



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΡΕΙΣ ΧΩΡΟΥΣ
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ»



Του φοιτητή
Παπαναστασίου Παναγιώτης
Αρ. Μητρώου: 510079

Επιβλέπων
Μανάβης Χρήστος
Λέκτορας

27 Αυγούστου 2020

Τίτλος Δ.Ε. - Ανάπτυξη αυτόνομου συστήματος με τρεις χώρους αποθήκευσης προϊόντων προς
κατανάλωση.

Κωδικός Δ.Ε. - 17183

Όνοματεπώνυμο φοιτητή - Παπαναστασίου Παναγιώτης

Όνοματεπώνυμο εισηγητή - Μανάβης Χρήστος

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε. - 24/10/2018

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. - 27 Αυγούστου 2020

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 Παπαναστασίου Παναγιώτη 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 οποιονδήποτε 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 παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των προπτυχιακών σπουδών στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, με έδρα τη Θεσσαλονίκη, σε συνεργασία με τον καθηγητή Μανάβη Χρήστο. Το αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας αυτής είναι η ανάπτυξη ενός αυτόματου και αυτόνομου συστήματος PLC με σκοπό τη διατήρηση προϊόντων προς κατανάλωση σε έναν αποθηκευτικό χώρο. Η επιλογή της εργασίας αυτής έγινε από ενδιαφέρον προς τους αυτοματισμούς με σκοπό την εμπάθυση και δημιουργία ενός συστήματος ικανό να λειτουργεί χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, αναδεικνύοντας τις ικανότητες τους τόσο σε απλές όσο και σε πολυπλοκότερες εφαρμογές. Αποτελούν θεμέλιο για τη βιομηχανία και συνεχώς εξελίσσονται επιτρέποντας τους ανθρώπους να δημιουργούν νεότερες και βέλτιστες εκδοχές για τις ανάγκες τους. Το σχηματικό της εργασίας υλοποιήθηκε σε γλώσσα Ladder στο πρόγραμμα LOGO!Soft Comfort.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο την ανάπτυξη ενός αυτόνομου συστήματος PLC από την αρχή, δηλαδή σε σχεδιασμό, σε προγραμματισμό και σε εκτέλεση. Το σύστημα αυτό επρόκειτο για μία αποθήκη με τρεις διαφορετικούς χώρους αποθήκευσης προϊόντων προς κατανάλωση. Στα κεφάλαια που ακολουθούν αναφέρονται λεπτομερώς πολλά στοιχεία για τα PLC τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο, καθώς και στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εργασίας. Ακόμη, υπάρχει πλάνο που αναφέρει τη λειτουργία του συστήματος που ορίστηκε. Τέλος, υπάρχει μία πληθώρα από φωτογραφικό υλικό και πίνακες για να υποστηρίξουν περαιτέρω όλα τα παραπάνω.

<<Development of an autonomous system supporting three different storage areas for storing consumer goods>>

Panagiotis Papanastasiou

Abstract

The purpose of this dissertation is the development of an autonomous PLC system from the ground up, schematic, programming and execution. This system is about a storage supporting three smaller dedicated storing areas for consumer goods. On the next chapters there is a lot of information for the PLC both theoretical and practical and more info on what was used to fulfill the dissertation. Also, there is a report of how the system was decided to be working. Finally, a plethora of photos and charts can be found to support all of the above.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Χρήστο Μανάβη για την υπομονή που έδειξε μέχρι την ολοκλήρωση του έργου διότι λόγω περιορισμένου χρόνου και δυνάμεων προχωρούσε με αργούς ρυθμούς. Επίσης για τη δυνατότητα που μου έδωσε να συνεργαστούμε για την εργασία αυτή και γενικότερα για την έμπνευση σε ένα τομέα πολύ σημαντικό για την ανάπτυξη χωρών και βιομηχανιών και πάρα πολύ ενδιαφέρων με πρόκληση να δημιουργήσεις κάτι νέο ή βέλτιστο, από τον τρόπο σχεδιασμού όλου του κυκλώματος μέχρι και τον προγραμματισμό του.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract.....	5
Ευχαριστίες.....	6
Περιεχόμενα.....	7
Κατάλογος Εικόνων.....	9
Κατάλογος Πινάκων.....	13
Συνομογραφίες.....	14
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή – Θεωρητική ανάλυση.....	15
1.1 PLC – Programmable Logic Controller.....	15
1.1.1 Τι είναι το PLC.....	15
1.1.2 Χαρακτηριστικά PLC.....	16
1.2 Λειτουργία PLC.....	20
1.2.1 Πως λειτουργεί το PLC.....	20
1.2.2 Προγραμματισμός PLC.....	21
1.3 LOGO!Soft Comfort.....	26
1.3.1 Τι είναι το LOGO!Soft Comfort.....	26
1.3.2 Προγραμματισμός σε LOGO!Soft Comfort.....	27
1.3.3 Προσομοίωση σε LOGO!Soft Comfort.....	28

Κεφάλαιο 2ο: Λειτουργία του συστήματος.....	31
2.1 Ανάλυση θεωρητικού πλάνου λειτουργίας του συστήματος.....	31
2.1.1 Περιγραφή του θέματος της πτυχιακής εργασίας.....	31
2.1.2 Θεωρητικό πλάνο και συνθήκες λειτουργίας του συστήματος.....	31
2.2 Στοιχεία του συστήματος.....	32
2.2.1 Αναλυτικός πίνακας I/O του συστήματος.....	32
2.2.2 Συνολική εικόνα του προγράμματος σε γλώσσα Ladder.....	32
Κεφάλαιο 3ο: Ανάλυση συστήματος.....	35
3.1 Ανάλυση των αντικειμένων της Ladder που χρησιμοποιήθηκαν για το σχηματικό της εργασίας.....	35
3.1.1 Είσοδος.....	35
3.1.2 Έξοδος.....	38
3.1.3 Χρονιστής.....	39
3.1.4 Μετρητής.....	40
3.1.5 Γεννήτρια Παλμών.....	44
3.2 Πρακτική ανάλυση του συστήματος.....	45
3.2.1 Έναρξη λειτουργίας του συστήματος.....	45
3.2.2 Τροφοδοσία, φόρτιση και εκφόρτιση του συστήματος.....	46
3.2.3 Ενδείκτες στάθμης φορτίου.....	49
3.2.4 Γεννήτρια ως εναλλακτική μορφή τροφοδοσίας.....	50
3.2.5 Κλιματιστικές μονάδες.....	52
3.2.6 Εξαναγκασμένος τερματισμός λειτουργίας.....	54
Κεφάλαιο 4ο: Συμπεράσματα.....	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ.....	56

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Logo PLC.....	15
Εικόνα 2. Αρχιτεκτονική PLC.....	16
Εικόνα 3. Μονάδα επεξεργαστή PLC.....	17
Εικόνα 4. Μονάδα τροφοδοσίας PLC.....	17
Εικόνα 5. Μονάδα I/O PLC.....	18
Εικόνα 6. Εννιαίο PLC.....	19
Εικόνα 7. Σπονδυλωτό PLC.....	19
Εικόνα 8. Μεγέθη PLC.....	20
Εικόνα 9. Λειτουργία PLC.....	21
Εικόνα 10. Παράδειγμα προγραμματισμού Ladder.....	22
Εικόνα 11. Παράδειγμα προγραμματισμού Function Block Diagram.....	23
Εικόνα 12. Παράδειγμα προγραμματισμού Statement List.....	23
Εικόνα 13. Παράδειγμα προγραμματισμού Logic Functions.....	24
Εικόνα 14. Παράδειγμα υδραυλικού συστήματος.....	25
Εικόνα 15. Παράδειγμα πνευματικού συστήματος.....	26
Εικόνα 16. Αρχική οθόνη LOGO.....	27
Εικόνα 17. Παράδειγμα προγραμματισμού Ladder στο LOGO.....	28
Εικόνα 18. Παράδειγμα προσομοίωσης στο LOGO, 1.....	29
Εικόνα 19. Παράδειγμα προσομοίωσης στο LOGO, 2.....	29
Εικόνα 20. Παράδειγμα προσομοίωσης στο LOGO, 3.....	30

Εικόνα 21. Παράδειγμα προσομοίωσης στο LOGO, 4.....	30
Εικόνα 22. Προγραμματισμός του συστήματος σε Ladder.....	33
Εικόνα 23. Τα I/O του συστήματος σε προσομοίωση στην αρχική τους κατάσταση.....	35
Εικόνα 24. Είσοδος, Ladder.....	37
Εικόνα 25. Είσοδος ως κουμπί μίας χρήσης, Ladder.....	37
Εικόνα 26. Είσοδος ως διακόπτης και κουμπί, Προσομοίωση.....	38
Εικόνα 27. Έξοδος Q1 ως είσοδος, Ladder.....	38
Εικόνα 28. Έξοδος, Ladder.....	38
Εικόνα 29. Κανονική και εσωτερική μνήμη, Ladder.....	39
Εικόνα 30. Η είσοδος ως κανονική και εσωτερική μνήμη με τους αντίστοιχους ενδείκτες, Προσομοίωση.....	39
Εικόνα 31. Χρονιστής on-delay, Ladder.....	40
Εικόνα 32. Παράδειγμα λειτουργίας χρονιστή σε Ladder, 1.....	40
Εικόνα 33. Παράδειγμα λειτουργίας χρονιστή σε Ladder, 2.....	40
Εικόνα 34. Μετρητής, Ladder.....	41
Εικόνα 35. Αρχική κατάσταση μετρητή, Ladder.....	41
Εικόνα 36. Μετρητής ON, Ladder.....	42
Εικόνα 37. Μετρητής OFF, Ladder.....	42
Εικόνα 38. Αλλαγή μετρητή από πρόσθεση σε αφαίρεση τιμής, Ladder.....	43
Εικόνα 39. Κατάσταση μετρητή έπειτα από RESET, Ladder.....	43
Εικόνα 40. Γεννήτρια παλμών, Ladder.....	44
Εικόνα 41. Αρχική κατάσταση γεννήτριας, Ladder.....	44

Εικόνα 42. Κατάσταση γεννήτριας πριν την απενεργοποίησή της, Ladder.....	45
Εικόνα 43. Κατάσταση γεννήτριας πριν στείλει το δεύτερο παλμό στην έξοδό της, Ladder.....	45
Εικόνα 44. Έναρξη λειτουργίας του συστήματος, Ladder.....	46
Εικόνα 45. Έναρξη λειτουργίας του συστήματος, Προσομοίωση.....	46
Εικόνα 46. Φόρτιση συστήματος, Ladder.....	47
Εικόνα 47. Φόρτιση με μηδενικό φορτίο, Προσομοίωση.....	47
Εικόνα 48. Φόρτιση στο 33%, Προσομοίωση.....	47
Εικόνα 49. Φόρτιση στο 66%, Προσομοίωση.....	48
Εικόνα 50. Φόρτιση στο 100%, Προσομοίωση.....	48
Εικόνα 51. Εκφόρτιση συστήματος, Ladder.....	48
Εικόνα 52. Εκφόρτιση με μηδενικό φορτίο, Προσομοίωση.....	48
Εικόνα 53. Εκφόρτιση με πλήρες φορτίο, Προσομοίωση.....	48
Εικόνα 54. Εκφόρτιση στο 66%, Προσομοίωση.....	48
Εικόνα 55. Εκφόρτιση στο 33%, προσομοίωση.....	48
Εικόνα 56. Πλήρης εκφόρτιση, Προσομοίωση.....	49
Εικόνα 57. Ενδείκτες (LED) της στάθμης του εκάστοτε φορτίου, Ladder.....	49
Εικόνα 58. Γεννήτρια, Ladder.....	50
Εικόνα 59. Λειτουργία γεννήτριας κατά την έναρξη του συστήματος ή εν μέσω λειτουργίας και έπειτα από πλήρης εκφόρτιση των μπαταριών, Προσομοίωση.....	50
Εικόνα 60. Ορισμός της στάθμης της καύσιμης ύλης, της λυχνίας κατώτατου ορίου και του διακόπτη αναπλήρωσής της, Ladder.....	51
Εικόνα 61. Ενεργοποίηση της λυχνίας κατώτατου ορίου 1, Προσομοίωση.....	51

Εικόνα 62. Ενεργοποίηση της λυχνίας κατώτατου ορίου 2, Προσομοίωση.....	51
Εικόνα 63. Ενεργοποίηση της λυχνίας κατώτατου ορίου 3, Προσομοίωση.....	51
Εικόνα 64. Αδυναμία λειτουργίας της γεννήτριας έπειτα από εξάντληση της καύσιμης ύλης, Προσομοίωση.....	51
Εικόνα 65. Οι τρεις κλιματιστικές μονάδες, Ladder.....	53
Εικόνα 66. Ενδείκτες (LED) των κλιματιστικών μονάδων, Προσομοίωση.....	53
Εικόνα 67. Διακόπτης εξαναγκασμένου τερματισμού λειτουργίας του συστήματος, Ladder.....	54
Εικόνα 68. Διακόπτης εξαναγκασμένου τερματισμού λειτουργίας του συστήματος, Προσομοίωση.....	54

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Πίνακας εντολών Statement List.....	24
Πίνακας 2. Πίνακας I/O του συστήματος.....	32
Πίνακας 3. Πίνακας Αληθείας του συστήματος.....	35
Πίνακας 4. Έναρξη λειτουργίας του συστήματος, Πίνακας Αληθείας.....	46
Πίνακας 5. Πλήρης φόρτιση, Πίνακας Αληθείας.....	48
Πίνακας 6. Πλήρης εκφόρτιση, Πίνακας Αληθείας.....	49
Πίνακας 7. Λειτουργία γεννήτριας κατά την έναρξη του συστήματος ή εν μέσω λειτουργίας και έπειτα από πλήρης εκφόρτιση των μπαταριών, Πίνακας Αληθείας.....	50
Πίνακας 8. Ενεργοποίηση γεννήτριας, αρχική κατάσταση, ενεργοποίηση λυχνίας κατώτατου ορίου και κατάρρευση συστήματος, Πίνακας Αληθείας.....	52
Πίνακας 9. Αναπλήρωση καύσιμης ύλης και επανεκκίνηση της γεννήτριας, Πίνακας Αληθείας.....	52
Πίνακας 10. Οι τρεις κλιματιστικές μονάδες, Πίνακας Αληθείας.....	54
Πίνακας 11. Διακόπτης εξαναγκασμένου τερματισμού λειτουργίας του συστήματος, Πίνακας Αληθείας.....	54

Συντομογραφίες

PLC – Programmable Logic Controller

I/O – Input / Output

SL – Statement List

FBD – Function Block Diagram

LF – Logic Functions

NO – Normally Open

NC – Normally Closed

ROM – Read Only Memory

RAM – Random Access Memory

AC – Alternating Current

DC – Direct Current

V - Volt

USB – Universal Serial Bus

S7 – Step Seven

LED – Light Emitting Diode

1. Εισαγωγή – Θεωρητική ανάλυση

Σε αυτό το εισαγωγικό κεφάλαιο αναφέρονται εκτενώς κάποια βασικά χαρακτηριστικά των PLC ως προς την κατασκευή τους, τον τρόπο λειτουργίας τους και εφαρμογές τους καθώς και στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εργασίας.

1.1 PLC, Programmable Logic Controller

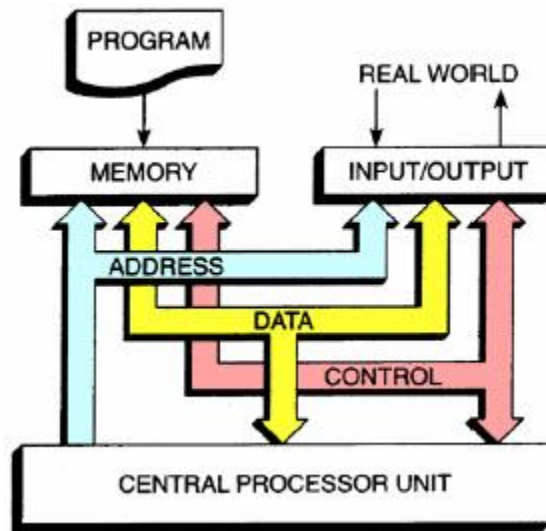
1.1.1 Τι είναι το PLC

Το PLC ή Programmable Logic Controller είναι ένας προγραμματιζόμενος λογικός «κοντρόλερ», ότι ακριβώς δηλώνει η ονομασία του δηλαδή. Πιο εύκολα θα χαρακτηρίζοταν ως ένας υπολογιστής σε σμίκρυνση. Χρησιμοποιείται κατά κόρον στις βιομηχανίες και η βασική του λειτουργία είναι η αυτοματοποίηση όλου του συστήματος, από ένα μηχανικό/ηλεκτρονικό/υδραυλικό μέρος σε ένα σύστημα, έως ολόκληρη γραμμή παραγωγής με συνδυασμό των παραπάνω μερών. Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει ένα PLC LOGO, παρόμοιο με αυτό βάσει του οποίου υλοποιήθηκε η εργασία.



Εικόνα 1. Logo PLC.

1.1.2 Χαρακτηριστικά PLC



Εικόνα 2. Αρχιτεκτονική PLC.

Το PLC, αποτελείται από τουλάχιστον τρεις βασικές μονάδες, τη μονάδα του επεξεργαστή, τη μονάδα της τροφοδοσίας και μία ή παραπάνω μονάδα εισόδων-εξόδων (I/O).

Η μονάδα του επεξεργαστή αποτελείται από τον κύριο επεξεργαστή και τις μνήμες του. Ο επεξεργαστής είναι υπεύθυνος για τους απαραίτητους υπολογισμούς και την επεξεργασία δεδομένων, λαμβάνοντας διάφορες εισόδους για να παράγει τις αντίστοιχες εξόδους. Οι μνήμες αποτελούνται από ROM και RAM, με την πρώτη να εμπεριέχει το λειτουργικό σύστημα, τους οδηγούς και τις εφαρμογές και τη δεύτερη να αποθηκεύει τον προγραμματισμό του χρήστη και άλλα δεδομένα εργασίας. Τα PLC χρησιμοποιούν ανασχετικές μνήμες για την αποθήκευση δεδομένων με σκοπό να συνεχίσουν τη λειτουργία τους από το σημείο που σταμάτησε αν για παράδειγμα επέλθει διακοπή τροφοδοσίας.



Εικόνα 3. Μονάδα επεξεργαστή PLC.

Η μονάδα τροφοδοσίας παρέχει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια στο σύστημα για τη λειτουργία του, μετατρέποντας το ρεύμα από AC σε DC. Η ενέργεια αυτή τροφοδοτεί τα κυκλώματα του PLC, αλλά και τη ράγα πάνω στην οποία τοποθετούνται εξαρτήματα όπως σένσορες και εκκινητές. Η τάση τείνει να είναι 5V DC για τα κυκλώματα και 24V DC για τα λοιπά στοιχεία σε ορισμένα PLC.



Εικόνα 4. Μονάδα τροφοδοσίας PLC.

Η μονάδα I/O επιτρέπει τη σύνδεση κάποιου σένσορα ή εκκινητή στο σύστημα για την ανίχνευση και τον έλεγχο μεταβλητών σε πραγματικό χρόνο όπως θερμοκρασία, πίεση και άλλα. Αυτές οι μονάδες ποικίλουν σε τύπο, εύρος ακόμα και δυνατότητες. Κάποια παραδείγματα είναι η ψηφιακή, η αναλογική και περιβάλλοντος επικοινωνίας.

Η ψηφιακή μονάδα χρησιμοποιείται για στοιχεία ψηφιακής φύσης, δηλαδή για περιπτώσεις ανοιχτού-κλειστού διακόπτη κυρίως. Τέτοιες μονάδες είναι διαθέσιμες για AC και DC τάσεις και ρεύματα με ποικίλο αριθμό ψηφιακών I/O.

Η αναλογική μονάδα χρησιμοποιείται για να συνδέσει στοιχεία που προμηθεύουν αναλογικά ηλεκτρικά σήματα. Εντός αυτών των μονάδων υπάρχει ένας μετατροπέας για να μετατρέψει το αναλογικό σήμα σε δεδομένα ψηφιακής μορφής ώστε να τα καταλάβει ο επεξεργαστής. Και σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να υπάρχει ποικιλία στον αριθμό I/O.

Η μονάδα περιβάλλοντος επικοινωνίας ανταλλάσει πληροφορίες μεταξύ του επεξεργαστή και ενός δικτύου επικοινωνίας. Τέτοιες μονάδες χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ πολλαπλών PLC ή υπολογιστών που είναι απομακρυσμένοι.



Εικόνα 5. Μονάδα I/O PLC.

Τα PLC χωρίζονται σε κατηγορίες βάσει κατασκευής και μεγέθους.

Αρχικά η κατασκευή τους ανήκει σε μία από τις δύο κατηγορίες, εννιαίο ή σπονδυλωτό.

Ένα εννιαίο PLC έχει όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα μέσα σε ένα κουτί, δίνοντας στο χρήστη ένα έτοιμο εργαλείο με χαρακτηριστικά προκαθορισμένα από τον κατασκευαστή.



Εικόνα 6. Εννιαίο PLC.

Αντίθετα το σπονδυλωτό PLC φέρει μία κοινή γραμμή σύνδεσης (ράγα) όπου πάνω της τοποθετούνται τα εξαρτήματα για τη λειτουργία του PLC. Στη δεύτερη περίπτωση τα εξαρτήματα μπορούν να αντικατασταθούν ώστε να βρίσκονται πιο κοντά στα χαρακτηριστικά που ζητάει ο χρήστης.



Εικόνα 7. Σπονδυλωτό PLC.

Τα PLC έχουν τρία βασικά μεγέθη, μικρό, μεσαίο και μεγάλο.

Ένα μικρό PLC σχεδιάζεται με σκοπό τον έλεγχο κάποιου εξοπλισμού και για την αντικατάσταση συνδεσμολογίας κάποιου ρελέ, χρονιστή και άλλων. Η μονάδα I/O σε αυτό το PLC είναι περιορισμένη στις μία ή δύο και οι γλώσσες που χρησιμοποιεί για τον προγραμματισμό του είναι η Ladder και η SL.

Το μεσαίο PLC είναι και το πιο διαδεδομένο. Επιτρέπει την πρόσθεση πολλών περαιτέρω μονάδων καθώς και καρτών I/O αγγίζοντας μέχρι και μερικές εκατοντάδες I/O. Επίσης αυτό το PLC παρέχει και λειτουργίες μονάδων επικοινωνίας.

Τέλος, το μεγάλο PLC χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται πολύπλοκες λειτουργίες και η χωρητικότητα σε ένα τέτοιο PLC είναι υψηλότερη από αυτή του μεσαίου σε όλες τις μονάδες, από τις μνήμες μέχρι και τις γλώσσες προγραμματισμού.



Εικόνα 8. Μεγέθη PLC.

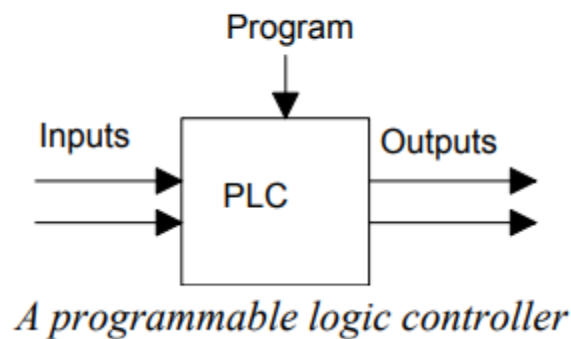
1.2 Λειτουργία PLC

1.2.1 Πως λειτουργεί το PLC

Το PLC χρειάζεται την κατάλληλη συνδεσμολογία και τροφοδοσία για να λειτουργήσει. Εκτός από αυτά όμως πρέπει να του δωθούν εντολές και αυτό πραγματοποιείται με τη μορφή κώδικα σε μία από τις γλώσσες που αναγνωρίζει μέσω κάποιου χρήστη.

Ουσιαστικά εκτελεί το πρόγραμμα που του ορίζεται αναλόγως συνθηκών. Το PLC με άλλα λόγια είναι το μυαλό του εξοπλισμού. Η χρηστικότητά του τεράστια καθώς και η δυνατότητά του να εκτελεί πολλαπλές και πολύπλοκες εντολές, το καθιστούν ένα από τα πιο απαραίτητα εργαλεία που πρέπει να υπάρχει σε κάθε βιομηχανία και όχι μόνο.

Ένα καλό και απλό παράδειγμα λειτουργίας του PLC είναι οι σηματοδότες κυκλοφορίας ή αλλιώς φανάρια. Θα ήταν πολύ δύσκολο έως και ακατόρθωτο για έναν άνθρωπο να διαβάζει δεδομένα και να πατάει τα αντίστοιχα κουμπιά ώστε οι σηματοδότες να λειτουργούν δίχως ψεγάδι. Χιλιάδες δεδομένα θα απαιτούσαν και τεράστιο προσωπικό δυναμικό για να φέρουν εις πέρας μία τέτοια εργασία και με τεράστια ευθύνη σε περίπτωση ατυχήματος. Αντ' αυτού υπάρχουν PLC ικανά να κάνουν ακριβώς την ίδια εργασία με πολύ μικρότερο κόστος, μεγάλη ταχύτητα και ευκρίνια και ιδανικά να εξαλείψουν την όποια περίπτωση ατυχήματος. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στον κώδικα που έγινε ακριβώς για αυτόν τον σκοπό και με τα δεδομένα που λαμβάνει το PLC μέσω των εισόδων του ώστε να ολοκληρωθούν οι αντίστοιχες διεργασίες.



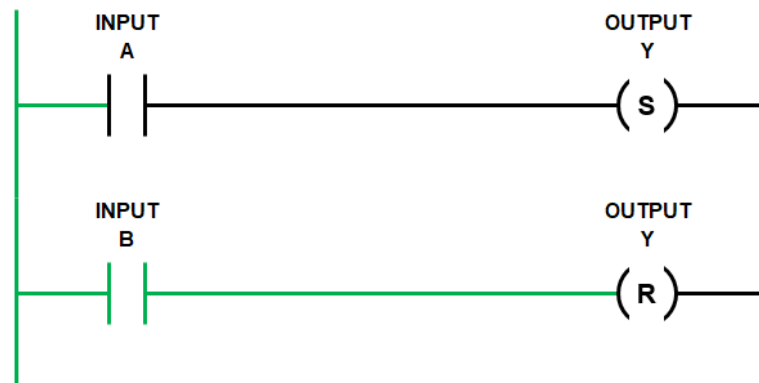
Εικόνα 9. Λειτουργία PLC.

1.2.2 Προγραμματισμός PLC

Ο προγραμματισμός του PLC γίνεται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή στο αντίστοιχο εργαλείο που δίνεται από τον κατασκευαστή του εκάστοτε PLC το οποίο φέρει και ένα περιβάλλον προσομοίωσης ώστε να ελεγχθεί η ορθή λειτουργία του. Οι γλώσσες προγραμματισμού ποικίλουν σε μορφή, δυσκολία και ευελιξία, με την πιο γνωστή στο κοινό να είναι η Ladder.

Η Ladder δεν είναι παρά ένα κύκλωμα με ρελέ που περιέχει ένα πηνίο και επαφές. Όταν το πηνίο δεχτεί τάση δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο, αυτό μετακινεί ένα

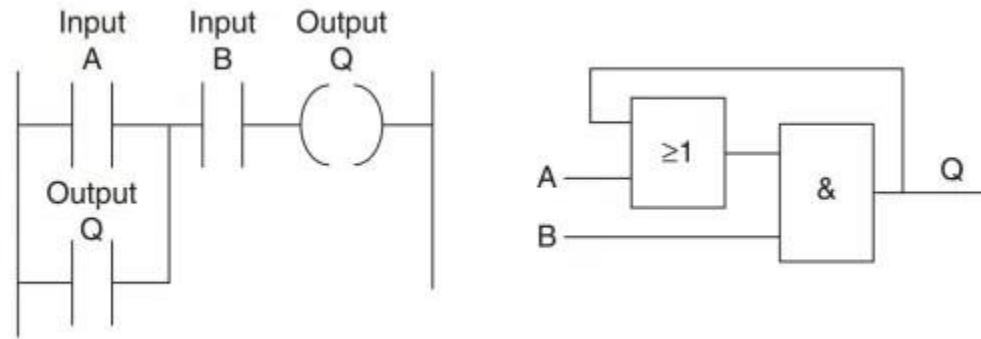
διακόπτη με αποτέλεσμα να κλείσει η επαφή. Η διέγερση αυτή ονομάζεται normally open (NO). Στην αντίθετη περίπτωση που δεν υφίσταται διέγερση, ονομάζεται normally closed (NC). Επίσης, κάθε κύκλωμα που σχεδιάζεται, συνδέεται σε μία οριζόντια ράγα που ορίζει την τροφοδοσία του. Κάθε ρελέ ακόμη, έχει τη δυνατότητα να έχει πολλαπλές εξόδους, οπότε και μπορεί να θεωρηθεί συγχρόνως και ως είσοδος. Αποτελεί μία από τις πιο γνωστές γλώσσες και προτιμάται στις περισσότερες περιπτώσεις γιατί είναι αρκετά εύχρηστη, γρήγορη και αποτελεσματική.



Εικόνα 10. Παράδειγμα προγραμματισμού Ladder.

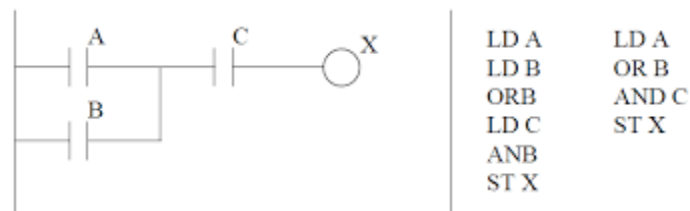
Φυσικά δεν είναι η μόνη γλώσσα που χρησιμοποιείται, η Function Block Diagram (FBD), η Statement List (SL) και η Logic Functions (LF) είναι κάποιες ακόμη που έχουν επικρατήσει στον προγραμματισμό των PLC.

Το FBD είναι ένας γραφικός τρόπος προγραμματισμού. Περιγράφει τα σήματα και τα δεδομένα του κυκλώματος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λογική πύλη, μετρητή, χρονιστή ή ακόμα και κατί πιο ειδικό που θα του ορίσει ο χρήστης.



Εικόνα 11. Παράδειγμα προγραμματισμού Function Block Diagram.

Η statement list παρουσιάζει ομοιότητες με την assembly που χρησιμοποιείται στους μικροεπεξεργαστές. Αν και δεν είναι ενσωματωμένη στα περισσότερα PLC, είναι πολύ ευέλικτη για έμπειρους, κυρίως, χρήστες. Είναι από τις πιο δύσκολες μορφές προγραμματισμού και απαιτεί μεγάλο χρόνο εκμάθησης και εμπειρίας.

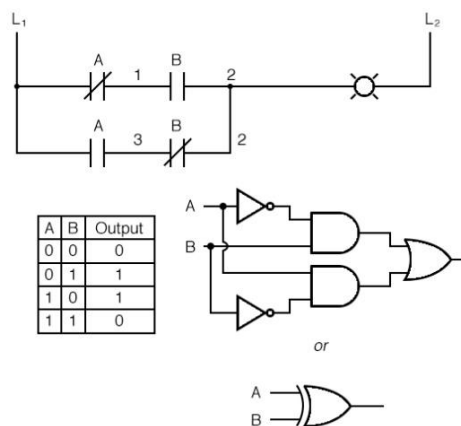


Εικόνα 12. Παράδειγμα προγραμματισμού Statement List.

Instruction	Modifier	Operand	Description
LD	N	variable, constant	loads operand
ST	N	variable, constant	stores operand
S		variable	sets operand to <i>true</i>
R		variable	sets operand to <i>false</i>
NOT			Boolean negation
AND	N	variable, constant	Boolean AND
OR	N	variable, constant	Boolean OR
XOR	N	variable, constant	Boolean XOR
ADD		variable, constant	addition
SUB		variable, constant	subtraction
MUL		variable, constant	multiplication
DIV		variable, constant	integer division
GT		variable, constant	comparison greater than
GE		variable, constant	comparison greater equal
LT		variable, constant	comparison less than
LE		variable, constant	comparison less equal
EQ		variable, constant	comparison equal
NE		variable, constant	comparison unequal
JMP	N, C	label	jump to label
RET			return from function (block)

Πίνακας 1. Πίνακας εντολών Statement List.

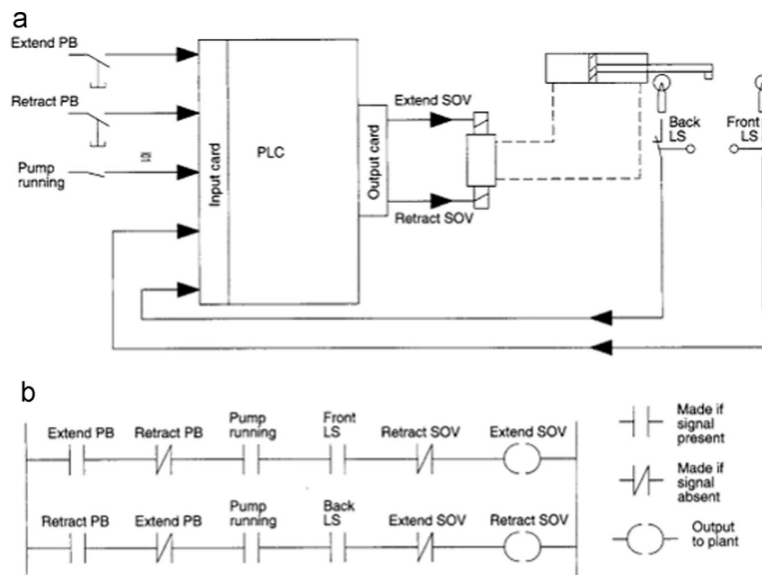
Η Logic functions είναι αρκετά απλή όπως η ladder, αλλά ο χρήστης καλείται να σχεδιάσει ένα κύκλωμα μόνο με λογικές πύλες. Όλος ο σχεδιασμός γίνεται βάσει του πίνακα αληθείας. Σε μικρές εφαρμογές μπορεί να θεωρηθεί και η βέλτιστη μορφή προγραμματισμού, για κάτι πιο σύνθετο όμως ο χρήστης θα πρέπει να προτιμήσει τη ladder, εκτός και αν είναι εξοικειωμένος με κάποια από τις άλλες δύο δεδομένου ότι υποστηρίζονται από το plc.



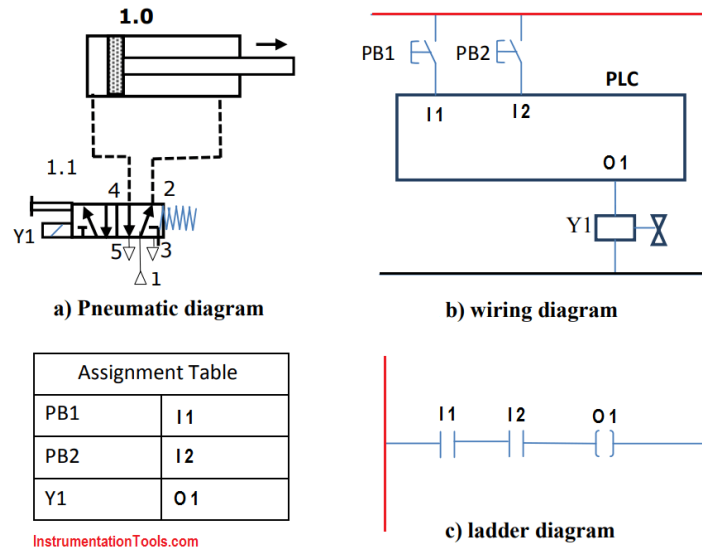
Εικόνα 13. Παράδειγμα προγραμματισμού Logic Functions.

Αφού ολοκληρωθεί ο προγραμματισμός, το PLC συνδέεται στον υπολογιστή μέσω κάποιου καλωδίου USB, Ethernet ή κάποιο άλλο συμβατό αναλόγως το PLC και γίνεται η μεταφόρτωσή του. Έπειτα είναι έτοιμο για χρήση μόλις επιτευχθεί η ορθή συνδεσμολογία του PLC στο λοιπό σύστημα.

Αν και η εφαρμογή των PLC φημίζεται για ηλεκτρικά κυρίως συστήματα, συχνά παρατηρείται η χρήση τους και σε άλλα συστήματα όπως υδραυλικά και πνευματικά. Η βασική τους διαφορά είναι ότι τα υδραυλικά και πνευματικά χρησιμοποιούν έμβολα, κυλίνδρους και βαλβίδες ροής για να κατευθύνουν την ενέργεια, συνεπώς οι εγκαταστάσεις τέτοιου εξοπλισμού καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο συγκριτικά με ένα μεσαίο, ως το πιο συνηθισμένο PLC. Οι γλώσσες προγραμματισμού παραμένουν κοινές, αλλά ο προγραμματισμός τους γίνεται σε άλλο περιβάλλον πιο ειδικό για τέτοιες εφαρμογές.



Εικόνα 14. Παράδειγμα υδραυλικού συστήματος.



Εικόνα 15. Παράδειγμα πνευματικού συστήματος.

1.3 LOGO!Soft Comfort

1.3.1 Τι είναι το LOGO!Soft Comfort

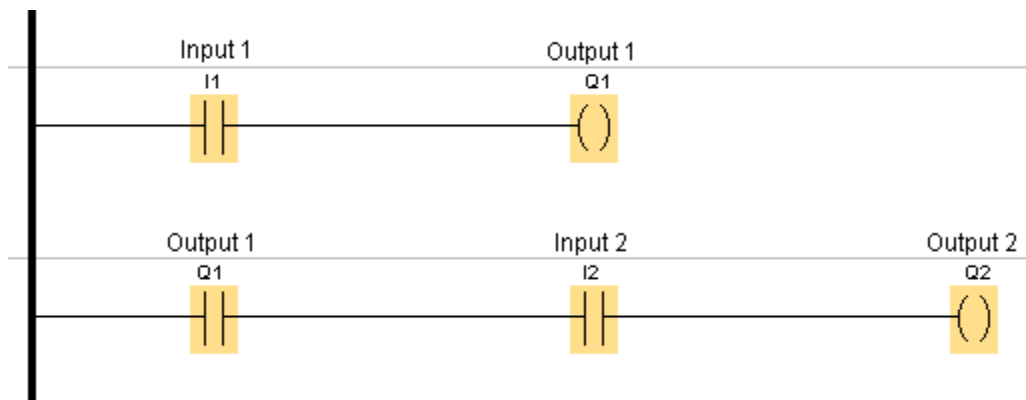
Το LOGO!Soft Comfort είναι μία σουίτα προγραμματισμού PLC, η ίδια που χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση της εργασίας και κάποιοι από τους λόγους που επιλέχθηκε είναι: α) η δωρεάν διάθεσή της για εκπαιδευτικούς σκοπούς, β) η σχετικά γρήγορη εκμάθηση του προγράμματος καθώς είναι αρκετά φιλική προς νέους χρήστες και υπάρχει και μία σειρά από βίντεο εκμάθησης στο ίντερνετ από την ίδια την εταιρεία και γ) μεταξύ των δύο που διδάχθηκαν στο μάθημα των PLC στο πρόγραμμα σπουδών και ανήκουν στην ίδια εταιρεία, το LOGO φέρει ενσωματωμένη προσομοίωση με ένα κουμπί σε αντίθεση με το S7 (Step Seven) όπου απαιτούσε αποθήκευση και εξαγωγή του αρχείου του προγραμματισμού και εισαγωγή στο πρόγραμμα προσομοίωσης για κάθε αλλαγή που επρόκειτο να φέρει ο χρήστης στο διάγραμμα.



Εικόνα 16. Αρχική οθόνη LOGO.

1.3.2 Προγραμματισμός PLC σε LOGO!Soft Comfort

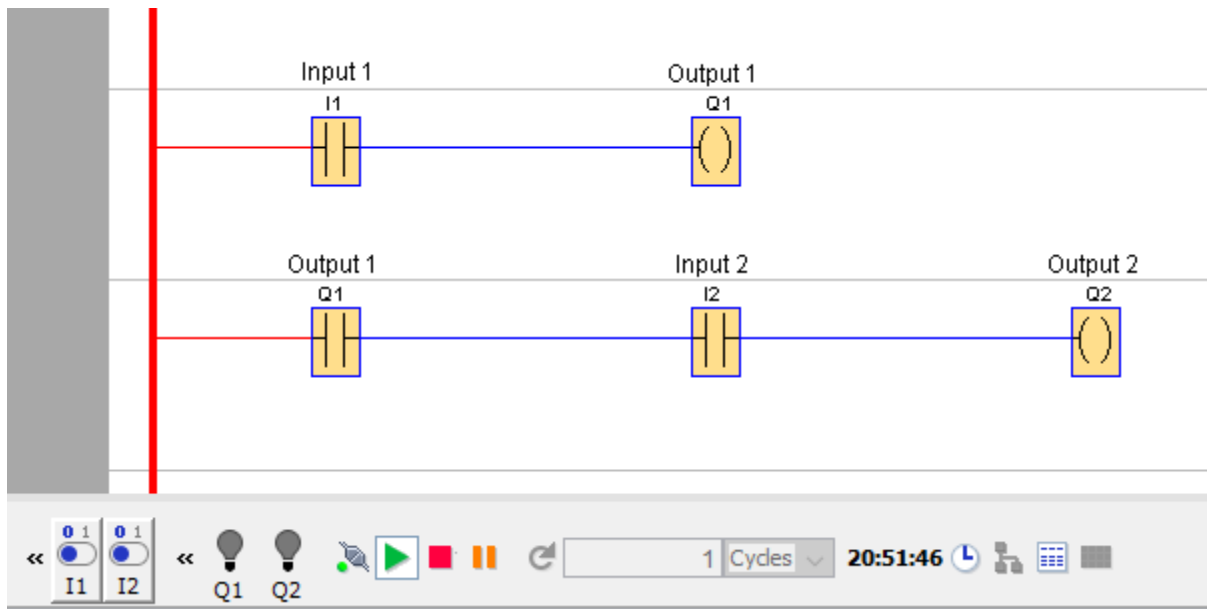
Το LOGO δε διαφέρει πολύ από όμοιες σουίτες, πέρα από το γεγονός ότι έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίξει το συγκεκριμένο PLC, υποστηρίζει τις ίδιες γλώσσες και διαθέτει τα ίδια εργαλεία. Η εργασία υλοποιήθηκε σε Ladder όπως φαίνεται παρακάτω. Η επιλογή της συγκεκριμένης γλώσσας βασίστηκε στην πιο άμεση λειτουργία των εξαρτημάτων σε σύγκριση με τις υπόλοιπες, δηλαδή οι εντολές που δίνονται δεν απαιτούν λογικές πύλες και συνδεσμολογία, το κάθε εξάρτημα φέρει ήδη λογικές πύλες στο εσωτερικό του.



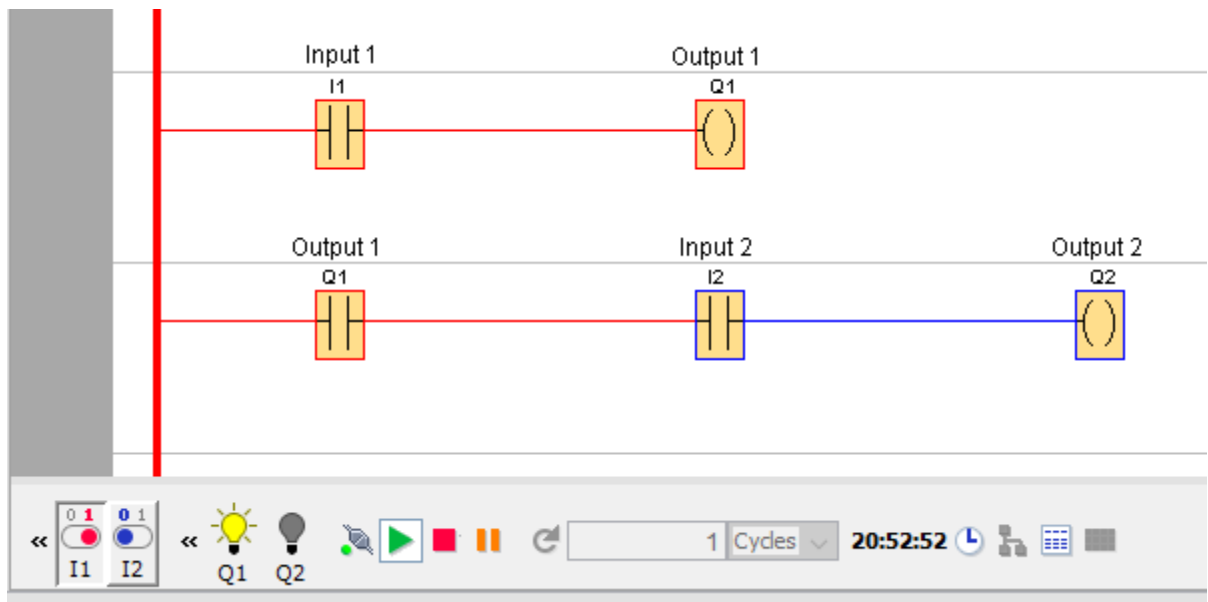
Εικόνα 14. Παράδειγμα προγραμματισμού Ladder στο LOGO.

1.3.3 Προσομοίωση σε LOGO!Soft Comfort

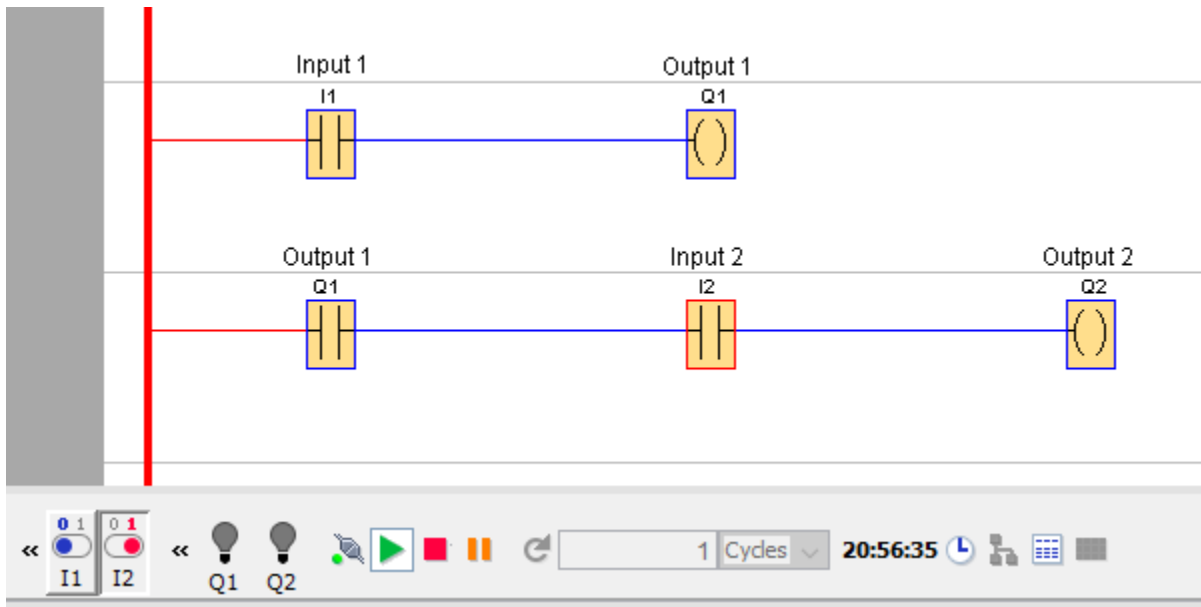
Με κάθε είσοδο ή έξοδο που δηλώνουμε εντός διαγράμματος, το πρόγραμμα αυτόματα μας δίνει τις αντίστοιχες ενδείξεις στο κάτω μέρος της οθόνης. Έπειτα με το κουμπί Simulation στην εργαλειοθήκη μπορούμε να δούμε πως θα λειτουργεί το πρόγραμμά μας κάτω από αληθινές συνθήκες. Η προσομοίωση μπορούμε να πούμε ότι είναι και μια μορφή πίνακα αληθείας καθ' εξέλιξιν δίνοντας στο χρήστη τη δυνατότητα να μετατρέψει κάποια σημεία στον προγραμματισμό ώστε να λειτουργεί βάσει του σχεδιασμού του χωρίς να χρειαστεί απαραίτητα να ολοκληρώσει πρώτα τον πίνακα αληθείας για να επαληθεύσει τη λειτουργία του PLC και έπειτα να κάνει της απαραίτητες διορθώσεις.



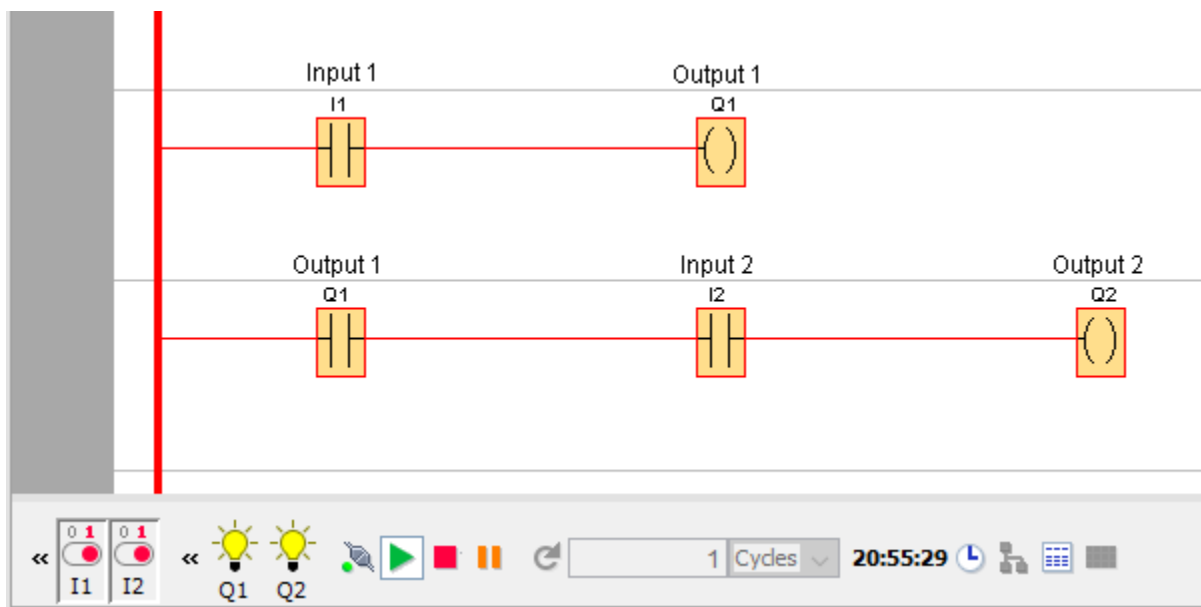
Εικόνα 18. Παράδειγμα προσομοίωσης στο LOGO, 1.



Εικόνα 19. Παράδειγμα προσομοίωσης στο LOGO, 2.



Εικόνα 20. Παράδειγμα προσομοίωσης στο LOGO, 3.



Εικόνα 21. Παράδειγμα προσομοίωσης στο LOGO, 4.

2. Λειτουργία του συστήματος

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται συνοπτικά ο τρόπος που λειτουργεί το σύστημα σε θεωρητικό πλαίσιο υπό δοσμένες συνθήκες.

2.1 Ανάλυση θεωρητικού πλάνου λειτουργίας του συστήματος

2.1.1 Περιγραφή του θέματος της πτυχιακής εργασίας

Το θέμα της εργασίας είναι μία αποθήκη με τρεις χώρους όπου αποφασίστηκε να λειτουργήσει ως χώρος φιλοξενίας προϊόντων προς κατανάλωση. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί πως όλοι οι χώροι υπόκεινται στην ίδια γραμμή τροφοδοσίας όπως θα εξηγηθεί στη συνέχεια, αλλά τα προϊόντα απαιτούν διαφορετικές συνθήκες διατήρησης, οπότε και οι θερμοκρασίες συντήρησης στον εκάστοτε χώρο θα είναι διαφορετικές.

2.1.2 Θεωρητικό πλάνο και συνθήκες λειτουργίας του συστήματος

Το σύστημα έχει ως σκοπό τη διατήρηση κάποιων ορίων θερμοκρασίας, στους τρεις χώρους της αποθήκης, που ορίζονται αυστηρά στους -20°C , 5°C και 15°C αντίστοιχα. Κάθε χώρος διαθέτει τη δική του πηγή ψύξης / θέρμανσης και ενεργοποιείται ακαριαία μόλις ο αισθητήρας διαπιστώσει διακύμανση της θερμοκρασίας στον εκάστοτε χώρο. Αυτή η ενέργεια επιτυγχάνεται με μία βασική προϋπόθεση, παρουσία τροφοδοσίας. Αυτό σημαίνει πως θα πρέπει πάντα να υπάρχει τροφοδοσία ώστε τα προϊόντα να μην κινδυνεύσουν και για αυτό το λόγο το σύστημα σχεδιάστηκε να λειτουργεί με τρεις τροφοδοσίες, τη βασική παροχή της ΔΕΗ και δύο μεμονομένες, αλλά συγχρόνως αλληλένδετες ως προς τη λειτουργία τους, μπαταρίες και γεννήτρια.

2.2 Στοιχεία του συστήματος

2.2.1 Αναλυτικός πίνακας I/O του συστήματος

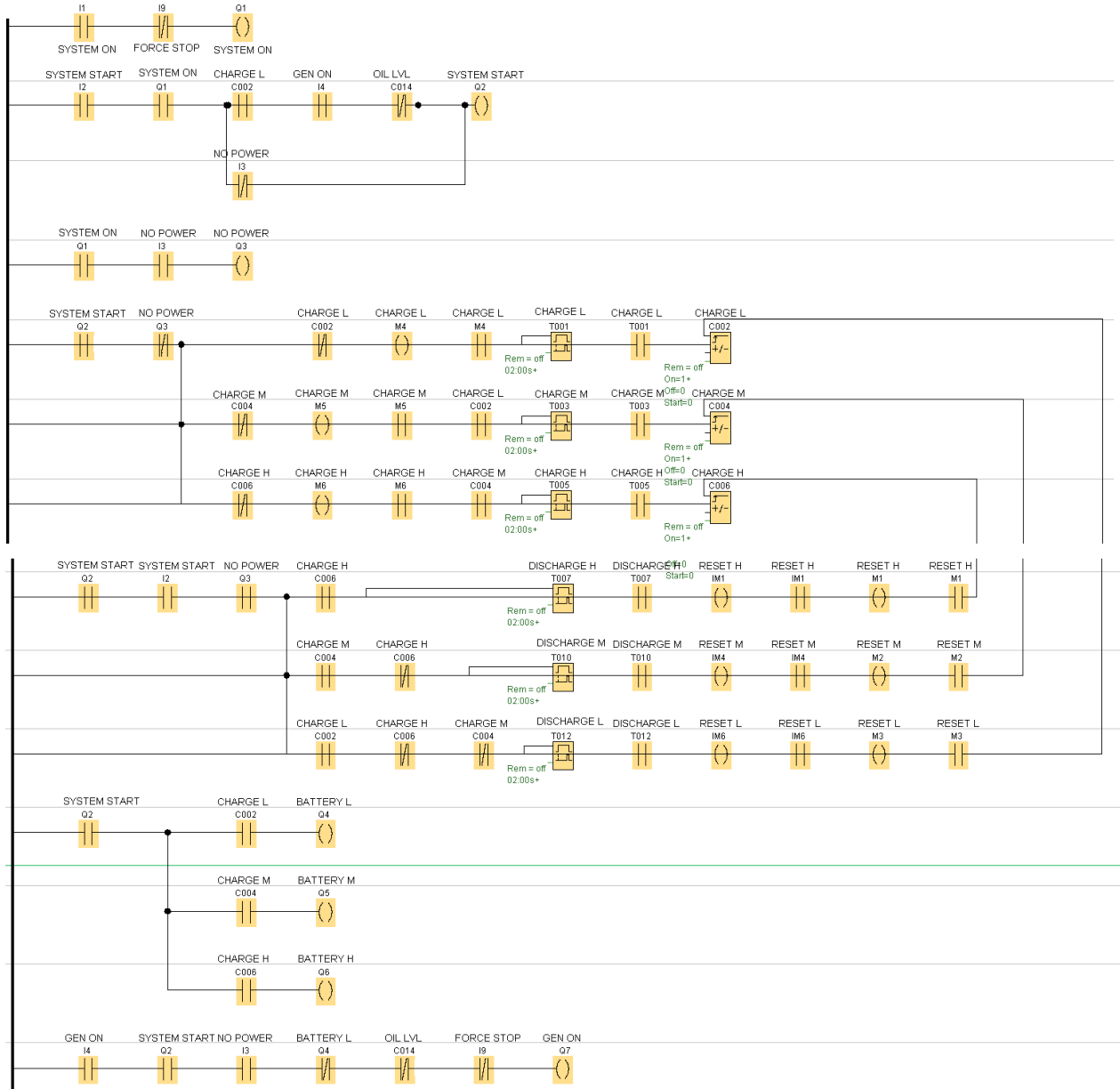
ΕΙΣΟΔΟΙ - INPUTS	ΕΞΟΔΟΙ - OUTPUTS
I1: SYSTEM ON	Q1: SYSTEM ON
I2: SYSTEM START	Q2: SYSTEM START
I3: NO POWER	Q3: NO POWER
I4: GENERATOR ON	Q4: BATTERY LOW (33%)
I5: OIL SUPPLY	Q5: BATTERY MEDIUM (66%)
I6: FAN 1	Q6: BATTERY HIGH (100%)
I7: FAN 2	Q7: GENERATOR ON
I8: FAN 3	Q8: NO OIL
I9: FORCE STOP	Q9: FAN 1 ON
	Q10: FAN 2 ON
	Q11: FAN 3 ON

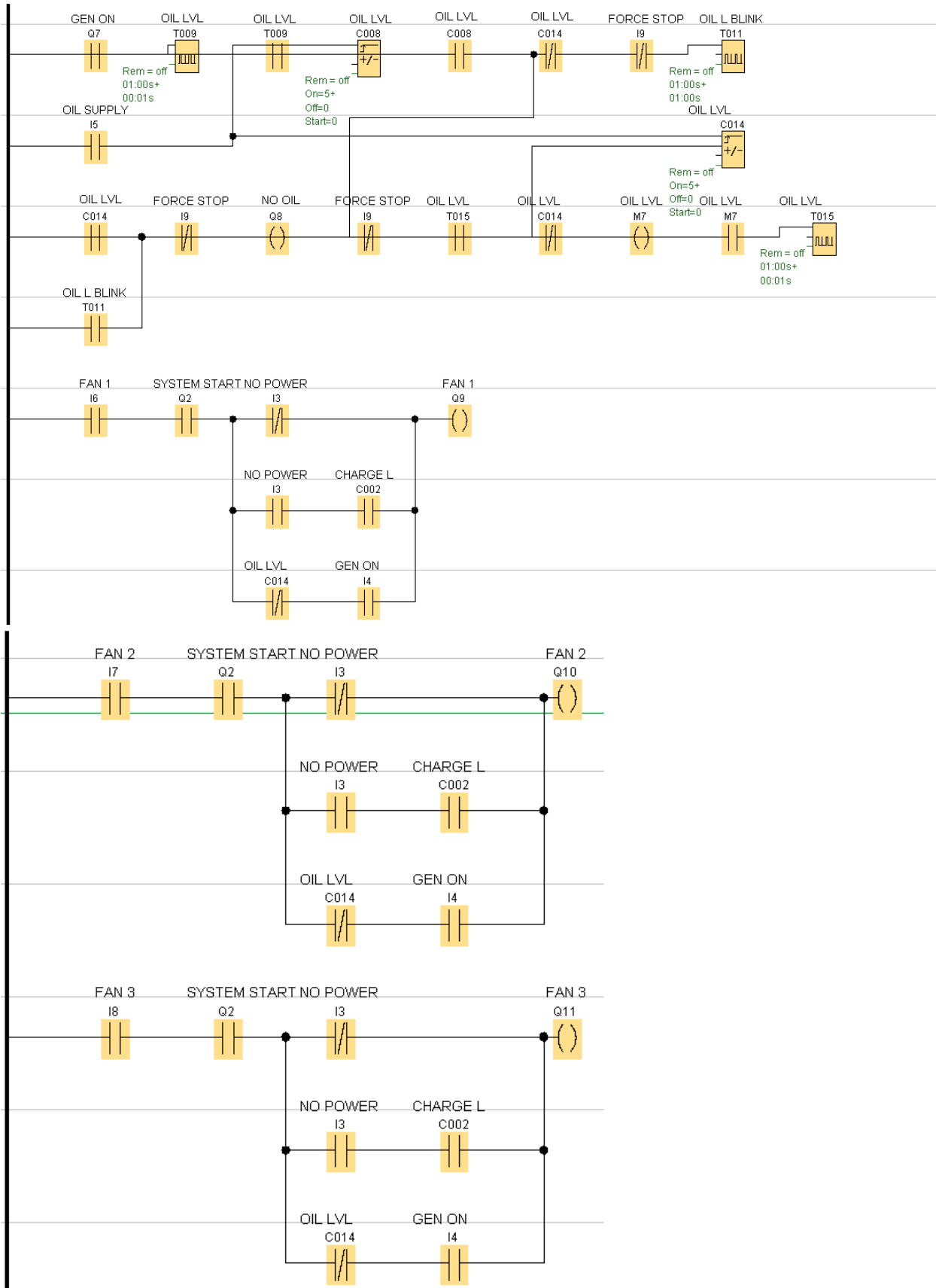
Πίνακας 2. Πίνακας I/O του συστήματος.

2.2.2 Συνολική εικόνα του προγράμματος σε γλώσσα Ladder

Παρακάτω φαίνεται το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί το σύστημα, σχεδιασμένο σε γλώσσα Ladder στο LOGO συνοδευόμενο από τις εισόδους και εξόδους στην αρχική τους κατάσταση και τον πίνακα αληθείας όλων των καταστάσεων του συστήματος.

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΡΕΙΣ ΧΩΡΟΥΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ»





Εικόνα 22. Προγραμματισμός του συστήματος σε Ladder.

3. Ανάλυση του συστήματος

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η λειτουργία του συστήματος που αναλύθηκε θεωρητικά με λεπτομέρειες και φωτογραφικό υλικό για κάθε μεταβολή που υφίσταται το πρόγραμμα σε αληθινό χρόνο.

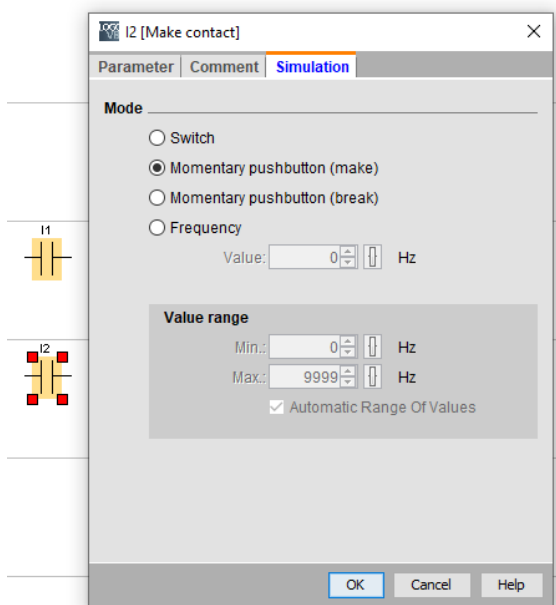
3.1 Ανάλυση των αντικειμένων της Ladder που χρησιμοποιήθηκαν για το σχηματικό της εργασίας

3.1.1 Είσοδος

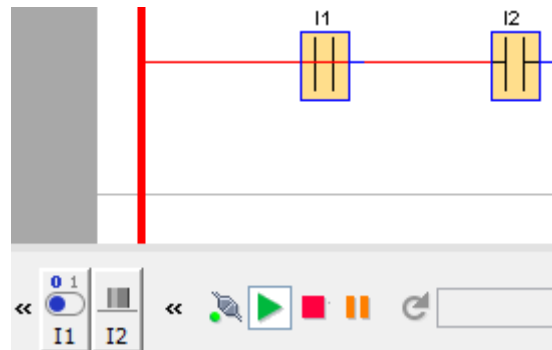
Η είσοδος μπορεί να είναι είτε διακόπτης, είτε κουμπί με τη δυνατότητα μίας ή παρατεταμένης χρήσης. Ακόμη, η χρήση της ως κουμπί μπορεί να οριστεί για να κλείσει ή να ανοίξει το κύκλωμα. Τέλος, η είσοδος έχει την ικανότητα να χρησιμοποιεί οποιαδήποτε έξοδο του συστήματος ως είσοδο.



Εικόνα 24. Είσοδος,, Ladder



Εικόνα 25. Είσοδος ως κουμπί μίας χρήσης, Ladder



Εικόνα 26. Είσοδος ως διακόπτης και κουμπί, Προσομοίωση



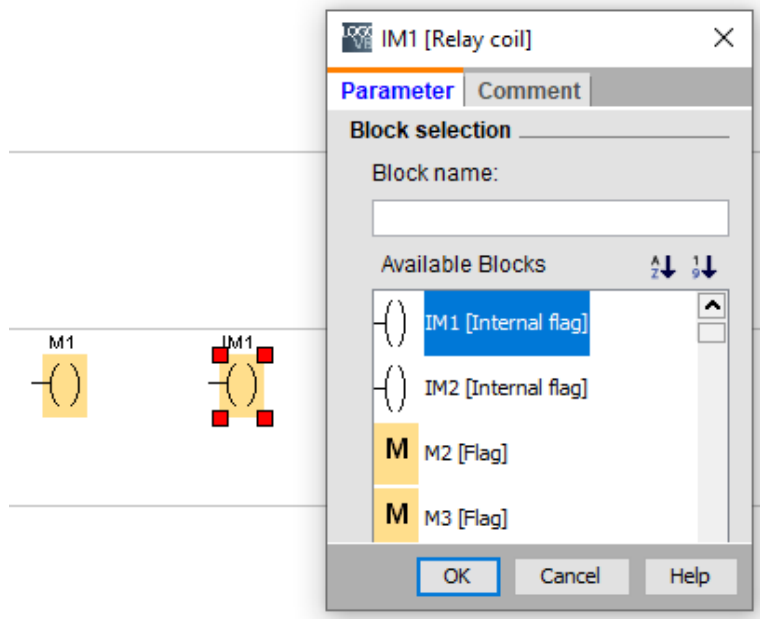
Εικόνα 27. Έξοδος Q1 ως είσοδος, Ladder

3.1.2 Έξοδος

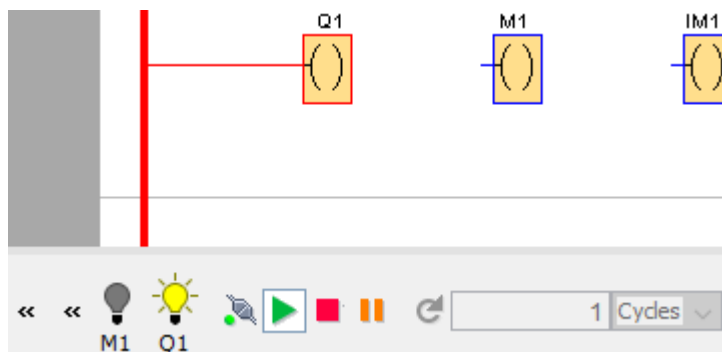
Η έξοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως είσοδος ή ως μνήμες. Οι μνήμες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις κανονικές και τις εσωτερικές. Οι μνήμες καταχωρούν δεδομένα που δέχονται από τις εισόδους που έχει ορίσει ο χρήστης με σκοπό να χρησιμοποιηθούν είτε ως εισοδοί σε κάποιες περιπτώσεις ή για παρατήρηση σε ορισμένα σημεία του κυκλώματος για τον τρόπο λειτουργίας του. Η διαφορά των δύο μνημών είναι ότι οι κανονικές φέρουν ενδείκτη, ενώ οι εσωτερικές, όχι.



Εικόνα 28. Έξοδος, Ladder



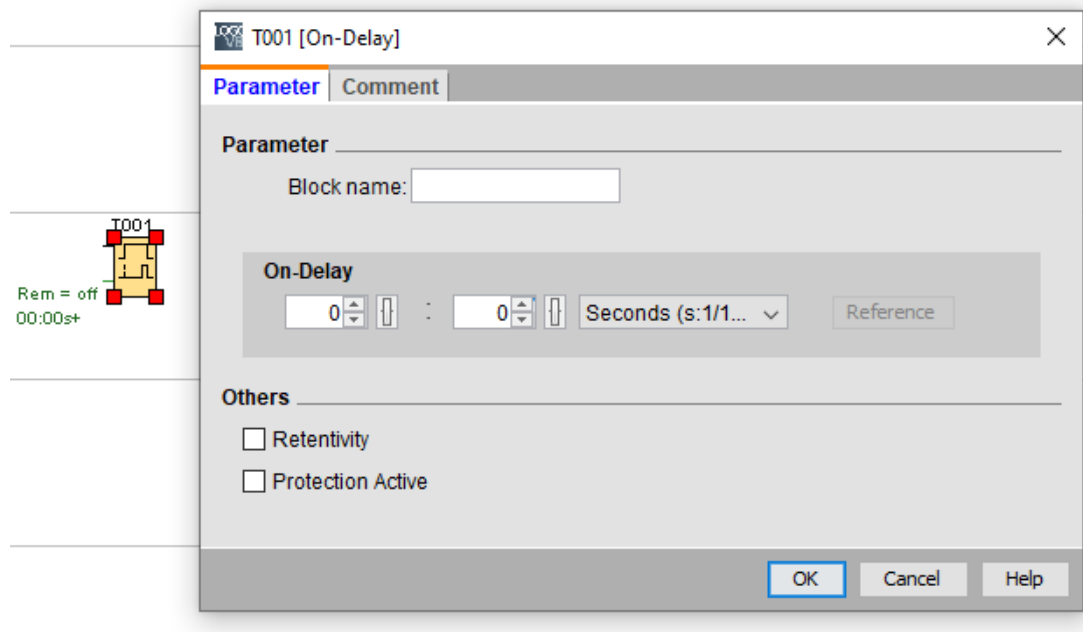
Εικόνα 29. Κανονική και εσωτερική μνήμη, Ladder



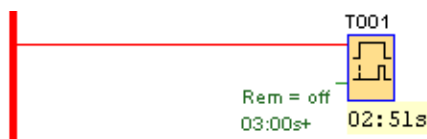
Εικόνα 30. Η είσοδος ως κανονική και εσωτερική μνήμη με τους αντίστοιχους ενδείκτες, Προσομοίωση

3.1.3 Χρονιστής

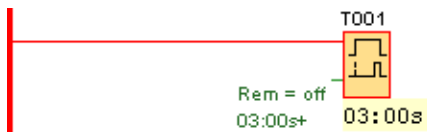
Ο χρονιστής on-delay έχει την δυνατότητα να ανοίγει ή να κλείνει το κύκλωμα (off-delay) όπως του ορίσει ο χρήστης. Αποτελεί πολύ σημαντικό στοιχείο σε κυκλώματα όπου απαιτείται συνεχείς έλεγχος. Στις παραμέτρους ορίζεται σε δευτερόλεπτα, λεπτά ή ώρες, αν υποστηρίζεται από το πρόγραμμα, η στιγμή που θα ανοίξει ή θα κλείσει το κύκλωμα. Ο χρονιστής (on-delay) μόλις λάβει τάση στην είσοδό του ξεκινάει τη μέτρηση. Μόλις αυτή φτάσει το σημείο που ορίστηκε ενεργοποιείται.



Εικόνα 31. Χρονιστής on-delay, Ladder



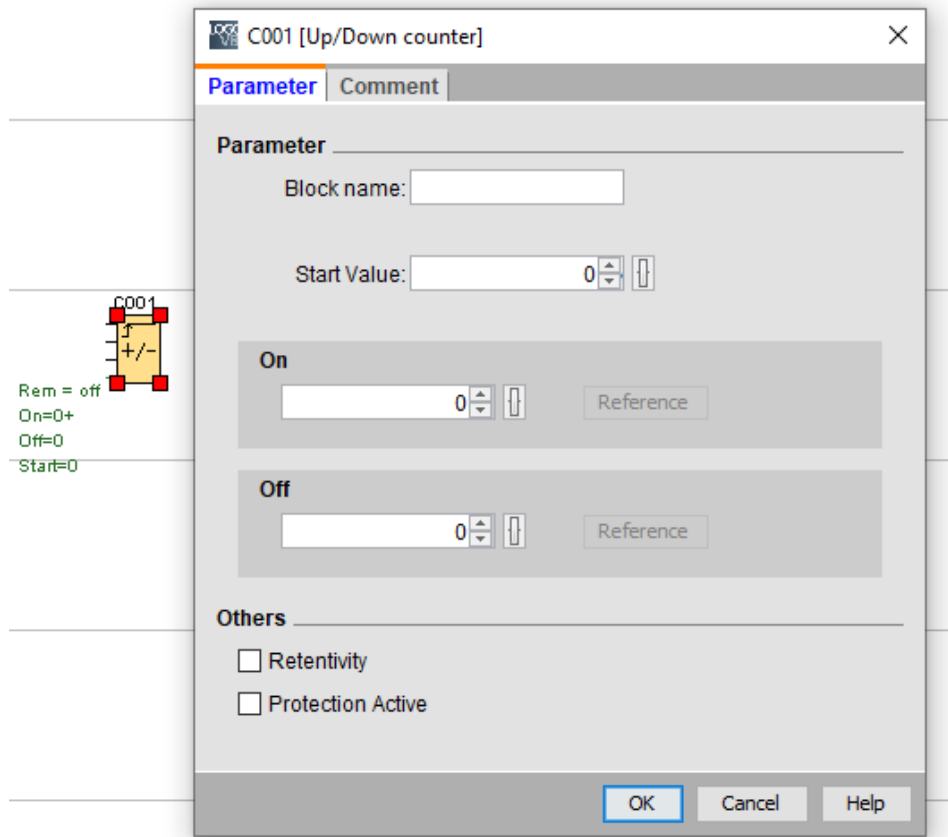
Εικόνα 32. Παράδειγμα λειτουργίας χρονιστή σε Ladder, 1



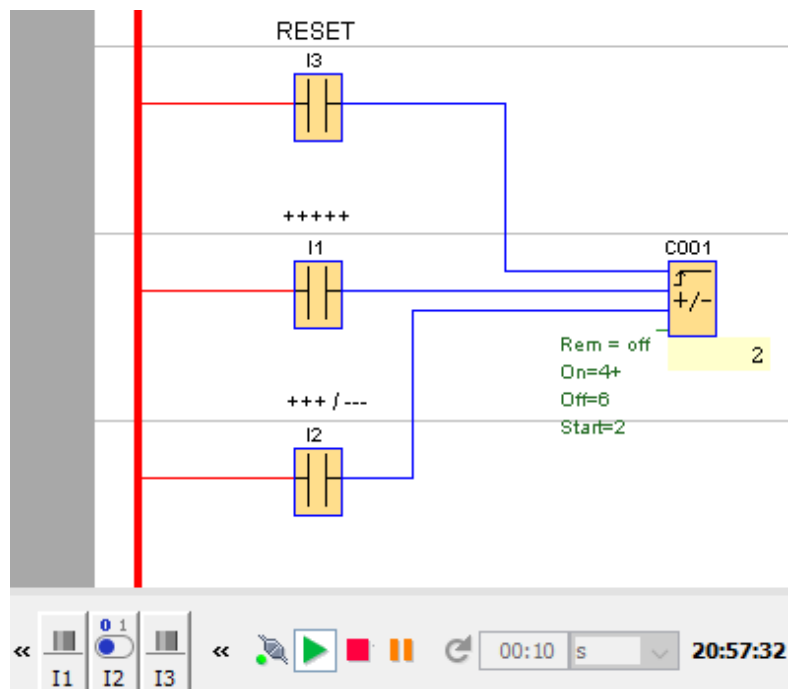
Εικόνα 33. Παράδειγμα λειτουργίας χρονιστή σε Ladder, 2

3.1.4 Μετρητής

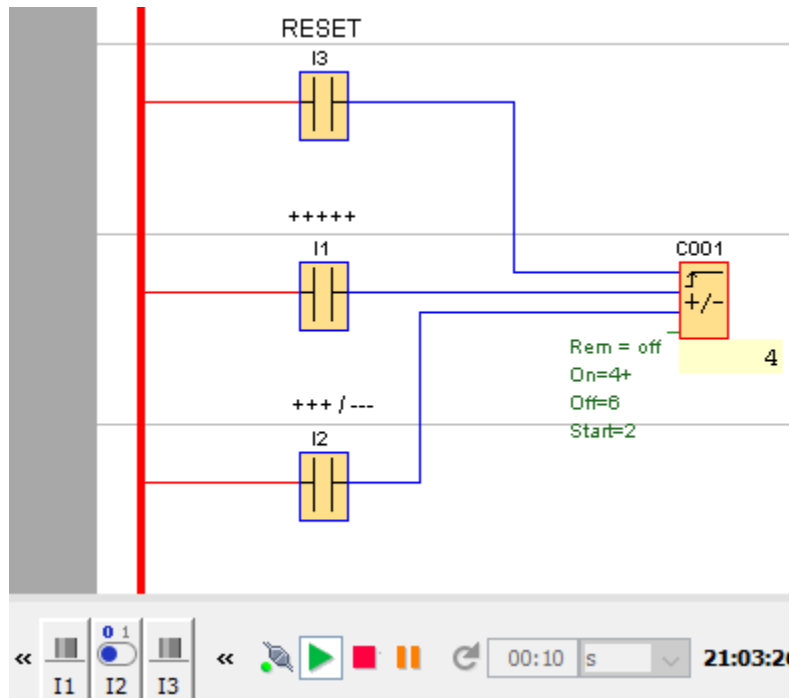
Ο μετρητής έχει την ικανότητα να προσθέτει μία μονάδα κάθε φορά που δέχεται παλμό στην είσοδό του, από μετρητές για παράδειγμα ή γεννήτριες παλμών. Η μέτρηση μπορεί να ξεκινάει από ό,τι τιμή του ορίσει ο χρήστης. Το ίδιο ισχύει για τις τιμές ενεργοποίησης και απενεργοποίησης του μετρητή. Ακόμα, φέρει τη δυνατότητα σε άλλη είσοδό του, να προσθέτει ή να μειώνει το σύνολο της τιμής του και να μηδενίζει ξεκινώντας τη μέτρηση από την αρχική τιμή του στην τρίτη είσοδό του.



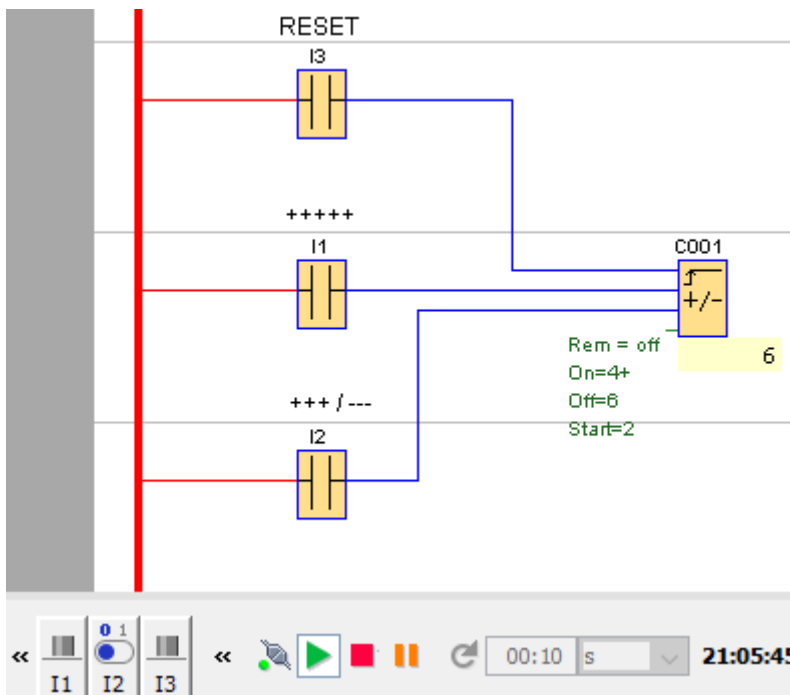
Εικόνα 34. Μετρητής, Ladder



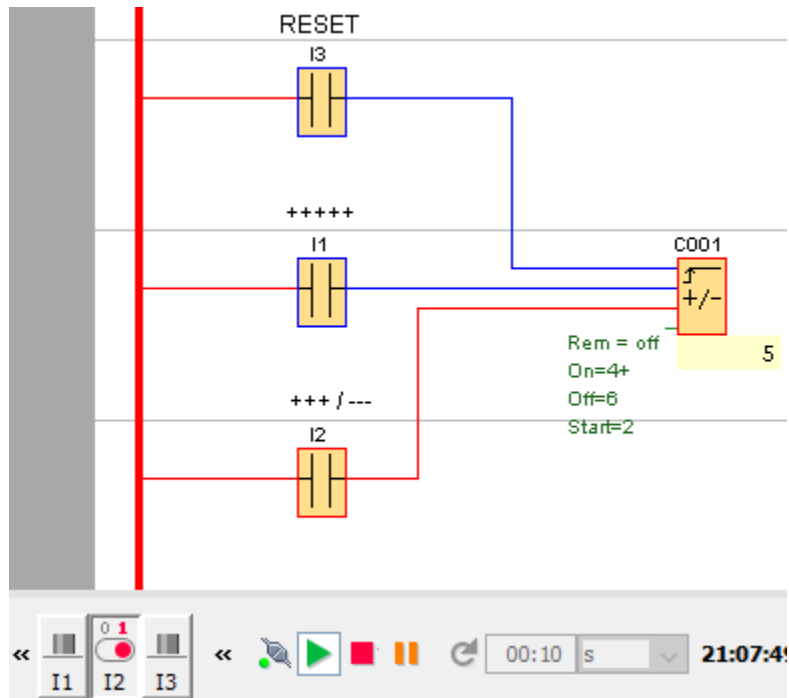
Εικόνα 35. Αρχική κατάσταση μετρητή, Ladder



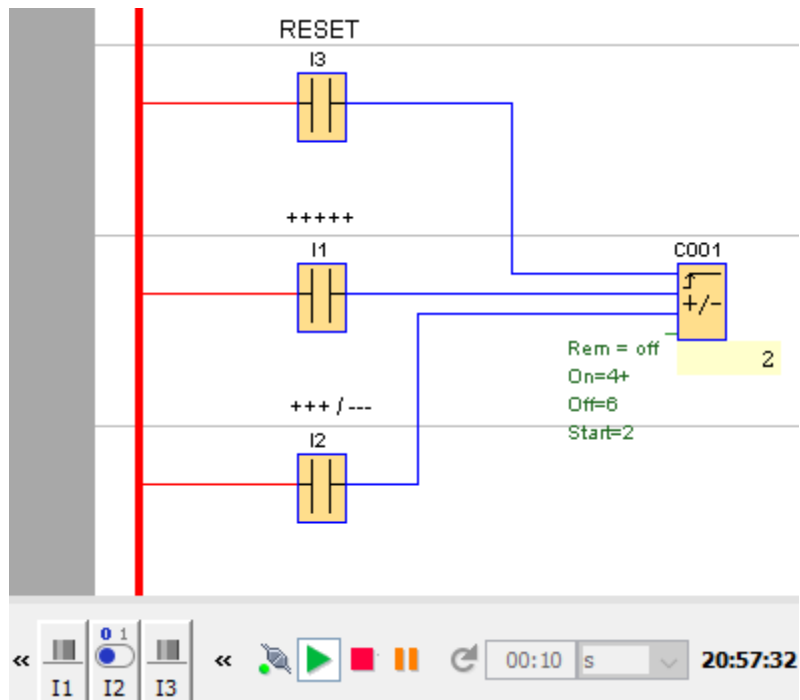
Εικόνα 36. Μετρητής ON, Ladder



Εικόνα 37. Μετρητής OFF, Ladder



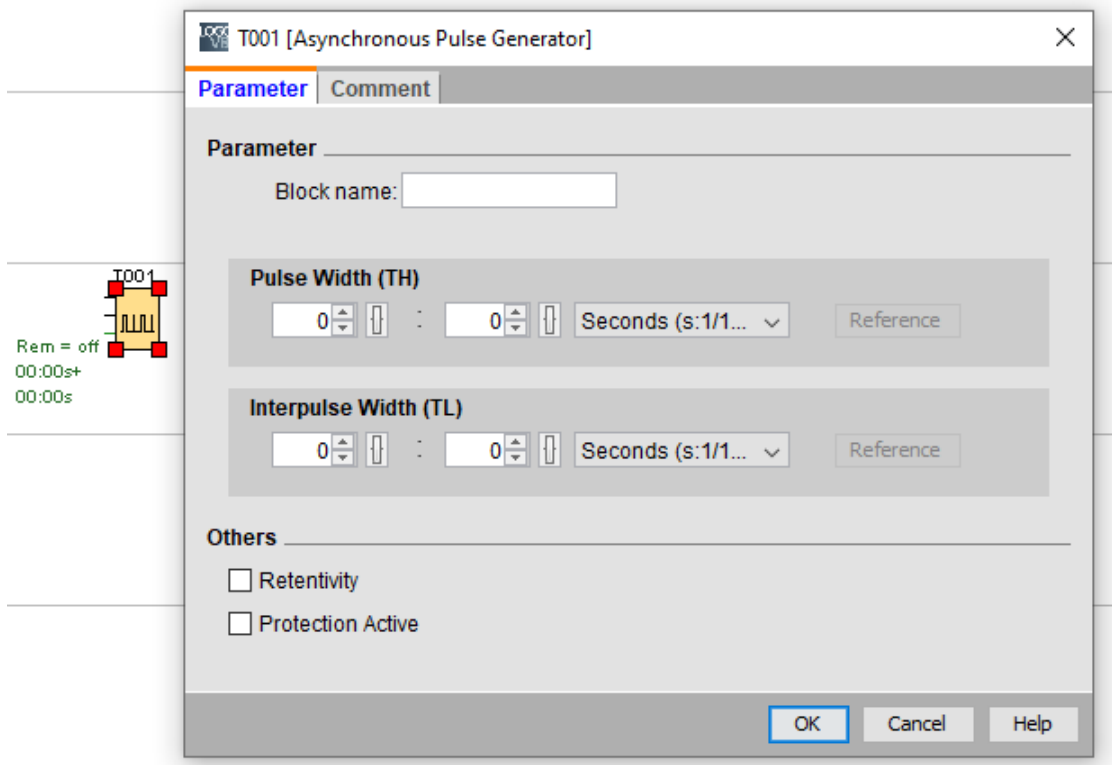
Εικόνα 38. Αλλαγή μετρητή από πρόσθεση σε αφαίρεση τιμής, Ladder



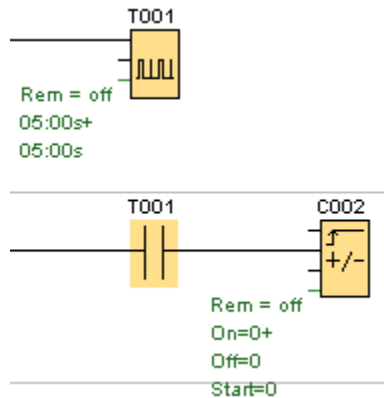
Εικόνα 39. Κατάσταση μετρητή έπειτα από RESET, Ladder

3.1.5 Γεννήτρια παλμών

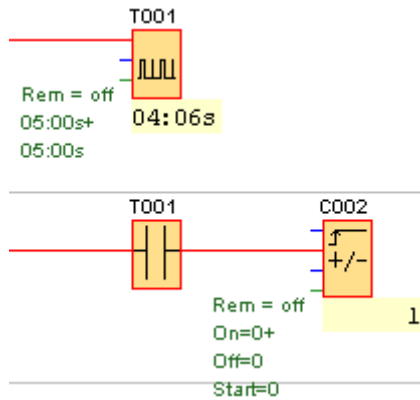
Η γεννήτρια παλμών ανήκει και αυτή στην κατηγορία των χρονιστών. Μόλις δεχθεί τάση στην είσοδό της στέλνει ένα παλμό στην έξοδό της με διάρκεια ίση με Pulse Width από τις παραμέτρους. Μόλις ολοκληρωθεί ο παλμός η γεννήτρια απενεργοποιείται για χρόνο ίσο με Interpulse Width από τις παραμέτρους και μόλις ολοκληρωθεί και αυτός ο κύκλος, όλη η διαδικασία ξεκινάει και πάλι από την αρχή για όσο υφίσταται τάση στην είσοδο της γεννήτριας.



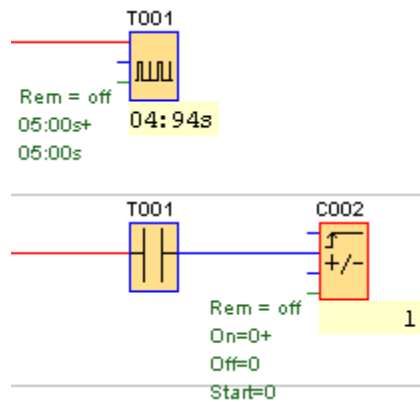
Εικόνα 40. Γεννήτρια παλμών, Ladder



Εικόνα 41. Αρχική κατάσταση γεννήτριας, Ladder



Εικόνα 42. Κατάσταση γεννήτριας πριν την απενεργοποίησή της, Ladder

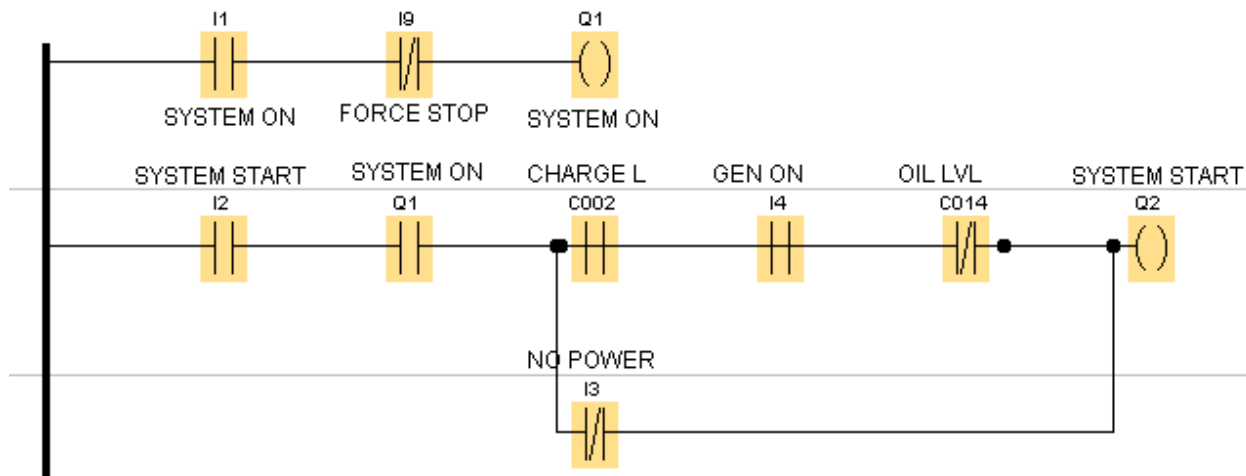


Εικόνα 43. Κατάσταση γεννήτριας πριν στείλει το δεύτερο παλμό στην έξοδό της, Ladder

3.2 Πρακτική ανάλυση του συστήματος

3.2.1 Έναρξη λειτουργίας του συστήματος

Για να τεθεί σε λειτουργία το σύστημα χρειάζεται αρχικά να ενεργοποιηθεί ο κεντρικός διακόπτης (I1) που θέτει όλα τα συστήματα σε ενεργή κατάσταση και εν συνεχεία ο διακόπτης της τροφοδοσίας (I2) που ενεργοποιεί το σύστημα και ξεκινάει η λειτουργία του.



Εικόνα 44. Έναρξη λειτουργίας του συστήματος, Ladder.



Εικόνα 45. Έναρξη λειτουργίας του συστήματος, Προσομοίωση.

I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅		1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅

Πίνακας 4. Έναρξη λειτουργίας του συστήματος, Πίνακας Αληθείας.

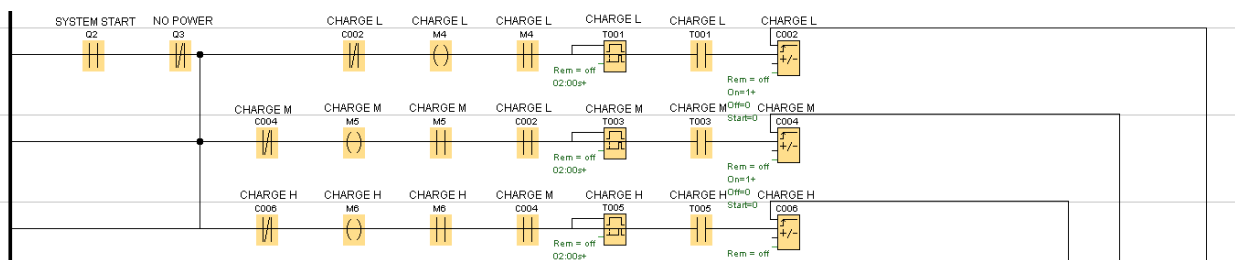
Όπως φαίνεται παραπάνω δεν αρκούν μόνο οι δύο διακόπτες για να έρθει το σύστημα στην κατάσταση που ζητείται, υπάρχουν και μεταβλητές που πρέπει να υπολογιστούν, όπως για παράδειγμα αν ο **I9** βρίσκεται σε κατάσταση «1», η έξοδος **Q1** δε θα έρθει σε κατάσταση «1» ποτέ. Η ίδια λογική συγκροτεί ολόκληρο το σύστημα.

3.2.2 Τροφοδοσία, φόρτιση και εκφόρτιση συστήματος

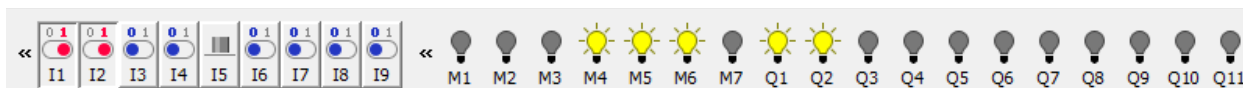
Η τροφοδοσία του συστήματος αποτελεί ένα μεταιχμιακό σημείο εφόσον το σύστημα σχεδιάστηκε για την αποθήκευση και συντήρηση καταναλωτικών προϊόντων. Αυτό σημαίνει πως η παροχή τροφοδοσίας θα πρέπει να είναι αδιάκοπη και με περαιτέρω από μία πηγές.

Το σύστημά μας λειτουργεί ως εξής. Η πρώτη παροχή είναι η τροφοδοσία της ΔΕΗ. Όμως δεν είναι η ίδια που τροφοδοτεί άμεσα το σύστημα, αντ'αυτού, υπάρχει μία παραλληλία από μπαταρίες οι οποίες είναι συνδεδεμένες σε σειρά με την τροφοδοσία

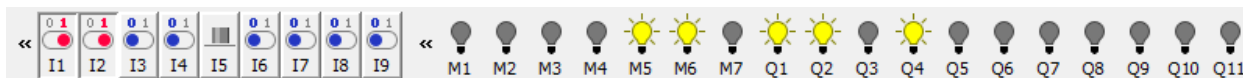
της ΔΕΗ και μέσω αυτών τροφοδοτείται και το σύστημα. Πιο αναλυτικά, οι μπαταρίες είναι αρχικά πλήρως αφόρτιστες. Έτσι η ΔΕΗ τροφοδοτεί ουσιαστικά τις μπαταρίες οι οποίες έχουν διπλό ρόλο, ενώ τροφοδοτούν το σύστημα, συγχρόνως φορτίζουν και ο λόγος που σχεδιάστηκε έτσι το σύστημα είναι για την διατήρηση της λειτουργίας του ακόμα και σε περίπτωση διακοπής ή κάποια βλάβης εξωτερικού παράγοντα. Όσο οι μπαταρίες έχουν φορτίο, το σύστημα θα λειτουργεί κανονικά ώσπου να αποφορτιστούν τελείως. Θεωρούμε ότι οι μπαταρίες είναι ιδανικές και υψηλών προδιαγραφών για βιομηχανική χρήση. Οι αντίστοιχες ενδείξεις είναι τρία LED (**Q4, Q5, Q6**) τα οποία συμβολίζουν το σημείο φόρτισης στο 33%, 66% και 100% αντίστοιχα. Εάν κανένα LED δεν είναι αναμένο, σημαίνει πως υπάρχει μηδενικό φορτίο στις μπαταρίες. Κατά την φόρτιση τα LED ανάβουν με τη σειρά, δηλαδή **Q4, Q5, Q6**, ενώ κατά την εκφόρτιση σβήνουν αντίστροφα, δηλαδή **Q6, Q5, Q4**. Η συνδεσμολογία αυτή έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε μεταβολή στην τροφοδοσία να ελέγχεται από το αντίστοιχο υποσύστημα, ο χρόνος λειτουργίας του δηλαδή (uptime) είναι 100% και φυσικά υπάρχουν και οι αντίστοιχοι μετρητές που χρησιμοποιούνται ως μνήμη στο σύστημα για την κατάσταση του φορτίου των μπαταριών. Εάν για παράδειγμα κατά την φόρτιση το φορτίο έχει φτάσει τη δεύτερη στάθμη, 66% **Q5** και επέλθει διακοπή ξεκινώντας την εκφόρτιση ρίχνοντας τη στάθμη στο 33% **Q4** και επανέλθει η τροφοδοσία, το σύστημα “θυμάται” την προηγούμενη κατάσταση και συνεχίζει κανονικά και πάλι τη φόρτιση από τη στάθμη 33% και όχι από το μηδέν. Το ίδιο συμβαίνει σε όλες τις καταστάσεις φόρτισης ή εκφόρτισης. Έχοντας αναφέρει τη διακοπή, να σημειωθεί πως υπάρχει ο αντίστοιχος διακόπτης **I3** που προσομοιώνει τη λειτουργία αυτή καθώς και ο αντίστοιχος ενδείκτης-έξοδος το **Q3**.



Εικόνα 46. Φόρτιση συστήματος, Ladder.



Εικόνα 47. Φόρτιση με μηδενικό φορτίο, Προσομοίωση.



Εικόνα 48. Φόρτιση στο 33%, Προσομοίωση.



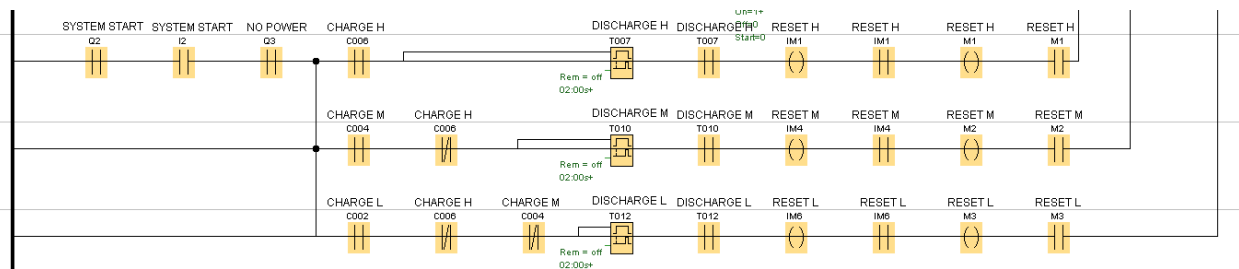
Εικόνα 49. Φόρτιση στο 66%, Προσομοίωση.



Εικόνα 50. Φόρτιση στο 100% Προσομοίωση.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	
	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	Charge	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
>2sec	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅		1	1	∅	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
>4sec	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅		1	1	∅	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
>6sec	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	State	1	1	∅	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅

Πίνακας 5. Πλήρης φόρτιση, Πίνακας Αληθείας.



Εικόνα 51. Εκφόρτιση συστήματος, Ladder.



Εικόνα 52. Εκφόρτιση με μηδενικό φορτίο, προσομοίωση.



Εικόνα 53. Εκφόρτιση με πλήρες φορτίο, Προσομοίωση.



Εικόνα 54. Εκφόρτιση στο 66%, Προσομοίωση.



Εικόνα 55. Εκφόρτιση στο 33%, Προσομοίωση.

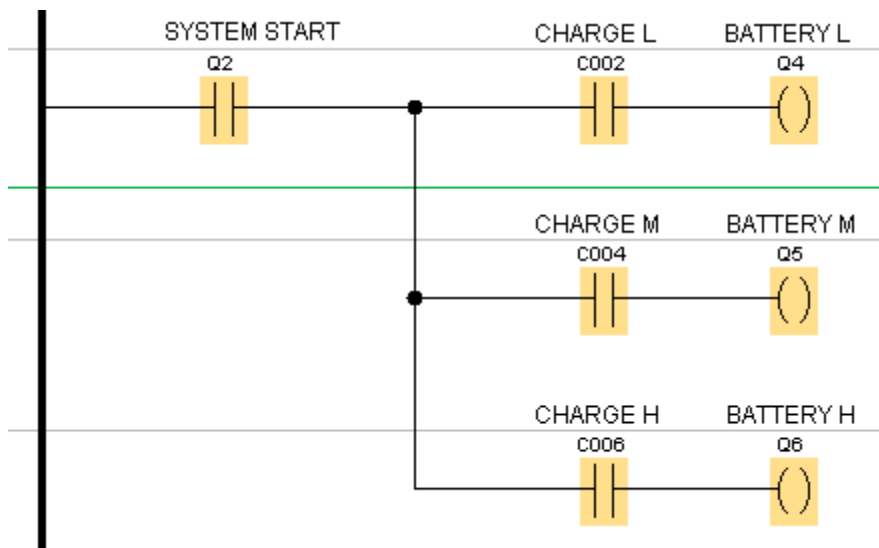


Εικόνα 56. Πλήρης εκφόρτιση, Προσομοίωση.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅		1	∅	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	Discharge	1	1	1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅
>2sec	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅		1	1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅
>4sec	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅		1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
>6sec	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	State	1	∅	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅

Πίνακας 6. Πλήρης εκφόρτιση, Πίνακας Αληθείας.

3.2.3 Ενδείκτες στάθμης φορτίου

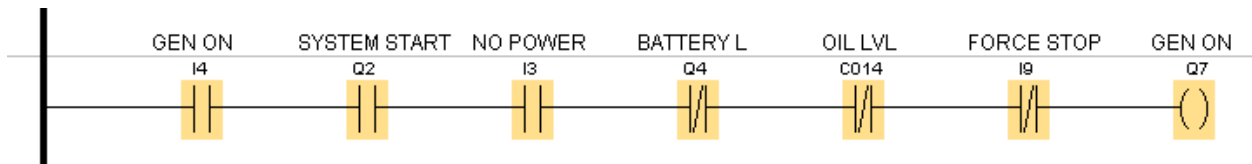


Εικόνα 57. Ενδείκτες (LED) της στάθμης του εκάστοτε φορτίου, Ladder.

*Υποσημείωση: Τα LED λειτουργούν βάσει του κυκλώματος και όχι από χειροκίνητο έλεγχο.

3.2.4 Γεννήτρια ως εναλλακτική μορφή τροφοδοσίας

Στο σύνολο του συστήματος υπάρχει ακόμα μία τροφοδοσία που όμως δε σχετίζεται με τις δύο που προαναφέρθηκαν. Αυτή είναι η γεννήτρια (**I4**) και έχει ως σκοπό να εξυπηρετήσει την ορθή λειτουργία του συστήματος σε περίπτωση που οι προηγούμενες φέρουν κάποια βλάβη ή διακοπή. Η γεννήτρια θεωρητικά λειτουργεί αυτόματα, αλλά για λόγους προσομοίωσης και παρουσίας ελέγχεται από τον **I4** και φέρει επίσης και τον αντίστοιχο ενδείκτη όσο αυτή είναι ενεργή (**Q7**). Η γεννήτρια κατά την προσομοίωση θα ενεργοποιείται μετά τον **I2**, αυτό όμως δε σημαίνει ότι είναι πραγματικά ενεργή, βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής. Όλα τα συστήματα επικοινωνούν μεταξύ τους και για αυτό το λόγο η γεννήτρια δεν τίθεται σε λειτουργία παρά μόνο εάν λάβει μήνυμα πως υπάρχει κάποιο πρόβλημα στις λοιπές τροφοδοσίες. Πιο αναλυτικά, όταν η πρώτη στάθμη στο φορτίο των μπαταριών μηδενίσει θα ξεκινήσει τη λειτουργία της, αποτελεί δηλαδή μία από τις τρεις συνθήκες για την εκκίνηση της λειτουργίας της. Να σημειωθεί επίσης πως κατά την έναρξη της τροφοδοσίας όλου του συστήματος όπου το φορτίο βρίσκεται στο στάδιο της φόρτισης, συνεπώς δεν έχει φτάσει την πρώτη στάθμη, υπάρχει ελεγκτής που ελέγχει τις πηγές τροφοδοσίας και αν δεν παρουσιάζουν πρόβλημα, δίνει εντολή στη γεννήτρια να παραμείνει σε κατάσταση αναμονής. Η δεύτερη συνθήκη είναι η διακοπή τροφοδοσίας, εάν ανιχνευθεί μία τέτοια περίπτωση, εξαντλεί τα αποθέματα του φορτίου, αν υπάρχουν, και έπειτα ξεκινά τη λειτουργία της. Το ίδιο θα συμβεί στην περίπτωση που κατά την έναρξη λειτουργίας του συστήματος εντοπιστεί διακοπή.



Εικόνα 58. Γεννήτρια, Ladder.

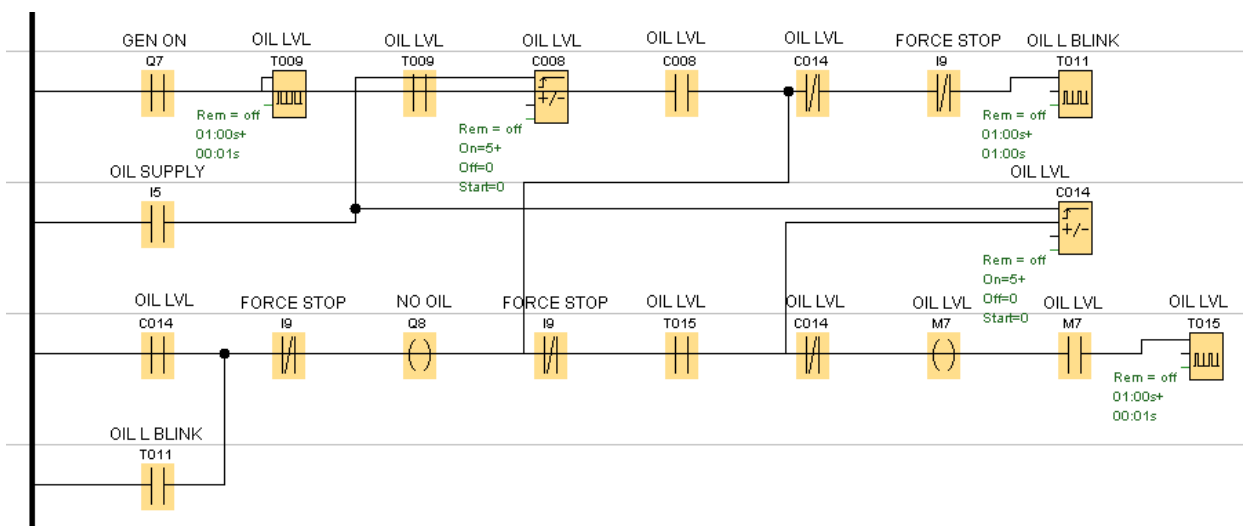


Εικόνα 59. Λειτουργία γεννήτριας κατά την έναρξη του συστήματος ή εν μέσω λειτουργίας και έπειτα από πλήρης εκφόρτιση των μπαταριών, Προσομοίωση.

I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	1	1	1	∅	∅	∅	1	∅	∅	∅	∅

Πίνακας 7. Λειτουργία γεννήτριας κατά την έναρξη του συστήματος ή εν μέσω λειτουργίας και έπειτα από πλήρης εκφόρτιση των μπαταριών, Πίνακας Αληθείας.

Η τρίτη συνθήκη είναι το καύσιμο (I5). Δε θα μπορούσε να λειτουργήσει χωρίς κάποια ύλη για καύση ώστε να παράγει ενέργεια και για αυτό το λόγο η διάρκεια λειτουργίας είναι περιορισμένη, αλλά αρκετή ώστε να διατηρήσει μία σταθερή τροφοδοσία στο σύστημα. Επίσης η λυχνία ένδειξης της στάθμης του πετρελαίου (Q8) έχει προγραμματιστεί με τρόπο ώστε να ενεργοποιείται και να αναβοσβήνει όταν ξεπεράσει το κατώτατο όριο καθώς και να μένει μόνιμα σε ενεργή κατάσταση κατά την ολική εξάντληση της ύλης, ειδοποιώντας έτσι το χρήστη πως θα χρειαστεί σύντομα αναπλήρωση. Εάν αυτό δε συμβεί ποτέ, το σύστημα καταρρέει ακριβώς όπως θα συνέβαινε και με τις άλλες δύο τροφοδοσίες. Η αναπλήρωση για λόγους προσομοίωσης συμβαίνει με το διακόπτη I5. Ρεαλιστικά, θα χρειαστεί προσωπικό στο πεδίο για την ολοκλήρωση της ενέργειας αυτής.



Εικόνα 60. Ορισμός της στάθμης της καύσιμης ύλης, της λυχνίας κατώτατου ορίου και του διακόπτη αναπλήρωσής της, Ladder.



Εικόνα 61. Ενεργοποίηση της λυχνίας κατώτατου ορίου 1, Προσομοίωση.



Εικόνα 62. Ενεργοποίηση της λυχνίας κατώτατου ορίου 2, Προσομοίωση.



Εικόνα 63. Ενεργοποίηση της λυχνίας κατώτατου ορίου 3, Προσομοίωση.



Εικόνα 64. Αδυναμία λειτουργίας της γεννήτριας έπειτα από εξάντληση της καύσιμης ύλης, Προσομοίωση.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
	1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	Oil	1	1	1	∅	∅	∅	1	∅	∅	∅	∅
>4sec	1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	Blink	1	1	1	∅	∅	∅	1	1/∅	∅	∅	∅
>9sec	1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	Low	1	∅	1	∅	∅	∅	∅	1	∅	∅	∅

Πίνακας 8. Ενεργοποίηση γεννήτριας, αρχική κατάσταση, ενεργοποίηση λυχνίας κατώτατου ορίου και κατάρρευση συστήματος, Πίνακας Αληθείας .

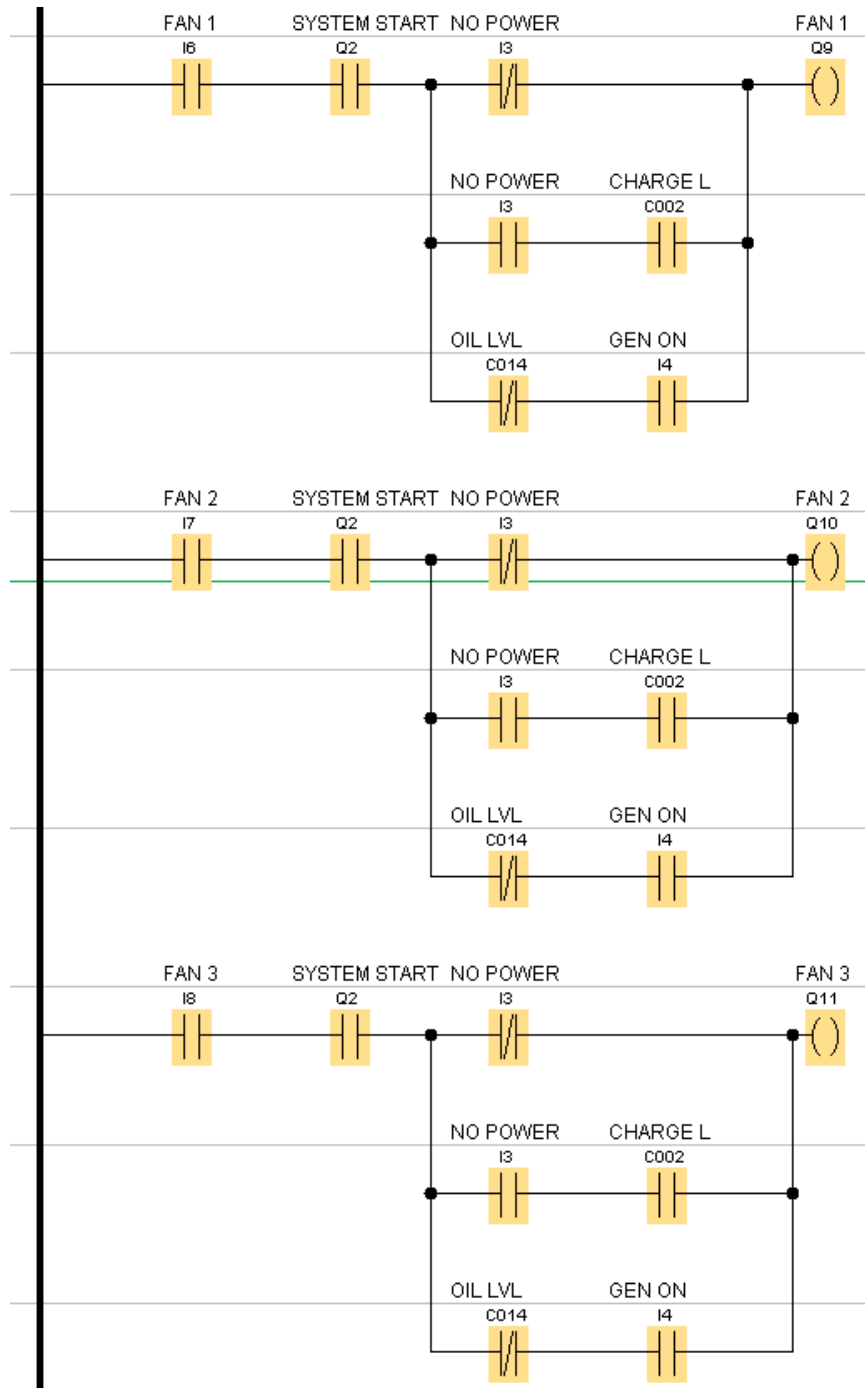
Ο **I5** στο σύστημα αποτελεί διακόπτη push-button που σημαίνει πως αρκεί ένα πάτημα για να τον θέσει σε λειτουργία, δεν είναι δηλαδή μόνιμα ενεργός. Αυτό που καταφέρνει είναι να συνεχίσει η γεννήτρια τη λειτουργία της, αν απαιτείται, κατά τον ίδιο τρόπο έπειτα από την αναπλήρωση της καυστικής ύλης.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
	1	1	1	1	1 (Push Button)	∅	∅	∅	∅	Oil	1	1	1	∅	∅	∅	1	∅	∅	∅	∅
>4sec	1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅		1	1	1	∅	∅	∅	1	1/∅	∅	∅	∅
>9sec	1	1	1	1	∅	∅	∅	∅	∅	Supply	1	∅	1	∅	∅	∅	∅	1	∅	∅	∅

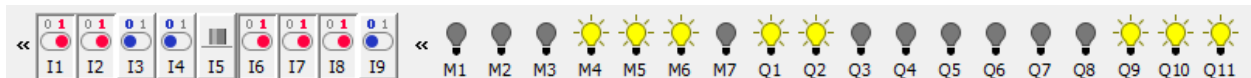
Πίνακας 9. Αναπλήρωση καύσιμης ύλης και επανεκίνηση της γεννήτριας, Πίνακας Αληθείας.

3.2.5 Κλιματιστικές μονάδες

Στη συνέχεια έχουμε και τρεις κλιματιστικές μονάδες, μία για κάθε χώρο, όπου ενεργοποιούνται αντίστοιχα με τους διακόπτες **I6**, **I7** και **I8**. Η λειτουργία τους εξαρτάται από τα όρια της επιτρεπτής θερμοκρασίας χώρου που έχουμε επιβάλλει (-25°C, 5°C, 15°C), εάν δηλαδή ξεπεράσει το κατώτερο ή υψηλότερο όριο που θέσαμε ως συνθήκη και για λόγους προσωμοίωσης η ενεργοποίησή τους γίνεται χειροκίνητα. Φυσικά ακόμα μία συνθήκη είναι η παροχή ενέργειας, δίχως αυτή οι μονάδες παραμένουν ανενεργές.



Εικόνα 65. Οι τρεις κλιματιστικές μονάδες, Ladder.



Εικόνα 66. Ενδείκτες (LED) των κλιματιστικών μονάδων, Προσομοίωση.

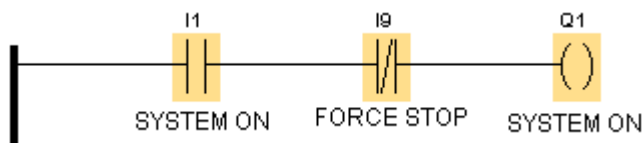
Υποσημείωση: Οι ενδείκτες LED σχετίζονται με την κεντρική παροχή εξού και η ενεργοποίησή τους μόλις το σύστημα εκκινήσει (Εικόνα 33). Δεν απαιτούν πλήρες φορτίο προκειμένου να έρθουν σε ενεργή κατάσταση (Πίνακας 9).

I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
1	1	∅	∅	∅	1	1	1	∅	>6sec	1	1	∅	1	1	1	∅	∅	1	1	1

Πίνακας 10. Οι τρεις κλιματιστικές μονάδες, Πίνακας Αληθείας.

3.2.6 Εξαναγκασμένος τερματισμός λειτουργίας

Τέλος, έχουμε και το διακόπτη **I9**, εξαναγκασμένος τερματισμός λειτουργίας όλου του συστήματος. Η χρήση αυτού ενδείκνυται σε σπάνιες περιπτώσεις όπου το σύστημα παρουσιάζει δυσλειτουργία χωρίς προφανή αίτια και προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα δίχως περαιτέρω βλάβες. Μπορεί ακόμα να θεωρηθεί ως διακόπτης ασφαλείας και η συνδεσμολογία του είναι βασισμένη επάνω σε αυτή του **I1**, δηλαδή ακόμα και αν ο **I1** είναι ενεργός, πάνω στον οποίο βασίζεται και το υπόλοιπο σύστημα, αν ο **I9** έρθει σε κατάσταση «1», διακόπτει τη λειτουργία του και συνεπώς και όλου του συστήματος. Ότι ισχύει για το σύστημα στην κανονική του λειτουργία, συνεχίζει να ισχύει και με το **I9**, όπως για παράδειγμα, το φορτίο στις μπαταρίες ή η στάθμη του πετρελαίου της γεννήτριας εξακολουθούν να παραμένουν ως είχαν.



Εικόνα 67. Διακόπτης εξαναγκασμένου τερματισμού λειτουργίας του συστήματος, Ladder.



Εικόνα 68. Διακόπτης εξαναγκασμένου τερματισμού λειτουργίας του συστήματος, Προσομοίωση.

I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
1	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	1		∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅

Πίνακας 11. Διακόπτης εξαναγκασμένου τερματισμού λειτουργίας του συστήματος, Πίνακας Αληθείας.

Να σημειωθεί πως από τη στιγμή που μιλάμε για ιδανικό σύστημα υψηλών βιομηχανικών προδιαγραφών κάποια υποσυστήματα όπως ο **I9** και η γεννήτρια (**I4**), φέρουν απομακρυσμένη διαχείριση, επιτρέποντας στον ανθρώπινο παράγοντα να θέσει κάποιο από τα δύο σε λειτουργία ή μη χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη παρουσία επί του πεδίου.

4. Συμπεράσματα ή/και προτάσεις βελτίωσης

Η διαδικασία δημιουργίας ενός συστήματος αποτελεί πρόκληση και μεγάλο ενδιαφέρον, από το θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας μέχρι και την υλοποίησή του. Επίσης ανάμεσα σε αυτά τα δύο υπάρχουν πολλά στάδια που πρέπει να υλοποιηθούν και να ελεγχθούν ώστε η συνεργασία τους να φέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Πολλά προβλήματα εμφανίστηκαν κατά τον προγραμματισμό, αλλά έπειτα από πολλές προσπάθειες αντιμετωπίστηκαν και το σύστημα λειτουργεί ορθά και σύμφωνα με το αρχικό πλάνο. Κάποια από τα προβλήματα οφείλονται στο LOGO!Soft Comfort που δε λειτουργεί όπως θα έπρεπε και ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι η έκδοση του λογισμικού είναι δοκιμαστική και δωρεάν. Η Ladder σαν γλώσσα προγραμματισμού είναι εύκολη και αρκετά εντυπωσιακή αν σκεφτεί κανείς ότι σε ελάχιστο χρόνο μπορεί να υλοποιηθεί ένα σύστημα ικανό να τοποθετηθεί σε μία βιομηχανία και το γεγονός ότι το LOGO προσφέρει ενσωματωμένη προσομοίωση το καθιστά ιδανικό για γρήγορο και άμεσο έλεγχο. Θα ήταν προτιμότερο βέβαια να χρησιμοποιηθεί ένα πιο σταθερό πρόγραμμα από μία δοκιμαστική έκδοση. Η συνολική εμπειρία ενασχόλησης με τα PLC, τον προγραμματισμό τους, την εμβάθυνση σε λεπτομέρειες που αφορούν αυτά ως σύνολο, αλλά ακόμα και τα μέρη τους, το πλαίσιο λειτουργίας του προγράμματος και ο αρμονικός σχεδιασμός ώστε να λειτουργεί χωρίς ελλωτώματα ήταν παραπάνω από εξαιρετική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ

- <https://www.electrical4u.com/programmable-logic-controllers/>
- <https://www.unitronicsplc.com/what-is-plc-programmable-logic-controller/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller
- <https://ladderlogicworld.com/ladder-logic-programming/>
- https://www.gunt.de/en/products/mechatronics/automation-and-process-control-engineering/components-fundamentals-of-pneumatics-and-hydraulics/training-system-pneumatics-electro-pneumatics-and-plc/080.77000/rt770/glct-1:pa-148:ca-81:pr-1249?fbclid=IwAR3mRN3KI4A_jahuw8JwmNn85VaXuI3HkHyy1chwZDCqUs6NhvoabbyqGw
- <https://fluidsys.org/2017/08/21/pressure-control-valves-in-hydraulic-systems/?fbclid=IwAR0xv57ET8Wjctn6zvc1u3L9Y5LRQTlqWs5X76-SsbvhfVKqIGGQGow7IQ>
- https://electrical-engineering-portal.com/most-popular-plc-programming-languages?fbclid=IwAR3mRN3KI4A_jahuw8JwmNn85VaXuI3HkHyy1chwZDCqUs6NhvoabbyqGw
- <https://www.elprocus.com/programmable-logic-controllers-and-types-of-plcs/>
- <https://trimantec.com/blogs/t/plcs-explained>
- <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-6/digital-logic-functions/>
- <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-is-a-plc-introduction-to-programmable-logic-controllers/>
- <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-6/programmable-logic-controllers-plc/>
- <https://electrical-engineering-portal.com/download-center/books-and-guides/siemens-basics-of-energy/basics-of-plcs>
- <http://www.plcmanual.com/>
- <https://www.electgo.com/what-is-a-plc/>
- http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/introtoplcs_SUPER.pdf
- <https://www.plctechnician.com/news-blog/Everything-you-wanted-to-know-about-PLCs>
- <https://www.automation.com/en-us/articles/2017/a-beginners-plc-overview-part-1-of-4-introduction>