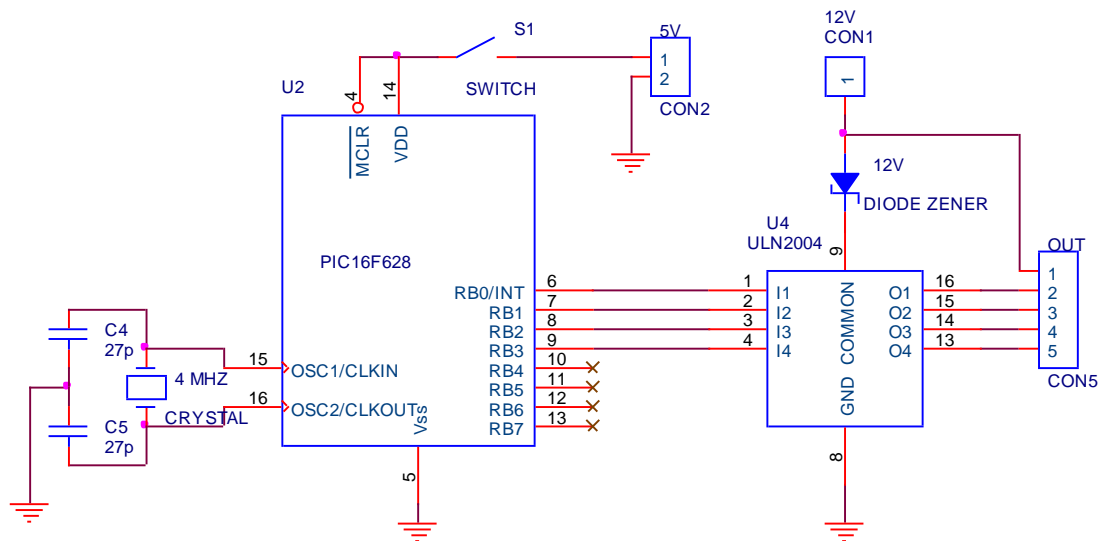
R4 :120KΩ.

D1 : 1N4148.

S1 : SPST διακόπτης.

U2 : NE555.

4.5. Κύκλωμα οδήγησης βηματικού κινητήρα



Η καρδιά του κυκλώματος είναι ο μικροελεγκτής 16F628 της σειράς PIC με την βοήθεια του οποίου παίρνουμε την κατάλληλη ακολουθία τάσεων ώστε να οδηγήσουμε τον βηματικό κινητήρα. Ο κρύσταλλος των 4Mhz μαζί με τους πυκνωτές C4 και C5 αποσκοπούν στον χρονισμό του μικροελεγκτή. Επειδή ο μικροελεγκτής δεν μπορεί να μας παρέχει στις εξόδους του μεγάλη ισχύ ώστε να οδηγήσουμε απ' ευθείας έναν βηματικό κινητήρα, για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε το ολοκληρωμένο ULN2003 ως ενισχυτή τάσης και ρεύματος. Τέλος η δίοδος zener χρησιμοποιείται ως δίοδος προστασίας του ολοκληρωμένου.

Κώδικας προγραμματισμού (assembly).

```

LIST          P=16F628

INCLUDE      "P16F628.INC"

DELAY1      EQU  0x20

DELAY2      EQU  0x21

ORG 0x00
    
```

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

```

        MOVLW    B'00000111'
        MOVWF    CMCON
        BSF      STATUS,RPO
        MOVLW    B'00000000'
        MOVWF    TRISB
        BCF      STATUS,RPO
LOOP    MOVLW    B'00001010'
        MOVWF    PORTB
        CALL    DELAY
        MOVLW    B'00001001'
        MOVWF    PORTB
        CALL    DELAY
        MOVLW    B'00000101'
        MOVWF    PORTB
        CALL    DELAY
        MOVLW    B'00000110'
        MOVWF    PORTB
        CALL    DELAY
        GOTO    LOOP
DELAY   MOVLW    D'40'
        MOVWF    DELAY1
SECOND MOVLW    D'30'
        MOVWF    DELAY2
FIRST  DECFSZ   DELAY2, 1
    
```

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

```
GOTO    FIRST
DECFSZ  DELAY1, 1
GOTO    SECOND
RETURN
END
```

Υλικά:

U2 : PIC16F628.

U4 : ULN2003.

CRYSTAL 4MHZ.

ZENER DIODE 12V.

C4,C5 : 27p.

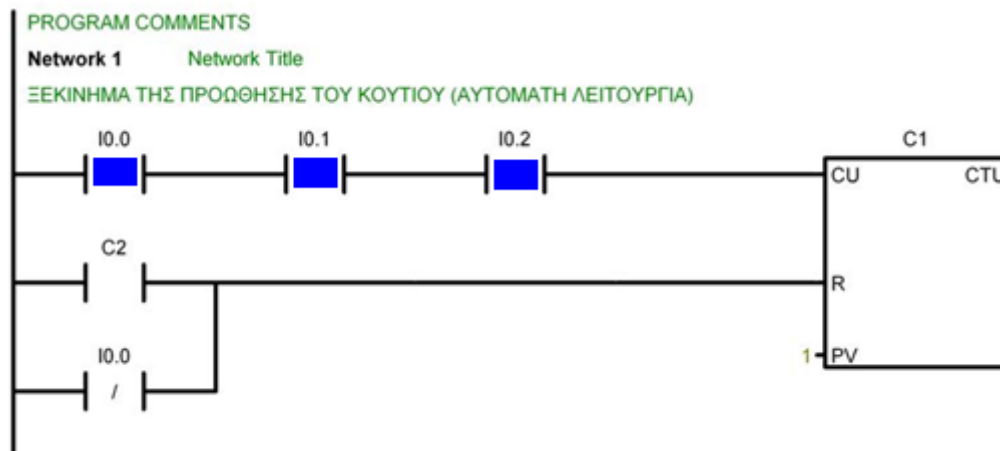
S1 : SPST διακόπτης.

4.6. Πίνακας αντιστοίχισης εισόδων-εξόδων πινακίδας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑΣ ΕΙΣΟΔΩΝ-ΕΞΟΔΩΝ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ

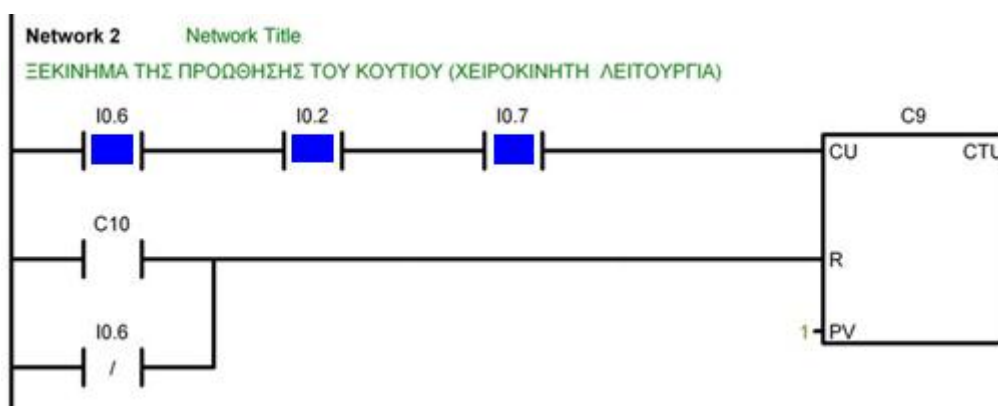
| | | | |
|------|------------------------|------|------------------------|
| I0.0 | Αυτόματη λειτουργία | Q0.0 | Απομάκρυνση κουτιού |
| I0.1 | Χειροκίνητη λειτουργία | Q0.1 | Επαναφορά απομάκρυνσης |
| I0.2 | Start | Q0.2 | Περιστροφή βάσης |
| I0.3 | Τερματικός διακόπτης | Q0.3 | Πρώθηση κουτιού |
| I0.4 | Τερματικός διακόπτης | Q0.4 | Εκκίνηση μεταφορέα |
| I0.5 | Τερματικός διακόπτης | Q0.5 | Επιστροφή μεταφορέα |
| I0.6 | Τερματικός διακόπτης | Q0.6 | Έναρξη βαφής |
| I0.7 | Μπουτόν-διακόπτης | Q0.7 | Επαναφορά πρώθησης |
| I1.0 | Μπουτόν-διακόπτης | Q1.0 | Αέρας στεγνώματος |
| I1.1 | Μπουτόν-διακόπτης | | |
| I1.2 | Μπουτόν-διακόπτης | | |
| I1.3 | Μπουτόν-διακόπτης | | |

4.7. Διάγραμμα LADDER και επεξήγηση



Network 1

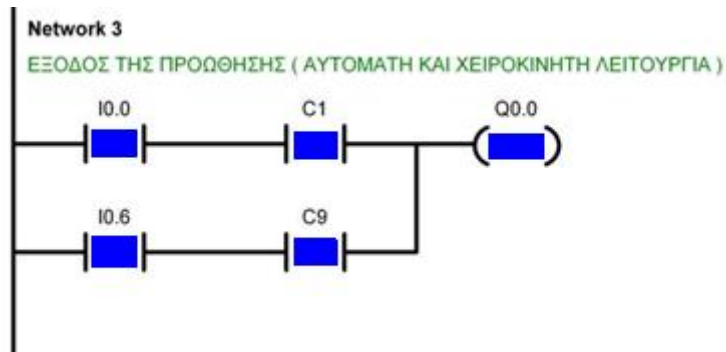
Αρχικά το σύστημα μεταφοράς βρίσκεται στην θέση φόρτωσης με αποτέλεσμα ο τερματικός διακόπτης I0.2 να είναι κλειστός. Τοποθετώντας τον επιλογέα χρήσης στην θέση automatic και πατώντας τον διακόπτη Start κλείνουν οι διακόπτες I0.0 και I0.1 και ενεργοποιείται η έξοδος του μετρητή C1. Οι διακόπτες C2 και I0.0 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



Network 2

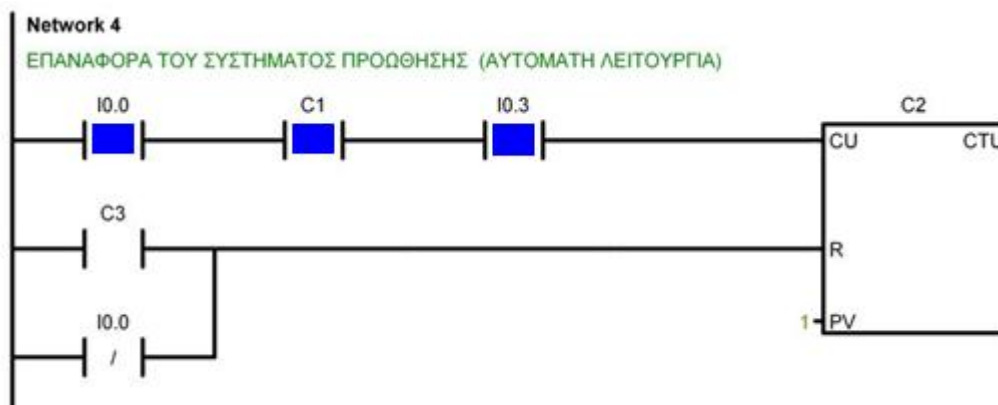
Το σύστημα μεταφοράς βρίσκεται στην θέση φόρτωσης με αποτέλεσμα ο τερματικός διακόπτης I0.2 να είναι κλειστός. Τοποθετώντας τον επιλογέα

χρήσης στην θέση semi-αυτο και πατώντας τον διακόπτη 1 κλείνουν οι διακόπτες I0.6 και I0.7 και ενεργοποιείται η έξοδος του μετρητή C9. Οι διακόπτες C10 και I0.6 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



Network 3

Η έξοδος Q0.0 ενεργοποιείται όταν κλείσουν οι διακόπτες I0.0 και C1 για την αυτόματη λειτουργία και I0.6 και C9 για την χειροκίνητη λειτουργία.



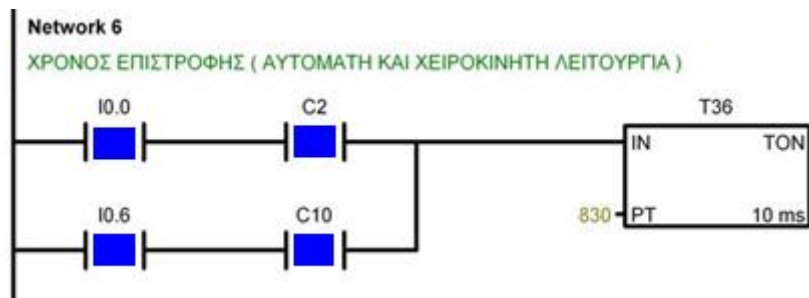
Network 4

Ο μετρητής C2 που χρησιμοποιείται για την επαναφορά της προώθησης ενεργοποιείται όταν κλείσει ο τερματικός διακόπτης I0.3 και συγχρόνως γίνεται reset του C1. Οι διακόπτες C3 και I0.0 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



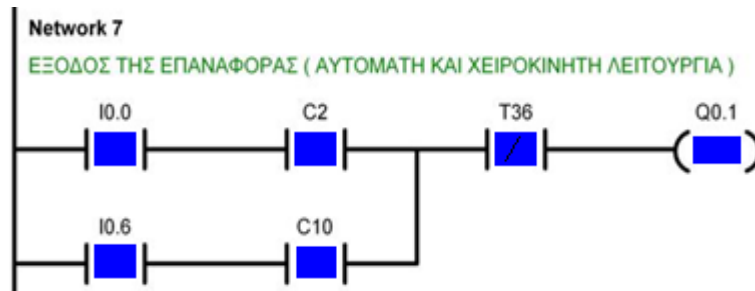
Network 5

Ο μετρητής C10 που χρησιμοποιείται για την επαναφορά της προώθησης κατά την χειροκίνητη λειτουργία (I0.6 κλειστός) ενεργοποιείται όταν κλείσει ο τερματικός διακόπτης I0.3 και συγχρόνως γίνεται reset του C9. Οι διακόπτες T36 και I0.6 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



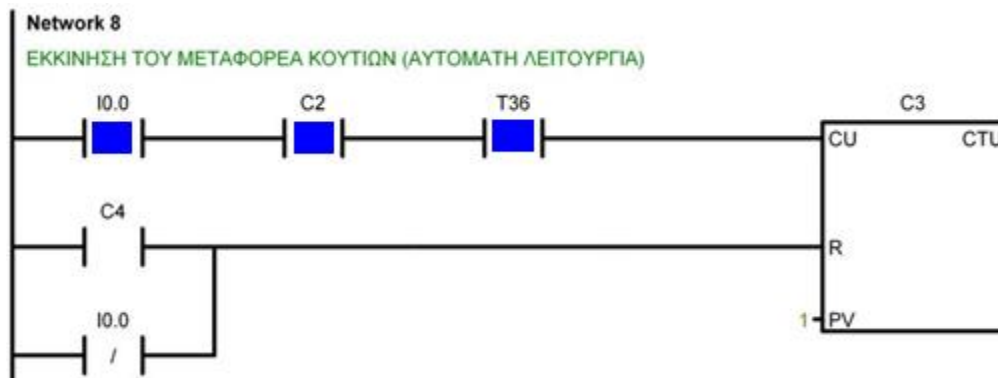
Network 6

Για τους διακόπτες I0.0 και C2 ή I0.6 και C10 κλειστούς ενεργοποιείται ο TIMER36.



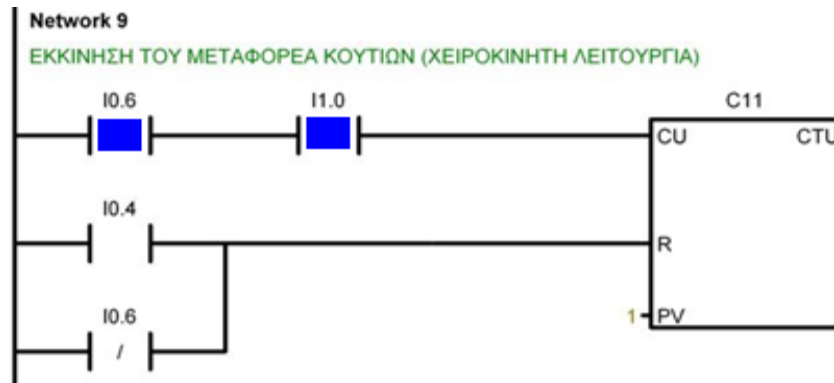
Network 7

Στην συνέχεια για χρόνο 8,3 sec ενεργοποιείται η έξοδος Q0.1 λόγω του T36.



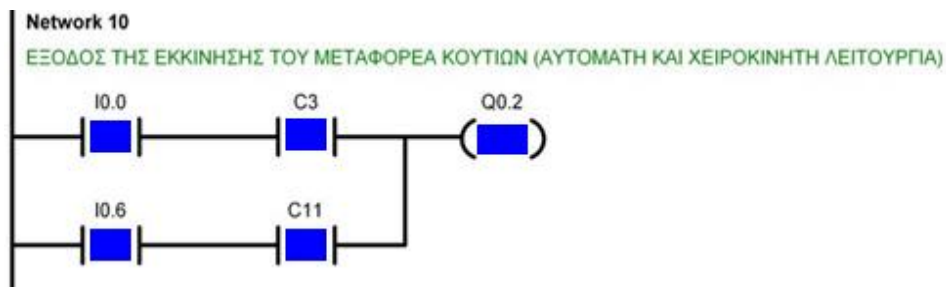
Network 8

Μετά από χρόνο 8,3 sec και για την θέση του επιλογέα στην θέση automatic ο μετρητής C3 ενεργοποιείται και συγχρόνως απενεργοποιείται ο C2. Ο C3 σηματοδοτεί την εκκίνηση της μεταφοράς του κουτιού και το σταμάτημα της επιστροφής του συστήματος προώθησης. Οι διακόπτες C4 και I0.0 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



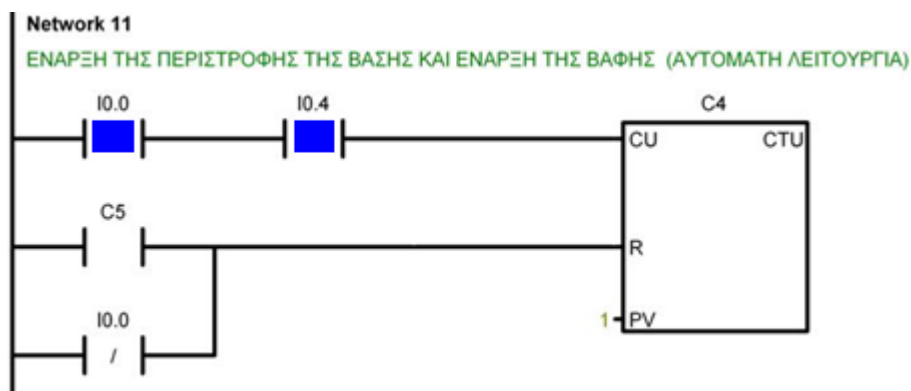
Network 9

Για την θέση του επιλογέα στην θέση semi-αυτο και πατώντας τον διακόπτη 2 οι διακόπτες I0.6 και I1.0 κλείνουν και ο μετρητής C11 ενεργοποιείται. Ο διακόπτης I0.4 και I0.6 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



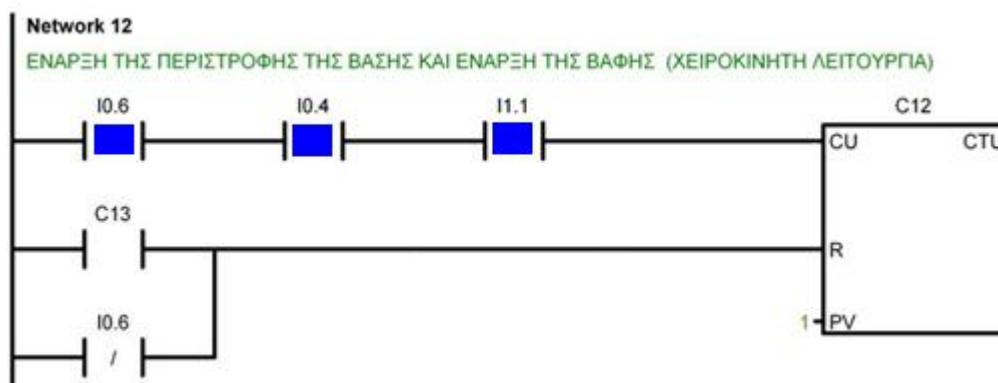
Network 10

Η έξοδος Q0.2 ενεργοποιείται όταν κλείσουν οι διακόπτες I0.0 και C3 για την αυτόματη λειτουργία και I0.6 και C11 για την χειροκίνητη λειτουργία.



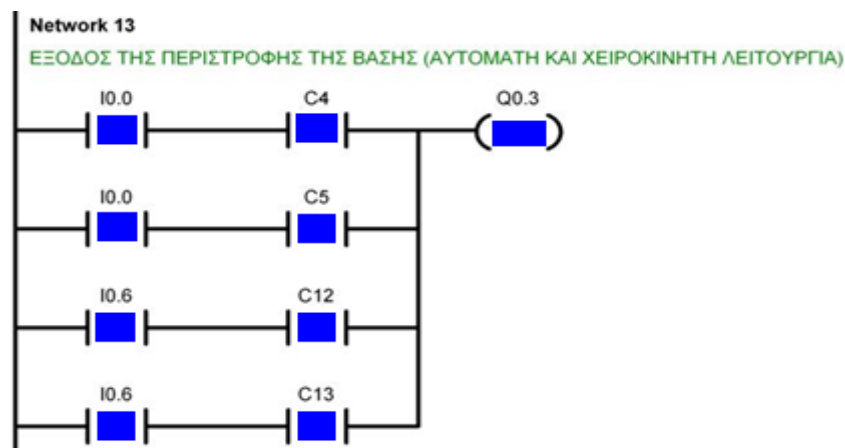
Network 11

Μόλις κλείσει ο τερματικός διακόπτης IO.4 και για θέση του επιλογέα στην θέση automatic ο μετρητής C4 ενεργοποιείται και συγχρόνως απενεργοποιείται ο C5. Έτσι ξεκινάει η περιστροφή της βάσης και σταματάει η διαδικασία της μεταφοράς. Οι διακόπτες C5 και IO.0 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



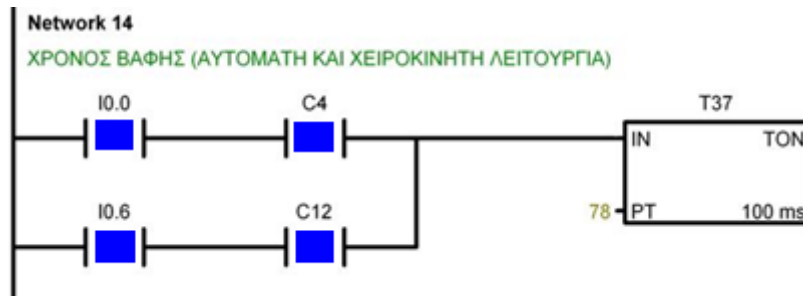
Network 12

Μόλις κλείσει ο τερματικός διακόπτης IO.4, η θέση του επιλογέα είναι στην θέση semi-auto (IO.6) και πατηθεί ο διακόπτης 3 (I1.1) ο μετρητής C12 ενεργοποιείται. Έτσι ξεκινάει η περιστροφή της βάσης. Οι διακόπτες C13 και IO.6 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



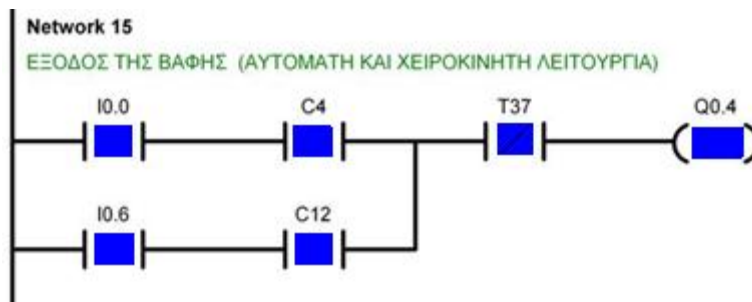
Network 13

Η έξοδος Q0.3 ενεργοποιείται όταν κλείσουν οι διακόπτες I0.0 και C4 ή I0.0 και C5 για την αυτόματη λειτουργία και I0.6 και C12 ή I0.6 και C13 για την χειροκίνητη λειτουργία.



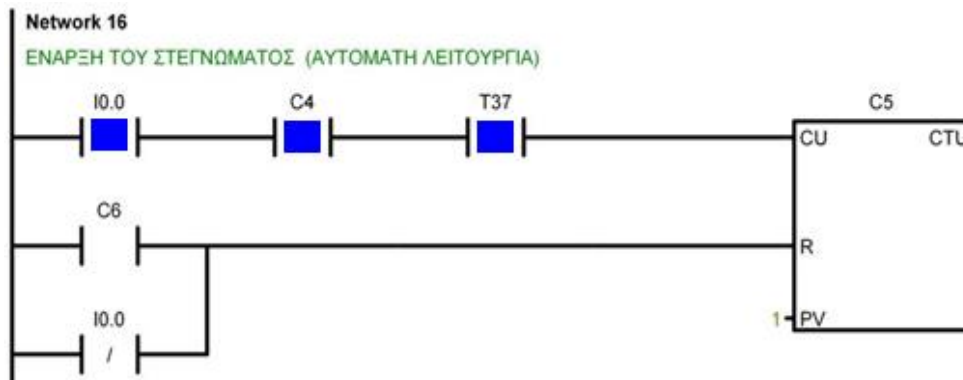
Network 14

Ο TIMER37 χρησιμοποιείται για να ρυθμίσουμε την διάρκεια του χρόνου βαφής για την αυτόματη και την χειροκίνητη λειτουργία και ορίζεται στα 7,8 sec.



Network 15

Η έξοδος της βαφής Q0.4 ενεργοποιείται για 7,8 sec βάση του TIMER37 όταν κλείσουν οι διακόπτες I0.0 και C4 για την αυτόματη λειτουργία και I0.6 και C12 για την χειροκίνητη λειτουργία.



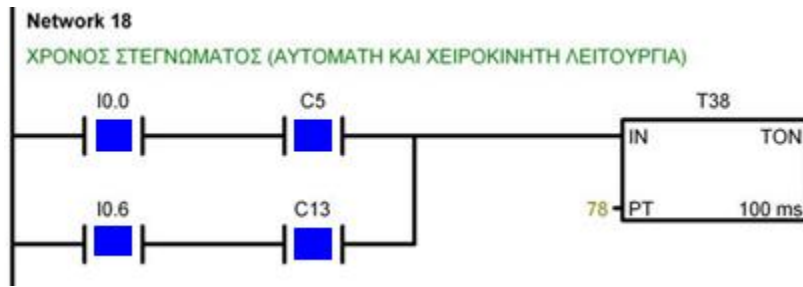
Network 16

Έχοντας την επιλογή automatic (I0.0) και μετά από χρόνο 7,8 sec ενεργοποιείται ο μετρητής C5 και ταυτόχρονα απενεργοποιείται ο C4. Έτσι ξεκινάει η διαδικασία του στεγνώματος. Οι διακόπτες C6 και I0.0 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



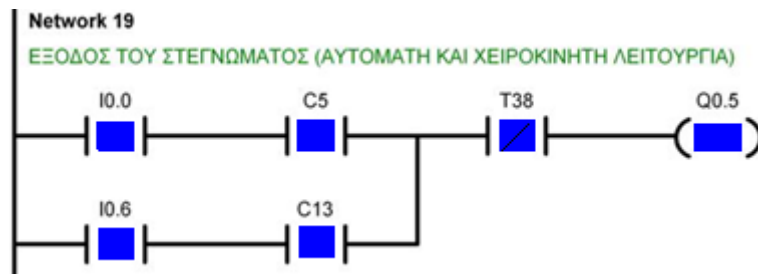
Network 17

Έχοντας την επιλογή semi-auto (I0.6) και μετά από χρόνο 7,8 sec ενεργοποιείται ο μετρητής C13. Έτσι ξεκινάει η διαδικασία του στεγνώματος. Οι διακόπτες T38 και I0.6 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



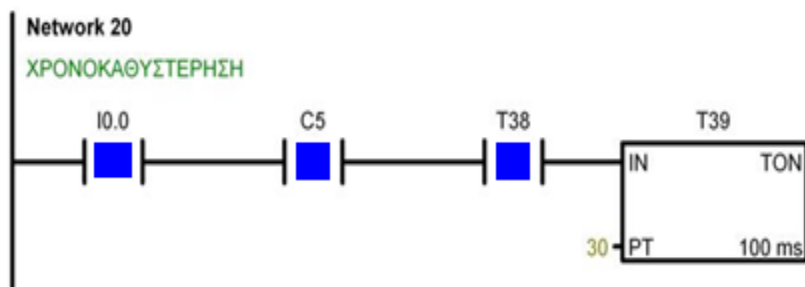
Network 18

Ο χρονοδιακόπτης T38 χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του χρόνου στεγνώματος και είναι 7,8 sec.



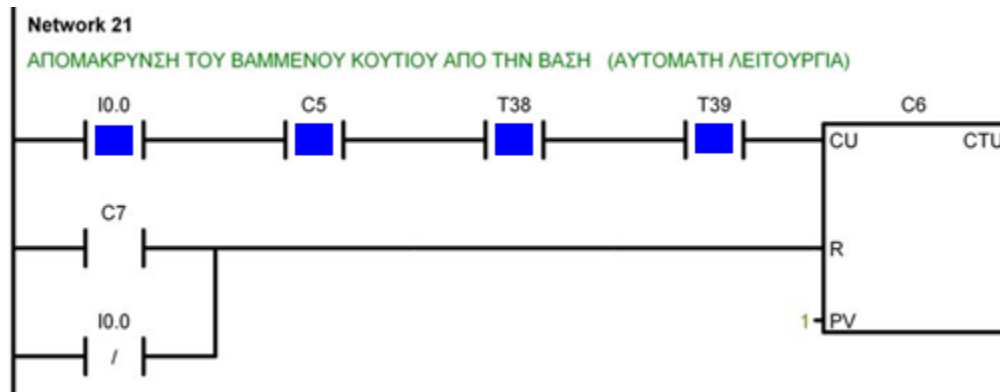
Network 19

Η έξοδος Q0.5 ενεργοποιείται όταν κλείσουν οι διακόπτες I0.0 και C5 για την αυτόματη λειτουργία και I0.6 και C13 για την χειροκίνητη λειτουργία και για χρόνο 7,8 sec.



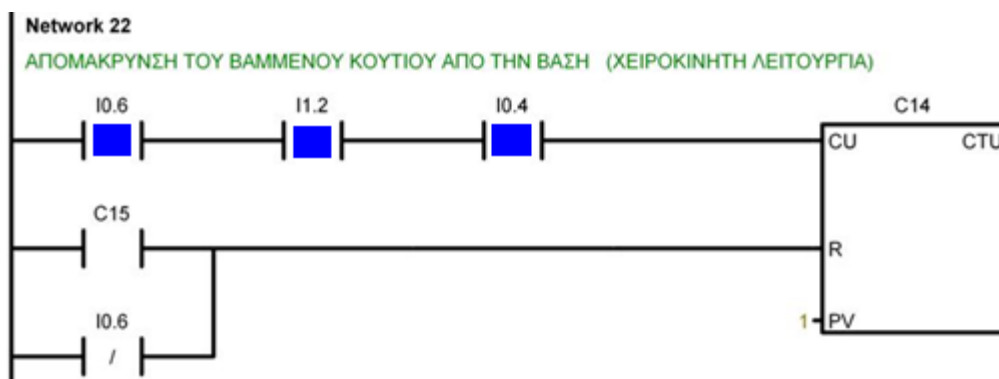
Network 20

Ο T39 χρησιμοποιείται για να εισάγει μια χρόνο-καθυστέρηση 3 sec ανάμεσα στην διαδικασία στεγνώματος και της διαδικασίας απομάκρυνσης του αντικειμένου κατά την αυτόματη λειτουργία.



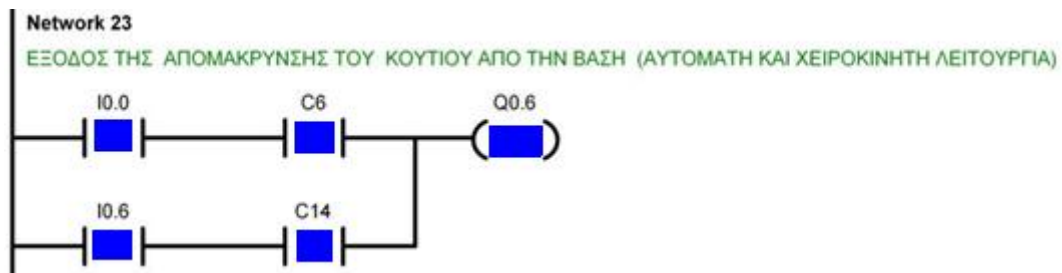
Network 21

Μετά την πάροδο τριών δευτερολέπτων λόγω του T39 μετά από το στέγνωμα του κουτιού κατά την αυτόματη λειτουργία (I0.0), ενεργοποιείται ο μετρητής C6 και απενεργοποιείται ο C5. Οι διακόπτες C7 και I0.0 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



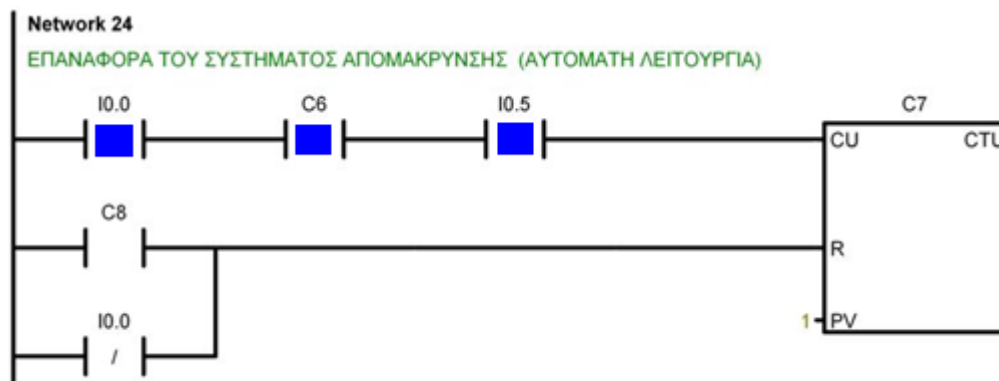
Network 22

Κατά την χειροκίνητη λειτουργία (I0.6 κλειστός), με τον μεταφορέα στην θέση βαφής και στεγνώματος (I0.4 κλειστός) και πατώντας τον διακόπτη 4 (I1.2 κλειστός) ενεργοποιείτε ο μετρητής C14. Οι διακόπτες C15 και I0.6 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



Network 23

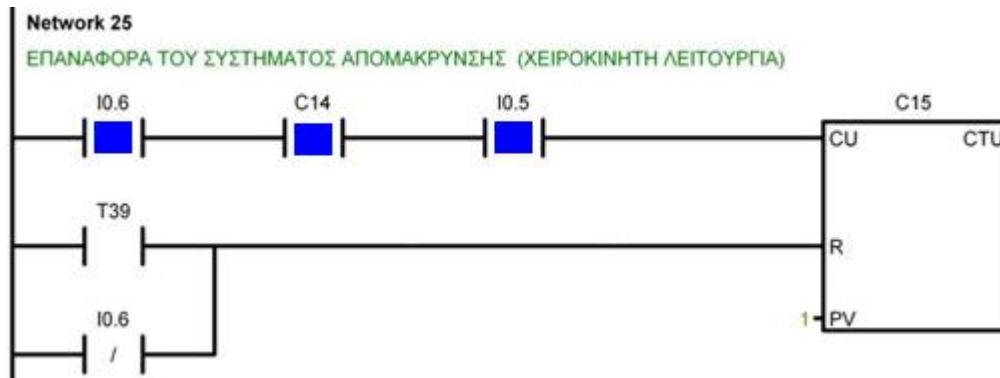
Η έξοδος για την απομάκρυνση του κουτιού (Q0.6) έχει λογικό '1' όταν κλείσουν οι διακόπτες I0.0 και C6 για την αυτόματη λειτουργία και I0.6 και C14 για την χειροκίνητη λειτουργία.



Network 24

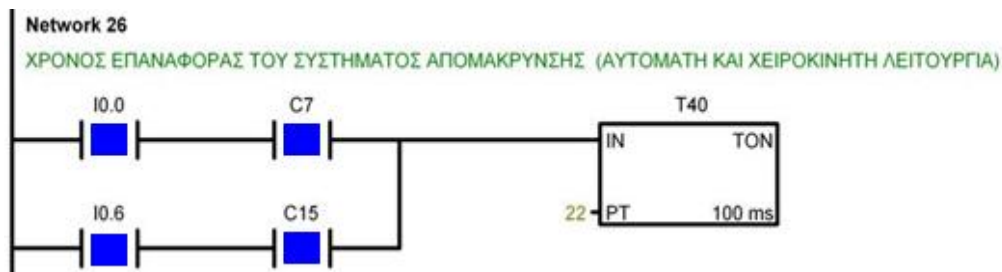
Μετά την απομάκρυνση του κουτιού και έχοντας πατηθεί ο τερματικός διακόπτης I0.5 κατά την αυτόματη λειτουργία, ο μετρητής C7 ενεργοποιείτε και

απενεργοποιείτε ο C6. Οι διακόπτες C8 και IO.0 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



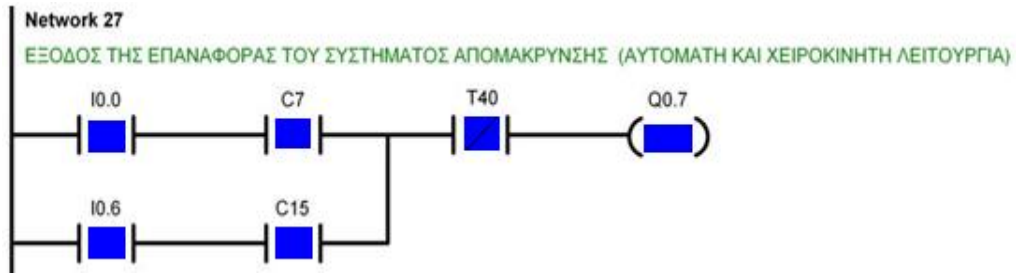
Network 25

Όπως στην αυτόματη έτσι και εδώ στην χειροκίνητη λειτουργία (IO.6 κλειστός) όταν πατηθεί ο τερματικός διακόπτης IO.5 ο μετρητής C15 ενεργοποιείται. Οι διακόπτες T39 και IO.6 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



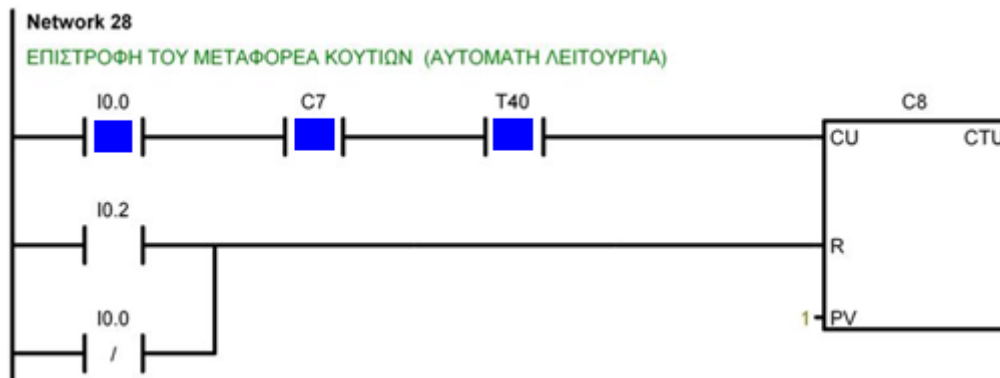
Network 26

Ο χρονοδιακόπτης T40 καθορίζει τον χρόνο λειτουργίας της επαναφοράς του συστήματος απομάκρυνσης στα 2,2 sec όταν κλείσουν οι διακόπτες IO.0 και C7 για την αυτόματη λειτουργία και IO.6 και C15 για την χειροκίνητη λειτουργία.



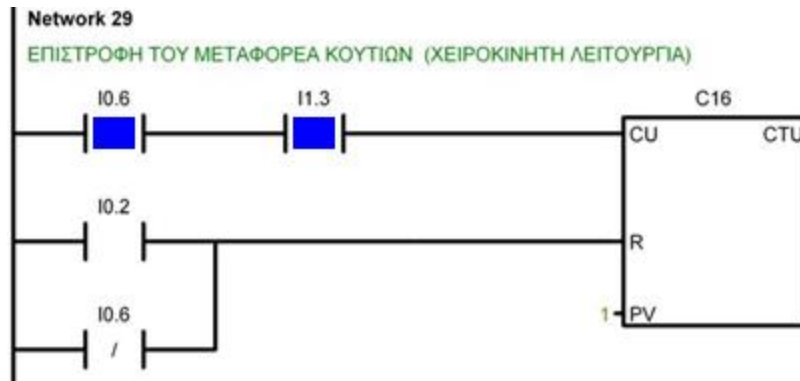
Network 27

Η έξοδος Q0.7 έχει λογική τιμή '1' για 2,2 sec λόγω του μετρητή T40.



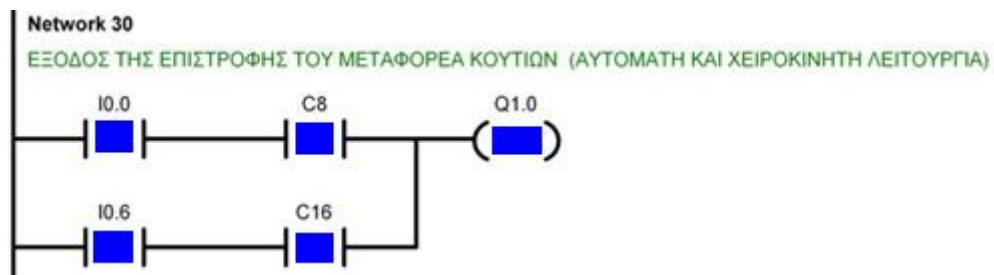
Network 28

Κατά την αυτόματη λειτουργία (I0.0) και μετά από την επαναφορά του συστήματος απομάκρυνσης (T40 2,2 sec) ο μετρητής C8 ενεργοποιείται, έως ότου κλείσει ο τερματικός διακόπτης I0.2, και κάνει reset τον C7. Οι διακόπτες I0.2 και I0.0 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



Network 29

Έχοντας επιλέξει την χειροκίνητη επιλογή I0.6 και πατώντας τον διακόπτη 5 (I1.3) ο μετρητής C16 ενεργοποιείται μέχρι να κλείσει ο τερματικός διακόπτης I0.2. Οι διακόπτες I0.2 και I0.6 κλειστός χρησιμοποιούνται για την διαδικασία του reset.



Network 30

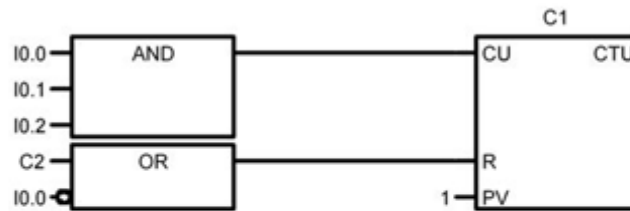
Το Q1.0 αποτελεί την έξοδο της επιστροφής του μεταφορέα κουτιών προς την θέση φόρτωσης όταν κλείσουν οι διακόπτες I0.0 και C8 για την αυτόματη λειτουργία και I0.6 και C16 για την χειροκίνητη λειτουργία.

4.8. Λογικό διάγραμμα FBD

PROGRAM COMMENTS

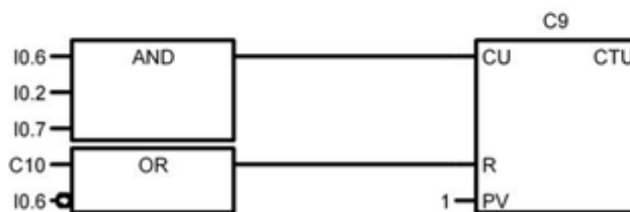
Network 1 Network Title

ΞΕΚΙΝΗΜΑ ΤΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



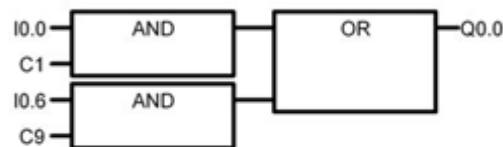
Network 2 Network Title

ΞΕΚΙΝΗΜΑ ΤΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



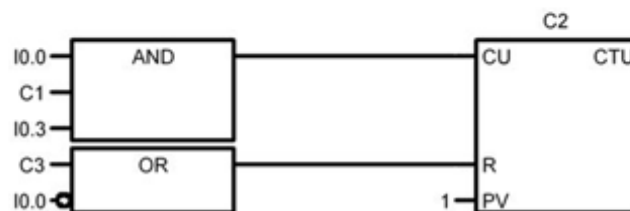
Network 3

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



Network 4

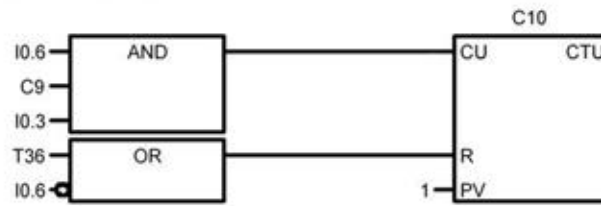
ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

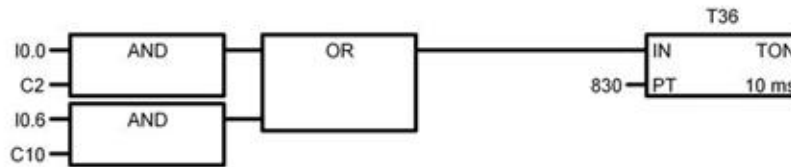
Network 5

ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



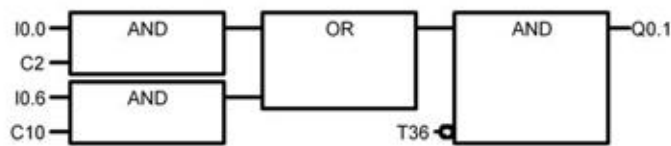
Network 6

ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



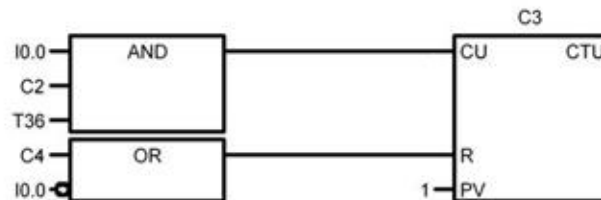
Network 7

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



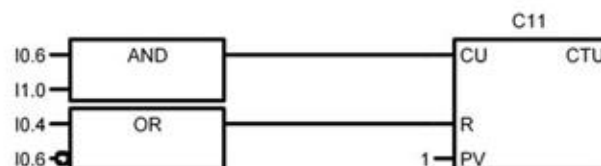
Network 8

ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



Network 9

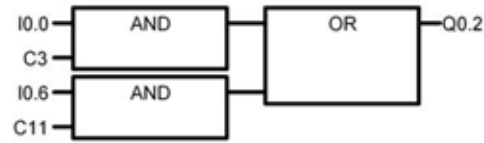
ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

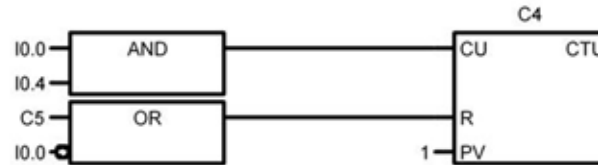
Network 10

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



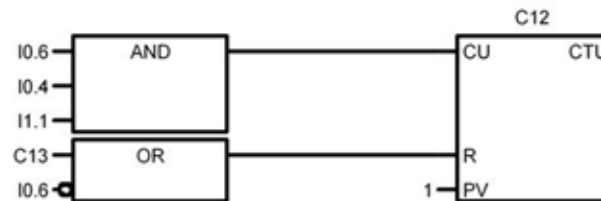
Network 11

ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΒΑΦΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



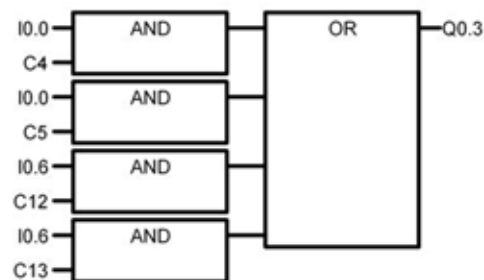
Network 12

ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΒΑΦΗΣ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



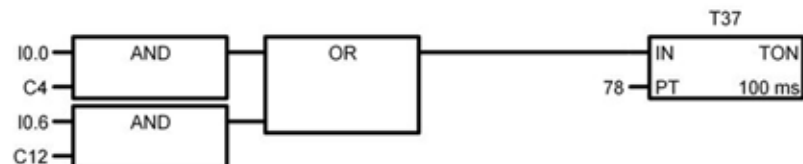
Network 13

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



Network 14

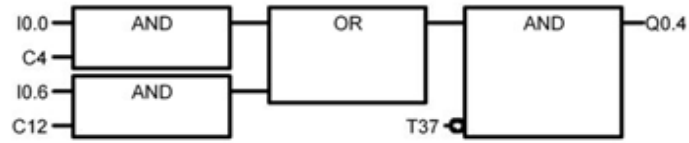
ΧΡΟΝΟΣ ΒΑΦΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

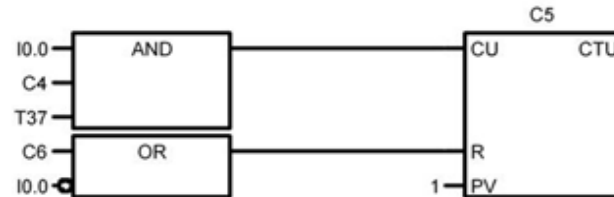
Network 15

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΒΑΦΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



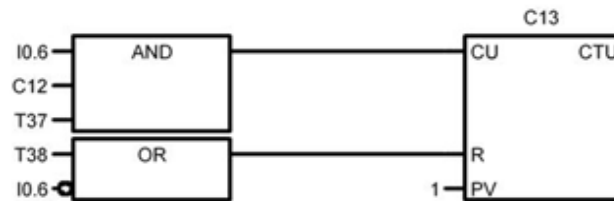
Network 16

ΕΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΣΤΕΓΝΩΜΑΤΟΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



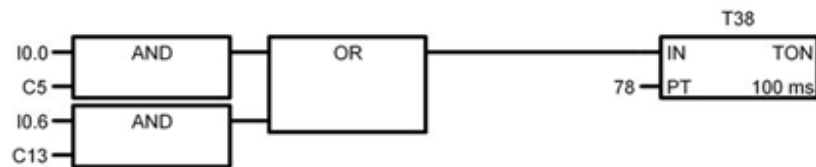
Network 17

ΕΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΣΤΕΓΝΩΜΑΤΟΣ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



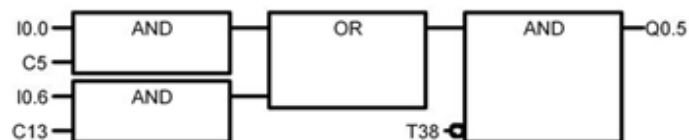
Network 18

ΧΡΟΝΟΣ ΣΤΕΓΝΩΜΑΤΟΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



Network 19

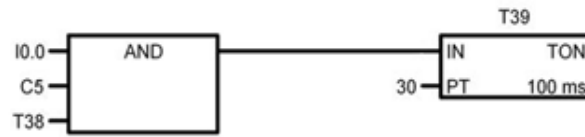
ΕΞΟΔΟΣ ΤΟΥ ΣΤΕΓΝΩΜΑΤΟΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

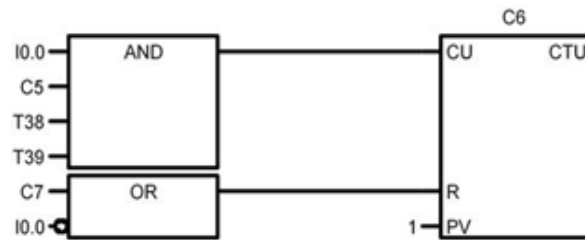
Network 20

ΧΡΟΝΟΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ



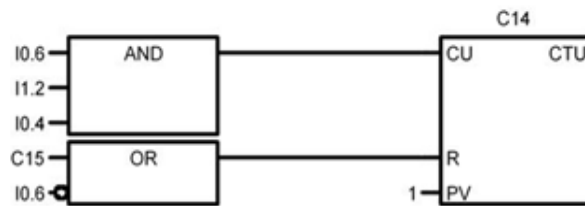
Network 21

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΟΥ ΒΑΜΜΕΝΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΑΣΗ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



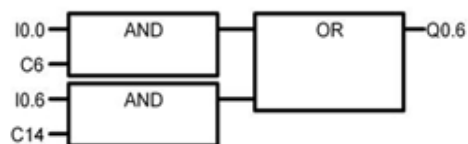
Network 22

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΟΥ ΒΑΜΜΕΝΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΑΣΗ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



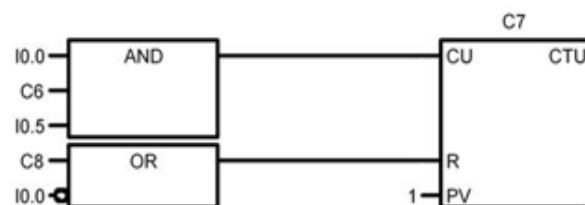
Network 23

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΑΣΗ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



Network 24

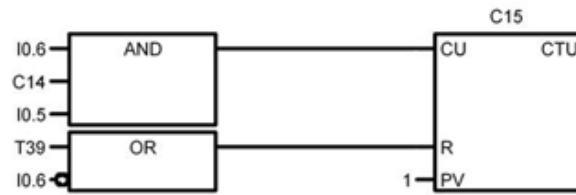
ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

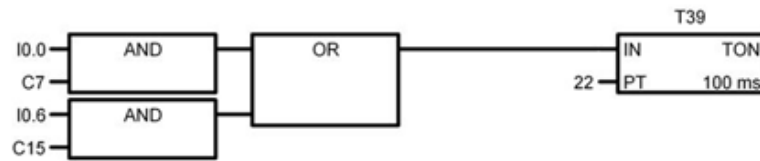
Network 25

ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



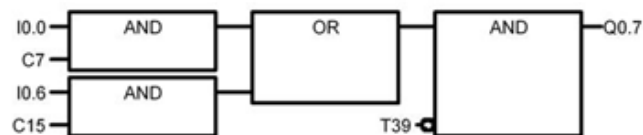
Network 26

ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



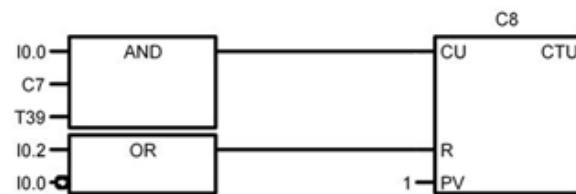
Network 27

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



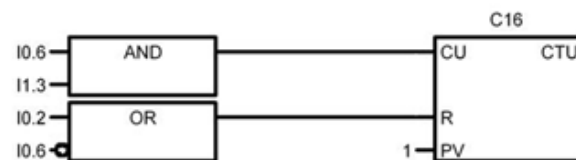
Network 28

ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



Network 29

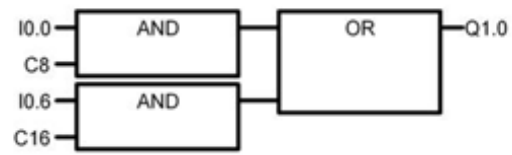
ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

Network 30

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



4.9. Λίστα εντολών STL

Network 1 Network Title
ΞΕΚΙΝΗΜΑ ΤΗΣ ΠΡΩΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD  I0.0
A   I0.1
A   I0.2
LD  C2
ON  I0.0
CTU C1, 1
```

Network 2 Network Title
ΞΕΚΙΝΗΜΑ ΤΗΣ ΠΡΩΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD  I0.6
A   I0.2
A   I0.7
LD  C10
ON  I0.6
CTU C9, 1
```

Network 3
ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΩΘΗΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD  I0.0
A   C1
LD  I0.6
A   C9
OLD
=   Q0.0
```

Network 4
ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΘΗΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD  I0.0
A   C1
A   I0.3
LD  C3
ON  I0.0
CTU C2, 1
```

Network 5
ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΘΗΣΗΣ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD  I0.6
A   C9
A   I0.3
LD  T36
ON  I0.6
CTU C10, 1
```

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

Network 6

ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C2
LD I0.6
A C10
OLD
TON T36, 830
```

Network 7

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C2
LD I0.6
A C10
OLD
AN T36
= Q0.1
```

Network 8

ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C2
A T36
LD C4
ON I0.0
CTU C3, 1
```

Network 9

ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.6
A I1.0
LD I0.4
ON I0.6
CTU C11, 1
```

Network 10

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C3
LD I0.6
A C11
OLD
= Q0.2
```

Network 11

ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΒΑΦΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A I0.4
LD C5
ON I0.0
CTU C4, 1
```

Network 12

ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΒΑΦΗΣ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.6
A I0.4
A I1.1
LD C13
ON I0.6
CTU C12, 1
```


ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

Network 13

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C4
LD I0.0
A C5
OLD
LD I0.6
A C12
OLD
LD I0.6
A C13
OLD
= Q0.3
```

Network 14

ΧΡΟΝΟΣ ΒΑΦΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C4
LD I0.6
A C12
OLD
TON T37, 78
```

Network 15

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΒΑΦΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C4
LD I0.6
A C12
OLD
AN T37
= Q0.4
```

Network 16

ΕΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΣΤΕΓΝΩΜΑΤΟΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C4
A T37
LD C6
ON I0.0
CTU C5, 1
```

Network 17

ΕΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΣΤΕΓΝΩΜΑΤΟΣ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.6
A C12
A T37
LD T38
ON I0.6
CTU C13, 1
```

Network 18

ΧΡΟΝΟΣ ΣΤΕΓΝΩΜΑΤΟΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C5
LD I0.6
A C13
OLD
TON T38, 78
```

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

Network 19

ΕΞΟΔΟΣ ΤΟΥ ΣΤΕΓΝΩΜΑΤΟΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C5
LD I0.6
A C13
OLD
AN T38
= Q0.5
```

Network 20

ΧΡΟΝΟΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ

```
LD I0.0
A C5
A T38
TON T39, 30
```

Network 21

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΟΥ ΒΑΜΜΕΝΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΑΣΗ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C5
A T38
A T39
LD C7
ON I0.0
CTU C6, 1
```

Network 22

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΟΥ ΒΑΜΜΕΝΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΑΣΗ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.6
A I1.2
A I0.4
LD C15
ON I0.6
CTU C14, 1
```

Network 23

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΥΤΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΑΣΗ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C6
LD I0.6
A C14
OLD
= Q0.6
```

Network 24

ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C6
A I0.5
LD C8
ON I0.0
CTU C7, 1
```

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΑΦΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ PLC

Network 25

ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.6
A C14
A I0.5
LD T39
ON I0.6
CTU C15, 1
```

Network 26

ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C7
LD I0.6
A C15
OLD
TON T39, 22
```

Network 27

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C7
LD I0.6
A C15
OLD
AN T39
= Q0.7
```

Network 28

ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C7
A T39
LD I0.2
ON I0.0
CTU C8, 1
```

Network 29

ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.6
A I1.3
LD I0.2
ON I0.6
CTU C16, 1
```

Network 30

ΕΞΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑ ΚΟΥΤΙΩΝ (ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)

```
LD I0.0
A C8
LD I0.6
A C16
OLD
= Q1.0
```

Βιβλιογραφία

Θεματικά Πεδία

1. **ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΕΛΕΓΚΤΕΣ,**
ΣΤΑΥΡΟΣ ΡΟΥΜΠΗΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΕΩΝ.
2. **ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ & ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ**
ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ,
Γ.ΚΡΑΝΑ - Ε.ΔΑΣΚΑΛΟΠΟΥΛΟΥ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ,1995.
3. **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ,**
COLLINS - ΕΑΜΟΝΝ ΛΑΝΕ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ, 1997.
4. **PLC ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ,**
ΝΙΚΟΛΑΟΣ.Α.ΠΑΝΤΑΖΗΣ, ΕΚΔΟΤΗΣ ΊΩΝ, 2001.
5. **THE ROBOT BUILDER'S BONANZA,**
GORDON MCCOMB, TAB BOOKS, 1987.

Ιστοχώροι

6. www.robotcircuits.com
7. www.siemens.com
8. www.electronics-lab.com
9. www.imagesco.com
10. www.kpsec.freeuk.com
11. www.circuitstoday.com
12. www.robotroom.com
13. egnatia.ee.auth.gr
14. www.coolcircuit.com