ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Εργαστηριακό Σύστημα Προσομοίωσης Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θωμάς Β. Σιαμπαλιώτης

Επιβλέπων : Γεώργιος Ν. Κορρές
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2006

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Εργαστηριακό Σύστημα Προσομοίωσης Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θωμάς Β. Σιαμπαλιώτης

Επιβλέπων : Γεώργιος Ν. Κορρές
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 13η Μαρτίου 2006.

.....	.....	.....
Γ. Κορρές	Κ. Βουρνάς	Ν. Χατζηαργυρίου
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π	Καθηγητής Ε.Μ.Π	Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2006

.....
Θωμάς Β. Σιαμπαλιώτης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Θωμάς Β. Σιαμπαλιώτης, 2006
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η κατασκευή δύο πινάκων αυτοματισμού οι οποίοι θα αποτελέσουν τη βάση για το εργαστηριακό μέρος του μαθήματος ΚΕΝΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ που διδάσκεται στο 8^{ο} εξάμηνο της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Αυτοί οι πίνακες αυτοματισμού θα επιτρέπουν να εξομοιώνουμε ψηφιακά σήματα με τη βοήθεια διακοπτών, όπως επίσης και αναλογικά σήματα, με τη βοήθεια μιας ηλεκτρονικής πλακέτας, τα οποία θα οδηγούνται για επεξεργασία σε έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή. Εν συνεχεία, ανάλογα με το πρόγραμμα που θα έχει στη μνήμη του ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, θα ενεργοποιεί κάποιες εξόδους του και τα αποτελέσματα αυτής της επεξεργασίας θα επισημαίνονται μέσω φωτοβολούντων κόκκινων LEDS.

Αναφορικά με τον εκπαιδευτικό χαρακτήρα που θα έχει ο παραπάνω πίνακας αυτοματισμού, σημειωτέον ότι ο φοιτητής θα έχει τη δυνατότητα να ελέγχει την ορθή λειτουργία των προγραμμάτων του, «κατεβάζοντάς» τα στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή και διαπιστώνοντας τον τρόπο με τον οποίον ανταποκρίνεται ο πίνακας αυτοματισμού στις δοθείσες εντολές.

Συγχρόνως, ο ως άνω πίνακας αυτοματισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένα πραγματικό σύστημα αυτοματισμού, καθώς, η επεκτασιμότητα που διαθέτει λόγω των ακροδεκτών(μπόρνες) που φέρει στις ψηφιακές εισόδους και εξόδους του, του δίνουν τη δυνατότητα να πραγματοποιεί ποικίλες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα, η εκκίνηση σε συνδεσμολογία αστέρος – τριγώνου ενός κινητήρα, υπό την προϋπόθεση βέβαια, ότι στους ακροδέκτες(μπόρνες) των ψηφιακών εισόδων θα τοποθετηθούν πιεστικοί διακόπτες και στις εξόδους ρελέ.

Abstract

The scope of the present thesis was to construct two automation panels, which will be used as the base for the laboratory part of the course Energy Control Centers that is being taught in the 8th semester of the school of the Electrical and Computer Engineering of N.T.U.A.

The above mentioned automation panels will allow to simulate digital signals based on switches as well as analog signals based on a printed circuit, which will be driven for processing in a programmable logic controller. Then, depending on the program that the programmable logic controller runs, it will activate certain outputs and the results will be visible via red leds.

With respect to the educational character of this automation panel, it is noted that the student will have the opportunity to check the correct operation of his programs, by downloading them to the programmable logic controller and realizing the way the automation panel responds to the given instructions.

At the same time, the above mentioned automation panel can be used as a real automation system, since it's expansion, due to the terminals at the digital inputs and outputs, given the possibility to implement various applications such as. Star-Delta starting of three phase induction motor, given that buttons and relays will be added at the digital inputs and outputs.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ

1.1 Εισαγωγή……... 8
1.2 Αυτοματισμός στους σύγχρονους υποσταθμούς και εγκαταστάσεις…… 8
1.3 Πλεονεκτήματα της χρήσης αυτοματισμών…….. 8
1.4 Ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού.....……. 11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΛΟΓΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLCs)

2.1 Ορισμός του PLC……. 12
2.2 Πλεονεκτήματα του PLC..…… 13
2.3 Χαρακτηριστικές λειτουργίες των PLCs…….. 14
2.4 Δομή του PLC……. 17
2.4.1 Hardware (Υλικό μέρος)……...17
2.4.1.1 Το πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων…… 17
2.4.1.2 Τροφοδοτικό……. 17
2.4.1.3 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)…… 18
2.4.1.4 Μονάδες εισόδου-εξόδου……. 20
2.4.2 Software (Λογισμικό)…… 22
2.5 Συσκευή προγραμματισμού…….. 23
2.5.1 Ηλεκτρονικός υπολογιστής (Personal Computer)…… 23
2.5.2 Φορητές συσκευές προγραμματισμού (Pocket Programmers)……..23

2.6 Ψηφιακή λογική του PLC.....……..23
2.7 Στοιχεία του προγραμματισμού ενός PLC.....…….....27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ PLC ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΑΣ

3.1 Τροφοδοτικό……. 28
3.2 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)…… 29
3.3 Αναλογική κάρτα 8 εισόδων (8A.I)…….. 31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SIMATIC MANAGER

4.1 Περιγραφή του περιβάλλοντος Step7…….…… 33
4.2 Εκκίνηση του Simatic Manager…… 34
4.3 Δημιουργία μιας νέας εφαρμογής…….. 35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΩΝ

5.1 Σκοπός των προσομοιωτών…….. 39
5.2 Μελέτη και σχεδίαση του προσομοιωτή…….. 39
5.2.1 Περιγραφή των παραμέτρων του προσομοιωτή…… 39
5.2.2 Εξομοίωση των ψηφιακών σημάτων.....…… 40
5.2.3 Εξομοίωση των αναλογικών σημάτων.....……. 42
5.2.4 Μελέτη και σχεδίαση της πλακέτας.....…… 43
5.3 Παραγγελία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού…… 57
5.4 Κατασκευή του προσομοιωτή…….. 58
5.5 Κόστος κατασκευής……. 60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΕΛΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ…… 67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ

7.1 Έλεγχος Συστήματος Κυλιόμενης Σκάλας…….. 69
7.2 Δεξαμενή…….. 74
7.3 Φωτεινοί σηματοδότες οχημάτων σε συνδυασμό με φωτεινούς σηματοδότες για πεζούς……. 79
7.4 Έλεγχος Στάθμης Δοχείου…… 86
7.5 Πρόγραμμα Συστήματος Πλήρωσης Μπουκαλιών……. 90
7.6 Έλεγχος εκκίνησης κινητήρα σε ζεύξη αστέρα-τρίγωνο με ορθή και ανάστροφη φορά…….. 95
7.7 Προστασία Μετασχηματιστή Λαδιού……. 101
7.8 Προστασία Γραμμής Μεταφοράς Διπλού Κυκλώματος…….. 107
7.9 Γραμμή συναρμολόγησης 4 ταινιόδρομων……. 114
7.10 Γερανογέφυρα……. 120
7.11 Διώροφος Χώρος Στάθμευσης (Parking).....……. 124

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ

1.1 Εισαγωγή

Ο χώρος του βιομηχανικού αυτοματισμού παρουσιάζει μια ταχύτατη εξέλιξη, ιδιαίτερα στις λεγόμενες αναπτυγμένες χώρες. Καθημερινά εμφανίζονται νέα προϊόντα αλλά και επιχειρήσεις που ασχολούνται αποκλειστικά με τον χώρο αυτό. Θα πρέπει να αντιληφθούμε ότι ο αυτοματισμός και η πληροφορική δεν αφορούν μόνο ακριβές εγκαταστάσεις και μεγάλες βιομηχανίες, αλλά έρχονται πλέον και μέσα στα σπίτια ή τα γραφεία μας. Ο απώτερος στόχος είναι να συνδεθούν όλες οι συσκευές που βρίσκονται σε κάποιο χώρο με έναν ισχυρό υπολογιστή, μέσω ενός δικτύου, προκειμένου να γίνει αποτελεσματικά η διαχείρισή τους.

Αυτό που θα πρέπει να κατανοήσουμε, είναι πως σήμερα οι διατάξεις σπάνια είναι αυτόνομες αλλά αποτελούν μέρος ενός γενικότερου συστήματος. Η σύγχρονη τεχνολογία είναι αρκετά ώριμη ώστε να μας παρέχει γρήγορες, φτηνές και αξιόπιστες δικτυακές λύσεις. Είναι κρίσιμο λοιπόν, να γνωρίζουμε αρκετά στοιχεία για το γενικότερο πλαίσιο λειτουργίας προκειμένου οι διατάξεις μας να είναι χρήσιμες και εύχρηστες.

1.2 Αυτοματισμός στους σύγχρονους υποσταθμούς και εγκαταστάσεις.

Ο χώρος της παραγωγής, διαχείρισης αλλά και κατανάλωσης της ενέργειας, εξελίσσεται μέσα σε ένα έντονα ανταγωνιστικό περιβάλλον, οπότε απαιτείται η βέλτιστη διαχείριση των πόρων σε όλα τα επίπεδα του συστήματος. Ειδικότερα, θα πρέπει να αντιληφθούμε ότι η απελευθέρωση της αγοράς της ενέργειας καθιστά πλέον ασαφή τα όρια μεταξύ παραγωγού και καταναλωτή. Ασχέτως όμως της ασάφειας που υπάρχει γύρω από την πορεία της σύγχρονης αγοράς ενέργειας, απαιτείται η ύπαρξη σύγχρονων συστημάτων διαχείρισης της ενέργειας και παρακολούθησης των διαφόρων ηλεκτρικών μεγεθών. Έννοιες λοιπόν, όπως SCADA, PLC, RTU, transducer αλλά και Internet, TCP/IP ή client-server applications, εμφιλοχωρούν σταδιακά στο λεξιλόγιο μας.

1.3 Πλεονεκτήματα της χρήσης αυτοματισμών

Η χρήση της πληροφορικής και του αυτοματισμού στους υποσταθμούς και τις εγκαταστάσεις είναι πλέον δεδομένη, με πολλαπλά οφέλη όπως :

1. Μείωση του λειτουργικού κόστους και αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος, τα οποία οφείλονται στους εξής παράγοντες:

    - Απαιτείται ελάχιστο ανθρώπινο δυναμικό, καθώς οι αυτοματισμοί αναλαμβάνουν σημαντικό τμήμα της εργασίας το οποίο φέρουν εις πέρας με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Παράλληλα, με αυτό τον τρόπο, μειώνονται τα ανθρώπινα σφάλματα σε λειτουργίες ρουτίνας τα οποία είναι και τα πλέον συνήθη.

    - Εντοπίζονται και αντιμετωπίζονται ταχύτερα και αποτελεσματικότερα τα διάφορα σφάλματα αλλά και οι καταστάσεις συναγερμού (alarms). Προλαμβάνονται έτσι καταστάσεις, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μη αναστρέψιμες ή εκτεταμένες βλάβες και επιπλέον οι όποιες αστοχίες αντιμετωπίζονται στον ελάχιστο δυνατό χρόνο.

    - Είναι δυνατή πλέον, η εγκατάσταση και λειτουργία προηγμένων συστημάτων ελέγχου, συντονισμού και διαχείρισης του δικτύου σε όλα τα επίπεδα εφαρμόζοντας σύγχρονες τεχνικές όπως νευρωνικά δίκτυα, έμπειρα συστήματα (expert systems) ή ασαφή λογική (fuzzy logic).

2. Μείωση του κόστους συντήρησης, το οποίο αποτελεί έναν πάγιο στόχο εκείνων που σχεδιάζουν και υλοποιούν τέτοια συστήματα. Αυτό επιτυγχάνεται με :

    - *Μείωση των αστοχιών και του χρόνου αποκατάστασής τους*. Παλαιοτέρα, και το πλέον απλό σύστημα αυτοματισμού και διαχείρισης μιας εγκατάστασης, απαιτούσε αρκετά χιλιόμετρα καλωδίωσης αλλά και πολύπλοκο εξοπλισμό, γεγονός που δημιουργούσε πολλές εστίες πιθανών σφαλμάτων και επιπλέον, όταν αυτά συνέβαιναν, ο εντοπισμός τους αλλά και η διόρθωση τους αποτελούσαν σύνθετη και επίπονη διαδικασία. Η εισαγωγή ταχύτατων δικτύων υπολογιστών έλυσε σε σημαντικό βαθμό όλα αυτά τα προβλήματα, αφού πλέον η βασική απαίτηση σε καλωδίωση είναι ένα απλό καλώδιο του Profibus, Fieldbus ή του Modbus στις συνηθέστερες των περιπτώσεων. Επιπλέον, οι αναρίθμητες διαφορετικές συσκευές αντικαταστάθηκαν από όμοιες κάρτες στις οποίες το μόνο που διαφοροποιείται είναι το λογισμικό και έτσι χρειαζόμαστε ελάχιστα εξαρτήματα για τις ανάγκες της συντήρησης.

    - *Μείωση του κόστους τακτικής συντήρησης του κύριου εξοπλισμού μίας εγκατάστασης*, αφού μπορούμε να έχουμε μια πραγματική εικόνα του

τρόπου λειτουργίας αλλά και των καταπονήσεών του. Παραδείγματος χάριν, μέχρι τώρα η συντήρηση ενός μετασχηματιστή γινόταν με βάση στατιστικούς πίνακες. Αντίθετα τώρα, με μικρό κόστος, μπορούμε να έχουμε στην διάθεση μας ένα μεγάλο αριθμό πληροφοριών για την πραγματική του κατάσταση, όπως τα φορτία του, η ισχύς φόρτισής του, η θερμοκρασία του, ένα πλήρες ιστορικό ρευμάτων βραχυκύκλωσης διαμέσου αυτού και άλλες τέτοιες πληροφορίες, οι οποίες μπορούν να μας καθορίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια το πότε πρέπει να γίνουν εργασίες συντήρησης. Είναι σαφές ότι τέτοιου είδους πληροφορίες δε μπορούν να αποκτηθούν με τους συμβατικούς (αναλογικούς) τρόπους και το κυριότερο να τύχουν επεξεργασίας προκειμένου να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα.

- *Μείωση του κόστους συντήρησης και λειτουργίας των συστημάτων ελέγχου και προστασίας*. Η εισαγωγή των PLC (προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών) αλλά και των μικροεπεξεργαστών, έδωσε τη δυνατότητα πραγματοποίησης εξαιρετικά σύνθετων λειτουργιών ελέγχου και προστασίας, οι οποίες με χρήση απλών αναλογικών ηλεκτρονόμων και διακοπτών θα ήταν όχι απλώς δύσκολες αλλά και σε πολλές περιπτώσεις αδύνατες. Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις δεν είναι μόνο πιο πολύπλοκες, αλλά έχουν και μεγαλύτερες διαστάσεις, οπότε η χρήση σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων είναι μονόδρομος.

3. Μείωση του κόστους του εγκατεστημένου υλικού, η οποία μπορεί να προέλθει από τα εξής σημεία:

- *Μείωση του κόστους καλωδίωσης για τα συστήματα ελέγχου και προστασίας*. Κάθε μεγάλη εγκατάσταση έλεγχου και προστασίας, απαιτεί αρκετά χιλιόμετρα καλωδίων που πέρα από το υψηλό κόστος προκαλεί και άλλα προβλήματα και περιορισμούς, όπως αυτεπαγωγές, απώλειες σήματος και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

- *Μείωση του κόστους εγκατάστασης εξοπλισμού σχετιζομένου με συγκεκριμένες λειτουργίες*. Με τα συμβατικά μέσα, κάθε νέα λειτουργία απαιτούσε την αγορά και εγκατάσταση νέου εξοπλισμού καθώς και καλωδίωσης. Κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο με τα νέα συστήματα SCADA, αφού το μόνο που πιθανόν να απαιτείται επιπλέον, είναι καινούργιοι αισθητήρες, οι οποίοι προσαρμόζονται στον υπάρχοντα εξοπλισμό με κατάλληλη επέμβαση στο λογισμικό. Επιπλέον, η

εγκατάσταση του νέου εξοπλισμού, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν έχει σημαντικές απαιτήσεις ως προς την κτιριακή υποδομή, αφού τέτοια συστήματα καταλαμβάνουν πολύ μικρό χώρο.

4. *Καλύτερη και αποτελεσματικότερη διαχείριση της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας*. Το πρόβλημα της βέλτιστης χρησιμοποίησης της ηλεκτρικής αλλά και των λοιπών μορφών ενέργειας, είναι ένα θέμα που απασχολεί σήμερα όλα τα αναπτυγμένα κράτη, όχι μόνο επειδή αυξάνεται η τιμή της kWh, αλλά και επειδή απαιτούνται όλο και μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, ενώ παράλληλα, τα ενεργειακά αποθέματα εξαντλούνται. Προκειμένου οι βιομηχανίες να αντιμετωπίσουν το φλέγον αυτό ζήτημα κινούνται σε δύο βασικούς άξονες, ένα μακροπρόθεσμο και ένα βραχυπρόθεσμο. Μακροπρόθεσμα, οι βιομηχανίες θέλουν να γνωρίζουν με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια, τη ζήτηση φορτίου ανά ώρα, ημέρα, μήνα και έτος, ώστε να ελαχιστοποιούν την κατανάλωσή τους, με κριτήριο την εξοικονόμηση ενέργειας και επιπλέον να σχεδιάζουν τη στρατηγική τους για τις μελλοντικές χρονικές περιόδους. Βραχυπρόθεσμα, απαιτείται η -κατά το δυνατόν- ομαλοποίηση της ροής της ενέργειας, προκειμένου να αποφεύγουμε εξαιρετικά οδυνηρές καταστάσεις, όπως οι υπερβάσεις του φορτίου αλλά και του συντελεστή ισχύος.

1.4 Ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού.

Η επανάσταση των μικροεπεξεργαστών, τις τελευταίες δεκαετίες, εφοδίασε τους μηχανικούς με ένα πανίσχυρο εργαλείο, το οποίο τους δίνει μια εκπληκτική ευελιξία στην ανάπτυξη εφαρμογών. Ήταν πλέον θέμα χρόνου, να χρησιμοποιηθεί όλη αυτή η τεχνολογία στην πλήρη αυτοματοποίηση ενός υποσταθμού ή εγκατάστασης .
Οι διατάξεις που στις εφαρμογές αυτοματισμού χρησιμοποιούνται σήμερα σε ευρεία κλίμακα είναι οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές *(Programmable Logic Controllers)*- PLC. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί, ότι πέρα από τα συμβατικά PLC, υπάρχουν κάποιες πιο σύνθετες διατάξεις, τα RTU, τα οποία είναι ουσιαστικά ένα υβρίδιο μεταξύ PLC και PC, με αυξημένες δυνατότητες υπολογιστικές επικοινωνίας, τα οποία όμως δε θα μας απασχολήσουν, καθώς είναι συστήματα που έχουν εξειδικευμένο σκοπό λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΛΟΓΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLCs)

2.1 Ορισμός του PLC

Το ακρωνύμιο PLC προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων 'Programmable Logic Controllers' και στα Ελληνικά αποδίδεται ως 'Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής'.

Τα PLC χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στις αρχές του 1960, με σκοπό να αποτελέσουν μια πιο οικονομική, ευέλικτη και αξιόπιστη λύση για τα πολύπλοκα συστήματα ελέγχου που βασίζονταν σε ρελέ. Τα μειονεκτήματα των συστημάτων με ρελέ ήταν πολλά. Καταρχήν τα ρελέ, ως μηχανικές συσκευές, έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής, απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την λειτουργία τους και ευθύνονται για σημαντικό ηλεκτρικό θόρυβο. Κατά δεύτερο λόγο, η διόρθωση βλαβών και η συντήρηση συστημάτων με πολλά ρελέ είναι μια επίπονη διαδικασία. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC) έχουν σχεδιαστεί για εργοστασιακές εφαρμογές, με σκοπό να προγραμματίζονται εύκολα από τους μηχανικούς και να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

Περί το 1973, άρχισαν να εμφανίζονται οι δυνατότητες επικοινωνίας και δικτύωσης των PLC μεταξύ τους. Το πρώτο σύστημα επικοινωνίας των PLC ήταν το Modicon Modbus, στο οποίο τα PLC που επικοινωνούσαν βρίσκονταν πολύ μακριά από τα σύστημα το οποίο έλεγχαν. Όμως, οι συνεχείς αλλαγές της τεχνολογίας δικτύωσης των PLC και η ασυμβατότητα μεταξύ των νέων πρωτοκόλλων επικοινωνίας μετέτρεψε την ανάπτυξη συστημάτων επικοινωνίας των PLC σε μια επίπονη διαδικασία.

Τη δεκαετία του '80, έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν κάποια κοινά πρότυπα (standards) για τα πρωτόκολλα επικοινωνίας των δικτύων PLC, τα οποία θα εξασφάλιζαν τη μεταξύ τους συμβατότητα. Εκείνη την εποχή έγινε επίσης προσπάθεια να μειωθεί το μέγεθος των PLC και να αναπτυχθεί το λογισμικό που θα έκανε εφικτό τον προγραμματισμό τους από προσωπικό υπολογιστή και όχι από τερματικά σχεδιασμένα αποκλειστικά για τον προγραμματισμό τους.

2.2 Πλεονεκτήματα του PLC

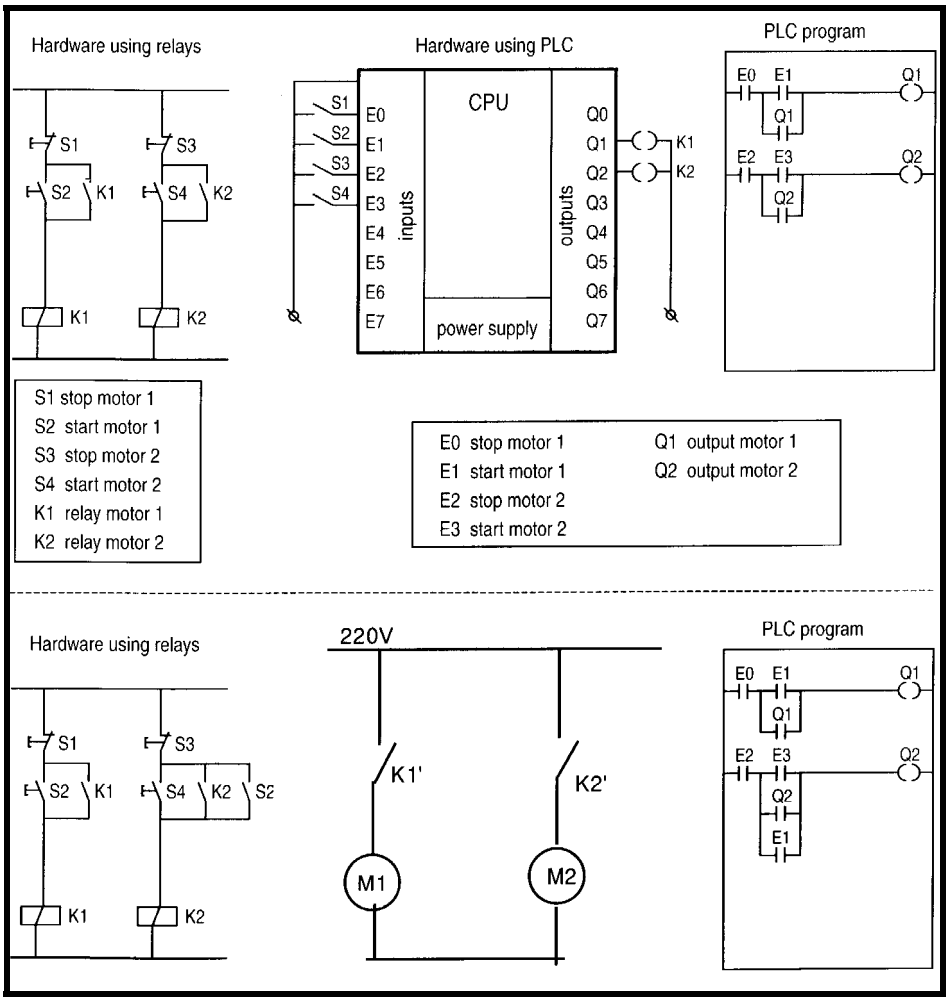
- Το ίδιο μηχάνημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εντελώς διαφορετικές εφαρμογές.
- Δεν υπάρχει πρόβλημα επάρκειας των επαφών των ρελέ, των χρονικών, ή των διαφόρων εξωτερικών τερματικών διακοπτών, καθώς τα PLC έχουν μεγάλες δυνατότητες επέκτασης αριθμού εισόδων και εξόδων τους.
- Επιτρέπει την εύκολη επέμβαση στο σύστημα και την αλλαγή λειτουργίας του σε οποιοδήποτε στάδιο (μελέτη, σχεδίαση, κατασκευή, λειτουργία).
- Διευκολύνεται αφάνταστα ο εντοπισμός βλαβών διότι σε κάθε εξωτερική εντολή υπάρχει και το αντίστοιχο LED.
- Είναι πάρα πολύ εύκολη η παρακολούθηση της ροής του αυτοματισμού.
- Κάνει οικονομία στον χώρο, λόγω του μικρού του όγκου, στη συντήρηση (δεν υπάρχουν μηχανικές επαφές) και στην κατανάλωση ενέργειας.
- Η τοποθέτησή του μπορεί να γίνει χωρίς κίνδυνο ακόμα και μέσα σε μαγνητικά πεδία, τα οποία καθιστούν προβληματική τη λειτουργία των ηλεκτρονόμων.
- Μπορεί να συνδεθεί με περιφερειακές μονάδες ή υπολογιστές, για έλεγχο, επιτήρηση συντονισμό και κεντρική οργάνωση των εγκαταστάσεων, ανάλογα με τις απαιτήσεις του αυτοματισμού.
- Δεν απαιτεί κάποια ανώτερη γλώσσα προγραμματισμού, αλλά προγραμματίζονται: 1) με βάση το γνωστό στους ηλεκτρολόγους συνδεσμολογικό σχέδιο με επαφές, χρονικά κ.τ.λ. (διάγραμμα LADDER) 2) με λογικό διάγραμμα(FBD) και 3) με τη γλώσσα STL (Statement List).
- Είναι αξιόπιστα, έχουν μεγάλη ταχύτητα επεξεργασίας δεδομένων, σχετικά χαμηλό κόστος και πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Τα σήματα στις εισόδους και εξόδους μπορεί να είναι:
  -ψηφιακά (digital): σήματα με σταθερό πλάτος των οποίων η διάρκεια μπορεί να μεταβάλλεται, π.χ. ένας παλμός.
  -αναλογικά (analog): π.χ. μια ημιτονοειδή τάση, κάποιο μεταβαλλόμενο συνεχές μέγεθος (πίεση, θερμοκρασία, υγρασία κ.τ.λ.)
- Είναι οικονομικότερα για αυτοματισμούς στους οποίους χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός ρελέ.
- Η εμπειρία έχει δείξει ότι μόνο το 5% των σφαλμάτων αυτοματοποιούμενου συστήματος προέρχεται από σφάλμα του PLC.

2.3 Χαρακτηριστικές λειτουργίες των PLCs

Από κατασκευαστική άποψη, ένα PLC αποτελείται από έναν μικροελεγκτή, το πρόγραμμα του οποίου επιτρέπει την εισαγωγή και αποθήκευση εντολών από το χρήστη. Οι εντολές αυτές δίνονται με ηλεκτρονόμους ή διακόπτες οι οποίοι με τη σειρά τους διεγείρουν ή δέχονται τις αποκρίσεις των ελεγχόμενων ηλεκτρομηχανικών συσκευών.

Ο αριθμός των ψηφιακών εισόδων και εξόδων ενός PLC καθορίζεται με βάση τις ανάγκες του αυτοματισμού. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των PLC είναι η ευκολία με την οποία μπορούν να αλλάζουν τη συμπεριφορά τους. Αν, για παράδειγμα, κάποιο PLC έχει ρυθμιστεί για να θέτει εντός και εκτός λειτουργίας κάποιον ηλεκτρονόμο, με τη χρήση δύο διακοπτών, εύκολα μπορεί να κάνει το ίδιο και με ένα. Αρκεί μια μικρή επέμβαση στο λογισμικό του. Είναι προφανής λοιπόν ο λόγος, που οι συσκευές αυτές έχουν αντικαταστήσει τα πολύπλοκα συστήματα συμβατικών αυτοματισμών. Τα τελευταία χρόνια τα PLC έχουν αρχίσει να κατακλύζουν και την αγορά των οικιακών (μίκρο) συσκευών.

Στο σχήμα 2.1 φαίνεται ένα παραδοσιακό σύστημα αυτοματισμού, βασισμένο σε ηλεκτρονόμους και πιεστικούς διακόπτες, πως μπορεί να επιτευχθεί με ένα PLC. Στην πρώτη περίπτωση, οποιαδήποτε αλλαγή απαιτεί νέα καλωδίωση και ενδεχομένως κάποια άλλα υλικά. Στη δεύτερη περίπτωση, αρκεί μια αλλαγή στο πρόγραμμα του για να επιτευχθεί το ίδιο ακριβώς αποτέλεσμα.



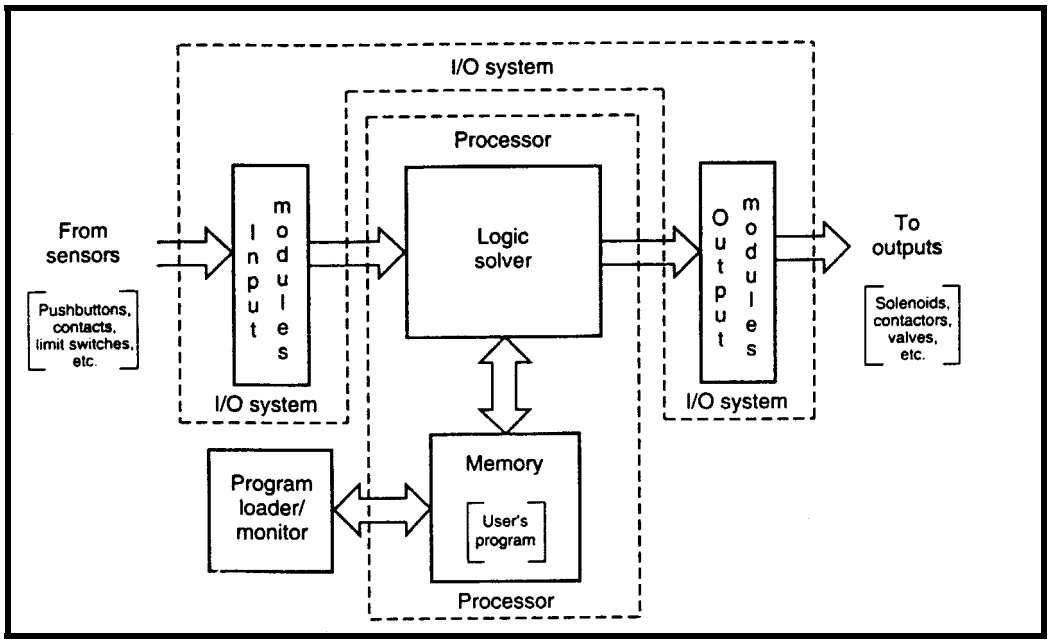
Σχ2.1 Παράδειγμα αυτοματισμού στο οποίο φαίνεται το πως μπορούν να ελεγχθούν δύο κινητήρες με συμβατικό τρόπο (με διακόπτες και ηλεκτρονόμους) και με ηλεκτρονικό τρόπο μέσω PLC.

Ένα PLC αποτελείται από μια CPU, από περιοχές μνήμης και από κατάλληλα κυκλώματα για τη λήψη και αποστολή σημάτων εισόδου/εξόδου. Οι κυριότερες λειτουργίες ενός PLC είναι οι εξής:

- Προγραμματίζεται από το χρήστη πολλαπλές φορές, δηλαδή δε χρειάζεται η μεσολάβηση του κατασκευαστή προκειμένου να γίνουν αλλαγές στο πρόγραμμα.
- Περιλαμβάνει έτοιμες ρουτίνες (χρονισμού, ψηφιακής λογικής, μετρητών και άλλες), στις οποίες ο χρήστης έχει δυνατότητα πρόσβασης.
- Το PLC κατά τη λειτουργία του διαβάζει διαδοχικά τη μνήμη, τις εισόδους και τις εξόδους με δεδομένη σειρά. Αυτό δίνει στον προγραμματιστή τη δυνατότητα να γνωρίζει με ακρίβεια την απόκριση του συστήματος ελέγχου.

- Παρέχει διαγνωστικά μηνύματα λάθους. Το PLC πραγματοποιεί περιοδικούς εσωτερικούς ελέγχους της λειτουργίας του επεξεργαστή, της μνήμης και των συστημάτων εισόδου-εξόδου.
- Δίνεται η δυνατότητα απεικόνισης των καταστάσεων των μεταβλητών, των εισόδων και των εξόδων στην οθόνη, σε πραγματικό χρόνο, κατά την εκτέλεση του προγράμματος.
- Το περίβλημα του PLC το προστατεύει από υγρασία, δονήσεις, θόρυβο και υψηλές θερμοκρασίες.
- Τέλος, το PLC παρέχει δυνατότητα προγραμματισμού γενικής χρήσεως, δηλαδή, δεν είναι σχεδιασμένο για εξειδικευμένες εφαρμογές .

Ένα απλοποιημένο μοντέλο ενός PLC απεικονίζεται στο σχήμα 2.2



Σχήμα 2.2 Διάγραμμα λειτουργίας PLC.

Οι μετατροπείς εισόδου μετατρέπουν τα σήματα εισόδου που προέρχονται από αντίστοιχες συσκευές, σε λογικά σήματα τα οποία μπορούν να διαβαστούν απευθείας από τον επεξεργαστή των PLC. Ο επεξεργαστής του PLC στη συνέχεια, διαβάζει τις εισόδους και καθορίζει τις καταστάσεις εξόδου με βάση τη λογική του προγράμματος που έχει εισάγει ο χρήστης. Οι μονάδες εξόδου μετατρέπουν τα σήματα εξόδου του επεξεργαστή σε σήματα κατάλληλα για τις συσκευές εξόδου.

2.4 Δομή του PLC

2.4.1 Hardware (Υλικό μέρος)

Με τον όρο Hardware εννοούμε το ΄΄ηλεκτρονικό΄΄ μέρος της συσκευής, το οποίο δέχεται, επεξεργάζεται και αποστέλλει στην έξοδο τα κατάλληλα σήματα, τα οποία με τη σειρά τους θα ενεργοποιήσουν τις κατάλληλες βαθμίδες σε μια διαδικασία αυτοματισμού. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι βασικότερες βαθμίδες που συγκροτούν ένα PLC.

2.4.1.1 Το πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων.

Αρκετοί τύποι PLC φέρουν ένα πλαίσιο επάνω στο οποίο τοποθετούνται όλες οι επιμέρους βαθμίδες που το συγκροτούν. Σε αυτό το πλαίσιο είναι επίσης ενσωματωμένο και το σύστημα ζυγών, δηλαδή το σύστημα των αγωγών μέσω των οποίων επικοινωνούν οι διάφορες βαθμίδες για την τροφοδοσία τους αλλά και για την απαραίτητη ανταλλαγή πληροφοριών.

2.4.1.2 Τροφοδοτικό

Η μονάδα τροφοδοσίας έχει ως σκοπό την εξασφάλιση των απαιτούμενων εσωτερικών τάσεων τροφοδοσίας των ηλεκτρονικών στοιχείων (τρανζίστορ, ολοκληρωμένα κ.τ.λ.) που συνθέτουν ένα PLC. Τυπικές εσωτερικές τάσεις που χρησιμοποιούνται είναι: 5V DC, 9V DC, 24V DC.

Η κάρτα τροφοδοσίας δεν παράγει την απαιτούμενη τάση χειρισμού για εξωτερικές επαφές, ρελέ, ενδεικτικές λυχνίες κ.λ.π. Για την τροφοδοσία των παραπάνω υπάρχουν χωριστά κυκλώματα τα οποία είναι συνήθως γαλβανικά απομονωμένα από την υπόλοιπη συσκευή (L+, L-).

Ανάλογα με τον τύπο των καρτών εισόδων-εξόδων, η τάση αυτή δημιουργείται είτε από ιδιαίτερο τροφοδοτικό, για τάση χειρισμού 24V DC είτε από μετασχηματιστή, για τάση χειρισμού 115/220V. Υπάρχει η δυνατότητα ξεχωριστής τάσης χειρισμού για τις εισόδους και τις εξόδους. Για τη γαλβανική απομόνωση των τάσεων χειρισμού εισόδων- εξόδων

,χρησιμοποιούνται οπτοηλεκτρονικά στοιχεία ζεύξης (optocouplers). Αποτελούνται από μία δίοδο, η οποία μετατρέπει το ηλεκτρικό ρεύμα σε φως και από ένα φωτοτρανζίστορ, που λειτουργεί ως διακόπτης, διεγειρόμενο από την ακτινοβολία της διόδου.
Στα κυκλώματα εισόδου, η τάση εξόδου του φωτοτρανζίστορ μετατρέπεται, μέσω κυκλώματος προσαρμογής, σε μια τάση κατάλληλη για επεξεργασία από τη συσκευή (συνήθως 5V). Αντίθετα, στα κυκλώματα εξόδου το κύκλωμα προσαρμογής παράγει το απαραίτητο ρεύμα για τη διέγερση της διόδου. Η τάση που βγαίνει από το φωτοτρανζίστορ, ενισχύεται μέχρι σημείου που να μπορεί να διεγείρει τα διάφορα στοιχεία εντολής (ρελέ ισχύος, βαλβίδες κ.λ.π.). Η τάση λειτουργίας του ενισχυτή, αντιστοιχεί στην εξωτερική τάση χειρισμού του κυκλώματος εξόδου (π.χ. 24 V DC ή 220V AC).

Σχετικά με την τροφοδοσία του PLC, θα πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες προδιαγραφές:

1. Το κάλυμμα της τροφοδοσίας θα πρέπει να είναι κατάλληλο ώστε η θερμότητα που παράγεται από τα τροφοδοτικά κυκλώματα του PLC, κατά την λειτουργία τους, να απάγεται και έτσι να αποφεύγεται η υπερθέρμανση. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος.
2. Η τροφοδοσία θα πρέπει να ελέγχεται από εργαστήρια ή φορείς, όπως το Underwriters Laboratories (UL) και το Canadian Standards Association (CSA), ώστε να πληρούν συγκεκριμένα πρότυπα. Στα προαναφερθέντα εργαστήρια γίνεται έλεγχος της θερμοκρασίας και της ηλεκτρικής απομόνωσης.
3. Η τροφοδοσία θα πρέπει επίσης να πληροί πρότυπα σχετικά με την απομόνωση από ανεπιθύμητο θόρυβο.

2.4.1.3 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit)-CPU, είναι ο ΄΄**εγκέφαλος**΄΄ όλου του συστήματος και έχει ακριβώς την ίδια δομή με τη CPU ενός ψηφιακού Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία που την αποτελούν επιλέγονται πάρα πολύ προσεκτικά, ώστε να πληρούν τις αυστηρότερες προδιαγραφές αξιοπιστίας, δηλαδή, θα πρέπει να λειτουργούν σε ένα αρκετά ευρύ θερμοκρασιακό φάσμα και βέβαια η μηχανική τους στήριξή, θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην διαταράσσεται η λειτουργία τους από συνήθεις κραδασμούς.

Τα δεδομένα εισόδου που επεξεργάζεται μια CPU ενός PLC είναι δυαδικής μορφής και για το λόγο αυτό λέμε συνήθως ότι τα PLCs είναι 1 bit Boolean Processors (επεξεργαστές του 1 bit). Υπάρχουν βέβαια και επεξεργαστές με δυνατότητα επεξεργασίας πολλαπλών bits.

Ο μικροεπεξεργαστής της κεντρικής μονάδας (CPU), αφού δεχθεί τα υπό ψηφιακά σήματα εισόδου, τα επεξεργάζεται και πραγματοποιεί λογικές αποφάσεις σύμφωνα με τις εντολές του προγράμματος που βρίσκεται αποθηκευμένο στην μνήμη του. Η επεξεργασία του προγράμματος γίνεται συνεχώς κυκλικά. Δηλαδή, ο μικροεπεξεργαστής ελέγχει συνεχώς τις διάφορες εισόδους, αν έχουν τάση ή όχι (επαφές κλειστές ή ανοικτές), επεξεργάζεται τις εντολές του προγράμματος και βάσει των λογικών αποφάσεων που λαμβάνει, εξαναγκάζει τις εξόδους να διεγερθούν ή όχι, ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας έτσι τα διάφορα εξωτερικά στοιχεία (ρελέ, βαλβίδες κ.λ.π.) που βρίσκονται συνδεδεμένα σε αυτές. Συνήθως ένα PLC έχει μία μόνο CPU, η οποία όμως μπορεί να εξυπηρετεί ταυτόχρονα πολλές εισόδους και εξόδους.

Η μνήμη των επεξεργαστών των PLC μπορεί να είναι είτε πτητική είτε μη πτητική. Πτητική είναι η μνήμη η οποία χάνει το περιεχόμενο της όταν σταματήσει η τροφοδοσία (όπως για παράδειγμα η μνήμη RAM). Παρακάτω αναφέρονται μερικοί από τους πιο συνήθεις τύπους μνήμης:

- **Battery-Backed-Up CMOS RAM:** Είναι ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος τύπος μνήμης. Παρόλο που οι περισσότερες μνήμες τυχαίας προσπέλασης είναι πτητικές, οι μνήμες τύπου CMOS καταναλώνουν τόσο λίγη ενέργεια που μια μικρή μπαταρία αρκεί για την ανάκτηση των δεδομένων σε περίπτωση απώλειας τροφοδοσίας. Αυτές οι μπαταρίες ποικίλουν όσο αφορά τον χρόνο ζωής τους. Μπαταρίες με μικρό χρόνο ζωής είναι οι αλκαλικές και οι μπαταρίες υδραργύρου οι οποίες αντικαθίστανται περιοδικά (από 6 μήνες έως ένα έτος). Αντίθετα, υπάρχουν και μπαταρίες με μεγάλο χρόνο ζωής, όπως οι μπαταρίες λιθίου οι οποίες αντικαθίστανται κάθε 10 χρόνια καθώς και επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, όπως οι μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου και Μολύβδου.

- **EPROM Memory:** Αυτός ο τύπος μνήμης είναι ηλεκτρικά προγραμματιζόμενος μόνο για ανάγνωση. Προγραμματίζεται με ηλεκτρικούς παλμούς και τα δεδομένα του μπορούν να χαθούν μόνο αν εκτεθούν σε υπεριώδη ακτινοβολία και για το λόγο αυτόν λέγονται και UV-EPROM.

- **EEPROM Memory:** Αυτός ο τύπος μνήμης είναι όπως και ο προηγούμενος, με τη διαφορά ότι μπορεί να χάσει τα περιεχόμενα της είτε με υπεριώδη ακτινοβολία είτε με ηλεκτρικούς παλμούς.

2.4.1.4 Μονάδες εισόδου – εξόδου

Οι μονάδες εισόδου – εξόδου αποτελούν το μέσο σύνδεσης των διαφόρων μηχανών ή διεργασιών με τη CPU. Κάθε μονάδα εισόδου ή εξόδου μπορεί να δεχτεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο τάσης ή έντασης, κυμαινόμενης από 24V DC μέχρι 220V AC.

Οι αγωγοί σύνδεσης (καλώδια) από τα αισθητήρια (sensors) της παραγωγικής διαδικασίας συνδέονται στις κλέμες των μονάδων εισόδου (INPUT MODULES). Αντίστοιχα, τα καλώδια που πηγαίνουν προς τους **ενεργοποιητές (actuators)** συνδέονται στις κλέμες των μονάδων εξόδου (OUTPUT MODULES).

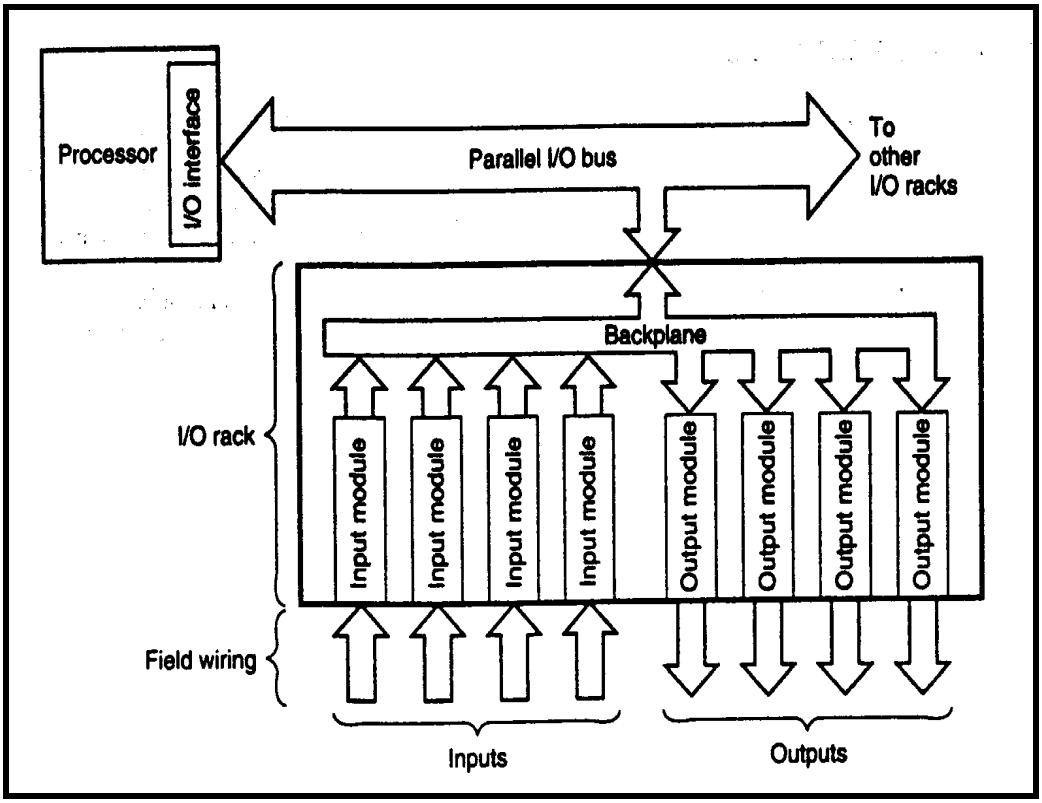
Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής αντιλαμβάνεται ότι ένα αισθητήριο είναι ανοικτό ή κλειστό από το αν εμφανίζεται ή όχι τάση στην αντίστοιχη κλέμα εισόδου. Επίσης, αν από το πρόγραμμα δοθεί εντολή για διέγερση π.χ. μιας βαλβίδας, τότε κλείνει ο διακόπτης ή εμφανίζεται τάση στην αντίστοιχη κλέμα εξόδου. Η τάση αυτή μπορεί να παρέχεται είτε από τη μονάδα τροφοδοσίας του PLC είτε από κατάλληλο τροφοδοτικό DC ή μετασχηματιστή τάσης χειρισμού (AC).

Τα συστήματα εισόδων-εξόδων των PLC διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Άμεσο Σύστημα I/O *(Direct I/O Systems).*** Αυτός ο τύπος συστημάτων χρησιμοποιείται σε μικρά PLC, τα οποία διαθέτουν συγκεκριμένο πλήθος εισόδων/εξόδων στο ίδιο πακέτο με τον επεξεργαστή και αναφέρονται συχνά ως εσωτερικές είσοδοι-έξοδοι I/O *(Internal I/O)*. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των άμεσων συστημάτων είναι η οικονομικότητά τους.

- **Παράλληλα Συστήματα *(Parallel I/O System).*** Σε ένα παράλληλο σύστημα, ένας δίαυλος ανεξαρτήτων μονάδων I/O είναι συνδεδεμένος στο τμήμα εισόδων – εξόδων του επεξεργαστή. Οι μονάδες αυτές περιλαμβάνουν κατάλληλα κυκλώματα για την αποκωδικοποίηση των σημάτων του διαύλου και τη μετατροπή τους σε επίπεδα τάσης τα οποία μπορούν να οδηγήσουν τα φορτία. Κάθε μια από αυτές τις μονάδες έχει έναν ορισμένο αριθμό σημείων εισόδων ή

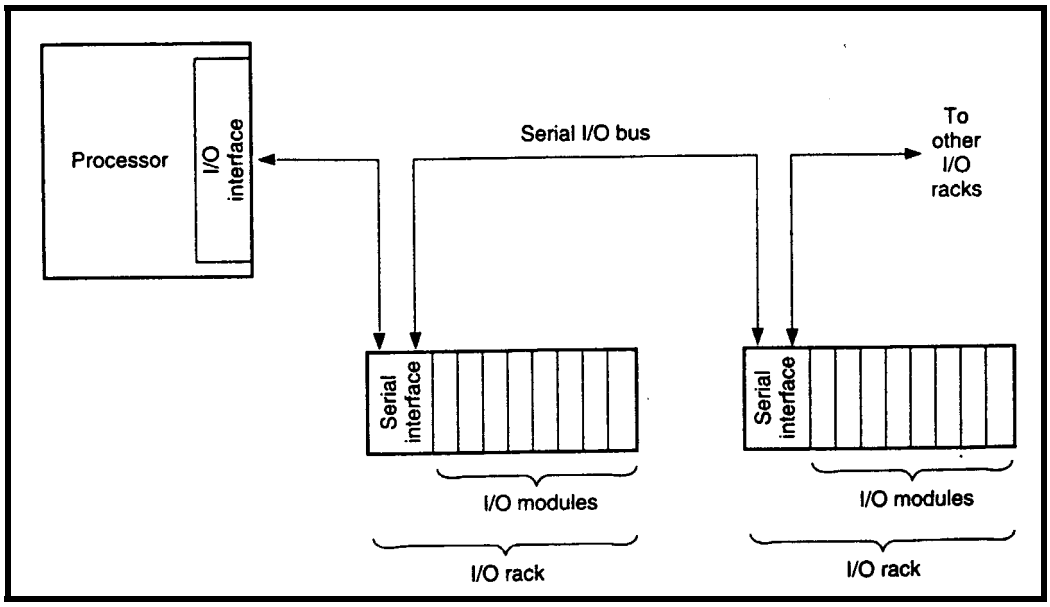
εξόδων, που λέγεται συναρμολογησιμότητα *(modularity)*. Τα περισσότερα συστήματα εισόδων-εξόδων παρουσιάζουν συναρμολογησιμότητα των 4, 8, 16 και 32 σημείων. Ένα παράδειγμα παράλληλου συστήματος απεικονίζεται στο διάγραμμα του σχήματος 2.3.



Σχ.2.3 Παράλληλο σύστημα I/O

- **Σειριακό Σύστημα *(Serial I/O System):*** Το σειριακό σύστημα παρουσιάζει το πλεονέκτημα της μετάδοσης των δεδομένων εισόδου-εξόδου, σε μεγάλες αποστάσεις, δηλαδή από 300m έως 3000m, σε αντίθεση με το παράλληλο σύστημα, το οποίο μπορεί να επεκτείνει το δίαυλο εισόδου-εξόδου σε απόσταση μικρότερη από 15m. Αυτό σημαίνει ότι αν η απαιτούμενη απόσταση είναι, για παράδειγμα, 30m, τότε θα χρειαζόμασταν 2 PLC με παράλληλο σύστημα εισόδου – εξόδου. Ένας σειριακός δίαυλος μπορεί να συνδεθεί με έναν παράλληλο μέσω κατάλληλου μετατροπέα.

Ένα παράδειγμα σειριακού συστήματος απεικονίζεται στο διάγραμμα του σχήματος 2.4.



Σχ.2.4 Σειριακό σύστημα I/O.

Τα PLC τελευταίας τεχνολογίας, περιλαμβάνουν αμιγώς σειριακά συστήματα εισόδου-εξόδου, τα οποία έχουν μικρότερο κόστος. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί σε εφαρμογές κατά τις οποίες προσπελαύνονται και οι δύο δίαυλοι εισόδου-εξόδου, αντί μόνο ο ένας. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα το σειριακό σύστημα να είναι πιο αργό από ένα παράλληλο. Ένα ακόμα μειονέκτημα των σειριακών συστημάτων είναι ότι μπορεί να αποσυγχρονιστούν από τη λογική σάρωση *(logic scanning)* των εισόδων-εξόδων, με αποτέλεσμα να μη μπορούν να προβλεφθούν οι αποκρίσεις εισόδων και εξόδων σε σήματα ταχέως μεταβαλλόμενα.

2.4.2 Software (Λογισμικό)

Ο προγραμματισμός των PLC δεν απαιτεί κάποια ανώτερη γλώσσα προγραμματισμού, αλλά μια από τις ακόλουθες

- με βάση το γνωστό στους ηλεκτρολόγους συνδεσμολογικό σχέδιο με επαφές, χρονικά κ.τ.λ. (διάγραμμα **LADDER**).
- με λογικό διάγραμμα (Function Block Diagram-**FBD**)
- με τη γλώσσα **STL** (Statement List)

Οι κανόνες προγραμματισμού δίδονται από τον κανονισμό **DIN 19239.**

2.5 Συσκευή προγραμματισμού

Με τη συσκευή προγραμματισμού μπορούμε να γράφουμε και να διορθώνουμε προγράμματα, να τα μεταφράζουμε σε γλώσσα μηχανής PLC, να τα μεταφέρουμε (download) σε αυτό και να τα ελέγχουμε.

2.5.1 Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (Personal Computer - PC)

Ο προσωπικός υπολογιστής χρησιμοποιείται για να γράφουμε ένα πρόγραμμα, να το διορθώνουμε και να το μεταφέρουμε μεταφρασμένο στο PLC.

2.5.2 Φορητές Συσκευές Προγραμματισμού (Pocket Programmers)

Οι φορητές συσκευές προγραμματισμού ("προγραμματίστριες") χρησιμοποιούνται κυρίως για τον επιτόπιο έλεγχο της καλής λειτουργίας του αυτοματισμού, για απ' ευθείας προγραμματισμό, όταν έχουμε μικρά προγράμματα, αλλά και για να κάνουμε μικροδιορθώσεις στο ήδη υπάρχον πρόγραμμα. Αυτού του είδους οι συσκευές πλέον τείνουν να εξαλειφθούν, λόγω της προσιτότητας των φορητών υπολογιστών (Laptops).

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του PLC (runtime mode) η "προγραμματίστρια" δεν είναι πλέον απαραίτητη. Το PLC είναι ικανό από μόνο του, κρατώντας στην μνήμη το πρόγραμμα, να "εκτελεί" τον αυτοματισμό. Για αυτό, οι διάφορες κατασκευάστριες εταιρίες κατασκευάζουν τη συσκευή προγραμματισμού ως ξεχωριστή μονάδα, που ενσωματώνεται ή συνδέεται καλωδιακά με τη μονάδα του PLC, κάθε φορά που θέλουμε να το προγραμματίσουμε. Κατόπιν αποσυνδέεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό κάποιου άλλου PLC ή για την αλλαγή του προγράμματος του ίδιου PLC .

2.6 Ψηφιακή Λογική του PLC

Όπως προαναφέρθηκε, κάθε ψηφιακή μηχανή έχει τη δυνατότητα να παίρνει λογικές αποφάσεις και να αποθηκεύει πληροφορίες. Για να πραγματοποιηθούν όμως αυτές οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων καθώς και οι μονάδες αποθήκευσης, είναι απαραίτητη η κατασκευή Λογικών Κυκλωμάτων, η σχεδίαση των οποίων βασίζεται στη θεωρία της Μαθηματικής Λογικής.

Όταν λέμε Μαθηματική Λογική, εννοούμε τη μετατροπή νοημάτων και εκφράσεων στη γλώσσα με την οποία επικοινωνούν οι άνθρωποι μεταξύ τους, σε ακριβείς μαθηματικές σχέσεις. Κάθε κείμενο, λοιπόν, μπορεί να χωριστεί σε προτάσεις με στοιχειώδη νοήματα. Ονομάζουμε Λογική Μεταβλητή κάθε μία τέτοια στοιχειώδη πρόταση και την απεικονίζουμε συνήθως με κάποιο κεφαλαίο γράμμα της αλφαβήτου.

Εάν το νόημα που εκφράζει η Λογική Μεταβλητή είναι αληθές, τότε λέμε ότι η αντίστοιχη μεταβλητή έχει πάρει την τιμή ΛΟΓΙΚΟ 1, ενώ αν συμβαίνει το αντίθετο, τότε η αντίστοιχη μεταβλητή έχει πάρει την τιμή ΛΟΓΙΚΟ 0. Οι προτάσεις των στοιχειωδών νοημάτων συνδέονται μεταξύ τους με λέξεις ή μικρές προτάσεις που ονομάζονται Σύνδεσμοι και παριστάνονται με διάφορα σύμβολα, ανάλογα με τη γλώσσα προγραμματισμού του συγκεκριμένου PLC.

Η αντικατάσταση των προτάσεων με τα στοιχειώδη νοήματα και των συνδέσμων με τα αντίστοιχα σύμβολα, έχει ως συνέπεια τη δημιουργία, μιας μαθηματικής έκφρασης του δοθέντος κειμένου, την οποία ονομάζουμε Λογική Συνάρτηση. Κάνοντας χρήση της άλγεβρας Boole, είναι δυνατό να επιτύχουμε την απλοποίηση της δεδομένης συνάρτησης με λιγότερους όρους και μεταβλητές και φυσικά να προσδιορίσουμε διαφορετική σύνδεση των προτάσεων από ότι η αρχική συνάρτηση.

Οι **Σύνδεσμοι,** οι οποίοι αντιστοιχούν στις βασικές συνδετικές λέξεις κειμένου, εκφρασμένοι σε φυσική γλώσσα, είναι:

- ο σύνδεσμος **AND**
- ο σύνδεσμος **OR**
- ο σύνδεσμος **XOR**
- ο σύνδεσμος **NOT**

Κάθε ηλεκτρικό σήμα που έχει τιμές τάσης 0 ή 10V μπορεί να πάρει τις λογικές τιμές 0 ή 1 μιας λογικής μεταβλητής. Είναι λοιπόν δυνατόν, να κατασκευάσουμε ηλεκτρονικά κυκλώματα που θα δέχονται ως εισόδους τέτοια ηλεκτρικά σήματα και θα παράγουν ένα άλλο, ηλεκτρικό σήμα, η κατάσταση του οποίου θα εξαρτάται από τις λογικές τιμές των σημάτων εισόδου και από το είδος του συνδέσμου αυτών των δύο σημάτων.

Τα κυκλώματα (ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά) που πραγματοποιούν τους συνδέσμους **AND, OR** κ.λ.π. είναι γνωστά ως **ΠΥΛΕΣ**. Το κύκλωμα που αντιστοιχεί στον σύνδεσμο **NOT** είναι γνωστό ως **ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ**. Προκειμένου να

επιλύσουμε ένα σύνθετο πρόβλημα αυτοματισμού, απαιτείται η σύνδεση πολλών πυλών μεταξύ τους και το προκύπτον κύκλωμα ονομάζεται **Ψηφιακό Σύστημα Λήψης Αποφάσεων**. Ένα τέτοιο σύστημα είναι και η CPU.

Πιο απλά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η CPU αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό πυλών, που η μεταξύ τους σύνδεση είναι δυνατόν να τροποποιείται ανάλογα με τη φύση του προβλήματος, έτσι ώστε στις εξόδους τους να λαμβάνονται τα συμπεράσματα των διαφορετικών τρόπων σύνδεσης κάποιων στοιχειωδών προτάσεων. Η τροποποίηση της συνδεσμολογίας των πυλών μπορεί επίσης να επιτευχθεί με τη διέγερση σημάτων δύο καταστάσεων. Όταν κάποιο συγκεκριμένο σήμα βρίσκεται στην ενεργό κατάσταση π.χ. 5V, τότε γίνεται η σύνδεση κάποιων πυλών με κάποιες άλλες. Αυτή η σύνδεση διακόπτεται όταν το σήμα μηδενιστεί.

Το σύνολο των τιμών αυτών των σημάτων, που καθορίζουν τη διαφορετική διασύνδεση των πυλών, αποτελεί το **Πρόγραμμα** του υπολογιστή. Αν θεωρήσουμε ως ενεργό (ανενεργό) κατάσταση του σήματος την τιμή 1(0), τότε μπορούμε να αντιστοιχήσουμε ένα δυαδικό αριθμό στις καταστάσεις στις οποίες πρέπει να βρεθούν τα σήματα ελέγχου σε μία δεδομένη χρονική στιγμή. Τότε, λοιπόν, λέμε ότι έχουμε γράψει μια Εντολή Προγράμματος σε **Γλώσσα Μηχανής**. Ο προγραμματισμός ενός οποιουδήποτε υπολογιστικού συστήματος, στηρίζεται στην καταγραφή όλων αυτών των διαδοχικών δυαδικών αριθμών, οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο επιθυμούμε να διασυνδέσουμε χρονικά τα στοιχειώδη νοήματα.

Τότε λοιπόν, τα σήματα εξόδου της CPU θα προσδιορίζουν την ορθότητα ή μη των λειτουργιών, που αντιστοιχούν στα σύνθετα νοήματα που προέκυψαν από τις διάφορες διαδοχικές διασυνδέσεις των στοιχειωδών νοημάτων. Η εξεύρεση και η καταγραφή αυτών των δυαδικών αριθμών ή των κωδικών (όπως λέγονται στην ορολογία των υπολογιστών) είναι μια επίπονη διαδικασία. Για να επιταχυνθεί η σύνταξη προγραμμάτων μεγάλης λογικής πολυπλοκότητας, ο υπολογιστής έχει μόνιμα γραμμένο στη μνήμη του ένα πρόγραμμα σε Γλώσσα Μηχανής, το οποίο μπορεί να δέχεται κείμενο γραμμένο με συντακτικούς κανόνες και χαρακτήρες, που είναι μεν περιορισμένοι, αλλά είναι παρόμοιοι με τους αντίστοιχους κανόνες και χαρακτήρες της αντίστοιχης ανθρώπινης γλώσσας. Αυτό το κείμενο λέμε ότι είναι γραμμένο σε γλώσσα Υψηλού Επιπέδου (π.χ. Fortran, Pascal, C κ.λ.π.)

Το μόνιμο πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής, μεταφράζει το πρόγραμμα γλώσσας υψηλού επιπέδου σε ένα πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής, το οποίο μπορεί να

αντιληφθεί ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής. Στη συνέχεια ο υπολογιστής εκτελεί αυτό το πρόγραμμα και καταλήγει στα συμπεράσματά του, τα οποία με την αντίθετη ακριβώς διαδικασία μεταφράζονται σε συμβολισμούς, τους οποίους μπορεί να κατανοήσει ο άνθρωπος. Η σχεδίαση ενός κυκλώματος αυτοματισμού γίνεται, συνήθως, κατευθείαν σε διάγραμμα διασυνδεδεμένων επαφών ηλεκτρονόμων και πηνίων (ηλεκτρικό διάγραμμα). Η μετάφραση αυτών των σχεδίων σε πρόγραμμα γλώσσας υψηλού επιπέδου, είναι μια σύνθετη και επίπονη προσπάθεια.

Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC) με την παραπάνω μορφή συμβόλων, λέμε ότι είναι προγραμματισμένος σε γλώσσα **LADDER** logic. Η κατασκευή της μνήμης στην οποία αποθηκεύεται το πρόγραμμα, βασίζεται σε ένα σημαντικό ηλεκτρονικό στοιχείο, το γνωστό **FLIP – FLOP** ή κύκλωμα δύο καταστάσεων. Κύριο χαρακτηριστικό αυτού του κυκλώματος είναι ότι στην έξοδό του **Q** διατηρεί τη λογική τιμή 1 μιας μεταβλητής, που ενεργοποίησε την είσοδό του **D** σε κάποια προηγούμενη χρονική στιγμή, και καθορίστηκε από ένα άλλο ηλεκτρικό σήμα, που προήλθε από το CLOCK.

Αν συνδεθούν εν σειρά πολλά **FLIP – FLOP,** έτσι ώστε να μπορούν να δέχονται ταυτόχρονα τις μεταβολές πολλών λογικών μεταβλητών που κάθε δυαδικό ψηφίο τους αντιστοιχεί στην τιμή που είχε κάποια μεταβλητή σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, οι λεγόμενοι **ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΕΣ (registers).** Ομοίως, η εν σειρά τοποθέτηση πολλών καταχωρητών σχηματίζει τη **ΜΝΗΜΗ.** Κάθε εντολή, λοιπόν, του προγράμματος, που είναι ουσιαστικά μία δυαδική λέξη, αποθηκεύεται σε διαφορετικό καταχωρητή.

Ο προσδιορισμός του συγκεκριμένου καταχωρητή γίνεται με τη βοήθεια πρόσθετων κυκλωματικών διατάξεων που συνδέονται με τους καταχωρητές και ονομάζονται **ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ.** Οι παραπάνω επιτρέπουν τον προσδιορισμό (με την βοήθεια ενός άλλου δυαδικού αριθμού ο οποίος αποθηκεύεται σε έναν πρόσθετο καταχωρητή) της θέσης του συγκεκριμένου καταχωρητή στον οποίο είναι αποθηκευμένη η εκάστοτε εντολή του προγράμματος. Οι δυαδικοί αριθμοί που καθορίζουν την θέση κάθε καταχωρητή και επιτρέπουν την ανάγνωση του περιεχομένου τους σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, ονομάζονται **ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ.** Τους αριθμούς αυτούς τους παράγει η ίδια η CPU κάθε φορά που τελειώνει μια εντολή και αρχίζει η επόμενη.

2.7 Στοιχεία του προγραμματισμού ενός PLC

Το κύριο έργο που επιτελούν οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές, είναι η προσομοίωση των λειτουργιών τις οποίες εκτελούν τα ρελέ στιγμιαίας λειτουργίας και χρονικής καθυστέρησης, καθώς επίσης και μία σειρά από άλλες δευτερεύουσες λειτουργίες.

Οι διάφοροι κατασκευαστές χρησιμοποιούν διαφορετικά σύμβολα για τον προγραμματισμό του PLC. Επίσης διαφορετικοί μπορεί να είναι και οι νόμοι βάσει των οποίων γίνεται η σύνδεση των μεταξύ τους στοιχείων. Στα περισσότερα όμως PLC, συναντάμε σύμβολα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρολογικά διαγράμματα με ρελέ, σύμφωνα με τη Γερμανική ή Αμερικάνικη τυποποίηση.

Το μέγεθος των προγραμμάτων που μπορούν να αποθηκευτούν στη μνήμη του PLC, εξαρτάται από τη χωρητικότητα της και από τον αριθμό των καταχωρητών που απαιτούνται για την αποθήκευση των κωδικών κάθε συμβόλου του προγράμματος. Φυσικά, σε ένα πρόγραμμα δεν χρησιμοποιούμε μόνο επαφές, αλλά και άλλα σύμβολα, ορισμούς κ.λ.π. τα οποία καταλαμβάνουν και αυτά θέσεις μνήμης. Σήμερα, το κόστος της μνήμης έχει ελαχιστοποιηθεί, έχοντας ως συνέπεια την αύξηση της μνήμης των PLC και της δυνατότητας αποθήκευσης ολοένα και μεγαλύτερων προγραμμάτων. Ο ακριβής προσδιορισμός του μεγέθους ενός προγράμματος είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία και γι΄ αυτό το λόγο, στην πράξη, οι συσκευές προγραμματισμού του PLC υπολογίζουν και παρουσιάζουν στον χρήστη το ακριβές υπόλοιπο της μνήμης το οποίο είναι διαθέσιμο.

Όλες οι λειτουργίες, οι οποίες περιγράφονται στο πρόγραμμα, εκτελούνται από το PLC κυκλικά. Πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα, ότι το PLC αρχίζει να μεταφέρει δεδομένα προς τις εξωτερικές συσκευές μόνο αφού έχει προηγουμένως εκτελέσει όλο το πρόγραμμα. Ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση του προγράμματος μία φορά, ονομάζεται Scan Time ή ΧΡΟΝΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ και είναι συνήθως της τάξης των 10 έως 20 ms. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι αν, κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος, αλλάξει η κατάσταση κάποιου εξωτερικού διακόπτη, αυτή θα γίνει αντιληπτή μετά την πάροδο κάποιου χρονικού διαστήματος, το οποίο όμως θα είναι πάντα μικρότερο από το διπλάσιο του χρόνου σάρωσης. Μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι αυτός ο χρόνος είναι συγκρίσιμος με τον χρόνο διέγερσης μιας επαφής ενός ρελέ. Πολλές φορές όμως, συμβαίνει να είναι μικρότερος από το συνολικό χρόνο που απαιτείται από ένα πολύπλοκο σύστημα αυτομάτου ελέγχου για να παραχθεί μια εντολή ελέγχου, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν πολλές επαφές ρελέ στη σειρά.

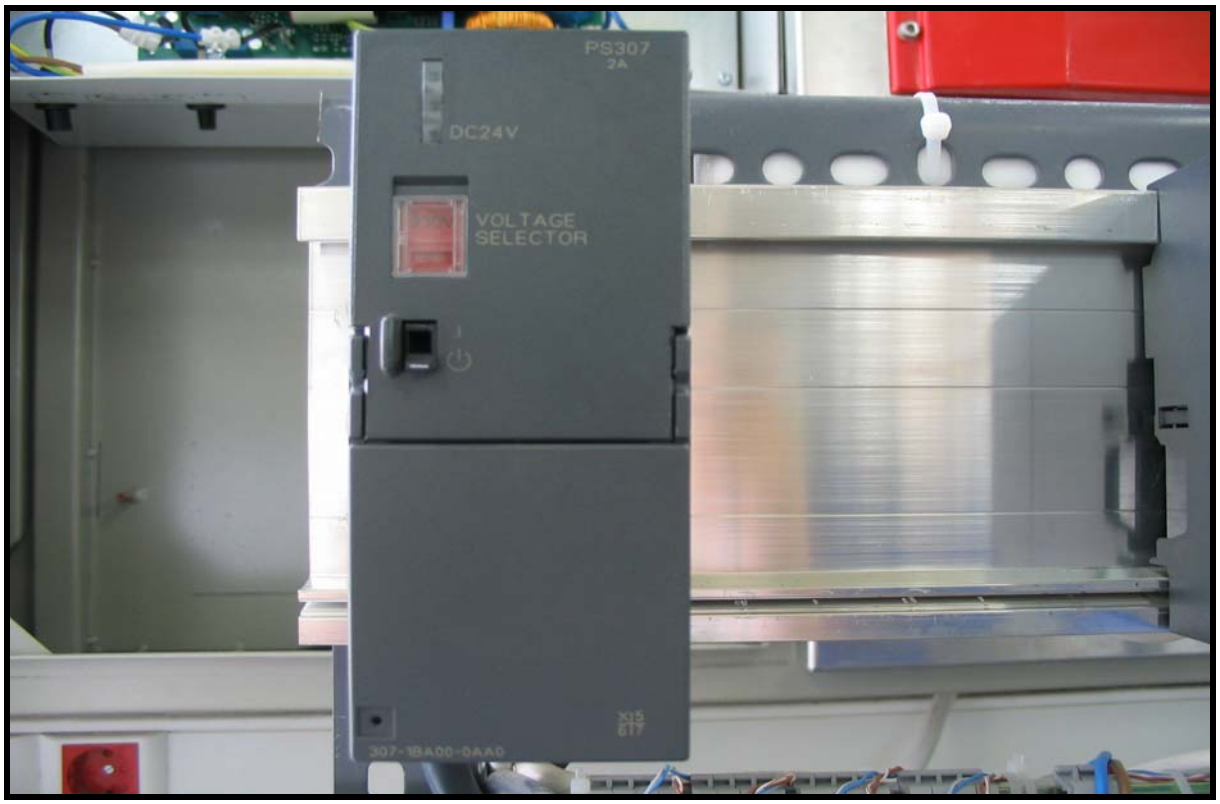
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ PLC ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΑΣ

Το PLC που χρησιμοποιήσαμε στην εφαρμογή μας είναι το **SIMATIC S7-300** της εταιρίας **SIEMENS**. Αναλυτικότερα η δομή του συγκεκριμένου PLC έχει ως εξής:

3.1 Τροφοδοτικό

Το τροφοδοτικό του συγκεκριμένου PLC είναι το **PS 307 2A** (*307-1BA00-0AA0*), το οποίο δέχεται τάση **110-230V** και παράγει τάση **24V DC**, ικανή να τροφοδοτήσει τις επιμέρους συσκευές που θα συνδεθούν σε αυτό. Το εν λόγω τροφοδοτικό φαίνεται στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1 Τροφοδοτικό PLC

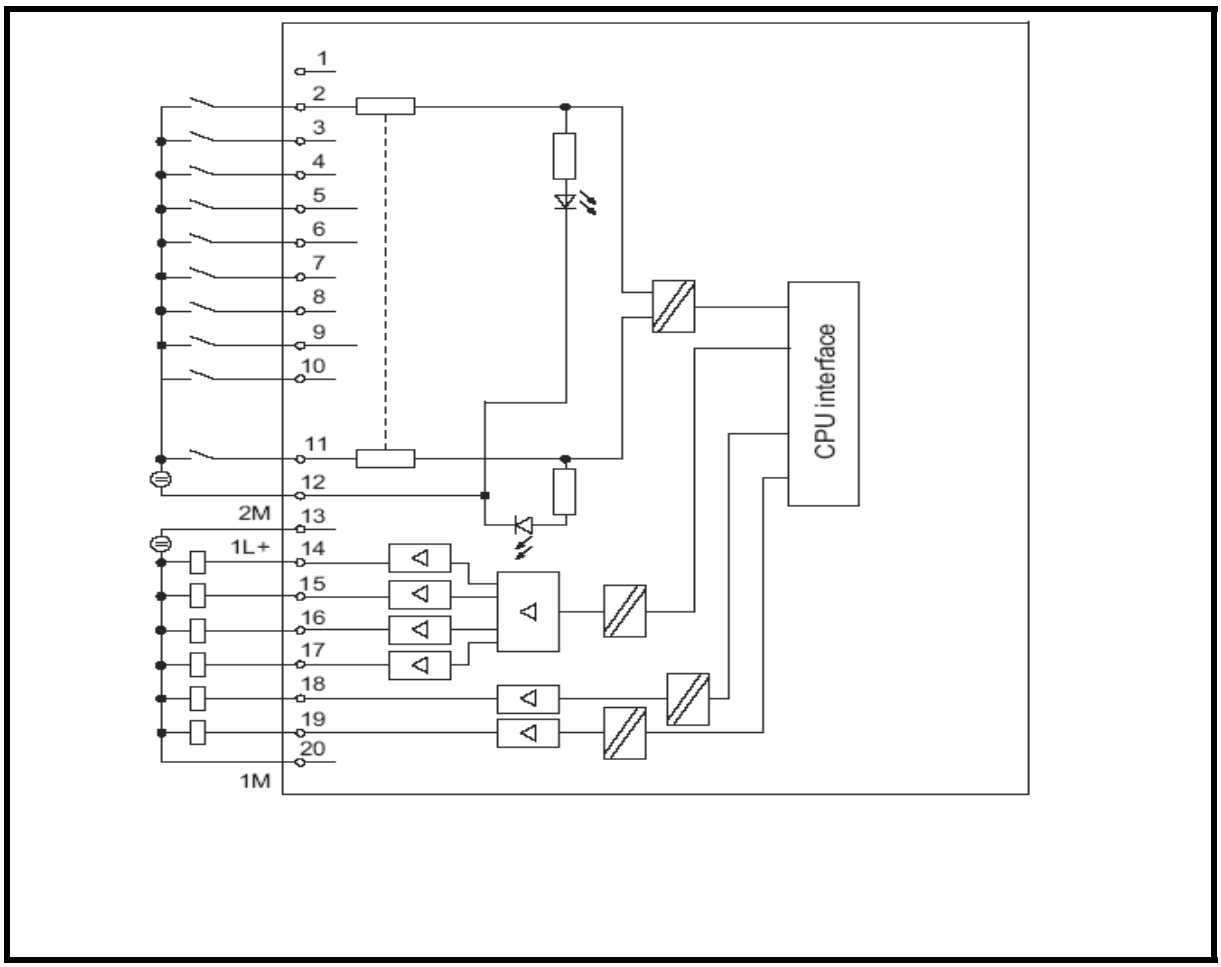
3.2 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας του συγκεκριμένου PLC είναι η **CPU 312C** (*312-5BD00-0AB0*) και φαίνεται στο σχήμα 3.2.

Σχήμα 3.2. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας

Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω σχήμα, το συγκεκριμένο PLC εκτός από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, έχει ενσωματωμένη και μία κάρτα **10 ψηφιακών εισόδων και 6 ψηφιακών εξόδων**.

Στο σχήμα 3.3 φαίνεται η συνδεσμολογία της κάρτας, η τροφοδοσία της, καθώς και οι επιμέρους ηλεκτρονικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται.

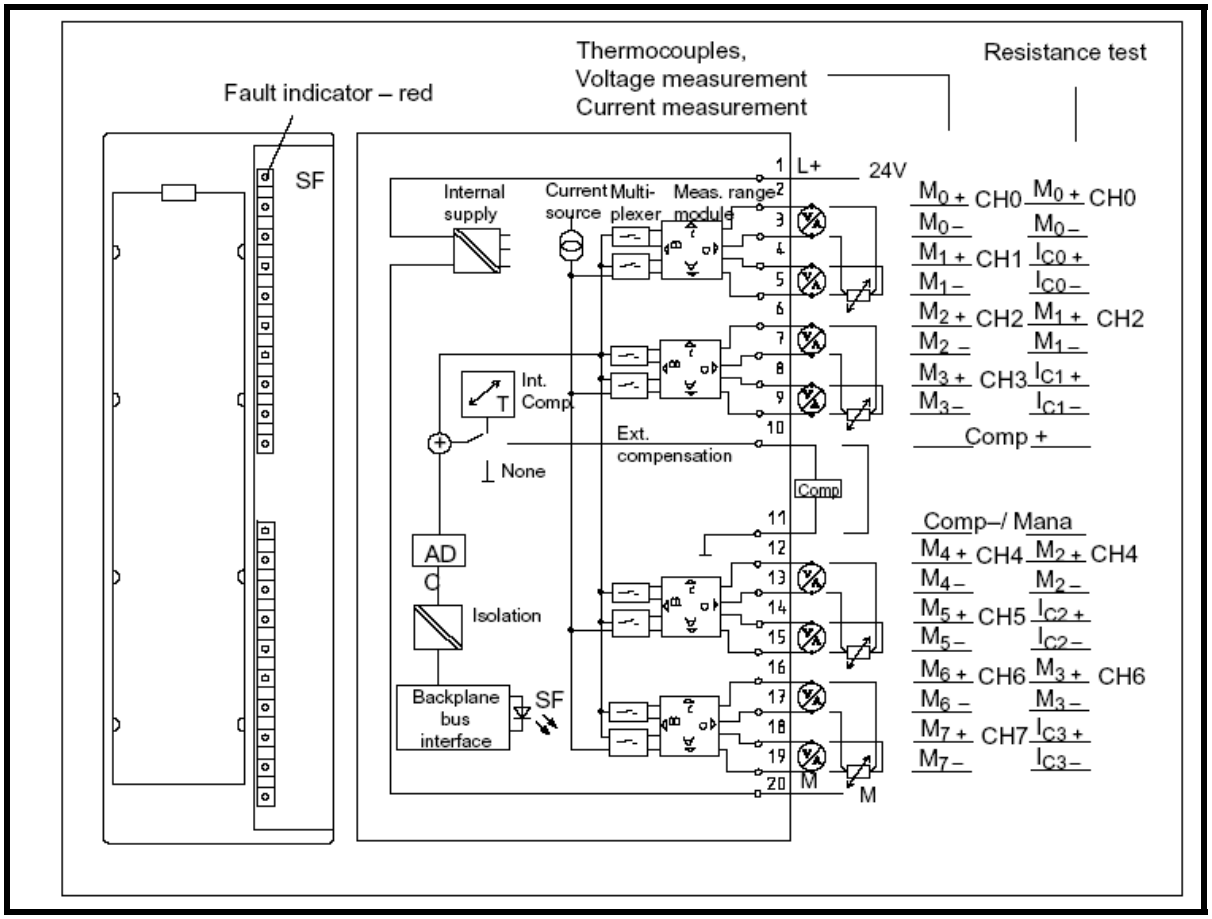


Σχήμα 3.3.Συνδεσμολογία ενσωματωμένης κάρτας ψηφιακών εισόδων/εξόδων

3.3 Αναλογική κάρτα 8 εισόδων (8A.I.)

Αμέσως μετά την CPU, με την ενσωματωμένη ψηφιακή κάρτα των 10 εισόδων - 6 εξόδων, ακολουθεί **μια κάρτα 8 αναλογικών εισόδων,** της σειράς **SM331** (*331-7KF01-0AB0*).

Στο σχήμα 3.4 φαίνεται η συνδεσμολογία της κάρτας, η τροφοδοσία της, καθώς και οι επιμέρους ηλεκτρονικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται

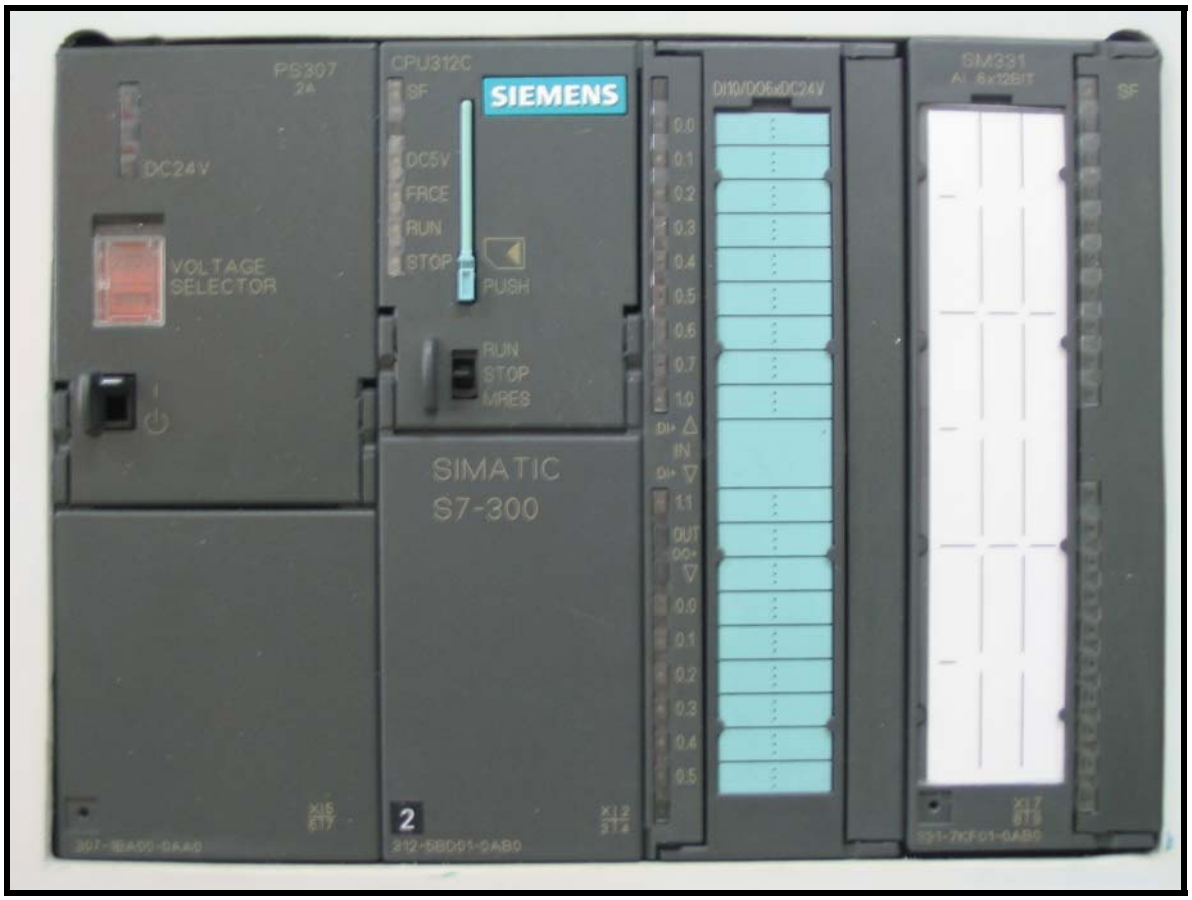


Σχήμα 3.4. Συνδεσμολογία κάρτας αναλογικών εισόδων

Με απλή σύγκριση φαίνεται η πολυπλοκότητα της κατασκευής της συγκεκριμένης κάρτας σε σχέση με την ψηφιακή κάρτα η οποία παρουσιάστηκε προηγουμένως. Η πολυπλοκότητα αυτή, οφείλεται στην ανάγκη μετατροπής των εισερχομένων αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά (βλ. Σχ.3.4), ώστε να καταστεί δυνατή η επεξεργασία τους από το PLC.

Στο σχήμα 3.5 φαίνεται πλέον ολοκληρωμένο το PLC της εφαρμογής μας, περιλαμβάνοντας τα παρακάτω μέρη από αριστερά προς τα δεξιά:

- Τροφοδοτικό **PS 307 2A** (*307-1BA00-0AA0*).
- Κεντρική μονάδα επεξεργασίας **CPU 312C** (*312-5BD00-0AB0*), με ενσωματωμένη κάρτα 10 ψηφιακών εισόδων-6 ψηφιακών εξόδων.
- Αναλογική κάρτα 8 εισόδων **SM331** (*331-7KF01-0AB0*).



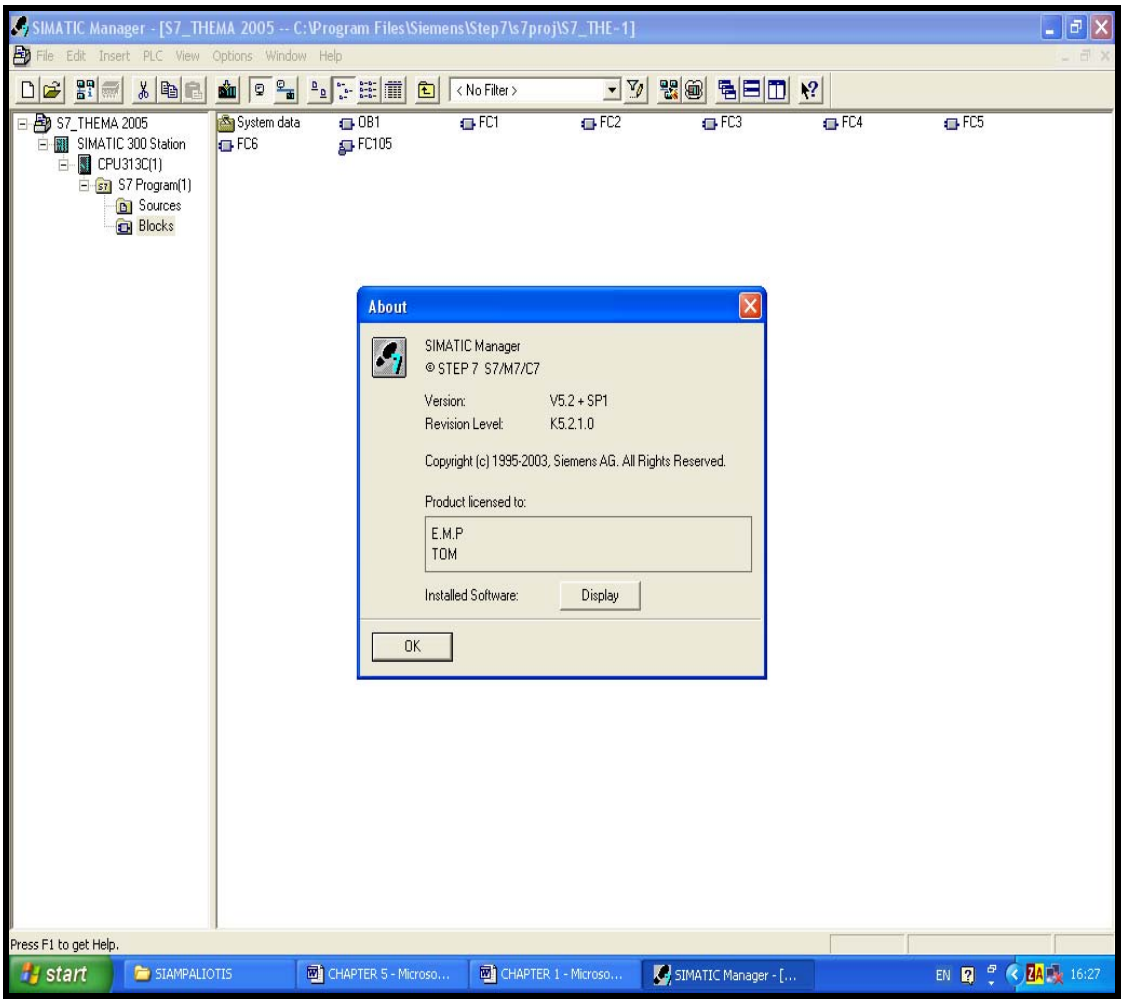
Σχήμα 3.5.Ολοκληρωμένη άποψη του PLC

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SIMATIC MANAGER

4.1 Περιγραφή του περιβάλλοντος Step 7.

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής που διαθέτουμε προγραμματίζεται με χρήση του λογισμικού STEP 7 της Siemens στο παραθυρικό περιβάλλον Simatic Manager. Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση V5.2. μαζί με το service pack SP1.



Σχήμα 4.1

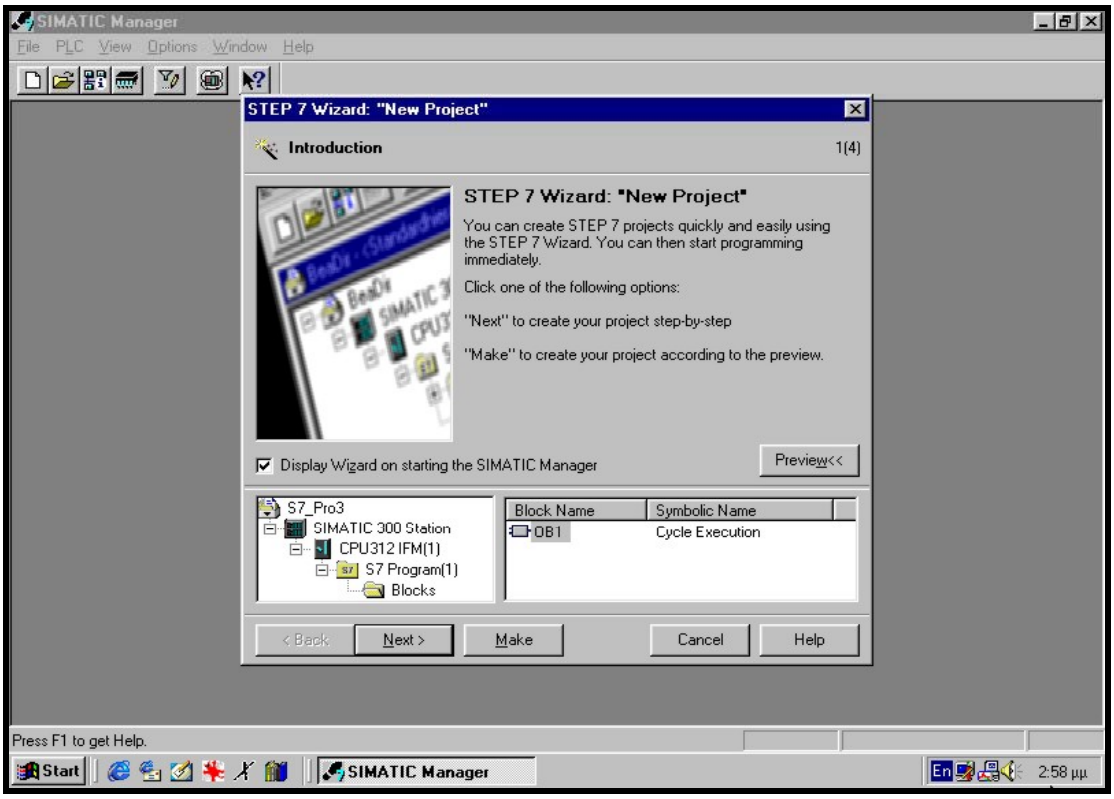
Το περιβάλλον εργασίας Simatic Manager.Ο προγραμματισμός του PLC μπορεί να γίνει σε τρεις διαφορετικές «γλώσσες προγραμματισμού» :

- με διάγραμμα **LADDER.**
- με γλώσσα **STL.**
- με λογικά διαγράμματα **FBD** (Functions Block Diagrams).

Για τον προγραμματισμό προτιμήθηκε ένας συνδυασμός Ladder και STL, αφού η μεν Ladder είναι εξαιρετικά απλή και φιλική στην κατασκευή ρουτινών ψηφιακού αυτοματισμού (όπου χρησιμοποιούνται μόνο ψηφιακά σήματα), η δε STL είναι εξαιρετικά ευέλικτη για πράξεις (πρόσθεση, πολλ/σμό,…) μεταξύ αναλογικών μεγεθών.

4.2 Εκκίνηση του <<Simatic Manager>>.

Η εκκίνηση του Simatic Manager γίνεται πατώντας διαδοχικά ’’Start’’, ’’Simatic’’, ’’Simatic Manager’’ από το περιβάλλον εργασίας των Windows, οπότε και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο δημιουργίας νέας εφαρμογής:

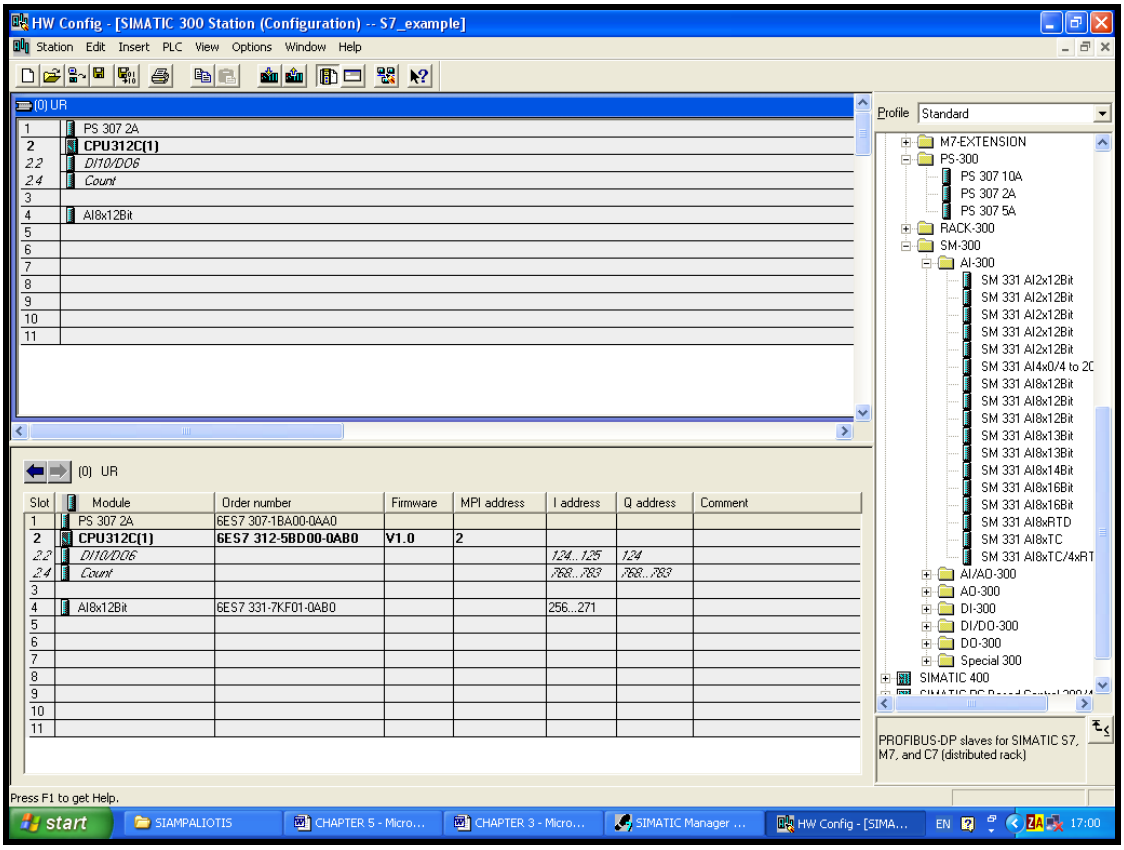


Σχήμα 4.2Δημιουργώντας μια νέα εφαρμογή (project).

4.3 Δημιουργία μιας νέας εφαρμογής .

Με τη βοήθεια του wizard δημιουργούμε την εφαρμογή μας, που έστω ότι έχει την ονομασία **<<example>>**. Εν συνεχεία, καλούμε το Hardware Configuration, προκειμένου να «δηλώσουμε» αφενός την CPU που χρησιμοποιούμε και αφετέρου όλες τις υπόλοιπες κάρτες που είναι συνδεδεμένες στο rack. Στην παρούσα διπλωματική εργασία το rack του προσομοιωτή περιείχε :

- Μια τροφοδοτική μονάδα PS307/2A εξόδου 24 VDC ικανότητος 2 A.
  <<**PS 307 2A** (*307-1BA00-0AA0*) >>
- Την CPU 312c, με ενσωματωμένη κάρτα 10 ψηφιακών εισόδων και 6 ψηφιακών εξόδων.
  <<CPU 312C (*312-5BD00-0AB0*)>>
- Μια αναλογική κάρτα 8 εισόδων.
  <<SM331 (*331-7KF01-0AB0*)>>



Σχήμα 4.3
Διαμόρφωση υλικού (HW Configuration).

Παρατηρούμε ότι δίπλα από τον κωδικό παραγγελίας κάθε κάρτας, υπάρχουν δύο στήλες στις οποίες αναγράφονται το εύρος των διευθύνσεων εισόδων και εξόδων για κάθε κάρτα. Δεν ισχύει δηλαδή ότι η πρώτη ψηφιακή είσοδος της πρώτης κάρτας έχει διεύθυνση I0.0, αφού όπως γίνεται φανερό από το σχήμα 5.3 η πρώτη ψηφιακή είσοδος έχει διεύθυνση I124.0.

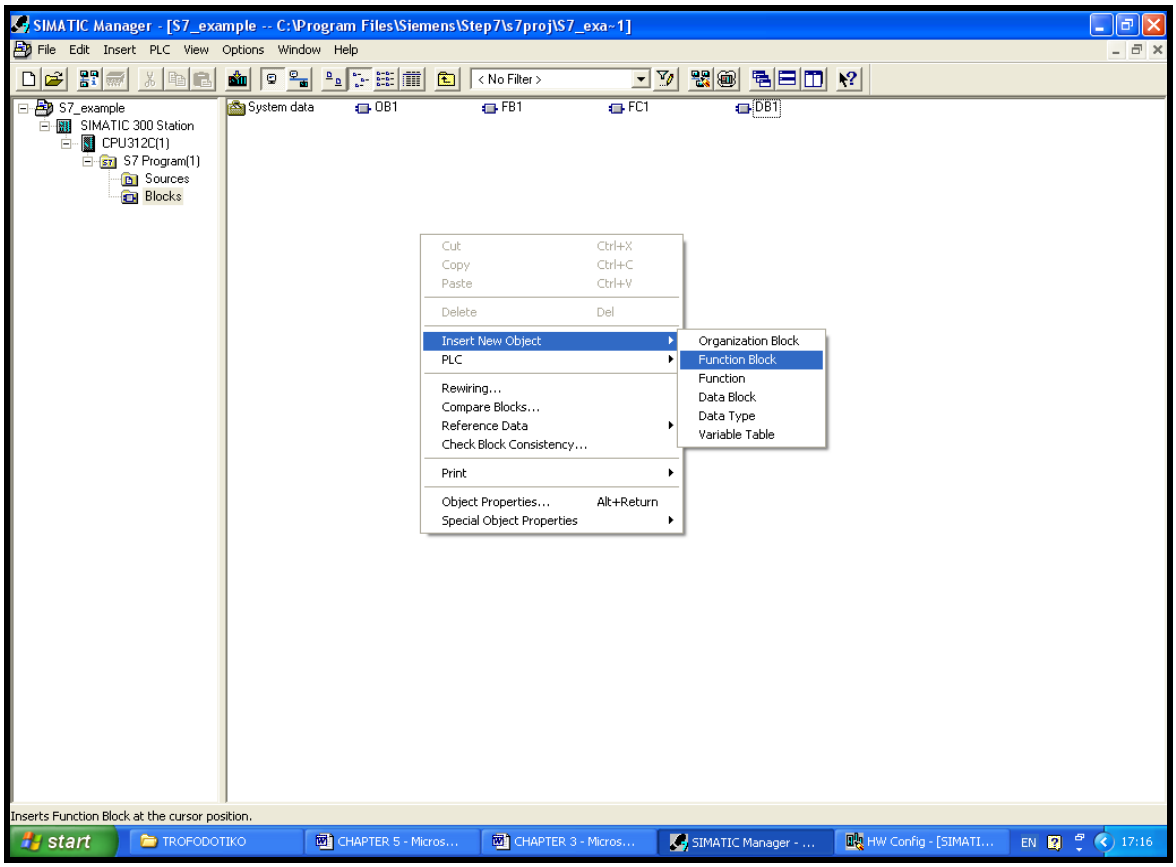
Το πρόγραμμα μας μπορούμε να το χωρίσουμε σε όσα επιμέρους τμήματα θέλουμε, έτσι ώστε να γίνεται ευκολότερη η επεξεργασία του. Η κατανομή αυτή είναι καθαρά υποκειμενική και εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή. Υπάρχουν 4 τύποι δομών (blocks) για τη δημιουργία της εφαρμογής μας.

- **Organization Blocks (OB).** Αυτά παίζουν το ρόλο του μεσάζοντα μεταξύ του λειτουργικού συστήματος του PLC και του προγράμματός μας. Το λειτουργικό σύστημα καλεί τα OB μετά από κάποιο συμβάν , όπως για παράδειγμα κάποιο σφάλμα στις επικοινωνίες ή κάποιο λάθος στον προγραμματισμό. Το σημαντικότερο και άκρως απαραίτητο σε κάθε πρόγραμμα είναι το OB1, αφού αυτό επεξεργάζεται κυκλικά η CPU και από εδώ καλούνται τα υπόλοιπα blocks του προγράμματός μας. Ένα άλλο σημαντικό block είναι το OB100, το οποίο εκτελείται μόνο μία φορά, μετά την παροχή τάσης στο σύστημα και πριν τη συνεχόμενη κυκλική επεξεργασία του OB1. Όταν τροφοδοτούμε το σύστημα με τάση, ο επεξεργαστής εκτελεί τις εντολές που υπάρχουν στο OB100 και ξεκινά την κυκλική επεξεργασία. Κατ' αρχήν, διαβάζονται τα σήματα από τις κάρτες ψηφιακών εισόδων και εξόδων και η κατάστασή τους αποθηκεύεται στη μνήμη απεικόνισης εισόδων (PII). Με βάση τις τιμές στο PII, εκτελείται το πρόγραμμα και παράγονται οι τιμές των εξόδων, οι οποίες δεν εκτελούνται άμεσα, αλλά αποθηκεύονται προσωρινά στην μνήμη απεικόνισης εξόδων (PIQ). Όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση του προγράμματος, οι τιμές που βρίσκονται αποθηκευμένες στο PIQ μεταφέρονται στις κάρτες εξόδων. Κατόπιν, αρχίζει και πάλι ο κύκλος σάρωσης με το διάβασμα των εισόδων κλπ.

- **Function Blocks (FB).** Αυτά είναι blocks που γράφουμε κώδικα, το χαρακτηριστικό τους δε είναι ότι μπορεί να έχουν «μνήμη». Αυτό γίνεται με τη βοήθεια των block δεδομένων (instance data block).
- **Functions (FC).** Αυτά είναι blocks (υπορουτίνες) όπου γράφουμε το πρόγραμμά μας για διάφορες διαδικασίες. Μπορούν να παραμετροποιηθούν και να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις που έχουμε επαναλαμβανόμενη λογική στο πρόγραμμά μας. Μέσα από τα FCs μπορούμε να «καλούμε» άλλα του ίδιου ή και διαφορετικού τύπου, για να οργανώσουμε καλύτερα το πρόγραμμά μας.

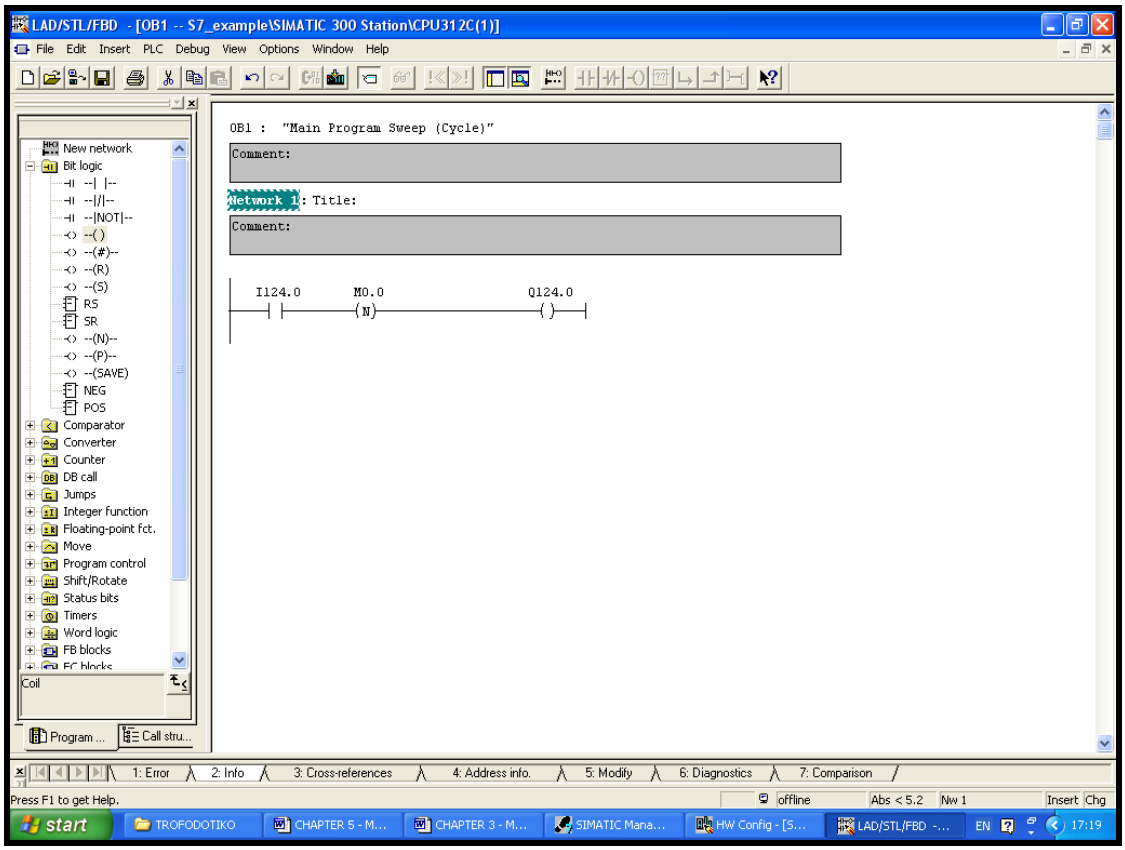
- **Data Blocks (DB).** Είναι ένας χώρος όπου αποθηκεύονται τα δεδομένα του προγράμματος. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι για παράδειγμα, μετρήσεις από αναλογικά σήματα, τιμές για set points, χρόνοι για χρονικά, περιεχόμενα απαριθμητών. Προγραμματίζοντας ένα DB ορίζουμε σε ποία μορφή θα αποθηκεύονται τα δεδομένα, με ποία σειρά και τι τύπου θα είναι (δυαδικά, ακέραιοι αριθμοί, πραγματικοί αριθμοί κλπ.). Ένα DB μπορεί να είναι για κοινή χρήση σε όλο το πρόγραμμα (Global DB) ή συνδεδεμένο με κάποιο συγκεκριμένο FB (Instance DB).

Μέσα στον υποκατάλογο ''Blocks'' του καταλόγου ''S7 Program(1)'' έχει δημιουργηθεί το OB1. Αυτό είναι το block το οποίο τρέχει κυκλικά κατά την κανονική λειτουργία του συστήματος. Υπάρχουν άλλα blocks τα οποία καλούνται σε ειδικές μόνο περιπτώσεις, όπως το OB100 το οποίο καλείται μόνο κατά την εκκίνηση του PLC. Για να έχουμε αφενός μικρότερο μέγεθος κώδικα και αφετέρου πιο δομημένη μορφή προγραμματισμού, χρησιμοποιούμε FC για κάθε λειτουργία του συστήματος. Πρέπει να τονίσουμε, ότι εκτός των FC που δημιουργεί ο χρήστης υπάρχουν και έτοιμα FC του συστήματος των οποίων όμως ο κώδικας δεν είναι προσπελάσιμος.



Σχήμα 4.4 Δημιουργία Συνάρτησης.

Η προσθήκη κώδικα στο OB1 και στις FC γίνεται κάνοντας διπλό κλικ πάνω τους, οπότε καλείται η εφαρμογή LAD/STL/FBD, η οποία αποτελεί το συντάκτη εντολών (editor). Η συγκεκριμένη εφαρμογή είναι εξαιρετικά «δυνατή» αφού, εκτός των άλλων, έχει τη δυνατότητα σύνδεσης για on-line παρακολούθηση του προγράμματος, καθώς αυτό εκτελείται στο PLC, αλλά και δυνατότητα προσομοίωσης, όταν το PLC δε συνδέεται στον Η/Υ.



Σχήμα 4.5

Το περιβάλλον LAD/STL/FBD.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΩΝ

5.1 Σκοπός των προσομοιωτών.

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να κατασκευαστούν δύο πίνακες αυτοματισμού, με τη βοήθεια των οποίων θα γίνονται εργαστηριακές εφαρμογές στα πλαίσια του μαθήματος **ΚΕΝΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ,** το οποίο διδάσκεται στο 8^{ο} εξάμηνο της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Π.

Κατά τη διάρκεια του παραπάνω μαθήματος κάθε σπουδαστής καλείται να γράψει προγράμματα σε STEP7 για διάφορες εφαρμογές αυτοματισμού. Μετά το πέρας του προγραμματισμού πρέπει να διαπιστωθεί η ορθότητα του προγράμματος.

Πριν την κατασκευή του προσομοιωτή ο έλεγχος της ορθότητας ενός προγράμματος γινόταν offline με τη χρήση του λογισμικού STEP 7 της Siemens στο παραθυρικό περιβάλλον Simatic Manager, μέσω ενός εικονικού προσομοιωτή. Η παραπάνω μέθοδος έχει ως μειονέκτημα ότι ο σπουδαστής βλέπει τη λειτουργία του προγράμματος μόνο στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή και όχι στο πραγματικό PLC.

Μετά την κατασκευή του προσομοιωτή, ο σπουδαστής θα έχει τη δυνατότητα να ελέγχει την ορθότητα του προγράμματός του σε πραγματικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι θα κατεβάζει (<<download>>) το πρόγραμμά του στον προσομοιωτή και θα βλέπει στην πραγματικότητα πώς ανταποκρίνεται το PLC στις εντολές που του έχει δώσει.

5.2 Μελέτη και σχεδίαση του προσομοιωτή.

5.2.1 Περιγραφή των παραμέτρων του προσομοιωτή.

Ο προσομοιωτής που κατασκευάσαμε, έχει κυρίως εκπαιδευτικό χαρακτήρα, τηρώντας ταυτόχρονα τις προδιαγραφές που ισχύουν στη βιομηχανία. Μετά από διάφορες προτάσεις αποφασίστηκε να κατασκευαστεί ο προσομοιωτής σε έναν

πλαστικό πίνακα **ύψους 40cm, πλάτους 30cm** και **βάθους 18cm.** Οι βασικές παράμετροι που λήφθηκαν υπόψη για την κατασκευή του πίνακα ήταν:

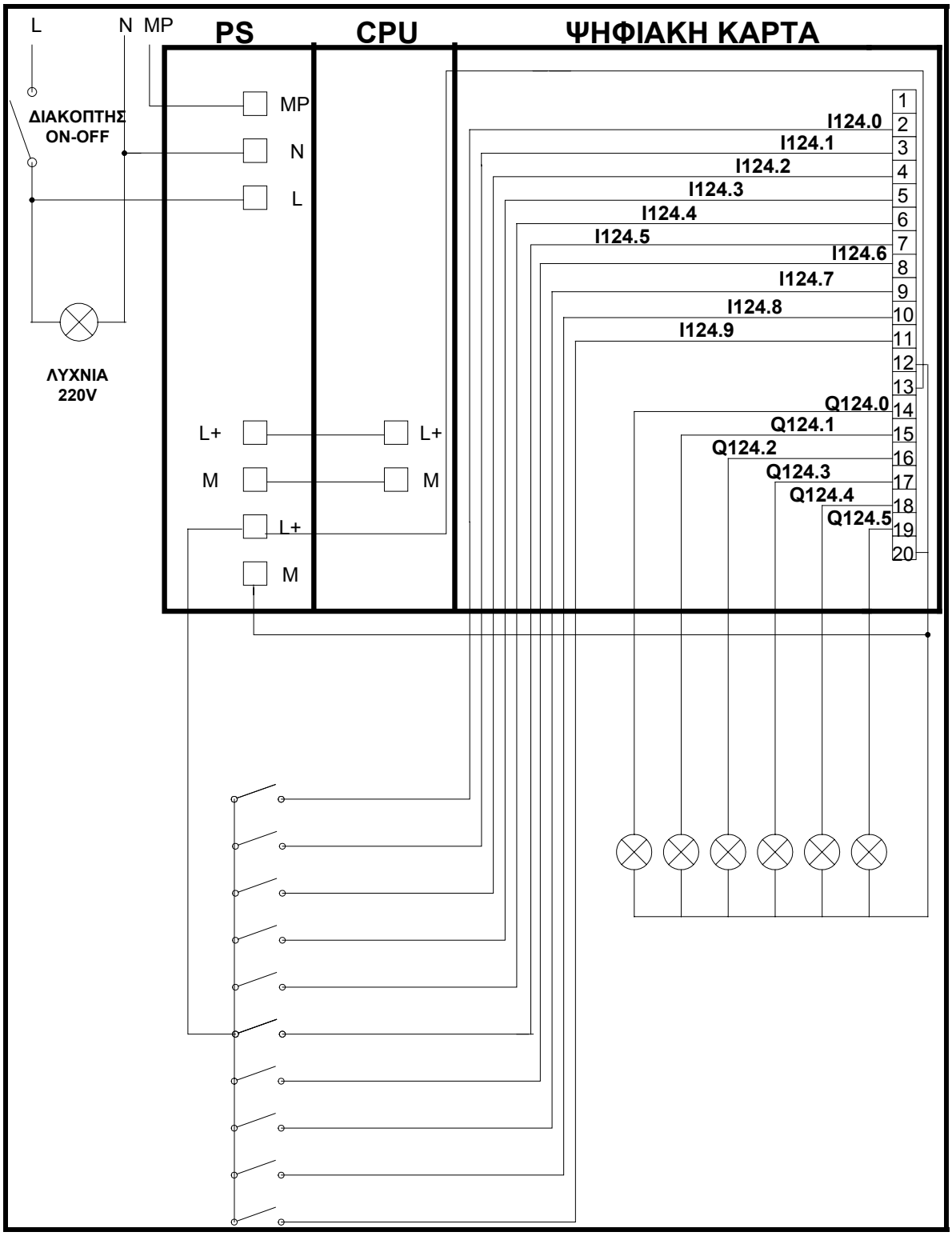
- Η δυνατότητα χρησιμοποίησής του για **εκπαιδευτικούς σκοπούς**. Έπρεπε δηλ. να κατασκευάσουμε ένα προσομοιωτή μέσα σε ένα κουτί, με εμφανείς καλωδιώσεις και εύκολη πρόσβαση σε οποιοδήποτε στοιχείο του πίνακα, ώστε να είναι προσιτός στους σπουδαστές.
- Η εξασφάλιση της **αυτονομίας** κάθε μηχανήματος-οργάνου, το οποίο δε θα δεσμευόταν από την εφαρμογή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αλλά θα μπορούσε να χρησιμοποιείται κατά το δοκούν, είτε απομονωμένα, είτε ως τμήμα μιας ευρύτερης εφαρμογής.
- Η **στιβαρότητα** της κατασκευής, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής τοποθέτηση των διαφόρων οργάνων.
- Η **ασφαλής** λειτουργία του πίνακα, δεδομένου ότι θα χρησιμοποιείται από πολλά διαφορετικά πρόσωπα.
- Ο περιορισμός του **κόστους** κατασκευής.
- Η δυνατότητα **εύκολης μεταφοράς** του πίνακα σε διάφορα σημεία, για την επί τόπου δημιουργία διάφορων εφαρμογών.
- Η **επεκτασιμότητα** της κατασκευής.

5.2.2 Εξομοίωση των ψηφιακών σημάτων.

Όπως προαναφέρθηκε στο 3^{ο} κεφάλαιο, η CPU του PLC της εφαρμογής μας έχει ενσωματωμένη μία ψηφιακή κάρτα 10 εισόδων-6 εξόδων. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να δεχτεί μέχρι 10 ψηφιακά σήματα εισόδου για επεξεργασία. Η απλούστερη και πιο οικονομική λύση εισόδου ήταν μέσω της χρήσης **10 μονοπολικών διακοπτών δύο θέσεων (**σχήμα 5.1):

- Όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός, στην είσοδο της ψηφιακής κάρτας του PLC έχουμε 0V DC, δηλαδή λογικό 0.
- Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, στην είσοδο της ψηφιακής κάρτας του PLC έχουμε 24V DC, δηλαδή λογικό 1.

Με τον παραπάνω τρόπο καταφέρνουμε να προσομοιώσουμε ένα ψηφιακό σταμάτημα, το οποίο θα μπορούσε να είναι πιεστικοί διακόπτες (buttons) Start/Stop για την εκκίνηση ενός κινητήρα, ένας τερματικός διακόπτης, η επαφή του θερμικού ενός κινητήρα κ.τ.λ.



Σχήμα 5.1. Εξομοίωση ψηφιακών σημάτων εισόδων/εξόδων.

Όπως παρατηρούμε από το σχήμα 5.1 όλοι οι αριστεροί πόλοι των διακοπτών είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους και έχουν δυναμικό 24V DC. Ο δεξιός πόλος του κάθε διακόπτη, συνδέεται με μία είσοδο της ψηφιακής κάρτας. Κάθε είσοδος της ψηφιακής κάρτας έχει διαφορετική διεύθυνση, ξεκινώντας από τον αριθμό 2 έως και τον αριθμό 11. Στον αριθμό 2 αντιστοιχεί η διεύθυνση **I124.0**, στον αριθμό 3 η διεύθυνση **I124.1,**...,στον αριθμό 11 η διεύθυνση **I124.9**.

Όταν κλείσει οποιοσδήποτε από τους παραπάνω 10 διακόπτες, τότε, η αντίστοιχη είσοδος της κάρτας δέχεται τάση 24V DC και ενεργοποιείται. Όταν κάποιος διακόπτης είναι κλειστός, η αντίστοιχη είσοδος της κάρτας έχει τάση 0V DC και δεν ενεργοποιείται.

Οι αριθμοί 12 και 20 βραχυκυκλώνονται μεταξύ τους και συνδέονται με το σημείο **M** του τροφοδοτικού που έχει δυναμικό 0V. Αυτό συμβαίνει για να επιτευχθεί η επιστροφή του ρεύματος από τη στιγμή που θα κλείσει κάποιος διακόπτης.

Από τη στιγμή που ο προσομοιωτής θα δεχτεί στις εισόδους του τα ψηφιακά σήματα, σύμφωνα με το εκάστοτε πρόγραμμα που θα έχει στη μνήμη του, θα παράγει στις εξόδους του τα αποτελέσματα με τη μορφή ψηφιακών σημάτων 0V ή 24V DC. Τα παραπάνω σήματα θα πρέπει να γίνουν αντιληπτά από εμάς. Η απλούστερη και πιο οικονομική λύση ήταν η τοποθέτηση παράλληλα σε κάθε έξοδο LEDs, τα οποία όταν δεχτούν τάση 24V DC ενεργοποιούνται.

Όπως παρατηρούμε από το σχήμα 5.1, οι αριθμοί 14 έως 19 αντιστοιχούν στις εξόδους της κάρτας και σε κάθε μια από αυτές είναι συνδεδεμένο και ένα LED. Κάθε έξοδος της κάρτας έχει διαφορετική διεύθυνση ξεκινώντας από την **Q124.0** έως την **Q124.5** αντίστοιχα.

Ανάλογα με το πρόγραμμα που θα έχει στη μνήμη του το **PLC,** θα ενεργοποιεί και την αντίστοιχη έξοδο, δηλαδή θα δίνει τάση 24V DC, με αποτέλεσμα τα αντίστοιχα LED να φωτοβολούν.

5.2.3 Εξομοίωση των αναλογικών σημάτων.

Όπως προαναφέρθηκε στο 3° κεφάλαιο, στο ίδιο rack με την CPU υπάρχει και μία αναλογική κάρτα 8 εισόδων. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, ο προσομοιωτής που θα κατασκευάσουμε θα πρέπει να έχει μία συσκευή

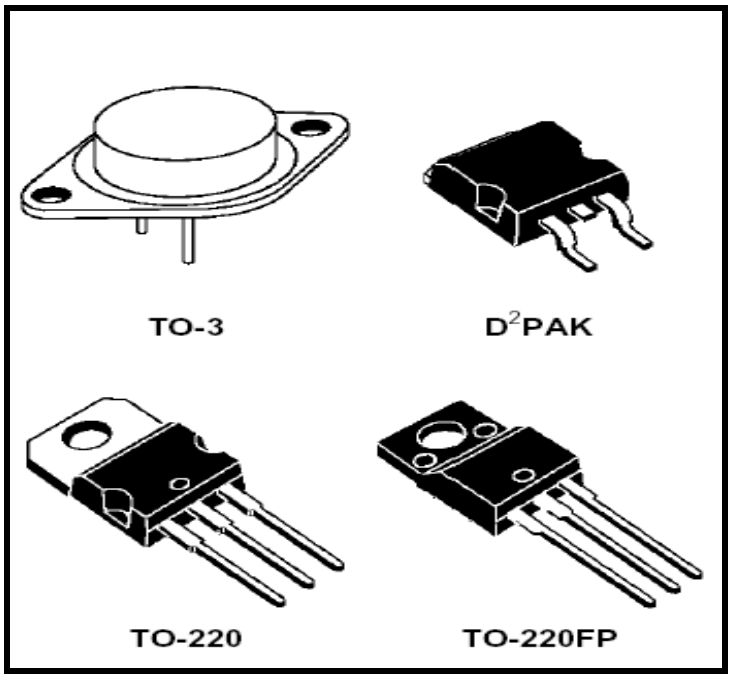
εξομοίωσης των αναλογικών σημάτων. Η απλούστερη και πιο οικονομική λύση ήταν η **κατασκευή μίας πλακέτας,** η οποία θα δέχεται στην είσοδό της 12V AC -μετά την παρεμβολή ενός μετασχηματιστή- και στην έξοδό της θα παράγει 8 DC τάσεις μεταβλητής μέσης τιμής.

Έτσι λοιπόν μεταβάλλοντας τη μέση τιμή της τάσης, θα καταφέρνουμε να προσομοιώνουμε ένα αναλογικό σήμα, το οποίο θα μπορούσε να είναι θερμοκρασία, πίεση κ.τ.λ.

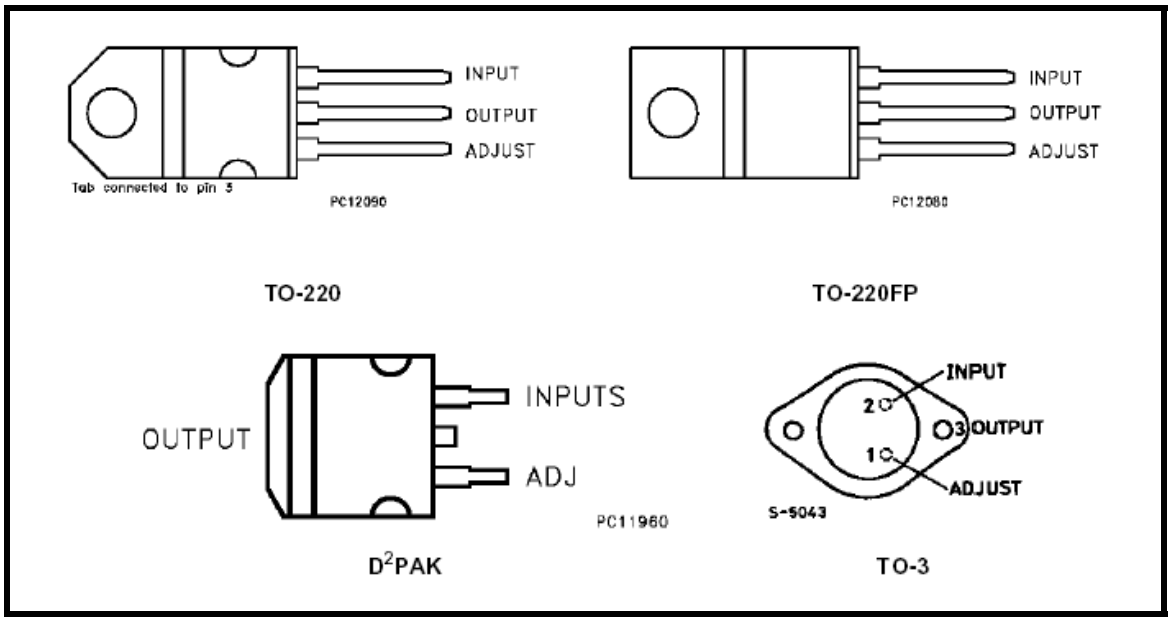
5.2.4 Μελέτη και σχεδίαση της πλακέτας.

- **Τι είναι το LM317**

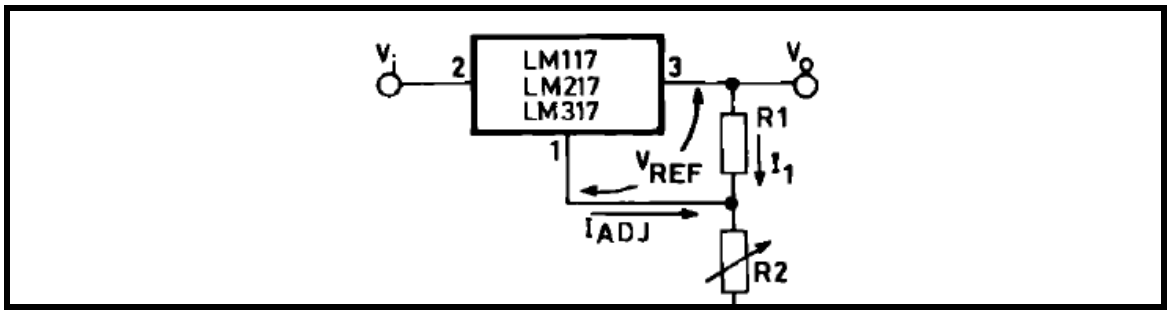
Για την κατασκευή της πλακέτας χρησιμοποιήθηκε το μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα LM317, που έχει ως σκοπό να ρυθμίζει και να ελέγχει την τάση. Έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παράγει περισσότερο από 1,5A ρεύμα φορτίου ρυθμίζοντας ταυτόχρονα και την τάση εξόδου του σε μία περιοχή από 1,25V έως 37V. Η ονομαστική τάση εξόδου παρέχεται από έναν εσωτερικό ωμικό διαιρέτη τάσης, κάνοντας τη διάταξη εξαιρετικά εύκολη στη λειτουργία της.



Σχήμα 5.2
Διάταξη του LM317.



Σχήμα 5.3. Διάγραμμα συνδεσμολογίας και αριθμοί παραγγελίας του ολοκληρωμένου.



Σχήμα 5.4. Διάγραμμα του ωμικού διαιρέτη τάσης.

Το LM317 παράγει μια εσωτερική τάση αναφοράς 1,25 V μεταξύ των ακροδεκτών <<output>> και <<adjust>>. Αυτή η τάση χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ένα σταθερό ρεύμα σε έναν εξωτερικό ωμικό διαιρέτη τάσεως (βλέπε σχήμα 5.4), παρέχοντας μία εξωτερική τάση Vo που δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$V_0 = V_{REF}(1 + \frac{R_2}{R_1}) + I_{ADJ} R_2$$

Το LM317 έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί τον όρο I_{ADJ} (100μA μέγιστο) και να τον διατηρεί σταθερό, ανεξάρτητα από τις μεταβολές του φορτίου. Συνήθως, ο όρος $I_{ADJ}R_2$ μπορεί να παραλειφθεί.

Από τη στιγμή που το LM317 είναι ένας ρυθμιστής τάσης και «βλέπει» μόνο τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών εισόδου-εξόδου, μπορεί να μας παρέχει μια υψηλή τάση εξόδου ως προς τη γη. Η προηγούμενη τάση ως προς τη γη μπορεί να ρυθμιστεί, έως ότου η μέγιστη διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών εισόδου-εξόδου δεν ξεπεράσει κάποιο όριο που θέτει ο κατασκευαστής του ολοκληρωμένου.

Η λειτουργία του ρυθμιστή τάσης μπορεί να βελτιωθεί αν στο κύκλωμα προσθέσουμε κάποιους πυκνωτές:

- Επειδή το LM317 χρειάζεται μια αρκετά σταθεροποιημένη τάση μεταξύ του ακροδέκτη εισόδου και του ακροδέκτη γης, τοποθετείται ένας πυκνωτής 0.1μF μεταξύ αυτών των ακροδεκτών, για να εξασφαλίσει την προηγούμενη προϋπόθεση.

- Επίσης τοποθετείται ένας πυκνωτής 10μF παράλληλα με την αντίσταση R_2, για να βελτιώσει την κυμάτωση του ρεύματος.

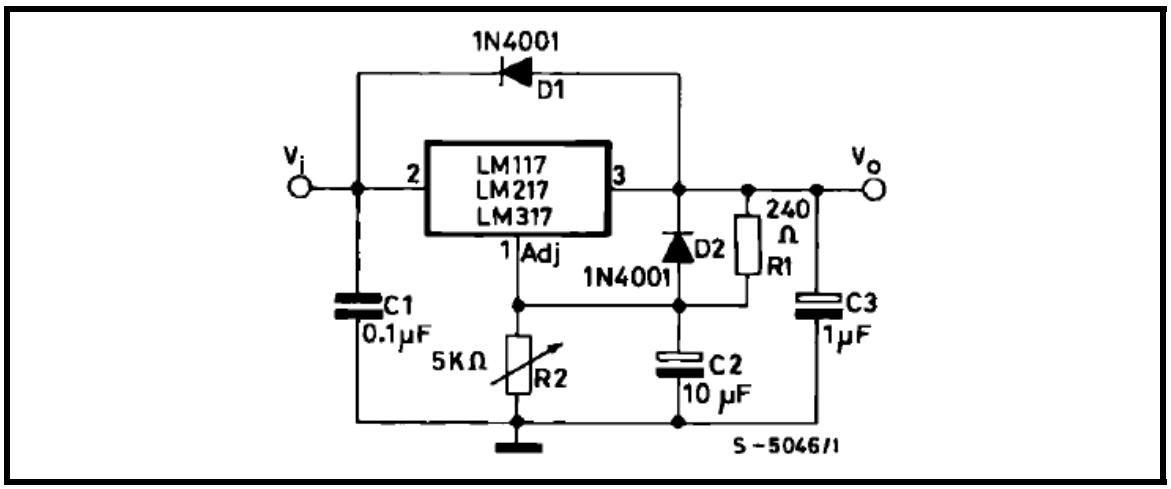
- Ακόμη τοποθετείται ένας πυκνωτής τανταλίου 1μF μεταξύ του ακροδέκτη εξόδου και του ακροδέκτη γης, για να βελτιωθεί η μεταβατική αντίδραση της τάσης εξόδου του ρυθμιστή.

Σε συνεργασία με τους παραπάνω πυκνωτές είναι σκόπιμο να τοποθετηθούν δύο δίοδοι προστασίας του LM317:

- Η δίοδος D1 προστατεύει το ολοκληρωμένο κύκλωμα από τυχόν βραχυκυκλώματα στην είσοδό του.

- Η δίοδος D2 προστατεύει το ολοκληρωμένο κύκλωμα από τυχόν βραχυκυκλώματα στην έξοδό του.

Στο σχήμα 5.5 φαίνεται το ολοκληρωμένο κύκλωμα LM317, σε συνεργασία με τους πυκνωτές και τις διόδους που προαναφέρθηκαν.



Σχήμα 5.5. Το LM317σε συνεργασία με του πυκνωτές και τις διόδους.

Όπως έχει ήδη σημειωθεί, η εξωτερική τάση Vo του παραπάνω κυκλώματος δίνεται από τον παρακάτω τύπο, αν αμελήσουμε τον όρο $I_{ADJ}R_2$:

$$V_0 = V_{REF}(1 + \frac{R_2}{R_1})$$

Η τάση V_{REF} είναι δεδομένη και ίση με 1,25V. Άρα ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$V_0 = 1.25(1 + \frac{R_2}{R_1})$$

Βλέπουμε λοιπόν ότι αν επιλέξουμε τον κατάλληλο συνδυασμό αντιστάσεων θα μπορέσουμε να πάρουμε στην έξοδο του ρυθμιστή μια τάση από 1,25V έως ένα άνω όριο που το θέτουμε εμείς. Αυτό το όριο καθορίστηκε στα 10V.

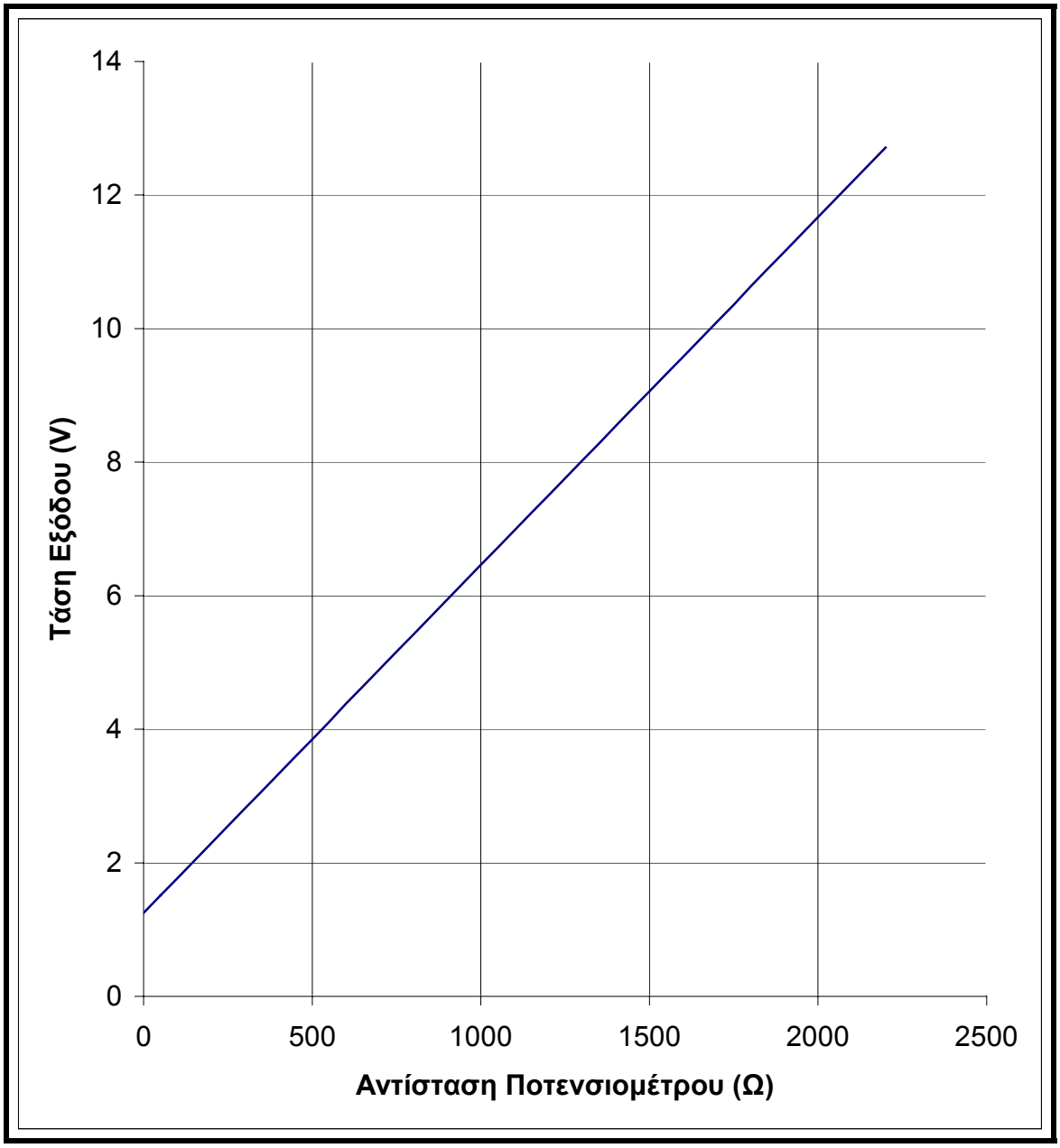
Το πρόβλημα όμως είναι, ότι στο εμπόριο δεν υπάρχουν όλες οι τιμές των αντιστάσεων που επιθυμούμε, αλλά μόνο ορισμένες τυποποιημένες τιμές, με αποτέλεσμα το όριο των 10V να μην επιτυγχάνεται.

- Η αντίσταση R_1 είναι σταθερής τιμής (επιλέχθηκε **240Ω)**.
- Η αντίσταση R_2 είναι μεταβλητής τιμής και επιλέχθηκε ένα ποτενσιόμετρο **2.2ΚΩ**

Μεταβάλλοντας λοιπόν την αντίσταση του ποτενσιόμετρου μπορούμε να πάρουμε μία τάση στην έξοδο του ρυθμιστή από 1,25V έως 12,7V σύμφωνα με το σχήμα 5.6.

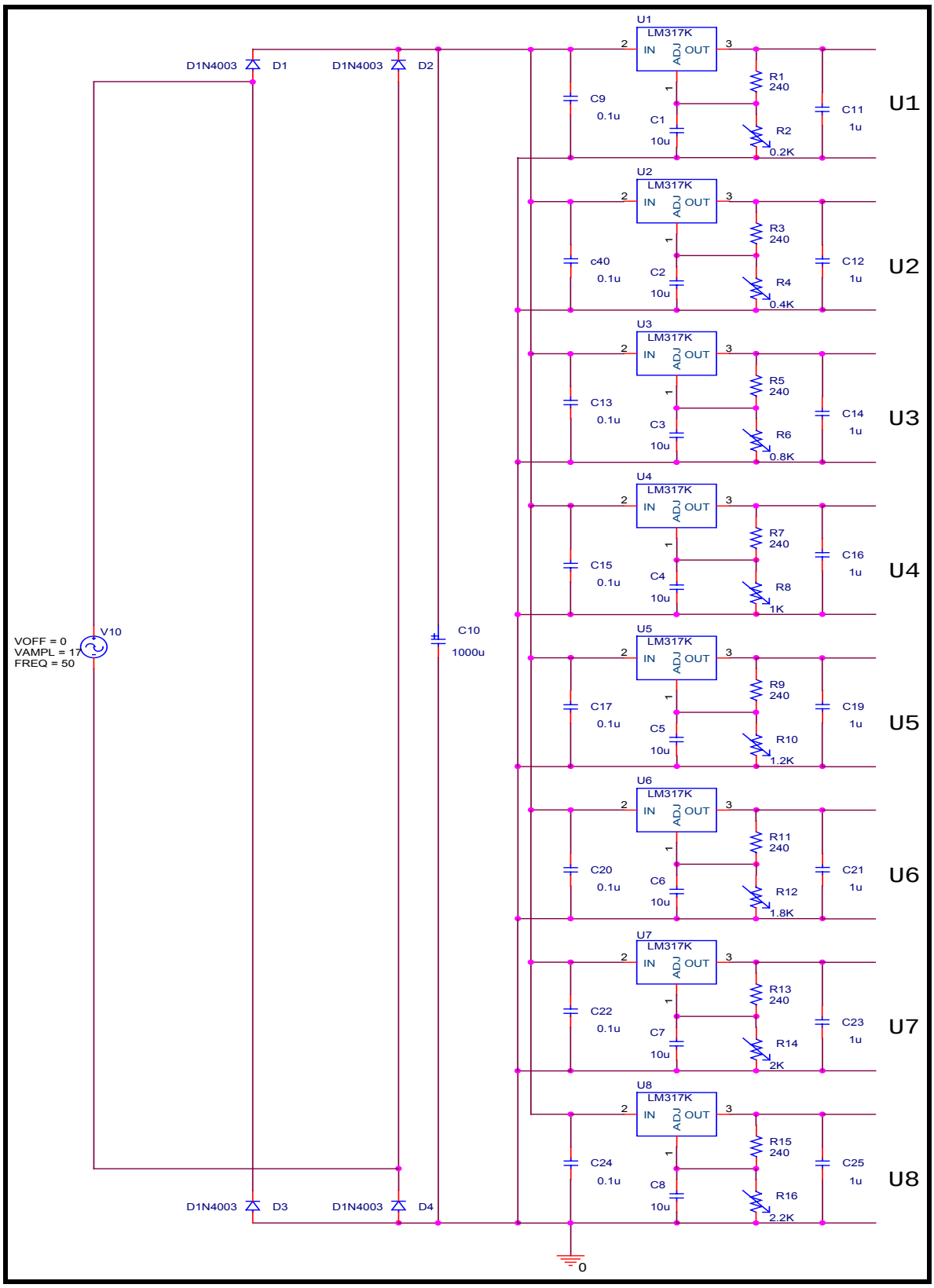
R2(Ω)	Vout(V)
0	1.25
50	1.51
100	1.77
150	2.03
200	2.29
250	2.55
300	2.81
350	3.07
400	3.33
450	3.59
500	3.85
550	4.11
600	4.38
650	4.64
700	4.9
750	5.16
800	5.42
850	5.68
900	5.94
950	6.2
1000	6.46

R2(Ω)	Vout(V)
1050	6.72
1100	6.98
1150	7.24
1200	7.5
1250	7.76
1300	8.02
1350	8.28
1400	8.54
1450	8.8
1500	9.06
1550	9.32
1600	9.58
1650	9.84
1700	10.1
1750	10.36
1800	10.63
1850	10.89
1900	11.15
1950	11.41
2000	11.67
2200	12.71



Σχήμα 5.6. Τάση εξόδου του ρυθμιστή για διάφορες τιμές της αντίστασης του ποτενσιόμετρου.

Όλα τα παραπάνω ισχύουν για την υλοποίηση ενός ρυθμιστή τάσης. Στην εφαρμογή μας όμως, χρειάστηκε να υλοποιήσουμε 8 τέτοιους ρυθμιστές τάσης, με την τοποθέτηση παράλληλα οκτώ κυκλωμάτων, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.7.

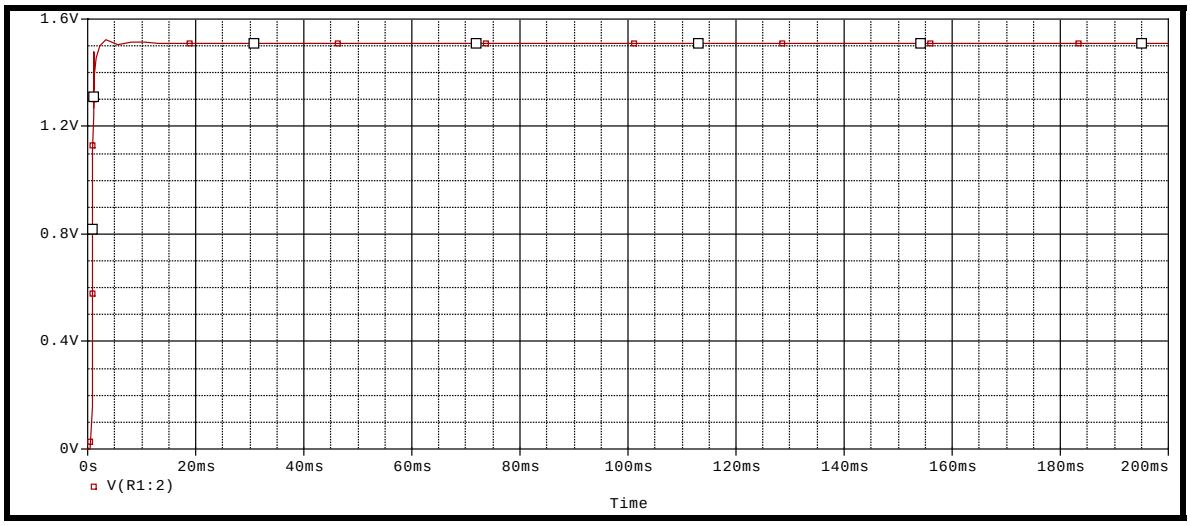


Σχήμα 5.7. Τοποθέτηση παράλληλα 8 κυκλωμάτων.

Τα παραπάνω κυκλώματα σχεδιάστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού **P-SPICE** της εταιρίας **ORCAD**.

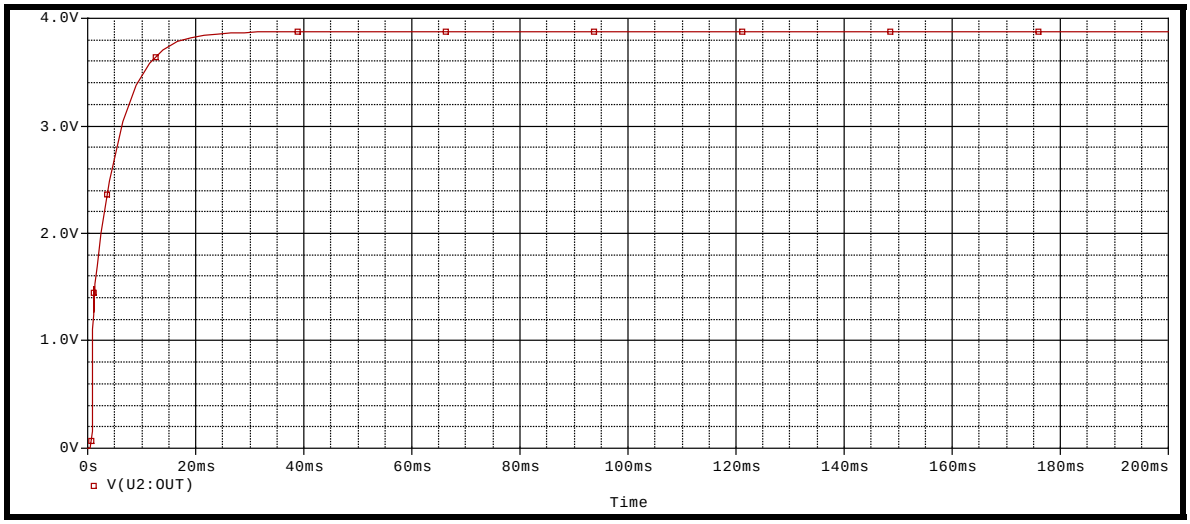
Στα παρακάτω σχήματα, φαίνονται οι τιμές των τάσεων εξόδων της πλακέτας, όπως λήφθηκαν από τον παλμογράφο του λογισμικού **P-SPICE,** για διάφορες τιμές της αντίστασης του ποτενσιόμετρου.

- Αντίσταση ποτενσιόμετρου **100Ω**



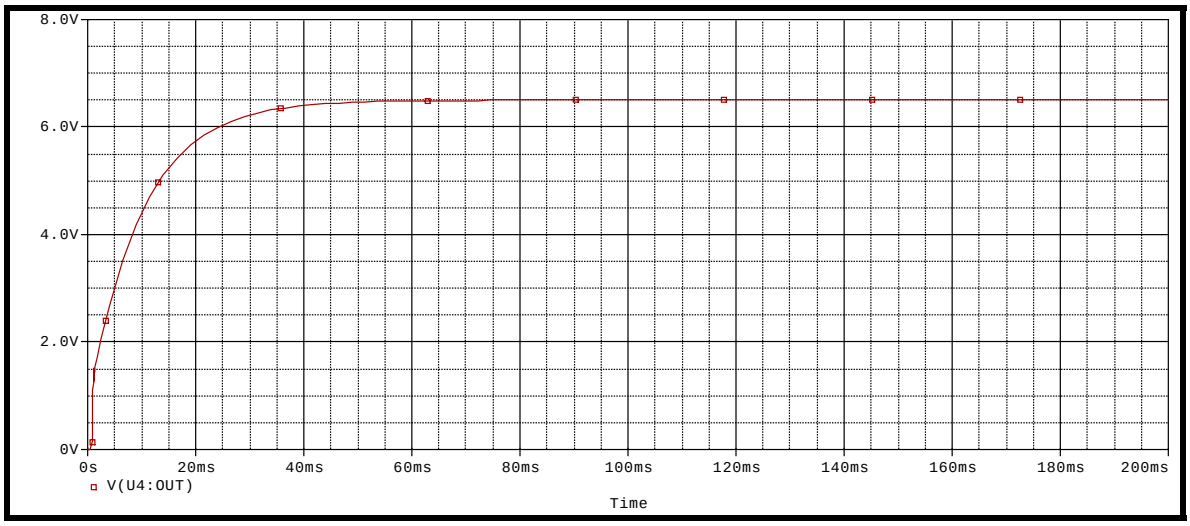
Σχήμα 5.8. Τάση εξόδου της πλακέτας, για αντίσταση ποτενσιόμετρου 100Ω.

- Αντίσταση ποτενσιόμετρου **500Ω**



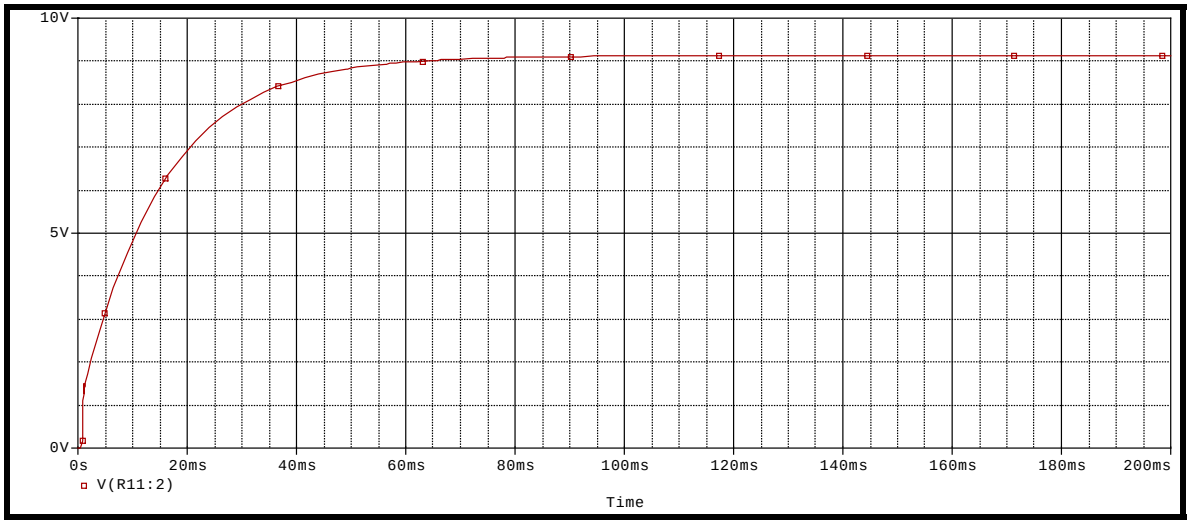
Σχήμα 5.9. Τάση εξόδου της πλακέτας, για αντίσταση ποτενσιόμετρου 500Ω.

- Αντίσταση ποτενσιόμετρου **1000Ω**



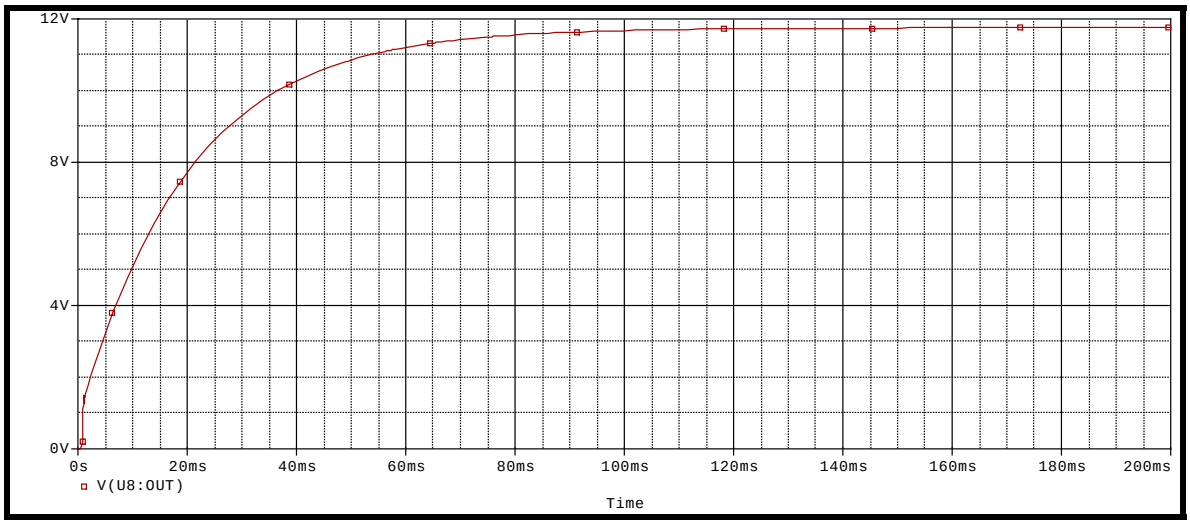
Σχήμα 5.10. Τάση εξόδου της πλακέτας, για αντίσταση ποτενσιόμετρου 1000Ω.

- Αντίσταση ποτενσιόμετρου **1500Ω**



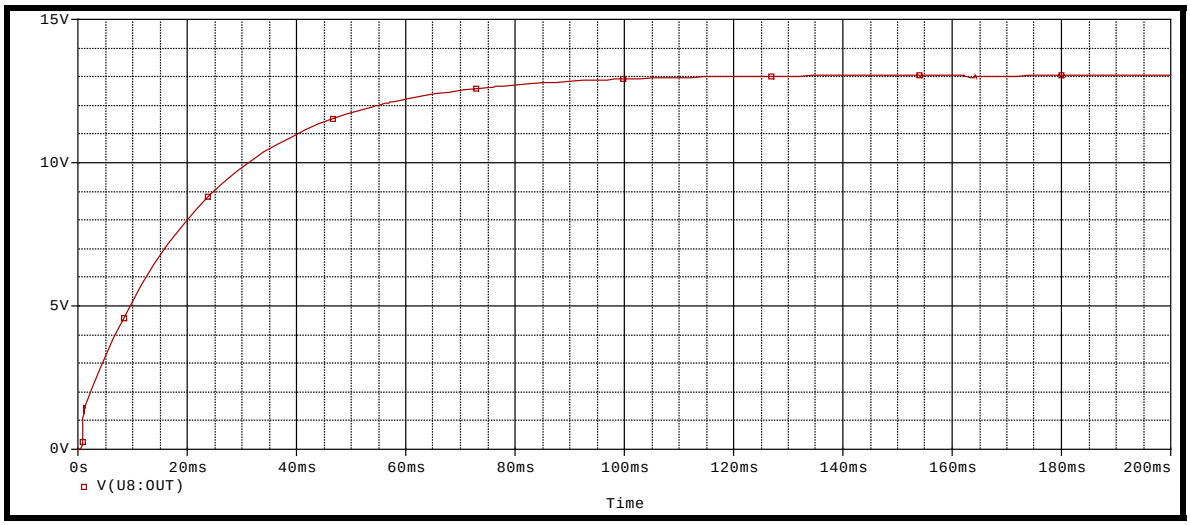
Σχήμα 5.11. Τάση εξόδου της πλακέτας, για αντίσταση ποτενσιόμετρου 1500Ω.

- Αντίσταση ποτενσιόμετρου **2000Ω**



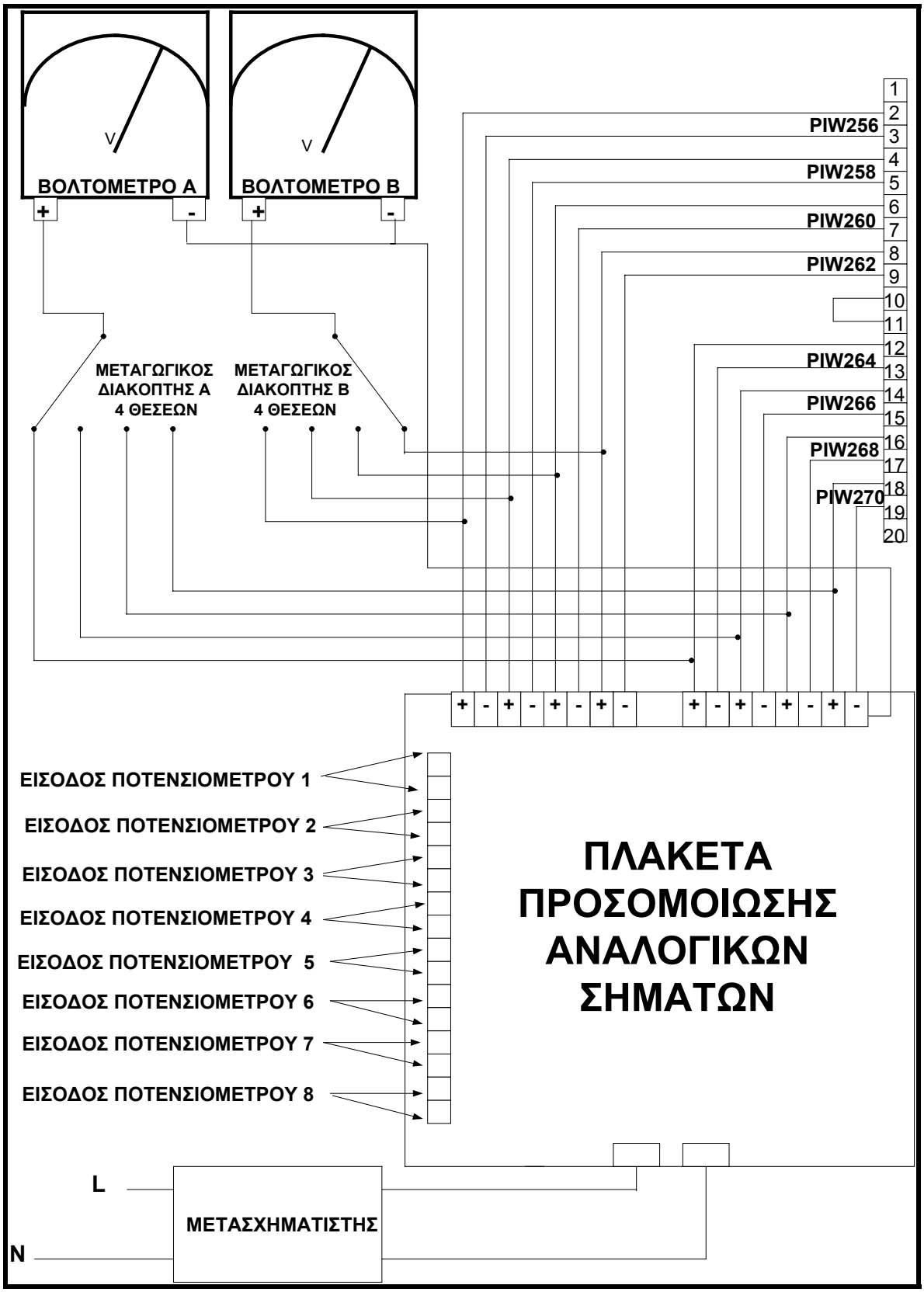
Σχήμα 5.12. Τάση εξόδου της πλακέτας, για αντίσταση ποτενσιόμετρου 2000Ω.

- Αντίσταση ποτενσιόμετρου **2200Ω**



Σχήμα 5.13. Τάση εξόδου της πλακέτας, για αντίσταση ποτενσιόμετρου 2200Ω.

Από τη στιγμή που καταφέραμε να προσομοιώσουμε τα αναλογικά σήματα, έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος να μετράμε κάθε χρονική στιγμή την τιμή τους. Αυτό υλοποιήθηκε με την τοποθέτηση δύο DC βολτομέτρων, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.14.



Σχήμα 5.14. Διάγραμμα συνδεσμολογίας DC βολτομέτρων.

Οι δύο αρνητικοί πόλοι των βολτομέτρων είναι βραχυκυκλωμένοι και ενώνονται με τον αρνητικό ακροδέκτη της πλακέτας.

Ο θετικός πόλος κάθε βολτομέτρου καταλήγει στο ένα άκρο δύο μεταγωγικών διακοπτών τεσσάρων θέσεων.

Οι παραπάνω μεταγωγικοί διακόπτες έχουν τοποθετηθεί για να μετράμε **οκτώ τάσεις** με τη βοήθεια **μόνο δύο βολτόμετρων**. Δηλαδή μεταβάλλοντας τη θέση του διακόπτη μπορούμε να μετρήσουμε τις τέσσερις τάσεις με το ένα βολτόμετρο και τις άλλες τέσσερις με το άλλο.

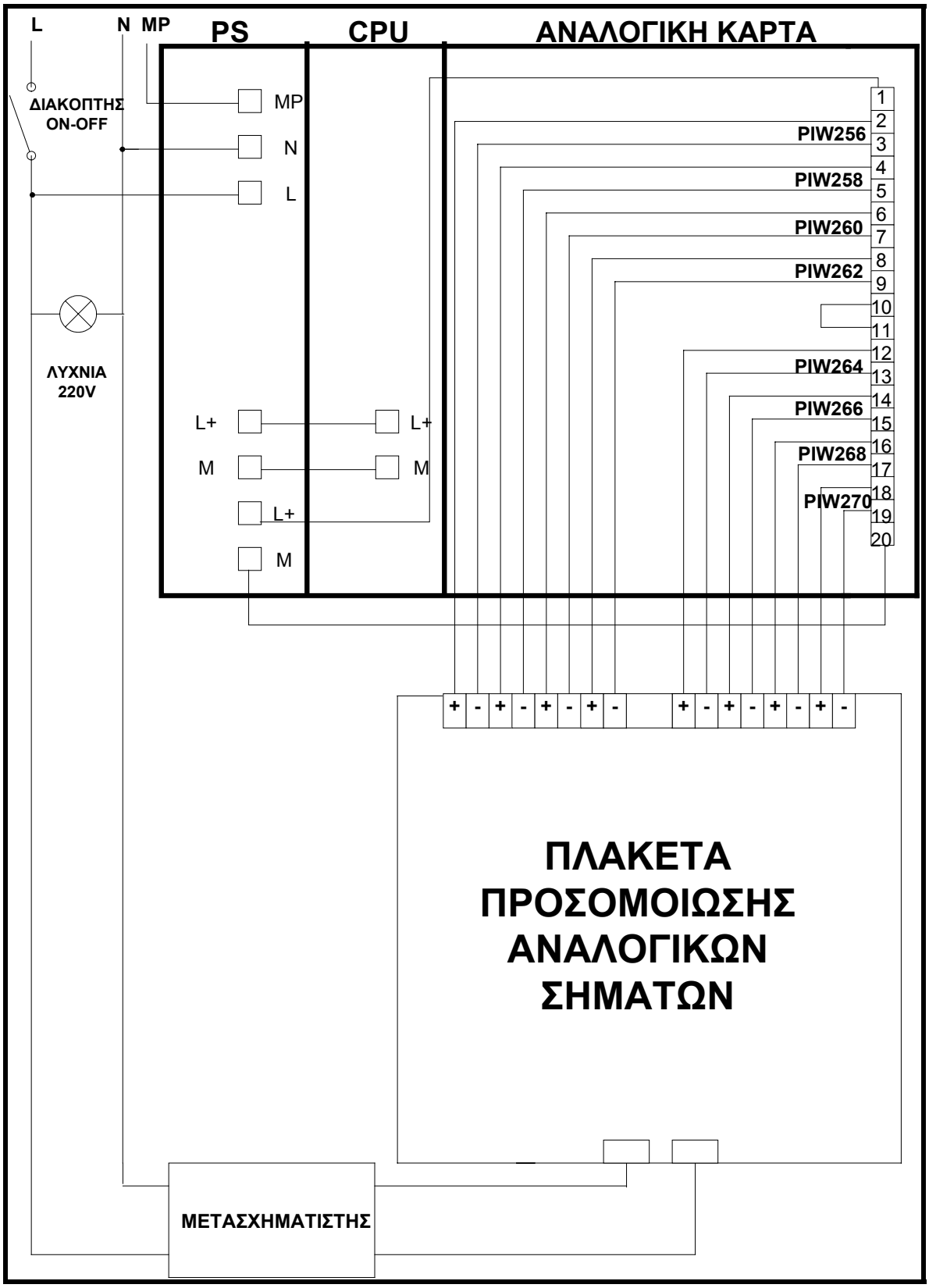
Από τους τέσσερις πόλους του κάθε διακόπτη καταλήγουμε στους **θετικούς** ακροδέκτες της πλακέτας για να κλείσουμε το κύκλωμα.

Κάθε **θετικός ακροδέκτης** της πλακέτας, εκτός από τη σύνδεσή του με τους τέσσερις πόλους του εκάστοτε διακόπτη, συνδέεται επίσης και με την αναλογική κάρτα εισόδων του PLC. Δηλαδή ο πρώτος από αριστερά θετικός ακροδέκτης της πλακέτας συνδέεται με τον ακροδέκτη **2** της κάρτας, ο αμέσως επόμενος με τον ακροδέκτη **4** κ.ο.κ.

Επίσης, κάθε **αρνητικός ακροδέκτης** της πλακέτας συνδέεται με την αναλογική κάρτα εισόδων του PLC. Δηλαδή, ο πρώτος από αριστερά αρνητικός ακροδέκτης συνδέεται με τον ακροδέκτη **3** της κάρτας, ο αμέσως επόμενος με τον ακροδέκτη **5** κ.ο.κ.

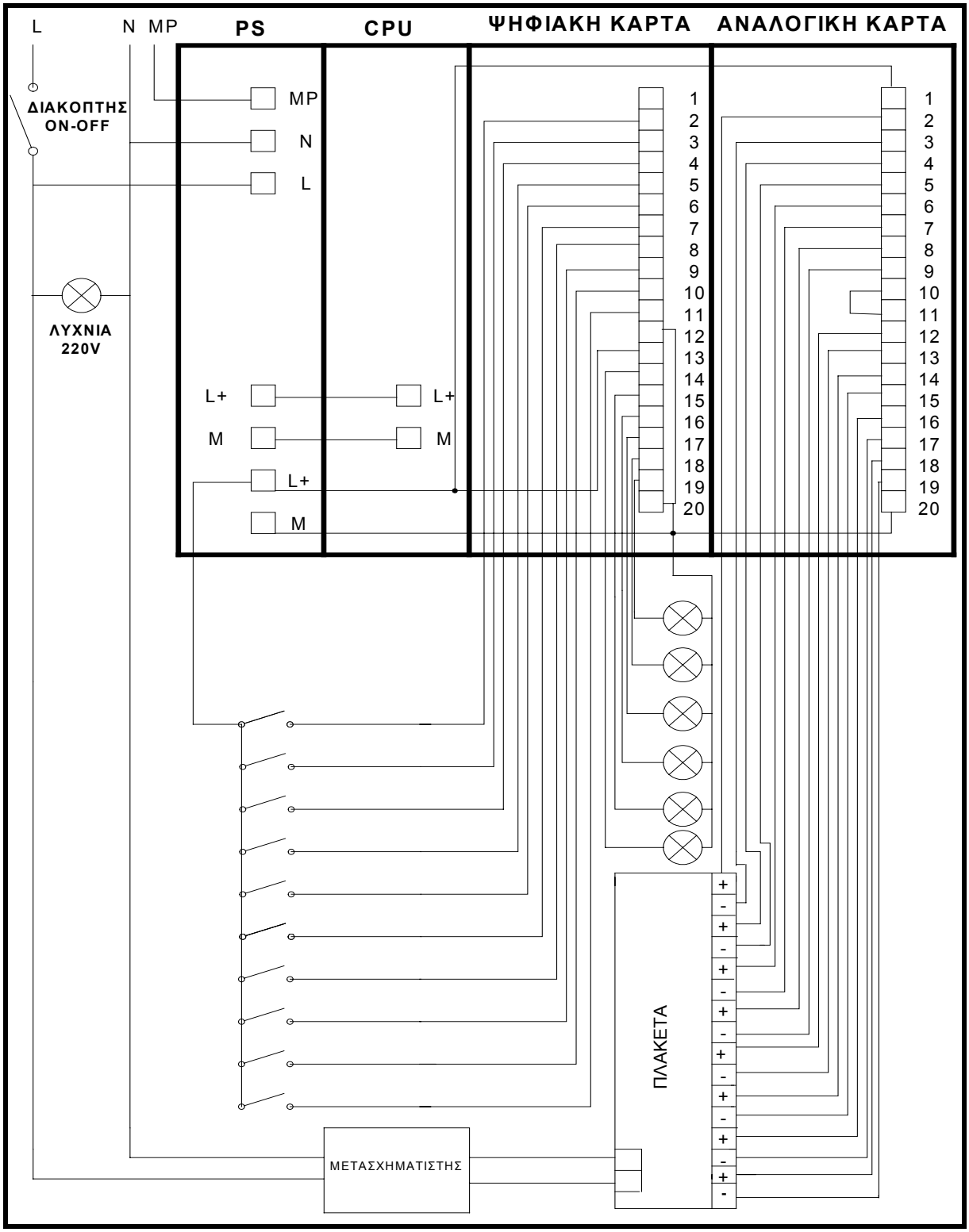
Με τον παραπάνω τρόπο, η κάρτα αναλογικών εισόδων «αντιλαμβάνεται» μια διαφορά δυναμικού μεταβλητής μέσης τιμής μεταξύ των ακροδεκτών της. Για παράδειγμα, οι ακροδέκτες 2 και 3 δέχονται τάση από 1,25V έως 12,71V, ανάλογα με την τιμή της αντίστασης του ποτενσιόμετρου.

Κάθε ζευγάρι ακροδεκτών έχει διαφορετική διεύθυνση, ξεκινώντας από την **PIW256** μέχρι την **PIW270,** όπως φαίνεται στο σχήμα 5.15.



Σχήμα 5.15. Διευθύνσεις κάρτας αναλογικών εισόδων.

Στο σχήμα 5.16 φαίνεται η συνδεσμολογία ολόκληρου του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή με τους διακόπτες, τα LEDs, και την πλακέτα.



Σχήμα 5.16

5.3 Παραγγελία Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού

Μετά τον καθορισμό των προδιαγραφών, που πρέπει να πληρούν οι ηλεκτρολογικοί πίνακες, ακολούθησε η σύνταξη της παραγγελίας του απαραίτητου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού για την υλοποίηση των προσομοιωτών της εφαρμογής μας. Τα σχέδια στα οποία βασιστήκαμε για τον καθορισμό του απαιτούμενου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, παρουσιάστηκαν στις παραγράφους 4.2 και 4.3.

Παρατίθεται αναλυτικά ο απαιτούμενος ηλεκτρολογικός εξοπλισμός:

- Δύο διακόπτες ON-OFF.
- Δύο ενδεικτικές λυχνίες 220V.
- Δύο set ρευματοδότη – ρευματολήπτη για κουτί με ενσωματωμένη ασφάλεια.
- Δύο πλαστικά κουτιά, διαστάσεων 30cmX40cmX18cm.
- Είκοσι μονοπολικοί διακόπτες (ψηφιακές είσοδοι).
- Δώδεκα LED των 24V (ψηφιακές έξοδοι).
- Είκοσι μπλε μπόρνες (ψηφιακές είσοδοι).
- Δώδεκα κόκκινες μπόρνες (ψηφιακές έξοδοι).
- Δύο μαύρες μπόρνες (ψηφιακές έξοδοι).
- Δώδεκα ασφαλειοθήκες.
- Δεκαέξι ολοκληρωμένα LM317 TO220.
- Δεκαέξι αντιστάσεις 240 Ω/ ¼ W.
- Δεκαέξι ποτενσιόμετρα 2.2 kΩ.
- Τέσσερα βολτόμετρα 0V-30V DC.
- Δεκαέξι πυκνωτές 0,1 μF/16V.
- Δεκαέξι πυκνωτές 10 μF/16V.
- Δεκαέξι πυκνωτές 1 μF/16 V tantalium.
- Τριανταδύο δίοδοι 1N4001.
- Δύο Μ/Σ 220V/12V 6 VA.
- Δύο γέφυρες ανόρθωσης.
- Δύο πυκνωτές 1000 μF/16V.
- Δύο διάτρητες πλακέτες.
- Τέσσερις μεταγωγικοί διακόπτες 4 θέσεων.

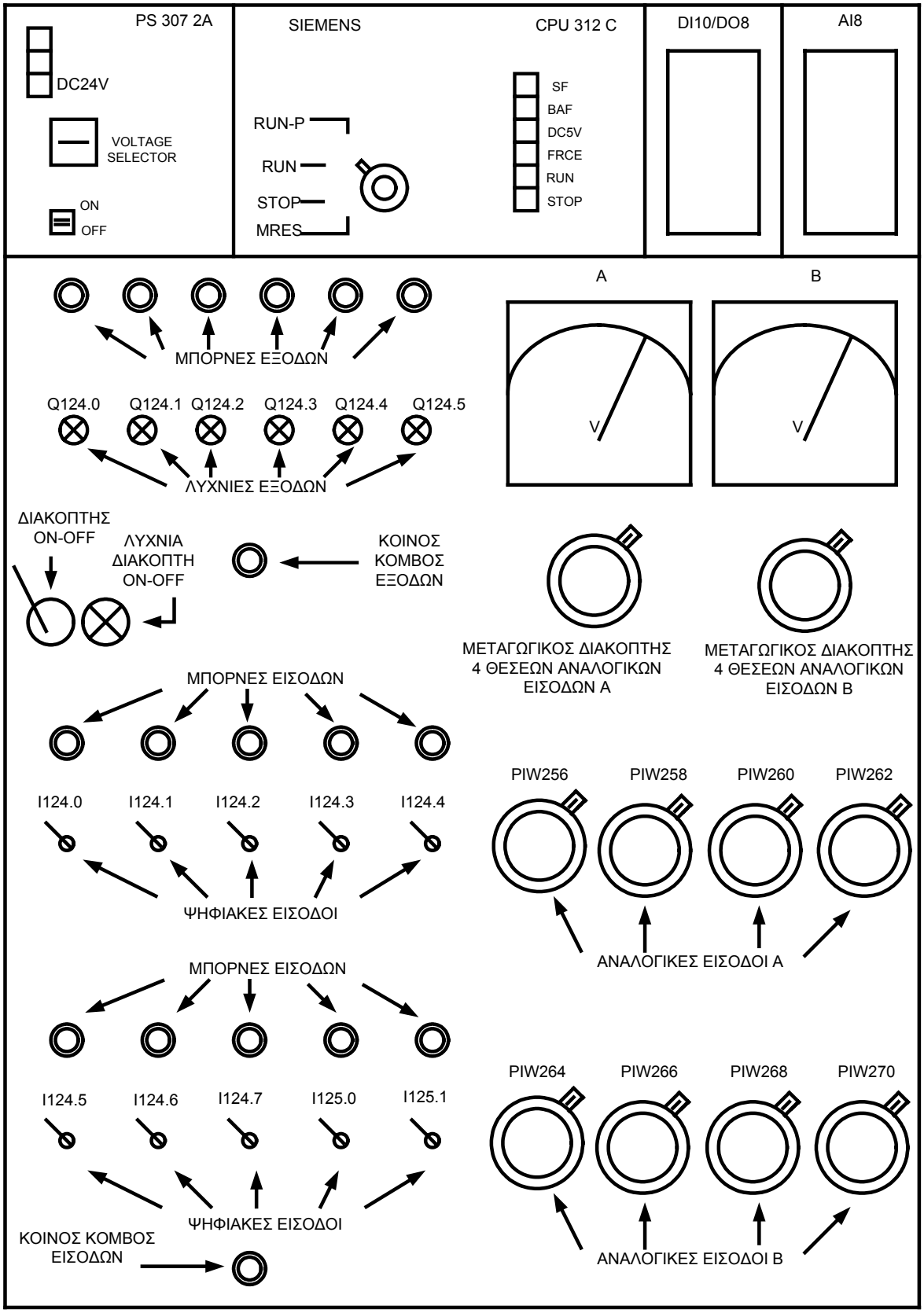
5.4 Κατασκευή του προσομοιωτή.

Ο πλαστικός πίνακας που χρησιμοποιήθηκε είχε διαστάσεις **30cmX40cmX18cm**.

Στην επιφάνεια του πίνακα τοποθετήθηκαν:

- Η ράγα του PLC
- Οι διακόπτες
- Οι μπόρνες
- Τα LED
- Τα βολτόμετρα
- Τα ποτενσιόμετρα

Η τελική εμπρόσθια όψη του προσομοιωτή μετά την τοποθέτηση των εξαρτημάτων επάνω στην επιφάνεια του πίνακα φαίνεται στο σχήμα 5.17.



Σχήμα 5.17. Εμπρόσθια όψη του προσομοιωτή.

Το σχέδιο με την εμπρόσθια όψη κολλήθηκε με χαρτοταινία στην επιφάνεια του πίνακα, **30cmX40cm.** Μετά με τη βοήθεια ενός σφυριού και ενός εργαλείου, που ονομάζεται «πόντα», κτυπήσαμε το κέντρο κάθε εξαρτήματος, που βρισκόταν επάνω στο χαρτί, ώστε να σημαδέψουμε την επιφάνεια του πίνακα. Έπειτα, ξεκολλήσαμε το χαρτί με το σχέδιο και προέκυψε η επιφάνεια της πρόσοψης του πίνακα σημαδεμένη.

Στο επόμενο στάδιο, τρυπήσαμε με τη βοήθεια ενός δράπανου την πρόσοψη, χρησιμοποιώντας ως οδηγό τα σημάδια που υπήρχαν και τοποθετήσαμε όλα τα εξαρτήματα επάνω στην πρόσοψη.

Στο τελευταίο στάδιο, βιδώσαμε την ηλεκτρονική πλακέτα στο εσωτερικό τμήμα του κουτιού καθώς επίσης και τον μετασχηματιστή.

Το επόμενο και πλέον χρονοβόρο μέρος της κατασκευής ήταν η καλωδίωση όλων των επιμέρους εξαρτημάτων, η οποία έγινε σύμφωνα με τα σχέδια που παρουσιάστηκαν στις παραγράφους 4.2 έως 4.3.

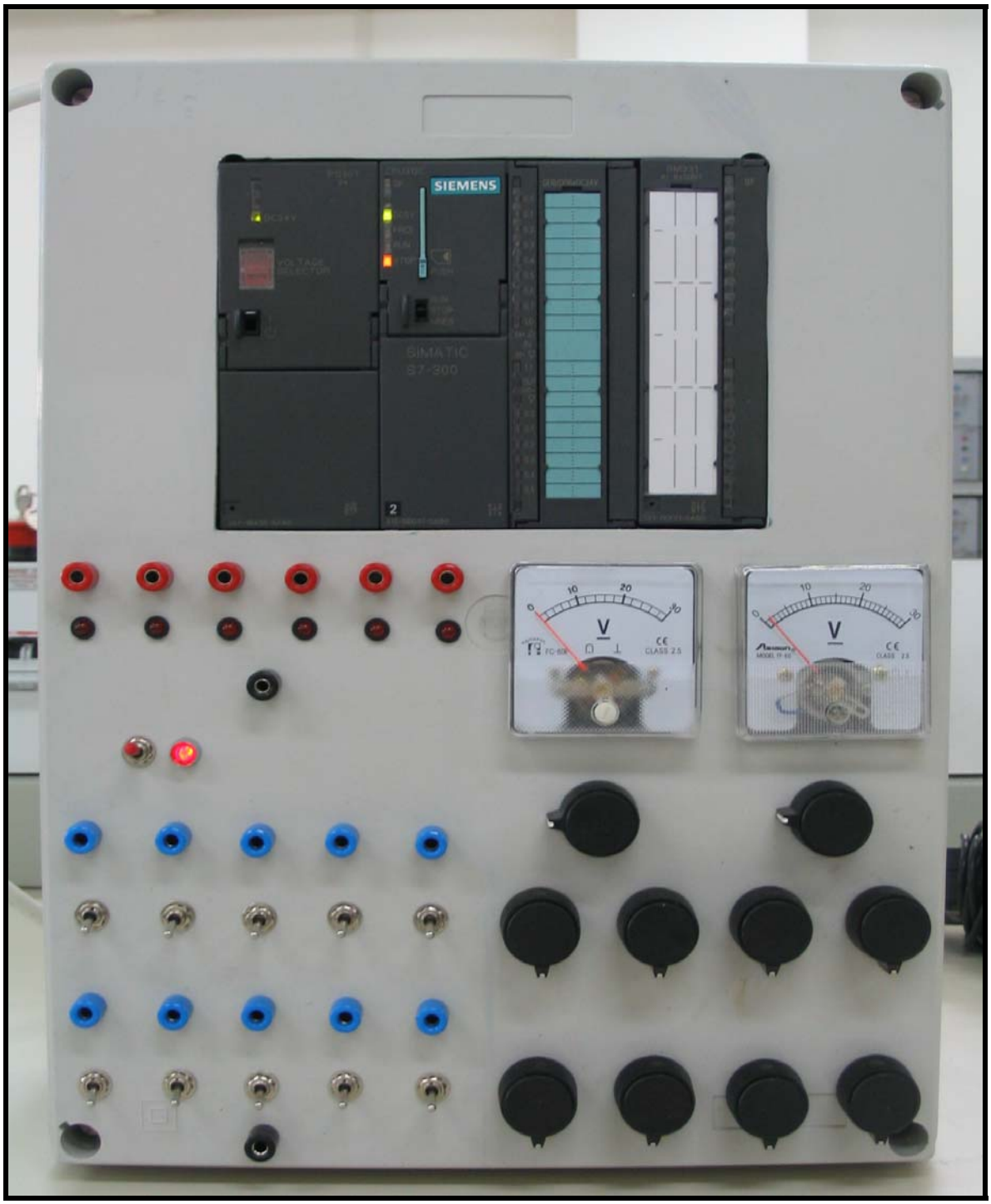
Δεν λάβαμε όμως υπόψην, ότι οι παραπάνω αγωγοί έχουν **πολύ μικρή μηχανική αντοχή** και κατά τη διάρκεια της καλωδίωσης του προσομοιωτή ορισμένοι από αυτούς καταπονήθηκαν μηχανικά με αποτέλεσμα να **κοπούν**.

Έτσι χρησιμοποιήσαμε **αγωγούς με μόνωση PVC, 1mm^2,** που παρουσιάζουν **μεγάλη μηχανική αντοχή.**

5.5 Κόστος Κατασκευής

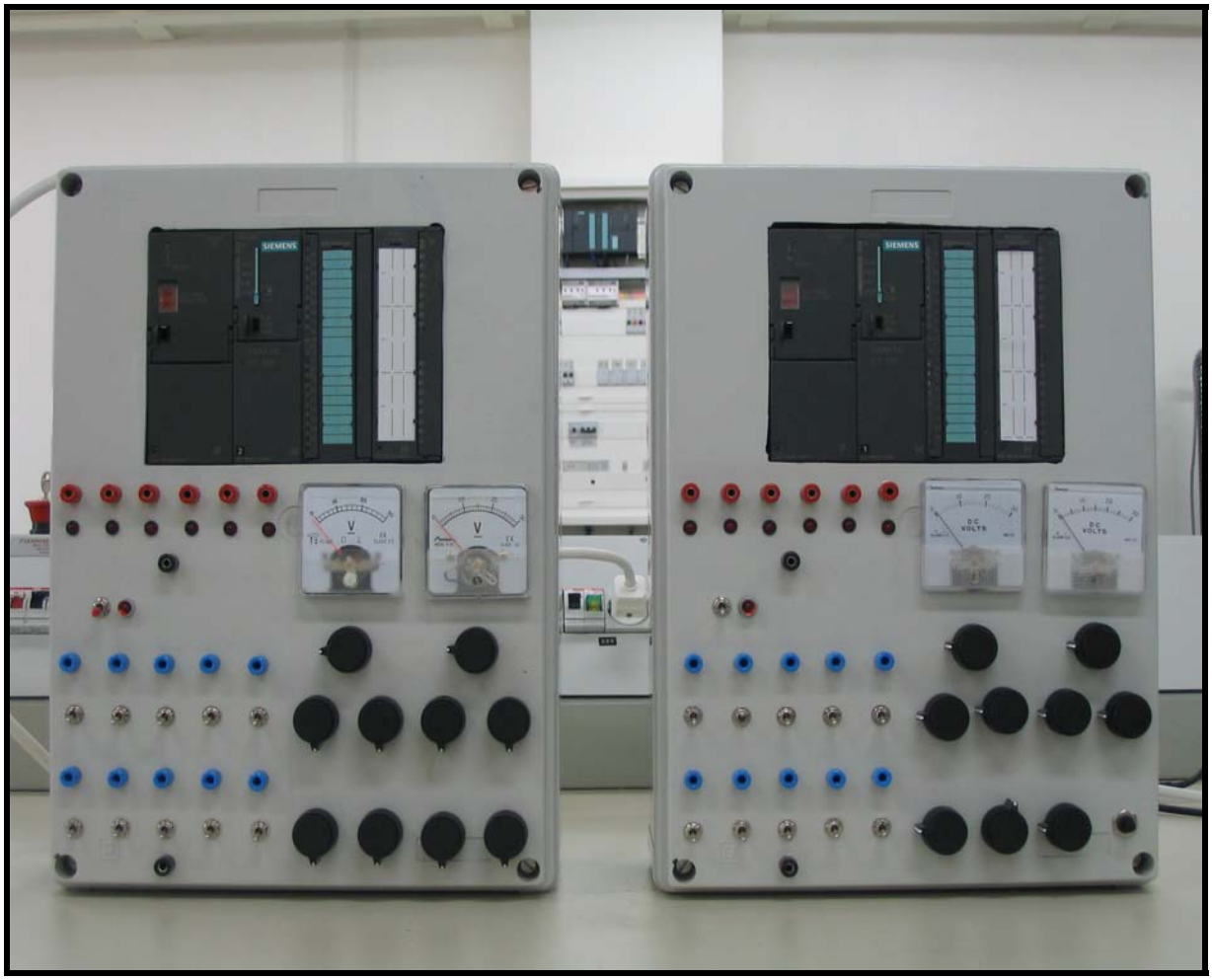
Ένας από τους βασικότερους στόχους μας, στην προσπάθεια κατασκευής των συγκεκριμένων πινάκων, ήταν ο περιορισμός του κόστους σε λογικά πλαίσια. Το σημαντικότερο έξοδο στην κατασκευή των πινάκων ήταν ο **ηλεκτρολογικός εξοπλισμός,** ο οποίος ξεπέρασε τα **300 euros** και για τους δύο πίνακες. Ακολούθησε η προμήθεια απαραίτητων εργαλείων όπως απογυμνωτής καλωδίων, πένσες, κοφτάκια, κατσαβίδια, τρυπάνια κ.τ.λ.

Παρακάτω παρατίθενται φωτογραφίες του προσομοιωτή, στην τελική του μορφή.



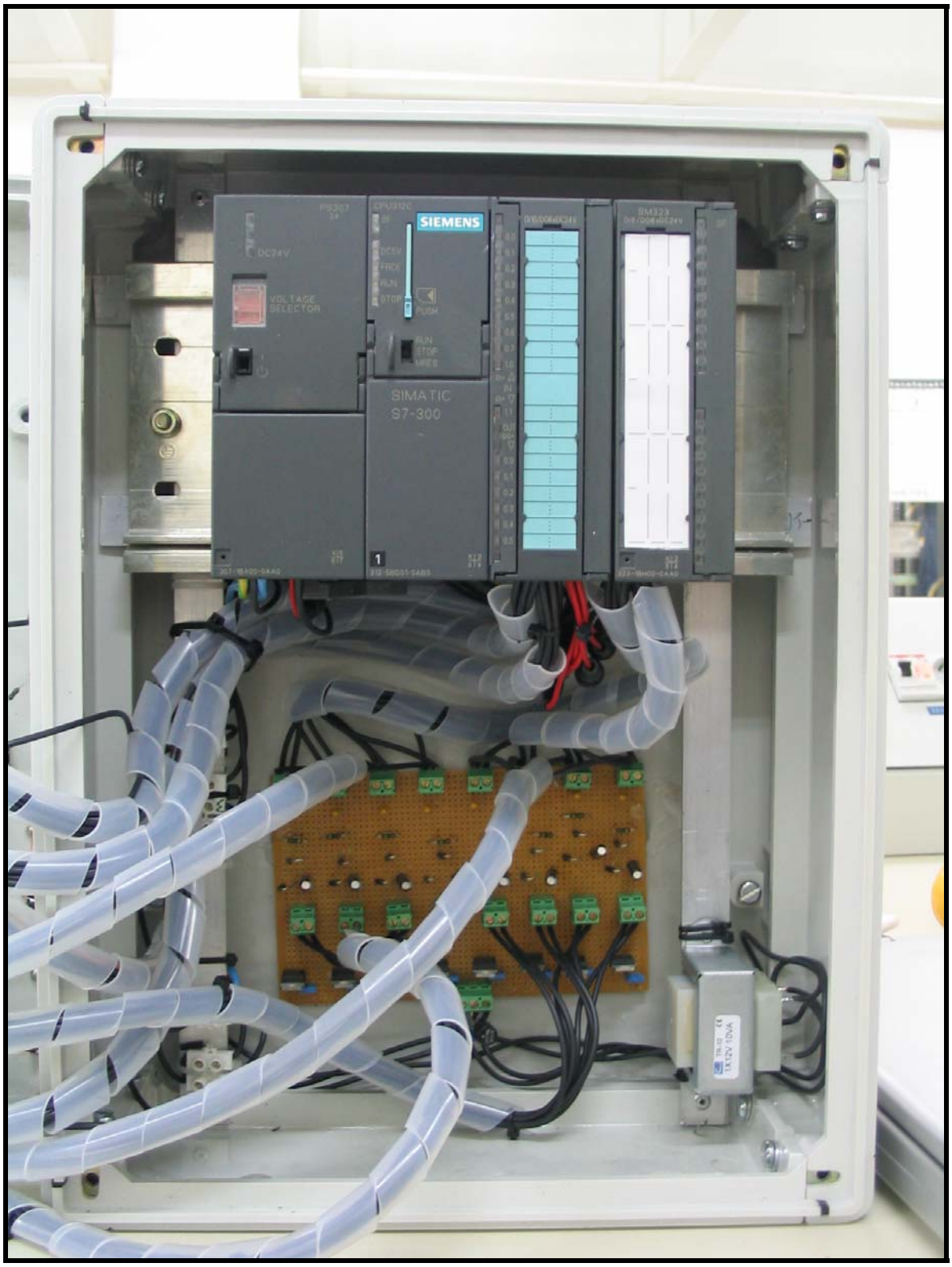
Φωτογραφία 5.1. Η εμπρόσθια όψη του προσομοιωτή.

Φωτογραφία 5.2. Η πλάγια όψη του προσομοιωτή.

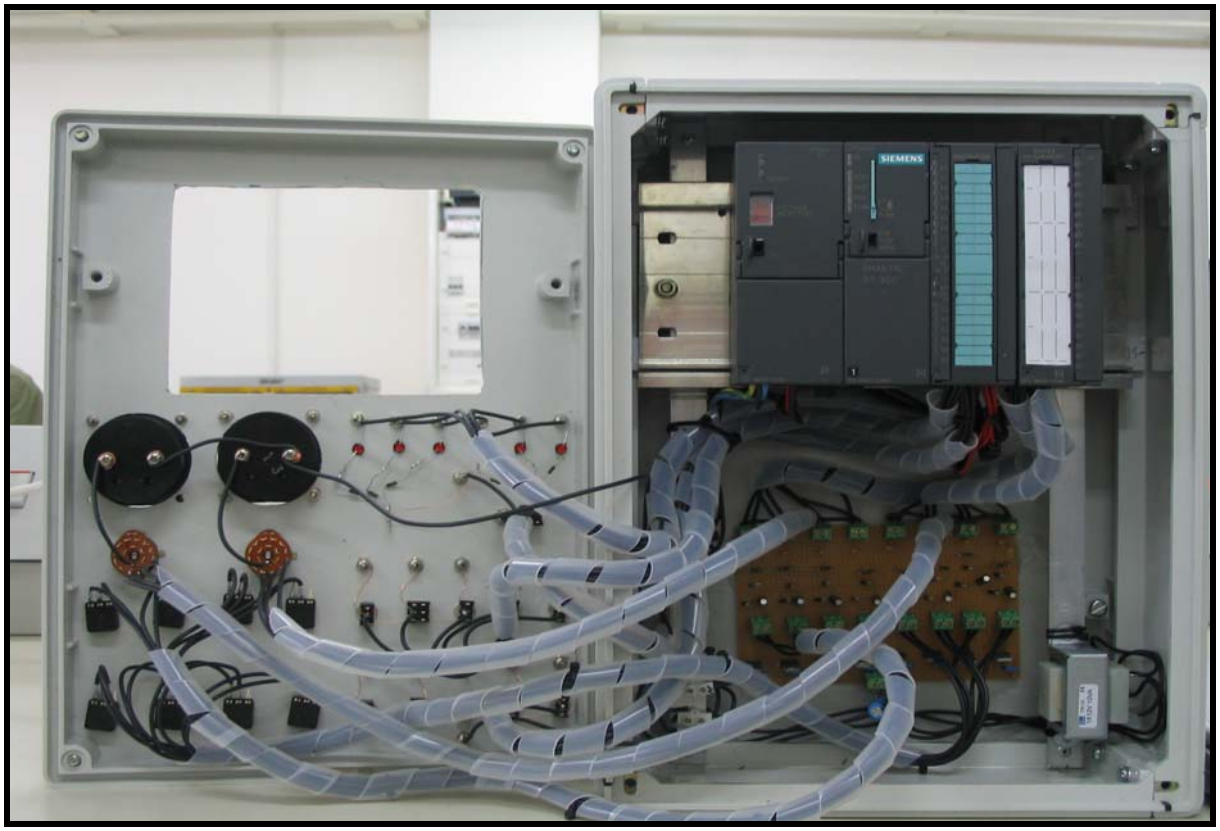


Φωτογραφία 5.3. Εμπρόσθια όψη των δύο προσομοιοτών.

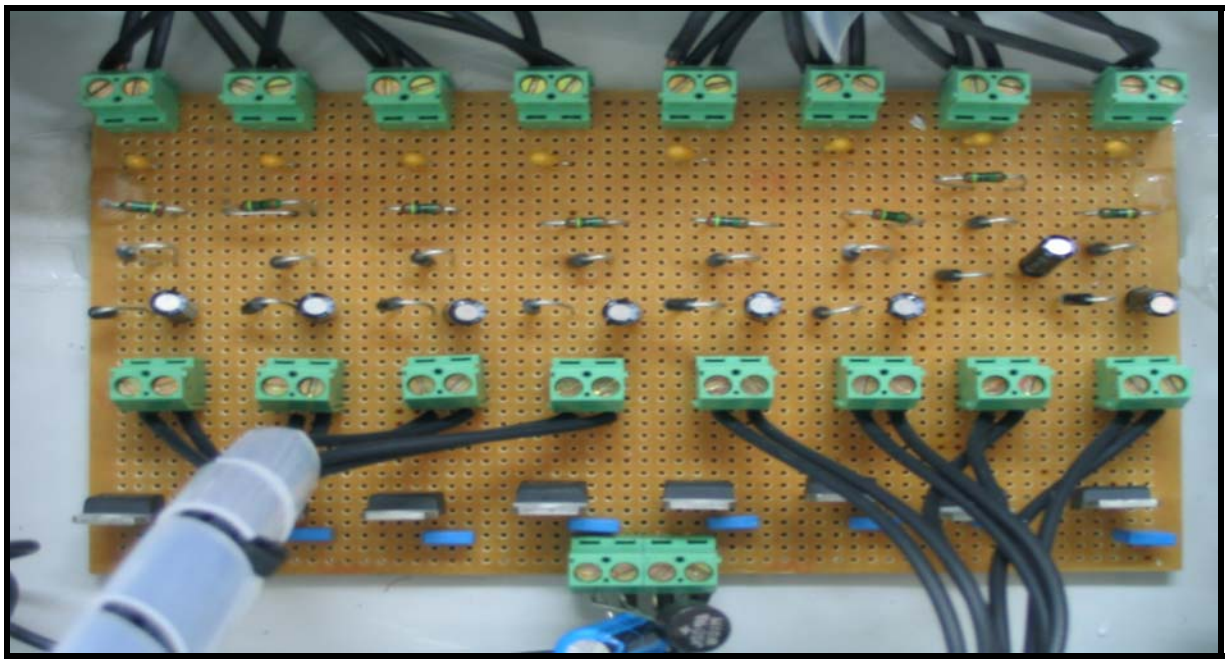
Φωτογραφία 5.4. Εσωτερική όψη της πόρτας του προσομοιωτή.



Φωτογραφία 5.5. Το εσωτερικό μέρος του προσομοιωτή.



Φωτογραφία 5.6. Το εσωτερικό όλου του προσομοιωτή.



Φωτογραφία 5.7. Η ηλεκτρονική πλακέτα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΕΛΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση της διπλωματικής εργασίας, θεωρείται αναγκαίο να περιγράφεί η τελική λειτουργία του προσομοιωτή, η οποία έγκειται στο:

- **Να εξομοιώνουμε** ψηφιακά σήματα (με τη βοήθεια διακοπτών) και αναλογικά σήματα (με τη βοήθεια μιας ηλεκτρονικής πλακέτας).
- **Να οδηγούμε** τα παραπάνω σήματα προς επεξεργασία σε ένα προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (PLC).
- **Να εμφανίζουμε** τα αποτελέσματα της επεξεργασίας.

Ανάλογα με το πρόγραμμα που θα υπάρχει στη μνήμη του PLC, θα ενεργοποιούνται κάποιες έξοδοι οι οποίες θα είναι ορατές με τη βοήθεια κόκκινων LEDs που θα φωτοβολούν.

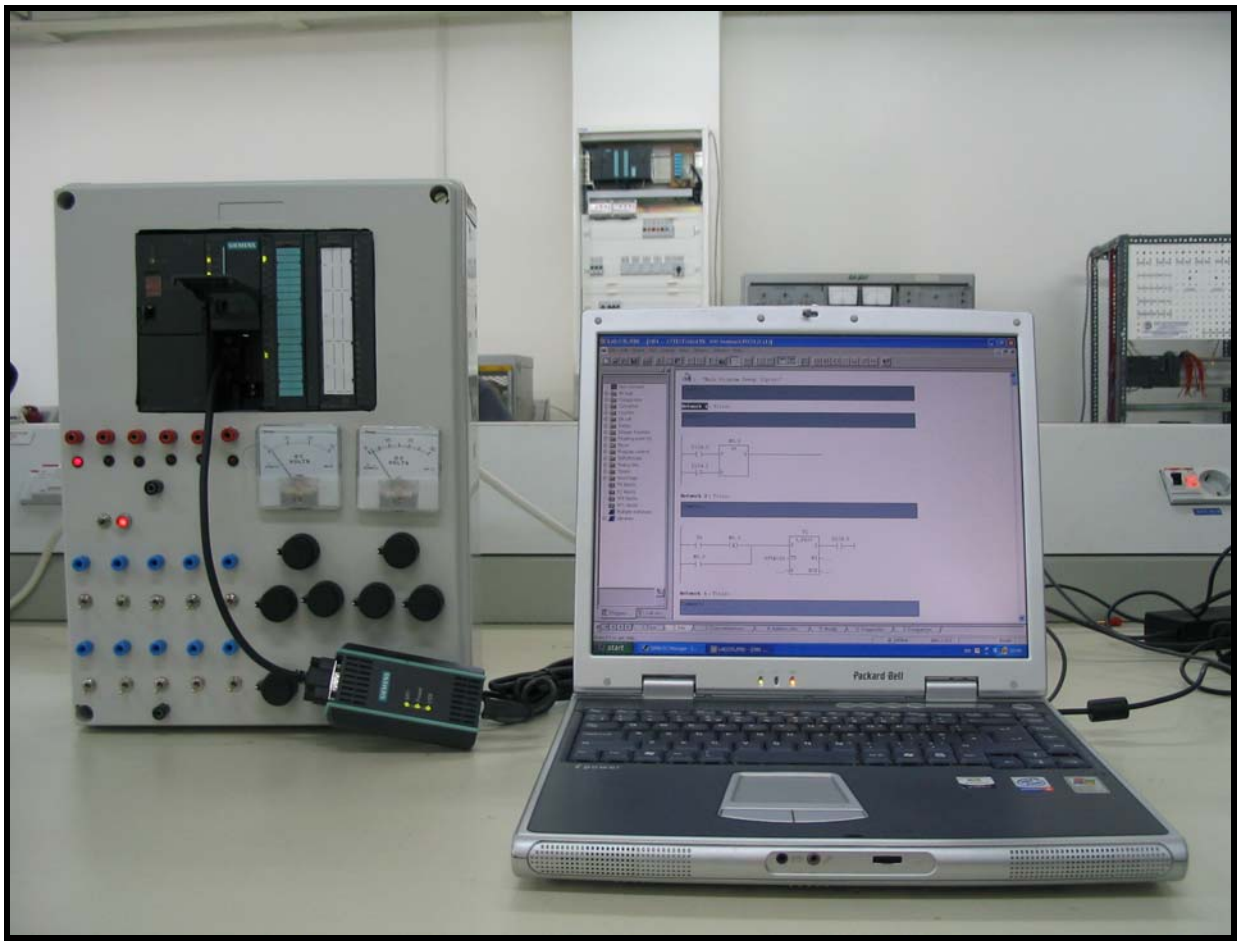
Παράλληλα, ο προσομοιωτής, εκτός από τον εκπαιδευτικό του χαρακτήρα, θα μπορεί να χρησιμοποιείται και ως πραγματικό σύστημα αυτοματισμού, όπως π.χ για την εκκίνηση ενός κινητήρα σε συνδεσμολογία αστέρος-τριγώνου, με την προϋπόθεση ότι στις μπόρνες των ψηφιακών εισόδων θα τοποθετηθούν πιεστικοί διακόπτες (**buttons)** και στις εξόδους ρελαί (**relays).**

Από την πλευρά του **εκπαιδευτικού χαρακτήρα του προσομοιωτή,** ο σπουδαστής θα μπορεί να ελέγχει την ορθή λειτουργία των προγραμμάτων του σε πραγματικές συνθήκες.

Πριν την κατασκευή του προσομοιωτή, ο έλεγχος της ορθότητας ενός προγράμματος γινόταν με τη χρήση του λογισμικού STEP 7 της Siemens, στο παραθυρικό περιβάλλον Simatic Manager, μέσω ενός εικονικού προσομοιωτή. Αυτό έχει ως **μειονέκτημα** ότι ο σπουδαστής βλέπει τη λειτουργία του προγράμματος **μόνο στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή**.

Μετά την κατασκευή του προσομοιωτή, ο σπουδαστής έχει πλέον τη δυνατότητα να ελέγχει την ορθότητα του προγράμματός του **σε πραγματικές συνθήκες**. Αυτό σημαίνει ότι θα «κατεβάζει» («download») το πρόγραμμά του στον προσομοιωτή και θα βλέπει στην πραγματικότητα πώς ανταποκρίνεται ο προσομοιωτής (PLC) στις εντολές που του έχει δώσει.

Στο σχήμα 6.1 φαίνεται η επικοινωνία ενός (φορητού) ηλεκτρονικού υπολογιστή με τον προσομοιωτή για το «κατέβασμα» του προγράμματος στη μνήμη RAM του PLC.

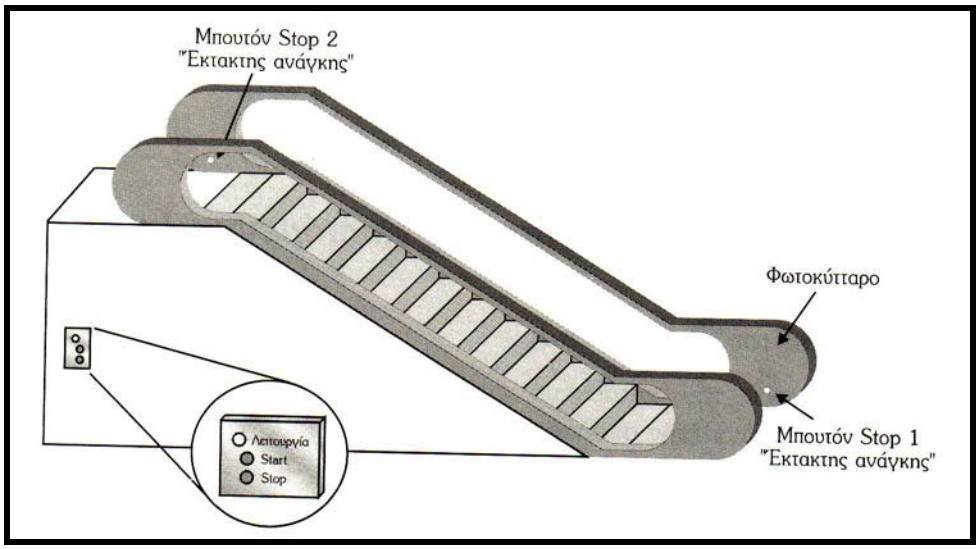


Σχήμα 6.1. Επικοινωνία υπολογιστή και προσομοιωτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ

7.1 *Έλεγχος Συστήματος Κυλιόμενης Σκάλας*



- Γενική περιγραφή λειτουργίας.

Επιθυμούμε την κατασκευή ενός συστήματος για τον αυτόματο έλεγχο μιας κυλιόμενης σκάλας. Η κυλιόμενη σκάλα τίθεται σε κατάσταση ετοιμότητας λειτουργίας με το πάτημα ενός Button Start το οποίο είναι ενσωματωμένο σε ένα ειδικό χειριστήριο. Το ξεκίνημα της όμως δε γίνεται αμέσως, παρά μόνο αφού προηγουμένως εμφανιστεί κάποιο άτομο στην είσοδό της και η δέσμη του φωτοκύτταρου διακοπεί και μετά επανέλθει στην αρχική της κατάσταση. Δηλαδή, αν κάποιος άνθρωπος σταθεί επάνω στη δέσμη και διακοπεί η δέσμη του φωτοκύτταρου, η κυλιόμενη σκάλα δεν πρέπει να ξεκινήσει. Η σκάλα παραμένει σε κατάσταση λειτουργίας για 15sec, όσος δηλαδή χρόνος απαιτείται προκειμένου να φτάσει στο τέρμα. Η διακοπή λειτουργίας της καθορίζεται από τις παρακάτω προϋποθέσεις :

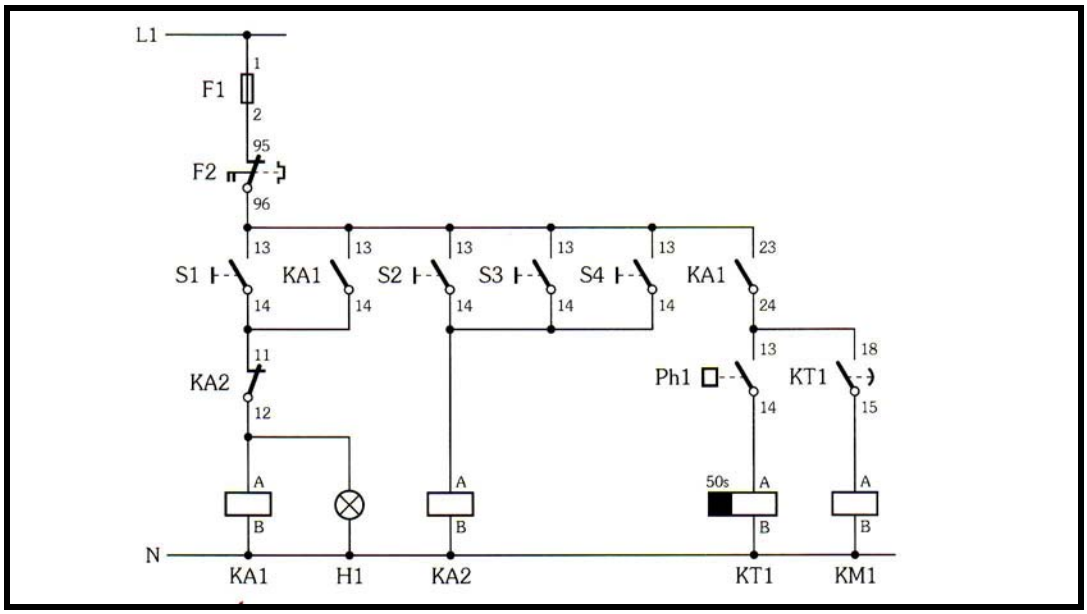
- Είτε με το πάτημα ενός Button Stop («Εκτός λειτουργίας»), που και αυτό βρίσκεται ενσωματωμένο στο ειδικό χειριστήριο.

- Είτε με κάποια εντολή που παίρνει από την έξοδο ενός αισθητηρίου, το οποίο ανιχνεύει τις τυχόν υπερθερμάνσεις του κινητήρα που την μετακινεί.
- Είτε με το πάτημα ενός Button Stop 1 («Έκτακτης ανάγκης 1»), που βρίσκεται τοποθετημένο στο κάτω μέρος της σκάλας.
- Είτε με το πάτημα ενός άλλου Button Stop 2 («Έκτακτης ανάγκης 2»), που βρίσκεται στο επάνω μέρος της σκάλας.

Θέλουμε επίσης να έχουμε την κατάλληλη φωτεινή ένδειξη, όταν η σκάλα τεθεί σε κατάσταση ετοιμότητας λειτουργίας.

- <u>Περιγραφή λειτουργίας του κυκλώματος κλασικού αυτοματισμού</u>

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.



Όταν πατήσουμε το button Start S1, οπλίζει το βοηθητικό relay KA1, μέσω της κλειστής επαφής KA2(11-12) και αυτοσυγκρατείται από την επαφή KA1(13-14). Ταυτόχρονα, κλείνει και η άλλη ανοικτή επαφή KA1(23-24), θέτοντας έτσι σε κατάσταση ετοιμότητας το κύκλωμα κίνησης του κινητήρα και ανάβει η λυχνία H1, η οποία μας προειδοποιεί ότι το κύκλωμα πλέον έχει τεθεί σε κατάσταση ετοιμότητας.

Μόλις κάποιος θελήσει να ανέβει τη σκάλα, διακόπτει τη φωτεινή δέσμη του φωτοκυττάρου, οπλίζει το off delay (καθυστέρηση στην απόζευξη) χρονικό relay KT1, οπλίζει το relay ισχύος KM1, μέσω της χρονικής επαφής KT1(15-18), και αρχίζει να

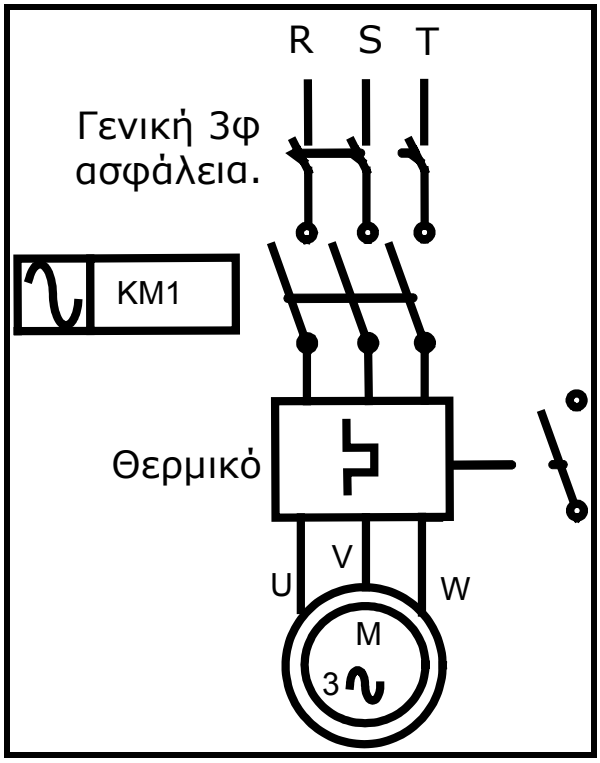
περιστρέφεται ο κινητήρας Μ ο οποίος κινεί τη σκάλα. Μόλις λήξει ο χρόνος των 15sec, αποδιεγείρεται το relay ισχύος KM1 και σταματά η λειτουργία του κινητήρα.

Οι συνθήκες για την απόζευξη του κυκλώματος, σε περίπτωση που δεν επιθυμούμε την λειτουργία της κυλιόμενης σκάλας είναι οι εξής:

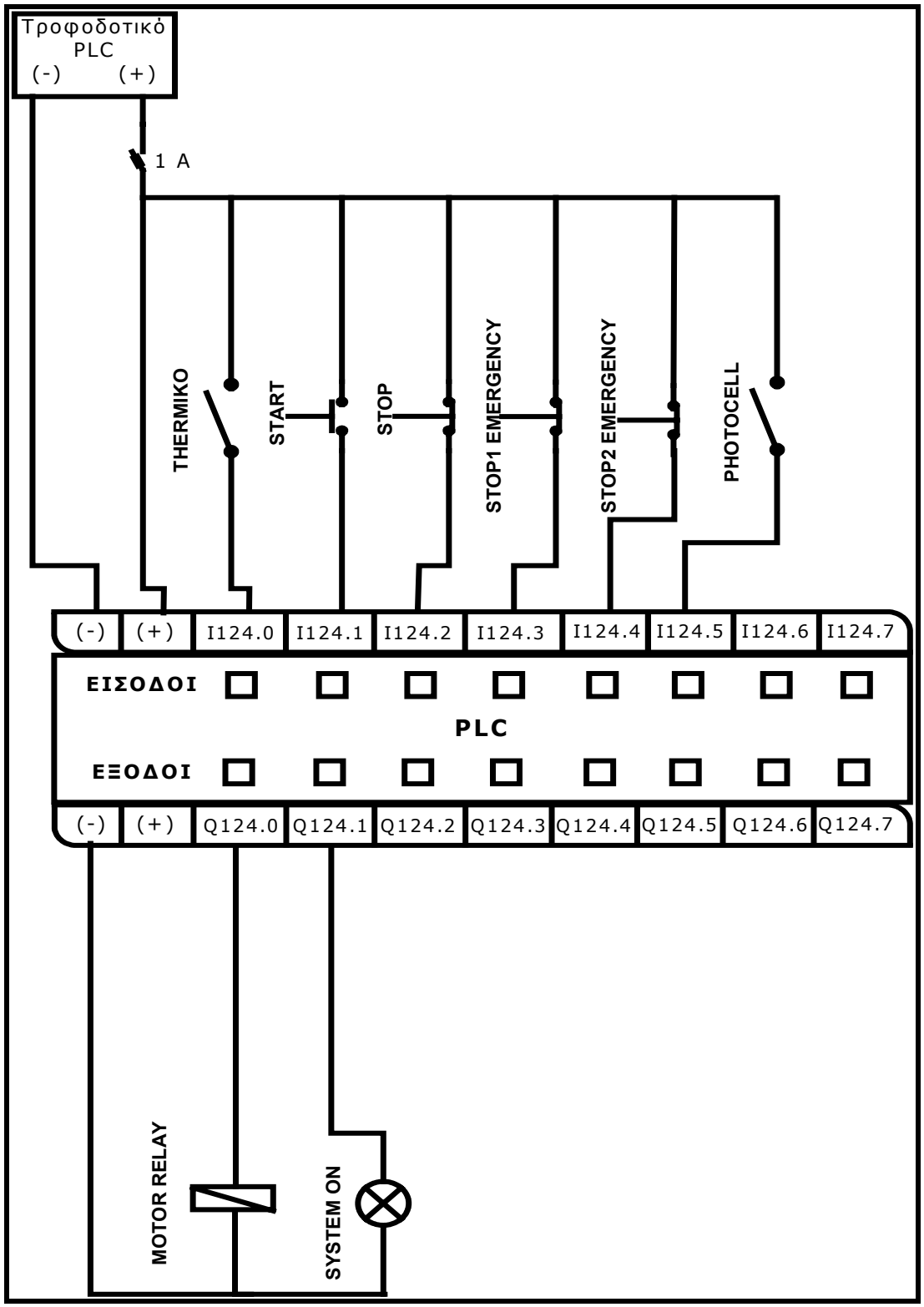
- είτε το πάτημα του button S2, το οποίο θέτει όλο το κύκλωμα εκτός λειτουργίας, διότι
  - οπλίζει το βοηθητικό relay KA2 και ανοίγει την κλειστή του επαφή KA2(11-12).
  - αποδιεγείρεται το βοηθητικό relay KA1, ανοίγοντας την επαφή KA1(23-24), και τίθεται εκτός λειτουργίας το relay KM1.

- είτε το πάτημα του ενός από τα δύο buttons «Έκτακτης ανάγκης» S3 ή S4.
- είτε η αποδιέγερση του αισθητηρίου Th-1 λόγω υπερθέρμανσης του κινητήρα.

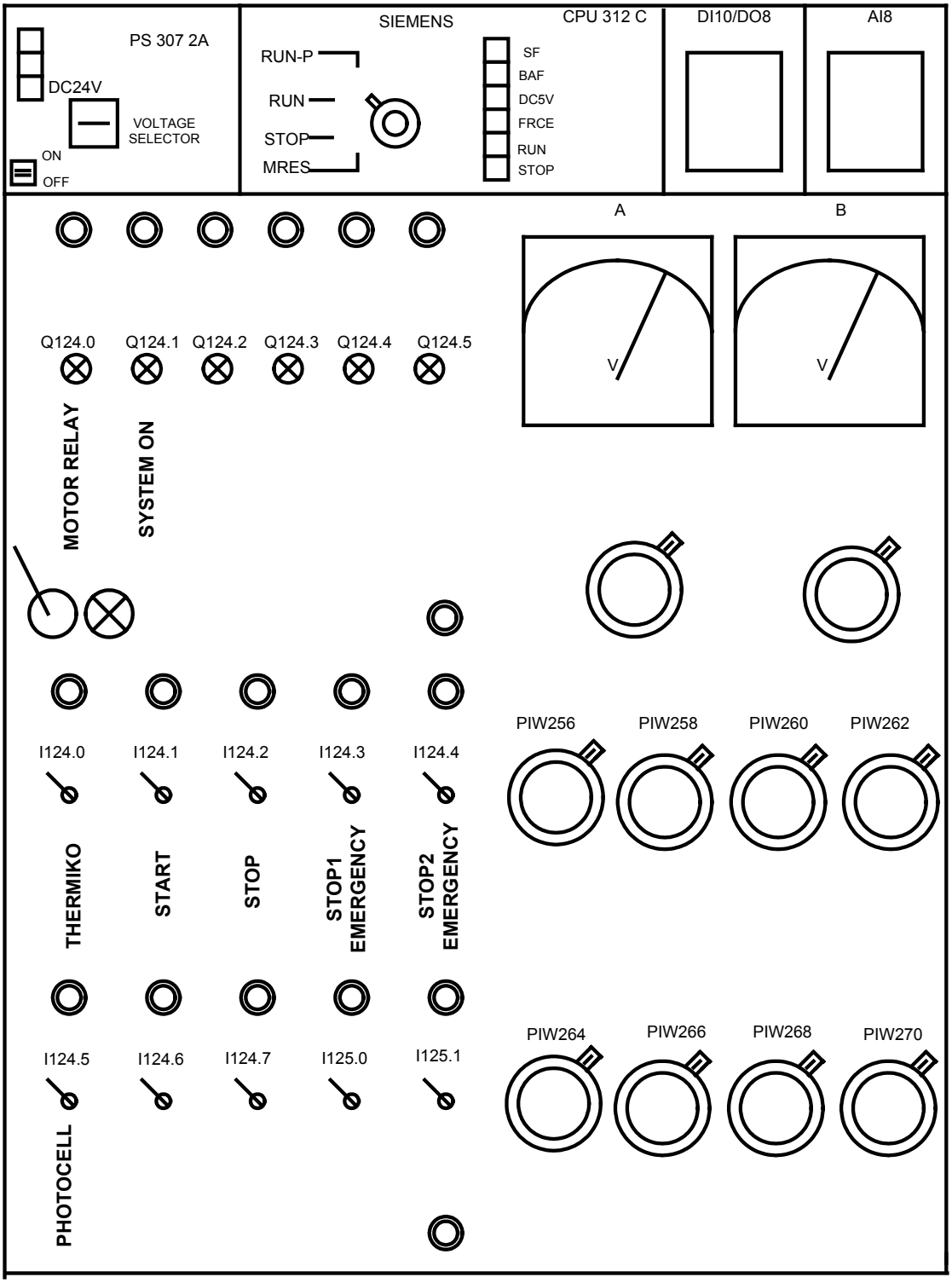
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα ισχύος της διάταξης.



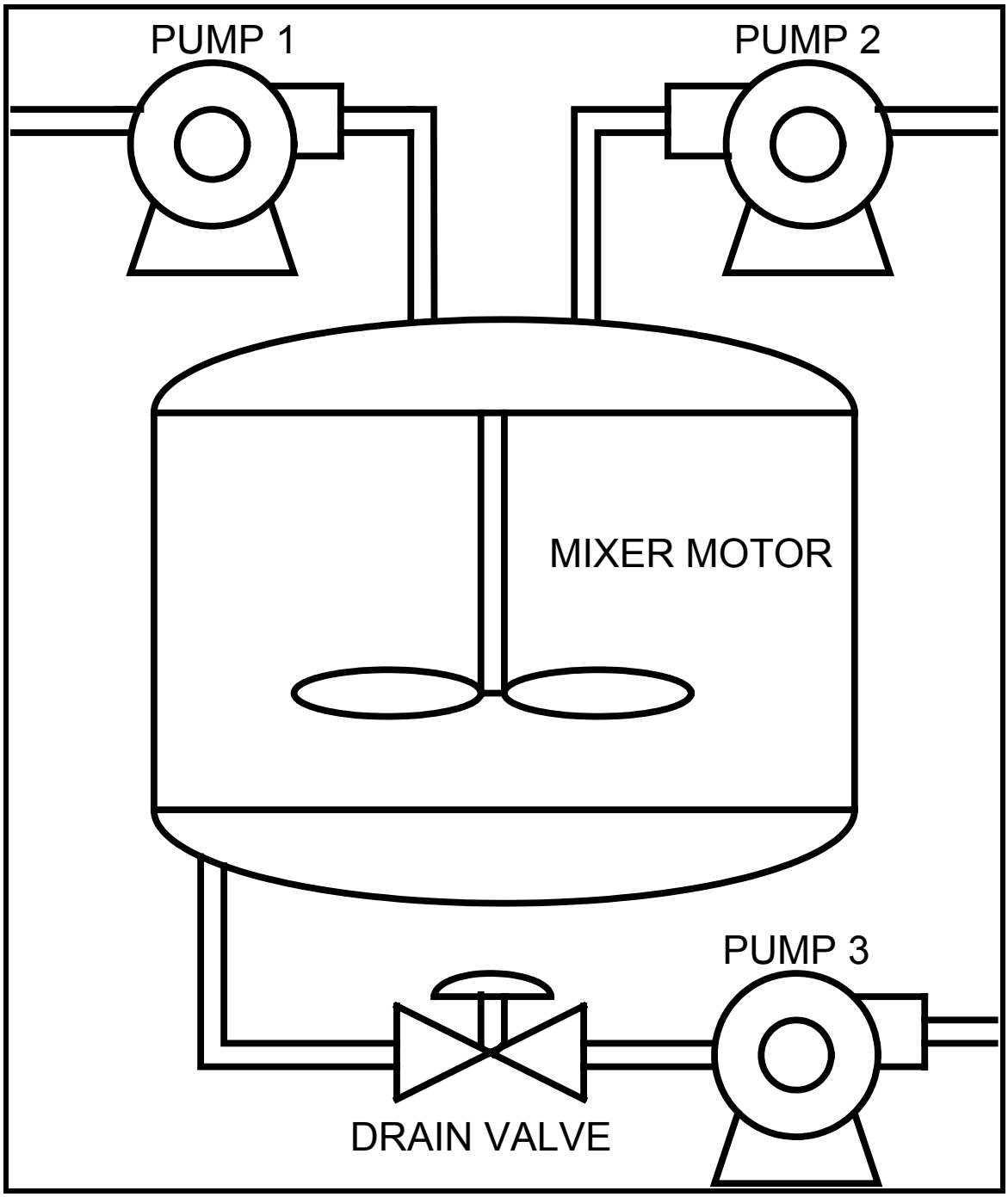
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC που θα αντικαταστήσει πλέον το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο προσομοιωτής για την υλοποίηση της άσκησης.



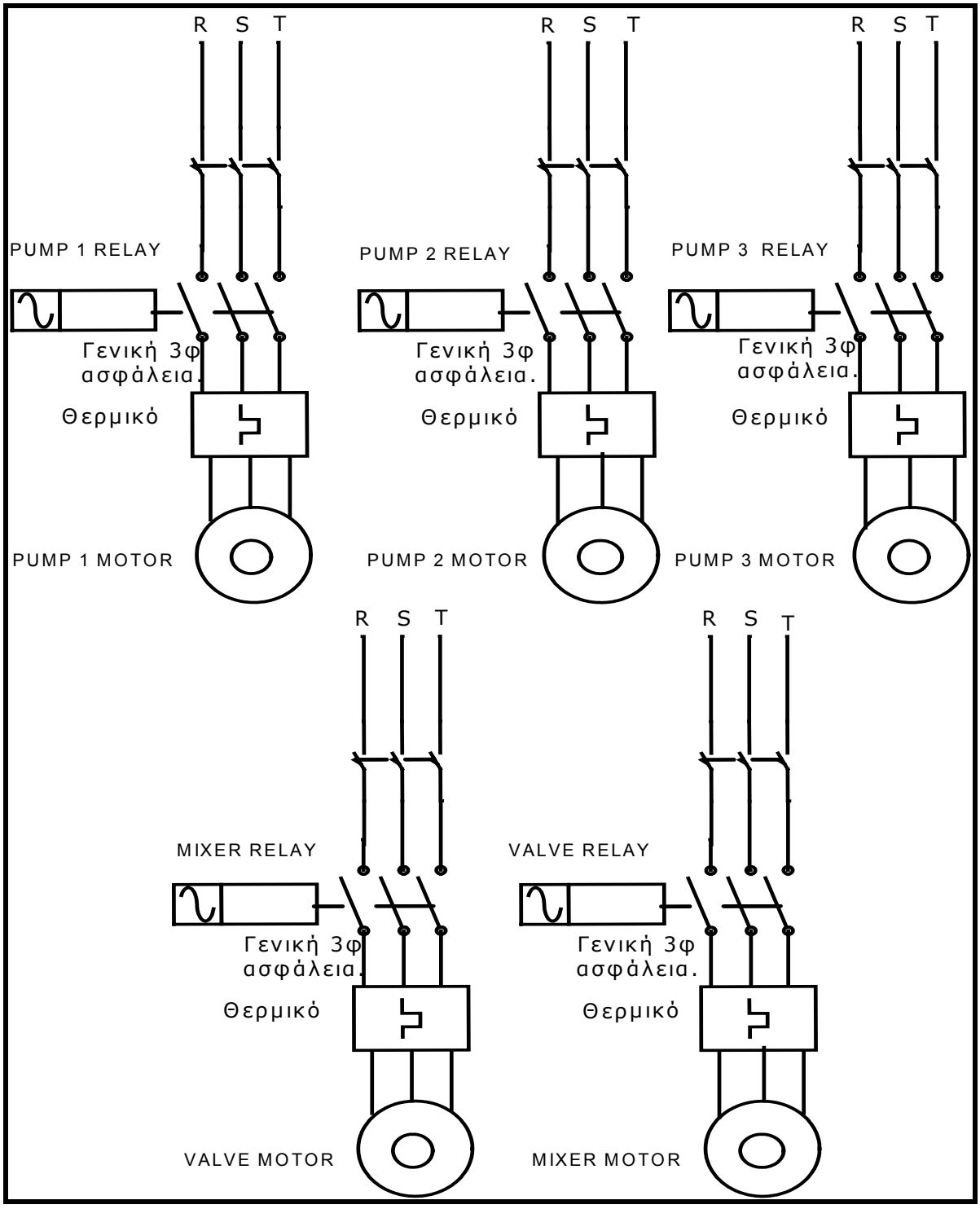
7.2 Δεξαμενή



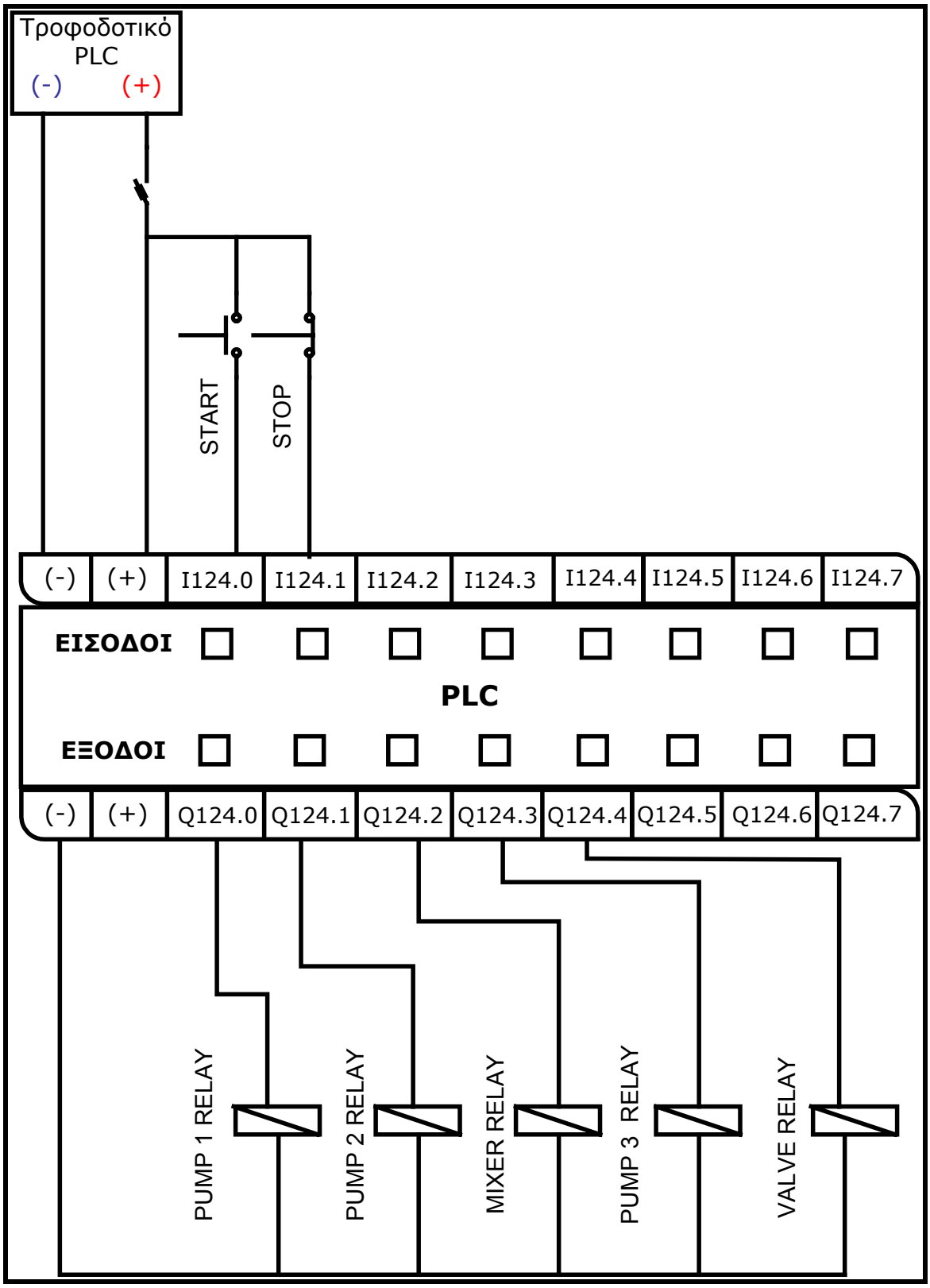
- <u>Γενική περιγραφή λειτουργίας.</u>

Η δεξαμενή που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα θα γεμίσει με δύο χημικά υγρά, τα οποία πρώτα θα ανακατευτούν και στη συνέχεια θα διοχετευτούν για την υλοποίηση μιας άλλης διαδικασίας. Όταν πατήσουμε το Button "START", δηλαδή όταν έχουμε λογικό 1 στην είσοδο I124.0, το πρόγραμμα ενεργοποιεί την αντλία 1 ("PUMP 1") η οποία ελέγχεται από την έξοδο Q124.0. Η αντλία 1 ("PUMP 1") ενεργοποιείται για 5 sec, γεμίζοντας τη δεξαμενή με το πρώτο υγρό, και μετά την πάροδο των 5 sec απενεργοποιείται. Το πρόγραμμα έπειτα ενεργοποιεί την αντλία 2 ("PUMP 2"), η οποία ελέγχεται από την έξοδο Q124.1. Η αντλία 2 ("PUMP 2") ενεργοποιείται για 3 sec, γεμίζοντας τη δεξαμενή με το δεύτερο υγρό. Μετά την πάροδο των 3 sec απενεργοποιείται. Έπειτα το πρόγραμμα ενεργοποιεί τον αναδευτήρα ("MIXER MOTOR"), ο οποίος ελέγχεται από την έξοδο Q124.2 και ανακατεύει τα 2 υγρά για 60 sec. Το πρόγραμμα εν συνεχεία, ενεργοποιεί τη βαλβίδα διοχέτευσης ("DRAIN VALVE"), η οποία ελέγχεται από την έξοδο Q124.4, όπως επίσης και την αντλία 3 ("PUMP 3"), η οποία ελέγχεται από την έξοδο Q124.3. Η αντλία 3 ("PUMP 3"), όπως επίσης και η βαλβίδα διοχέτευσης ("DRAIN VALVE") απενεργοποιούνται μετά από 8 sec και η διαδικασία σταματά. Επιπροσθέτως, έχουμε τη δυνατότητα να σταματήσουμε τη διαδικασία πατώντας το button "STOP", το οποίο συνδέεται στην είσοδο I124.1. Να γραφεί πρόγραμμα αυτοματισμού για PLC σε STEP7, για τη λειτουργία της παραπάνω δεξαμενής.

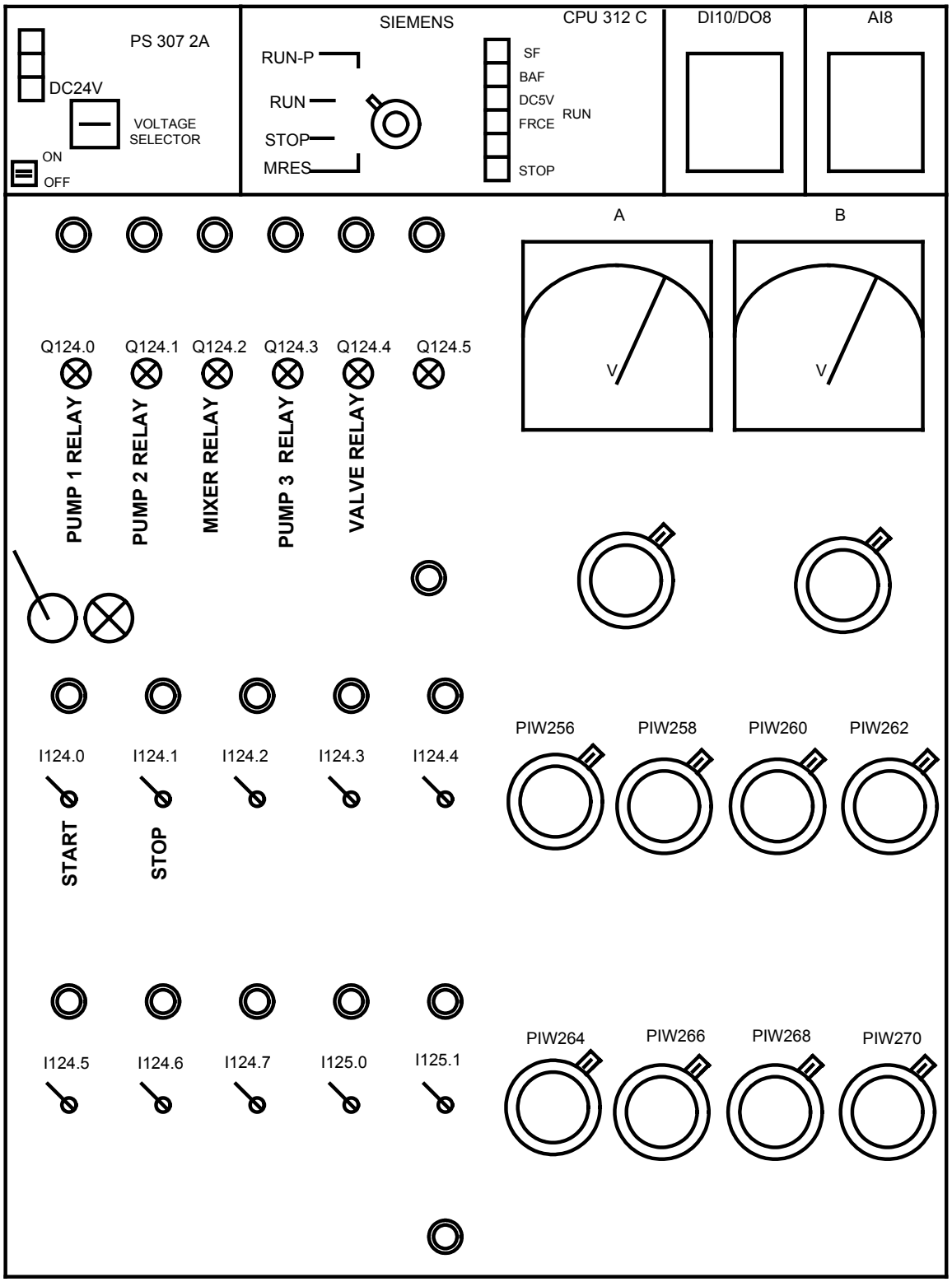
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα ισχύος.



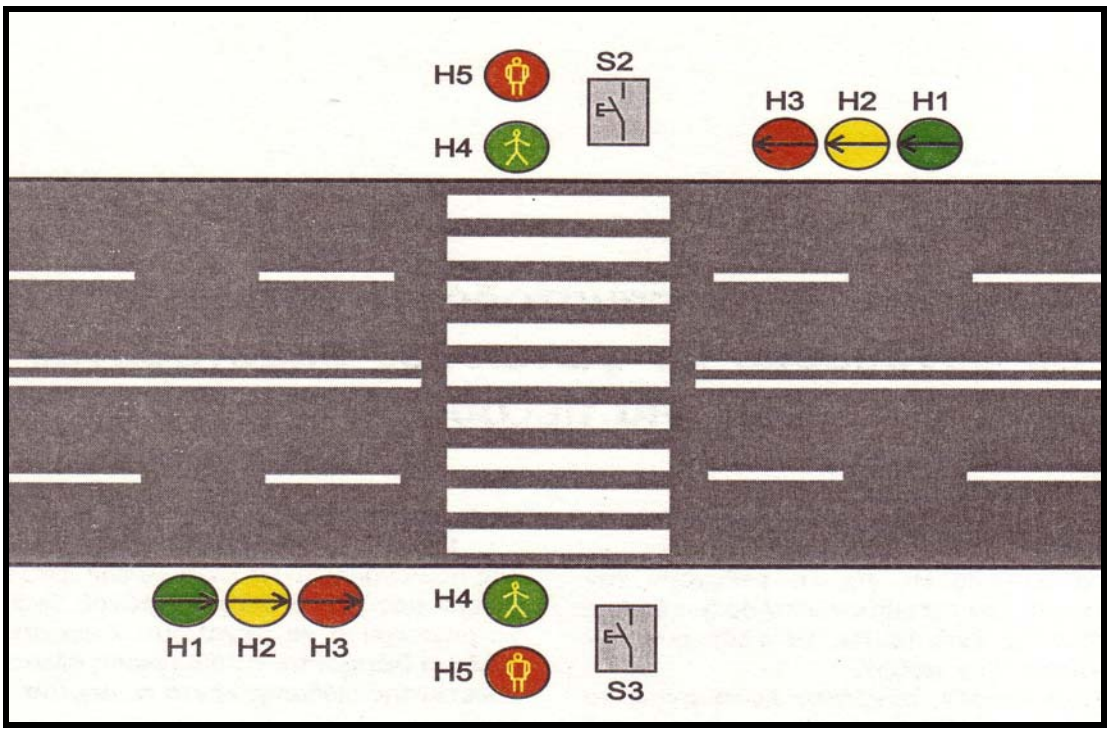
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο προσομοιωτής για την υλοποίηση της άσκησης.



7.3 ***Φωτεινοί σηματοδότες οχημάτων σε συνδυασμό με φωτεινούς σηματοδότες για πεζούς***



- Γενική περιγραφή λειτουργίας

Τα φανάρια Η1 (πράσινο για τα οχήματα), Η2 (κίτρινο για τα οχήματα), Η3 (κόκκινο για τα οχήματα), ελέγχουν την κυκλοφορία των οχημάτων στο δρόμο διπλής κατεύθυνσης, ενώ τα Η4 (πράσινο για τους πεζούς) και Η5 (κόκκινο για τους πεζούς), ελέγχουν την κυκλοφορία των πεζών.

Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, τα Η1 (πράσινο για τα οχήματα) ανάβουν για 25 sec, τα Η2 (κίτρινο για τα οχήματα) ανάβουν για 4 sec και τα Η3 (κόκκινο για τα οχήματα) για 15 sec. Για τους πεζούς, τα Η4 (πράσινο για τους πεζούς) ανάβουν για 10 sec και τα Η5 (κόκκινο για τους πεζούς) για 34 sec. Επιπλέον, για την ασφάλεια των πεζών, το Η4 (πράσινο για τους πεζούς) ανάβει 2 sec αργότερα από το Η3 (κόκκινο για τα οχήματα) λόγω κεκτημένης ταχύτητας των οχημάτων.

Επιπρόσθετα, το Η4 (πράσινο για τους πεζούς) σβήνει 3sec νωρίτερα από το άναμμα του Η1 (πράσινο για τα οχήματα) δηλαδή διακόπτεται η διάβαση των πεζών 3 sec νωρίτερα από την εκκίνηση των οχημάτων. Αυτό συμβαίνει για να προλαβαίνει να αδειάσει η διάβαση από πεζούς πριν ξεκινήσουν τα οχήματα. Φυσικά ο χρόνος των 3 sec μπορεί να αυξηθεί ανάλογα με το πλάτος του δρόμου και τον αριθμό των πεζών που διασχίζουν τη διάβαση.

Όταν υπάρχει άμεση ανάγκη να διασχίσει κάποιος πεζός τη διάβαση, πατάει το button S_2 (I124.2) ή S_3 (I124.3) οπότε αμέσως ανάβουν τα Η2 (κίτρινο για τα οχήματα) και στη συνέχεια τα Η3 (κόκκινο για τα οχήματα) και 2 sec μετά το άναμμα των Η3 (κόκκινο για τα οχήματα) ανάβουν τα Η4 (πράσινο για τους πεζούς) και σβήνουν τα Η5 (κόκκινο για τους πεζούς).

Σε αυτή την περίπτωση, επιμηκύνεται ο χρόνος που ανάβει το Η4 (πράσινο για τους πεζούς) κατά T_6 sec (στο παράδειγμά μας T_6=8 sec). Ο χρόνος T_6 μπορεί να μικρύνει ή να μεγαλώσει όταν από τη διάβαση διέρχονται παιδιά μικρής ηλικίας (τοποθεσία της διάβασης κοντά σε Δημοτικό σχολείο). Να γραφεί πρόγραμμα αυτοματισμού σε STEP7 για τη λειτουργία των φωτεινών σηματοδοτών.

- <u>Περιγραφή λειτουργίας του κυκλώματος κλασικού αυτοματισμού</u>

Αρχικά πατάμε το button S_1 (I124.0) στον κλάδο 1 και οπλίζει το βοηθητικό M_1, οπότε κλείνει τις επαφές εργασίας του στους κλάδους 2, 3 και 11. Αμέσως ανάβουν τα Η1 (Q124.0) ενώ ταυτόχρονα, το χρονικό T_1 αρχίζει να μετράει χρόνο και μόλις περάσουν 25 sec ανοίγει την επαφή του στον κλάδο 3 και κλείνει αυτή στον κλάδο 4. Αυτό έχει ώς αποτέλεσμα να σβήσουν τα Η1 (Q124.0) και να ανάψουν τα Η2 (Q124.1), ενώ το χρονικό T_2 αρχίζει να μετράει χρόνο και σε 4 sec ανοίγει την επαφή του στον κλάδο 5 και κλείνει αυτές στους κλάδους 6, 7, 8, 9, και 10. Έτσι σβήνουν τα Η2 (Q124.1) και ανάβουν τα Η3 (Q124.2) για 15 sec.

Μόλις περάσουν τα 15 sec ανοίγει η T_3 στον κλάδο 3 και βγαίνει εκτός το T_1. Αυτό με την σειρά του ανοίγει την επαφή του στον κλάδο 4, οπότε βγαίνει εκτός το T_2, άρα ανοίγει τις επαφές του στους κλάδους 6, 7, 8, 9, και 10.

Επειδή βγαίνει εκτός και το T_3 στον κλάδο 6, ξανακλείνει η επαφή ηρεμίας του στον κλάδο 2, ανάβουν πάλι τα Η1 (Q124.0) κ.ο.κ.

Στο χρονικό διάστημα των 15 sec που είναι αναμμένα τα Η3 (Q124.2) συμβαίνουν τα εξής:

- Ταυτόχρονα με το άναμμα των Η3 (Q124.2) ενεργοποιείται και το χρονικό στον κλάδο 8 και μετά από 2 sec κλείνει την επαφή του στον κλάδο 9, ενώ ανοίγει αυτή στον κλάδο 11. Έτσι ανάβουν τα Η4 (Q124.3) και σβήνουν τα Η5 (Q124.4).
- Ταυτόχρονα με το άναμμα των Η3 (Q124.2), ενεργοποιείται το χρονικό T_5 στον κλάδο 10 και 12 sec μετά την ενεργοποίησή του ανοίγει την επαφή του στον κλάδο 8, με αποτέλεσμα να βγει εκτός το χρονικό T_4. Άρα ανοίγει την επαφή του στον κλάδο 9 και σβήνουν τα Η4 (Q124.3), ενώ κλείνει πάλι η επαφή του στον κλάδο 11 και ανάβουν τα Η5 (Q124.4).

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι τα Η4(Q124.3) σβήνουν T_3-T_5=15-12=3sec πριν ανάψουν τα Η1 (Q124.0). Όπως αναφέραμε και στην αρχή, αυτό γίνεται για να προλαβαίνει να αδειάζει η διάβαση από πεζούς πριν ξεκινήσουν τα οχήματα, αν και ο χρόνος των 3sec κρίνεται αρκετά μικρός.

Στην περίπτωση που υπάρχει άμεση ανάγκη να διασχίσει κάποιος πεζός τη διάβαση, πατάει το button S_2 (I124.2) ή S_3 (I124.3). Αμέσως οπλίζει το βοηθητικό M_2 στον κλάδο 12, κλείνει τις επαφές του στους κλάδους 4 και 13 ενώ ανοίγει αυτές στους κλάδους 2, 6 και 10. Με το άνοιγμα των επαφών του M_2 στους κλάδους 6 και 10, ο έλεγχος των χρονικών T_3 και T_5 γίνεται μέσω των επαφών T_6. Επίσης, με το κλείσιμο της επαφής του M_2 στον κλάδο 13, ο έλεγχος του T_6 γίνεται από την επαφή του χρονικού T_2.

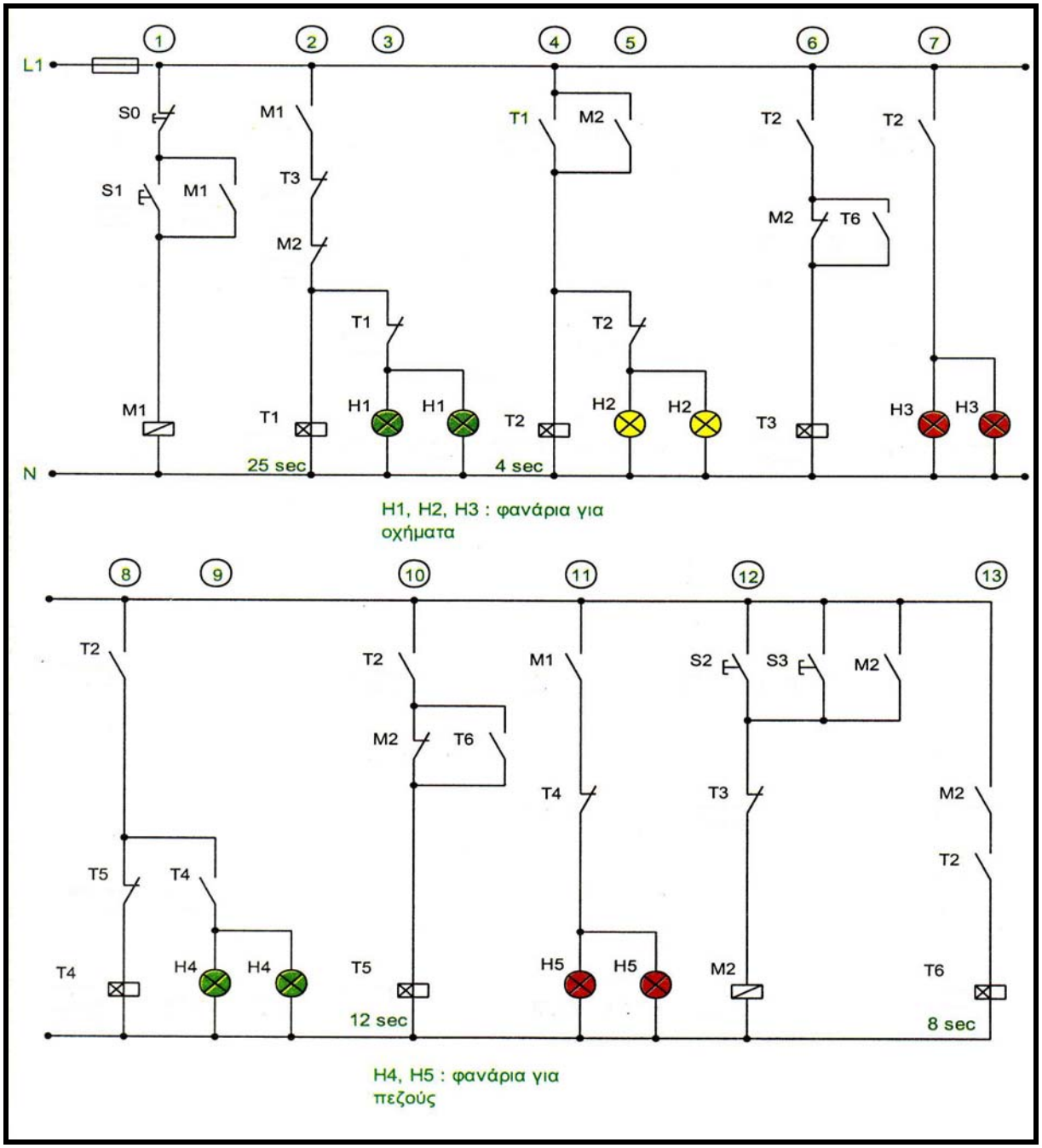
Εξίσου σημαντικό με τα παραπάνω είναι ότι, με το άνοιγμα της επαφής του M_2 στον κλάδο 2, σβήνουν τα Η1 (Q124.0) και βγαίνει εκτός το χρονικό T_1 ενώ συγχρόνως με το κλείσιμο της επαφής του M_2 στον κλάδο 4 ανάβουν τα Η2 (Q124.1) και το χρονικό T_2 αρχίζει να μετράει χρόνο.

Μόλις περάσουν 4 sec, ανοίγει η επαφή του T_2 στον κλάδο 5 και σβήνουν τα Η2 (Q124.1) ενώ ταυτόχρονα κλείνουν οι επαφές του στους κλάδους 6, 7, 8, 9, 10, και 13.

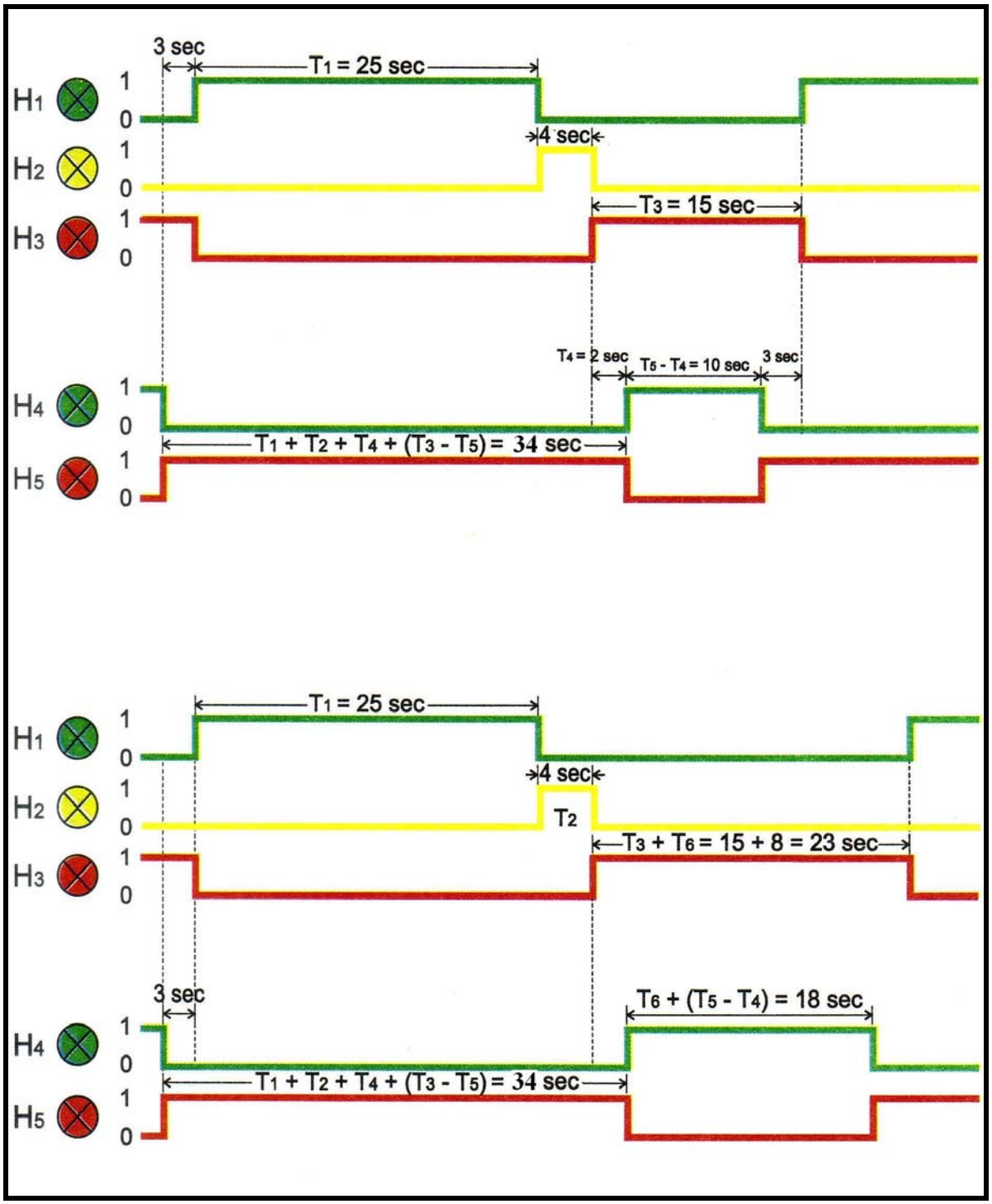
Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να ανάψουν τα Η3 (Q124.2) στον κλάδο 7 και το T_6 στον κλάδο 13 να αρχίζει να μετράει χρόνο. Ακόμη, από τον κλάδο 8 φαίνεται ότι το T_4, 2 sec μετά την ενεργοποίησή του, κλείνει την επαφή του στον κλάδο 9 και ανοίγει αυτή στον κλάδο 11, και έτσι σβήνουν τα Η5 (Q124.4) και ανάβουν τα Η4 (Q124.3), και επιπλέον 8 sec μετά την ενεργοποίησή του, το T_6 κλείνει τις επαφές του στους κλάδους 6 και 10, οπότε ενεργοποιούνται τα χρονικά T_3 και T_5 .

Με άλλα λόγια, τα H4 (Q124.3) ανάβουν για χρόνο $T_6+(T_5-T_4)=8+12-2=18$sec, δηλαδή για επιπλέον χρόνο $T_6=8$sec. Τελικά, μετά από χρόνο $T_6+T_3=8+15=23$sec από την ενεργοποίηση του T_3 μέσω της επαφής του T_2 στον κλάδο 6, ανοίγουν οι επαφές του T_3 στους κλάδους 3 και 12 και βγαίνει εκτός το M_2. Επομένως, βγαίνουν εκτός και το T_2 και το T_3. Επομένως η επαφή του T_3 στον κλάδο 2 ξανακλείνει, ανάβουν τα H1(Q124.0), ενεργοποιείται το T_1 κ.ο.κ.

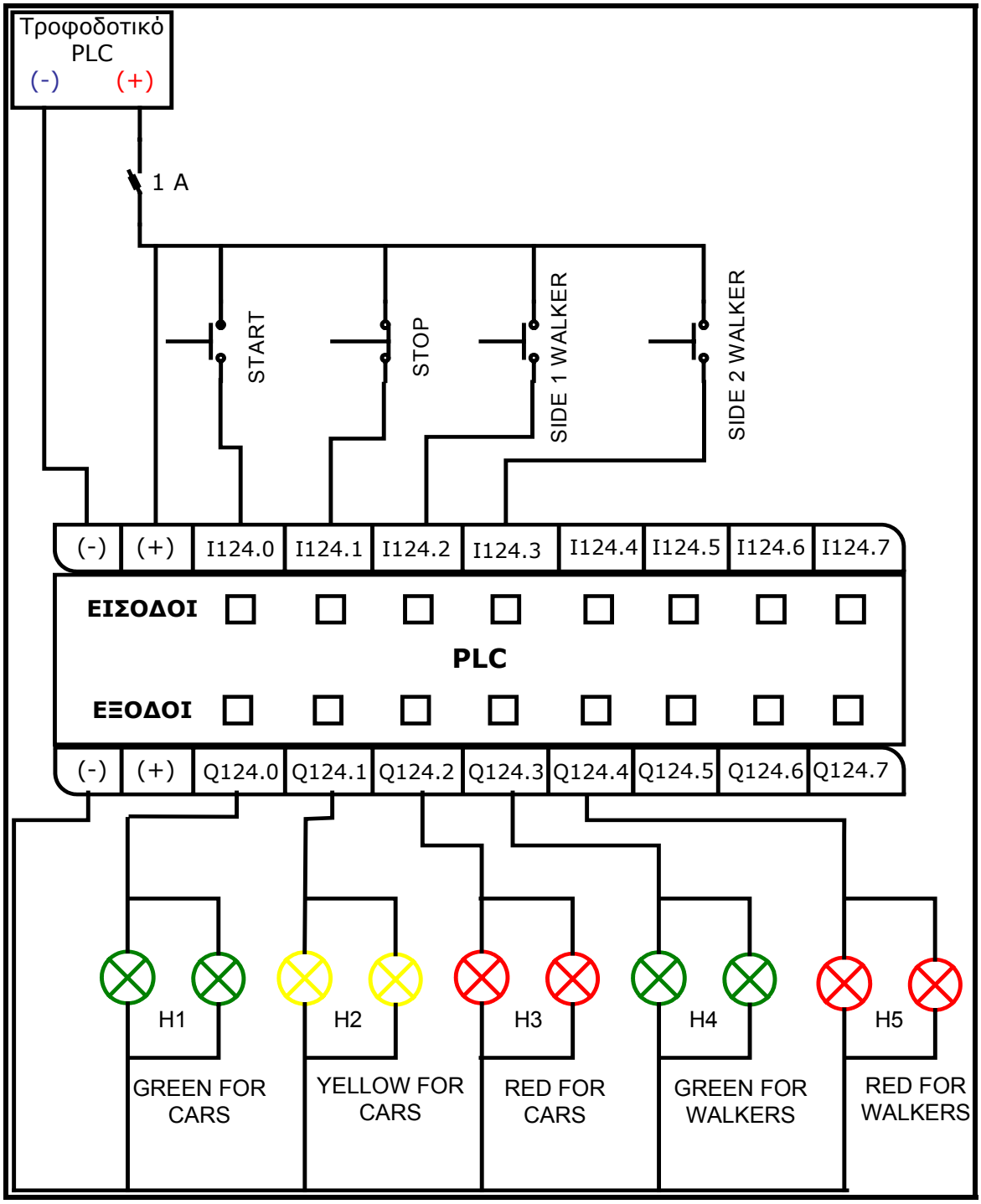
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.



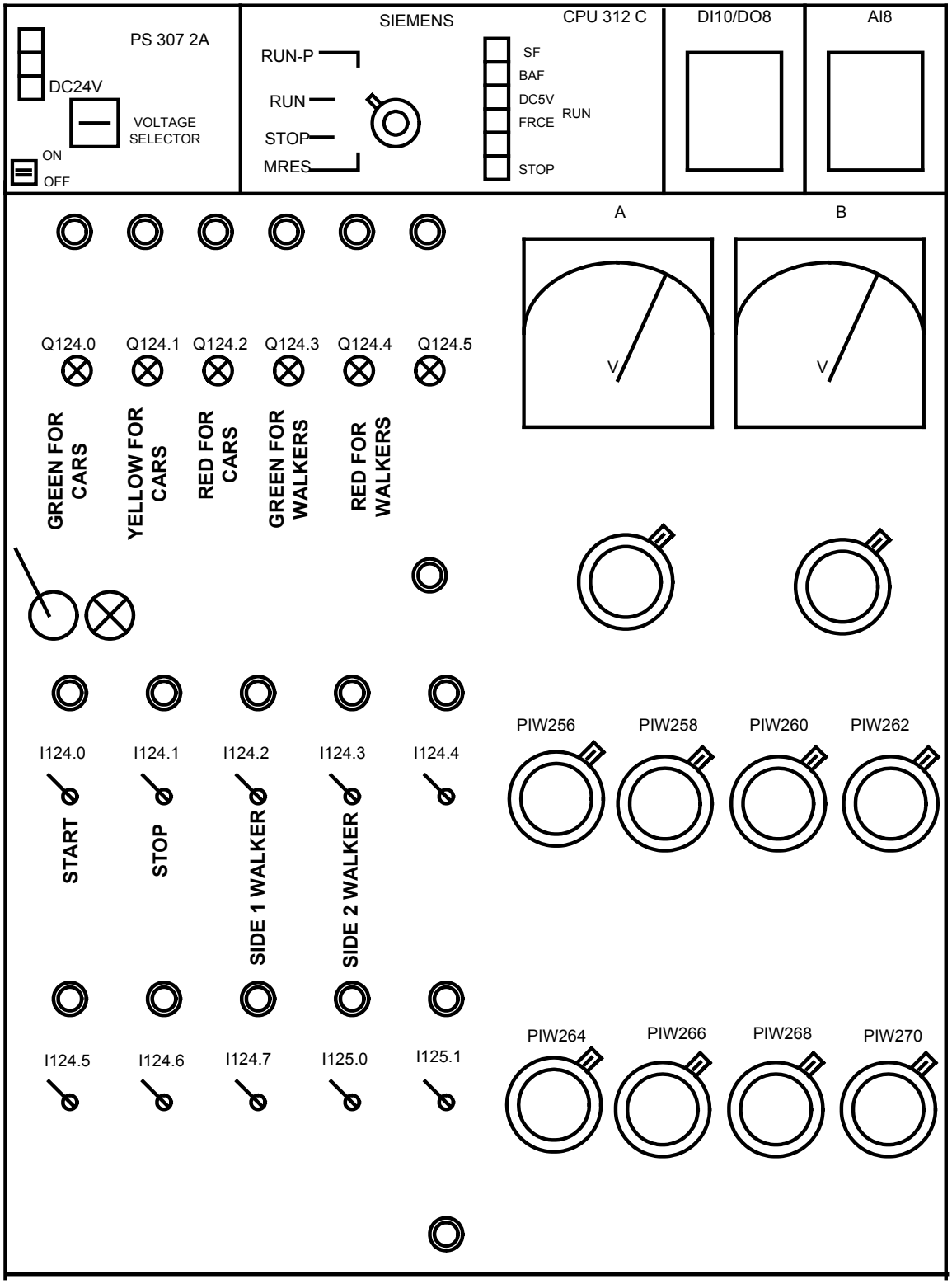
Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι χρόνοι ενεργοποίησης των φαναριών.



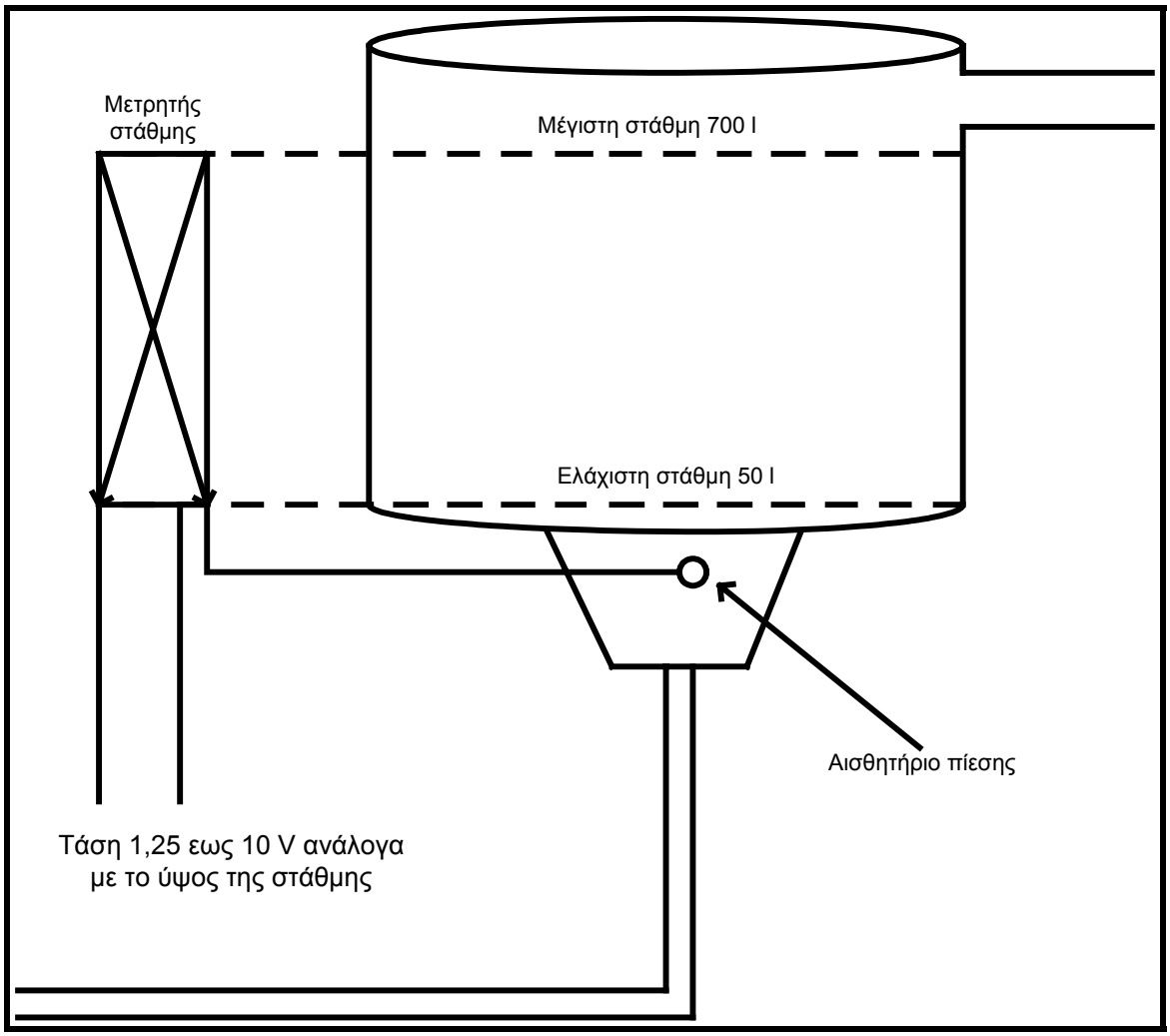
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC που θα αντικαταστήσει πλέον το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο προσομοιωτής για την υλοποίηση της άσκησης.



7.4 *Έλεγχος Στάθμης Δοχείου*



- Γενική περιγραφή λειτουργίας

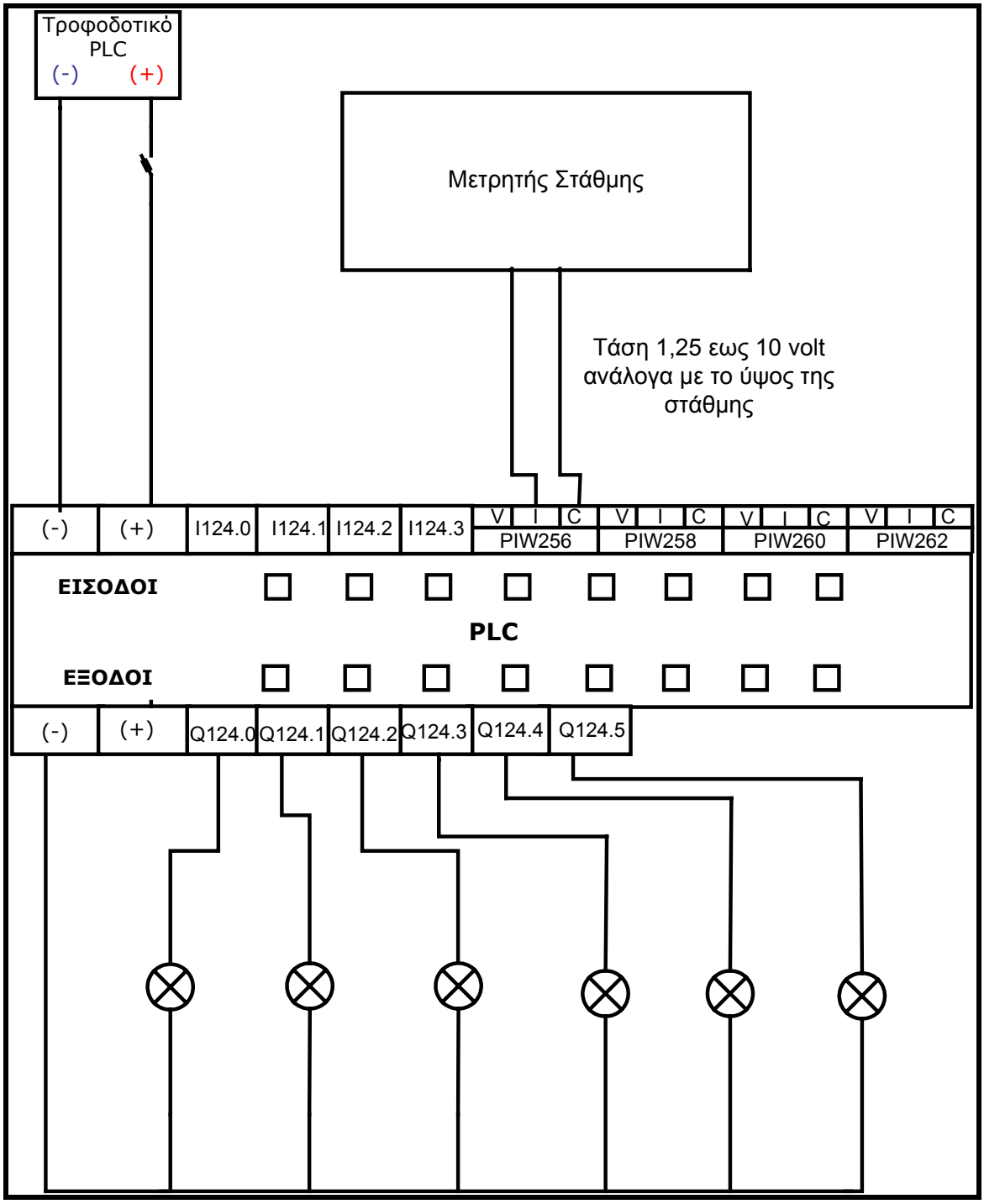
Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται μία δεξαμενή με μέγιστη χωρητικότητα 700 λίτρων. Η στάθμη της μετριέται με τη βοήθεια ενός μετρητή, ο οποίος διαθέτει ένα αισθητήριο στον πυθμένα της δεξαμενής και υπολογίζει την πίεση που ασκεί το υγρό σε αυτόν. Ο μετρητής μετατρέπει την εκάστοτε τρέχουσα τιμή της πίεσης σε μία τάση μεταξύ 1,25 και 12V. Τα 12V αντιστοιχούν στη μέγιστη στάθμη.

Να γραφτεί πρόγραμμα αυτοματισμού σε STEP7 το οποίο θα πληροί τις εξής προδιαγραφές.

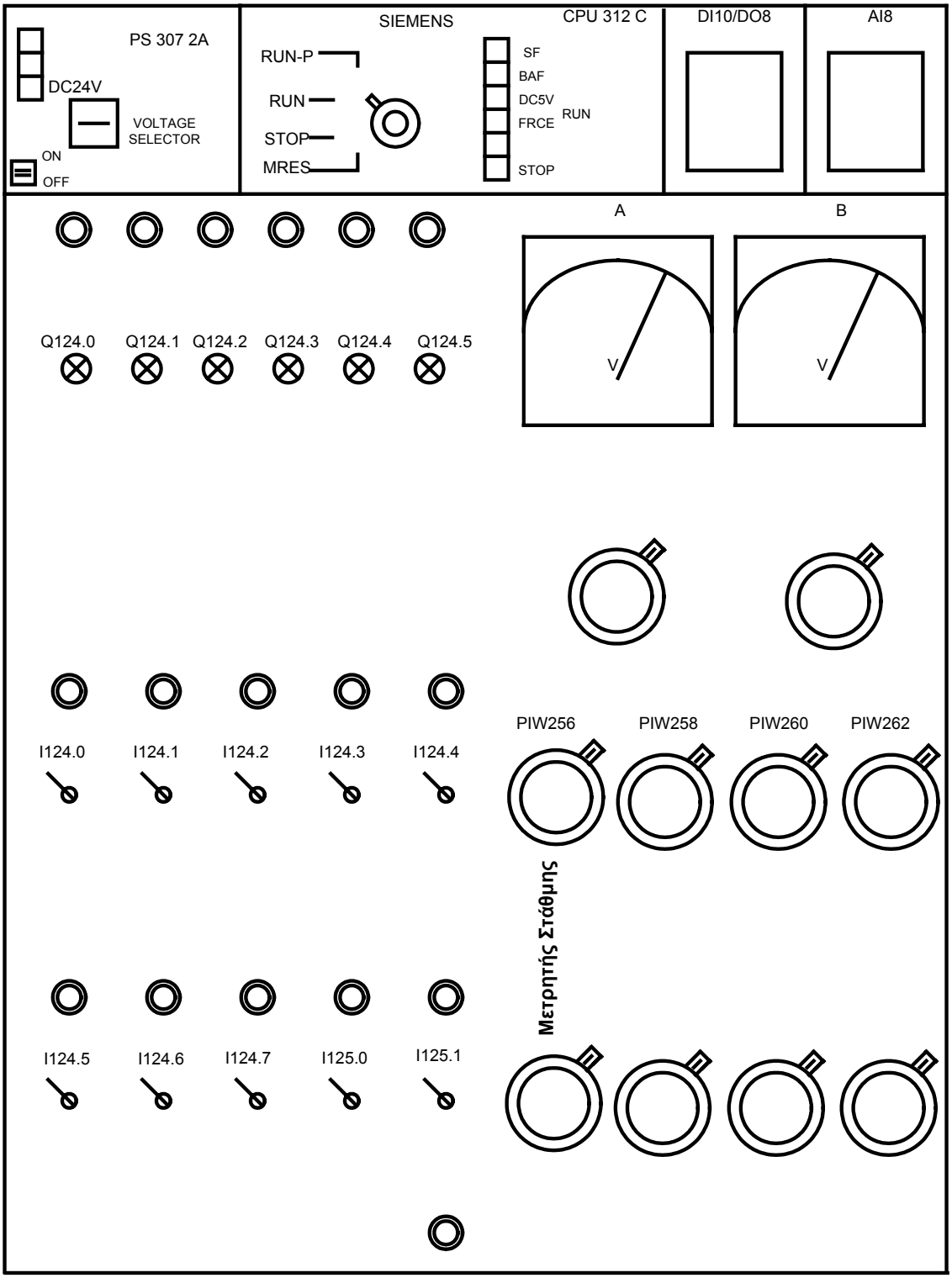
- Όταν η δεξαμενή περιέχει κάτω από 100 λίτρα υγρού, τότε θα πρέπει να αναβοσβήνουν και οι έξι λυχνίες (Q124.0, Q124.1, Q124.2, Q124.3, Q124.4, Q124.5).
- Όταν η δεξαμενή περιέχει 100 έως 199 λίτρα υγρού, τότε θα πρέπει να ανάβει η πρώτη λυχνία (Q124.0).
- Όταν η δεξαμενή περιέχει 200 έως 299 λίτρα υγρού, τότε θα πρέπει να ανάβει η λυχνία (Q124.0) και η δεύτερη λυχνία (Q124.1).
- Όταν η δεξαμενή περιέχει 300 έως 399 λίτρα υγρού, τότε θα πρέπει να ανάβει η πρώτη (Q124.0), η δεύτερη (Q124.1) και η τρίτη λυχνία (Q124.2).
- Όταν η δεξαμενή περιέχει 400 έως 499 λίτρα υγρού, τότε θα πρέπει να ανάβει η πρώτη (Q124.0), η δεύτερη (Q124.1), η τρίτη (Q124.2) και η τέταρτη λυχνία (Q124.3).
- Όταν η δεξαμενή περιέχει 500 έως 599 λίτρα υγρού, τότε θα πρέπει να ανάβει η πρώτη (Q124.0), η δεύτερη (Q124.1), η τρίτη (Q124.2), η τέταρτη (Q124.3) και η πέμπτη λυχνία (Q124.4).
- Όταν η δεξαμενή περιέχει 600 έως 700 λίτρα υγρού, τότε θα πρέπει να ανάβουν και οι έξι λυχνίες (Q124.0, Q124.1, Q124.2, Q124.3, Q124.4, Q124.5).

Σημείωση: Να ορίσετε το βοηθητικό Byte MB100 στο Clock Memory της CPU (Hardware configuration/CPU/Properties) και για το flashing να εκμεταλλευτείτε το M100.3. Αν δεν επιθυμείτε να κάνετε το παραπάνω, να γράψετε πρόγραμμα σε STEP7 για την υλοποίηση του flashing.

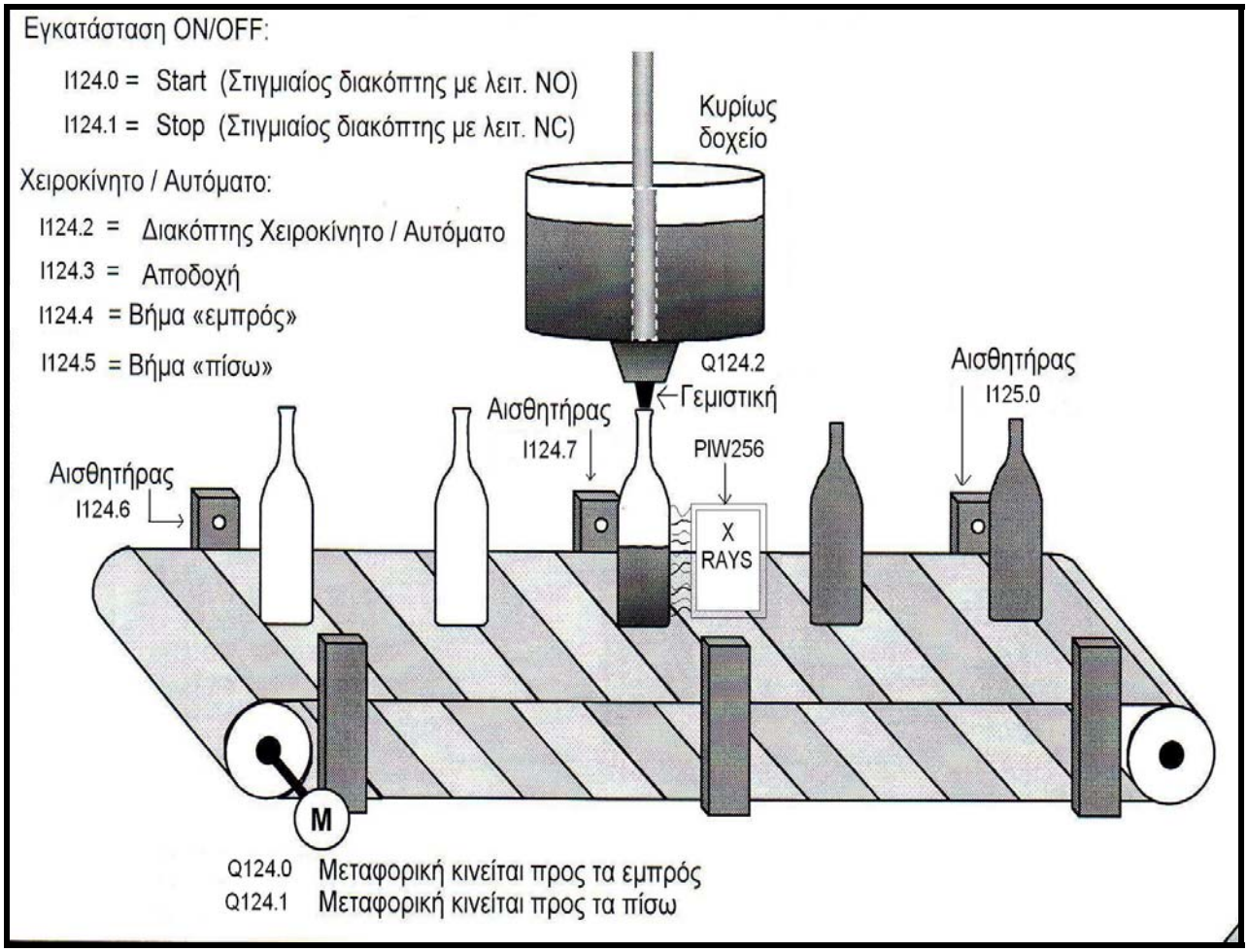
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο προσομοιωτής για την υλοποίηση της άσκησης.



7.5 *Πρόγραμμα Συστήματος Πλήρωσης Μπουκαλιών*



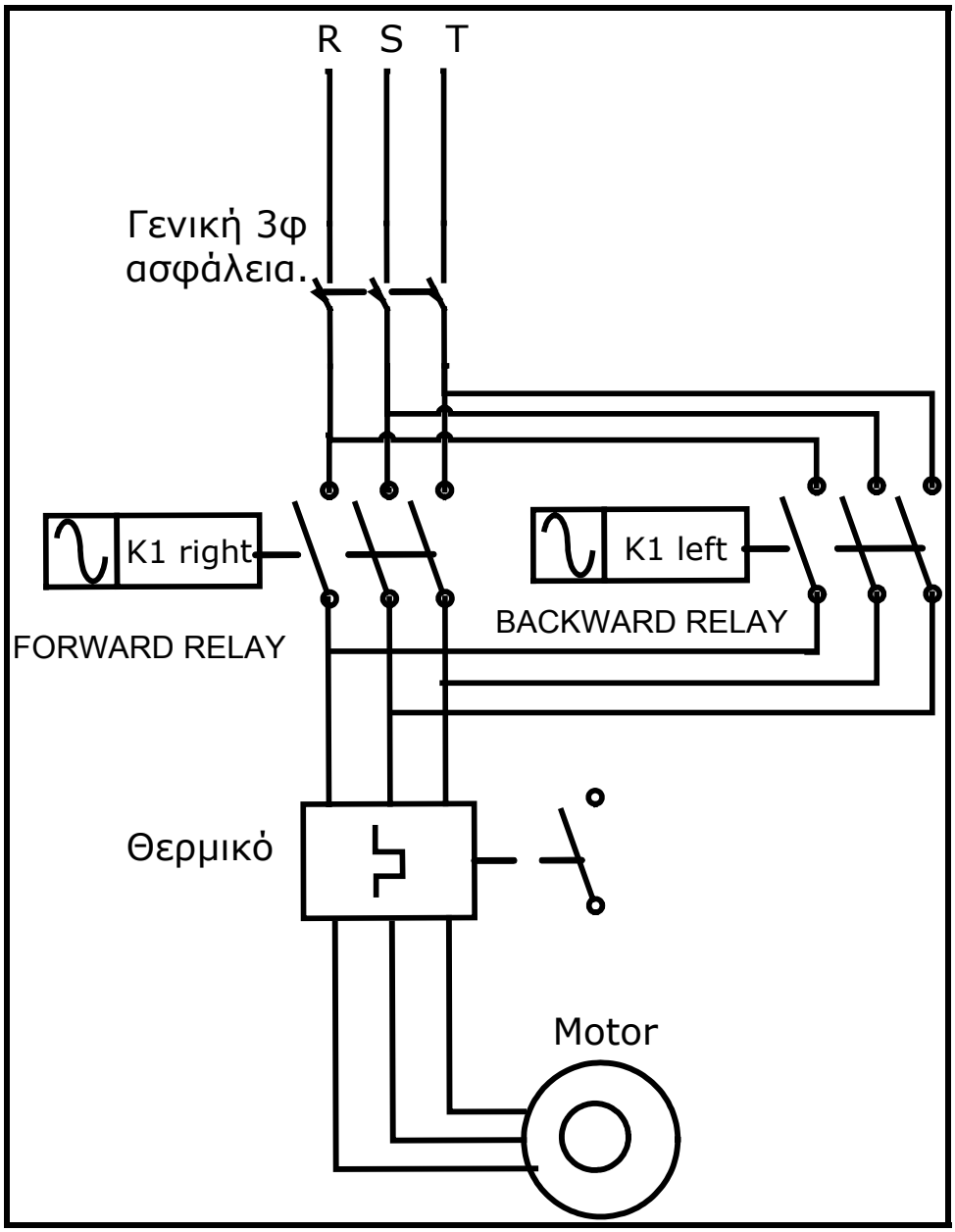
Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται μια μεταφορική ταινία αυτοματισμού, για την εγκατάσταση εμφιάλωσης κρασιού σε ένα εργοστάσιο. Να γραφεί πρόγραμμα σε STEP7 για τη λειτουργία της εμφιάλωσης:

- Η είσοδος I124.0 (Button με επαφή NO) ενεργοποιεί την εγκατάσταση.
- Η είσοδος I124.1 (Button με επαφή NC) απενεργοποιεί την εγκατάσταση.
- Όταν η εγκατάσταση είναι ενεργοποιημένη, ανάβει η ενδεικτική λυχνία Q124.5.
- Όταν η εγκατάσταση είναι ενεργοποιημένη μπορούμε να επιλέξουμε τον τρόπο λειτουργίας:
    - Χειροκίνητο, όταν I124.2=0, και αυτόματο, όταν I124.2=1.

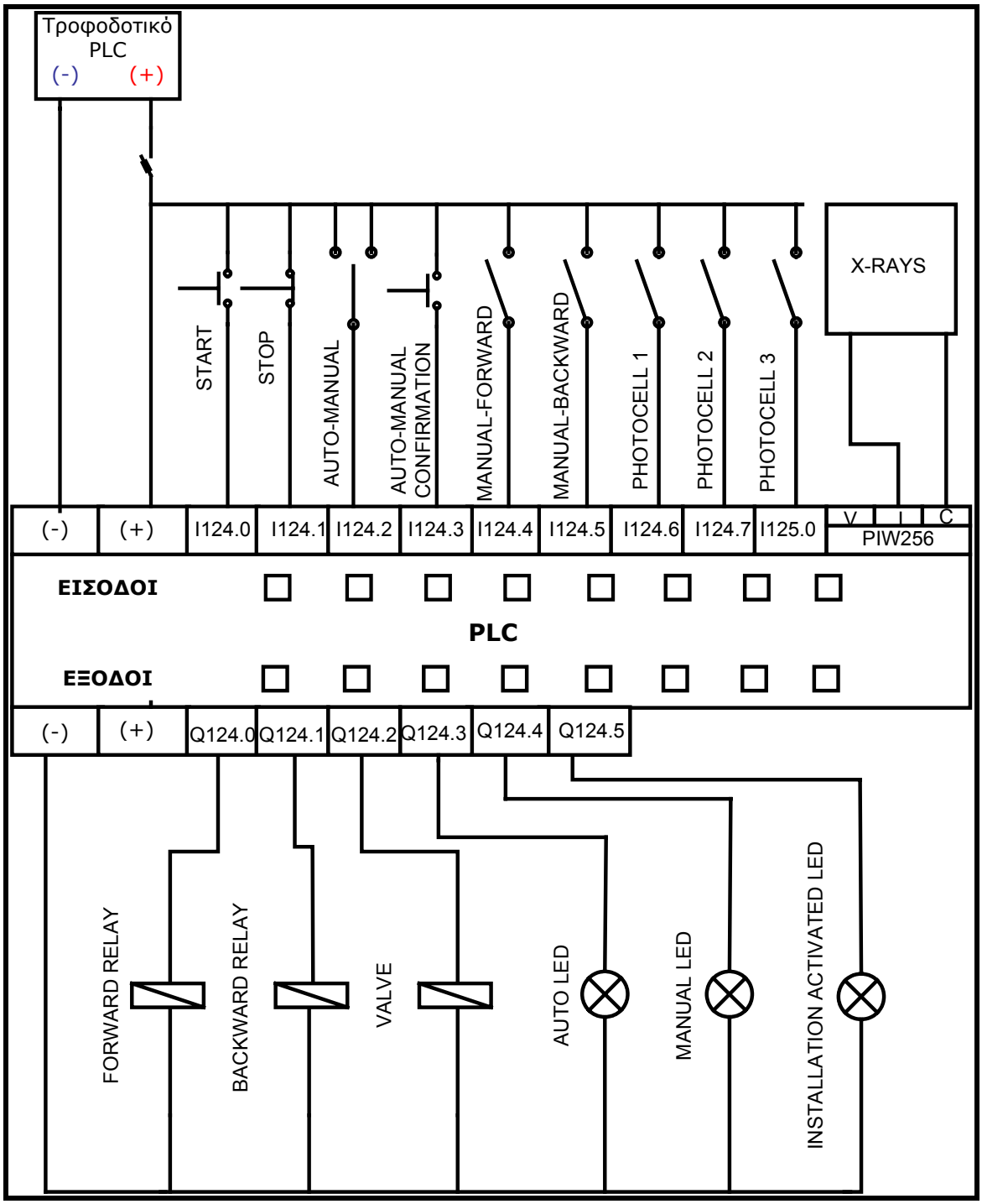
- Ο επιλεγμένος τρόπος λειτουργίας γίνεται δεκτός με παλμό στην είσοδο I124.3.

- Οι ενδείξεις για τον επιλεγμένο τρόπο λειτουργίας είναι:
  Χειροκίνητο=Q124.4, Αυτόματο=Q124.3.
- Στο χειροκίνητο, η μεταφορική ταινία μπορεί να μετακινείται προς τα εμπρός με το button I124.4 και προς τα πίσω με το button I124.5. Όταν ο αισθητήρας I124.7 αναγνωρίσει μπουκάλι, η μεταφορική ταινία πρέπει να σταματήσει, ακόμα και αν είναι ενεργοποιημένο το button I124.4 ή το I124.5. Η ταινία πρέπει να ξεκινήσει και πάλι όταν το μπουκάλι γεμίσει και είναι ενεργοποιημένο το button I124.4 ή το I124.5.
- Όταν ο κινητήρας της μεταφορικής ταινίας ενεργοποιηθεί στο Αυτόματο, παραμένει ενεργοποιημένος έως ότου πατηθεί το button Stop ή όταν ο αισθητήρας I124.7 αναγνωρίσει μπουκάλι. Όταν γεμίσει το μπουκάλι, η μεταφορική ταινία πρέπει αυτόματα να ξεκινήσει και να συνεχίσει έως ότου αναγνωρισθεί κάποιο μπουκάλι ή πατηθεί το button Stop.
- Όταν υπάρχει μπουκάλι στο σημείο πλήρωσης (I124.7 =1), αρχίζει η πλήρωση. Αυτό γίνεται ενεργοποιώντας την έξοδο Q124.2, η οποία καταλήγει σε μία βαλβίδα η οποία ανοίγει και το μπουκάλι γεμίζει με κρασί. Ο έλεγχος της στάθμης του μπουκαλιού γίνεται με τη βοήθεια ακτινών-Χ (X-Rays). Όταν το μπουκάλι είναι άδειο ο αισθητήρας ακτινών-Χ παράγει στην έξοδο του τάση 0 V. Όταν το μπουκάλι είναι γεμάτο, ο αισθητήρας ακτινών-Χ παράγει στην έξοδο του τάση 8 V. Σε κάθε ενδιάμεση κατάσταση της στάθμης του μπουκαλιού, ο αισθητήρας ακτινών-Χ παράγει στην έξοδο του σήμα από 0 έως 8 V.
  Όταν το σήμα στην έξοδο του αισθητήρα ακτινών-Χ γίνει 8 V, αυτό σημαίνει ότι το μπουκάλι γέμισε και η μεταφορική ταινία ξεκινάει αυτόματα, αν έχουμε επιλέξει την αυτόματη λειτουργία ή τη χειροκίνητη λειτουργία με το button I124.4 ή I124.5.
- Υπάρχουν δύο αισθητήρες για την καταγραφή των γεμάτων και των άδειων μπουκαλιών. Ο I124.6 καταγράφει τα άδεια μπουκάλια ενώ ο I125.0 τα γεμάτα. Εμείς πρέπει να γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή τον αριθμό των γεμάτων, άδειων και σπασμένων μπουκαλιών.

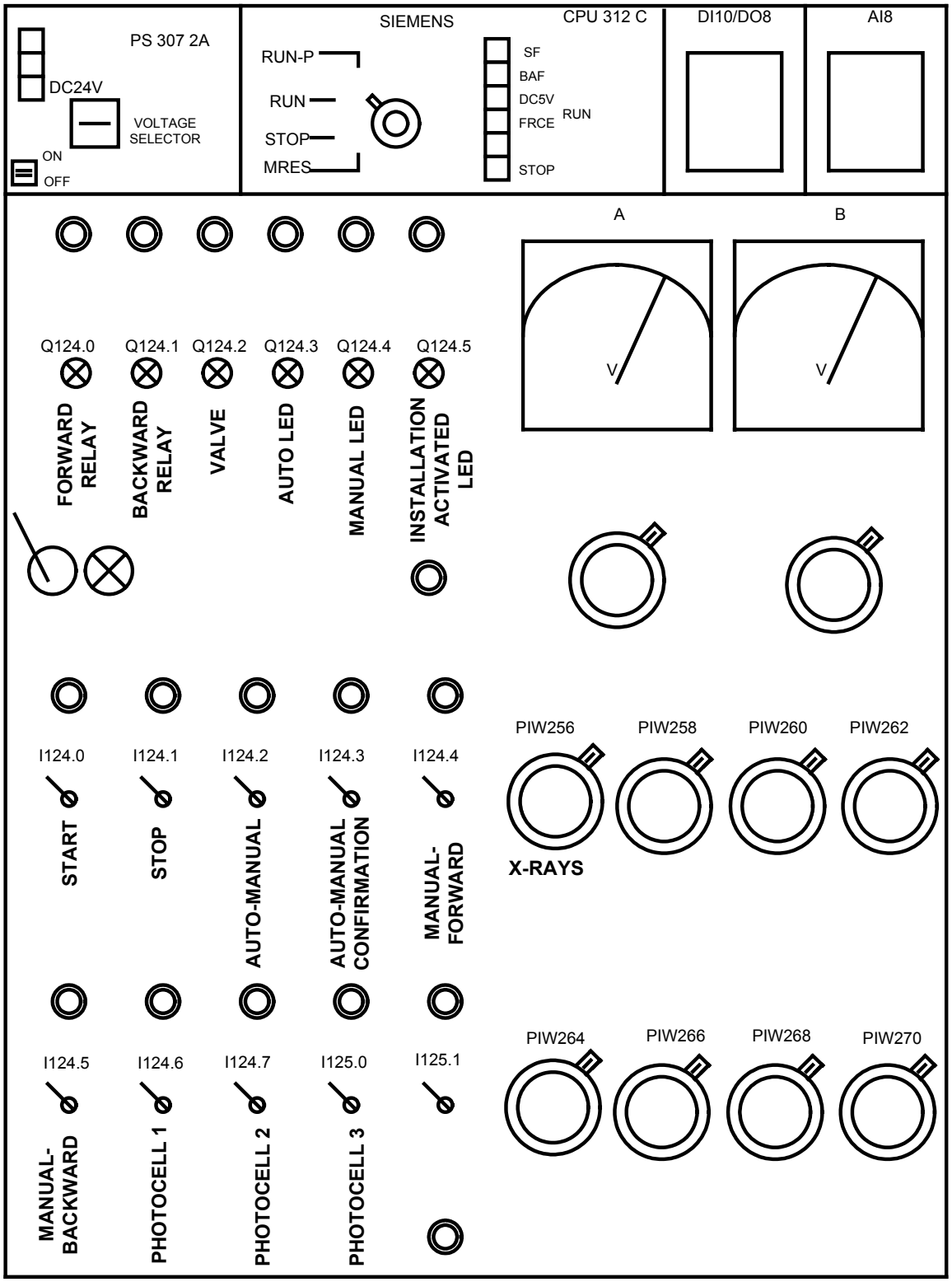
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα ισχύος.



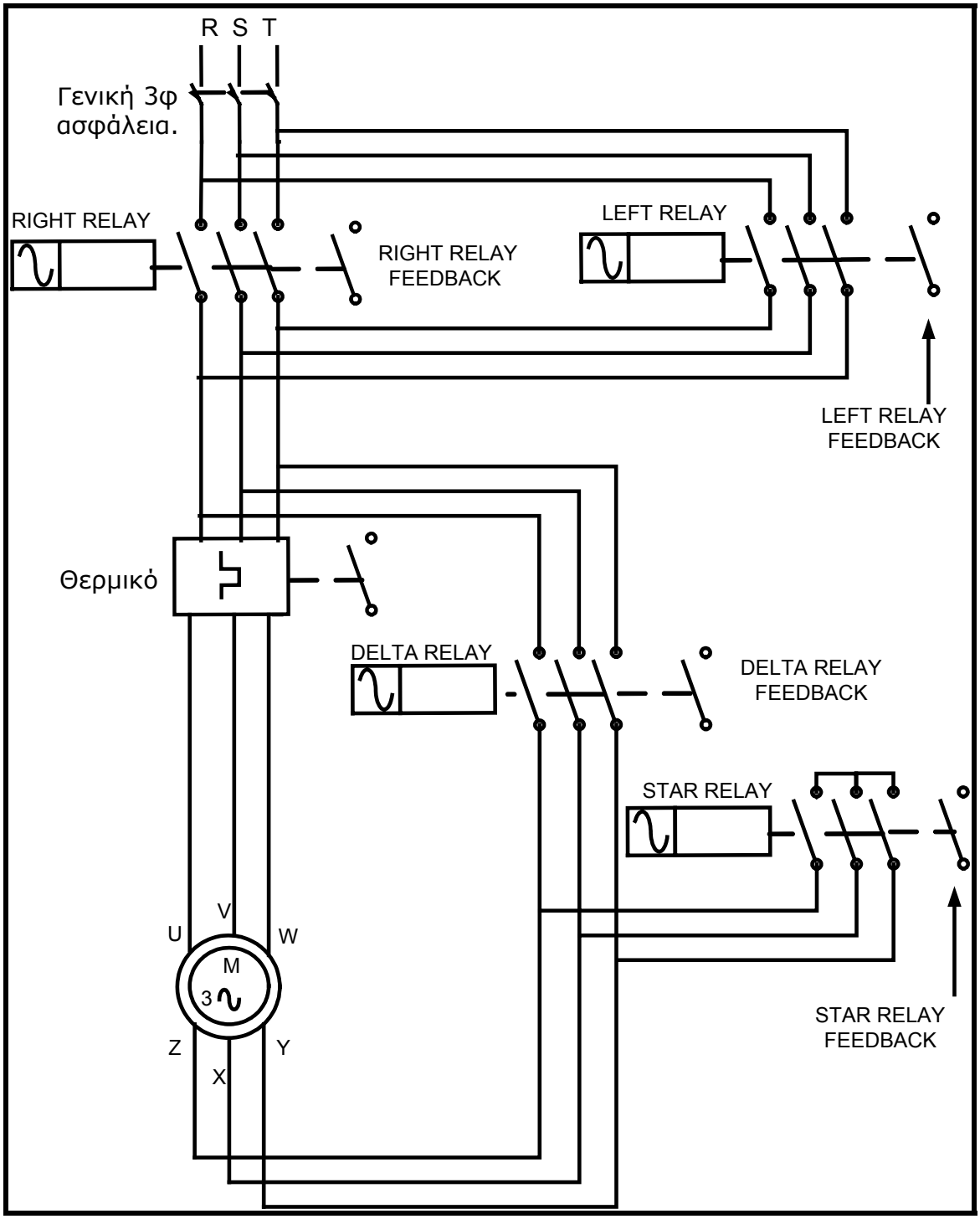
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο προσομοιωτής για την υλοποίηση της άσκησης.



7.6 Έλεγχος εκκίνησης κινητήρα σε ζεύξη αστέρα-τρίγωνο με ορθή και ανάστροφη φορά.



- Γενική περιγραφή λειτουργίας

Το κύριο πρόβλημα κατά την εκκίνηση του κινητήρα επαγωγής, είναι το υψηλό ρεύμα εκκίνησης, που συνήθως είναι 4 έως 7 φορές το ονομαστικό. Σε κινητήρες επαγωγής απλού κλωβού πάνω από 2,2KW, για να περιορίσουμε το ρεύμα εκκίνησης, τοποθετούμε διακόπτη αστέρος-τριγώνου, διότι το ρεύμα γραμμής, για συνδεσμολογία του στάτη της μηχανής κατά αστέρα, είναι 3 φορές μικρότερο από τη συνδεσμολογία τριγώνου.

Για τους ανωτέρω λόγους, θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα σύστημα αυτοματισμού το οποίο θα μπορεί να ελέγχει τη φορά περιστροφής (ορθή και ανάστροφη) ενός τριφασικού κινητήρα σε ζεύξη αστέρος-τριγώνου, με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Η εκκίνηση του κινητήρα σε συνδεσμολογία αστέρα για δεξιόστροφη φορά περιστροφής γίνεται πατώντας το button START RIGHT (START LEFT). Δηλαδή ταυτόχρονα με το πάτημα του button START RIGHT, ενεργοποιείται το relay RIGHT RELAY για δεξιόστροφη φορά περιστροφής και το relay STAR RELAY για συνδεσμολογία αστέρα, το οποίο παραμένει ενεργοποιημένο για 10 sec. Μετά την απενεργοποίησή του, πρέπει να ενεργοποιηθεί το relay DELTA RELAY για τη συνδεσμολογία του τριγώνου. Με παρόμοιο τρόπο λειτουργεί ο κινητήρας και για το button START LEFT.
- Στην περίπτωση που πατηθούν ταυτόχρονα και τα δύο buttons δεν πρέπει να εκκινεί ο κινητήρας.
- Η λειτουργία του κινητήρα σταματάει όταν πατηθεί το button STOP ή όταν υπερφορτωθεί ο κινητήρας και το θερμικό κλείσει την επαφή THERMIKO

Ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή, είναι οι επαφές αναδράσεως των ηλεκτρονόμων για συνδεσμολογία αστέρα, τριγώνου, αριστερόστροφης και δεξιόστροφης φοράς περιστροφής. Αυτές οι επαφές μας ενημερώνουν αν όντως λειτούργησαν οι παραπάνω ηλεκτρονόμοι, από τη στιγμή που τους δόθηκε σήμα να ενεργοποιηθούν. Δηλαδή, μπορεί το PLC να δίνει σήμα να ενεργοποιηθούν οι παραπάνω ηλεκτρονόμοι, αλλά αυτοί να έχουν βλάβη και να μην ενεργοποιούνται.

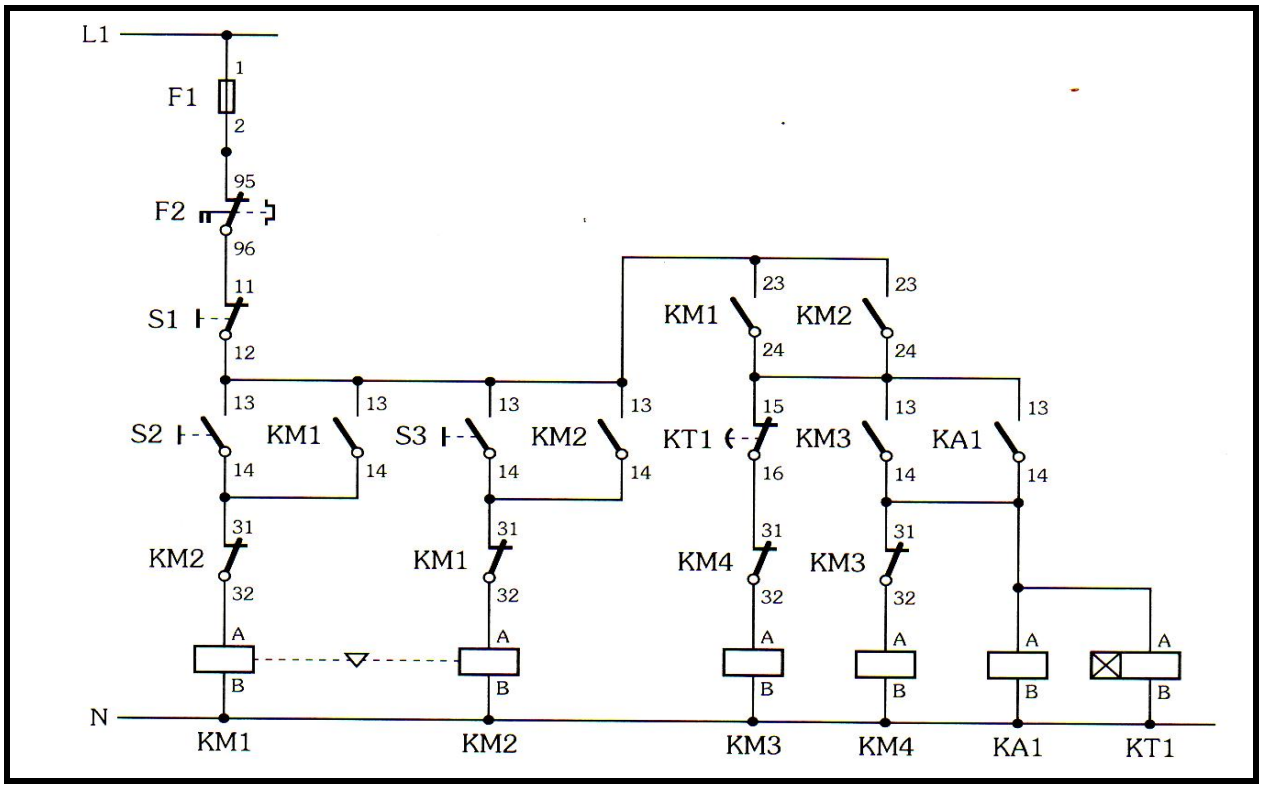
- Έτσι λοιπόν αν δοθεί σήμα στην έξοδο του PLC να ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος STAR RELAY για συνδεσμολογία αστέρα και εντός 5 sec δεν έρθει σήμα από την επαφή αναδράσεως STAR RELAY FEEDBACK ότι όντως λειτούργησε ο ηλεκτρονόμος, τότε πρέπει να σταματήσει ο κινητήρας και να έχουμε οπτική σήμανση από ένα Led, που θα αναβοσβήνει με μια επιθυμητή συχνότητα και θα μας δείχνει ότι υπάρχει σφάλμα, με την ονομασία STAR OR DELTA RELAY ERROR.
- Επίσης, αν δοθεί σήμα στην έξοδο του PLC να ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος DELTA RELAY για συνδεσμολογία τριγώνου και μέσα σε 5 sec δεν έρθει σήμα από την επαφή αναδράσεως DELTA RELAY FEEDBACK ότι όντως λειτούργησε ο ηλεκτρονόμος, τότε πρέπει να σταματήσει ο κινητήρας και να έχουμε οπτική σήμανση από ένα Led, που θα αναβοσβήνει με μια επιθυμητή συχνότητα και που θα μας δείχνει ότι υπάρχει σφάλμα, με την ονομασία STAR OR DELTA RELAY ERROR.
- Αν δοθεί σήμα στην έξοδο του PLC να ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος RIGHT RELAY για συνδεσμολογία δεξιόστροφης φοράς περιστροφής και μέσα σε 5 sec δεν έρθει σήμα από την επαφή αναδράσεως RIGHT RELAY FEEDBACK ότι όντως λειτούργησε ο ηλεκτρονόμος, τότε πρέπει να σταματήσει ο κινητήρας και να έχουμε οπτική σήμανση από ένα Led, που θα αναβοσβήνει με μια επιθυμητή συχνότητα και που θα μας δείχνει ότι υπάρχει σφάλμα, με την ονομασία RIGHT OR LEFT RELAY ERROR.
- Τέλος, αν δοθεί σήμα στην έξοδο του PLC να ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος LEFT RELAY για συνδεσμολογία αριστερόστροφης φοράς περιστροφής και μέσα σε 5 sec δεν έρθει σήμα από την επαφή αναδράσεως LEFT RELAY FEEDBACK ότι όντως λειτούργησε ο ηλεκτρονόμος, τότε πρέπει να σταματήσει ο κινητήρας και να έχουμε οπτική σήμανση από ένα Led, που θα αναβοσβήνει με μια επιθυμητή συχνότητα και που θα μας δείχνει ότι υπάρχει σφάλμα, με την ονομασία RIGHT OR LEFT RELAY ERROR.

Μία επισήμανση που πρέπει να γίνει είναι, ότι οι επαφές αναδράσεως των ηλεκτρονόμων συνδέονται στην είσοδο του PLC. Επειδή όμως δε διαθέτουμε πραγματικούς ηλεκτρονόμους, για να κλείνουν αυτόματα τις επαφές αναδράσεώς τους όταν ενεργοποιούνται, αυτό θα γίνεται χειροκίνητα από το χρήστη, δηλαδή όταν ενεργοποιηθεί κάποιος ηλεκτρονόμος θα κλείσει χειροκίνητα η αντίστοιχη επαφή ανάδρασης. Να γραφεί πρόγραμμα αυτοματισμού σε STEP7 για την υλοποίηση της παραπάνω διαδικασίας.

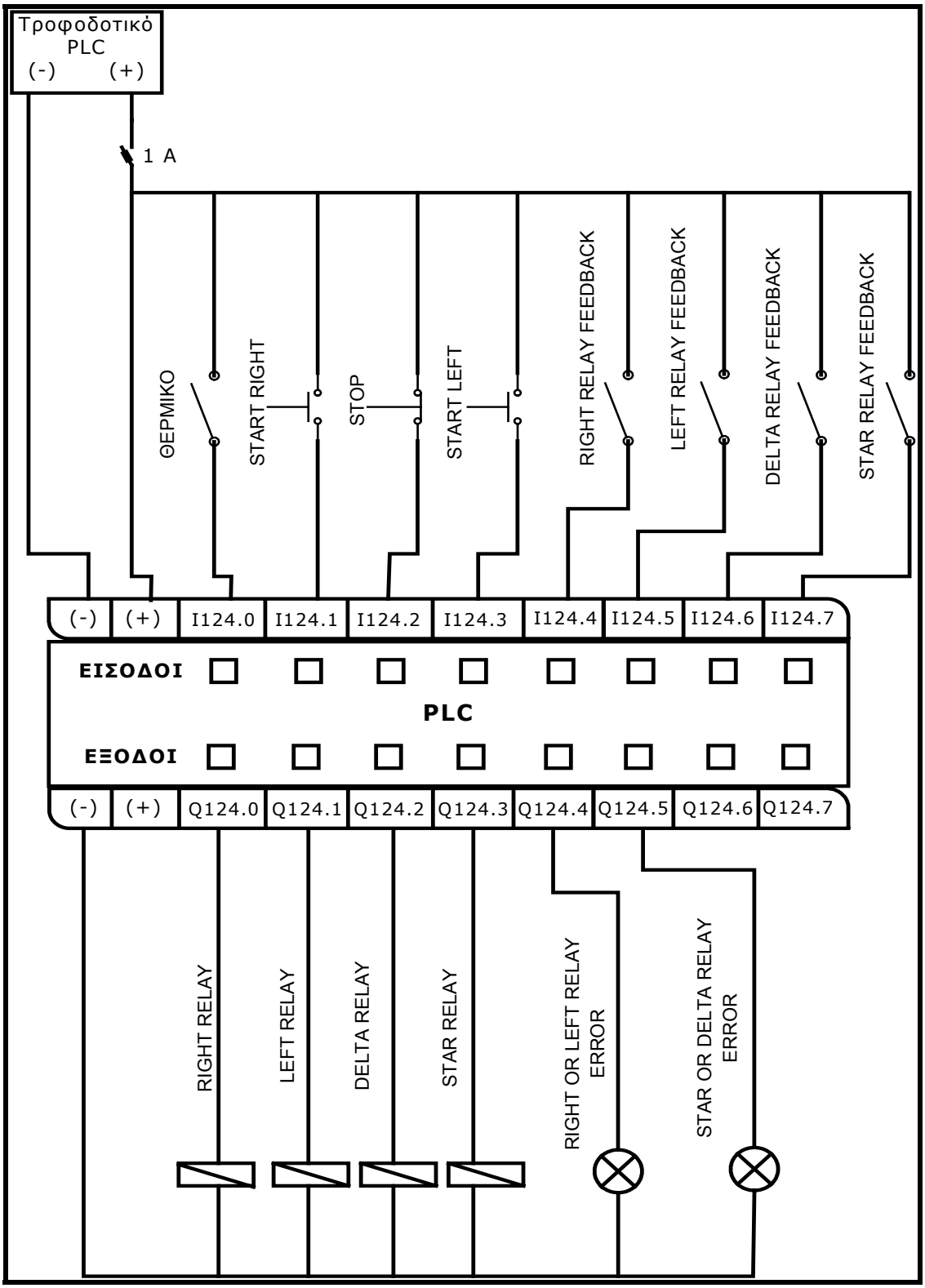
- <u>Περιγραφή λειτουργίας του κυκλώματος κλασικού αυτοματισμού</u>

Όταν πιέσουμε τα buttons S_2 ή S_3 οπλίζουν αντίστοιχα τα relay ισχύος KM1 ή KM2 και αυτοσυγκρατούνται μέσω των ανοικτών επαφών τους KM1(13-14) ή KM2(13-14).
Ταυτόχρονα, ενεργοποιούνται οι επαφές KM1(23-24) ή KM2(23-24), οπότε οπλίζει το relay KM3 (Αστέρας). Παράλληλα, οπλίζουν τα relay KA1 και KT1 (βοηθητικό χρονικό), μέσο της επαφής KM3(13-14), και αυτοσυγκρατούνται από την KA1(13-14).
Μετά από παρέλευση ορισμένου χρόνου, αποδιεγείρεται το relay KM3 (διακοπή λειτουργίας αστέρα), μέσω της χρονικής επαφής KT1(15-16), ενώ οπλίζει ταυτόχρονα το relay ισχύος KM4 (σύνδεση κατά τρίγωνο) μέσω της KM3(31-32).
Με το κλείσιμο των ανοικτών επαφών των relay KM1 ή KM2 στο κύκλωμα ισχύος, επιλέγεται η φορά περιστροφής του κινητήρα, (αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη). Εννοείται ότι προηγουμένως έχουμε κλείσει χειροκίνητα το γενικό διακόπτη Q1.
Εφόσον κλείσουν οι επαφές του KM3, έχουμε εκκίνηση του κινητήρα σε σύνδεση κατα αστέρα.
Μετά από παρέλευση ορισμένου χρόνου, ανοίγουν οι επαφές KM3, οπότε παύει πλέον να ισχύει η σύνδεση κατά αστέρα, ενώ ταυτόχρονα, κλείνουν οι επαφές KM4 και ο κινητήρας λειτουργεί σε σύνδεση κατά τρίγωνο.

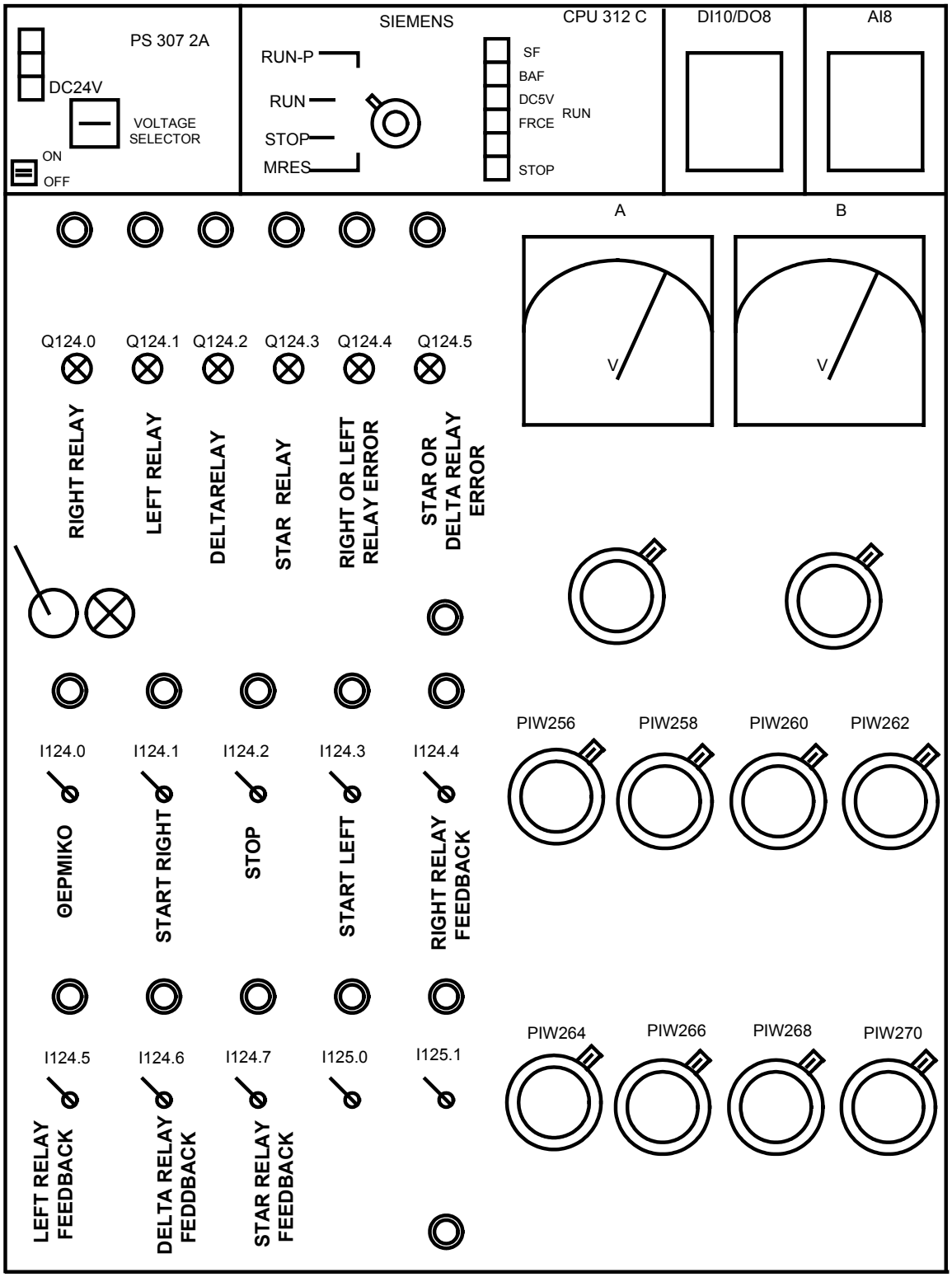
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC που θα αντικαταστήσει πλέον το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.

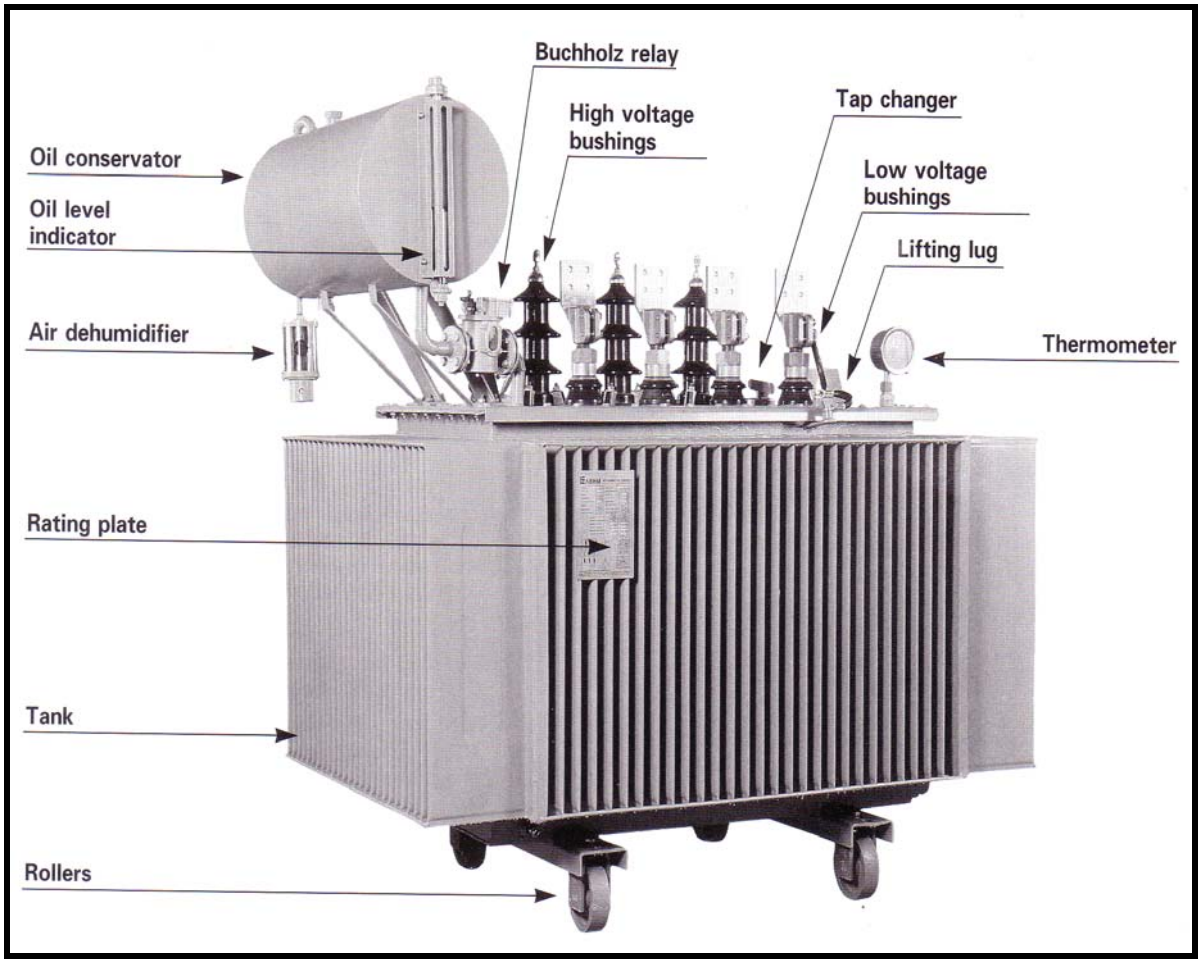


Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο προσομοιωτής για την υλοποίηση της άσκησης.



7.7 ***Προστασία Μετασχηματιστή Λαδιού***

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένας μετασχηματιστής λαδιού 20KV/400V



Κάθε μετασχηματιστής ισχύος φέρει δύο ηλεκτρονόμους. Έναν ηλεκτρονόμο που επιτηρεί τη θερμοκρασία των τυλιγμάτων και έναν που επιτηρεί τη στάθμη του λαδιού. Ο πρώτος είναι γνωστός ως θερμόμετρο και ο δεύτερος ως Η/Ν Buchholz (βλέπε σχήμα). Καθένας από τους δύο Η/Ν διαθέτει δύο ανοικτές επαφές, μία για το alarm και μία για το trip.

1. **Θερμόμετρο**

- Σήμα Alarm

Όταν το θερμόμετρο κλείσει την επαφή ALARM THERMOMETER, σημαίνει ότι έχουμε μια μικρή υπέρβαση στη θερμοκρασία των τυλιγμάτων πέραν της ονομαστικής.

Το PLC λαμβάνοντας το σήμα αυτό πρέπει να ενεργοποιήσει ακαριαία το λαμπτήρα LED ALARM THERMOMETER. Αν δε μειωθεί η θερμοκρασία σε χρόνο 60 sec τότε θα πρέπει να αρχίσει να αναβοσβήνει ο λαμπτήρας LED ALARM THERMOMETER και μετά το πέρας άλλων 60 sec να αποσυνδεθεί ο Μ/Σ.

- Σήμα Trip

Όταν το θερμόμετρο κλείσει την επαφή TRIP THERMOMETER σημαίνει ότι έχουμε μια κρίσιμη υπέρβαση στη θερμοκρασία των τυλιγμάτων πέραν της ονομαστικής και πρέπει ο Μ/Σ να αποσυνδεθεί άμεσα από το δίκτυο. Το PLC λαμβάνοντας το σήμα αυτό πρέπει να ενεργοποιήσει ακαριαία το λαμπτήρα LED TRIP THERMOMETER. Αν δεν αποσυρθεί το σήμα σε χρόνο 24 sec, τότε θα πρέπει να αρχίσει να αναβοσβήνει ο λαμπτήρας LED TRIP THERMOMETER και μετά το πέρας άλλων 6 sec να αποσυνδεθεί ο Μ/Σ.

2. Buchholz.

- Σήμα Alarm

Όταν ο Η/Ν Buchholz κλείσει την επαφή ALARM BUCHHOLZ σημαίνει ότι έχουμε φυσαλίδες ή έλλειψη λαδιού. Το PLC λαμβάνοντας το σήμα αυτό πρέπει να ενεργοποιήσει ακαριαία το λαμπτήρα LED ALARM BUCHHOLZ. Αν δεν αποσυρθεί το σήμα σε χρόνο 60 sec, τότε θα πρέπει να αρχίσει να αναβοσβήνει ο λαμπτήρας LED ALARM BUCHHOLZ και μετά το πέρας άλλων 24 sec να αποσυνδεθεί ο Μ/Σ.

- Σήμα Trip

Όταν ο Η/Ν Buchholz κλείσει την επαφή TRIP BUCHHOLZ, σημαίνει ότι έχουμε μεγάλη ποσότητα εκλυομένων αερίων και επομένως σημαντική έλλειψη μονωτικού ελαίου και πρέπει ο Μ/Σ να αποσυνδεθεί άμεσα από το δίκτυο. Το PLC λαμβάνοντας το σήμα αυτό πρέπει να ενεργοποιήσει ακαριαία το λαμπτήρα LED TRIP BUCHHOLZ. Αν δεν αποσυρθεί το σήμα σε χρόνο 24 sec, τότε θα πρέπει να αρχίσει να αναβοσβήνει ο λαμπτήρας LED TRIP BUCHHOLZ και μετά το πέρας άλλων 6 sec να αποσυνδεθεί ο Μ/Σ.

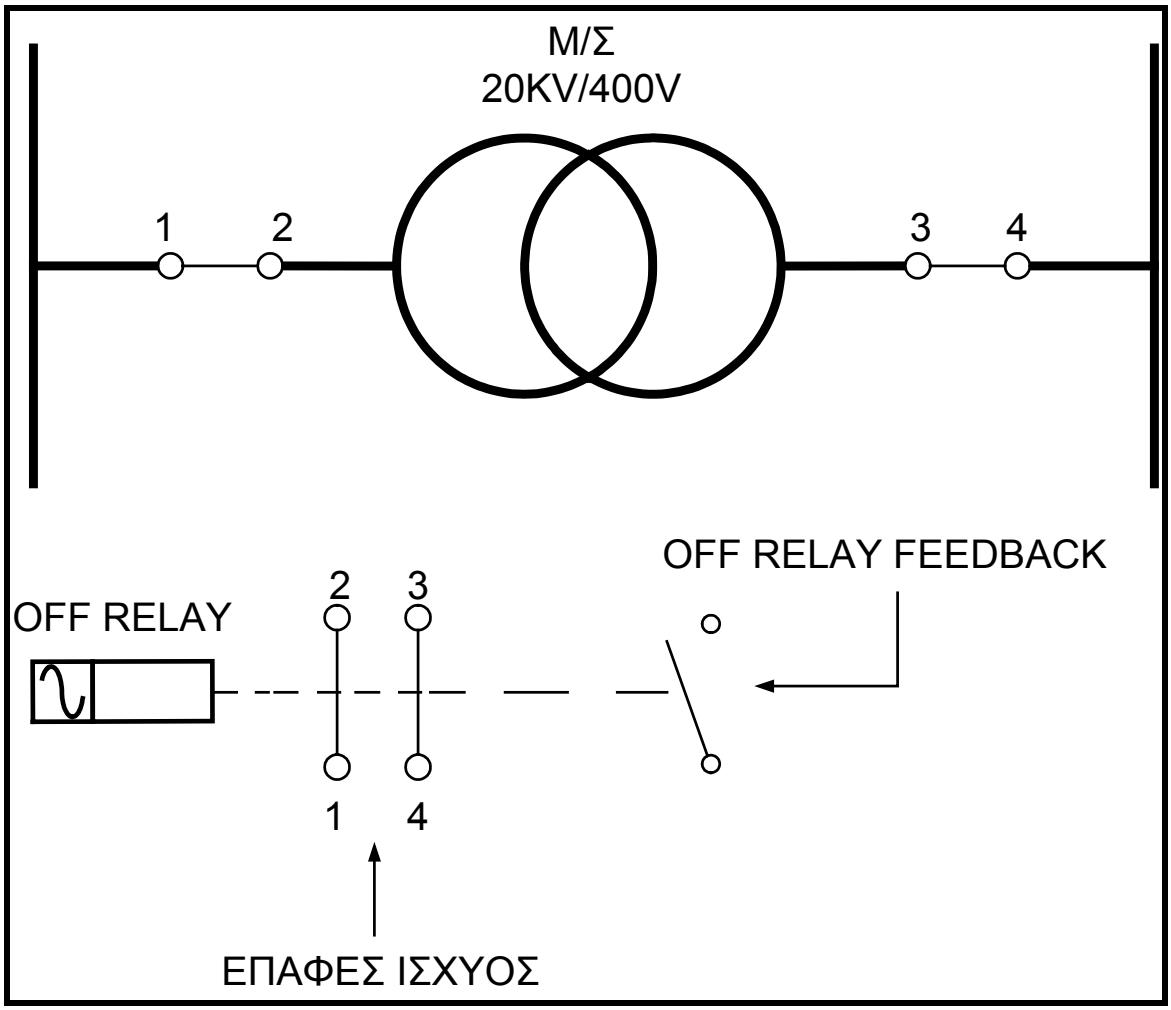
Σε περίπτωση που εμφανιστεί το σήμα Trip σε χρόνο 36 sec ή μικρότερο από τη στιγμή που θα έρθει το σήμα Alarm (σε κάθε περίπτωση πάντοτε έρχεται πρώτα το Alarm και μετά το Trip), δίνεται εντολή αποσύνδεσης του Μ/Σ και αναβοσβήνουν οι λαμπτήρες LED ALARM THERMOMETER και LED TRIP THERMOMETER, στην περίπτωση του θερμομέτρου. Αντίστοιχα για τον Η/Ν Buchholz.

Σε κανονική λειτουργία του Μ/Σ, απουσία σημάτων alarm, trip και με τους διακόπτες ισχύος κλειστούς, είναι αναμμένος ο λαμπτήρας LED TRANSFORMER OK.

Αποσύνδεση του Μ/Σ πραγματοποιείται δίνοντας εντολή στον ηλεκτρονόμο ισχύος OFF RELAY. Αφού δώσουμε μια εντολή στον ηλεκτρονόμο, ελέγχουμε, με χρήση της βοηθητικής επαφής του ηλεκτρονόμου OFF RELAY FEEDBACK, αν η εντολή εκτελέστηκε. Σε περίπτωση που η εντολή δεν εκτελεστεί σε χρόνο μικρότερο από 4 sec, τότε θα πρέπει να αρχίζουν να αναβοσβήνουν όλοι οι λαμπτήρες του συστήματος.

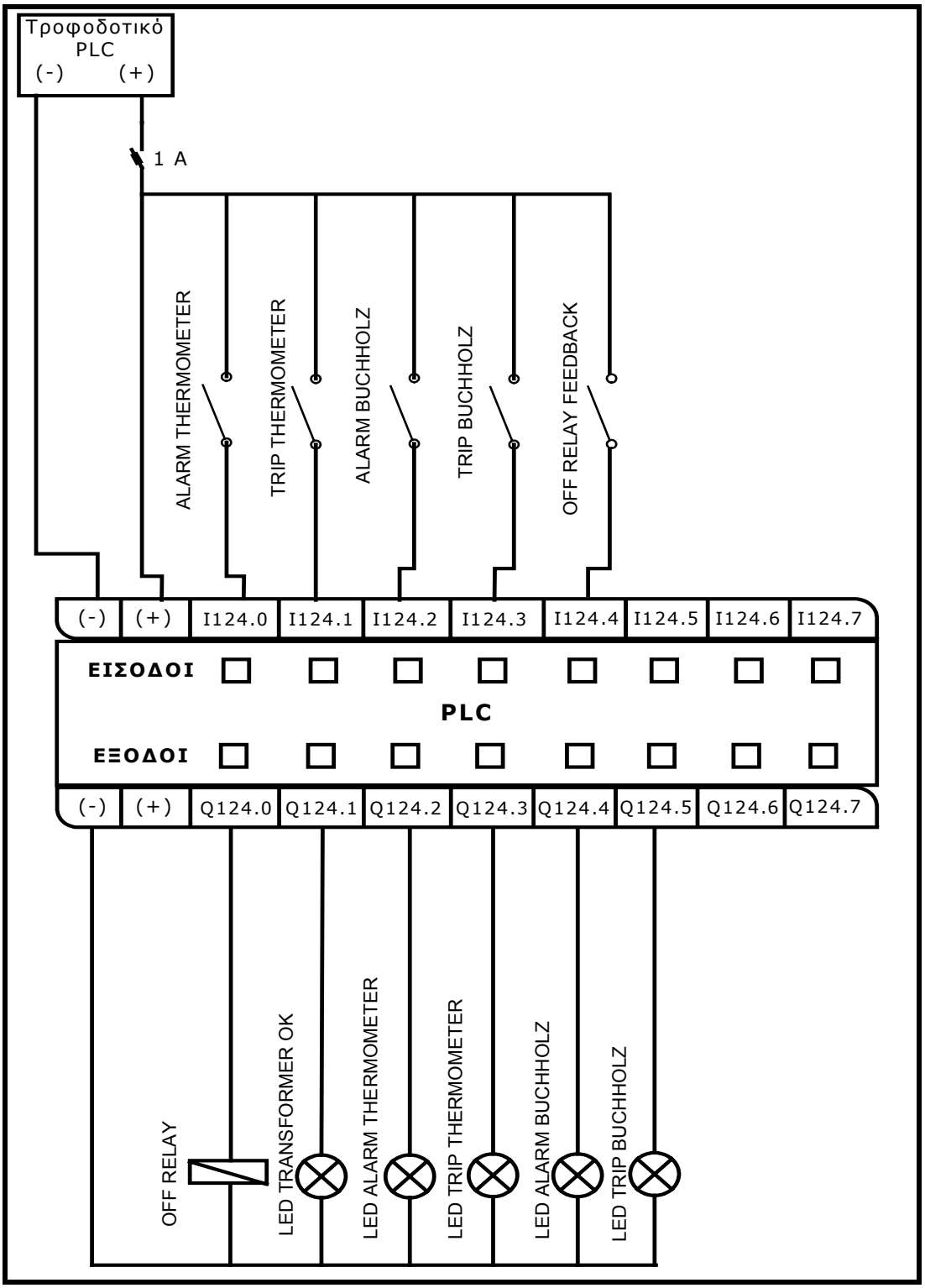
- Οι χρόνοι ενεργοποίησης των ηλεκτρονόμων είναι πλασματικοί.
- Ο χειρισμός των επαφών των ηλεκτρονόμων στην είσοδο του PLC θα γίνεται χειροκίνητα από εμάς.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα ισχύος του μετασχηματιστή.

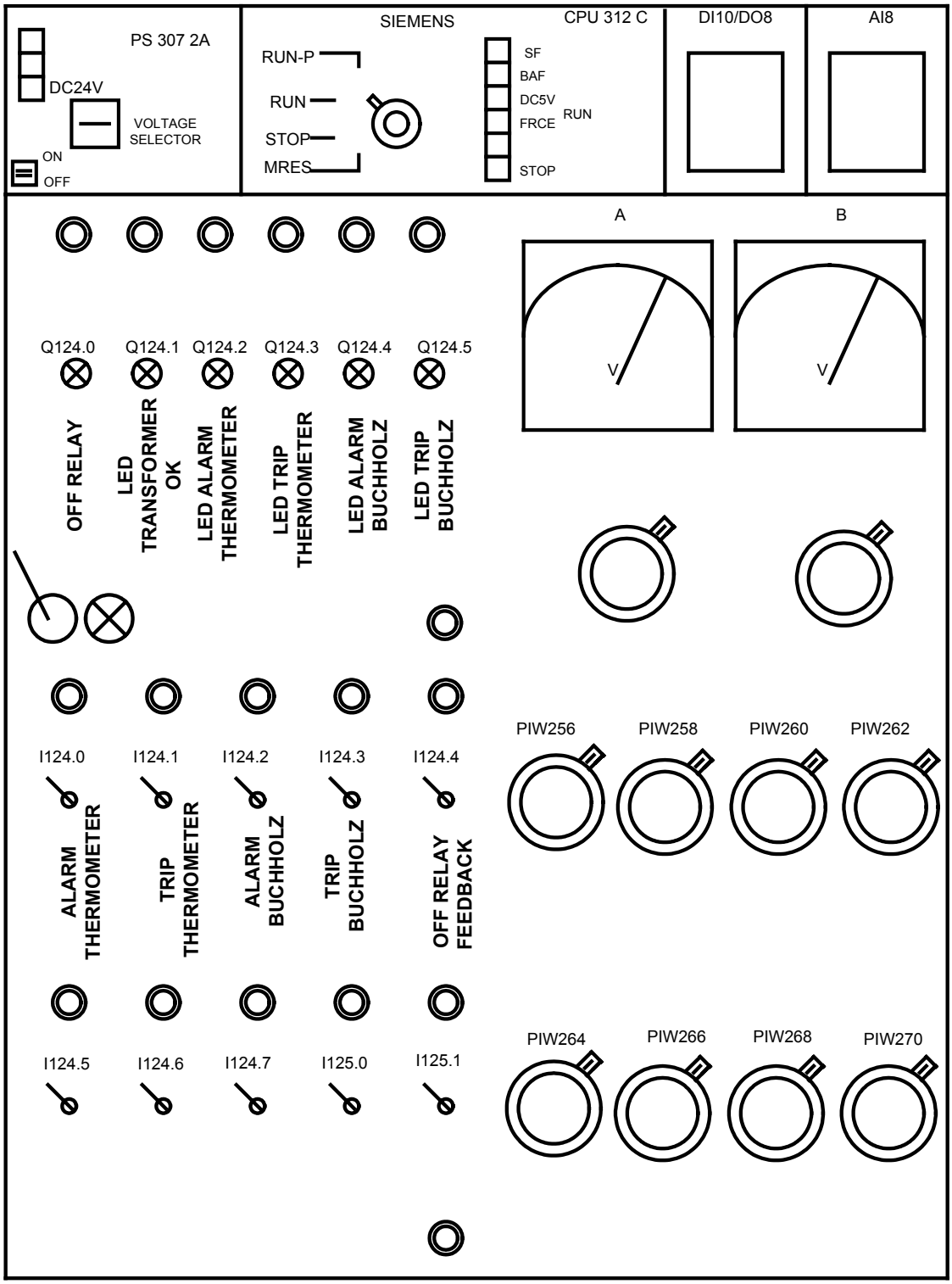


Όπως γίνεται κατανοητό από το παραπάνω σχήμα, όταν το PLC δώσει στην έξοδό του σήμα να βγει εκτός λειτουργίας ο μετασχηματιστής, για να μην καταστραφεί, το OFF RELAY ανοίγει τις επαφές ισχύος (1-2) και (3-4), με αποτέλεσμα ο μετασχηματιστής να τίθεται εκτός λειτουργίας. Ταυτόχρονα, ανοίγει και η επαφή ανάδρασης του ηλεκτρονόμου OFF RELAY FEEDBACK, η οποία τοποθετείται στην είσοδο του PLC, για να μας ενημερώνει εάν όντως λειτούργησε ο ηλεκτρονόμος OFF RELAY. Με άλλα λόγια, μπορεί το PLC να δίνει σήμα στην έξοδό του για την ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου OFF RELAY, αλλά αυτός να είναι χαλασμένος και να μην ενεργοποιείται. Από την στιγμή όμως που δεν έχει ενεργοποιηθεί, δε θα ανοίξει ούτε η επαφή αναδράσεώς του OFF RELAY FEEDBACK και θα γνωρίζουμε πλέον ότι ο ηλεκτρονόμος αστόχησε στη λειτουργία του.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC για την υλοποίηση της προστασίας του μετασχηματιστή.

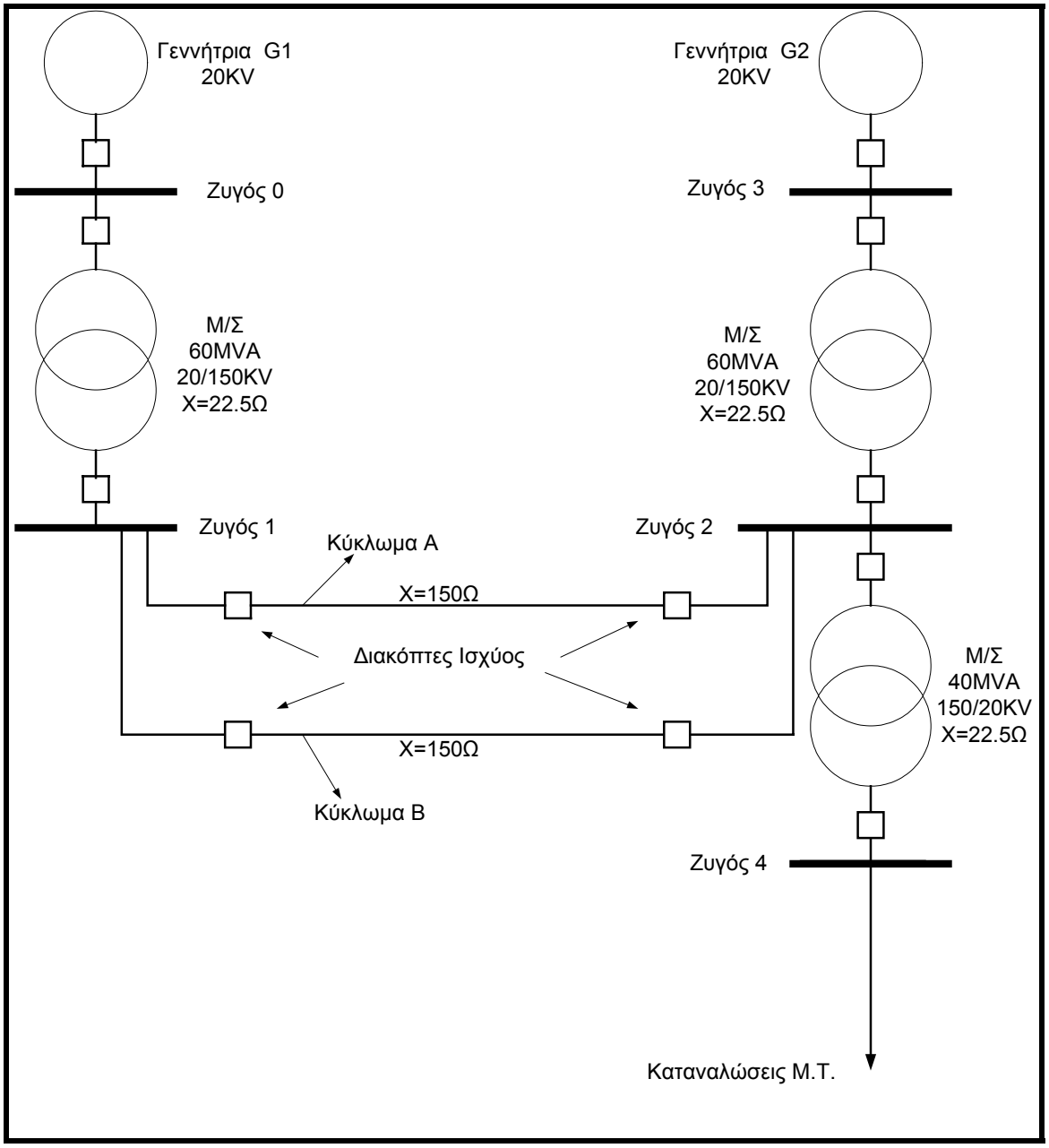


Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο προσομοιωτής για την υλοποίηση της άσκησης.



7.8 *Προστασία Γραμμής Μεταφοράς Διπλού Κυκλώματος*

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.



- Γενική περιγραφή λειτουργίας

Στο παραπάνω σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται σε λειτουργία μόνο η γεννήτρια G1, (γεννήτρια G2 εκτός λειτουργίας). Οι μετασχηματιστές, έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και η επαγωγική τους αντίδραση είναι ανηγμένη στα ονομαστικά τους μεγέθη. Η γραμμή μεταφοράς διπλού κυκλώματος (κυκλώματα A, B) έχει αμελητέα ωμική αντίσταση και επαγωγική αντίδραση 150Ω/ανά κύκλωμα.

Σε κανονική κατάσταση λειτουργεί μόνο το ένα κύκλωμα της γραμμής μεταφοράς (κύκλωμα A). Η μέγιστη ικανότητα μεταφοράς ισχύος της γραμμής είναι 50MW/ανά κύκλωμα.

Στο ζυγό 1 υπάρχει υποσταθμός που έχει εγκατεστημένο PLC, το οποίο αποτελεί τμήμα ολοκληρωμένου συστήματος SCADA. Με τη βοήθεια του συστήματος SCADA και με τη χρήση κατάλληλων μορφοτροπέων, επιτηρούνται οι καταστάσεις των διακοπτών ισχύος της γραμμής μεταφοράς (κάθε διακόπτης έχει δύο καταστάσεις, ON και OFF), καθώς επίσης και τα μέτρα και οι γωνίες των τάσεων των ζυγών 1 και 2. Οι μορφοτροπείς που έχουμε στη διάθεσή μας μετρούν τις φασικές τάσεις των ζυγών και έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Μορφοτροπέας (Transducer) Τάσεως	
Είσοδος	Έξοδος
0 kV	4 mA
100 kV	20 mA

Μορφοτροπέας (Transducer) Φάσεως	
Είσοδος	Έξοδος
0 μοίρες	4 mA
45 μοίρες	20 mA

Ζητείται πρόγραμμα αυτοματισμού σε STEP7 το οποίο να υπολογίζει τη ροή ενεργού και αέργου ισχύος στη γραμμή μεταφοράς, καθώς επίσης και τις αντίστοιχες απώλειες (σε MW και MVAr αντίστοιχα), λαμβάνοντας υπόψη και τις καταστάσεις των διακοπτών, όπως αυτές τηλεμετρούνται από το σύστημα SCADA.

- Η ενεργός ισχύς, σε MW, από το ζυγό 1 προς το ζυγό 2 δίνεται από τον τύπο:

$$\boxed{P_{12} = 3\frac{V_1 V_2}{X_{12}}\sin\left(\delta_1 - \delta_2\right)}$$

Επειδή η γραμμή έχει αμελητέα ωμική αντίσταση $P_{12} = -P_{21}$.

- Η άεργος ισχύς, σε MVAr, από το ζυγό 1 προς το ζυγό 2 δίνεται από τον τύπο:

$$\boxed{Q_{12} = 3\frac{V_1^2 - V_1V_2}{X_{12}}\cos\left(\delta_1 - \delta_2\right)}$$

- Η άεργος ισχύς, σε MVAr, από το ζυγό 2 προς το ζυγό 1 δίνεται από τον τύπο:

$$\boxed{Q_{21} = 3\frac{V_2^2 - V_1V_2}{X_{12}}\cos\left(\delta_2 - \delta_1\right)}$$

- Οι ενεργές απώλειες της γραμμής δίνονται από τον τύπο:

$$\boxed{P_{losses} = P_{12} + P_{21}}$$

- Οι άεργες απώλειες της γραμμής δίνονται από τον τύπο:

$$\boxed{Q_{losses} = Q_{12} + Q_{21}}$$

Όπως έχει προαναφερθεί, σε κανονική κατάσταση λειτουργεί μόνο το ένα κύκλωμα της γραμμής μεταφοράς (κύκλωμα Α), με αποτέλεσμα να είναι κλειστοί οι διακόπτες ισχύος D1A και D2A (D1A=1, D2A=1) και ανοικτοί οι διακόπτες ισχύος D1B και D2B (D1B=0, D2B=0). Σε αυτή την κατάσταση πρέπει να ανάβει η ενδεικτική λυχνία <<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Α>>.

Από την παραπάνω κατάσταση λειτουργίας μπορούν να προκύψουν οι ακόλουθες 2 καταστάσεις λειτουργίας.

1. Να υπάρξει κάποιο βραχυκύκλωμα στο κύκλωμα Α της γραμμής μεταφοράς (D1A=0, D2A=0). Τότε πρέπει να σβήσει η ενδεικτική λυχνία <<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Α>> και να ανάψει η ενδεικτική λυχνία <<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Β>>, καθώς επίσης να ενεργοποιηθεί ένα relay <<RELAY ΓΙΑ

ΤΗΝ ΕΝΤΑΞΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Β>> που θα εντάξει σε λειτουργία το κύκλωμα Β της γραμμής μεταφοράς. Επειδή όμως στην προσομοίωσή μας δεν έχουμε κάποιο relay, θα κλείσουμε χειροκίνητα τους διακόπτες ισχύος D1B και D2B (D1B=1, D2B=1).

2. Να υπερφορτωθεί το κύκλωμα Α της γραμμής μεταφοράς ($P_{12} \geq 50MW$ ή $P_{21} \geq 50MW$). Σε αυτή την περίπτωση, προκειμένου να μην καταστραφεί το κύκλωμα Α της γραμμής μεταφοράς, θα πρέπει να ενταχθεί και το κύκλωμα Β της γραμμής μεταφοράς. Τώρα πλέον έχουμε δύο γραμμές παράλληλα με αποτέλεσμα η ισοδύναμη επαγωγική αντίδραση να είναι η μισή του κάθε κυκλώματος. Τώρα πρέπει να ανάψει η ενδεικτική λυχνία <<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Α+Β>>, να σβήσει η ενδεικτική λυχνία<<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Α>> και να ενεργοποιηθεί ένα relay <<RELAY ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΤΑΞΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Β>>, που θα θέσει σε λειτουργία το κύκλωμα Β της γραμμής μεταφοράς. Επειδή όμως στην προσομοίωσή μας δεν έχουμε κάποιο relay, θα κλείσουμε χειροκίνητα τους διακόπτες ισχύος D1B και D2B (D1B=1, D2B=1).

Από τις δύο παραπάνω καταστάσεις λειτουργίας μπορούν να προκύψουν οι ακόλουθες 4 καταστάσεις λειτουργίας.

1. Αν έχει υπάρξει κάποιο βραχυκύκλωμα στο κύκλωμα Α της γραμμής μεταφοράς

   - Να υπάρξει κάποιο βραχυκύκλωμα στο κύκλωμα Β της γραμμής μεταφοράς (D1B=0, D2B=0). Τότε πρέπει να σβήσει η ενδεικτική λυχνία <<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Β>>, και να ανάψουν οι ενδεικτικές λυχνίες <<ΕΝΤΑΞΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ 2>>, <<ΚΥΚΛΩΜΑ Α+Β ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ>>.

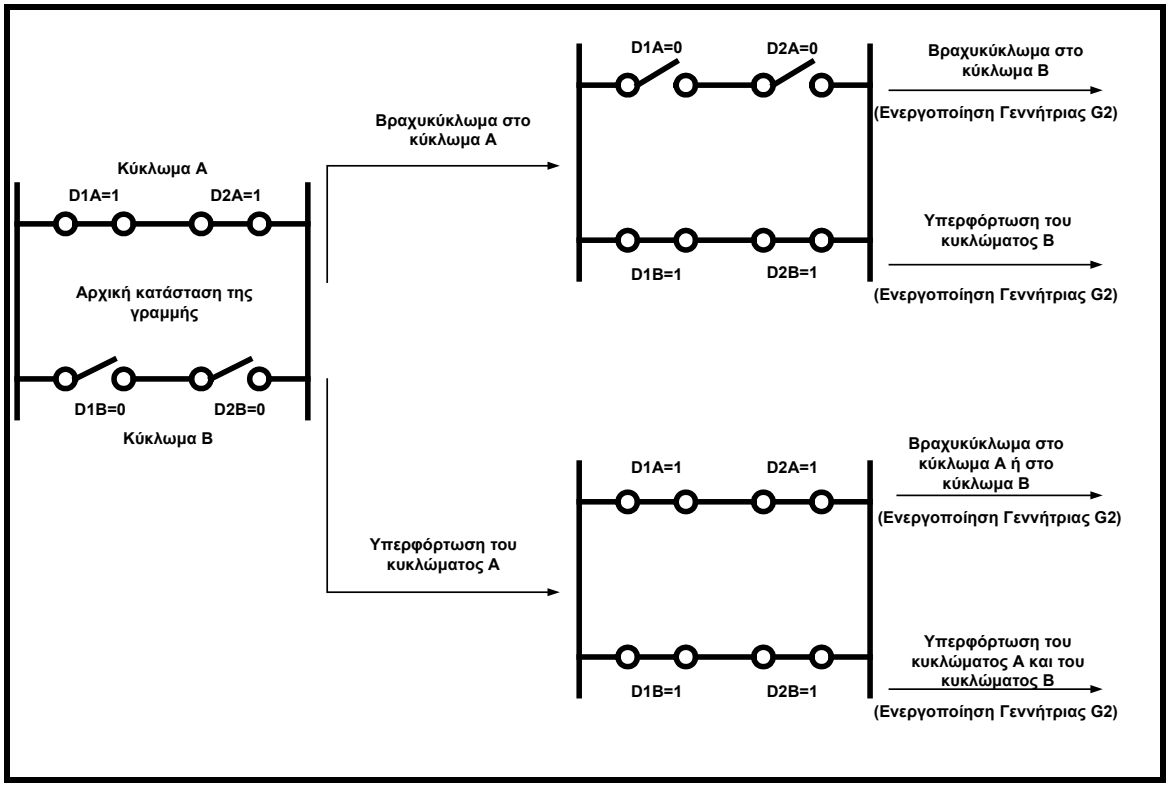
   - Να υπερφορτωθεί το κύκλωμα Β της γραμμής μεταφοράς ($P_{12} \geq 50MW$ ή $P_{21} \geq 50MW$). Τότε πρέπει να σβήσει η ενδεικτική λυχνία <<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Β>>, και να ανάψουν οι ενδεικτικές λυχνίες <<ΕΝΤΑΞΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ 2>>, <<ΚΥΚΛΩΜΑ Α+Β ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ>>.

2. Αν έχει υπάρξει κάποια υπερφόρτιση στο κύκλωμα Α της γραμμής μεταφοράς

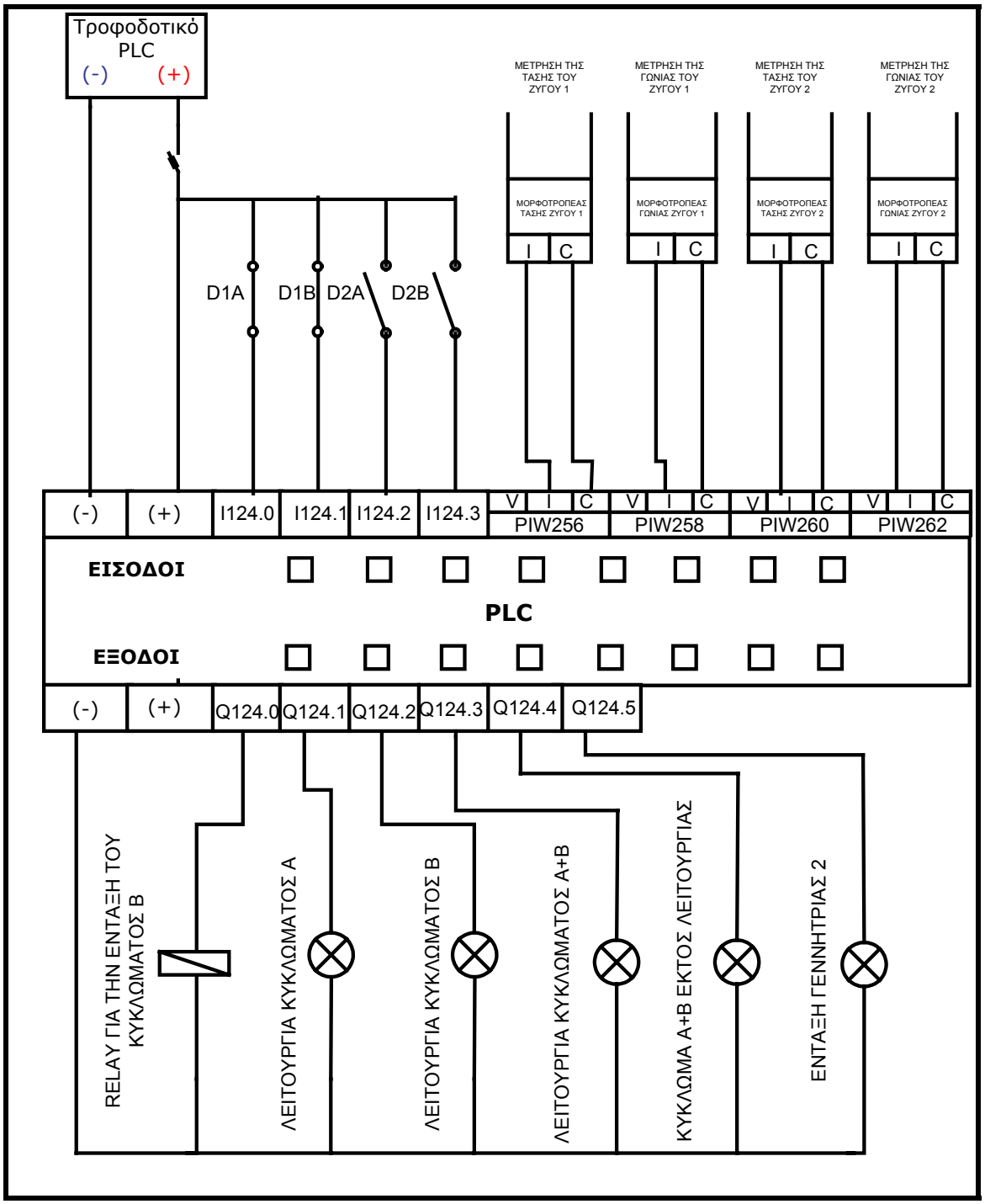
   - Να υπάρξει κάποιο βραχυκύκλωμα στο κύκλωμα Α ή στο κύκλωμα Β της γραμμής μεταφοράς. Τότε πρέπει να σβήσει η ενδεικτική λυχνία <<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Α+Β>>, και να ανάψουν οι ενδεικτικές λυχνίες <<ΕΝΤΑΞΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ 2>>, <<ΚΥΚΛΩΜΑ Α+Β ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ>>

   - Να υπάρξει κάποια υπερφόρτιση στα κυκλώματα Α και Β της γραμμής μεταφοράς. Τότε πρέπει να σβήσει η ενδεικτική λυχνία <<ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ Α+Β>>, και να ανάψουν οι ενδεικτικές λυχνίες <<ΕΝΤΑΞΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ 2>>, <<ΚΥΚΛΩΜΑ Α+Β ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ>>.

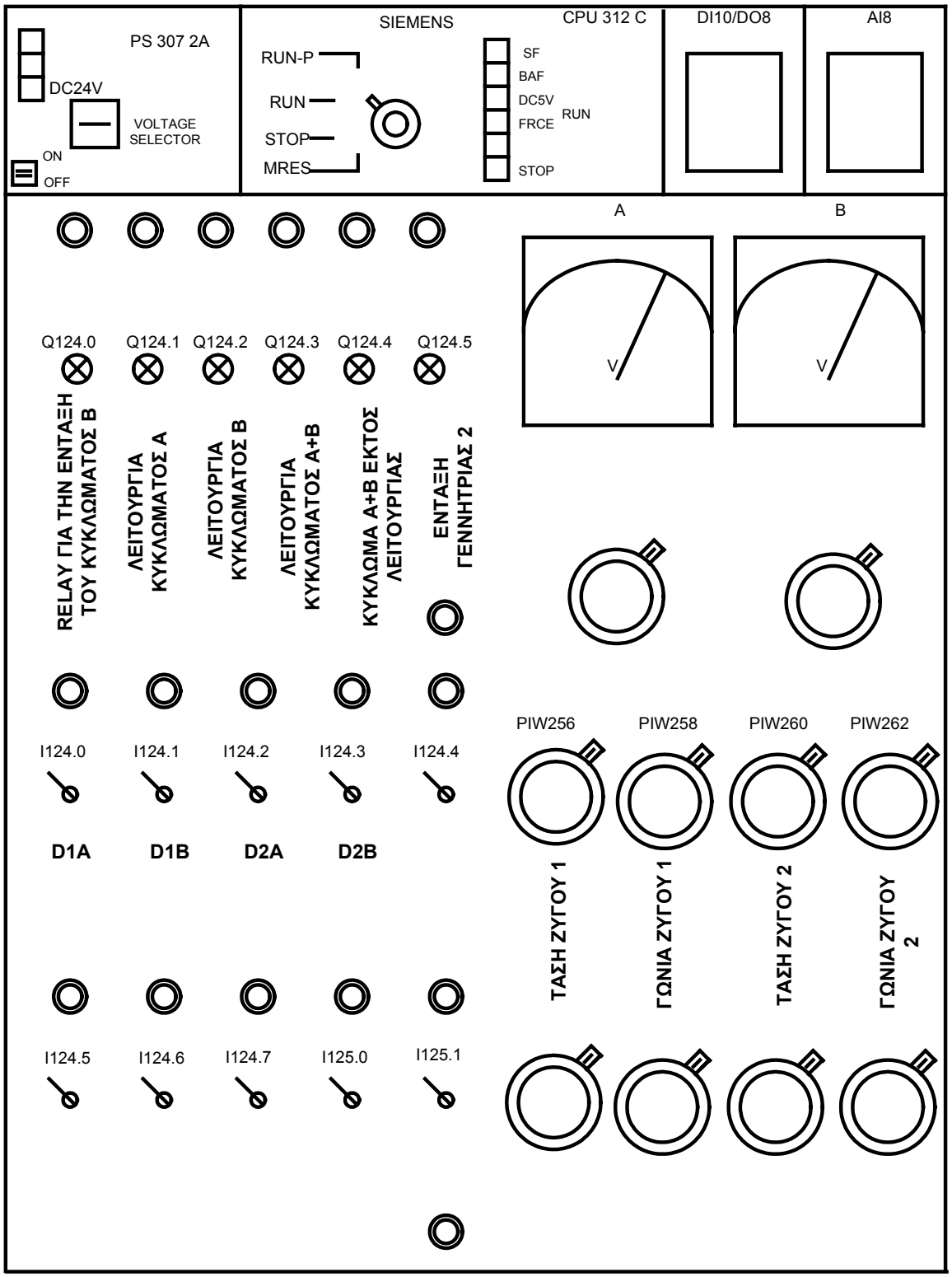
Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται αναλυτικά όλες οι παραπάνω περιπτώσεις.



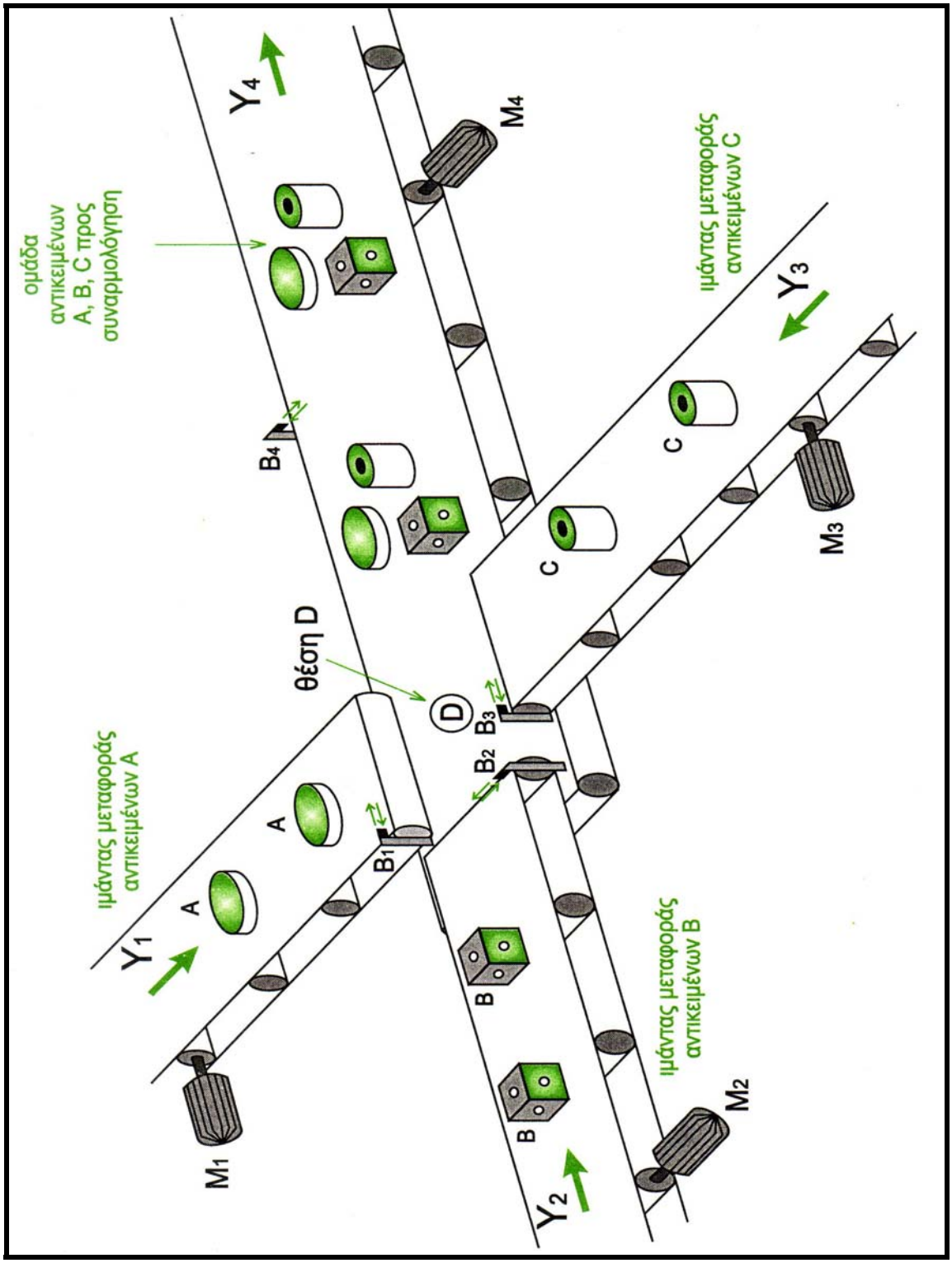
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο προσομοιωτής για την υλοποίηση της άσκησης.



7.9 *Γραμμή συναρμολόγησης 4 ταινιόδρομων*



- Γενική περιγραφή λειτουργίας

Οι τρεις ταινιόδρομοι Y_1, Y_2, Y_3 μεταφέρουν τα αντικείμενα A, B, C στη θέση D του ταινιόδρομου Y_4. Τρία δευτερόλεπτα μετά την ανίχνευση του αντικειμένου A από το φωτοκύτταρο B_1 ο Y_1 σταματάει να κινείται. Εννοείται ότι στο χρονικό διάστημα των 3 sec, το αντικείμενο A (προλαβαίνει) να μεταφερθεί από τη θέση B_1 στη θέση D. Επίσης, 3 sec μετά την ανίχνευση του αντικειμένου B από το φωτοκύτταρο B_2, ο Y_2 σταματάει να κινείται, ενώ το αντικείμενο B έχει ήδη μεταφερθεί στη θέση D. Το ίδιο συμβαίνει και με τη μεταφορά του αντικειμένου C στη θέση D.

Όταν στη θέση D συγκεντρωθούν ένα αντικείμενο A, ένα αντικείμενο B και ένα αντικείμενο C, ξεκινάει αυτόματα ο ταινιόδρομος Y_4 και μεταφέρει την ομάδα των τριών αντικειμένων A, B, C στη θέση συναρμολόγησης σε 10 sec.

Μόλις περάσουν τα 10 sec, που διαρκεί η κίνηση του Y_4, ξεκινούν αυτόματα οι ταινιόδρομοι Y_1, Y_2, Y_3 , ενώ ο Y_4 σταματάει.

Η κατασκευή αποτελείται ακόμη και από έναν μετρητή, ο οποίος απαριθμεί πόσες ομάδες αντικειμένων πέρασαν από τη θέση του φωτοκυττάρου B_4. Μόλις περάσουν 5 ομάδες αντικειμένων, έχουμε οπτική και ηχητική σήμανση.

Οι ταινιόδρομοι Y_1, Y_2, Y_3 και Y_4 τίθενται σε λειτουργία από τους κινητήρες M_1, M_2, M_3 και M_4 αντίστοιχα.

Εκτός από το γενικό button STOP, S_{100} και γενικό button START, S_0 , οι κινητήρες M_1, M_2, M_3 ξεκινάνε πατώντας τα button START, S_1, S_2, S_3 αντίστοιχα και σταματάνε όταν πατήσουμε τα button S_{10}, S_{20}, S_{30} αντίστοιχα. Να γραφεί πρόγραμμα αυτοματισμού σε STEP7 για τη λειτουργία της γραμμής συναρμολόγησης των 4 ταινιόδρομων.

- Περιγραφή λειτουργίας του κυκλώματος κλασικού αυτοματισμού

Μόλις πατήσουμε το γενικό button START, S_0, οπλίζει το βοηθητικό M_0 και κλείνει τις επαφές εργασίας του στους κλάδους 2, 5, 8 και 14. Στη συνέχεια πατάμε τα button START, S_1, S_2, S_3, οπλίζουν τα ρελέ M_1, M_2, M_3 στους κλάδους 2, 5, 8 αντίστοιχα, ξεκινούν οι κινητήρες M_1, M_2, M_3 και αμέσως τίθενται σε κίνηση οι ταινιόδρομοι Y_1, Y_2, Y_3.

Όταν το φωτοκύτταρο B_1 ανιχνεύσει την ύπαρξη ενός αντικειμένου Α στον ταινιόδρομο Y_1, κλείνει την επαφή του στον κλάδο 3 και ενεργοποιείται το βοηθητικό ρελέ M_{11}, δεδομένου οτι η επαφή του M_1 έχει ήδη κλείσει. Αμέσως κλείνει η επαφή αυτοσυγκράτησης του M_{11} στον κλάδο 3 και η επαφή εργασίας του στον κλάδο 4. Έτσι, διεγείρεται το χρονικό T_1 και μετά από 3 sec ανοίγει την επαφή του στον κλάδο 2 και κλείνει αυτή στον κλάδο 11. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να βγει εκτός λειτουργίας το M_1 και να ανοίξουν οι επαφές του στους κλάδους 2, 3 και 4, ενώ στον κλάδο 11 οπλίζει το M_{10}. Ακόμα στον κλάδο 4 βγαίνει εκτός το T_1 και η μεν επαφή του στον κλάδο 2 ξανακλείνει η δε στον κλάδο 11 ξανανοίγει.

Όπως αναφέραμε και στην γενική περιγραφή λειτουργίας, η ταχύτητα του ιμάντα Y_1 είναι τέτοια ώστε το αντικείμενο Α να προλαβαίνει μέσα σε 3 sec να μεταφέρεται από τη θέση B_1 στη θέση D του ιμάντα Y_4. Διαφορετικά, ή αυξάνουμε την ταχύτητα του ταινιόδρομου Y_1 ή το χρόνο του T_1 ή και τα δύο.

Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η εναπόθεση των αντικειμένων B, C από τους ιμάντες Y_2, Y_3 στη θέση D του ιμάντα Y_4.

Όταν τελικά στη θέση D έχουν συγκεντρωθεί από ένα εκ των αντικειμένων A, B, C, θα έχουν οπλίσει τα βοηθητικά M_{10}, M_{20}, M_{30} στους κλάδους 11, 12 και 13 και θα έχουν βγει εκτός τα M_1, M_2, M_3, M_{11}, M_{12}, M_{13}, T_1,T_2, T_3.

Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα να οπλίσουν τα M_4 στον κλάδο 14 και M_5 στον κλάδο 16. Έτσι, διεγείρεται το T_4 στον κλάδο 15 και συγχρόνως ο κινητήρας M_4 ξεκινάει και θέτει σε κίνηση τον ταινιόδρομο Y_4.

Μετά από 10 sec λειτουργίας του M_4, η ομάδα με τα αντικείμενα A, B, C φτάνει στη θέση συναρμολόγησης και ταυτόχρονα κλείνουν οι επαφές του T_4 στους κλάδους 2, 5, 8, οπλίζουν τα M_1, M_2, M_3, ανοίγουν οι επαφές τους στον κλάδο 14, βγαίνει εκτός το M_4 και σταματάει ο ταινιόδρομος Y_4 ενώ ξεκινάνε πάλι οι Y_1, Y_2, Y_3.

Πρέπει σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε ότι μόλις όπλισε το M_4, άνοιξε τις επαφές του στους κλάδους 11, 12, 13 και βγήκαν εκτός τα βοηθητικά M_{10}, M_{20}, M_{30}.

Όταν το φωτοκύτταρο B_4 ανιχνεύσει το πρώτο αντικείμενο της ομάδας που περιέχει τα A, B, C, τότε κλείνει την επαφή του στον κλάδο 17 και οπλίζει το M_6. Το M_6 κλείνει την επαφή εργασίας του στην είσοδο CU του μετρητή C_{33} και αυτός, με τη σειρά του, αυξάνει το περιεχόμενό του κατά 1. Μόλις περάσουν 5 ομάδες μπροστά από το B_4, η

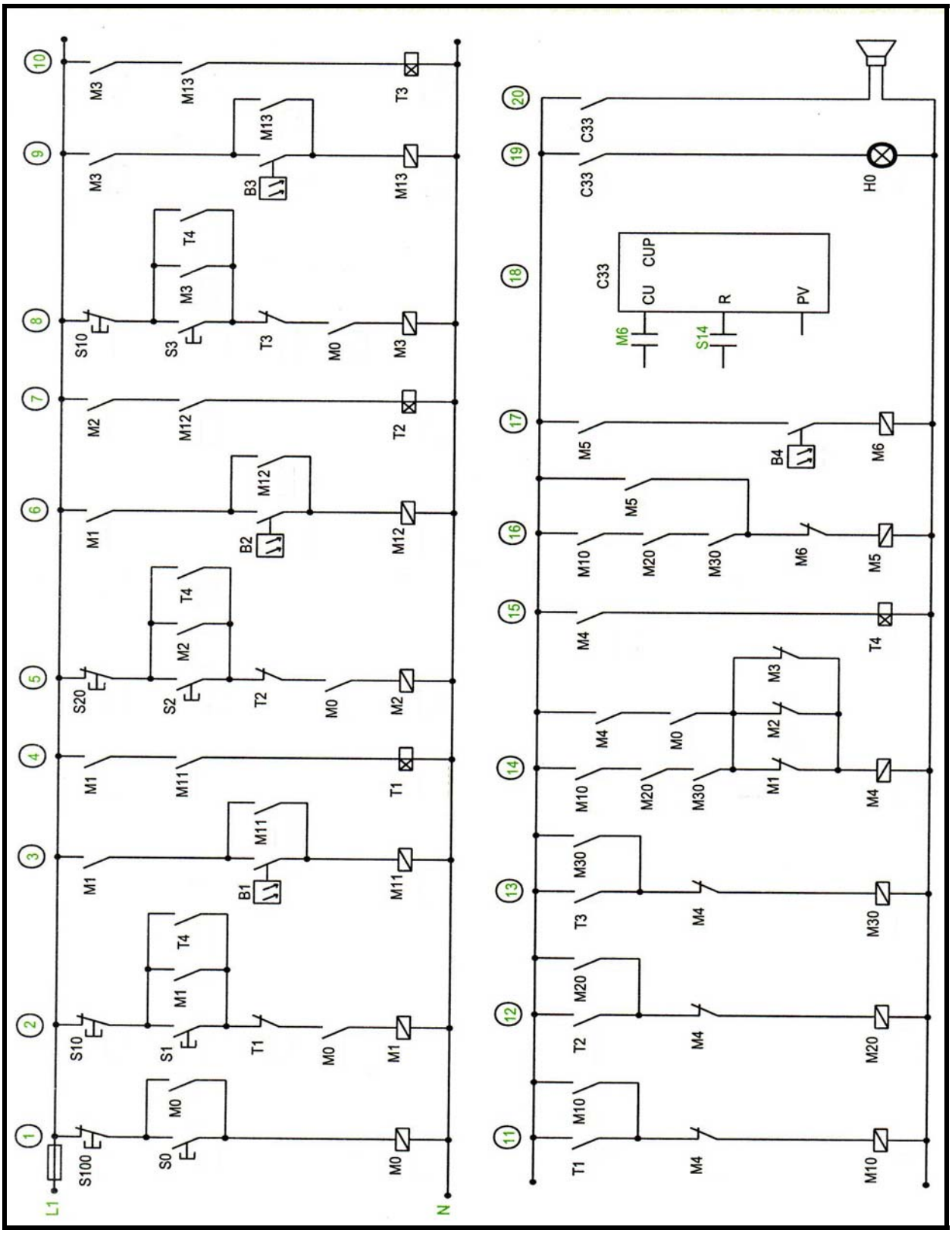
έξοδος του μετρητή γίνεται 1, δηλαδή κλείνουν οι επαφές του C_{33} στους κλάδους 19, 20 και έχουμε οπτική και ηχητική σήμανση αντίστοιχα.

Πρέπει επίσης να διευκρινίσουμε, ότι αφ' ότου οπλίσει το $M_{6,}$ ανοίγει την επαφή του στον κλάδο 16 και βγαίνει εκτός το $M_{5,}$ οπότε ακόμα και να ανιχνεύσει το B_4 δεύτερο αντικείμενο μέσα στην ίδια ομάδα, δεν μπορεί να οπλίσει πάλι το M_6 και να δοθεί δεύτερος παλμός στο μετρητή C_{33}, διότι η επαφή του M_5 στον κλάδο 17 είναι ήδη ανοικτή.

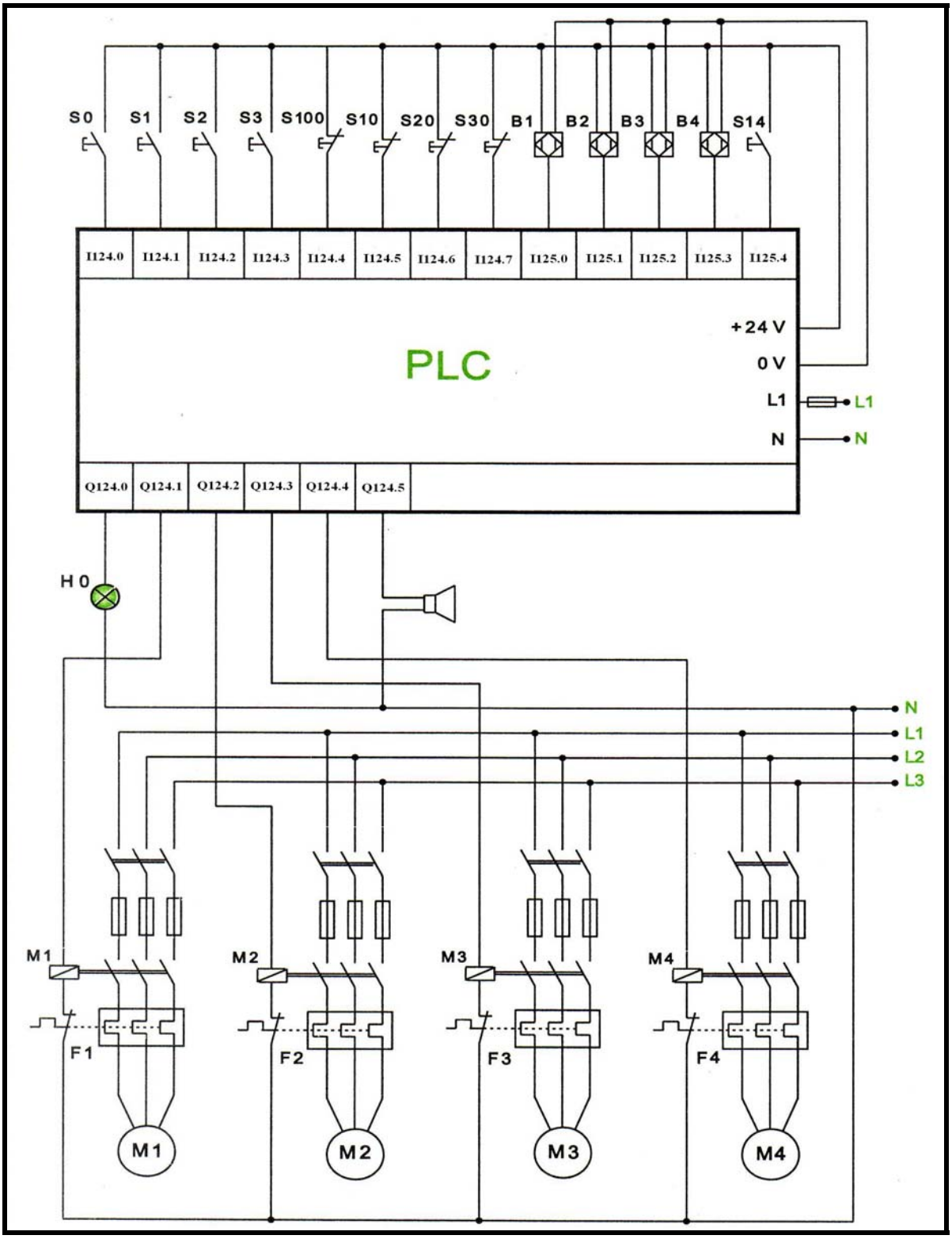
Από τον κλάδο 16, φαίνεται ότι το M_5 ενεργοποιείται μόνο όταν έχουν οπλίσει τα M_{10}, M_{20}, M_{30} δηλαδή, μόνο όταν έχουμε τα αντικείμενα A, B, C στη θέση D και απενεργοποιείται μόλις το B_4 ανιχνεύσει το πρώτο αντικείμενο από τα A, B, C.

Μετά από κάθε ηχητική και οπτική σήμανση, πατάμε το μπουτόν S_{14} και μηδενίζεται το περιεχόμενο του μετρητή C_{33}. Έτσι αρχίζει το μέτρημα, μέχρι να ανιχνευτούν 5 ομάδες με αντικείμενα A, B, C κ.ο.κ.

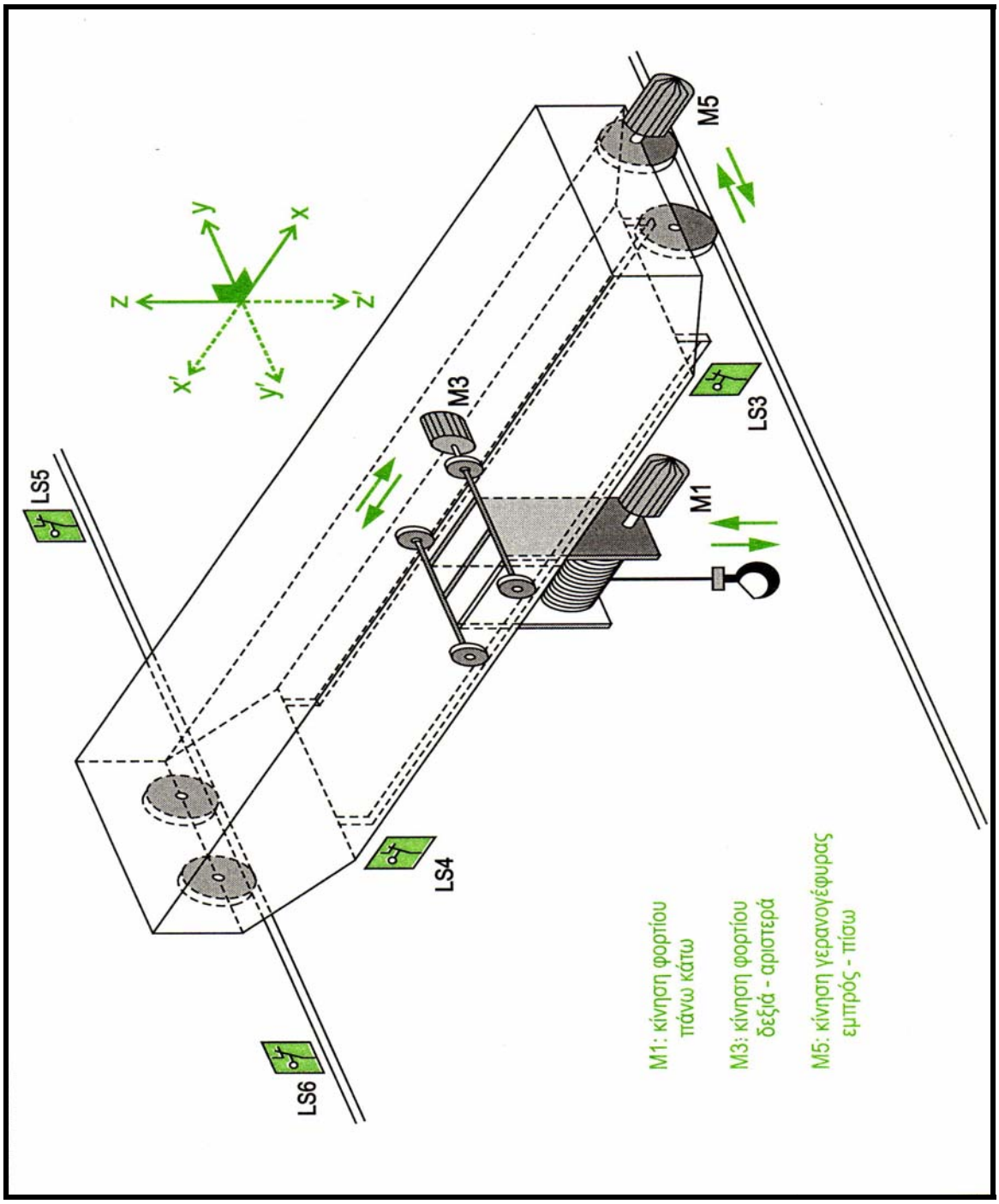
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC που θα αντικαταστήσει πλέον το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.



7.10 ***Γερανογέφυρα***



- Γενική περιγραφή λειτουργίας

Πατώντας το μπουτόν S_1, οπλίζει το ρελέ K_1 και ο κινητήρας M_1 ξεκινάει σε συνδεσμολογία αστέρα, μεταφέροντας το φορτίο προς τα πάνω με κατεύθυνση στον άξονα Z. Σε 6 sec, λόγω του χρονικού T_1, διακόπτεται η λειτουργία του M_1 κατ΄ αστέρα και λειτουργεί σε σύνδεση κατά τρίγωνο.

Η προς τα άνω μεταφορά του φορτίου σταματάει είτε όταν πιέσουμε το μπουτόν STOP S_0, οπότε βγαίνει εκτός λειτουργίας το ρελέ K_1, είτε, όταν το φορτίο φτάσει στο άνω τέρμα της διαδρομής του, οπότε ανοίγει η επαφή του τερματικού διακόπτη LS_1, με αποτέλεσμα να βγει και πάλι εκτός λειτουργίας το ρελέ K_1.

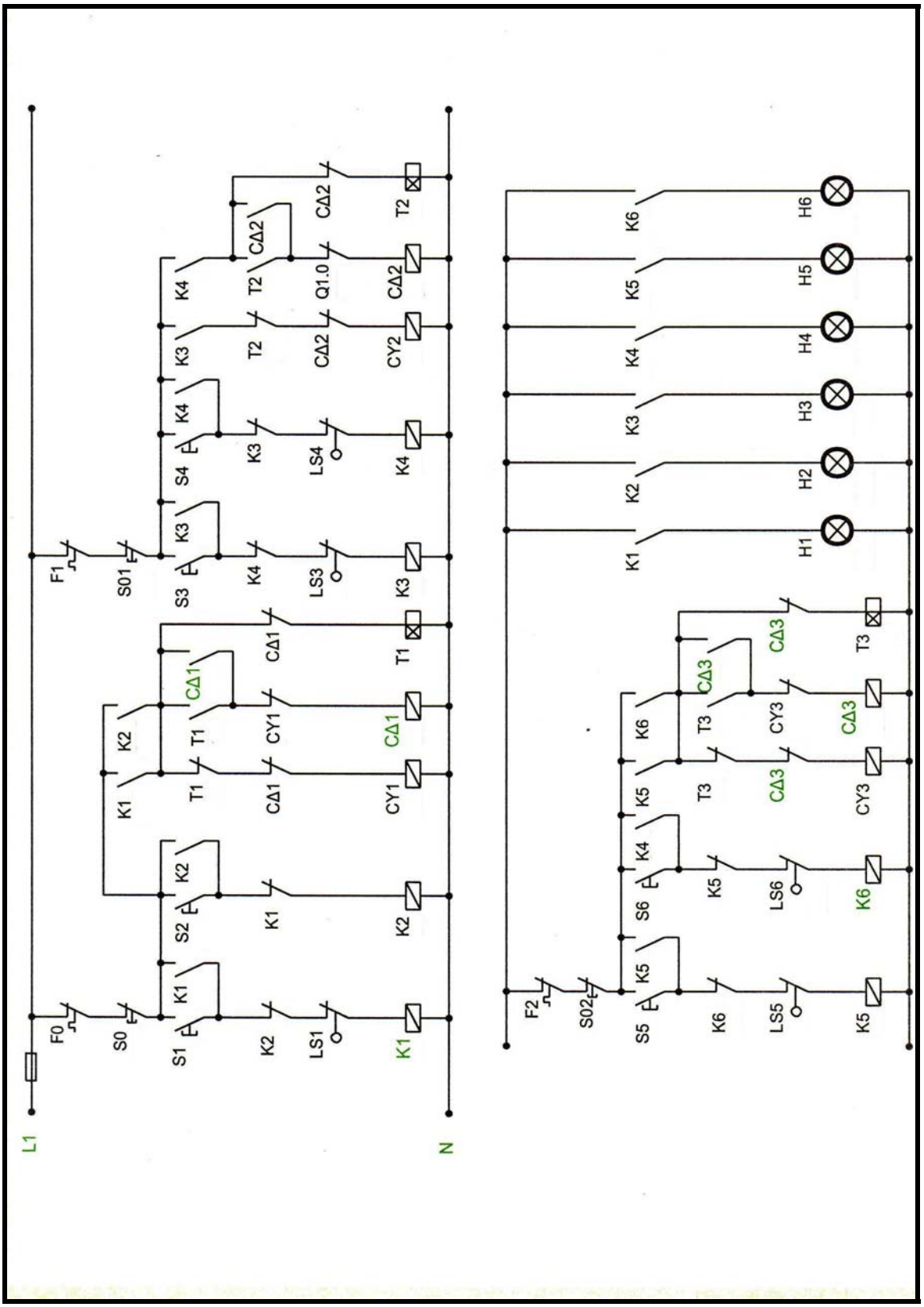
Αν θέλουμε να κατεβάσουμε το φορτίο, πιέζουμε το μπουτόν S_2, οπότε οπλίζει το ρελέ K_2, αντιμετατίθενται οι φάσεις L_2 και L_3, ο M_1 αλλάζει φορά περιστροφής και το φορτίο αρχίζει να κατεβαίνει. Ο κινητήρας M_1 πάλι ξεκινά σε συνδεσμολογία αστέρα και μετά συνεχίζει σε σύνδεση κατά τρίγωνο. Η κάθοδος του φορτίου σταματά όταν πιέσουμε το μπουτόν S_0, οπότε βγαίνει εκτός το K_2.

Κατά την άνοδο του φορτίου, ανάβει η λυχνία H_1, ενώ, κατά την κάθοδο, ανάβει η λυχνία H_2.

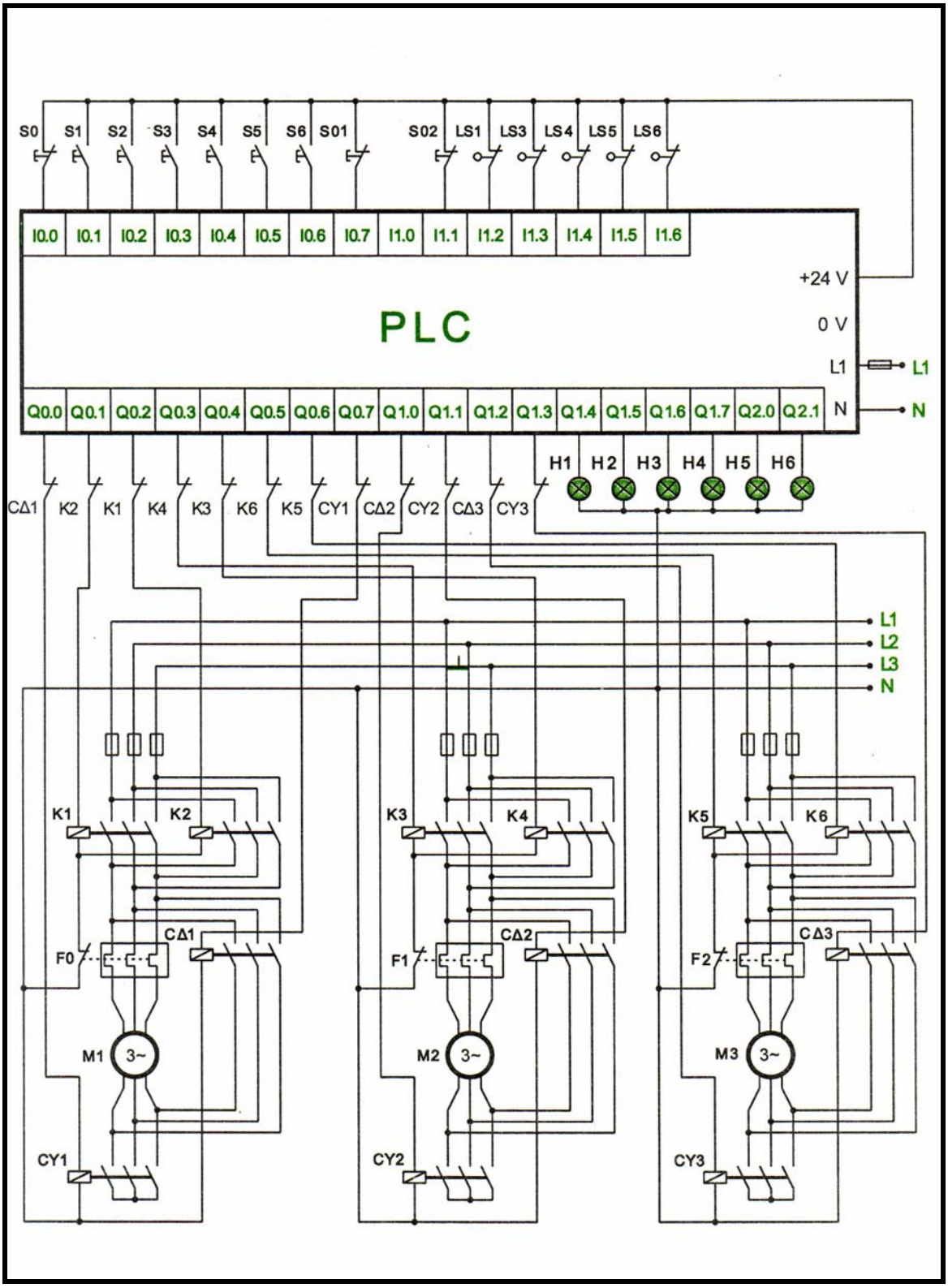
Η περιγραφή της λειτουργίας ως προς την προς τα δεξιά ή αριστερά, εμπρόσθια ή οπίσθια κίνηση του φορτίου και της γερανογέφυρας αντίστοιχα, παραλείπονται γιατί είναι όμοιες με την προαναφερθείσα περιγραφή.

Εκτός από τις επαφές αλληλομανδάλωσης μεταξύ K_1 και K_2, όπως επίσης και μεταξύ C_{Y1} και $C_{\Delta 1}$, που υπάρχουν στο πρόγραμμα του PLC, για μεγαλύτερη ασφάλεια τοποθετούμε τις παραπάνω επαφές αλληλομανδάλωσης και μετά τις εξόδους του PLC. Να γραφεί πρόγραμμα αυτοματισμού σε STEP7 για τη λειτουργία της γερανογέφυρας.

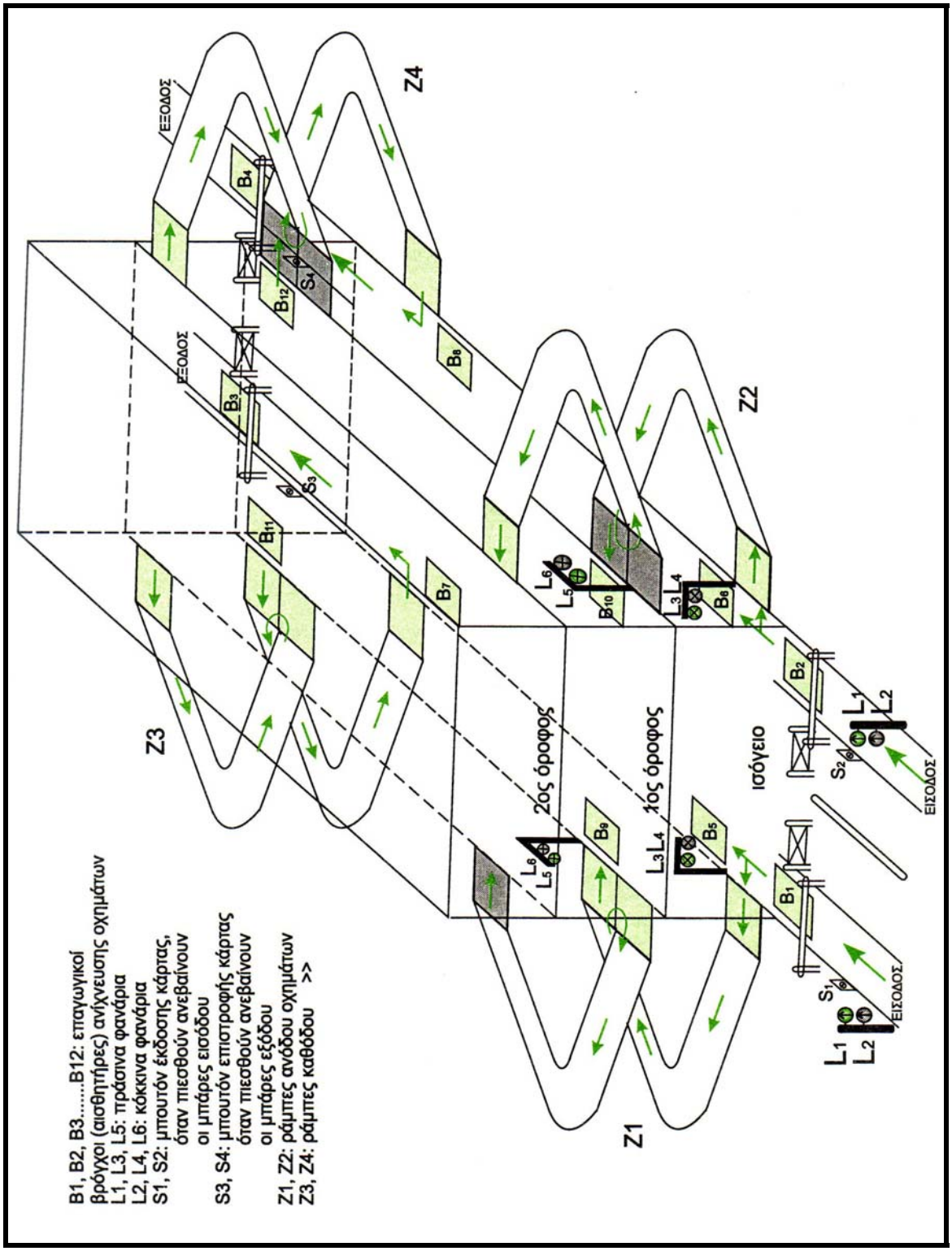
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC που θα αντικαταστήσει πλέον το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού .



7.11 *Διώροφος Χώρος Στάθμευσης (Parking)*



- Γενική περιγραφή λειτουργίας.

Το Parking αποτελείται από ισόγειο και δύο ορόφους. Η χωρητικότητα του ισογείου, όπως και κάθε ορόφου, είναι πέντε οχήματα και η συνολική χωρητικότητα του Parking είναι δεκαπέντε οχήματα. Το Parking έχει δύο εισόδους και δύο εξόδους. Ο πελάτης την ώρα εισόδου στο Parking πιέζει το μπουτόν S_1 ή S_2, ανάλογα σε ποία είσοδο βρίσκεται, και το αντίστοιχο μηχάνημα εκδίδει κάρτα στην οποία αναγράφεται η ώρα εισόδου.

Συγχρόνως, ανεβαίνει η μπάρα και το όχημα εισέρχεται. Μόλις το όχημα περάσει από τη μπάρα, ενεργοποιείται ο επαγωγικός αισθητήρας βρόχου B_1 ή B_2 αντίστοιχα. Έτσι η μπάρα κατεβαίνει και, ταυτόχρονα, δίνεται εντολή στο μετρητή C_{11} ότι εισήλθε νέο όχημα.

Αν τα φανάρια του ισογείου μετά τις μπάρες L_4 είναι κόκκινα, αυτό σημαίνει ότι το ισόγειο είναι πλήρες και έτσι ο οδηγός κατευθύνει το όχημα στον 1ο όροφο. Αν και εκεί τα φανάρια L_6 είναι κόκκινα, τότε υποχρεωτικά οδηγεί το όχημα στο 2ο όροφο. Κατά την έξοδό του, ο πελάτης επιδεικνύει στον αρμόδιο υπάλληλο, που βρίσκεται ακριβώς πριν την μπάρα εξόδου, την εκδοθείσα κάρτα, υπολογίζεται το οφειλόμενο ποσό, εισάγεται η κάρτα στο μηχάνημα εισόδου, ανεβαίνει η μπάρα, αναχωρεί το όχημα, διερχόμενο πάνω από τον επαγωγικό βρόχο B_3 ή B_4, κατεβαίνει η μπάρα και συγχρόνως δίνεται εντολή στο μετρητή C_{11} να μειώσει το περιεχόμενό του κατά ένα όχημα. Αν όλο το Parking είναι πλήρες οχημάτων, ανάβουν τα κόκκινα φανάρια L_2. Να γραφεί πρόγραμμα σε STEP7 για τη λειτουργία του Parking.

- Εξήγηση πνευματικού κυκλώματος

Η εξήγηση που ακολουθεί γίνεται μόνο για τη μπάρα Α, αφού για τις υπόλοιπες είναι όμοια.

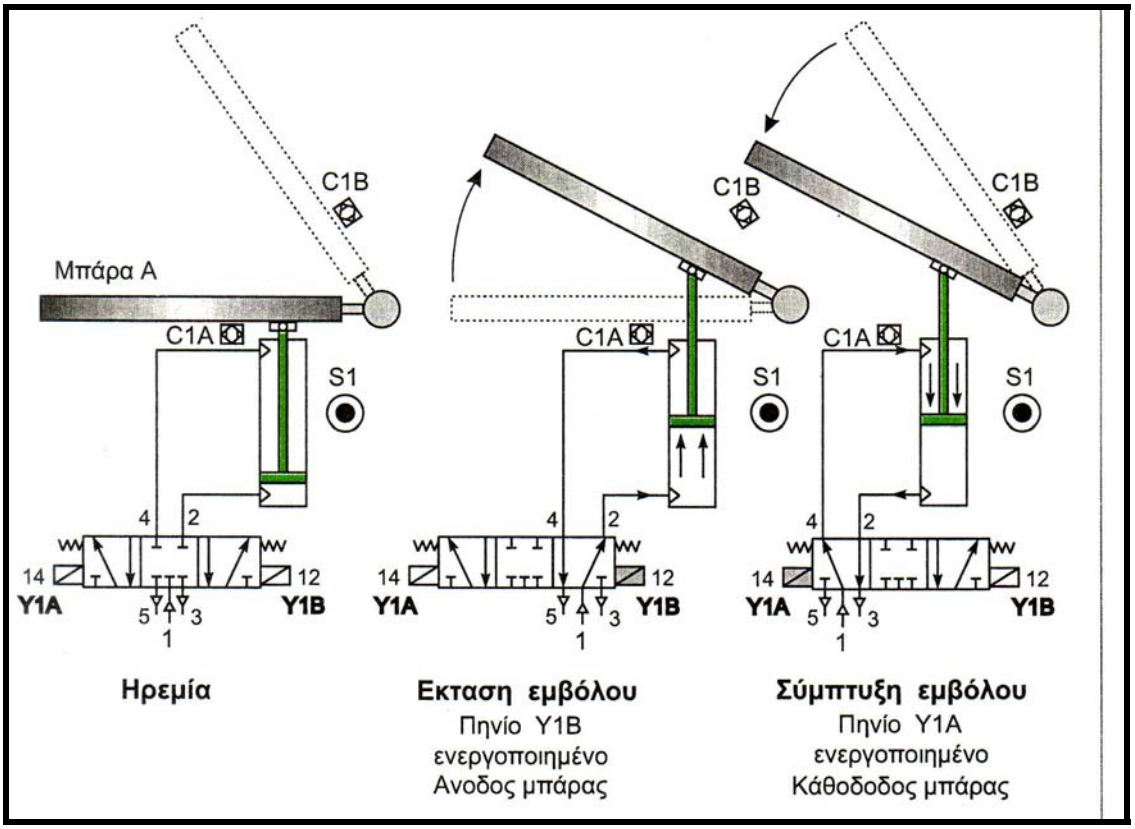
Σε κατάσταση ηρεμίας, η μπάρα Α είναι κατεβασμένη και ο διακόπτης προσέγγισης C_{1A} έχει την επαφή του ανοικτή, ενώ ο διακόπτης προσέγγισης C_{1B} έχει την επαφή του κλειστή. Πατώντας το μπουτόν S_1, οπλίζει το βοηθητικό ρελέ K_{1B}, κλείνει την επαφή του και ενεργοποιείται το πηνίο της βαλβίδας Y_{1B}. Ο αέρας μπαίνει από το κάτω μέρος του κυλίνδρου και οδηγεί το έμβολο προς τα πάνω. Μόλις η μπάρα συναντήσει το διακόπτη προσέγγισης C_{1B}, αυτός ανοίγει την επαφή του και το K_{1B} βγαίνει εκτός λειτουργίας. Έτσι απενεργοποιείται το πηνίο της βαλβίδας Y_{1B} και τα ελατήρια επαναφέρουν την βαλβίδα στην κεντρική θέση. Ο αέρας στο κάτω μέρος του εμβόλου βρίσκεται υπό πίεση και η μπάρα παραμένει ανυψωμένη. Μόλις αρχίσει η ανύψωση της μπάρας κλείνει και η

επαφή του C_{1A}. Όταν το όχημα περάσει τελείως από την μπάρα και βρεθεί πάνω από τον επαγωγικό βρόχο B_1, τότε το αισθητήριο B_1 κλείνει την επαφή του και οπλίζει το βοηθητικό ρελέ K_{1A}. Αυτό με τη σειρά του κλείνει την επαφή του στον κλάδο 5 και ενεργοποιείται το πηνίο της βαλβίδας Y_{1A}.

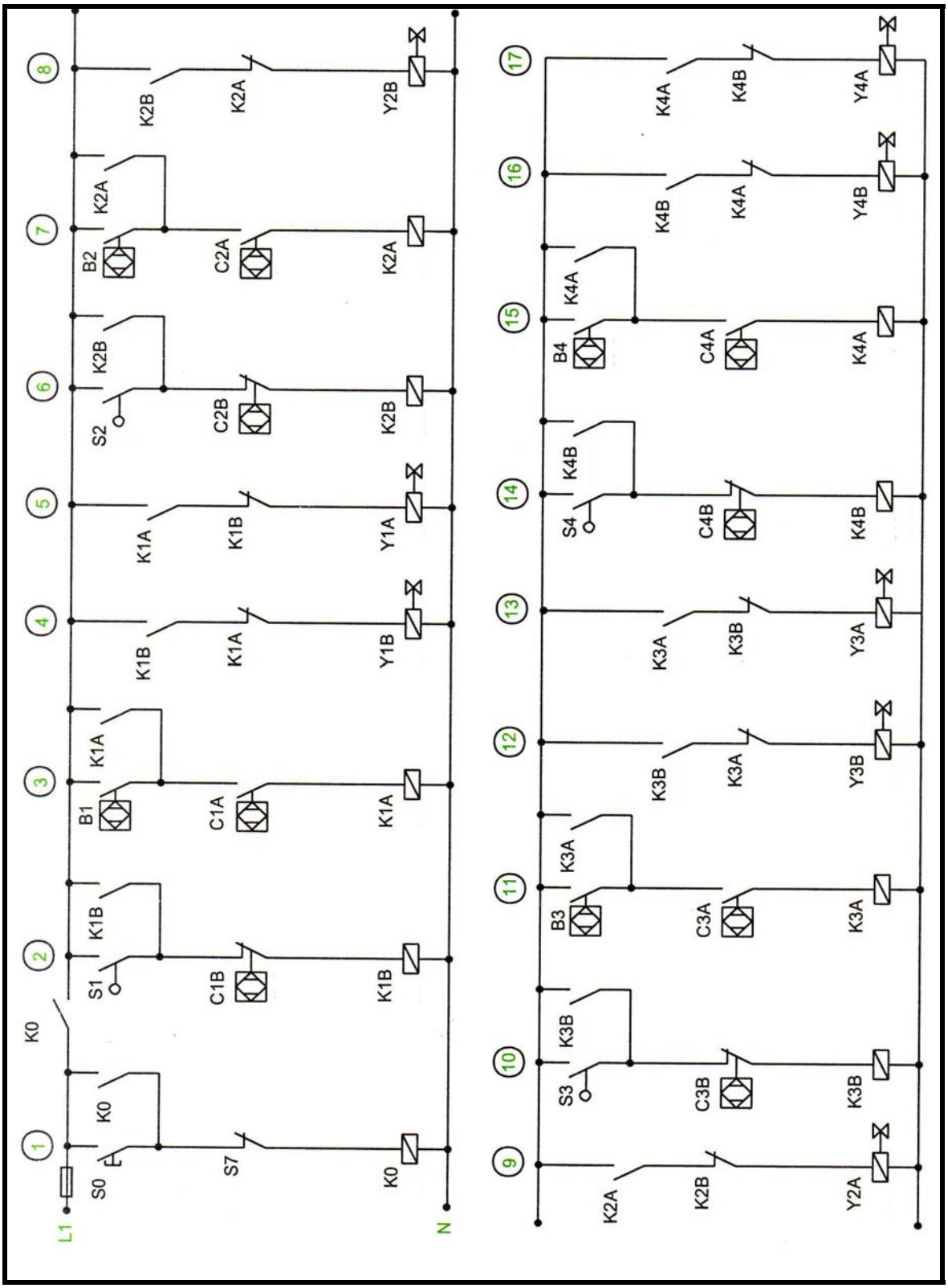
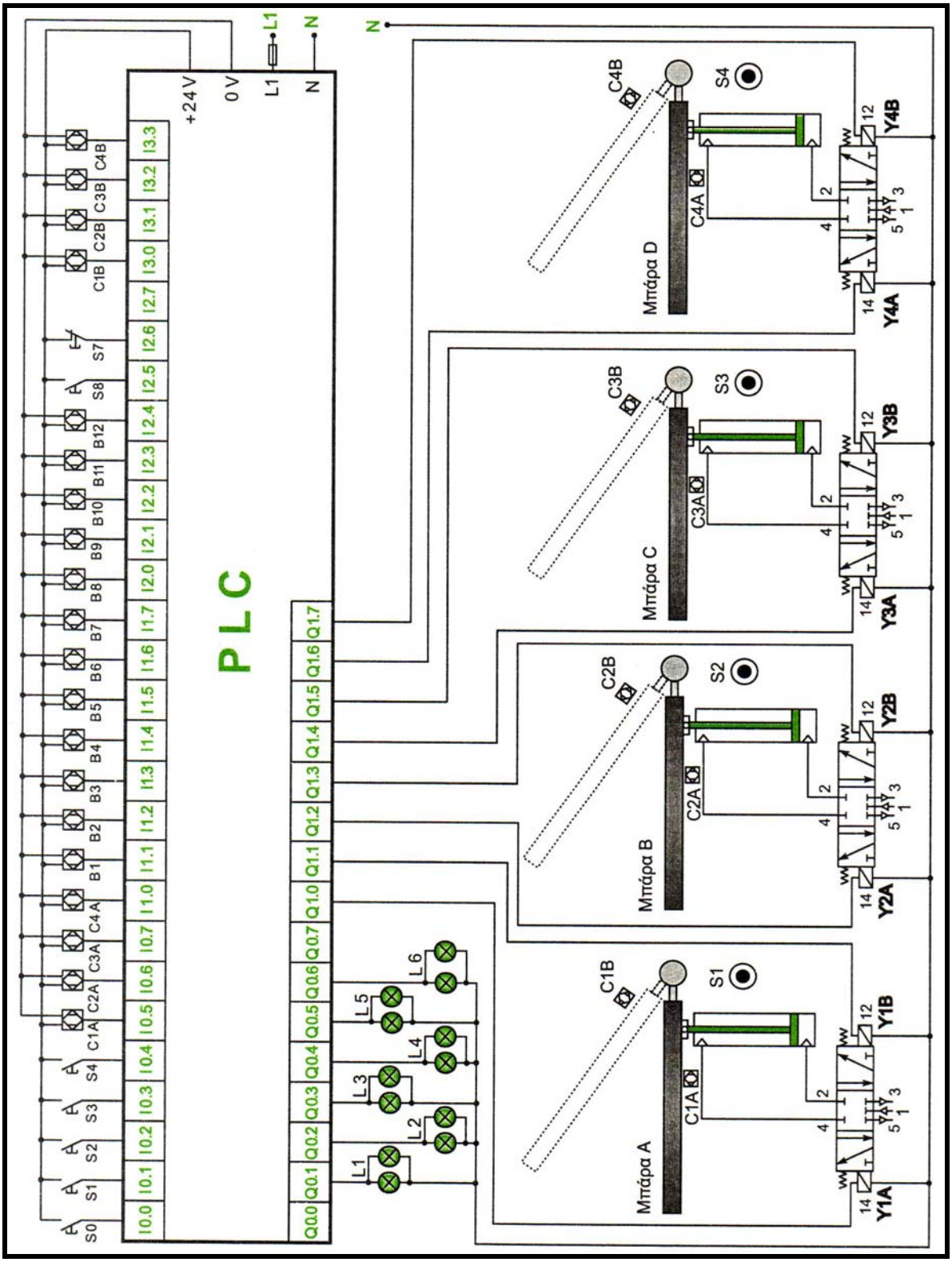
Ο αέρας μπαίνει τώρα από το πάνω μέρος του κυλίνδρου και οδηγεί το έμβολο προς τα κάτω. Μόλις η μπάρα συναντήσει το διακόπτη C_{1A} αυτός ανοίγει την επαφή του, βγαίνει εκτός το βοηθητικό K_{1A} και αμέσως απενεργοποιείται το πηνίο της βαλβίδας Y_{1A}. Τα ελατήρια επαναφέρουν και πάλι τη βαλβίδα στην κεντρική θέση, όπου ο αέρας στο πάνω μέρος του εμβόλου βρίσκεται υπό πίεση και η μπάρα δε μπορεί να σηκωθεί μηχανικά λόγω του βάρους της.

Πρέπει ακόμα να αναφέρουμε, ότι επειδή η μπάρα μένει ανυψωμένη για μερικά μόνο δευτερόλεπτα, χρησιμοποιούμε βαλβίδα 5/3 με κλειστά κέντρα στη μεσαία θέση. Έτσι οι απώλειες αέρα είναι ελάχιστες και η μπάρα δε μετακινείται προς τα κάτω. Στην περίπτωση που η μπάρα μείνει υπερυψωμένη για μεγάλο χρονικό διάστημα, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε διπλή βαλβίδα αντεπιστροφής ελεγχόμενη με διπλό πιλότο.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το πνευματικό κύκλωμα της μπάρας Α



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού.



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη του PLC που θα αντικαταστήσει πλέον το κύκλωμα του κλασικού αυτοματισμού .