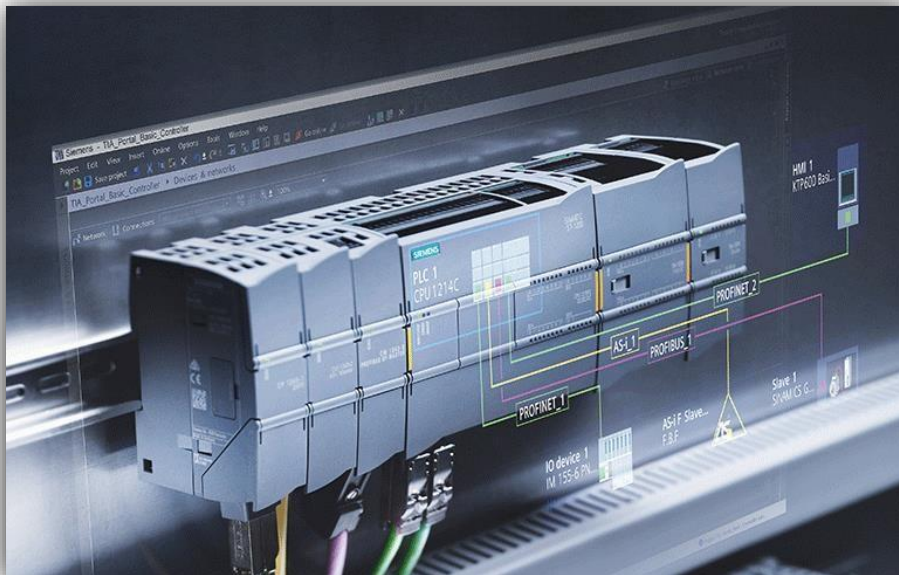




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ &
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

«Απομακρυσμένος Έλεγχος PLC»



Όνομα Φοιτητή: Μίτα Κλαούντιο

ΑΜ: 44901

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Παπουτσιδάκης Μιχαήλ

Αιγάλεω 2020

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος **Μίτα Κλαούντιο**, του **Βίρσον**, φοιτητής του Τμήματος Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής υ Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα απο τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο απο κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά απο αίτηση του ενδιαφερόμενου , του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού δμήνου απο την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. Παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.

Ο Δηλών

Ημερομηνία

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα παρουσιασθούν δυο μέθοδοι με τους οποίους ο αυτοματιστής θα μπορεί να πετύχει τον απομακρυσμένο έλεγχο ενός PLC. Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθεί μια ενσωματωμένη λειτουργία που προσφέρουν τα περισσότερα PLC, τα WebServer καθώς και ένα βιομηχανικό ρούτερ της εταιρείας eWon. Πέραν του απομακρυσμένου ελέγχου ο χρήστης θα είναι σε θέση να απασφαλμάτωση όπως και να προσθέσει επιπλέον κώδικα στον ήδη υπάρχον πάντα με τις απαιτήσεις που θα του ζητηθούν. Επιπλέον θα γίνει μια ιστορική ανασκόπηση των αυτοματισμών με PLC όπως και μια θεωρητική παρουσίαση των τμημάτων του PLC, του τρόπου λειτουργίας του και των γλωσσών προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται.

Λέξεις Κλειδιά: Απομακρυσμένος Έλεγχος, Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής, TIA Portal, WebServer, Βιομηχανικό ρούτερ

Abstract

In this thesis will be presented two methods by which the automation engineer will be able to achieve the remote control of a PLC. More specifically, it will use a built-in feature offered by most PLCs, the WebServers as well as an industrial router by eWon. Apart from the remote control, the user will be able to debug as well as add additional code to the already existing one with the requirements that will be requested. In addition, there will be a historical review of PLC automation as well as a theoretical presentation of the PLC components, how it works and the programming languages it's using.

Key Words: Remote Control, Programmable Logic Controller, TIA Portal, WebServer, Industrial Router.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Η εξέλιξη των αυτοματισμών με τη χρήση PLC	9
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	9
1.1.1 Ορισμός PLC.....	10
1.2 Σύγκριση κλασσικού αυτοματισμού με αυτοματισμό με PLC	10
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ανάπτυξης αυτοματισμών με PLC	11
Κεφάλαιο 2: Δομή Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή	14
2.1 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.....	14
2.2 Μνήμες	15
2.2.2 Μη Πτητικές.....	15
2.3 Μονάδα Τροφοδοσίας	16
2.4 Μονάδες Εισόδων-Εξόδων	17
2.5 Ειδικές Μονάδες Εισόδων και Εξόδων	19
2.6 Τρόπος Σύνδεσης	20
Κεφάλαιο 3: Αρχή Λειτουργίας και Προγραμματισμός	22
3.1 Η αρχή λειτουργίας ενός PLC.....	22
3.2 Κύριες λειτουργίες των PLC.....	23
3.3 Προγραμματισμός ενός PLC	24
3.3.1 Μέθοδοι Προγραμματισμού.....	24
3.3.2 Δομή Προγράμματος	25
3.3.2.1 Τύποι Μπλοκ	26
3.5 Γλώσσες Προγραμματισμού	29
3.5.1 Γραφικές	30
3.5.2 Μη γραφικές.....	33
Κεφάλαιο 4: Απομακρυσμένος Έλεγχος.....	35
4.1 Web Server	35
4.1.1 Επίτευξη ελέγχου μέσω Web Server	36
4.2 eWon Cosy 131	48
4.2.1 Επίτευξη ελέγχου με το eWon Cosy 131	49

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Παπουτσιδάκη Μιχαήλ που μου έδωσε την ευκαιρία να αναπτύξω το θέμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και τον επόπτη μου, Τσοπανάκη Πύρρο, για τη βοήθεια του στην υλοποίηση της εργασίας.

Κεφάλαιο 1: Η εξέλιξη των αυτοματισμών με τη χρήση PLC

1.1 Ιστορική αναδρομή

Ήδη από την αρχαιότητα ο άνθρωπος έψαχνε συνεχώς διάφορους τρόπους ώστε να επιλύσει διάφορα ζητήματα της καθημερινότητας του δίχως την παρέμβαση του. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το πρώτο αυτόματο άνοιγμα θυρών του Ήρωνος , το οποίο αποτελεί κιάλας τον πρώτο κτηριακό αυτοματισμό.

Πριν την εισαγωγή του ηλεκτρισμού οι αυτοματισμοί ήταν καθαρά μηχανικοί , αποτελούνταν δηλαδή από γρανάζια και μοχλούς. Όταν στους αυτοματισμούς ξεκίνησε να συμπεριλαμβάνεται και ο ηλεκτρισμός αυτοί αποτελούνταν κυρίως από λυχνίες.

Σιγά σιγά, παράλληλα με την ταχύρυθμη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών οι μηχανικοί έψαχναν τρόπους με τους οποίους η βιομηχανία θα μπορούσε να επωφεληθεί από τη χρήση των υπολογιστών. Οι πρώτοι αυτοματισμοί με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών ξεκίνησαν στις αυτοκινητοβιομηχανίες της Αμερικής στα τέλη της δεκαετίας του 60, βέβαια αυτοί αφορούσαν κυρίως εργαλειομηχανές (τόρνους κλπ) . Η πλήρης αντικατάσταση των αυτοματισμών με χρήση του υπολογιστή δεν ξεκίνησε μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 80 διότι μέχρι τότε οι υπολογιστές καταλάμβαναν μεγάλο χώρο, ήταν δύσκολη στη χρήση τους και ακριβοί οικονομικά. Μέχρι τότε η πλειοψηφία των αυτοματισμών αποτελούνταν από ρελέ, χρονικά κλπ



Εικόνα 1.1 Κλασικός Αυτοματισμός Με Ρελέ

Λίγα χρόνια αργότερα από την κατασκευή του πρώτου μικροϋπολογιστή, πράγμα που θεωρήθηκε επανάσταση στο τομέα της τεχνολογίας, οι εταιρίες κατασκευής ηλεκτρολογικών υλικών εισήγαγαν ένα νέο καινοτόμο προϊόν αυτοματισμού στη βιομηχανία, τον Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (Programmable Logic Controller ή PLC).

Για να γίνει η προσαρμογή όσο γίνεται πιο ομαλή για το τεχνικό προσωπικό των βιομηχανιών, οι εταιρίες απέφευγαν τους όρους «υπολογιστής» και «προγραμματιζόμενος ελεγκτής» κατά την εκπαίδευση τους. Καμία αλλαγή δεν έγινε στον τρόπο σχεδιασμού των

αυτοματισμών, βέβαια οι κατασκευαστές των PLC παρότρυναν τους τεχνικούς αντί να σχεδιάσουν τον αυτοματισμό από ηλεκτρολογικό σχέδιο να το σχεδιάσουν με έναν καινούργιο τρόπο που θα τους έδειχναν, διδάσκοντας τους έτσι προγραμματισμό.

Η μέθοδος προγραμματισμού που χρησιμοποιούσαν τα πρώτα PLC ήταν αυτή της λογικής Ladder (σκάλας) η οποία ήταν πιο εύκολο να κατανοηθεί από τους ηλεκτρολόγους και το τεχνικό προσωπικό διότι έμοιαζε και είχε πολλά κοινά στοιχεία με τα ηλεκτρολογικά σχέδια.

Τα σημερινά PLC έχουν εξελιχθεί εκθετικά σε σύγκριση με εκείνα που πρωτοκυκλοφόρησαν το 1980 και ο κλαστικός αυτοματισμός με ρελέ τείνει να εξαφανισθεί. Επίσης, το τεχνικό προσωπικό είναι άριστα εκπαιδευμένο πάνω στη χρήση τους και τον προγραμματισμό τους.

1.1.1 Ορισμός PLC

Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής είναι ένας μικροπολογιστής κατάλληλα σχεδιασμένος ώστε να αντικαταστήσει τον κλασικό αυτοματισμό με τη χρήση ρελέ, χρονικών, απαριθμητών κλπ . Αντ' αυτού ο αυτοματισμός επιτυγχάνεται μέσω του προγραμματισμού του PLC με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού. Η ιδιαιτερότητα που προσφέρουν είναι ότι ο χρήστης μπορεί να επέμβει οποιαδήποτε στιγμή στο πρόγραμμα και να το τροποποιήσει σύμφωνα με τις δικές του ανάγκες δίχως να επέμβει στο hardware του συστήματος.

1.2 Σύγκριση κλασικού αυτοματισμού με αυτοματισμό με PLC

Συγκρίνοντας τα στάδια εργασίας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός συστήματος αυτοματισμού με χρήση της κλασικής ενσύρματης λογικής και με χρήση ενός PLC μπορούμε να καταλάβουμε τις διαφορές που προκύπτουν ανάμεσα τους αλλά και την ευχέρεια που προσφέρει το PLC σε σχέση με τον κλασικό αυτοματισμό.

Τα βήματα που ακολουθούνται για την ανάπτυξη ενός έργου αυτοματισμού σύμφωνα με την ενσύρματη λογική είναι τα εξής:

1. Πρώτα απ' όλα γίνεται μια λεπτομερής περιγραφή του αυτοματισμού
2. Κατόπιν σχεδιάζεται το ηλεκτρολογικό σχέδιο για την ανάπτυξη του πίνακα ελέγχου του αυτοματισμού
3. Έπειτα, κατασκευάζεται ο πίνακας, καλωδιώνοντας όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα χρειάζονται για την επίτευξη του έργου.

4. Και τέλος, γίνονται οι τελικές δοκιμές ώστε να τεθεί σε λειτουργία το έργο.

Από την άλλη τα βήματα που ακολουθούνται για την ανάπτυξη ενός αντίστοιχου έργου με χρήση PLC είναι να τα εξής:

1. Πρώτα απ' όλα γίνεται μια εκτενής περιγραφή του αυτοματισμού σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πελάτη
2. Ύστερα γίνεται η επιλογή των κατάλληλων υλικών (τα οποία θα αποτελέσουν τις εισόδους και τις εξόδους του PLC) καθώς και η επιλογή του κατάλληλου PLC και των επεκτάσεων του άμα αυτές χρειαστούν.
3. Έπειτα σχεδιάζεται το ηλεκτρολογικό σχέδιο προκειμένου να τοποθετηθούν σωστά τα προαναφερθέντα εξαρτήματα στο πίνακα ελέγχου.
4. Εν συνεχεία πραγματοποιείται ο προγραμματισμός του PLC.
5. Κατόπιν αυτό «φορτώνεται» στο PLC και γίνονται οι δοκιμές λειτουργίας του αυτοματισμού
6. Και τέλος, αφού έχουν πραγματοποιηθεί και οι τελικές δοκιμές, δημιουργείται ένας φάκελος του έργου ο οποίος περιλαμβάνει το τελικό πρόγραμμα, διάφορες επεξηγήσεις και σημειώσεις καθώς και το ηλεκτρολογικό σχέδιο του πίνακα ελέγχου.

1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ανάπτυξης αυτοματισμών με PLC

Πλεονεκτήματα

Από την παραπάνω σύγκριση των δύο μεθόδων ανάπτυξης έργου αυτοματισμού προκύπτουν εύλογα αρκετά πλεονεκτήματα όταν η ανάπτυξη γίνεται με χρήση PLC. Κάποια που αξίζουν να αναφερθούν είναι τα εξής:

- Καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο σε σχέση με έναν κλασσικό πίνακα αυτοματισμού
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές λόγω του ότι θεωρούνται συσκευές «γενικής χρήσης».

- Το κόστος τους είναι μικρότερο συγκριτικά με το μεγάλο αριθμό ρελέ χρονικών κλπ που απαιτούνται για την υλοποίηση ενός κλασσικού πίνακα.
- Δεν τίθεται λόγος για τον συνολικό αριθμό χρονικών, απαριθμητών και επαφών διότι αποτελούν εντολές
- Είναι εύκολα τροποποιήσιμα, δηλαδή μπορεί ο χρήστης ανά πάσα στιγμή να κάνει αλλαγές στη λειτουργία του αυτοματισμού μέσω του προγράμματος χωρίς να επέμβει στο ηλεκτρολογικό υλικό.
- Υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης περιφερειακών όπως εκτυπωτές και οθόνες HMI.
- Ο χρόνος προγραμματισμού του αυτοματισμού είναι συγκριτικά μικρότερος απ' ότι η πολύωρη καλωδίωση του κλασσικού πίνακα.
- Το κόστος συντήρησης είναι μικρότερο.
- Λόγω των διάφορων μεθόδων προγραμματισμού που διαθέτουν τα PLC καλύπτουν όλο το φάσμα των τεχνικών που καλούνται να προγραμματίσουν τον απαιτούμενο αυτοματισμό.
- Τα ενδεικτικά LED που υπάρχουν πάνω στη μονάδα αλλά και στις κάρτες επέκτασης προσφέρουν τη δυνατότητα για οπτικό έλεγχο της λειτουργίας των επιμέρους στοιχείων που απαρτίζουν την εγκατάσταση.
- Τέλος, το PLC επειδή ουσιαστικά πρόκειται για έναν μικροϋπολογιστή δίνει τη δυνατότητα του απομακρυσμένου ελέγχου μέσω σύνδεσης του στο διαδίκτυο.

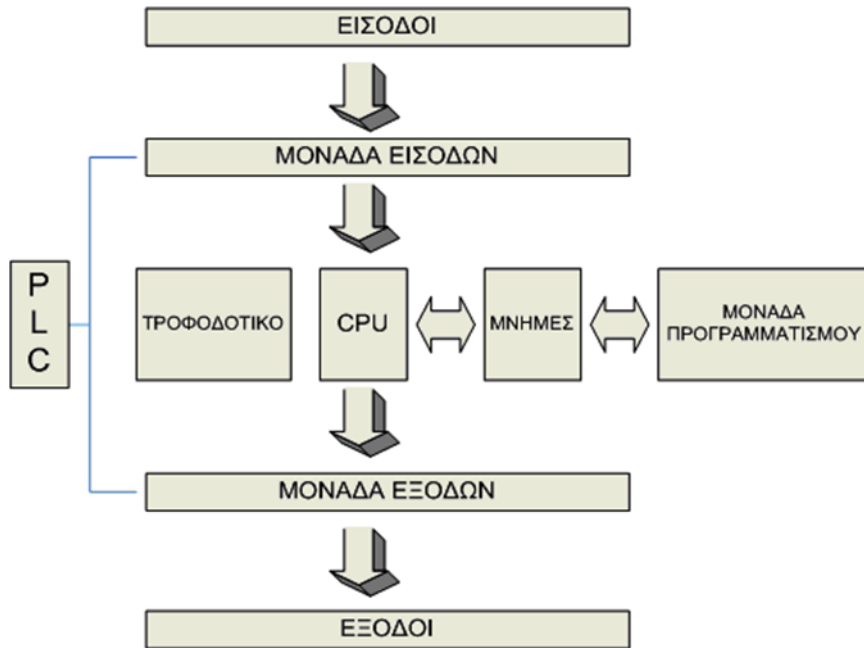
Μειονεκτήματα

Παρόλο το πλήθος των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από τη χρήση τους, Υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα που αξίζει να σημειωθούν. Αυτά είναι :

- Ακόμα και αν οι τιμές τους πέφτουν καθημερινά η χρήση τους δε συνιστάται για πολύ μικρές εφαρμογές παρόλο το πλήθος των PLC που κατασκευάζουν οι εταιρίες για πληθώρα εφαρμογών.
- Επειδή τα PLC πρόκειται για μια διαρκώς εξελίξιμη τεχνολογία μπορεί να θεωρηθεί σαν μειονέκτημα η συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού στις νέες τους λειτουργίες.
- Λόγω των διάφορων κατασκευαστριών εταιριών παραγωγής PLC που υπάρχουν, ένα άλλο μειονέκτημα που προκύπτει είναι η διαφορετικότητα στις γλώσσες προγραμματισμού. Έτσι, η εξειδίκευση του προσωπικού σε παραπάνω από ένα μοντέλο κρίνεται οικονομικώς απαγορευτική.

Κεφάλαιο 2: Δομή Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

Η αρχιτεκτονική ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή δε διαφέρει από ένα οποιοδήποτε άλλο υπολογιστικό σύστημα. Η βασική δομή ενός PLC αποτελείται από μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας μια μονάδα μνήμης, την μονάδα εισόδων και την μονάδα εξόδων.



Εικόνα 2.1: Δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή

2.1 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας ελέγχει όλη τη δραστηριότητα του συστήματος μέσω του επεξεργαστή και του συστήματος μνήμης. Κύρια και σημαντικότερη λειτουργία του είναι το διάβασμα των δεδομένων εισόδου που έχουν εισαχθεί στη μονάδα εισόδων, η εκτέλεση του προγράμματος που είναι η αποθηκευμένη στη μνήμη του και τέλος να δώσει το αποτέλεσμα στη μονάδα εξόδων από την επεξεργασία του προγράμματος. Αυτή η διαδικασία που εκτελεί κάθε φορά ο επεξεργαστής λέγεται σκανάρισμα και εκτελείται κάθε φορά κυκλικά. Ο μέσος χρόνος που χρειάζεται να κάνει έναν πλήρη κύκλο σκαναρίσματος είναι στα 20ms, ανάλογο πάντα και με το μέγεθος του προγράμματος.

2.2 Μνήμες

Όπως όλα τα συστήματα μικροελεγκτών έτσι και η κεντρική μονάδα ενός PLC διαθέτει μνήμες. Οι μνήμες ενός PLC διακρίνονται σε δυο κατηγορίες, τις πτητικές και τις μη πτητικές.

2.2.1 Πτητικές

Πτητικές είναι οι μνήμες που δεν μπορούν να κρατήσουν το περιεχόμενο τους αποθηκευμένο στην περίπτωση που η μονάδα πάψει να τροφοδοτείται. Σε αυτή την κατηγορία μνημών ανήκει η Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης (RAM) στην οποία αποθηκεύεται προσωρινά το πρόγραμμα με σκοπό να επεξεργαστούμε τα δεδομένα που θέλουμε.

Η μνήμη RAM χωρίζεται ως εξής :

- Μνήμη Φόρτωσης (Load Memory): Σε αυτή τη μνήμη αποθηκεύεται το πρόγραμμα που 'φορτώσαμε'. Το περιεχόμενο της δε χάνεται σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας.
- Μνήμη Εργασίας (Work Memory): Σε αυτή τη μνήμη περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία και δεδομένα προκειμένου να εκτελεστεί το πρόγραμμα.
- Μνήμη Μονάδας (Retentive Memory): Σε αυτή τη μνήμη αποθηκεύονται οι παράμετροι του προγράμματος (περιοχή εισόδων-εξόδων, χρονικά, μετρητές) όπου στην περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας αυτές ανακτώνται.

2.2.2 Μη Πτητικές

Είναι οι μνήμες που μπορούν να κρατήσουν το περιεχόμενο τους ακόμα και όταν η μονάδα πάψει να τροφοδοτείται. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η Μνήμη Μόνο για Ανάγνωση (ROM). Το περιεχόμενο αυτής της μνήμης είναι μόνο για ανάγνωση. Σε αυτή είναι αποθηκευμένη το λειτουργικό σύστημα του PLC το οποίο ελέγχει όλες τις λειτουργίες που χρησιμοποιεί ο χρήστης κατά τον προγραμματισμό.

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)

Σε αυτή τη μνήμη μπορεί να αποθηκευτεί μόνιμα το πρόγραμμα του χρήστη. Όπως και στη RAM, η EEPROM προσφέρει τη δυνατότητα να γράψουμε πάνω της νέα δεδομένα ή να επεξεργαστούμε τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα. Σε αντίθεση όμως με τη RAM ,στην οποία μπορούμε να γράψουμε και να επεξεργαστούμε απεριόριστα τα δεδομένα η EEPROM έχει περιορισμένο αριθμό τροποποιήσεων. Η διαγραφή αυτής της μνήμης γίνεται μόνο ηλεκτρικά και όχι με τη χρήση υπεριώδους φωτός.

2.3 Μονάδα Τροφοδοσίας

Η χρησιμότητα αυτής της μονάδας είναι να τροφοδοτήσει με την κατάλληλη τάση όλα τα ηλεκτρονικά στοιχεία απο τα οποία αποτελείται το PLC. Η μονάδα τροφοδοσίας ουσιαστικά μετατρέπει την τάση της γραμμής όπου μπορεί να είναι τα 230V AC σε κατάλληλη τιμή τάσης DC . Οι συνηθέστερες τιμές λειτουργίας είναι 5V DC, 12V DC, 24V DC. Παρόλο βέβαια που η μονάδα τροφοδοσίας είναι η κύρια πηγή τροφοδοσίας υπάρχει και μία ενσωματωμένη μπαταρία που λειτουργεί ως εφεδρική τροφοδοσία η οποία σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος βοηθάει στη διατήρηση της μνήμης RAM.



Εικόνα 2.2: Μονάδα Τροφοδοσίας

2.4 Μονάδες Εισόδων-Εξόδων

Οι μονάδες εισόδων-εξόδων είναι εκείνες οι μονάδες οι οποίες είναι υπεύθυνες για την επικοινωνία της κεντρικής μονάδας με τον εξοπλισμό που δίνει τις πληροφορίες (τα μπουτόν, τα αισθητήρια) και τις εντολές (όπου μπορεί να είναι ή κάποιο έμβολο ή κινητήρας) στο PLC.

Η CPU του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή δέχεται ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου χαμηλής τάσης συνήθως από 0-5 V, όπου 0V για το αντίστοιχο λογικό “0” και όπου 5V για το αντίστοιχο λογικό “1”, και πολύ μικρού ρεύματος της τάξεως των mA. Για αυτό το λόγο οι μονάδες αναλαμβάνουν να προσαρμόσουν τις τιμές των σημάτων που δέχονται στις κατάλληλες τιμές που δέχεται η κεντρική μονάδα, τόσο από άποψης ρεύματος όσο και από άποψη τάσης. Αυτή η προσαρμογή επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τρανζίστορ ισχύος, θυρίστορ και triac αλλά και με τους κατάλληλους μικροηλεκτρονόμεους.

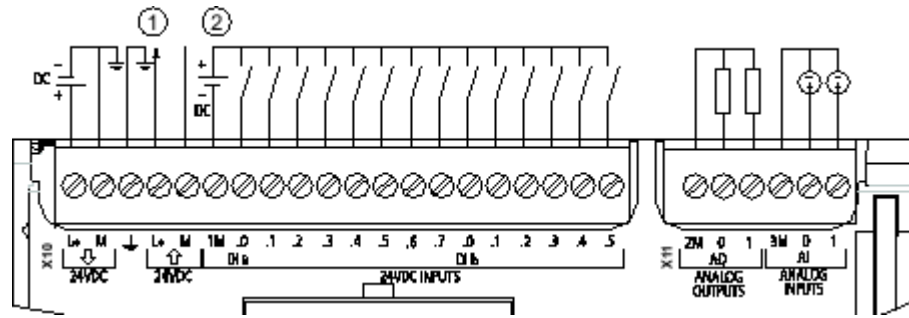
Λόγω του ότι υπάρχουν διαφορετικά PLC από διαφορετικές εταιρείες η μονάδα εισόδων-εξόδων μπορεί να λειτουργήσει με διαφορετική τάση. Οι συνηθέστερες τιμές που συναντάμε είναι 24V DC, 48V DC, 60V DC καθώς και 24V AC, 48V AC, 60V AC, 115V AC και 230V AC. Επειδή ότι οι τάσεις αυτές δεν παρέχονται συνήθως από τη μονάδα τροφοδοσίας του PLC η παροχή της επιθυμητής τάσης πρέπει να γίνει μέσω του κατάλληλου τροφοδοτικού. Βέβαια, η τάση των εισόδων μπορεί να διαφέρει από την τάση των εξόδων, διότι τα εκάστοτε κυκλώματα τους είναι διαφορετικά, επομένως πρέπει να χρησιμοποιηθεί διαφορετικό τροφοδοτικό. Ενώ αν τα κυκλώματα και οι τάσεις είναι ίδια τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο τροφοδοτικό.

2.4.1 Μονάδες Εισόδου

Ο όρος είσοδος αναφέρεται στα σήματα που δέχεται το PLC στη μονάδα εισόδων. Τα σήματα αυτά προέρχονται από διάφορες συσκευές όπως τα μπουτόν, τα φωτοκύτταρα και άλλους αισθητήρες. Σκοπός αυτής της μονάδας είναι να λαμβάνει αυτά τα σήματα και να τα προσαρμόζει κατάλληλα ώστε να τα δέχεται ο επεξεργαστής. Τα σήματα αυτά συνήθως συμβολίζονται με το γράμμα I (ανάλογα και με τον κατασκευαστή) και ακολουθείται από έναν αριθμό ο οποίος ορίζει τον αριθμό της μονάδας βάσης ή επέκτασης και ακολούθως τον αριθμό εισόδου (πχ I0.1).

Υπάρχουν δύο ειδών μονάδων εισόδου οι ψηφιακές και οι αναλογικές:

- Ψηφιακές: Οι οποίες είναι διπλής κατάστασης, δηλαδή, αναγνωρίζουν μόνο λογικό ‘0’ και λογικό ‘1’.
- Αναλογικές: Οι οποίες εκτείνονται σε ένα εύρος τιμών. Συνήθως οι τιμές αυτές είναι της τάξεως από 0 – 10 V ή έντασης ρεύματος 0 έως 20mA ή 4mA έως 20mA.



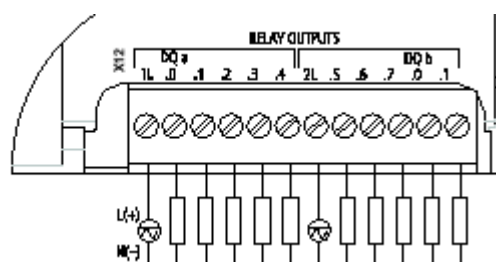
Εικόνα 2.3 Μονάδα Εισόδων

2.4.2 Μονάδες Εξόδου

Ο όρος έξοδος αναφέρεται στα σήματα που παράγει το PLC. Σκοπός αυτής της μονάδας είναι να μεταφέρει τα σήματα εξόδου που παράγονται μετά από τον επεξεργασία του προγράμματος στους ακροδέκτες εξόδου. Τα σήματα αυτά συμβολίζονται με το γράμμα Q και ακολουθούνται από έναν αριθμό που υποδικτυεί τον αριθμό της μονάδας βάσης ή επέκτασης και ακολουθώς τον αριθμό εξόδου (πχ Q1.3).

Διακρίνονται και αυτές σε ψηφιακές και αναλογικές:

- Ψηφιακές: παράγουν και αυτές σήματα διπλής κατάστασης (συνήθως 24V DC ή 115V AC ή και 220V AC.)
- Αναλογικές: Σε αυτές παράγεται ένα μεταβλητό επίπεδο ή ένα εύρος τιμών όπως για παράδειγμα για τον έλεγχο της ταχύτητας ενός κινητήρα.



Εικόνα 2.4 Μονάδα Εξόδων

2.5 Ειδικές Μονάδες Εισόδων και Εξόδων

Αναλόγως την εφαρμογή που θέλει να υλοποιήσει ο χρήστης έχουν κατασκευαστεί και ειδικές μονάδες εισόδων – εξόδων για να ικανοποιηθούν αυτές οι ανάγκες.

Μονάδα μετρητή υψηλής ταχύτητας

Αυτή η μονάδα χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου η ταχύτητα των παλμών ενός κωδικοποιητή (encoder) είναι πολύ υψηλή και το PLC δεν είναι ικανό να τους διαβάσει σε αυτή την ταχύτητα.

Χειροκίνητη Μονάδα

Η μονάδα αυτή επιτρέπει στο χρήστη να προσθέτει χειροκίνητα πληροφορίες στο PLC με σκοπό να χρησιμοποιηθούν στο σύστημα ελέγχου. Είναι σύνηθως σε δεκαδική μορφή.

Μονάδα TTL

Η μονάδα αυτή επιτρέπει στο PLC να στέλνει και να λαμβάνει σήματα μορφής TTL.

Μονάδα Basic ή ASCII

Η μονάδα αυτή επιτρέπει στο PLC να στέλνει και να λαμβάνει αρχεία ASCII , σκοπός της είναι να ενημερώνει το χρήστη μέσω εκτυπωτή ή άλλα τερματικά. Αυτά τα αρχεία είναι προγράμματα γραμμένα σε γλώσσα BASIC.

Μονάδα Βηματικού Κινητήρα

Οι παλμοί βηματικού κινητήρα που παράγονται σε αυτή τη μονάδα στέλνται σε ένα μεταφραστή βηματικού κινητήρα ώστε ο χρήστης μέσω του PLC να μπορέσει να ελέγξει τη λειτουργία του κινητήρα

Μονάδα BCD-Εξόδου

Η μονάδα αυτή επιτρέπει στο PLC να χρησιμοποιήσει συσκευές που χρησιμοποιούν BCD κωδικοποιημένα σήματα. Κάποιες από αυτές τις μονάδες αναφέρονται σαν νοερές είσοδοι και έξοδοι διότι διαθέτουν τη δική τους μονάδα επεξεργαστή σε πλακέτα και μπορεί να λειτουργήσει παράλληλα με το PLC.

Μονάδα PID

Η μονάδα αυτή χρησιμοποιείται όταν το σύστημα χρησιμοποιεί αλγορίθμους PID. Η επεξεργασία των περίπλοκων υπολογισμών γίνεται στο μικροεπεξεργαστή της μονάδας PID, έτσι ώστε το PLC να μην επιβαρυνθεί από τις περίπλοκες μαθηματικές πράξεις και ύστερα από σύγκριση με τις τιμές που έχουν σταλεί από το PLC στέλνεται το κατάλληλο σήμα στον ελεγκτή.

Μονάδα Κίνησης και Θέσης

Η μονάδα (αλλιώς μονάδα Σέρβο) χρησιμοποιείται με σκοπό ο χρήστης να μπορέσει να ελέγξει κινητήρες τύπου σέρβο. Ένας εξωτερικός κωδικοποιητής μας δίνει τις πληροφορίες για τη θέση και την κίνηση του σερβοκινητήρα οι οποίες εισάγονται στο PLC ώστε να επιτευχθεί ο έλεγχος του κινητήρα.

Μονάδα Επικοινωνίας

Η μονάδα αυτή επιτρέπει στο χρήστη να συνδέσει το PLC σε δίκτυα υψηλότερων ταχυτήτων κάτι που το δίκτυο που παρέχει το PLC δεν είναι εφικτό.

2.6 Τρόπος Σύνδεσης

Τα παραπάνω βασικά στοιχεία που απαρτίζουν ένα PLC μπορούν να συνδεθούν με δυο τρόπους:

1. Η πρώτη περίπτωση είναι όλες μονάδες που προαναφέρθηκαν να είναι ενσωματωμένες σε μια συσκευή. Αυτές οι συσκευές ονομάζονται Compact PLC. Συνήθως αυτά τα PLC είναι μικρά σε μέγεθος και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για μικρές εφαρμογές ενώ ο αριθμός των εισόδων και εξόδων του είναι καθορισμένος από τον κατασκευαστή. Βέβαια σε περίπτωση βλάβης είναι πιο δύσκολο να επιδιορθωθούν και θα πρέπει να γίνει αλλαγή όλου του PLC.



Εικόνα 2.5 Compact PLC (Siemens S7-1200)

2. Ενώ στη δεύτερη περίπτωση όπου η μονάδα του επεξεργαστή, η μονάδα τροφοδοσίας και οι μονάδες εισόδων και εξόδων αποτελούν ξεχωριστά μέρη και συνδέονται όλα μαζί ονομάζεται Modular PLC. Αυτά τα PLC είναι ιδανικά για μεγάλες εφαρμογές. Εδώ μπορεί να γίνει επέκταση της μονάδας εισόδων και εξόδων. Σε αυτά τα είδη PLC άμα προκύψει βλάβη τα επιμέρους στοιχεία που το απαρτίζουν μπορούν να αντικαθιστούν εύκολα με καινούργια και τα υπόλοιπα να δουλεύουν ως έχουν.



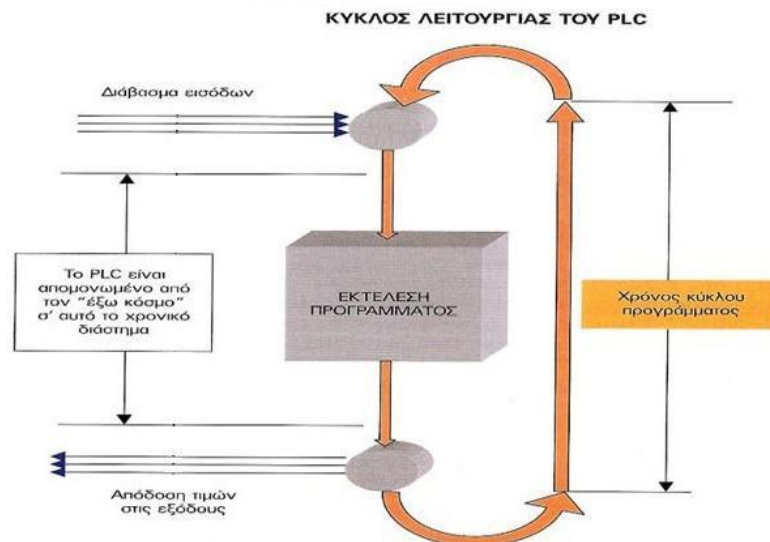
Εικόνα 2 3 Siemens Modular PLC

Κεφάλαιο 3: Αρχή Λειτουργίας και Προγραμματισμός

3.1 Η αρχή λειτουργίας ενός PLC

Μόλις η κατάσταση ενός PLC αλλάξει σε κατάσταση λειτουργίας τότε ξεκινάει και η εκτέλεση του προγράμματος που είναι αποθηκευμένο σε αυτό. Πιο συγκεκριμένα:

- Πρώτα απ' όλα ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής διαβάζει τις εισόδους, δηλαδή, ελέγχει την κατάσταση τους (αν έχουν λογικό "0" ή λογικό "1"). Οι καταστάσεις των εισόδων αποθηκεύονται σε ειδική περιοχή μνήμης η οποία ονομάζεται εικόνα εισόδων (Input Image).
- Έπειτα, ο επεξεργαστής χρησιμοποιεί τα δεδομένα εισόδου που έλαβε και σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα εκτελεί μια σειρά από λογικές αποφάσεις και πράξεις, δηλαδή το πρόγραμμα.
- Τα παραγόμενα αποτελέσματα που αποδίδονται από την εκτέλεση του προγράμματος αποθηκεύονται και αυτά σε μια ειδική περιοχή μνήμης η οποία ονομάζεται εικόνα εξόδου (Output Image). Τέλος, οι τιμές της εικόνας εξόδων αποδίδονται στις εξόδους του PLC, δηλαδή, θα διεγερθούν οι έξοδοι που έχουν λογικό "1" και θα αποδιεγερθούν όσες έχουν λογικό "0".



Εικόνα 3.1 Κύκλος Λειτουργίας

Μόλις ολοκληρωθεί και το τελευταίο βήμα συμπληρώνεται ένας κύκλος λειτουργίας και έπειτα η διαδικασία ξεκινάει από την αρχή, η διαδικασία αυτή του PLC ονομάζεται κυκλική επεξεργασία και εκτελείται συνεχώς όσο αυτό βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας.

Όσον αφορά το χρόνο εκτέλεσης ενός πλήρη κύκλου λειτουργίας, αυτός εξαρτάται από την ταχύτητα του επεξεργαστή που διαθέτει η μονάδα. Επίσης ο χρόνος εκτέλεσης εξαρτάται και από το μέγεθος του προγράμματος που εκτελεί, δηλαδή, όσο μεγαλύτερο είναι το πρόγραμμα τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο χρόνος εκτέλεσης ενός πλήρη κύκλου. Να σημειωθεί όμως, πως ο χρόνος ενός κύκλου είναι το πολύ 300ms ακόμα για τα πιο πολύπλοκα προγράμματα.

Βάσει των παραπάνω, συμπεραίνεται πως το PLC “δεν βλέπει” διαρκώς τον “έξω κόσμο” αλλά μόνο τις χρονικές στιγμές που διαβάζει τις εισόδους και αποδίδει τιμές στις εξόδους του. Τα υπόλοιπα διαστήματα, το PLC εκτελεί διάφορες άλλες πράξεις του προγράμματος που είναι αποθηκευμένο σε αυτό.

3.2 Κύριες λειτουργίες των PLC

Λόγω του ότι τα PLC πρόκεινται για μια τεχνολογία συνεχώς εξελίξιμη οι λειτουργίες τους αυξάνονται ανάλογα ώστε να επιτευχθούν και τα πιο απαιτητικά έργα αυτοματισμού. Παρακάτω παρατίθενται οι πιο σημαντικές:

- **Λειτουργία απαριθμητών:** Μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών είναι αυτή των απαριθμητών. Οι απαριθμητές μπορούν να μετρήσουν παλμούς (εσωτερικούς ή εξωτερικούς) με την προς τα πάνω μέθοδο ή την προς τα κάτω.
- **Λειτουργία πραγματικών ρολογιών:** Η εν λόγω λειτουργία δίνει τη δυνατότητα να προγραμματιστούν οι έξοδοι των PLC σε πραγματικό χρόνο (δηλαδή ημερομηνία και ώρα).
- **Αριθμητικές επεξεργασίες:** Επειδή τα PLC θεωρούνται και αυτά ως ένας υπολογιστής φυσικό είναι να προσεγγίζουν τις λειτουργίες και τις δυνατότητες που προσφέρει και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Προφέρουν με λίγα λόγια τη δυνατότητα να επεξεργαστούν αριθμητικές πράξεις.
- **Αναλογικές εισόδοι και έξοδοι:** Προκειμένου να καλύψουν πλήρως όλο το εύρος των συστημάτων αυτόματου ελέγχου, ακόμα και εκείνα που χρησιμοποιούν αναλογικές μεταβλητές (π.χ. για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της πίεσης ή της στάθμης μιας δεξαμενής), τα PLC προσφέρουν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν αναλογικές εισόδους αλλά και να παρέχουν αναλογικές εξόδους. Οι τιμές των

αναλογικών σημάτων μετατρέπονται σε ψηφιακές τιμές προκειμένου να μπορέσει να τις αξιοποιήσει το PLC.

- **Δικτύωση PLC:** Άλλη μια σημαντική δυνατότητα που προσφέρουν τα PLC είναι η μεταξύ τους σύνδεση αλλά και η σύνδεση με ηλεκτρονικούς υπολογιστές προκειμένου να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες με σκοπό τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και τον έλεγχο της αποθήκης και του λογιστηρίου. Η εξέλιξη αυτή έχει αλλάξει τη μορφή της βιομηχανίας και όλα μαζί αποτελούν ένα βασικό βιομηχανικό δίκτυο αυτοματισμού.

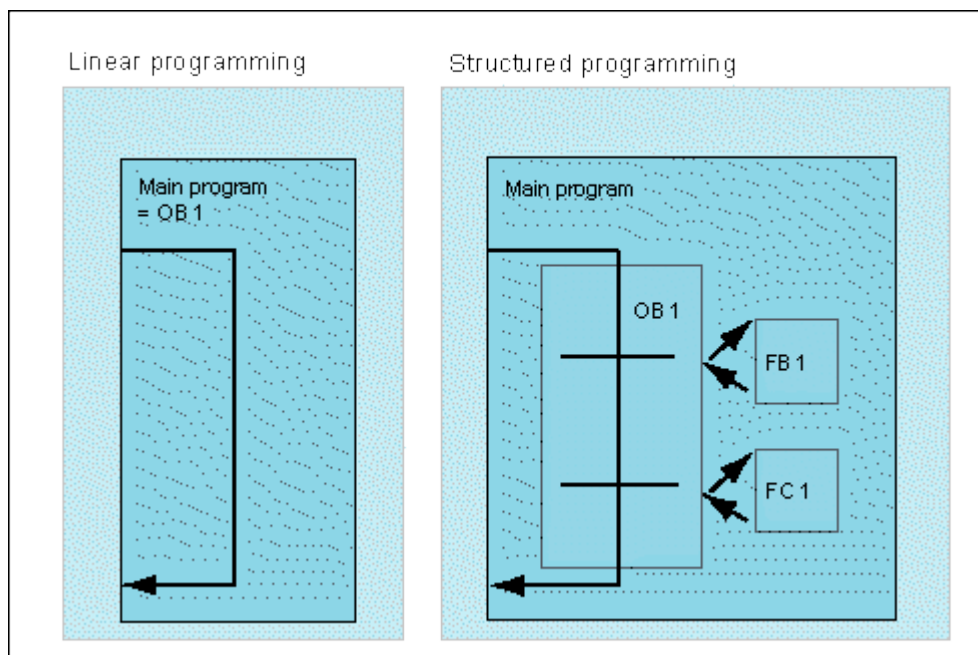
3.3 Προγραμματισμός ενός PLC

3.3.1 Μέθοδοι Προγραμματισμού

Υπάρχουν γενικά τρεις τρόποι με τους οποίους ο χρήστης μπορεί να αναπτύξει το πρόγραμμα του. Η επιλογή τους εξαρτάται από το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του προγράμματος αλλά καθώς και από την εμπειρία του χρήστη που θα το υλοποιήσει. Πιο αναλυτικά, οι μορφές με τις οποίες μπορεί να αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα είναι οι εξής:

Γραμμικός Προγραμματισμός (Linear Programming)

Σε αυτή τη μέθοδο προγραμματισμού όλο το πρόγραμμα βρίσκεται σε ένα μπλόκ οργάνωσης (organization block-OB1). Το PLC εκτελεί συνεχώς το πρόγραμμα κυκλικά, δηλαδή, όταν φτάσει στην τελευταία γραμμή του κώδικα ξεκινάει την εκτέλεση του από την αρχή κοκ. Αυτή η μέθοδος είναι γρήγορη αλλά ενδείκνυται για την ανάπτυξη απλών προγραμμάτων.



Εικόνα 3.2 Γραμμικός και Δομημένος Προγραμματισμός

Δομημένος Προγραμματισμός (Structured Programming)

Στο δομημένο προγραμματισμό ή αλλιώς στο διαδικαστικό προγραμματισμό το πρόγραμμα χωρίζεται σε άλλα μικρότερα προγράμματα (ρουτίνες , συναρτήσεις ή υποπρογράμματα), δηλαδή μικρότερα blocks. Καλούνται από το κυρίως πρόγραμμα όποτε χρειαστούν. Με αυτή τη μέθοδο προγραμματισμού ο χρήστης μπορεί να γράψει πιο πολύπλοκα προγράμματα διότι έχει τη δυνατότητα να σπάσει το κυρίως πρόγραμμα σε επιμέρους εργασίες. Το πρόγραμμα κατά αυτό τον τρόπο γίνεται πιο οργανωμένο, πιο κατανοητό, ευκολότερα διαχειρίσιμο και η εύρεση των σφαλμάτων είναι πιο εύκολη και γρήγορη.

3.3.2 Δομή Προγράμματος

Η γενική μορφή ενός προγράμματος στην κεντρική μονάδα του PLC αποτελείται από το λειτουργικό σύστημα καθώς και από το πρόγραμμα του χρήστη.

Το λειτουργικό σύστημα είναι υπεύθυνο για τη διεύθυνση αλλά και για το συντονισμό των επιμέρους εργασιών. Σε αυτό περιλαμβάνονται όλες οι εντολές που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη του προγράμματος καθώς και άλλες λειτουργίες όπως για την ανίχνευση σφαλμάτων, τη διαχείριση των περιοχών μνήμης, την αποθήκευση των δεδομένων σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας. Το πρόγραμμα εφαρμογής περιέχει το σύνολο των εντολών και των λογικών πράξεων που έγραψε ο χρήστης ώστε να επιτευχθεί η αυτόματη λειτουργία.

Ανάλογα την πολυπλοκότητα του αυτοματισμού, ο χρήστης μπορεί να χωρίσει το πρόγραμμα σε όσα μέρη επιθυμεί ώστε να το κατανοήσει και να το κατασκευάσει όσο το

δυνατόν πιο εύκολα και γρήγορα. Κάθε ένα μέρος πρέπει να έχει τεχνολογική καθώς και λειτουργική βάση. Τα μέρη αυτά ονομάζονται μπλόκ και καθορίζουν ξεχωριστά τις λειτουργίες του συνολικού προγράμματος.

3.3.2.1 Τύποι Μπλοκ

Υπάρχουν διάφορα είδη μπλοκ όπου το καθένα χρησιμοποιείται για διαφορετικό σκοπό:

- Μπλοκ χρήστη
- Μπλοκ συστήματος
- Στάνταρ Μπλοκ

Μπλοκ χρήστη

Ο χρήστης, ανάλογα την εφαρμογή, μπορεί να διαλέξει μεταξύ διάφορων τύπων μπλοκ ώστε να κατασκευάσει το πρόγραμμα του

Μπλοκ οργάνωσης (OB)

Το μπλοκ οργάνωσης είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία ανάμεσα στο λειτουργικό σύστημα και το πρόγραμμα του χρήστη. Καλούνται από το λειτουργικό σύστημα όταν εκτυλίσσονται συγκεκριμένα γεγονότα (π.χ. κατά την εκκίνηση της κεντρικής μονάδας, στην εμφάνιση σφαλμάτων) και ορίζουν με ποια σειρά θα γίνει η εκτέλεση των επιμέρους μερών του προγράμματος. Η κλήση τους γίνεται με βάση τον αριθμό προτεραιότητας του κάθε μπλοκ. Αξίζει να αναφερθεί ότι η κλήση ενός μπλοκ με υψηλή προτεραιότητα μπορεί να διακόψει την εκτέλεση ενός άλλου με χαμηλή προτεραιότητα. Το πρόγραμμα του χρήστη γράφεται στο OB1 και έχει τη χαμηλότερη προτεραιότητα.

Πίνακας 1 Πίνακας Προτεραιοτήτων των OBs

Type of Interrupt/Organization bloc	Explanation	Default Priority Class
Main Program Scan OB1	Organization Block For Cyclic Program Processing	1
Time-of-Day	Time of Day Interrupt Organization Block	2

OB10 – OB17		
Time-Delay OB20 – OB23	Time Delay Interrupt Organization Block	3 – 6
Cyclic Interrupts OB30 – OB38	Cyclic Interrupts Organization Blocks	7 – 15
Hardware Interrupts OB40 – OB47	Hardware Interrupts Organization Blocks	16 – 23
DPV1 Interrupts OB55-OB57	Programming DPV1 Devices	2
Multi-computing OB60	Multi-computing Synchronous Operation of Several CPUs	25
Synchronous Cyclic Interrupts OB61 - OB64	Configuring Short and Equal-Length Process Reaction Times on Profibus-DP	25
Redundancy Errors OB70 & OB72	Error Handling Organization Blocks	25,28
Asynchronous Errors OB80 Time Error OB81 Power Supply Error OB82 Diagnostic Interrupt OB83 Insert/Remove Module Interrupt OB84 CPU Hardware Fault OB85 Program Cycle Error OB86 Rack Failure OB87 Communication Error	Error Handling Organization Blocks	25 or 28 (if the asynchronous error OB exists in the startup program)
Background Cycle OB90	Background Organization Block	29
Start Up OB100 Warm Start	Startup Organization Blocs	27

OB101 Hot Restart OB102 Cold Restart		
Synchronous Errors OB121 Programming Error OB122 Access Error	Error Handling Organization Block	Priority of the OB that causes that error

Συναρτήσεις (FC)

Συχνά στα μεγάλα προγράμματα παρατηρείται η συνεχής επανάληψη της ίδιας διαδικασίας. Για να το αποφύγει αυτό, ο χρήστης γράφει μικρότερα προγράμματα τα οποία μπορεί να τα καλέσει όταν το θεωρεί απαραίτητο και όσες φορές επιθυμεί. Οι τιμές που αποδίδονται στις συναρτήσεις από την OB1 είναι προσωρινές, δηλαδή αποθηκεύονται προσωρινά μέχρι να εκτελεστούν οι συναρτήσεις και ύστερα χάνονται.

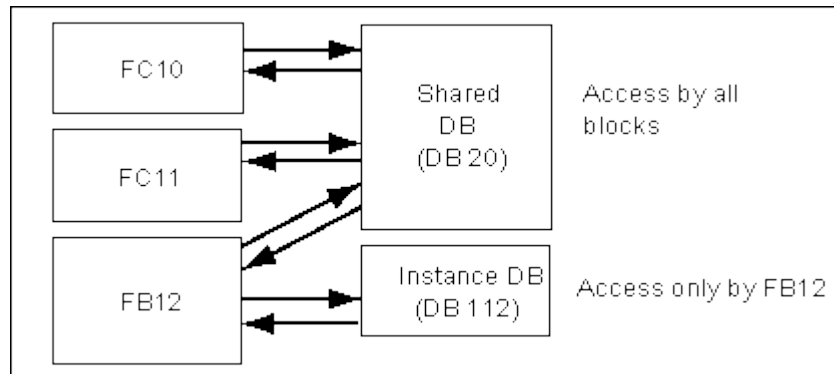
Μπλοκ λειτουργίας (FB)

Πρόκεινται για μπλοκ που «έχουν» μνήμη. Ουσιαστικά χρησιμοποιούν ένα στιγμιαίο μπλοκ δεδομένων το οποίο λειτουργεί ως μνήμη. Μετά την εκτέλεση του μπλοκ λειτουργίας τα δεδομένα δεν χάνονται αλλά αποθηκεύονται σε αυτό το μπλοκ δεδομένων. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα κάθε φορά που καλείται ένα μπλοκ λειτουργίας να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά μπλοκ δεδομένων με την ίδια όμως δομή δεδομένων αλλά διαφορετική τιμή μεταβλητών.

Μπλοκ δεδομένων (DB)

Σε αυτό το μπλοκ ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει όλα τα δεδομένα του προγράμματος του, τα οποία μπορούν να είναι της μορφής bit, byte, word και double word. Όταν τελειώσει η κλήση αυτού του μπλοκ οι τιμές και τα δεδομένα του δε χάνονται αλλά διατηρούνται. Τα μπλοκ δεδομένων χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

1. Στα προσπελάσιμα μπλοκ δεδομένων(Global DB) όπου τα δεδομένα τους είναι προσβάσιμα απ' όλα τα μπλοκ.
2. Στα στιγμιαία μπλοκ δεδομένων(Instance DB) όπου τα δεδομένα τους είναι προσβάσιμα μόνο από τα μπλοκ λειτουργίας.



Εικόνα 3.3 Πρόσβαση των μπλοκ δεδομένων.

Μπλοκ συστήματος

Το μπλοκ συστήματος χωρίζεται στις λειτουργίες συστήματος καθώς και στο μπλοκ δεδομένων συστήματος και τα δυο του αποτελούν μέρος του λειτουργικού συστήματος, για το λόγο αυτό ο χρήστης, μπορεί να καλέσει και να χρησιμοποιήσει τα εν λόγω μπλοκ αλλά δεν μπορεί να επεμβεί σε αυτά (δηλαδή, να τα προγραμματίσει). Προσφέρουν σημαντικές λειτουργίες όπως ο χειρισμός του εσωτερικού ρολογιού της κεντρικής μονάδας, χειρισμό των χρονικών καθυστερήσεων και interrupts, καθώς και λειτουργίες για επικοινωνία.

3.5 Γλώσσες Προγραμματισμού

Για να επιτευχθεί ο επιθυμητός αυτοματισμός θα πρέπει να προηγηθεί η δημιουργία ενός προγράμματος το οποίο θα εκτελεί τον εν λόγω αυτοματισμό. Οι γλώσσες προγραμματισμού ποικίλουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, αλλά και στο ίδιο το PLC καθώς δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να γράψει ένα πρόγραμμα με παραπάνω από μια γλώσσα. Η ουσιαστικότερη διαφορά ανάμεσα στις γλώσσες στο ίδιο PLC είναι ο τρόπος απεικόνισης των λειτουργιών και των εντολών τους, ενώ το τελικό αποτέλεσμα στη κάθε περίπτωση παραμένει το ίδιο. Παρόλο τον ανταγωνισμό από κατασκευαστή σε κατασκευαστή υπάρχει μια σχετική τυποποίηση με στόχο να δημιουργηθούν προγραμματιστικές φόρμες με σκοπό να χρησιμοποιηθούν από επόμενες γενιές ελεγκτών. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι οι γλώσσες προγραμματισμού δε βασίζονται σε γλώσσες υψηλού επιπέδου. Οι επικρατέστερες γλώσσες ενός PLC είναι:

1. Η γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών (Ladder Diagram).

2. Διάγραμμα Λογικών Πυλών (Function Block Diagram).
3. Λίστα εντολών (Statement List).

Χωρίζονται σε γραφικές και μη γραφικές ανάλογα με τα στοιχεία και τις εντολές που χρησιμοποιούν.

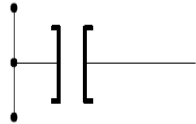
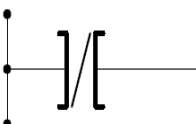
3.5.1 Γραφικές

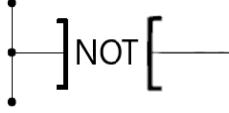
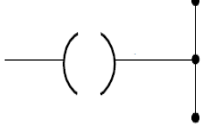
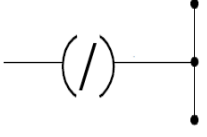
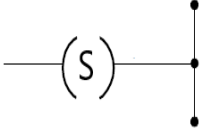
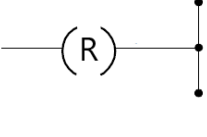
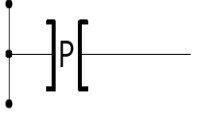
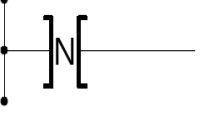
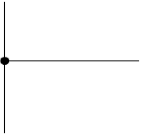
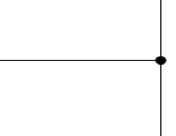
Οι γλώσσες που ταξινομούνται σε αυτή την κατηγορία χρησιμοποιούν εντολές και στοιχεία παρόμοια με τα σύμβολα ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου που χρησιμοποιούνταν στον κλασικό αυτοματισμό με ρελέ καθώς και σύμβολα λογικών πυλών.

Γλώσσα Ηλεκτρολογικών Επαφών (Ladder)

Είναι ίσως η πιο διαδεδομένη καθώς είναι και η πρώτη που αναπτύχθηκε. Τα σύμβολα που χρησιμοποιεί η συγκεκριμένη γλώσσα. Ο κύριος λόγος που είναι πιο διαδεδομένη η συγκεκριμένη γλώσσα είναι ότι γίνεται ευκολότερη η παρακολούθηση της ροής του προγράμματος καθώς και η εκπαίδευση των τεχνικών που είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με τον κλασικό αυτοματισμό πραγματοποιείται με μεγαλύτερη ευκολία λόγω της ομοιότητας των συμβόλων που υπάρχει μεταξύ τους. Παρότι που η λογική ενός προγράμματος, γραμμένος σε αυτή τη γλώσσα, ακολουθεί κατά κάποιο τρόπο τη λογική ενός κλασικού κυκλώματος αυτοματισμού, προσφέρονται στο χρήστη πολλές περισσότερες λειτουργίες όπως μαθηματικές πράξεις, συγκρίσεις κ.α. Επιπλέον, λόγω του ότι τα PLC πρωτοεμφανίστηκαν στην Αμερική ακόμα και στην Ευρώπη χρησιμοποιείται η αμερικανική τυποποίηση για το σχεδιασμό των επαφών. Οι εντολές που χρησιμοποιεί η γλώσσα των ηλεκτρολογικών επαφών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2 Βασικές εντολές στη Ladder.

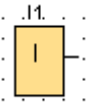
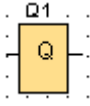
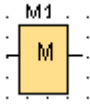
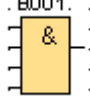
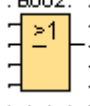
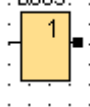
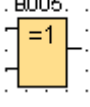
	Κανονικά ανοιχτή επαφή	Όταν το bit της επαφής γίνει «1» τότε επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος από το ένα άκρο στο άλλο.
	Κανονικά κλειστή επαφή	Όταν το της επαφής δεν είναι «1», δηλαδή είναι «0», επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος από το ένα άκρο στο άλλο .

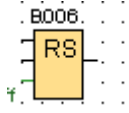
	Ανάστροφη επαφή	Η εντολή not αναστρέφει το bit που δέχεται, το κάνει «0» το κάνει «1» και το αντίστροφο.
	Εντολή εξόδου	Η συγκεκριμένη εντολή λειτουργεί όπως ένα πηνίο , δηλαδή, όταν βρεθεί ρεύμα στα άκρα του τότε αυτό ενεργοποιείται.
	Ανάστροφη εντολή εξόδου	Αυτή εντολή λειτουργεί με την αντίστροφη λογική της εντολής εξόδου, δηλαδή, ενεργοποιείται η έξοδος όταν δεν υπάρχει ρεύμα.
	Εντολή ενεργοποίησης	Όταν εκτελεσθεί αυτή η εντολή ενεργοποιεί την αντίστοιχη έξοδο. Λειτουργεί όπως την αυτοσυγκράτηση , δηλαδή, δε χρειάζεται να δίνει συνεχώς σήμα αρκεί μια μόνο φορά.
	Εντολή απενεργοποίησης	Η εντολή απενεργοποίησης, όπως υποδηλώνει και η ονομασία της, απενεργοποιεί την εκάστοτε έξοδο.
	Εντολή θετικής μετάβασης	Αυτή η εντολή επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος μόνον όταν γίνει μεταβολή του bit από «0» σε «1» για ένα κύκλο σάρωσης.
	Εντολή αρνητικής μετάβασης	Αυτή η εντολή επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος μόνον όταν γίνει μεταβολή του bit από «1» σε «0» για ένα κύκλο σάρωσης.
	Κόμβος έναρξης	Συνδέει τα στοιχεία του προγράμματος και ουσιαστικά «παίζει» το ρόλο της γραμμής τροφοδοσίας, αποτελεί με λίγα λόγια το θετικό δυναμικό.
	Κόμβος λήξης	Η γραμμή ενός κώδικα πάντα τελειώνει με αυτό το σύμβολο το οποίο αναπαριστά το χαμηλό δυναμικό της τροφοδοσίας.

Γλώσσα λογικών Πυλών (Function Block Diagram)

Η επόμενη που ταξινομείται στην κατηγορία των γραφικών γλωσσών είναι η «γλώσσα των λογικών πυλών» και είναι νεότερη της Ladder. Όπως αποδεικνύεται και από το όνομα της βασίζεται στη λογική των ψηφιακών ηλεκτρονικών και προτιμάται ως επί το πλείστον από τεχνικούς εξοικειωμένους με τη ψηφιακή σχεδίαση. Οι βασικότερες εντολές παρατίθενται παρακάτω:

Πίνακας 3 Βασικές Εντολές στη FBD

	Είσοδος	Με αυτό το σύμβολο δηλώνουμε τις εισόδους στο λογισμικό του ελεγκτή
	Έξοδος	Με αυτό το σύμβολο δηλώνουμε τις εξόδους στο λογισμικό του ελεγκτή
	Μνήμη	Πρόκειται για ένα flag στο οποίο μπορούμε να αποθηκεύσουμε μια κατάσταση με σκοπό να τη χρησιμοποιήσουμε αργότερα στο πρόγραμμα.
	Πύλη «ΚΑΙ»	Ουσιαστικά αυτή η εντολή πραγματοποιεί τις λογικές πράξεις μιας πύλης «ΚΑΙ»
	Πύλη «Η»	Όπως και παραπάνω, η συγκεκριμένη εντολή εκτελεί τις λογικές πράξεις της πύλης «Η»
	Πύλη «ΟΧΙ»	Σκοπός αυτής της εντολής είναι να αναστρέψει το bit που δέχεται.
	Πύλη αποκλειστικού «Η»	Το αποτέλεσμα που δίνει αυτή η εντολή είναι αυτό της λογικής πράξης του αποκλειστικού «Η»

	<p>Εντολή Set/Reset</p>	<p>Αυτή η εντολή στηρίζεται στο S-R flip-flop και αναλόγως τα σήματα που δέχεται στις εισόδους ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί κάποια έξοδο.</p>
---	-----------------------------	--

3.5.2 Μη γραφικές

Σε αυτή τη κατηγορία γλωσσών υπάγονται εκείνες που δε χρησιμοποιούν σύμβολα και μπλοκ λογικών πυλών αλλά εντολές εφάμιλλες της γλώσσας μηχανής Assembly. Σε σύγκριση με τις άλλες δυο γλώσσες που προσφέρουν τα PLC, αυτές που κατηγοριοποιούνται στις μη γραφικές είναι οι λιγότερο διαδεδομένες.

Λίστα εντολών (Statement List - STL)

Παράλληλα με τη Ladder, δημιουργήθηκε άλλη μία γλώσσα, αυτή της λίστας εντολών. Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω είναι λιγότερο διαδεδομένη διότι οι κατασκευαστές «φοβόντουσαν» να τη προωθήσουν επειδή η πλειοψηφία των τεχνικών των εκάστοτε βιομηχανιών ήταν εξοικειωμένοι με την «ηλεκτρολογική λογική». Αρχικά η γλώσσα αυτή θεωρούνταν «φτωχή» επειδή οι βασικές της εντολές αντιστοιχούσαν στις γραφικές της Ladder. Βέβαια με τα χρόνια αυτή εξελίχθηκε και έφτασε να έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με την Assembly. Αποτελείται από μια σειρά εντολών, η μια κάτω από την άλλη, όπου η κάθε γραμμή απαρτίζεται από δυο στοιχεία. Το πρώτο φυσικά είναι η εντολή, η οποία αντιστοιχεί σε μια από τις λογικές πύλες ή κάποια εντολή σύγκρισης κλπ. Το δεύτερο στοιχείο είναι μια μεταβλητή όπου συνήθως πρόκειται για τις διευθύνσεις των εισόδων και εξόδων. Οι βασικές της εντολές παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 4 Βασικές Εντολές στην STL

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	AND
AN	AND NOT
O	OR
XOR	EXCLUSIVE OR
N	NOT

=	ASSIGNMENT
S	SET
R	RESET
L	LOAD
I	INPUT
Q	OUTPUT
ADD	ADD
SUB	SUBTRACT
MUL	MULTIPLY
DIV	DIVIDE
T	TIMER
C	COUNTER

Σύγκριση μη γραφικών γλωσσών (STL) με γραφικές (LADDER, FBD)

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση ανέδειξε κάποια πλεονεκτήματα των μη γραφικών γλωσσών σε σχέση με τις γραφικές γλώσσες.

Αρχικά, οι μη γραφικές γλώσσες έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες καθώς υπάρχουν εντολές οι οποίες δεν μπορούν να αναπαρασταθούν γραφικά τη δεδομένη χρονική στιγμή. Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί πως οι μη γραφικές γλώσσες καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο στη μνήμη για την αποθήκευση τους καθώς και η σειρά εκτέλεσης τους είναι γνώστη διότι η μια εντολή διαδέχεται την άλλη. Η χρήση της είναι πιο προσιτή σε όποιον είναι εξοικιωμένος με άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Επίσης, η μετατροπή ενός κλασσικού ηλεκτρολογικού σχεδίου αυτοματισμού σε γραφική γλώσσα είναι το ίδιο εύκολη με την αντίστοιχη μετατροπή σε Ladder ή FBD.

Τέλος, υπάρχουν αρκετά ερωτήματα σχετικά με την εποπτεία του προγράμματος, Η παρακολούθηση του αυτοματισμού είναι πιο απλή αν το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε κάποια γραφική γλώσσα.

Κεφάλαιο 4: Απομακρυσμένος Έλεγχος

Από τα πρώτα κιόλας χρόνια κατασκευής αυτόματων μηχανημάτων οι κατασκευαστές επιθυμούσαν να παρακολουθούν απομακρυσμένα τη λειτουργικότητα των μηχανημάτων τους προκειμένου να επιδιορθώσουν κάποιο τυχόν πρόβλημα ή για να τα αναβαθμίσουν. Την ίδια ανάγκη έχουν και οι βιομηχανίες που χρησιμοποιούν αυτόματες μηχανές έτσι ώστε να επιβλέπουν την παραγωγική διαδικασία.

Οι πιο συνηθισμένες περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται η απομακρυσμένη πρόσβαση είναι οι εξής:

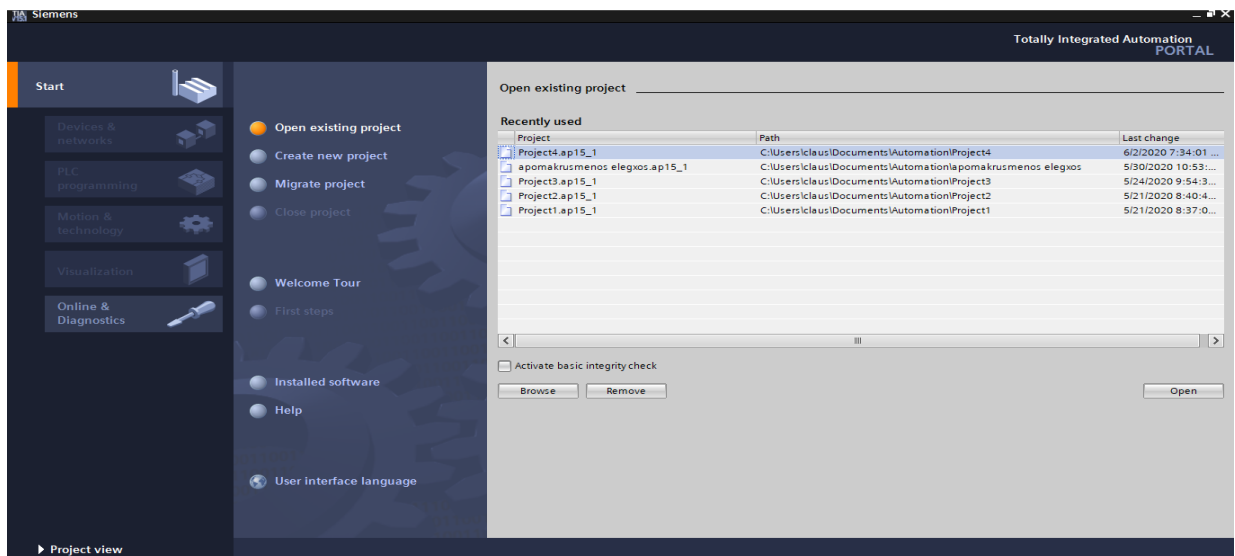
- Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν στο πρόγραμμα του PLC.
- Για τον έλεγχο της οθόνης HMI (Human Machine Interface), συνεπώς και τον απομακρυσμένο έλεγχο της μηχανής.

4.1 Web Server

Το διαδίκτυο και ο παγκόσμιος ιστός προσφέρουν, με πολύ εύκολο τρόπο, τη δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων μέσω δεσμών υπερκειμένων. Συνδιάζοντας έτσι το διαδίκτυο με τα PLC προκύπτει το Web Server. Το Web Server δίνει τη δυνατότητα του ελέγχου ενός PLC, της εποπτεία του και της τροποποίησης των παραμέτρων του (πχ μνήμες, εισόδους) απο μεγάλες αποστάσεις, δηλαδή, απομακρυσμένα. Επίσης, για τη προστασία των δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο μεταφοράς HTTPS(εφόσον ενεργοποιηθεί) ή ο χρήστης να ενεργοποιήσει την περιορισμένη πρόσβαση. Η πρόσβαση στα δεδομένα μπορεί να γίνει απο ένα οποιοδήποτε πρόγραμμα πλοήγησης όπως το Chrome ή το Firefox. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η εν λόγω λειτουργία είναι απενεργοποιημένη στα PLC οπότε ο χρήστης πρέπει να προβεί σε κατάλληλες ρυθμίσεις για την ενεργοποίησή της.

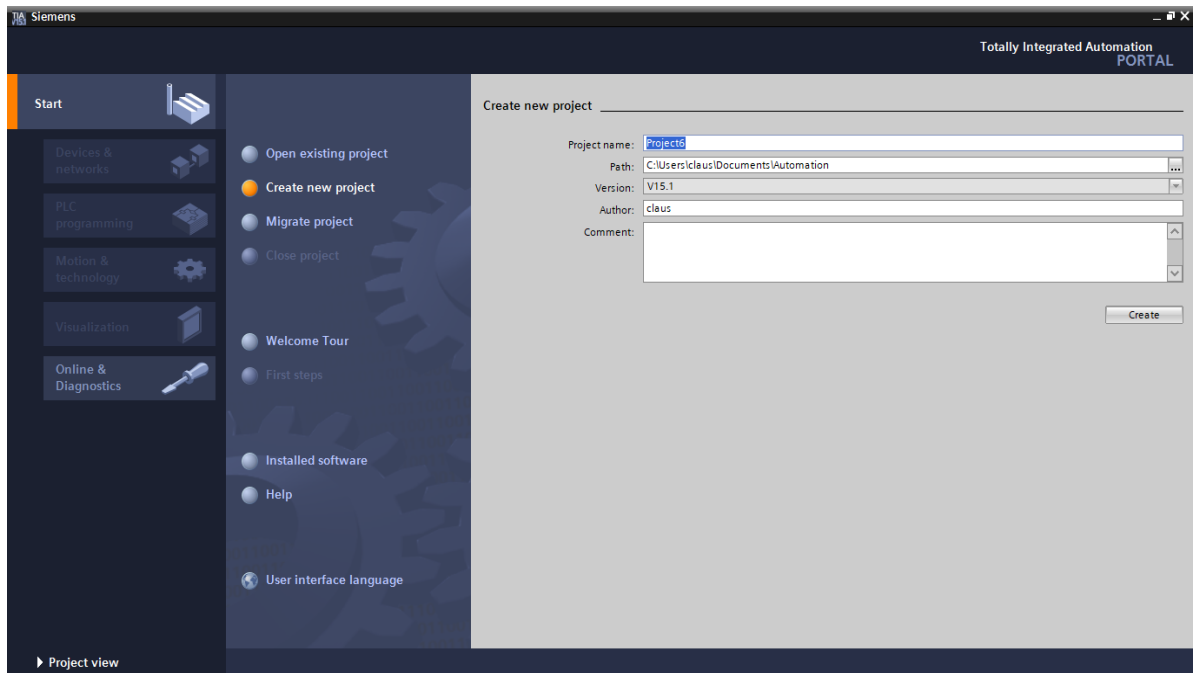
4.1.1 Επίτευξη ελέγχου μέσω Web Server

Για να πετύχουμε την απομακρυσμένη σύνδεση με το Web Server του PLC θα πρέπει να ρυθμίσουμε κατάλληλα τον ελεγκτή καθώς να προσθέσουμε και κάποιες ειδικές εντολές. Αρχικά, ανοίγουμε το Tia Portal και εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη.



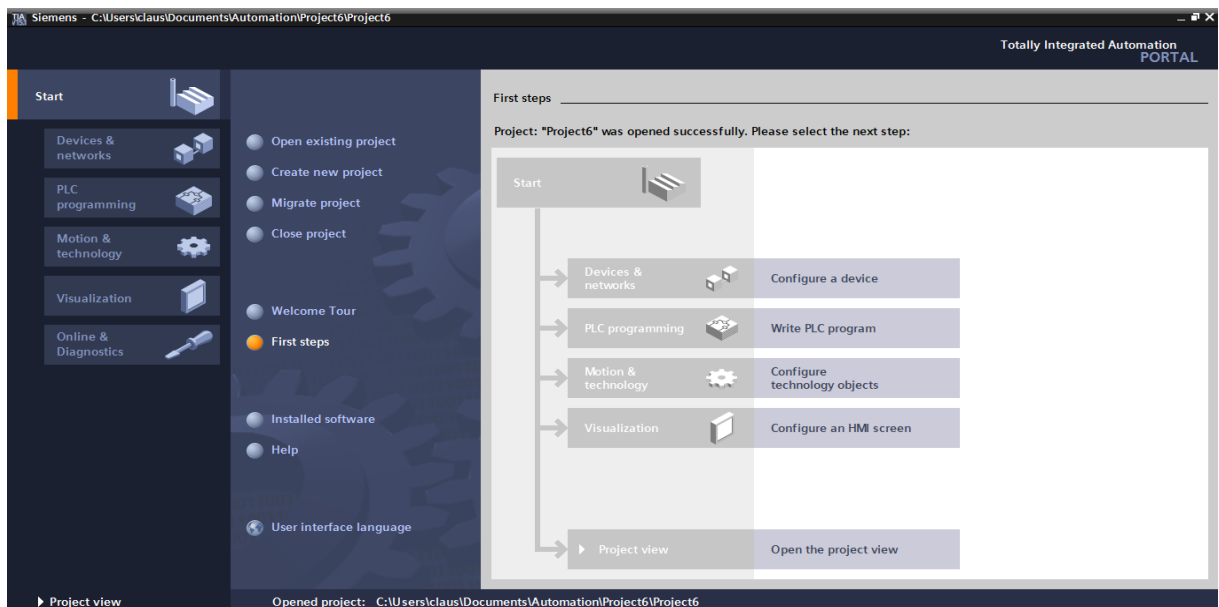
Εικόνα 4.1 Αρχική οθόνη TIA Portal

Ύστερα, για να δημιουργίσουμε ένα νέο project πατάμε στην επιλογή «Create new project». Εφόσον έχουμε πατήσει την εν λόγω επιλογή μεταφερόμαστε στην επόμενη οθόνη όπου μας ζητείται να δώσουμε ένα όνομα στο αρχείο που δημιουργήσαμε, να επιλέξουμε την περιοχή όπου θα το αποθηκεύσουμε καθώς, αν θέλουμε, να γράψουμε και ένα προσωπικό σχόλιο. Εκτελώντας αυτά τα βήματα πατάμε «Create» για να δημιουργήσουμε το νέο μας πρόγραμμα.



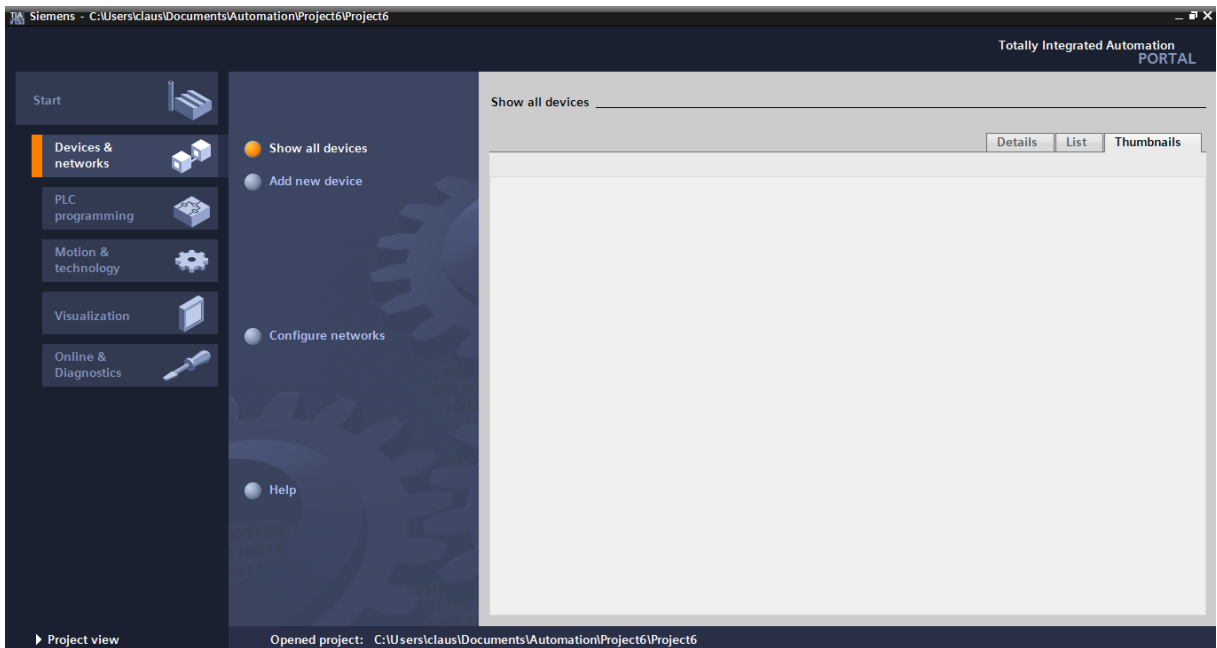
Εικόνα 4.2 Οθόνη δημιουργίας νέου προγράμματος

Στην επόμενη οθόνη πιέζουμε «Configure a device».



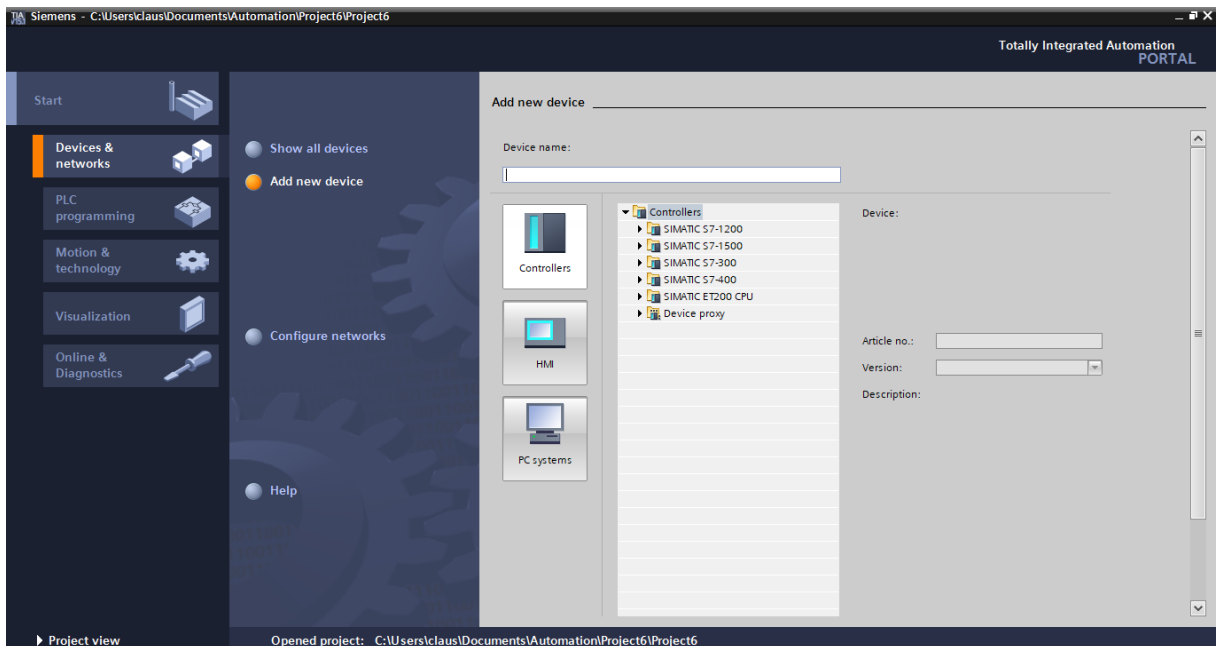
Εικόνα 4.3 Όψη Portal View για συγκεκριμένο πρόγραμμα

Σε αυτή την οθόνη μπορούμε να δούμε τις ήδη υπάρχουσες συσκευές που αποτελούν το project ή να προσθέσουμε μια καινούργια CPU. Πιέζουμε την επιλογή «Add new device.»



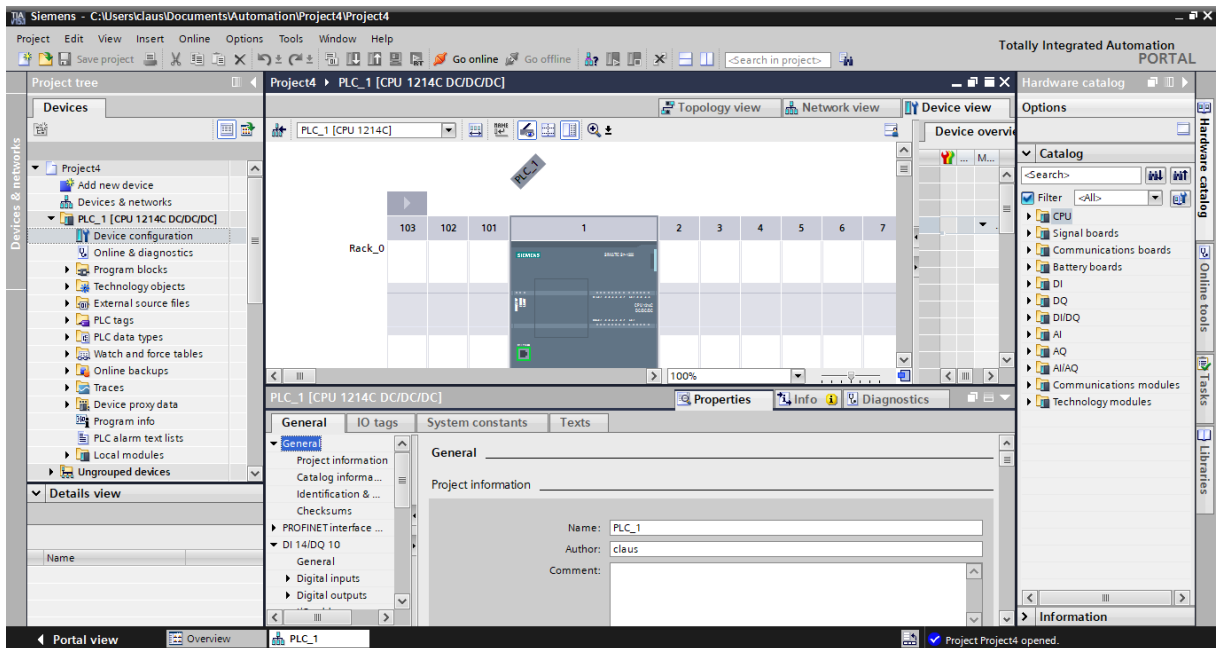
Εικόνα 4.4 Οθόνη εισαγωγής νέας συσκευής

Στο επόμενο βήμα μπορούμε να επιλέξουμε το μοντέλο της CPU που θα χρησιμοποιήσουμε μέσα απο τη λίστα των διάφορων μοντέλων που παρέχει το software.



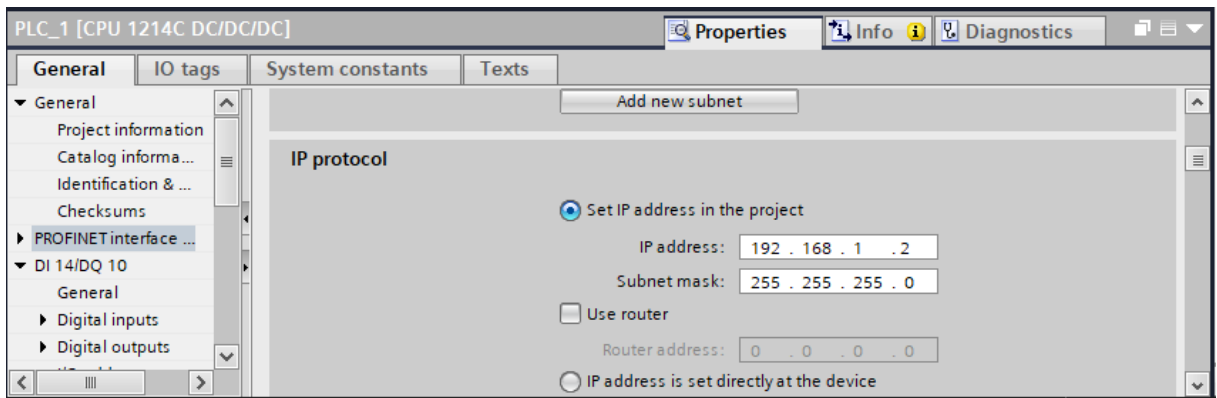
Εικόνα 4.5 Οθόνη επιλογής μοντέλου συσκευής

Έχοντας επιλέξει το μοντέλο που θα χρησιμοποιήσουμε για την υλοποίηση του project μεταφερόμαστε στην όψη Project View του προγράμματός μας.



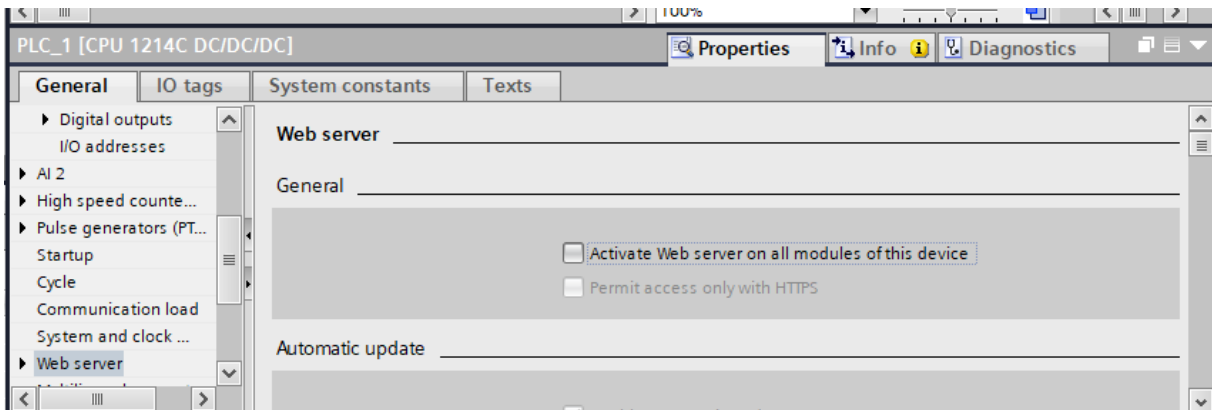
Εικόνα 4.6 Αρχική οθόνη Program View

Στο κάτω μέρος της οθόνης δίνονται τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες του PLC όπως, το μοντέλο της συσκευής, ο αριθμός των εισόδων και εξόδων κλπ (κάποιες απο αυτές τις ιδιότητες μπορούμε να τις ενεργοποιήσουμε αναλόγως το project θέλουμε να υλοποιήσουμε). Έν συνεχεία, για να μπορέσουμε να επικοινωνήσουμε με το PLC μέσω του υπολογιστή μας, θα πρέπει να του ορίσουμε μια μοναδική IP. Εφόσον πλοηγηθούμε στην καρτέλα «General», βρίσκουμε την επιλογή «Profinet interface». Εκεί μπορούμε να αλλάξουμε την προεπιλεγμένη IP που έχει δωθεί απο τον κατασκευαστή σε μια όπου θα βρίσκεται στο ίδιο υποδίκτυο με τον υπολογιστή μας.



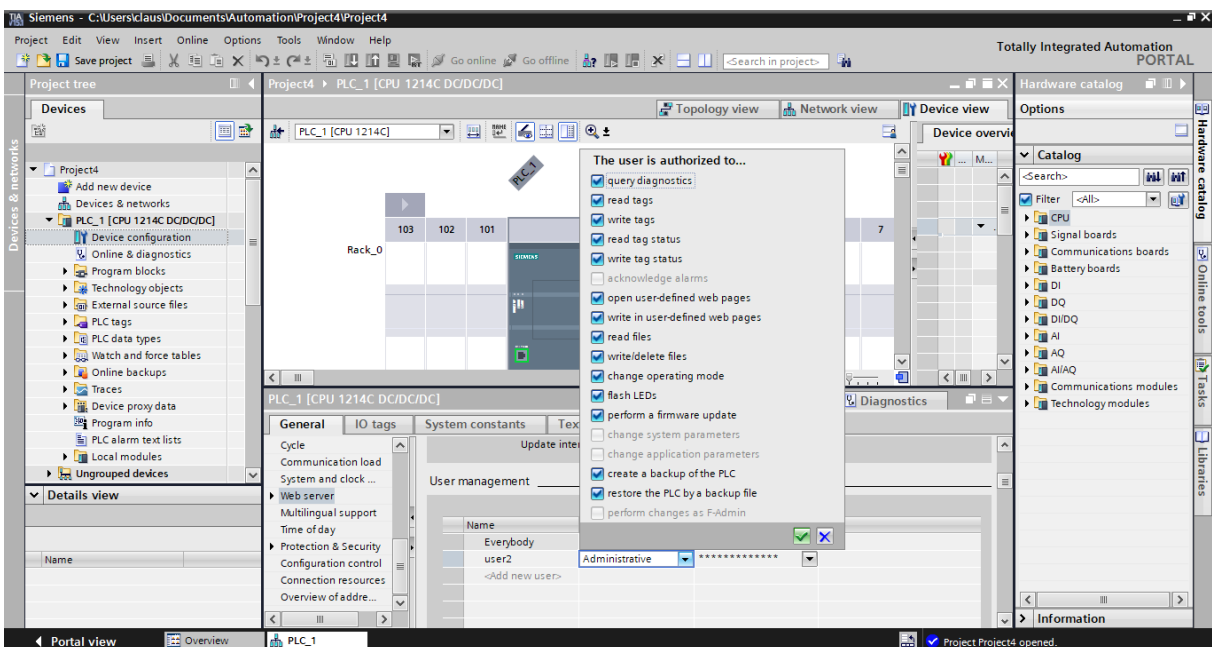
Εικόνα 4.7 Εισαγωγή διεύθυνσης IP

Για το συγκεκριμένο project πρέπει επίσης να ενεργοποιήσουμε την ιδότητα του web server. Στην καρτέλα «General» βρίσκουμε και επιλέγουμε το «Web server». Στην επόμενη οθόνη μπορούμε να ενεργοποιήσουμε την εν λόγω επιλογή.



Εικόνα 4.8 Ενεργοποίηση WebServer

Υστερα στο πεδίο «User Management» δημιουργούμε έναν νέο λογαριασμό, κωδικό πρόσβασης και επιλέγουμε όλες τις λειτουργίες προκειμένου να γίνουμε διαχειριστές της σελίδας ώστε να είμαστε σε θέση – πέραν της εποπτείας του PLC- να ελέγξουμε τις εισόδους του, να τροποποιούμε διάφορες παραμέτρους του.



Εικόνα 4.9 Ενεργοποίηση παραμέτρων WebServer

Προκειμένου όμως να ελέγξουμε τις εισόδους και τις εξόδους του πρέπει να φτιάξουμε μια σελίδα HTML. Φτιάχνοντας ένα απλό έγγραφο κειμένου μπορούμε να γράψουμε έναν απλό κώδικα προκειμένου να δημιουργήσουμε μια απλή οθόνη απο την οποία μπορούμε να δίνουμε εντολές στο PLC.

Έστω ότι θέλουμε να δημιουργήσουμε μια οθόνη η οποία θα περιλαμβάνει δύο μπουτόν τα οποία θα αναβοσβήνουν ένα Led. Ο κώδικας HTML για τη δημιουργία της οθόνης με τα δύο μπουτόν ελέγχου είναι ο παρακάτω:

```
<!-- AWP_In_Variable Name="'web'.bool1' --> // Εντολή προκειμένου να γράψεις μια μεταβλητή από τη σελίδα στη CPU
```

```
<!DOCTYPE html> // Εντολή ενημέρωσης του περιηγητή για τον τύπο αρχείου που θα χρησιμοποιηθεί
```



```

<html lang="en"> // Προσδιορίζει τη γλώσσα κειμένου με την οποία είναι γραμμένη η σελίδα

<head>

  <meta charset="utf-8"> // Προσδιορίζει με ποιο σετ χαρακτήρων είναι γραμμένη η σελίδα

  <title>Apomakrismenos Elegchos</title> // Τίτλος σελίδας

</head>

<body>

  <form method="post">

    <input name=""web".bool1' type="submit" style="height:100px ; width:500px" value="1"
  /> / Δημιουργία μπουτόν ενεργοποίησης εξόδου

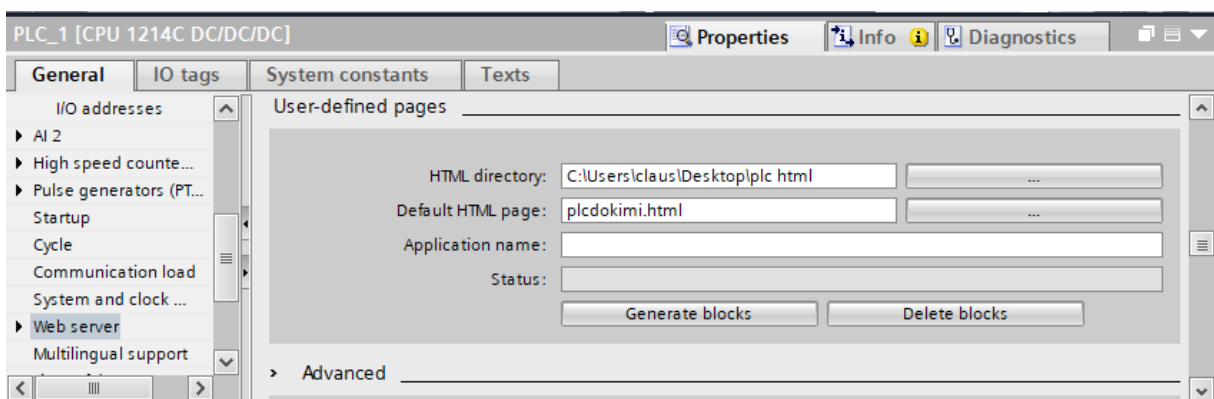
    <input name=""web".bool1' type="submit" style="height:100px ; width:500px" value="0"
  /> / Δημιουργία μπουτόν απενεργοποίησης εξόδου

  </body>

</html>

```

Υστερα, συνεχίζοντας την πλοήγηση στο μενού του Web server, βρίσκουμε το υπομενού «User-defined Pages». Αρχικά στο HTML Directory εισάγουμε τον φάκελο που έχουμε αποθηκεύσει το αρχείο του κώδικα που φτιάξαμε. Έπειτα, στο «Default HTML Page» ανεβάζουμε το αρχείο του κώδικα. Τέλος επιλέγουμε «Generate Blocs». Το block που δημιουργείται ουσιαστικά περιέχει τον κώδικα της σελίδας μας και παίρνει αυτόματα την τιμή 334. Παρακάτω θα αναφερθεί ο λόγος για τον οποίο παίρνει αυτή την τιμή.



Εικόνα 4.10 Δημιουργία Block

Στη συνέχεια πρέπει να δημιουργήσουμε ένα ξεχωριστό Data Block, στο οποίο θα αποθηκεύονται τα δεδομένα στο PLC. Ουσιαστικά, δημιουργούνται πολλαπλοί πίνακες όπου σε κάθε θέση τους αποθηκεύονται ένα ένα τα δεδομένα του αρχείου HTML που δημιουργήσαμε.

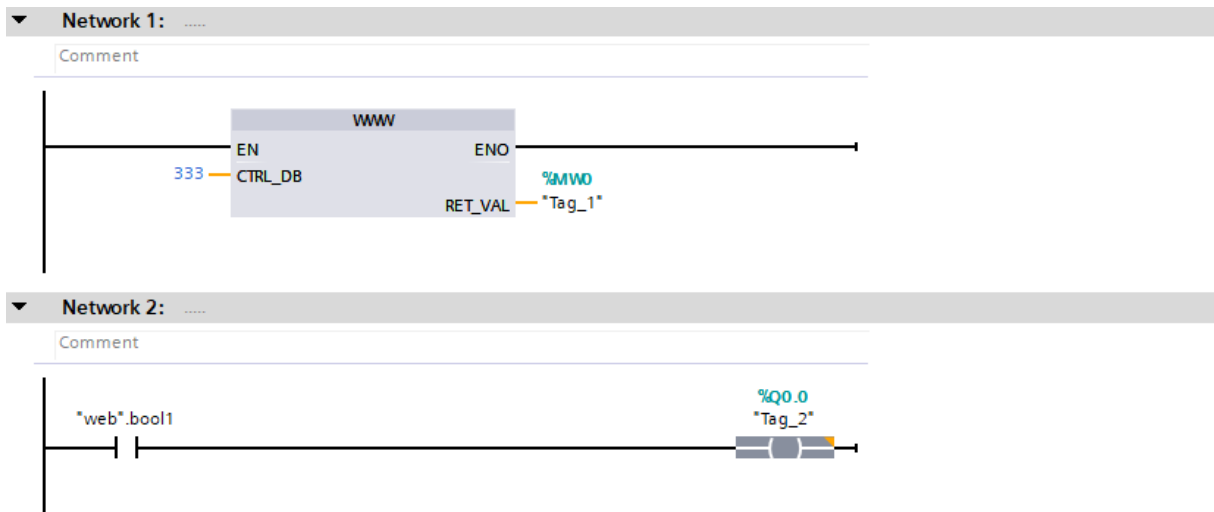
web									
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static								
2	bool1	Bool	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Εικόνα 4.11 Δημιουργία παραμέτρου

Το επόμενο βήμα είναι να γράψουμε το πρόγραμμά μας. Θα πρέπει αρχικά στο πρώτο network να εισάγουμε την εντολή «WWW» η οποία είναι απαραίτητη ώστε να κληθεί η σελίδα μας στο web server .

Έπειτα πρέπει να παραμετροποιήσουμε την είσοδο και την έξοδο της εντολής. Στην είσοδο «CTRL_DB» εισάγουμε την τιμή «333» όπου είναι προκαθορισμένη απο τον κατασκευαστή και ουσιαστικά πρόκειται για web control DBs που ελέγχουν την «εικόνα» των web pages καθώς και ένα ή περισσότερα data blocks που δημιουργεί ο χρήστης για τη λειτουργία της σελίδας του. Λόγω του ότι το web control DB παίρνει την τιμή 333 όλα τα υπόλοιπα DBs που φτάχνει ο χρήστης θα ξεκινήσουν απο την τιμή 334 κοκ. Στην έξοδο της εντολής μπορούμε πολυ απλά να εισάγουμε μια ελεύθερη θέση μνήμης.

Στο δεύτερο network εισάγουμε την εντολή μιας ανοιχτής επαφής και κάνοντας δεξί κλικ πάνω της μπορούμε να εισάγουμε τη μεταβλητή που δημιουργήσαμε προηγουμένος όπου ανάλογα με την κατάσταση της θα ενεργοποιεί ή θα απενεργοποιεί την έξοδο μας.

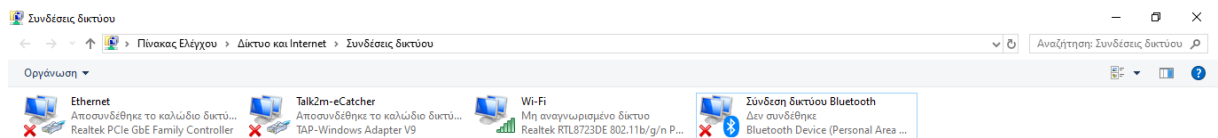


Εικόνα 4.12 Network 1

Πρωτού όμως προχωρήσουμε στο κατέβασμα του προγράμματος στη CPU και προκειμένου να μπορέσουμε να ελέγξουμε το PLC μέσω ενός smartphone θα πρέπει να δημιουργήσουμε ένα τοπικό δίκτυο ανάμεσα στο κινητό μας, τον υπολογιστή και το PLC μας. Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε είναι τα εξής:

- Αρχικά, θα πρέπει να φτιάξουμε ένα φορητό σημείο πρόσβασης απο το κινητό μας και να το ενεργοποιήσουμε ώστε να είναι προσβάσιμο και απο άλλες συσκευές.
- Έπειτα, αναζητούμε απο τον υπολογιστή μας το σημείο πρόσβασης που φτιάξαμε απο το κινητό μας και συνδεόμαστε.
- Στη συνέχεια θα πρέπει να ανοίξουμε την καρτέλα «Κέντρο δικτύου και κοινής χρήσης» απο τον Πίνακα ελέγχου και επιλέγουμε «Αλλαγή ρυθμίσεων προσαρμογέα».

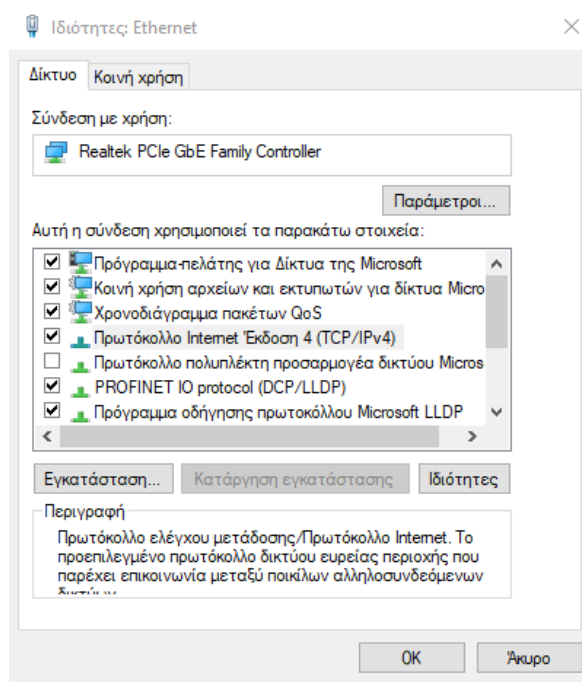
Έχοντας επιλέξει την παραπάνω επιλογή μεταφερόμαστε στην παρακάτω οθόνη όπου απεικονίζονται όλες οι συνδέσεις που έχουμε κάνει στον υπολογιστή μας. Για παράδειγμα βλέπουμε τη σύνδεση που έχουμε πραγματοποιήσει με το PLC στην υποδοχή του Ethernet καθώς και την ασύρματη σύνδεση που έχουμε κάνει με το κινητό μας.



Εικόνα 4.13 Συνδέσεις δικτύου

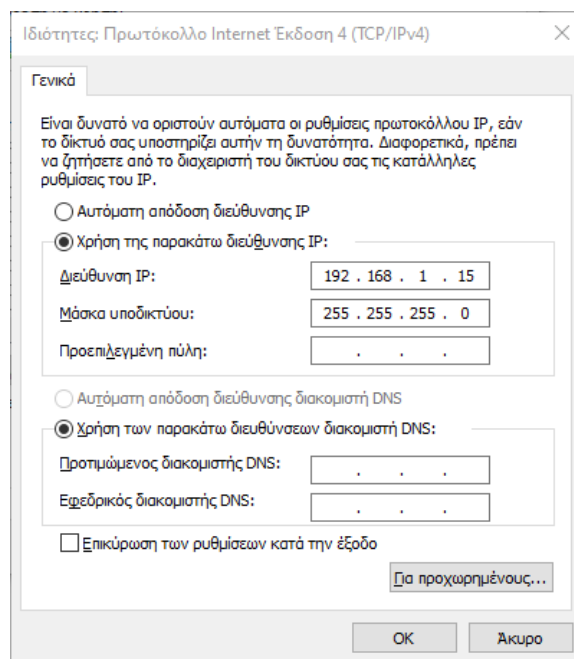
Προκειμένου να είμαστε σε θέση να κατεβάσουμε στο PLC το πρόγραμμα που γράψαμε στον υπολογιστή θα πρέπει να αλλάξουμε την IP του υπολογιστή μας έτσι ώστε να βρίσκεται στο ίδιο υποδίκτυο με το PLC. Πιο συγκεκριμένα:

- Πατάμε δεξί κλικ και ιδιότητες στο εικονίδιο «Ethernet». Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε «Πρωτόκολλο Internet Έκδοση 4(TCP/IPv4)» και πατάμε ιδιότητες.



Εικόνα 4.14 Παράμετροι δικτύου

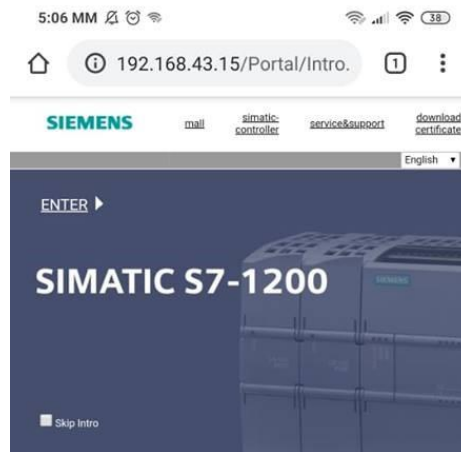
- Στο επόμενο παράθυρο βάζουμε μια οποιαδήποτε IP της επιλογής μας, διαφορετική όμως από του PLC και στο ίδιο υποδίκτυο και επιλέγουμε OK.



Εικόνα 4.15 Εισαγωγή IP διεύθυνσης στο δίκτυο

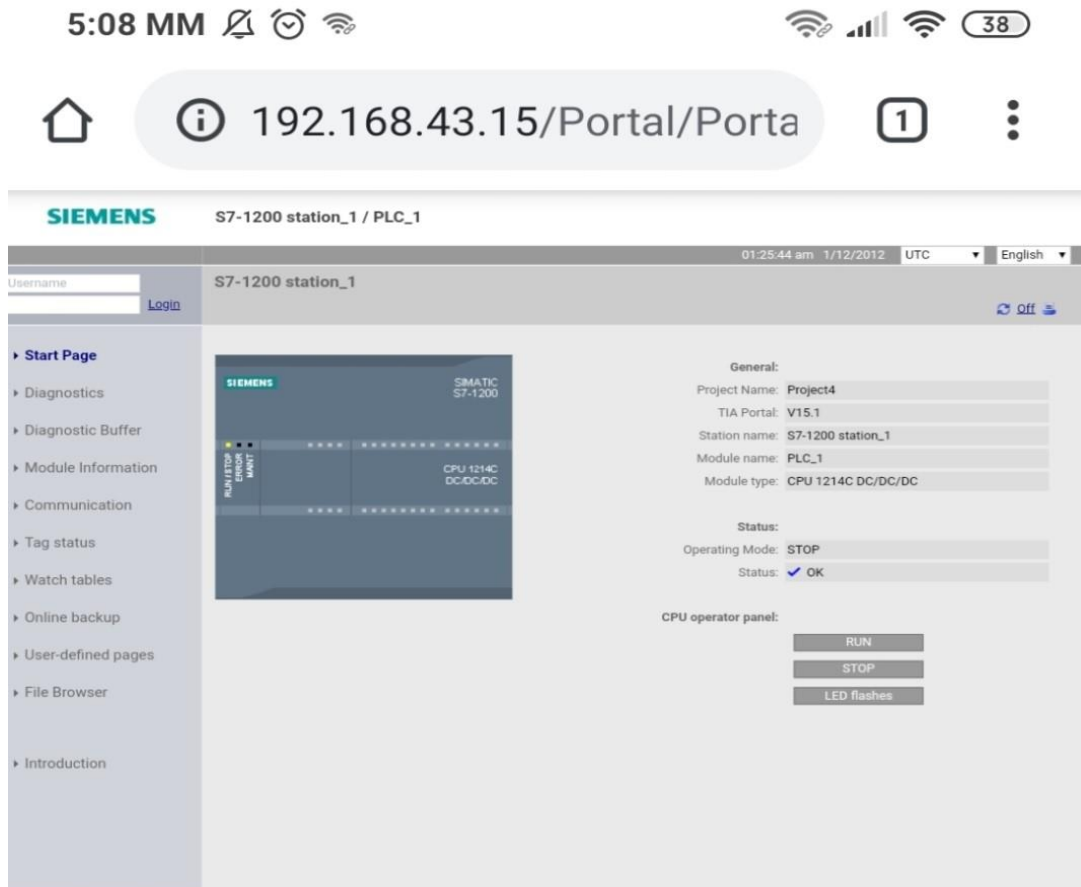
- Τέλος επιλέγουμε τα LAN και WLAN (Ethernet και Wifi αντίστοιχα) και πατάμε δεξί κλικ και επιλέγουμε «Συνδέσεις Γέφυρας». Μέσω της γέφυρας το smartphone έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί με τη συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο LAN.

Τώρα πατώντας την IP του PLC στο browser του κινητού μας μεταφερόμαστε στην παρακάτω σελίδα όπου μας υποδεικνύει ότι πετύχαμε την ασυρματή σύνδεση με τη CPU.



Εικόνα 4.16 Εισαγωγική οθόνη WebServer

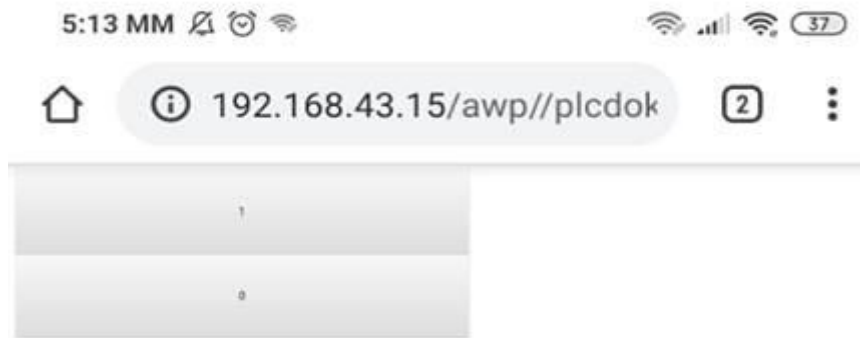
Πατώντας «ENTER» ανοίγει η αρχική σελίδα του Web Server του PLC μας.



Εικόνα 4.17 Αρχική οθόνη της σελίδας WebServer

Σε αυτή την οθόνη βλέπουμε κάποια απο τα χαρακτηριστικά του PLC όπως το όνομα του project που έχουμε αποθηκεύσει, την έκδοση του software που χρησιμοποιήσαμε, το μοντέλο της CPU αλλά και την κατάσταση της. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα να της αλλαγής της κατάστασης της CPU εφόσον έχει ρυθμιστεί στο software. Παρατηρούμε επίσης ότι υπάρχουν και άλλες σελίδες που μπορούμε να επιλέξουμε μ ενδιαφέρον σκοπό η κάθε μια. Για παράδειγμα η σελίδα «Tag status» δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να τροποποιήσει τις εισόδους, τις εξόδους ή κάποια μνήμη στο PLC, δηλαδή, θα μπορούσε να επιλέξει την είσοδο I0.0 και να αλλάξει την κατάσταση της. Κάνοντας μια οποιαδήποτε αλλαγή οι μεταβλητές ανανεώνονται αυτόματα.

Στην καρτέλα «User-defined pages» μπορούμε να δούμε τη σελίδα που δημιουργήσαμε, επι λέγοντας αυτή την καρτέλα μεταφερόμαστε στη σελίδα μας.



Εικόνα 4.18 Σελίδα του χρήστη

Πατώντας το μπουτόν «1» παρατηρούμε ότι το led που υποδεικνύει την έξοδο Q0.0 του PLC ενεργοποιείται, συνεπώς ανάβει ο φωτεινός ενδείκτης που έχουμε συνδέσει σε αυτή την έξοδο. Ενώ πατώντας το μπουτόν «0» αλλάζει η κατάσταση της εξόδου μας άρα η φωτεινή ένδειξη θα σβήσει.



Εικόνα 4.19 Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση εξόδου

4.2 eWon Cosy 131

Το eWon Cosy 131 πρόκειται για ένα βιομηχανικό ρούτερ κατάλληλα σχεδιασμένο έτσι ώστε να παρέχει τη δυνατότητα της απομακρυσμένης σύνδεσης αλλά και ελέγχου μέσω του ιντερνέτ. Με την επιτυχής ρύθμιση του ρούτερ, ο χρήστης, χωρίς να είναι απαραίτητη η φυσική του παρουσία στο χώρο όπου βρίσκονται τα μηχανήματα μπορεί:

- Να επιλύσει διάφορα προβλήματα που προκύπτουν στο πρόγραμμα της μηχανής.
- Να προσθέσει ή να αφαιρέσει νέες λειτουργίες στο πρόγραμμα αναλόγως τις απαιτήσεις του πελάτη.
- Να εποπτεύει τη λειτουργία και το πρόγραμμα του ελεγκτή.
- Να έχει πρόσβαση στην οθόνη ελέγχου του μηχανήματος (HMI) και να την τροποποιεί.

Η υπηρεσία Talk2M

Ο διαμεσολαβητής ανάμεσα στο ρούτερ και στο PLC είναι το Talk2M. Πρόκειται για μια ασφαλής βιομηχανική υπηρεσία που βασίζεται στη τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους το οποίο επιτρέπει την ασφαλής επικοινωνία του χρήστη με το PLC. Ουσιαστικά κατά τη λειτουργία του το eWon δημιουργεί ασφαλής VPN συνδέσεις στα server του Talk2M χρησιμοποιώντας UDP ή TCP,HTTPS θύρες διαπερνώντας έτσι το τείχος προστασίας και το διακομιστή μεσολάβησης. Τέλος, έχει ενσωματωμένες όλες τις προδιαγραφές για μια ασφαλή σύνδεση και ο χρήστης δε χρειάζεται να προβεί σε κάποια αλλαγή των ρυθμίσεων προστασίας του δικτύου του.

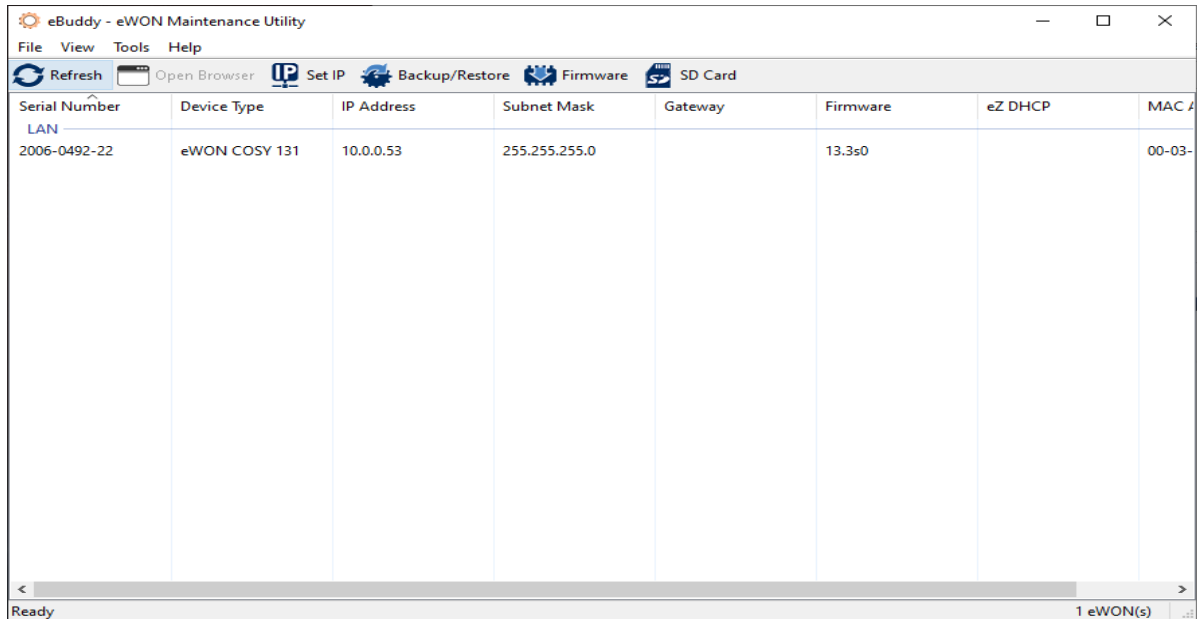
Για την επιτυχής σύνδεση λοιπόν του ρούτερ με τα server της υπηρεσίας αυτής, ο χρήστης είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσει τα παρακάτω software:

eCatcher: επιτρέπει τη διαχείριση του λογαριασμού στο TALK 2M και είναι υπεύθυνο για την απομακρυσμένη σύνδεση μέσα σε ένα ασφαλές περιβάλλον για όλες τις συσκευές που βρίσκονται στο LAN του ewon.

eBuddy: χρησιμοποιείται για να βρει το eWon σε ένα δίκτυο, να ορίσει την IP του, να αναβαθμίσει το λογισμικό του καθώς και να δημιουργήσει αντιγραφή ασφαλείας των ρυθμίσεων που έχουμε κάνει στο eWon.

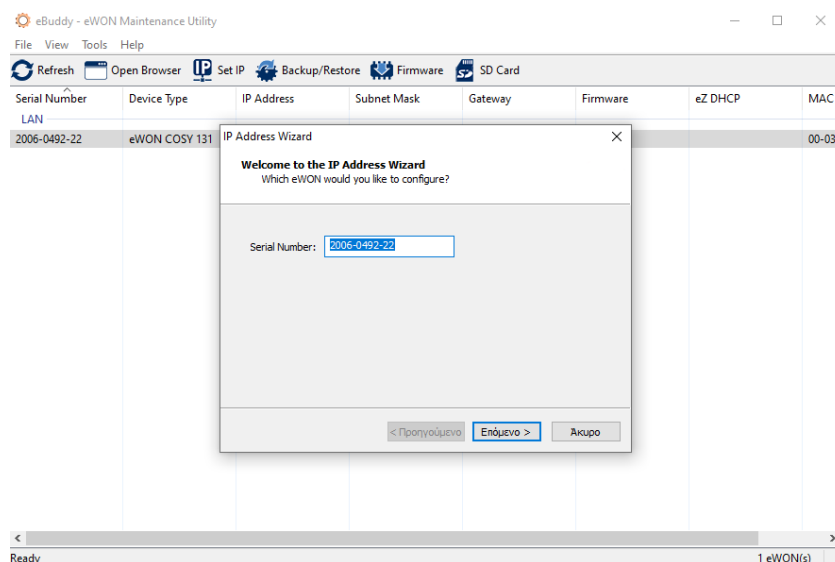
4.2.1 Επίτευξη ελέγχου με το eWon Cosy 131

Για να μπορέσουμε να πετύχουμε την απομακρυσμένη σύνδεση και συνεπώς τον έλεγχο του PLC θα πρέπει να κατεβάσουμε τα software eBuddy και eCatcher. Ανοίγοντας το eCatcher, μας ζητείται να δημιουργήσουμε λογαριασμό συμπληρώνοντας τα απαραίτητα στοιχεία που απαιτούνται. Έχοντας δημιουργήσει τον προσωπικό λογαριασμό μας κλείνουμε το eCatcher. Έπειτα συνδέουμε με ένα καλώδιο Ethernet τον υπολογιστή μας και το ρούτερ τοποθετώντας το στη θύρα LAN. Στη συνέχεια ανοίγουμε το eBuddy και μεταφερόμαστε στην αρχική οθόνη, εκεί πατάμε το κουμπί «Refresh» για να εμφανιστεί η συσκευή που συνδέσαμε όπως φαίνεται και παρακάτω.



Εικόνα 4.20 Αρχική οθόνη eBuddy

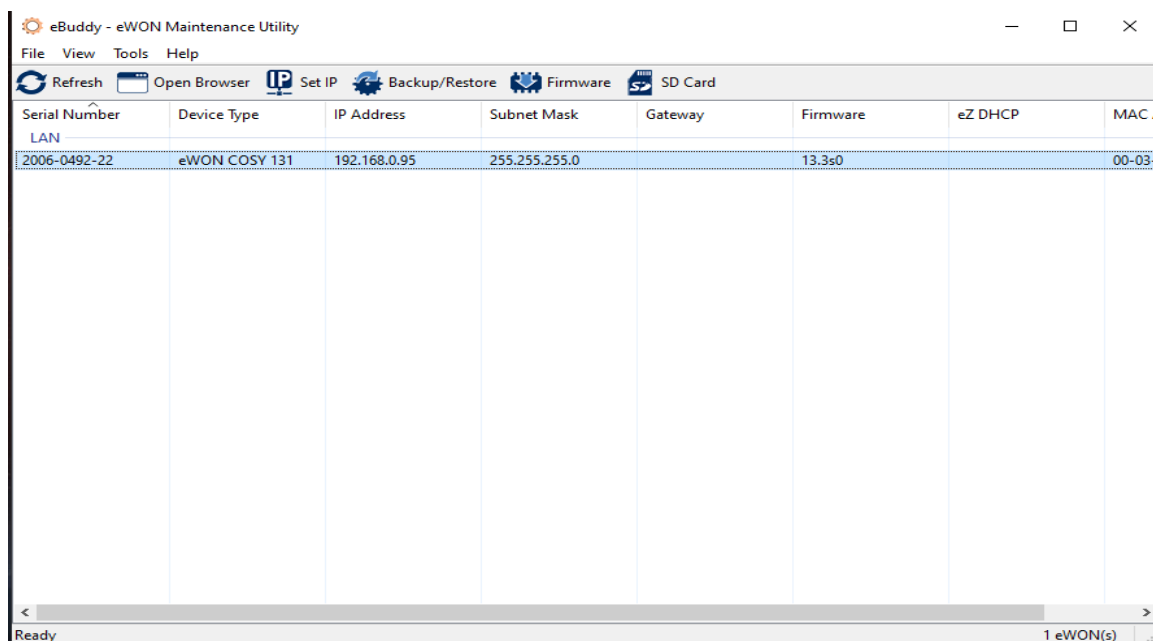
Στο παράθυρο που άνοιξε, παρατηρούμε τον τύπο της συσκευής που έχουμε συνδέσει, το σειριακό αριθμό της καθώς και τη default IP διεύθυνση της. Κάνοντας διπλό κλικ στις πληροφορίες που εμφανίστηκαν, ανοίγει ένα παράθυρο όπου μας ρωτάει αν επιθυμούμε να παραμετροποιήσουμε την εν λόγω συσκευή.



Εικόνα 4.21

Επιλέγοντας το πλήκτρο «Επόμενο» καλούμαστε, αν το επιθυμούμε να αλλάξουμε την IP. Η IP που πρέπει να επιλέξουμε θα πρέπει να ανήκει στο ίδιο υποδίκτυο με αυτό του PLC και το αντίστροφο.

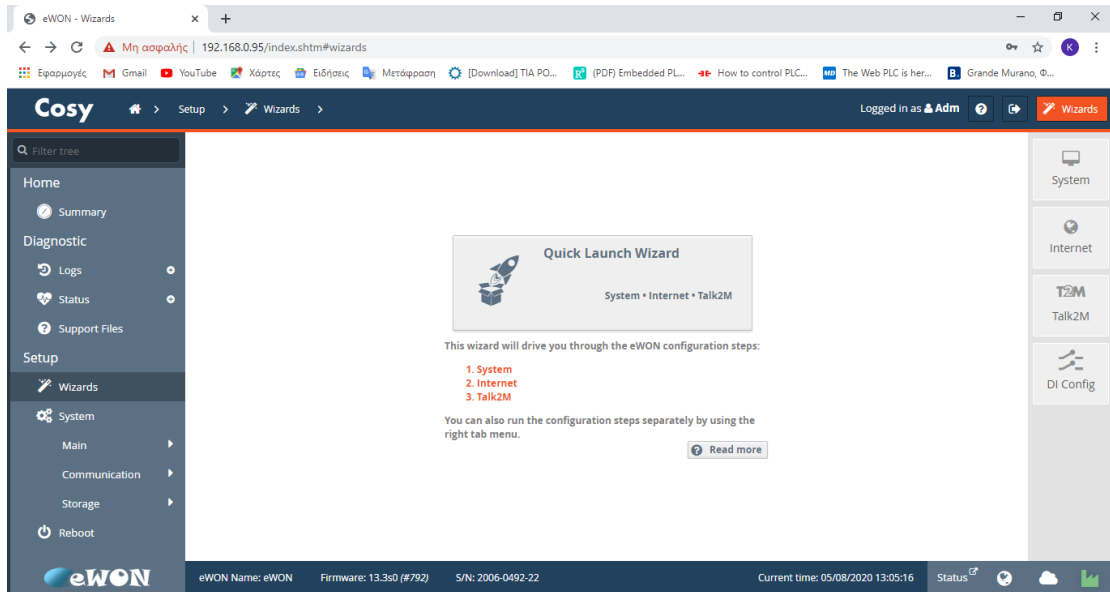
Αποθηκεύοντας την καινούργια διεύθυνση μεταφερόμαστε πάλι στην αρχική οθόνη του eBuddy όπου βλέπουμε τις αλλαγές που έχουμε πραγματοποιήσει.



Εικόνα 4.22 Εμφάνιση μοντέλου ρούτερ στο eBuddy

Ύστερα, επιλέγουμε την επιλογή «Open Browser» και μεταφερόμαστε στη σελίδα της συσκευής μας με την IP διεύθυνση που δημιουργήσαμε. Εκεί πρέπει να προχωρήσουμε σε κάποιες περεταίρω ρυθμίσεις που αφορούν το σύστημα, το ίντερνετ και την υπηρεσία

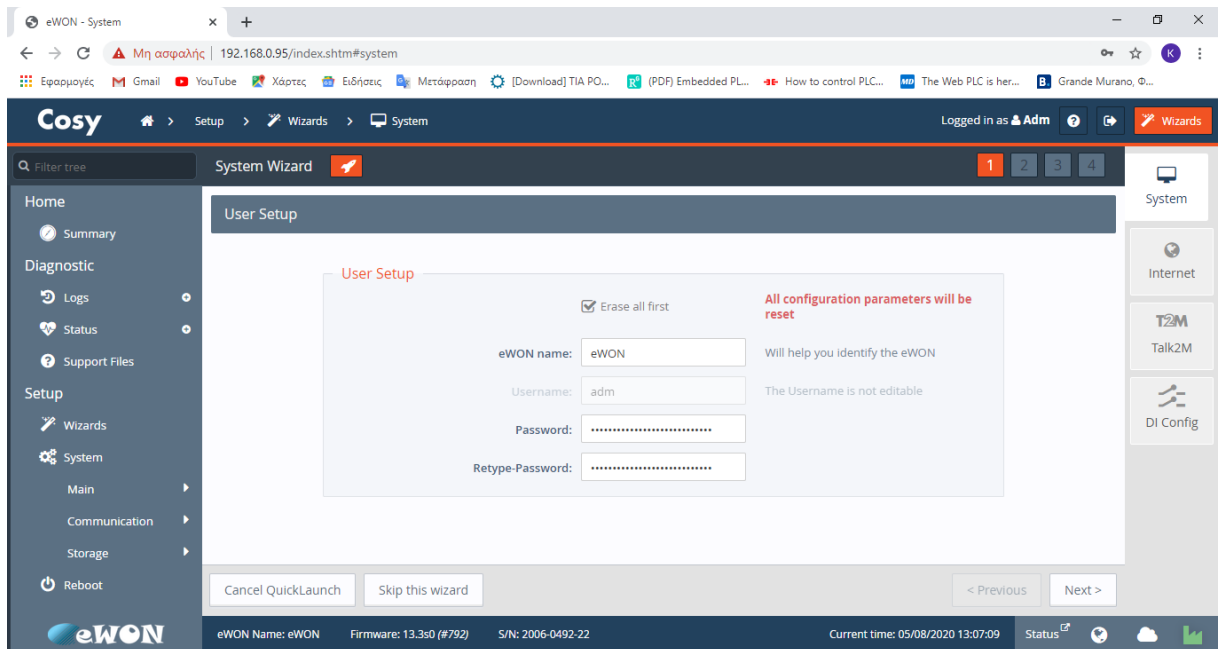
Talk2M.



Εικόνα 4.23 Οθόνη απαιτούμενων ρυθμίσεων

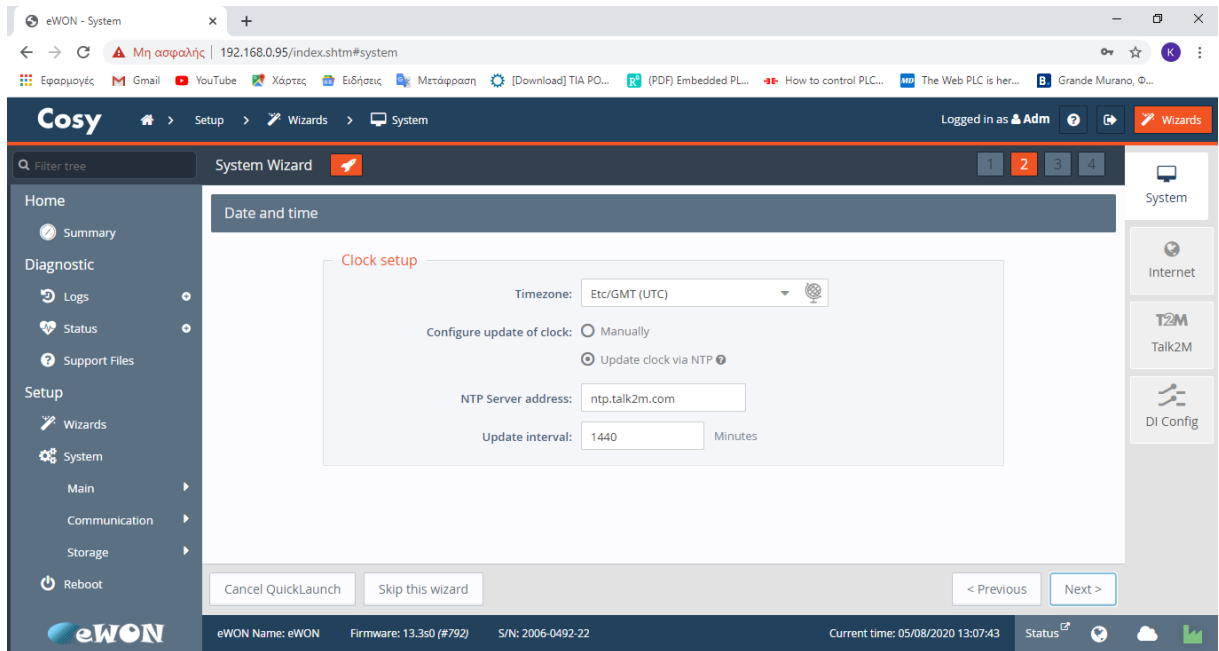
Ρυθμίσεις Συστήματος

Εδώ μπορούμε να ρυθμίσουμε παραμέτρους όπως το όνομα του ρούτερ, να αλλάξουμε τον κωδικό πρόσβασης



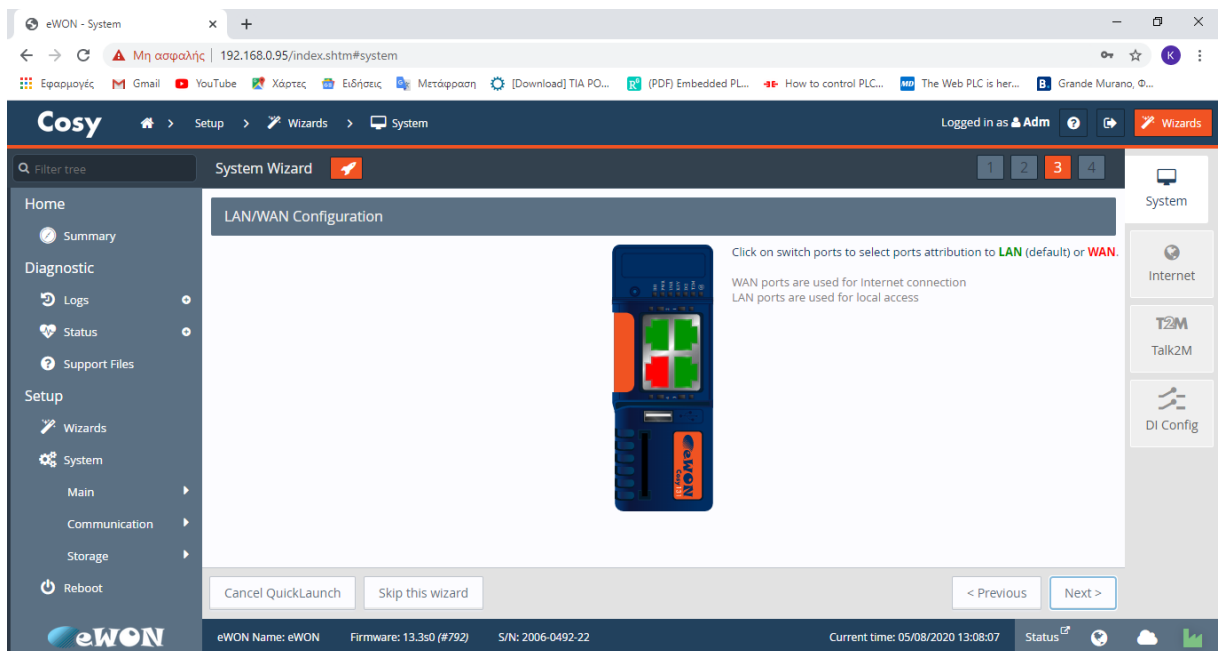
Εικόνα 4.24 Οθόνη ρύθμισης χρήστη

Στην επόμενη σελίδα μπορούμε να ρυθμίσουμε τη ζώνη ώρας του eWON, τη διεύθυνση του σέρβερ με το οποίο θα επικοινωνεί το ρούτερ. Η ρύθμιση αυτή είναι σημαντική για το λόγω του ότι θέλουμε να παρακολουθούμε τα γεγονότα που καταγράφονται με μια «χρονική συσχέτιση».



Εικόνα 4.24 Οθόνη ρύθμισης ώρας

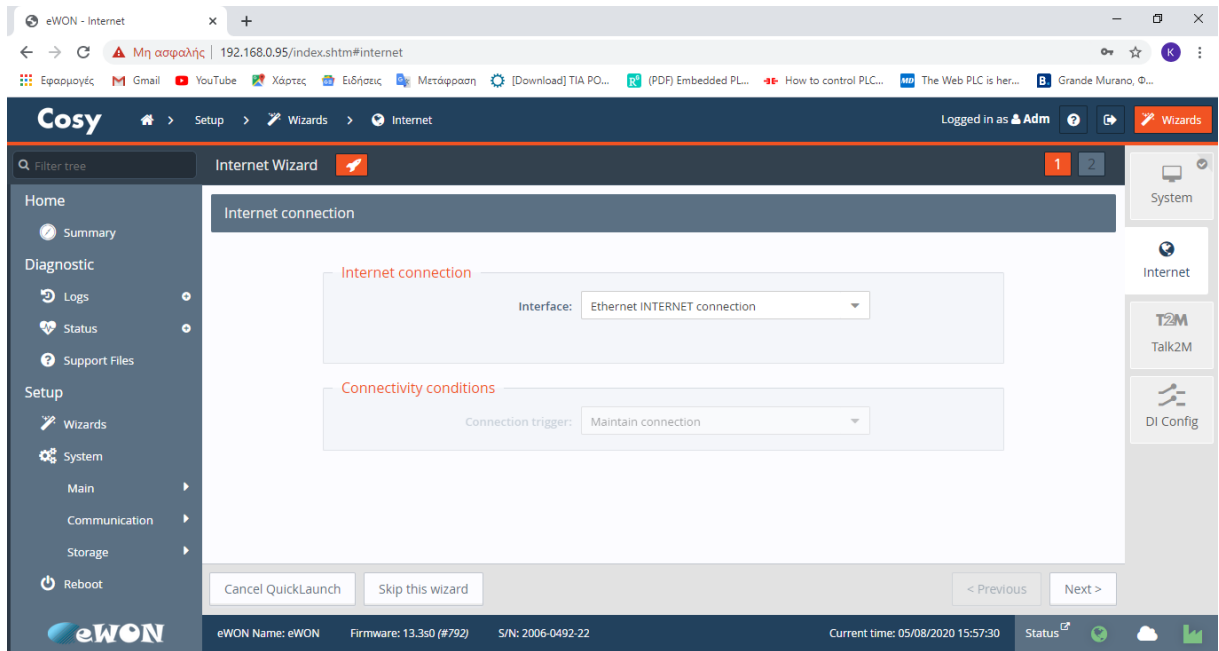
Στη συνέχεια, μπορούμε να επιλέξουμε ποια θύρα στο ρούτερ θα είναι η θύρα WAN και ποιες οι LAN.



Εικόνα 4.25 Οθόνη ρύθμισης θυρών

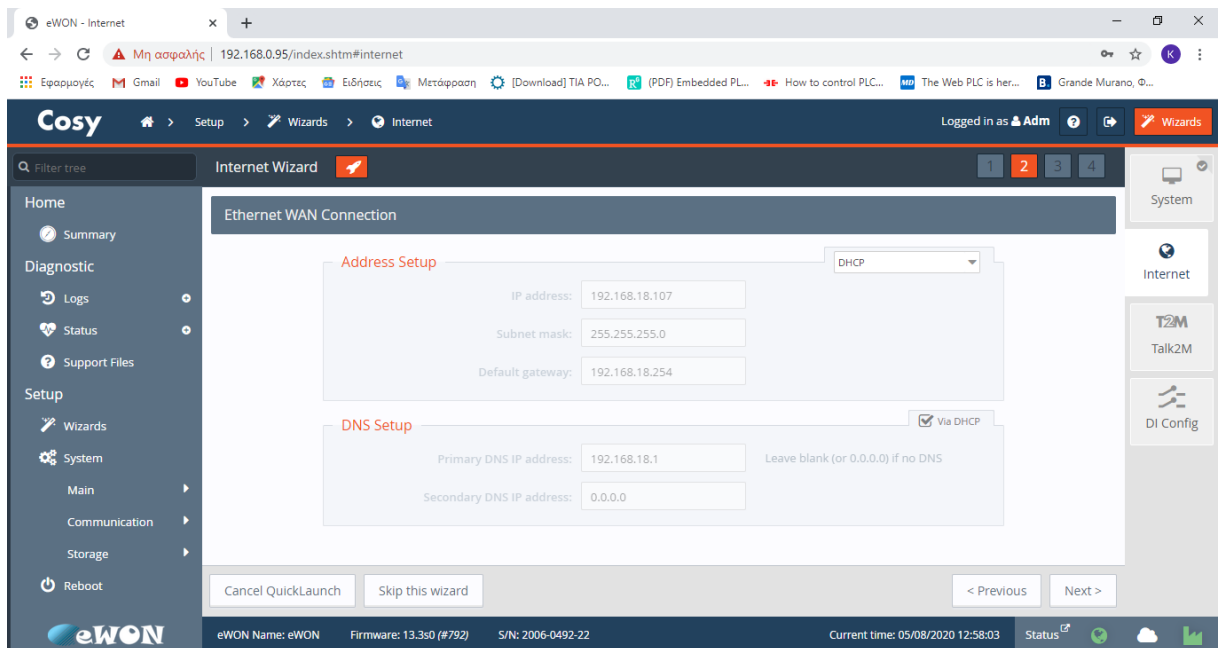
Ρυθμίσεις Internet

Στη συνέχεια προσδιορίζουμε με ποιο τρόπο επιθυμούμε να συνδέσουμε το ρούτερ μας στο διαδίκτυο μέσω ethernet ή wifi, επιλέγουμε «Ethernet Internet Connection» εφόσον δώσουμε παροχή μέσω Ethernet στη θύρα WAN και πατάμε «Next».



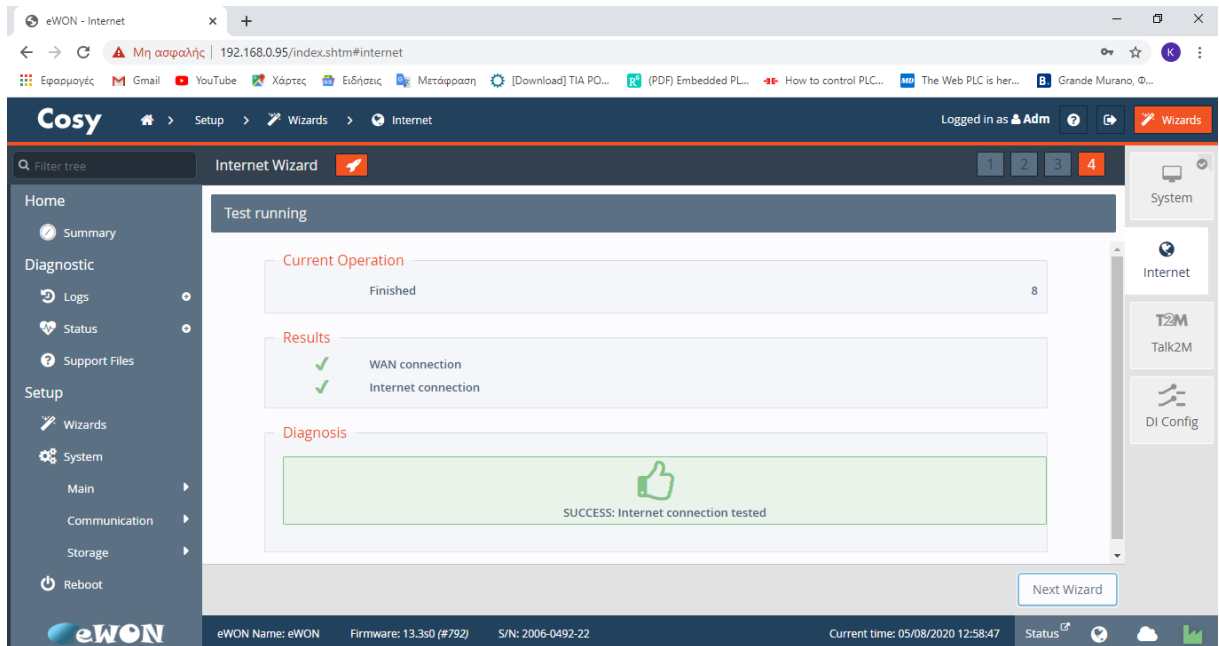
Εικόνα 4.26 Οθόνη ρύθμισης τύπου σύνδεσης στο διαδίκτυο

Στην επόμενη σελίδα, επιλέγοντας HTPC, επιτρέπουμε στο ρούτερ να λάβει όλα τα στοιχεία του δικτύου που είναι συνδεδεμένο.



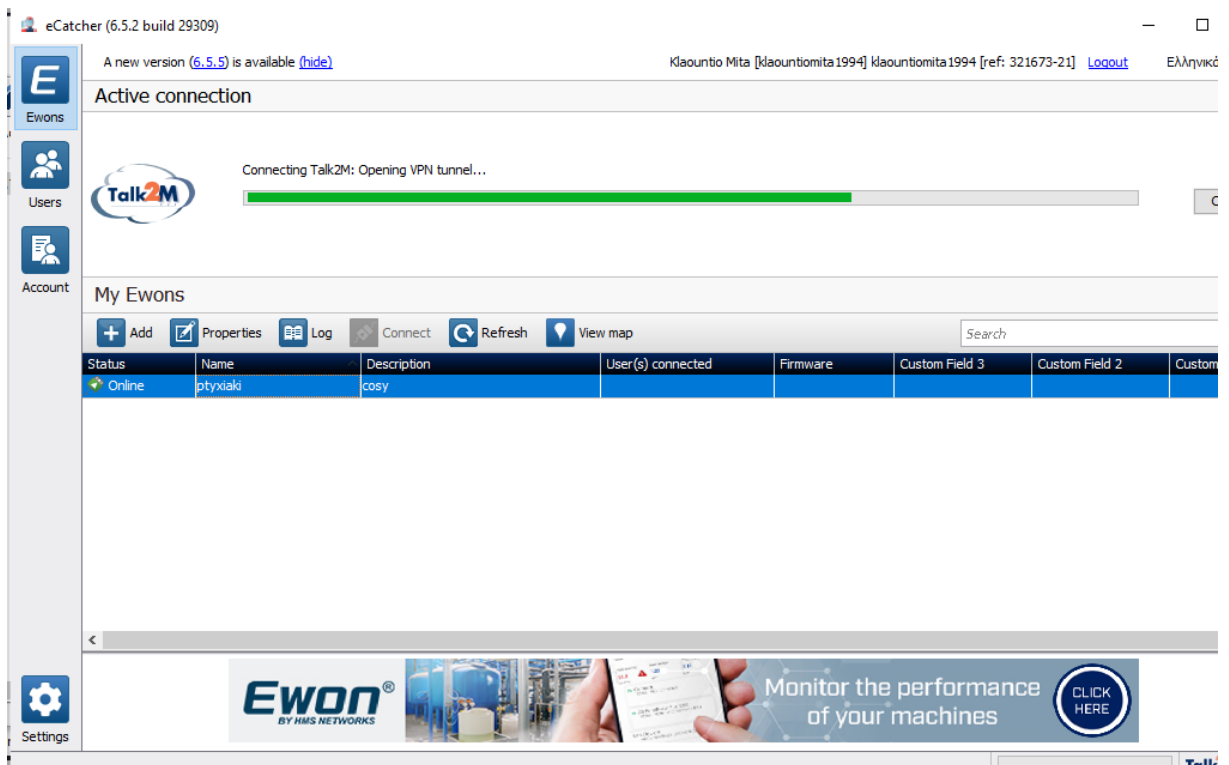
Εικόνα 4.27 Οθόνη ρύθμισης IP

Προχωρώντας στο επόμενο βήμα γίνεται ένα τεστάρισμα της IP του δικτύου που χρησιμοποιούμε και αν είναι επιτυχές μεταφερόμαστε στην επόμενη σελίδα όπου υποδεικνύεται αν είναι επιτυχής η σύνδεση του ρούτερ στο διαδίκτυο.



Εικόνα 4.28 Οθόνη ολοκλήρωσης ρυθμίσεων

Στο επόμενο βήμα ξεσυνδέουμε το καλώδιο Ethernet μεταξύ του ρούτερ και του υπολογιστή ανοίγουμε το eCatcher και όπου βλέπουμε την κατάσταση του ρούτερ να είναι online. Πατώντας το πλήκτρο «Connect» συνδέουμε τις Lan θύρες, δηλαδή τις συσκευές που έχουμε συνδέσει εμείς σε αυτές τις θύρες



Εικόνα 4.29 Εμφάνιση ρούτερ στο eCatcher

και κάνοντας ping τις ip των συσκευών στα windows command μπορούμε να δούμε την κατάσταση συνδεσιμότητάς τους, στην περίπτωση μας του PLC.

```
C:\Users\klaou>ping 192.168.0.1

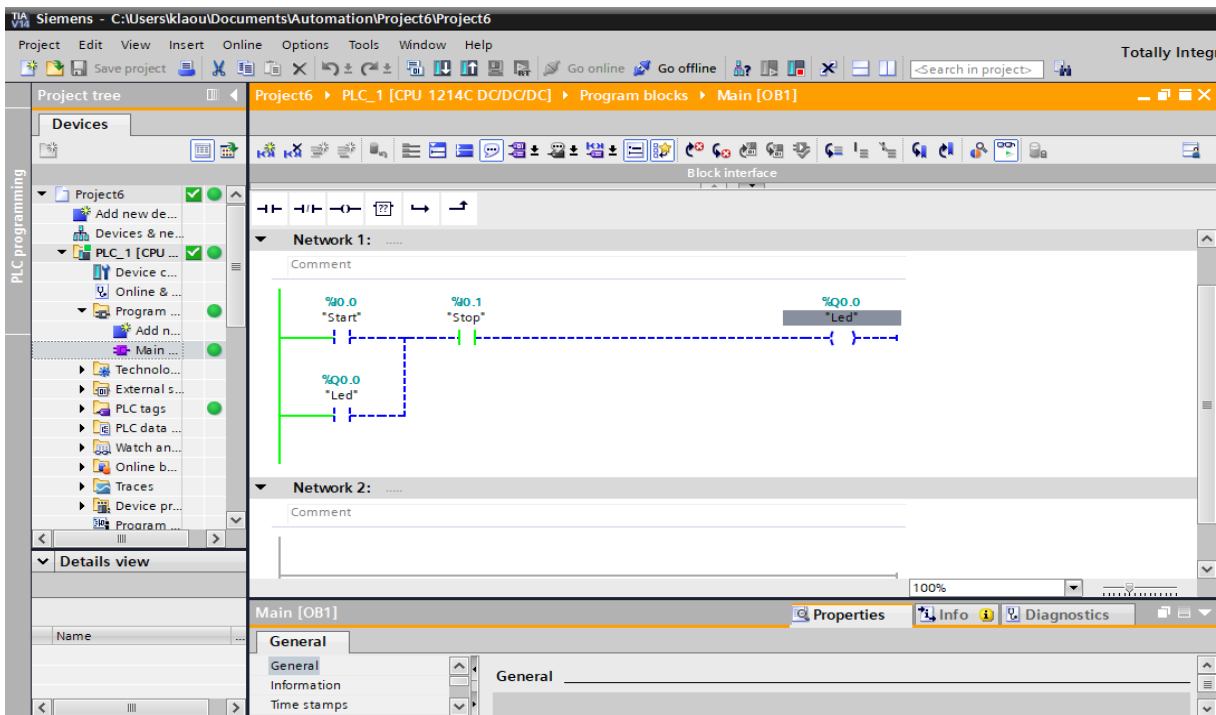
Pinging 192.168.0.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=3ms TTL=62
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=14ms TTL=62
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=3ms TTL=62
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=3ms TTL=62

Ping statistics for 192.168.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 14ms, Average = 5ms

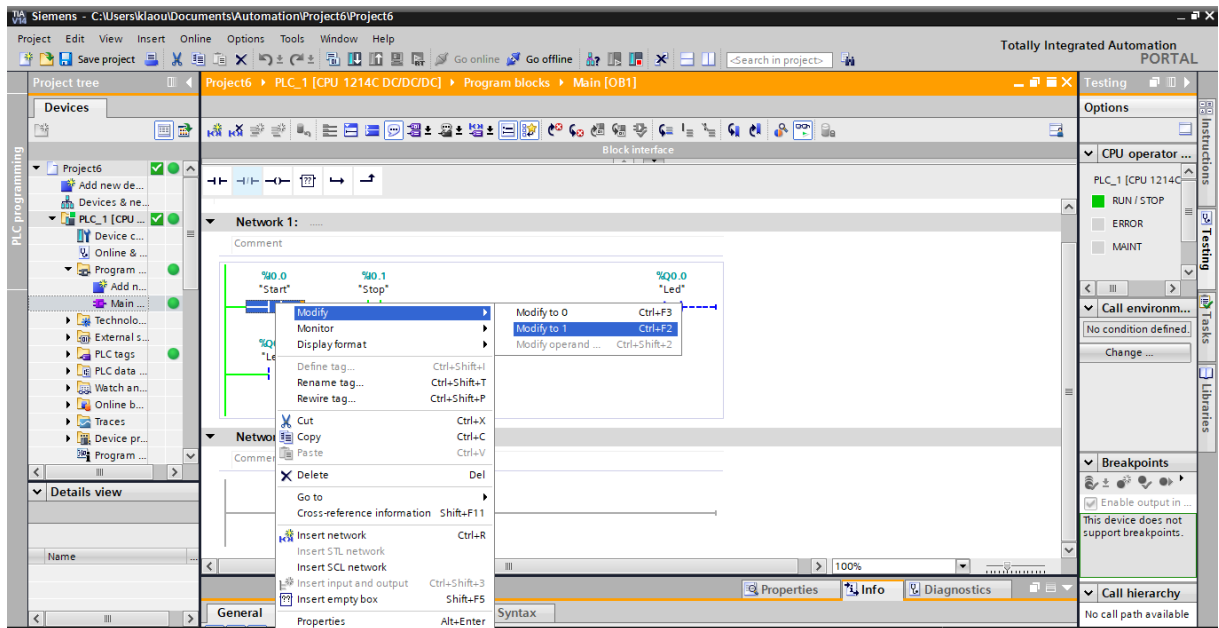
C:\Users\klaou>
```

Εικόνα 4.30 Αποστολή και λήψη πακέτων μεταξύ eWon και PLC

Μας φαίνεται, έχοντας ξεσυνδέσει και το καλώδιο Ethernet από το PLC, υπάρχει συνδεσιμότητα ακόμα και χωρίς το καλώδιο. Σε αυτή τη φάση είμαστε έτοιμοι να ελέγξουμε το PLC μας απομακρυσμένα. Ανοίγοντας ένα πρόγραμμα του PLC και πατώντας το πλήκτρο «Monitor Off/On» είμαστε σε θέση επιβλέψουμε την λειτουργία του προγράμματός μας.

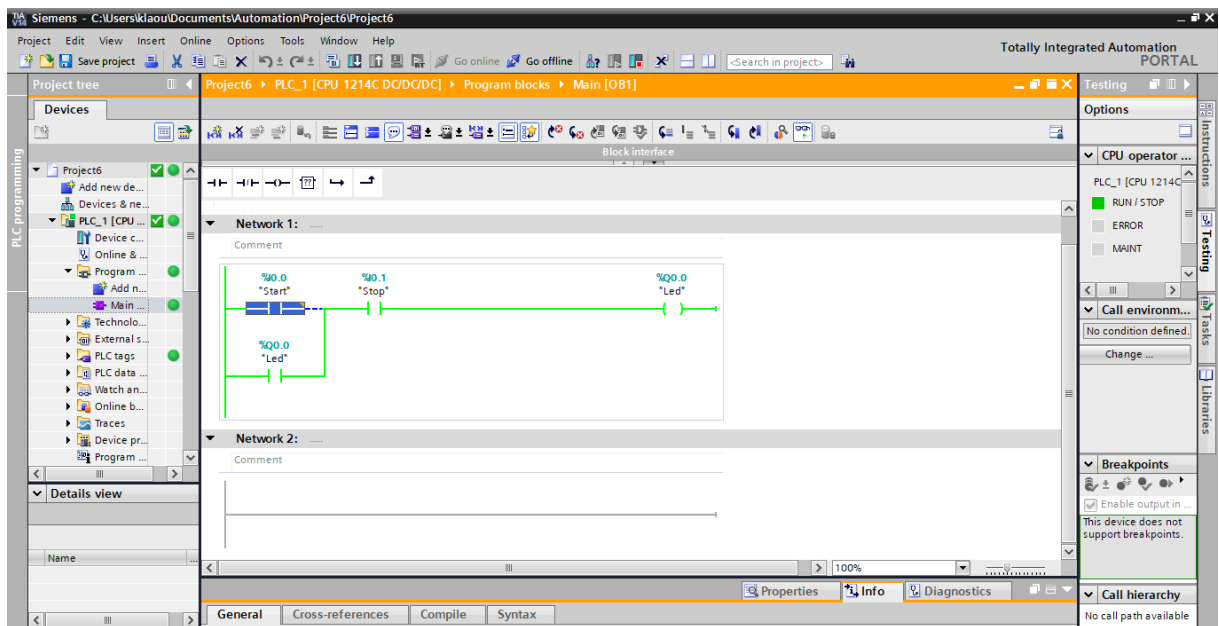


Εικόνα 31 NetWork προγράμματος



Εικόνα 4.32 Χειροκίνητη αλλαγή κατάστασης εισόδου

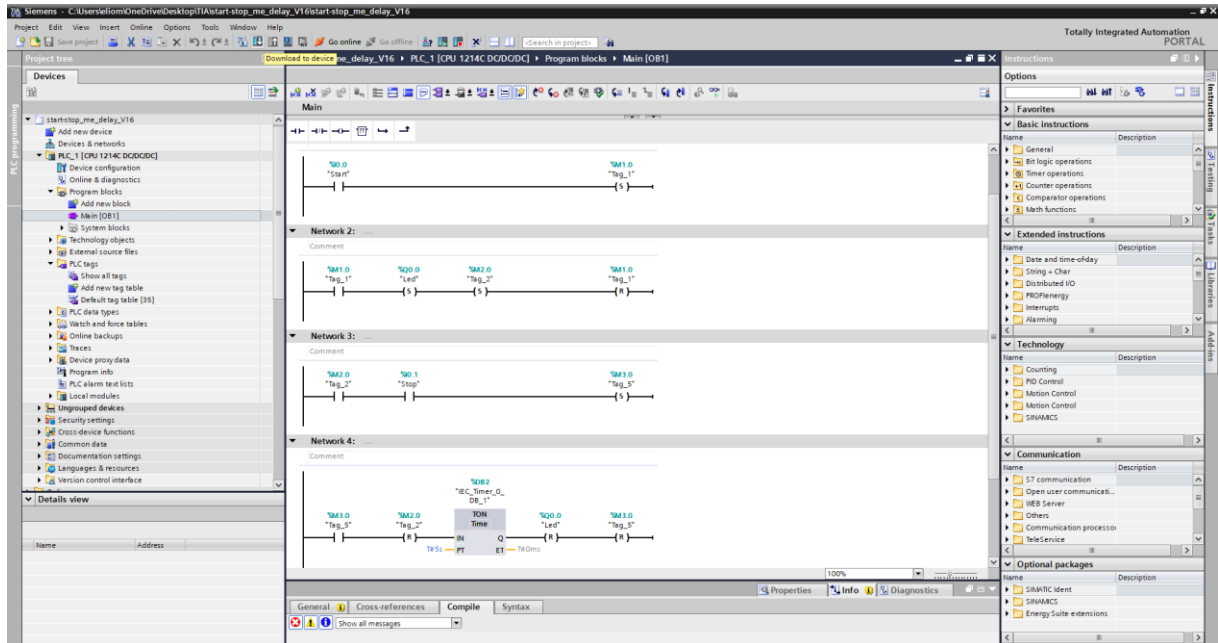
Ύστερα πατώντας το μπουτόν Start από τον πίνακα ελέγχου, βλέπουμε τη μεταβλητή να παίρνει λογικό «1», συνεπώς να λειτουργεί και η έξοδος μας. Επίσης, αν επιλέξουμε και εμείς τη μεταβλητή Start και αλλάξουμε χειροκίνητα την κατάσταση της μέσω του προγράμματος από «0» σε «1» πάλι βλέπουμε την έξοδο να ενεργοποιείται.



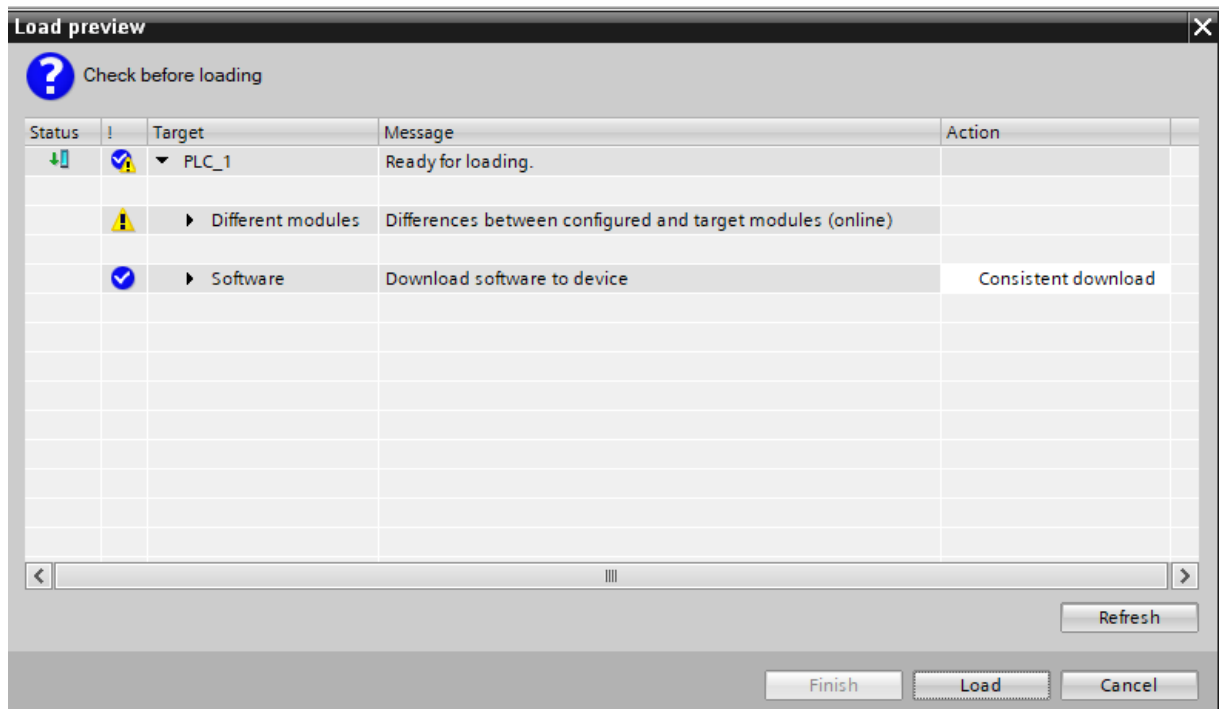
Εικόνα 4.33 Εκτέλεση προγράμματος

Αξίζει να σημειωθεί πως συνδέοντας και μια οθόνη HMI στο ρούτερ, μπορούμε να ελέγξουμε πιο εύκολα το σύστημα μας απομακρυσμένα χωρίς να αλλάζουμε μια μια τις μεταβλητές αλλά πατώντας απλά τα μπουτόν που έχουμε δημιουργήσει στον προγραμματισμό της οθόνης.

Μια άλλη δυνατότητα που παρέχεται είναι ότι απομακρυσμένα μπορούμε να προσθέσουμε ή να αφαιρέσουμε κομμάτια προγράμματος ανάλογα πάντα με τις απαιτήσεις του πελάτη. Για παράδειγμα αν μετά το πάτημα του μπουτόν Stop θέλουμε η έξοδος να απενεργοποιηθεί μετά από κάποια δευτερόλεπτα κάνουμε τις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμά μας και επιλέγουμε το πλήκτρο Download στο TIA Portal. Παρατηρούμε ότι όντως επιτυγχάνεται η αλλαγή του προγράμματος και απομακρυσμένα.



Εικόνα 4.34 Network αναβαθμισμένου προγράμματος



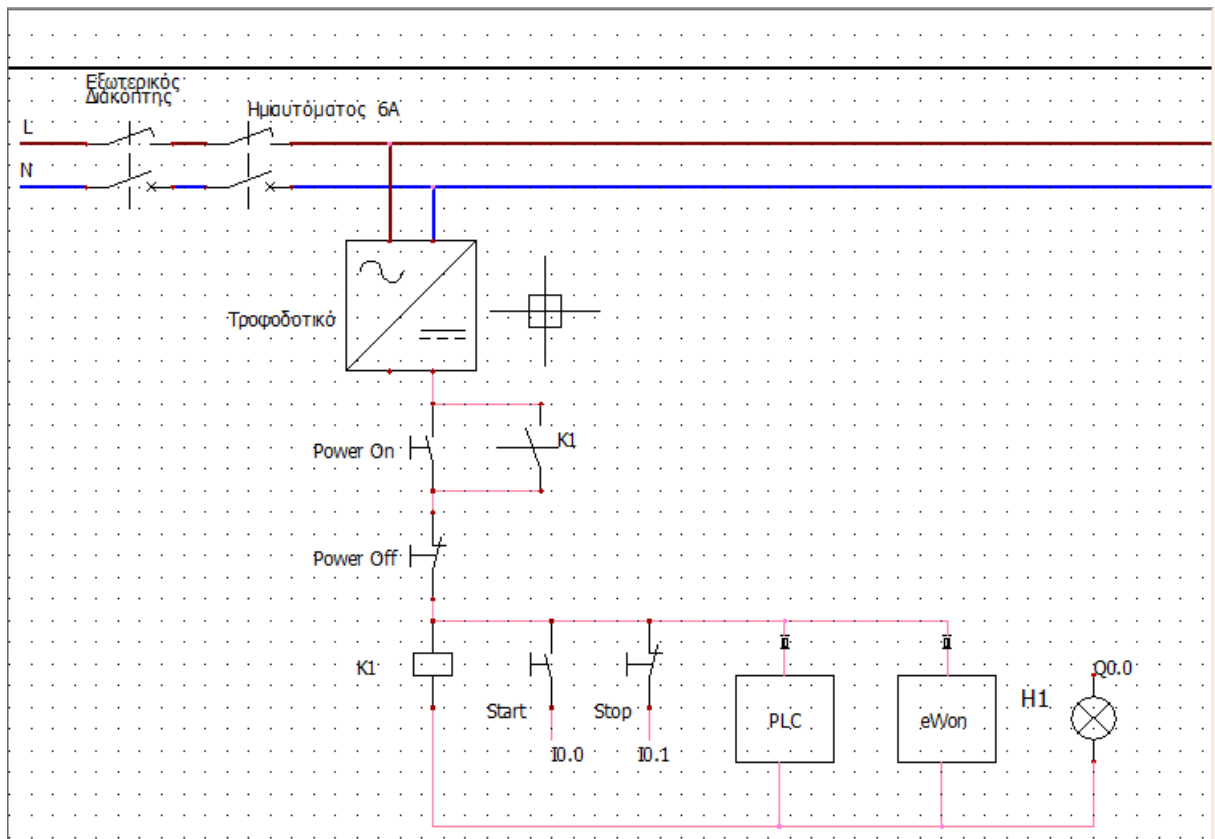
Εικόνα 4.35 Download προγράμματος μέσω απομακρυσμένης σύνδεσης

Υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να επιτευχθεί η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι:

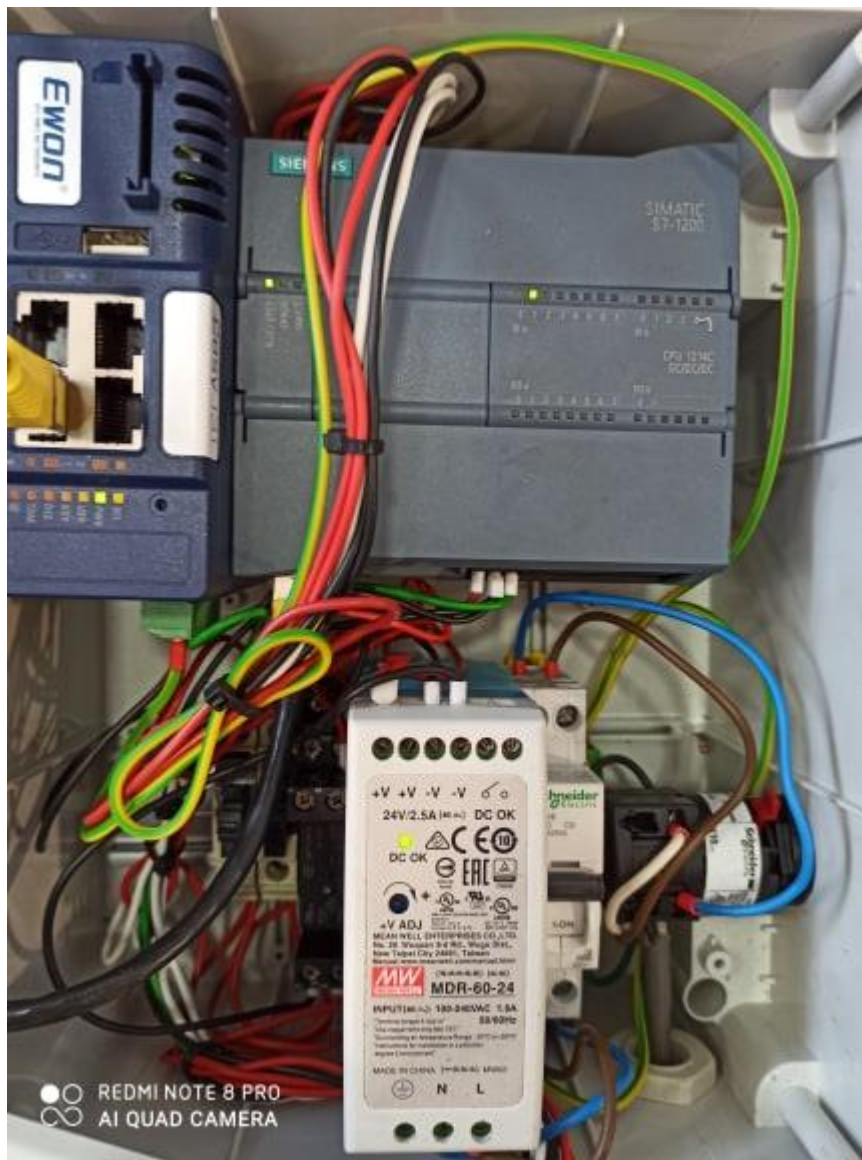
1. Siemens PLC, S7-1200 1214C DC/DC/DC
2. Βιομηχανικό ρούτερ eWon Cosy 131, HMS
3. Τροφοδοτικό MDR 40-24
4. Γενικός Διακόπτης 0-1
5. Ημιαυτόματος Schneider 6A
6. Κλεμμοασφάλεια x2
7. Μπουτόν NO x2
8. Μπουτόν NC x2
9. Ενδεικτική λυχνία 24V DC
10. Ηλεκτρολογικό κουτί

Η συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε για την τροφοδοσία του PLC και του ρούτερ φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 4.36 Ηλεκτρολογικό Σχέδιο

Ο ηλεκτρολογικός πίνακας για τον έλεγχο του PLC και του eWon φαίνεται παρακάτω



Εικόνα 4.37 Ηλεκτρολογικός Πίνακας

Συμπεράσματα

Μέσα από την παρούσα πτυχιακή εργασία είδαμε δύο βασικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί ο απομακρυσμένος έλεγχος ενός PLC.

Σε βιομηχανικό επίπεδο μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η καλύτερη επιλογή για την επίτευξη του ελέγχου του PLC είναι μέσω της χρήσης του βιομηχανικού ρούτερ. Τα οφέλη που προκύπτουν είναι πολλά τόσο για τις βιομηχανίες αλλά σαφώς και για τους τεχνικούς. Ζητώντας την τοποθέτηση ενός τέτοιου ρούτερ, ο χρήστης μπορεί να είναι σε θέση να ελέγχει ακόμα και από τον υπολογιστή του τον αυτοματισμό, με τη δημιουργία μια εικονικής. Σε περίπτωση βλάβης τα έξοδα μετακίνησης του τεχνικού είναι μηδενικά διότι μπορεί να κάνει τη διάγνωση και την επίλυση απομακρυσμένα μειώνοντας έτσι και τα έξοδα που προκύπτουν από την αναστολή της παραγωγικής διαδικασίας.

Από την άλλη πλευρά η χρήση των WebServers δεν είναι τόσο διαδεδομένη διότι δεν προσφέρει τις ίδιες δυνατότητες με αυτές του ρούτερ. Βέβαια προσφέρουν τη δυνατότητα του ελέγχου ακόμα και από κινητό τηλέφωνο αλλά η δημιουργία της της HMI για τον έλεγχο είναι πιο πολύπλοκη και χρονοβόρα διότι ο αυτοματιστής θα πρέπει να έχει και γνώση γλωσσών υπολογιστών. Ενώ σε περίπτωση βλάβης ο αυτοματιστής δεν μπορεί να επέμβει απομακρυσμένα και να κάνει τις απαραίτητες αλλαγές που χρειάζονται. Έτσι θα πρέπει να μεταβεί ο ίδιος στο χώρο που έχουν εγκατασταθεί οι αυτοματισμοί με αποτέλεσμα η παραγωγική διαδικασία της βιομηχανίας να σταματά για αρκετές ώρες δημιουργώντας ζημιά στα κέρδη της εταιρείας και επιβαρύνοντας την και με τα έξοδα επίσκεψης.

Βιβλιογραφία

1. Ρουμπής Σ. , «Αυτοματισμούς με PLC»,Siemens, Αθήνα 1987.
2. SIEMENS, «SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual» 04/2012 A5E02486680-06
3. <http://auto.teipir.gr/sites/default/files/plc.pdf>
4. Τσοπανάκης Σπυρίδων-Πύρρος, «Έλεγχος και Λειτουργία Ημιαυτόματης Γεμιστικής Μηχανής με Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή», Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2014
5. Ακρίδης Αντώνιος, « Δομή και Λειτουργία των PLC», Πτυχιακή Εργασία, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τμήμα Αυτοματισμού, ΤΕΙ Πειραιά, 2014
6. HMS Industrial Networks SA, «The Cosy 131 User Guide» UM-0004-00-EN 1.0 ENGLISH