



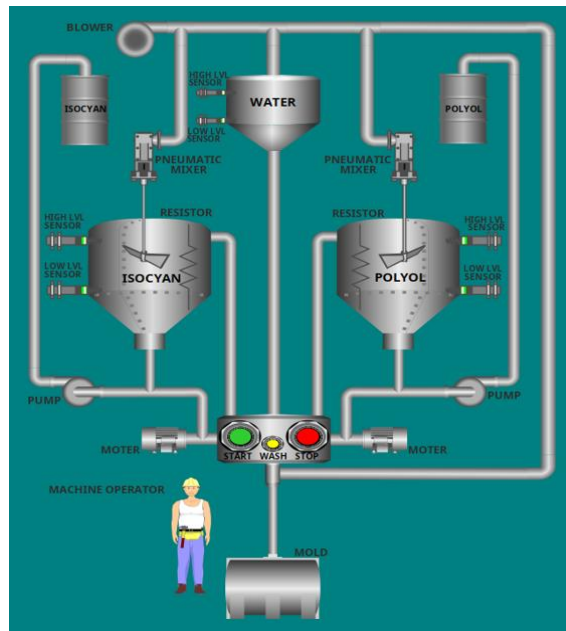
ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μηχάνημα χύτευσης πολυουρεθάνης ελεγχόμενο από
P.L.C. για μόνωση δεξαμενής υγρής τροφής



Του φοιτητή Κερατσίδα Πέτρου
Αρ. Μητρώου: 516307

Επιβλέπων
Όνοματεπώνυμο: Γιακουμής
Άγγελος
Βαθμίδα: Επίκουρος καθηγητής

Ημερομηνία 25/01/2025

Τίτλος Δ.Ε.: Μηχάνημα χύτευσης πολυουρεθάνης ελεγχόμενο από P.L.C. για μόνωση δεξαμενής υγρής τροφής

Κωδικός Δ.Ε.: 23174

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Κερατσίδης Πέτρος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 26/03/2023

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 25/01/2025

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Κερατσίδα Πέτρου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιοδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Πρόλογος

Η εξέλιξη των PLC και το ευρύ φάσμα εφαρμογών τους, τα καθιστά πολύ δημοφιλή στον τομέα των αυτοματισμών. Η ευελιξία στην παρέμβαση του προγράμματός τους και της άμεσης διόρθωσης των σφαλμάτων που τυχόν εμφανίζονται αποτελούν βασικό πλεονέκτημά τους και ειδικότερα στο χώρο της βιομηχανίας, καθώς κερδίζεται πολύς χρόνος αλλά και χρήματα.

Ο λόγος που επέλεξα αυτή την εργασία είναι γιατί θεωρώ πως ένα κομμάτι της ανάπτυξης πολλών εταιρειών βασίζεται στην εξέλιξη της τεχνολογίας και θα πρέπει να εκμεταλλευόμαστε οποιοδήποτε νέο και συνεχώς εξελισσόμενο εύρημα της. Έτσι, ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξει έναν τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε η παραγωγή της πολυουρεθάνης, η οποία αποτελεί βάση πολλών προϊόντων, να γίνει πιο εύκολη, πιο γρήγορη και με όσο το δυνατόν λιγότερα προβλήματα και σφάλματα που οδηγούν σε μεγαλύτερο κόστος για την εκάστοτε εταιρεία.

Μέσα από τη συγγραφή της εργασίας κατανόησα σε μεγαλύτερο βαθμό τη δομή και τη λειτουργία των PLC, εξασκήθηκα περισσότερο στη δημιουργία προγράμματος αλλά και την επιδιόρθωση σφαλμάτων του προγράμματος και κατάφερα να συνδυάσω τις γνώσεις που απέκτησα, δημιουργώντας ένα σύστημα το οποίο μπορεί να υλοποιηθεί και να λειτουργήσει πλήρως.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά την μελέτη και την προσομοίωση της δημιουργίας ενός μηχανήματος χαμηλής πίεσεως, χύτευσης πολυουρεθάνης ελεγχόμενο από PLC. Αρχικά, γίνεται μια εισαγωγή στους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές, καθώς αποτελούν το βασικό στοιχείο ελέγχου του μηχανήματος. Στη συνέχεια δίνονται οι απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο παρασκευής της πολυουρεθάνης και τη χρήσης της.

Έπειτα, παρουσιάζεται η προσομοίωση του μηχανήματος μέσω κατάλληλου λογισμικού και αναλύεται κάθε στάδιο της διεργασίας. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται είναι η LADDER. Δίνονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για την κατασκευή ενός τέτοιου μηχανήματος, αφού έχουν μελετηθεί οι χρόνοι που απαιτούνται, τα μέτρα προστασίας που πρέπει να λαμβάνονται και οι προϋποθέσεις οι οποίες πρέπει να πληρούνται κατά την επιλογή των υλικών.

Σύμφωνα με την θεωρητική ανάλυση που προηγήθηκε και με τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από την προσομοίωση, το μηχάνημα μπορεί να λειτουργήσει σε πραγματικές συνθήκες.

P.L.C. controlled polyurethane moulding machine for liquid food tank insulation

Keratsidis Petros

Abstract

This thesis involves the study and simulation of the creation of a PLC controlled polyurethane moulding machine. Initially, an introduction to programmable logic controllers is given, as they are the main control element of the machine. Then the necessary information on how polyurethane is made and how it is used is provided.

Afterwards, the simulation of the machine by means of appropriate software is presented and each stage of the process is analyzed. The programming language used is LADDER. All the necessary information for the construction of such a machine is given, after having studied the times required, the protective measures to be taken and the conditions that must be met when selecting the materials.

According to the previous theoretical analysis and the results obtained from the simulation, the machine can be operated in real conditions.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	4
Περίληψη	5
Abstract.....	6
Περιεχόμενα	7
Κατάλογος Σχημάτων.....	9
Κατάλογος Πινάκων.....	10
Συντομογραφίες.....	11
Εισαγωγή.....	12
Κεφάλαιο 1ο: Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC).....	13
1.1 Εισαγωγή στα PLC.....	13
1.2 Η δομή των PLC.....	14
1.2.1 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας.....	15
1.2.2 Μονάδα τροφοδοσίας	16
1.2.3 Μονάδες εισόδων-εξόδων.....	17
1.2.4 Μονάδα προγραμματισμού.....	18
1.2.5 Μνήμες.....	19
1.2.6 Πλαίσιο στήριξης.....	19
1.2.7 Τύποι PLC.....	20
1.3 Η λειτουργία των PLC.....	21
1.4 Ο προγραμματισμός των PLC.....	21
Κεφάλαιο 2ο: Λογισμικό	25
2.1 Άνοιγμα και δημιουργία project.....	25
2.2 Παρουσίαση Networks.....	26
2.3 Πίνακας συμβόλων.....	29
2.4 Compile και export.....	30
2.5 S7-200 Simatic	31
Κεφάλαιο 3ο: Σύστημα παραγωγής πολυουρεθάνης.....	36
3.1 Πολυουρεθάνη.....	36
3.2 Περιγραφή λειτουργίας.....	38
3.3 Προσομοίωση του κυκλώματος.....	40
3.4 Μετατροπή του προγράμματος προσομοίωσης.....	46
3.5 Προτάσεις υλικών και ενδεικτικό κόστος.....	52

Κεφάλαιο 4ο: Συμπεράσματα.....	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	57

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. 1: Μοντέλο PLC της Siemens.....	13
Σχήμα 1. 2: Κεντρική μονάδα επεξεργασίας.....	15
Σχήμα 1. 3: Μονάδα τροφοδοσίας	17
Σχήμα 1. 4: Μονάδα στήριξης.....	20
Σχήμα 1. 5: Compact (αριστερά) και modular PLC (δεξιά).....	20
Σχήμα 1. 6: Βασικά σύμβολα γλώσσας LADDER.....	22
Σχήμα 1. 7: Βασικά σύμβολα γλώσσας FBD	23
Σχήμα 1. 8: Βασικές εντολές γλώσσας STL.....	24
Σχήμα 2. 1: New Project	25
Σχήμα 2. 2: Εικονίδια ενεργειών αρχείου.....	26
Σχήμα 2. 3: Προσθήκη και διαγραφή network	26
Σχήμα 2. 4: Επιλογή γλώσσας προγραμματισμού.....	27
Σχήμα 2. 5: Εικονίδια για προσθήκη επαφών.....	28
Σχήμα 2. 6: Instruction list.....	28
Σχήμα 2. 7: Προσθήκη γραμμών network	29
Σχήμα 2. 8: Symbol Table	29
Σχήμα 2. 9: Symbol Addressing και Symbol Information Table.....	30
Σχήμα 2. 10: Compile αρχείου	30
Σχήμα 2. 11: Εισαγωγή και εξαγωγή project.....	31
Σχήμα 2. 12: S7-200 Simatic.....	32
Σχήμα 2. 13: Αλλαγή τύπου CPU	32
Σχήμα 2. 14: Επέκταση PLC.....	33
Σχήμα 2. 15: Άνοιγμα προγράμματος	33
Σχήμα 2. 16: Final Simatic	34
Σχήμα 2. 17: Προσομοίωση- RUN mode.....	34
Σχήμα 2. 18: Παράθυρο KOP.....	35
Σχήμα 3 1: Συγκριτικό διάγραμμα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων υλικών.....	37
Σχήμα 3 2: Διάγραμμα με ισοδύναμα πάχη των πιο συχνών υλικών δόμησης	37
Σχήμα 3 3: Σύστημα παραγωγής πολυουρεθάνης	39
Σχήμα 3 4: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.....	40
Σχήμα 3 5: Symbol Table εργασίας.....	41
Σχήμα 3 6: Network 1-2 FBD	46
Σχήμα 3 7: Network 3 FBD	47
Σχήμα 3 8: Network 4 FBD	47
Σχήμα 3 9: Networks 5-7 FBD.....	48
Σχήμα 3 10: Networks 8-10 FBD.....	48
Σχήμα 3 11: Networks 11-13 FBD.....	49
Σχήμα 3 12: Networks 14-15 FBD.....	49
Σχήμα 3 13: Networks 1-2 STL.....	50
Σχήμα 3 14: Network 3 STL	50
Σχήμα 3 15: Network 4 STL	51
Σχήμα 3 16: Networks 5-9 STL.....	51
Σχήμα 3 17: Networks 10-13 STL.....	52
Σχήμα 3 18: Networks 14-15 STL.....	52

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των PLC.	14
Πίνακας 3.1: Ενδεικτικά υλικά και κόστη.	56

Συντομογραφίες

P.L.C Programmable Logic Controller

C.P.U. Central Processing Unit

L.E.D. Light Emitted Diode

A.L.U. Arithmetic Logic Unit

O.K. Ολοκληρωμένο Κύκλωμα

U.L. Underwriters Laboratories

C.S.A. Canadian Standards Association

T.T.L. Transistor - Transistor Logic

P.I.D. Proportional – Integral Derivative

R.O.M. Read Only Memory

P.R.O.M. Programmable Read Only Memory

E.P.R.O.M. Erasable Programmable Read Only Memory

E.E.P.R.O.M. Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

R.A.M. Random Access Memory

F.B.D. Function Block Diagram

S.T.L. Statement List

Εισαγωγή

Οι αυτοματισμοί απασχόλησαν τους ανθρώπους από τα αρχαία ακόμη χρόνια. Μερικά παραδείγματα που προέρχονται μάλιστα από την Αρχαία Ελλάδα είναι οι αυτόματες πόρτες, η αντλία νερού, ο ατμοστρόβιλος και πολλά άλλα τα οποία κατασκεύασαν οι Κτησίβιος και Ήρωνας.

Το 1835 εφευρέθηκε από τον φυσικό Τζόζεφ Χένρι ο ηλεκτρονόμος ή αλλιώς ρελέ, ο οποίος άρχισε να χρησιμοποιείται κατά κόρον στους αυτοματισμούς.

Τον επόμενο ακριβώς αιώνα, στα τέλη του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου, ανακαλύφθηκε από τον Λι Φόρεστ η τρίοδος ηλεκτρονική λυχνία και συγκεκριμένα το 1906, δηλαδή δύο χρόνια μετά την ανακάλυψη της διόδου. Η τρίοδος λυχνία χρησιμοποιήθηκε στα ηλεκτρονικά κυκλώματα ως ενισχυτής και κατ' επέκταση στους αυτοματισμούς.

Τα τρανζίστορ και οι ημιαγωγοί που ήταν το επόμενο βήμα στην εξέλιξη των αυτοματισμών εφευρέθηκε το 1950 από τον Γουίλιαμ Μπράντφορντ Σόκλεϋ.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 ξεκίνησαν οι πρώτοι αυτοματισμοί με τη χρήση υπολογιστών, ενώ το 1975 φτιάχτηκε ο 1^{ος} μικροϋπολογιστής.

Κάπως έτσι, τη δεκαετία του 1980 βγήκαν στην αγορά τα πρώτα PLC. Ο Ερνστ Ντάμερμουθ ήταν αυτός που ανακάλυψε το πρώτο PLC το 1974 αλλά ο Ρίτσαρντ Ντικ Μόρλει είναι αυτός που θεωρείται ο πατέρας των PLC. Το πρώτο PLC κυκλοφόρησε από την εταιρεία Shneider Electronics και έφερε το όνομα Modicon.

Σήμερα, και μετά από αιώνες συνεχούς εξέλιξης των αυτοματισμών, τα PLC αποτελούν την πρώτη επιλογή κάθε χρήστη που θέλει να φτιάξει κάποιον αυτοματισμό, όσο το δυνατόν πιο οικονομικά και εύκολα γίνεται. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις βιομηχανίες και όχι μόνο.

Η ιδέα λοιπόν της εκμετάλλευσης ενός τέτοιου εργαλείου για την παραγωγή ενός στοιχείου το οποίο αποτελεί την πρώτη επιλογή για εφαρμογές όπου απαιτείται μόνωση με μικρός κόστος, είναι αρκετά ελκυστική. Σκοπός της εργασίας είναι να συνδυάσει την εξέλιξη της τεχνολογίας με ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό όπως η πολυουρεθάνη ώστε η διαδικασία παραγωγής της να είναι πιο γρήγορη και πιο εύκολη, συνάμα όμως και πιο οικονομική.

Στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στα PLC και περιγράφονται τόσο η δομή και η λειτουργία όσο και ο προγραμματισμός τους.

Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή του κώδικα ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία του μηχανήματος.

Στο 3^ο κεφάλαιο, αφού γίνεται μια αναφορά στην πολυουρεθάνη, εξηγείται η διαδικασία της χύτευσης και στη συνέχεια αναλύεται το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε.

Τέλος, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτή την εργασία.

Κεφάλαιο 1ο: Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC)

1.1 Εισαγωγή στα PLC

Τα PLC ή αλλιώς προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές αποτελούν μία διάταξη ηλεκτρονικών στοιχείων, η οποία αντικαθιστά έναν πίνακα αυτοματισμού. Αποτελείται από εισόδους και εξόδους και μέσω ενός κώδικα καθορίζεται με ποιον τρόπο οι εισόδοι επηρεάζουν τις εξόδους. Το βασικό χαρακτηριστικό και αυτό που το διαφοροποιεί από έναν πίνακα αυτοματισμού είναι η δυνατότητα να επέμβουμε στο πρόγραμμα-κώδικα ανά πάσα στιγμή και να αλλάξουμε τις προκαθορισμένες συμπεριφορές των εξόδων ανάλογα με τις εισόδους. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα, χωρίς να χρειαστεί καμία αλλαγή στο υλικό μέρος, να δημιουργήσουμε οποιοδήποτε αυτοματισμό χρησιμοποιώντας τον ίδιο εξοπλισμό ή απλώς να τροποποιήσουμε τον εκάστοτε αυτοματισμό είτε για να διορθωθεί κάποιο σφάλμα είτε για να επεκταθεί η λειτουργία του.



Σχήμα 1. 1: Μοντέλο PLC της Siemens

Για να είναι εφικτός ο προγραμματισμός ενός PLC είναι απαραίτητη η χρήση μιας μονάδας προγραμματισμού, το οποίο θα αναλυθεί στη συνέχεια. Ειδικό λογισμικό παρέχεται από την εκάστοτε εταιρεία κατασκευής, το οποίο διαφέρει ως προς τον τρόπο υλοποίησης του προγραμματισμού αφού οι εταιρείες δεν ακολουθούν μία κοινή γραμμή.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα η κατασκευή των PLC δεν έγινε για να εξυπηρετήσει κάποιο συγκεκριμένο σκοπό, αλλά να χρησιμοποιηθεί γενικότερα στους αυτοματισμούς, δίνοντας έτσι την ευκαιρία σε πολλούς τομείς να το εκμεταλλευτούν. Έτσι τα PLC βρίσκουν εφαρμογή σε μια μεγάλη ποικιλία τομέων όπως είναι η βιομηχανία, η ναυτιλία, οι εγκαταστάσεις σε κτήρια και πολλά άλλα. Αξίζει να αναφέρουμε μερικά παραδείγματα:

- Φωτισμός
- Ανελκυστήρες

Κεφάλαιο 1

- Ανυψωτικά μηχανήματα
- Συναγερμοί
- Τέντες και περσίδες
- Έλεγχος σηματοδότησης
- Συστήματα θέρμανσης και συστήματα κλιματισμού
- Έλεγχος κινητήρων, αντλιών και βαλβίδων
- Αυτόματες πόρτες και μπάρες
- Μεταφορικές ταινίες κ.α.

Το μεγάλο αυτό φάσμα εφαρμογών είχε ως αποτέλεσμα τη μεγάλη ζήτηση των PLC με σκοπό τη μείωση τόσο του χρόνου όσο και του κόστους.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των PLC σε σχέση με τους πίνακες αυτοματισμών.

Πίνακας 1. 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των PLC.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Μεγάλο φάσμα εφαρμογών	Εκπαίδευση χρηστών
Γρήγορη και εύκολη αποκατάσταση βλάβης	Ειδικές κατασκευές για προστασία
Εύκολος οπτικός έλεγχος λειτουργίας	Συνεχής παρουσίαση νέων μοντέλων
Δυνατότητα αλλαγής αυτοματισμού χωρίς αλλαγή υλικών	Μεγάλο κόστος αποκατάστασης ορισμένων μονάδων
Μικρό μέγεθος	Μη τυποποίηση γλωσσών προγραμματισμού
Μικρό κόστος συντήρησης	
Εύκολος προγραμματισμός	
Εύκολη διασύνδεση με περιφερειακές συσκευές	
Καλύτερη ενεργειακή απόδοση	

1.2 Η δομή των PLC

Στην αγορά βρίσκεται μια μεγάλη ποικιλία P.L.C. τα οποία διαφέρουν είτε ως προς τον τύπο είτε ως προς τον κατασκευαστή τους. Παρ' όλα αυτά η βασική δομή όλων αυτών των PLC παραμένει η ίδια. Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο θυμίζει αρκετά ένα Η/Υ καθώς αποτελείται από:

- Την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (C.P.U.)
- Τη μονάδα τροφοδοσίας (Power Supply)
- Τις μονάδες εισόδων-εξόδων (I/O modules)
- Τη μονάδα προγραμματισμού
- Τις μνήμες και
- Το πλαίσιο στήριξης (Rack)

Επιπρόσθετα, χωρίς να αποτελούν βασικά στοιχεία της δομής του αλλά ούτε και απαραίτητα για τη λειτουργία του, ένα PLC έχει:

- Βοηθητικές μονάδες
- Θύρα επικοινωνίας
- Ενδεικτικά L.E.D.

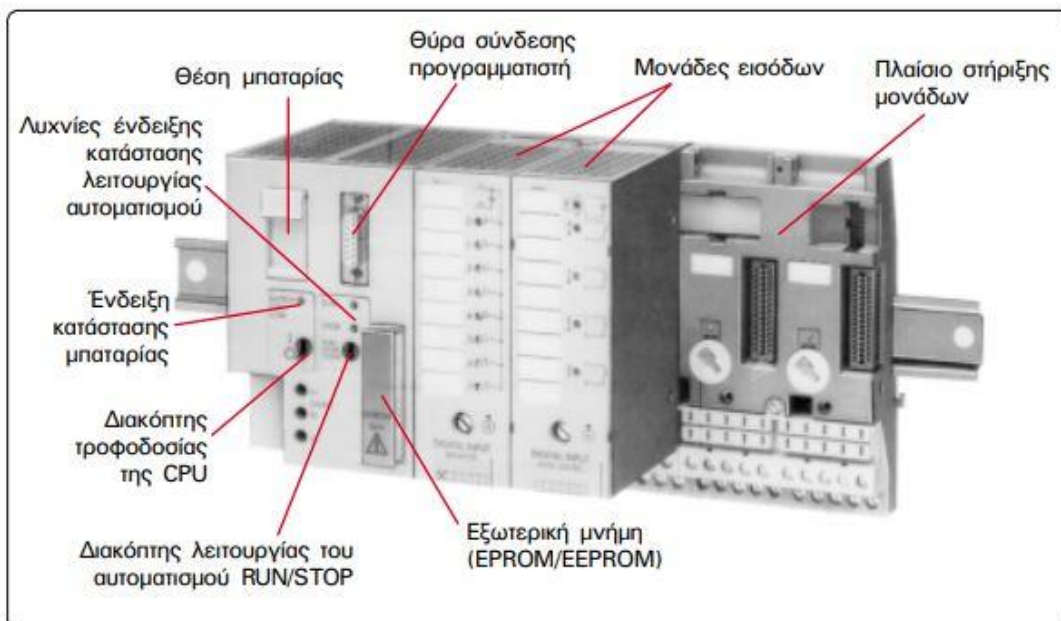
1.2.1 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας είναι το βασικό συστατικό ενός PLC καθώς είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση και τον έλεγχο των λειτουργιών του. Με λίγα λόγια διαβάζει τις εντολές που δέχεται στην είσοδο, μέσω της μνήμης τις επεξεργάζεται και λαμβάνεται η έξοδος η οποία προκύπτει από το πρόγραμμα που έχει φορτωθεί στο PLC.

Η δομή της μοιάζει με τη δομή της CPU ενός Η/Υ. Κατ' αντιστοιχία, επιλέγονται τα ηλεκτρονικά στοιχεία και δίνεται μεγάλη προσοχή στη μηχανική τους στήριξη με σκοπό να είναι αξιόπιστα, να μπορούν να λειτουργήσουν σε ένα μεγάλο φάσμα θερμοκρασίας και να εξακολουθούν να είναι λειτουργικά σε συνήθεις κραδασμούς. Συνήθως υπάρχει μία CPU σε ένα PLC, από την οποία εξυπηρετούνται πολλές εισοδοί και έξοδοι την ίδια στιγμή.

Οι βασικές λειτουργίες που επιτελεί είναι:

- Να διαβάζει και να εκτελεί τις εντολές που βρίσκονται στη μνήμη.
- Να ελέγχει το πρωτόκολλο επικοινωνίας που έχει καθοριστεί στο σύστημα.
- Να αποθηκεύει πληροφορίες.
- Να εκτελεί αριθμητικές πράξεις.



Σχήμα 1. 2: Κεντρική μονάδα επεξεργασίας

Το PLC επεξεργάζεται κατά κανόνα δεδομένα δυαδικής μορφής, υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις με επεξεργασία πολλαπλών bits. Η επεξεργασία του προγράμματος στη μνήμη γίνεται κυκλικά και

ανάλογα με τον αριθμό των καταχωρημένων εντολών στη μνήμη, απαιτείται ένα χρονικό διάστημα περίπου 10-20 ms ώστε να ολοκληρωθεί η ανάγνωση όλης της μνήμης.

Τα βασικά στοιχεία ενός επεξεργαστή είναι:

- Η εκτελεστική μνήμη, στην οποία εμπεριέχεται το λειτουργικό σύστημα καθώς και το πρόγραμμα του χρήστη που θα εκτελεσθεί
- Η μνήμη εγγραφής και ανάγνωσης, από την οποία παρέχεται ο απαραίτητος αποθηκευτικός χώρος ώστε να αποθηκεύονται προσωρινά τα δεδομένα όσο εκτελείται το πρόγραμμα καθώς και αντίγραφο τη κατάστασης των εισόδων και των εξόδων.
- Ο εσωτερικός καταχωρητής, ο οποίος μεσολαβεί ανάμεσα στη μνήμη και την ALU και αποτελεί το εργαλείο του μικροεπεξεργαστή το οποίο βρίσκεται πιο κοντά στον προγραμματιστή.
- Η αριθμητική λογική μονάδα (ALU), η οποία βασισμένη στον μετρητή του προγράμματος εκτελεί τόσο αριθμητικές όσο και λογικές πράξεις χρησιμοποιώντας το περιεχόμενο του καταχωρητή.
- Ο μετρητής προγράμματος, ο οποίος παρέχει τη θέση την οποία καταλαμβάνει η επόμενη εντολή που θα εκτελεστεί στη μνήμη.
- Τις θύρες εισόδου-εξόδου, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία τόσο με τα υπόλοιπα στοιχεία της CPU όσο και με στοιχεία που βρίσκονται εκτός της CPU.

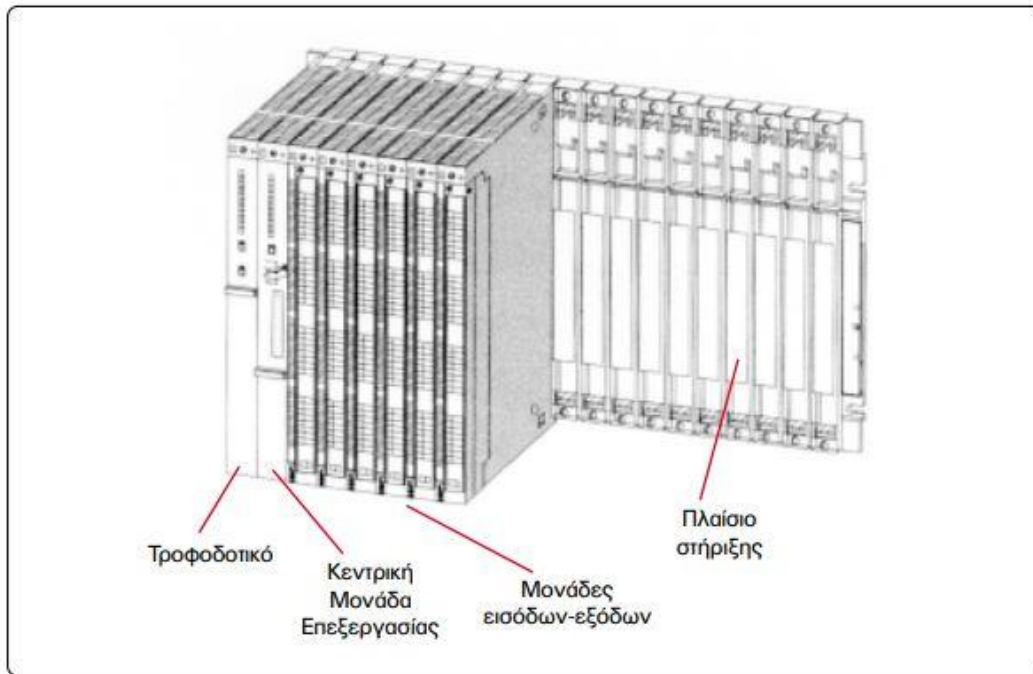
1.2.2 Μονάδα τροφοδοσίας

Η μονάδα τροφοδοσίας δημιουργεί μέσω της τάσης τροφοδοσίας του δικτύου τις απαιτούμενες εσωτερικές τάσεις με τις οποίες τροφοδοτούνται τα ηλεκτρονικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το PLC, όπως τρανζίστορ, Ο.Κ. κ.α. Οι τυπικές τιμές τάσεως που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι: 5 V_{DC}, 9 V_{DC} και 24V_{DC}.

Ορισμένοι τύποι PLC έχουν τη δυνατότητα, όταν δεν τροφοδοτούνται από το δίκτυο ή σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας από το δίκτυο, να διατηρούν το περιεχόμενο της μνήμης τους χρησιμοποιώντας μια μπαταρία που διαθέτουν, η οποία είναι συνήθως μπαταρία λιθίου. Σε άλλα PLC, η μπαταρία αυτή εμπεριέχεται στη CPU.

Αξίζει να σημειωθεί πως για να τροφοδοτηθούν οι εξωτερικές επαφές, οι ηλεκτρονόμοι, οι ενδεικτικές λυχνίες κ.α. υπάρχουν διαφορετικά κυκλώματα, με γαλβανική απομόνωση από την υπόλοιπη συσκευή η οποία επιτυγχάνεται με οπτοηλεκτρονικά στοιχεία ζεύξης. Η τάση που δημιουργείται από αυτά τα κυκλώματα προέρχεται είτε από κάποιο ιδιαίτερο τροφοδοτικό ώστε να χειρίζονται τάση 24V_{DC}, είτε με τη χρήση μετασχηματιστή ώστε να χειρίζονται τάση 115/220V.

Είναι βασικό να γίνεται η απαραίτητη ενημέρωση από τα τεχνικά φυλλάδια της εκάστοτε κατασκευαστικής εταιρείας ενός PLC, ώστε να αποφευχθεί οποιοδήποτε πρόβλημα στο σύστημα τροφοδοσίας όπως για παράδειγμα μια υπερφόρτιση, η οποία θα μείωνε την αξιοπιστία του συστήματος. Επίσης, θα πρέπει να πληρούνται τα πρότυπα τα οποία σχετίζονται με την απομόνωση της μονάδας τροφοδοσίας από τον ανεπιθύμητο θόρυβο. Τέλος, η μονάδα τροφοδοσίας θα πρέπει να ελεγχθεί από κατάλληλα εργαστήρια όπως το U.L και το C.S.A. τα οποία ολοκληρώνουν ελέγχους σχετικά με τη θερμοκρασία και την ηλεκτρική απομόνωση.



Σχήμα 1. 3: Μονάδα τροφοδοσίας

1.2.3 Μονάδες εισόδων-εξόδων

Οι μονάδες εισόδων-εξόδων είναι οι διάυλοι επικοινωνίας της CPU με τα εξωτερικά στοιχεία τα οποία συνδέονται με το PLC και αποτελούν είτε τους αποστολείς των εντολών όπως για παράδειγμα αισθητήρες και διακόπτες, είτε τους αποδέκτες των εντολών όπως ηλεκτρονόμοι, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, ενδεικτικές λυχνίες κ.α.

Η κεντρική μονάδα δέχεται ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου τα οποία έχουν χαμηλή τάση και πολύ μικρό ρεύμα. Η συνηθισμένη τιμή τάσης που δέχεται η κεντρική μονάδα είναι 0V όταν πρόκειται για το λογικό «0» και 5V όταν πρόκειται για το λογικό «1», ενώ τα ρεύματα εισόδου-εξόδου δεν ξεπερνούν τα μερικά mA.

Για να μπορέσει η κεντρική μονάδα να δεχθεί τα σήματα εισόδου-εξόδου, πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής τους ώστε να έχουν την κατάλληλη τάση και το κατάλληλο ρεύμα. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά στοιχεία ισχύος όπως είναι τα τρανζίστορ ισχύος, τα thyristor και τα triacs, ακόμη και κατάλληλοι μικροηλεκτρονόμοι.

Οι μονάδες εισόδων-εξόδων ενός PLC μπορούν να διαχωριστούν σε 2 κατηγορίες:

- Άμεσα συστήματα εισόδων -εξόδων (Direct I/O Systems)
- Παράλληλα συστήματα εισόδων-εξόδων (Parallel I/O Systems)

Τα άμεσα συστήματα χρησιμοποιούνται σε μικρά PLC στα οποία υπάρχει συγκεκριμένος αριθμός εισόδων-εξόδων στο ίδιο πακέτο με τον επεξεργαστή. Συχνά καλούνται και εσωτερικές εισοδοί-έξοδοι (Internal I/O) και αποτελούν ένα πολύ οικονομικό σύστημα.

Τα παράλληλα συστήματα, διαθέτουν έναν δίαυλο ανεξάρτητων μονάδων εισόδου-εξόδου ο οποίος συνδέεται στο τμήμα εισόδων-εξόδων του επεξεργαστή. Οι μονάδες αυτές διαθέτουν κατάλληλα κυκλώματα, τα οποία αποκωδικοποιούν τα σήματα του διαύλου και τα μετατρέπουν σε τάση την οποία μπορούν να οδηγήσουν τα φορτία. Κάθε μονάδα αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό σημείων εισόδων ή σημείων εξόδων που καλείται συναρμολογισιμότητα. Η πλειοψηφία των συστημάτων έχουν συναρμολογισιμότητα με 4,8,16 ή 32 σημεία.

Μία μονάδα εισόδου-εξόδου είναι δυνατό να λειτουργήσει είτε με συνεχή είτε με εναλλασσόμενη τάση, η οποία συνήθως προέρχεται από διαφορετική μονάδα τροφοδοσίας από αυτή του PLC.

Η συνηθέστερη τιμή μιας ψηφιακής εισόδου είναι $24V_{DC}$ ενώ μιας ψηφιακής εξόδου είναι $24V_{AC}$, $115V_{AC}$ και $230V_{AC}$.

Στην περίπτωση που η είσοδος είναι αναλογική, η τάση κυμαίνεται από $0V-10V$ ή από $-10V-10V$ ενώ η ένταση του ρεύματος κυμαίνεται από $0mA-20mA$ ή από $4mA-20mA$. Τα ίδια ισχύουν και στην περίπτωση μιας αναλογικής εξόδου.

Η τάση των εισόδων είναι ανεξάρτητη από την τάση των εξόδων όμως και στις 2 περιπτώσεις υπάρχει γαλβανική απομόνωση της τάσης από το υπόλοιπο κύκλωμα εσωτερικά του PLC.

Αξίζει να αναφερθεί πως σε ένα PLC υπάρχουν ειδικές μονάδες εισόδων-εξόδων οι οποίες επιτελούν πολύ συγκεκριμένες λειτουργίες. Αυτές οι μονάδες είναι:

- Μετρητής υψηλής ταχύτητας
- Χειροκίνητη μονάδα
- Μονάδα TTL
- Μονάδα κωδικοποιητή-Μετρητή
- Μονάδα BASIC ή ASCII
- Μονάδα βηματικού κινητήρα
- Μονάδα BCD-Εξόδου
- Μονάδα PID
- Μονάδα σερβομηχανισμού
- Μονάδα επικοινωνίας
- Μονάδα γλώσσας
- Μονάδα ομιλίας

1.2.4 Μονάδα προγραμματισμού

Η μονάδα προγραμματισμού αποτελεί μία συσκευή η οποία δεν είναι μέρος του PLC. Πρόκειται για μια ξεχωριστή μονάδα η οποία χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό του PLC και συγκεκριμένα για την εισαγωγή του κώδικα σε αυτό αλλά ταυτόχρονα προσφέρει τη δυνατότητα παρακολούθησης της εξέλιξης του αυτοματισμού μέσω της διαθέσιμης οθόνης.

Η επικοινωνία της μονάδας προγραμματισμού με τον επεξεργαστή γίνεται είτε σειριακά είτε παράλληλα. Σε περίπτωση που η μονάδα αυτή δεν χρησιμοποιείται, μπορεί να αποσυνδεθεί να απομακρυνθεί χωρίς αυτό να προκαλέσει οποιαδήποτε δυσλειτουργία στο πρόγραμμα του χρήστη.

Η μονάδα προγραμματισμού μπορεί να είναι είτε μία συσκευή χειρός είτε ένας H/Y.

Μια συσκευή χειρός που καλείται προγραμματιστής χειρός ή μίνι προγραμματιστής, περιέχει πληκτρολόγιο μεμβράνης πάνω από την οθόνη ώστε να αποφεύγονται οι μολύνσεις από το εργοστασιακό περιβάλλον. Μια τέτοια συσκευή μπορεί να ανιχνεύσει λάθη και να μεταφερθεί πολύ εύκολα οπουδήποτε ώστε να συνδεθεί με το PLC.

Ένας Η/Υ αποτελεί την πιο συνηθισμένη μονάδα προγραμματισμού. Μέσω κατάλληλου λογισμικού προγραμματίζει οποιοδήποτε είδος PLC. Η ολοκλήρωση ενός κώδικα μπορεί να ολοκληρωθεί οπουδήποτε, να αποθηκευτεί και να φορτωθεί στο PLC όταν κριθεί απαραίτητο. Παράλληλα, με τη χρήση του Η/Υ είναι δυνατός ο έλεγχος του προγράμματος καθώς και η εισαγωγή σχολίων των διαγραμμάτων και ονομασίας των επαφών, κάτι το οποίο είναι πολύ χρήσιμο για όποιον θελήσει να τροποποιήσει το πρόγραμμα ή απλώς να ανιχνεύσει κάποιο πιθανό λάθος.

1.2.5 Μνήμες

Οι μνήμες χρησιμοποιούνται κυρίως στην αποθήκευση του προγράμματος στον μικροεπεξεργαστή και χωρίζονται σε 2 κατηγορίες:

- Μη πτητικές μνήμες
- Πτητικές μνήμες

Οι μη πτητικές μνήμες διατηρούν την αποθηκευμένη πληροφορία ακόμη και όταν η τροφοδοσία του διακοπεί. Αυτές είναι:

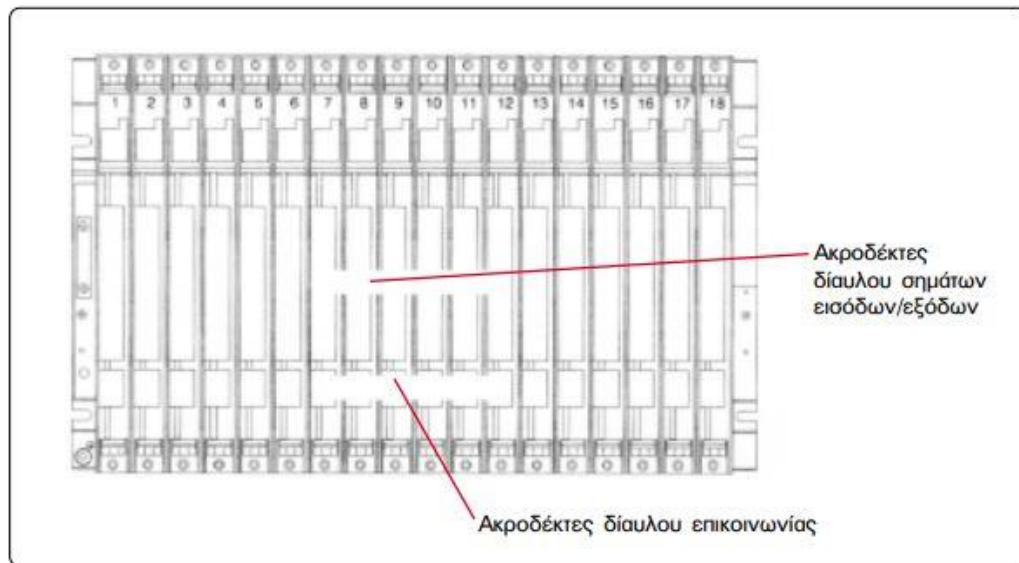
- Μνήμη ROM, η οποία περιέχει πληροφορίες μόνο για ανάγνωση και τα δεδομένα της τοποθετούνται από τον κατασκευαστή με σκοπό η μνήμη να χρησιμοποιηθεί ως λειτουργικό σύστημα. Έτσι, ελέγχει το λογισμικό που χρησιμοποιείται από το χρήστη για τον προγραμματισμό.
- Μνήμη PROM, η οποία αποτελεί μία ειδική ROM. Πρόκειται και πάλι για μνήμη που είναι μόνο για ανάγνωση με τη δυνατότητα του προγραμματισμού της από τον κατασκευαστή μία και μόνο φορά. Δεν αποτελεί συχνή επιλογή καθώς για την οποιαδήποτε αλλαγή στο πρόγραμμα θα έπρεπε να αντικατασταθούν όλα τα Ο.Κ. PROM.
- Μνήμη EPROM ή αλλιώς UV PROM, η οποία είναι μόνο για ανάγνωση και μπορεί να ξαναπρογραμματιστεί με τη συσκευή προγραμματισμού αφού διαγραφεί εντελώς. Η μνήμη αυτή χρησιμοποιείται για τη στήριξη, την αποθήκευση ή τη μεταφορά προγραμμάτων PLC.
- Μνήμη EEPROM, η οποία μπορεί να διαγραφεί ηλεκτρικά και να γραφούν πάλι δεδομένα πάνω της, ενώ υπάρχει η δυνατότητα το πρόγραμμα να αποθηκευτεί μόνιμα σε αυτή. Χρησιμοποιείται με σκοπό ένα πρόγραμμα να αποθηκευτεί, να εκτελεστεί και να μεταφερθεί.

Οι πτητικές μνήμες δεν μπορούν να διατηρήσουν τα δεδομένα τους εάν διακοπεί η τροφοδοσία τους. Μία τέτοια μνήμη είναι η RAM. Τα δεδομένα γράφονται σε αυτή και διαβάζονται επίσης από αυτή. Η κεντρική μονάδα χρησιμοποιεί τη μνήμη RAM με σκοπό να αποθηκεύσει πληροφορίες σε ορισμένες περιοχές όπως η περιοχή για την κατάσταση των εισόδων-εξόδων, η περιοχή για τους απαριθμητές και τους χρονιστές κ.α. Επειδή όπως αναφέρθηκε ωρίτερα, μια τέτοια μνήμη δεν μπορεί να διατηρήσει την αποθηκευμένη πληροφορία, προστατεύεται από μια μπαταρία.

1.2.6 Πλαίσιο στήριξης

Το πλαίσιο στήριξης χρησιμοποιείται με σκοπό να τοποθετηθούν σε αυτό οι διάφορες μονάδες του συστήματος. Στο πλαίσιο τοποθετούνται και οι διάφοροι αγωγοί οι οποίοι βοηθούν στην

επικοινωνία των υπόλοιπων βαθμίδων. Πολλές φορές, στο κεντρικό πλαίσιο δεν είναι αρκετός ο χώρος για τις μονάδες εισόδων-εξόδων επομένως χρησιμοποιούνται πλαίσια επέκτασης ώστε να τοποθετηθούν όλες οι επιπλέον μονάδες.



Σχήμα 1. 4: Μονάδα στήριξης

1.2.7 Τύποι PLC

Μπορούμε να κατατάξουμε τα PLC σε 2 κατηγορίες:

- Συμπαγούς μορφής (compact)
- Δομοστοιχειωτής μορφής (modular)

Η μεγάλη διαφορά τους είναι πως τα συμπαγή PLC αποτελούν μία ενιαία συσκευή η οποία περιλαμβάνει την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, τη μονάδα τροφοδοσίας και έναν καθορισμένο αριθμό εισόδων-εξόδων, ενώ τα δομοστοιχειωτά χτίζονται ουσιαστικά κομμάτι-κομμάτι και τα επιμέρους τμήματα κουμπώνουν πάνω σε μία βάση.

Παρ' όλο που υπάρχει δυνατότητα επέκτασης των εισόδων και εξόδων στα συμπαγή PLC και αποτελούν οικονομικότερη λύση, το βασικό πλεονέκτημα των modular είναι πως σε περίπτωση που κάποια μονάδα χαλάσει, δεν είναι απαραίτητη η αντικατάσταση όλου του PLC.



Σχήμα 1. 5: Compact (αριστερά) και modular PLC (δεξιά)

1.3 Η λειτουργία των PLC

Το βασικό χαρακτηριστικό της λειτουργίας των PLC είναι πως το πρόγραμμα επεξεργάζεται και εκτελείται συνεχώς και κυκλικά.

Η διαδικασία αυτή ξεκινάει όταν η CPU διαβάζει τις εισόδους, και όταν ανιχνεύσει σε αυτές τάση, καταχωρεί ένα λογικό 1 στην καθορισμένη γι' αυτό το σκοπό μνήμη. Στην περιοχή αυτή είναι κάθε στιγμή γνωστή η κατάσταση των εισόδων του PLC και αποτελεί το μεσολαβητή μεταξύ κεντρικής μονάδας επεξεργασίας και εξωτερικών στοιχείων.

Έπειτα ξεκινάει η εκτέλεση του προγράμματος. Αφού ληφθούν υπόψη οι τιμές των εισόδων, καθορίζονται και οι τιμές των εξόδων. Και αυτές οι τιμές καταχωρούνται στην καθορισμένη γι' αυτό το σκοπό μνήμη.

Η μνήμη μεταφέρεται στη συνέχεια στην κάρτα εξόδου και με αυτό τον τρόπο διεγείρεται ο ηλεκτρονόμος.

Η συνεχής κυκλική λειτουργία του PLC επαναλαμβάνει την παραπάνω διαδικασία ξανά και ξανά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, είσοδοι που έχουν αλλάξει κατάσταση να εντοπίζονται γρήγορα και να λαμβάνουν οι εξοδοί την κατάλληλη για τη δεδομένη στιγμή τιμή. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ 2 αναγνώσεων των εισόδων είναι μερικά ms. Ο χρόνος αυτός ισούται με τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου του PLC και εξαρτάται τόσο από τον μικροεπεξεργαστή και συγκεκριμένα την ταχύτητά του όσο και από το μέγεθος των εντολών. Δηλαδή ο χρόνος του κύκλου ενός PLC μπορεί να αλλάζει ανάλογα με το πρόγραμμα το οποίο εκτελείται.

1.4 Ο προγραμματισμός των PLC

Τα PLC έχουν κατασκευαστεί με σκοπό να χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές. Αυτό σημαίνει πως δεν έχουν εξ αρχής οριστεί οι εργασίες που θα ολοκληρώνει αλλά καθορίζονται κάθε φορά από το χρήστη ανάλογα με τις ανάγκες του αυτοματισμού που θέλει να πραγματοποιήσει. Για να γίνει αυτό, αρκεί να προγραμματίσουμε μέσω κατάλληλου λογισμικού το PLC. Οι γλώσσες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν γι' αυτό το σκοπό ποικίλουν ανάλογα με την εταιρεία κατασκευής, παρ' όλα αυτά υπάρχει ένα είδος τυποποίησης.

Οι γλώσσες προγραμματισμού έχουν καθοριστεί και τυποποιηθεί από το πρότυπο IEC 1131-3. Οι 3 γλώσσες που έχουν καταφέρει να επικρατήσουν είναι οι εξής:

- Γλώσσα LADDER
- Γλώσσα FBD
- Γλώσσα STL

Η γλώσσα προγραμματισμού LADDER, είναι γνωστή και ως γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών λόγω της ομοιότητας που παρουσιάζει με τα ηλεκτρολογικά διαγράμματα. Είναι η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού για PLC που αναπτύχθηκε και αποτελεί τον πιο απλό τρόπο προγραμματισμού. Όπως αναφέρθηκε μοιάζει πάρα πολύ με το ηλεκτρολογικό διάγραμμα επομένως δεν χρειάζονται εξειδικευμένες γνώσεις πάνω στο προγραμματισμό και μπορεί εύκολα κάποιος τεχνικός να τη χρησιμοποιήσει.

Τα κυριότερα σημεία ανάπτυξης αυτής της γλώσσας σε κάποιο λογισμικό περιλαμβάνουν τις εξής πληροφορίες:

Κεφάλαιο 1

- Η τροφοδοσία του συστήματος αναπαρίσταται με 2 κάθετες γραμμές ενώ όλο το υπόλοιπο κύκλωμα (σκαλιά) με οριζόντιες γραμμές.
- Ο σωστός τρόπος για να διαβάσει κάποιος τη γλώσσα είναι από αριστερά προς τα δεξιά και φυσικά από πάνω προς τα κάτω.
- Κάθε σκαλί ξεκινάει από αριστερά με μία ή περισσότερες εισόδους και δεξιά έχει τουλάχιστον μια έξοδο.
- Οι επιμέρους συσκευές και στοιχεία σχεδιάζονται στην κανονική τους κατάσταση, δηλαδή ως ανοιχτές επαφές (NO) ή κλειστές επαφές (NC) και μπορούν να τοποθετηθούν σε περισσότερα από ένα σκαλί, διατηρώντας βέβαια την ίδια ονομασία.

Τα βασικά της σύμβολα εμφανίζονται παρακάτω.

Σύμβολο	Λειτουργία	Σύμβολο	Λειτουργία
	Κόμβος εισόδου		Είσοδος. Διακόπτης κανονικά κλειστός (NC) Ισοδυναμεί με άρνηση (αντιστροφή) της εισόδου
	Κόμβος διακλαδώσεως		Έξοδος. Ηλεκτρονόμος-πηνίο (coil)
	Κόμβος εξόδου		Άρνηση (αντιστροφή) της εξόδου
	Είσοδος. Διακόπτης κανονικά ανοικτός (NO)		

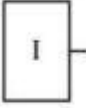
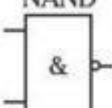

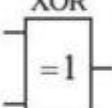

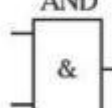

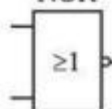
Σχήμα 1. 6: Βασικά σύμβολα γλώσσας LADDER

Η γλώσσα προγραμματισμού FBD, γνωστή και ως γλώσσα λογικών γραφικών θυμίζει σε μεγάλο βαθμό τα λογικά κυκλώματα που χρησιμοποιούνται στα ψηφιακά συστήματα. Πρόκειται για μία πιο πρόσφατη γλώσσα προγραμματισμού PLC η οποία δε χρησιμοποιείται από μεγάλο αριθμό εταιρειών.

Τα κυριότερα σημεία ανάπτυξης αυτής της γλώσσας σε κάποιο λογισμικό περιλαμβάνουν τις εξής πληροφορίες:

- Η απεικόνιση των δεδομένων καθώς και της ροής που ακολουθούν γίνεται μέσω λειτουργικών μπλοκ διαγραμμάτων, τα οποία αποτελούν ουσιαστικά ορθογώνια κουτιά. Στο αριστερό τους μέρος υπάρχουν οι εισοδοί και στο δεξί τους μέρος οι έξοδοι.
- Η ονομασία του κάθε μπλοκ φαίνεται είτε πάνω είτε μέσα στο κουτί. Σε πολλές περιπτώσεις αντί κάποιου ονόματος υπάρχει ένα σύμβολο που δείχνει τη λειτουργία που επιτελεί το μπλοκ. Για παράδειγμα οι χρονιστές, οι απαριθμητές ή κάποια λογική συνάρτηση.

Τα βασικά της σύμβολα εμφανίζονται παρακάτω.

Σύμβολο	Λειτουργία	Σύμβολο	Λειτουργία
	Είσοδος		Πύλη NAND
	Έξοδος		Πύλη XOR
	Πύλη NOT		Πύλη AND
	Πύλη OR		Πύλη NOR

Σχήμα 1. 7: Βασικά σύμβολα γλώσσας FBD

Η γλώσσα προγραμματισμού STL, γνωστή και ως λίστα εντολών δημιουργεί κυριολεκτικά μία λίστα αποτελούμενη από εντολές όπου κάθε εντολή αντιστοιχεί σε μία λογική πύλη. Αποτελεί την πλέον ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού, καθώς έχει εξελιχθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό και η χρήση της μπορεί να εκμεταλλευτεί πλήρως τις δυνατότητες ενός PLC. Παρ' όλα αυτά θεωρείται δύσκολη γλώσσα ως προς την εκμάθησή της και δεν είναι τόσο απλή η κατανόηση του προγράμματος με μια ματιά. Το θετικό στοιχείο είναι πως δίνεται η δυνατότητα να γραφούν δίπλα από κάθε εντολή σχόλια, το οποίο μπορεί να βοηθήσει τόσο τον χειριστή όσο και οποιονδήποτε άλλο να διαβάσει το πρόγραμμα.

Τα κυριότερα σημεία ανάπτυξης αυτής της γλώσσας σε κάποιο λογισμικό περιλαμβάνουν τις εξής πληροφορίες:

- Οι εντολές γράφονται σε γραμμές και κάθε γραμμή αποτελεί και μία εντολή.
- Σε κάθε γραμμή, γράφεται αριστερά η εντολή και δεξιά το στοιχείο στο οποίο αναφέρεται η εντολή, ποια δηλαδή παράμετρο θα καλέσει η εντολή.
- Μία λογική πύλη αναπαρίσταται με τη χρήση μιας ομάδας εντολών.

Οι βασικές της εντολές εμφανίζονται παρακάτω.

1)	L (Load)	<p>Διαβάζει τη λογική κατάσταση μιας εισόδου, εξόδου, χρονικού, βοηθητικής μνήμης και την αποθηκεύει σε έναν καταχωρητή (register)</p> <ul style="list-style-type: none"> Μπορεί να πάρει τη μορφή L II, L QI, L TI, L MI κ.λπ. Όταν συνοδεύεται από το γράμμα «N» (πύλη NOT), διαβάζει και αποθηκεύει την αντίστροφη λογική της παραμέτρου.
2)	= (σύμβολο ισότητας)	<p>Μεταφέρει το αποτέλεσμα μιας πράξης ή ενέργειας από τον καταχωρητή στην αντίστοιχη έξοδο που περιγράφει στα δεξιά της εντολής Π.χ. = Q1</p> <ul style="list-style-type: none"> Η εντολή = N πραγματοποιεί αντιστροφή της λογικής εξόδου
3)	A (AND)	<p>Εκτελεί τη λογική πράξη AND</p> <ul style="list-style-type: none"> Η εντολή AN αντιστρέφει τη λογική της εισόδου <p>Π.χ. AN I3</p>
4)	O (OR)	<p>Εκτελεί τη λογική πράξη OR</p> <ul style="list-style-type: none"> Η εντολή ON αντιστρέφει τη λογική της εισόδου <p>Π.χ. ON I2</p>

Σχήμα 1. 8: Βασικές εντολές γλώσσας STL

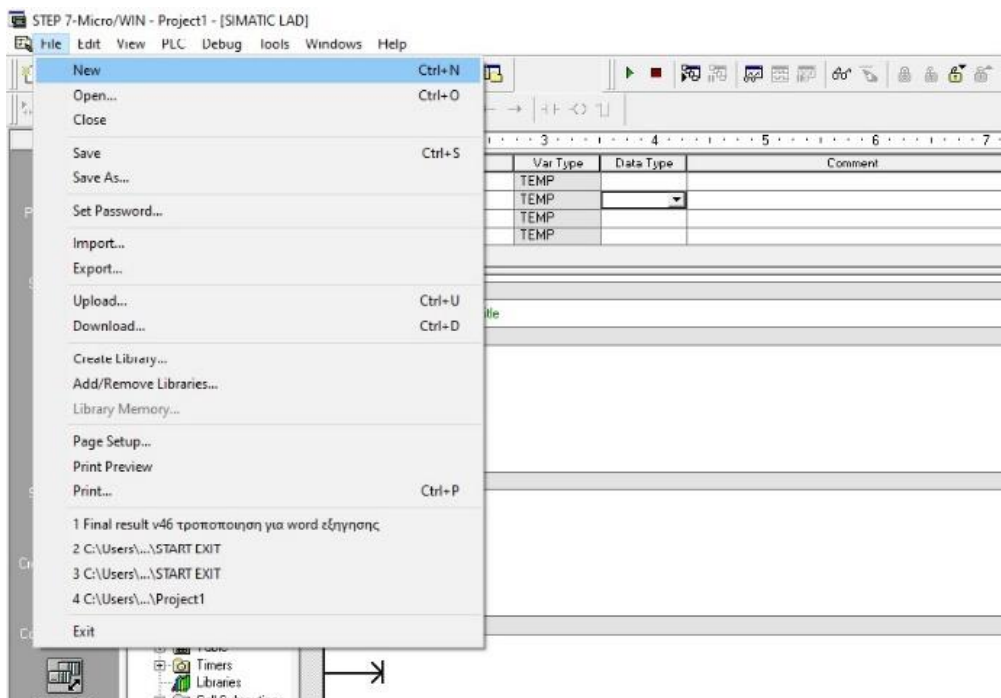
Κεφάλαιο 2ο: Λογισμικό

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τον προγραμματισμό του PLC είναι το V4.0 STEP 7 MicroWIN SP9 της Siemens. Η επιλογή του έγινε λόγω της εξοικείωσης που υπήρχε με το συγκεκριμένο πρόγραμμα αφού ήταν αυτό που διδάχθηκα κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Στη συνέχεια θα επεξηγηθούν όλα τα απαραίτητα βήματα για τη ανάπτυξη ενός κώδικα στο συγκεκριμένο περιβάλλον αλλά και ο τρόπος με τον οποίο είναι δυνατός ο έλεγχός του πριν από την μεταφορά του σε πραγματικό PLC.

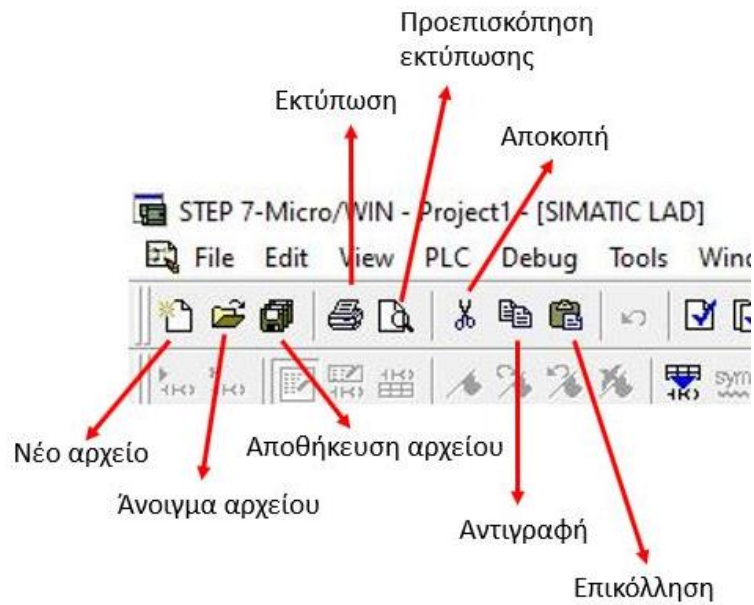
2.1 Άνοιγμα και δημιουργία project

Ανοίγοντας το πρόγραμμα, βλέπουμε πως ξεκινάει με ένα κενό και νέο project. Επομένως, μπορούμε να αρχίσουμε να δουλεύουμε απευθείας. Εάν κάποιος χρήστης είχε ήδη ανοικτό το πρόγραμμα και δούλευε κάποιο άλλο project, ο τρόπος για να δημιουργηθεί ένα νέο είναι να ακολουθήσει τη διαδρομή: File→New.



Σχήμα 2. 1: New Project

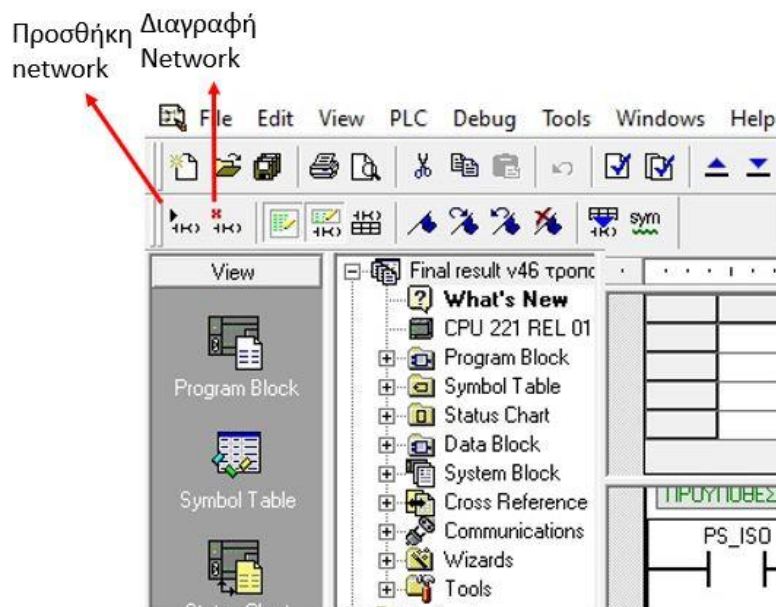
Στην γραμμή εργασιών εμφανίζονται τα εικονίδια ορισμένων λειτουργιών τα οποία εξηγούνται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2. 2: Εικονίδια ενεργειών αρχείου

2.2 Παρουσίαση Networks

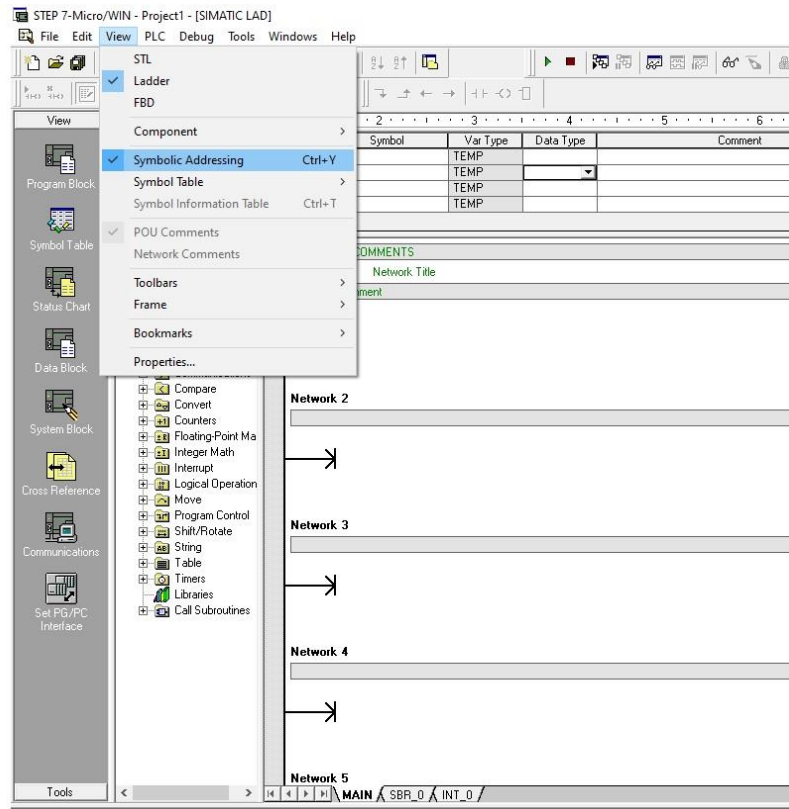
Η σύνθεση του κώδικα πραγματοποιείται σε networks. Με το άνοιγμα ενός νέου project εμφανίζεται ένας αριθμός project, τα οποία μπορούν είτε να αφαιρεθούν είτε να προστεθούν νέα. Η δυνατότητα αυτή δίνεται χρησιμοποιώντας τα εικονίδια που φαίνονται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2. 3: Προσθήκη και διαγραφή network

Για να μπορέσουμε να αρχίσουμε τον προγραμματισμό, θα πρέπει πρώτα να επιλέξουμε τη γλώσσα προγραμματισμού την οποία θα χρησιμοποιήσουμε. Η επιλογή αυτή γίνεται μέσω της καρτέλας View.

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκε γλώσσα LADDER, η οποία όπως έχει αναφερθεί χρησιμοποιεί ανοιχτές και κλειστές επαφές για τη σύνταξη του κώδικα.

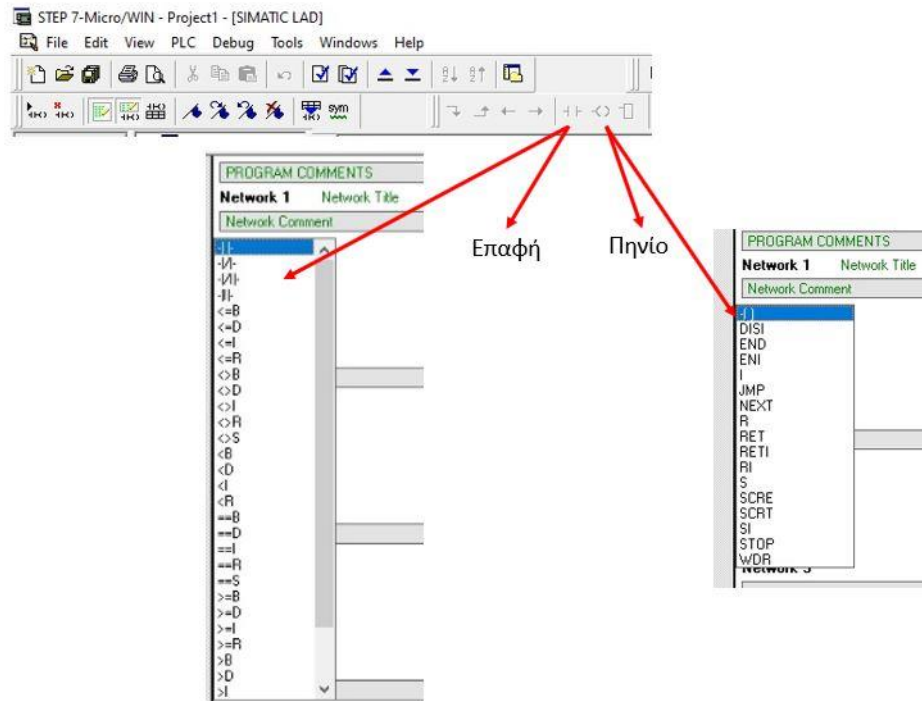


Σχήμα 2. 4: Επιλογή γλώσσας προγραμματισμού

Από την καρτέλα αυτή μπορούμε επίσης να επιλέξουμε εάν θέλουμε να βλέπουμε τα σχόλια των Networks πηγαίνοντας και επιλέγοντας το Network comments. Η επιλογή Symbol Addressing μας δίνει τη δυνατότητα κάτω από κάθε Network να δίνονται ορισμένες πληροφορίες για τα στοιχεία που έχουμε βάλει, αλλά θα γίνει περισσότερο κατανοητό σε επόμενο βήμα.

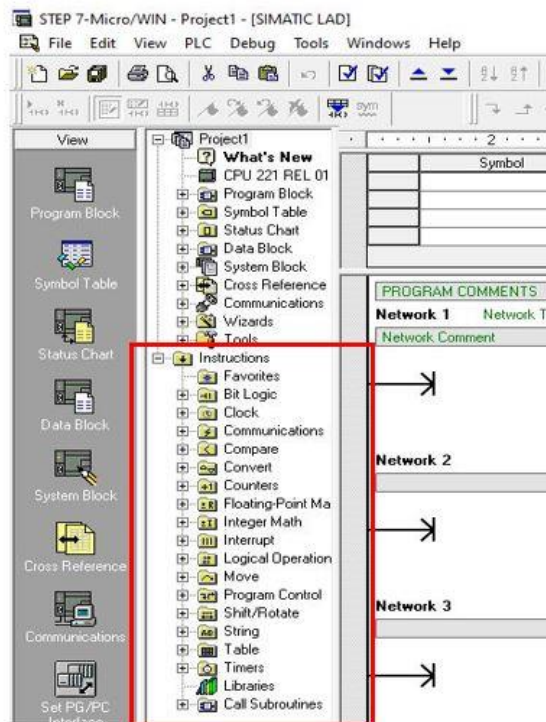
Σε αυτό το σημείο μπορούμε να ξεκινήσουμε να τοποθετούμε τις επαφές. Υπάρχουν 2 τρόποι να τοποθετηθούν στοιχεία στα networks. Ένας τρόπος είναι, από τη γραμμή εργαλείων να χρησιμοποιήσουμε τα εικονίδια Επαφή και Πηγίο, τα οποία δίνουν μια λίστα πιθανών συμβόλων για είσοδο, όπως φαίνεται παρακάτω.

Κεφάλαιο 2



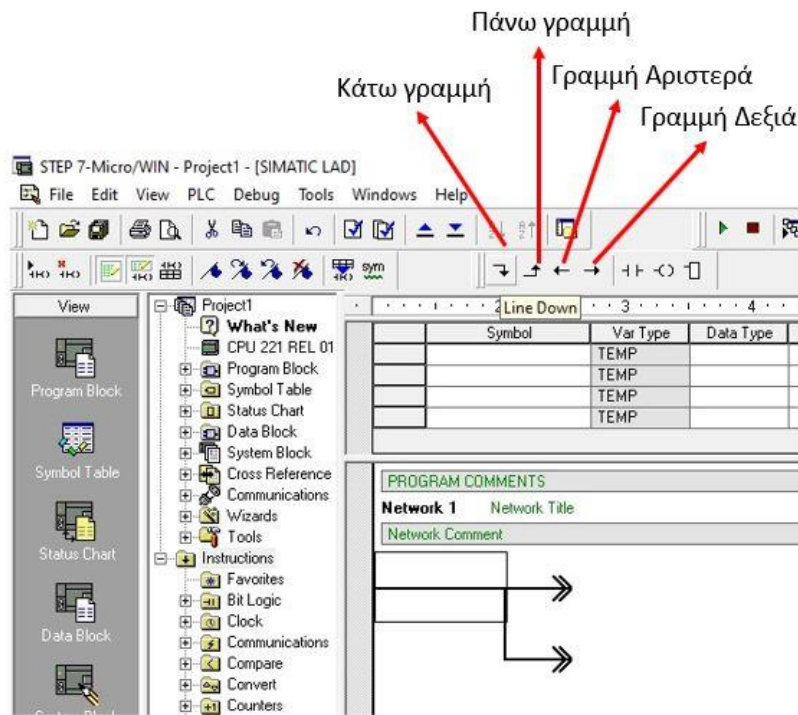
Σχήμα 2. 5: Εικονίδια για προσθήκη επαφών

Ο άλλος τρόπος είναι μέσω του παραθύρου που εμφανίζεται στο αριστερό μέρος της οθόνης και συγκεκριμένα επιλέγοντας το instructions. Σε αυτό το σημείο υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία στοιχείων για τοποθέτηση, όπως λογικές πύλες, χρονιστές, απαριθμητές κ.α.



Σχήμα 2. 6: Instruction list

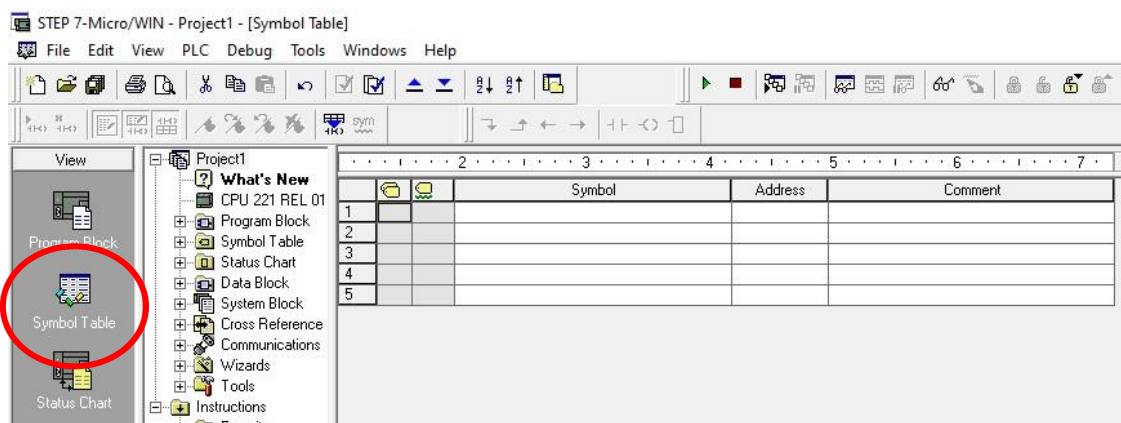
Τέλος, για να μπορέσουμε να προσθέσουμε στο network κάποια γραμμή, χρησιμοποιούμε και πάλι εικονίδια από τη γραμμή εργαλείων.



Σχήμα 2. 7: Προσθήκη γραμμών network

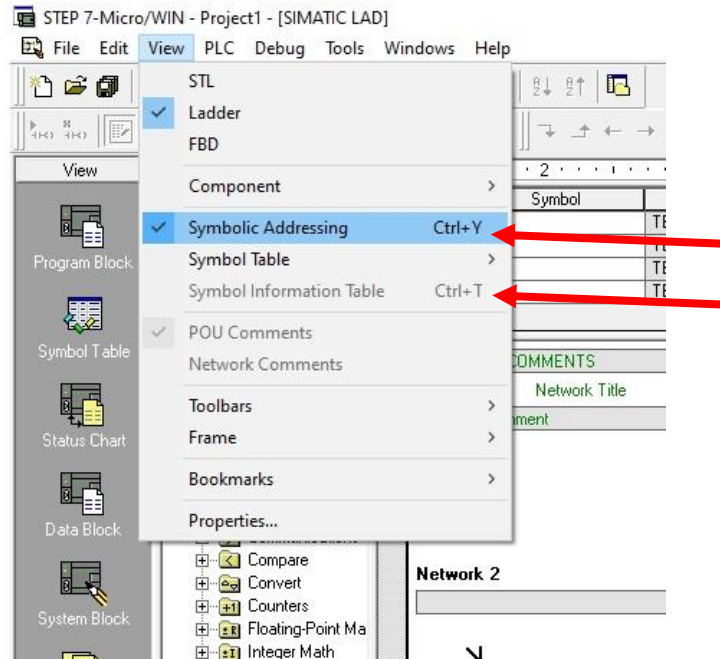
2.3 Πίνακας συμβόλων

Μέσω του προγράμματος δίνεται η δυνατότητα να δώσουμε οποιαδήποτε ονομασία στις επαφές που τοποθετούμε στα Networks. Επιλέγοντας το εικονίδιο Symbol Table που υπάρχει στο αριστερό μέρος της οθόνης, εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο τοποθετούμε την ονομασία του συμβόλου όπως δίνεται από το πρόγραμμα, δηλαδή με I ή Q, την ονομασία ή διεύθυνση που θέλουμε να δώσουμε και κάποιο σχόλιο σχετικά με το στοιχείο.



Σχήμα 2. 8: Symbol Table

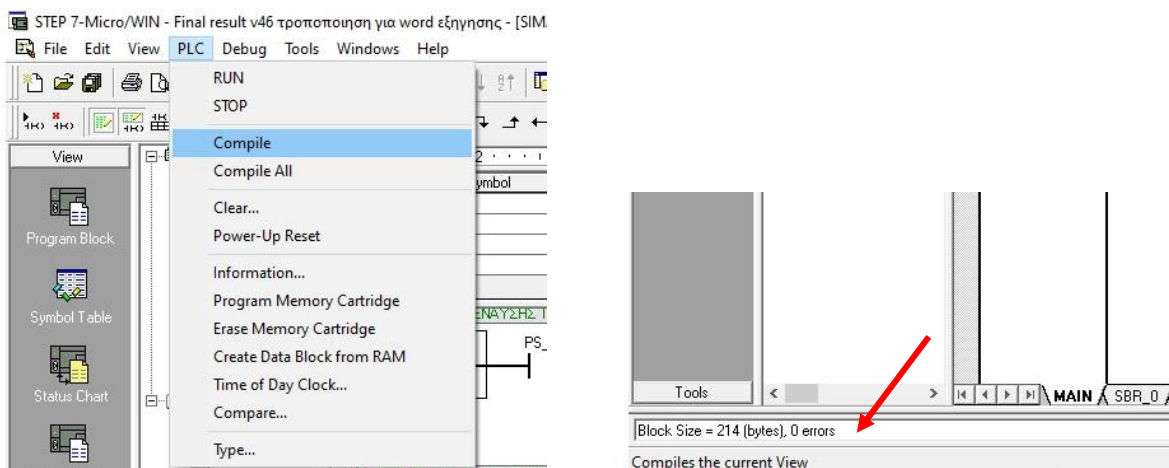
Εάν θέλουμε τα στοιχεία να εμφανίζονται στα network με την ονομασία των διευθύνσεων που δώσαμε θα πρέπει να πάμε στη γραμμή εργαλείων και από την καρτέλα View να επιλέξουμε το Symbol Addressing. Εάν θέλουμε κάτω από κάθε network να εμφανίζονται όλα τα στοιχεία του πίνακα που φτιάξαμε μέσω του Symbol Table, από την ίδια καρτέλα πρέπει να επιλέξουμε Symbol Information Table.



Σχήμα 2. 9: Symbol Addressing και Symbol Information Table

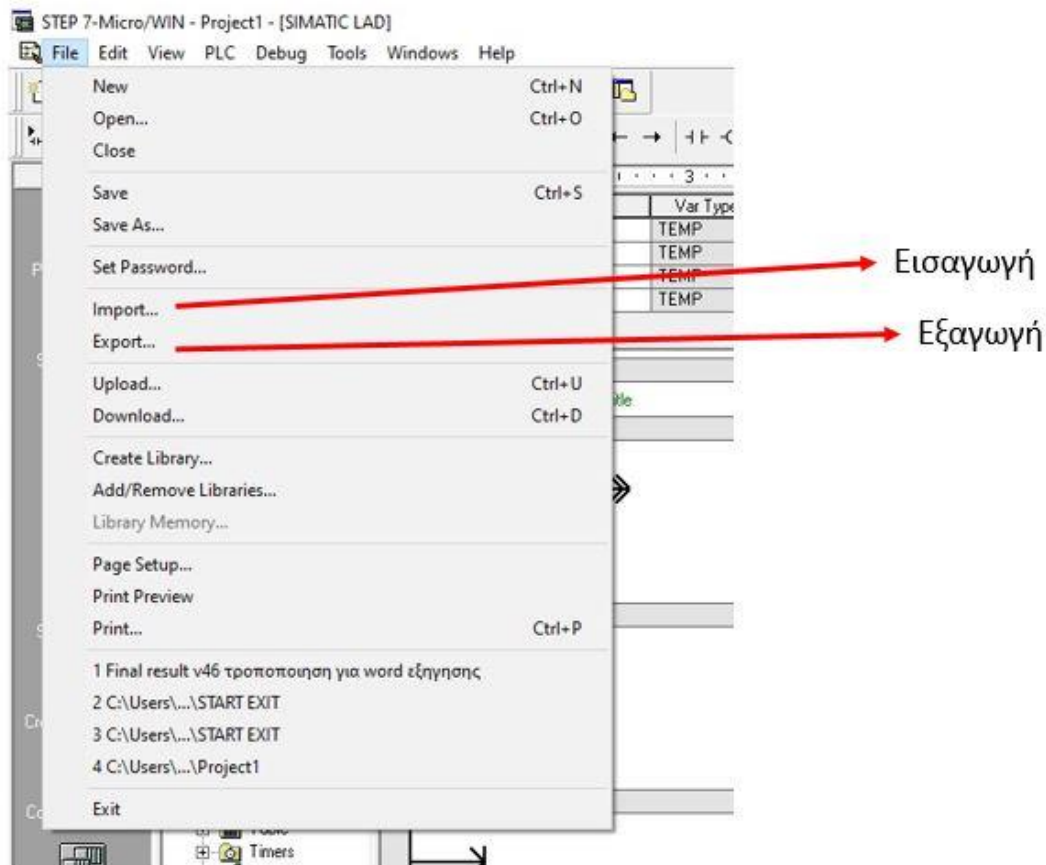
2.4 Compile και export

Αφού ολοκληρώσουμε το project, θα πρέπει να γίνει η μεταγλώττιση του κώδικα μέσω του compiler που διαθέτει το πρόγραμμα. Συγκεκριμένα από την καρτέλα PLC επιλέγουμε compile και αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της μεταγλώττισης εμφανίζεται στο παράθυρο output το αποτέλεσμα. Σε περίπτωση κάποιου σφάλματος θα εμφανίσει αντίστοιχο μήνυμα.



Σχήμα 2. 10: Compile αρχείου

Μια άλλη δυνατότητα που δίνεται είναι να κάνουμε εξαγωγή το αρχείο μας ώστε να το φορτώσουμε σε κάποιο άλλο λογισμικό. Αντίστοιχα, μπορούμε να εισάγουμε κάποιο project. Η επιλογή αυτή γίνεται από τη γραμμή εργαλείων, όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 2. 11: Εισαγωγή και εξαγωγή project

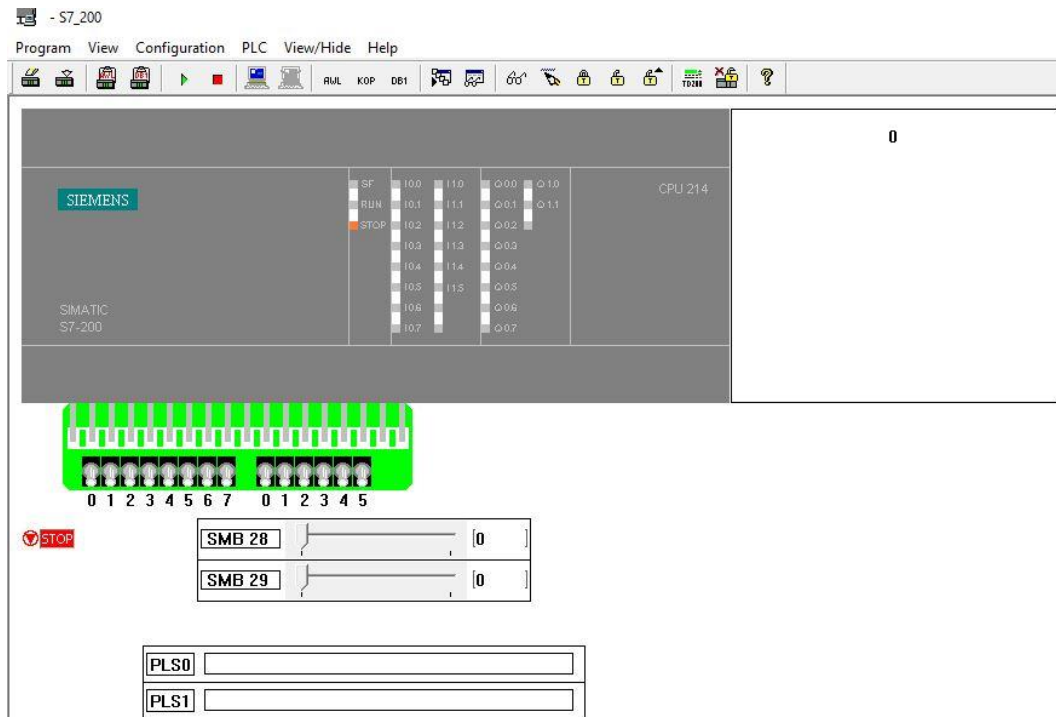
Αξίζει να σημειωθεί πως σε περίπτωση που ολοκληρώσουμε το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας μια γλώσσα προγραμματισμού μπορούμε οποιαδήποτε στιγμή να την αλλάξουμε και να δούμε πώς μετατρέπεται ο κώδικάς μας ακαριαία.

Το συγκεκριμένο λογισμικό διαθέτει πάρα πολλές δυνατότητες, οι οποίες δεν αποτελούν κομμάτι αυτής της εργασίας και γι' αυτό το λόγο δεν αναφέρονται.

2.5 S7-200 Simatic

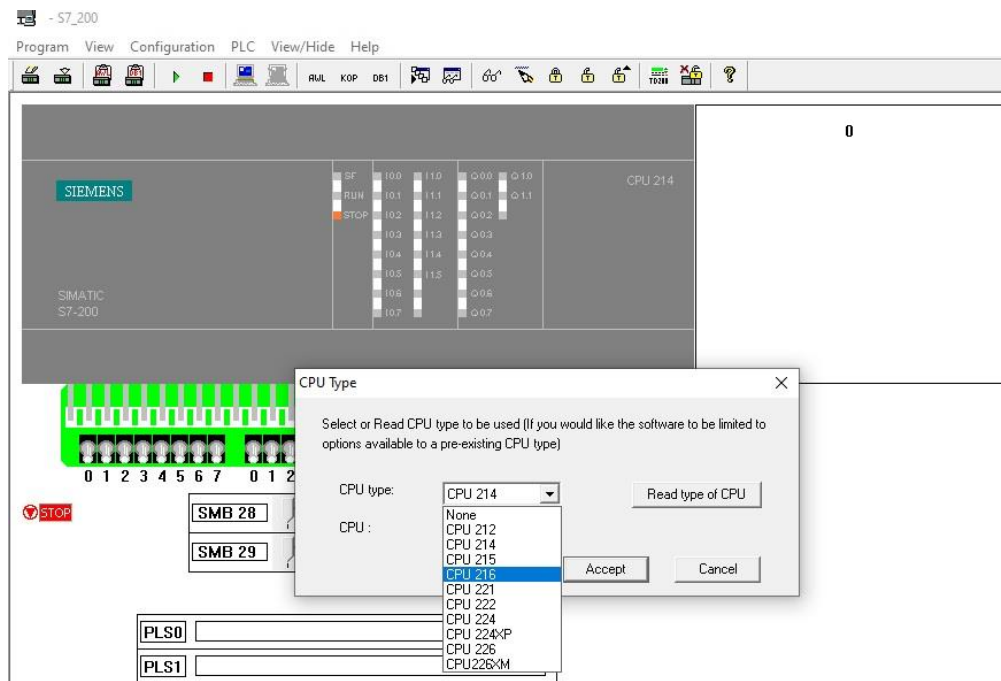
Πριν από την μεταφορά του κώδικα σε οποιαδήποτε συσκευή PLC, είναι απαραίτητο να γίνει έλεγχος του προγράμματος για τυχόν δυσλειτουργίας, καθώς ο compiler μπορεί να ελέγξει μόνο συντακτικά λάθη. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για αυτήν την προσομοίωση είναι το S7-200 Simatic της Siemens.

Κεφάλαιο 2



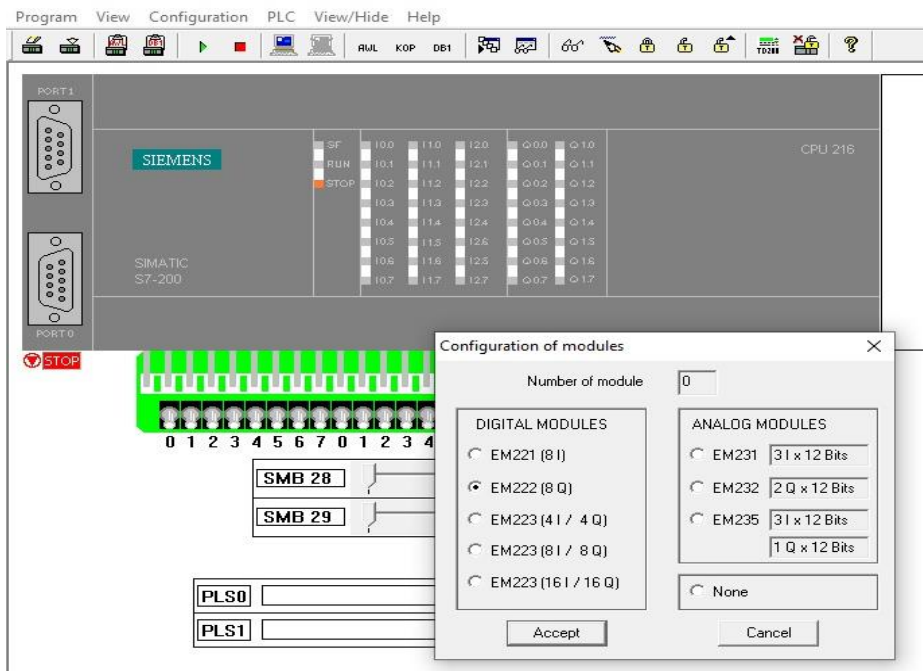
Σχήμα 2. 12: S7-200 Simatic

Ανοίγοντας το πρόγραμμα παρατηρούμε πως εμφανίζεται η εικόνα ενός PLC, το οποίο είναι προκαθορισμένο να εμφανίζεται. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας όμως, ο αριθμός εισόδων και εξόδων δεν επαρκούν επομένως είναι αναγκαίο να επιλεγθεί κάποιος άλλος τύπος. Για να συμβεί αυτό επιλέγουμε από τη γραμμή εργαλείων Configuration → CPU type και ανοίγει ένα νέο παράθυρο στο οποίο επιλέγουμε CPU216.



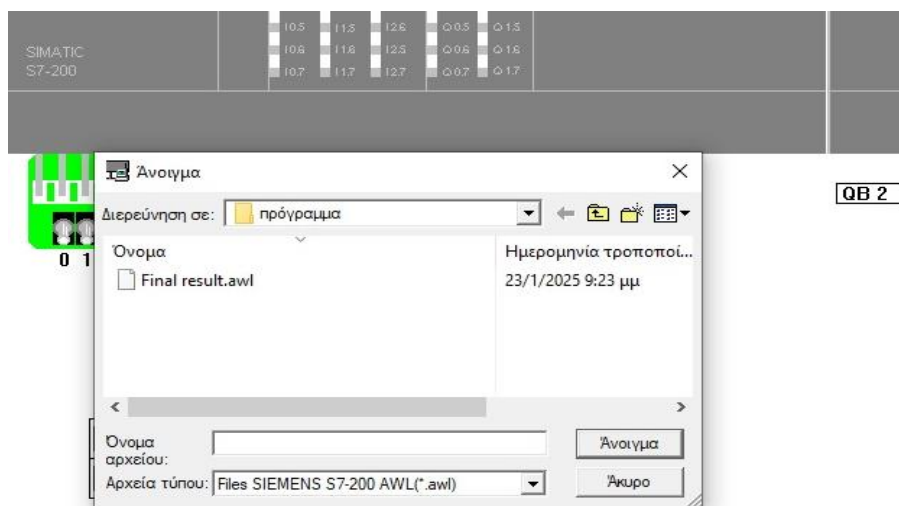
Σχήμα 2. 13: Αλλαγή τύπου CPU

Καθώς και πάλι δεν είναι αρκετός ο αριθμός των εξόδων θα προσθέσουμε μία επέκταση. Πατώντας διπλό κλικ στο κενό τετράγωνο δεξιά του PLC εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο στο οποίο επιλέγουμε από το DIGITAL MODULES τον τύπο EM222 (8 Q).



Σχήμα 2. 14: Επέκταση PLC

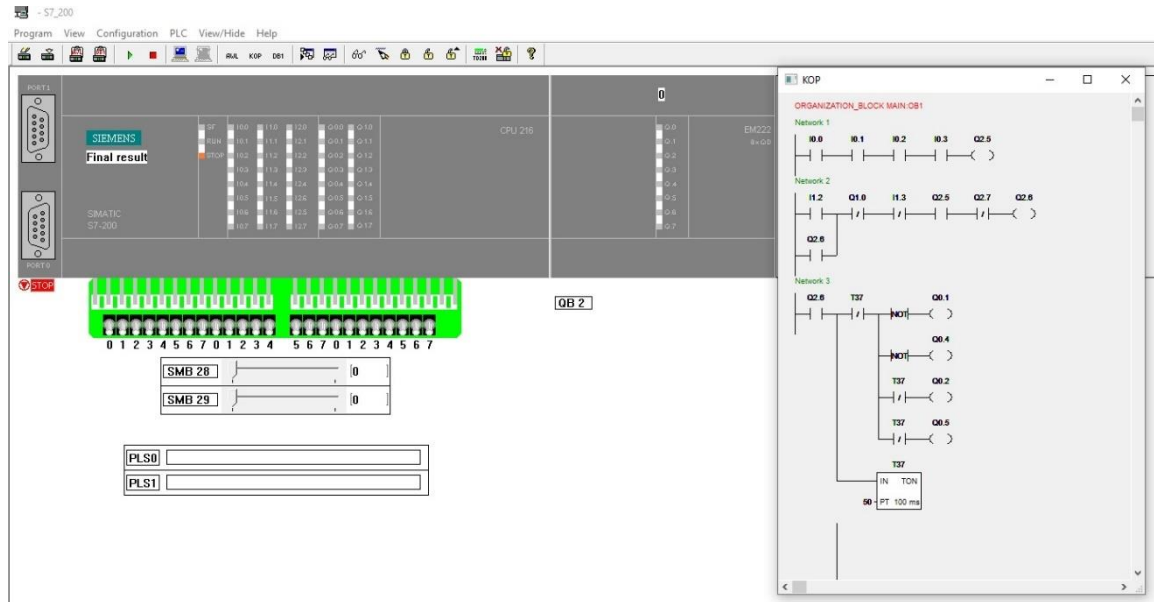
Στη συνέχεια πρέπει να φορτωθεί το πρόγραμμα. Στην προηγούμενη ενότητα αναφέραμε ότι μπορούμε να κάνουμε export το project μας από το MicroWin. Το αρχείο που δημιουργείται από αυτή τη διαδικασία είναι ένα Alternative Web Language αρχείο (AWL), το οποίο τελικά θα φορτώσουμε στο Simatic. Πηγαίνουμε στην γραμμή εργαλείων και επιλέγουμε Program → Load Program και επιλέγουμε το αρχείο που θέλουμε.



Σχήμα 2. 15: Άνοιγμα προγράμματος

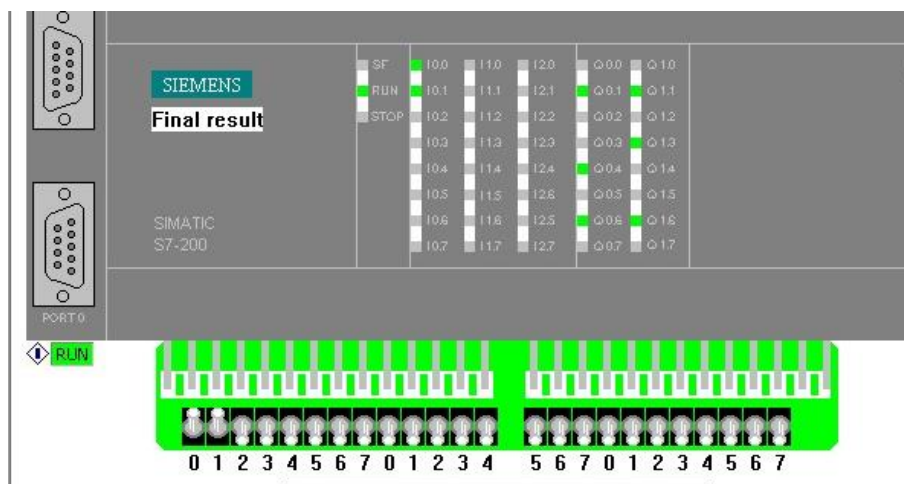
Κεφάλαιο 2

Σε αυτό το σημείο, στην οθόνη μας βλέπουμε το PLC με την ένδειξη Final Simatic και το παράθυρο KOP στο οποίο εμφανίζεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε στο MicroWin.



Σχήμα 2. 16: Final Simatic

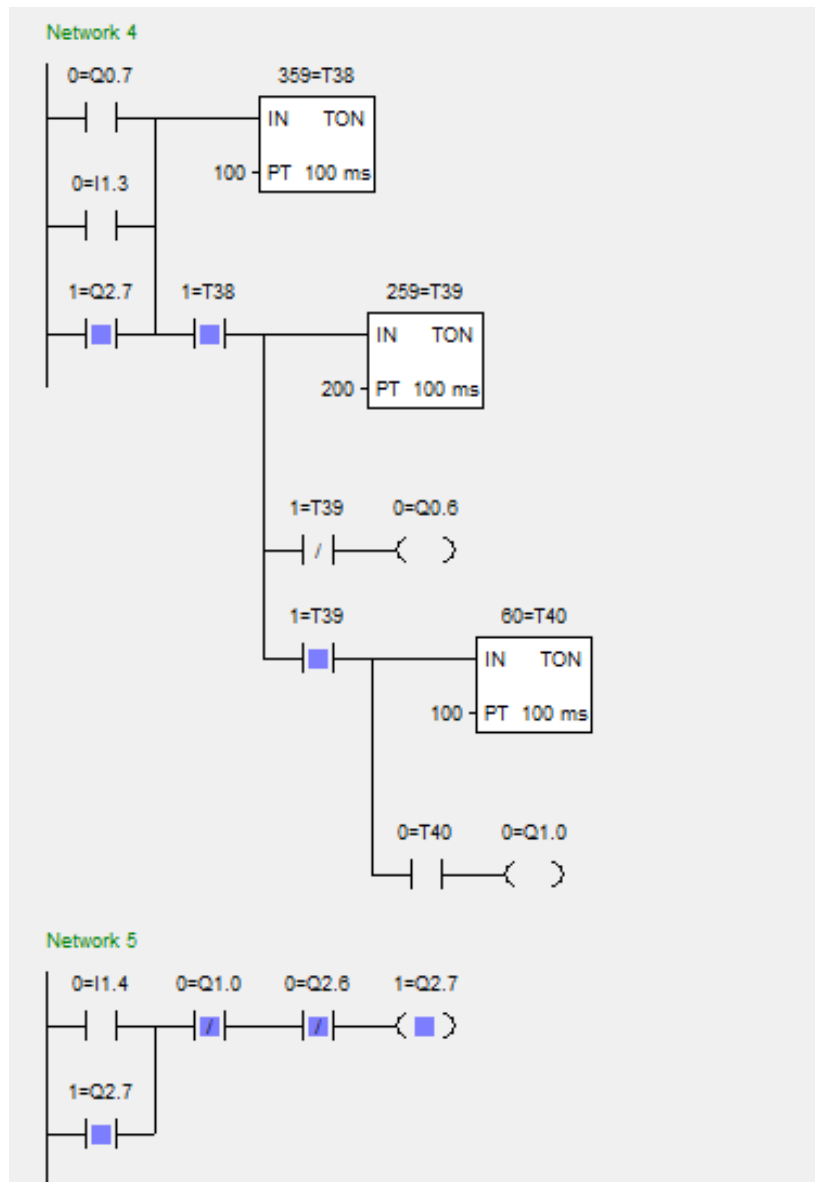
Τέλος, μπορούμε από την γραμμή εργαλείων να επιλέξουμε PLC→RUN, και να θέσουμε την προσομοίωση σε λειτουργία. Η διαχείριση των εισόδων μπορεί να γίνει πολύ εύκολα κάνοντας κλικ στα διακοπτάκια που βρίσκονται στο πράσινο πλαίσιο κάτω από το PLC. Για κατάσταση 0 δηλαδή OFF, ο διακόπτης πρέπει να είναι κάτω ενώ για κατάσταση 1 δηλαδή ON, ο διακόπτης πρέπει να είναι πάνω. Ταυτόχρονα, παρατηρούμε ότι τα LED στο PLC ανάβουν με κάθε ενεργοποίηση των διακοπών ενώ το ίδιο συμβαίνει και όταν ενεργοποιείται κάποια έξοδος.



Σχήμα 2. 17: Προσομοίωση- RUN mode

Εάν οποιαδήποτε στιγμή θέλουμε να σταματήσουμε την προσομοίωση, επιλέγουμε PLC→STOP.

Κατά τη φόρτωση του προγράμματος, ανοίγει όπως είπαμε και το παράθυρο KOP. Το παράθυρο αυτό μας βοηθάει να ελέγχουμε τη σωστή λειτουργία του προγράμματος μέσα από το LADDER διάγραμμα. Κάθε φορά που ενεργοποιείται μια έξοδος ή ένας χρονιστής, η αντίστοιχη επαφή γίνεται μωβ ενώ σε αντίθετη περίπτωση παραμένει κενή, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2. 18: Παράθυρο KOP

Τέλος, να σημειωθεί πως το λογισμικό αυτό δουλεύει σε πραγματικό χρόνο και μπορείς κανείς στο κάτω δεξιά μέρος του παραθύρου να δει τη μέτρηση του χρόνου σε ώρα, λεπτά και δευτερόλεπτα. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί κάποιος να ελέγξει και την ορθή λειτουργία των χρονιστών αφού μπορεί να ελέγξει εάν αλλάζει η κατάστασή τους με το πέρασμα των καθορισμένων δευτερολέπτων.

Κεφάλαιο 3ο: Σύστημα παραγωγής πολουρεθάνης

3.1 Πολουρεθάνη

Για να μπορέσει να γίνει κατανοητή η διαδικασία της χύτευσης της πολουρεθάνης θα πρέπει πρώτα να δοθούν κάποιες πληροφορίες για το ίδιο το υλικό.

Η πολουρεθάνη είναι το αποτέλεσμα μιας χημικής αντίδρασης δύο διαφορετικών πρώτων υλών, οι οποίες είναι η πολυόλη και το ισοκυανικό. Η χημική αντίδραση αυτή παράγει κατά την εξέλιξή της θερμότητα και διαρκεί περίπου 15-20 δευτερόλεπτα. Η παραγόμενη πολουρεθάνη είναι αφρώδες υλικό το οποίο περιέχει μικροκυψέλες στη μάζα της οι οποίες έχουν πλήρωση με φρέον, κάτι το οποίο την καθιστά θερμομονωτική.

Δεδομένου ότι αποτρέπει την ανάπτυξη βακτηριδίων είναι εγκεκριμένο για επαφή με τρόφιμα και μπορεί να εφαρμοστεί ως μονωτικό σε δεξαμενές τροφίμων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για μόνωση σωληνώσεων και δεξαμενών σε θερμοκρασίες από $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Μερικά οφέλη της πολουρεθάνης είναι:

- Δεν ευνοεί την αναπαραγωγή μούχλας ή βακτηρίων
- Δεν ελκύει και δεν επηρεάζεται από έντομα
- Δεν περιέχει ίνες επιβλαβείς για το αναπνευστικό σύστημα
- Δεν απορροφά υγρασία
- Δεν απορροφά τη σκόνη ή τη βρωμιά

Η πολουρεθάνη ενδείκνυται για χρήση σε:

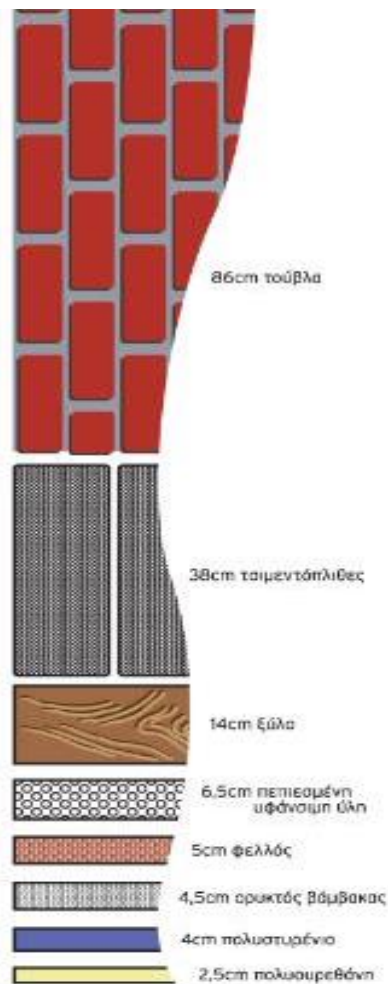
- Μονώσεις σωληνώσεων ζεστού και κρύου νερού
- Μονώσεις δεξαμενών
- Μονώσεις σωληνώσεων γεωθερμίας

Ο αφρός πολουρεθάνης έχει τον χαμηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο μονωτικό υλικό. Έτσι, καθίσταται το υλικό με το μικρότερο δυνατό πάχος μόνωσης για μια δεδομένη θερμική αντίσταση. Ως συνέπεια, το κόστος είναι επίσης χαμηλότερο.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα συγκριτικό διάγραμμα του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) διαφόρων υλικών με τον αφρό πολουρεθάνης, καθώς και ένα διάγραμμα όπου παρουσιάζονται τα ισοδύναμα πάχη των πιο συχνών υλικών δόμησης



Σχήμα 3 1: Συγκριτικό διάγραμμα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων υλικών



Σχήμα 3 2: Διάγραμμα με ισοδύναμα πάχη των πιο συχνών υλικών δόμησης

Τα πλεονεκτήματα που εμφανίζει η πολυουρεθάνη είναι:

- Αποτελεί ένα από τα πιο ευέλικτα σε χρήση υλικά θερμομόνωσης
- Έχει εξαιρετική ενεργειακή απόδοση
- Είναι κατάλληλο υλικό για θερμομόνωση όταν φέρει τα απαιτούμενα πρότυπα
- Παρέχει οικονομία ενέργειας
- Πληροί τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές
- Η εφαρμογή του γίνεται εύκολα και γρήγορα
- Τοποθετείται σε όλες τις επιφάνειες, ανεξάρτητα τη δυσκολία κατασκευής (ακόμη και κάθετες) με πλήρη πρόσφυση
- Δεν παρουσιάζονται θερμογέφυρες από τη χρήση της
- Θεωρείται ιδανική επιλογή για καμπύλες ή άλλης ιδιαίτερης μορφής επιφάνειες
- Είναι πολύ οικονομικό υλικό

3.2 Περιγραφή λειτουργίας

Για να μπορέσει να γίνει κατανοητός ο προγραμματισμός του PLC, πρέπει πρώτα να είναι κατανοητή η διαδικασία που ακολουθείται. Στη συνέχεια περιγράφονται τα βήματα που ακολουθούνται από τη στιγμή που ανοίγει ο διακόπτης του ρεύματος μέχρι την ολοκλήρωση του προγράμματος.

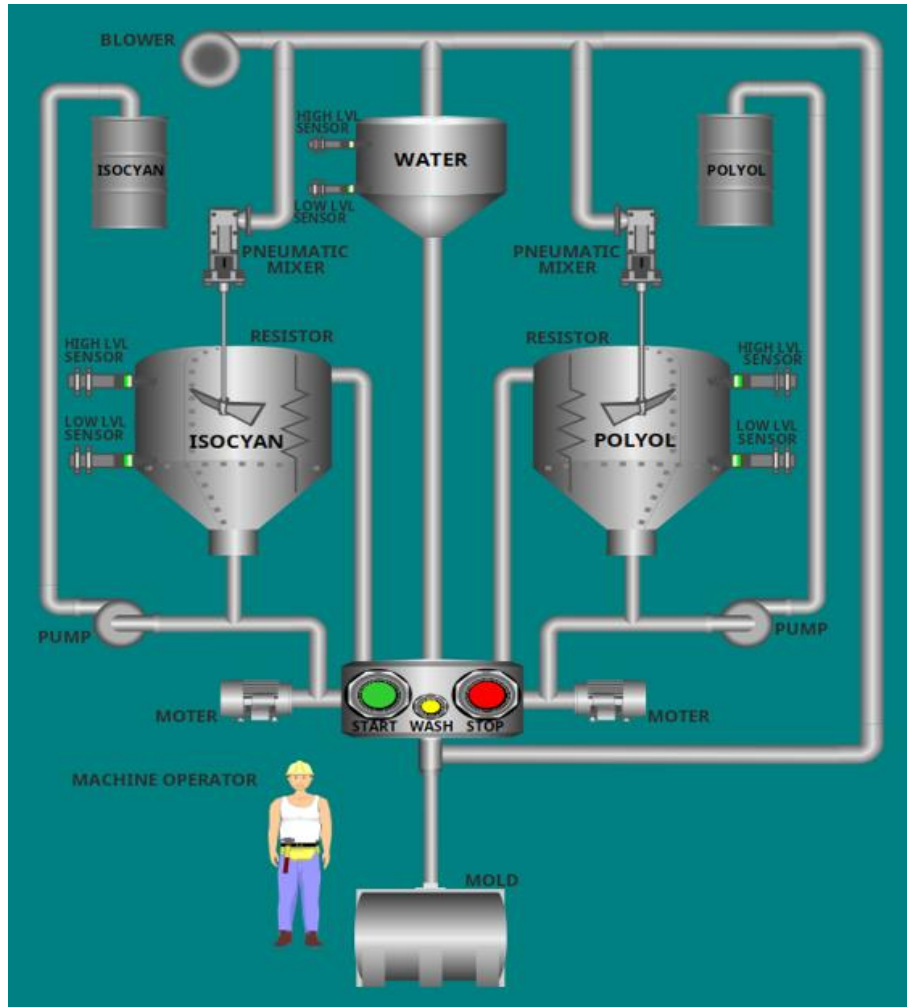
Στο πρώτο στάδιο, ανοίγουμε τον διακόπτη ρεύματος και τον αέρα (blower). Ενεργοποιούνται οι αντιστάσεις (για αύξηση της θερμοκρασίας) και το chiller (ένα σύστημα ψύξης). Ανεβάζουμε τις στροφές των κινητήρων όταν θα έχουμε κατάλληλη θερμοκρασία για χρήση του μηχανήματος (για να υπάρχει κίνηση των υγρών). Το μηχάνημα τέθηκε σε λειτουργία.

Κατά την διάρκεια ενεργοποίησης κουμπιού START, λειτουργία έναυσης:

- Κλείνουν οι βαλβίδες επιστροφής και ανοίγουν οι βαλβίδες χύτευσης.
- Το πρόγραμμα μπαίνει σε λειτουργία έγχυσης και το μηχάνημα μας ρίχνει πολυουρεθάνη για τον προκαθορισμένο χρόνο. (πχ 5sec)

Κατά την επιτυχημένη ολοκλήρωση του προγράμματος, λειτουργία πλυσίματος:

- Μετά το τέλος του προγράμματος, ενεργοποιείται μια χρονοκαθυστέρηση 10 δευτερολέπτων για αφαίρεση σωλήνα από το βυτίο και τοποθέτηση σε ένα άδειο βαρέλι όπου θα πέσει το νερό που θα ξεπλύνει την μηχανή.
- Ταυτόχρονα ανοίγουν οι βαλβίδες επιστροφής και κλείνουν οι χύτευσης.
- Ενεργοποιείται μια χρονοκαθυστέρηση 20 δευτερολέπτων.
- Ενεργοποιείται (ανοίγει) η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα νερού για χρόνο 20 δευτερολέπτων.
- Εφόσον κλείσει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα νερού, αφήνουμε να φυσήσει για 10 δευτερόλεπτα.
- Το μηχάνημα είναι έτοιμο.



Σχήμα 3 3: Σύστημα παραγωγής πολυουρεθάνης

Κατά την διάρκεια ενεργοποίησης κουμπιού STOP, διακοπή λειτουργίας:

ΜΟΝΟ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΝΑΓΚΗΣ

- Ακαριαίος τερματισμός λειτουργίας χύτευσης με την ενεργοποίηση του κουμπιού STOP.
- Με την ενεργοποίηση του κουμπιού STOP, γίνεται είσοδος στην λειτουργία πλυσίματος.

Λειτουργία αισθητήρων στάθμης Ισοκυανικού:

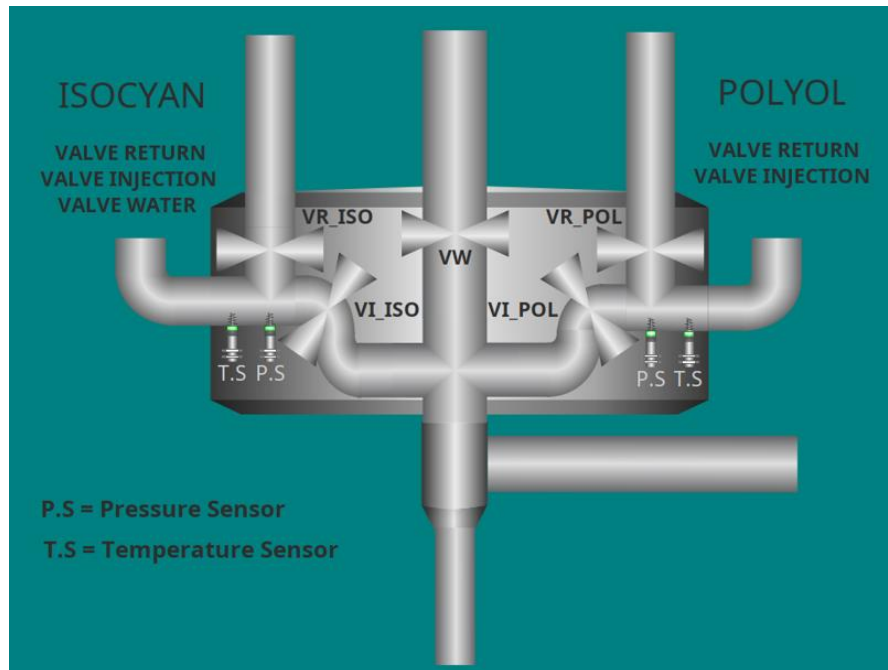
- Σε περίπτωση ενεργοποίησης του αισθητήρα χαμηλής στάθμης ισοκυανικού, γίνεται ενεργοποίηση της αριστερής αντλίας για γέμισμα της δεξαμενής. Με την ενεργοποίηση του αισθητήρα υψηλής στάθμης, τερματισμός λειτουργίας αριστερής αντλίας.

Λειτουργία αισθητήρων στάθμης Πολυόλης:

- Σε περίπτωση ενεργοποίησης του αισθητήρα χαμηλής στάθμης πολυόλης, γίνεται ενεργοποίηση της δεξιάς αντλίας για γέμισμα της δεξαμενής. Με την ενεργοποίηση του αισθητήρα υψηλής στάθμης, τερματισμός λειτουργίας δεξιάς αντλίας.

Λειτουργία χειροκίνητου πλυσίματος:

- Συνιστάται καθημερινώς, πριν από την χρήση του μηχανήματος, ο χρήστης να ενεργοποιεί μια φορά το χειροκίνητο πλύσιμο για καθαρισμό. Επομένως πραγματοποιείται η λειτουργία πλυσίματος, χωρίς όμως να έχει προηγηθεί η λειτουργία της έγχυσης.



Σχήμα 3 4: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες

Λειτουργία αισθητήρων στάθμης Νερού:

- Σε περίπτωση ενεργοποίησης του αισθητήρα χαμηλής στάθμης νερού, γίνεται ενεργοποίηση LED για γέμισμα δεξαμενής από τον χειριστή του μηχανήματος ή τον βοηθό. Με την ενεργοποίηση του αισθητήρα υψηλής στάθμης, τερματισμός γεμίματος της δεξαμενής.

3.3 Προσομοίωση του κυκλώματος

Αρχικά, δόθηκαν σε όλες τις επαφές χαρακτηριστικές ονομασίες καθώς και μια περιγραφή για το τι ακριβώς είναι. Με αυτό τον τρόπο είναι πιο εύκολο στον αναγνώστη να κατανοήσει το πρόγραμμα. Η διαδικασία αυτή ολοκληρώθηκε μέσω του Symbol Table που προσφέρει το πρόγραμμα.

		Symbol	Address	Comment
1		PS_ISO	I0.0	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΙΕΣΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
2		PS_POL	I0.1	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΙΕΣΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
3		TS_ISO	I0.2	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
4		TS_POL	I0.3	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
5		HLS_ISO	I0.4	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
6		LLS_ISO	I0.5	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
7		HLS_POL	I0.6	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
8		LLS_POL	I0.7	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
9		LLS_W	I1.0	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ
10		LLS_W	I1.1	ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ
11		START	I1.2	ΚΟΥΜΠΙ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΓΧΥΣΗΣ
12		STOP_	I1.3	ΚΟΥΜΠΙ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΓΧΥΣΗΣ
13		MANUAL_WASH_FUNCTION	I1.4	ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ
14		PUMP_ISO	Q0.0	ΑΝΤΛΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
15		VR_ISO	Q0.1	ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
16		VI_ISO	Q0.2	ΒΑΛΒΙΔΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
17		PUMP_POL	Q0.3	ΑΝΤΛΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
18		VR_POL	Q0.4	ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
19		VI_POL	Q0.5	ΒΑΛΒΙΔΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
20		Vw	Q0.6	ΒΑΛΒΙΔΑ ΝΕΡΟΥ
21		DONE_LED	Q0.7	ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΧΥΤΕΥΣΗΣ
22		CLEAR_LED	Q1.0	ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΠΛΥΣΗΣ
23		RED_LED_TEMP_ISO	Q1.1	ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
24		GREEN_LED_TEMP_ISO	Q1.2	ΠΡΑΣΙΝΟ LED ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
25		RED_LED_TEMP_POL	Q1.3	ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
26		GREEN_LED_TEMP_POL	Q1.4	ΠΡΑΣΙΝΟ LED ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
27		BUZZER_LED_PRESSURE_ISO	Q1.5	BUZZER/ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΠΙΕΣΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
28		GREEN_LED_PRESSURE_ISO	Q1.6	ΠΡΑΣΙΝΟ LED ΠΙΕΣΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
29		BUZZER_LED_PRESSURE_POL	Q1.7	BUZZER/ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΠΙΕΣΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
30		GREEN_LED_PRESSURE_POL	Q2.0	ΠΡΑΣΙΝΟ LED ΠΙΕΣΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ
31		RED_LED_LLS_ISO	Q2.1	ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ISO
32		RED_LED_LLS_POL	Q2.2	ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ POL
33		BUZZER_LED_LLS_WATER	Q2.3	BUZZER/ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΧΑΜ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ
34		GREEN_LED_HLS_WATER	Q2.4	ΠΡΑΣΙΝΟ LED ΥΨΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ
35		READY	Q2.5	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ START
36		START_2	Q2.6	ΚΟΥΜΠΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ START
37		START_MANUAL_WASH	Q2.7	ΚΟΥΜΠΙ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ

Σχήμα 3 5: Symbol Table εργασίας

Στη συνέχεια επεξηγείται το πρόγραμμα κάνοντας ανάλυση του κάθε network του project το οποίο βρίσκεται στο Παράρτημα.

Για να μπορεί το μηχάνημα να τεθεί σε λειτουργία, θα πρέπει να είναι ενεργοποιημένοι οι αισθητήρες πίεσης και οι αισθητήρες θερμοκρασίας των 2 υλικών. Αυτό σημαίνει ότι το μηχάνημα έχει την κατάλληλη πίεση αλλά και θερμοκρασία των 2 υλικών, έτσι ώστε να δώσει ο χειριστής την εντολή έγχυσης του υγρού. Όπως θα δούμε παρακάτω στην απεικόνιση του δικτύου, είναι ίδιο με μια λογική πύλη AND 4 εισόδων. Για να ενεργοποιηθεί η έξοδος θα πρέπει και οι 4 εισοδοί να είναι ενεργοποιημένες, κάτι το οποίο θα πραγματοποιηθεί όταν και οι 4 αισθητήρες έρθουν σε λογική κατάσταση “1” και έτσι ενεργοποιηθούν οι 4 επαφές, I0.0 (PS_ISO), I0.1 (PS_POL), I0.2 (TS_ISO), και I0.3 (TS_POL).

Στο επόμενο δίκτυο παρατηρούμε ένα κύκλωμα μιας λογικής πύλης OR 2 εισόδων σε σειρά με μια λογική πύλη AND 5 εισόδων. Παρόλο που έχουμε 2 εισόδους στην OR μπορούμε να ενεργοποιήσουμε μόνο την I1.2 (START) με έναν διακόπτη. Παρακάτω υπάρχει ο ενδείκτης LED Q1.0 (CLEAR_LED) σαν μια κλειστή επαφή και η λειτουργία του είναι να μας ενημερώσει για την

ολοκλήρωση της διαδικασίας πλυσίματος, κάτι το οποίο θα το δούμε παρακάτω. Εφόσον είναι κλειστή η επαφή, σημαίνει ότι αυτή η είσοδος της λογικής πύλης AND είναι ενεργοποιημένη. Στη συνέχεια βλέπουμε μια άλλη κλειστή επαφή, την επαφή I1.3 (STOP). Η συγκεκριμένη επαφή είναι και αυτή ενεργοποιημένη και είναι πολύ χρήσιμη, καθώς σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ο χειριστής του μηχανήματος μπορεί να πατήσει τον διακόπτη και να σταματήσει η λειτουργία έγχυσης του μηχανήματος. Σε αυτή την περίπτωση ενεργοποίησης του διακόπτη STOP η επαφή I1.3 θα απενεργοποιούνταν, επομένως η έξοδος Q2.6 (START_2) να μην μπορεί να ενεργοποιηθεί. Η επόμενη επαφή είναι μια ανοιχτή επαφή, Q2.5 (READY) η οποία όπως φαίνεται είναι η έξοδος του Network 1, αλλά στο συγκεκριμένο δίκτυο λειτουργεί σαν είσοδος. Όπως προαναφέραμε αυτή η επαφή θα ενεργοποιηθεί μόνο όταν και οι τέσσερις αισθητήρες (2 πίεσης και 2 θερμοκρασίας) έχουν λογική κατάσταση “1” και είναι ενεργοποιημένοι. Η τελευταία επαφή είναι μια κλειστή επαφή η Q2.7 (START_MANUAL_WASH). Η Q2.7 είναι η εντολή αυτόματου πλυσίματος χωρίς να έχει προηγηθεί έγχυση, για αυτό την ονομάζουμε χειροκίνητο πλύσιμο. Θα δούμε την λειτουργία της καθώς θα προχωράμε στην επεξήγηση της λειτουργίας του προγράμματος μας. Αυτή η επαφή είναι κλειστή για τον λόγο ότι δεν πρέπει να γίνει έγχυση και ταυτόχρονα να έχει πατηθεί είτε από λάθος ή απροσεξία του κουμπιού του αυτόματου πλυσίματος. Με αυτό τον τρόπο αποτρέπουμε την ταυτόχρονη ενεργοποίηση των 2 αυτών λειτουργιών.

Τώρα που εξηγήσαμε την λειτουργία του συγκεκριμένου δικτύου ας δούμε τι θα γίνει αν πατήσουμε το κουμπί I1.2 και οι υπόλοιπες επαφές είναι ενεργοποιημένες. Μόλις ενεργοποιηθεί ο διακόπτης START, η έξοδος του δικτύου μας Q2.6 θα ενεργοποιηθεί. Όπως θα δείτε όμως στην αρχή του κυκλώματος η δεύτερη είσοδος της λογικής πύλης OR είναι η ίδια έξοδος του κυκλώματος μας. Αυτό έγινε, διότι ο διακόπτης START είναι ένας διακόπτης N.O (Normally open) και με την ενεργοποίηση του δίνει την έναυση στο κύκλωμα επομένως έρχεται σε κατάσταση “close” και μετά επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση N.O (Normally open). Αν δεν είχαμε την Q2.6 στην είσοδο της λογικής πύλης OR, με αυτό τον τρόπο το κύκλωμα μας θα ενεργοποιούνταν για όσο διάστημα ο διακόπτης μας θα βρισκόταν σε κατάσταση “close”, κάτι το οποίο δεν είναι επιθυμητό. Με αυτόν τον τρόπο ο διακόπτης START απενεργοποιείται και το κύκλωμα μας τροφοδοτείται από την ίδια του την έξοδο. Υπάρχουν 2 μόνο τρόποι να απενεργοποιηθεί η έξοδος μας με αποτέλεσμα την διακοπή της λειτουργίας της έγχυσης. Αυτοί είναι, είτε με την ενεργοποίηση του ενδείκτη LED Q1.0 (CLEAR_LED) ή με την ενεργοποίηση του διακόπτη έκτακτης ανάγκης I1.3 (STOP). Όπως προαναφέραμε εφόσον είναι κλειστές επαφές με την ενεργοποίησή τους θα απενεργοποιηθούν αυτές οι επαφές και θα διακοπεί το κύκλωμα. Η ενεργοποίηση του ενδείκτη Q1.0 θα εξηγηθεί/αναλυθεί παρακάτω. Η ενεργοποίηση του διακόπτη I1.3, έχει εξηγηθεί παραπάνω.

Στο Network 3, παρατηρούμε ότι η είσοδος του κυκλώματος μας, είναι η έξοδος του κυκλώματος στο προηγούμενο Network 2. Με την ενεργοποίηση της Q2.6 ξεκινά η διαδικασία της χύτευσης της πολυουρεθάνης από το μηχάνημα μας. Αμέσως μετά τον διακόπτη Q2.6, βλέπουμε μια κλειστή επαφή την T37. Αυτή η επαφή καθορίζεται από το χρονικό ή αλλιώς χρονοκαθυστέρηση T37, η οποία έχει ρυθμιστεί στα 5 δευτερόλεπτα. Στο χρονικό T37 βλέπουμε ότι η βάση του χρόνου του είναι 100ms, οπότε $50 * 100ms = 5s$. Αφού είναι κλειστή η επαφή (ενεργοποιημένη), δεν θα μπορέσει να συνεχίσει από τις 2 NOT που βλέπουμε παρακάτω, αλλά θα μπορέσει να ενεργοποιήσει τις 2 εξόδους VI_ISO και VI_POL, οι οποίες είναι οι βαλβίδες έγχυσης του ισοκυανικού και της πολυόλης. Εφόσον περάσουν τα 5 δευτερόλεπτα, θα ενεργοποιηθεί η χρονοκαθυστέρηση και η κλειστή επαφή T37 θα ανοίξει με αποτέλεσμα να απενεργοποιηθούν οι 2 εξοδοί/βαλβίδες του ισοκυανικού και της πολυόλης. Τώρα όμως οι 2 NOT θα μπορέσουν να ενεργοποιήσουν τις άλλες 2 εξόδους VR_ISO και VR_POL, οι οποίες είναι οι βαλβίδες επιστροφής/ανακύκλωσης του ισοκυανικού και της πολυόλης. Έτσι ολοκληρώνεται η διαδικασία έγχυσης της πολυουρεθάνης στο βυτίο και αν κοιτάξουμε στο κάτω μέρος του δικτύου θα δούμε και μια ανοιχτή επαφή T37, η οποία ενεργοποιείται επίσης με το πέρασμα των 5

δευτερολέπτων ενεργοποιώντας έτσι την έξοδο Q0.7 (DONE_LED), η οποία είναι μια ένδειξη τόσο για τον χειριστή όσο και για το μηχάνημα. Ο χειριστής τώρα μπορεί να αφαιρέσει τον σωλήνα γεμίματος πολυουρεθάνης από το βυτίο, να τον τοποθετήσει σε ένα άδειο βαρέλι ώστε να απομακρυνθούν τυχόν υπολείμματα πολυουρεθάνης και να συνεχίσει με τις δουλειές του τακτοποιώντας το βυτίο, γεμίζοντας την δεξαμενή του νερού κ.α. Πλέον το μηχάνημα γνωρίζει ότι μπορεί να εισέλθει στην λειτουργία πλυσίματος της μηχανής, η οποία αυτή λειτουργία πρέπει να γίνεται κάθε φορά μετά την λειτουργία έγχυσης της μηχανής μας.

Παρακάτω βλέπουμε 3 παράλληλες ανοιχτές επαφές οι οποίες σχηματίζουν μια λογική πύλη OR 3 εισόδων. Η πρώτη είναι μια ανοιχτή επαφή η Q0.7 (DONE_LED), η οποία είναι ο ενδείκτης ολοκλήρωσης της χύτευσης του μηχανήματος μας αλλά και η έξοδος του προηγούμενου Network 3. Η δεύτερη είναι η I1.3 (STOP), η οποία είναι η ανοιχτή επαφή του διακόπτη εκτάκτου ανάγκης, – την οποία ξανά είδαμε στο Network 2 σαν κλειστή επαφή – καθώς μόλις διακοπεί η λειτουργία έγχυσης μπορεί να βρισκόμαστε στην μέση της λειτουργίας και να μην έχει γίνει “ομαλή” έγχυση. Όμως παρόλο που μπορεί να μην ολοκληρώθηκε η λειτουργία της έγχυσης – και το καζάνι μας μπορεί να θεωρηθεί άχρηστο – θα πρέπει οπωσδήποτε το μηχάνημα να μπει σε λειτουργία πλυσίματος για την σωστή διατήρηση του μηχανήματος μας. Η τρίτη και τελευταία ανοιχτή επαφή Q2.7 (START_MANUAL_WASH), δεν είναι άλλη από αυτήν του χειροκίνητου πλυσίματος, δηλαδή το πλύσιμο χωρίς να έχει προηγηθεί η λειτουργία της έγχυσης. Κάτι το οποίο συνιστάται να κάνει ο χειριστής κάθε μέρα, πριν από την πρώτη χρήση του μηχανήματος μας. Όποια από τις τρεις αυτές επαφές ενεργοποιηθεί, ενεργοποιεί και μια χρονοκαθυστέρηση 10 δευτερολέπτων.

Η χρονοκαθυστέρηση είναι το χρονικό T38 με χρόνος βάσης 100ms, επομένως $100 * 100ms = 10s$. Σε αυτά τα 10 δευτερόλεπτα δεν διοχετεύεται τίποτα μέσα στον σωλήνα έγχυσης πολυουρεθάνης παρά μόνον ο αέρας από το κομπρεσέρ αέρος. Αυτό βοηθάει στον καλύτερο καθαρισμό της μηχανής καθώς μπορεί να έχουν παραμείνει υπολείμματα πολυουρεθάνης σε υγρή μορφή και με τον αέρα θα μπορέσουν να απομακρυνθούν από την σωλήνα, έτσι ώστε να μην δημιουργήσουν με τον καιρό ένα στρώμα συμπαγούς πολυουρεθάνης. Είναι σημαντικό αυτή η διαδικασία να γίνει πριν τα 30 δευτερόλεπτα, διότι μετά από αυτόν τον χρόνο η πολυουρεθάνη αρχίζει να αλλάζει μορφή, από υγρή σε στερεή, με αποτέλεσμα την καταστροφή του σωλήνα λόγω της δημιουργίας στρώματος πολυουρεθάνης στο εσωτερικό του εάν δεν προλάβουν να απομακρυνθούν εγκαίρως τα υπολείμματα της πολυουρεθάνης. Με το πέρασμα των 10 δευτερολέπτων, θα ενεργοποιηθεί η ανοιχτή επαφή T38, η οποία ενεργοποιείται μετά από 10 δευτερόλεπτα λόγω του χρονικού T38. Με την σειρά της θα ενεργοποιήσει μια άλλη χρονοκαθυστέρηση T39, η οποία έχει ως συνέχεια μια κλειστή επαφή T39 και έτσι για 20 δευτερόλεπτα θα μπορεί να έχει ενεργοποιημένη την έξοδο Q0.6 (VW), η οποία είναι η βαλβίδα του νερού (Water Valve). Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η πλύση του μηχανήματος με νερό και αέρα πίεσης 6 bar για 20 συνεχόμενα δευτερόλεπτα. Αφότου περάσουν 20 δευτερόλεπτα η κλειστή επαφή T39 ανοίγει, επομένως απενεργοποιείται κλείνοντας έτσι την βαλβίδα διοχέτευσης νερού στο μηχάνημα. Ταυτόχρονα η ανοιχτή επαφή T39 ενεργοποιείται και στη σειρά υπάρχει μια ακόμα χρονοκαθυστέρηση, η T40. Παρατηρώντας θα δούμε ότι ο χρόνος βάσης του χρονικού T40 είναι και αυτός 100ms. Άρα $100 * 100ms = 10s$. Σε αυτά τα 10 δευτερόλεπτα για ακόμα μια φορά δεν θα διοχετεύεται τίποτα εντός του σωλήνα έγχυσης της πολυουρεθάνης εκτός από την πίεση του κομπρεσέρ αέρα μας. Έχοντας σαν αποτέλεσμα την απομάκρυνση του νερού που μπορεί να έχει απομείνει στον σωλήνα μας. Έτσι εξασφαλίζουμε τον σωστό καθαρισμό του μηχανήματος μας για να έχει μέγιστη απόδοση σε κάθε χρήση της λειτουργίας έγχυσης. Στο τέλος των 10 δευτερολέπτων, θα δούμε ότι η ανοιχτή επαφή T40 που έχει σειρά στο δίκτυο μας, θα ενεργοποιηθεί και μαζί της και η έξοδος Q1.0 (CLEAR_LED), η οποία είναι άλλη μια ένδειξη LED τόσο για τον χειριστή αλλά και για το μηχάνημα. Ο χειριστής γνωρίζει ότι όλα πήγαν καλά, ολοκληρώθηκε η σωστή πλύση της μηχανής και αν το επιθυμεί μπορεί να ξεκινήσει εκ νέου την διαδικασία έγχυσης πολυουρεθάνης στο επόμενο βυτίο. Το

μηχάνημα επίσης είναι σε λειτουργία ανακύκλωσης εφόσον είναι ενεργοποιημένες οι βαλβίδες επιστροφής/ανακύκλωσης VR_ISO και VR_POL.

Παρακάτω ακολουθεί η εξήγηση του χειροκίνητου πλυσίματος. Όπως θα δούμε είναι ένα παρόμοιο κύκλωμα με αυτό του Network 2, αυτό της εκκίνησης-παύσης λειτουργίας του μηχανήματος. Ξεκινά με μια λογική πύλη OR 2 εισόδων και ακολουθεί μια λογική πύλη AND 3 εισόδων. Η πρώτη επαφή είναι ο διακόπτης I1.4 (MANUAL_WASH_FUNCTION), η οποία είναι μια ανοιχτή επαφή, παρόμοια με την επαφή I1.2 (START) καθώς είναι και αυτή ένας διακόπτης N.O (Normally open) και μετά την έναυση “close” επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση. Για αυτόν τον λόγο έχουμε σαν δεύτερη είσοδο στην λογική μας πύλη OR, την έξοδο του κυκλώματος αυτού του Network, την Q2.7 (START_MANUAL_WASH) για να μπορέσει έτσι να ολοκληρωθεί διαδικασία πλυσίματος έως ότου ενεργοποιηθεί η ένδειξη LED της επαφής Q1.0 (CLEAR_LED). Εφόσον η επαφή Q1.0 είναι κλειστή με την ενεργοποίηση της θα διακοπεί το κύκλωμα αυτού του Network και μαζί θα έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία του χειροκίνητου πλυσίματος χωρίς πρώτα να έχει προηγηθεί χύτευση. Να σημειωθεί επίσης και η ύπαρξη της κλειστής επαφής Q2.6 (START_2), η οποία όπως αναφέραμε και στο Network 2, βρίσκεται εκεί για να αποτρέψει την ταυτόχρονη ενεργοποίηση και των 2 λειτουργιών, αυτών της έγχυσης και του χειροκίνητου πλυσίματος.

Στην συνέχεια, στα δίκτυα 6 και 8, θα δούμε τους αισθητήρες χαμηλής στάθμης και των δύο υλικών, για το ισοκυανικό και την πολυόλη. Ότι ισχύει για το δίκτυο 6 θα ισχύει και για το 8. Η επαφή που βλέπουμε είναι η I0.5 (LLS_ISO) και I0.7 (LLS_POL) αντίστοιχα και είναι και οι δύο ανοιχτές επαφές. Πράγμα που σημαίνει πως όταν ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας χαμηλής στάθμης ενός υλικού, θα τεθεί σε κατάσταση ON η έξοδος Q2.1 (RED_LED_LLS_ISO) ή η έξοδος Q2.2 (RED_LED_LLS_POL) αντίστοιχα, η οποία είναι μια κόκκινη ενδεικτική δίοδος LED. Με αυτό το LED, ο χειριστής καταλαβαίνει ότι η στάθμη του ισοκυανικού ή της πολυόλης είναι σε χαμηλό επίπεδο. Να σημειωθεί, πως αν κατά την λειτουργία της έγχυσης ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας χαμηλής στάθμης ενός υλικού, η δεξαμενή θα έχει μέσα αρκετό υλικό, έτσι ώστε να ολοκληρωθεί ομαλά, η λειτουργία της έγχυσης.

Παρακάτω τα Networks 7 και 9. Σε αυτά τα δίκτυα θα δούμε πως λειτουργούν οι αντλίες του μηχανήματος για την ανατροφοδότηση των δεξαμενών των δύο υλικών, του ισοκυανικού και της πολυόλης. Ίδια είναι η λειτουργία και στα δύο δίκτυα. Η πρώτη επαφή είναι ανοιχτή και είναι και στα δύο δίκτυα η επαφή του αισθητήρα χαμηλής στάθμης, ισοκυανικού και πολυόλης. Όταν η στάθμη πέσει χαμηλότερα από τον αισθητήρα χαμηλής στάθμης, ενεργοποιείται η επαφή I0.5 (LLS_ISO) ή η επαφή I0.7 (LLS_POL) αντίστοιχα. Ακολουθεί η κλειστή επαφή υψηλής στάθμης των δύο υλικών, του ισοκυανικού και της πολυόλης. Όταν το υλικό είναι πιο πάνω από τον αισθητήρα υψηλής στάθμης των υλικών, τότε η επαφή είναι απενεργοποιημένη. Όταν πέσει η στάθμη του υγρού κάτω από τον αισθητήρα υψηλής στάθμης τότε τίθεται σε λειτουργία και επομένως ενεργοποιείται η έξοδος της αντλίας Q0.0 (PUMP_ISO) ή Q0.3 (PUMP_POL) αντίστοιχα, αν είναι ενεργοποιημένη και η επαφή I0.5 (LLS_ISO) ή I0.7 (LLS_POL) αντίστοιχα. Όπως θα δούμε και στα δύο δίκτυα όμως, έχουμε προσθέσει μια ακόμη ανοιχτή επαφή με το όνομα της εξόδου. Στην περίπτωση που η αντλία είναι ενεργοποιημένη, καθώς γεμίζει η δεξαμενή, κάποια στιγμή το υλικό θα ξεπεράσει τον αισθητήρα χαμηλής στάθμης με αποτέλεσμα να απενεργοποιηθεί η είσοδος και έτσι η στάθμη της δεξαμενής δεν θα φτάσει ποτέ πάνω από τον αισθητήρα υψηλής στάθμης. Κάτι τέτοιο δεν είναι επιθυμητό διότι με κάθε χρήση της λειτουργίας έγχυσης, το υλικό θα πέφτει κάτω από τον αισθητήρα χαμηλής στάθμης και έτσι θα έχουμε μια σχεδόν μόνιμη λειτουργία της αντλίας και κακή χρήση των εξαρτημάτων και της δεξαμενής μας. Ας εξηγήσουμε την λειτουργία των δικτύων 7 και 9 από την αρχή. Εφόσον το υλικό μας, είναι κάτω από τον αισθητήρα χαμηλής πίεσης σημαίνει ότι η αντλία μπαίνει σε κατάσταση λειτουργίας και ανατροφοδοτεί την δεξαμενή με το υγρό. Καθώς όμως γίνεται η ανατροφοδότηση, το υλικό θα ανέβει

πιο ψηλά από τον αισθητήρα χαμηλής στάθμης υγρού. Για να μην διακοπεί η λειτουργία της αντλίας και να αξιοποιήσουμε την δεξαμενή μας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, κάτω από την ανοιχτή επαφή χαμηλής στάθμης, χρησιμοποιούμε μια ανοιχτή επαφή με το όνομα της εξόδου. Επομένως, ότι κατάσταση θα έχει η έξοδος, αυτή την κατάσταση θα έχει και η επαφή αυτή. Είναι μια λειτουργία σαν την λογική πύλη “OR” 2 εισόδων, είτε η μια είσοδος είναι ενεργή, είτε η άλλη θα είναι ενεργοποιημένη η αντλία, έως ότου το υλικό ξεπεράσει τον αισθητήρα υψηλής στάθμης και απενεργοποιηθεί η κλειστή επαφή I0.4 (HLS_ISO) ή I0.6 (HLS_POL) αντίστοιχα.

Τώρα εισερχόμαστε στα δευτερεύοντα δίκτυα αλλά εξίσου σημαντικά διότι χωρίς αυτά δεν θα μπορούσε το μηχάνημα μας να λειτουργήσει. Στο δίκτυο 10 βλέπουμε μια ανοιχτή επαφή η οποία είναι ο αισθητήρας χαμηλής στάθμης του νερού. Όταν η στάθμη πέσει κάτω από το επιτρεπτό όριο, ενεργοποιείται ο αισθητήρας και δίνει έναυση στην επαφή I1.1 (LLS_W) με αποτέλεσμα να μπαίνει σε λειτουργία το χρονικό T41. Η χρονοκαθυστερήση T41 έχει βάση χρόνου τα 100ms, οπότε $50 * 100ms = 5s$. Ακολουθεί η κλειστή επαφή T41 που σημαίνει ότι για 5 δευτερόλεπτα θα είναι ενεργοποιημένη η έξοδος Q2.3 (BUZZER_LED_LLS_WATER), η οποία είναι ένα κόκκινος ενδείκτης LED σε συνδυασμό με ένα buzzer, έτσι ώστε αν δεν δει ο χειριστής της ένδειξη LED να ακούσει το buzzer και να καταλάβει ότι η δεξαμενή νερού είναι σε χαμηλή στάθμη. Να σημειωθεί ότι η δεξαμενή έχει αρκετό νερό για μια ακόμη πλήση του μηχανήματος, έτσι ώστε εάν δεν προλάβει ο χειριστής να γεμίσει την δεξαμενή με νερό, να μην διακοπεί η ομαλή λειτουργία του μηχανήματος μας. Στο δίκτυο 11 θα συναντήσουμε μια ανοιχτή επαφή I1.0 (HLS_W), η οποία είναι ο αισθητήρας υψηλής στάθμης νερού και όταν ενεργοποιείται, τίθεται σε λειτουργία και η έξοδος η οποία είναι ένας πράσινος ενδείκτης LED Q2.5 (GREEN_LED_HLS_WATER), για να γνωρίζει ο χειριστής ότι η στάθμη της δεξαμενής του νερού είναι στα επιθυμητά επίπεδα.

Συνεχίζοντας στα δίκτυα 12 και 13 θα παρατηρήσουμε ότι είναι ίδια. Σε αυτά τα δίκτυα θα δούμε την λειτουργία των αισθητήρων πίεσης του ισκυανικού και της πολυόλης. Αυτά που θα πούμε παρακάτω αφορούν το Network 12 αλλά ισχύουν και για το Network 13 αντίστοιχα. Η πρώτη επαφή που θα δούμε είναι η I0.0 (PS_ISO) που σημαίνει, αισθητήρας πίεσης του ισκυανικού και στο δίκτυο 13 ο αντίστοιχος αισθητήρας πίεσης I0.1 (PS_POL), αισθητήρας πίεσης της πολυόλης. Η επαφή αυτή είναι κλειστή, επομένως είναι ενεργοποιημένη και έτσι ενεργοποιεί και μια χρονοκαθυστερήση με το χρονικό T42, το οποίο έχει βάση χρόνου τα 100ms. Επομένως $50 * 100ms = 5s$. Παρατηρούμε όμως ότι ακριβώς από κάτω έχει μια κλειστή επαφή T42 η οποία μέχρι να περάσουν 5 δευτερόλεπτα θα είναι ενεργή, τροφοδοτώντας έτσι την έξοδο Q1.5 (BUZZER_LED_PRESSURE_ISO), το οποίο είναι ένας κόκκινος ενδείκτης LED σε συνδυασμό με ένα buzzer. Στην πολυόλη ισχύουν ακριβώς τα ίδια μόνο που το χρονικό μας εδώ είναι T43 και επομένως και η κλειστή επαφή θα είναι και αυτή T43 ενεργοποιώντας την αντίστοιχη έξοδο Q1.7 (BUZZER_LED_PRESSURE_POL). Στο διάστημα αυτών των 5 δευτερολέπτων ο χειριστής καταλαβαίνει ότι το μηχάνημα δεν έχει την σωστή πίεση είτε στο ισκυανικό είτε στην πολυόλη, ανάλογα με το ποιο buzzer θα ακούσει. Αυτό μπορεί να συμβεί σε 2 περιπτώσεις, η πρώτη περίπτωση είναι, όταν θα ξεκινήσει το μηχάνημα για πρώτη φορά και επομένως η μηχανή δεν θα έχει καταφέρει ακόμη να φτάσει στην επιθυμητή πίεση, ή στην δεύτερη περίπτωση, στην οποία μπορεί να έχει προκληθεί κάποια βλάβη και η πίεση να ξεπερνά το επιθυμητό όριο ή ακόμα να μην είναι αρκετή ώστε να λειτουργήσει το μηχάνημα. Με αυτό το κύκλωμα προειδοποιούμε τον χειριστή σε περίπτωση που κάτι δεν πάει καλά με την πίεση. Σε παραπάνω Networks, είδαμε ότι αν δεν έχει την επιθυμητή πίεση το μηχάνημα μας, δεν μπορεί να ξεκινήσει η λειτουργία έγχυσης. Αν για παράδειγμα η πίεση του ισκυανικού είναι εντάξει αλλά έχουμε πρόβλημα με την πίεση της πολυόλης, τότε το μηχάνημα δεν μπορεί να τεθεί σε λειτουργία μέχρι να διορθωθεί το πρόβλημα.

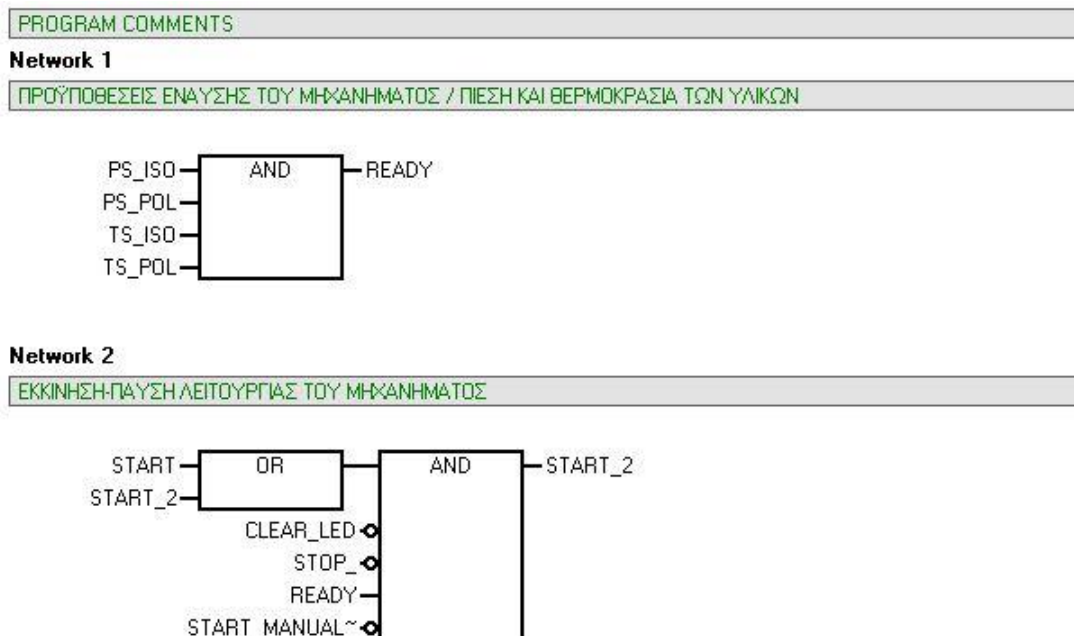
Στα δίκτυα 14 και 15 θα δούμε πως λειτουργούν οι αισθητήρες θερμοκρασίας του μηχανήματος. Ότι ισχύει για το δίκτυο 14 θα ισχύει και για το δίκτυο 15. Η πρώτη επαφή είναι ανοιχτή και είναι η

επαφή I0.2 (TS_ISO) και η I0.3 (TS_POL) αντίστοιχα, με τις οποίες για όσο παραμένουν ανοιχτές, σημαίνει ότι δεν έχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία. Κατά την διάρκεια που δεν έχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία, μέσω της πύλης NOT, ενεργοποιείται ο ενδείκτης LED, Q1.1 (RED_LED_TEMP_ISO) και Q1.3 (RED_LED_TEMP_POL) αντίστοιχα. Βλέποντας τα LED ο χειριστής καταλαβαίνει ότι η θερμοκρασία είναι χαμηλή και δεν μπορεί να θέσει σε λειτουργία την μηχανή. Αυτό μπορεί να συμβεί και πάλι σε δύο περιπτώσεις, η πρώτη είναι όταν τεθεί το μηχανήμα για πρώτη φορά σε λειτουργία και δεν έχει προλάβει να φτάσει τις επιθυμητές θερμοκρασίες, ή στην δεύτερη περίπτωση να έχει δημιουργηθεί κάποια βλάβη. Για οποιονδήποτε από τους δύο αισθητήρες δεν έχει κατάλληλη θερμοκρασία, η μηχανή δεν μπορεί να προβεί σε λειτουργία έγχυσης ακόμη και αν ο χειριστής πατήσει τον κουμπί Start. Όταν θα ενεργοποιηθεί η επαφή από τον αισθητήρα θερμοκρασίας του ισοκυανικού και αντίστοιχα και της πολυόλης, τότε θα ενεργοποιηθεί ο πράσινος ενδείκτης LED Q1.2 (GREEN_LED_TEMP_ISO) και Q1.4 (GREEN_LED_TEMP_POL) αντίστοιχα, που θα σημαίνει ότι έχουμε τις επιθυμητές θερμοκρασίες και στα δύο υλικά μας.

3.4 Μετατροπή του προγράμματος προσομοίωσης

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να γράψει τον κώδικα σε όποια από τις 3 γλώσσες προγραμματισμού θέλει. Καθώς η δημιουργία του κώδικα της παρούσας εργασίας έγινε σε γλώσσα LADDER, σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστεί το πρόγραμμα και σε FBD και STL, χωρίς την αντίστοιχη ανάλυση των επιμέρους networks.

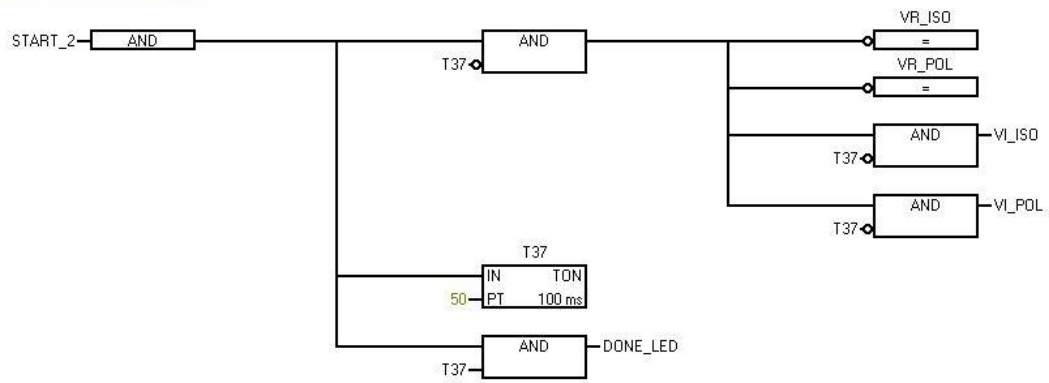
Το πρόγραμμα σε γλώσσα FBD έχει την εξής μορφή:



Σχήμα 3 6: Network 1-2 FBD

Network 3

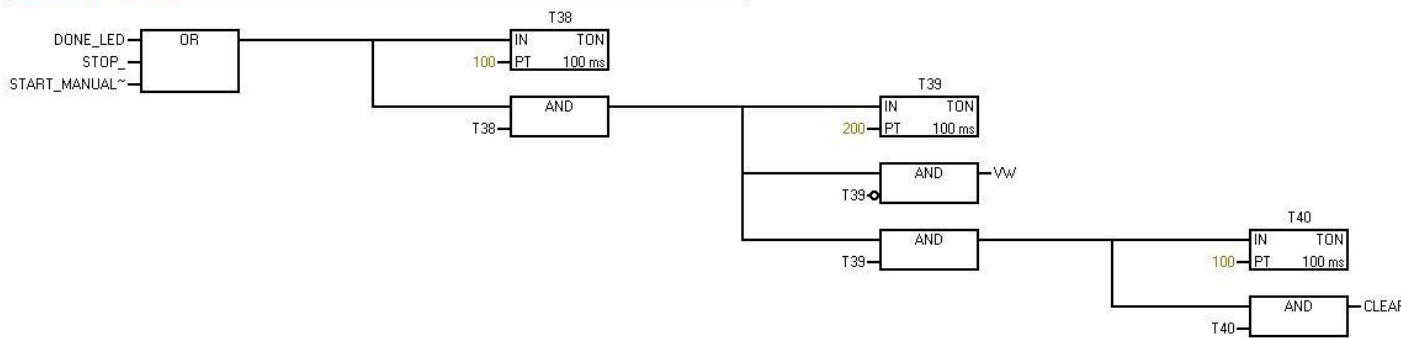
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ



Σχήμα 3 7: Network 3 FBD

Network 4

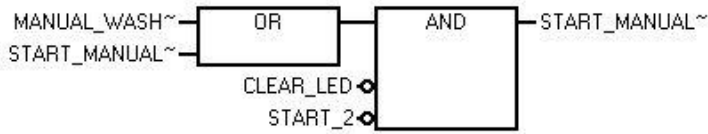
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΥΞΙΜΑΤΟΣ



Σχήμα 3 8: Network 4 FBD

Network 5

ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟ ΠΛΑΥΣΙΜΟ



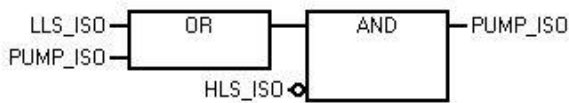
Network 6

ΕΝΔΕΙΞΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ



Network 7

ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΓΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΤΟΥ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ



Σχήμα 3 9: Networks 5-7 FBD

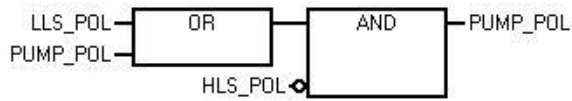
Network 8

ΕΝΔΕΙΞΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΟΛΥΟΔΗΣ



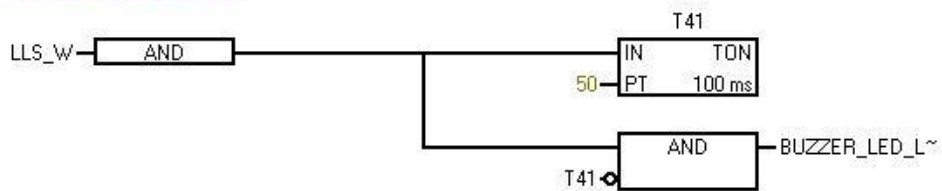
Network 9

ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΓΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΟΔΗΣ



Network 10

ΕΝΔΕΙΞΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ



Σχήμα 3 10: Networks 8-10 FBD

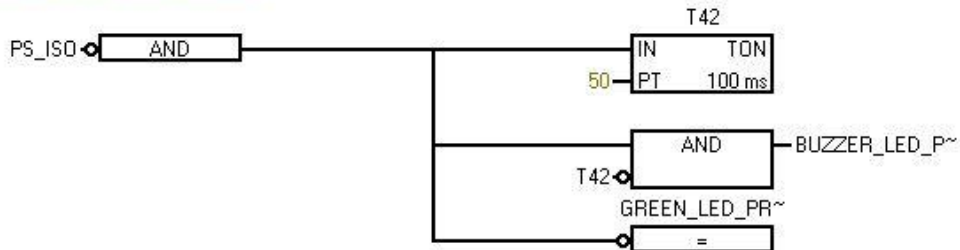
Network 11

ΕΝΔΕΙΞΗ ΥΨΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ



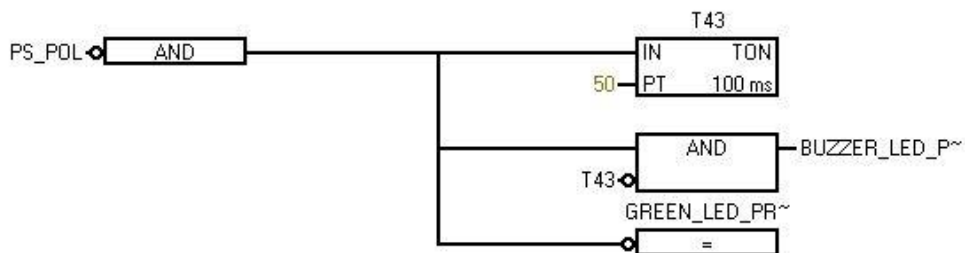
Network 12

ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ



Network 13

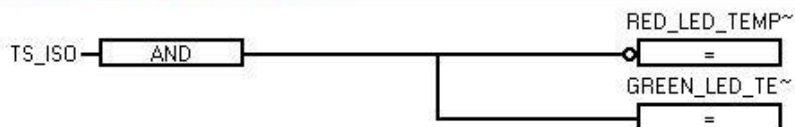
ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ



Σχήμα 3 11: Networks 11-13 FBD

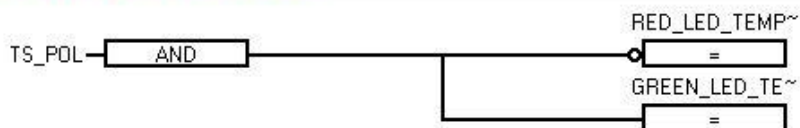
Network 14

ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ



Network 15

ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΩΛΗΣ



Σχήμα 3 12: Networks 14-15 FBD

Κεφάλαιο 3

Το πρόγραμμα σε γλώσσα STL έχει την εξής μορφή:

```
PROGRAM COMMENTS
Network 1
ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΝΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ / ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
LD     PS_ISO
A      PS_POL
A      TS_ISO
A      TS_POL
=      READY

Network 2
ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΠΑΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ
LD     START
O      START_2
AN     CLEAR_LED
AN     STOP
A      READY
AN     START_MANUAL_WASH
=      START_2
```

Σχήμα 3 13: Networks 1-2 STL

```
Network 3
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ
LD     START_2
LPS
AN     T37
LPS
NOT
=      VR_ISO
LRD
NOT
=      VR_POL
LRD
AN     T37
=      VI_ISO
LPP
AN     T37
=      VI_POL
LRD
TON   T37, 50
LPP
A      T37
=      DONE_LED
```

Σχήμα 3 14: Network 3 STL

Network 4

```

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ
LD     DONE_LED
O      STOP
O      START_MANUAL_WASH
TON    T38, 100
A      T38
LPS
TON    T39, 200
AN     T39
=      VW
LPP
A      T39
TON    T40, 100
A      T40
=      CLEAR_LED
    
```

Σχήμα 3 15: Network 4 STL

Network 5

```

ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ
LD     MANUAL_WASH_FUNCTION
O      START_MANUAL_WASH
AN     CLEAR_LED
AN     START_2
=      START_MANUAL_WASH
    
```

Network 6

```

ΕΝΔΕΙΞΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
LD     LLS_ISO
=      RED_LED_LLS_ISO
    
```

Network 7

```

ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΓΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΤΟΥ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
LD     LLS_ISO
O      PUMP_ISO
AN     HLS_ISO
=      PUMP_ISO
    
```

Network 8

```

ΕΝΔΕΙΞΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΡΑΥΩΛΗΣ
LD     LLS_POL
=      RED_LED_LLS_POL
    
```

Network 9

```

ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΓΙΑ ΓΕΜΙΣΜΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΤΗΣ ΠΡΑΥΩΛΗΣ
LD     LLS_POL
O      PUMP_POL
AN     HLS_POL
=      PUMP_POL
    
```

Σχήμα 3 16: Networks 5-9 STL

Network 10

ΕΝΔΕΙΞΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ

```
LD    LLS_W
TON   T41, 50
AN    T41
=     BUZZER_LED_LLS_WATER
```

Network 11

ΕΝΔΕΙΞΗ ΥΨΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ

```
LD    HLS_W
=     GREEN_LED_HLS_WATER
```

Network 12

ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ

```
LDN   PS_ISO
LPS
TON   T42, 50
AN    T42
=     BUZZER_LED_PRESSURE_ISO
LPP
NOT
=     GREEN_LED_PRESSURE_ISO
```

Network 13

ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΗΣ ΠΛΑΥΡΑΗΣ

```
LDN   PS_POL
LPS
TON   T43, 50
AN    T43
=     BUZZER_LED_PRESSURE_POL
LPP
NOT
=     GREEN_LED_PRESSURE_POL
```

Σχήμα 3 17: Networks 10-13 STL

Network 14

ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ

```
LD    TS_ISO
LPS
NOT
=     RED_LED_TEMP_ISO
LPP
=     GREEN_LED_TEMP_ISO
```

Network 15

ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΑΥΡΑΗΣ

```
LD    TS_POL
LPS
NOT
=     RED_LED_TEMP_POL
LPP
=     GREEN_LED_TEMP_POL
```

Σχήμα 3 18: Networks 14-15 STL

3.5 Προτάσεις υλικών και ενδεικτικό κόστος

Με σκοπό να δοθεί μια βοήθεια σχετικά με τα υλικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για μια τέτοια κατασκευή, πληρώντας φυσικά τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την εύρυθμη λειτουργία του κυκλώματος, δίνονται τα παρακάτω links:


- Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες:
<https://gr.mouser.com/ProductDetail/Adafruit/996?qs=GURawfaeGuC3JYqUgdBcsg%3D%3D>
- Αισθητήρες θερμοκρασίας:
<https://gr.mouser.com/ProductDetail/Innovative-Sensor-Technology/P0K1.161.6W.Y.010-155582?qs=sGAEpiMZZMunegBHAOsZDwSNvoSLBI%252BqhyYTaOdhK%2FF3EjzdlVIQzw%3D%3D>
- Αισθητήρες πίεσης:
<https://gr.mouser.com/ProductDetail/Honeywell/MIPAN2XX150PSAAX?qs=sGAEpiMZZMvWgbUE6GM3OX85qr1pL81dRLbIFg%2FtqJfztVV2HhOr%252Bg%3D%3D>
Αισθητήρες στάθμης:
<https://gr.mouser.com/ProductDetail/SST-Sensing/LLC300D3?qs=By6Nw2ByBD1Guw60zSc4yQ%3D%3D>
- Σωλήνας διοχέτευσης πολυουρεθάνης στο βυτίο:
<https://www.papadopoulostools.com/product/solina-aporroffisis-polyoyrethanis-eykampti-me-syrma-f40/>
- Αντλία αναρρόφησης
<https://www.marcopumps.gr/eshop/%CF%86%CF%85%CE%B3%CE%BF%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82/tellarini-al-24-25.html>
- Moter:
<https://aravidis.gr/trifasikos-ilektrokinitiras-moter-ms-15-kw-20-hp-380v-50hz-2poles-b3-hellas-electric-00-05-01-01-51>
- Φτερωτή για μοτέρ (για δημιουργία πίεσης στον σωλήνα των 2 υλικών):
<https://www.internationalspareparts.gr/product/>
- Κίτρινος διακόπτης πλυσίματος:
<https://gr.mouser.com/ProductDetail/Siemens/3SU10510AB300AA0?qs=rSMjI%252B1ewcQozAQG%252BP35mg%3D%3D>
- Πράσινος διακόπτης έναυσης:
<https://gr.mouser.com/ProductDetail/Siemens/3SU10010AB400AA0?qs=rSMjI%252B1ewcQt6n596c72nQ%3D%3D>
- Κόκκινος διακόπτης STOP:
<https://gr.mouser.com/ProductDetail/Siemens/52BP2A2?qs=rSMjI%252B1ewcSj%2F98SZxt%2FZw%3D%3D>
- Buzzer led:
<https://eu.mouser.com/ProductDetail/Mallory-Sonalert/LSC616N?qs=UHCMt8ALGMZ%252BqpLJPaaCOA%3D%3D>
- Πίνακας ελέγχου:
https://www.kafkas.gr/ilektrologika/pinakes/bares-chalkou/pinakes-viomichanikoi-epitoichoi/pinakes-viomichanikoi-epitoichoi-metallikoi/schneider-electric-2-ermario-400x400x200mm-ip66_165088/
- Μονάδα PLC:
<https://www.kafkas.gr/viomichaniko-yliko/aftomatismos-kinisi/programmatizomenoi-logikoi-elegktes-plc-/othones/siemens-logiki-monada-plc>
- Επέκταση PLC:
https://www.kafkas.gr/viomichaniko-yliko/aftomatismos-kinisi/programmatizomenoi-logikoi-elegktes-plc-/exartimata/siemens-plc-monada-psifiakon-in-out-8do-24v-dc_155060/
- Επέκταση PLC:

https://www.kafkas.gr/viomichaniko-yliko/aftomatismos-kinisi/programmatizomenoi-logikoi-elegktes-plc-/exartimata/siemens-fieldbus-monada-psifiakon-in-out-16do-24v-dc_304340/

- Τριφασικοί αναμείκτες:
<https://www.ebuy7.com/el/water-treatment-vertical-dosing-mixer-drug-dissolving-device-cycloidal-pinwheel-reducer-hot-sale.html>
- Δεξαμενές υλικών:
<https://www.kentroantlias.gr/leo-100lt-doxeio-diaistolis>
- Δεξαμενή νερού:
<https://www.kentroantlias.gr/wates-50lit-katheto>
- Θερμοστάτης:
<https://www.fruugo.gr/w3230-12v-24v-ac110-220v>

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται τα προτεινόμενα υλικά, η ποσότητα που απαιτείται καθώς και το κόστος που προκύπτει.

Πίνακας 3. 1: Ενδεικτικά υλικά και κόστη

ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα	5	118,5€
Αισθητήρας θερμοκρασίας	2	17,72€
Αισθητήρας πίεσης	2	109,66€
Αισθητήρας στάθμης	6	194,52€
Σωλήνας διοχέτευσης πολουρεθάνης	1	12,4€
Αντλία αναρρόφησης	2	774€
Moter	2	1.598€
Φτερωτή για moter	2	8,4€
Διακόπτης πλυσίματος	1	14,8€
Διακόπτης έναυσης	1	9,38€
Διακόπτης STOP	1	153,3€
Buzzer LED	3	165€
Πίνακας ελέγχου	1	96,93€
Μονάδα PLC	1	134,85€
Επέκταση PLC	1	122,76€
Επέκταση PLC	1	122,98€
Τριφασικός αναμείκτης	2	210,06€
Δεξαμενή υλικών	2	220,36€
Δεξαμενή νερού	1	78,86€
θερμοστάτης	2	19,9€
ΣΥΝΟΛΟ		4.185,39€

Κεφάλαιο 4ο: Συμπεράσματα

Σε αυτήν την εργασία μελετήθηκε ο τρόπος κατασκευής ενός μηχανήματος χύτευσης πολυουρεθάνης το οποίο ελέγχεται από PLC, με σκοπό τη μόνωση δεξαμενής. Αρχικά μελετήθηκαν σε βάθος τα PLC ως συσκευές κι έπειτα μελετήθηκε ο προγραμματισμός τους.

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό MicroWin αναπτύχθηκε κατάλληλος κώδικας ο οποίος ελέγχει όλα τα επιμέρους συστήματα και υλικά του μηχανήματος με σκοπό την παραγωγή της πολυουρεθάνης μέσω χύτευσης. Με σκοπό να μπορεί το μηχάνημα να γίνει πλήρως λειτουργικό σε πραγματικές συνθήκες, έγιναν αρκετές μετατροπές στον κώδικα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα ήταν η αντιστοιχία των υλικών στο πρόγραμμα με πραγματικά εξαρτήματα τα οποία δεν ήταν κατάλληλα για να αποτελέσουν κομμάτι του μηχανήματος.

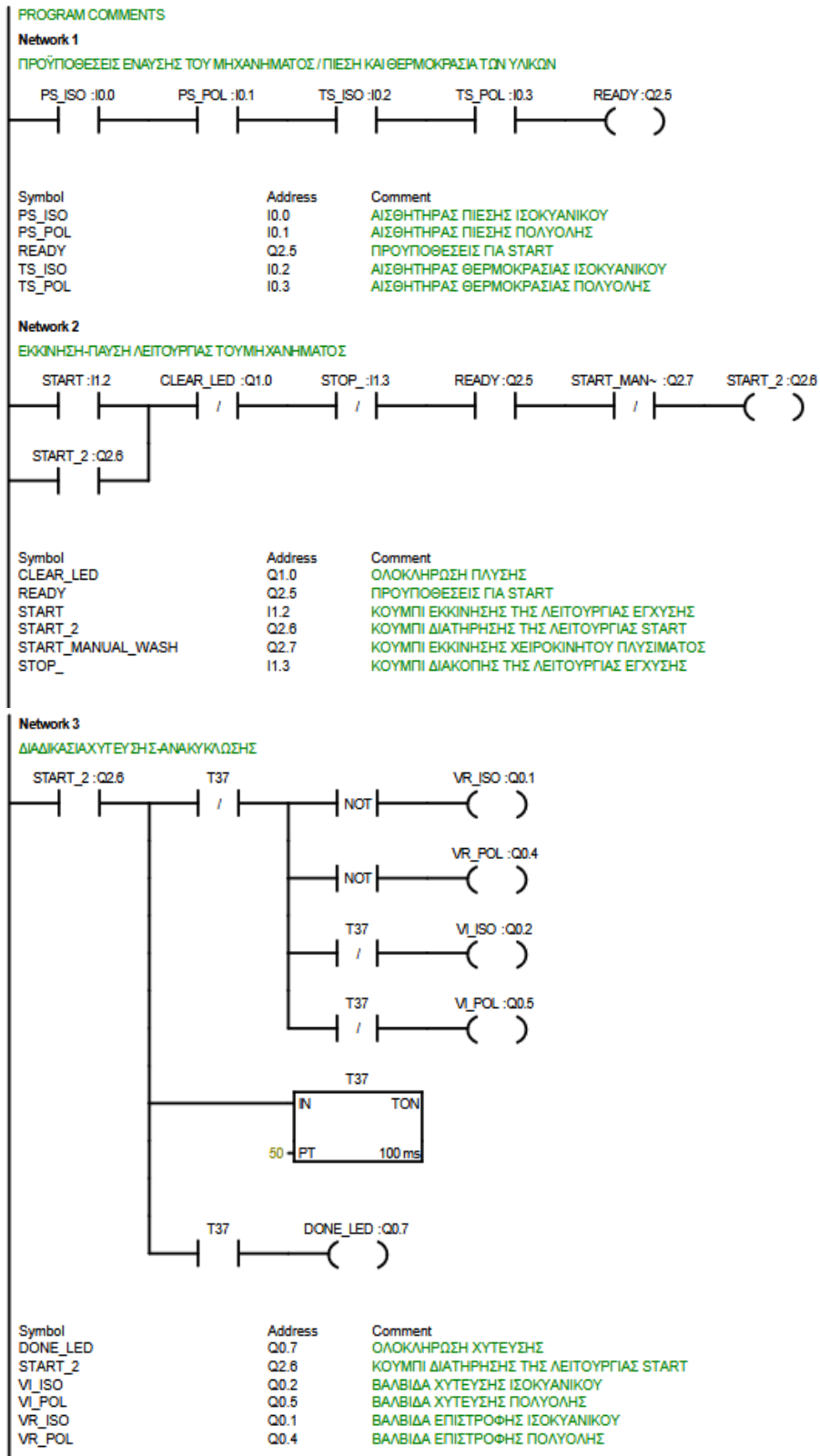
Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξα σχετικά με τη χρήση των PLC είναι πως ενώ έχουν πάρα πολλές δυνατότητες, θα πρέπει ένας χρήστης να είναι ικανός να προσαρμόσει το πρόγραμμά του ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες. Επίσης, απαιτείται μελέτη του προγραμματισμού ενός PLC καθώς είναι συσκευές που συνεχώς εξελίσσονται και οι εταιρείες δεν ακολουθούν μια κοινή γραμμή στις γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούν.

Σε ό,τι αφορά το μηχάνημα χύτευσης θα πρέπει επίσης να γίνει μια καλή μελέτη πριν τον οποιονδήποτε προγραμματισμό καθώς πολλές φορές η προσομοίωση δεν μπορεί να εντοπίσει προβλήματα που θα δημιουργηθούν σε πραγματικές συνθήκες. Είναι σημαντικό, να γνωρίζουμε πολύ καλά το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιείται το PLC, για να είμαστε έτοιμοι να αποφύγουμε κινδύνους και ατυχήματα. Επομένως πέρα από την εύρεση του κατάλληλου PLC για τον αυτοματισμό μας, θα πρέπει να επιλέξουμε με μεγάλη προσοχή και τα υπόλοιπα εξαρτήματα και υλικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

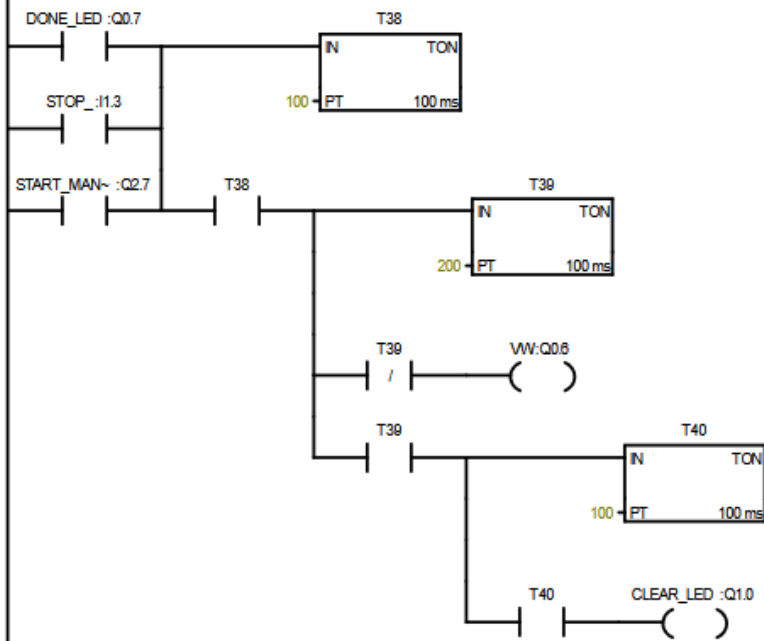
- [1] N. F. Dana and D. Y. Hoppey, *The PLC book*. USA: Corwin, 2016.
- [2] M. Walker, C. Bissell and J. Monk, "The PLC: A Logical Development," *Computer Science, Engineering-Measurement and Control*, vol.43, pp.280-284, Nov. 2010.
- [3] R. DuFour and Reeves, D, "The futility of PLC Lite," *Phi Delta Kappan*, vol. 97, No. 6, pp. 69-71, Feb,2016.
- [4] G. Frey and L. Litz, "Formal methods in PLC programming," In 2000 iee international conference on systems, man and cybernetics. 'cybernetics evolving to systems, humans, organizations, and their complex interactions', Nashville, TN, USA, 2000, pp. 2431-2436.
- [5] M. G. Ioannides, "Design and implementation of PLC-based monitoring control system for induction motor," in *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 19, no. 3, pp. 469-476, Sept. 2004.
- [6] M. F. Sonnenschein, *Polyurethanes*. New Jersey: Wiley, 2015.
- [7] D. Abhijit and M. Prakash, "A brief discussion on advances in polyurethane applications," *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, vol. 3, issue 3, pp. 93-101, Jul. 2020.
- [8] G. T. Howard, "Biodegradation of polyurethane: a review," *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 9, issue 4, pp. 245-252, Jul. 2002.
- [9] D.K. Chattopadhyay and K.V.S.N. Raju, "Structural engineering of polyurethane coatings for high performance applications," *Progress in Polymer Science*, Vol. 32, Issue 3, pp. 352-18, Mar. 2007.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Network 4

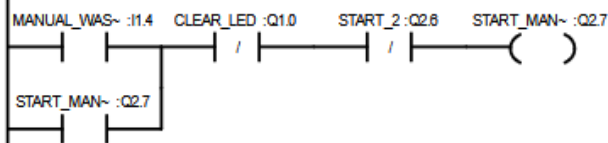
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ



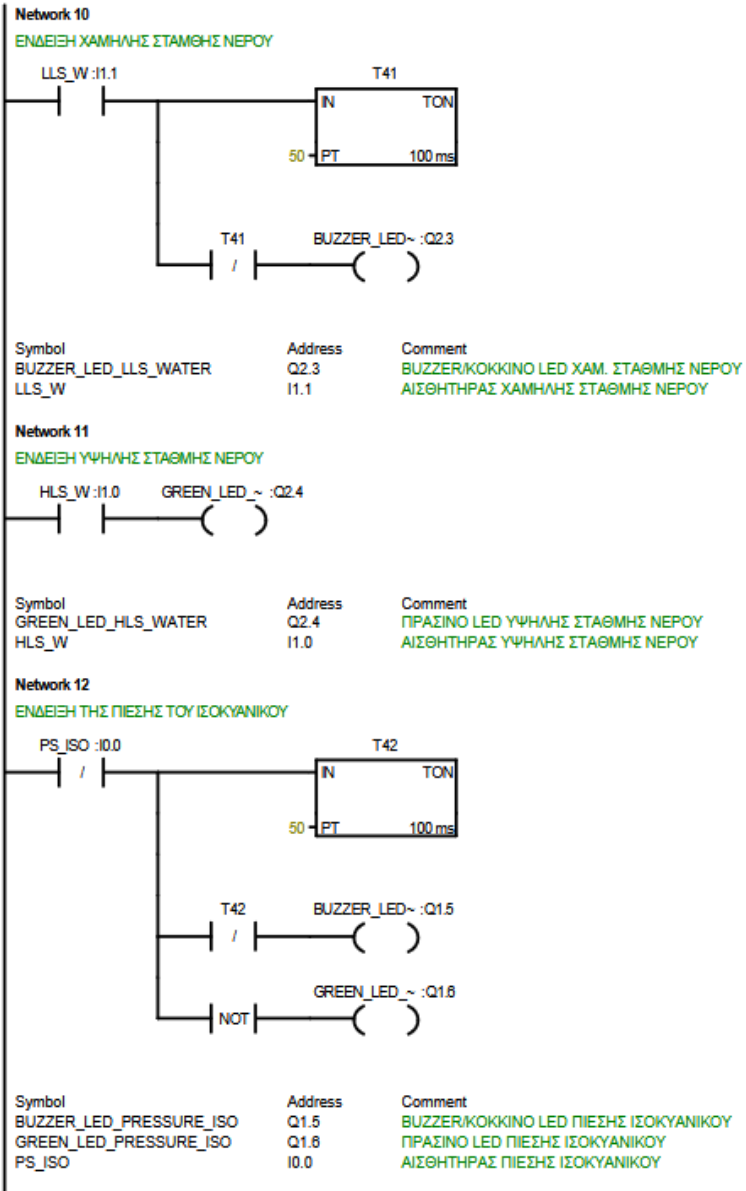
Symbol	Address	Comment
CLEAR_LED	Q1.0	ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΠΛΥΣΗΣ
DONE_LED	Q0.7	ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΧΥΤΕΥΣΗΣ
START_MANUAL_WASH	Q2.7	ΚΟΥΜΠΙ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ
STOP_	I1.3	ΚΟΥΜΠΙ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΓΧΥΣΗΣ
VV	Q0.6	ΒΑΛΒΙΔΑ ΝΕΡΟΥ

Network 5

ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ

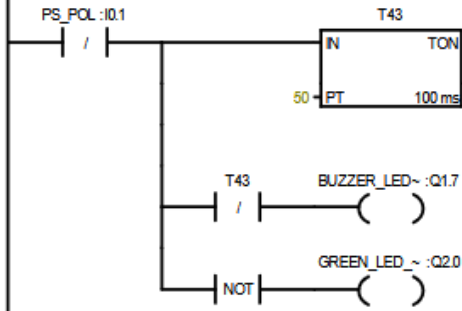


Symbol	Address	Comment
CLEAR_LED	Q1.0	ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΠΛΥΣΗΣ
MANUAL_WASH_FUNCTION	I1.4	ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ
START_2	Q2.6	ΚΟΥΜΠΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ START
START_MANUAL_WASH	Q2.7	ΚΟΥΜΠΙ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ



Network 13

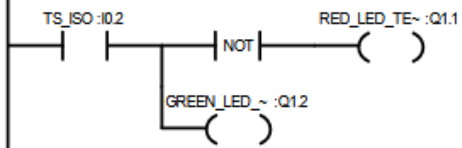
ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΟΛΗΣ



Symbol	Address	Comment
BUZZER_LED_PRESSURE_POL	Q1.7	BUZZER/ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΠΙΕΣΗΣ ΠΟΛΥΟΛΗΣ
GREEN_LED_PRESSURE_POL	Q2.0	ΠΡΑΣΙΝΟ LED ΠΙΕΣΗΣ ΠΟΛΥΟΛΗΣ
PS_POL	I0.1	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΙΕΣΗΣ ΠΟΛΥΟΛΗΣ

Network 14

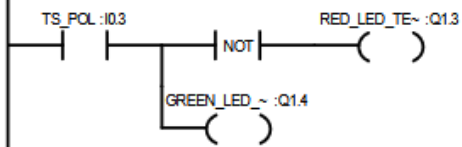
ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ



Symbol	Address	Comment
GREEN_LED_TEMP_ISO	Q1.2	ΠΡΑΣΙΝΟ LED ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
RED_LED_TEMP_ISO	Q1.1	ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ
TS_ISO	I0.2	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΣΟΚΥΑΝΙΚΟΥ

Network 15

ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΟΛΗΣ



Symbol	Address	Comment
GREEN_LED_TEMP_POL	Q1.4	ΠΡΑΣΙΝΟ LED ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΟΛΥΟΛΗΣ
RED_LED_TEMP_POL	Q1.3	ΚΟΚΚΙΝΟ LED ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΟΛΥΟΛΗΣ
TS_POL	I0.3	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΟΛΥΟΛΗΣ