

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1501



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕΣΩ PLC

ΤΣΙΜΠΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ (5759)
ΦΡΑΓΚΙΟΥΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (5637)

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΑΝΤΖΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

Πρόλογος

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η εισαγωγή στα PLCs (Programmable Logic Controllers – Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές) καθώς και η εξοικείωση με το λογισμικό πακέτο TIA PORTAL της Siemens το οποίο αποτελεί ένα σύγχρονο εργαλείο ανάπτυξης πολλών αυτοματισμών με PLCs. Η εφαρμογή η οποία υλοποιήθηκε αφορά την προσομοίωση και τον έλεγχο ενός έξυπνου σπιτιού βασισμένο σε 3 λειτουργίες, έλεγχο φωτισμού, έλεγχο θερμοκρασίας και έλεγχο ασφάλειας. Ο προγραμματισμός του PLC έγινε με γλώσσα ladder ενώ για την προσομοίωση και τον έλεγχο της εφαρμογής δημιουργήθηκε ένα HMI (Human Machine Interface – Διεπαφή Ανθρώπου Μηχανής). Για την ανάπτυξη των παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία STEP 7, PLC-SIM και WinCC που περιλαμβάνονται στο λογισμικό πακέτο TIA PORTAL της Siemens

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται ιστορική αναδρομή στον τρόπο με τον οποίο τα PLCs εισχώρησαν στην αγορά εργασίας της βιομηχανίας. Γίνεται ανάλυση των υποσυστημάτων που απαρτίζουν ένα PLC καθώς και τι χρειάζεται για να λειτουργήσει. Επίσης πραγματοποιείται αναλυτική επεξήγηση της αρχής λειτουργίας των PLCs καθώς και κάποιοι τρόποι προγραμματισμού τους. Τέλος αναφέρονται κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης των PLCs. Στο κεφάλαιο 2 πραγματοποιείται ανάλυση της θεωρίας των PID (Proportional Integral Derivative – Αναλογικός Ολοκληρωτικός Διαφορικός) ελεγκτών καθώς και την αρχή λειτουργίας του PID ελεγκτή που χρησιμοποιήθηκε στην ανάπτυξη της εφαρμογής. Στο κεφάλαιο 3 πραγματοποιείται μια εισαγωγή στο λογισμικό TIA PORTAL. Το λογισμικό αυτό είναι προϊόν της Siemens και χρησιμοποιείται κυρίως για την υλοποίηση ολοκληρωμένων εφαρμογών αυτοματισμού με PLCs. Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε με σκοπό τον έλεγχο του έξυπνου σπιτιού αλλά και η προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε, με χρήση του περιβάλλοντος TIA PORTAL. Στο κεφάλαιο 5 παρατίθενται ορισμένα συμπεράσματα που εξάγονται από την υλοποίηση της εφαρμογής.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να ευχαριστήσουμε όσους μας βοήθησαν για να πραγματοποιηθεί αυτή η εργασία που για μας αποτέλεσε ένα σημαντικό διδακτικό κομμάτι. Θέλουμε να ευχαριστήσουμε προσωπικά τον εισηγητή μας κ. Καλαντζόπουλο Αθανάσιο ο οποίος στάθηκε αρωγός σε όλα τα στάδια της ολοκλήρωσης αυτής της εργασίας καθώς και τον καθηγητή μας κ. Αποστολόπουλο Ανδρέα για την σημαντική βοήθεια του στο πρακτικό κομμάτι της εργασίας. Επίσης το διδακτικό προσωπικό του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΤΕ του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας για τις γνώσεις τους αλλά και στο ότι υπήρξαν καλοπροαίρετοι και εξυπηρετικοί απέναντι σε δυο φοιτητές του Ιδρύματος. Τους συμφοιτητές μας για τα ωραία φοιτητικά χρόνια που μοιραστήκαμε αλλά και για την ουσιαστική συνεργασία μας. Τέλος, θα θέλαμε να εκφράσουμε ένα τεράστιο ευχαριστώ στις οικογένειες μας για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μας έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μας.

Περίληψη

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας είναι ο έλεγχος και η εποπτεία μιας οικίας (BMS-Building Management System – Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου) προσομοιωμένη μέσω του προγράμματος TIA PORTAL v12 της Siemens. Το κύριο μέρος αυτής της εργασίας αφορά τον προγραμματισμό και την προσομοίωση εφαρμογών που συνθέτουν ένα έξυπνο σπίτι με σκοπό την ανάδειξη των βασικών δυνατοτήτων του λογισμικού πακέτου TIA PORTAL. Το TIA PORTAL δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να γνωρίσει τα PLC και να εξοικειωθεί με τον προγραμματισμό τους. Αφού ο χρήστης προγραμματίσει ένα PLC μπορεί να εξετάσει την ορθή λειτουργία του μέσω του PLCSIM και να δημιουργήσει ένα γραφικό περιβάλλον απεικόνισης και έλεγχου μέσω του WinCC.

Συγκεκριμένα ο πλήρης έλεγχος φωτισμού, θέρμανσης (κλιματισμός) και ασφάλειας είναι οι βασικές λειτουργίες του συγκεκριμένου αυτοματισμού. Σημείο αναφοράς και κύριο εργαλείο ενός αυτοματισμού όπως ένα BMS είναι το PLC. Για την συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ένας PLC της σειράς S7-300 series της Siemens.

Άλλα σημαντικά εργαλεία τα οποία επίσης χρησιμοποιήθηκαν είναι οι PID ελεγκτές, που μας βοήθησαν αρκετά στον έλεγχο ολόκληρου του συστήματος, καθώς επίσης και οι αισθητήρες οι οποίοι είναι απαραίτητοι για έναν τέτοιο αυτοματισμό. Το TIA PORTAL μας δίνει την δυνατότητα προγραμματισμού ενός PLC που στην συγκεκριμένη περίπτωση επιτεύχθηκε μέσω της γλώσσας προγραμματισμού ladder.

Η εξομοίωση και αναπαράσταση των παραπάνω εφαρμογών γίνεται με τη χρήση του WinCC, και PLC-SIM υποπρογραμμάτων του TIA PORTAL. Το WinCC Simatic είναι ένα λογισμικό τύπου SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Σκοπός του SCADA είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος απεικόνισης και ελέγχου του συνολικού συστήματος.

Τέλος για την επίτευξη των παραπάνω σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν με το WinCC μια σειρά από οθόνες που εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς και χρησιμοποιούνται για τον ολοκληρωμένο έλεγχο και απεικόνιση του συνολικού συστήματος.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	ii
Περίληψη	iii
Περιεχόμενα	iv
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή στα PLCs.....	1
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	1
1.2 Ορισμός του PLC.....	1
1.3 Η δομή ενός PLC	2
1.3.1 Μονάδα Τροφοδοσίας.....	3
1.3.2 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας CPU.....	3
1.3.3 Μονάδες εισόδου/εξόδου	5
1.4 Τρόπος σύνδεσης των βασικών τμημάτων του PLC	5
1.5 Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων.....	6
1.6 Συσκευές προγραμματισμού ενός PLC	7
1.6.1 Προγραμματιστής χειρός.....	7
1.6.2 PG (Programiergeräte –Συσκευή Προγραμματισμού)	8
1.6.3 Προσωπικός Υπολογιστής (PC).....	8
1.7 Κύριες λειτουργίες των PLC	9
1.8 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης ενός PLC	10
1.9 Κύκλος λειτουργίας του PLC	10
1.10 Τρόποι προγραμματισμού ενός PLC	11
1.10.1 Γραμμικός προγραμματισμός (linear program).....	11
1.10.2 Δομημένος Προγραμματισμός	12
1.11 Βασικές αρχές σχεδίασης προγράμματος.....	12
1.11.1 Λειτουργικό σύστημα.....	13
1.11.2 Πρόγραμμα εφαρμογής.....	13
1.11.3 Επικοινωνία λειτουργικού συστήματος και προγράμματος εφαρμογής	13
1.11.4 Είδη Blocks	13
1.12 Γλώσσα προγραμματισμού ενός PLC	17
1.12.1 STL (statement list).....	17
1.12.2 Ladder.....	18

1.12.3 FBD (function block diagram)	18
Κεφάλαιο 2 Ο PID ελεγκτής.....	19
2.1 Θεωρία PID ελέγχου.....	19
2.2 Ο PID έλεγχος στο PLC	21
Κεφάλαιο 3 TIA Portal	27
3.1 Εισαγωγή	27
3.2 Simatic STEP 7.....	28
3.2.1 Εκκίνηση του STEP 7 Professional V12.....	29
3.2.2 Αρχική Οθόνη	29
3.2.3 Οθόνη Εργασίας (Project view)	30
3.2.4 Δημιουργία νέου project.....	32
3.2.5 Διαμόρφωση συσκευής	32
3.2.6 Διαμόρφωση PLC.....	33
3.2.7 Διαμόρφωση Δικτύου.....	34
3.2.8 Δομή ενός block	34
3.2.9 Βασικά στοιχεία ανάπτυξης προγραμμάτων	35
3.2.10 Διευθυνσιοδότηση.....	36
3.2.11 Βασικές εντολές προγραμματισμού	37
3.2.12 Εκτέλεση προγράμματος.....	39
3.3 Λογισμικό Simatic S7 PLCSIM v12	40
3.4 WinCC Professional v12 - SCADA	41
3.4.1 Εισαγωγή στα συστήματα SCADA.....	41
3.4.2 Βασικά μέρη ενός SCADA	42
3.4.3 Λογισμικό WinCC Professional	43
3.4.4 Βασικά στοιχεία του WinCC Professional	44
Κεφάλαιο 4 Ανάλυση Προγράμματος Έξυπνου Σπιτιού.....	48
4.1 Εφαρμογή	48
4.2 Υλικό	49
4.3 Δημιουργία εφαρμογής.....	61
4.4 Δημιουργία των tag tables σε PLC και HMI	62
4.5 Διαμόρφωση των Screens του HMI	63
4.6 Ανάλυση προγράμματος στα Program Blocks	71
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις.....	91
5.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα	91
Βιβλιογραφία	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή στα PLCs

1.1 Ιστορική αναδρομή

Οι πρώτοι αυτοματισμοί ήταν καθαρά μηχανικοί και αποτελούνταν από γρανάζια και μοχλούς. Με τον ηλεκτρισμό βέβαια τα πράγματα άλλαξαν. Στους πρώτους ηλεκτρονικούς αυτοματισμούς το βασικό στοιχείο ήταν η λυχνία. Το 1945 κατασκευάζεται ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής βασισμένος κυρίως σε λυχνίες.

Οι πρώτες σκέψεις για την αυτοματοποίηση της βιομηχανίας εμφανίστηκαν περίπου το 1960. Παρόλα αυτά η επανάσταση στην τεχνολογία ξεκινάει στις αρχές του 1980 με την κατασκευή του πρώτου μικροεπεξεργαστή. Με αυτό το τρόπο δημιουργείται η σκέψη εισαγωγής κάποιας μορφής υπολογιστικής μονάδας στη βιομηχανία για τον έλεγχο όλων των διαδικασιών της παραγωγής.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 πρωτοεμφανίζεται μία μονάδα αυτοματισμού με την ονομασία PLC, με στόχο τον έλεγχο και την επιτήρηση των ανωτέρω. Η πλήρης ονομασία του PLC είναι Programmable Logic Controller που σημαίνει «Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής».

Αρχικά η βασική λειτουργία των PLC ήταν να αντικαταστήσουν τους πίνακες με ηλεκτρονόμους, κάτι που ήταν αρκετά δύσκολο για τις εταιρείες που τα κατασκεύαζαν, λόγω του ότι οι άνθρωποι της βιομηχανίας δεν ήταν συνηθισμένοι στη χρήση ενός «ηλεκτρονικού υπολογιστή». Για αυτό το λόγο προσπάθησαν να προσαρμόσουν τον τρόπο χρήσης των PLCs σε ένα παρόμοιο τρόπο με τον οποίο δούλευε μέχρι τότε η βιομηχανία. Αυτός ήταν στο να σχεδιάζουν τα ηλεκτρικά κυκλώματά και να αντιγράφουν το ηλεκτρολογικό σχέδιο στο PLC. Με αυτό το τρόπο κατάφεραν οι εταιρείες να τα εισάγουν στην αγορά, και σήμερα να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της βιομηχανίας και άκρως απαραίτητο για τη λειτουργία της.

1.2 Ορισμός του PLC

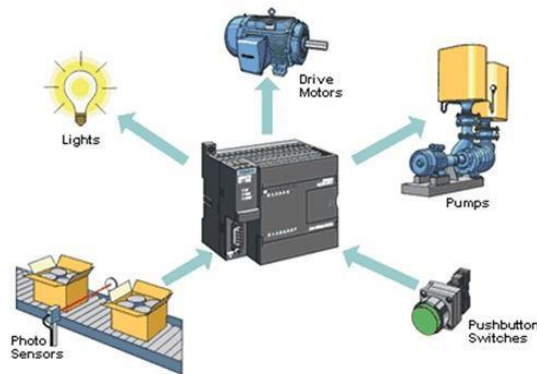
Στις αρχές τα PLC αντικαθιστούσαν στον κλασικό αυτοματισμό τα βοηθητικά ρελέ, τα χρονικά, τους απαριθμητές, και όλες αυτές οι πολύπλοκες συνδέσεις πραγματοποιούνταν απλά «προγραμματίζοντας» μέσω ενός λογισμικού.

Λόγω του μεγάλου ανταγωνισμού δημιουργήθηκε η ανάγκη από μεριά των εταιρειών να αυτοματοποιήσουν εκτός από τις μηχανές και τους σταθμούς επεξεργασίας, ολόκληρη την παραγωγική τους διαδικασία ενσωματώνοντας το κάθε υποσύστημα-μηχανή σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Έτσι σήμερα μέσω των PLCs είναι δυνατή η διαμόρφωση και ο προγραμματισμός όλων των επιμέρους συστημάτων σαν ένα ενιαίο σύστημα, η κοινή

διαχείριση των δεδομένων καθώς και η επικοινωνία όλων των υποσυστημάτων που συμμετέχουν στον αυτοματισμό.

Ένας ορισμός για το PLC είναι ο εξής:

Προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι ένα, ψηφιακό ηλεκτρονικό σύστημα, σχεδιασμένο για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον, το οποίο χρησιμοποιεί μια προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση εντολών ώστε να εκτελούνται διάφορες λειτουργίες όπως λογικές, χρονικές, μετρητικές και αριθμητικές πράξεις και να ελέγχονται μέσω αναλογικών/ψηφιακών μονάδων διάφορες μηχανές ή διαδικασίες.

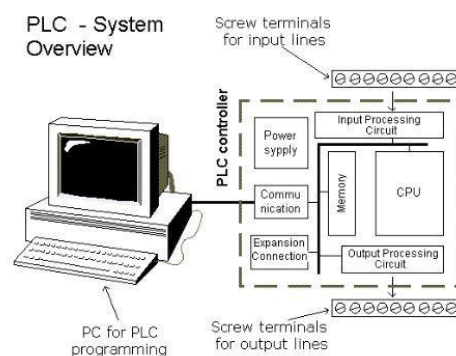


Σχήμα 1.1: Πιθανοί εισοδοί και έξοδοι ενός PLC

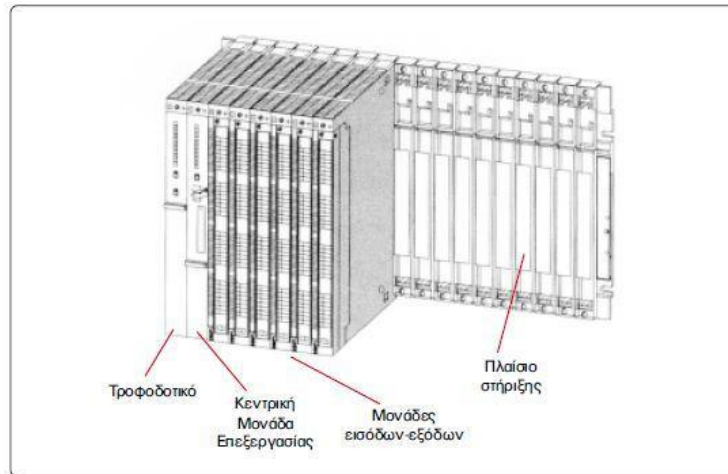
1.3 Η δομή ενός PLC

Τα βασικά μέρη ενός PLC είναι τα εξής:

- Η μονάδα τροφοδοσίας
- Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)
- Οι μονάδες εισόδων-εξόδων (I/O)
- Η μνήμη του επεξεργαστή



Σχήμα 1.2: Τα βασικά μέρη που απαρτίζουν ένα PLC



Σχήμα 1.3: PLC πάνω σε κατάλληλο πλαίσιο στήριξης

1.3.1 Μονάδα Τροφοδοσίας

Η μονάδα τροφοδοσίας παρέχει στο PLC την κατάλληλη τάση λειτουργίας, μετατρέποντας την τάση τροφοδοσίας του δικτύου στην επιθυμητή τιμή. Συνήθως αυτή η τάση είναι συνεχής στα 5V DC, 12V DC ή 24V DC λόγω του ότι σε τέτοιες τάσεις λειτουργούν τα ηλεκτρονικά στοιχεία ενός PLC.

Η μονάδα τροφοδοσίας επιλέγεται έτσι ώστε το ονομαστικό της ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα που καταναλώνουν αθροιστικά όλες οι υπόλοιπες μονάδες του PLC.

Σχετικά με την τροφοδοσία του PLC θα πρέπει να τηρούνται τα εξής:

- Το κάλυμμα του τροφοδοτικού να είναι κατάλληλο ώστε να απάγεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση.
- Η τροφοδοσία να πληροί πρότυπα σύμφωνα με τα οποία επέρχεται απομόνωση από τον ανεπιθύμητο θόρυβο.

1.3.2 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας CPU

Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (Central Processing Unit – CPU) του PLC είναι ένα ψηφιακό κύκλωμα, ένας μικροεπεξεργαστής συγκεκριμένα που αποτελεί τον “εγκέφαλο” του PLC.

Πρόκειται για ένα μέρος του PLC που υλοποιεί τη λογική και παίρνει τις αποφάσεις με βάση τις εντολές του προγράμματος και την κατάσταση των εισόδων και των εξόδων που συνεχώς επιτηρεί. Στη CPU υλοποιούνται λειτουργίες αντίστοιχες με τους συνδυασμούς επαφών στα συμβατικά κυκλώματα απαριθμήσεις, χρονομετρήσεις, συγκρίσεις δεδομένων, μαθηματικές πράξεις και άλλες λειτουργίες.

Η CPU αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- Αριθμητική μονάδα (ALU-Arithmetic Logical Unit): Αποτελείται από δύο ή τέσσερις κεντρικούς καταχωρητές στους οποίους αποθηκεύονται οι πληροφορίες από τις εισόδους και τις εξόδους. Επίσης σε αυτή εκτελούνται οι λογικές και οι αριθμητικές πράξεις.
- Επεξεργαστής (Processor): Καλεί στη μνήμη και εκτελεί τις εντολές του προγράμματος με τη σειρά που είναι δομημένες. Αυτό πραγματοποιείται συνέχεια και με κυκλική διαδικασία, η οποία παρουσιαστεί σε επόμενη παράγραφο. Παράλληλα υποστηρίζει τα χρονικά, τους απαριθμητές και τις βοηθητικές μονάδες από τις μνήμες, ενώ επεξεργάζεται και τα σήματα από τις εισόδους.
- Λειτουργικό σύστημα (ROM): Περιέχει τα system programs (προγράμματα του συστήματος), τα οποία δε μπορούν να επηρεαστούν και να αλλαχτούν από το χρήστη. Καθορίζουν τον τρόπο εκτέλεσης του προγράμματος ελέγχου, το πώς κατανέμεται η μνήμη, το πώς διακινούνται τα δεδομένα και πώς αντιμετωπίζονται τα σήματα εισόδων και εξόδων.
- Χρονικά, απαριθμητές, βοηθητικά: Περιοχή της μνήμης RAM όπου περιέχονται τα χρονικά, οι απαριθμητές και τα βοηθητικά.
- Μνήμη απεικόνισης εισόδων: Περιοχή της μνήμης RAM όπου αποθηκεύονται τα δεδομένα των μονάδων εισόδου του PLC.
- Μνήμη απεικόνισης εξόδων: Περιοχή της μνήμης RAM όπου αποθηκεύονται τα δεδομένα που θα μεταφερθούν στις μονάδες εξόδου του PLC όπως διαμορφώθηκαν από την αλληλουχία του προγράμματος.

Η μνήμη της κεντρικής μονάδας διακρίνεται σε μνήμη RAM, ROM και EEPROM.

Μνήμη RAM

Στη μνήμη RAM (Random Access Memory) αποθηκεύεται το πρόγραμμα ελέγχου. Λόγω του ότι στο πρόγραμμα ελέγχου θέλουμε οποιαδήποτε στιγμή να κάνουμε εύκολα αλλαγές, η μνήμη RAM μας δίνει τη δυνατότητα να γράφουμε και να σβήνουμε. Βέβαια είναι πτητική, δηλαδή σβήνεται το περιεχόμενό της όταν σταματήσει η τροφοδοσία και για αυτό το λόγο παραμένει πάντα σε τροφοδοσία μέσω μιας μπαταρίας.

Χωρίζεται σε 3 τμήματα:

- Μνήμη φόρτωσης (load memory): Περιλαμβάνει αντικείμενα που δημιουργήθηκαν στη συσκευή προγραμματισμού όπως μπλοκ λογικής, μπλοκ δεδομένων και κάποιες πρόσθετες πληροφορίες.
- Μνήμη εργασίας (Work memory): Περιλαμβάνει δεδομένα που είναι απαραίτητα για την εκτέλεση του προγράμματος.
- Μνήμη συστήματος: Αποτελείται από περιοχές που αναλαμβάνουν
 - Απεικόνιση εισόδων και εξόδων (PII,PIQ)
 - Βοηθητικά
 - Χρονικά
 - Απαριθμητές
 - L στοίβα

Μνήμη EEPROM

Μνήμη EEPROM (electrically programmable read only memory) είναι μνήμη μόνο ανάγνωσης και είναι μη πτητική και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται ως μόνιμο μέσο αποθήκευσης του προγράμματος. Είναι ασφαλέστερο μέσο αποθήκευσης για βιομηχανικές συνθήκες. Βέβαια ο αριθμός των τροποποιήσεων των αποθηκευμένων πληροφοριών είναι περιορισμένος σε αντίθεση με τη μνήμη RAM που είναι απεριόριστος.

Μνήμη ROM

Σε αυτή τη μνήμη ο κατασκευαστής του PLC αποθηκεύει το λειτουργικό σύστημα, που είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο των όλων λειτουργιών που απαιτούνται για την σωστή λειτουργία το PLC.

1.3.3 Μονάδες εισόδου/εξόδου

Οι μονάδες εισόδου/εξόδου αποτελούν τις μονάδες επικοινωνίας της CPU με τον εξοπλισμό που δίνει πληροφορίες στο PLC όπως αισθητήρες, φωτοκύτταρα, επαγωγικά αλλά και με τον εξοπλισμό στον οποίο δίνει εντολές το PLC όπως κινητήρες και έμβολα.

Η CPU δέχεται ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου χαμηλής τάσης και πολύ μικρού ρεύματος. Για αυτό το λόγο οι μονάδες εισόδων και εξόδων αναλαμβάνουν να προσαρμόσουν αυτά τα σήματα σε τιμές που να μπορεί να τις δεχτεί η CPU, τόσο από άποψη τάσεως όσο και από άποψη ρεύματος χρησιμοποιώντας τρανζίστορ ισχύος, θυρίστορ, triac αλλά και κατάλληλους μικροηλεκτρονόμεους.

1.4 Τρόπος σύνδεσης των βασικών τμημάτων του PLC

Υπάρχουν δύο τρόποι συνδέσεις των βασικών μερών που απαρτίζουν ένα PLC.

- Ο πρώτος τρόπος σύνδεσης των PLC είναι όταν οι τρεις παραπάνω μονάδες είναι ενσωματωμένες σε μία και ονομάζονται compact PLC. Συνήθως compact είναι τα μικρά PLCs που είναι κατάλληλα για μικρές εφαρμογές, εύκολα στην αντικατάσταση αλλά συνήθως μη επισκευάσιμα. Τις περισσότερες φορές οι εισοδοί και οι εξοδοί είναι το πολύ μέχρι 20 σε πλήθος και δεν υπάρχει δυνατότητα αλλαγής του τύπου των εισόδων ή των εξόδων. Ορισμένα compact PLCs διαθέτουν την δυνατότητα επέκτασης μέσω πρόσθετων μονάδων εισόδων ή εξόδων.



Σχήμα 1.4: Compact PLC

- Ο δεύτερος τρόπος σύνδεσης είναι όταν κάθε μονάδα είναι ξεχωριστό κομμάτι και συνδέεται εν συνεχεία με τις υπόλοιπες και ονομάζονται modular PLCs. Η δυνατότητα σύνδεσης και προσαρμογής των μονάδων με βάση τις ανάγκες του προγραμματιστή τα κάνει πολύ ευέλικτα και κατάλληλα για μεγάλο πλήθος επιλογών. Είναι ιδανικά για σύνθετες εφαρμογές και παρέχουν τη δυνατότητα σύνδεσης και επικοινωνίας πολλών PLCs. Υπάρχει ποικιλία στο είδος των εξόδων όπως τύπου ρελέ, αναλογικές ή τρανζίστορ. Τέλος σε περίπτωση βλάβης, αντικαθίσταται μόνο το module που έχει τη βλάβη, ενώ όλο το υπόλοιπο σύστημα λειτουργεί κανονικά.



Σχήμα 1.5: Modular PLC

1.5 Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων

Απαραίτητο για τη λειτουργία ενός PLC είναι το πλαίσιο στήριξης (Rack) αυτού και των επεκτάσεων του καθώς και η συσκευή προγραμματισμού του PLC. Οι μονάδες του PLC τοποθετούνται σε ένα κεντρικό πλαίσιο στήριξης. Σε εφαρμογές απαιτητικές που χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα PLCs, το πλαίσιο στήριξης περιέχει ενσωματωμένο σύστημα αγωγών μέσω του οποίου επικοινωνούν οι διάφορες μονάδες με την CPU. Σε περίπτωση που οι θέσεις του κεντρικού πλαισίου δεν επαρκούν για την τοποθέτηση των υπολοίπων modules,

τότε χρησιμοποιείται κάποιο πλαίσιο επέκτασης. Αυτό το πλαίσιο δέχεται μόνο μονάδες εισόδων/εξόδων και συνδέεται με το κεντρικό πλαίσιο μέσω ειδικής μονάδας διασύνδεσης. Τα πλαίσια επέκτασης μπορεί να είναι παραπάνω από ένα σε πλήθος, αναλόγως τις απαιτήσεις της εφαρμογής και μπορεί να βρίσκονται σε απόσταση από το κεντρικό μέχρι και 600 μέτρα.



Σχήμα 1.6: Κεντρικό πλαίσιο στήριξης

1.6 Συσκευές προγραμματισμού ενός PLC

Για τη λειτουργία ενός PLC δεν αρκεί μόνο το hardware. Απαραίτητο είναι και το software μέσω του οποίου δημιουργείται το πρόγραμμα που εκτελεί τον αυτοματισμό. Για τη δημιουργία του προγράμματος χρησιμοποιείται κάποια συσκευή προγραμματισμού. Η συσκευή προγραμματισμού είναι τελείως ξεχωριστή συσκευή από το PLC. Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή του προγράμματος στο PLC και για την παρακολούθηση του αυτοματισμού μέσα από την οθόνη που διαθέτει. Με μία μόνο συσκευή προγραμματισμού μπορούμε να προγραμματίσουμε όλα τα PLCs της ίδιας εταιρείας.

1.6.1 Προγραμματιστής χειρός

Οι mini προγραμματιστές ή αλλιώς προγραμματιστές χειρός, περιλαμβάνουν αριθμητικά πλήκτρα, κάποια πλήκτρα ειδικών λειτουργιών, πλήκτρα εντολών και κάποια οθόνη συνήθως LED ή LCD. Είναι μικροί στο μέγεθος, φορητοί, οικονομικοί και βολικοί. Βέβαια χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό μικρών PLCs και για εφαρμογές με όχι πάρα πολλές απαιτήσεις.



Σχήμα 1.7: Προγραμματιστής χειρός

Ο προγραμματιστής χειρός συνδέεται με το PLC μέσω ειδικής θύρας, μέσω της οποίας φορτώνεται (download) το πρόγραμμα στο PLC. Οι προγραμματιστές χειρός των διαφόρων εταιρειών δεν μοιάζουν στον τρόπο προγραμματισμού τους, κάτι που δυσκολεύει την χρήση τους και την εκμάθησή τους στους χρήστες. Παρόλα αυτά οι προγραμματιστές χειρός τελευταία έχουν εξελιχθεί αρκετά και δίνουν δυνατότητες όπως σύνδεση με εκτυπωτή ή ηλεκτρονικό υπολογιστή, ανίχνευση βλαβών και έλεγχο του προγράμματος.

1.6.2 PG (Programiergeräte –Συσκευή Προγραμματισμού)

Τα PG είναι συσκευές προγραμματισμού κατάλληλες για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον. Είναι ισχυρές και εύκολες στη χρήση, εξειδικευμένες για το προγραμματισμό ενός PLC, αλλά χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συντήρηση και το service. Συνήθως είναι φορητές συσκευές, σε διαστάσεις φοιτητού υπολογιστή, με πολύ ισχυρό hardware, δυνατότητες επέκτασης και εξοπλισμένες με όλες τις απαραίτητες θύρες προγραμματισμού.



Σχήμα 1.8: PG

1.6.3 Προσωπικός Υπολογιστής (PC)

Άλλος τρόπος προγραμματισμού ενός PLC είναι συνδέοντας το με κάποιο προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC), στο οποίο έχει εγκατασταθεί το κατάλληλο software της

αντίστοιχης εταιρείας. Η εγκατάσταση του γίνεται παρόμοια με ένα άλλο απλό πρόγραμμα. Σε αυτό αναπτύσσεται ο κώδικας που θα φορτωθεί στο PLC για την υλοποίηση του αυτοματισμού.

Αυτός ο τρόπος είναι και ο επικρατέστερος, αφού οι περισσότεροι χρήστες είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση ενός PC, καθώς παρέχονται και όλα τα πλεονεκτήματα αυτού, όπως αρχειοθετημένα προγράμματα ή εκτυπώσεις.



Σχήμα 1.8: PC

1.7 Κύριες λειτουργίες των PLC

Κάποιες από τις πιο βασικές λειτουργίες ενός PLC είναι οι εξής:

- Δυνατότητα πραγματικού ρολογιού. Αυτό δίνει τη δυνατότητα προγραμματισμού με βάση τις πραγματικές ανάγκες και την εξαγωγή αποτελεσμάτων σε πραγματικό χρόνο, ώρα και ημερομηνία
- Επεξεργασία αναλογικών εισόδων-εξόδων: εκτός από ψηφιακά σήματα, τα PLC έχουν δυνατότητα επεξεργασίας και αναλογικών σημάτων, όπως πίεση, θερμοκρασία, στροφές κινητήρων. Αυτή η δυνατότητα μας επιτρέπει να καλύπτουμε όλες τις ανάγκες αυτομάτου ελέγχου μέσω ενός PLC. Βέβαια το PLC μετατρέπει τα αναλογικά σήματα σε ψηφιακά και μετά πραγματοποιεί την επεξεργασία τους.
- Δικτύωση PLC: σήμερα υπάρχει η δυνατότητα διασύνδεσης πολλών PLCs μαζί, με αποτέλεσμα να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους και να αντιμετωπίζεται όλη η παραγωγική διαδικασία σαν ένα ενιαίο σύστημα.
- Σύνδεση με οθόνες αφής, με αποτέλεσμα όλο το σύστημα να γίνεται πιο φιλικό προς το χρήστη. Ο χρήστης εισάγει δεδομένα στο PLC μέσω μιας οθόνης αφής αλλά και το PLC προβάλλει τα αποτελέσματα του κώδικα στην οθόνη αφής.

Η επιλογή ενός PLC γίνεται βάση ποιών από τις παραπάνω λειτουργίες επιθυμούμε να υλοποιεί. Πιο συγκεκριμένα ένα PLC επιλέγεται με βάση τις ανάγκες στα σήματα εισόδων-εξόδων, με βάση τη μνήμη εργασίας για πρόγραμμα και δεδομένα, με βάση την ταχύτητα της CPU (χρόνο εκτέλεσης εντολών), με το αν θέλουμε επεκτάσεις ή θύρες επικοινωνίας σε αυτό και με διάφορες άλλες πιο εξειδικευμένες απαιτήσεις.

1.8 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης ενός PLC

Γενικά η χρήση των PLCs στο χώρο της βιομηχανίας και των αυτοματισμών προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Μερικά από αυτά είναι:

- Το κόστος κατασκευής ενός PLC είναι μικρότερο σε σχέση με το κόστος κατασκευής πινάκων μεγάλου αριθμού ηλεκτρονόμων, χρονικών και απαριθμητών.
- Ευκολία χρήσης, μεγάλη αξιοπιστία και ταχύτητα.
- Εξοικονόμηση χώρου σε σχέση με ένα κλασικό πίνακα αυτοματισμού.
- Πολύ μικρότερος χρόνος προγραμματισμού σε σχέση με κατασκευή και καλωδίωση ενός κλασικού πίνακα αυτοματισμού.
- Δυνατότητα επέκτασης ή αναβάθμισης.
- Πολύ μικρότερο κόστος συντήρησης σε σχέση με ένα πίνακα αυτοματισμού. Αυτό έχει να κάνει και ως προς τη συχνότητα των βλαβών αλλά και ως προς την ευκολία εντοπισμού της βλάβης.
- Πολύ μεγαλύτερη ευελιξία σε αλλαγές και σε επέκταση του αυτοματισμού, αφού το μόνο που χρειάζεται να συμβεί είναι αλλαγές στο κώδικα του προγράμματος, κάτι που είναι πολύ δύσκολο στον κλασικό αυτοματισμό.
- Δυνατότητα χειρισμού και παρακολούθησης μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και ανταλλαγή δεδομένων με άλλα προγράμματα

Παρόλα αυτά δεν συνίσταται πάντα η χρήση ενός PLC. Μερικά μειονεκτήματα των PLC είναι ότι:

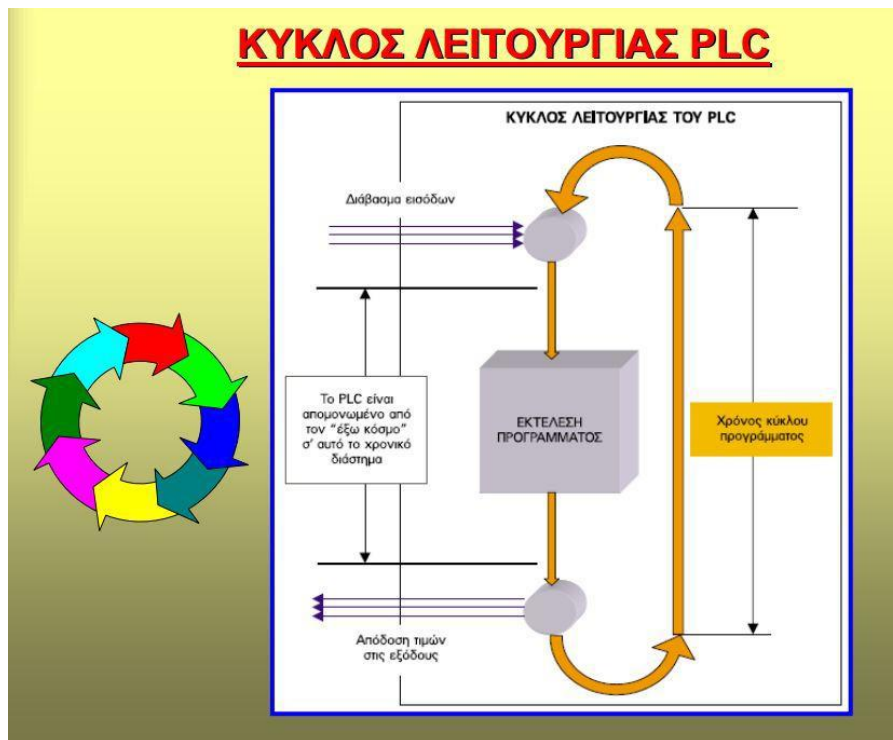
- Δεν συμφέρει η χρήση τους σε πολύ απλούς αυτοματισμούς λόγω κόστους καθώς και σε εφαρμογές με πολλούς ηλεκτρονόμους ισχύος.
- Φαίνονται πολύ περίπλοκα, κυρίως στην Ελλάδα, λόγω έλλειψης γνώσεων και ενημέρωσης για τη χρήση και λειτουργία τους.

1.9 Κύκλος λειτουργίας του PLC

Αρχικά το PLC διαβάζει τις εισόδους και τις αποθηκεύει σε μια ειδική περιοχή μνήμης που ονομάζεται εικόνα εισόδων. Στη συνέχεια το πρόγραμμα, συνδυάζει τις εντολές του προγράμματος και τις τιμές των εισόδων και παράγει τις τιμές των εξόδων, οι οποίες αποθηκεύονται σε μια ειδική περιοχή της μνήμης που ονομάζεται αντίστοιχα εικόνα εξόδων. Τέλος το PLC αποδίδει τα αποτελέσματα στις εξόδους.

Βέβαια καθώς το PLC εκτελεί το πρόγραμμα με βάση τις εισόδους που έχει διαβάσει, εκείνο το χρονικό διάστημα δεν έχει καμία επαφή με τις αλλαγές που γίνονται στις εισόδους ή στις εξόδους, δηλαδή είναι απομονωμένο από τον έξω κόσμο. Απλά ο χρόνος εκτέλεσης του

προγράμματος είναι τόσο μικρός, που στις περισσότερες εφαρμογές δεν προλαβαίνουν να αλλάξουν οι είσοδοι και οι έξοδοι ή να επηρεαστεί η λειτουργία του προγράμματος από αυτές τις αλλαγές.



Σχήμα 1.9: Κύκλος λειτουργίας PLC

Με αυτό το τρόπο ολοκληρώνεται ένας κύκλος λειτουργίας και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Ο χρόνος που απαιτείται για να εκτελεστεί ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας του PLC λέγεται κύκλος προγράμματος. Αυτός ο χρόνος εξαρτάται από δύο πράγματα:

- πόσο γρήγορη είναι η CPU
- από το μέγεθος του προγράμματος

Βέβαια και στο πιο αργό PLC ο χρόνος αυτός δεν ξεπερνά μερικές εκατοντάδες milliseconds (ένας σχετικά αργός κύκλος προγράμματος είναι 300ms).

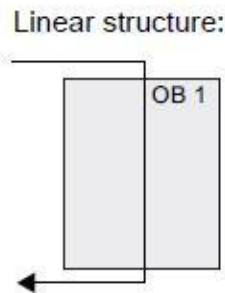
1.10 Τρόποι προγραμματισμού ενός PLC

Κατά την ανάπτυξη ενός αυτοματισμού με PLCs ο χρήστης-προγραμματιστής έχει την δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ δύο τρόπων προγραμματισμού που ονομάζονται γραμμικός και δομημένος προγραμματισμός αντίστοιχα.

1.10.1 Γραμμικός προγραμματισμός (linear program)

Στο γραμμικό προγραμματισμό, όλο το πρόγραμμα βρίσκεται σε ένα block κώδικα (συγκεκριμένα στο OB1 – Operation Block 1) και το PLC τρέχει αυτό το block κυκλικά. Αυτό σημαίνει ότι μόλις διαβάσει και την τελευταία εντολή του προγράμματος ξαναπηγαίνει

στην πρώτη. Ο τρόπος αυτός είναι απλός και πολύ γρήγορος, αλλά προτείνεται για μικρά και απλά προγράμματα.

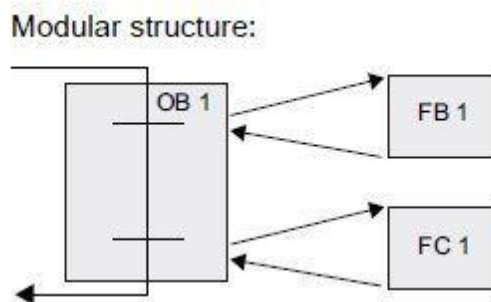


Σχήμα 1.10: Γραμμικός προγραμματισμός

1.10.2 Δομημένος Προγραμματισμός

Στο δομημένο προγραμματισμό, ο χρήστης “σπάει” το πρόγραμμα σε πολλά υποπρογράμματα, χωρίζοντας το έτσι σε πολλά μικρότερα κομμάτια (Blocks). Στο OB1 προγραμματίζει πότε και κάτω υπό ποιές συνθήκες θα γίνει η κλήση και η εκτέλεση του κάθε υποπρογράμματος. Το πρόγραμμα απλοποιείται πολύ σε σχέση με το γραμμικό προγραμματισμό, που είναι ολόκληρο σε ένα block. Δηλαδή ο δομημένος προγραμματισμός είναι κατάλληλος για πιο δύσκολες και περίπλοκες εφαρμογές, αφού είναι πιο εύκολες οι αλλαγές σε κάποιο οργανωμένο κομμάτι κώδικα και πιο εύκολη η εύρεση σφαλμάτων σε μικρότερα κομμάτια κώδικα παρά σε ένα ενιαίο και πολύ μεγάλο.

Επιπλέον επειδή το κάθε κομμάτι-block είναι αυτόνομο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές.



Σχήμα 1.11: Δομημένος προγραμματισμός

1.11 Βασικές αρχές σχεδίασης προγράμματος

Στη CPU εκτελούνται συνεχώς δύο διαφορετικά προγράμματα:

- Το λειτουργικό σύστημα (operating system)
- Το πρόγραμμα εφαρμογής (application program)

1.11.1 Λειτουργικό σύστημα

Το λειτουργικό σύστημα οργανώνει όλες τις λειτουργίες και τις ακολουθίες στη CPU, οι οποίες δεν συσχετίζονται με μία συγκεκριμένη διαδικασία ελέγχου. Εργασίες του λειτουργικού συστήματος περιλαμβάνουν:

- Κλήση του προγράμματος εφαρμογής
- Ενημέρωση του πίνακα εισόδων και εξόδων
- Ανίχνευση και διαχείριση σφαλμάτων
- Διαχείριση της περιοχής μνήμης
- Επικοινωνία με συσκευές προγραμματισμού
- Ανίχνευση διακοπών και κλήση των αντίστοιχων OBs
- Θερμή επανεκκίνηση

1.11.2 Πρόγραμμα εφαρμογής

Το πρόγραμμα εφαρμογής κατασκευάζεται από το χρήστη και αποθηκεύεται στη CPU.



Σχήμα 1.12: Πρόγραμμα εφαρμογής

Οι εργασίες του προγράμματος εφαρμογής περιλαμβάνουν:

- Επεξεργασία δεδομένων εισόδου και εκχώρηση κατάλληλων τιμών στις εξόδους
- Τρόπο αντίδρασης σε διακοπές ή διαταραχές
- Προσδιορισμό συνθηκών θερμής επανεκκίνησης

1.11.3 Επικοινωνία λειτουργικού συστήματος και προγράμματος εφαρμογής

Το PLC, μέσω των OBs φέρνει σε επικοινωνία το λειτουργικό σύστημα με το πρόγραμμα εφαρμογής. Τα OBs καλούνται από το λειτουργικό σύστημα και ελέγχουν την εκκίνηση του PLC αλλά και την κυκλική εκτέλεση του προγράμματος. Έτσι προγραμματίζοντας ο χρήστης τα κατάλληλα OBs προσδιορίζει τη συμπεριφορά της CPU.

1.11.4 Είδη Blocks

Υπάρχουν διάφορα Blocks, όπως τα OBs, τα FBs, τα SFBs, τα FCs και τα SFCs. Το κάθε ένα χρησιμοποιείται για την κατάλληλη λειτουργία του συνολικού προγράμματος.

Organization blocks (OBs)

Τα Organization blocks (OBs) είναι η διασύνδεση του λειτουργικού συστήματος της CPU και του προγράμματος του χρήστη. Τα OBs καθορίζουν με ποιά σειρά θα εκτελεστούν τα διαφορετικά κομμάτια του προγράμματος και δεν μπορούν να κληθούν από άλλα blocks. Καλούνται μόνο από το λειτουργικό σύστημα και ανταποκρίνονται σε ορισμένα γεγονότα, όπως:

- Εκκίνηση της CPU
- Συγκεκριμένη ώρα της ημέρας
- Σε σταθερά χρονικά διαστήματα
- Με την παρέλευση συγκεκριμένου χρόνου
- Με την εμφάνιση σφαλμάτων
- Με την εμφάνιση προβλημάτων στο hardware

Τα OBs καλούνται με βάση την σειρά προτεραιότητάς τους, δηλαδή κάθε OB με υψηλότερη προτεραιότητα μπορεί να διακόψει την εκτέλεση οποιουδήποτε άλλου OB με χαμηλότερη προτεραιότητα. Σε περίπτωση που έχουν ίδια προτεραιότητα, τότε δεν διακόπτει το ένα το άλλο, αλλά εκτελούνται με την σειρά που καλούνται από το λειτουργικό σύστημα.

Το OB1 έχει την μικρότερη προτεραιότητα και είναι αυτό που περιέχει το πρόγραμμα του χρήστη καθώς και αυτό που εκτελεί κυκλικά το εκτελέσιμο πρόγραμμα ή το οργανώνει καλώντας άλλα blocks. Επομένως όταν το λειτουργικό σύστημα καλέσει κάποιο άλλο OB, η εκτέλεσή του OB1 διακόπτεται με σκοπό την εκτέλεση του άλλου OB. Ύστερα συνεχίζεται η εκτέλεση του OB1 από το σημείο που έγινε η διακοπή. Παρακάτω φαίνονται οι προτεραιότητες των OBs.

Πίνακας 1.1: Προτεραιότητες των OBs

Type of Interrupt	Organization block	Priority Class (default)	See also
Main program scan	OB1	1	Organization Block for Cyclic Program Processing (OB1)
Time-of-day interrupts	OB10 to OB17	2	Time-delay Interrupt Organization (OB10 to OB17)
Time-delay interrupts	OB20 OB21 OB22 OB23	3 4 5 6	Time-delay Interrupt Organization Blocks (OB20 to OB23)

Πίνακας 1.1: Προτεραιότητες των OBs (Συνέχεια)

Type of Interrupt	Organization block	Priority Class (default)	See also
Cyclic Interrupts	OB30 OB31 OB32 OB33 OB34 OB35 OB36 OB37 OB38	7 8 9 10 11 12 13 14 15	Cyclic Interrupt Organization Blocks (OB30 to OB38)
Hardware Interrupts	OB40 OB41 OB42 OB43 OB44 OB45 OB46 OB47	16 17 18 19 20 21 22 23	Hardware Interrupt Organization Blocks (OB40 to OB47)
DPV1 Interrupts	OB55 OB56 OB57	2 2 2	Programming DPV1 Devices
Multicomputing Interrupt	OB60	25	Multicomputing-Synchronous Operation of Several CPUs
Synchronous Cycle Interrupt	OB61 OB62 OB63 OB64	25	Configuring short and equal length Process reaction times on PROFIBUS-DP
Redundancy errors	OB70 OB72	25 28	“Error Handling Organization Blocks” (OB70 to OB87 / OB121 to OB122)
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	25 (or 28 if the asynchronous error OB exists in the startup program)	Error Handling Organization Blocks (OB70 to OB87 / OB121 to OB122)
Background cycle	OB90	29	Background Organization Block (OB90)
Startup	OB100 Restart (Warm Start) OB101 Hot Restart OB102 Cold Restart	27 27 27	Startup Organization Blocks (OB100/OB101/OB102)

Πίνακας 1.1: Προτεραιότητες των OBs (Συνέχεια)

Type of Interrupt	Organization block	Priority Class (default)	See also
Synchronous errors	OB121 Programming error OB122 Access error	Priority of the OB that caused the error	Error Handling Organization Blocks (OB70 to OB87 / OB121 to OB122)

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως δε συνίσταται σε περίπλοκα προγράμματα ο χρήστης να δημιουργεί όλο τον κώδικα μέσα στο OB1 λόγω απλότητας. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιεί υποπρογράμματα τα οποία τα καλεί μέσα από τα FCs και τα FBs.

Functions (FCs)

Όταν υπάρχουν συχνά επαναλαμβανόμενες διαδικασίες σε ένα πρόγραμμα, αντί να γράψουμε πολλές φορές τον ίδιο κώδικα, συνίσταται η δημιουργία ενός block που θα καλείται από το OB1 όσες φορές επιθυμείται η εκτέλεση της συγκεκριμένης διαδικασίας. Με αυτό τον τρόπο το block αποθηκεύεται στη μνήμη μία φορά και απλά καλείται όποτε απαιτείται. Στα FCs ορίζονται κάποιες παράμετροι, στις οποίες αποδίδονται πραγματικές τιμές μόνο όταν καλούνται από το πρόγραμμα. Επομένως αποθηκεύονται προσωρινά πληροφορίες καθ' όλη τη διάρκεια εκτέλεσης του block. Μόλις ολοκληρωθεί η εκτέλεση του συγκεκριμένου FC τα δεδομένα αυτά χάνονται. Οι παράμετροι που ορίζουμε μπορεί να είναι:

- είσοδοι που χρησιμοποιούνται μόνο για ανάγνωση από το block που κλήθηκε
- έξοδοι που χρησιμοποιούνται μόνο για ανάθεση αποτελέσματος και επιστρέφονται στο block από το οποίο κλήθηκε
- είσοδοι-έξοδοι που χρησιμοποιούνται και για ανάγνωση και για γράψιμο αποτελέσματος

Data Blocks (DBs)

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος, εκτός από την λογική του, ο χρήστης επιθυμεί να έχει πληροφορίες και για τις τιμές των σημάτων που επεξεργάζεται. Αυτές μπορεί να τις αποθηκεύσει σε απλές μεταβλητές. Σε περίπτωση όμως που επιθυμεί την αποθήκευση των τιμών αυτών, χρησιμοποιεί τα data blocks (blocks δεδομένων). Όταν τελειώσει η κλήση ενός block δεδομένων, οι τιμές του δεν χάνονται αλλά διατηρούνται, σε αντίθεση με τα προσωρινά δεδομένα. Επομένως τα data blocks χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των δεδομένων του χρήστη.

Τα data blocks καταλαμβάνουν χώρο στην ωφέλιμη μνήμη του προγράμματος και περιλαμβάνουν και αυτά δεδομένα σε μορφή bit, byte, word και double word.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες block δεδομένων:

- τα global data blocks των οποίων οι πληροφορίες είναι προσπελάσιμες από όλα τα block λογικής του προγράμματος.
- τα instance data Blocks τα οποία αναφέρονται σε κάποιο συγκεκριμένο FB (θα αναλυθούν παρακάτω) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο από αυτό.

Function Blocks (FBs)

Τα FBs σε αντίθεση με τα FCs έχουν μνήμη, δηλαδή σε κάθε FB αποδίδεται και ένα block δεδομένων, που ονομάζεται instance data block. Το instance data block χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των τοπικών μεταβλητών του συγκεκριμένου FB. Με αποτέλεσμα μόλις τελειώσει η εκτέλεση του συγκεκριμένου FB, οι τιμές των μεταβλητών του να διατηρούνται.

Κάθε instance data block μπορεί να αναφέρεται σε ένα FB. Επομένως ένα FB μπορεί να συνδεθεί κατά την κλήση του με διαφορετικά instance data block.

Εκτός από τα παραπάνω blocks που ορίζονται από το χρήστη, υπάρχουν και τα μπλοκ του συστήματος, που είναι προκαθορισμένες λειτουργίες που προϋπάρχουν στο λειτουργικό σύστημα της CPU, τα οποία όμως, καλούνται από το πρόγραμμα του χρήστη. Αυτά έχουν τον ίδιο κωδικό, το ίδιο interface και τον ίδιο αριθμό σε όλα τα συστήματα και για αυτό το λόγο το πρόγραμμα του χρήστη μπορεί να φορτωθεί σε διάφορα PLC χωρίς αλλαγές.

1.12 Γλώσσα προγραμματισμού ενός PLC

Εκτός από το hardware, χρειάζεται και το software, για τη δημιουργία του προγράμματος που θα εκτελέσει τον επιθυμητό αυτοματισμό. Το πρόγραμμα γράφεται σε γλώσσες προγραμματισμού (συγκεκριμένα συμβολικές γλώσσες ή διαγράμματα), οι οποίες έχουν καθορισθεί και τυποποιηθεί από το πρότυπο IEC1131-3. Εδώ υπάρχει το μειονέκτημα ότι δεν υπάρχει μόνο μία γλώσσα προγραμματισμού για PLC. Υπάρχουν διαφορές από εταιρεία σε εταιρεία, αλλά ακόμη και στο ίδιο το PLC, αφού στο ίδιο PLC ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προγραμματίσει με παραπάνω από μία γλώσσα.

Η βάση όλων των γλωσσών είναι η λίστα εντολών (STL ή Statement List). Βέβαια όλες οι γλώσσες βασίζονται στην ίδια λογική και για αυτό το λόγο ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει όποια γλώσσα επιθυμεί, ανάλογα τις προτιμήσεις του. Άλλες γλώσσες είναι οι Ladder, FBD, SCL και Graph. Στην αρχή υπήρχαν κομμάτια κώδικα που μπορούσαν να γραφτούν με STL αλλά όχι με όλες τις υπόλοιπες γλώσσες.

1.12.1 STL (statement list)

Η γλώσσα αυτή αποτελείται από εντολές και μοιάζει με την γλώσσα Assembly. Για αυτό το λόγο προτιμάται από χρήστες που είναι συνηθισμένοι σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Ήταν από τις πρώτες γλώσσες που χρησιμοποιήθηκαν στα PLC, αλλά στην αρχή δεν πολύ χρησιμοποιούνταν λόγω του ότι οι χρήστες δεν ήταν εξοικειωμένοι με τις γλώσσες προγραμματισμού. Έχει εξελιχθεί πάρα πολύ σε δυνατότητες προγραμματισμού και ο προγραμματισμός μπορεί να γίνει τόσο ελεύθερα με την STL που μερικές φορές είναι δύσκολο για κάποιον να παρακολουθήσει τη ροή του προγράμματος.

Network 1: Title:

A	I	0.0
A	I	0.1
=	Q	4.0

Network 2: Title:

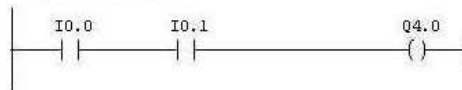
A	I	0.2
O	Q	4.0
AN	I	0.3
=	Q	4.1

Σχήμα 1.13: Παράδειγμα σε γλώσσα STL

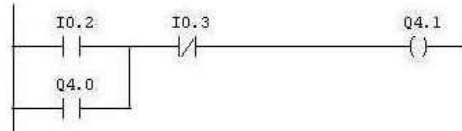
1.12.2 Ladder

Η Ladder ή γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών, μοιάζει με το διάγραμμα ενός κυκλώματος. Ο χρήστης χρησιμοποιεί σύμβολα όπως επαφές και πηνία και ήταν η γλώσσα που προωθήθηκε στην αρχή των PLC διότι ήταν πιο φιλική στους μηχανικούς που είχαν συνηθίσει να δουλεύουν πάνω σε ένα ηλεκτρολογικό σχέδιο.

Network 1: Title:



Network 2: Title:

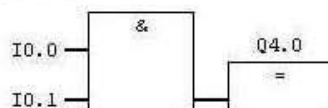


Σχήμα 1.14: Παράδειγμα σε γλώσσα Ladder

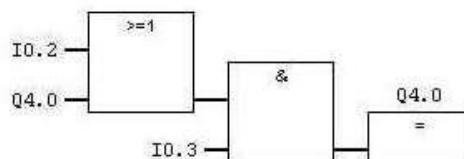
1.12.3 FBD (function block diagram)

Η γλώσσα FBD ή γλώσσα λογικών γράφων, είναι γραφική σαν τη Ladder, αλλά χρησιμοποιεί «κουτιά», όπου κάθε κουτί αντιπροσωπεύει κάποια επιμέρους λειτουργία και τελικά το αντίστοιχο λογικό κύκλωμα.

Network 1: Title:



Network 2: Title:



Σχήμα 1.15: Παράδειγμα σε γλώσσα FBD

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ο PID ελεγκτής

2.1 Θεωρία PID ελέγχου

Ο έλεγχος, που απαιτεί η εφαρμογή έγινε με τη χρήση ενός PID ελεγκτή. Στα συστήματα αυτόματου ελέγχου χρησιμοποιούμε συνδεσμολογίες ελεγκτών οι οποίοι αποσκοπούν στη βελτίωση των χαρακτηριστικών του συστήματος που μελετάμε. Με τη χρήση ελεγκτών μπορούμε να πετύχουμε καλύτερες επιδόσεις του συστήματος δηλαδή να γίνει το σύστημα πιο γρήγορο, πιο ακριβές, πιο ευσταθές, να μην επηρεάζεται από τυχόν διαταραχές κ.λπ.

Η μέθοδος με την οποία οι ελεγκτές πετυχαίνουν το στόχο τους είναι η εισαγωγή πόλων ή μηδενικών ή και των δύο στη συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος ανοιχτού βρόγχου του οποίου τη συμπεριφορά θέλουμε να βελτιώσουμε. Υπάρχουν διάφορα είδη ελεγκτών τα οποία στην πραγματικότητα αποτελούν συνδυασμό των τριών βασικών ελεγκτών. Η πιο ευρύτατα χρησιμοποιημένη μονάδα ελεγκτή είναι ο ελεγκτής PID ο οποίος ονομάζεται και ελεγκτής τριών όρων γιατί στη ουσία αποτελεί συνδυασμό το τριών βασικών ελεγκτών. Ο ελεγκτής PID περιλαμβάνει έναν αναλογικό, ένα διαφορικό και ένα ολοκληρωτικό όρο. Υπάρχουν όμως και ελεγκτές που περιέχουν τους δύο από τους τρεις όρους.

Μέχρι το 1940 η αξία του PID ελεγκτή είχε αποδειχθεί σε πολλές απαιτητικές εφαρμογές, ενώ κυκλοφορούσαν πνευματικοί ελεγκτές γενικής χρήσης. Τρία ήταν τα βασικά θέματα που ζητούσαν λύση: i) Απλοί τρόποι για την επιλογή των παραμέτρων του ελεγκτή, ii) να απλοποιηθεί και να γίνει πιο ανθεκτικός ο μηχανισμός των ελεγκτών, και να γίνουν πιο ανεξάρτητες οι δράσεις τους και iii) να πεισθούν οι σχεδιαστές των διεργασιών για την ανάγκη χρήσης των ελεγκτών. Ανάλογα με τις ιδιότητες του συστήματος είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν διάφοροι συνδυασμοί των παραπάνω δράσεων. Πιο συχνά συναντάται ο PI ελεγκτής, κυρίως σε εφαρμογές με μικρές καθυστερήσεις χρόνου ή σε περιπτώσεις όπου ο θόρυβος μέτρησης είναι σημαντικός ώστε να αποτρέπεται η χρήση του διαφορικού όρου, ή τέλος όταν δεν απαιτείται το κλειστό σύστημα να είναι αρκετά γρήγορο.

Τα αρχικά PID αντιπροσωπεύουν τρεις λέξεις: Proportional (αναλογικός), Integral (ολοκληρωτικός) και Derivative (διαφορικός). Με άλλα λόγια το σφάλμα εισόδου πολλαπλασιάζεται με μία σταθερά (Proportional), ολοκληρώνεται (Integral) και παραγωγίζεται (Derivative). Στη συνέχεια, οι τρεις αυτές ποσότητες αθροίζονται και αποτελούν την πραγματική είσοδο του κυρίως συστήματος όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3.

Οι 3 αυτές ποσότητες πολλαπλασιάζονται με μια σταθερά η κάθε μία και το άθροισμά τους αποτελεί την έξοδο $CO(t)$ του ελεγκτή.

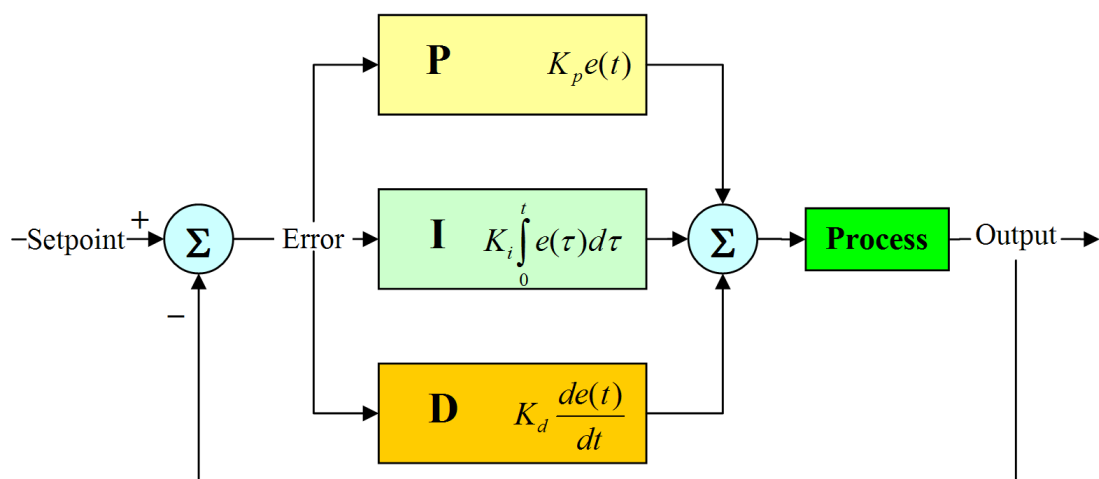
$$CO(t) = K_p * e(t) + K_i * \left(\int_0^t e(\tau) d\tau \right) + K_d * \left(\frac{d}{dx} e(t) \right) = K_p * \left(e(t) + \frac{1}{T_i} * \left(\int_0^t e(\tau) d\tau \right) + \frac{1}{T_d} * \left(\frac{d}{dx} e(t) \right) \right) \quad (2.1)$$

$$e(t) = SP(t) - PV(t) \quad (2.2)$$

Η K_p αποτελεί τη σταθερά του αναλογικού όρου, η K_i αποτελεί σταθερά του ολοκληρωτικού όρου και η K_d αποτελεί τη σταθερά του όρου παραγωγίσισης. Το T_i αποτελεί το χρόνο επαναφοράς (reset time), που αποφασίζει τη χρονική απόκριση του ολοκληρωτή, ενώ το T_d αποτελεί το χρόνο παραγωγίσισης (derivative time), ο οποίος αποφασίζει τη χρονική απόκριση της μονάδας παραγωγίσισης. Τέλος τα $SP(t)$ και $PV(t)$ που η διαφορά τους αποτελεί το σφάλμα, είναι η επιθυμητή τιμή της ελεγχόμενης ποσότητας (set point) και η πραγματική τιμή της ελεγχόμενης ποσότητας αντίστοιχα.

Κάθε όρος του PID ελεγκτή επιτελεί και διαφορετικό ρόλο, ο οποίος δεν είναι ίδιος σε κάθε εφαρμογή, αλλά εξαρτάται από τη φύση αυτής. Σε γενικές γραμμές όμως, ο αναλογικός όρος χρησιμοποιείται για να γίνει το σύστημα πιο γρήγορο, καθώς μειώνει το χρόνο υπερύψωσης. Με τον τρόπο αυτό, το σφάλμα πλησιάζει στο να μηδενιστεί χωρίς όμως αυτό να επιτυγχάνεται πλήρως. Για το μηδενισμό του μόνιμου σφάλματος εισάγουμε τον ολοκληρωτικό όρο, ο οποίος όμως προκαλεί ταλαντώσεις αυξάνοντας τη μεταβατική κατάσταση.

Τέλος, ο όρος παραγωγίσισης, έρχεται να ελαττώσει τη μεταβατική κατάσταση. Σε βρόχους ελέγχου γρήγορων συστημάτων ο όρος παραγωγίσισης αποφεύγεται, διότι τείνει να πάρει μεγάλες τιμές λόγω των γρήγορων αλλαγών του σφάλματος και της απουσίας μεγάλων καθυστερήσεων. Δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν και οι τρεις όροι του ελεγκτή. Έτσι λοιπόν, μπορεί να προκύψει P ελεγκτής, PI ελεγκτής, PD ελεγκτής και PID ελεγκτής.



Σχήμα 2.3: Το γενικό block διάγραμμα ενός PID ελεγκτή. Το σύστημα αντιστοιχεί στο block «Process».

2.2 Ο PID έλεγχος στο PLC

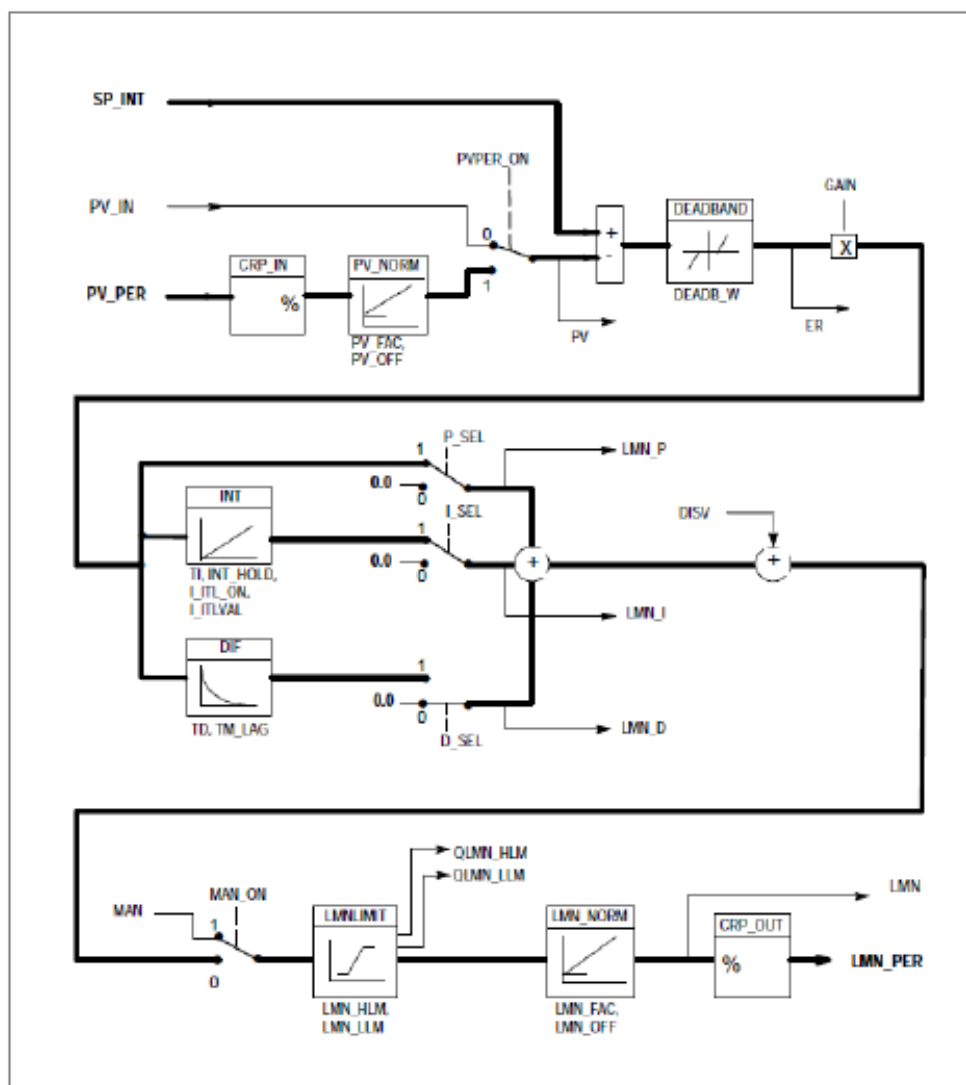
Στα PLC υπάρχουν δύο τρόποι υλοποίησης του PID ελεγκτής. Στην πρώτη περίπτωση ο PID αλγόριθμος είναι ενσωματωμένος στο λογισμικό προγραμματισμού του PLC και καλείται ως ένα Function Block που έχει αναπτύξει ο κατασκευαστής του PLC και υπάρχει στη σχετική βιβλιοθήκη. Ο προγραμματιστής πρέπει απλά να δηλώσει τις μεταβλητές και τις παραμέτρους της ελεγχόμενης διαδικασίας. Στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιούμε μια ξεχωριστή μονάδα PID ελέγχου για την υλοποίηση του ελεγκτή. Η μονάδα αυτή, διαθέτει δικό της μικροεπεξεργαστή και δικές της ανεξάρτητες αναλογικές εισόδους και εξόδους. Έτσι, δρα ανεξάρτητα από τον κύκλο σάρωσης της CPU του PLC, αλλά επικοινωνεί με αυτή για ανταλλαγή τιμών των παραμέτρων και των μεταβλητών.

Ο δεύτερος τρόπος υλοποίησης, εκτός του ότι παρέχει στον προγραμματιστή περισσότερες δυνατότητες σε σχέση με τον πρώτο (πχ υλοποίηση πολλαπλών βρόχων ελέγχου), εκτελεί πιο ακριβείς υπολογισμούς, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για καλύτερη και ακριβέστερη ρύθμιση της επιθυμητής τιμής.

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας, ο PID ελεγκτής υλοποιήθηκε ακολουθώντας την πρώτη προσέγγιση, δηλαδή μέσω του λογισμικού προγραμματισμού του PLC (software controller). Η STEP7 παρέχει τρία διαφορετικά function block για την υλοποίηση PID ελεγκτών. Αυτά είναι το μπλοκ για συνεχή έλεγχο (CONT_C), το μπλοκ για βηματικό έλεγχο (CONT_S), και το μπλοκ για διαμόρφωση διάρκειας παλμού (PULSEGEN). Είναι προφανές ότι η επιλογή του μπλοκ για την υλοποίηση του PID εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η φύσης της εφαρμογής επέβαλε τη χρήση του FB41 για συνεχή έλεγχο (CONT_C).

Με την επιλογή του, εμφανίστηκε στη σελίδα προγραμματισμού ένα πλήθος παραμέτρων και μεταβλητών για δήλωση. Η δημιουργία του FB41 συνοδεύεται από την αυτόματη δημιουργία του αντίστοιχου instance data block, DB41, όπου αποθηκεύονται τα απαραίτητα για την εκτέλεση του PID αλγορίθμου δεδομένα. Στο σχήμα 2.4 που ακολουθεί, απεικονίζεται ο τρόπος λειτουργίας του ελεγκτή και στον πίνακα που το διαδέχεται εξηγούνται όλες οι παράμετροι και μεταβλητές του FB41 με τη σειρά που ζητείται η δήλωσή τους κατά την υλοποίηση του PID.

Block Diagram



Σχήμα 2.4: Μπλοκ διάγραμμα του PID

Πίνακας 2.1: Παράμετροι και μεταβλητές του FB41

Παράμετροι	Τύπος δεδομένων	Εύρη τιμών	Default τιμές	Περιγραφή
COM_RST	BOOL		FALSE	COMPLETE RESTART: Το μπλοκ διαθέτει μια πλήρη ρουτίνα επανεκκίνησης όταν η τιμή γίνει TRUE.
MAN_ON	BOOL		TRUE	MANUAL VALUE ON: Αποτελεί διακόπτη που όταν είναι κλειστός (τιμή TRUE), διακόπτει το βρόχο έλεγχου και ενεργοποιεί χειροκίνητη εισαγωγή τιμής.

Πίνακας 2.1: Παράμετροι και μεταβλητές του FB41 (Συνεχεία)

Παράμετροι	Τύπος δεδομένων	Εύρη τιμών	Default τιμές	Περιγραφή
PVPER_ON	BOOL		FALSE	PROCESS VARIABLE PERIPHERAL ON: Αν η μεταβλητή προς έλεγχο διαβάζεται από τις μονάδες εισόδου/εξόδου, η είσοδος PV_PER πρέπει να συνδεθεί στις εισόδους/εξόδους και η PVPER_ON να έχει την τιμή TRUE.
P_SEL	BOOL		TRUE	PROPORTIONAL ACTION ON: Οι δράσεις του PID μπορούν να ενεργοποιηθούν και να απενεργοποιηθούν μεμονωμένα στον αλγόριθμο του PID. Η είσοδος αυτή είναι διακοπτική και όταν είναι TRUE, ενεργοποιείται ο αναλογικός όρος του PID.
I_SEL	BOOL		TRUE	INTEGRAL ACTION ON: Η είσοδος αυτή είναι διακοπτική και όταν είναι TRUE ενεργοποιείται ο ολοκληρωτής του PID.
INT_HOLD	BOOL		FALSE	INTEGRAL ACTION ON: Η έξοδος του ολοκληρωτή μπορεί να «παγώσει» θέτοντας τη είσοδο αυτή ως TRUE.
I_ITL_ON	BOOL		FALSE	INITIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION: Η έξοδος του ολοκληρωτή μπορεί να συνδεθεί στην είσοδο I_ITL_VAL θέτοντας TRUE την είσοδο I_ITL_VAL.
D_SEL	BOOL		FALSE	DERIVATIVE ACTION ON: Η είσοδος αυτή είναι διακοπτική και όταν είναι TRUE ενεργοποιείται ο όρος παραγωγισής του PID.
CYCLE	TIME	$\geq 1\text{ms}$	T#1s	SAMPLING TIME: Ο χρόνος μεταξύ των κλήσεων του μπλοκ πρέπει να είναι σταθερός, η είσοδος αυτή καθορίζει το χρόνο μεταξύ των κλήσεων του μπλοκ.
SP_INT	REAL	-100.0... 100.0(%) or physical value	0.0	INTERNAL SETPOINT: Η είσοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της επιθυμητής τιμής.
PV_IN	REAL	-100.0... 100.0(%) or physical value	0.0	PROCESS VARIABLE IN: Στην παράμετρο αυτή μπορεί να δοθεί μια αρχική τιμή ή μια εξωτερική μεταβλητή της διαδικασίας σε μορφή κινητής υποδιαστολής.

Πίνακας 2.1: Παράμετροι και μεταβλητές του FB41(Συνέχεια)

Παράμετροι	Τύπος δεδομένων	Εύρη τιμών	Default τιμές	Περιγραφή
PV_PER	WORD	W#16#0000		PROCESS VARIABLE PERIPHERAL: Στην είσοδο αυτή συνδέουμε τη μεταβλητή προς έλεγχο σε μορφή εισόδου/εξόδου.
MAN	REAL	-100.0... 100.0(%) or physical value	0.0	MANUAL VALUE: Η είσοδος αυτή χρησιμοποιείται για να τεθεί χειροκίνητα η τιμή στη μεταβλητή που ελέγχουμε.
GAIN	REAL	-100.0... 100.0(%) or physical value	2.0	PROPORTIONAL GAIN: Η είσοδος αυτή προσδιορίζει τη σταθερά K_p του αναλογικού όρου του PID.
TI	TIME	>=CYCLE	T#20s	INTEGRATION TIME: Καθορίζει το χρόνο απόκρισης της ενέργειας ολοκλήρωσης.
TD	TIME	>=CYCLE	T#10s	DERIVATIVE TIME: Καθορίζει το χρόνο απόκρισης της ενέργειας παραγωγίσισης.
TM_LAG	TIME	>=CYCLE/ 2	T#2s	TIME LAG OF THE DERIVATIVE ACTION: Ο αλγόριθμος της δράσης του D όρου περιλαμβάνει χρονική καθυστέρηση που μπορεί να καθοριστεί από την είσοδο αυτή.
DEADB_W	REAL	>=0.0(%) or physical value	0.0	DEAD BAND WIDTH: Μια νεκρή ζώνη εφαρμόζεται στην απόκλιση του συστήματος. Η είσοδος dead band width καθορίζει το μέγεθος αυτή της νεκρής ζώνης.
LMN_HLM	REAL	LMN_LLM ... 100.0(%) or physical value	100.0	MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT: Η ελεγχόμενη μεταβλητή περιορίζεται από ένα ανώτατο και κατώτατο όριο. Η είσοδος αυτή καθορίζει το ανώτατο όριο.
LMN_LLM	REAL	-100.0... LMN_HLM (%) or physical value	0.0	MANIPULATED VALUE LOW LIMIT: Η ελεγχόμενη μεταβλητή περιορίζεται από ένα ανώτατο και κατώτατο όριο. Η είσοδος αυτή καθορίζει το κατώτατο όριο.
PV_FAC	REAL		1.0	PROCESS VARIABLE FACTOR: Η είσοδος αυτή πολλαπλασιάζεται με το αποτέλεσμα της συνάρτησης CRP_IN που μετατρέπει την τιμή της PV_PER σε μορφή κινητής υποδιαστολής. Χρησιμοποιείται για αν προσαρμόσει το εύρος της μεταβλητής που προκύπτει ως έξοδος της CRP_IN.

Πίνακας 2.1: Παράμετροι και μεταβλητές του FB41(Συνέχεια)

Παράμετροι	Τύπος δεδομένων	Εύρη τιμών	Default τιμές	Περιγραφή
PV_OFF	REAL		0.0	PROCESS VARIABLE OFFSET: Η μεταβλητή αυτή προστίθεται στο αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού του PV_FAC με την έξοδο της CRP_IN. Χρησιμοποιείται για να προσαρμόσει το εύρος της μεταβλητής που προκύπτει ως έξοδος της CRP_IN.
LMN_FAC	REAL		1.0	MANIPULATED VALUE FACTOR: Η ελεγχόμενη μεταβλητή πολλαπλασιάζεται με την είσοδο αυτή. Χρησιμοποιείται για να προσαρμόσει το εύρος της ελεγχόμενης μεταβλητής.
LMN_OFF	REAL		0.0	MANIPULATED VALUE OFFSET: Η ελεγχόμενη μεταβλητή προστίθεται στην είσοδο αυτή. Χρησιμοποιείται για να προσαρμόσει το εύρος της ελεγχόμενης μεταβλητής.
I_ITLVAL	REAL	-100.0... 100.0(%) or physical value	0.0	INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION: Η τιμή αρχικοποίησης καθορίζεται στην είσοδο αυτή.
DISV	REAL	-100.0... 100.0(%) or physical value	0.0	DISTURBANCE VARIABLE: Στην είσοδο αυτή συνδέεται η μεταβλητή για feedforward έλεγχο.
LMN	REAL		0.0	MANIPULATED VALUE: Μέσω αυτής της εξόδου εξέρχεται η ελεγχόμενη μεταβλητή έλεγχου σε μορφή αριθμού κινητής υποδιαστολής.
LMN_PER	WORD		W#16#00 00	MANIPULATED VALUE PERIPHERAL: Στην έξοδο αυτή συνδέεται στον ελεγκτή η ελεγχόμενη μεταβλητή.
QLMN_HLM	BOOL		FALSE	HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED: Η ελεγχόμενη μεταβλητή περιορίζεται πάντα από ένα ανώτατο όριο και ένα κατώτατο όριο. Η έξοδος αυτή δείχνει ότι το ανώτατο όριο έχει ξεπεραστεί.

Πίνακας 2.1: Παράμετροι και μεταβλητές του FB41 (Συνέχεια)

Παράμετροι	Τύπος δεδομένων	Εύρη τιμών	Default τιμές	Περιγραφή
QLMN_LLM	BOOL		FALSE	LOW LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED: Η ελεγχόμενη μεταβλητή περιορίζεται πάντα από ένα ανώτατο όριο και ένα κατώτατο όριο. Η έξοδος αυτή δείχνει ότι το κατώτατο όριο έχει ξεπεραστεί.
LMN_P	BOOL		1.0	PROPORTIONAL COMPONENT: Η έξοδος αυτή περιλαμβάνει το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού του σφάλματος με το GAIN (αναλογικός όρος).
LMN_I	BOOL		0.0	INTEGRAL COMPONENT: Η έξοδος αυτή περιλαμβάνει το αποτέλεσμα της ολοκλήρωσης του σφάλματος (όρος ολοκλήρωσης).
LMN_D	BOOL		0.0	DERIVATIVE COMPONENT: Η έξοδος αυτή περιλαμβάνει το αποτέλεσμα της παραγωγίσις του σφάλματος (όρος παραγωγίσις).
PV	REAL		0.0	PROCESS VARIABLE: Η έξοδος αυτή είναι το αποτέλεσμα των συναρτήσεων CRP_IN και PV_NORM. Η PV αφαιρείται από το SP_INT για τον προσδιορισμό του σφάλματος.
ER	REAL		0.0	ERROR SIGNAL: Η έξοδος αυτή μας δίνει το σφάλμα του PID, τη διαφορά δηλαδή της PV μεταβλητής από το set point.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

TIA Portal

3.1 Εισαγωγή

Η Siemens για την διαχείριση των PLCs της χρησιμοποιούσε ως βασικό software το Simatic Manager. Τα τελευταία χρόνια όμως εισήγαγε στην αγορά ένα καινούργιο engineering software για την διαχείρισή τους, το TIA Portal. Τα αρχικά του TIA Portal προέρχονται από το «Totally Integrated Automation Portal», το οποίο συνεπάγεται ένα βιομηχανικό λογισμικό κατάλληλο για όλα τα έργα αυτοματισμού όπως PLCs, HMI panels και συσκευές οδήγησης (drivers) κινητήρων. Σε ένα λογισμικό ενσωματώνεται ο έλεγχος όλων των συσκευών που απαιτούνται για τις ανάγκες του αυτοματισμού. Πιο συγκεκριμένα είναι software για προγραμματισμό, ρύθμιση και έλεγχο όλων των PLCs της οικογενείας Simatic της Siemens καθώς και τον έλεγχο άλλων βιομηχανικών στοιχείων όπως σερβοκινητήρες, stepper motors κλπ.

Η ενσωμάτωση διαχείρισης όλων των συσκευών αυτοματισμού από ένα κοινό software, έχει ως αποτέλεσμα μείωση κόστους, μείωση χρόνου αλλά και πραγματοποίηση ενός πλήρους έργου αυτοματισμού με πολύ πιο απλό και αποδοτικό τρόπο.

Στο TIA portal πραγματοποιείται χρήση πολλών Editors μαζί, όπως του program editor (που έχει δυνατότητα πολλαπλής επιλογής σε γλώσσες προγραμματισμού όπως ladder, STL, FBD, SCL, Graph), του device editor, του watch table editor, του WinCC editor (για την διαχείριση των HMI). Αποτέλεσμα αυτού όλα τα δεδομένα να βρίσκονται σε μία σταθερή βάση και σε ένα κοινό περιβάλλον, κάτι που παρέχει πολύ μεγάλη διευκόλυνση στο χρήστη.

Ο προγραμματισμός είναι προσαρμοσμένος στις τεχνολογίες των Windows, μιας και οι περισσότεροι χρήστες είναι εξοικειωμένοι στην χρήση αυτών. Παραδείγματα αποτελούν το drag & drop, με το οποίο ο χρήστης μεταφέρει δεδομένα από τον ένα editor του προγράμματος στον άλλο, καθώς και το ότι όταν υπάρχουν πολλά παράθυρα από διαφορετικούς editors ανοιχτά, αυτά εμφανίζονται σε μία λίστα στο κάτω μέρος του παραθύρου του TIA portal για εύκολη πρόσβαση από το ένα στο άλλο. Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα επιλογής της γλώσσας του interface του TIA portal. Οι γλώσσες επιλογής είναι Αγγλικά, Γερμανικά, Γαλλικά, Ισπανικά, Ιταλικά και Κινέζικα.

Το TIA portal παρέχει συγκεντρωμένα σε μια πολυσύνθετη software πλατφόρμα τις απαιτούμενες λειτουργίες για την ολοκληρωμένη υλοποίηση των εφαρμογών στο πεδίο των αυτοματισμών. Μέσα στο TIA portal ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει και να προγραμματίσει σταθμούς PLC από την σειρά S7-1200, S7-1500, S7-300 και S7-400. Μέσα στο ίδιο Software πακέτο παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει δίκτυα

επικοινωνίας, να προγραμματίσει HMI οθόνες, καθώς επίσης και εφαρμογές με drivers. Στην βασική του μορφή το TIA portal v12 απαρτίζεται από τα παρακάτω λογισμικά:

- Siemens STEP 7
- Siemens SIMATIC S7 PLCSIM
- Siemens WinCC

3.2 Simatic STEP 7

Το λογισμικό προγραμματισμού για το νέο TIA PORTAL είναι η STEP 7 η οποία αποτελεί εξέλιξη της STEP 5. Το STEP 7 είναι κάτι παραπάνω από ένα απλό πακέτο προγραμματισμού ενός PLC. Καταρχήν, έχει ενσωματωμένες τουλάχιστον τρεις γλώσσες προγραμματισμού (LAD/STL/FBD) ενώ με κάποια επιπρόσθετα πακέτα γίνονται διαθέσιμες και άλλες γλώσσες προγραμματισμού όπως η SCL (Structured Control Language) και η GRAPH (ανάλογη με την SFC – Sequential Function Chart). Ο κώδικας μπορεί να γραφεί σε οποιαδήποτε από τις τρεις ή περισσότερες ενσωματωμένες γλώσσες.

Για την ανάπτυξη του προγράμματος υποστηρίζονται διάφοροι τύποι υποπρογραμμάτων και κάθε υποπρόγραμμα μπορεί να γράφει σε οποιαδήποτε από τις τρεις γλώσσες ανεξάρτητα από αυτήν που χρησιμοποιήθηκε για τα υπόλοιπα. Έτσι ανάλογα με την περίπτωση χρησιμοποιείται και η κατάλληλη γλώσσα διευκολύνοντας πολύ τον προγραμματισμό. Επιπρόσθετα το STEP 7 διαθέτει εργαλεία διαμόρφωσης του υλικού (Hardware configuration), δημιουργίας και παραμετροποίησης δικτύων (NetPro), εύρεσης σφαλμάτων (debugger), παρακολούθησης κατάστασης του ελεγκτή (διαγνωστικά) και λειτουργικές εποπτείας των περιεχόμενων της μνήμης.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του STEP 7 είναι η δυνατότητα απομακρυσμένης πρόσβασης σε αυτό μέσω διαδικτύου. Δεν χρειάζεται να είναι κανείς τοπικά συνδεδεμένος στο σταθμό αυτοματισμού ή το δίκτυο για να προγραμματίσει, να κάνει ενημερώσεις ή να ανιχνεύσει προβλήματα.

Το πακέτο Teleservice του STEP 7 παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης μιας μονάδας προγραμματισμού ή ενός υπολογιστή σε ένα PLC μέσω του τηλεφωνικού δικτύου ή του διαδικτύου. Όσον αφορά τα διαγνωστικά δε χρειάζεται να γράφει η διαγνωστική λογική για να διαπιστωθεί τι είναι λανθασμένο με το υλικό ή το λογισμικό. Όταν η CPU αντιληφτεί ένα σφάλμα τότε καταχωρείται η αιτία του σφάλματος σε μια λίστα που ο χρήστης μπορεί να τη διαβάσει μέσα από το STEP 7, σταματά η λειτουργία της και παρέχει ένα μπλοκ διακοπής που περιγράφεται με λεπτομέρεια ο λόγος διακοπής.

Στο STEP 7 όλες οι απαιτήσεις σε λογισμικό και υλικό μιας διαδικασίας αυτοματισμού οργανώνονται και διαχειρίζονται μέσα από ένα project. Το project περιλαμβάνει τη διαμόρφωση του υλικού, τη διαμόρφωση του δικτύου όλα τα προγράμματα και ολόκληρη τη διαχείριση δεδομένων για μια λύση αυτοματισμού. Ο Simatic Manager είναι ο κορμός του STEP 7 αφού αυτός είναι που διαχειρίζεται τα projects.

3.2.1 Εκκίνηση του STEP 7 Professional V12

Το Step 7 είναι το βασικό εργαλείο αυτοματισμού του SIMATIC, πατώντας το εικονίδιο του TIA portal V12 στο περιβάλλον των Windows ο χρήστης μπορεί να εκκινήσει το πρόγραμμα.

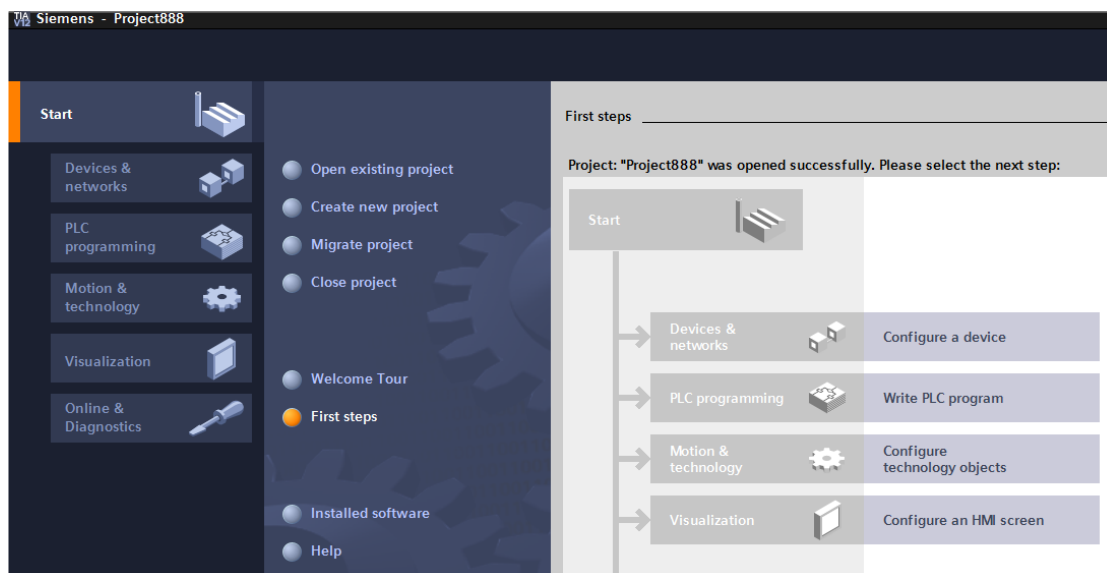


3.2.2 Αρχική Οθόνη

Αφού γίνει εκκίνηση του προγράμματος από τον χρήστη τότε θα μεταφερθεί στην αρχική οθόνη του TIA portal, εκεί του παρέχονται όλες οι λειτουργίες και τα εργαλεία που απαιτούνται για μια σειρά διαδικασιών, τα οποία όμως εξαρτώνται από το λογισμικό που έχει εγκαταστήσει ο χρήστης. Η αρχική οθόνη δίνει στο χρήστη τις παρακάτω επιλογές:

- Στην επιλογή “Devices & networks” ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει το υλικό (hardware) που αποτελεί τον σταθμό PLC π.χ. επιλέγει τα τμήματα υλικού (hardware), τα τοποθετεί, και θέτει τις ιδιότητές τους. Εάν διάφορες συσκευές είναι δικτυωμένες, μπορεί να καθορίσει τις συνδέσεις εδώ.
- Η επιλογή “PLC programming” περιέχει όλα τα απαιτούμενα εργαλεία για την ανάπτυξη του προγράμματος χρηστή ενός σταθμού PLC.
- Στην επιλογή “Motion & technology”, ο χρήστης δημιουργεί τα αντικείμενα τεχνολογίας όπως ένα PID ρυθμιστής θερμοκρασίας κλπ.
- Στην επιλογή “Visualization”, ο χρήστης μπορεί να αναπτύξει την εφαρμογή ελέγχου και παρακολούθησης για τους σταθμούς HMI. Εδώ μπορεί να διαμορφώσει, παραδείγματος χάριν, τις εικόνες διαδικασίας, τα στοιχεία ελέγχου, και μηνύματα.
- Χρησιμοποιώντας την επιλογή “Online & Diagnostics”, ο χρήστης μπορεί να συνδέσει τη συσκευή προγραμματισμού σε ένα PLC, να μεταφέρει και να δοκιμάσει προγράμματα, καθώς επίσης να ανιχνεύσει τυχόν σφάλματα στο συνολικό σύστημα αυτοματισμού.

Οι πρόσθετες λειτουργίες που περιλαμβάνονται στην αρχική οθόνη είναι: “Create new project”, “Open existing project”, και “Migrate a project”, όπου δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει ένα νέο project, να ανοίξει ένα υπάρχον project ή ακόμα και να το μεταφέρει από μια διαφορετική έκδοση του λογισμικού. Η επιλογή “Welcome tour” και “First Steps” παρέχουν μια εισαγωγή στο STEP 7. Η επιλογή “installed software” παρέχει μια επισκόπηση των περαιτέρω SIMATIC λογισμικών που είναι διαθέσιμα στη συσκευή προγραμματισμού. Μέσω της επιλογής “Help” ο χρήστης έχει πρόσβαση σε πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες και λειτουργίες του λογισμικού. Η επιλογή “User interface language” επιτρέπει στο χρήστη να θέσει τη γλώσσα που επιθυμεί.



Σχήμα 3.1: Αρχική οθόνη TIA portal

3.2.3 Οθόνη Εργασίας (Project view)

Η Οθόνη Εργασίας (Project view) παρουσιάζει όλα στοιχεία ενός προγράμματος με δομημένη μορφή σε διάφορα παράθυρα επεξεργασίας. Μπορείτε να κινηθείτε από την αρχική σελίδα προς την οθόνη εργασίας πατώντας την επιλογή “Project view” που βρίσκεται στο κάτω μέρος της αρχικής οθόνης.

1) Βασικές επιλογές και γραμμή εργαλείων

Κάτω από τον τίτλο του project υπάρχουν οι βασικές επιλογές (main menu) που περιέχουν όλες τις εντολές που χρειάζεται ο χρήστης και ακριβώς κάτω η γραμμή εργαλείων (toolbar) που παρέχει συντομεύσεις για τις βασικότερες λειτουργίες. Οι βασικές επιλογές και γραμμή εργαλείων θα εμφανίζονται πάντα σε όλους τους editors.

2) Παράθυρο εργασίας

Στο κέντρο της οθόνης είναι το παράθυρο εργασίας. Το περιεχόμενο του παράθυρου εργασίας εξαρτάται από τον editor που χρησιμοποιείται. Εκεί ο χρήστης μπορεί να προγραμματίσει καθώς επίσης να διαμορφώσει μια οι περισσότερες συσκευές.

3) Παράθυρο επιθεώρησης

Το παράθυρο επιθεώρησης βρίσκεται ακριβώς κάτω από το παράθυρο εργασίας και παρουσιάζει τις ιδιότητες του κάθε αντικειμένου που έχει επιλεγεί. Επίσης παρέχει μια επισκόπηση της κατάστασης των διαγνωστικών από τις συσκευές οι οποίες είναι συνδεδεμένες.

4) Project tree

Το project tree εμφανίζεται πάντα στο αριστερό μέρος της οθόνης. Η ιεραρχική δομή του περιέχει όλα τα στοιχεία του προγράμματος και τους απαραίτητους editors. Παρουσιάζει τους φακέλους για όλους τους σταθμούς PLC και HMI που

περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα καθώς και τους υποφάκελους οι οποίοι μπορεί να περιέχουν π.χ. τα program blocks, τις ετικέτες ενός PLC, τις οθόνες του HMI κ.α. Το project tree περιλαμβάνει επίσης και συντομεύσεις για διάφορους editors όπως “Add new device”, “Device configuration”, ή “Online & diagnostics” όπου ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει με διπλό κλικ.

5) **Reference objects**

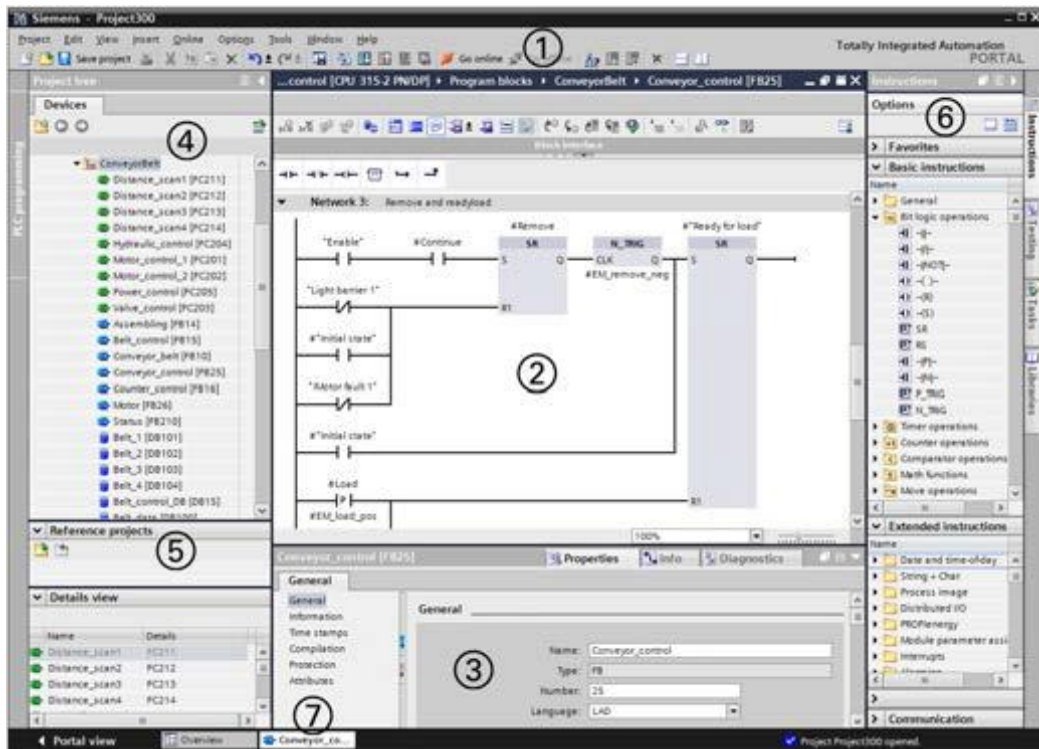
Παρουσιάζει τα προγράμματα αναφοράς που είναι ανοικτά επιπλέον στο τρέχον πρόγραμμα. Ο χρήστης μπορεί να απενεργοποιήσει / ενεργοποιήσει αυτό το παράθυρο από το μενού στην επιλογή “View”(View>Reference objects).

6) **Instructions-Testing-Tasks-Libraries**

Δεξιά από το παράθυρο εργασίας βρίσκεται μια σειρά από καρτέλες οι οποίες περιέχουν διάφορα εργαλεία τα οποία έχουν άμεση σχέση με το κυρίως πρόγραμμα καθώς διευρύνουν τις δυνατότητες στη διαδικασία του προγραμματισμού. Στη καρτέλα “instructions” ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα στοιχεία που χρειάζεται για να δημιουργήσει ένα πρόγραμμα π.χ. επαφές, εντολές, χρονικά, μετρητές, συναρτήσεις, interrupts κ.α. Στην καρτέλα “Testing” μπορεί να ελέγξει τις καταστάσεις των σημάτων και τις τιμές των ετικετών και να ορίσει τις τιμές στις ετικέτες έτσι ώστε να προσομοιώσει συγκεκριμένες καταστάσεις κατά την εκτέλεση του προγράμματος. Στην καρτέλα “Tasks” ο χρήστης μπορεί να κάνει αναζήτηση ενός συγκεκριμένου στοιχείου το οποίο ψάχνει καθώς επίσης να επιλέξει τη γλώσσα που επιθυμεί. Τέλος η καρτέλα “Libraries” παρέχει μια επισκόπηση των στοιχείων στη βιβλιοθήκη του προγράμματος.

7) **Γραμμή καταστάσεων**

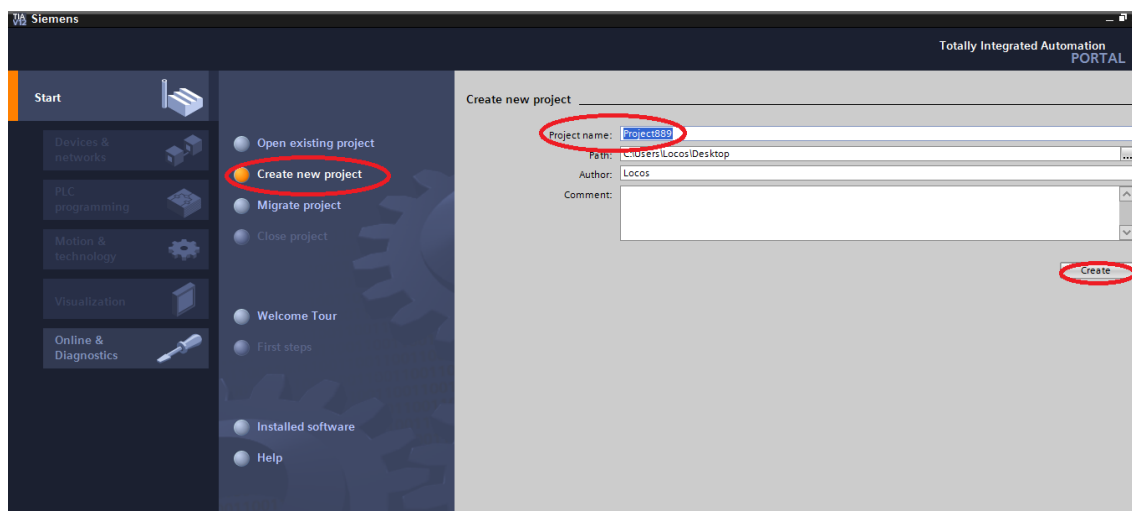
Στο κάτω μέρος του παράθυρου εργασίας υπάρχει η γραμμή καταστάσεων (status bar), εκεί υπάρχουν καρτέλες που αντιπροσωπεύουν όλα τα ανοικτά παράθυρα που χρησιμοποιεί ο χρήστης, πατώντας πάνω σε μια από αυτές τις καρτέλες ανοίγει το αντίστοιχο παράθυρο (editor) στο παράθυρο εργασίας. Αυτό κάνει πιο εύκολη την εναλλαγή μεταξύ των editors. Στο δεξιό μέρος της γραμμής καταστάσεων υπάρχει ένδειξη για την κατάσταση της εκτέλεσης του προγράμματος.



Σχήμα 3.2: Οθόνη εργασίας

3.2.4 Δημιουργία νέου project

Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο project πατώντας “create a new project” στην αρχική οθόνη του TIA PORTAL όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα αφού πρώτα συμπληρώσει το όνομα του project και το σημείο που θέλει να αποθηκευτεί το νέο project.

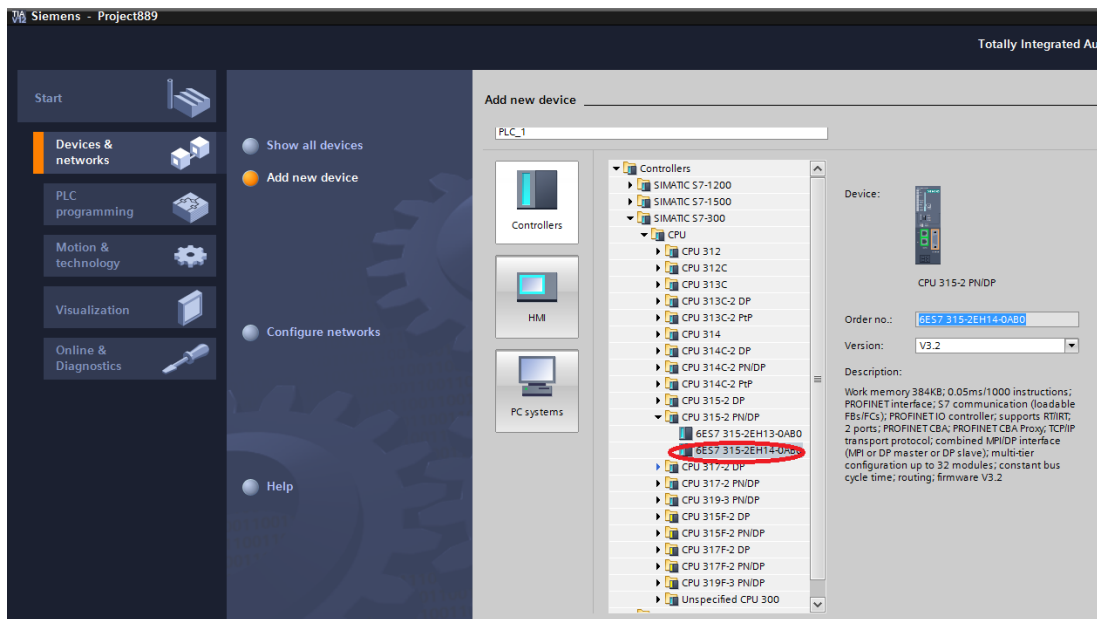


Σχήμα 3.3: Οθόνη δημιουργίας ενός νέου project

3.2.5 Διαμόρφωση συσκευής

Αφού ο χρήστης δημιουργήσει ένα νέο project στη συνέχεια θα του ζητηθεί να διαμορφώσει μια συσκευή, πατώντας την επιλογή “configure a device” θα μεταφερθεί στην

επομένη σελίδα όπου υπάρχει ένας κατάλογος από συσκευές προς επιλογή π.χ. PLC > CPU > CPU 315-2 PN/DP > 6ES7 315-2EH14-0AB0 όπως φαίνεται παρακάτω. Σε αυτό το σημείο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει περισσότερες από μια συσκευές όπως οθόνες απεικόνισης καθώς και συστήματα απεικόνισης σε Η/Υ αυτό βέβαια προϋποθέτει και το κατάλληλο υλικό-λογισμικό.

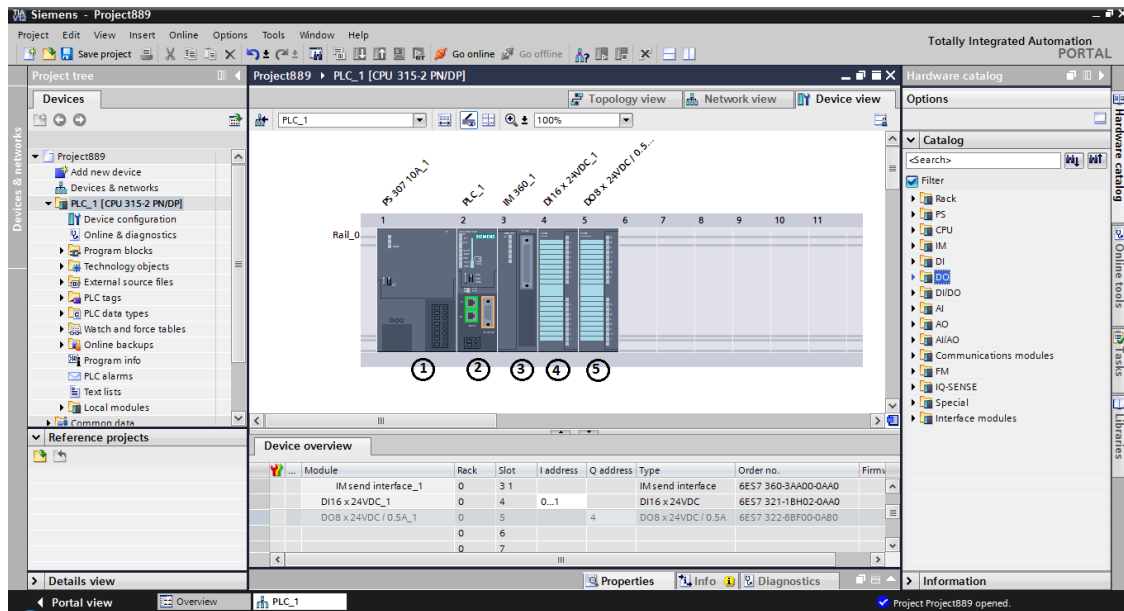


Σχήμα 3.4: Οθόνη επιλογής συσκευής

3.2.6 Διαμόρφωση PLC

Όταν ο χρήστης επιλέξει τη συσκευή που επιθυμεί τότε μεταφέρεται στην οθόνη εργασίας. Στο κέντρο είναι μια σχηματική απεικόνιση της συσκευής που επέλεξε. Δεξιά βρίσκεται ο κατάλογος του υλικού. Σε αυτόν τον κατάλογο υπάρχουν επιπλέον περιφερειακές συσκευές οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν και χρησιμοποιηθούν όπως για παράδειγμα συσκευές για επέκταση εισόδων εξόδων. Ένα παράδειγμα διαμόρφωσης ενός PLC φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

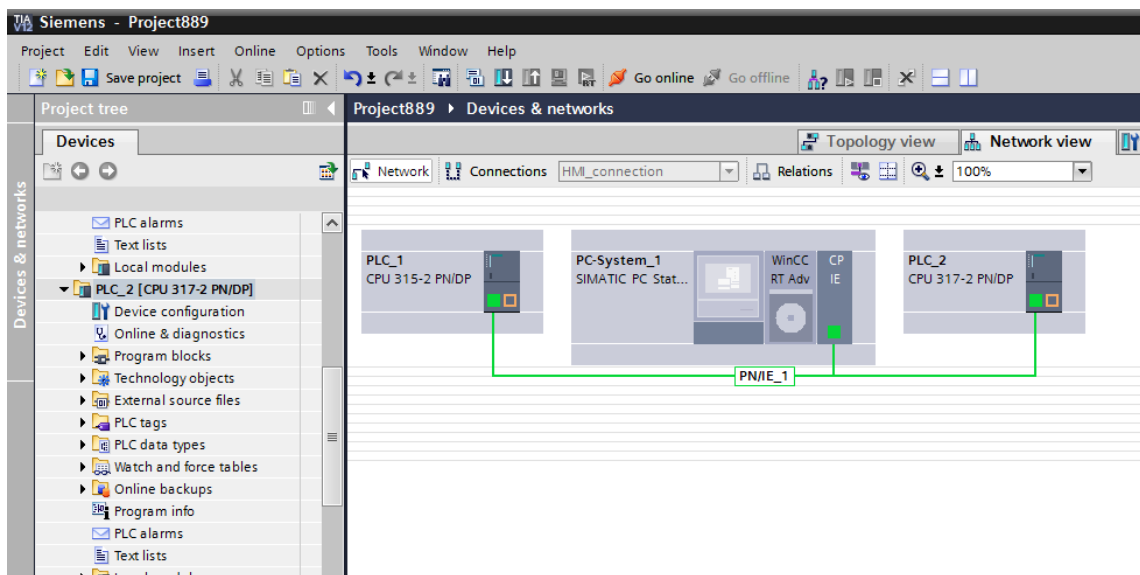
1. Τροφοδοτικό
2. CPU
3. Μονάδα επικοινωνίας
4. Ψηφιακές εισόδους
5. Ψηφιακές εξόδους



Σχήμα 3.5: Οθόνη διαμόρφωσης PLC

3.2.7 Διαμόρφωση Δικτύου

Το TIA portal δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να διαμορφώσει το δίκτυο των συσκευών εάν αυτός έχει επιλέξει περισσότερες από μια συσκευές. Στην επομένη εικόνα φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης σε δίκτυο δυο ανεξάρτητων συσκευών. Για τη σύνδεση δυο ή περισσότερων συσκευών γίνεται μέσω του “network view” αρκεί να ενώσει τη μια συσκευή με την άλλη με την μέθοδο

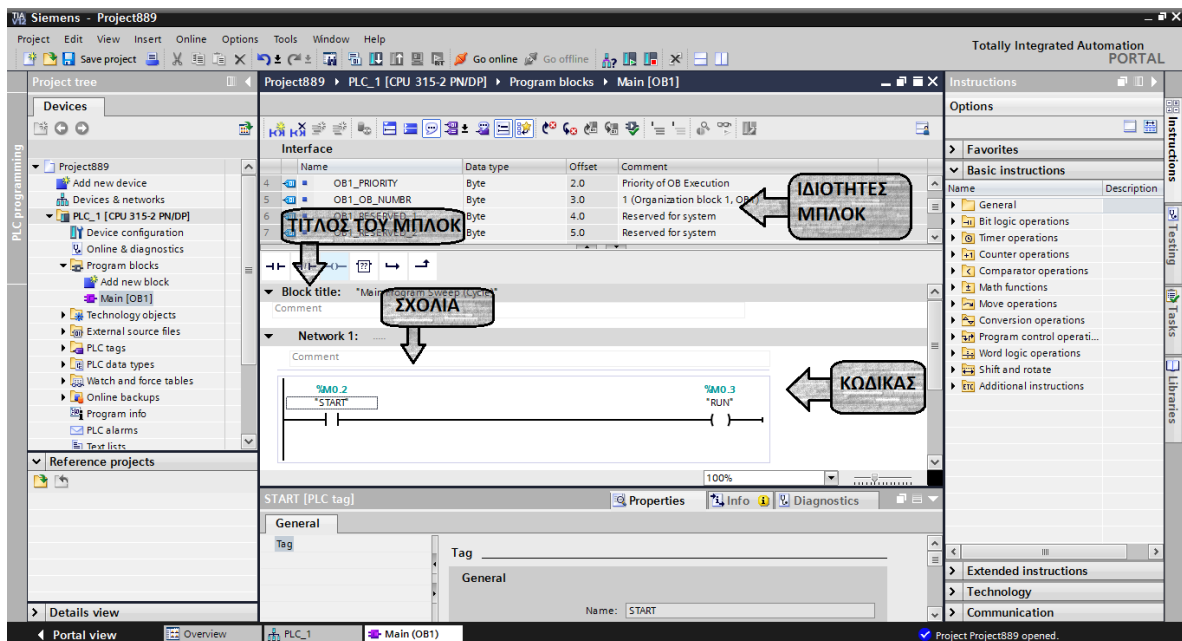


Σχήμα 3.6: Οθόνη διαμόρφωσης συσκευών και δικτύου

3.2.8 Δομή ενός block

Ένα μπλοκ που περιλαμβάνει κώδικα αποτελείται από την κεφαλή του μπλοκ που περιλαμβάνει τις ιδιότητες του, όπως το όνομα του, την περιοχή δηλώσεων, όπου δηλώνονται

οι τοπικές μεταβλητές του μπλοκ και το πρόγραμμα (κώδικας και σχόλια). Παρόμοια δομή έχει και ένα μπλοκ δεδομένων με τη διαφορά ότι αντί για το πρόγραμμα έχει το τμήμα με τις αρχικές τιμές των μεταβλητών.

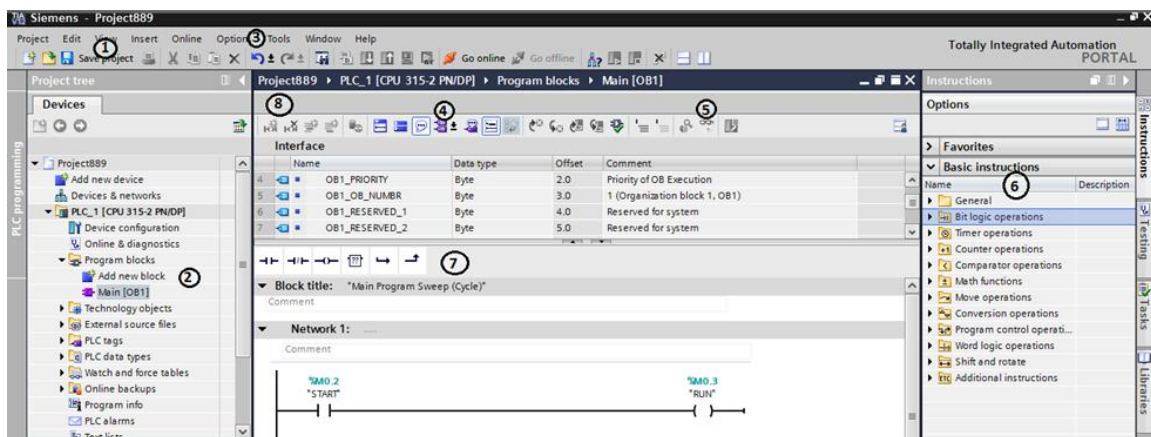


Σχήμα 3.7: Δομή μπλόκ

3.2.9 Βασικά στοιχεία ανάπτυξης προγραμμάτων

Για την συγγραφή ενός project υπάρχει η αναγκαιότητα χρησιμοποίησης ορισμένων λειτουργιών και εργαλείων όπως φαίνεται παρακάτω:

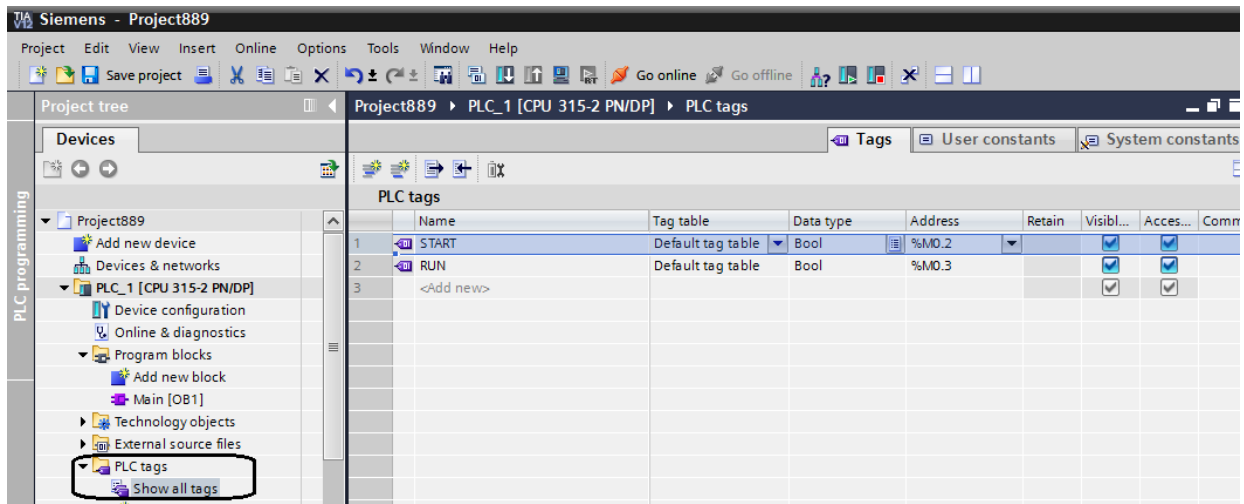
1. Αποθήκευση του project
2. Δημιουργία νέου block
3. Options (π.χ. αλλαγές στον τρόπο εμφάνισης της γλώσσας προγραμματισμού)
4. Επιλογές μορφοποίησης του προγράμματος μας (π.χ. ανοιχτά tags)
5. Άνοιγμα/κλείσιμο παρακολούθησης του κυκλώματος
6. Κατάλογος των στοιχείων προγραμματισμού
7. Στοιχεία προγραμματισμού LADDER
8. Δημιουργία/Διαγραφή network



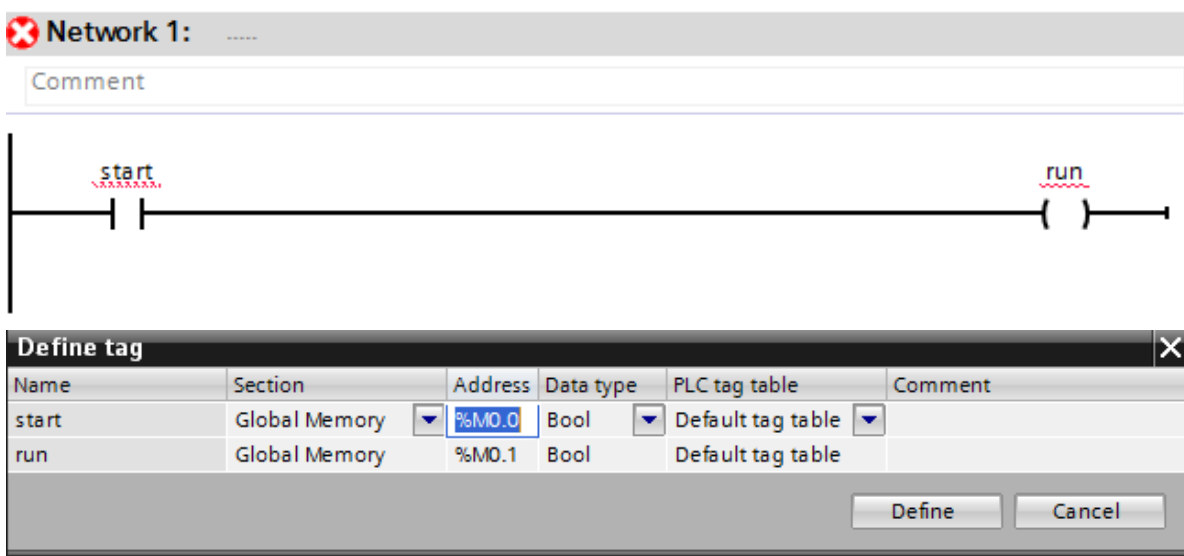
Σχήμα 3.8: Εργαλεία οθόνης εργασίας

3.2.10 Διευθυνσιοδότηση

Απαραίτητη προϋπόθεση για την συγγραφή του κώδικα σε ένα μπλοκ είναι η διευθυνσιοδότηση των συνδεδεμένων στοιχείων. Αυτό επιτυγχάνεται με δυο τρόπους, είτε μέσω του “PLC tags” στα αριστερά της οθόνης εργασίας (Σχήμα 3.9) είτε με απευθείας διευθυνσιοδότηση πατώντας δεξί κλικ στο editor του μπλοκ όπου εργαζόμαστε και επιλέγοντας “define tags” (Σχήμα 3.10).



Σχήμα 3.9: Πίνακας διευθυνσιοδότησης επαφών



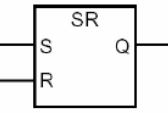
Σχήμα 3.10: Διευθυνσιοδότηση επαφών μέσω “define tag”

3.2.11 Βασικές εντολές προγραμματισμού

Διαδικές λογικές πράξεις – Εντολές bit

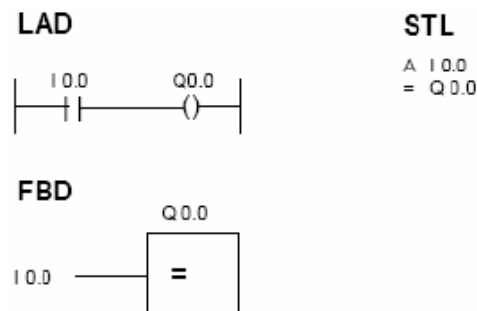
Οι εντολές bit λειτουργούν με δύο τιμές 1 και 0. όταν μία επαφή ή ένα πηνίο εξόδου έχει τιμή 1 τότε είναι ενεργοποιημένο. Όταν έχει τιμή 0 τότε είναι απενεργοποιημένο. Οι εντολές bit συνδυάζουν τις τιμές 0 και 1 των σημάτων ή των μεταβλητών και δίνουν ένα αποτέλεσμα που επίσης έχει τιμή 0 ή 1. Αυτό το αποτέλεσμα αναφέρεται και ως RLO (Result of Logic Operation).

Πίνακας 3.1: Πίνακας λογικών πράξεων

A I0.0	<address> --- ---	Έλεγχος για λογικό "1"
AN I0.0	<address> --- / ---	Έλεγχος για λογικό "0"
=Q0.0	<address> ---()	Εκχώρηση αποτελέσματος λογικής πράξης σε έξοδο
S Q0.0	<address> ---(S)	Κάνει την έξοδο "set"
R Q0.0	<address> ---(R)	Κάνει την έξοδο "reset"
A I0.0 S Q0.0 A I0.1 R Q0.0	<address> 	Set – Reset Flip flop

Εκχώρηση αποτελέσματος – assignment (=)

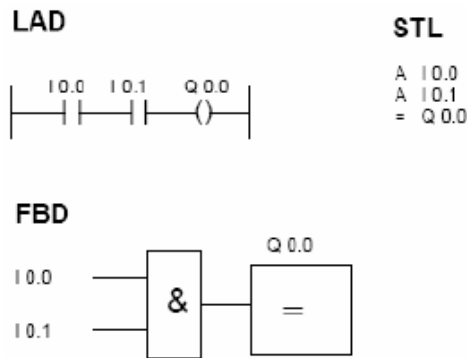
Η εντολή (=) αντιγράφει την τιμή του RLO στον τελεστή που ακολουθεί. Η εντολή της ισότητας κλείνει την λογική αλυσίδα των πράξεων.



Σχήμα 3.11: Εκχώρηση αποτελέσματος λογικής πράξης σε έξοδο

Λογική πράξη AND

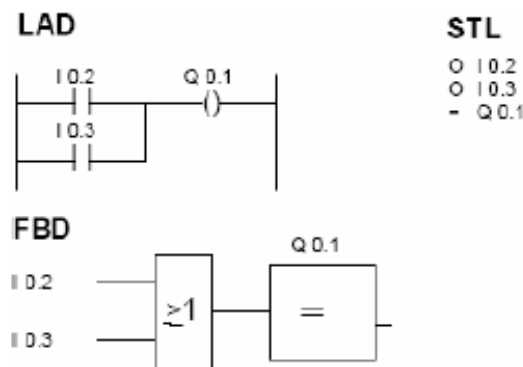
Η AND αντιστοιχεί σε μια εν σειρά σύνδεση επαφών του κυκλωματικού διαγράμματος. Αν στο παρακάτω παράδειγμα έστω και μια από τις εισόδους έχει τιμή 0, τότε η έξοδος Q0.0 θα έχει τιμή 0. Για να έχει η έξοδος Q0.0 κατάσταση 1 θα πρέπει όλες οι εισοδοι να έχουν κατάσταση 1.



Σχήμα 3.12: Λογική πράξη AND

Λογική πράξη OR

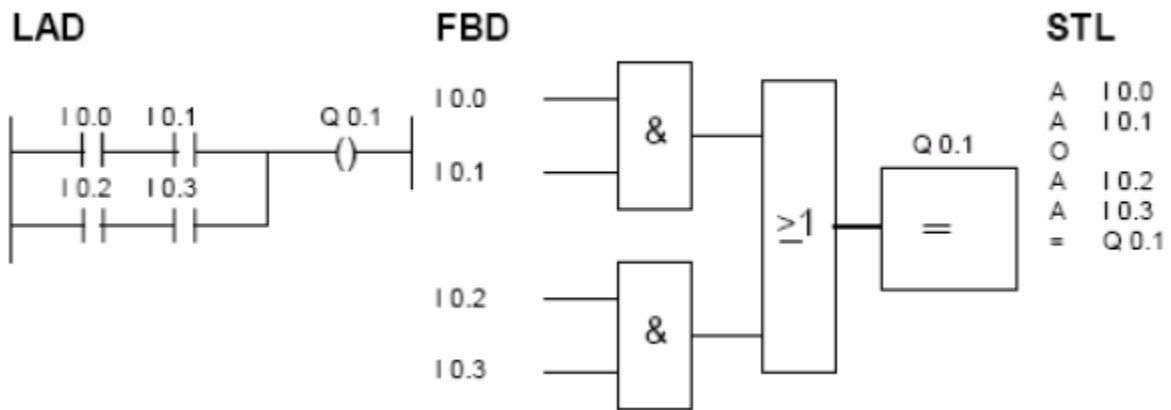
Η OR αντιστοιχεί σε μια παράλληλη σύνδεση επαφών του κυκλωματικού διαγράμματος. Αν στο παρακάτω παράδειγμα έστω και μια από τις εισόδους έχει τιμή 1 τότε η έξοδος Q0.1 θα έχει τιμή 1. Για να έχει η έξοδος Q0.0 κατάσταση 0 θα πρέπει όλες οι εισοδοι να έχουν κατάσταση 0.



Σχήμα 3.13: Λογική πράξη OR

Συνδυασμός AND & OR

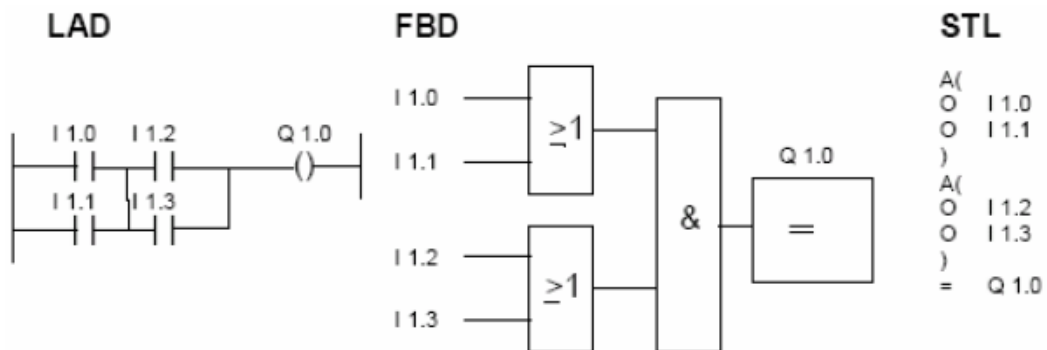
Η AND πριν το OR αντιστοιχεί σε μια παράλληλη σύνδεση ομάδας επαφών που είναι εν σειρά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Στο παρακάτω παράδειγμα για να έχει η έξοδος Q0.1 κατάσταση 1 θα πρέπει τουλάχιστον όλες οι επαφές ενός κλάδου να έχουν κατάσταση 1. Η AND πράξη έχει προτεραιότητα της OR και για αυτό δεν χρειάζεται η χρήση των παρενθέσεων στην STL.



Σχήμα 3.14: Συνδυασμός πράξεων AND & OR

Συνδυασμός OR & AND

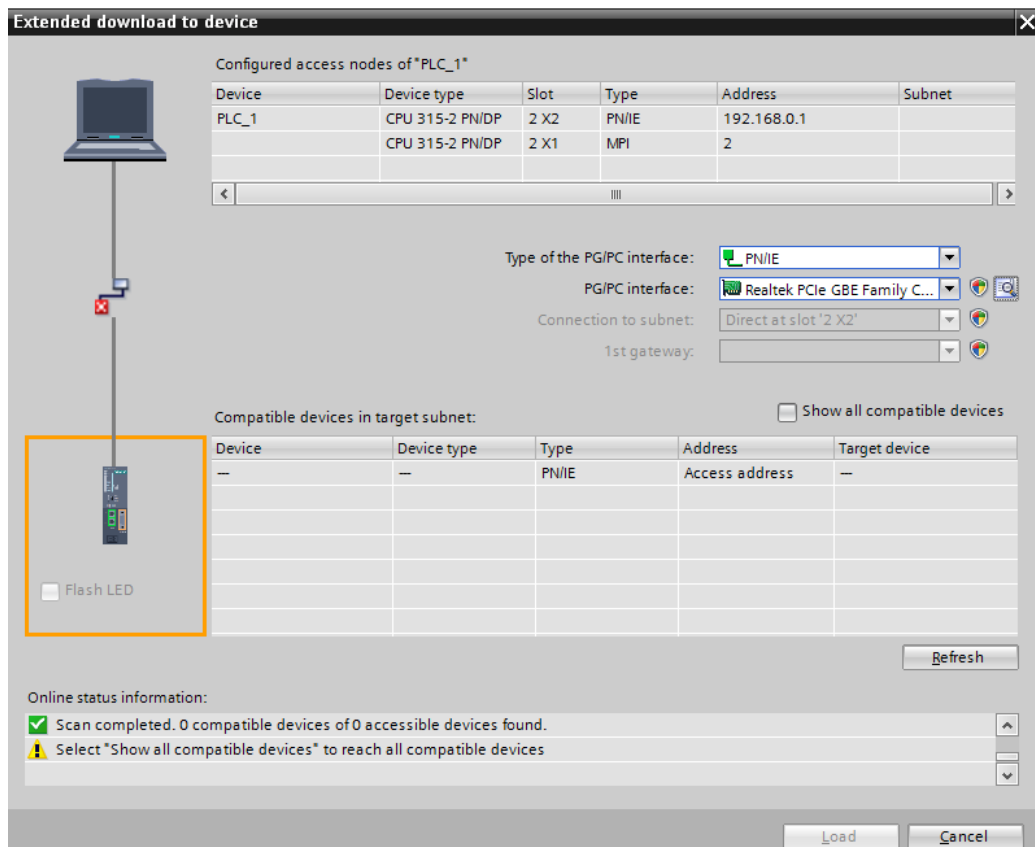
Η OR πριν το AND αντιστοιχεί σε μια εν σειρά σύνδεση ομάδας επαφών που είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους παράλληλα. Στο παρακάτω παράδειγμα για να έχει η έξοδος Q1.0 κατάσταση 1 θα πρέπει τουλάχιστον μια επαφή του κάθε κλάδου να έχει κατάσταση 1.



Σχήμα 3.15: Συνδυασμός πράξεων OR & AND

3.2.12 Εκτέλεση προγράμματος

Έχοντας ο χρήστης δημιουργήσει και διαμορφώσει το κομμάτι του προγραμματισμού σειρά παίρνει η διαδικασία εκτέλεσης. Σε αυτήν την περίπτωση ο κώδικας πρέπει να φορτωθεί στη CPU του PLC. Έτσι πατώντας «download to device» εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο με διάφορους παραμέτρους προς επιλογή που έχει να κάνει με τον κάθε τρόπο σύνδεσης και επικοινωνίας του PLC με την συσκευή προγραμματισμού ή τον υπολογιστή όπως φαίνεται και στο σχήμα πιο κάτω.

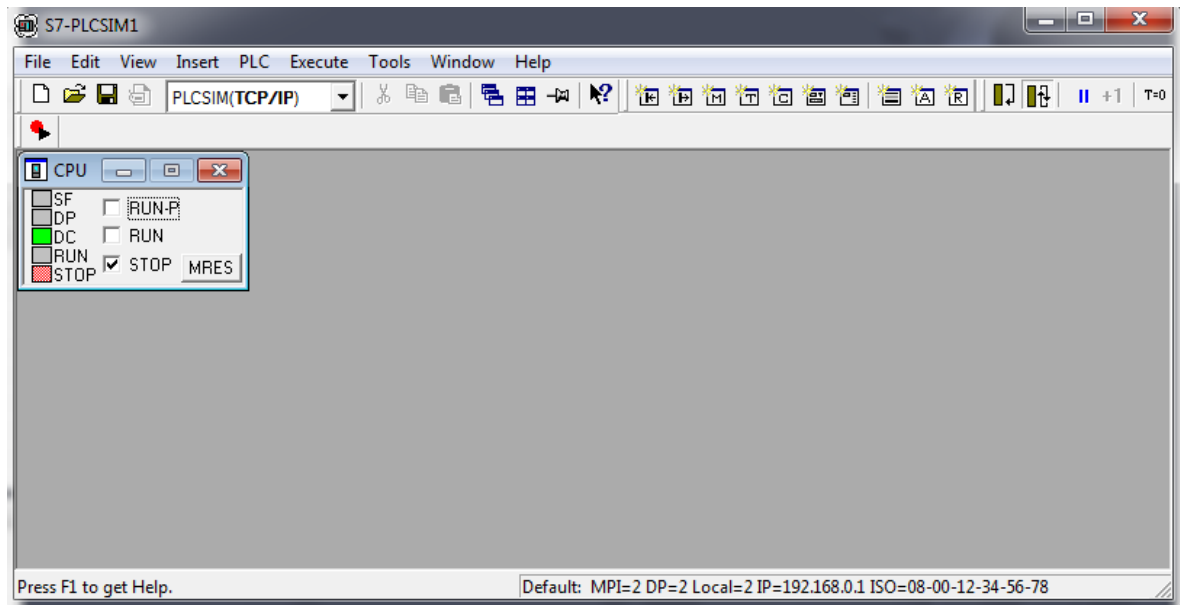


Σχήμα 3.15: Οθόνη σύνδεσης και επικοινωνίας συσκευής με το πρόγραμμα

3.3 Λογισμικό Simatic S7 PLCSIM v12

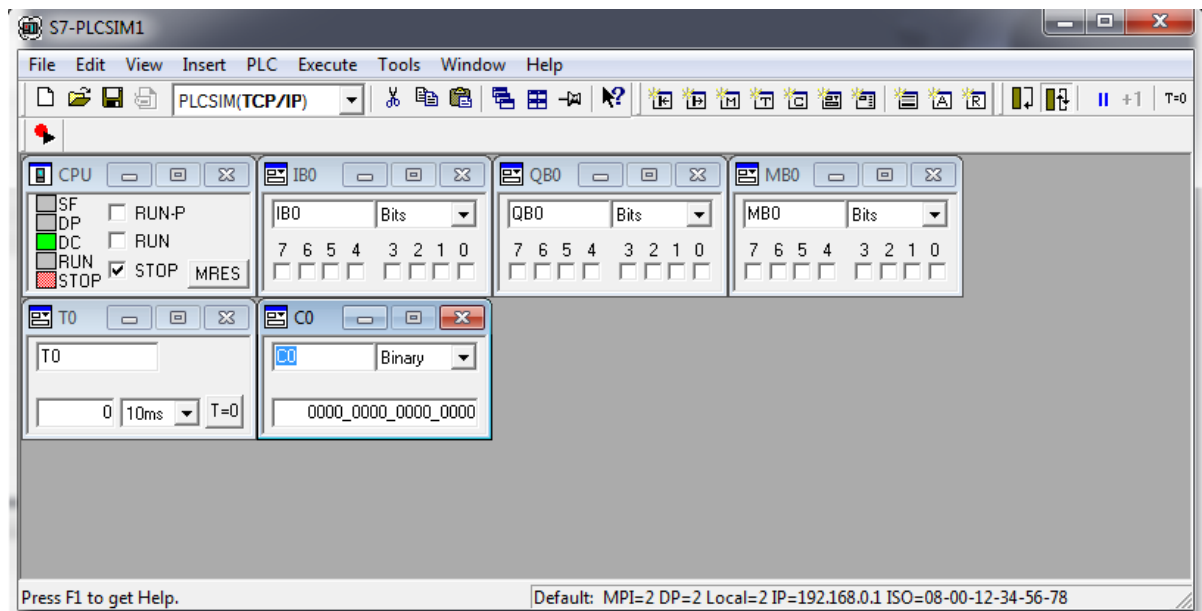
Το TIA portal περιέχει το λογισμικό προσομοίωσης S7-PLCSIM που προσομοιώνει την λειτουργία ενός PLC. Κατά συνέπεια υπάρχει η δυνατότητα να εξεταστούν διαφορά προγράμματα χρηστών χωρίς πρόσθετο υλικό (hardware). Επίσης δεν χρειάζεται καμία απολύτως σύνδεση με πραγματικό PLC κατά την διαδικασία προσομοίωσης.

Το λογισμικό προσομοίωσης δεν μπορεί να προσομοιώσει απόλυτα ένα πραγματικό PLC 100%, αλλά μπορεί να εκτελέσει διάφορες χρήσιμες λειτουργίες. Το περιβάλλον του PLCSIM αρχικά παρέχει ένα παράθυρο με τα στοιχεία έλεγχου και επίδειξης μιας CPU όπως κατάσταση «START» «STOP» καθώς και την περίπτωση σφάλματος «SF» όπως επίσης την δυνατότητα επαναφοράς της μνήμης της CPU «MRES». (Σχήμα 3.16)



Σχήμα 3.16: Οθόνη ελέγχου και διαχείρισης CPU μέσω s7-PLCSIM

Εκτός από την CPU υπάρχει και η δυνατότητα έλεγχου των εισόδων, εξόδων, timers, counters, bit memories κ.α. Κατά την διευθυνσιοδότηση των επαφών χρησιμοποιούνται bit, byte, word ή double word π.χ. IB12 για τις οκτώ εισόδους με διεύθυνση 12. (Σχήμα 3.17)



Σχήμα 3.17: Διαχείριση στοιχείων του προγράμματος μέσω του S7-PLCSIM

3.4 WinCC Professional v12 - SCADA

3.4.1 Εισαγωγή στα συστήματα SCADA

Η λέξη SCADA αποτελεί τα αρχικά των λέξεων Supervisory, Control And Data Acquisition System, δηλαδή σύστημα εποπτείας, ελέγχου και συλλογής πληροφοριών. Είναι, συνεπώς,

σύστημα τηλεμετρίας και τηλεχειρισμού, το οποίο συλλέγει πληροφορίες από διάφορες διεργασίες και τις αξιοποιεί για τον εποπτικό τους έλεγχο. Τα συστήματα SCADA είναι ιδιαίτερα δημοφιλή, τόσο σε ιδιαίτερα σύνθετες βιομηχανικές εφαρμογές, όπου απαιτούνται αυτοματισμοί υψηλής αξιοπιστίας και ακρίβειας όσο και σε συστήματα παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία απαιτούν συνεχή και λεπτομερή έλεγχο όλων των κρίσιμων παραμέτρων τους.

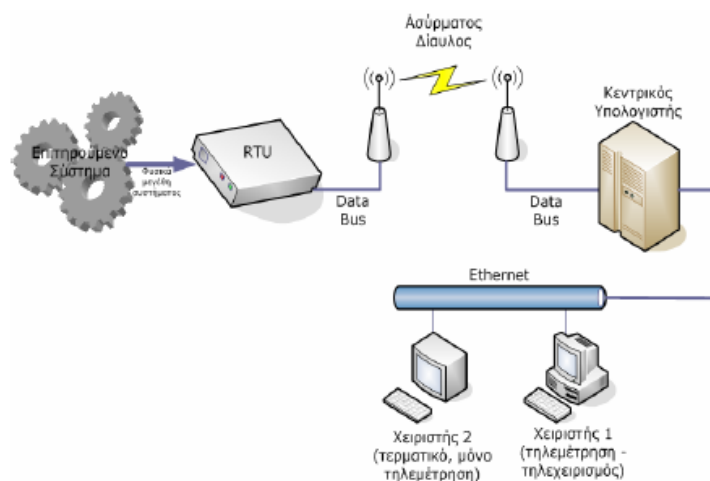
Παρόλο που τα συστήματα αυτά προορίζονται, κυρίως, για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, στις μέρες μας, ωστόσο, γνωρίζουν μία επιπλέον αλματώδη άνθηση, κυρίως λόγω της επέκτασης τους και στην καθημερινή ζωή. Τα λεγόμενα «έξυπνα σπίτια» στηρίζουν την λειτουργία τους στις αρχές των συστημάτων αυτών και με τη χρήση κατάλληλων PLCs και ηλεκτρολογικών υλικών δείχνουν τον δρόμο στο πως η τεχνολογία μπορεί, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, να κάνει την ανθρώπινη ζωή ακόμα πιο άνετη και ταυτόχρονα φιλική στο περιβάλλον.

3.4.2 Βασικά μέρη ενός SCADA

Ένα συνηθισμένο σύστημα SCADA χρησιμοποιεί σαν κεντρικό πυρήνα έναν κεντρικό υπολογιστή, αρκετά μεγάλης υπολογιστικής ισχύος, στον οποίο βρίσκεται το λογισμικό SCADA εγκατεστημένο, όπως και το πρόγραμμα της εκάστοτε εφαρμογής.

Η ζητούμενη τηλεμετρία στον επιθυμητό χώρο, επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση σταθμών τηλεμετρίας RTU (Remote Telemetry Units). Οι σταθμοί αυτοί «διαβάζουν» τις τιμές διαφόρων μεγεθών που μας ενδιαφέρουν (τάση, πίεση, θερμοκρασία κτλ), τις μετατρέπουν σε ηλεκτρικά σήματα και τα σήματα αυτά τα μεταδίδουν ενσύρματα ή ασύρματα με κατάλληλες τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις στον κεντρικό υπολογιστή, ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Από εκεί και πέρα, αρχίζει η παρακολούθηση και επεξεργασία τους από τους χρήστες του κεντρικού υπολογιστή και εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για τη λειτουργία της εκάστοτε διεργασίας (Σχήμα 3.18)



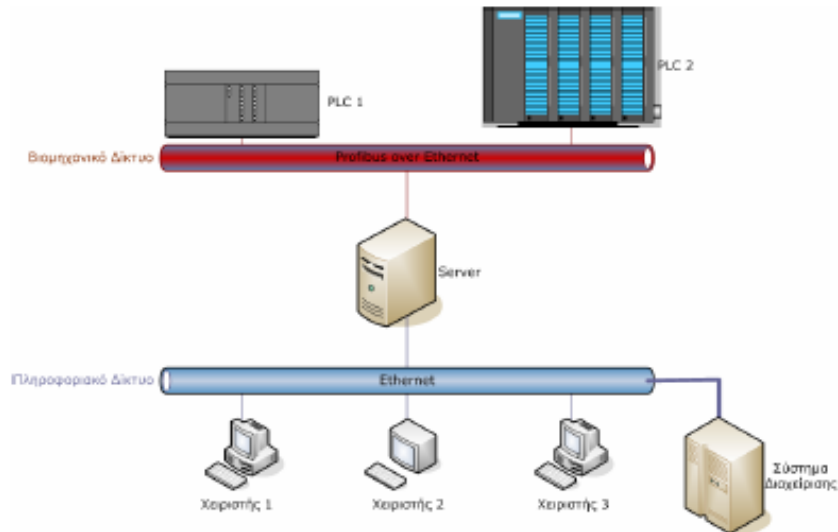
Σχήμα 3.18: Τοπολογία συστήματος SCADA

Ένα πολύ σημαντικό κεφάλαιο στην ολοκλήρωση ενός συστήματος SCADA αποτελούν οι τύποι των δικτύων, με τα οποία επικοινωνούν τόσο ο κεντρικός υπολογιστής με τους χρήστες όσο και τα διάφορα PLCs μεταξύ τους. Για μία σύνθετη βιομηχανική εφαρμογή, συνήθως απαιτούνται αρκετά PLCs, το καθένα επιφορτισμένο με ένα συγκεκριμένο τμήμα της συνολικής λειτουργίας και η διασύνδεση αυτών έχει άμεσες συνέπειες στην ορθή λειτουργία και άμεση ανταπόκριση του SCADA.

Όπως δείχνει και το σχήμα 3.3.2, για την δικτύωση του κεντρικού υπολογιστή με τους χρήστες (πληροφοριακό δίκτυο), χρησιμοποιούνται τα πρωτόκολλα Ethernet ή Token Ring ενώ για την δικτύωση των PLCs (βιομηχανικό δίκτυο), έχουμε τα πρωτόκολλα Profibus, TCP/IP και Industrial Ethernet, με το πρώτο να είναι και το πιο ευρέως διαδεδομένο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε συστήματα SCADA εγκατεστημένα εντός Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, κυριαρχεί το πρωτόκολλο ModBus, αν και τα τελευταία χρόνια γίνεται μία, ανεπιτυχής προς το παρόν, προσπάθεια να επικρατήσει το Profibus παγκοσμίως, για λόγους συμβατότητας και ευκολίας.

Τέλος, για την περίπτωση των «έξυπνων σπιτιών» για τα οποία έγινε λόγος παραπάνω, έχει αναπτυχθεί ένα πολύ ενδιαφέρον και ευέλικτο δίκτυο στις αρχές των παραπάνω, το Instabus EIB ένα σύστημα μεταφοράς και επεξεργασίας δεδομένων μεγάλης ευελιξίας, σχεδιασμένο για τέτοιες διεργασίες μικρής κλίμακας, αλλά μεγάλης αξιοπιστίας και εντυπωσιακών, ομολογουμένως, αποτελεσμάτων.



Σχήμα 3.19: Δικτύωση ενός συστήματος SCADA

3.4.3 Λογισμικό WinCC Professional

Καθώς οι βιομηχανικές διεργασίες γίνονται όλο και περισσότερο πολύπλοκες, δημιουργείται η ανάγκη για δημιουργία ενός απλού και κατανοητού περιβάλλοντος διασύνδεσης του χειριστή με τη διεργασία ώστε με απλές ενέργειες να έχει έλεγχο και

εποπτεία. Αυτό το περιβάλλον το διασφαλίζουν τα HMI συστήματα. Το PLC αποτελεί τη μονάδα που ελέγχει τη διεργασία και το HMI αποτελεί τη μονάδα που διασυνδέει το PLC με τον χρήστη.

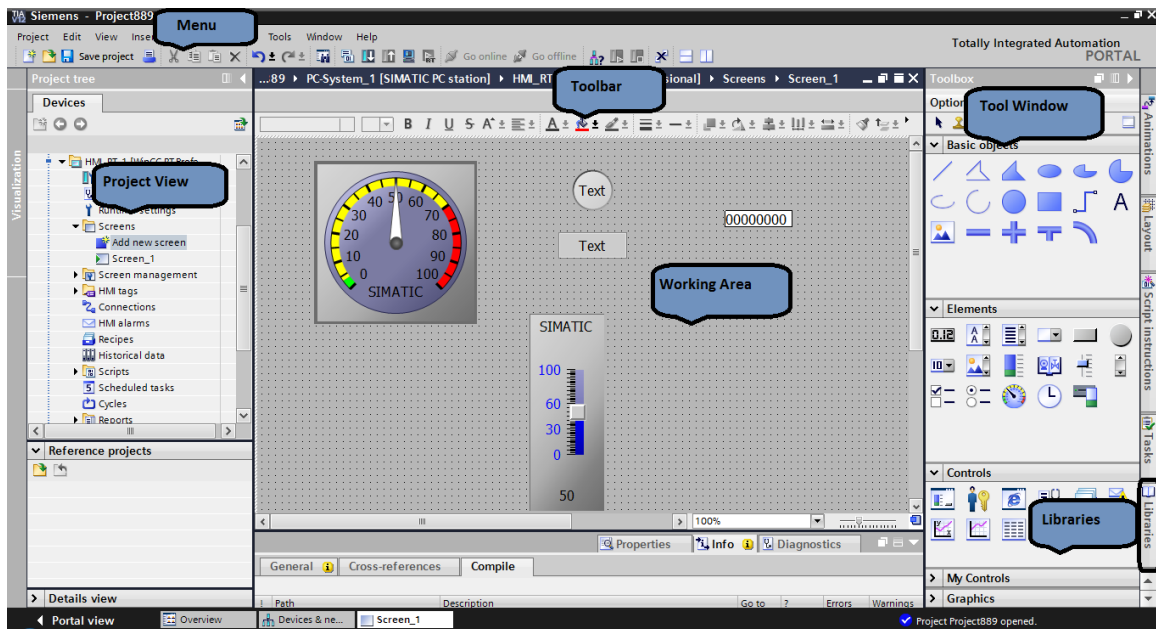
Το λογισμικό WinCC Professional αποτελεί ένα τεχνολογικό και βιομηχανικά ανεξάρτητο σύστημα για την επίτευξη οπτικής απεικόνισης και ελέγχου συνδεδεμένων διεργασιών της παραγωγής και αυτοματοποιημένων διεργασιών. Περιέχει μια πλειάδα συναρτήσεων προσφέροντας δυνατότητες οπτικής και γραφικής απεικόνισης, αρχειοθέτησης και δημιουργίας αναφορών, που είναι πολύ σημαντικές στο βιομηχανικό περιβάλλον.

Το WinCC Professional παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει ένα πλήθος ενεργειών, μεταξύ των οποίων είναι:

- Απεικόνιση – Εποπτεία της διεργασίας
- Έλεγχος της διεργασίας από το χρήστη
- Απεικόνιση προειδοποιητικών μηνυμάτων – σφαλμάτων
- Καταγραφή σε κατάλληλα αρχεία των τιμών από επιλεγμένες μεταβλητές και των σφαλμάτων που μπορεί να προκύψουν
- Εκτύπωση των παραπάνω αρχείων
- Διαχείριση των παραμέτρων της διεργασίας

3.4.4 Βασικά στοιχεία του WinCC Professional

Το WinCC αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:



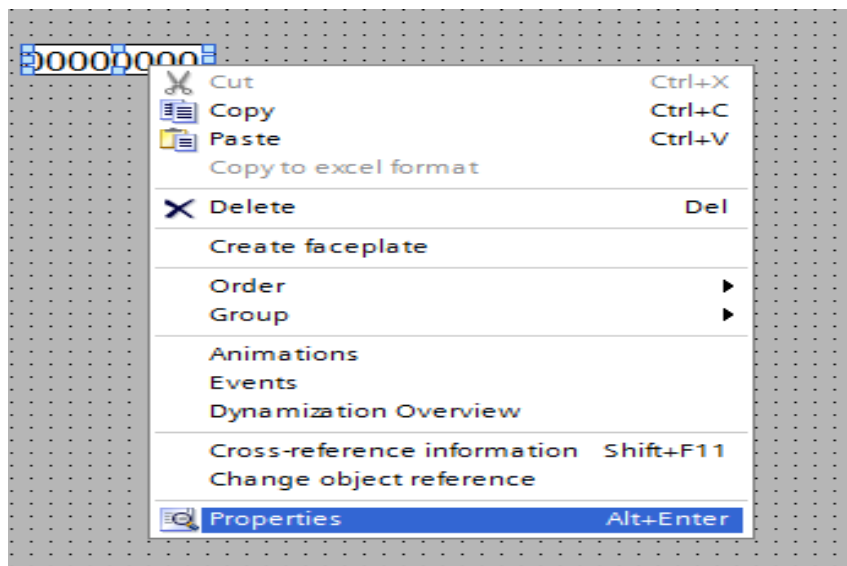
Σχήμα 3.20: Εργαλεία διαμόρφωσης οθόνης HMI

Menu and Toolbars

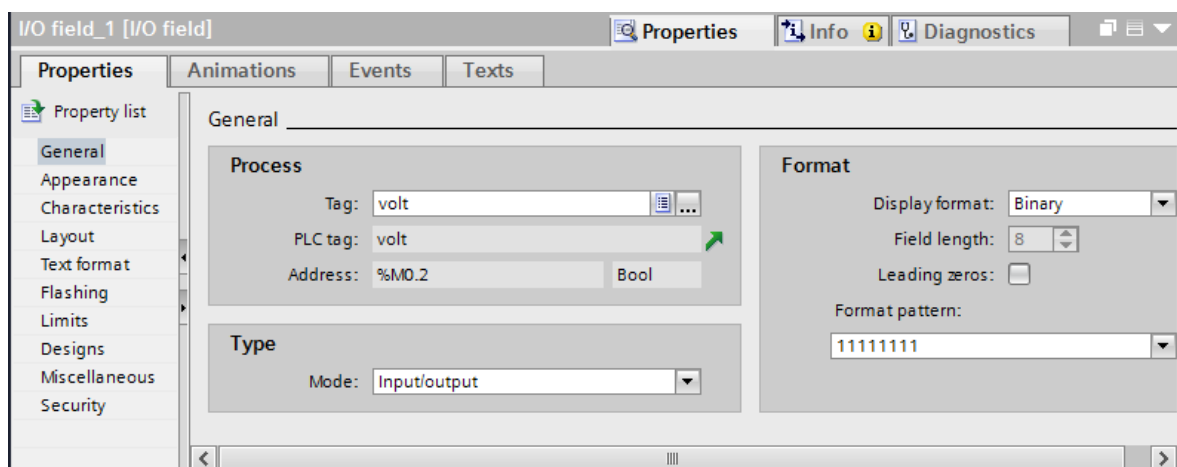
Ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες που παρέχονται στο WinCC μέσω menu και toolbars. Όταν ο δείκτης του ποντικιού μετακινείται πάνω από μια λειτουργία, εμφανίζεται μια επεξήγηση του εργαλείου.

Επιφάνεια εργασίας (Working Area)

Τα αντικείμενα (objects) του project επεξεργάζονται στην επιφάνεια εργασίας. Η επιφάνεια εργασίας αποτελεί και το οπτικό περιβάλλον του συστήματος που ο χρήστης θέλει να δημιουργήσει. Ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει όπως επιθυμεί την επιφάνεια εργασίας προσθέτοντας διάφορα αντικείμενα όπως μπουτόν, ενδεικτικές λυχνίες, sliders κ.α. Επίσης μέσω της επιφάνειας εργασίας και πατώντας δεξί κλικ και επιλογή “properties” σε κάθε αντικείμενο ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει την λειτουργία αλλά και την εμφάνιση του κάθε αντικειμένου όπως φαίνεται στο σχήμα 3.21 και σχήμα 3.22.



Σχήμα 3.21: Επιλογή “properties” στοιχείων οθόνης στο HMI

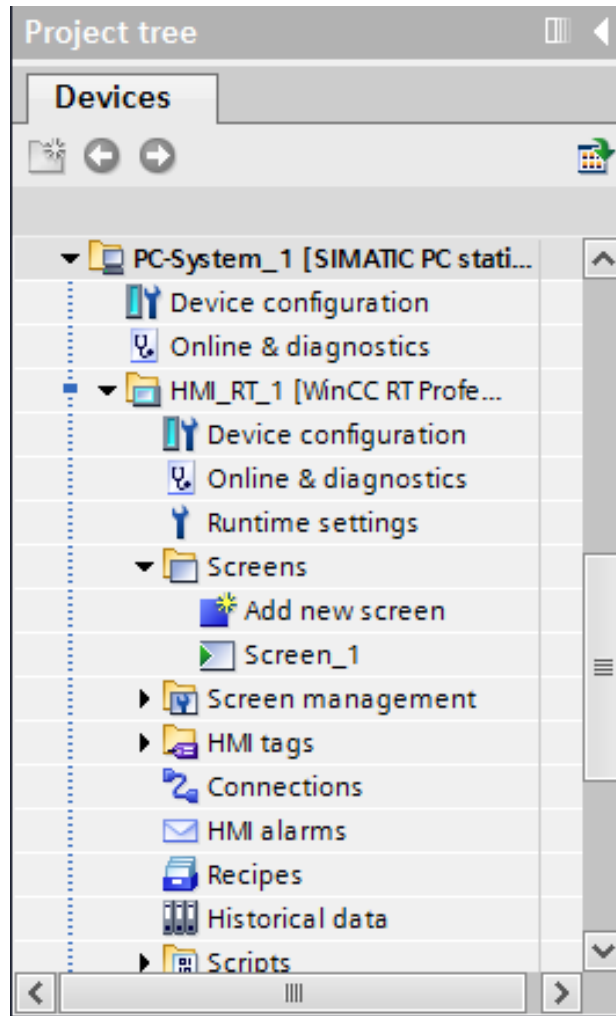


Σχήμα 3.22: Διαμόρφωση στοιχείων μέσω “properties”

Η επιφάνεια εργασίας είναι το βασικότερο κομμάτι του WinCC καθώς εκεί ο χρήστης δημιουργεί και διαμορφώνει τις οθόνες (Screens) που αποτελούν το περιβάλλον εποπτείας.

Project View

Μέσω του Project View ο χρήστης έχει πρόσβαση στα δεδομένα του project. Σε αυτό απεικονίζονται όλα τα στοιχεία με δυνατότητα επεξεργασίας που υποστηρίζονται από την επιλεγμένη συσκευή HMI, καθώς και οι επιλεγμένες συσκευές HMI.



Σχήμα 3.23: Κατάλογος εργαλείων επεξεργασίας HMI

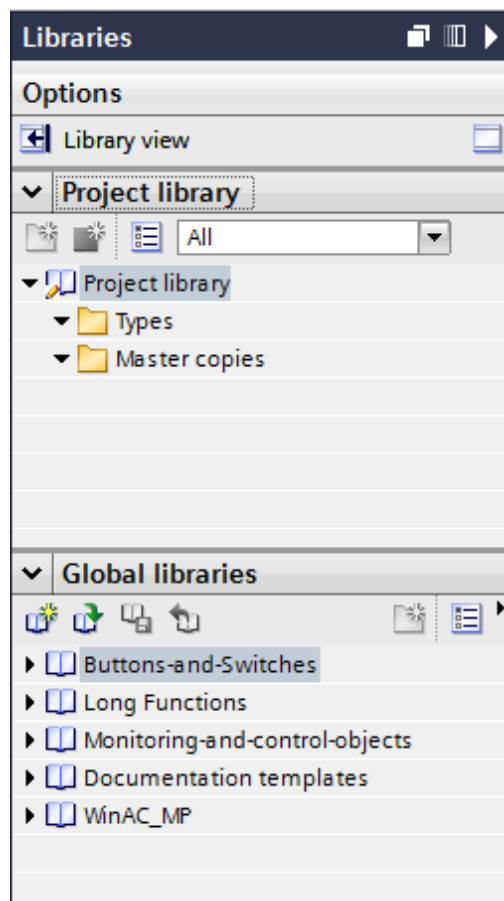
Βιβλιοθήκη (Library)

Η βιβλιοθήκη είναι ένα στοιχείο του toolbox view. Η βιβλιοθήκη παρέχει πρόσβαση στα πρότυπα των αντικειμένων στην οθόνη. Μπορούμε πάντα να προσθέσουμε αντικείμενα στην οθόνη και έτσι να αυξήσουμε την αποτελεσματικότητα του προγραμματισμού. Η βιβλιοθήκη μπορεί να περιέχει όλους τους τύπους αντικειμένων διαμόρφωσης από, από απλά βασικά στοιχεία του HMI, ολόκληρες οθόνες μέχρι και απόλυτα διαμορφωμένες συσκευές HMI.

Το λογισμικό WinCC διακρίνει την βιβλιοθήκη σε Global Libraries και Project Library. Η βασική τους διαφορά είναι ότι οι Global Libraries έχουν μια πιο ευρεία χρήση σε σχέση με τη Project library που περιορίζεται στο κάθε project.

Επίσης έχουμε και κατηγορίες αντικειμένων που περιέχονται στις Global Libraries όπως:

- Buttons and Switches
- Long Functions
- Monitoring and Control objects
- Documentation templates
- WinAC_MP



Σχήμα 3.24: Επιλογή βιβλιοθήκης WinCC

Ανάλυση Προγράμματος Έξυπνου Σπιτιού

4.1 Εφαρμογή

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία υλοποιεί τις λειτουργίες μιας πλήρως αυτοματοποιημένης οικίας (έξυπνο σπίτι) που καλύπτει τις ανάγκες φωτισμού, κλιματισμού καθώς και της ασφάλειας της οικίας μέσω ενός PLC. Το κύριο μέρος αυτής της πτυχιακής αφορά τον προγραμματισμό και την προσομοίωση των λειτουργιών που συνθέτουν ένα έξυπνο σπίτι. Ουσιαστικά μέσω του STEP 7 πραγματοποιήθηκε ο προγραμματισμός σε γλώσσα LADDER του PLC και μέσω του WinCC δημιουργήθηκε το περιβάλλον του χρήστη μέσω του οποίου γίνεται ο έλεγχος και η εποπτεία του συστήματος. Στην συνέχεια αναλύονται τα υποστηριζόμενα σενάρια.

Φωτισμός

Η διαδικασία του αυτομάτου φωτισμού της οικίας έχει ως εξής. Ένας αισθητήρας τοποθετημένος στο εσωτερικού του σπιτιού μετράει την φωτεινότητα ενημερώνοντας τον PID controller για την τρέχουσα κατάσταση φωτεινότητας, (process value) ενώ ο χρήστης ανάλογα με το επίπεδο φωτεινότητας που επιθυμεί δίνει στον PID controller ένα όριο (set point). Στη συνέχεια αφού ο PID επεξεργαστεί τα δεδομένα ενεργοποιεί και απενεργοποιεί ανάλογα τις τρεις διαθέσιμες γραμμές φωτισμού της οικίας. Επίσης ρυθμίζει την θέση των μηχανικών περσίδων που διαθέτουν τα παράθυρα του σπιτιού. Επιπρόσθετα ο χρήστης έχει την δυνατότητα να πραγματοποιήσει όλες τις παραπάνω ρυθμίσεις χειροκίνητα (manual mode).

Κλιματισμός

Το δεύτερο σκέλος της παρούσας εφαρμογής είναι ο κλιματισμός της οικίας. Και σε αυτή την περίπτωση ο PID controller που είναι το βασικό εργαλείο της λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού, παίρνει τις τιμές του αισθητήριου θερμοκρασίας. Αφού λάβει υπόψη την επιθυμητή θερμοκρασία που ορίζει ο χρήστης, επεξεργάζεται τα δεδομένα και δίνει εντολή στο σύστημα κλιματισμού να λειτουργήσει αναλόγως (θέρμανση - ψύξη) ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία.

Ασφάλεια

Η σύνθεση ενός BMS δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί βέβαια χωρίς το στοιχείο της ασφάλειας (security). Στη συγκεκριμένη περίπτωση το σύστημα ασφάλειας παρέχει υπηρεσίες όταν ο χρήστης είναι εντός αλλά και εκτός σπιτιού. Το σύστημα συναγερμού ενεργοποιείται σε περίπτωση παραβίασης, αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σύστημα φωτισμού να

λειτουργεί σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης με τα φώτα να αναβοσβήνουν. Επίσης τη στιγμή της παραβίασης πραγματοποιείται αυτόματη κλήση στην υπηρεσία security.

Όταν ο χρήστης απουσιάζει από την οικία τότε μπορεί να ενεργοποιήσει μια επιπλέον λειτουργία (Away mode). Η λειτουργία Away mode θα ενεργοποιεί τα φώτα του σπιτιού καθώς και τις περσίδες των παραθύρων ανά τακτά χρονικά διαστήματα τα οποία έχει καθορίσει ο χρήστης. Σκοπός του Away mode είναι η προστασία παραβίασης του σπιτιού καθώς και η δημιουργία όσο το δυνατόν καλύτερων συνθηκών στο εσωτερικό του σπιτιού ύστερα από μακροχρόνια αδράνεια της οικίας. Επίσης παρέχει σύστημα πυρασφαλείας καθώς και αισθητήριο κίνησης στο εξωτερικό της οικίας με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση φωτιστικών εδάφους.

4.2 Υλικό

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα εφαρμογή δεν χρησιμοποιήθηκαν αυτούσιες οι συσκευές και το υλικό παρά μόνο το λογισμικό (TIA PORTAL v12) και ο H/Y όπου έγινε ο προγραμματισμός και η προσομοίωση της εφαρμογής. Πέραν τούτου είναι απαραίτητο να γίνει η ακριβής ανάλυση των μέσων σύνταξης της εφαρμογής.

PLC S7-300

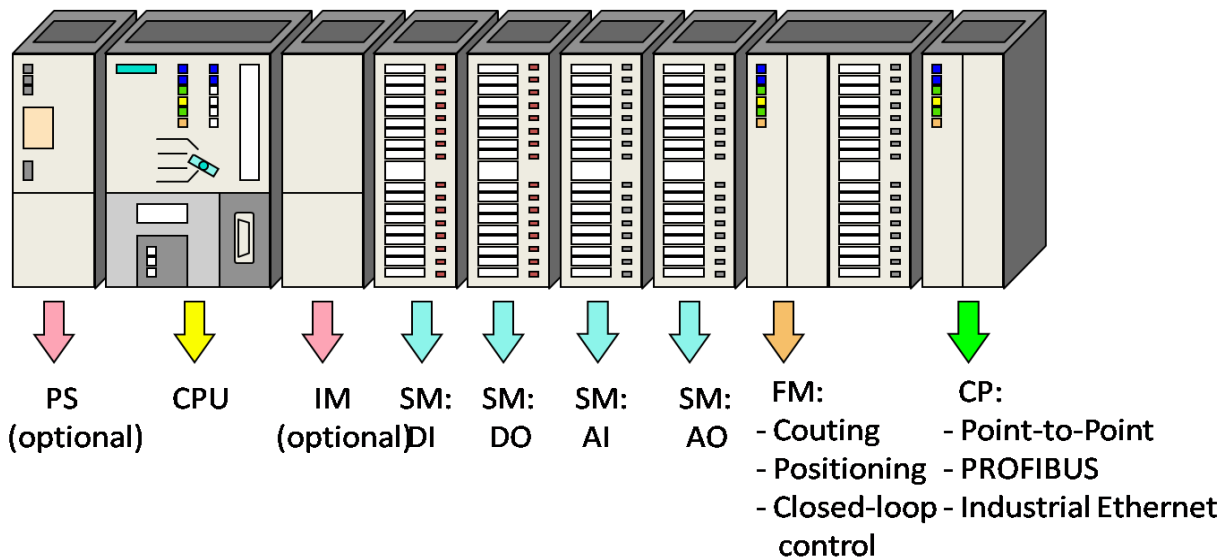
Το PLC με το οποίο πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή είναι το Siemens S7-300. Χρησιμοποιείται κυρίως για μεσαίας κλίμακας εφαρμογές στις οποίες συγκαταλέγονται και οι περισσότερες των εφαρμογών στην ελληνική αγορά. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του είναι:

- Modular μορφή.
- Μεγάλη ποικιλία από CPUs για τη βέλτιστη επιλογή ανάλογα με την επιθυμητή απόδοση
- Επεκτασιμότητα με εύρος έως 32 κάρτες.
- Δικτυώνεται με όλα τα πρότυπα δίκτυα (Profibus, Industrial Ethernet).
- Δεν έχει περιορισμό για τη θέση των επιμέρους καρτών.
- Δεν υπάρχουν μικροδιακόπτες για τη παραμετροποίηση - όλα γίνονται μέσω του λογισμικού.
- Έχει πλήρες 32-bit σετ εντολών (ακόμα και για ημίτονο, συνημίτονο, λογάριθμο, τετραγωνική ρίζα).
- Ενσωματωμένη δυνατότητα δικτύωσης (MPI) στη CPU.
- Ενσωματωμένες δυνατότητες διασύνδεσης με HMI - δεν απαιτείται προγραμματισμός.
- Μνήμη διαγνωστικών - αυτόματη αποθήκευση με χρόνο και ημερομηνία όλων των συμβάντων στο PLC.
- Μια μόνο κάρτα για όλους τους τύπους αναλογικών - η επιλογή γίνεται μέσω του λογισμικού.

Δομή

Κάθε PLC μπορεί να δομηθεί από επιμέρους μονάδες, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία θα χρησιμοποιηθεί. Τα στοιχεία αυτά είναι:

- Πλαίσιο στήριξης των επιμέρους καρτών (Rack)
- Μονάδα τροφοδοσίας (PS-Power Supply).
- Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU – Central Processing Unit).
- Κάρτες εισόδων / εξόδων, ψηφιακές ή αναλογικές (SM – Signal module).
- Κάρτες διασύνδεσης των rack (IM – Interface Module)
- Κάρτες επεξεργασίας σύνθετων και χρονικά κρίσιμων διαδικασιών (FM – Function Module)
- Κάρτες επικοινωνίας (CP – Communication Processor).



Σχήμα 4.1: Μονάδες υποστήριξης ενός PLC

Τροφοδοτικό (Power Supply)

Ο σκοπός του είναι από την υπάρχουσα τάση δικτύου να δημιουργήσει τις απαραίτητες τάσεις για την λειτουργία του ίδιου του PLC (σε καμία περίπτωση δεν αφορά τροφοδοσία κινητήρων, βανών κλπ).

- **Μπαταρία συστήματος**

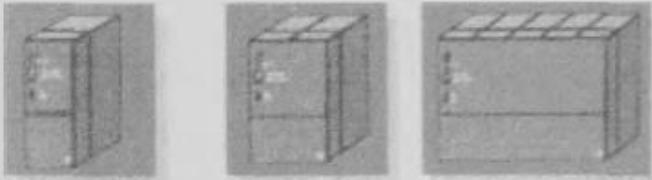
Στο τροφοδοτικό - ανάλογα με την οικογένεια του PLC - τοποθετούμε μία ή δύο μπαταρίες που σκοπό έχουν να διατηρήσουν το πρόγραμμα και ορισμένες παραμέτρους του σε περίπτωση πτώσης της τάσης. Η τυπική διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι περίπου 250 μέρες. Αυτό εξαρτάται βέβαια από πολλούς παράγοντες όπως το μέγεθος της περιοχής μνήμης που πρέπει να διατηρεί (το ορίζει ο προγραμματιστής), το χρονικό διάστημα που το PLC βρίσκεται εκτός τάσης, τις βυθίσεις τάσης του δικτύου κλπ. Η χαμηλή τάση της

μπαταρίας ή η έλλειψη της απεικονίζεται με ενδεικτικά LED στη πρόσοψη της CPU. Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να γράψουμε πρόγραμμα το οποίο θα εκτελεί μια διαδικασία όταν συμβεί το γεγονός αυτό (π.χ. να αναβοσβήσουμε μια λυχνία στη πόρτα του πίνακα). Η αλλαγή της μπαταρίας πρέπει να γίνεται πάντα όταν το σύστημα βρίσκεται υπό τάση, αλλιώς το πρόγραμμα χάνεται.

- **Ονομαστικό ρεύμα εξόδου**

Το ονομαστικό ρεύμα εξόδου του τροφοδοτικού πρέπει να είναι πάντα μεγαλύτερο από το ρεύμα που απορροφούν όλες οι κάρτες που είναι τοποθετημένες στο rack.

Ο έλεγχος είναι απλός - αθροίζοντας το ρεύμα που απορροφά κάθε μια μονάδα χωριστά (από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επιμέρους καρτών) και κατόπιν επιλέγοντας τροφοδοτικό με ρεύμα εξόδου μεγαλύτερο από το σύνολο. Στη σειρά S7-300 οι τροφοδοτικές διατάξεις που παράγουν τις απαραίτητες για τη λειτουργία του PLC εσωτερικές τάσεις, περιλαμβάνονται στο ίδιο κουτί με τη CPU. Απαιτείται μόνο εξωτερική τάση 24V DC η οποία δίνεται από εξωτερικό τροφοδοτικό.



Κάρτα	PS 307; 2A	PS 307; 5A	PS 307; 10A
Τάση εισόδου	120 V/230V AC	120 V/230V AC	120 V/230V AC
Ρεύμα εισόδου	0.8/ 0.5 A	2/ 1 A	3.5/ 1.7 A
Τάση εξόδου	24 V DC	24 V DC	24 V DC
Ρεύμα εξόδου	2A	5A	10A
Απορροφούμενη ισχύς	58 W	138 W	270 W
Διαγνωστικά	Ναι	Ναι	Ναι

Σχήμα 4.2: Τροφοδοτικό PS 307

Εδώ, η μπαταρία του συστήματος τοποθετείται στη CPU. Έτσι, σε περίπτωση που πέσει η τάση δικτύου ή μεταφερθεί ο διακόπτης του τροφοδοτικού από θέση ON σε OFF, το πρόγραμμα καθώς και άλλες περιοχές της μνήμης που ορίζει ο προγραμματιστής διατηρούνται. Ενδεικτικό LED στη πρόσοψη της CPU απεικονίζει την ύπαρξη και σωστή λειτουργία της μπαταρίας. Όταν τοποθετηθεί καινούργια, το LED σβήνει αυτόματα.

Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (Central Processing Unit, CPU)

Σε αυτήν αποθηκεύεται και εκτελείται κυκλικά το πρόγραμμα του χρήστη. Με βάση τις τιμές που διαβάζονται από τις εισόδους καθώς και τις από πριν αποθηκευμένες άλλες τιμές, παράγονται οι αποφάσεις που θα εκτελεστούν για να υλοποιηθεί ο αυτοματισμός της

εγκατάστασης. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέχτηκε η CPU 315-2 PN/DP της σειράς S7-300 της Siemens.

Εσωτερικά στοιχεία

Τα σημαντικότερα στοιχεία που υπάρχουν σε μια CPU είναι:

- Ο **μικροεπεξεργαστής**, ο οποίος εκτελεί το πρόγραμμα που έχει μέσα στη μνήμη του και ελέγχει τη σωστή λειτουργία όλων των μονάδων που είναι συνδεδεμένες σε αυτόν.
- Η **μνήμη**, η οποία χωρίζεται σε διάφορες περιοχές εκ των οποίων οι σημαντικότερες είναι:
 - ✓ **Μνήμη του χρήστη**, όπου αποθηκεύεται το πρόγραμμα που έχει γράψει ο χρήστης για την υλοποίηση του αυτοματισμού και τυχόν δεδομένα.
 - ✓ **Μνήμη του λειτουργικού συστήματος**, όπου περιλαμβάνει τα block κώδικα και δεδομένα που σχετίζονται με την εκτέλεση του λειτουργικού συστήματος του PLC.
 - ✓ **Μνήμη για τα χρονικά, απεριθμητές, βοηθητικά.**
 - ✓ **Μνήμη για την απεικόνιση των εισόδων**
 - ✓ **Μνήμη για την απεικόνιση των εξόδων**

Εξωτερικά στοιχεία

- Διακόπτης με κλειδί με θέσεις RUN-P / RUN / STOP / MRES.
- Ενδεικτικά LED για τη κατάσταση της CPU.
- Θέση για σύνδεση της συσκευής προγραμματισμού ή των συσκευών καταγραφής και απεικόνισης.
- Θέση για τοποθέτηση εξωτερικής μνήμης.

Όταν ο διακόπτης είναι γυρισμένος στη θέση **RUN-P** είναι δυνατόν να τροποποιηθεί το πρόγραμμα της CPU ή να αλλάξει το περιεχόμενο των θέσεων μνήμης ενώ η CPU εκτελεί το υπάρχον πρόγραμμα.

Στη θέση **RUN** (θέση όπου μπορεί να αφαιρεθεί το κλειδί) ο χρήστης μπορεί μόνο να διαβάσει πληροφορίες από τη CPU. Αυτή η θέση χρησιμοποιείται μόνο για λόγους ασφάλειας όταν ο χρήστης δεν επιθυμεί να έχουν πρόσβαση στο σύστημα μη εξουσιοδοτημένα άτομα.

Στη θέση **STOP** το πρόγραμμα που υπάρχει στη CPU δεν εκτελείται. Καλό είναι όταν μεταφέρεται το πρόγραμμα στη CPU από τη συσκευή προγραμματισμού ο διακόπτης να βρίσκεται σε αυτή τη θέση για λόγους ασφαλείας.

Στη θέση **MRES** ο χρήστης μπορεί να σβήσει το πρόγραμμα που υπάρχει στη CPU, γυρίζοντας και κρατώντας το διακόπτη σε αυτή την θέση για μερικά δευτερόλεπτα. Σε αυτή την περίπτωση το ενδεικτικό LED της κατάστασης STOP αναβοσβήνει. Όταν σταματήσει να αναβοσβήνει η διαδικασία αρχικοποίησης της επαναφοράς έχει ολοκληρωθεί και ο χρήστης μπορεί να αφήσει το διακόπτη ο οποίος επανέρχεται στη θέση STOP. Τέλος για να ολοκληρωθεί η διαδικασία επαναφοράς ο χρήστης θα πρέπει να γυρίσει στιγμιαία το διακόπτη ξανά στη θέση MRES.

Καινοτομίες

Οι υψηλές ταχύτητες επεξεργασίας (κάτω του 0,3 msec για 1 kB δυαδικών εντολών), το εκτεταμένο σετ εντολών (32 bit, αριθμοί κινητής υποδιαστολής, τριγωνομετρικές συναρτήσεις), η ελευθερία στη θέση τοποθέτησης των καρτών, οι μεγάλες μνήμες (έως 16 MB), η παραμετροποίηση των καρτών μέσω του λογισμικού, η ενσωματωμένη δυνατότητα δικτύωσης και οι λειτουργίες επιτήρησης και ελέγχου χωρίς κατανάλωση μνήμης του χρήστη και προγραμματισμό είναι μερικά από τα δυνατά σημεία της νέας γενιάς των PLCs της σειράς S7.

Σε κάθε CPU πλέον υπάρχει ενσωματωμένο το δίκτυο MPI (Multi Point Interface) μέσω του οποίου μπορούν αν επικοινωνούν μεταξύ τους έως 32 σταθμοί (συσκευές προγραμματισμού, PC, PLC, συσκευές επιτήρησης και χειρισμών) με ταχύτητα έως 187,5 KBPS

Για τις υπηρεσίες επίβλεψης και χειρισμών δεν απαιτείται προγραμματισμός στη πλευρά του PLC, πράγμα το οποίο εξοικονομεί μνήμη και ελευθερώνει τη CPU από επιπλέον λειτουργίες. Το γεγονός αυτό μειώνει το χρόνο και το κόστος της ανάπτυξης ενός έργου.

Οι απαραίτητες λειτουργίες για τις υπηρεσίες επικοινωνιών (MPI, Point to Point, Profibus, Industrial Ethernet) αποτελούν τμήμα του λειτουργικού συστήματος οπότε δεν επιβαρύνεται η μνήμη χρήστη που είναι διαθέσιμη για τα προγράμματα του χρήστη. Επιπλέον δεν επιβαρύνεται ο κύκλος εκτέλεσης του προγράμματος.

Τα διαγνωστικά μηνύματα του συστήματος τα ορίζει ο χρήστης μέσω κατάλληλης παραμετροποίησης. Αυτά αποθηκεύονται με ώρα και ημερομηνία σε ειδικό χώρο (Diagnostic Buffer) ικανό να κρατήσει έως 120 εγγραφές και μπορεί να τα δει ο χρήστης είτε με τη συσκευή προγραμματισμού, είτε να τα εκμεταλλευθεί στο πρόγραμμα του για να αναλάβει το PLC κάποιες ενέργειες είτε τέλος να τα απεικονίσει σε κάποια συσκευή επιτήρησης και χειρισμών.

Υπάρχουν 3 κατηγορίες μηνυμάτων που καταγράφονται ανάλογα με την προέλευση τους, αν αφορούν:

- τη CPU (Hardware ή Software) εάν έπεσε σε κατάσταση stop, εάν έγινε ολική επαναφορά στο σύστημα (overall reset) κλπ.
- τις κάρτες, εάν αφαιρέθηκε η φύσα των καλωδίων, εάν υπάρχει βραχυκύκλωμα, κομμένο καλώδιο σε αναλογικό σήμα, κατεστραμμένη κάρτα κλπ.
- τη διαδικασία παραγωγής, όπου μετά από κατάλληλη παραμετροποίηση μέσω του λογισμικού επιτηρούνται κρίσιμες παράμετροι της εγκατάστασης.

Σε ορισμένες CPUs υπάρχει ενσωματωμένο interface για σύνδεση σε δίκτυο Profibus DP (π.χ. CPU315-2DP). Αυτές οι CPUs μπορούν να είναι είτε master - οπότε διαβάζουν τις εισόδους κι επενεργούν στις εξόδους των άλλων σταθμών στο δίκτυο, είτε είναι slaves - οπότε παρέχουν στο master του δικτύου τις δικές τους τιμές. Μέσα από αυτό το δίκτυο μπορούν να λειτουργήσουν και οι υπηρεσίες προγραμματισμού (μία συσκευή

προγραμματισμού συνδεδεμένη στο δίκτυο αυτό μπορεί να προγραμματίσει τη CPU) και επιτήρησης και χειρισμών (Operator Panel).

Για να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα για τη CPU ο χρήστης χρειάζεται μία ειδική συσκευή προγραμματισμού (PG) ή ένα κοινό PC με το κατάλληλο πρόγραμμα (Step 7), κάρτα και καλώδιο επικοινωνίας με τη CPU (MPI). Με αυτά τα ελάχιστα στοιχεία μπορεί να γράψει κανείς ένα πρόγραμμα, να το τεκμηριώσει με σχόλια, να μεταφέρει το πρόγραμμα στη CPU, να ελέγξει τη ροή του, να ελέγξει διάφορα διαγνωστικά του ίδιου του PLC, να υλοποιήσει το ενσωματωμένο στη CPU δίκτυο MPI.

Για το S7-300 μια μεγάλη γκάμα από CPUs είναι στη διάθεση του χρήστη για να διαλέξει για εφαρμογές μεσαίας εμβέλειας (περίπου έως 1.000 σήματα ψηφιακά, 256 αναλογικά). Διαφέρουν κυρίως ως προς το:

- εάν έχουν ή όχι ενσωματωμένες εισόδους / εξόδους.
- εάν έχουν ή όχι ενσωματωμένο Profibus DP interface.
- πλήθος των εισόδων / εξόδων που υποστηρίζουν.
- μέγεθος της ενσωματωμένης μνήμης RAM.

Η θέση της CPU στο rack είναι προκαθορισμένη (θέση 2, αμέσως δεξιά δηλαδή από το τροφοδοτικό). Στη σειρά S7-300 μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία μόνο CPU σε κάθε σύστημα.

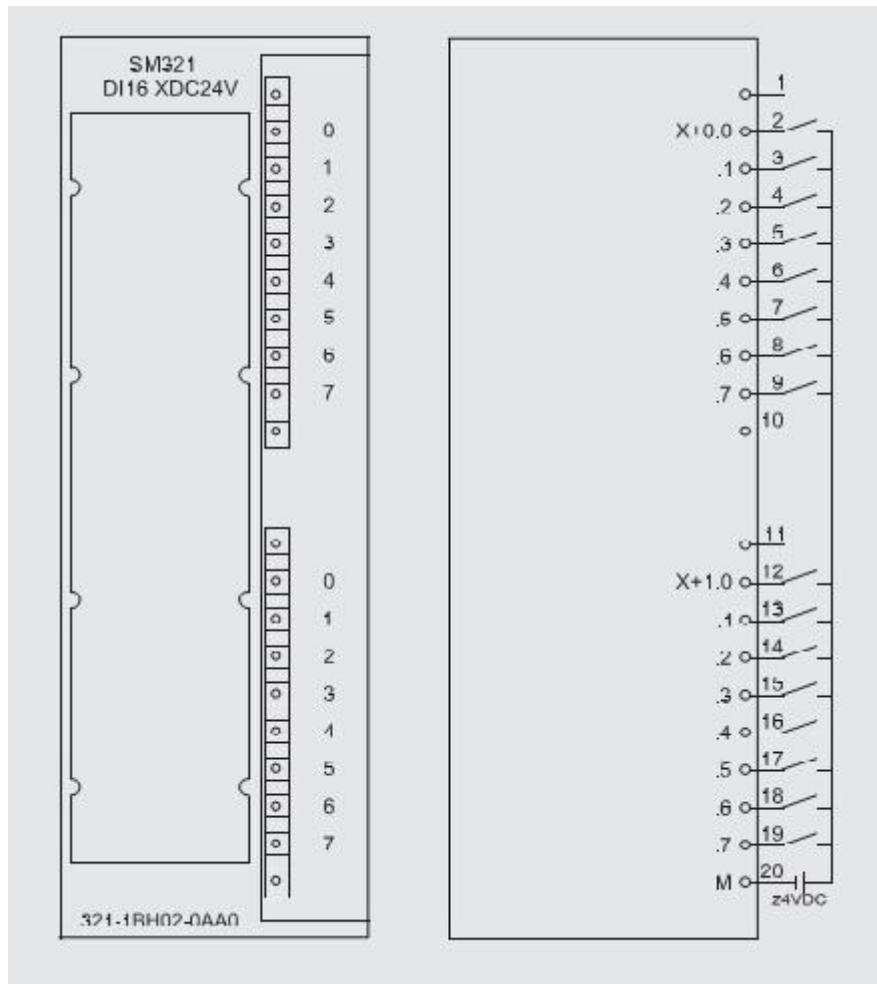


Σχήμα 4.3: CPU 315-2 PN/DP

Μονάδες Ψηφιακών Εισόδων (Digital Input – DI)

Ο ρόλος τους είναι να μεταφέρουν την εικόνα της εγκατάστασης στη CPU, όπως για παράδειγμα ότι πατήθηκε ένας τερματικός διακόπτης ή ότι ο χειριστής πάτησε ένα μπουτόν. Η πληροφορία αυτή μεταφέρεται στην κάρτα εισόδου, ψηφιοποιείται και αποθηκεύεται στη μνήμη απεικόνισης εισόδων.

Σαν ψηφιακή πληροφορία εννοούμε αυτήν που μπορεί να πάρει μόνο 2 διακριτές τιμές. Έτσι για παράδειγμα, σε ένα έμβολο ο τερματικός του διακόπτης είτε θα είναι ενεργοποιημένος είτε όχι. Σε ηλεκτρική υλοποίηση σημαίνει ότι ο τερματικός διακόπτης είναι μία επαφή η οποία μπορεί να είναι είτε ανοικτή είτε κλειστή. Αν τροφοδοτηθεί μια επαφή με τάση τότε η τάση αυτή, όταν κλείσει η επαφή, θα εμφανιστεί και στην αντίστοιχη εισόδου του PLC. Όταν υπάρχει τάση σε μια είσοδο του PLC τότε εκεί έχουμε σήμα «1» ενώ στην αντίθετη περίπτωση έχουμε σήμα «0». Ενδεικτικά, μια ψηφιακή κάρτα 16 εισόδων / 24 VDC φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.4: Ψηφιακή κάρτα 16 εισόδων

Μια μονάδα εισόδων μπορεί να έχει 8, 16 ή 32 εισόδους ανάλογα με το τύπο της μονάδας. Στα όρια μιας κάρτας χρησιμοποιείται η ίδια τάση. Έτσι, σε μια κάρτα 16 εισόδων / 24 V DC σε όλες τις εισόδους πρέπει να φέρει τάση 24 V DC διαφορετικά αυτή θα καταστραφεί. Δίπλα από αυτή τη κάρτα μπορεί να τοποθετηθεί, αν το απαιτεί ο αυτοματισμός, μια κάρτα για παράδειγμα 230 V AC χωρίς να υπάρχει κανένα πρόβλημα.

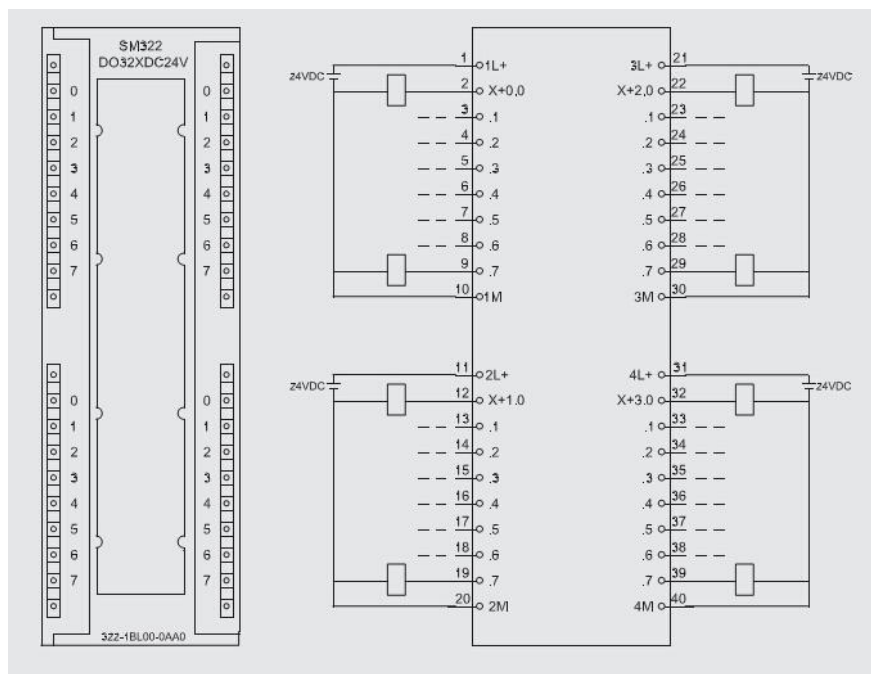
Ένα επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό των μονάδων εισόδου είναι η καθυστέρηση που εισάγει η κάρτα στην μεταφορά του σήματος προς την CPU και την οποία θα πρέπει να λάβει

κανείς υπόψη του όταν πρόκειται να ελέγξει γρήγορες διαδικασίες. Οι τυπικές τιμές αυτής της χρονικής καθυστέρησης είναι 1.2 έως 25 ms. Θα πρέπει επίσης να λάβει κανείς υπόψη του την μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας της κάρτας και το αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή όχι σε εκρηκτικό περιβάλλον (διυλιστήρια κλπ.).

Μονάδες Ψηφιακών Εξόδων (Digital Output – D/Q)

Ο ρόλος τους είναι να μετατρέπουν τις αποφάσεις που πήρε η CPU σε εντολές προς την εγκατάσταση, όπως για παράδειγμα να εκκινήσει ένας κινητήρας, να ανάψει μια λυχνία ή να ηχήσει μια σειρήνα. Οι αποφάσεις αυτές βρίσκονται καταχωρημένες στη μνήμη απεικόνισης εξόδων της CPU και μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα από τις κάρτες εξόδων. Οι κάρτες εξόδου λειτουργούν σαν διακόπτες, στους οποίους δίνει ο χρήστης την τάση και όταν κλείσει ο διακόπτης η τάση μεταφέρεται στο υπόλοιπο κύκλωμα. Έτσι, η τροφοδοσία των μονάδων εξόδου γίνεται εξωτερικά, ανάλογα με το την τάση που χρησιμοποιείται

Σε αντιστοιχία με τις κάρτες εισόδου το πρώτο χαρακτηριστικό που θα πρέπει να λάβει υπόψη του κάποιος είναι η τάση και το ρεύμα εξόδου της κάρτας. Έτσι λοιπόν η τάση εξόδου της κάρτας που θα πρέπει να συμφωνεί με αυτή του φορτίου και αντίστοιχα το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να δώσει η κάρτα προς το φορτίο. Ενδεικτικά, μια κάρτα 32 ψηφιακών εξόδων / 24 VDC φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.5: Ψηφιακή μονάδα με 32 εξόδων.

Οι τάσεις που έχουν επικρατήσει κυρίως στην Ευρώπη είναι τα 24V DC και τα 230V AC. Ένα σύστημα μπορεί να αποτελείται από μονάδες διαφόρων τάσεων, αν το απαιτεί η εγκατάσταση, σε οποιαδήποτε συνδυασμό και ποσότητα (π.χ. 2 κάρτες εισόδων 24 V DC, 3 κάρτες εισόδων 230 V AC και 4 κάρτες εξόδων 230 V AC).

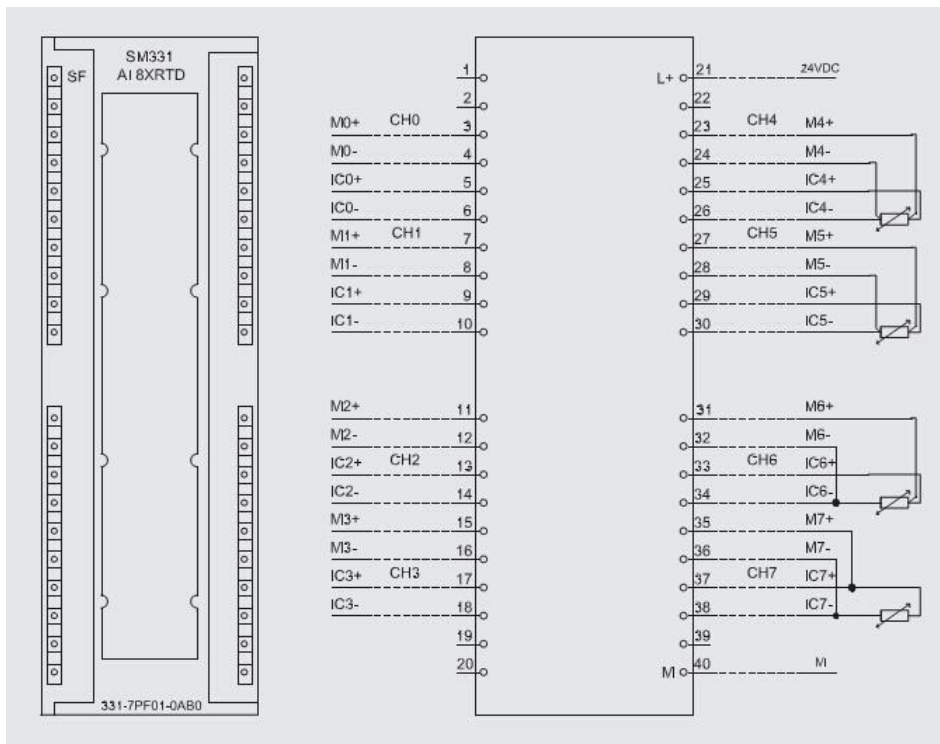
Μια μονάδα εξόδων μπορεί να έχει 8, 16 ή 32 εξόδους ανάλογα με το τύπο της μονάδας. Στα όρια μιας μονάδας χρησιμοποιείται η ίδια τάση. Έτσι, σε μια μονάδα 16 εξόδων / 24 V DC σε όλες τις εξόδους εμφανίζεται τάση 24 V DC.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό για τις μονάδες εξόδου είναι και το ενεργό στοιχείο εξόδου δηλαδή η τελική διακοπτική βαθμίδα που παρέχει την ισχύ στο φορτίο. Αυτή είναι συνήθως transistor αν πρόκειται για DC μονάδα εξόδου ή triac και relay για AC μονάδα εξόδου. Έτσι ανάλογα με την εφαρμογή επιλέγει κανείς το καταλληλότερο στοιχείο, (π.χ. αν πρόκειται να ελέγξουμε μια λυχνία συναγερμού που θα αναβοσβήνει δεν έχει έννοια να χρησιμοποιηθεί κάρτα με relays αφού επαφές του θα καταστραφούν σε μικρό χρονικό διάστημα λόγω του αναβοσβήσιματος (flashing)). Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των μονάδων εξόδους είναι ίδια με αυτά των μονάδων εισόδου που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Μονάδες Αναλογικών Εισόδων (Analog Input – A/I)

Στην καθημερινή πρακτική μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα σήματα που έχουν διαρκή μεταβολή. Έτσι στην παρακολούθηση της στάθμης μίας δεξαμενής συχνά μας ενδιαφέρει το ακριβές ύψος της (π.χ. 88 cm) και όχι μόνο το αν η στάθμη είναι πάνω ή κάτω από ένα όριο, πληροφορία που θα επέστρεφε ένα φλοτέρ τοποθετημένο σε κατάλληλο σημείο. Τέτοιου είδους μεγέθη που έχουν ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο φάσμα τιμών, ονομάζονται αναλογικά.

Για την επεξεργασία τους θα πρέπει να μετατραπεί πρώτα το φυσικό μέγεθος σε ηλεκτρικό με την βοήθεια του κατάλληλου αισθητήρα και στη συνέχεια εισάγεται στο PLC. Έτσι στο παράδειγμα της στάθμης μιας δεξαμενής ένα φυσικό μέγεθος που αντιστοιχεί στη στάθμη και μπορεί εύκολα να μετρηθεί είναι η υδροστατική πίεση. Με την βοήθεια λοιπόν του αισθητήρα πίεσης η υδροστατική πίεση μετατρέπεται σε ηλεκτρικό μέγεθος. Σε αυτό το παράδειγμα τα 0m (ή αλλιώς 0 bar) μπορούν να αντιστοιχιστούν σε τάση 0V και τα 10m (ή 1 bar) σε τάση 10V. Οποιαδήποτε ενδιάμεση τιμή π.χ. 3,25 m θα έχει την αντίστοιχη ηλεκτρική της αναπαράσταση δηλαδή θα είναι 3.25V. Οι μονάδες που έχουν την δυνατότητα να επεξεργαστούν τέτοια αναλογικά σήματα και να τα μετατρέψουν σε μορφή κατάλληλη να τα επεξεργαστεί η CPU είναι οι μονάδες αναλογικών εισόδων. Οι κάρτες αναλογικών εισόδων λοιπόν δέχονται ρεύματα ή τάσεις που παράγονται από τα αναλογικά αισθητήρια. Οι τυποποιημένες τιμές για τα ρεύματα είναι 0-20mA και 4-20 mA ενώ για τις τάσεις το 0-10V. Στο σχήμα 4.6 παρουσιάζεται μια αναλογική μονάδα με 8 εισόδους (ή κανάλια).



Σχήμα 4.6: Αναλογική μονάδα 8 εισόδων.

Όταν δεν επιβάλλεται συγκεκριμένο πρότυπο από την ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση, το πιο συνηθισμένο πρότυπο είναι αυτό των 4-20mA γιατί αφενός μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μήκος καλωδίου μέχρι και 1 km και αφετέρου επιτρέπει την ανίχνευση κομμένου καλωδίου. Αυτό γίνεται πολύ απλά αφού κατά την αντιστοίχιση του φυσικού μεγέθους π.χ. πίεση 0-10Bar σε ένα ρεύμα 4-20mA τότε ακόμα και όταν η πίεση είναι μηδέν στον αγωγό θα κυκλοφορεί το ρεύμα που αντιστοιχεί σε αυτήν την τιμή δηλαδή 4mA. Επομένως αν το PLC διαπιστώσει ότι σε μια αναλογική είσοδο ανιχνεύεται ρεύμα 0mA γνωρίζει ότι δεν έχει μηδενισθεί το φυσικό μέγεθος που παρακολουθεί αλλά έχει κοπεί ο αγωγός μεταφοράς και προβαίνει στις κατάλληλες ενέργειες πχ να δηλώσει ένα σφάλμα ή να ειδοποιήσει τον χρήστη. Επιπλέον τα πρότυπα ρεύματος είναι περισσότερο ανεκτικά σε ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο από τα αντίστοιχα τάσης. Υπάρχουν επίσης μονάδες για άμεση σύνδεση θερμοζευγών και θερμοαντιστάσεων για την μέτρηση θερμοκρασιών.

Ένα άλλο μέγεθος που έχει ενδιαφέρον στην επιλογή των μονάδων αναλογικών εισόδων είναι η διακριτική τους ικανότητα. Για να γίνει κατανοητή έννοια της διακριτικής ικανότητας θα πρέπει να αναφερθεί ένα παράδειγμα μετατροπής ενός αναλογικού μεγέθους. Για να μπορέσει η να επεξεργαστεί η CPU ένα αναλογικό μέγεθος αυτό θα πρέπει να μετατραπεί από την μονάδα αναλογικών εισόδων σε ένα αριθμό. Έτσι μια αναλογική τάση 0-10 V θα μπορούσε να μετατραπεί είτε σε ένα ακέραιο αριθμό από 0-255 αν η αντίστοιχη μονάδα είχε διακριτική ικανότητα 8bit είτε σε ένα ακέραιο αριθμό από 0-4095 αν η αντίστοιχη μονάδα είχε διακριτική ικανότητα 12bit. Προφανώς στην δεύτερη περίπτωση η ακρίβεια είναι πολύ καλύτερη αφού τα διαθέσιμα βήματα μετατροπής της τάσης είναι πολύ περισσότερα.

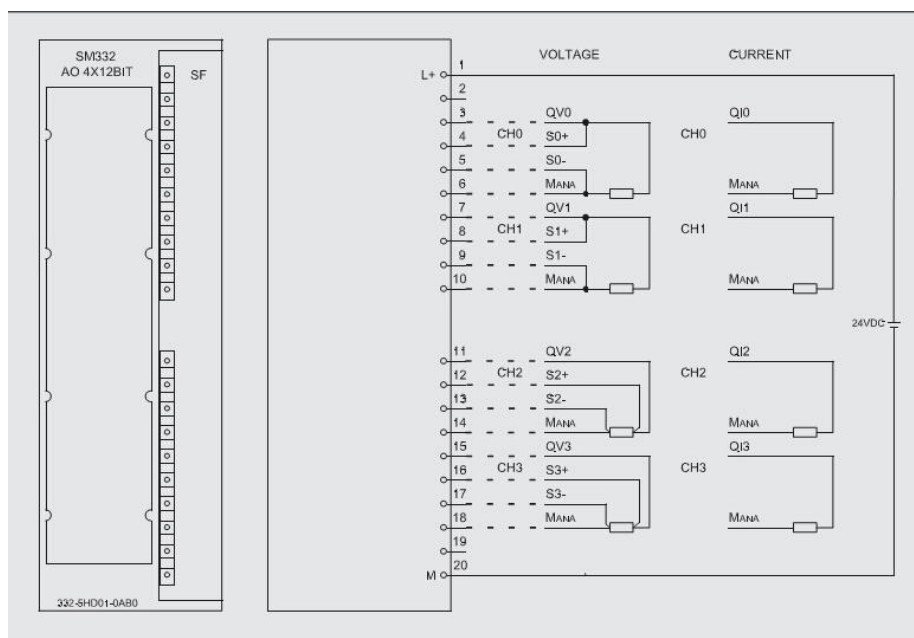
Το πλήθος των δυαδικών ψηφίων που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση του αναλογικού μεγέθους καθορίζει το μέγιστο αριθμό των βημάτων μετατροπής και άρα την ακρίβεια του συστήματος. Συνήθως χρησιμοποιούνται 12 ή 14 bit.

Μονάδες Αναλογικών Εξόδων (Analog Output – A/Q)

Στις παραγωγικές διαδικασίες πολλές φορές απαιτείται να ελεγχθεί το ποσοστό λειτουργίας μιας μονάδας και όχι μόνο αν θα λειτουργεί ή όχι. Έτσι για παράδειγμα η παροχή καυσίμου σε ένα μπέκ θα μπορούσε να ρυθμίσει την θερμοκρασία ενός λέβητα, ή ο έλεγχος των στροφών ενός κινητήρα την ταχύτητα μιας μεταφορικής ταινίας. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση μιας κάρτας αναλογικών εξόδων. Η κάρτα αυτή αναλαμβάνει να μετατρέψει το αριθμητικό μέγεθος το οποίο υπολόγισε η CPU στην κατάλληλη τιμή ρεύματος ή τάσης ώστε να μπορεί να οδηγηθεί το ανάλογο εξάρτημα που ελέγχει το φυσικό μέγεθος της εγκατάστασης.

Έτσι, για τον έλεγχο του ανοίγματος μιας αναλογικής δικλείδας από 0-100 % (και άρα την παροχή του υγρού σε έναν αγωγό), η μονάδα των αναλογικών εξόδων θα τροφοδοτήσει την αναλογική δικλείδα με ρεύμα 4-20 mA. Οι μεταβολές του ρεύματος θα αντιστοιχούν σε μεταβολές (0-100%) του ποσοστού ανοίγματος της δικλείδας.

Όπως είναι προφανές όλα τα χαρακτηριστικά των μονάδων αναλογικών εξόδων είναι σε πλήρη αντιστοιχία με αυτά των μονάδων αναλογικών εισόδων.



Σχήμα 4.7: Αναλογική μονάδα 4 εξόδων

Αισθητήρια

Αναγκαίο εργαλείο για την πραγματοποίηση της εφαρμογής είναι τα αισθητήρια. Τα αισθητήρια που χρησιμοποιήθηκαν δίνουν στο PLC πληροφορίες σχετικά με τη θερμοκρασία, τη φωτεινότητα και την κατάσταση του χώρου που εξετάζεται. Μέσω του προγράμματος που αναπτύχθηκε, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες των PID ελεγκτών και τις πληροφορίες των

αισθητηρίων, το PLC θα λάβει τις απαραίτητες αποφάσεις σύμφωνα με τα δεδομένα που έχει. Τα αισθητήρια που απαιτούνται για τις ανάγκες της εφαρμογής αναλύονται στην συνέχεια.

Αισθητήρας Φωτισμού Titan Products L.t.d (TPLLO)

Για τις ανάγκες μέτρησης της φωτεινότητας της οικίας χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας TPLLO της εταιρίας Titan Products L.t.d. Ο TPLLO είναι κατάλληλος για μέτρησεις φωτεινότητας σε χώρους όπως ενός σπιτιού. Διαθέτει αναλογική έξοδο 4-20 mA ή 0-10 Volt και το εύρος μέτρησης του είναι 0-10000 Lux.



Σχήμα 4.8: Αισθητήρας Φωτισμού Titan Products Ltd. (TPLLO)

Αισθητήρας Θερμοκρασίας QAA2061 (Siemens)

Το αισθητήριο θερμοκρασίας της Siemens QAA2061 λειτουργεί με τάση τροφοδοσίας 24 Volt AC 50/60 Hz ενώ το σήμα εξόδου του μπορεί να είναι είτε 0-10 Volt είτε 4-20 mA. Η περιοχή μέτρησης της θερμοκρασίας ορίζεται από -70°C έως 150°C.



Σχήμα 4.9: Αισθητήρας θερμοκρασίας QAA2061 (Siemens)

Αισθητήρας Κίνησης Εξωτερικού Χώρου ARGUS (Schneider 120)

Ο αισθητήρας κίνησης εξωτερικού χώρου ARGUS της εταιρίας Schneider τροφοδοτείται με τάση 220-240 Volt, 50 Hz. Το εύρος ανίχνευσης είναι 12 μέτρα ενώ η γωνία ανίχνευσης είναι 120°.

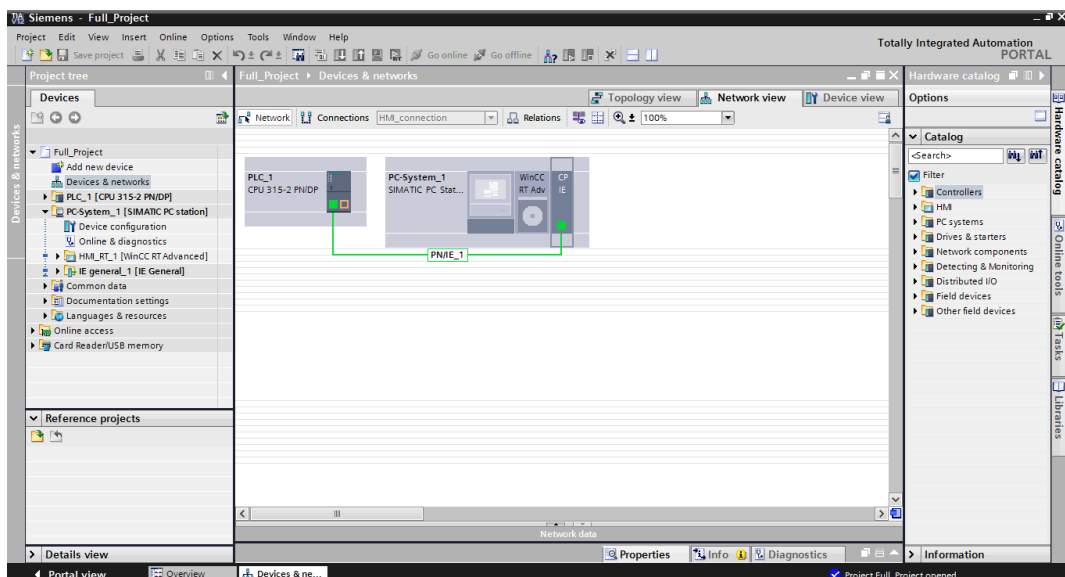


Σχήμα 4.10: Αισθητήρας Κίνησης Εξωτερικού Χώρου ARGUS (Schneider 120)

4.3 Δημιουργία εφαρμογής

Το πρόγραμμα που υλοποιεί τον έλεγχο του έξυπνου σπιτιού, δημιουργήθηκε με το λογισμικό TIA Portal. Αρχικά γίνεται η επιλογή του hardware configuration που θα χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία έλεγχου του σπιτιού, στο επίπεδο του TIA Portal. Το hardware configuration όπως φαίνεται στο «network view» (σχήμα 4.11) αποτελείται από τα εξής modules:

- PLC S7-300 με κωδικό 315-2 PN/DP
- SIMATIC PC station με WinCC RT Advanced
- Module επέκτασης CP-IE για την επικοινωνία του PLC με το λογισμικό του H/Y (WinCC RT Advanced)



Σχήμα 4.11: Network view του προγράμματος ελέγχου έξυπνου σπιτιού

Στο αριστερό μέρος του Network view (Σχήμα 4.11) φαίνεται το PLC S7-300 ενώ στο κέντρο φαίνεται το HMI. Επίσης με την πράσινη γραμμή απεικονίζεται η profinet σύνδεση μεταξύ PLC και HMI.

4.4 Δημιουργία των tag tables σε PLC και HMI

Μετά την επιλογή του hardware configuration, δημιουργούμε το PLC tag table με όλες τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα (Σχήμα 4.12). Μέσω του PLC tag table πραγματοποιήθηκε η ανάθεση ονομάτων στις μεταβλητές για καλύτερη και ευκολότερη χρήση αυτών. Επομένως στο PLC tag table υπάρχουν όλες οι εισοδοι, οι έξοδοι και οι μνήμες που χρησιμοποιούνται. Επίσης υπάρχουν και κάποιες βοηθητικές μεταβλητές τύπου word και double word.

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
56	Ekswterika_fwta	Default tag table	Bool	%M54.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
57	aisthithras_paraviashs	Default tag table	Bool	%M54.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
58	reset_secure_mode_1	Default tag table	Bool	%M54.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
59	persides_reset	Default tag table	Bool	%M55.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
60	persides_reset_2	Default tag table	Bool	%M55.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
61	persides_reset_3	Default tag table	Bool	%M55.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
62	aisthithras_fwtiass	Default tag table	Bool	%M55.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
63	SECURING_ACTION	Default tag table	Bool	%M55.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
64	SECURE	Default tag table	Bool	%M55.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
65	LOCKING_ACTION	Default tag table	Bool	%M55.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
66	LUX_line_1	Default tag table	Real	%MD98		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
67	LUX_line_2	Default tag table	Real	%MD102		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
68	LUX_line_3	Default tag table	Real	%MD106		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
69	reset_persides_timer_main	Default tag table	Timer	%T4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
70	diakopths_manual	Default tag table	Bool	%M110.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
71	fwtia	Default tag table	Bool	%M55.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
72	persides_timer_1s	Default tag table	Bool	%M48.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
73	timer_on	Default tag table	Bool	%M11.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
74	away_mode_action_timer	Default tag table	Timer	%T5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
75	Ekswterikos_Aisthithras	Default tag table	Bool	%M48.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
76	diakopths_auto	Default tag table	Bool	%M48.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
77	diakopths_dual_option	Default tag table	Bool	%M48.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
78	clock_persides	Default tag table	Timer	%T0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
79	temp_scale_volt	Default tag table	Int	%MW60		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
80	clock_persides_down	Default tag table	Timer	%T2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
81	<Add new>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Σχήμα 4.12: PLC tag table

Στη συνέχεια υλοποιήθηκε η δημιουργία του HMI tag table, με τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του HMI καθώς και η δήλωση με ποιες μεταβλητές του PLC tag table συνδέονται (Σχήμα 4.13).

Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name
aisithiras	Default tag table	Real	HMI_connect...	PLC_1
aisithiras_fvtias	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
aisithiras_paraviashs	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
auto_mode	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
Call_Security_office	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
CONTLC_DB_LMN	Default tag table	Real	HMI_connect...	PLC_1
cooling	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
diakopths	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
diakopths_dual_option	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
diakopths_manual	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
Ekswterika_fvta	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
Ekswterikos_Aisithiras	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
fvta	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
grammh_1	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
grammh_2	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
grammh_3	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
heat_slider	Default tag table	Int	HMI_connect...	PLC_1
heating	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
IEC_Timer_0_DB_2_IN	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1
LMN	Default tag table	Int	HMI_connect...	PLC_1
lmn_monitor	Default tag table	Real	HMI_connect...	PLC_1
lmn22	Default tag table	DInt	HMI_connect...	PLC_1
LOCKING_ACTION	Default tag table	Bool	HMI_connect...	PLC_1

Σχήμα 4.13: HMI tag table

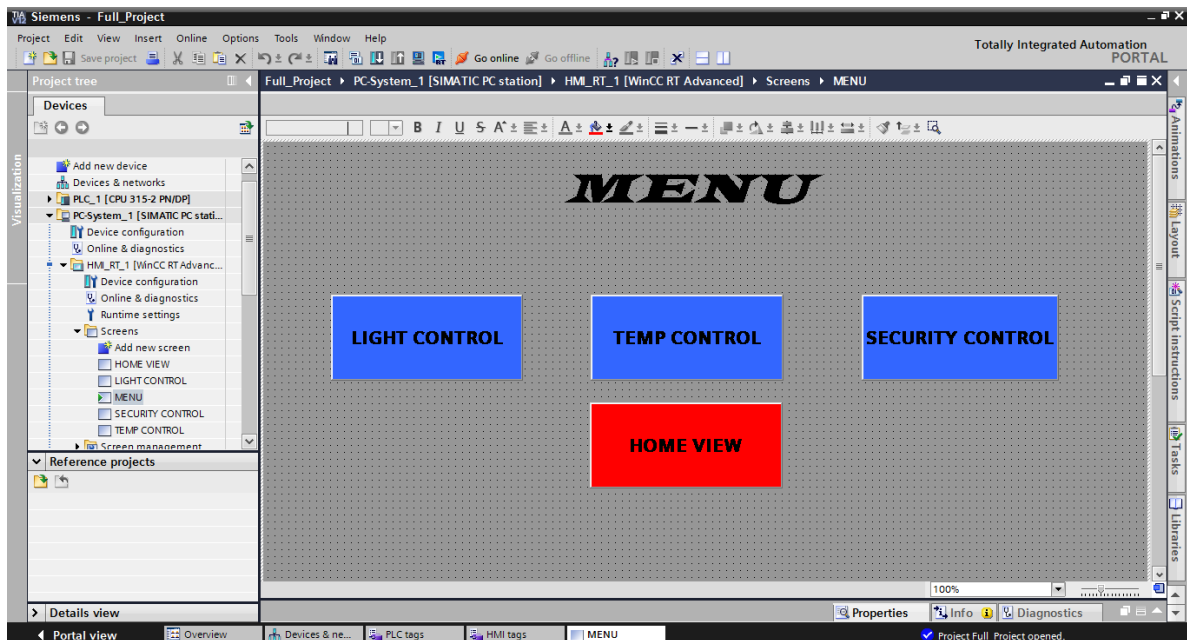
Στο δεξί μέρος του σχήματος 4.13 υπάρχουν τρεις στήλες που έχουν σημασία. Η μία δείχνει το «data type» της κάθε μεταβλητής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όλες σχεδόν οι μεταβλητές μας είναι Bool. Η άλλη δείχνει αν υπάρχει σύνδεση της συγκεκριμένης μεταβλητής με κάποια του PLC που στο συγκεκριμένο δίκτυο αναγνωρίζεται ως PLC_1. Η τρίτη δείχνει με ποια μεταβλητή συγκεκριμένα υπάρχει η σύνδεση. Αυτό σημαίνει ότι μόλις μια εντολή ενεργοποιήσει ή απενεργοποιήσει κάποια συγκεκριμένη μεταβλητή του HMI, τότε ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα συμβαίνει και στην αντίστοιχη μεταβλητή με την οποία είναι συνδεδεμένη από το tag table του PLC. Με αυτή την αντιστοίχιση των μεταβλητών γίνεται και η επικοινωνία του PLC με το HMI που συνδέονται μεταξύ τους με καλώδιο Ethernet.

4.5 Διαμόρφωση των Screens του HMI

Στη συνέχεια γίνεται η διαμόρφωση και η παραμετροποίηση της κάθε Screen (οθόνης) ξεχωριστά, που εμφανίζεται στο χρήστη μέσω της HMI.

1^η οθόνη «MENU»

Σε αυτή την οθόνη (Σχήμα 4.14) βρίσκεται το κεντρικό μενού όπου ο χρήστης επιλέγει τη μορφή του έλεγχου που θέλει να επεξεργαστεί και να διαμορφώσει (π.χ. LIGHT CONTROL) καθώς επίσης του δίνεται η δυνατότητα να μεταβεί στην οθόνη που επιτρέπει την επίβλεψη της οικίας μέσω της επιλογής «HOME VIEW».



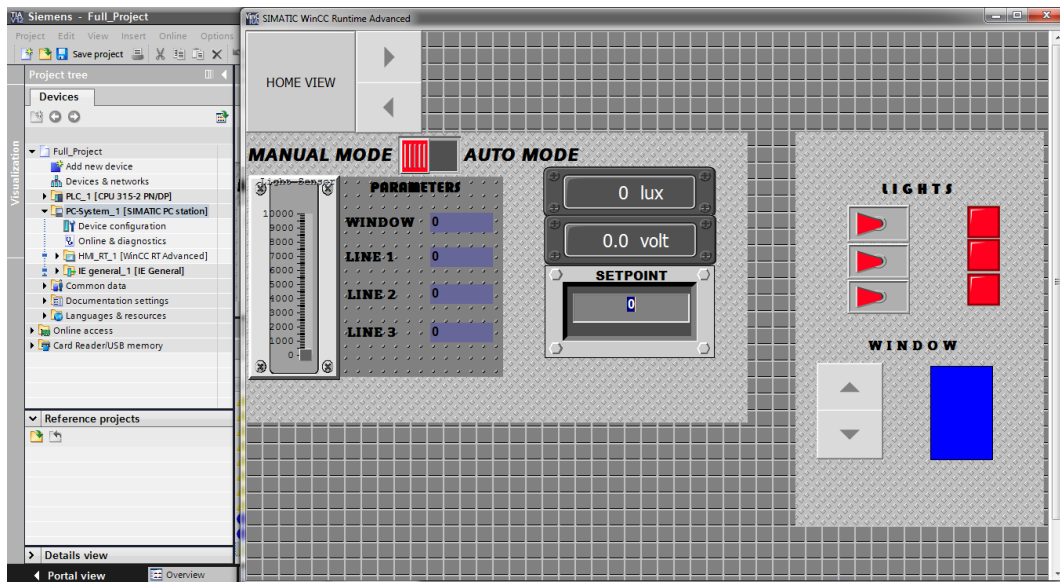
Σχήμα 4.14: Οθόνη MENU

Στην οθόνη υπάρχουν πέντε αντικείμενα, ένα text field και τέσσερα buttons.

- Το text field γράφει «MENU». Χρησιμοποιείται απλά για να απεικονίσει κάτι στατικό στο χρήστη, έχοντας στόχο την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας αυτής της οθόνης. Εισάγεται από το task των basic objects που βρίσκεται στα δεξιά της οθόνης του TIA Portal. Με drag & drop τοποθετείται στην επιθυμητή θέση και απλά στο κείμενο πληκτρολογείται το επιθυμητό κείμενο.
- Τα 4 μπουτόν μόλις τα πιάσει ο χρήσης τον μεταφέρουν στην αντίστοιχη οθόνη. Υπάρχουν δύο τρόποι για να δημιουργηθούν. Ο ένας είναι να τοποθετηθεί ένα μπουτόν από το task των elements που βρίσκεται επίσης στο δεξί μέρος του TIA Portal. Αφού τοποθετηθεί στην επιθυμητή θέση με drag & drop μπορούμε να πληκτρολογήσουμε το κείμενο που επιθυμούμε να εμφανίζεται. Στη συνέχεια επιλέγοντας το κατάλληλο μπουτόν με αριστερό κλικ, επιλέγουμε το μενού properties→events. Εκεί επιλέγεται σαν εντολή «activate screen» και στο Screen name μπαίνει το όνομα της οθόνης που επιθυμούμε να ενεργοποιηθεί. Ο δεύτερος τρόπος είναι να δημιουργηθούν από μόνα τους από το σύστημα. Αυτό βέβαια συμβαίνει μόνο αν η εισαγωγή της HMI έχει γίνει μέσω του «HMI Device Wizard».

2η οθόνη LIGHT CONTROL

Σε αυτή την οθόνη ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ελέγχει τη φωτεινότητα του σπιτιού επιλέγοντας την φωτεινότητα που επιθυμεί και πληκτρολογώντας την στο πεδίο SET POINT που φαίνεται στην οθόνη.



Σχήμα 4.15: Οθόνη Light Control

Πιο αναλυτικά σε αυτή την οθόνη υπάρχει καταρχήν δυνατότητα αυτόματης και χειροκίνητης λειτουργίας γυρίζοντας τον διακόπτη είτε στο manual mode είτε στο auto mode. Επίσης δίνεται η δυνατότητα εποπτείας στο χρήστη μέσω ενδείξεων φωτεινότητας, τάσης και ενδεικτικών λυχνιών για τη σωστή λειτουργία των γραμμών φωτισμού. Επίσης απεικονίζεται και το επίπεδο των περσίδων των παραθύρων.

Γυρίζοντας το διακόπτη στο manual mode ο χρήστης μπορεί να ανοιγοκλείνει τις γραμμές φωτισμού μέσω των διακοπών που υπάρχουν στο πλαίσιο Lights και να ενημερώνεται μέσω των ενδεικτικών λυχνιών για την ενεργοποίηση των γραμμών φωτισμού. Κάτι παρόμοιο γίνεται και στο πλαίσιο Window όπου ο χρήστης πατώντας συνεχόμενα το κουμπί με το βέλος προς τα πάνω ανεβάζει τις περσίδες του παραθύρου προσφέροντας μεγαλύτερη φωτεινότητα στο χώρο και αντίστροφα πατώντας το κουμπί με το βέλος προς τα κάτω. Για την κατάσταση των περσίδων μας ενημερώνει το γράφημα που βρίσκεται ακριβώς δίπλα το οποίο δημιουργήθηκε από το task των elements με την βοήθεια της επιλογής bar. Δηλαδή η μπάρα που δημιουργήθηκε παίρνει τιμές από το επίπεδο των περσίδων και τις μεταφέρει εικονικά στο γράφημα ώστε ο χρήστης να μπορεί να ελέγχει το παράθυρο ακόμα και αν δεν έχει οπτική επαφή.

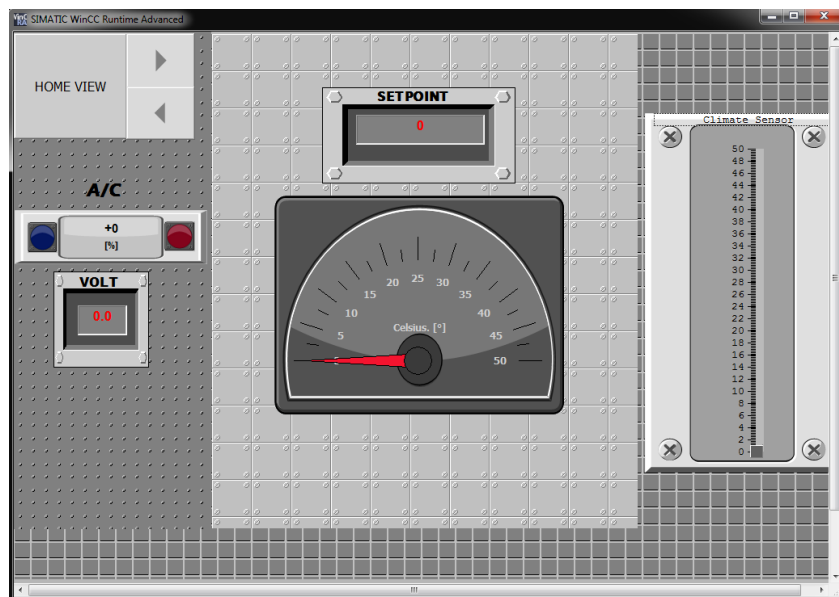
Στην επιλογή του διακόπτη στο auto mode ο χρήστης μπορεί να θέσει ένα set point δηλαδή την φωτεινότητα που επιθυμεί. Πέρα από αυτό όμως θα πρέπει να δημιουργήσει και τις συνθήκες φωτεινότητας καθώς σε αυτή την εργασία όπως είπαμε γίνεται μια προσομοίωση της πραγματικής λειτουργίας ολόκληρου του συστήματος συμπεριλαμβανομένων και των καιρικών συνθηκών. Για ακριβώς αυτό το λόγο υπάρχουν τα πλαίσια Parameters και Light Sensor όπου στο πλαίσιο Parameters στην επιλογή Window ο χρήστης πληκτρολογεί την φωτεινότητα που μπορεί να δίνει το παράθυρο σε κάθε περίπτωση όπως και στις επιλογές Line 1, Line 2, Line 3 για κάθε μια από τις γραμμές φωτισμού. Στο πλαίσιο Light Sensor υπάρχει ένα slider που αντικαθιστά το αισθητήριο φωτεινότητας με το οποίο ο χρήστης επιλέγει το σήμα που διαβάζει ο αισθητήρας.

Τέλος στο πάνω αριστερά μέρος της οθόνης βρίσκονται 3 μπουτόν. Με το κουμπί HOME VIEW ο χρήστης μεταφέρεται στην οθόνη που αναλαμβάνει την εποπτεία της οικίας. Με τα άλλα δυο κουμπιά γίνεται μεταφορά στην προηγούμενη ή επόμενη οθόνη ανάλογα το κουμπί που επιλέγει ο χρήστης.

3η οθόνη TEMPERATURE CONTROL

Από αυτή την οθόνη ο χρήστης μπορεί να ελέγχει την θερμοκρασία του σπιτιού αλλά και να εποπτεύει όλη την λειτουργία του συστήματος ψύξης / θέρμανσης. Ο χρήστης επιλέγει τη θερμοκρασία που επιθυμεί η οποία μεταφράζεται σε set point και πληκτρολογείται στο αντίστοιχο πλαίσιο της οθόνης έλεγχου θερμοκρασίας

Σε αυτή την οθόνη όπως και στην προηγούμενη υπάρχει η αναπαράσταση του αισθητήρα, αυτός βρίσκεται στο δεξιό μέρος της οθόνης στο πλαίσιο που γράφει Climate Sensor, εκεί ανάλογα την θερμοκρασία που διαβάζει το αισθητήριο σε συνδυασμό με το set point που έχει επιλέξει ο χρήστης το σύστημα ψύξης / θέρμανσης αναλόγως θερμαίνει ή ψύχει τον χώρο.



Σχήμα 4.16: Οθόνη Temperature Control

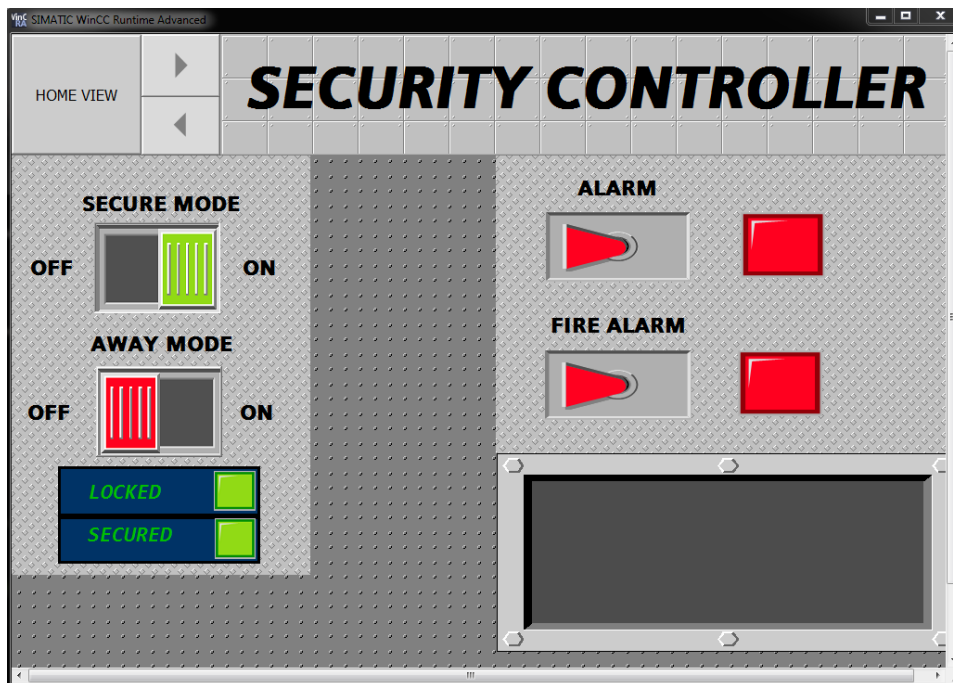
Αυτό μπορούμε να το δούμε από τις ενδεικτικές λυχνίες που βρίσκονται στα αριστερά της οθόνης στο πλαίσιο «A/C», όταν θερμαίνει ανάβει το κόκκινο λαμπάκι ενώ όταν ψύχει το μπλε. Επίσης ο χρήστης έχει την δυνατότητα να βλέπει το ποσοστό επί τις εκατό στο οποίο δουλεύει το σύστημα το οποίο έχει προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζει και εξοικονόμηση ενέργειας το οποίο είναι βασικό για ένα έξυπνο σπίτι, αυτό το καταφέραμε με την απενεργοποίηση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης όταν βρίσκεται στο $\pm 5\%$ της περιοχής του set point. Τέλος σε αυτή την οθόνη υπάρχει επίσης ένδειξη των Volt του αισθητήρα και δυνατότητα αλλαγής της οθόνης

4η οθόνη SECURITY CONTROLLER

Στην οθόνη αυτή υπάρχει ο SECURITY CONTROLLER από εδώ ο χρήστης μπορεί να έχει τον πλήρη έλεγχο της ασφάλειας της κατοικίας του. Το σύστημα ασφάλειας του σπιτιού

απαρτίζεται από συναγερμό παραβίασης κατοικίας και συναγερμό πυρασφάλειας, και στις δυο περιπτώσεις έχουμε και αυτόματη τηλεφωνική κλήση στην αρμόδια υπηρεσία άμεσης δράσης.

Ο χρήστης έχει επίσης την δυνατότητα της επιλογής AWAY MODE όπου το σύστημα ασφάλειας θα ενεργοποιεί το σύστημα φωτισμού για ένα μικρό χρονικό διάστημα όπως επίσης θα ανοίγει και τις περσίδες από τα παράθυρα έτσι με σκοπό την αποτροπή κάποιας παραβίασης σε ένα υποτιθέμενο ενεργό σπίτι.



Σχήμα 4.17: Οθόνη Security Controller

Το SECURITY CONTROLLER είναι εξοπλισμένο με μια μικρότερη ενσωματωμένη οθόνη όπου εκεί αναγράφονται οι διαδικασίες έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση συναγερμού. Πάνω από την ενσωματωμένη οθόνη υπάρχουν δυο διακόπτες, ο ένας που γράφει ALARM ενεργοποιεί τον συναγερμό παραβίασης, ο δεύτερος που γράφει FIRE ALARM ενεργοποιεί τον συναγερμό πυρασφάλειας. Σε κάθε ενεργοποίηση ενός συναγερμού ανάβει και η αντίστοιχη ενδεικτική λυχνία που βρίσκεται δίπλα από κάθε διακόπτη.

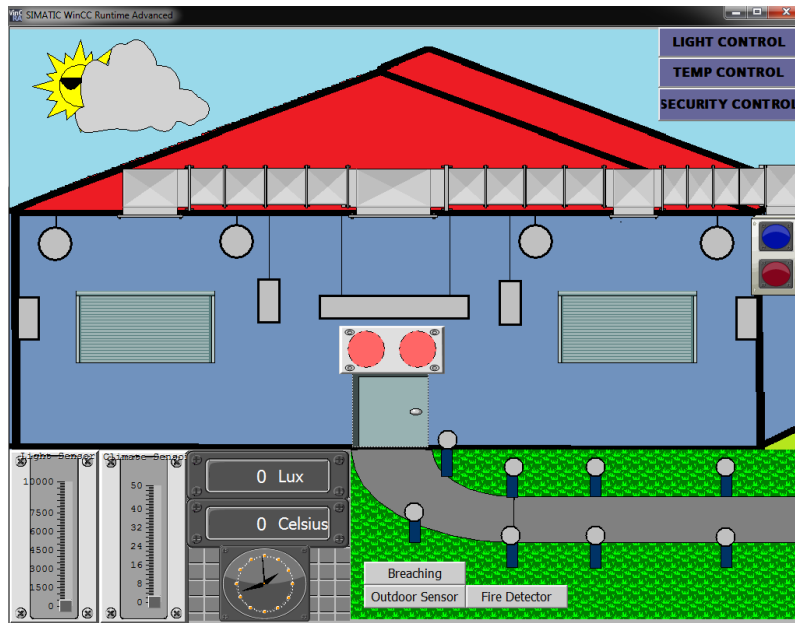
Το βασικό εργαλείο αυτής της οθόνης είναι το SECURE MODE, γυρίζοντας τον διακόπτη στο ON η κατοικία κλειδώνει και μπαίνει σε κατάσταση ασφάλειας, το σύστημα βεβαιώνει τον χρήστη για τη διαδικασία αυτή μέσω της οθόνης κατάστασης με το μήνυμα το LOCKED και SECURED και την ενεργοποίηση της αντίστοιχης λυχνίας.

Τέλος υπάρχει και ο διακόπτης του AWAY MODE το οποίο αναλύθηκε πιο πάνω καθώς και μπουτόν τα οποία δίνουν τη δυνατότητα αλλαγής οθόνης.

5η οθόνη HOME VIEW

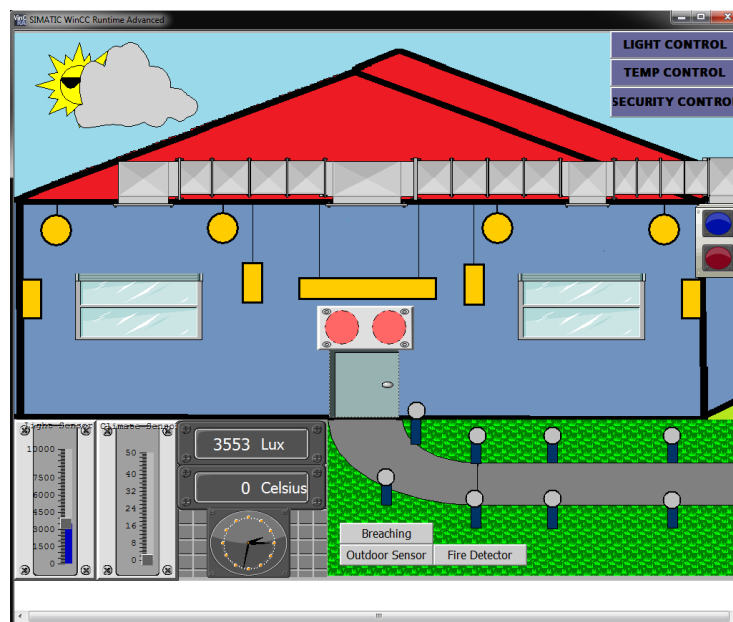
Η οθόνη HOME VIEW είναι η οθόνη όπου απεικονίζεται το έξυπνο σπίτι μαζί με όλες τις λειτουργίες του. Ο χρήστης έχει και εδώ τη δυνατότητα έλεγχου αφού υπάρχουν και εδώ

sliders και ενδείξεις φωτεινότητας και θερμοκρασίας, αυτό που κάνει ξεχωριστή αυτή την οθόνη είναι ότι τα αποτελέσματα φαίνονται άμεσα στη λειτουργία του σπιτιού αλλά και στο χρήστη.



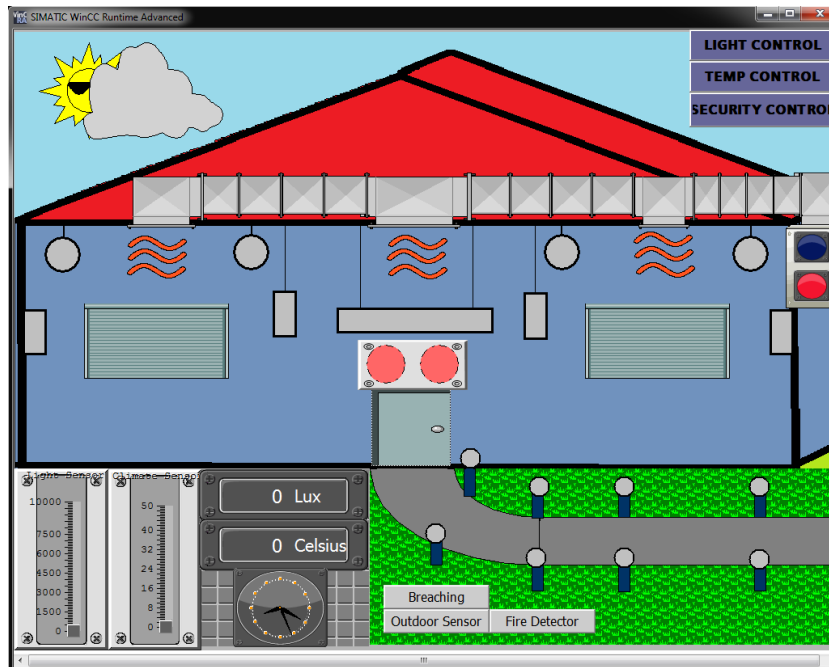
Σχήμα 4.18: Οθόνη Home View

Ξεκινώντας από την λειτουργία του φωτισμού ο χρήστης διακρίνει τις τρεις γραμμές φωτισμού ανοιχτές. Η πρώτη είναι αυτή με τις στρογγυλές λάμπες, η δεύτερη με τις ορθογώνιες και η τρίτη με το μεγάλο φωτιστικό στο κέντρο του σπιτιού. Επίσης οι περσίδες των παραθυριών είναι ανοιχτές για να παρέχουν φωτεινότητα όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.19.

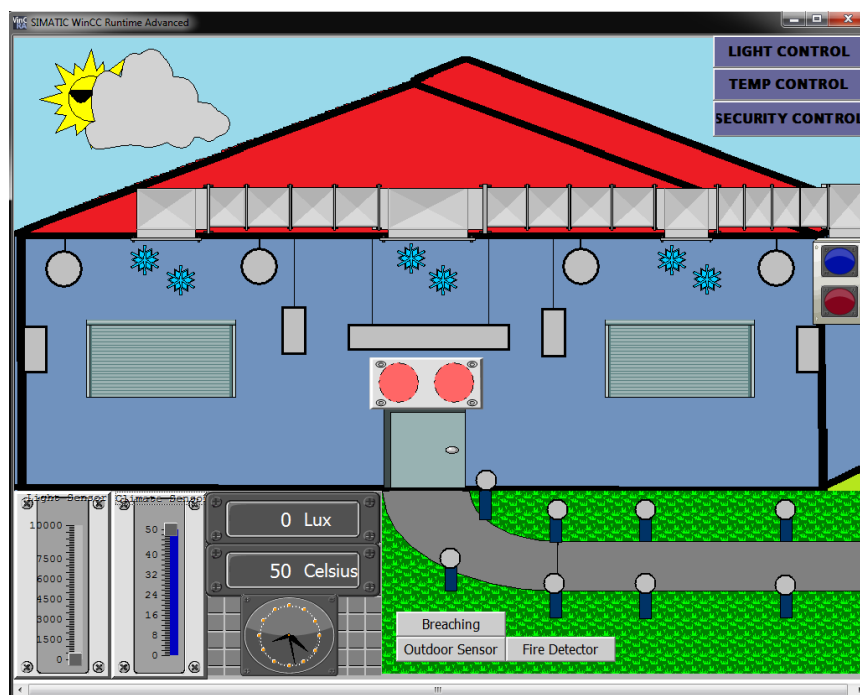


Σχήμα 4.19: Λειτουργία φωτισμού στην οθόνη Home View

Επιπλέον όταν ο χρήστης αποφασίσει να θέσει την θερμοκρασία που επιθυμεί στο σπίτι τότε διοχετεύεται μέσω του συστήματος θέρμανσης / ψύξης και των αεραγωγών ζεστός ή κρύος αέρας στο χώρο του σπιτιού με σκοπό την επιθυμητή θερμοκρασία. Η οθόνη HOME VIEW ενημερώνει το χρήστη με χαρακτηριστικά γραφικά για το πότε ο χώρος θερμαίνεται ή ψύχεται. Επίσης για τον ίδιο λόγο το σύστημα θέρμανσης/ ψύξης είναι εξοπλισμένο με χρωματιστές λάμπες, όταν ανάβει η κόκκινη λάμπα θερμαίνεται και όταν η μπλε ψύχει όπως φαίνεται και στις εικόνες.



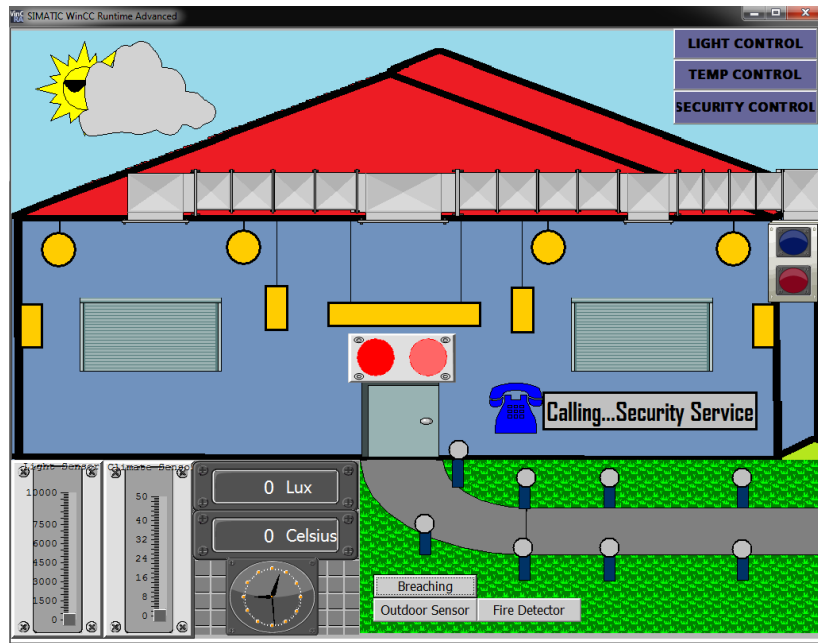
Σχήμα 4.20: Λειτουργία θέρμανσης



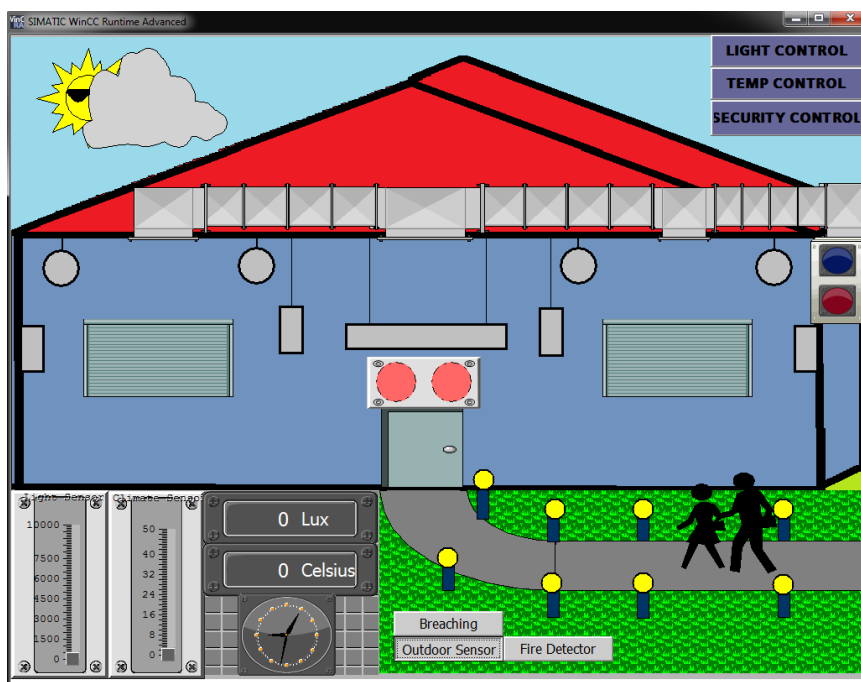
Σχήμα 4.21: Λειτουργία ψύξης

Στο κομμάτι της ασφάλειας στο HOME VIEW υπάρχουν 3 μπουτόν που δημιουργούν 3 διαφορετικά σενάρια για την λειτουργία της ασφάλειας.

Το Breaching σημαίνει παραβίαση άρα πατώντας το ο χρήστης θα δημιουργήσει ένα σενάριο παραβίασης της ασφάλειας του σπιτιού με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του συναγερμού που συνοδεύεται με άνοιγμα όλων των γραμμών φωτισμού καθώς και επείγουσας κλήσης στην υπηρεσία άμεσης δράσης. Αν ο χρήστης ξαναπατήσει το μπουτόν το σπίτι επανέρχεται στη κανονική λειτουργία.



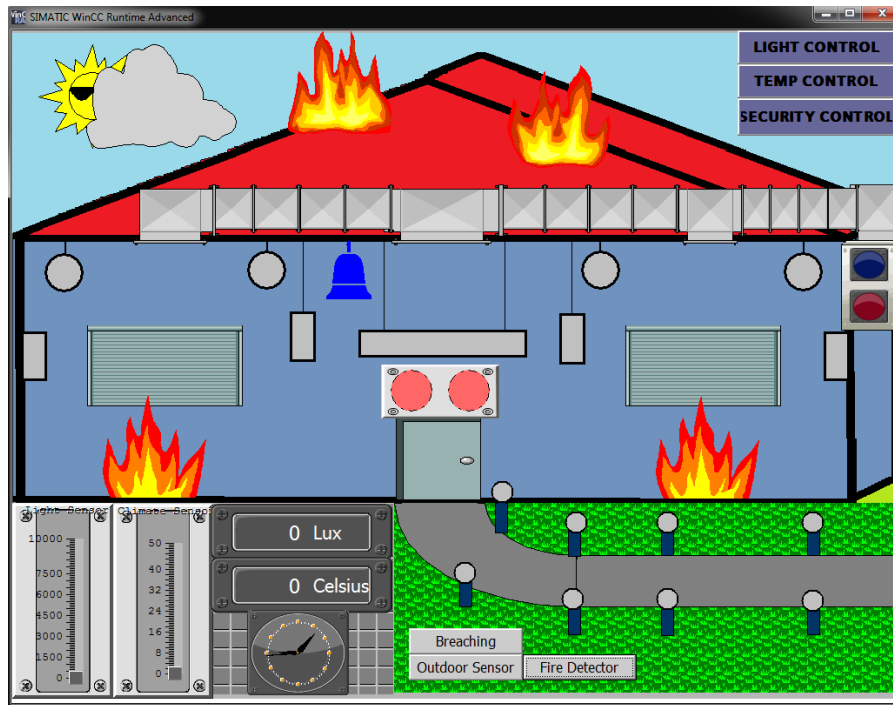
Σχήμα 4.22: Λειτουργία Breaching



Σχήμα 4.23: Λειτουργία Outdoor Sensor

Το Outdoor Sensor (Σχήμα 4.23) είναι ο εξωτερικός αισθητήρας κίνησης που όταν αναγνωρίσει κίνηση στον εξωτερικό χώρο του σπιτιού ενεργοποιεί τα φώτα εδάφους. Τα φώτα εδάφους έχουν ρυθμιστεί να κλείνουν με μια χρονοκαθυστέρηση 10 δευτερόλεπτων από το σημείο που αισθητήρας σταματά να εντοπίζει οποιαδήποτε κίνηση.

Το Fire Detector είναι ο αισθητήρας πυρασφάλειας που όταν ενεργοποιηθεί χτυπάει ηχητικός συναγερμός και ειδοποιείται αυτόματα η υπηρεσία πυρασφάλειας.



Σχήμα 4.24: Λειτουργία Fire Detector

4.6 Ανάλυση προγράμματος στα Program Blocks

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το πρόγραμμα που υλοποιεί τη λειτουργία και τον έλεγχο του έξυπνου σπιτιού. Το πρόγραμμα απαρτίζεται από τα παρακάτω μπλοκ:

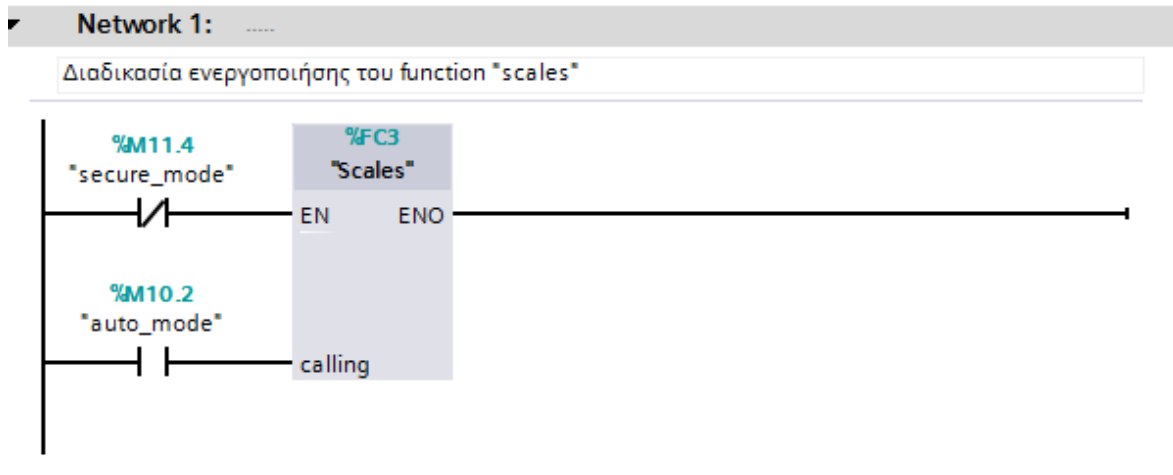
- Main[OB1]
- Scales[FC3]
- AUTO[FB1]
- MANUAL[FB2]
- SECURITY[FB3]
- BREACHING[FB4]

Main [OB1]

Το OB1 αποτελεί τον κορμό όλου του προγράμματος το οποίο χωρίζεται σε 15 networks. Το κάθε network περιέχει ένα ξεχωριστό κομμάτι κώδικα, που πραγματοποιεί κάποια συγκεκριμένη διαδικασία του αυτοματισμού. Το πρόγραμμα έχει δημιουργηθεί με βάση το δομημένο προγραμματισμό. Στη συνέχεια αναλύονται οι διαδικασίες του κάθε network.

- **Network 1: Διαδικασία ενεργοποίησης του Function “Scales”**

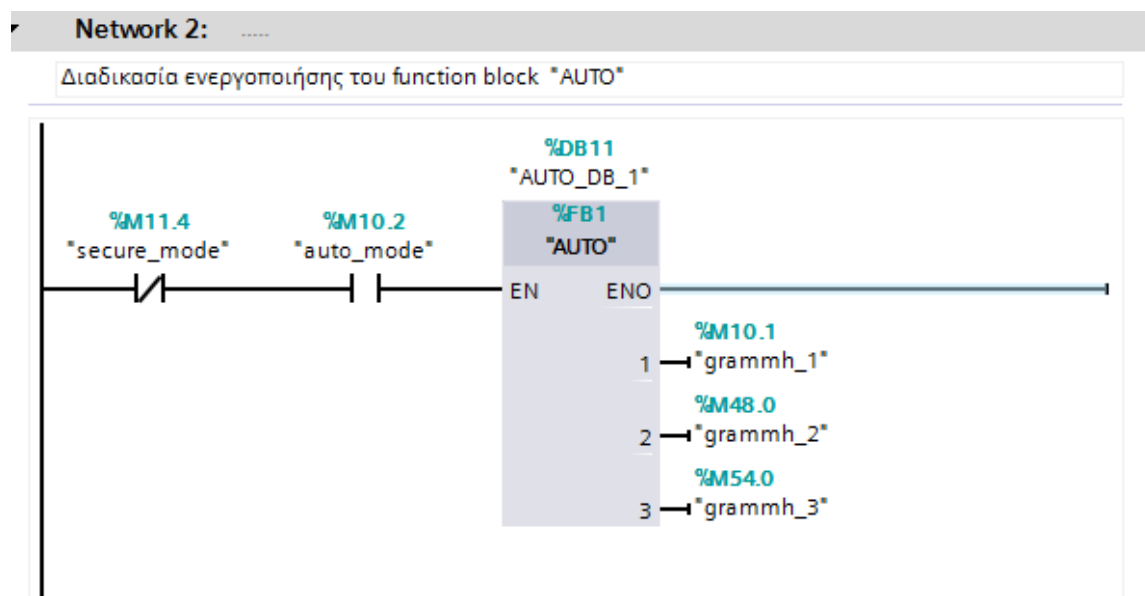
Στο network 1 πραγματοποιείται η διαδικασία ενεργοποίησης του Scales[FC3] το οποίο θα αναλύσουμε παρακάτω. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.25 μόλις γίνει λογικό 1 η μνήμη M10.2 (auto_mode) τότε καλείται το FC3. Για να γίνει λογικό 1 η μεταβλητή M10.2 πρέπει να γυρίσουμε τον διακόπτη σε auto mode στη 2^η οθόνη (Σχήμα 4.15).



Σχήμα 4.25: Διαδικασία ενεργοποίησης του function “scales”

- **Network 2: Διαδικασία ενεργοποίησης του Function Block “AUTO”**

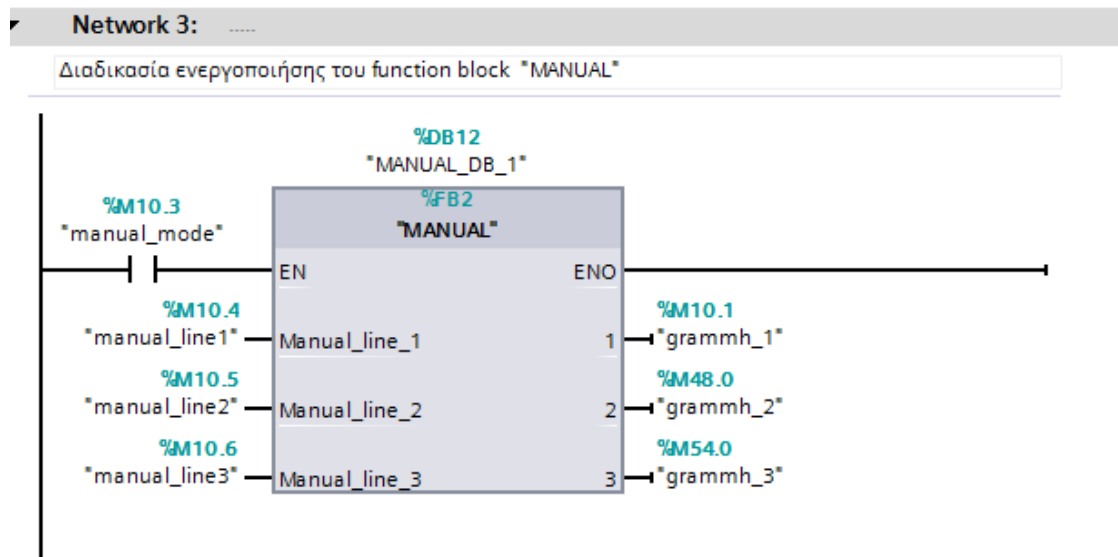
Στο network 2 πραγματοποιείται η ενεργοποίηση του AUTO[FB1] το οποίο θα αναλυθεί στη συνέχεια. Όταν η μνήμη M10.2 γίνει λογικό 1 τότε καλείται το FB1 το οποίο υπό προϋποθέσεις ενεργοποιεί 3 εξόδους του όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.26. Οι 3 εξόδοι M10.1 M48.0 και M54.0 είναι οι 3 γραμμές φωτισμού του σπιτιού.



Σχήμα 4.26: Διαδικασία ενεργοποίησης του Function Block “AUTO”

- **Network 3: Διαδικασία ενεργοποίησης του Function Block“MANUAL”**

Στο σχήμα 4.27 φαίνεται ότι μόλις η μνήμη M10.3 (manual_mode) πάρει το λογικό 1 τότε ενεργοποιείται το FB2. Η μνήμη M10.3 αντιστοιχεί στο διακόπτη του manual mode στη 2^η οθόνη. Γυρνώντας το διακόπτη σε manual mode ο χρήστης ενεργοποιεί το συγκεκριμένο Function Block που αποτελείται από 3 εισόδους και αντίστοιχες εξόδους. Το manual_line_1 παίρνει την τιμή της μνήμης M10.4 το manual_line_2 την τιμή της M10.5 και το manual_line_3 την τιμή της M10.6. Τα αποτελέσματα του FB2 θα εμφανίζονται στις μνήμες των εξόδων M10.1 για την 1^η γραμμή φωτισμού M48.0 για την 2^η γραμμή και M54.0 για την 3^η γραμμή.



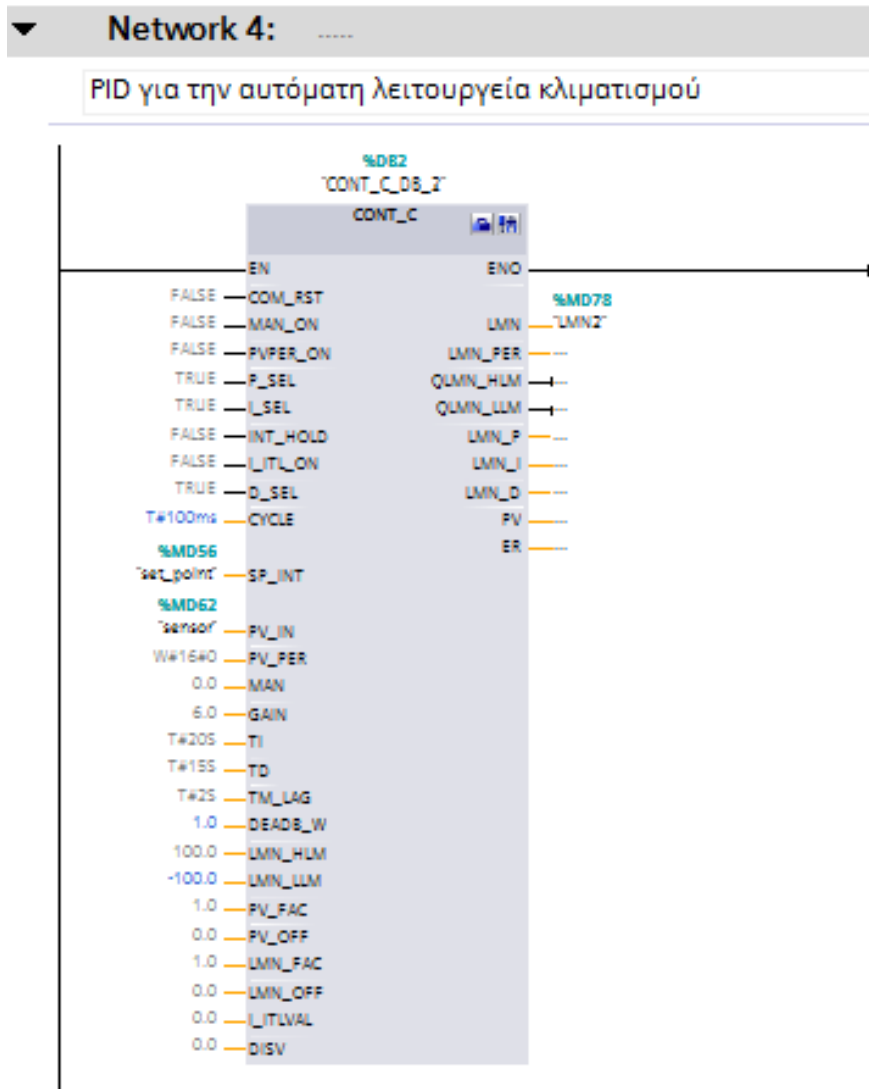
Σχήμα 4.27: Διαδικασία ενεργοποίησης του Function Block“MANUAL”

- **Network 4: PID για την αυτόματη λειτουργία του κλιματισμού**

Στο network 4 έχουμε τον PID τύπου CONT_C κατάλληλα ρυθμισμένο για την λειτουργία όλου του συστήματος θέρμανσης / ψύξης δηλαδή του κλιματισμού του χώρου. Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναλύθηκε διεξοδικά η λειτουργία του CONT_C.

Στο συγκεκριμένο network τα στοιχεία που συνθέτουν τη βασική ρύθμιση του CONT_C είναι το set point(SP_INT) όπου εκεί έχει συνδεθεί η μνήμη “set_point”MD56, το process value(PV_IN) με συνδεδεμένη τη μνήμη “sensor” MD62 και την έξοδο του PID(LMN) που είναι συνδεδεμένη στη μνήμη “LMN2” MD78. Επίσης οι παράμετροι LMN_HLM και LMN_LLM έχουν οριοθετήσει την έξοδο του PID.

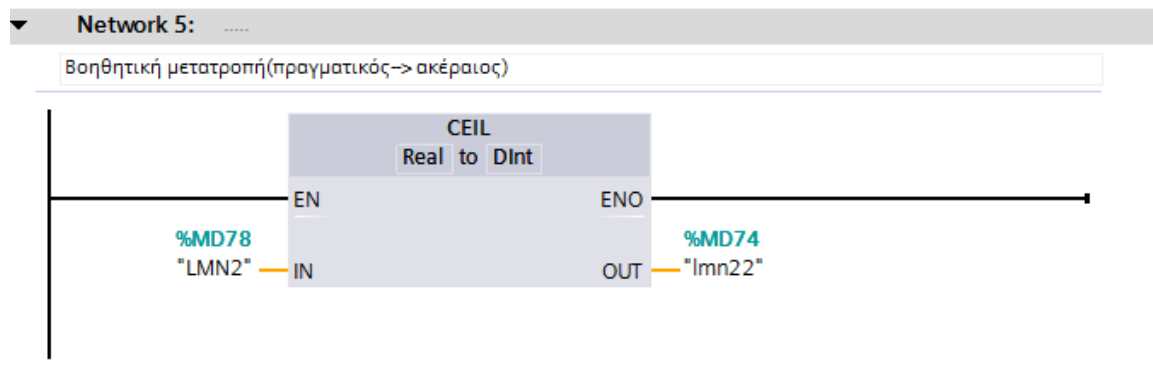
Έτσι ο χρήστης έχοντας θέσει το set point στη MD56 και ο αισθητήρας δίνει τη θερμοκρασία που διαβάζει μέσω της MD62 τότε στην έξοδο θα έχουμε το επεξεργασμένο σήμα του PID που θα προωθηθεί κατάλληλα μέσω της MD78.



Σχήμα 4.28: PID για την αυτόματη λειτουργία του κλιματισμού

- **Network 5: Μετατροπή πραγματικού αριθμού σε διπλό ακέραιο**

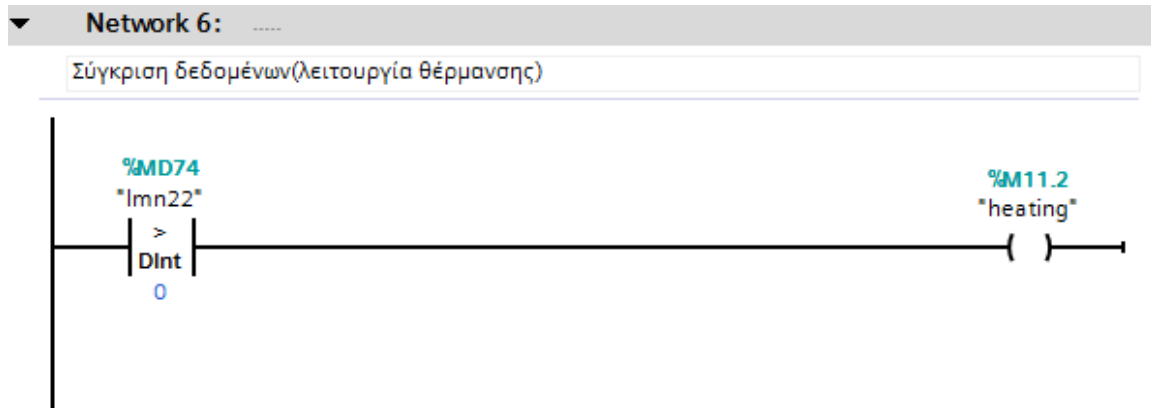
Η συνάρτηση CEIL στην παράμετρο IN δέχεται έναν πραγματικό αριθμό από την μνήμη MD78 και τον μετατρέπει σε διπλό ακέραιο στην έξοδο OUT όπου είναι συνδεδεμένη η μνήμη MD74.



Σχήμα 4.29: Μετατροπή πραγματικού αριθμού σε διπλό ακέραιο

- **Network 6: Σύγκριση δεδομένων (λειτουργία θέρμανσης)**

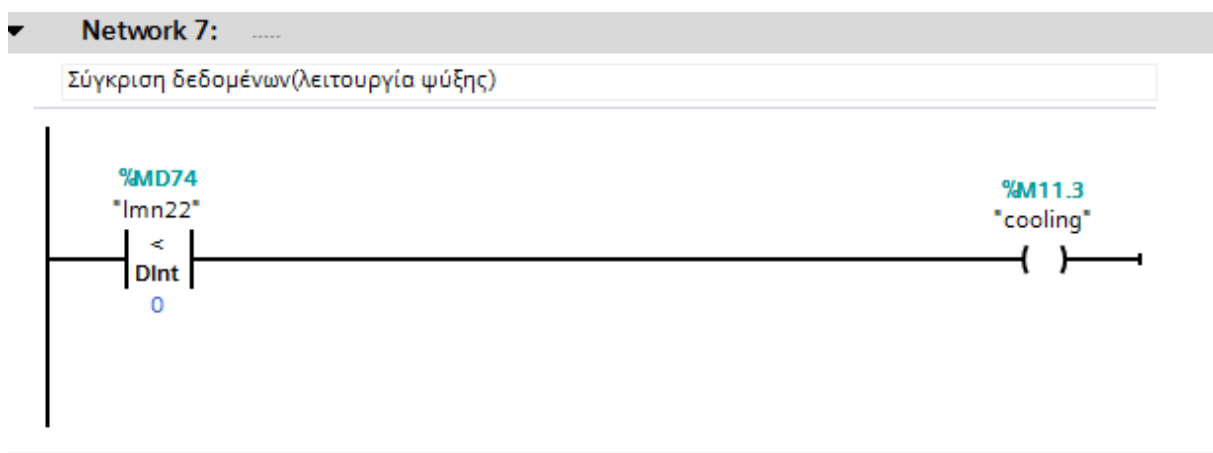
Στο network 6 έχουμε σύγκριση του περιεχομένου της μνήμης MD74 με το 0. Όταν η τιμή της MD74 είναι μεγαλύτερη του 0 τότε ενεργοποιείται η έξοδος M11.2. Η M11.2 ειδοποιεί το σύστημα ότι η θερμοκρασία πρέπει να ανέβει.



Σχήμα 4.30: Σύγκριση δεδομένων (λειτουργία θέρμανσης)

- **Network 7: Σύγκριση δεδομένων (λειτουργία ψύξης)**

Στο network 7 όπως και πριν υπάρχει μια ακόμα σύγκριση. Σε αυτή τη περίπτωση το περιεχόμενο της MD74 συγκρίνεται πάλι με το 0 και όταν αυτό είναι μικρότερο από το μηδέν τότε ενεργοποιείται η έξοδος M11.3. Με την ενεργοποίηση της M11.3 το σύστημα κλιματισμού καταλαβαίνει ότι η θερμοκρασία πρέπει να πέσει.

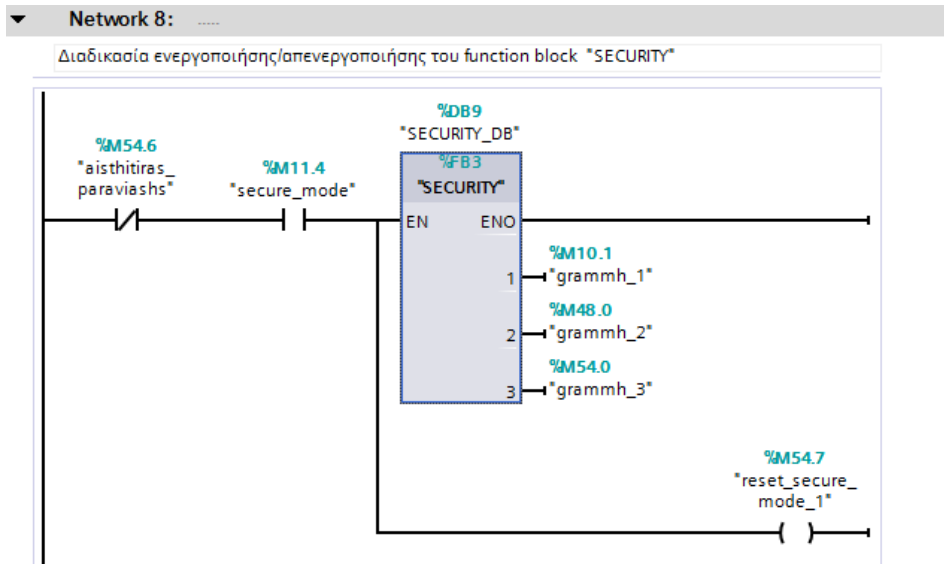


Σχήμα 4.31: Σύγκριση δεδομένων (λειτουργία ψύξης)

- **Network 8: Διαδικασία ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του Function block "SECURITY"**

Στο σχήμα 4.29 φαίνεται ότι όταν η μνήμη M11.4 πάρει το λογικό 1 τότε ενεργοποιείται το Function Block "SECURITY" καθώς και η μνήμη M54.7 η οποία υπάρχει μέσα και στο FB

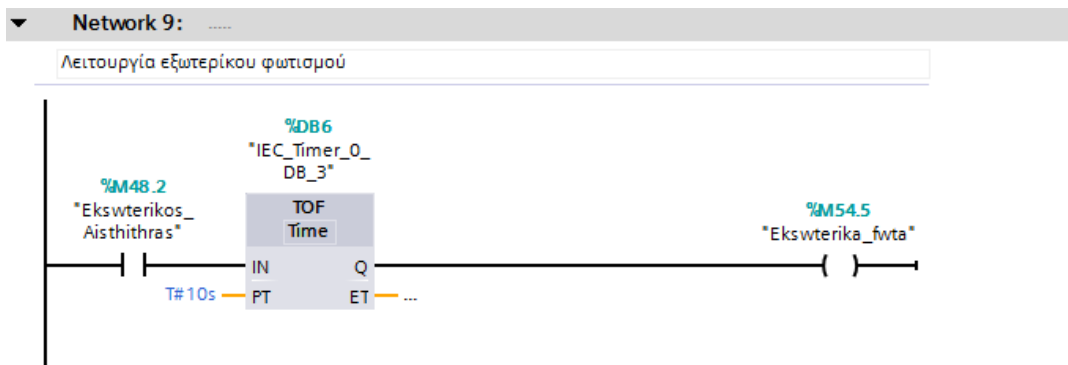
“SECURITY”. Η M54.7 παίζει το ρόλο του reset στον timer στη διαδικασία του “AWAY MODE”.



Σχήμα 4.32: Διαδικασία ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του Function block "SECURITY"

- **Network 9: Λειτουργία εξωτερικού φωτισμού**

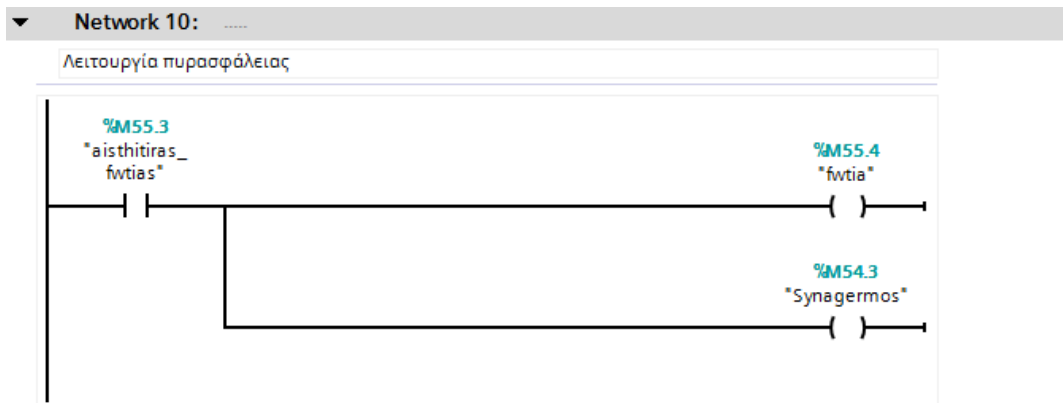
Τα εξωτερικά φώτα του σπιτιού (M54.5) ενεργοποιούνται από την επαφή M48.2 που είναι ο ψηφιακός εξωτερικός αισθητήρας κίνησης και απενεργοποιούνται με χρονοκαθυστέρηση 10 δευτερολέπτων που θέτει ο timer όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.33.



Σχήμα 4.33: Λειτουργία εξωτερικού φωτισμού

- **Network 10: Λειτουργία πυρασφάλειας**

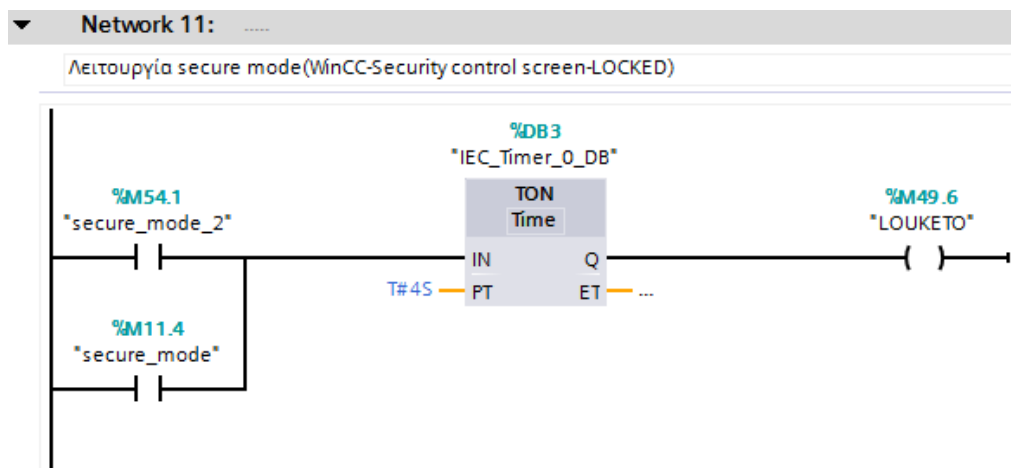
Όταν η μνήμη M55.3 δηλαδή ο αισθητήρας φωτιάς πάρει το λογικό 1 τότε ενεργοποιούνται οι δυο έξοδοι M55.4 και M54.3. Η μνήμη M55.4 υπάρχει περισσότερο για την ανάγκη ένδειξης πυρκαγιάς στο σπίτι στο πλαίσιο του HMI. Η μνήμη M54.3 είναι ο συναγερμός πυρασφάλειας.



Σχήμα 4.34: Λειτουργία πυρασφάλειας

- **Network 11: Λειτουργία Secure Mode (LOCKED-HMI)**

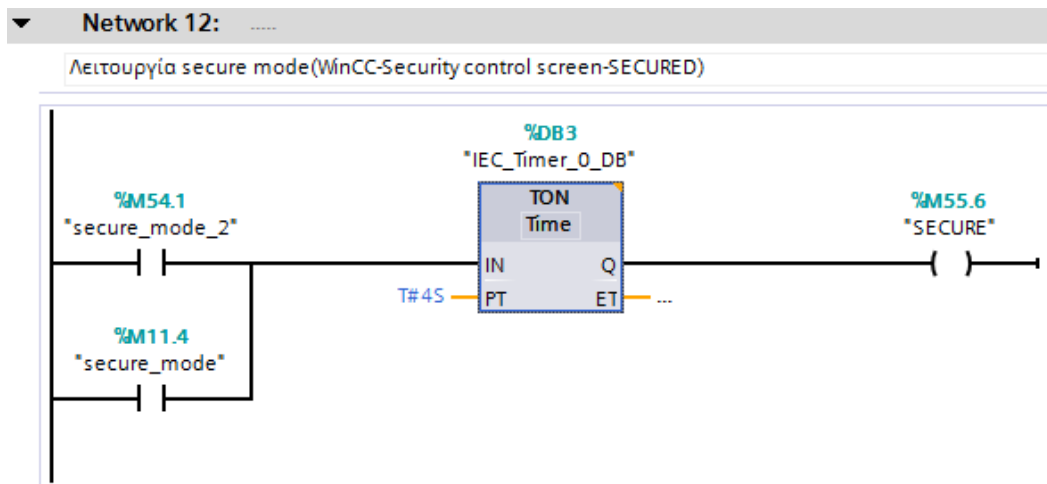
Στο network 11 όταν μια από τις μνήμες M54.1 και M11.4 πάρει το λογικό 1 τότε ενεργοποιείται ένας timer τύπου ON delay ο οποίος μετά από 4 δευτερόλεπτα ενεργοποιεί την έξοδο M49.6. Η M49.6 είναι το σήμα που δίνει το σύστημα ασφάλειας ότι το η λειτουργία “Secure Mode” είναι σε ισχύ, συγκεκριμένα το μήνυμα “LOCKED” στον Security Controller του HMI. Οι μνήμες M54.1 και M11.4 αντικαθιστούν τους διακόπτες του “Secure Mode” και “Away Mode” στο HMI.



Σχήμα 4.35: Λειτουργία Secure Mode (LOCKED-HMI)

- **Network 12: Λειτουργία Secure Mode (SECURED-HMI)**

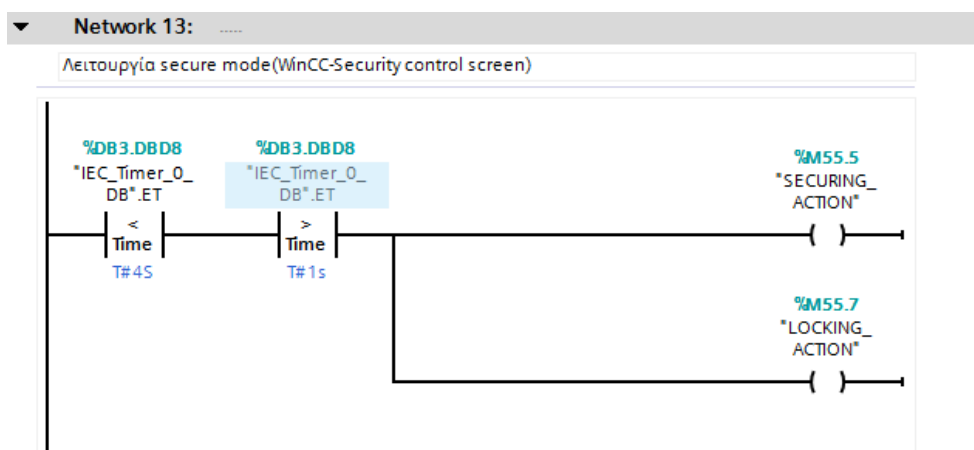
Στο network 12 γίνεται ίδια διαδικασία με το network 11 με τη διαφορά ότι η έξοδος που ενεργοποιείται εδώ είναι η M55.6. Η M55.6 αποτελεί το μήνυμα “LOCKED” που αναγράφεται στον Security Controller του HMI προς ενημέρωση του χρήστη για την διαδικασία.



Σχήμα 4.36: Λειτουργία Secure Mode (SECURED-HMI)

- **Network 13: Λειτουργία κλειδώματος (HMI)**

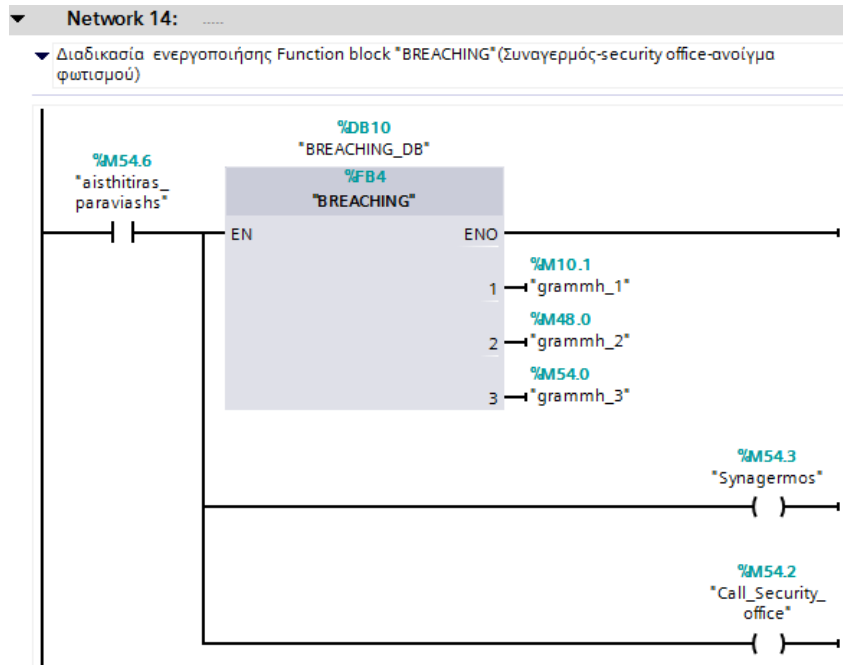
Η λειτουργία κλειδώματος λαμβάνει χώρα από τη στιγμή που ο χρήστης γυρίσει το διακόπτη του secure mode στο “ON” μέχρι το σύστημα ασφάλειας του σπιτιού να ενεργοποιηθεί στο 100% όταν δηλαδή ενεργοποιηθεί η M49.6 στο network 11. Έτσι με τη χρήση δυο συγκριτών και την χρονοκαθυστέρηση των 4 δευτερολέπτων απομονώνεται ένα διάστημα 3 δευτερολέπτων στο οποίο ενεργοποιούνται οι έξοδοι M55.5 και M55.7. Πρόκειται για μνήμες που σκοπό έχουν την ενημέρωση του χρήστη για τη διαδικασία του κλειδώματος του σπιτιού μέσω του HMI.



Σχήμα 4.37: Λειτουργία κλειδώματος (HMI)

- **Network 14: Διαδικασία ενεργοποίησης Function block "BREACHING" (Συναγερμός-security office-άνοιγμα φωτισμού)**

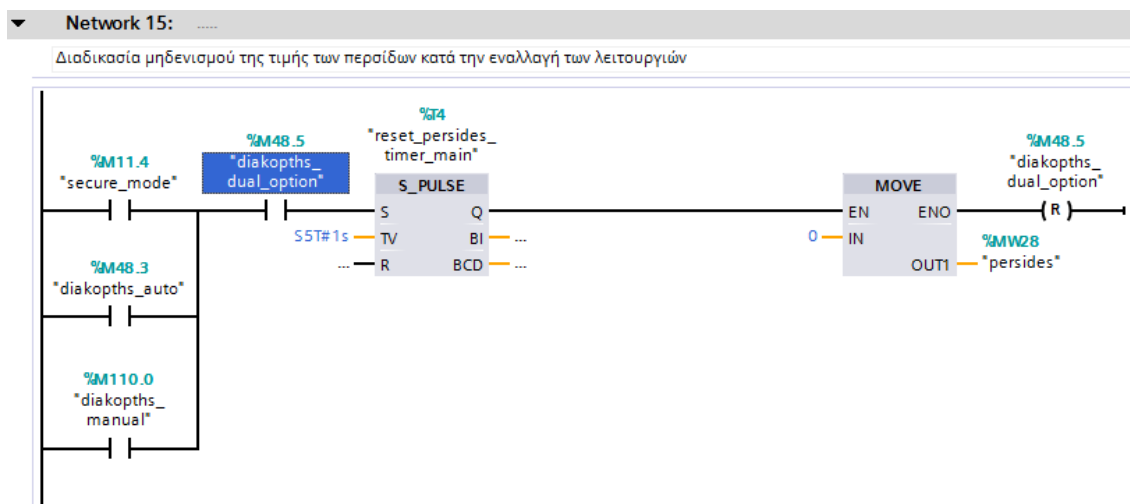
Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.6.14 όταν η επαφή M54.6 αλλάξει κατάσταση σε λογικό 1 τότε θα ενεργοποιηθεί το FB4 “BREACHING” αλλά και οι μνήμες M54.3 και M54.2. Πρόκειται για την διαδικασία παραβίασης.



Σχήμα 4.38: Διαδικασία ενεργοποίησης Function block "BREACHING" (Συναγερμός-security office-άνοιγμα φωτισμού)

- **Network 15: Διαδικασία μηδενισμού της τιμής των περσίδων κατά την εναλλαγή των λειτουργιών**

Στο network 15 έχει δημιουργηθεί ένας μηχανισμός μηδενισμού των περσίδων του αυτοματισμού. Είναι απαραίτητο κατά την εναλλαγή των λειτουργιών του αυτοματισμού να υπάρχει η δυνατότητα reset σε κομβικά εργαλεία του συστήματος. Έτσι αναλύοντας την διαδικασία του συγκεκριμένου network αλλάζοντας κατάσταση μια από τις 3 επαφές M11.4 M48.3 και M110.0 σε συνδυασμό με την επαφή M48.5 τότε ενεργοποιείται ένα χρονικό παλμού ενός δευτερολέπτου που μηδενίζει την MW28 αλλά κάνει και reset bit την επαφή M48.5 όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.39.



Σχήμα 4.39: Διαδικασία μηδενισμού της τιμής των περσίδων κατά την εναλλαγή των λειτουργιών

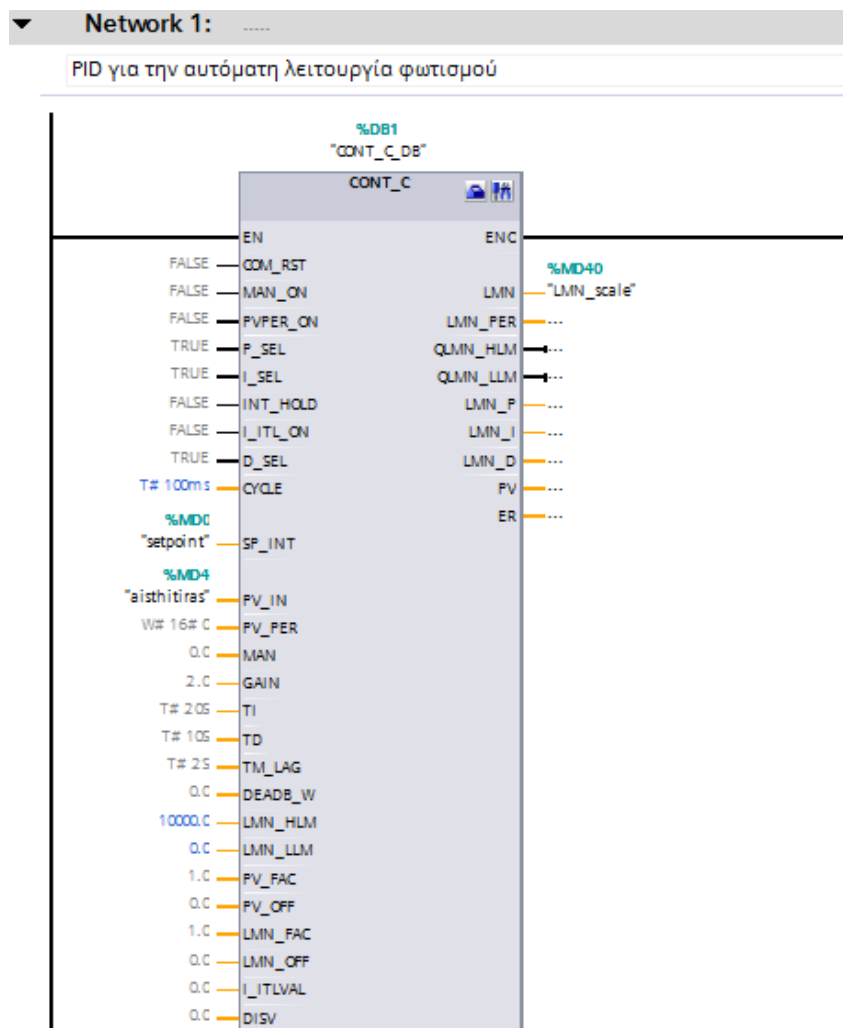
AUTO [FB1]

Στο FB1 υπάρχει ο προγραμματισμός που χρειάστηκε για την αυτόματη λειτουργία (AUTO_MODE) του φωτισμού. Το FB1 χωρίζεται σε 5 networks.

- **Network 1: Ρύθμιση του PID για την αυτόματη λειτουργία φωτισμού**

Όπως και στο network 4 του OB1 ρυθμίστηκε ο PID τύπου CONT_C για την αυτόματη λειτουργία του κλιματισμού έτσι και εδώ για την διαδικασία του αυτόματου φωτισμού θα χρειαστεί επίσης ένας ίδιος PID.

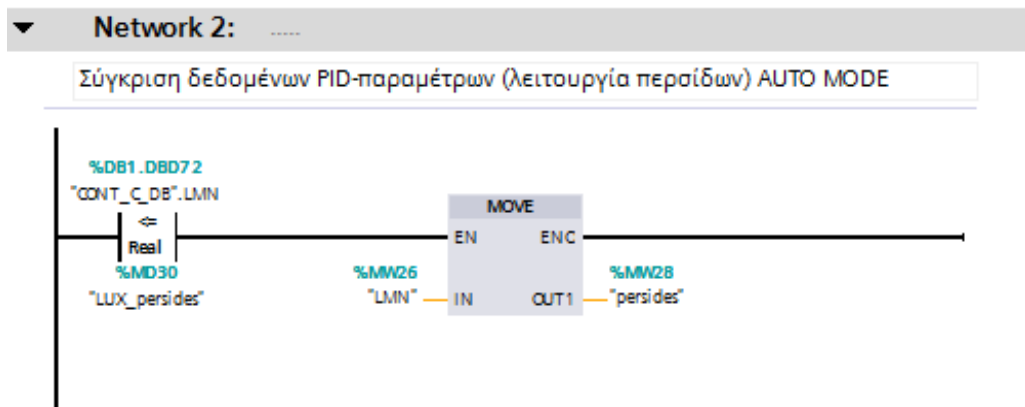
Η ρύθμιση του CONT_C απαιτεί ένα set point το οποίο παίρνει από τη μνήμη “set point”MD0, ένα process value το οποίο παίρνει από τη μνήμη “aisthitiras”MD4 αλλά και την οριοθέτηση του αποτελέσματος δηλαδή της εξόδου του PID. Η οριοθέτηση ρυθμίζεται από τους παραμέτρους LMN_HLM για το υψηλό όριο και LMN_LLM για το χαμηλό όριο. Στην έξοδο του CONT_C έχουμε τη μνήμη “LMN_scale”MD40 από την οποία προωθούμε τα αποτελέσματα της διαδικασίας που πραγματοποιεί ο PID.



Σχήμα 4.40: PID για την αυτόματη λειτουργία φωτισμού

- **Network 2: Σύγκριση δεδομένων PID-παραμέτρων (λειτουργία περσίδων) AUTO MODE**

Στο network 2 φαίνεται καθαρά το πώς λειτουργεί ο μηχανισμός των περσίδων στην αυτόματη λειτουργία φωτισμού. Με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που βγάζει ο PID και των εξωτερικών συνθηκών δηλαδή της μέγιστης φωτεινότητας που δίνει το ανοιχτό παράθυρο, όσο η έξοδος του PID έχει μικρότερη ή ίση τιμή της μέγιστης φωτεινότητας τότε με την εντολή MOVE περνά η ροή των αποτελεσμάτων της εξόδου του PID στη μνήμη “persides”MW28. Η MW28 είναι η μνήμη που κάνει τις περσίδες να κλείνουν και να ανοίγουν ανάλογα με τις εναλλαγές της φωτεινότητας μέσω αυτής της διαδικασίας.



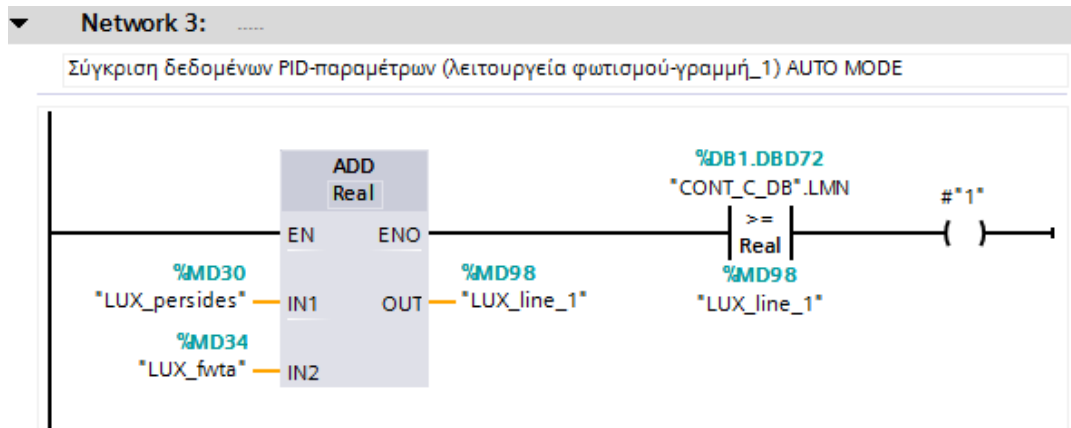
Σχήμα 4.41: Σύγκριση δεδομένων PID-παραμέτρων (λειτουργία περσίδων) AUTO MODE

- **Network 3-4-5: Σύγκριση δεδομένων PID-παραμέτρων (λειτουργία φωτισμού-γραμμή_1_2_3) AUTO MODE**

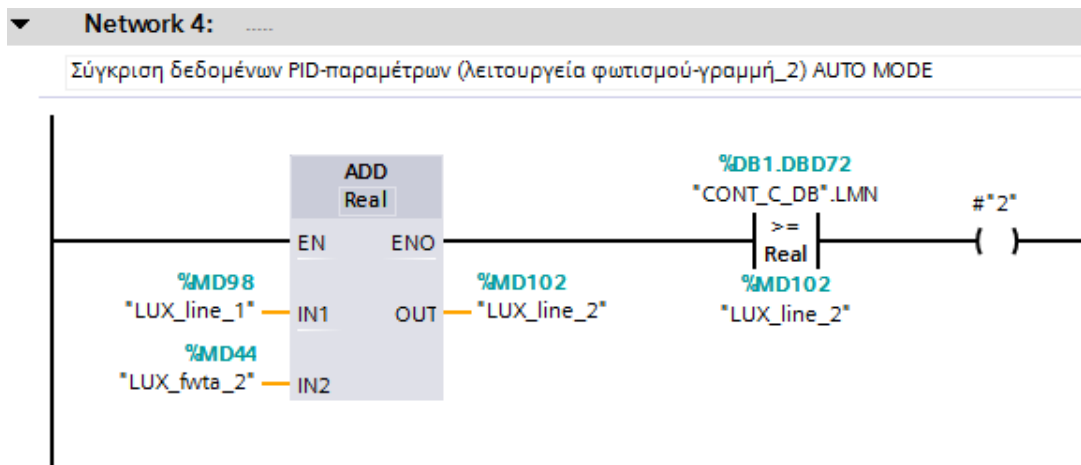
Έχοντας θέσει τις εξωτερικές συνθήκες φωτεινότητας που παρέχεται μέσω των περσίδων, στο network 3 θα πρέπει να προσδιοριστεί και η φωτεινότητα που παρέχεται μέσω των γραμμών φωτισμού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αυτόματη λειτουργία φωτισμού απαιτεί εξοικονόμηση ενέργειας έτσι θα προσπαθήσει πρώτα να αντλήσει τη φωτεινότητα από το φυσικό φως που παρέχεται μέσω των περσίδων.

Όταν αυτό δεν αρκεί να καλύψει την φωτεινότητα που απαιτεί ο χρήστης τότε με την εντολή ADD το σύστημα προσθέτει τις φωτεινότητες της γραμμής φωτισμού και των περσίδων στη μνήμη “LUX_line_1” MD98. Όταν η MD98 είναι μικρότερη ή ίση της εξόδου του PID τότε θα ενεργοποιείται η πρώτη γραμμή φωτισμού παρέχοντας φωτεινότητα ίση με την τιμή της MD34.

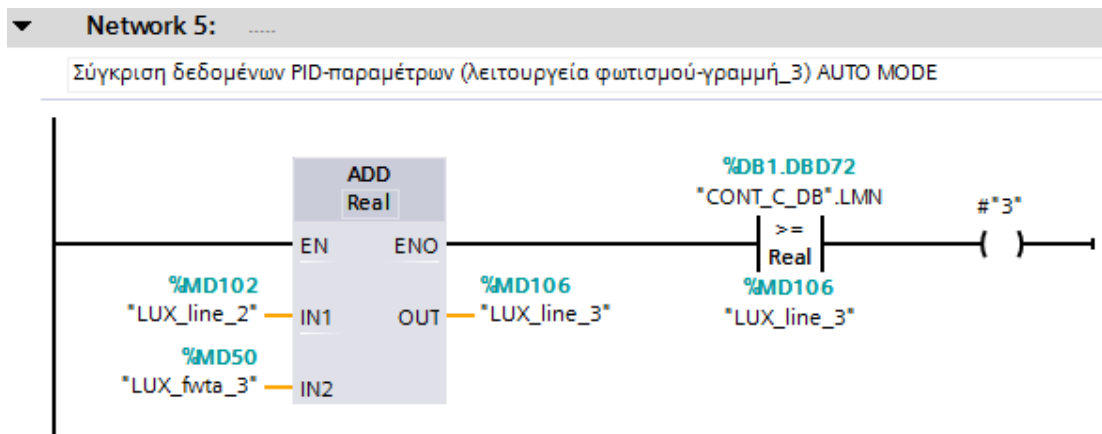
Η ίδια διαδικασία πραγματοποιείται στα network 4 και 5 όπως φαίνεται στα σχήματα 4.43 και 4.44



Σχήμα 4.42: Σύγκριση δεδομένων PID-παραμέτρων (λειτουργία φωτισμού-γραμμή_1) AUTO MODE



Σχήμα 4.43: Σύγκριση δεδομένων PID-παραμέτρων (λειτουργία φωτισμού-γραμμή_2) AUTO MODE



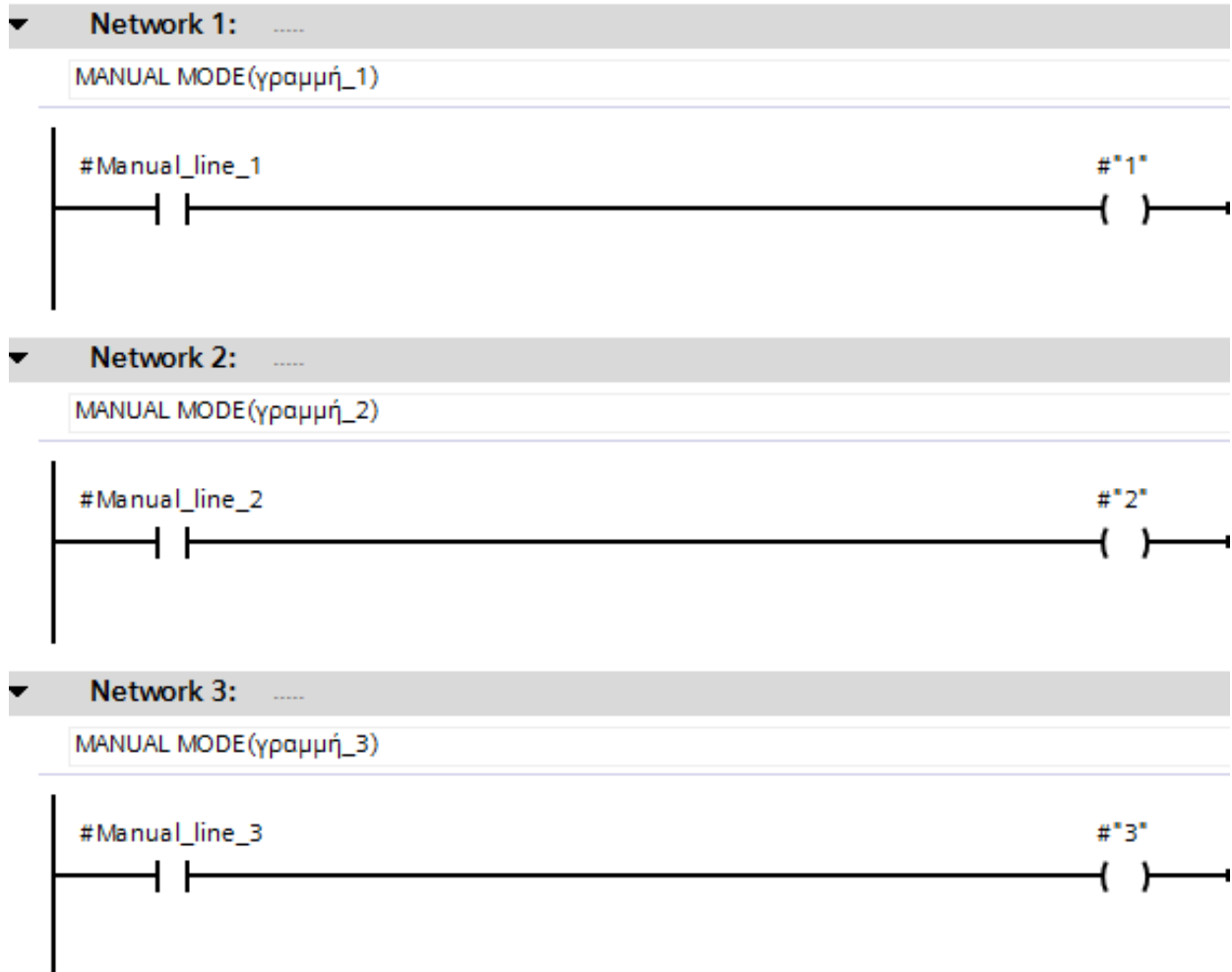
Σχήμα 4.44: Σύγκριση δεδομένων PID-παραμέτρων (λειτουργία φωτισμού-γραμμή_3) AUTO MODE

MANUAL [FB2]

Το MANUAL [FB2] είναι το κομμάτι του προγραμματισμού όπου αναπτύσσεται η διαδικασία της χειροκίνητης λειτουργίας του φωτισμού. Το FB2 αποτελείται από 5 network.

- **Network 1: MANUAL MODE (γραμμή 1)**

Όταν η επαφή #Manual_line_1 η οποία αποτελεί και παράμετρο του FB2 πάρει το λογικό 1 τότε ενεργοποιείται η έξοδος #”1” του FB2. Η ίδια διαδικασία γίνεται και για τις γραμμές φωτισμού 2 και 3 όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.45.

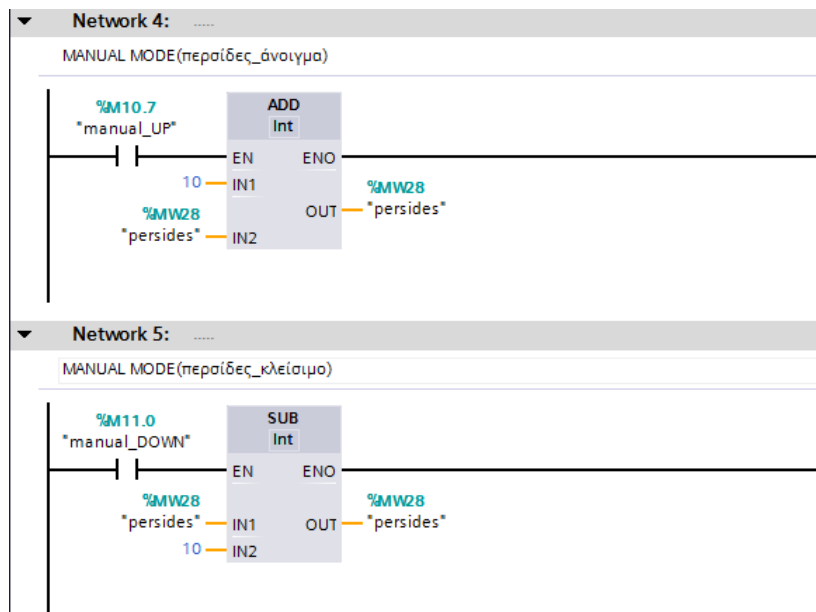


Σχήμα 4.45: MANUAL MODE (γραμμή 1_2_3)

- **Network 4-5: MANUAL MODE (περσίδες άνοιγμα-κλείσιμο)**

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.46 όσο η μνήμη “manual_UP”M10.7 είναι ενεργοποιημένη τότε στη μνήμη “persides”MW28 θα προστίθεται η τιμή 10 μέσω της εντολής ADD. Στην ουσία η μνήμη M10.7 πρόκειται για ένα μπουτόν που όταν το πατάς αυτό ανεβάζει τις περσίδες του παραθύρου. Στο network 5 γίνεται η αντίστροφη διαδικασία αφαιρώντας 10

μονάδες από την μνήμη MW28 με αποτέλεσμα οι περσίδες να κλείνουν ενεργοποιώντας την μνήμη “manual_DOWN”M11.0.



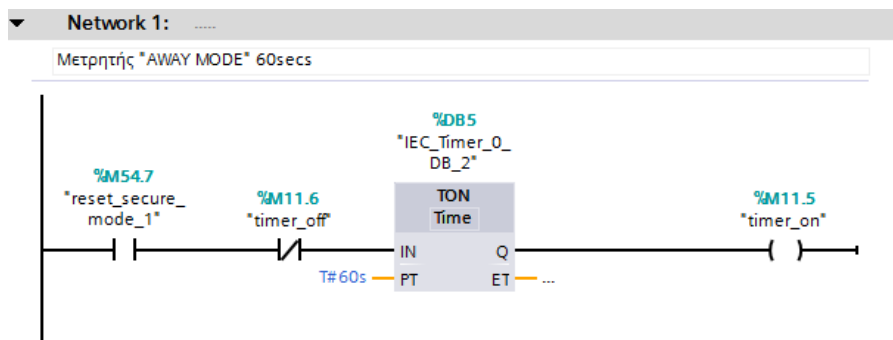
Σχήμα 4.46: MANUAL MODE (περσίδες άνοιγμα-κλείσιμο)

SECURITY [FB3]

Για την διαδικασία της ασφάλειας η οποία αποτελεί ένα διαφορετικό κομμάτι από το βασικό προγραμματισμό δημιουργήθηκε ένα Function Block το οποίο θα καλείται όταν το σύστημα το απαιτεί. Αυτό το Function Block είναι το SECURITY[FB3] το οποίο αποτελείται από 9 networks. Βασικό θέμα της δομής του συγκεκριμένου FB είναι ο χρονισμός της λειτουργίας του “AWAY MODE”.

- **Network 1: Μετρητής “AWAY MODE” 60secs**

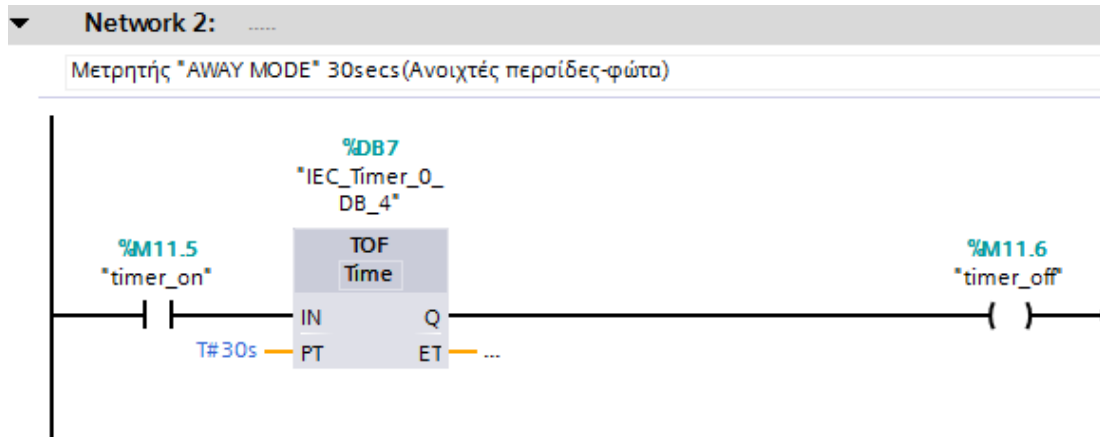
Όταν ο χρήστης γυρίσει τον διακόπτη του AWAY MODE στο ON τότε η επαφή M54.7 θα ενεργοποιήσει το ON DELAY χρονικό που αφού μετρήσει 60 δευτερόλεπτα τότε αυτό με τη σειρά του θα ενεργοποιήσει την έξοδο M11.5. Τα 60 secs έχουν επιδεχθεί σύμφωνα με τα δεδομένα της συγκεκριμένης εργασίας, σε άλλη περίπτωση ο χρόνος ενεργοποίησης του AWAY MODE που θα μεσολαβούσε θα ήταν σίγουρα ώρες και όχι δευτερόλεπτα.



Σχήμα 4.47: Μετρητής “AWAY MODE” 60secs

- **Network 2: Μετρητής “AWAY MODE” 30secs (Ανοιχτές περσίδες-φώτα)**

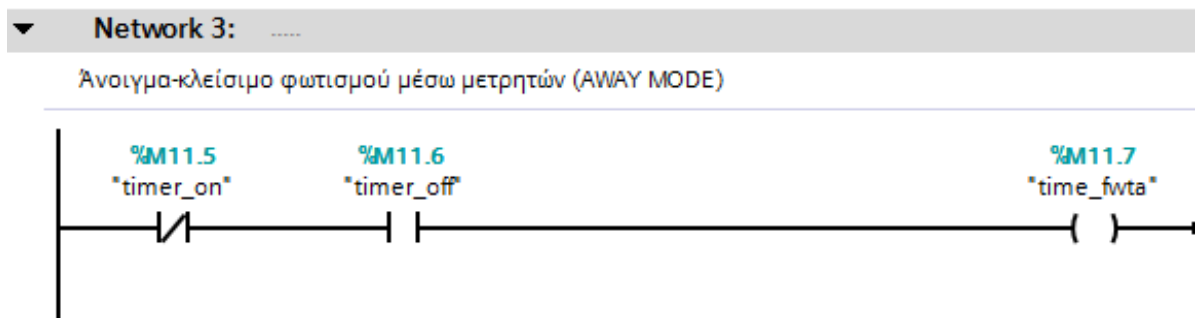
Στο network 2 αφού έχει ενεργοποιηθεί η μνήμη M11.5 τότε ενεργοποιείται το OFF DELAY χρονικό διάρκειας 30secs που δίνει στην έξοδο M11.6 το λογικό 1. Στην ουσία το network 2 είναι αυτό που καθορίζει το χρόνο για τον οποίο θα είναι σε ισχύ η λειτουργία του AWAY MODE δηλαδή για πόσο χρόνο θα είναι ανοιχτά τα φώτα και περσίδες, στην συγκεκριμένη εργασία επιλέχτηκε χρόνος 30 δευτερολέπτων.



Σχήμα 4.48: Μετρητής “AWAY MODE” 30secs (Ανοιχτές περσίδες-φώτα)

- **Network 3: Άνοιγμα-κλείσιμο φωτισμού μέσω μετρητών (AWAY MODE)**

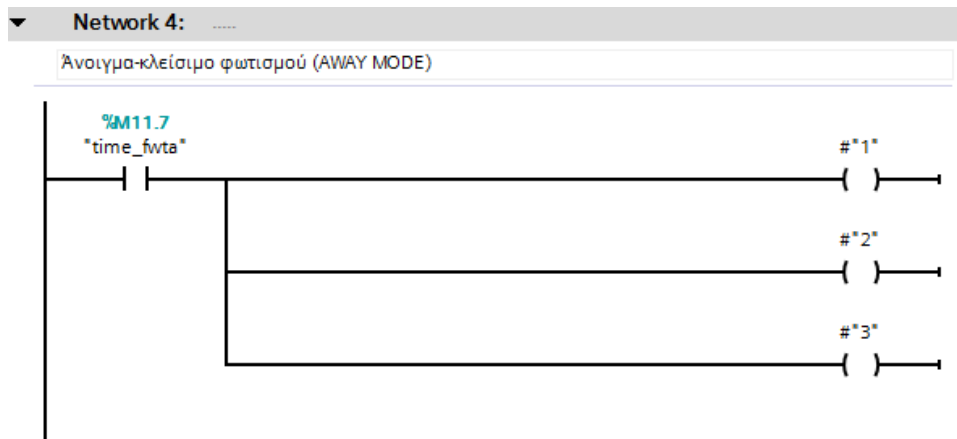
Το network 3 αυτό που κάνει είναι να παίρνει τα αποτελέσματα των εξόδων των networks 1 και 2 και ανάλογα να προωθεί την διαδικασία του AWAY MODE ή να την αναστέλλει.



Σχήμα 4.49: Άνοιγμα-κλείσιμο φωτισμού μέσω μετρητών (AWAY MODE)

- **Network 4: Άνοιγμα-κλείσιμο φωτισμού (AWAY MODE)**

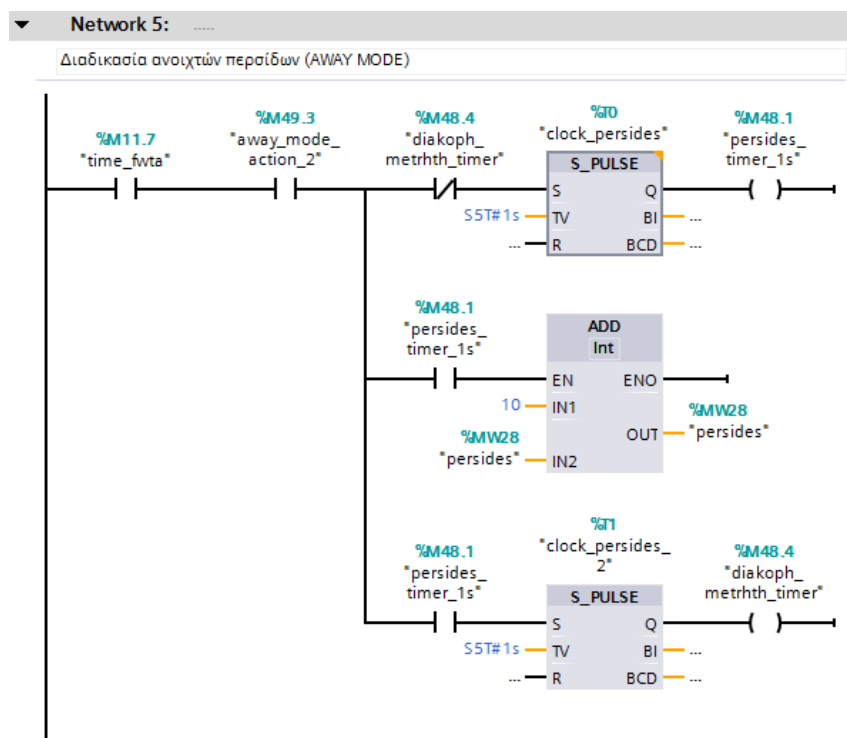
Έχοντας ρυθμίσει το χρόνο και τον τρόπο λειτουργίας του AWAY MODE στο network 4 γίνεται η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση όλων των γραμμών φωτισμού και εν συνεχεία των περσίδων των παραθύρων. Όταν η μνήμη M11.7 πάρει το λογικό 1 τότε οι έξοδοι #1, #2 και #3 ενεργοποιούνται



Σχήμα 4.50: Άνοιγμα-κλείσιμο φωτισμού μέσω μετρητών (AWAY MODE)

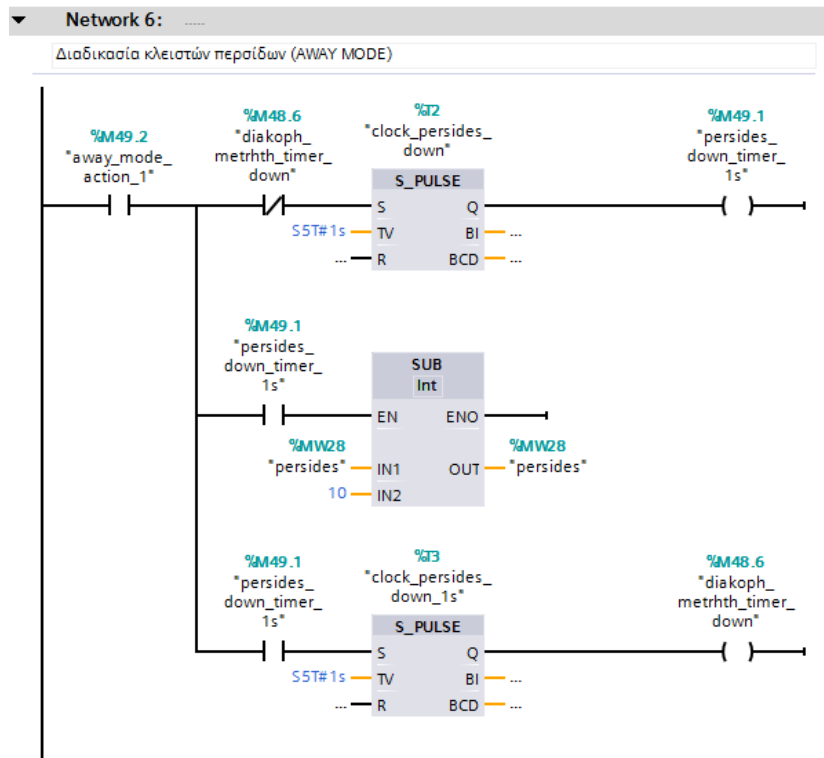
- **Network 5-6: Διαδικασία ανοιχτών-κλειστών περσίδων (AWAY MODE)**

Τα network 5 και 6 αποτελούν το μηχανισμό που ανεβάζουν και κατεβάζουν τις περσίδες από τα παράθυρα. Αφού ενεργοποιηθεί η μνήμη M11.7 μαζί της ενεργοποιείται η M49.3 για 10 δευτερόλεπτα (Σχήμα 4.55: Network 9). Μέσα σε αυτά τα 10 δευτερόλεπτα γίνεται η ανύψωση των περσίδων. Αυτό πραγματοποιείται με την βοήθεια 2 χρονικών παλμού και της εντολής ADD. Το χρονικό T0 δίνει παλμό 1sec μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα ενεργοποιείται η εντολή ADD όπου αυξάνει την μνήμη “persides”MW28 κατά 10 μονάδες, ενώ το χρονικό T1 δίνοντας παλμό 1sec και ενεργοποιώντας την έξοδο M48.4 κόβει την τροφοδοσία του παλμοδότη T0, συνεπώς λειτουργεί και σαν ένα reset. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για 10 δευτερόλεπτα μέχρι να αλλάξει κατάσταση η M49.3.



Σχήμα 4.51: Διαδικασία ανοιχτών περσίδων (AWAY MODE)

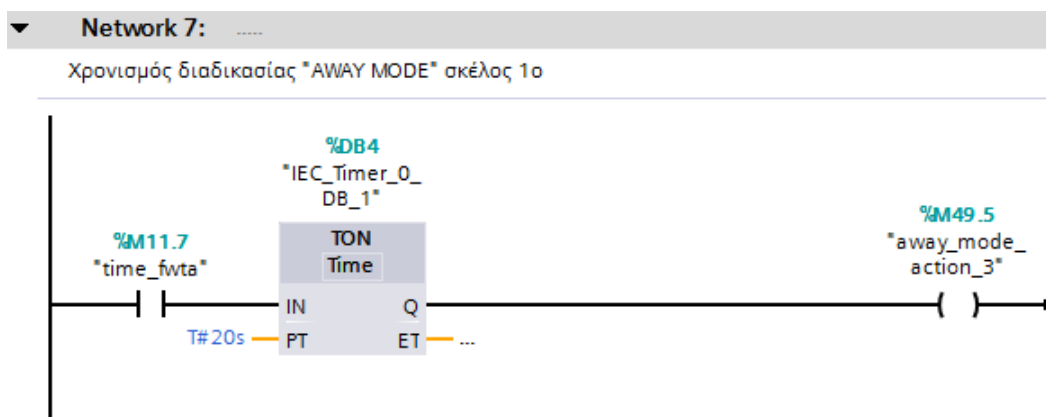
Στο network 6 συναντάμε την ίδια διαδικασία το μόνο που αλλάζει είναι ο τρόπος ενεργοποίησης (Σχήμα 4.54: Network 8) και η εντολή SUB η οποία αφαιρεί από την MW28 10 μονάδες με αποτέλεσμα το κλείσιμο των περσίδων.



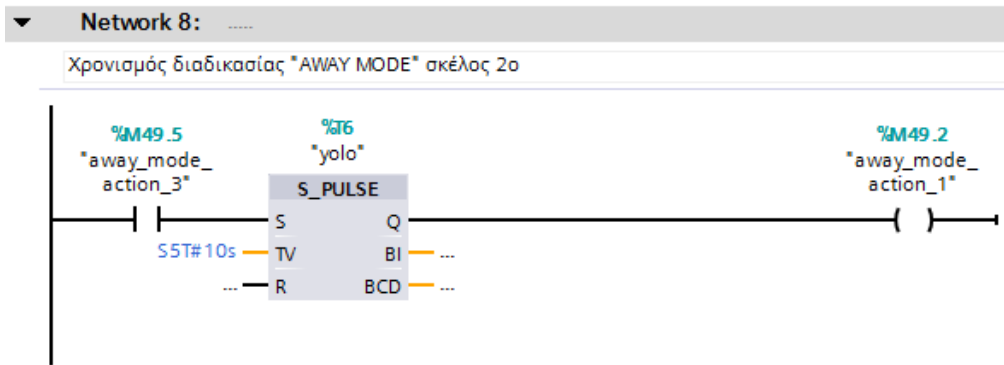
Σχήμα 4.52: Διαδικασία κλειστών περσίδων (AWAY MODE)

- **Network 7-8-9: Χρονισμός διαδικασίας "AWAY MODE"**

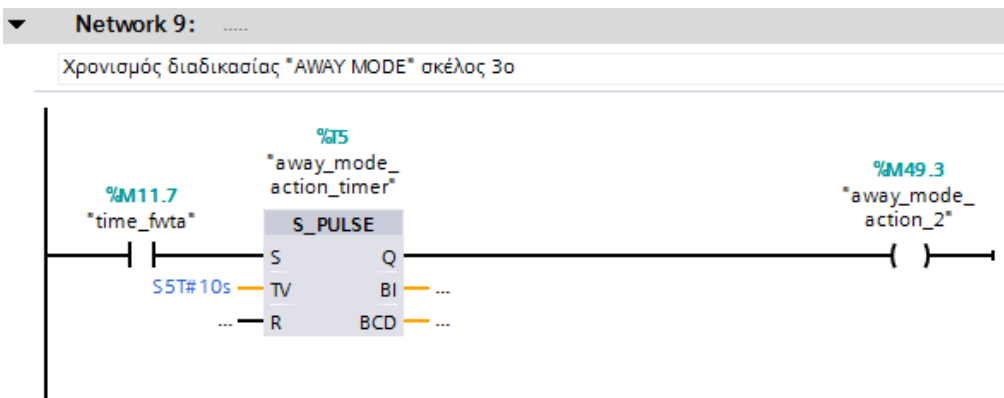
Τα network 7-8-9 υπάρχουν για να χρονίζουν τη διαδικασία του AWAY MODE ενώ αυτό είναι σε ισχύ. Με την ενεργοποίηση της μνήμης M11.7 το χρονικό παλμού T5 στο network 9 ενεργοποιεί για 10 δευτερόλεπτα την έξοδο M49.3 ενώ στο network 7 το χρονικό ON DELAY DB4 θα αλλάξει την κατάσταση της μνήμης M49.5 μετά από 20 δευτερόλεπτα, και στη συνέχεια το χρονικό παλμού T6 θα ενεργοποιεί για 10 δευτερόλεπτα την έξοδο M49.2 η οποία θα θέτει σε ισχύ την διαδικασία κλειστών περσίδων.



Σχήμα 4.53: Χρονισμός διαδικασίας "AWAY MODE" σκέλος 1ο



Σχήμα 4.54: Χρονισμός διαδικασίας "AWAY MODE" σκέλος 2ο



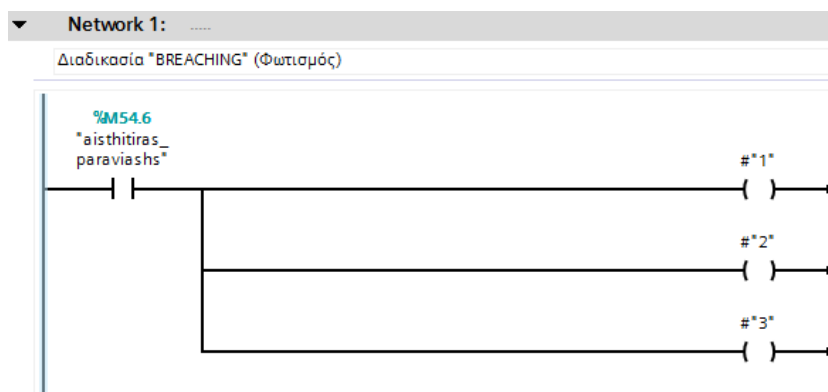
Σχήμα 4.55: Χρονισμός διαδικασίας "AWAY MODE" σκέλος 3ο

BREACHING [FB4]

Το συγκεκριμένο Function Block υλοποιεί την διαδικασία παραβίασης του σπιτιού και αποτελείται από ένα μόνο network.

- **Network 1: Διαδικασία "BREACHING" (Φωτισμός)**

Στο network 1 αλλάζοντας κατάσταση η μνήμη M54.6 ενεργοποιούνται οι γραμμές φωτισμού #1, #2 και #3 κατά την διάρκεια παραβίασης της οικίας όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.56



Σχήμα 4.56: Διαδικασία "BREACHING" (Φωτισμός)

SCALES [FC]

Το Scales[FC] περιέχει δυο βασικές συναρτήσεις με τις οποίες γίνονται όλες οι μετατροπές των αναλογικών και πραγματικών μεγεθών.

Η συνάρτηση “SCALE” FC105 μετατρέπει την ακέραια τιμή που δέχεται στη είσοδο (IN) σε πραγματική κλιμακωμένη μεταξύ ενός χαμηλού και υψηλού ορίου (LO_LIM και HI_LIM). Η συγκεκριμένη συνάρτηση χρησιμοποιεί την εξής ισότητα:

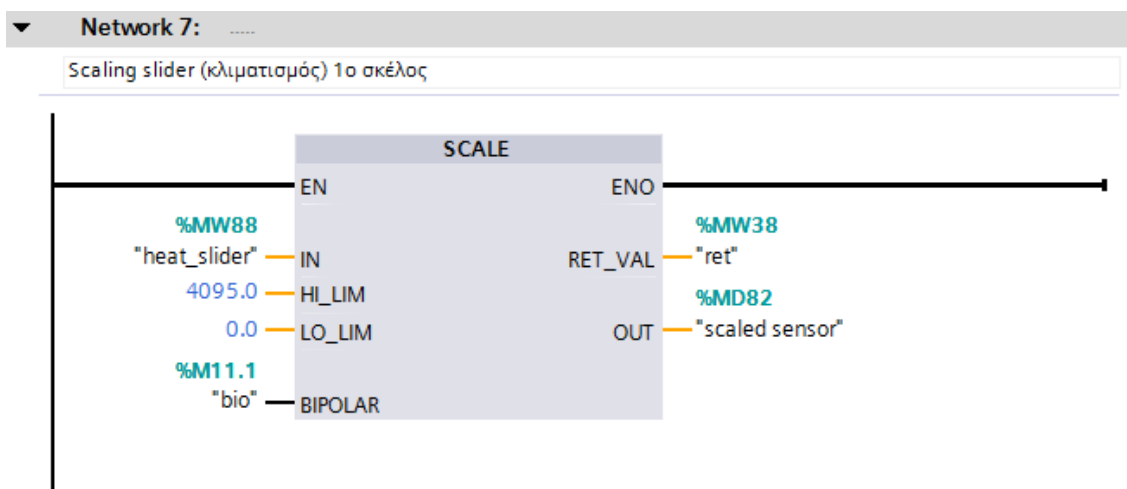
$$\text{OUT} = [((\text{FLOAT}(\text{IN}) - \text{K1}) / (\text{K2} - \text{K1})) * (\text{HI_LIM} - \text{LO_LIM})) + \text{LO_LIM}]$$

Η συνάρτηση “UNSCALE” FC106 κάνει το ακριβώς αντίστροφο της συνάρτησης FC105 με την ίδια λογική μόνο που το αποτέλεσμα της προκύπτει από την παρακάτω ισότητα:

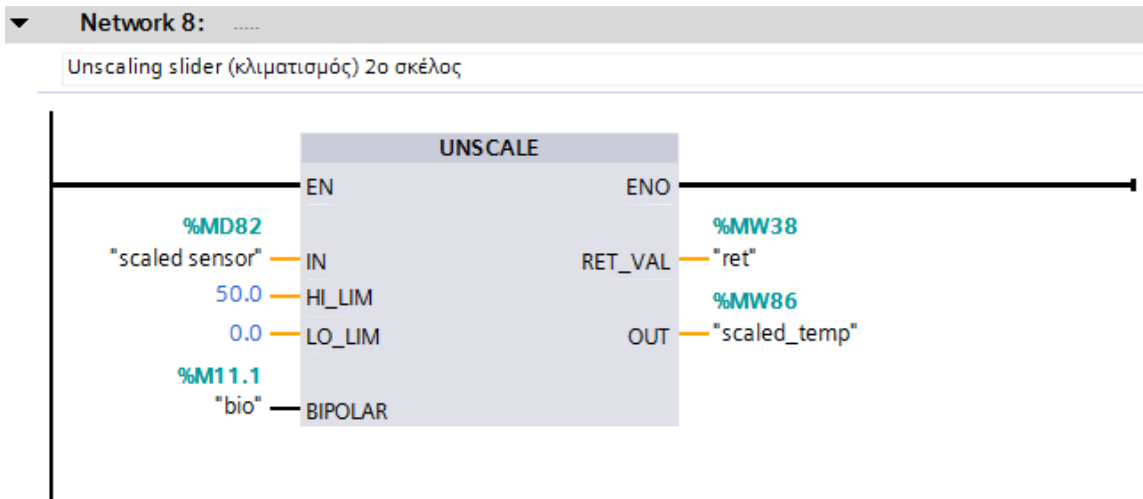
$$\text{OUT} = [((\text{IN} - \text{LO_LIM}) / (\text{HI_LIM} - \text{LO_LIM})) * (\text{K2} - \text{K1})] + \text{K1}$$

Οι σταθερές K1 και K2 καθορίζονται από την παράμετρο BIPOLAR. Όταν αυτή στην είσοδο της έχει λογικό 0 τότε K1=0.0 και K2=27648.0 ενώ στην περίπτωση που έχει λογικό 1 τότε K1=-27648.0 και K2=+27648.0

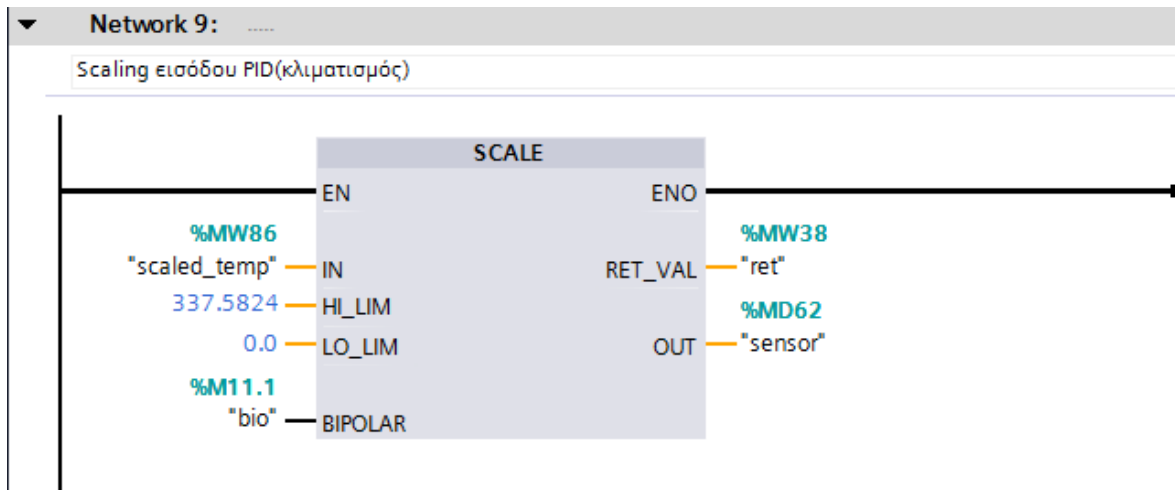
Στα σχήματα 4.57, 4.58 και 4.59 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η διαδικασία μετατροπής των αναλογικών σημάτων που δέχεται ο αισθητήρας θερμοκρασίας σε πραγματικά μεγέθη τα οποία διαβάζει ο χρήστης, έχοντας όμως πρώτα θέσει υπόψη ότι ο αισθητήρας που χρησιμοποιήσαμε είναι 12bit (0-4095) και το εύρος τιμών της θερμοκρασίας είναι 0-50°C. Με τον ίδιο τρόπο γίνονται και οι μετατροπές για τον έλεγχο φωτεινότητας αλλά και τάσης.



Σχήμα 4.57: Scaling Slider (κλιματισμός) 1^ο σκέλος



Σχήμα 4.58: Scaling Slider (κλιματισμός) 2^ο σκέλος



Σχήμα 4.59: Scaling εισόδου PID (κλιματισμός)

Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις

5.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε αναλυτική περιγραφή του τρόπου λειτουργίας ενός έξυπνου σπιτιού. Πράγματα που θα μπορούσαν να είναι διαφορετικά στο πρόγραμμα, είναι το πλήθος των επαφών και των μηνυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Αυτό βεβαίως εξαρτάται από τον καθορισμό των λειτουργιών και των εφαρμογών που θέλουμε να πραγματοποιεί ο αυτοματισμός. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο χώρος στον οποίο γίνεται ο έλεγχος θερμοκρασίας, φωτισμού και ασφάλειας θα μπορούσε να μην είναι μόνο ένας. Βέβαια στόχος της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας ήταν η υλοποίηση ενός προγράμματος και η προσομοίωση των εφαρμογών που συνθέτουν ένα έξυπνο σπίτι και όχι η πλήρης υλοποίηση του αυτοματισμού.

Το συγκεκριμένο project το οποίο αποτελεί μια προσομοίωση παρόλα αυτά μπορεί να βρει εφαρμογή και να γίνει υλοποιήσιμο σε πραγματικά δεδομένα όμως δεν μπορεί εύκολα να προωθηθεί στην ελληνική αγορά λόγω του ότι για τον αυτοματισμό μιας οικίας έγινε χρήση του PLC, κάτι που σημαίνει αρκετά υψηλότερο κοστολόγιο και κατά επέκταση θα ήταν εκτός ανταγωνισμού. Παρόλα αυτά ο συγκεκριμένος αυτοματισμός περιλαμβάνει αρκετές «ανέσεις» για το χρήστη, όπως για παράδειγμα HMI, με την οποία γίνεται πιο αναλυτική, άμεση και εύκολη η επαφή του χρήστη με όλο το σύστημα. Σαφώς για πλήρεις αυτοματοποιημένες διαδικασίες βιομηχανικού επίπεδου χρησιμοποιούνται και PLC και HMI, με πολύ πιο πολύπλοκη λογική και κώδικα.

Ένα θέμα που θα μπορούσε να μελετηθεί εν συνεχεία με βάση τη παρούσα πτυχιακή εργασία είναι ο απομακρυσμένος έλεγχος του PLC. Αυτό σημαίνει ότι θα παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου του PLC από απομακρυσμένο χώρο. Κάτι τέτοιο παρέχει πολλά πλεονεκτήματα όπως μειωμένο κόστος, διότι δεν χρειάζεται να πραγματοποιηθεί επίσκεψη στο χώρο που βρίσκεται το PLC. Από το χώρο σου μπορείς να δεις κάποια πιθανή αιτία βλάβης και αν δεν είναι κάτι πολύ σημαντικό να λυθεί χωρίς επίσκεψη.

Η μελέτη που έγινε, είναι ένα μικρό κομμάτι από τις χιλιάδες εφαρμογές που λαμβάνουν τόπο στη σύγχρονη βιομηχανία. Η λειτουργικότητα, η ευελιξία και το πλήθος των εφαρμογών, καθιστούν τα PLCs ένα αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης βιομηχανίας. Η ανάπτυξη εφαρμογών για PLCs, είναι ένας δυνατός σύμμαχος του μελλοντικού ηλεκτρολόγου μηχανικού στην αγορά εργασίας, καθώς η γνώση και η σχετική κατάρτιση στο αντικείμενο θεωρείται πλέον απαραίτητη.

Κλείνοντας αυτή την πτυχιακή εργασία θα θέλαμε να τονίσουμε ότι μπορέσαμε και αποκομίσαμε βασικές γνώσεις σε θέματα που αφορούν βιομηχανικούς αυτοματισμούς, και συστήματα διαχείρισης κτιρίων. Καθώς επίσης και εμπειρία σχετικά με το λογισμικό TIA Portal της Siemens

Βιβλιογραφία

- [1] Hans Berger, Automating with S7 -300 Inside TIA portal Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Professional, 2nd Edition, Publicis Publishing, 2014.
- [2] Richard C. Dorf, Robert H. Bishop Modern Control systems, 12th Edition, Pearson 2011.
- [3] Hans Berger Σχεδίαση Εφαρμογών Αυτοματισμού με τη γλώσσα STEP 7 σε STL και SCL, Προγραμματιζόμενοι Ελεγκτές SIMATIC S7-300/400, 2nd Edition, Εκδόσεις Τζιολα, 2002.
- [4] Μαραντίδης Νικόλαος Αυτοματισμοί με Simatic S7 . Siemens A.E 2000.
- [5] Πανταζής Νικόλαος, Αυτοματισμοί με PLC, 1^η Έκδοση, Εκδόσεις Σταμούλη, 1998.
- [6] K. Astrom and T. Hagglund PID Controllers: Theory, Design, and Tuning 2nd edition, Instrument Society of America, 1995.
- [7] Μάνεσης Σταμάτης, Συστήματα Προγραμματιζόμενων Βιομηχανικών Αυτοματισμών, 1^η Έκδοση, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2009.
- [8] J. R. Hackworth and F. D. Hackworth, Programmable Logic Controllers: Programming Methods and Applications, Pearson, 2003.
- [9] Stuart A. Boyer, SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, 4th Edition, International Society of Automation, 2010.
- [10] Gary Dunning, Introduction to Programmable Logic Controllers, 3rd Edition, Cengage Learning, 2005.
- [11] SIEMENS, Simatic TIA Portal Step 7 Basic V10.5, Getting Started, 2009.
- [12] Βιομηχανικοί αυτοματισμοί με plc ,εισαγωγικό εγχειρίδιο και παραδείγματα εφαρμογών Simatic Controllers Siemens. http://w5.siemens.com/greece/internet/en/pss/I/Automation/Documents/PLC_Beginners_Manual_1283505.pdf
(Ανάκτηση 5/10/16)
- [13] What is an HMI http://www.unitronics.com/KnowledgeBase/U90Ladder/HMI/Display/What_is_an_HMI_.htm (Ανάκτηση 22/11/16).
- [14] What is a PLC? <http://www.plcs.net/chapters/whatis1.htm> (Ανάκτηση 8/10/16).
- [15] PID Controller, https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller (Ανάκτηση 17/10/16)
- [16] Analog, <http://www.plcman.co.uk/analog/> (Ανάκτηση 27/9/16)
- [17] Programmable Logic Controllers
https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller (Ανάκτηση 8/10/16)

[18] Simple PID Controllers for S7-300/400

<http://www.cruysen.nl/plc%20site/siemens%20files/pidtip.pdf> (Ανάκτηση 25/11/16)