



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ανάπτυξη εφαρμογών με προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές
(PLC) σε περιβάλλον TIA PORTAL**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πριόβολος Γ. Δημήτριος

Αλέξανδρος Σ. Σπύρου

Επιβλέπων: Γεώργιος Κορρές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ανάπτυξη εφαρμογών με προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές
(PLC) σε περιβάλλον TIA PORTAL**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πριόβολος Γ. Δημήτριος

Αλέξανδρος Σ. Σπύρου

Επιβλέπων: Γεώργιος Κορρές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 18/06/2021.

.....
Κορρές Γεώργιος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γεωργιάκης Παύλος
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γκόνος Ιωάννης
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2021

.....
ΠΡΙΟΒΟΛΟΣ Γ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΣΠΥΡΟΥ Σ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Διπλωματούχοι Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί και Μηχανικοί Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Πριόβολος Γ. Δημήτριος 2021

Copyright © Αλέξανδρος Σ. Σπύρου 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη εφαρμογών στη προγραμματιστική πλατφόρμα TIA Portal. Αυτές οι εφαρμογές αποσκοπούν στην εκμάθηση και στην εξοικείωση με το συγκεκριμένο πρόγραμμα αλλά και με τη φιλοσοφία των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC). Η πλατφόρμα TIA Portal συνιστά ένα χρήσιμο εργαλείο ελέγχου και εποπτείας διεργασιών σε βιομηχανικά συστήματα.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές έννοιες των λογικών ελεγκτών και παρουσιάζονται γενικές γνώσεις σχετικά με τους αυτοματισμούς και τα PLC.

Στο δεύτερο κεφάλαιο ο αναγνώστης μπορεί να εξοικειωθεί με την προγραμματιστική πλατφόρμα της Siemens, TIA Portal. Παρέχονται στον αναγνώστη όλες οι βασικές γνώσεις για να την υλοποίηση και ολοκλήρωση μίας εφαρμογής.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι 8 εφαρμογές που πραγματοποιήθηκαν στο TIA Portal, καθώς και οι προσομοιώσεις τους μέσω HMI (Human-Machine Interface) οθονών.

Λέξεις κλειδιά: Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC), TIA Portal, Διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (HMI), Έλεγχος, Εποπτεία, Προσομοίωση.

Abstract

The purpose of the dissolution of a duplicate application is the development of applications in the programming platform TIA Portal. The development of those applications aims at learning and familiarizing with the program and the philosophy of Programmable Logic Controllers (PLC). The TIA Portal platform is a critical tool for systems control and monitoring, especially in the areas of power.

The first chapter analyzes the basic concepts of logic controllers and presents general knowledge about automation and PLCs.

In the second chapter the reader can get acquainted with the Siemens programming platform, TIA Portal. The reader is provided with all the basic knowledge to implement and complete a Project.

The third chapter analyzes the 8 applications implemented in TIA Portal, as well as their simulations via HMI screens.

Keywords: Programmable Logic Controller (PLC), TIA Portal, Human-Machine Interface (HMI), Control, Supervision, Simulation.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε πολύ τον κ. Γεώργιο Κορρέ, επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μας εργασίας, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε αναθέτοντάς μας την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς και για τη καθοδήγησή του. Επίσης, ευχαριστούμε τον Αν. Καθηγητή κ. Παύλο Γεωργιάκη και τον Αν Καθηγητή κ. Ιωάννη Γκόνο για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1.1: Εσωτερική αρχιτεκτονική PLC	18
Εικόνα 1.2: Παραδειγμα Χρήσης LAD	20
Εικόνα 1.3: Sequential Function Chart.....	21
Εικόνα 1.4: Counter, Timer, PID using FBD	22
Εικόνα 1.5: Ομοιότητα της ST με την C.....	23
Εικόνα 1.6: Παράδειγμα IL κώδικα και πεδία χρήσης του	24
Εικόνα 2.1: Συνδυασμός του PLC και του HMI	28
Εικόνα 2.2: Η δομή της προβολής πύλης.....	29
Εικόνα 2.3: Επιφάνεια Εργασίας του TIA λογισμικού	30
Εικόνα 2.4: Create new Project /Add new Device	32
Εικόνα 2.5: Network View, σύνδεση μεταξύ των συσκευών.....	32
Εικόνα 2.6: Device View, η εσωτερική εικόνα μιας συσκευής PLC.....	33
Εικόνα 2.7: Παράθυρο με τις επιλογές για Add new Block	35
Εικόνα 2.8 Παράδειγμα ενός Data Block	38
Εικόνα 2.9: Παράδειγμα LAD λογικής.....	39
Εικόνα 2.10: Παράδειγμα FBD λογικής.....	40
Εικόνα 2.11: Παράδειγμα SCL	40
Εικόνα 2.12: Η μορφή ενός πίνακα ετικετών	42
Εικόνα 2.13: Δημιουργία HMI panel.....	44
Εικόνα 2.14: Το παράθυρο επιλογών στην δημιουργία HMI	45
Εικόνα 2.15: Διασύνδεση HMI-PLC στο Network View	46
Εικόνα 2.16: Αρχική οθόνη HMI Panel.....	46
Εικόνα 2.17: Κουμπί για να ξεκινήσει η προσομοίωση.....	47
Εικόνα 2.18: Φόρτωση του PLC	48
Εικόνα 2.19: Παράθυρο PLCSIM	48
Εικόνα 2.20: Παράθυρο Load Preview.....	49
Εικόνα 2.21: Κουμπί Monitoring	49
Εικόνα 2.22: Παράδειγμα προσομοίωσης HMI.....	50
Εικόνα 3.1: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας τσιμέντου	52
Εικόνα 3.2: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 1)	53
Εικόνα 3.3: Network 1-2 του Main Block (Εφαρμογή 1).....	54
Εικόνα 3.4: Network 1,2,3 του Conveyor Belt Block (Εφαρμογή 1)	55
Εικόνα 3.5: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 1)	57
Εικόνα 3.6: Το βήμα του Filling Ingredience (Εφαρμογή 1).....	57
Εικόνα 3.7: HMI Production Process Screen (Εφαρμογή 1)	58
Εικόνα 3.8: Πίνακας σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags (Εφαρμογή 1)	59

Εικόνα 3.9: HMI Simulation (Εφαρμογή 1)	59
Εικόνα 3.10: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 1)	60
Εικόνα 3.11: Προθέρμανση σε περιστροφικό κλίβανο (Εφαρμογή 1)	61
Εικόνα 3.12: Δεύτερη μίξη των υλικών μετά την ψύξη (Εφαρμογή 1).....	61
Εικόνα 3.13: Συσκευασία του πρώτου τσουβαλιού (Εφαρμογή 1)	62
Εικόνα 3.14: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 2).....	63
Εικόνα 3.15: Network 1 του Main Block (Εφαρμογή 2).....	64
Εικόνα 3.16: Networks 2-3 του Main Block (Εφαρμογή 2)	65
Εικόνα 3.17: FB2 SCL Best_Before_Date Block (Εφαρμογή 2)	66
Εικόνα 3.18: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 2)	67
Εικόνα 3.19: HMI Production Process Screen (Εφαρμογή 2)	68
Εικόνα 3.20: Πίνακας σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags (Εφαρμογή 2)	68
Εικόνα 3.21: HMI Simulation (Εφαρμογή 2).....	69
Εικόνα 3.22: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 2)	70
Εικόνα 3.23: Μεταφορά μπουκαλιού 1 για γέμισμα (Εφαρμογή 2)	71
Εικόνα 3.24: Γέμισμα πρώτου μπουκαλιού (Εφαρμογή 2).....	71
Εικόνα 3.25: Προσθήκη ετικέτας με στο μπουκάλι (Εφαρμογή 2)	72
Εικόνα 3.26: Γέμισμα δεύτερου μπουκαλιού (Εφαρμογή 2)	72
Εικόνα 3.27: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 3).....	74
Εικόνα 3.28: Network 1 του Main Block (Εφαρμογή 3).....	75
Εικόνα 3.29: Network 2 του Main Block (Εφαρμογή 3).....	76
Εικόνα 3.30: Program Block δήλωσης μεταβλητών τύπου String.....	76
Εικόνα 3.31: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 3)	77
Εικόνα 3.32: HMI Washing Process Screen (Εφαρμογή 3).....	78
Εικόνα 3.33: Πίνακας σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags (Εφαρμογή 3)	78
Εικόνα 3.34: HMI Simulation (Εφαρμογή 3).....	79
Εικόνα 3.35: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 3)	80
Εικόνα 3.36: Σαπούνισμα οχήματος	81
Εικόνα 3.37: Μεταφορά οχήματος στον επόμενο σταθμό.....	81
Εικόνα 3.38: Βούρτσισμα οχήματος	82
Εικόνα 3.39: Ξέπλυμα οχήματος	82
Εικόνα 3.40: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 4).....	83
Εικόνα 3.41: Network 1-2 του Main Block (Εφαρμογή 4).....	84
Εικόνα 3.42: Network 3-4-5 του Main Block (Εφαρμογή 4).....	85
Εικόνα 3.43: Network 6-7-8 του Main Block (Εφαρμογή 4).....	86
Εικόνα 3.44: Network 9 του Main Block (Εφαρμογή 4).....	87
Εικόνα 3.45: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 4)	89
Εικόνα 3.46: Startup Function Block (Εφαρμογή 4)	90

Εικόνα 3.47: HMI Step By Step Process Screen (Εφαρμογή 4)	91
Εικόνα 3.48: Πίνακας σύνδεση HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 4).....	91
Εικόνα 3.49: HMI Simulation (Εφαρμογή 4).....	92
Εικόνα 3.50: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 4)	93
Εικόνα 3.51: Έναρξη λειτουργίας.....	94
Εικόνα 3.52: Μετά την πληρωμή και την συμπλήρωση του νερού	94
Εικόνα 3.53: Τέλος συμπλήρωσης γάλατος και ζάχαρης	95
Εικόνα 3.54: Τέλος διαδικασίας	95
Εικόνα 3.55: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 5).....	97
Εικόνα 3.56: Network 1 του Main Block (Εφαρμογή 5).....	98
Εικόνα 3.57-Network 2 του Main Block (Εφαρμογή 5).....	99
Εικόνα 3.58: Network 1,2,3 του Conveyor Belt Block (Εφαρμογή 5)	99
Εικόνα 3.59: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 5)	100
Εικόνα 3.60: HMI Cutting Machine Process	101
Εικόνα 3.61: Πίνακας σύνδεση HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 5).....	102
Εικόνα 3.62: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 5)	102
Εικόνα 3.63: Πρώτη φάση της προσομοίωσης (Εφαρμογή 5)	103
Εικόνα 3.64: Δεύτερη φάση της προσομοίωσης (Εφαρμογή 5)	103
Εικόνα 3.65: Τρίτη φάση της προσομοίωσης (Εφαρμογή 5)	104
Εικόνα 3.66: Τέταρτη φάση της προσομοίωσης (Εφαρμογή 5).....	104
Εικόνα 3.67: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 6).....	105
Εικόνα 3.68: Network 1 του Main Block (Εφαρμογή 6).....	106
Εικόνα 3.69: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 5)	107
Εικόνα 3.70: HMI Tank Level Control.....	108
Εικόνα 3.71: Πίνακα σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 6).....	108
Εικόνα 3.72: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 6)	109
Εικόνα 3.73: Λειτουργία μιας αντλίας κατά την προσομοίωση	109
Εικόνα 3.74: Λειτουργία μιας αντλίας κατά την προσομοίωση	110
Εικόνα 3.75: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 7).....	111
Εικόνα 3.76: Startup Block (Εφαρμογή 7)	111
Εικόνα 3.77: Main Block (Εφαρμογή 7).....	112
Εικόνα 3.78: Steps Data Block	113
Εικόνα 3.79: HMI Data Block	113
Εικόνα 3.80: Input/output Data Block	113
Εικόνα 3.81: Main Function (Εφαρμογή 7)	116
Εικόνα 3.82: Inputs/Outputs Function (Εφαρμογή 7)	119
Εικόνα 3.83: HMI Function (Εφαρμογή 7).....	121
Εικόνα 3.84: HMI Elevator	122

Εικόνα 3.85: Πίνακα σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 7).....	122
Εικόνα 3.86: Στιγμιότυπο 1 Προσομοίωσης (Εφαρμογή 7)	123
Εικόνα 3.87: Στιγμιότυπο 2 Προσομοίωσης (Εφαρμογή 7)	123
Εικόνα 3.88: Στιγμιότυπο 3 Προσομοίωσης (Εφαρμογή 7)	124
Εικόνα 3.89: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 8).....	126
Εικόνα 3.90: Main Block (Εφαρμογή 8).....	129
Εικόνα 3.91: HMI for Double Intersection with traffic lights	130
Εικόνα 3.92: Πίνακας σύνδεση HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 8).....	130
Εικόνα 3.93: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 8)	131
Εικόνα 3.94: Πρώτη φάση της προσομοίωσης(Εφαρμογή 8)	132
Εικόνα 3.95: Δεύτερη φάση της προσομοίωσης(Εφαρμογή 8)	132
Εικόνα 3.96: Τρίτη φάση της προσομοίωσης(Εφαρμογή 8)	133

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Abstract	5
Ευχαριστίες.....	6
Λίστα Εικόνων.....	7
1 PLC: (Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής)	15
1.1 Πριν τα PLC	15
1.2 Προβλήματα των Ρελέ	15
1.3 Η εμφάνιση των PLC	15
1.4 Η αρχή των PLC.....	16
1.5 Χαρακτηριστικά του PLC	17
1.6 Εσωτερική αρχιτεκτονική PLC	18
1.7 Γλώσσες προγραμματισμού PLC	19
1.8 Πλεονεκτήματα χρήσης PLC.....	25
1.9 Μειονεκτήματα χρήσης PLC.....	25
1.10 Περιοχές όπου εφαρμόζονται τα PLC.....	25
2 TIA Portal	27
2.1 Το λογισμικό TIA Portal.....	27
2.2 Η πύλη TIA.....	28
2.3 Οι Προβολές στο TIA.....	29
2.3.1. Προβολή Portal	29
2.3.2. Προβολή εργασίας	30
2.4 Δημιουργία νέου αρχείου (Project).....	31
2.5 Το PLC μέσα από το TIA Portal	33
2.5.1. Το υλικό (Hardware) του PLC στο TIA	33
2.5.2. Το λογισμικό (software) του PLC στο TIA	34
2.6 Γλώσσες προγραμματισμού στο TIA	38
2.6.1. LAD (Ladder Logic).....	38
2.6.2. FBD.....	39

2.6.3 SCL	40
2.7 Ετικέτες των δεδομένων εισόδου/εξόδου/μνήμης (PLC Tags).....	40
2.8 Γραφική αναπαράσταση μέσω HMI (Human Machine Interface)	43
2.8.1. Δημιουργία νέας συσκευής HMI.....	43
2.8.2 Αντικείμενα και Δημιουργία Περιβάλλοντος στο HMI	45
2.8.3. Διασύνδεση μεταξύ PLC και HMI	46
2.9 Προσομοίωση (Simulation)	47
2.9.1. Προσομοίωση του PLC	47
2.9.2. Προσομοίωση του HMI	50
3 Ανάπτυξη εφαρμογών.....	51
3.1 Εφαρμογή 1	51
3.1.1 Περιγραφή της εφαρμογής.....	51
3.1.2 Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν	53
3.1.3 Program blocks.....	54
3.1.4 Human-Machine Interface (HMI)	58
3.1.5 Προσομοίωση	59
3.2 Εφαρμογή 2	63
3.2.1 Περιγραφή της εφαρμογής	63
3.2.2 Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν	63
3.2.3 Program Blocks.....	64
3.2.4 Human-Machine Interface (HMI)	68
3.2.5 Προσομοίωση	69
3.3 Εφαρμογή 3	73
3.3.1 Περιγραφή της εφαρμογής	73
3.3.2 Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν	74
3.3.3 Program Blocks.....	75
3.3.4 Human-Machine Interface (HMI)	78
3.3.5 Προσομοίωση	79
3.4 Εφαρμογή 4	83

3.4.1 Περιγραφή της εφαρμογής	83
3.4.2 Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν	83
3.4.3 Program Blocks.....	84
3.4.4 Human-Machine Interface (HMI)	91
3.4.5 Προσομοίωση	92
3.5 Εφαρμογή 5	96
3.5.1. Περιγραφή της εφαρμογής	96
3.5.2. Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν	97
3.5.3. Program Blocks.....	98
3.5.4. Human-Machine Interface (HMI)	101
3.5.5. Προσομοίωση	102
3.6 Εφαρμογή 6	105
3.6.1. Περιγραφή της εφαρμογής	105
3.6.2. Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν	105
3.6.2. Program Blocks.....	106
3.6.3. Human-Machine Interface (HMI)	108
3.6.5. Προσομοίωση	109
3.7 Εφαρμογή 7	110
3.7.1. Περιγραφή της εφαρμογής	110
3.7.2. Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν	111
3.7.3. Program Blocks.....	111
3.7.4. Human-Machine Interface (HMI)	122
3.7.5. Προσομοίωση	123
3.8 Εφαρμογή 8	125
3.8.1. Περιγραφή της εφαρμογής	125
3.8.2. Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν	126
3.8.3. Program Blocks.....	126
3.8.4. Human-Machine Interface (HMI)	130
i. Προσομοίωση	131

4	Συμπεράσματα	134
5	Βιβλιογραφία.....	135

1 PLC: (Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής)

1.1 Πριν τα PLC

Πριν από την εποχή των PLC ο μόνος τρόπος για τον έλεγχο των μηχανημάτων ήταν με τη χρήση ρελέ (ηλεκτρονόμου). Τα ρελέ λειτουργούν χρησιμοποιώντας ένα πηνίο που, όταν ενεργοποιείται, δημιουργεί μια μαγνητική δύναμη για να αλλάξει τη θέση ON ή OFF σε έναν διακόπτη. Όταν το ρελέ απενεργοποιηθεί, ο διακόπτης απελευθερώνεται και επιστρέφει στην τυπική θέση ON ή OFF. Έτσι, για τον έλεγχο κατάστασης ενός κινητήρα (κατάσταση ON ή OFF), συνδέεται ένας ρελέ μεταξύ της πηγής ισχύος και του κινητήρα. Τότε ελέγχεται τότε ο κινητήρας παίρνει ισχύ απλά ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας το ρελέ. Υπάρχουν ρελέ τα οποία ελέγχουν την ισχύ ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας την τροφοδοσία τάσης και ρεύματος. Αυτός ο τύπος ρελέ είναι γνωστός ως ρελέ ισχύος. Θα μπορούσαν να υπάρχουν αρκετοί κινητήρες σε ένα εργοστάσιο που πρέπει να ελεγχθούν, με την χρήση πολλών ρελέ ισχύος. Έτσι στα εργοστάσια άρχισαν να συγκεντρώνονται αίθουσες γεμάτες ρελέ ισχύος. Βέβαια αυτό καθιστά αναγκαία τη χρήση ενός άλλου είδους ρελέ, για τον έλεγχο των ρελέ ισχύος. Αυτά τα ρελέ είναι γνωστά ως ρελέ ελέγχου. Η ανάγκη χρήσης μεγάλου αριθμού ρελέ, δημιουργεί προβλήματα στο σύστημα ηλεκτρομηχανικού ελέγχου μέσω ρελέ [7].

1.2 Προβλήματα των Ρελέ

Στα σύγχρονα εργοστάσια χρειάζονται πολλοί κινητήρες και διακόπτες τροφοδοσίας ON / OFF για να ελεγχθεί μόνο ένα μηχάνημα. Αν προστεθούν και όλα τα ρελέ ελέγχου που χρειάζονται, αυτό που προκύπτει είναι ένα υπερβολικά πολύπλοκο σύστημα. Όλα αυτά τα ρελέ συνδέονταν ενσύρματα σε μια πολύ συγκεκριμένη σειρά ώστε το μηχάνημα να λειτουργεί σωστά. Έτσι, εάν ένα ρελέ είχε πρόβλημα, το σύστημα στο σύνολό του καταλήγει δυσλειτουργικό. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι χρονοβόρα, και τα πηνία και οι επαφές έχουν συχνές φθορές. Οπότε, αυτά τα μηχανήματα έπρεπε να ακολουθήσουν ένα αυστηρό πρόγραμμα συντήρησης ενώ ταυτόχρονα καταλάμβαναν πολύ χώρο. Επίσης στην περίπτωση που χρειαζόταν μία αλλαγή, έπρεπε να αλλάξει ολόκληρο το σύστημα. Σύντομα κατέστη σαφές ότι υπήρχαν προβλήματα εγκατάστασης και συντήρησης αυτών των μεγάλων συστημάτων ελέγχου ρελέ [3].

1.3 Η εμφάνιση των PLC

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, η έννοια του ελέγχου υπολογιστή είχε αρχίσει να απασχολεί μεγάλες εταιρείες όπως η GM. Σύμφωνα με τον Dick Morley, τον αδιαμφισβήτητο πατέρα του PLC, «Ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής αναλύθηκε λεπτομερώς την Πρωτοχρονιά του 1968».

Στο δημοφιλές φόρουμ PLCDEV.com αναγραφόταν μια λίστα απαιτήσεων που είχαν θέσει οι μηχανικοί της GM για έναν «τυπικό ελεγκτή μηχανών». Αυτές είναι οι απαιτήσεις που ο Dick Morley και η εταιρεία του, η 'Bedford and Associates', καλούνταν να ανταποκριθούν όταν το

πρώτο PLC οραματίστηκε. Εκτός από την αντικατάσταση του συστήματος ρελέ, οι απαιτήσεις που αναφέρονται από την GM για αυτόν τον ελεγκτή περιλαμβάνουν:

- Ένα σύστημα στερεάς κατάστασης που ήταν ευέλικτο όπως ένας υπολογιστής, αλλά σε ανταγωνιστικές τιμές και με ένα λογικό σύστημα ρελέ.
- Συντηρείται εύκολα και προγραμματίζεται σύμφωνα με τον ήδη αποδεκτό τρόπο λογικής της 'Ladder' που χρησιμοποιείται στο ρελέ.
- Έπρεπε να αντέχει να λειτουργεί σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον με όλη τη βρωμιά, την υγρασία, τον ηλεκτρομαγνητισμό και τους κραδασμούς.
- Έπρεπε να επιτρέπει την εύκολη ανταλλαγή εξαρτημάτων και δυνατότητα επέκτασης.

Η εμφάνιση προγραμματισμού του PLC απαιτούσε να είναι εύκολα κατανοητή και να χρησιμοποιείται από ηλεκτρολόγους συντήρησης και μηχανικούς εγκαταστάσεων [9].

1.4 Η αρχή των PLC

Τα πρώτα PLC είχαν τη δυνατότητα να λειτουργούν με σήματα εισόδου και εξόδου, εσωτερική λογική επαφών, χρονικά και μετρητές. Τα χρονικά (timers) και οι απαριθμητές (counters) χρησιμοποιούσαν εσωτερικούς καταχωρητές μεγέθους λέξεων, οπότε δεν πέρασε μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι να διατεθούν δυνατότητα εφαρμογής απλών μαθηματικών τεσσάρων λειτουργιών. Τα PLC συνέχισαν να εξελίσσονται με την προσθήκη αναλογικών σημάτων εισόδου και εξόδου, βελτιωμένων χρονιστών και απαριθμητών, μαθηματικών κινητής υποδιαστολής και μαθηματικών συναρτήσεων. Η ύπαρξη ενσωματωμένης λειτουργικότητας PID (Proportional-Integral-Derivative) ήταν ένα τεράστιο προτέρημα για τα PLC που χρησιμοποιούνταν στη βιομηχανία διεργασιών. Τα κοινά σύνολα οδηγιών εξελίχθηκαν σε έτοιμα πλαίσια δεδομένων που έχουν καταστήσει τον προγραμματισμό πιο αποτελεσματικό. Η δυνατότητα χρήσης ονομάτων ετικετών (tag names), αντί των μη περιγραφικών ετικετών, επέτρεψε στον χρήστη να ορίζει με μεγαλύτερη σαφήνεια την εφαρμογή του ενώ η δυνατότητα εισαγωγής/εξαγωγής των ονομάτων ετικετών σε άλλες συσκευές εξαλείφει τα σφάλματα που προκύπτουν κατά την εισαγωγή πληροφοριών σε κάθε συσκευή στο χέρι.

Καθώς εξελίχθηκε η λειτουργικότητα των PLCs, οι συσκευές προγραμματισμού και οι επικοινωνίες σημείωσαν επίσης ραγδαία ανάπτυξη. Οι πρώτες συσκευές προγραμματισμού ήταν λειτουργικές, αλλά ο χώρος που καταλάμβαναν ήταν αρκετά μεγάλος. Αργότερα εμφανίστηκαν οι φορητές συσκευές προγραμματισμού, οι οποίες με τη σειρά τους αντικαταστάθηκαν σύντομα με ιδιόκτητο λογισμικό προγραμματισμού που εκτελείτο σε προσωπικό υπολογιστή. Το DirectSOFT της AutomationDirect, που αναπτύχθηκε από την Host Engineering, ήταν το πρώτο πακέτο λογισμικού προγραμματισμού PLC που βασιζόταν στα Windows. Ένας υπολογιστής που επικοινωνεί με ένα PLC, παρείχε τη δυνατότητα προγραμματισμού, αλλά κατέστησε και ευκολότερες τις δοκιμές και την αντιμετώπιση προβλημάτων. Η χρήση σειριακών επικοινωνιών και τα διάφορα πρωτόκολλα PLC επέτρεψαν

επίσης τη δικτύωση των PLC μεταξύ τους, αλλά και με κινητήρες και διεπαφές ανθρώπου με μηχανή (HMI). Πρόσφατα το Ethernet και πρωτόκολλα όπως το Ethernet/IP (βιομηχανικό πρωτόκολλο) έχουν αποκτήσει τεράστια δημοτικότητα [5].

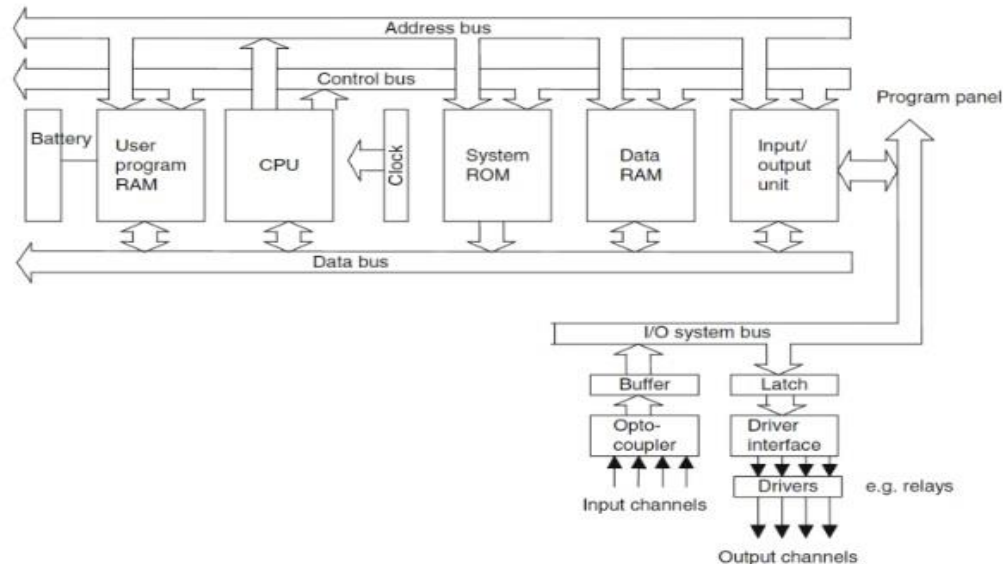
1.5 Χαρακτηριστικά του PLC

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, ή PLC, είναι ένας ανθεκτικός υπολογιστής που χρησιμοποιείται για βιομηχανικό αυτοματισμό. Αυτοί οι ελεγκτές μπορούν να αυτοματοποιήσουν μια συγκεκριμένη διαδικασία, λειτουργία μηχανήματος ή ακόμα και μια ολόκληρη γραμμή παραγωγής. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή είναι τα παρακάτω:

- Εκτελεί μόνο ένα σύνολο ή ακολουθία εργασιών, με μεγαλύτερη αξιοπιστία και απόδοση, εκτός εάν βρίσκεται κάτω από περιορισμούς σε πραγματικό χρόνο. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τους κανονικούς υπολογιστές που έχουν σχεδιαστεί για την εκτέλεση οποιουδήποτε αριθμού εργασιών ταυτόχρονα στο πλαίσιο των Windows.
- Διαθέτει μια σειρά χαρακτηριστικών που δεν μπορούν να βρεθούν σε κανονικούς υπολογιστές, όπως προστασία από συνθήκες ανοιχτού χώρου (θερμότητα, σκόνη, κρύο και άλλα).
- Είναι χαμηλού κόστους σε σύγκριση με άλλα συστήματα μικροελεγκτών. Όταν χρησιμοποιείται PLC σε διάφορες εφαρμογές, χρειάζεται μόνο η αλλαγή των στοιχείων λογισμικού (software) για κάθε εφαρμογή. Ωστόσο, με άλλα συστήματα μικροελεγκτή, θα πρέπει να αλλάξουν και τα υλικά στοιχεία (hardware) για διαφορετικές εφαρμογές.
- Είναι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση και τον έλεγχο ενός μεγάλου αριθμού αισθητήρων και διακόπτων, και επομένως διαφέρουν από άλλα συστήματα υπολογιστών στις εκτεταμένες ρυθμίσεις εισόδου/εξόδου (I/O).
- Περιέχει έτοιμες ρουτίνες, όπως ρουτίνες χρονισμού, ψηφιακής λογικής, απαριθμητών, συγκριτών, μαθηματικών συναρτήσεων και άλλες, στις οποίες ο χρήστης έχει τη δυνατότητα πρόσβασης και οι οποίες του εξοικονομούν πολύ χρόνο [7], [5].

1.6 Εσωτερική αρχιτεκτονική PLC

Η εσωτερική αρχιτεκτονική ενός PLC απεικονίζεται στην εικόνα 1.1 και αποτελείται από τα παρακάτω.



AutomationForum.in

Εικόνα 1.1: Εσωτερική αρχιτεκτονική PLC

1. Την CPU (Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας)

Η εσωτερική δομή της CPU εξαρτάται από τον σχετικό μικροεπεξεργαστή. Γενικά, μια CPU περιέχει τα ακόλουθα:

- Μια αριθμητική και λογική μονάδα (ALU) που είναι υπεύθυνη για τον χειρισμό δεδομένων και τη διεξαγωγή αριθμητικών πράξεων προσθήκης και αφαίρεσης και λογικών λειτουργιών AND, OR, NOT και XOR.
- Μνήμη, ονομαζόμενοι καταχωρητές, που βρίσκονται εντός του μικροεπεξεργαστή και χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση πληροφοριών που εμπλέκονται στην εκτέλεση του προγράμματος.
- Μια μονάδα ελέγχου που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του χρόνου λειτουργίας.

2. Τα Buses (Δίαυλοι)

Οι δίαυλοι χρησιμοποιούνται για επικοινωνία εντός του PLC. Οι πληροφορίες μεταδίδονται σε δυαδική μορφή, δηλαδή ως ομάδα δυαδικών ψηφίων, που μπορεί να είναι δυαδικό ψηφίο 1 ή 0, που δείχνει καταστάσεις ενεργοποίησης / απενεργοποίησης.

3. Τη Μνήμη

Για να λειτουργήσει το σύστημα PLC υπάρχει ανάγκη πρόσβασης στα δεδομένα που πρόκειται να υποβληθούν σε επεξεργασία και να χρησιμοποιηθούν στη διαμόρφωση εντολών. Και για τις δύο περιπτώσεις, τα δεδομένα αποθηκεύονται στη μνήμη του PLC για πρόσβαση κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας.

4. Τη Μονάδα εισόδων/εξόδων

Η μονάδα εισόδων/εξόδων παρέχει τη διασύνδεση μεταξύ του συστήματος και του εξωτερικού κόσμου, επιτρέποντας την πραγματοποίηση συνδέσεων μέσω καναλιών εισόδου/εξόδου σε συσκευές εισόδου, όπως αισθητήρες και συσκευές εξόδου, όπως κινητήρες και ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες [5].

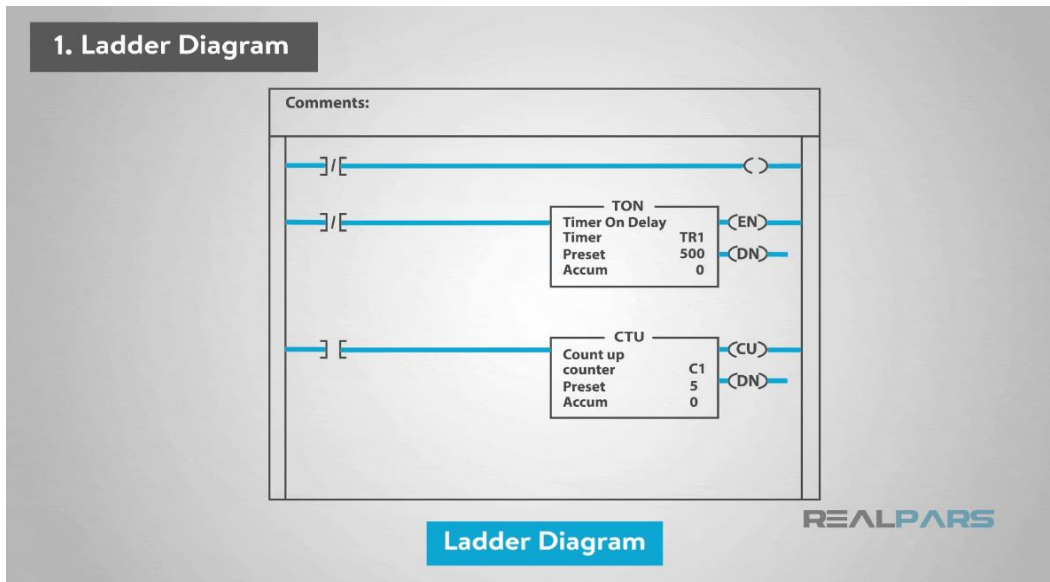
1.7 Γλώσσες προγραμματισμού PLC

Οι 5 πιο δημοφιλείς τύποι γλωσσών προγραμματισμού PLC είναι:

- Διάγραμμα Ladder (LD)
- Διαγράμματα διαδοχικών λειτουργιών (SFC)
- Διάγραμμα μπλοκ λειτουργίας (FBD)
- Δομημένο κείμενο (ST)
- Λίστα οδηγιών (IL)

1. Διάγραμμα Ladder (LD)

Το Ladder Diagram διαμορφώθηκε αρχικά με βάση τη λογική λειτουργίας των ρελέ για διαδικασίες ελέγχου. Το Ladder Diagram χρησιμοποιεί εσωτερική λογική για την αντικατάσταση όλων των ρελέ, εκτός από τις φυσικές συσκευές που χρειάζονται ηλεκτρικό σήμα για την ενεργοποίησή τους. Το Ladder Diagram είναι δομημένο με τη μορφή οριζόντιων βαθμίδων με δύο κάθετες ράγες που αντιπροσωπεύουν την ηλεκτρική σύνδεση σε λογική ρελέ. Είναι εφικτός έτσι ο προγραμματισμός όλων των απαραίτητων συνθηκών εισαγωγής για τη διαμόρφωση των επιθυμητών εξόδων.



Εικόνα 1.2: Παραδειγμα Χρήσης LAD

Πλεονεκτήματα διαγράμματος σκάλας

Τα κύρια πλεονεκτήματα της γλώσσας διαγράμματος Ladder είναι:

1. Είναι οργανωμένη και εύκολη στην παρακολούθηση.
2. Επιτρέπει την προθήκη σχολίων που είναι άμεσα ορατά.
3. Υποστηρίζει την online επεξεργασία πολύ επιτυχημένα.

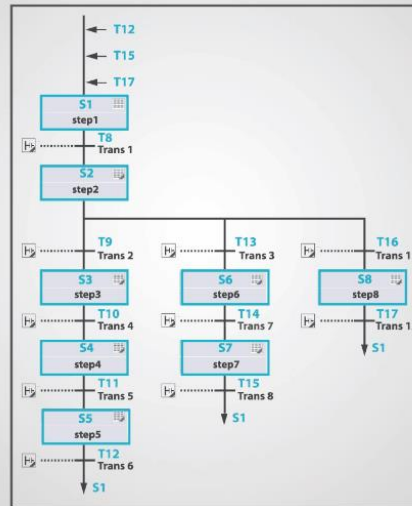
Μειονεκτήματα διαγράμματος ladder

Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι δεν είναι διαθέσιμες εντολές, οι οποίες θα μπορούσαν να διευκολύνουν τον προγραμματισμό, όπως κίνηση (motion) ή παρτίδα (batching).

2. Διαγράμματα διαδοχικών λειτουργιών (SFC)

Οποιαδήποτε εμπειρία σε διαγράμματα ροής, καθιστά τη συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού PLC πιο οικεία. Στα Διαγράμματα Διαδοχικών Λειτουργιών, χρησιμοποιούνται βήματα και μεταβάσεις για να επιτευχθούν τα τελικά αποτελέσματα. Τα βήματα αποτελούν την κύρια λειτουργία του προγράμματος. Αυτά τα βήματα περιλαμβάνουν τις ενέργειες που πραγματοποιούνται κατά την εκτέλεση του προγράμματος. Αυτή η απόφαση μπορεί να βασίζεται στο χρονοδιάγραμμα, σε μια συγκεκριμένη φάση της διαδικασίας ή σε μια φυσική κατάσταση ενός εξοπλισμού. Οι μεταβάσεις είναι οι εντολές που χρησιμοποιούνται για την μετάβαση από το ένα βήμα στο επόμενο, ανάλογα τη λογική τιμή (αληθής ή ψευδής) συγκεκριμένων συνθηκών. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά διαγράμματα ροής, τα διαγράμματα διαδοχικών λειτουργιών μπορούν να έχουν πολλές διαδρομές, δηλαδή πολλούς κλάδους που ξεκινούν ταυτόχρονα.

2. Sequential Function Charts



Εικόνα 1.3: Sequential Function Chart

Πλεονεκτήματα διαδοχικών διαγραμμάτων λειτουργίας

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των διαγραμμάτων διαδοχικών λειτουργιών είναι:

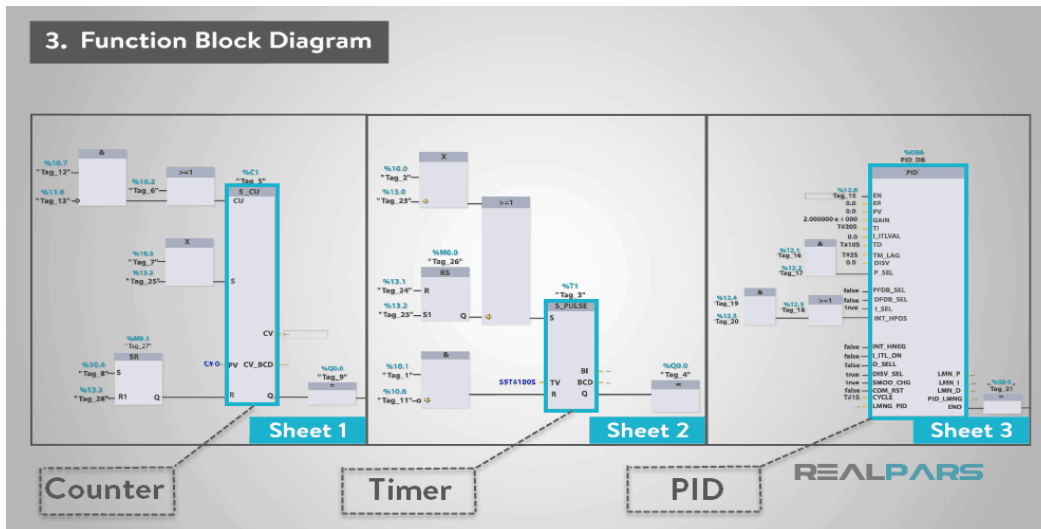
1. Οι διαδικασίες μπορούν να χωριστούν σε σημαντικά βήματα που μπορούν να κάνουν την αντιμετώπιση προβλημάτων πιο γρήγορη και ευκολότερη.
2. Υπάρχει άμεση πρόσβαση στη λογική για την εύρεση βλάβης σε ένα κομμάτι εξοπλισμού.
3. Ταχύτητα στο σχεδιασμό και στη γραφή του προγράμματος λόγω της δυνατότητας χρήσης επαναλαμβανόμενων εκτελέσεων μεμονωμένων κομματιών λογικής.

Μειονεκτήματα διαδοχικών διαγραμμάτων λειτουργίας

Παρόλα τα πλεονεκτήματα των διαδοχικών διαγραμμάτων λειτουργίας, αυτή η γλώσσα προγραμματισμού PLC δεν ταιριάζει πάντα σε κάθε εφαρμογή.

3. Διάγραμμα μπλοκ λειτουργίας (FBD)

Το διάγραμμα λειτουργιών μπλοκ είναι επίσης ένας γραφικός τύπος γλώσσας. Το διάγραμμα λειτουργιών μπλοκ περιγράφει μια συνάρτηση μεταξύ εισόδων και εξόδων που συνδέονται σε μπλοκ από γραμμές σύνδεσης. Τα λειτουργικά μπλοκ αναπτύχθηκαν αρχικά για να δημιουργήσουν ένα σύστημα με το οποίο θα μπορούσαμε να ρυθμίσουμε πολλές από τις κοινές, επαναλαμβανόμενες εργασίες, όπως απεριθμητές, χρονικά, PID Loops κ.λπ. Υπάρχει η δυνατότητα προγραμματισμού των μπλοκ σε φύλλα (sheets) και στη συνέχεια η συνεχής σάρωση των φύλλων σε αριθμητική σειρά.



Εικόνα 1.4: Counter, Timer, PID using FBD

Πλεονεκτήματα διαγράμματος λειτουργιών

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης διαγράμματος λειτουργιών είναι:

1. Το διάγραμμα λειτουργιών μπλοκ λειτουργεί καλά με τα χειριστήρια κίνησης (motion controls).
2. Η οπτική μέθοδος είναι ευκολότερη για ορισμένους χρήστες.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του Function Block Diagram είναι η δυνατότητα εισχώρησης πολλών γραμμών προγραμματισμού σε ένα ή περισσότερα μπλοκ λειτουργιών (Function Blocks).

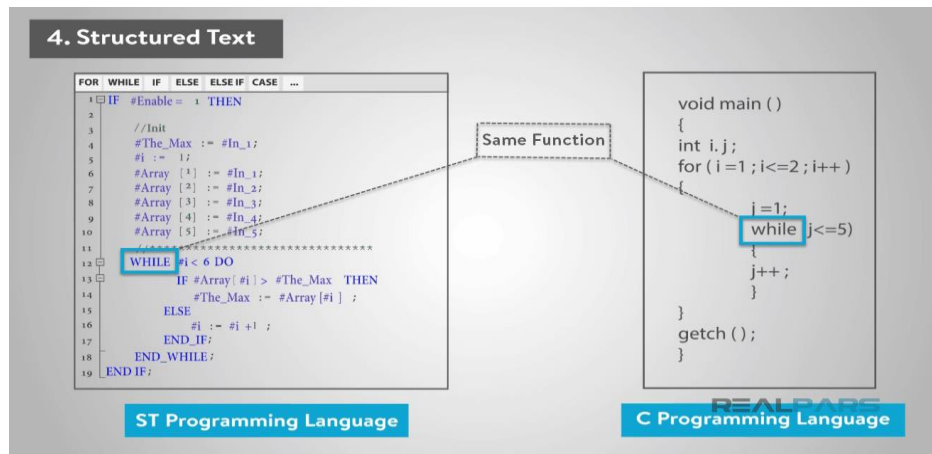
Μειονεκτήματα διαγράμματος μπλοκ λειτουργιών

Ο κώδικας μπορεί να αποδιοργανωθεί χρησιμοποιώντας αυτήν τη γλώσσα προγραμματισμού PLC επειδή μπορείτε να τοποθετήσετε τα μπλοκ λειτουργιών οπουδήποτε στο φύλλο. Αυτό μπορεί επίσης να δυσκολέψει την αντιμετώπιση προβλημάτων.

4. Δομημένο κείμενο (ST)

Η τέταρτη γλώσσα προγραμματισμού PLC είναι το δομημένο κείμενο (ST). Αυτή η γλώσσα βασίζεται σε κείμενο. Το δομημένο κείμενο είναι μια γλώσσα υψηλού επιπέδου που θυμίζει Basic, Pascal και "C". Είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο που μπορεί να εκτελέσει πολύπλοκες εργασίες χρησιμοποιώντας αλγόριθμους και μαθηματικές συναρτήσεις μαζί με επαναλαμβανόμενες εργασίες. Ο κώδικας χρησιμοποιεί δηλώσεις που διαχωρίζονται με ερωτηματικά και στη συνέχεια είτε οι είσοδοι, είτε οι έξοδοι, είτε οι μεταβλητές αλλάζουν από αυτές τις δηλώσεις. Κάθε γραμμή κώδικα χρησιμοποιεί functions όπως FOR, WHILE, IF, ELSE,

ELSEIF. Η εμπειρία με γλώσσες Basic ή C, καθιστά αυτή τη γλώσσα προγραμματισμού PLC ευκολότερη από κάποιους άλλους τύπους γλωσσών PLC.



Εικόνα 1.5: Ομοιότητα της ST με την C

Πλεονεκτήματα δομημένου κειμένου

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της γλώσσας προγραμματισμού Structured Text PLC είναι:

1. Είναι πολύ οργανωμένη και καλή γλώσσα στην εκτέλεση μεγάλων μαθηματικών υπολογισμών.
2. Επιτρέπει τη χρήση ορισμένων εντολών που δεν είναι διαθέσιμες σε ορισμένες άλλες γλώσσες όπως το Διάγραμμα Σκάλας (LD).

Μειονεκτήματα δομημένου κειμένου

Τα μειονεκτήματα της γλώσσας προγραμματισμού Structured Text PLC είναι:

- Η σύνταξη μπορεί να είναι δύσκολη.
- Είναι δύσκολο να εντοπιστεί το σφάλμα.
- Είναι αρκετά δύσκολο να επεξεργαστεί διαδικτυακά.

5. Instruction List (IL)

Η λίστα Οδηγιών (IL) είναι επίσης μια γλώσσα που βασίζεται σε κείμενο. Η γλώσσα της λίστας οδηγιών μοιάζει την Assembly. Σ' αυτήν την γλώσσα προγραμματισμού PLC, χρησιμοποιούνται μνημονικές εντολές όπως LD (Load), AND, OR κ.λπ.

5. Instruction List

```
1 PROGRAM
2 VAR
3   Timer1 : TON;
4   Timer2 : TON;
5   Tag-1  : BOOL;
6   Tag-2  : INI;
7   Tm1    : TIME;
8   Tm2    : TIME;
9   Out1   : TIME;
10 END VAR
1 LD Tag-1
2 ST Timer1.IN
3 GOTO mark1
4 CAL Timer1 (
5   PT:=Tm1,
6   ET=>Out1)
7 LD Tag-2
8 ST Timer2.IN
9 mark1:
10 LD Tag-2
11 AND
12 OR
```

Instructions

Comments

Applications of IL language

- 1 Compact Coding
- 2 Time Critical Coding

REALPARS

Εικόνα 1.6: Παράδειγμα IL κώδικα και πεδία χρήσης του

Πλεονεκτήματα λίστας οδηγιών (IL)

Η γλώσσα της λίστας οδηγιών (IL) είναι πολύτιμη για εφαρμογές που χρειάζονται κώδικα που είναι συμπαγής και έχει πολύ περιορισμένα περιθώρια χρόνου (time critical).

Μειονεκτήματα λίστας οδηγιών

Τα κύρια μειονεκτήματα αυτής της γλώσσας προγραμματισμού PLC είναι:

1. Υπάρχουν λίγες δυνατότητες δόμησης με την εντολή "Goto" να είναι μία από αυτές.
2. Μπορεί επίσης να υπάρχουν πολλά λάθη που είναι πιο δύσκολο να αντιμετωπιστούν σε σύγκριση με πολλές από τις άλλες γλώσσες.

Συνοπτικά, υπάρχει σίγουρα μια θέση για όλες τις γλώσσες προγραμματισμού PLC που έχουμε αναφέρει. Το ιστορικό και η εμπειρία του κάθε χρήστη είναι τα κριτήρια για τη σωστή επιλογή γλώσσας προγραμματισμού PLC [10].

1.8 Πλεονεκτήματα χρήσης PLC

Κάποια από τα πλεονεκτήματα της χρήσης PLC είναι :

- Αυξάνει την αξιοπιστία, την ευελιξία και την ακρίβεια του συστήματος αυτοματισμού
- Έχει χαμηλότερο κόστος σε σύγκριση με τις άλλες τεχνολογίες αυτοματισμού
- Έχει πολλές δυνατότητες και ευελιξία για προγραμματισμό. Ακόμα, καθίστανται εύκολες οι τροποποιήσεις στο υπάρχον πρόγραμμα ανά πάσα στιγμή
- Ο κώδικας που χρησιμοποιείται για το PLC είναι εύκολο να γραφτεί και να κατανοηθεί. Υπάρχουν διάφορες γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται στο PLC. Από αυτούς η Ladder diagram (LD) είναι η ευκολότερη
- Η γρήγορη λειτουργία (χωρίς χρόνο εκκίνησης) είναι ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις εναλλακτικές τεχνολογίες
- Μπορούμε να απεικονίσουμε τη λειτουργία των μονάδων εισόδου και εξόδου του συστήματος αυτοματισμού (π.χ HMI)
Στην περίπτωση του σχεδιασμού PLC, σε περίπτωση σφάλματος, μπορεί κανείς να αντιμετωπίσει εύκολα το πρόβλημα [4].

1.9 Μειονεκτήματα χρήσης PLC

Κάποια από τα μειονεκτήματα της χρήσης PLC είναι :

- Σε ένα συμπαγές PLC, είναι δυνατός ο χειρισμός μόνο ενός προγράμματος τη φορά
- Δεν επιτρέπεται η χρήση λογισμικού και τμημάτων μιας κατασκευής PLC σε άλλη κατασκευή PLC
- Όταν επαναφέρεται η τροφοδοσία, το PLC ξεκινά αυτόματα. Αυτό μπορεί να καταστρέψει το σύστημα. Για να αποφευχθεί η ζημιά, χρειάζεται ο προγραμματισμός της εξόδου για τη μετάβαση στη λειτουργία ασφαλούς αποτυχίας [4].

1.10 Περιοχές όπου εφαρμόζονται τα PLC

Τα PLC χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές μεγάλο φάσμα βιομηχανιών. Το εύρος των PLC αυξάνεται δραματικά με βάση την ανάπτυξη όλων των διαφόρων τεχνολογιών όπου εφαρμόζεται. Ορισμένα είδη βιομηχανιών στις οποίες έχει εδραιωθεί πια η χρήση των PLC είναι:

- **Βιομηχανία γυαλιού**

Οι ελεγκτές PLC χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία γυαλιού εδώ και δεκαετίες. Χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για τον έλεγχο της αναλογίας υλικών καθώς και για την επεξεργασία επίπεδων γυαλιών. Η τεχνολογία εξελίσσεται με την πάροδο των ετών και αυτό έχει δημιουργήσει αυξημένη ζήτηση για τη λειτουργία ελέγχου PLC για τη βιομηχανία γυαλιού.

- **Βιομηχανία χαρτιού**

Στη βιομηχανία χαρτιού, τα PLC χρησιμοποιούνται σε διάφορες διαδικασίες. Αυτές περιλαμβάνουν τον έλεγχο των μηχανών που παράγουν προϊόντα χαρτιού σε υψηλές ταχύτητες. Για παράδειγμα, ένα PLC ελέγχει και παρακολουθεί την παραγωγή σελίδων βιβλίων ή εφημερίδων σε εκτύπωση.

- **Κατασκευή τσιμέντου**

Η κατασκευή τσιμέντου περιλαμβάνει την ανάμιξη διαφόρων πρώτων υλών σε έναν κλίβανο. Η ποιότητα αυτών των πρώτων υλών και οι αναλογίες τους επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Για να διασφαλιστεί η χρήση της σωστής ποιότητας και ποσότητας πρώτων υλών, η ακρίβεια των δεδομένων σχετικά με τέτοιες μεταβλητές διεργασίας είναι ουσιαστική. Ένα κατανεμημένο σύστημα ελέγχου που αποτελείται από PLC και ένα λογισμικό διαμόρφωσης χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες παραγωγής και διαχείρισης του κλάδου [8].

2 TIA Portal

2.1 Το λογισμικό TIA Portal

Πριν από 60 χρόνια, η SIMATIC γεννήθηκε ως ο ακρογωνιαίος λίθος της ιστορίας αυτοματισμού της Siemens AG. Η εταιρία Siemens AG ανέπτυξε για πρώτη φορά το 2011 την πλατφόρμα Step7 και TIA Portal (**T**otally **I**ntegrated **A**utomation **P**ortal) με σκοπό να διευκολύνει κάθε μηχανικό που ασχολείται με τον αυτοματισμό στο κομμάτι του ελέγχου και της εποπτείας συστημάτων ηλεκτρική ενέργεια και διανομής αυτής. Έτσι με μία εύχρηστη πλατφόρμα λογισμικού (software) έχει δοθεί η δυνατότητα σε αρκετούς μηχανικούς να τρέχουν προσομοιώσεις εποπτείας και ελέγχου αλλά και μιας πληθώρας άλλων εφαρμογών αυτοματισμών, που απαιτούν την χρήση των PLC στην πραγματικότητα. Στο συγκεκριμένο λογισμικό αυτοματισμού ενσωματώνονται όλα τα απαραίτητα κομμάτια που απαιτούνται σε μία πραγματική εφαρμογή συστήματος εποπτείας, όπως είναι οι ελεγκτές (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontrollers), οι κάρτες εισόδου/εξόδου (distributed Input/Output) ,οι ελεγκτές κίνησης (Motion controls), η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (Human Machine Interface) αλλά και τα προγράμματα οδήγησης (drives) που απαιτούνται [1].

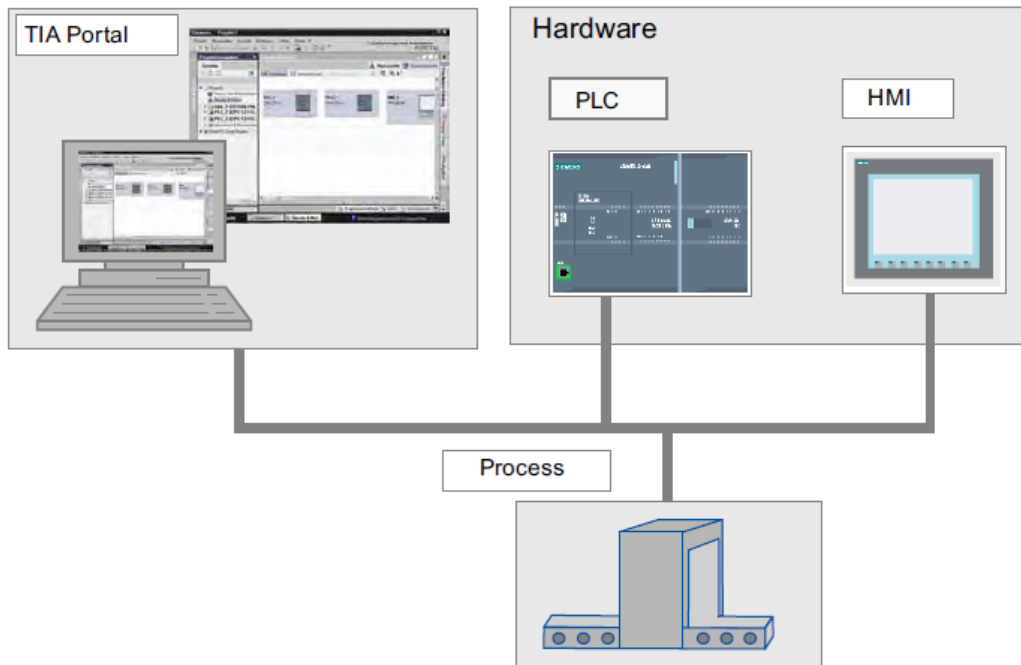
Η πλατφόρμα που χρησιμοποιείται για την τέλεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η TIA Portal V15 (15^η έκδοση του συγκεκριμένου λογισμικού). Πρόκειται λοιπόν για ένα υπολογιστικό περιβάλλον που εναρμονίζει την αυτοματοποιημένη διαδικασία και τον έλεγχο οποιαδήποτε στιγμή στη λειτουργία της εφαρμογής. Το TIA απλοποιεί την διαδικασία του αυτοματισμού και προσφέρει τη δυνατότητα προσομοιώσεων αυτοματοποιημένων διαδικασιών αμέτρητων φορών και με χαρακτηριστικά που ποικίλουν και διαφοροποιούνται σε κάθε προσομοίωση. Μπορούν για παράδειγμα να προσομοιωθούν η λειτουργία και ο έλεγχος μιας τριφασικής μηχανής, η εποπτεία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού, η αυτοματοποιημένη λειτουργία ενός ανελκυστήρα με ελεγκτή PLC ,ακόμα και αυτοματοποιημένη διαδικασία μιας γραμμής παραγωγής πολλαπλών σταδίων σε μια οποιαδήποτε βιομηχανία. Όλη αυτή η γκάμα δυνατοτήτων συνοδεύεται από μια διεπαφή ανθρώπου μηχανής (HMI) που προσφέρει ένα εικονικό περιβάλλον στον χρήστη με πληθώρα εργαλείων για να το προσαρμόσει καταλλήλως στην εκάστοτε εφαρμογή.

Η ίδια η εταιρία Siemens προσφέρει αρκετά tutorials και text books ώστε να καταφέρει ένας νέος χρήστης να εξοικειωθεί με αρκετές δοκιμές και αρκετή χρήση πριν καταφέρει να «τρέξει» τις πρώτες του προσομοιώσεις, εξελίσσοντας τις σε προσομοιώσεις που ικανοποιούν πιο απαιτητικές εφαρμογές [11].

2.2 Η πύλη TIA

Η πύλη TIA ,όπως προαναφέρθηκε, ενσωματώνει διάφορα προϊόντα σε μόνο μια πλατφόρμα λογισμικού με την οποία μπορείτε αυξάνεται η παραγωγικότητα και η αποδοτικότητά αφού τα προϊόντα συνεργάζονται μέσα σε ολόκληρο το περιβάλλον για τη δημιουργία μιας εφαρμογής αυτοματισμού. Μια τυπική λύση αυτοματισμού περιλαμβάνει, δύο κύρια σημεία:

- Ένα PLC ελεγκτή που ελέγχει τη διαδικασία με τη βοήθεια του προγράμματος.
- Μια συσκευή HMI με την οποία λειτουργεί και οπτικοποιείται η διαδικασία.



Εικόνα 2.1: Συνδυασμός του PLC και του HMI

Μέσα από το λογισμικό TIA δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη μέσω ορισμένων βημάτων να ξεκινήσει και να υλοποιήσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα ελεγκτή PLC που να υποστηρίζει τη δημιουργία μιας λύσης αυτοματισμού, τα οποία είναι τα εξής:

- Δημιουργία του έργου (New Project)
- Διαμόρφωση του υλικού (Hardware)
- Δικτύωση των συσκευών (Network)
- Προγραμματισμός του PLC
- Διαμόρφωση της οπτικοποίησης (Visualization/ HMI interface)
- Φόρτωση των δεδομένων διαμόρφωσης
- Χρήση των διαδικτυακών και διαγνωστικών λειτουργιών

Η πλατφόρμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαμορφωθεί τόσο το PLC όσο και η οπτικοποίηση σε ένα ολοκληρωμένο και καθολικό σύστημα. Όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μία εφαρμογή (project). Τα στοιχεία του προγραμματισμού και η οπτικοποίηση δεν είναι ξεχωριστά προγράμματα, αλλά συνισταμένες του ίδιου συστήματος που έχει πρόσβαση σε μια κοινή βάση δεδομένων. Όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται σε ένα κοινό αρχείο [1].

2.3 Οι Προβολές στο TIA

Σε κάθε νέο αρχείο προγραμματισμού στο TIA μας δίνεται η δυνατότητα δύο διαφορετικών προβολών εργασίας που παρέχουν γρήγορη πρόσβαση στην εργαλειοθήκη και στα μεμονωμένα στοιχεία του έργου, τα οποία είναι :

- Προβολή portal: Η προβολή portal υποστηρίζει διαμόρφωση προσανατολισμένη στην εργασία.
- Προβολή εργασίας: Η προβολή εργασίας υποστηρίζει την αντικειμενοστραφή διαμόρφωση [1].

2.3.1. Προβολή Portal

Η προβολή portal παρέχει μια προβολή με κεντρικό γνώμονα την εκάστοτε εργασία. Ο στόχος της προβολής portal είναι να παρέχει μια απλή πλοήγηση σε όλες τις εργασίες, τις επιφάνειες εργασιών, αλλά και τα δεδομένα του έργου. Αυτό σημαίνει ότι οι λειτουργίες της εφαρμογής μπορούν να επιτευχθούν μέσω μεμονωμένων πυλών για τις πιο σημαντικές εργασίες.



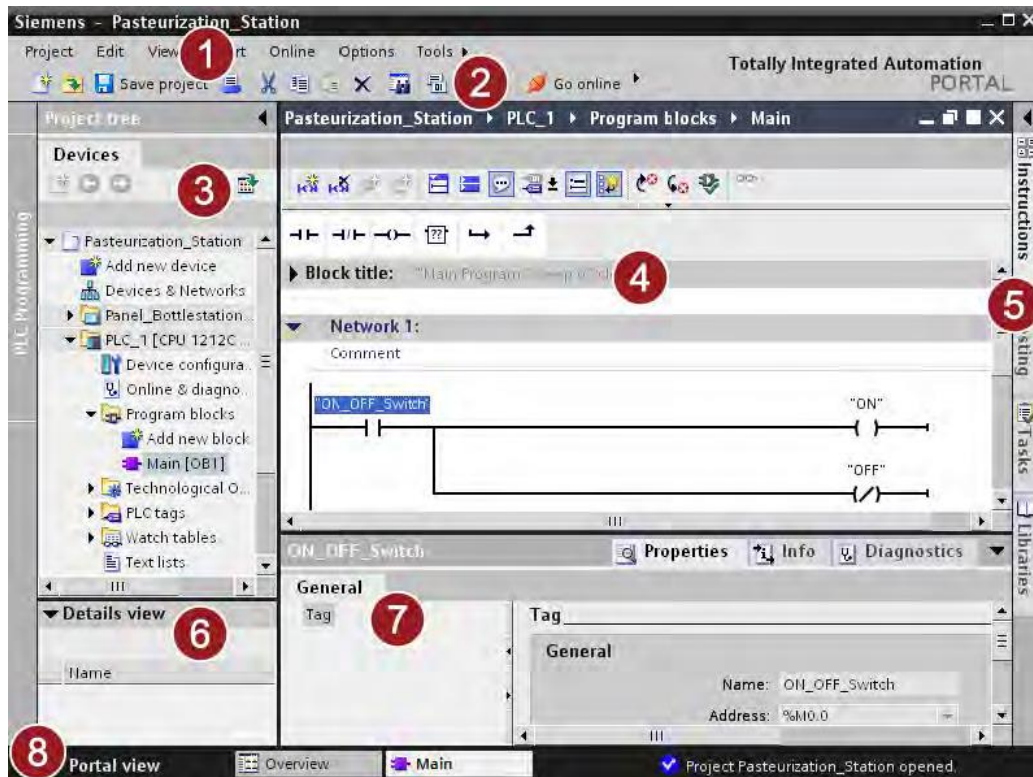
Εικόνα 2.2: Η δομή της προβολής portal

Σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα της τοπολογίας της συγκεκριμένης προβολής, τα βασικά επιμέρους τμήματα της είναι:

1. Πύλες μετάβασης σε διάφορες εργασίες: Οι πύλες παρέχουν τις βασικές λειτουργίες για τις επιμέρους περιοχές εργασιών. Οι πύλες που παρέχονται στην προβολή πύλης εξαρτώνται από τα προϊόντα που έχουν εγκατασταθεί.
2. Ενέργειες για την επιλεγμένη πύλη: Ένα στάδιο επιλογών για μετάβαση στις διαθέσιμες ενέργειες στην πύλη που έχει επιλεγεί.
3. Πίνακας επιλογής για την επιλεγμένη ενέργεια: Ο πίνακας επιλογής είναι διαθέσιμος σε όλες τις πύλες. Το περιεχόμενο του πίνακα προσαρμόζεται στην τρέχουσα επιλογή.
4. Μετάβαση σε προβολή έργου: Ο σύνδεσμος "Προβολή έργου" (Project View) επιτρέπει μετάβαση στην προβολή έργου.
5. Εμφάνιση του έργου που είναι προς το παρόν ανοιχτό: Σε αυτή την επιλογή υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με το έργο που είναι ανοιχτό την κάθε στιγμή [1].

2.3.2. Προβολή εργασίας

Η προβολή του έργου είναι μια δομημένη προβολή όλων των στοιχείων ενός έργου. Στην συγκεκριμένη προβολή διατίθενται οι διάφοροι εργαλεία προς χρήση, ώστε να δημιουργηθούν και να επεξεργαστούν τα αντίστοιχα στοιχεία του έργου.



Εικόνα 2.3: Επιφάνεια Εργασίας του TIA λογισμικού

Τα κύρια σημεία της προβολής εργασίας είναι τα εξής:

1. Γραμμή μενού: Η γραμμή μενού περιέχει όλες τις εντολές που χρειάζεται μια νέα εργασία.

2. Γραμμή εργαλείων: Η γραμμή εργαλείων παρέχει κουμπιά για εντολές που χρησιμοποιούνται πιο συχνά. Αυτό δίνει ταχύτερη πρόσβαση σε αυτές τις εντολές παρά μέσω των μενού.
3. Δέντρο εργασίας: Το δέντρο εργασίας παρέχει πρόσβαση σε όλα τα στοιχεία και τα δεδομένα που απαρτίζουν το έργο. Υπάρχει η δυνατότητα για παράδειγμα, εκτέλεσης των ακόλουθων εργασιών στο δέντρο:
 - ◆ Πρόσθεση νέων στοιχείων
 - ◆ Επεξεργασία υπαρχόντων στοιχείων
 - ◆ Σάρωση και τροποποίηση των ιδιοτήτων των υπαρχόντων στοιχείων
4. Περιοχή εργασίας: Τα αντικείμενα προς επεξεργασία εμφανίζονται στην περιοχή εργασίας.
5. Κάρτες εργασίας: Οι κάρτες εργασίας είναι διαθέσιμες ανάλογα με το αντικείμενο που έχει επεξεργαστεί ή επιλεγεί. Οι διαθέσιμες κάρτες εργασιών βρίσκονται σε μια γραμμή στη δεξιά πλευρά της οθόνης.
6. Προβολή λεπτομερειών: Ορισμένα περιεχόμενα ενός επιλεγμένου αντικειμένου εμφανίζονται στην προβολή λεπτομερειών. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει λίστες κειμένων ή ετικέτες.
7. Παράθυρο επιθεώρησης: Πρόσθετες πληροφορίες για ένα αντικείμενο που έχει επιλεγεί ή για τις ενέργειες που εκτελούνται εμφανίζονται στο παράθυρο επιθεώρησης.
8. Μετάβαση σε προβολή portal: Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το σύνδεσμο «Προβολή πύλης» για μετάβαση στην προβολή πύλης, και με τον ίδιο τρόπο ,πάλι πίσω σε «Προβολή εργασία» [1].

2.4 Δημιουργία νέου αρχείου (Project)

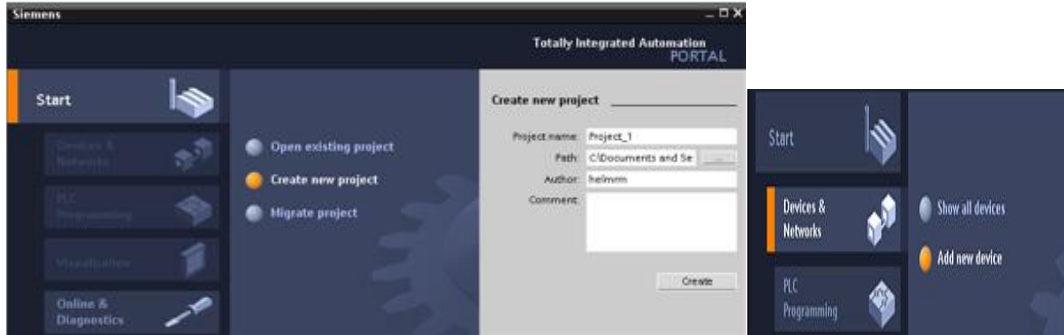
Παρακάτω αναλύονται ένα ένα τα βασικά βήματα από την δημιουργία, την υλοποίηση και την ολοκλήρωση ενός αρχείου στο TIA Portal και πώς αυτό εν τέλει πραγματοποιεί την επιθυμητή προσομοίωση μιας ολοκληρωμένης εφαρμογής που λειτουργεί με ελεγκτές PLC.

Η περιγραφόμενη διαδικασία συμπύσσεται στα εξής βήματα:

- Δημιουργία έργου
- Διαμόρφωση PLC
- Δημιουργία προγράμματος
- Φόρτωση προγράμματος στο PLC
- Πρόγραμμα δοκιμών
- Δημιουργία οθόνης HMI

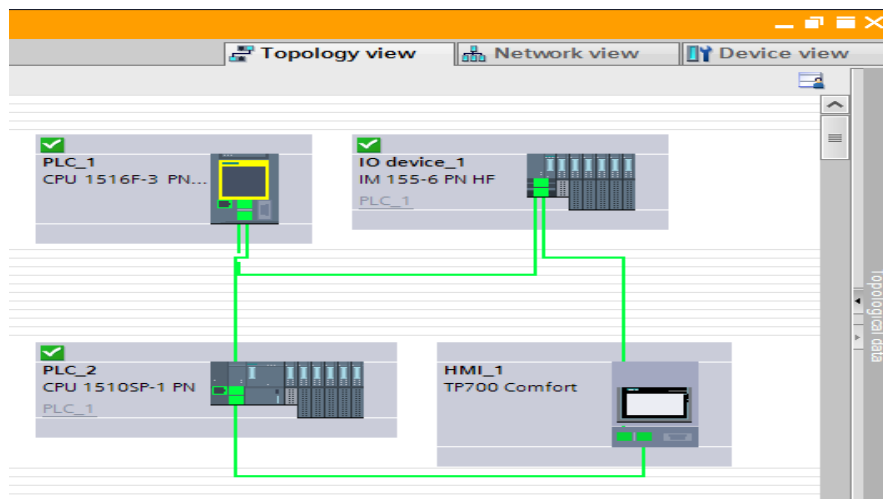
Για την δημιουργία νέου αρχείου στην πύλη έναρξης κατά τη διάρκεια της προβολής πύλης, με το κουμπί "Δημιουργία νέου έργου"(Create new project), έχει αυτομάτως αρχικοποιηθεί ένα νέο έγγραφο στο πρόγραμμα μας. Μετά την εισαγωγή ενός ονόματος έργου και επιλέγοντας την επιλογή Create, δημιουργείται το έργο, στο οποίο υπάρχει η επιλογή προσθήκης μιας νέας

συσκευής στο project, με την επιλογή "Add new device", στην καρτέλα "Devices & Networks". Από εκεί επιλέγεται ο επιθυμητός επεξεργαστής (CPU), καθώς και την έκδοσή του για τον ελεγκτή PLC μας μέσα από έναν εκτενή κατάλογο επεξεργαστών, ανάλογα πάντα με την εφαρμογή που έχουμε να δημιουργήσουμε και να τροποποιήσουμε.

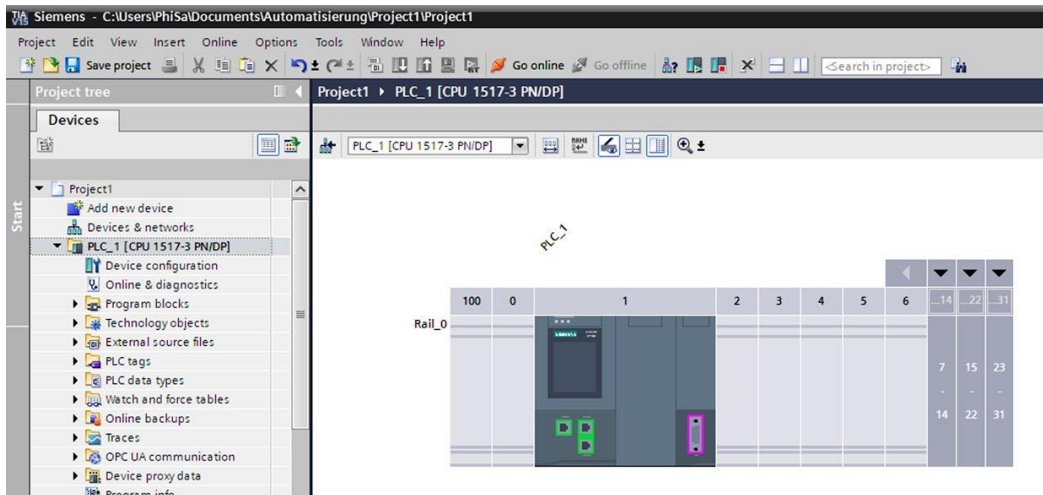


Εικόνα 2.4: Create new Project /Add new Device

Ταυτόχρονα, αυτομάτως έχει επιλεγεί η επιλογή "Open device view". Κάνοντας κλικ στο "Add" με αυτήν την επιλογή, ανοίγει η προβολή εργασίας σε τοπολογία που αφορά την συσκευή. Μπορούμε από το κουμπί "Network View" να εναλλάσσουμε μεταξύ των δυο τοπολογιών και μέσω του "Network View" να προσθέσουμε περαιτέρω συσκευές που μας είναι απαραίτητες, όπως μια οθόνη HMI, η οποία εν τέλει όντας συνδεδεμένη με το PLC που επιθυμούμε να μας προσφέρει μια εικόνα της λειτουργίας της αυτοματοποιημένης διαδικασίας που εκτελεί ο ελεγκτής PLC [11].



Εικόνα 2.5: Network View, σύνδεση μεταξύ των συσκευών



Εικόνα 2.6: Device View, η εσωτερική εικόνα μιας συσκευής PLC

2.5 Το PLC μέσα από το TIA Portal

2.5.1. Το υλικό (Hardware) του PLC στο TIA

Μέσα από τον κατάλογο υλικού (hardware) υπάρχει η δυνατότητα για να προστεθούν λειτουργικές μονάδες στην CPU, όπως:

- Η μονάδα σήματος (SM) παρέχει επιπλέον ψηφιακά ή αναλογικά σημεία εισόδου / εξόδου. Αυτές οι ενότητες είναι συνδεδεμένες στη δεξιά πλευρά της CPU.
- Η πλακέτα σήματος (SB) παρέχει μόνο μερικά επιπλέον σημεία εισόδου / εξόδου για τον επεξεργαστή. Το SB είναι εγκατεστημένο στο μπροστινό μέρος της CPU.
- Η πλακέτα μπαταρίας (BB) παρέχει μακροπρόθεσμη δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας του ρολογιού σε πραγματικό χρόνο. Το BB είναι εγκατεστημένο στο μπροστινό μέρος της CPU.
- Η πλακέτα επικοινωνίας (CB) παρέχει μια επιπλέον θύρα επικοινωνίας. Το CB είναι εγκατεστημένο στο μπροστινό μέρος της CPU.
- Η μονάδα επικοινωνίας (CM) και ο επεξεργαστής επικοινωνίας (CP) παρέχουν ένα επιπλέον θύρα επικοινωνίας, όπως για PROFIBUS ή GPRS. Αυτές οι μονάδες συνδέονται στην αριστερή πλευρά της CPU.

Η εισαγωγή μιας ενότητας στη διαμόρφωση της συσκευής, είναι απλή και αρκείται σε μια διαδικασία drag and drop στη λειτουργική μονάδα, στην επιθυμητή υποδοχή από τον κατάλογο υλικού ή με ένα διπλό κλικ στο επιθυμητό αντικείμενο. Κατάλληλες μονάδες τοποθετούνται στις κατάλληλες υποδοχές της συσκευής PLC, όπως για παράδειγμα στην θέση 0 (rail 0) μπορεί να τοποθετηθεί μονάχα μονάδα παροχής ρεύματος (PS) στο PLC μας. Αντίστοιχα στις επόμενες θέσεις (2 και έπειτα) μπορούν να τοποθετηθούν πληθώρα μονάδων που αναφέρθηκαν παραπάνω όπως και μονάδες εισόδου εξόδου δεδομένων (το πιο σύνηθες), (I/O ,κατηγορία SM) [1], [11].

2.5.2. Το λογισμικό (Software) του PLC στο TIA

Με βάση τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής, η επιλογές του προγραμματισμού της, διαχωρίζονται σε γραμμικό ή σε αρθρωτό προγραμματισμό. Έτσι οι δομές που θα επιλεγούν θα είναι και ανάλογες.

- Ένα γραμμικό πρόγραμμα εκτελεί όλες τις οδηγίες για τις εργασίες αυτοματοποίησης σειριακά, το ένα μετά το άλλο. Συνήθως, το γραμμικό πρόγραμμα βάζει όλες τις οδηγίες προγράμματος σε ένα κύκλο προγράμματος **OB (Organization Block)** για κυκλική εκτέλεση του προγράμματος.
- Ένα αρθρωτό πρόγραμμα καλεί συγκεκριμένα μπλοκ κώδικα που εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες. Για να δημιουργηθεί αρκεί να «σπάσει» η πολύπλοκη εργασία αυτοματισμού σε μικρότερες δευτερεύουσες εργασίες **{FB (Function Block) και FC (Function)}** που αντιστοιχούν στις λειτουργικές εργασίες που εκτελούνται από τη διαδικασία. Κάθε μπλοκ κώδικα παρέχει το τμήμα προγράμματος για κάθε δευτερεύουσα εργασία. Το τελικό πρόγραμμά παρουσιάζεται δομημένο καθώς καλεί μπλοκ κώδικα μέσα από άλλα μπλοκ [11].

Ένα πρόγραμμα χρήστη μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα μπλοκ. Θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε τουλάχιστον ένα OB. Τα μπλοκ περιλαμβάνουν όλες τις λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την επεξεργασία της συγκεκριμένης εργασίας αυτοματοποίησης.

Υπάρχει η δυνατότητα, δηλαδή, χρήσης ενός OB (Organization Block) ως το κεντρικό μπλοκ προγραμματισμού που εκτελεί μία ή και περισσότερες κλήσεις άλλων FB και FC. Όταν συμβεί μία κλήση, ή αυτό που αλλιώς ονομάζεται και συμβάν διακοπής, η CPU εκτελεί τον κωδικό προγράμματος στο συσχετισμένο Function. Μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του η CPU συνεχίζει την εκτέλεση στο σημείο του προγράμματος όταν το συμβάν διακοπής συνέβη [11].

❖ Organization Blocks (OB)

Αναλυτικότερα, τα OB ή μπλοκ οργάνωσης παρέχουν δομή στο πρόγραμμά. Χρησιμεύουν ως διεπαφή μεταξύ του λειτουργικού συστήματος και του προγράμματος χρήστη. Τα OB βασίζονται σε συμβάντα. Ένα συμβάν, όπως μια διαγνωστική διακοπή ή ένα χρονικό διάστημα, αναγκάζει την CPU να εκτελέσει ένα OB. Μερικοί OB έχουν προκαθορισμένα γεγονότα έναρξης και συμπεριφορά. Ο κύκλος προγράμματος OB περιέχει το κύριο πρόγραμμά. Μπορούν να συμπεριληφθούν περισσότεροι από έναν κύκλους OB στο πρόγραμμα. Κατά τη λειτουργία RUN, οι κύκλοι OB του προγράμματος εκτελούνται στο χαμηλότερο επίπεδο προτεραιότητας και μπορεί να διακοπούν από όλους τους άλλους τύπους συμβάντων. Αντιθέτως όμως το OB εκκίνησης (Startup OB) δεν διακόπτει τον κύκλο προγράμματος OB επειδή η CPU εκτελεί το OB εκκίνησης πριν μεταβεί στη λειτουργία RUN.

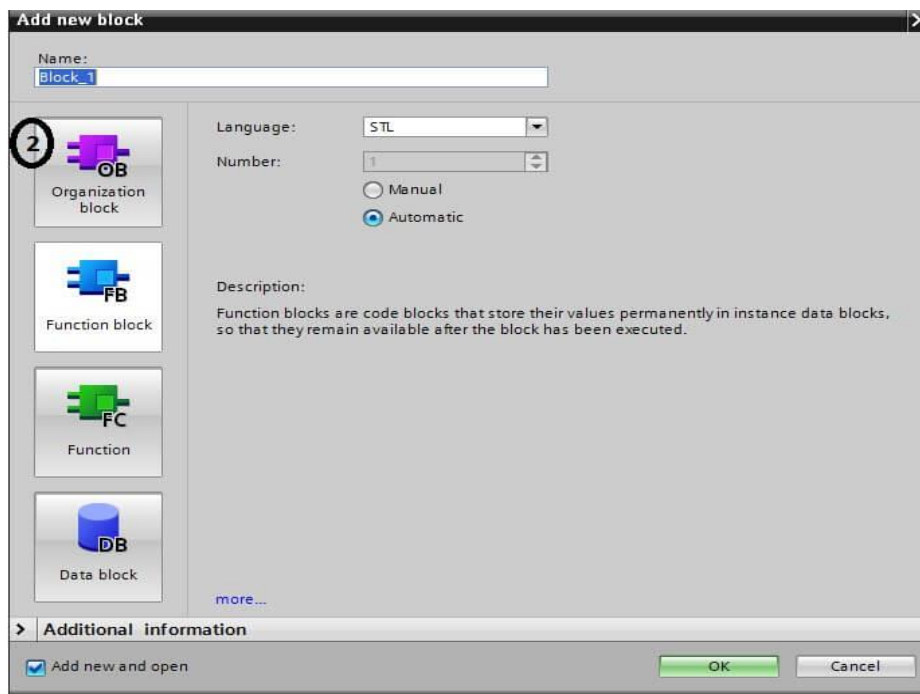
Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των OB, η CPU εκτελεί αμέσως τους OB του προγράμματος ξανά. Αυτή η κυκλική επεξεργασία είναι ο «κανονικός» τύπος επεξεργασίας που

χρησιμοποιείται για προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές. Για πολλές εφαρμογές, ολόκληρο το πρόγραμμα βρίσκεται σε έναν κύκλο προγράμματος OB. Μπορούν να υπάρχουν και παραπάνω από ένας OB για την εκτέλεση συγκεκριμένων λειτουργιών, όπως για το χειρισμό διακοπών και σφαλμάτων ή για την εκτέλεση συγκεκριμένου κώδικα προγράμματος σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Αυτά τα OB διακόπτουν την εκτέλεση τον κύκλο προγράμματος OB.

Μέσω του παράθυρου διαλόγου "Προσθήκη νέου μπλοκ" (Add New block), δημιουργείται νέο OB στο πρόγραμμα. Από αυτό το παράθυρο διαλόγου υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας και ονομασίας ένα OB. Εάν δημιουργηθούν πολλαπλοί κύκλοι προγράμματος OB για το πρόγραμμα, η CPU εκτελεί κάθε κύκλο προγράμματος OB με αριθμητική σειρά, ξεκινώντας με τον κύκλο προγράμματος OB με το χαμηλότερο αριθμός, δηλαδή μετά την ολοκλήρωση του πρώτου κύκλου προγράμματος OB (όπως OB 1), η CPU εκτελεί τον κύκλο προγράμματος OB με τον επόμενο υψηλότερο αριθμό [11].

Με λίγα λόγια τα οργανωμένα μπλοκ (OBs) καλούνται από το λειτουργικό σύστημα και ελέγχουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Συμπεριφορά εκκίνησης του συστήματος αυτοματισμού
- Εκτέλεση κυκλικού προγράμματος
- Εκτέλεση προγράμματος που βασίζεται σε διακοπές
- Αντιμετώπιση σφαλμάτων



Εικόνα 2.7: Παράθυρο με τις επιλογές για Add new Block

❖ Functions (FC) και Function Blocks (FB)

Τα **Functions (FC)** και **Function Blocks (FB)** χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση του προγραμματισμού των χρηστών. Η κύρια χρήση των FC και FB είναι ο διαχωρισμός και η οργάνωση του προγράμματος σε μικρότερα μέρη που είναι εύκολα κατανοητά. Βοηθά στη συντήρηση και την αντιμετώπιση προβλημάτων. FC και FB μπορούν να δημιουργηθούν από τον χρήστη και να χρησιμοποιηθούν ως βιβλιοθήκη για επαναχρησιμοποιήσεις.

Έτσι δημιουργώντας και σχεδιάζοντας FB και FC για την εκτέλεση γενικών εργασιών, δημιουργούνται αρθρωτά μπλοκ κώδικα. Το πρόγραμμα συνεπώς είναι δομημένο με τέτοιο τρόπο όπου αποτελείται από μπλοκ κώδικα έτοιμα να καλέσουν επαναχρησιμοποιήσιμες ενότητες. Το μπλοκ κλήσεων μεταβιβάζει συγκεκριμένες παραμέτρους συσκευής στο καλούμενο μπλοκ. Όταν ένας κώδικας καλεί ένα άλλο μπλοκ κώδικα, η CPU εκτελεί τον κωδικό προγράμματος στο λεγόμενο μπλοκ. Αφού ολοκληρωθεί η εκτέλεση του καλούμενου μπλοκ, η CPU συνεχίζει την εκτέλεση του μπλοκ που προκάλεσε εξ' αρχής την κλήση και επαναλαμβάνει την διαδικασία αν χρειάζεται. Η επεξεργασία συνεχίζεται με την εκτέλεση της εντολής που ακολουθεί μετά την κλήση αποκλεισμού [1].

Μια συνάρτηση (FC) είναι σαν μια υπορουτίνα και λειτουργεί σαν μία. Το FC είναι ένα μπλοκ κώδικα που εκτελεί συνήθως μια συγκεκριμένη λειτουργία σε ένα σύνολο τιμών εισόδου. Η FC αποθηκεύει τα αποτελέσματα αυτής της λειτουργίας σε θέσεις μνήμης. Χρησιμοποιήστε FC για να εκτελέσετε τις ακόλουθες εργασίες:

- Για την εκτέλεση τυπικών και επαναχρησιμοποιήσιμων λειτουργιών, όπως για μαθηματικούς υπολογισμούς
- Για την εκτέλεση λειτουργικών εργασιών, όπως για μεμονωμένους ελέγχους χρησιμοποιώντας λειτουργίες λογικής bit

Μία FC μπορεί επίσης να κληθεί πολλές φορές σε διαφορετικά σημεία ενός προγράμματος. Αυτή η επαναχρησιμοποίηση απλοποιεί τον προγραμματισμό των επαναλαμβανόμενων εργασιών.

Σε αντίθεση με ένα FB, ένα FC δεν έχει συσχετισμένο στιγμιότυπο DB. Το FC χρησιμοποιεί τη μνήμη **temp** (temporary) για τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της λειτουργίας. Η προσωρινή αυτή μνήμη πρόκειται για μια τοπική μονάδα μνήμης εντός της συνάρτησης FC, που όμως δεν έχει ισχύ καθολικά στο πρόγραμμα. Επίσης, τα προσωρινά δεδομένα δεν αποθηκεύονται. Για να αποθηκευτούν δεδομένα για χρήση μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του FC, θα πρέπει να αποθηκευτούν στην καθολική τοποθεσία μνήμης (global memory), όπως μνήμη M, ή σε παγκόσμιο DB (data block, που αναφέρεται τη συνέχεια).

Ένα μπλοκ λειτουργίας (FB) είναι σαν μια υπορουτίνα με μνήμη. Το FB είναι ένα μπλοκ κώδικα του οποίου οι κλήσεις μπορούν να προγραμματιστούν με παραμέτρους μπλοκ. Το FB αποθηκεύει τις παραμέτρους εισόδου (IN), εξόδου (OUT) και εισόδου / εξόδου (IN_OUT) σε

μεταβλητή μνήμη που βρίσκεται σε ένα μπλοκ δεδομένων (Data Block) . Η παρουσία DB παρέχει ένα μπλοκ μνήμης που σχετίζεται με αυτήν την παρουσία (ή κλήση) του FB και αποθηκεύει δεδομένα μετά την ολοκλήρωση του FB. Συνήθως χρησιμοποιείτε ένα FB για τον έλεγχο της λειτουργίας για εργασίες ή συσκευές που δεν ολοκληρώνουν τη λειτουργία τους σε έναν κύκλο σάρωσης. Όταν καλείται λοιπόν ένα FB, ανοίγει επίσης ένα DB παρουσίας που αποθηκεύει τις τιμές των παραμέτρων μπλοκ και τα στατικά τοπικά δεδομένα για αυτήν την κλήση. Οι τιμές αυτές αποθηκεύονται στο στιγμιότυπο DB μετά την ολοκλήρωση του FB.

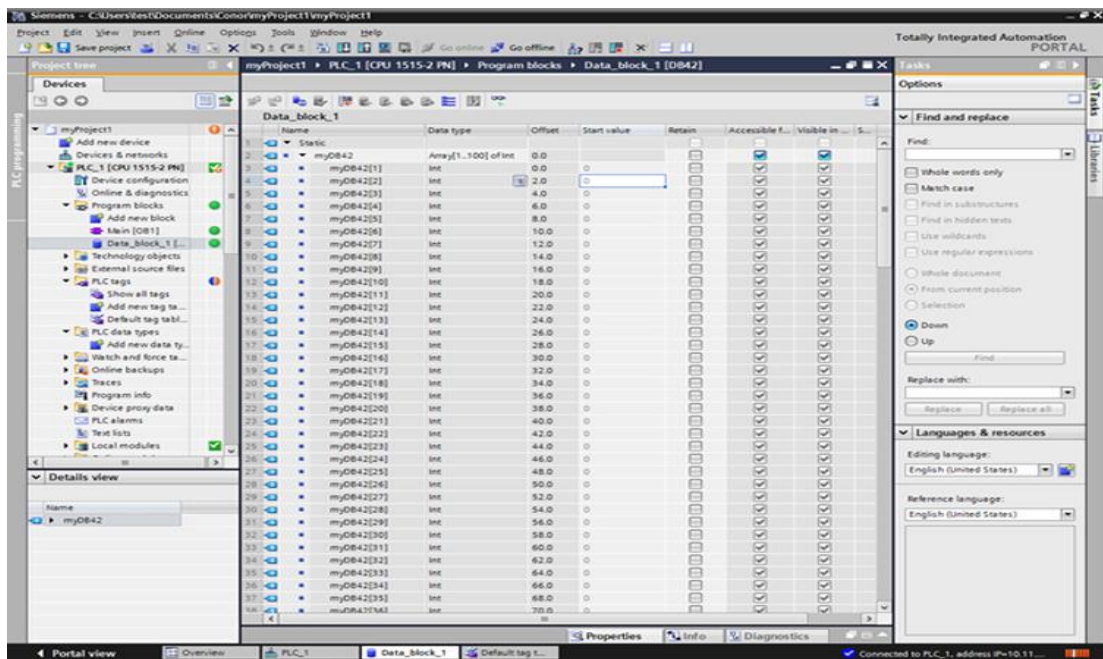
Παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη του προγράμματος να συσχετίσει διαφορετικά DB με διαφορετικές κλήσεις από FB. Τα DB σας επιτρέπουν τη χρήση ενός γενικού FB για τον έλεγχο πολλαπλών συσκευών [11].

❖ **Data Blocks (DB)**

Το πρόγραμμα μπορεί να αποθηκεύσει δεδομένα στις εξειδικευμένες περιοχές μνήμης της CPU, όπως για τις εισόδους (I), τις εξόδους (Q) και τη μνήμη bit (M). Επιπλέον, μπορεί να γίνει χρήση ενός μπλοκ δεδομένων (DB) για γρήγορη πρόσβαση σε δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο ίδιο το πρόγραμμα.

Τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε ένα DB δεν διαγράφονται όταν το μπλοκ δεδομένων είναι κλειστό ή τερματίζεται η εκτέλεση του σχετικού μπλοκ κώδικα. Υπάρχουν δύο τύποι DB:

- Ένα καθολικό DB αποθηκεύει δεδομένα για τα μπλοκ κώδικα στο πρόγραμμά. Οποιοδήποτε OB, FB ή FC μπορεί πρόσβαση στα δεδομένα σε ένα καθολικό DB.
- Ένα στιγμιότυπο DB αποθηκεύει τα δεδομένα για ένα συγκεκριμένο FB. Η δομή των δεδομένων σε ένα στιγμιότυπο DB αντικατοπτρίζει τις παραμέτρους (Input, Output και InOut) και τα στατικά δεδομένα για το FB. Η μνήμη Temp για το FB δεν αποθηκεύεται στο DB παρουσίας. Παρόλο που η παρουσία DB αντικατοπτρίζει τα δεδομένα για ένα συγκεκριμένο FB, οποιοδήποτε μπλοκ κώδικα μπορεί να έχει πρόσβαση στο δεδομένα σε μια παρουσία DB [11].



Εικόνα 2.8 Παράδειγμα ενός Data Block

2.6 Γλώσσες προγραμματισμού στο TIA

Το TIA Portal παρέχει τις ακόλουθες τυπικές γλώσσες προγραμματισμού:

- Την LAD ή Ladder (λογική σκάλας), η οποία είναι μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού. Η αναπαράσταση βασίζεται σε διαγράμματα κυκλωμάτων.
- Την FBD (Function Block Diagram), η οποία είναι είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που βασίζεται σε γραφικά λογικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στην άλγεβρα Boolean.
- Την SCL (δομημένη γλώσσα ελέγχου), η οποία είναι είναι μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου βασισμένη σε κείμενο και εντολές προγραμματισμού.

Όταν δημιουργείται ένα μπλοκ κώδικα, επιλέγεται από τον χρήστη η γλώσσα προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθεί [11].

2.6.1. LAD (Ladder Logic)

Τα στοιχεία ενός διαγράμματος κυκλώματος (Ladder diagram), όπως οι κανονικά κλειστές (Normally Closed – NC) και οι κανονικά ανοιχτές επαφές (Normally Open – NO), και τα πηνία (Coils) συνδέονται με δίκτυα.

Για πολύπλοκες λειτουργίες, εισάγονται κλάδοι με τη λογική των παράλληλων κυκλωμάτων. Οι παράλληλοι κλάδοι ανοίγουν προς τα κάτω ή συνδέονται απευθείας με το ηλεκτρική ράγα και ενώνονται με άλλους κλάδους, όταν τα κλαδιά πάνε προς τα πάνω.

Η ενεργοποίηση της κανονικά ανοιχτής επαφής εξαρτάται από την κατάσταση σήματος της σχετικής ετικέτας. Εκτενέστερα:

- Εάν η ετικέτα έχει κατάσταση σήματος "1", η κανονικά ανοιχτή επαφή είναι κλειστή. Η ισχύς ρέει από την αριστερή ράγα ισχύος μέσω της κανονικά ανοικτής επαφής στη δεξιά ράγα ισχύος και η κατάσταση στην έξοδο της εντολής έχει οριστεί σε "1".
- Εάν η ετικέτα έχει κατάσταση σήματος "0", η κανονικά ανοιχτή επαφή δεν ενεργοποιείται. Η ροή ισχύος από τα δεξιά διακόπτεται και η κατάσταση σήματος στην έξοδο της εντολής είναι στο "0".

Η κανονικά κλειστή επαφή ουσιαστικά έχει την ίδια λειτουργία με την κανονικά ανοιχτή επαφή, αλλά ανταποκρίνεται στο σήμα κατάσταση της ετικέτας με τον ακριβώς αντίθετο τρόπο.

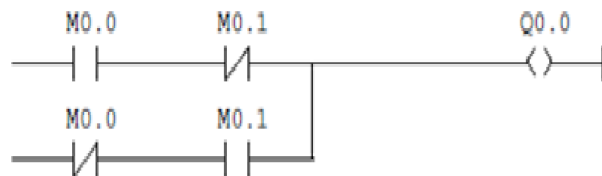
Χρησιμοποιείται το "Πηνίο εξόδου" (Coil) για να οριστεί το bit μιας καθορισμένης ετικέτας. Εάν η κατάσταση σήματος είναι "1" στην είσοδο πηνίου, το bit ετικέτας έχει οριστεί σε "1". Εάν η κατάσταση σήματος είναι "0" στο πηνίο εισόδου, το bit ετικέτας παρέχει επίσης την κατάσταση σήματος "0" [1],[11].

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται σε LAD η τρεις κύριες λυχνίες ελέγχου που προαναφέρθηκαν με τους εξής συμβολισμούς:

- Normally Open -| |-
- Normally Closed -|/|-
- Coil -()-

Block: OB1 Draw PLC ladder diagram to realize two input EX-OR Gate.

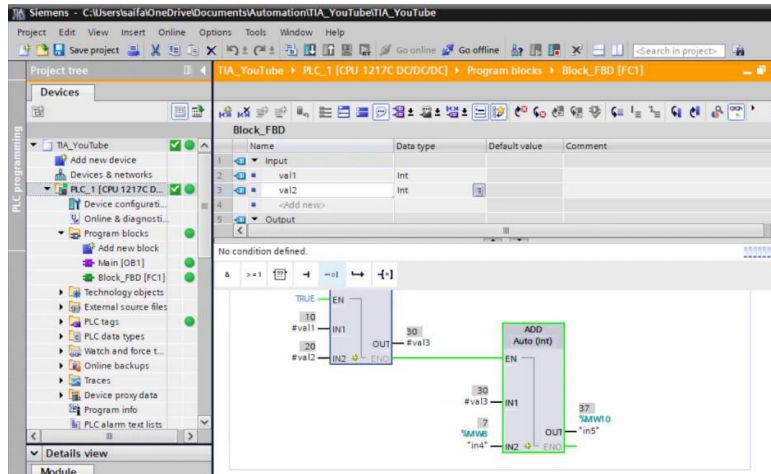
Network: 1



Εικόνα 2.9: Παράδειγμα LAD λογικής

2.6.2. FBD

Όπως η LAD, έτσι και η FBD είναι επίσης μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού. Η αναπαράσταση της λογικής είναι με βάση τα γραφικά λογικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στην άλγεβρα Boolean. Οι μαθηματικές συναρτήσεις και άλλες σύνθετες συναρτήσεις μπορούν να αναπαρασταθούν απευθείας στο σε συνδυασμό με τα λογικά κουτιά.



Εικόνα 2.10: Παράδειγμα FBD λογικής

2.6.3 SCL

Η Structured Control Language (SCL) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, όπως η PASCAL για τους επεξεργαστές της SIMATIC. Ένα πρόγραμμα στο TIA μπορεί να συμπεριλάβει μπλοκ προγραμμάτων γραμμένα σε SCL με μπλοκ προγραμμάτων γραμμένα σε LAD και FBD. Οι εντολές SCL χρησιμοποιούν τυπικούς τελεστές προγραμματισμού, όπως για εκχώρηση (: =), μαθηματικές συναρτήσεις (+ για προσθήκη, - για αφαίρεση, * για πολλαπλασιασμό και / για διαίρεση). Η SCL χρησιμοποιεί τυπικές λειτουργίες ελέγχου προγράμματος PASCAL, όπως IF-THEN-ELSE, CASE, REPEAT-UNTIL, GOTO και JUMP. Πολλές από τις άλλες οδηγίες για SCL, όπως χρονικά και απαριθμητές, ταιριάζουν με τις οδηγίες LAD και FBD. Επειδή η SCL, όπως και η PASCAL, προσφέρει επεξεργασία υπό όρους, έλεγχο βρόχου και ένθεσης δομών, είναι δυνατό να εφαρμοστούν πολύπλοκοι αλγόριθμοι στο SCL πιο εύκολα από ό,τι στο LAD ή στο FBD [11].

```

1 REGION REGION 1
2   FOR #i := 0 TO 4 DO
3     IF #myArray[#i] = 3 THEN
4       #bAnElementIs3 := TRUE;
5       EXIT;
6     END_IF;
7   END_FOR;
8 END_REGION

```

Εικόνα 2.11: Παράδειγμα SCL

2.7 Ετικέτες των δεδομένων εισόδου/εξόδου/μνήμης (PLC Tags)

Οι ετικέτες PLC (PLC Tags) χρησιμοποιούνται για την παροχή των εντολών προγραμματισμού (για οποιαδήποτε επιλογή γλώσσας) με τιμές και έτσι οι εντολές εκτελούνται ανάλογα με αυτές τις τιμές. Μια ετικέτα, δηλαδή, είναι μια μεταβλητή που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα και

μπορεί να λάβει διαφορετικές τιμές. Εξαρτώμενες από το εύρος της εκάστοτε εφαρμογής, οι ετικέτες χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

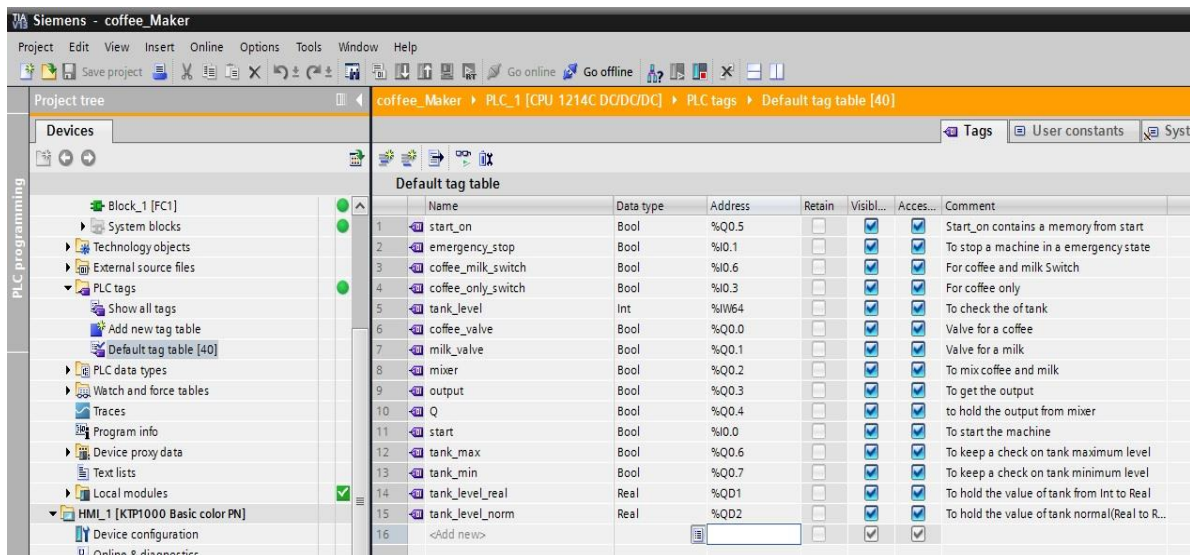
- Τοπικές ετικέτες: Οι τοπικές ετικέτες ισχύουν μόνο στο μπλοκ στο οποίο έχουν οριστεί.
- Ετικέτες PLC: Οι ετικέτες PLC εφαρμόζονται σε ολόκληρο το PLC (ή αλλιώς καθολικές).

Οι περισσότερες οδηγίες στο πρόγραμμα λειτουργούν με ετικέτες. Όταν εκχωρείται μια ετικέτα σε μια εντολή, η εντολή εκτελείται με τις τιμές της καθορισμένης ετικέτας. Η διαχείριση των ετικετών γίνεται κεντρικά στην πύλη TIA. Δεν έχει σημασία αν δημιουργήσετε ένα PLC στο πρόγραμμα επεξεργασίας προγράμματος ή στον πίνακα ετικετών PLC. Εάν η ετικέτα χρησιμοποιείται σε πολλά σημεία στο πρόγραμμα ή στην οθόνη HMI, οι αλλαγές στην ετικέτα μεταφέρονται αμέσως σε όλες τις συνιστάμενες.

Τα οφέλη των ετικετών επικεντρώνονται στο γεγονός ότι μπορούν να αλλάξουν κεντρικά μια διεύθυνση που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα. Χωρίς τη συμβολική διεύθυνση με ετικέτες, μια διεύθυνση που χρησιμοποιείται ξανά και ξανά στο πρόγραμμα θα πρέπει να αλλάζει σε διάφορα σημεία του προγράμματος κάθε φορά.

Μια ετικέτα PLC αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Όνομα (π.χ. Machine_ON): Το όνομα μιας ετικέτας ισχύει για PLC και μπορεί να προκύψει με το ίδιο όνομα μόνο μία φορά σε ολόκληρο το πρόγραμμα και αυτό το συγκεκριμένο PLC.
- Τύπος δεδομένων (π.χ. Bool ή Real): Ο τύπος δεδομένων καθορίζει την αναπαράσταση της τιμής και το επιτρεπόμενο εύρος τιμών. Επιλέγοντας τον τύπο δεδομένων BOOL, για παράδειγμα, καθορίζετε ότι μια ετικέτα μπορεί αποδεχτείτε μόνο τις δυαδικές τιμές "0" και "1".
- Διεύθυνση (π.χ. M 3.1): Η διεύθυνση μιας ετικέτας είναι απόλυτη και καθορίζει την περιοχή μνήμης από την οποία η ετικέτα διαβάζει ή γράφει μια τιμή. Παραδείγματα πιθανών περιοχών μνήμης είναι είσοδοι, έξοδοι και μνήμες bit (ακόμα και από Data Block που προαναφέρθηκαν).



Εικόνα 2.12: Η μορφή ενός πίνακα ετικετών

Όπως και προαναφέρθηκε στην συγκεκριμένη εργασία ένα Graph Sequence ,που απαντά στην γλώσσα **SFC (Sequential Function Chart)** , πρόκειται για ένα διάγραμμα ροής. Αποτελούμενο από αλληλουχία βημάτων ,τα οποία μπορεί να είναι είτε γραμμικά το ένα μετά το άλλο ή να δημιουργούν διακλαδώσεις οι οποίες προσφέρουν παραλληλισμό ή επιλογή συγκεκριμένου μονοπατιού στην αλληλουχία, είναι ένα βασικό κομμάτι και ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην ανάπτυξη εφαρμογών στο TIA.

Τα μπλοκ GRAPH δημιουργούνται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που δημιουργούνται και οποιαδήποτε άλλα μπλοκ. Ένα μπλοκ GRAPH είναι πάντα FB, αφού ένα FC ή OB δεν μπορεί να δημιουργηθεί στη γλώσσα προγραμματισμού GRAPH. Δημιουργείται έτσι ένα FB με επιλογή στη γλώσσα προγραμματισμού να είναι η GRAPH.

Με την δημιουργία ενός τέτοιου μπλοκ αντικρίζουμε κατευθείαν μια γραμμή Αγαπημένων. Αυτά είναι τα ακόλουθα στοιχεία:

- Βήμα και μετάβαση (Step and Transition)
- Βήμα (Step)
- Μετάβαση (Transition)
- Τέλος ακολουθίας (Sequence end)
- Άλμα (Jump)
- Ανοίχτε εναλλακτικό κλάδο (Open alternative branch – OR branch)
- Άνοιγμα ταυτόχρονου κλάδου (Open simultaneous branch - AND branch)
- Κλείστε το κλαδί (Close branch)

Για να εισαχθεί ένα νέο στοιχείο στην ακολουθία , αρκεί ένα drag and drop του επιθυμητού στοιχείου μέσω από τα Αγαπημένα ή την κάρτα εργασιών Instruction, που βρίσκεται στα δεξιά του παραθύρου, στο κατάλληλο σημείο της ακολουθίας.

Για την επεξεργασία του στοιχείου στο GRAPH FB, αρκούν τα εξής βασικά βήματα:

1. Ανοίξτε την προβολή ακολουθίας στην πλοήγηση.
2. Επιλέξτε το βήμα προς επεξεργασία.
3. Κάντε κλικ στην επιλογή " Single step view" " .
4. Κάντε κλικ στο "Actions".
5. Επεξεργαστείτε την ενέργεια.
6. Επεξεργαστείτε τις συνθήκες για τη μετάβαση.

Προφανώς οι δυνατότητες στην δημιουργία και στην επεξεργασία δεν περιορίζονται στις βασικές λειτουργίες που περιεγραφήκαν παραπάνω. Το Graph Sequence είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο με εκπληκτικές δυνατότητες [2].

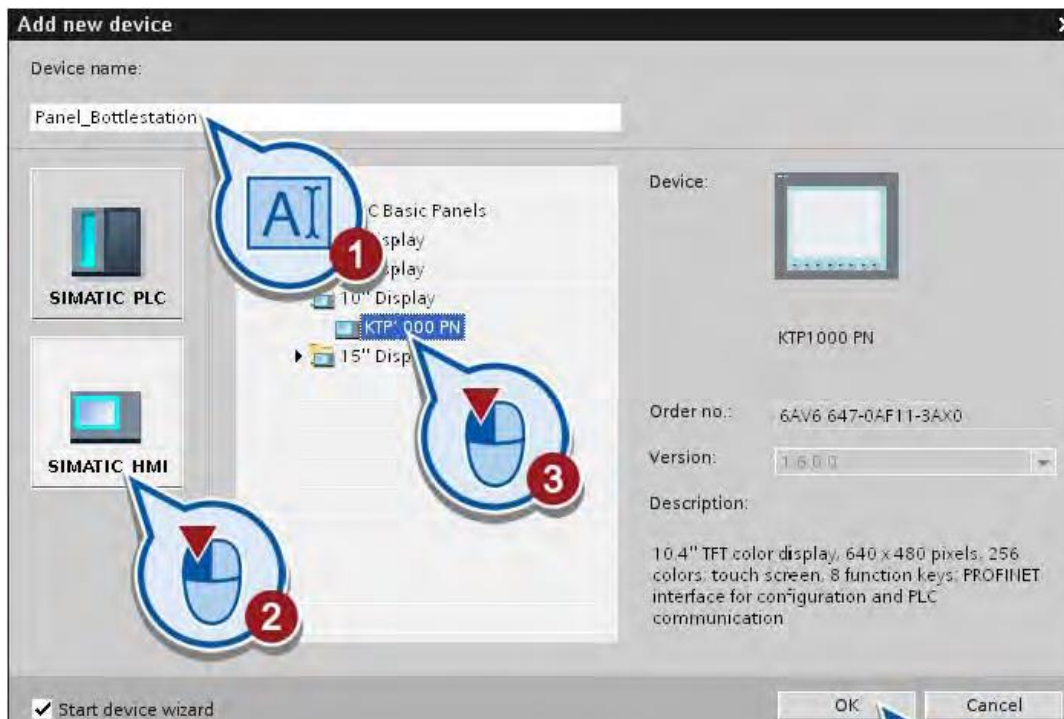
2.8 Γραφική αναπαράσταση μέσω HMI (Human Machine Interface)

Για την οπτικοποίηση και την δημιουργία κινούμενης εικόνας που αναπαριστά εικονικά την αυτοματοποιημένη διαδικασία του PLC που έχει φτιάξει κάποιος στο TIA η Siemens δημιούργησε ένα HMI περιβάλλον μέσω του προγράμματος WinCC ,το οποίο συνδέεται με το εκάστοτε PLC.

Ένα σύστημα HMI αντιπροσωπεύει τη διεπαφή μεταξύ του χρήστη και της διαδικασίας. Η λειτουργία της διαδικασίας ελέγχεται κυρίως από το PLC. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τη συσκευή HMI για να παρακολουθεί τη διαδικασία ή να παρεμβαίνει στη διαδικασία που εκτελείται [1].

2.8.1. Δημιουργία νέας συσκευής HMI

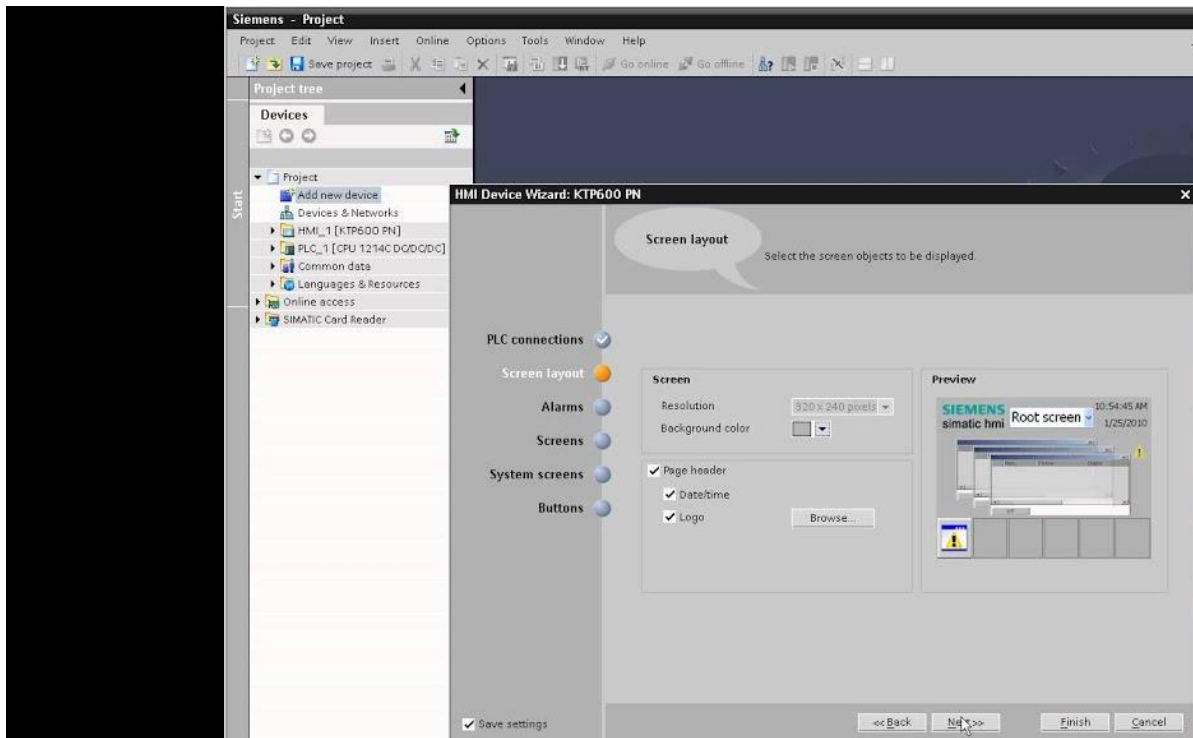
Για να προτεθεί μια συσκευή HMI στο project αρκεί κάποιος να χρησιμοποιήσει την αριστερή μπάρα εργαλείων για να προσθέσει μια νέα συσκευή (Add new device) ,όπως ακριβώς και σε οποιαδήποτε άλλη συσκευή. Με την επιλογή μια συσκευής HMI panel (οθόνης) και με την ονομασία της ξεκινάει η δημιουργία της.



Εικόνα 2.13: Δημιουργία HMI panel

Με τη δημιουργία προτύπου για μια οθόνη HMI βρισκόμαστε μπροστά από ένα παράθυρο επιλογών. Για να δημιουργηθεί ένα πρότυπο για την οθόνη HMI, αρκεί να ακολουθήσει κάποιος τα εξής σειριακά βήματα, που εμφανίζονται στο παράθυρό μας:

1. Διαμόρφωση της σύνδεση με το PLC.
2. Επιλογή του χρώματος φόντου για το πρότυπο και τα στοιχεία για την κεφαλίδα
3. Απενεργοποίηση/Ενεργοποίηση τους συναγερμούς.
4. Μετονομασία της οθόνη στην οποία τα γραφικά στοιχεία θα δημιουργηθούν αργότερα σε "HMI".
5. Απενεργοποίηση/Ενεργοποίηση των οθονών συστήματος.
6. Ενεργοποίηση της περιοχής του κάτω κουμπιού και εισάγετε το κουμπί "Εξοδος" (Ο χρόνος εκτέλεσης μπορεί να τερματιστεί χρησιμοποιώντας αυτό το κουμπί).
7. Με την "Αποθήκευση έργου" στη γραμμή εργαλείων πλέον βρισκόμαστε στην επιφάνεια εργασίας του HMI, όπου και μπορούμε να δουλέψουμε [11], [2].



Εικόνα 2.14: Το παράθυρο επιλογών στην δημιουργία HMI

2.8.2 Αντικείμενα και Δημιουργία Περιβάλλοντος στο HMI

Η πύλη TIA προσφέρει την δυνατότητα στον χρήστη για να δημιουργήσει οθόνες για τη λειτουργία και την παρακολούθηση μηχανών και εγκαταστάσεων. Προκαθορισμένα αντικείμενα (μέσω διαθέσιμων βιβλιοθηκών) είναι διαθέσιμα για να βοηθήσουν στη δημιουργία ενός γραφικού περιβάλλοντος HM. Αυτά τα αντικείμενα χρησιμοποιούνται με σκοπό να επιτευχθεί προσομοίωση ενός μηχανήματος, μιας παραγωγικής διαδικασίας και πολλών άλλων εφαρμογών. Οι λειτουργίες της συσκευής HMI καθορίζουν την οπτικοποίηση έργου σε HMI και το λειτουργικό πεδίο των γραφικών αντικειμένων.

Τα γραφικά αντικείμενα είναι όλα αυτά τα στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση του έργου στο HMI. Αυτά περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, κείμενα, κουμπιά, διαγράμματα ή γραφικά για την απεικόνιση τμημάτων μηχανών, οχημάτων, ακόμα και ολόκληρων γραμμών παραγωγής.

Τα γραφικά αντικείμενα μπορούν να απεικονιστούν στατικά ή να χρησιμοποιηθούν ως δυναμικά αντικείμενα με τη βοήθεια ετικετών:

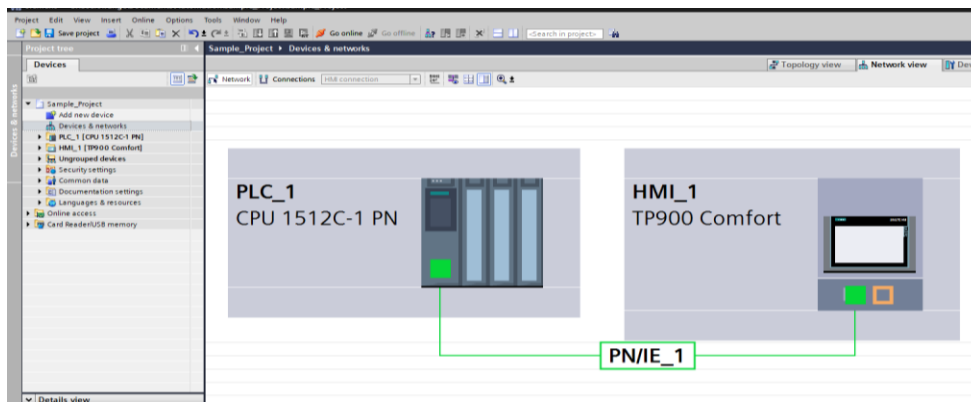
- Τα στατικά αντικείμενα δεν αλλάζουν στο χρόνο εκτέλεσης.
- Τα δυναμικά αντικείμενα αλλάζουν ανάλογα με τη διαδικασία [1].

2.8.3. Διασύνδεση μεταξύ PLC και HMI

Για να επιτευχθεί η οπτικοποίηση μιας διαδικασίας μέσω, είναι απαραίτητη η διασύνδεση και ουσιαστικά η αντιστοίχιση των ετικετών του PLC με τις αντίστοιχες ετικέτες του HMI, με σκοπό η μεταβλητές του HMI περιβάλλοντος να έχουν πραγματικές τιμές που ανταποκρίνονται στην εκάστοτε εφαρμογή και λειτουργούν σε επίπεδο προσομοίωσης. Αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται ως εξής:

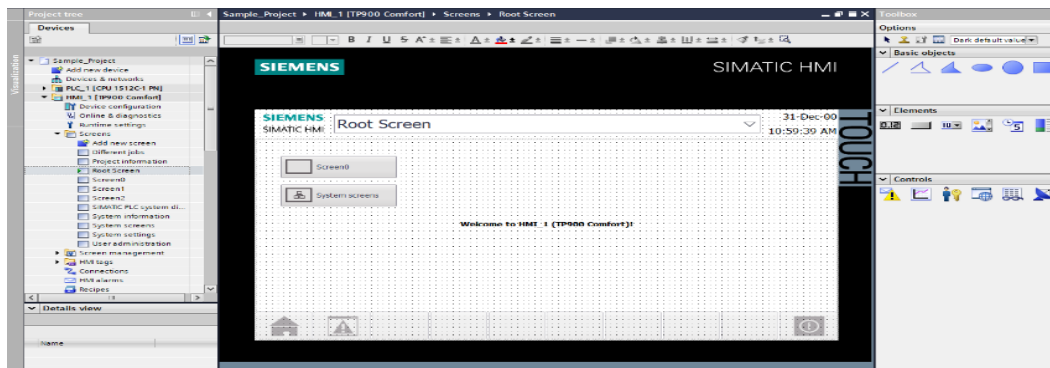
- Ένωση ετικετών PLC από τη μνήμη του PLC, με ετικέτες HMI (PLC connection)
- Εσωτερικές ετικέτες από τη μνήμη της συσκευής HMI με τη μορφή αλφαριθμητικών ενδείξεων, τάσεων και γραμμών. (HMI Internal Tags)

Η διασύνδεση του PLC και HMI έχει πραγματοποιηθεί ήδη από το μενού επιλογών της δημιουργία της HMI οθόνης αλλά γίνεται και με χειροκίνητο τρόπο από το Network View με καλώδιο PN/IE (Profinet/Industrial Ethernet).



Εικόνα 2.15: Διασύνδεση HMI-PLC στο Network View

Προφανώς κάθε οπτικό αντικείμενο έχει ένα δικό του μενού επεξεργασίας που δίνει μια πληθώρα δυνατοτήτων όπως την δημιουργία κίνησης ή οπτικών εφέ στο αντικείμενο που προσφέρουν μια οπτική συνοχή στη διαδικασία μας. Η δυνατότητες που προσφέρει το HMI είναι πολλές και οι βιβλιοθήκες αντικειμένων επίσης και έτσι μπορούν να επιτευχθούν οπτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων σε πληθώρα διαφορετικών εφαρμογών.



Εικόνα 2.16: Αρχική οθόνη HMI Panel

2.9 Προσομοίωση (Simulation)

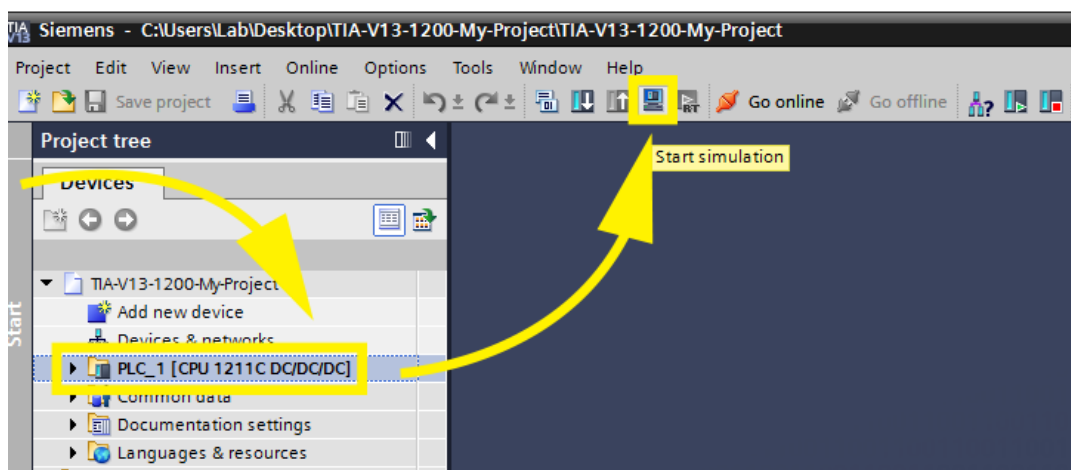
Οι προσομοιωτές PLC χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση της λειτουργίας PLC σε έναν προσωπικό υπολογιστή ή σε κινητό τηλέφωνο. Το πρόγραμμα λογικής σκάλας μπορεί να προσομοιωθεί με τη βοήθεια ενός προσομοιωτή PLC. Δεν απαιτείται φυσικό PLC για τη δοκιμή του προγράμματος λογικής σκάλας. Ο προσομοιωτής PLC επιτρέπει στον προγραμματιστή να εξαναγκάζει το σήμα εισόδου και εξόδου και να ελέγχει τα διαγράμματα λογικής σκάλας. Ο προγραμματιστής PLC μπορεί να ελέγξει και να διορθώσει το πρόγραμμα πριν από την εγκατάσταση στο λειτουργικό του περιβάλλον.

Το περιβάλλον του TIA διαθέτει αυτό το πολύ χρήσιμο εργαλείο της προσομοίωσης. Αυτή η πτυχή του TIA δίνει δυνατότητα στον κάθε χρήστη του να «τρέξει» σε πραγματικό χρόνο μια προσομοίωση η οποία αγγίζει την πραγματικότητα. Μια εφαρμογή αυτοματισμού πριν λειτουργήσει σε πραγματικό ελεγκτή PLC, πρέπει πρώτα να δοκιμασθεί σε περιβάλλον προσομοίωσης. Έτσι ο χρήστης θα ελέγξει αν ο προγραμματισμός του είναι σωστό και ενδέχεται αν λειτουργήσει σωστά αν το πρόγραμμα φορτωθεί σε ένα πραγματικό PLC.

2.9.1. Προσομοίωση του PLC

Αφού έχει γίνει έλεγχος για σφάλματα στον κώδικα του προγράμματος μέσω της διαδικασίας του Compile, τότε για να τρέξει σε προσομοίωση ένα PLC θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

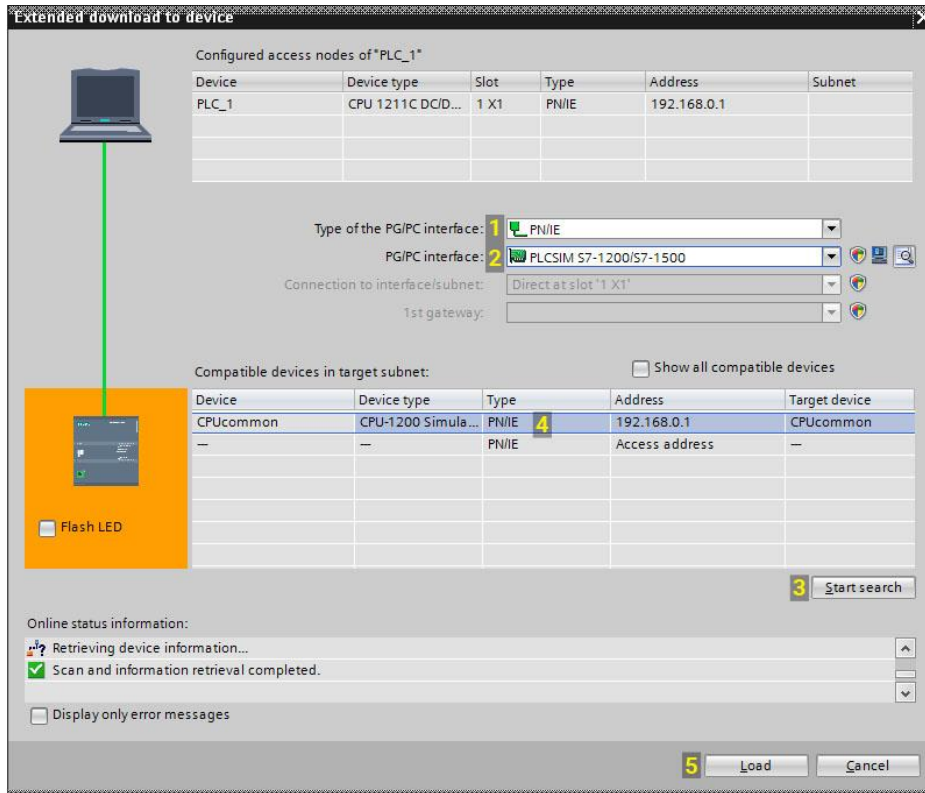
- Να επιλεγεί από το Project Tree το PLC που είναι επιθυμητό για προσομοίωση και ύστερα από την μπάρα εργαλείων να επιλεγεί το κουμπί προσομοίωση. Εναλλακτικά με δεξί κλικ στο PLC και κλικ στην επιλογή “Start Simulation”, έχουμε τα ίδια αποτελέσματα.



Εικόνα 2.17: Κουμπί για να ξεκινήσει η προσομοίωση

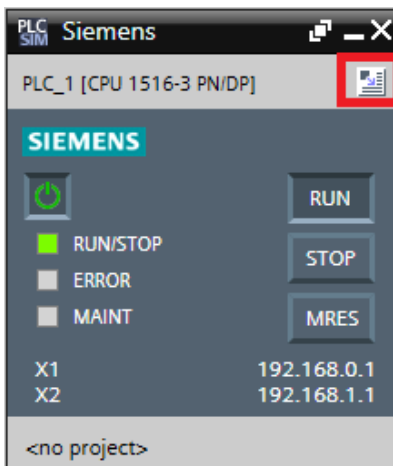
- Με την έναρξη της προσομοίωσης θα γίνει αυτόματα και πάλι Compile. Αν και εφ' όσον ο κώδικας δεν έχει σφάλματα τότε το παρακάτω παράθυρο θα εμφανιστεί στην οθόνη.

- Με τα κύρια σημεία του να αναγράφονται στην παρακάτω εικόνα. Μέσα από αυτό το παράθυρο επιτυγχάνουμε να φορτώσουμε τον κώδικα μας στο PLC.



Εικόνα 2.18: Φόρτωση του PLC

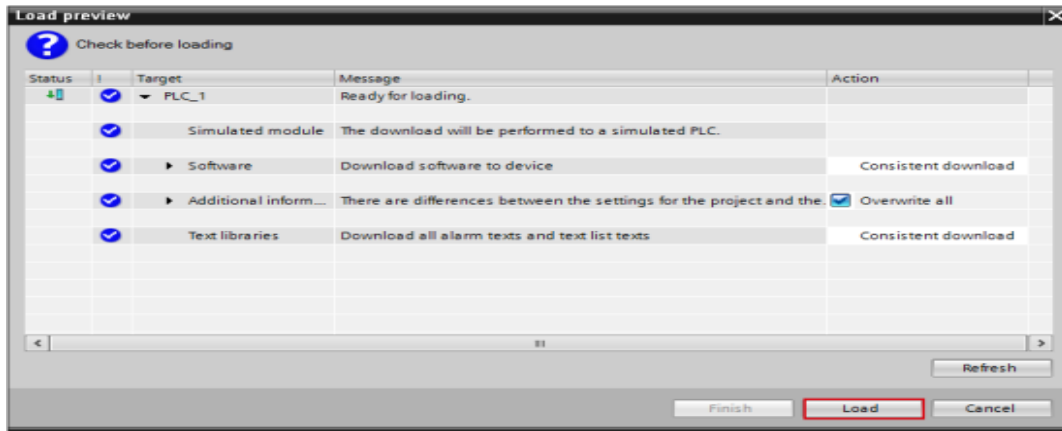
- Ταυτόχρονα με το παράθυρο που παρουσιάστηκε παραπάνω, θα μας εμφανιστεί ένα παράθυρο από το πρόγραμμα S7 PLCSIM. Αυτό το πρόγραμμα είναι ουσιαστικά υπεύθυνο για την προσομοίωση του PLC καθώς και από αυτό ο χρήστης έχει τον έλεγχο των μεταβλητών (π.χ. μεταβλητών εισόδου) με σκοπό να προσομοιώσει αρκετές περιπτώσεις της εφαρμογής.



Εικόνα 2.19: Παράθυρο PLCSIM

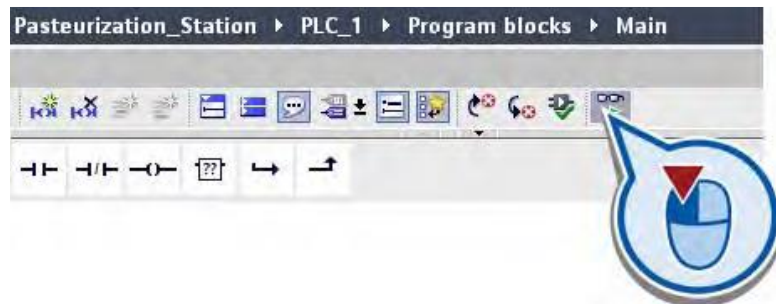
[Με το κουμπί που φαίνεται στο κόκκινο πλαίσιο μπορούμε να βλέπουμε σε έναν πίνακα όλες τις μεταβλητές του προγράμματος καθώς και τι τιμές που λαμβάνουν]

- Τέλος ένα παράθυρο με όνομα Load Preview είναι το τελικό στάδιο πριν να ξεκινήσει να τρέχει η προσομοίωση. Στο συγκεκριμένο παράθυρο πατάμε πρώτα το κουμπί Load ,και αφού τελειώσει η διαδικασία φόρτωσης πατάμε το Finish.



Εικόνα 2.20: Παράθυρο Load Preview

- Επιπρόσθετα μπορούμε από την μπάρα εργαλείων να πατήσουμε και το κουμπί Monitoring, έτσι ώστε να έχουμε μια πραγματική εικόνα για την λειτουργία των λογικών πυλών στην Ladder ή ακόμα και να ξέρουμε σε ποιο σημείο του Graph Sequence βρίσκεται ανά πάσα στιγμή η προσομοίωση [1].

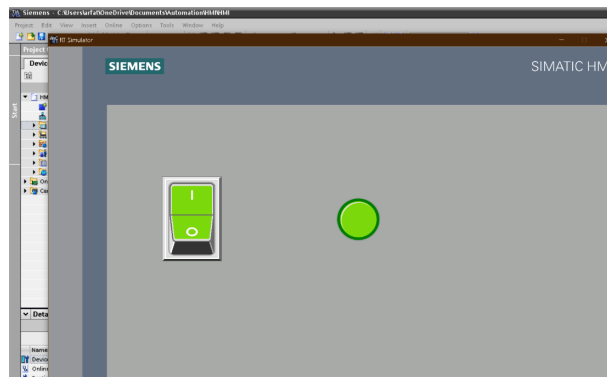


Εικόνα 2.21: Κουμπί Monitoring

2.9.2. Προσομοίωση του HMI

Το TIA μας προσφέρει μέσω του προγράμματος WinCC να παρακολουθήσουμε την προσομοίωση μέσα από την οθόνη του HMI. Έτσι μέσα από αυτήν την προσομοίωση καταφέρνουμε να δούμε τα γραφικά του προγράμματος μας να παίρνουν ζωή και να λειτουργούν ανάλογα με τις διαδικασίες της εφαρμογής.

Αφού έχουμε ήδη τρέξει την προσομοίωση στο PLC ,τα πράγματα είναι πλέον απλά. Για να ξεκινήσει η προσομοίωση του HMI αρκεί με τον ίδιο τρόπο όπως πριν να διαλέξουμε από το Project Tree αυτή τη φορά την οθόνη HMI και να πατήσουμε το ίδιο κουμπί “Start Simulation” και τότε το πρόγραμμα WinCC θα ανοίξει και θα εμφανιστεί μπροστά μας η οθόνη με τα γραφικά που έχουμε επιλέξει, τα οποία θα έχουν ανάλογες λειτουργίες με αυτές που έχουμε διαλέξει να κάνουν. Ένα παράδειγμα προσομοίωσης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Παριστάνει μια οθόνη που έχει ένα μπουτόν ON/OFF και μία ενδεικτική λυχνία ανάλογα με την κατάστασή του [1], [2].



Εικόνα 2.22: Παράδειγμα προσομοίωσης HMI

3 Ανάπτυξη εφαρμογών

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται ανάπτυξη και λεπτομερής περιγραφή έντεκα εφαρμογών σε περιβάλλον TIA Portal.

Για όλες τις εφαρμογές επιλέχθηκε compact cpu “CPU 1515-2-PN” με ενσωματωμένες κάρτες εισόδου – εξόδου “ DI 16/DQ 16x24VDC/0.5A BA_1” και οθόνη HMI “TP1500 Comfort”.

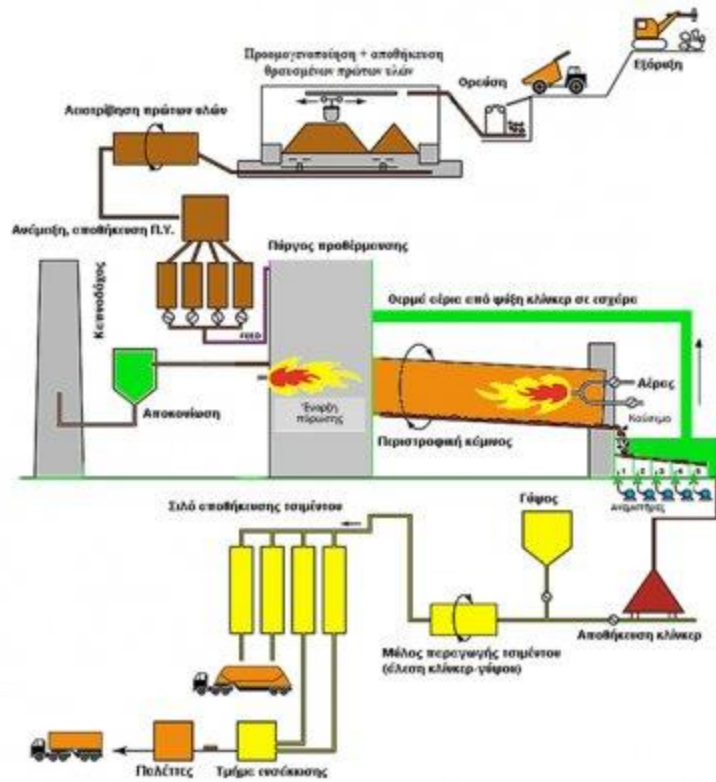
Σε κάθε εφαρμογή περιέχονται:

- Περιγραφή της εφαρμογής – συνοπτική παρουσίαση της εφαρμογής
- Πίνακας αντιστοιχιών - PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν
- Program blocks – Αναλυτική παρουσίαση των δικτύων κάθε προγράμματος με συνοπτική επεξήγηση για το κάθε δίκτυο
- HMI Screen – Αναλυτική παρουσίαση των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία κάθε οθόνης HMI, καθώς και οι διασυνδέσεις τους
- Αποτελέσματα προσομοίωσης – στιγμιότυπα της οθόνης HMI για διαφορετικές κάθε φορά παραμέτρους

3.1 Εφαρμογή 1

3.1.1 Περιγραφή της εφαρμογής

Η εφαρμογή αυτή έχει ως λειτουργία την αυτοματοποίηση της διαδικασίας παραγωγής τσιμέντου σε μία τσιμεντοβιομηχανία, έναν τομέα στον οποίο όπως αναφέρθηκε πιο πάνω η χρήση και η ζήτηση των PLC έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Συγκεκριμένα, ο χειριστής θα έχει την δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ τεσσάρων ειδών τσιμέντου (Portland Cement, Blastfurnace Cement A, Blastfurnace Cement B, Blastfurnace Cement C), και να πατήσει το κουμπί της έναρξης. Ανάλογα με το είδος που θα επιλέξει, συγκεκριμένα υλικά σε συγκεκριμένες ποσότητες θα αρχίσουν να πληρούν μία μεγάλη δεξαμενή, στην οποία γίνεται η πρώτη ανάμειξη των υλικών. Στη συνέχεια το μείγμα αυτό οδηγείται μέσω από ειδικούς αγωγούς, μέσα στους οποίους προθερμαίνεται, σε έναν περιστροφικό κλίβανο, στον οποίο γίνεται η θέρμανση σε ψηλές πλέον θερμοκρασίες. Με το πέρας της θέρμανσης, το μείγμα πλέον οδηγείται σε μια δεξαμενή στην οποία ψύχεται. Σ 'αυτό το στάδιο, στο στερεό πια μείγμα προθέτονται τα τελευταία υλικά που χρειάζονται πριν οδηγηθεί στην τελευταία δεξαμενή στην οποία θα γίνει η τελική ανάμειξη και ύστερα θα συσκευαστεί σε τσουβάλια σε παρτίδες των δέκα τεμαχίων. Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει την εν λόγω διαδικασία παραγωγής.



Εικόνα 3.1: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας τσιμέντου

3.1.2 Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν

Παραγωγή Τσιμεντού ▶ CPU1515-2-PN [CPU 1515-2 PN] ▶ PLC tags

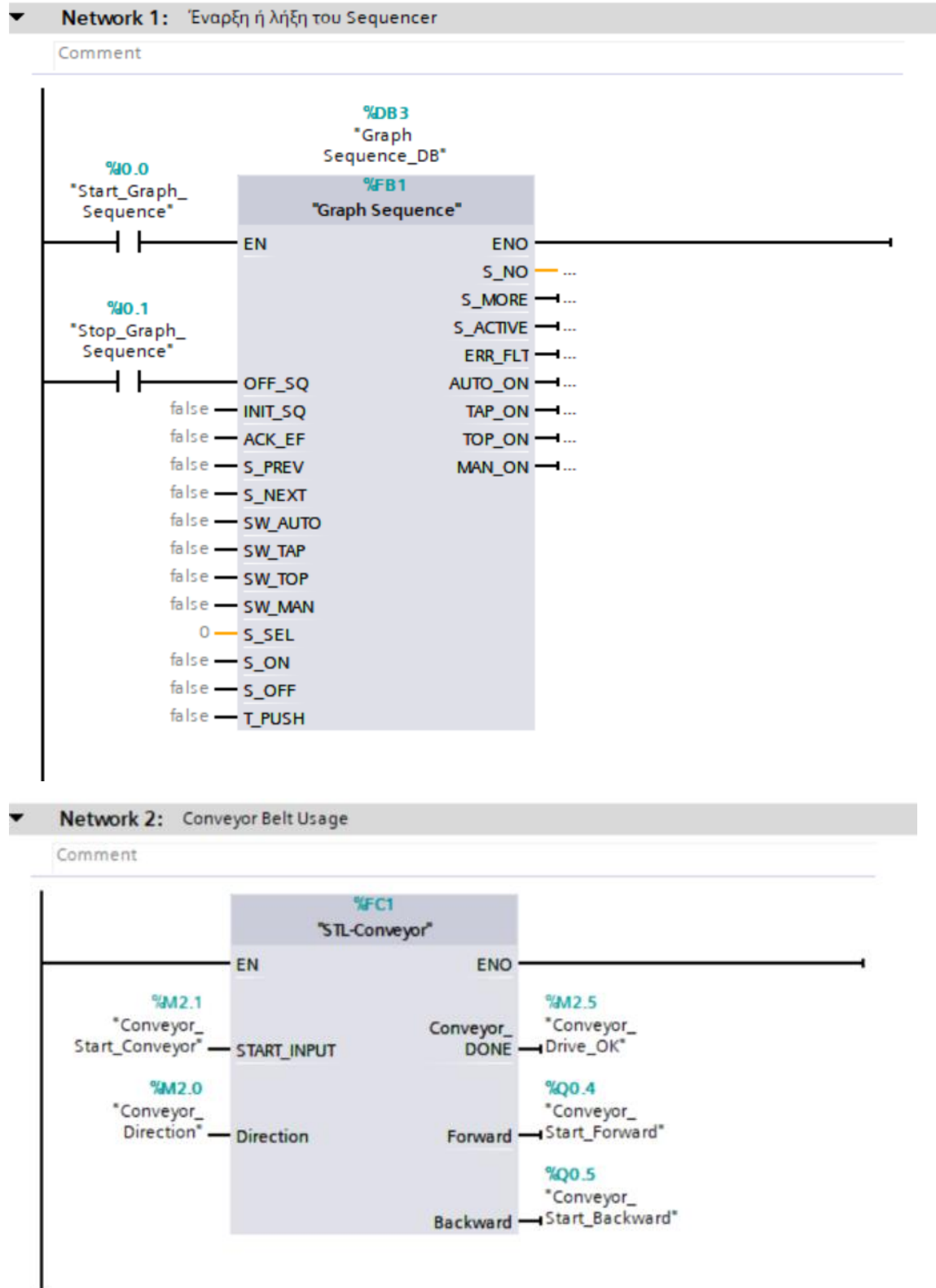
Tags User constants

PLC tags

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervis...	Comment
1	GRAPH_Group_Fault	Tags Graph Sequen...	Bool	%M10.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Error in process
2	GRAPH_Count_Sack	Tags Graph Sequen...	Counter	%C12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μετρητής Σάκων Τσιμεντού (char)
3	Valve_Arg	Tags Graph Sequen...	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Αργυλικού Πετρώματος
4	Valve_Limestone	Tags Graph Sequen...	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Ασβεστόλιθου
5	Valve_Silicon	Tags Graph Sequen...	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Πυριτίου
6	Valve_Iron	Tags Graph Sequen...	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Σιδήρου
7	FILL_Ingredience	Filling	Bool	%M8.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Γέμισμα Σάκου
8	GRAPH_Mixer_ON	Tags Graph Sequen...	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λειτουργία Μίξερ
9	Transport_Preheating	Tags Graph Sequen...	Bool	%M6.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά στην Προθέρμανση
10	Preheat	Tags Graph Sequen...	Bool	%M6.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Διαδικασία Προθέρμανσης
11	Heat	Tags Graph Sequen...	Bool	%M6.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Διαδικασία ψηλής θερμοκρασίας
12	Transp_Cool	Tags Graph Sequen...	Bool	%M6.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά στην Ψύξη
13	Tr_Pr_On	Tags Graph Sequen...	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	Cool_Time	Tags Graph Sequen...	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Διαδικασία Ψύξης
15	Transport_Final	Tags Graph Sequen...	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά στο τελευταίο Μίξερ
16	Transporting_F	Tags Graph Sequen...	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά στο τελευταίο Μίξερ (2)
17	Conveyor_Direction	Conveyor	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Φορά Conveyor belt
18	Conveyor_Start_Conveyor	Conveyor	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Έναρξη Conveyor belt
19	Transport_Packaging	Tags Graph Sequen...	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά στο σταθμό Συσκευασίας
20	Failed_Mix	Filling	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λάθος Μίξη
21	GRAPH_Start_Packaging	Tags Graph Sequen...	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Διαδικασία Συσκευασίας
22	Packaging_Complete	Tags Graph Sequen...	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τέλος Συσκευασίας και των 10 Τεμαχίων
23	Conveyor_Drive_OK	Conveyor	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Error στο conveyor belt
24	Conveyor_Start_Forward	Conveyor	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Conveyor belts προς τα μπροστά
25	Conveyor_Start_Backward	Conveyor	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Conveyor belts προς τα πίσω
26	Valve_Plaster	Tags Graph Sequen...	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Γύψου
27	Valve_Furnace_Slag	Tags Graph Sequen...	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Σκωρίας Φούρνου
28	GRAPH_Mixer_ON_2	Tags Graph Sequen...	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λειτουργία 2ου Μίξερ
29	Transport_End	Tags Graph Sequen...	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά Τσουβαλιών στο τέλος
30	Conveyor_DONE	Conveyor	Bool	%Q1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λήξη λειτουργίας του conveyor belt
31	Graph_Count_Sack_Int	Tags Graph Sequen...	Int	%MW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μετρητής Σάκων Τσιμεντού (int)
32	Start_Graph_Sequence	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Έναρξη Διαδικασίας
33	Stop_Graph_Sequence	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τερματισμός Διαδικασίας
34	Start_Mand	Default tag table	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μανδάλωση Έναρξης
35	Stop_Mand	Default tag table	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μανδάλωση Λήξης
36	End	Conveyor	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τέλος Διαδικασίας

Εικόνα 3.2: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 1)

3.1.3 Program blocks



Εικόνα 3.3: Network 1-2 του Main Block (Εφαρμογή 1)

Στο Network 1 βρίσκεται το Graphic Sequencer στο οποίο μέσα έχει προγραμματιστεί η διαδικασία της αυτόματης παραγωγής. Όταν το 'Start_Graph_Sequence' πάρει 1, τότε η διαδικασία μέσα στο sequencer αρχίζει να υλοποιείται. Αν θελήσω να τερματίσω την διαδικασία δίνω 1 στο 'Stop_Graph_Sequence', το οποίο είναι συνδεδεμένο με το 'OFF_SQ', που το οποίο όταν δέχεται 1 τερματίζει την λειτουργία του αντίστοιχου Sequencer.

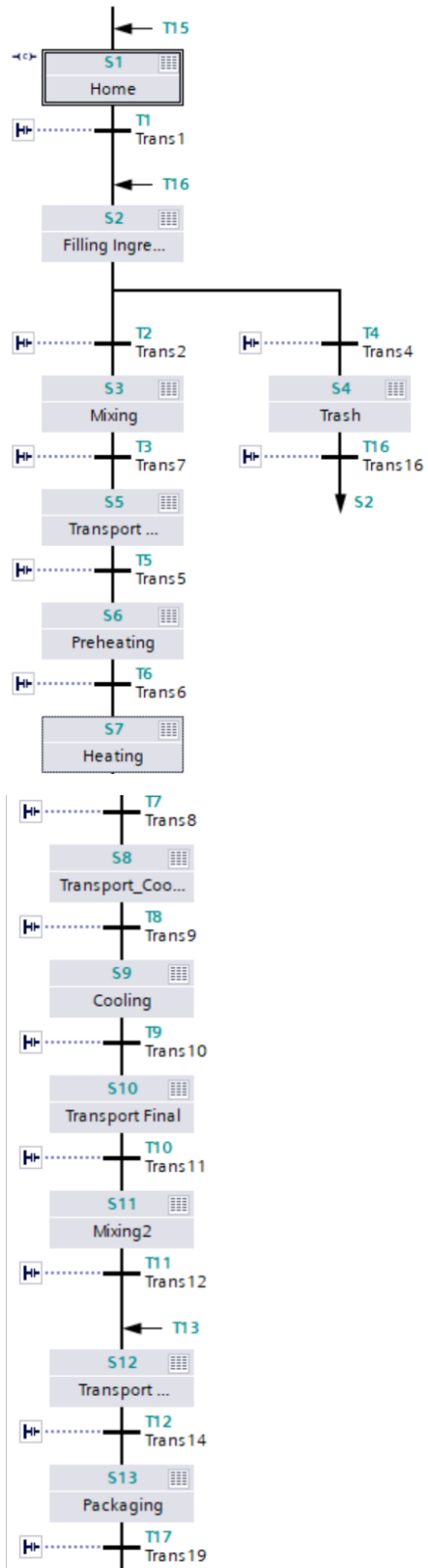
Στο Network 2, βρίσκεται το "FC1-STL Conveyor Block", το οποίο είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της λειτουργίας του conveyor belt. Όταν το 'Conveyor_Start_Conveyor' παίρνει 1, τότε η γραμμή μεταφοράς ξεκινά να κινείται, με κατεύθυνση ανάλογα τις μεταβλητές που βρίσκονται στις απολήξεις 'Forward' και 'Backward'. Όταν στο 'Conveyor_Done' προκύψει 1, τότε αυτόματα το conveyor belt σταματά να λειτουργεί.

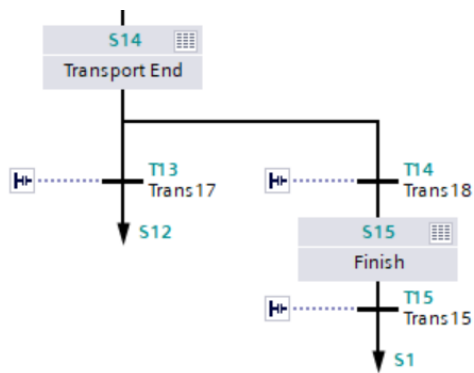
Network 1:			
Comment			
1	A	#Direction	
2	A	#START_INPUT	
3	S	#Forward	
4	R	#Conveyor_DONE	
5			
6			

Network 2:			
Comment			
1	AN	#Direction	
2	A	#START_INPUT	
3	S	#Backward	
4	R	#Conveyor_DONE	
5			

Network 3:			
Comment			
1	AN	#START_INPUT	
2	R	#Forward	
3	R	#Backward	
4	S	#Conveyor_DONE	
5			

Εικόνα 3.4: Network 1,2,3 του Conveyor Belt Block (Εφαρμογή 1)





Εικόνα 3.5: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 1)

Από πάνω βρίσκεται η προεπισκόπηση των βημάτων του Graph Sequence. Κάθε βήμα συνδέεται υποχρεωτικά με ένα άλλο βήμα και στην είσοδο και στην έξοδο του, με την διαφορά ότι στην έξοδο του κάθε βήματος υπάρχουν διάφορα transitions, τα οποία είναι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για να μεταβεί το Sequence στο κατάλληλο επόμενο βήμα. Το κάθε βήμα έχει μέσα του ένα σύνολο εντολών που πρέπει να εκτελεστούν για να προχωρήσει η ακολουθία στο επόμενο της βήμα. Για παράδειγμα:

▼ Actions:

Interlock	Event	Qualifier	Action
		L -Set for limited time	"Valve_Arg", "Global_DB".Recipe_Arg
		L -Set for limited time	"Valve_Limestone", "Global_DB".Recipe_Limestone
		L -Set for limited time	"Valve_Silicon", "Global_DB".Recipe_Silicon
		L -Set for limited time	"Valve_Iron", "Global_DB".Recipe_Iron
		N -Set as long as step is active	"FILL_Ingredient"
		<Add new>	

▼ T2: Trans2

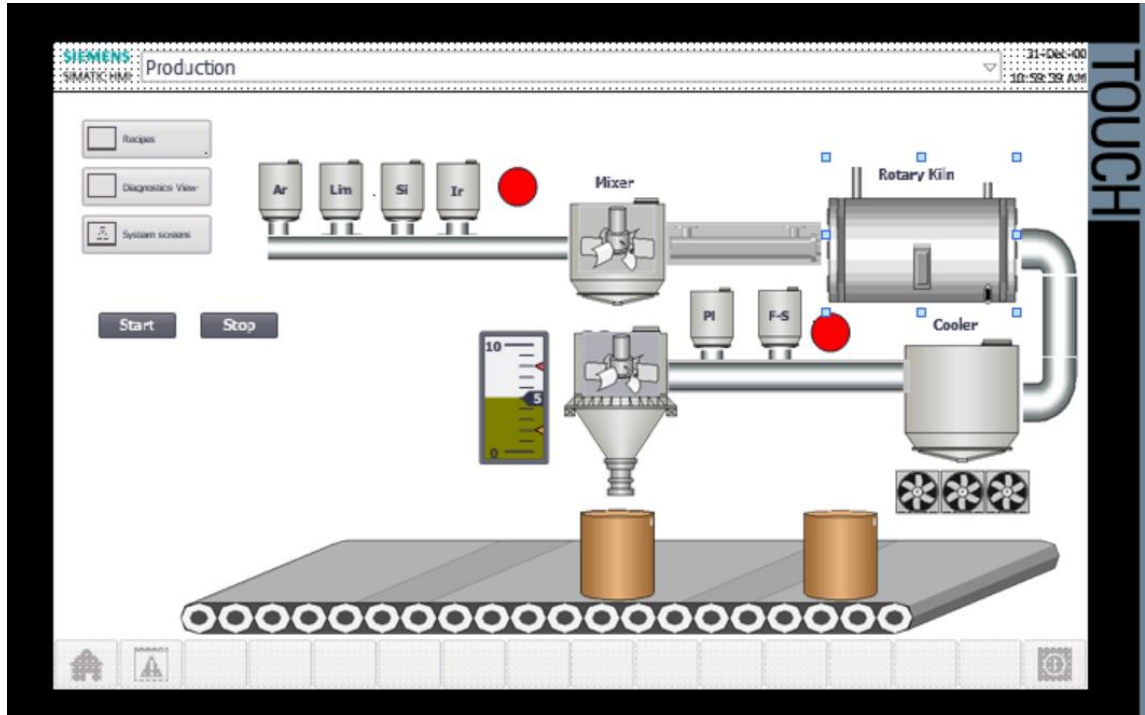
Comment

Εικόνα 3.6: Το βήμα του Filling Ingredient (Εφαρμογή 1)

Αυτό το βήμα για παράδειγμα είναι συνδεδεμένο στην είσοδο του με το βήμα 1 'Home'. Όταν έρχεται 1 στην είσοδο του ξεκινάν να εκτελούνται οι εντολές που υπάρχουν στα Actions. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι έξοδοι "Valve_Arg", "Valve_Limestone", "Valve_Silicon", "Valve_Iron", θα πάρουν την τιμή 1 για περιορισμένο χρόνο (Limited Time), ο οποίος ορίζεται από το 'Global_DB_Recipe' Block και την επιλογή του χειριστή για το είδος του παραγόμενου τσιμέντου. Στη συνέχεια η μνήμη "FILL_Ingredient", θα πάρει 1 καθ' όλη την διάρκεια εκτέλεσης του βήματος. Τέλος, μετά την εκτέλεση όλων των εντολών, για να πάει στο επόμενο

βήμα πρέπει να “περνάει” 1 στο Trans 2, δηλαδή οι 5 NC πύλες που είναι σε σειρά να είναι όλες κλειστές. Σ’ αυτήν την περίπτωση το βήμα 2 θα έρθει στο πέρας του και θα συνεχίσουμε στο επόμενο βήμα.

3.1.4 Human-Machine Interface (HMI)



Εικόνα 3.7: HMI Production Process Screen (Εφαρμογή 1)

Σ’ αυτή την οθόνη φαίνεται η προσομοίωση της διαδικασίας παραγωγής και συσκευασίας τσιμέντου κατά την διάρκεια της εκτέλεσης της. Όλες οι κινήσεις, τα animations και η ορατότητα και μη των επιμέρους στοιχείων της οθόνης ρυθμίζεται με τα HMI Tags, που είναι τα Tags που συνδέουν το HMI με το PLC και την λειτουργία του. Από κάτω βλέπουμε τον πίνακα με τα HMI Tags.

Παράγωγη Τσιμεντού > HM_1 [TP1500 Comfort] > HMI tags

HMI tags System tags

Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	Address	Acc...
Global_DB_Recipe_Plaster	Default tag table	Time	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Global_DB.Recipe_Plaster		<sy...
Global_DB_Recipe_Silicon	Default tag table	Time	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Global_DB.Recipe_Silicon		<sy...
GRAPH_Count_Sack	Default tag table	Counter	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	GRAPH_Count_Sack	%C12	<ab...
Graph_Count_Sack_Int	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Graph_Count_Sack_Int		<sy...
GRAPH_Mixer_ON_2	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	GRAPH_Mixer_ON_2	%Q0.3	<ab...
GRAPH_Start_Packaging	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	GRAPH_Start_Packaging	%M2.3	<ab...
Heat	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	potato	%M15.1	<ab...
Mixer_1	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	GRAPH_Mixer_ON	%Q1.0	<ab...
Position_Bag	Default tag table	Int	<internal tag>		<Undefined>		
Position_Bag_1	Default tag table	Int	<internal tag>		<Undefined>		
Preh	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Preheat	%M6.1	<ab...
Start	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Start_Mend	%Q0.6	<ab...
Stop	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Stop_Graph_Sequence	%I0.1	<ab...
Tag_ScreenNumber	Default tag table	UInt	<internal tag>		<Undefined>		
Trans_Preh	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Tr_Pr_On	%M1.4	<ab...
Transp_Cool	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Transp_Cool	%M6.3	<ab...
Transport_Final	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Transporting_F	%M1.7	<ab...
Transport_Packaging	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Transport_Packaging	%M2.2	<ab...
Transport_Truck	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Transport_End	%M8.0	<ab...
Valve_Arg	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Valve_Arg	%Q1.1	<ab...
Valve_Furnace_Slag	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Valve_Furnace_Slag	%Q0.2	<ab...
Valve_Iron	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Valve_Iron	%Q1.4	<ab...
Valve_Limestone	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Valve_Limestone	%Q1.2	<ab...
Valve_Plaster	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Valve_Plaster	%Q0.1	<ab...
Valve_Silicon	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	CPU1515-2-PN	Valve_Silicon	%Q1.3	<ab...

<Add new>

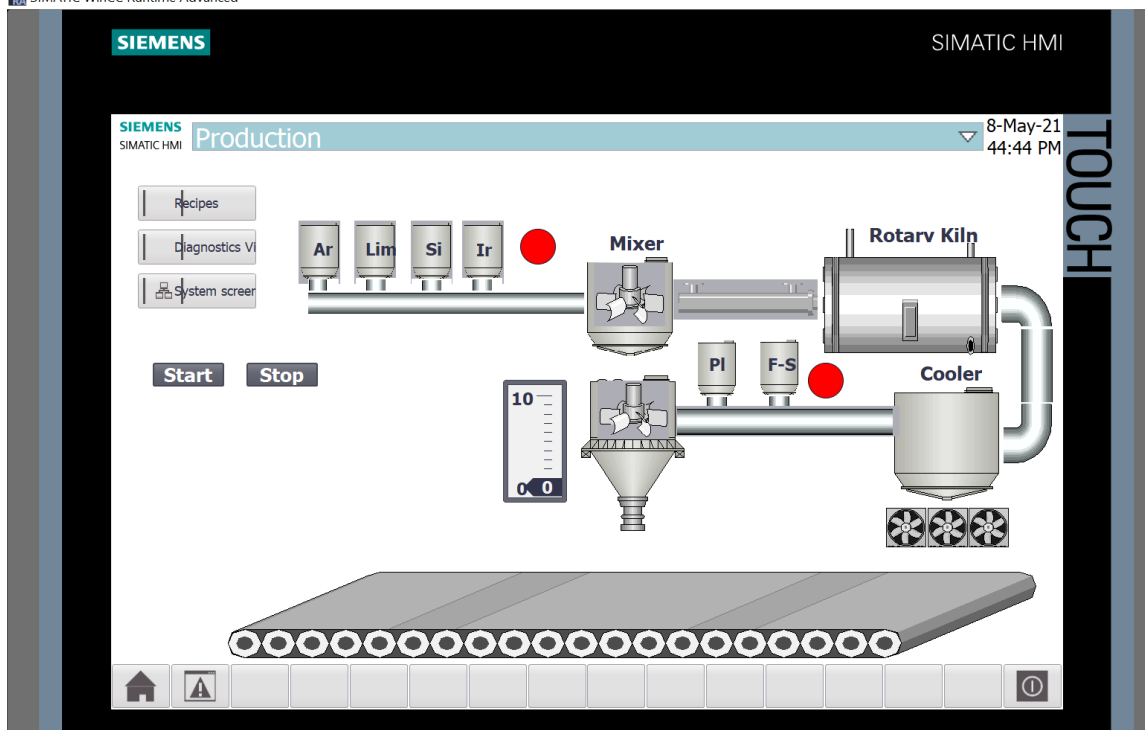
Discrete alarms Analog alarms Logging tags

ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge...	Trigger address	Acknowledg...	Ackn...	HMI acknowl...	Report
<Add new>										

Εικόνα 3.8: Πίνακας σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags (Εφαρμογή 1)

3.1.5 Προσομοίωση

SIEMATIC WinCC Runtime Advanced



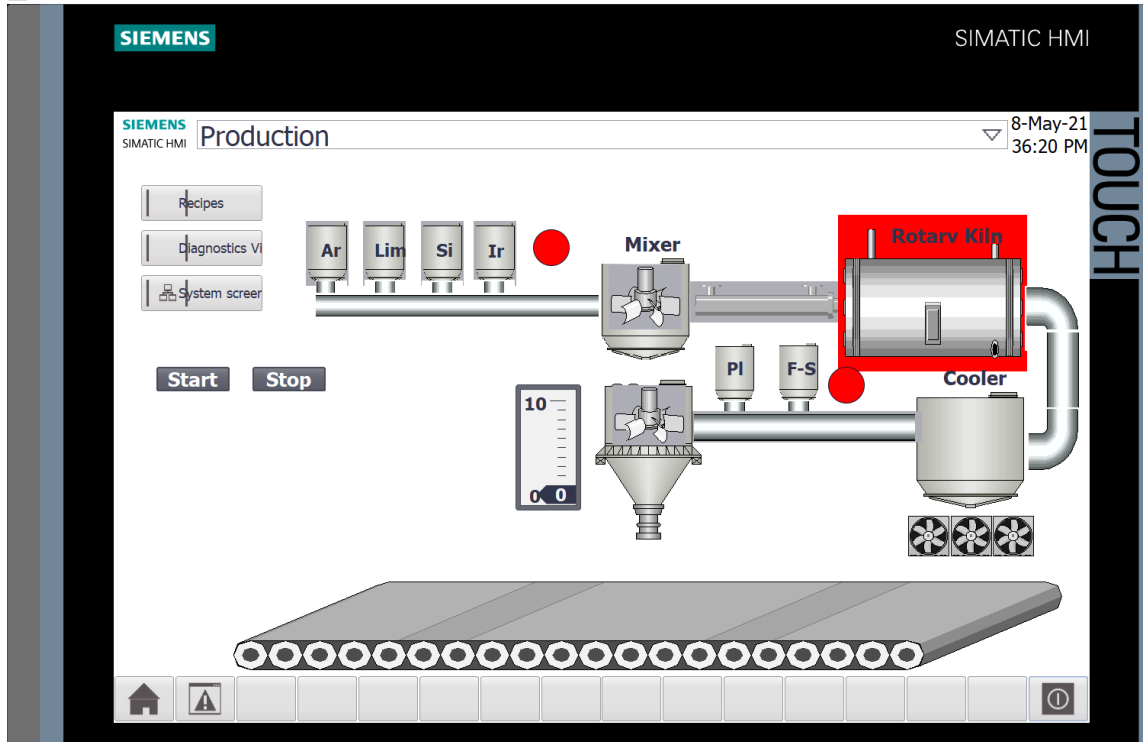
Εικόνα 3.9: HMI Simulation (Εφαρμογή 1)

Ανοίγοντας την προσομοίωση στο HMI με την χρήση το Simatic WinCC, ερχόμαστε στην από πάνω εικόνα, η οποία απεικονίζει την προσομοίωση όταν το κύκλωμα είναι ανενεργό.

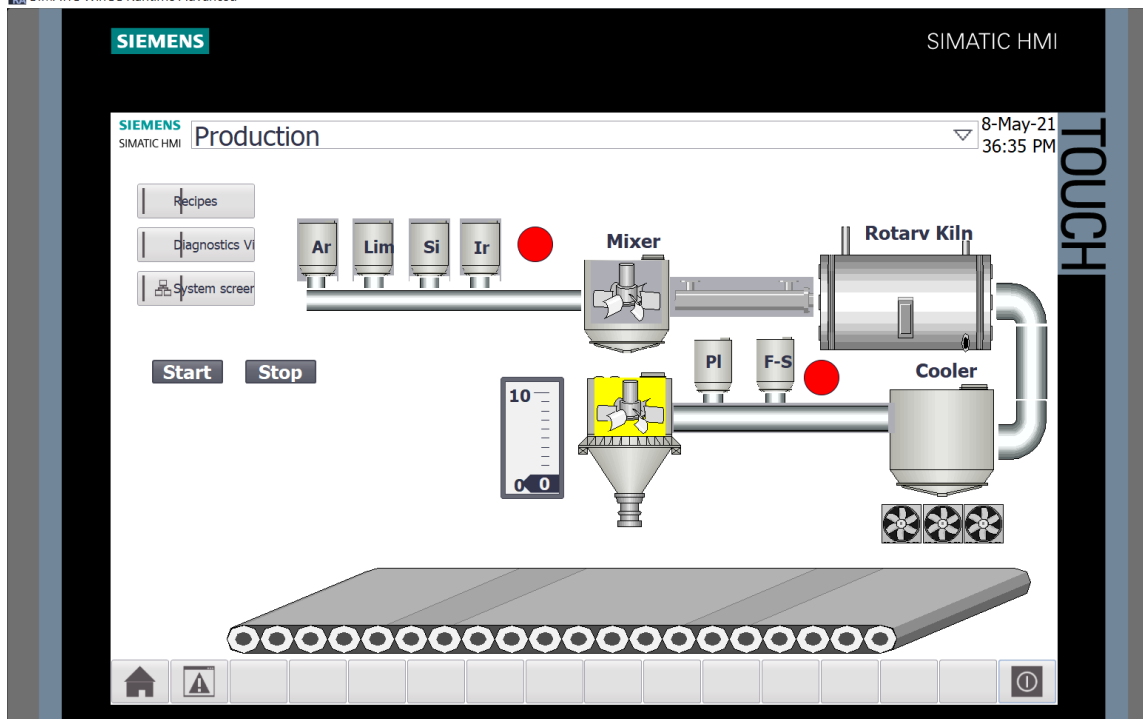
SIM table_2							
	Name	Address	Display format	Monitor/Modify value	Bits	Consistent modify	
Start	*Global_DB*.R...		Time	T#OMS		T#OMS	
	Global_DB.Reci...		Time	T#OMS		T#OMS	
	Global_DB.Reci...		Time	T#OMS		T#OMS	
	Global_DB.Reci...		Time	T#OMS		T#OMS	
	Global_DB.Reci...		Time	T#OMS		T#OMS	
	Global_DB.Reci...		Time	T#OMS		T#OMS	
	*Start_Graph_Se...	%I0.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Stop_Graph_Se...	%I0.1:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Valve_Arg	%Q1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Valve_Limestone	%Q1.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Valve_Silicon	%Q1.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Valve_Iron	%Q1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*GRAPH_Mixer_O...	%Q1.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Failed_Mix	%Q0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Valve_Plaster	%Q0.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Valve_Furnace_...	%Q0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*GRAPH_Mixer_O...	%Q0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Conveyor_DONE	%Q1.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Conveyor_Start...	%Q0.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Conveyor_Start...	%Q0.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
*Start_Mand	%Q0.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE	
*Stop_Mand	%Q0.7	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE	
*GRAPH_Group_...	%M10.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE	
*FILL_Inqredience	%M8.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE	
St	*Transport_Prehe...	%M6.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Preheat	%M6.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Heat	%M6.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Transp_Cool	%M6.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Tr_Pr_On	%M1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Cool_Time	%M1.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Transport_Final	%M1.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Transporting_F	%M1.7	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Conveyor_Direc...	%M2.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Conveyor_Start...	%M2.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Transport_Packa...	%M2.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*GRAPH_Start_Pa...	%M2.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Packaging_Com...	%M2.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Conveyor_Drive...	%M2.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Transport_End	%M3.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*Graph_Count_S...	%MW4	DEC+/-	0		<input type="checkbox"/>	0
	*End	%M0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
	*potato	%M15.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	FALSE
*GRAPH_Count_S...	%C12	Hex	16#0000		<input type="checkbox"/>	16#0000	

Εικόνα 3.10: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 1)

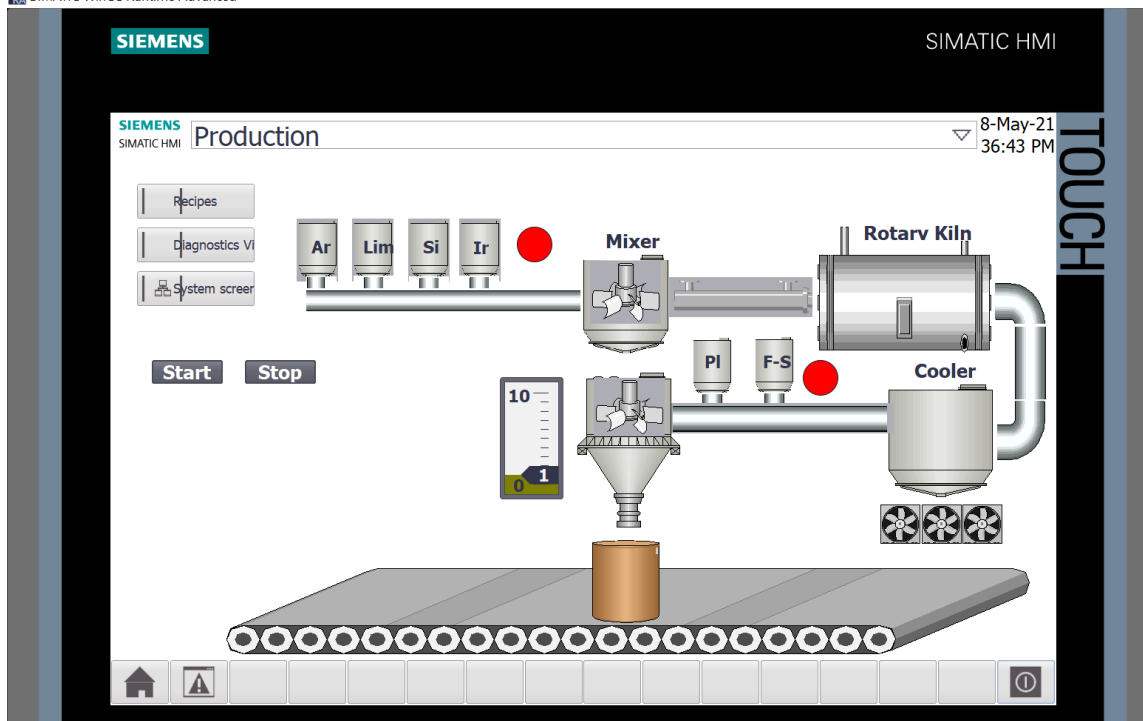
Για την έναρξη της διαδικασίας, δίνω 1 (true) στο I0.0 (Start_Graph_Sequence), αφού έχω πρώτα διαλέξει και φορτώσει το είδος του τιμέντου το οποίο επιθυμώ να παράξω, έτσι ώστε να λάβουν τιμή οι πρώτες 6 χρονικές μεταβλητές. Στη συνέχεια ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται για την εποπτεία όλων των τιμών των μεταβλητών κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Παρακάτω παραθέτονται ορισμένα στιγμιότυπα από την προσομοίωση. Η προσομοίωση θα υπάρχει ολόκληρη σαν αρχείο συνημμένο στο αρχείο της εργασίας.



Εικόνα 3.11: Προθέρμανση σε περιστροφικό κλίβανο (Εφαρμογή 1)



Εικόνα 3.12: Δεύτερη μίξη των υλικών μετά την ψύξη (Εφαρμογή 1)



Εικόνα 3.13: Συσκευασία του πρώτου τσουβαλιού (Εφαρμογή 1)

Στην πρώτη εικόνα φαίνεται ότι το αρχικό μείγμα των υλικών βρίσκεται στην διαδικασία της προθέρμανσης μέσα στον περιστροφικό κλίβανο.

Στην δεύτερη εικόνα γίνεται η μίξη του μείγματος μετά την ψύξη του πρώτου μείγματος και την προσθήκη της δεύτερης σειράς των υλικών.

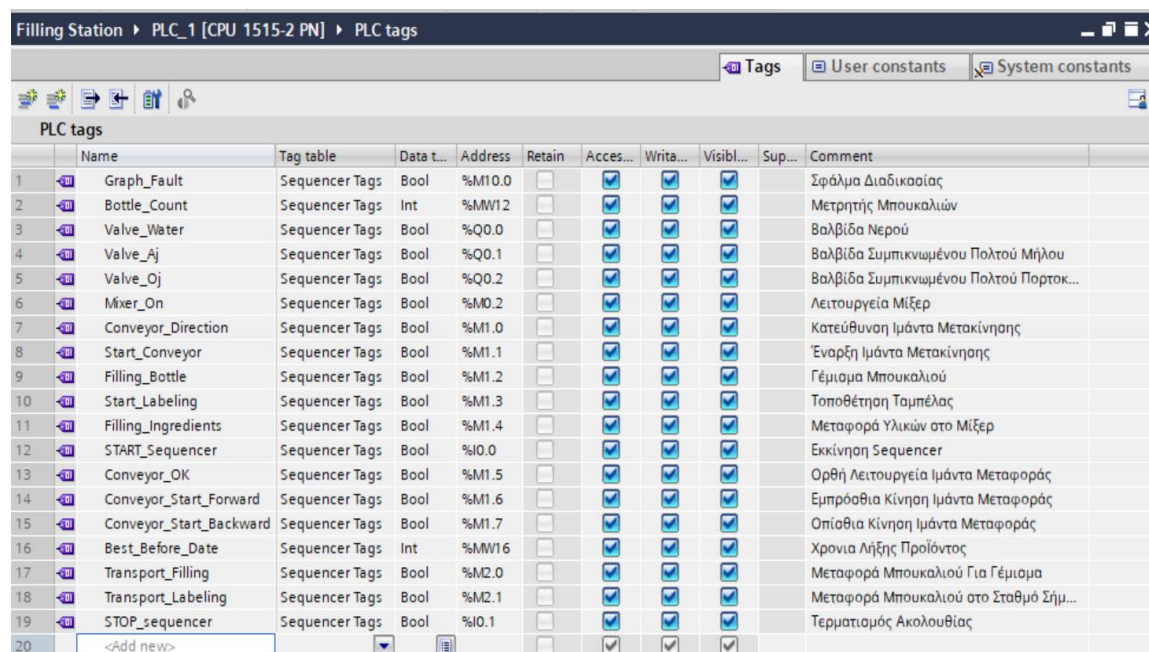
Στην τελευταία εικόνα φαίνεται ότι ο μετρητής για την ποσότητα των συσκευασμένων τσουβαλιών που έχουν συσκευαστεί έχει ανέβει από το 0 στο 1, διότι μόλις τελείωσε η συσκευασία του πρώτου τσουβαλιού.

3.2 Εφαρμογή 2

3.2.1 Περιγραφή της εφαρμογής

Η εφαρμογή αυτή προσομοιώνει ένα εργοστάσιο παραγωγής 3 ειδών ροφημάτων και καθιστά αυτόματη την διαδικασία δημιουργίας των 3 ειδών αυτών, καθώς και το γέμισμα των προς πώληση μπουκαλιών με αυτά. Συγκεκριμένα, ο χειριστής θα έχει την δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ τριών ειδών ροφήματος (Χυμό πορτοκάλι, Χυμό μήλο και εμφιαλωμένο νερό), και να πατήσει το κουμπί της έναρξης. Ανάλογα με το είδος που θα επιλέξει, συγκεκριμένα υλικά σε προκαθορισμένες ποσότητες θα αρχίσουν να πληρούν μία μεγάλη δεξαμενή, στην οποία γίνεται η ανάμειξη των υλικών. Μετά το πέρας την μίξης και εφόσον έχει παραχθεί το τελικό αποτέλεσμα, ξεκινάει και το γέμισμα των μπουκαλιών. Εφόσον το μπουκάλι έχει γεμίσει, οδηγείται με την βοήθεια του ιμάντα μεταφοράς στο σταθμό σήμανσης στον οποίο κολλιέται και η ταμπέλα του προϊόντος που εμπεριέχει και την χρονιά λήξης του. Η διαδικασία σταματάει αυτόματα όταν γεμίσουν και περάσουν από τον σταθμό σήμανσης δέκα μπουκάλια, όπου εκεί η δεκάδα ολοκληρώνεται και το πρόγραμμα περιμένει επόμενη είσοδο για το ποιο ρόφημα είναι το επόμενο προς παραγωγή.

3.2.2 Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν

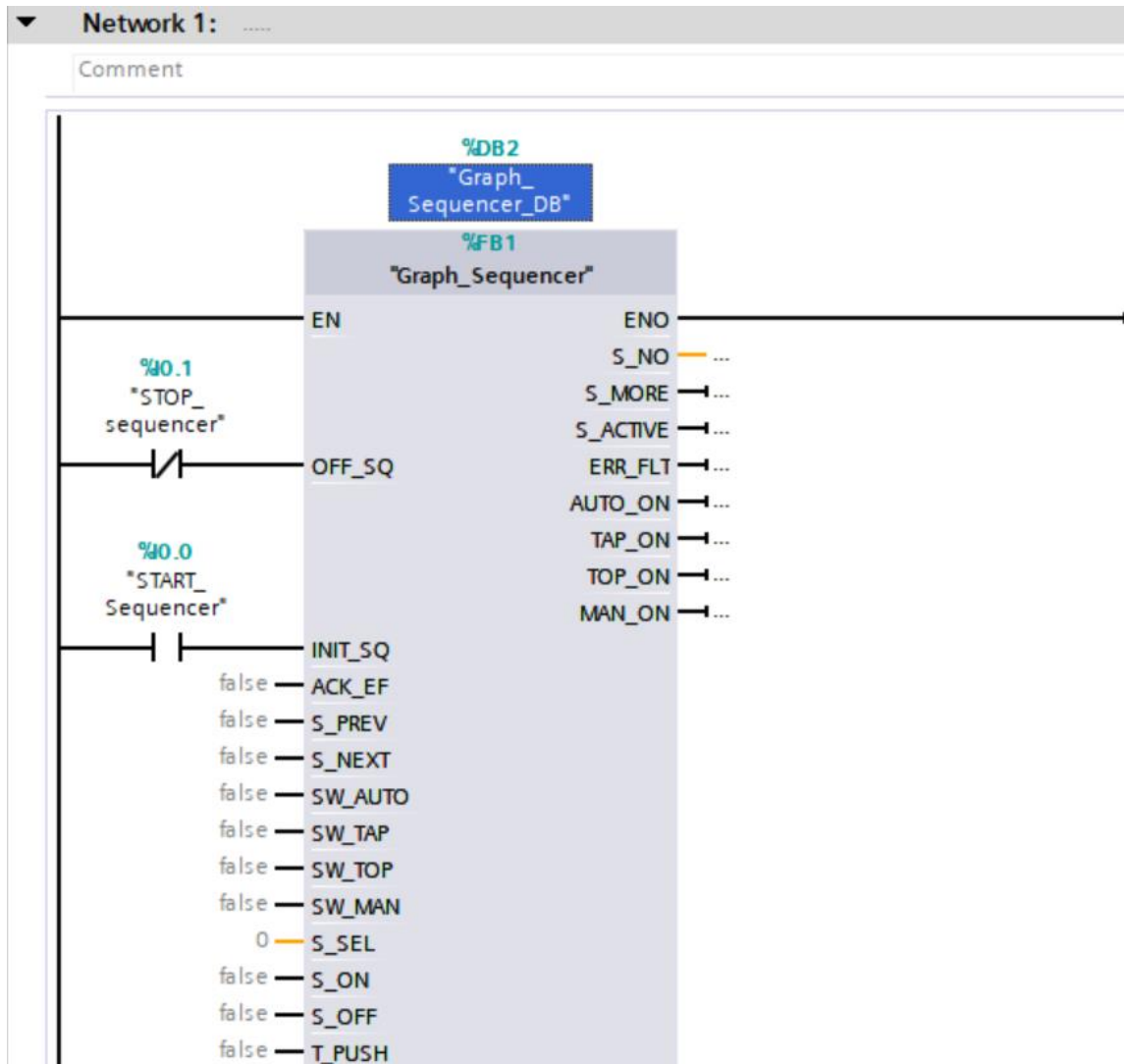


	Name	Tag table	Data t...	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Sup...	Comment
1	Graph_Fault	Sequencer Tags	Bool	%M10.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σφάλμα Διαδικασίας
2	Bottle_Count	Sequencer Tags	Int	%MW12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μετρητής Μπουκαλιών
3	Valve_Water	Sequencer Tags	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Νερού
4	Valve_Aj	Sequencer Tags	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Συμπικνωμένου Πολτού Μήλου
5	Valve_Oj	Sequencer Tags	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βαλβίδα Συμπικνωμένου Πολτού Πορτοκ...
6	Mixer_On	Sequencer Tags	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λειτουργία Μίξερ
7	Conveyor_Direction	Sequencer Tags	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Κατεύθυνση Ιμάντα Μετακίνησης
8	Start_Conveyor	Sequencer Tags	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Έναρξη Ιμάντα Μετακίνησης
9	Filling_Bottle	Sequencer Tags	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Γέμισμα Μπουκαλιού
10	Start_Labeling	Sequencer Tags	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τοποθέτηση Ταμπέλας
11	Filling_Ingredients	Sequencer Tags	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά Υλικών στο Μίξερ
12	START_Sequencer	Sequencer Tags	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Εκκίνηση Sequencer
13	Conveyor_OK	Sequencer Tags	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ορθή Λειτουργία Ιμάντα Μεταφοράς
14	Conveyor_Start_Forward	Sequencer Tags	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Εμπρόσθια Κίνηση Ιμάντα Μεταφοράς
15	Conveyor_Start_Backward	Sequencer Tags	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Οπίσθια Κίνηση Ιμάντα Μεταφοράς
16	Best_Before_Date	Sequencer Tags	Int	%MW16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Χρονία Λήξης Προϊόντος
17	Transport_Filling	Sequencer Tags	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά Μπουκαλιού Για Γέμισμα
18	Transport_Labeling	Sequencer Tags	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταφορά Μπουκαλιού στο Σταθμό Σήμ...
19	STOP_sequencer	Sequencer Tags	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τερματισμός Ακολουθίας
20	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Εικόνα 3.14: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 2)

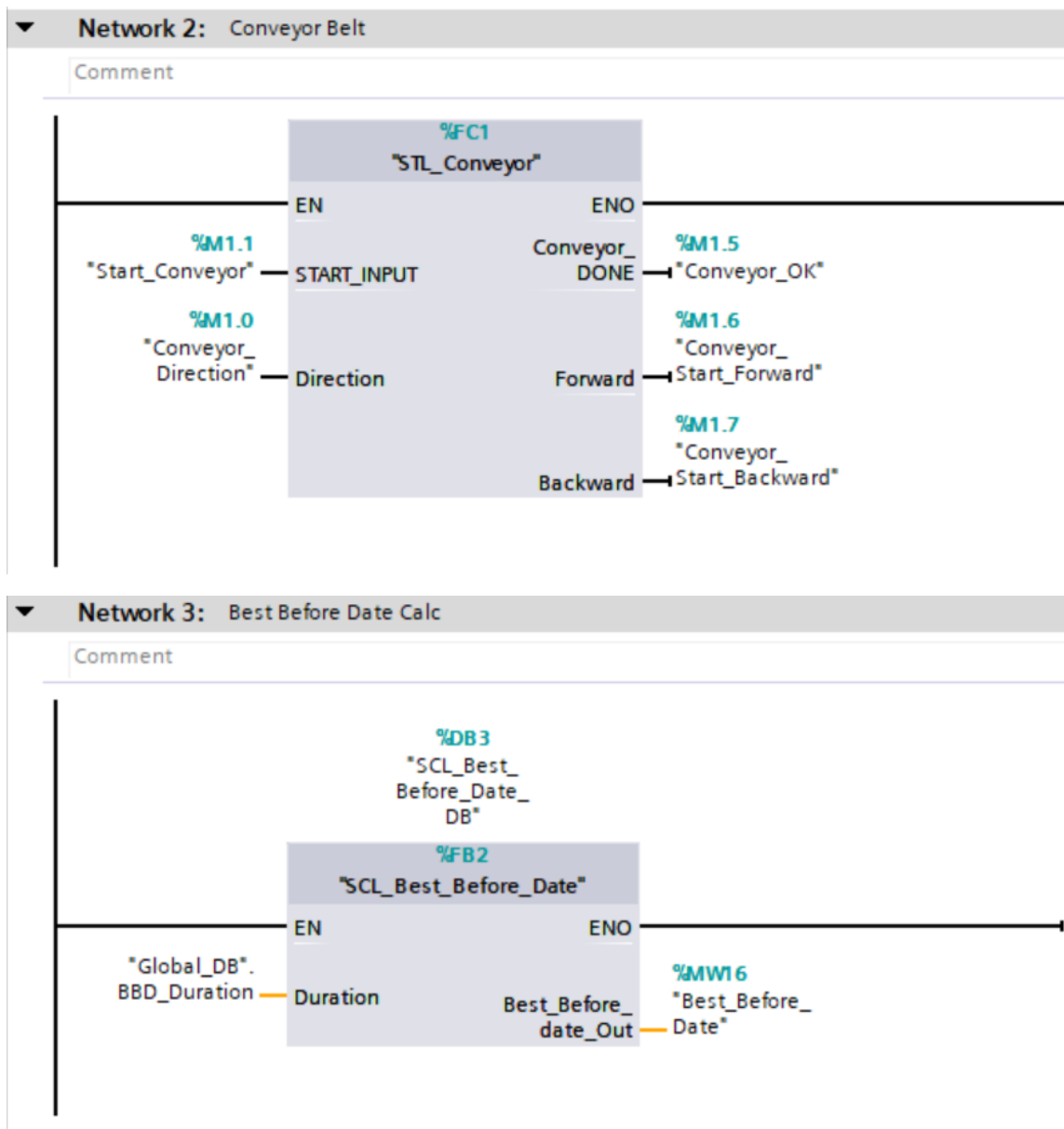
Στον παραπάνω πίνακα αναγράφονται τα PLC Tags τα οποία χρησιμοποιούνται για την διαδικασία. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή τα Tags είναι όλα τύπου BOOL εκτός από τα "Bottle_Count" και "Best_Before_Date" που είναι και τα δύο τύπου INT.

3.2.3 Program Blocks



Εικόνα 3.15: Network 1 του Main Block (Εφαρμογή 2)

Το Network 1 της 2^{ης} εφαρμογής είναι παρόμοιο με το Network 1 της 1^{ης} εφαρμογής. Και τα δύο εμπεριέχουν το Graphic Sequencer μέσα στο οποίο είναι σχεδιασμένη και προγραμματισμένη η αυτόματη διαδικασία της κάθε εφαρμογής.



Εικόνα 3.16: Networks 2-3 του Main Block (Εφαρμογή 2)

Επίσης το Network 2 της 2^{ης} εφαρμογής είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο της 1^{ης} γιατί και τα 2 είναι το ίδιο STL Block που φτιάχτηκε για την ρύθμιση του ιμάντα μεταφοράς και επειδή και στις 2 εφαρμογές η χρήση του εν λόγω ιμάντα είναι ίδια δεν αλλάξαμε κάτι στο Block αυτό.

Το Network 3 εμπεριέχει το Function Block μέσα στο οποίο έχει κωδικοποιηθεί η διαδικασία υπολογισμού της χρονιάς λήξης του προϊόντος. Η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε είναι SCL (Structured Control Language) και τα περιεχόμενα του Block φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

Filling Station ▶ PLC_1 [CPU 1515-2 PN] ▶ Program blocks ▶ SCL_Best_Before_Date [FB2]

SCL_Best_Before_Date

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervis...	Comment
Input									
Duration	Int	1	Non-ret...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Output									
Best_Before_date_Out	Int	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
InOut									
<Add new>									
Static									
<Add new>									
Temp									
Error	Int			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
System_Time	Date_And_Time			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
System_Time_Array	Array[0..7] of Byte			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Year	Int			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

```

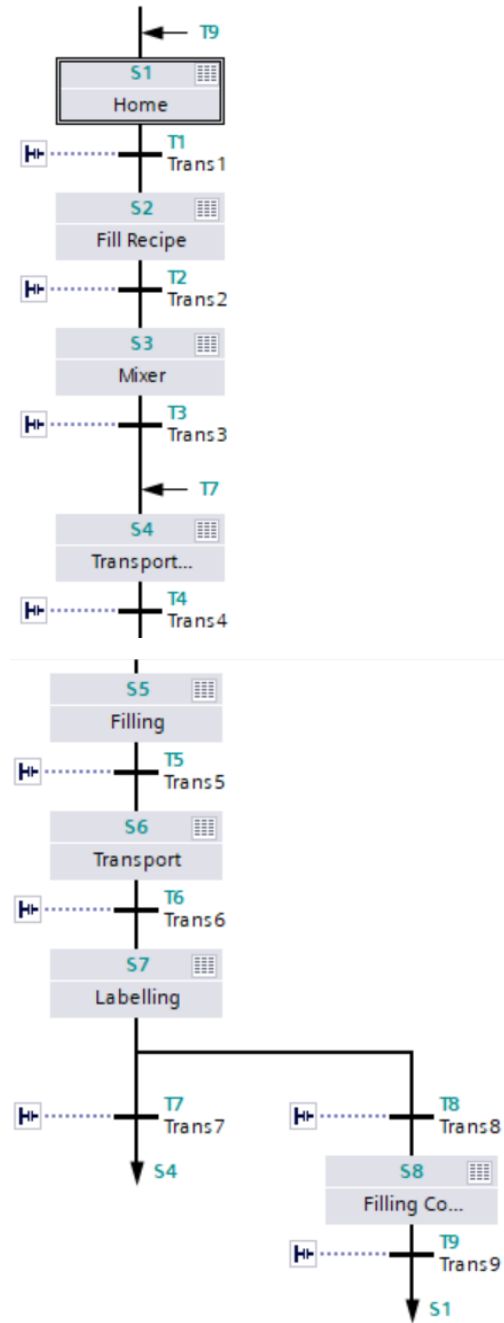
IF... CASE... FOR... WHILE... (*...*) REGION
OF... TO DO... DO...
1 #Error := RD_SYS_T(OUT => #System_Time);
2 #Year := BCD16_TO_INT(#System_Time_Array[0]);
3 #Best_Before_date_Out := #Year + 2021 + #Duration;

```

Ln: 3 Cl: 51 INS 100%

Properties Info Diagnostics

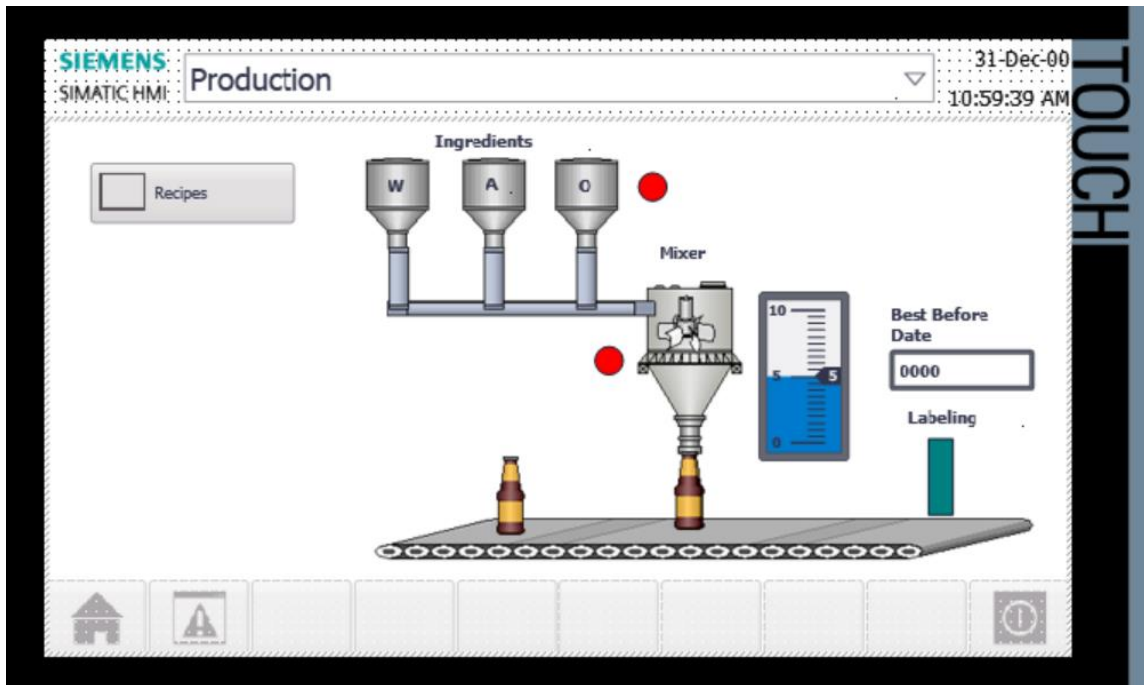
Εικόνα 3.17: FB2 SCL Best_Before_Date Block (Εφαρμογή 2)



Εικόνα 3.18: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 2)

Εδώ φαίνεται το εσωτερικό του Graph Sequence Block. Όμοια με πριν ξεκινώντας από το S1-Home τα βήματα 1-8 περατώνονται με την σειρά που πρέπει ανάλογα με τις προϋποθέσεις που έχουν τεθεί στα transitions.

3.2.4 Human-Machine Interface (HMI)



Εικόνα 3.19: HMI Production Process Screen (Εφαρμογή 2)

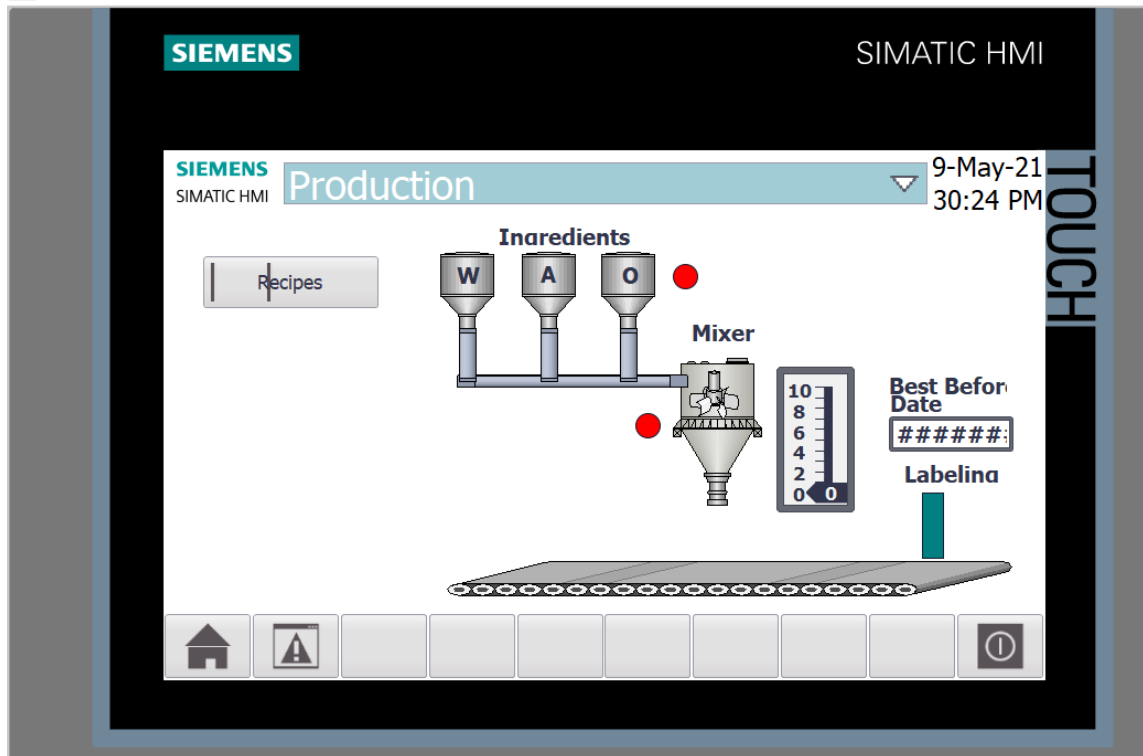
Σ' αυτή την οθόνη φαίνεται η προσομοίωση της διαδικασίας παραγωγής, συσκευασίας και τοποθέτηση των ταμπελών (Labeling) των τριών ροφημάτων κατά την διάρκεια της εκτέλεσης της.

Filling Station ▶ HMI_1 [TP900 Comfort] ▶ HMI tags							
HMI tags							
Name	Tag table	Data ...	Connection	PLC name	PLC tag	Address	
Best_before_date	Default tag table	Int	HMI_Connection_1	PLC_1	Best_Before_Date	%MW16	
Global_DB_BBD_Duration	Default tag table	Int	HMI_Connection_1	PLC_1	Global_DB.BBD_Duration		
Global_DB_Element_Apple_Juice	Default tag table	Time	HMI_Connection_1	PLC_1	Global_DB.Element_Apple_Juice		
Global_DB_Element_Orange_ju...	Default tag table	Time	HMI_Connection_1	PLC_1	Global_DB.Element_Orange_juice		
Global_DB_Element_Water	Default tag table	Time	HMI_Connection_1	PLC_1	Global_DB.Element_Water		
GRAPH_Count_Bottle	Default tag table	Int	HMI_Connection_1	PLC_1	Bottle_Count	%MW12	
GRAPH_Filling_Bottle	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Filling_Bottle	%M1.2	
GRAPH_Filling_Ingredients	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Filling_Ingredients	%M1.4	
GRAPH_Labeling	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Start_Labeling	%M1.3	
GRAPH_Mixer_ON	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Mixer_On	%M0.2	
GRAPH_Transport_Filling	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Transport_Filling	%M2.0	
GRAPH_Transport_Labeling	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Transport_Labeling	%M2.1	
Position Bottle	Default tag table	Int	<Internal tag>		<Undefined>		
Position Bottle_1	Default tag table	Int	<Internal tag>		<Undefined>		
Start_GRAPH_Sequence	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	START_Sequencer	%I0.0	
Tag_ScreenNumber	Default tag table	UInt	<Internal tag>		<Undefined>		
Valve_Aj	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Valve_Aj		
Valve_Oj	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Valve_Oj		
Valve_Water	Default tag table	Bool	HMI_Connection_1	PLC_1	Valve_Water		
<Add new>							

Εικόνα 3.20: Πίνακας σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags (Εφαρμογή 2)

3.2.5 Προσομοίωση

WinCC SIMATIC WinCC Runtime Advanced



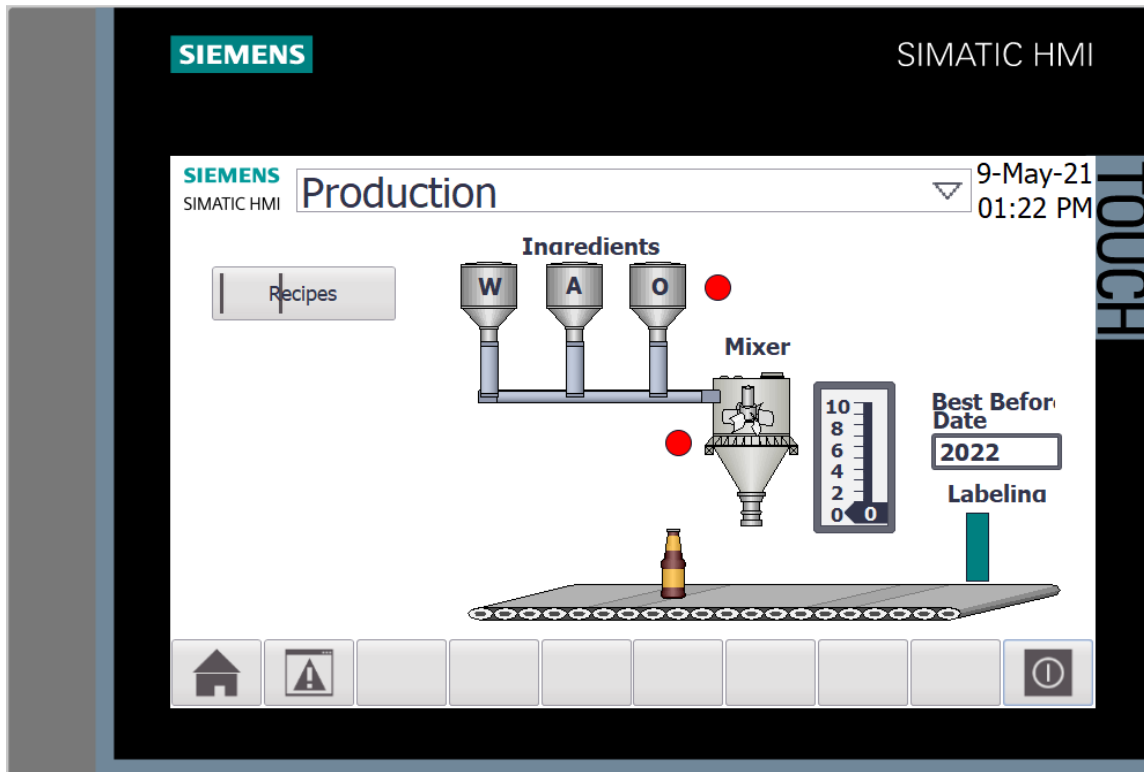
Εικόνα 3.21: HMI Simulation (Εφαρμογή 2)

Ανοίγοντας την προσομοίωση στο HMI με την χρήση το Simatic WinCC, ερχόμαστε στην από πάνω εικόνα, η οποία απεικονίζει την προσομοίωση όταν το κύκλωμα είναι ανενεργό. Για να αρχίσει η λειτουργία του πρέπει να ξεκινήσεις την CPU και να δώσει ο χειριστής λογικό 1 στην είσοδο "Start_Sequence".

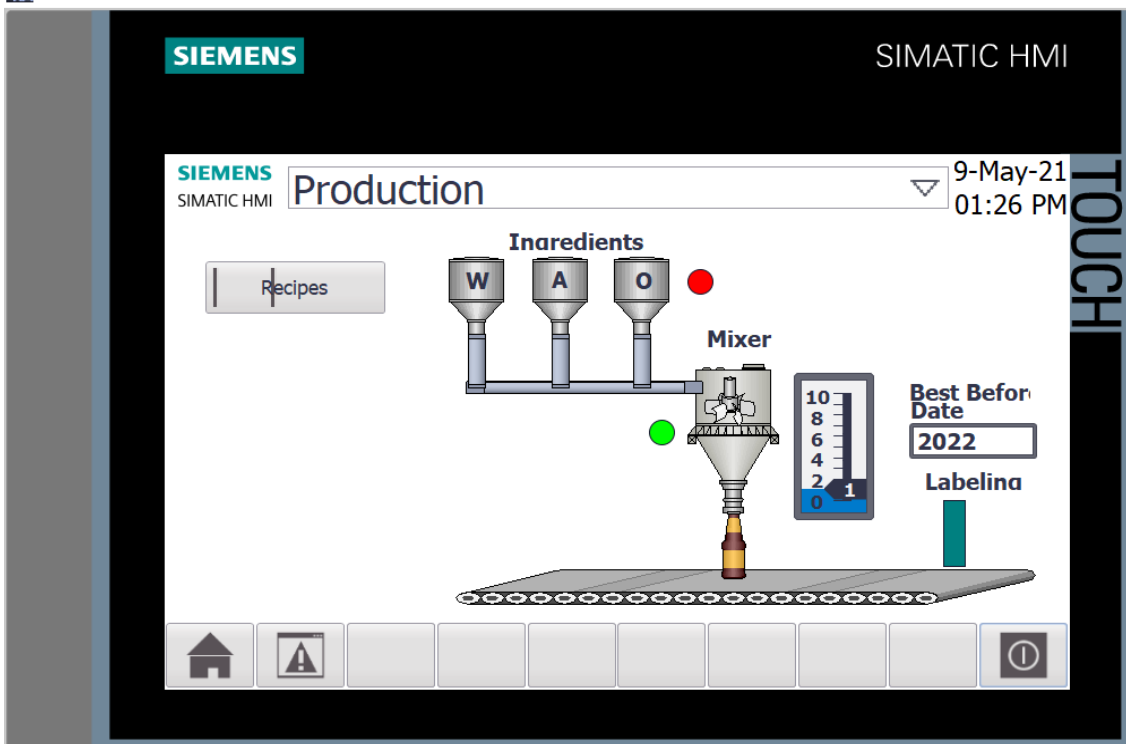
SIM table_1						
Name	Address	Display format	Monitor/Modify value	Bits	Consistent modify	
Global_DB.E...		Time	T#OMS		T#OMS	
Global_DB.Ele...		Time	T#OMS		T#OMS	
Global_DB.Ele...		Time	T#OMS		T#OMS	
Global_DB.BBD...		DEC+/-	1		0	
*SCL_Best_Befor...		DEC+/-	1		0	
*SCL_Best_Befor...		DEC+/-	0		0	
*START_Sequenc...	%I0.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*STOP_sequence...	%I0.1:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Valve_Water	%Q0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Valve_Aj	%Q0.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Valve_Oj	%Q0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Graph_Fault	%M10.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Bottle_Count	%MW12	DEC+/-	0		0	
*Conveyor_Direc...	%M1.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Start_Conveyor	%M1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Filling_Ingrdie...	%M1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Conveyor_OK	%M1.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Best_Before_Dat...	%MW16	DEC+/-	0		0	
Transport_Filling	%M2.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Transport_Label...	%M2.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Filling_Bottle	%M1.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Start_Labeling	%M1.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Conveyor_Start_...	%M1.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Conveyor_Start_...	%M1.7	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
Mixer_On	%M0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	

Εικόνα 3.22: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 2)

Όπως πάντα ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται τόσο για την εποπτεία των επιμέρους τιμών του συστήματος, αλλά και για την χειροκίνητη εισαγωγή ορισμένων τιμών (τύπου %I.0.0) ως χειριστής. Ενεργοποιώντας την CPU και δίνοντας λογικό 1 στο 'Start_Sequence' αφού επιλέξουμε τον τύπο του ροφήματος που θέλουμε να παράξουμε ξεκινά η διαδικασία. Παρακάτω παραθέτονται ορισμένα στιγμιότυπα από την προσομοίωση. Η προσομοίωση θα υπάρχει ολόκληρη σαν αρχείο συνημμένο στο αρχείο της εργασίας.

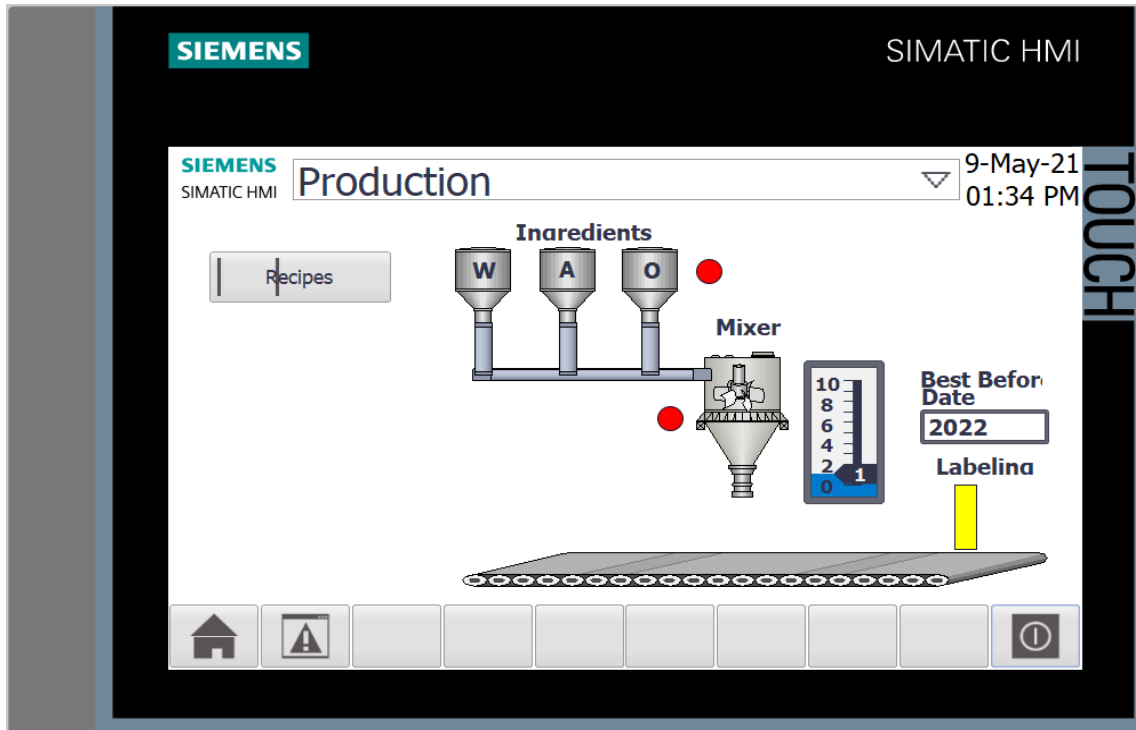


Εικόνα 3.23: Μεταφορά μπουκαλιού 1 για γέμισμα (Εφαρμογή 2)

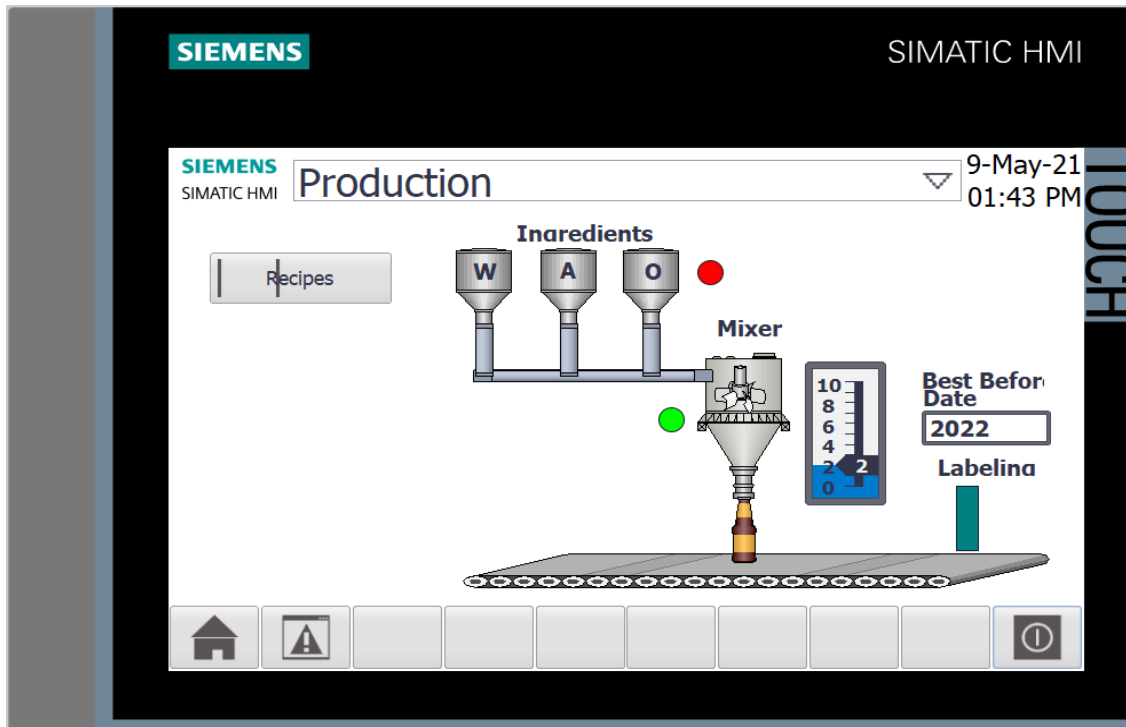


3.24: Γέμισμα πρώτου μπουκαλιού (Εφαρμογή 2)

Εικόνα



Εικόνα 3.25: Προσθήκη ετικέτας με στο μπουκάλι (Εφαρμογή 2)



Εικόνα

3.26: Γέμιση δεύτερου μπουκαλιού (Εφαρμογή 2)

Στην πρώτη εικόνα φαίνεται ότι δεν έχει γεμίσει κανένα μπουκάλι σύμφωνα με τον μετρητή δίπλα από τη δεξαμενή. Είναι η στιγμή που το πρώτο μπουκάλι πάει προς το γέμισμα.

Στην δεύτερη εικόνα είναι η στιγμή που το πρώτο μπουκάλι γεμίζει. Αυτό φαίνεται από το ότι ο μετρητής έχει πια πάρει την τιμή 1.

Στην τρίτη εικόνα το μπουκάλι έχει μπει μέσα στο σταθμό σήμανσης (φαίνεται από το κίτρινο χρώμα) και του τοποθετείται η ταμπέλα που εμπεριέχει την χρονιά λήξης που έχει υπολογιστεί από πάνω ως 2022 (υπολογισμένο με την ημερομηνία που πάρθηκε η συγκεκριμένη φωτογραφία).

Στην τελευταία εικόνα φαίνεται το γέμισμα του δεύτερου μπουκαλιού, γεγονός που προκύπτει από το ότι ο δείκτης στον μετρητή έχει πάρει πια την τιμή 2.

3.3 Εφαρμογή 3

3.3.1 Περιγραφή της εφαρμογής

Η εφαρμογή αυτή προσομοιώνει ένα αυτόματο πλυντήριο οχημάτων. Για να ξεκινήσει η διαδικασία του πλυσίματος πρέπει να ενεργοποιηθεί ο φωτοαισθητήρας που βρίσκεται στην αρχή του ιμάντα μεταφοράς. Όταν ο αισθητήρας δώσει στο κύκλωμα λογική τιμή 1 (δηλαδή εντοπίσει την ύπαρξη οχήματος) και αφού πατηθεί το κουμπί της έναρξης ξεκινάει η διαδικασία. Αρχικά το όχημα περνάει από τον σταθμό σαπουνίσματος. Στη συνέχεια περνάει από μία μεγάλη βούρτσα για να καθαριστούν όλα τα μέρη του. Έπειτα φτάνει στο σταθμό στον οποίο ξεπλένεται με νερό και τελειώνει στον τελευταίο σταθμό όπου βρίσκονται μεγάλοι φυσητήρες που στεγνώνουν τα κατάλοιπα νερού που απομένουν πάνω στο αμάξι. Μπορούμε να εντοπίσουμε το σημείο στο οποίο βρίσκεται το όχημα, ελέγχοντας την αντίστοιχη φωτεινή ένδειξη κάθε σταθμού ή με την επιγραφή που βρίσκεται στο HMI στην οποία καταγράφεται η διαδικασία που εκτελείται εκείνη την στιγμή.

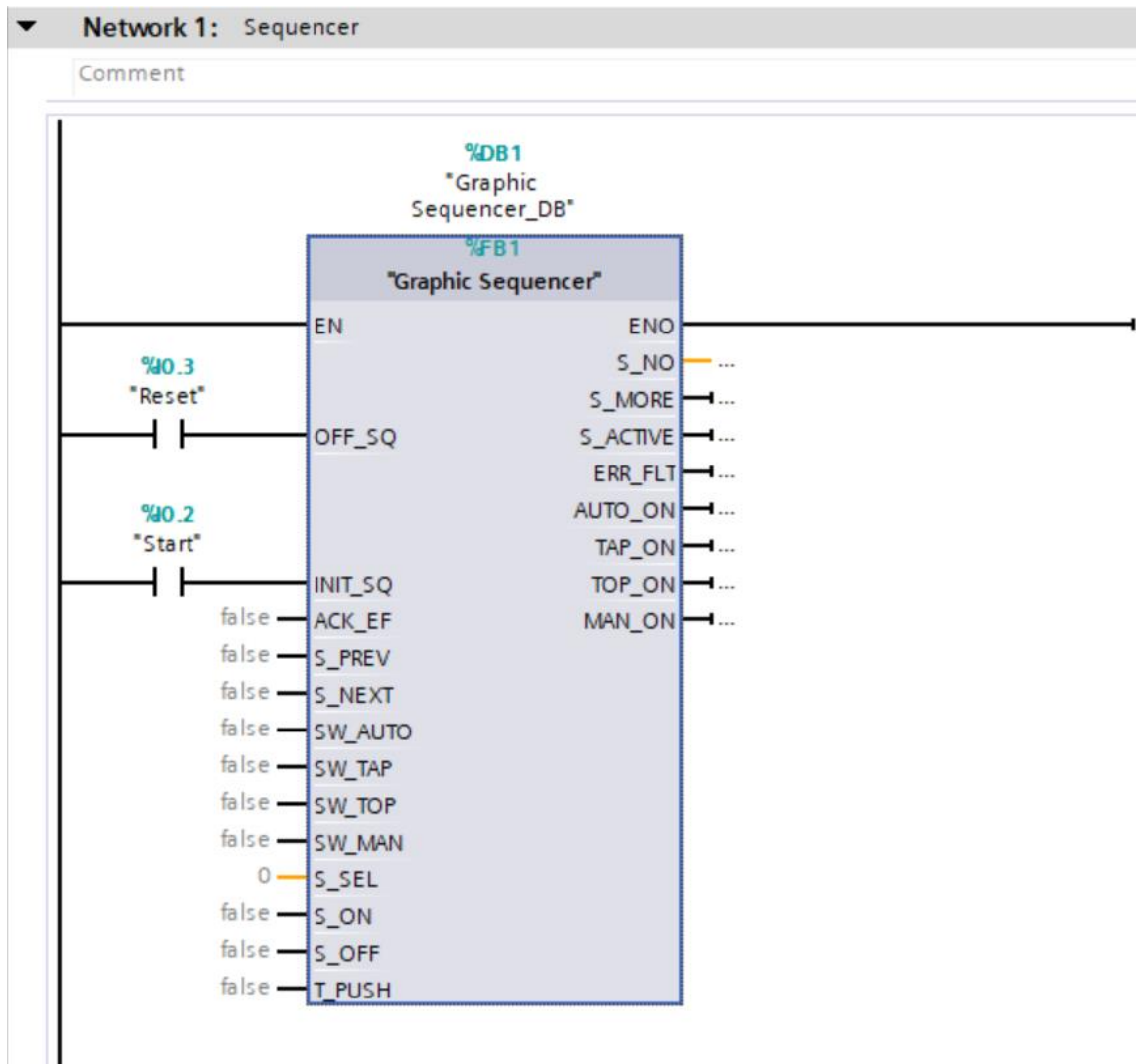
3.3.2 Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν

	Name	Tag table	Data ty..	Address	Retain	Accessible..	Writable ...	Visible in..	Super...	Comment
1	Stop	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τερματισμός Λειτουργίας
2	Car Detector	Graph Seq Tags	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Φωτοαισθητήρας Για Εντοπισμό Οχήματος
3	Conveyor_Belt_1	Conveyor Belt	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λειτουργία Ιμάντα Μετακίνησης
4	Soaping	Graph Seq Tags	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σπούνισμα
5	Brushing	Graph Seq Tags	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βούρτσισμα
6	Washer	Graph Seq Tags	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ξέπλυμα
7	Dryer	Graph Seq Tags	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Στέγνωμα
8	Start	Default tag table	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Εκκίνηση
9	Conveyor_Direction	Conveyor Belt	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Κατεύθυνση Ιμάντα Μετακίνησης
10	Conveyor_Done	Conveyor Belt	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τερματισμός Ιμάντα Μετακίνησης
11	Reset	Conveyor Belt	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Επανεκκίνηση Διαδικασίας
12	Conveyor_Belt_2	Conveyor Belt	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταβλητή Μετακίνησης
13	Conveyor_Belt_3	Conveyor Belt	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταβλητή Μετακίνησης
14	Conveyor_Belt_4	Conveyor Belt	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταβλητή Μετακίνησης
15	Conveyor_Belt_5	Conveyor Belt	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταβλητή Μετακίνησης
16	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Εικόνα 3.27: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 3)

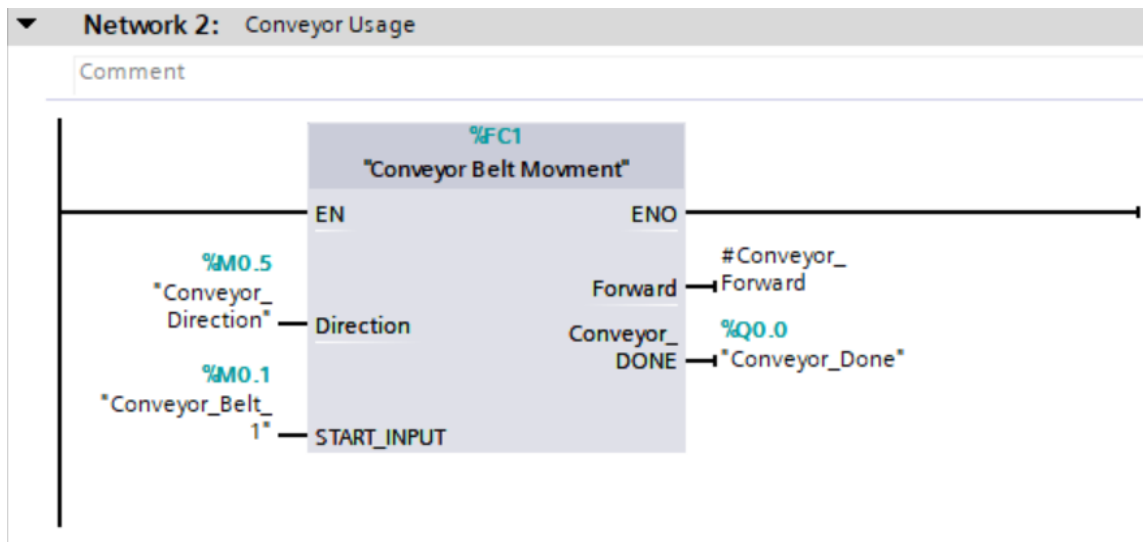
Στον παραπάνω πίνακα αναγράφονται τα PLC Tags τα οποία χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση. Ως εισόδους έχουμε τα “Start”, “Stop” και “Car Detector”. Στο “Start” δίνουμε λογικό 1 για να εκκινήσουμε την λειτουργία του προγράμματος, στο “Stop” για να την τερματίσουμε και στο “Car Detector” όταν εντοπίζεται από τον φωτοαισθητήρα κάποιο όχημα.

3.3.3 Program Blocks



Εικόνα 3.28: Network 1 του Main Block (Εφαρμογή 3)

Στο Network 1 βρίσκεται το Graphic Sequencer στο οποίο μέσα έχει προγραμματιστεί η διαδικασία. Όταν το 'Start' πάρει λογικό 1, τότε η διαδικασία μέσα στο sequencer αρχίζει να υλοποιείται. Αν θελήσω να ξαναρχίσω την διαδικασία δίνω 1 στο 'Reset', το οποίο είναι συνδεδεμένο με το 'OFF_SQ', που το οποίο όταν δέχεται 1 τερματίζει την λειτουργία του αντίστοιχου Sequencer.



Εικόνα 3.29: Network 2 του Main Block (Εφαρμογή 3)

Το Network 2 της 3^{ης} εφαρμογής είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο της 1^{ης} και της 2^{ης} γιατί και τα 3 είναι το ίδιο STL Block που φτιάχτηκε για την ρύθμιση του ιμάντα μεταφοράς και επειδή και στις 3 εφαρμογές η χρήση του εν λόγω ιμάντα είναι ίδια δεν αλλάξαμε κάτι στο Block αυτό.

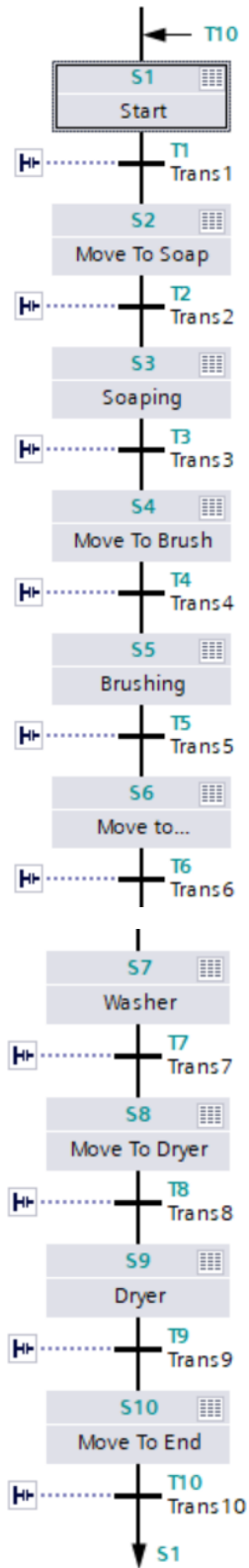
Car Wash Automation ▶ PLC_1 [CPU 1513-1 PN] ▶ Program blocks ▶ String [DB2]

Keep actual values Snapshot Copy snapshots to start values Load start values

String								
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Stage	String	"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

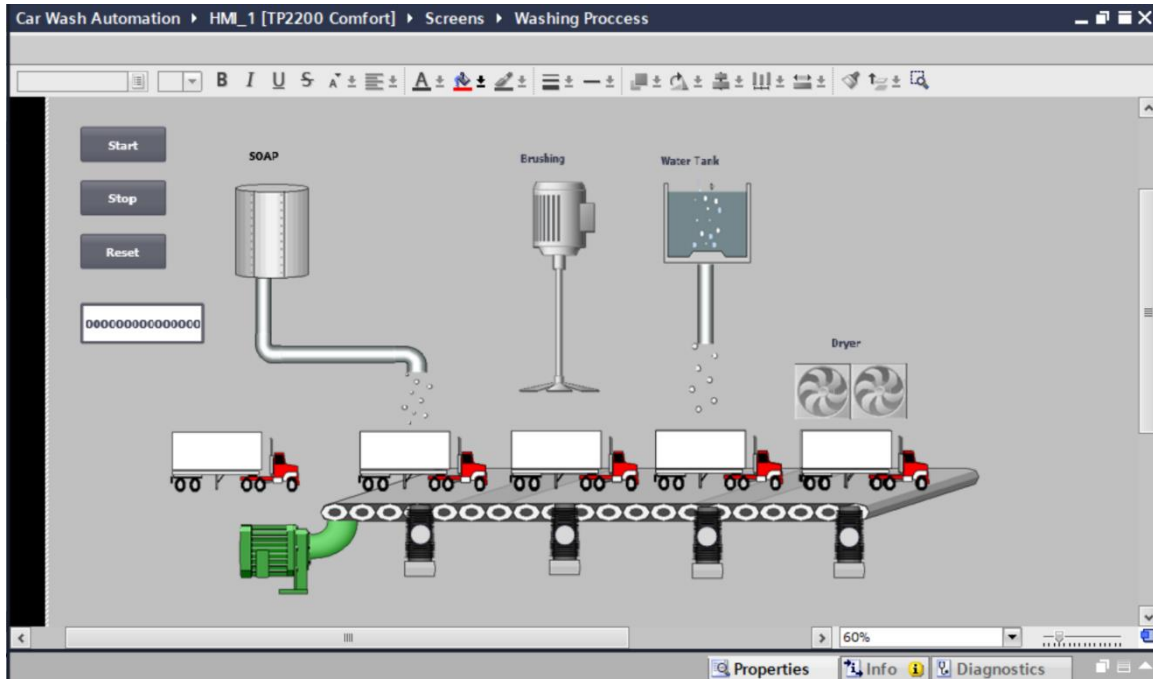
Εικόνα 3.30: Program Block δήλωσης μεταβλητών τύπου String

Αυτό το Block φτιάχτηκε για την δημιουργία ενός String φτιαγμένο από μεταβλητές τύπου Char.



Εικόνα 3.31: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 3)

3.3.4 Human-Machine Interface (HMI)



Εικόνα 3.32: HMI Washing Process Screen (Εφαρμογή 3)

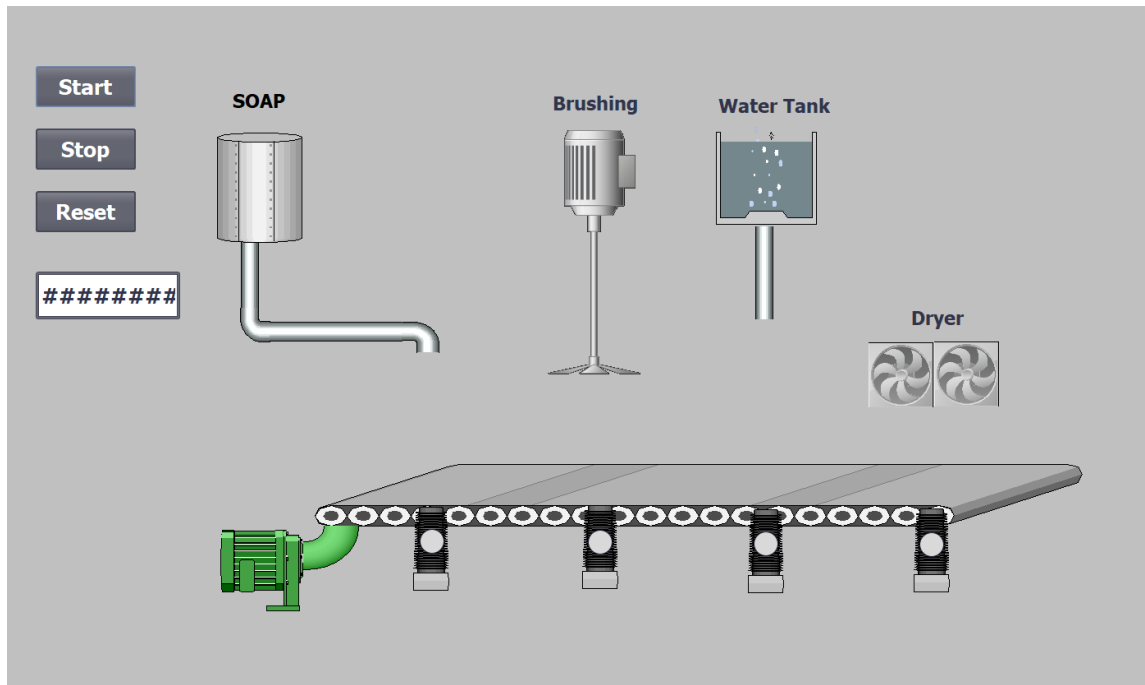
Σ' αυτή την οθόνη φαίνεται η αρχική εικόνα που βλέπει ο χειριστής πριν αρχίσει να λειτουργεί το πρόγραμμα ώστε να εκκινήσει η διαδικασία πλύσης .

The screenshot shows a table titled "HMI tags" with columns for Name, Tag table, Data type, Connection, PLC name, PLC tag, Address, Access mode, Acquisition cycle, and Logged. The table lists various tags and their corresponding PLC connections and tags.

Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	Address	Access mode	Acquisition cycle	Logged
Conveyor Belt 5	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Conveyor_Belt_5		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Conveyor_Belt_1	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Conveyor_Belt_1		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Conveyor_Belt_2	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Conveyor_Belt_2		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Conveyor_Belt_4	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Conveyor_Belt_4		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Dryer	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Dryer		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Movement_1	Default tag table	Int	<internal tag>		<Undefined>			1 s	<input type="checkbox"/>
Movement_2	Default tag table	Int	<internal tag>		<Undefined>			1 s	<input type="checkbox"/>
Movement_3	Default tag table	Int	<internal tag>		<Undefined>			1 s	<input type="checkbox"/>
Movement_4	Default tag table	Int	<internal tag>		<Undefined>			1 s	<input type="checkbox"/>
Movement_5	Default tag table	Int	<internal tag>		<Undefined>			1 s	<input type="checkbox"/>
Movement_6	Default tag table	Int	<internal tag>		<Undefined>			1 s	<input type="checkbox"/>
Reset	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Reset		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Soaping	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Soaping		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Start	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Start		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Stop	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Stop		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
String_Stage	Default tag table	String	HMI_Connection...	PLC_1	"String".Stage		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>
Washer	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	Washer		<symbolic access>	1 s	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 3.33: Πίνακας σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags (Εφαρμογή 3)

3.3.5 Προσομοίωση



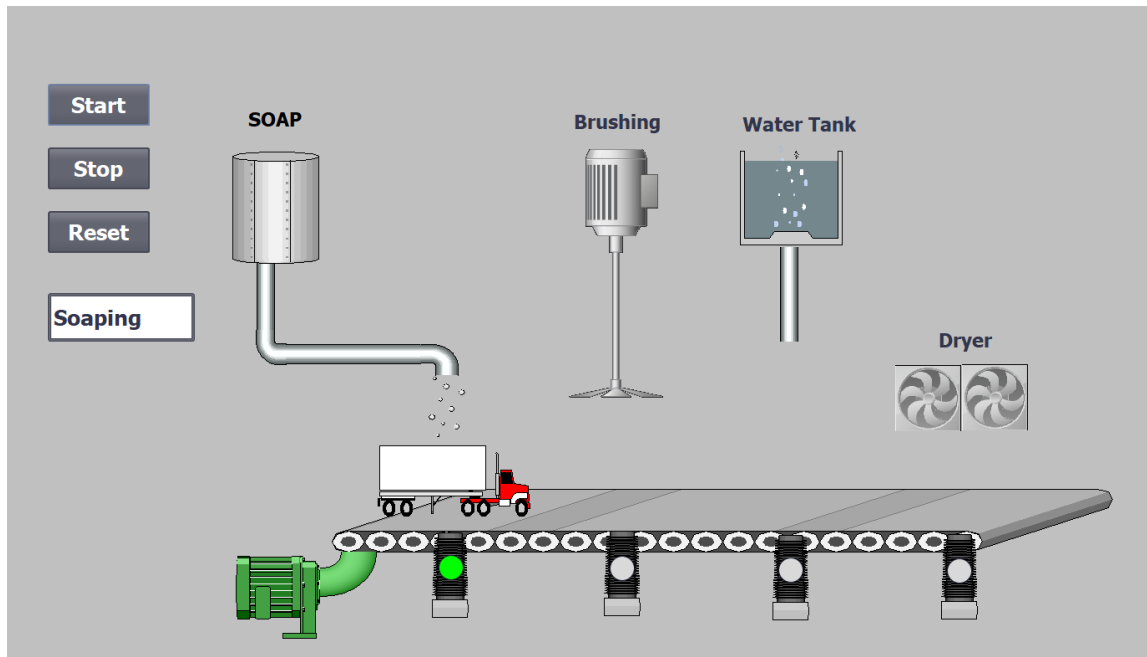
Εικόνα 3.34: HMI Simulation (Εφαρμογή 3)

Ανοίγοντας την προσομοίωση στο HMI με την χρήση το Simatic WinCC, ερχόμαστε στην από πάνω εικόνα, η οποία απεικονίζει την προσομοίωση όταν το κύκλωμα είναι ανενεργό. Για να αρχίσει η λειτουργία του πρέπει να ξεκινήσεις την CPU και να δώσεις ο χειριστής λογικό 1 στην είσοδο "Start_Sequence", καθώς και να πάρει λογικό 1 το "Car Detector".

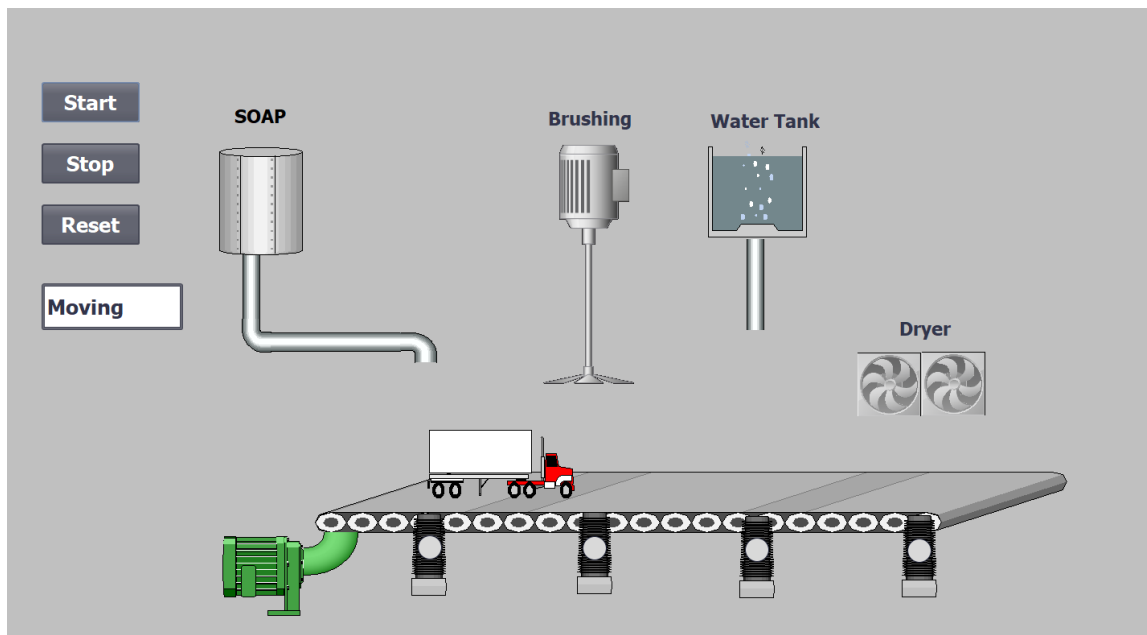
Name	Address	Display format	Monitor/Modify value	Bits	Consistent mod...
"String*.Stage[24..		Character	'\$00'		'\$00'
"String*.Stage[24..		Character	'\$00'		'\$00'
"String*.Stage[25..		Character	'\$00'		'\$00'
"String*.Stage[25..		Character	'\$00'		'\$00'
"String*.Stage[25..		Character	'\$00'		'\$00'
"String*.Stage[25..		Character	'\$00'		'\$00'
"Stop*:P	%I0.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Car Detector*:P	%I0.1:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Start*:P	%I0.2:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Reset*:P	%I0.3:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Conveyor_Done"	%Q0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Conveyor_Belt_1"	%M0.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Soaping"	%M0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Brushing"	%M0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Washer"	%M0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Dryer"	%M0.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Conveyor_Direc...	%M0.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Conveyor_Belt_2"	%M0.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Conveyor_Belt_3"	%M0.7	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Conveyor_Belt_4"	%M1.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Conveyor_Belt_5"	%M1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE

Εικόνα 3.35: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 3)

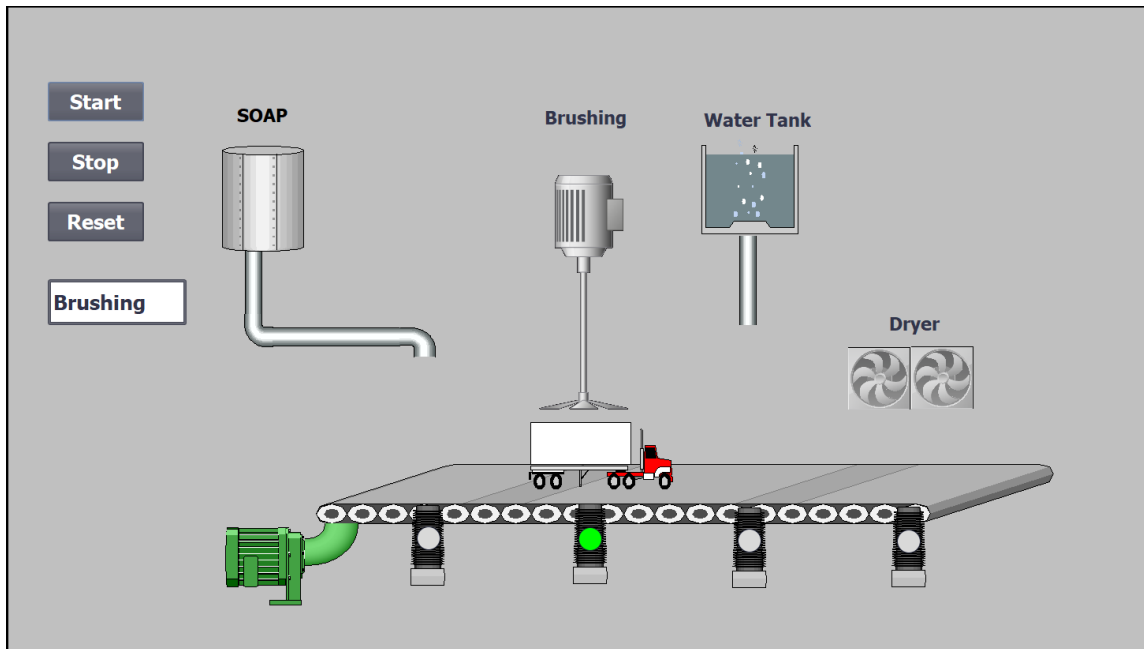
Όπως και στις άλλες εφαρμογές, στον πίνακα αυτό φαίνονται οι τιμές των PLC Tags κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Μία από τις διαφορές με τους προηγούμενους πίνακες είναι η ύπαρξη των μεταβλητών τύπου Character, τα οποία χρησιμοποιούνται στην γραπτή απεικόνιση του σταδίου στο οποίο βρίσκεται η διαδικασία. Παρακάτω παραθέτονται ορισμένα στιγμιότυπα από την προσομοίωση. Η προσομοίωση θα υπάρχει ολόκληρη σαν αρχείο συνημμένο στο αρχείο της εργασίας.



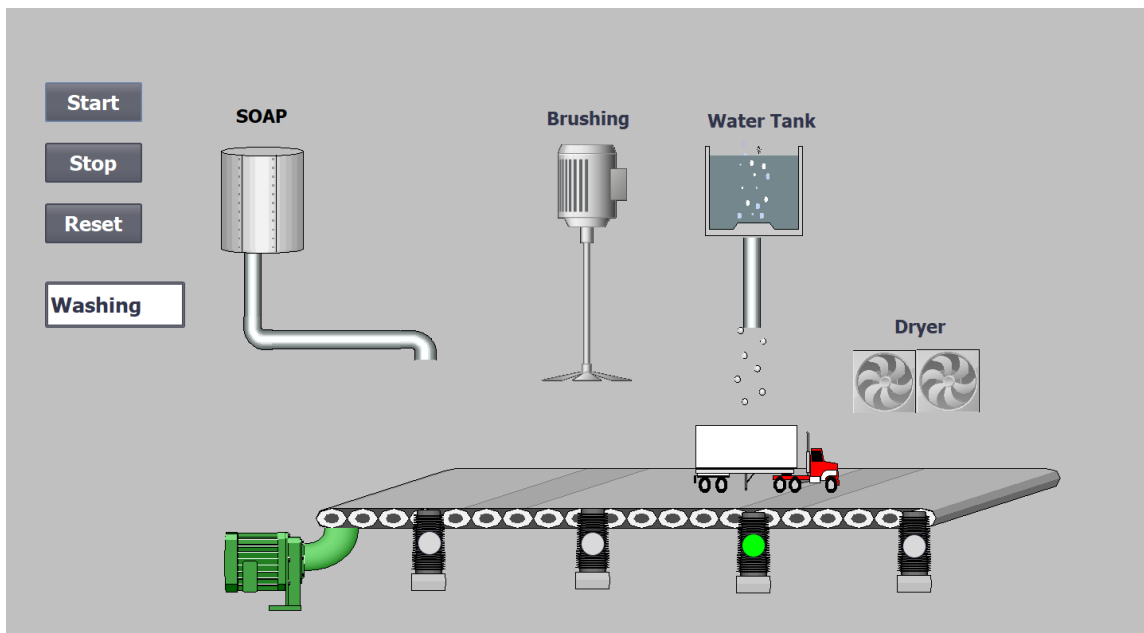
Εικόνα 3.36: Σαπουνίσμα οχήματος



Εικόνα 3.37: Μεταφορά οχήματος στον επόμενο σταθμό



Εικόνα 3.38: Βούρτσισμα οχήματος



Εικόνα 3.39: Ξέπλυμα οχήματος

Στην πρώτη εικόνα, το όχημα βρίσκεται στο σταθμό σαπουνίσματος.

Στην δεύτερη εικόνα, το όχημα μεταφέρεται από τον ιμάντα μετακίνησης στον επόμενο σταθμό.

Στην τρίτη εικόνα, το όχημα βρίσκεται στον σταθμό βουρτσίσματος.

Στην τελευταία εικόνα, το όχημα βρίσκεται στον σταθμό ξεπλύματος.

Σε όλες τις εικόνες μπορούμε να διακρίνουμε αν βρίσκεται στην σωστή θέση με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι η επιγραφή στα αριστερά, στην οποία καταγράφεται το στάδιο που πραγματοποιείται με την χρήση της μεταβλητής τύπου Sting “Stage”. Ο δεύτερος είναι με την φωτεινή ένδειξη που βρίσκεται πάνω σε κάθε σταθμό και πρασινίζει όταν το όχημα βρίσκεται σε αυτόν.

3.4 Εφαρμογή 4

3.4.1 Περιγραφή της εφαρμογής

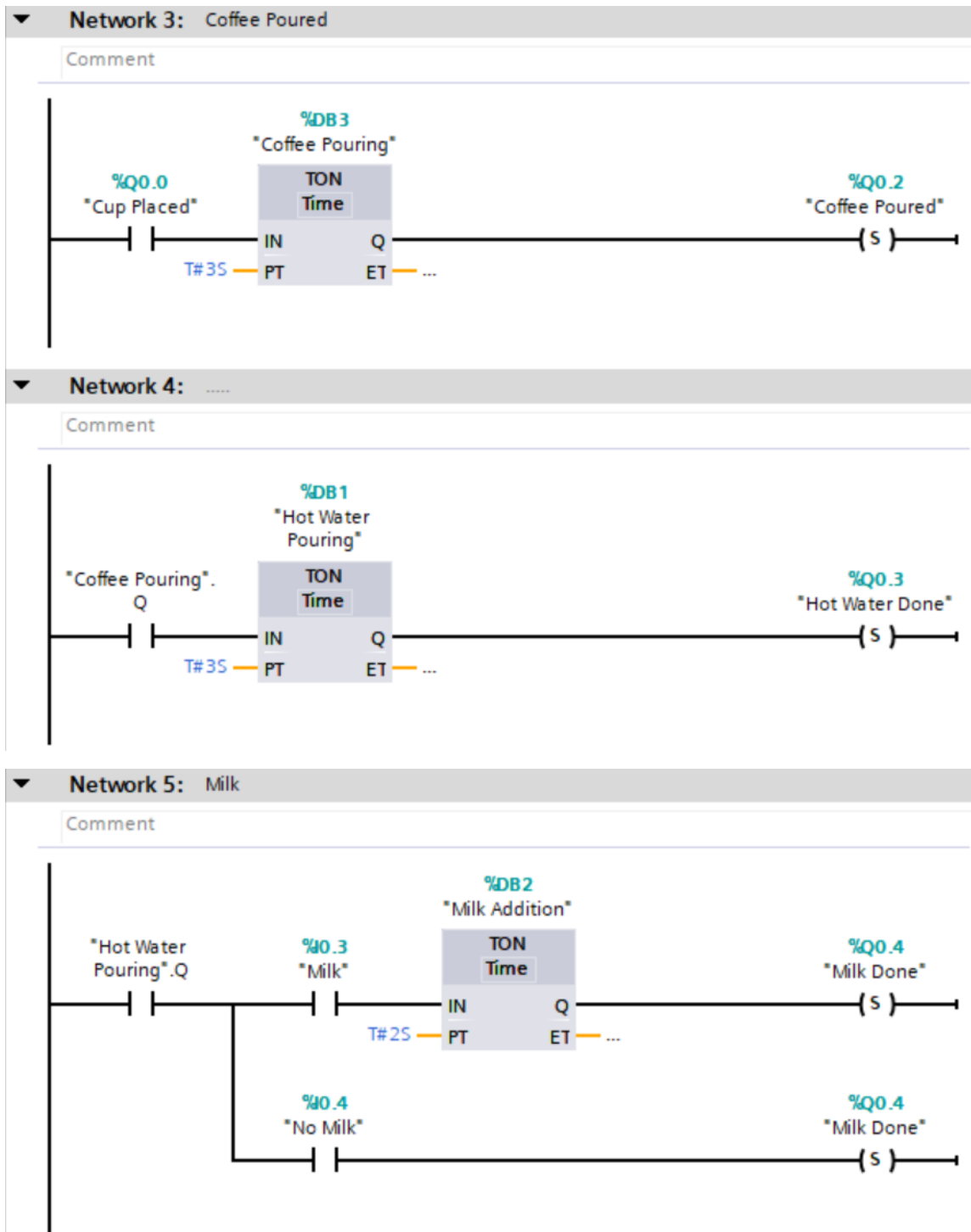
Η εφαρμογή αυτή προσομοιώνει μία μηχανή πώλησης καφέ. Συγκεκριμένα, ο χειριστής θα έχει την δυνατότητα να επιλέξει την ποσότητα ζάχαρης και αν επιθυμεί γάλα στον καφέ του και αφού πρώτα συμπληρώσει το κατάλληλο χρηματικό ποσό (στην συγκεκριμένη εφαρμογή 1.80€) να πατήσει το κουμπί της έναρξης. Με την έναρξη, ξεκινάει μία σειρά αυτόματων διαδικασιών για την δημιουργία του ανάλογου καφέ. Η διαδικασία αυτή τερματίζει και όλες οι μεταβλητές αρχικοποιούνται ξανά, αν πατηθεί το κουμπί STOP.

3.4.2 Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν

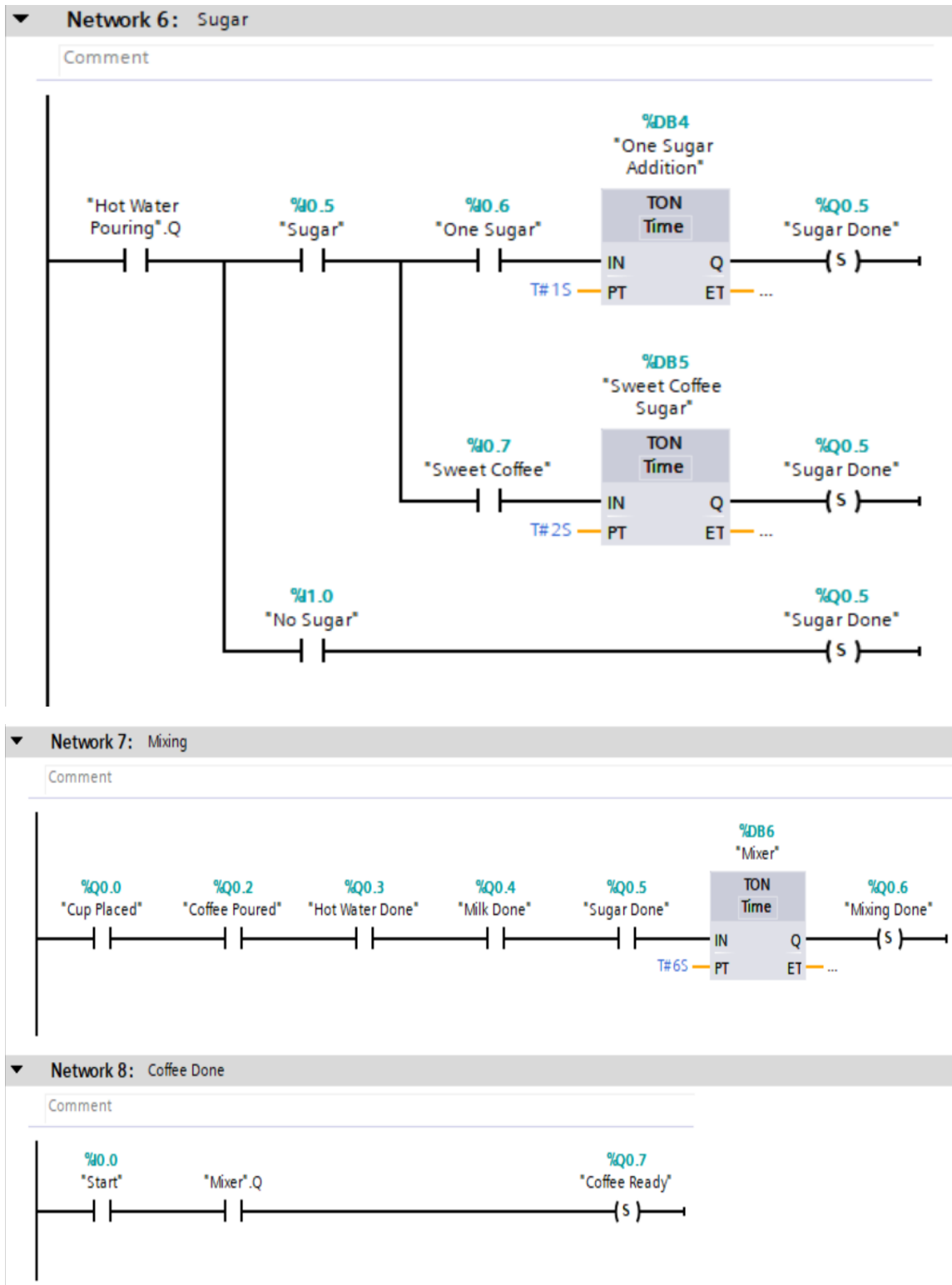
Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervis...	Comment
1 Start	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Εκκίνηση
2 Stop	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τερματισμός
3 ON	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ενδειξη Λειτουργείας
4 Payment Accepted	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Αποδοχή Πληρωμής
5 Cup Placed	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τοποθέτηση Ποτηριού
6 Coffee Poured	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τοποθέτηση Χαρμινιού Καφέ
7 Hot Water Done	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Γέμισμα Ζεστού Νερού
8 Milk	Default tag table	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Επιθυμία Για Γάλα
9 Milk Done	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Περάτωση Τοποθέτησης Ή Μη Γάλατος
10 No Milk	Default tag table	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Όχι Γάλα
11 Sugar	Default tag table	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Επιθυμία για Ζάχαρη
12 One Sugar	Default tag table	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μία Κουταλιά
13 Sweet Coffee	Default tag table	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Γλυκός Καφές
14 Sugar Done	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Περάτωση Τοποθέτησης Ή Μη Ζάχαρης
15 No Sugar	Default tag table	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Όχι Ζάχαρη
16 Mixing Done	Default tag table	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τέλος Ανάμιξης
17 Coffee Ready	Default tag table	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Έτοιμος Καφές
18 Current Amount	Default tag table	Real	%MD4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τρέχον Ποσό Πληρωμής
19 Coin Value	Default tag table	Real	%ID4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Αξία Εισαγόμενου Νομίσματος (1)
20 Change	Default tag table	Real	%QD4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ρέστα
21 Payment Off	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ακύρωση Πληρωμής
22 Coin Value_2	Default tag table	Real	%ID8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Αξία Εισαγόμενου Νομίσματος (2)
23 Coin Value_3	Default tag table	Real	%ID12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Αξία Εισαγόμενου Νομίσματος (3)
24 Current Amount1	Default tag table	Real	%MD8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τρέχον Ποσό Πληρωμής (1)
25 Current Amount2	Default tag table	Real	%MD12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τρέχον Ποσό Πληρωμής (2)
26 Current Amount3	Default tag table	Real	%MD16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Τρέχον Ποσό Πληρωμής (3)
27 <Add new>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Εικόνα 3.40: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 4)

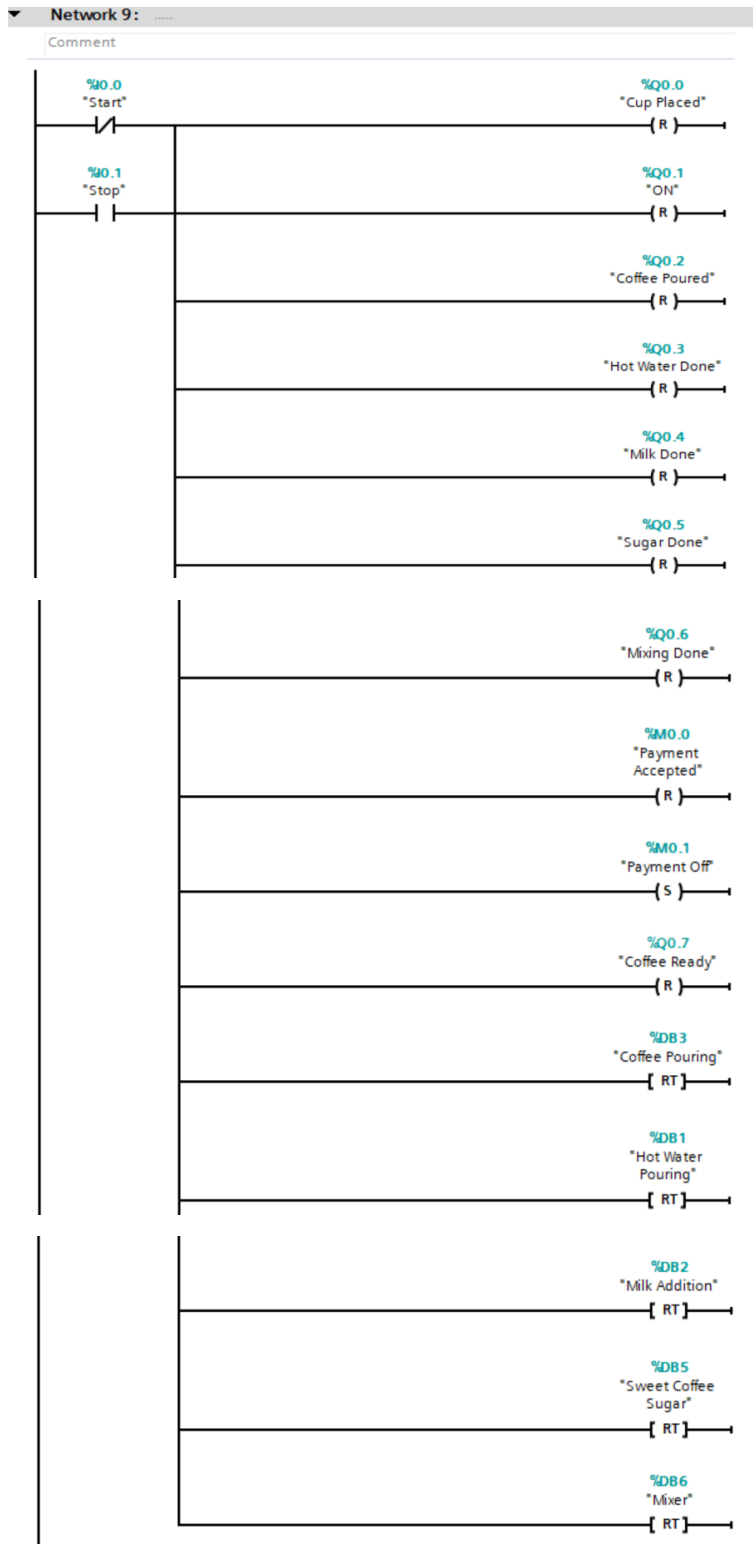
Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται όλα τα PLC Tags που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση. Τα Tags εισόδου είναι αυτά που σχετίζονται με τις επιλογές του χειριστή, δηλαδή αν θέλει γάλα ή πόσο ζάχαρη επιθυμεί, καθώς και η αξία του κάθε νομίσματος που εισάγει στην μηχανή πώλησης. Όλα τα Tags είναι τύπου Bool, εκτός από αυτά που σχετίζονται με την διαδικασία της πληρωμής, τα οποία είναι τύπου Real επειδή μπορούν να πάρουν και δεκαδικές τιμές.



Εικόνα 3.42: Network 3-4-5 του Main Block (Εφαρμογή 4)

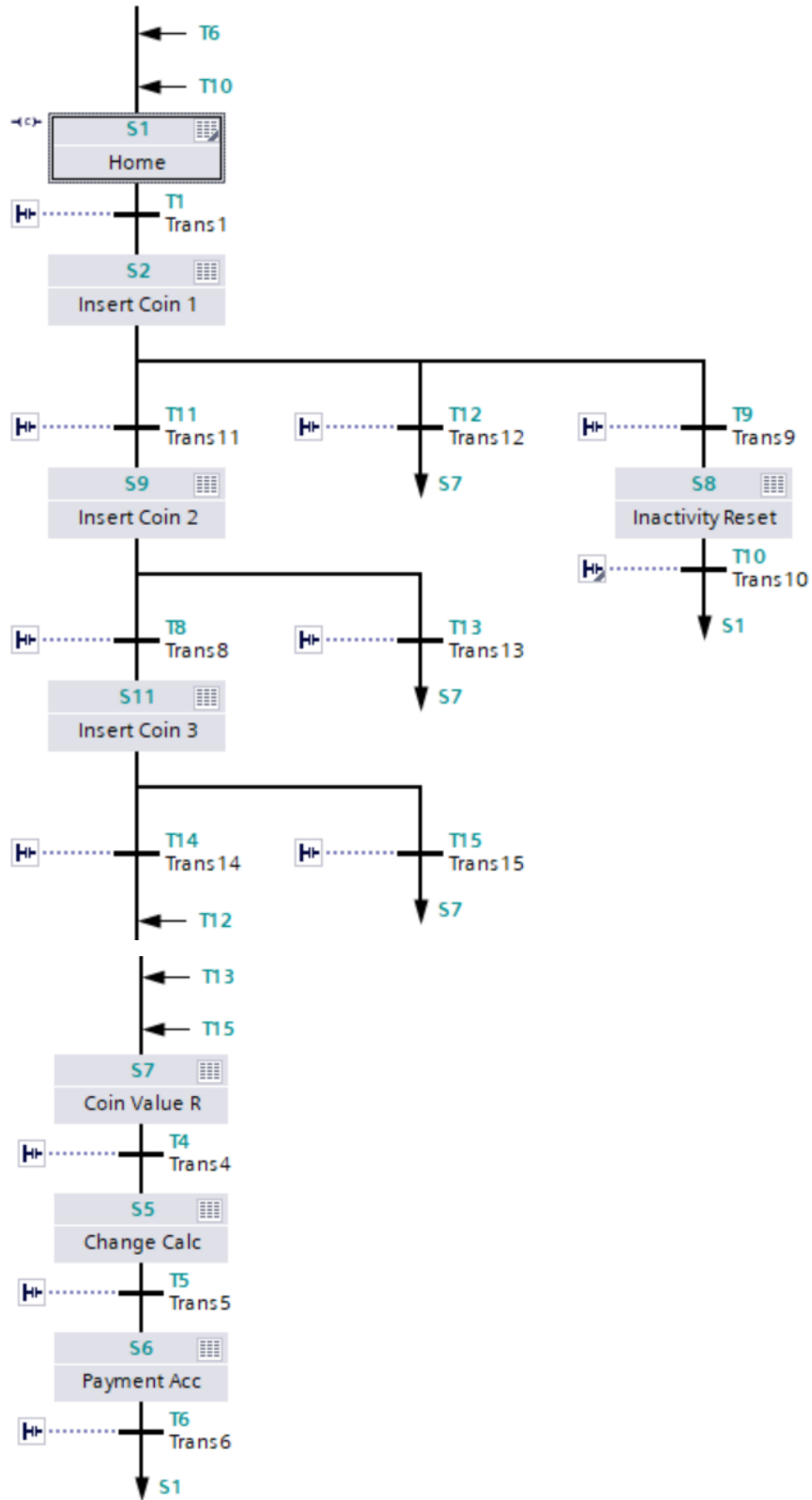


Εικόνα 3.43: Network 6-7-8 του Main Block (Εφαρμογή 4)



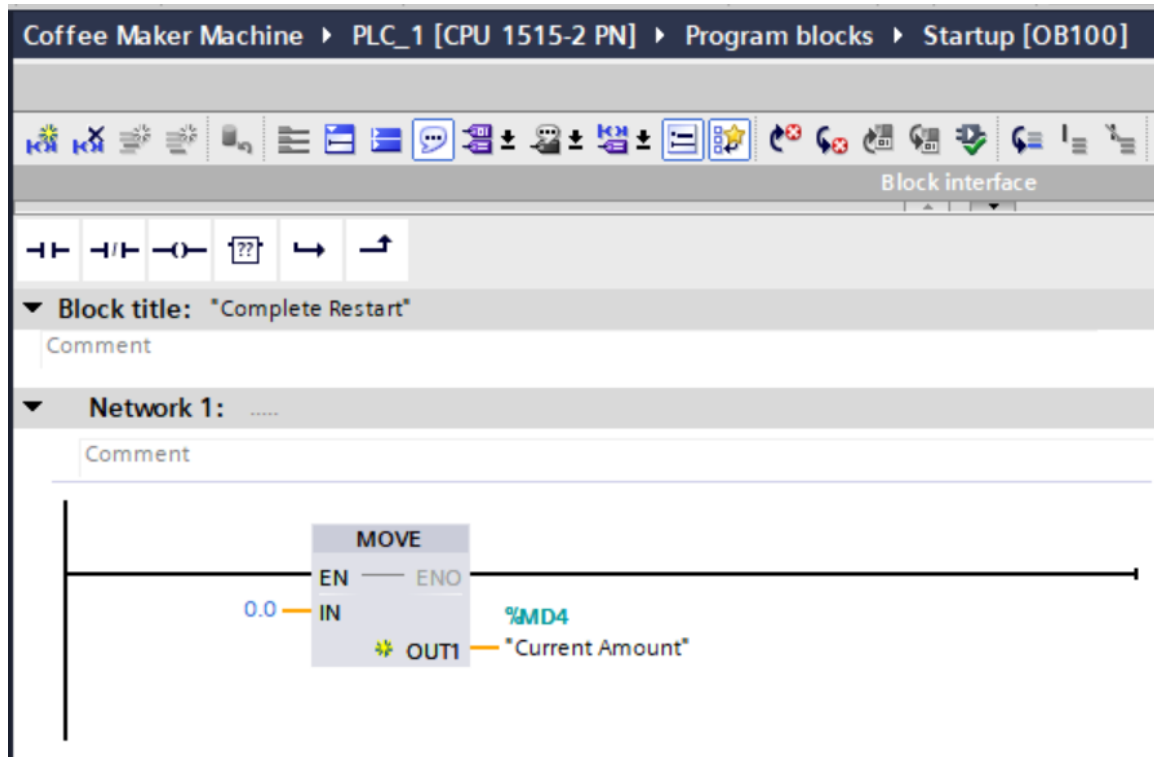
Εικόνα 3.44: Network 9 του Main Block (Εφαρμογή 4)

- Στο Network 1, όταν ο χειριστής πατάει το κουμπί START, τότε η ένδειξη ON παίρνει λογικό 1.
- Στο Network 2, εφόσον το ON έχει τιμή 1, το πρόγραμμα μπαίνει στο Function Block “Payment”, μέσα στο οποίο εκτελείται η διαδικασία της πληρωμής.
- Στο Network 3, εφόσον έχει ολοκληρωθεί η πληρωμή ξεκινάει ο χρονομετρητής που αφορά το χαρμάνι του καφέ.
- Στο Network 4, μετά το πέρας του προηγούμενου χρονομετρητή, αρχίζει ο επόμενος χρονομετρητής που αφορά το ζεστό νερό.
- Στο Network 5, εφόσον έχει τελειώσει ο προηγούμενος χρονομετρητής, ανάλογα με την επιλογή του χειριστή γίνεται η τοποθέτηση ή μη του γάλατος.
- Στο Network 6, γίνεται αντίστοιχα η τοποθέτηση ζάχαρης, πάλι ανάλογα με την επιλογή του χειριστή.
- Στο Network 7 μετά το τέλος όλων των παραπάνω διαδικασιών, ξεκινάει ο χρονομετρητής για την μίξη του καφέ.
- Στο Network 8 έχει τελειώσει πια όλη η διαδικασία και το PLC Tag “Coffee Ready” παίρνει την λογική τιμή 1.
- Στο Network 9, γίνεται η επανεκκίνηση και η αρχικοποίηση όλων των τιμών των PLC Tags αλλά και των χρονομετρητών, στην περίπτωση που πατηθεί το κουμπί STOP.



Εικόνα 3.45: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 4)

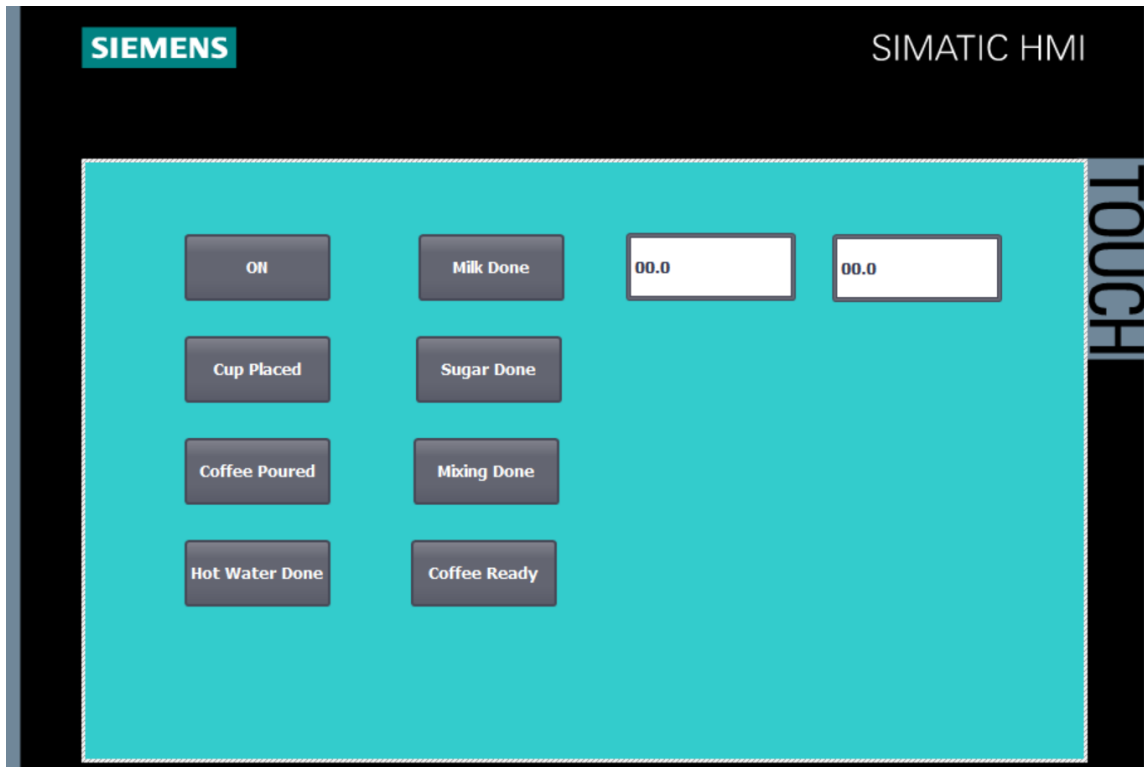
Το παραπάνω Graph Sequence, έχει φτιαχτεί για να επεξεργάζεται την διαδικασία της πληρωμής. Στην συγκεκριμένη περίπτωση δέχεται μέχρι 3 νομίσματα οποιασδήποτε αξίας και υπολογίζει αν είναι αρκετό το τελικό ποσό για την αγορά του προϊόντος, αλλιώς επιστρέφει στον χειριστή ρέστα, το ποσό των οποίων υπολογίζεται στην μεταβλητή "Change", τύπου Real. Ακόμα, σε περίπτωση που έχει περάσει πολύς χρόνος κατά τον οποίο ο χρήστης είναι ανενεργός μετά την τοποθέτηση κάποιου νομίσματος, αυτόματα κάνει επανεκκίνηση και Reset όλα τα στοιχεία του προγράμματος, αφού πρώτα δώσει πίσω το ποσό το οποίο έχει μέχρι στιγμής λάβει.



Εικόνα 3.46: Startup Function Block (Εφαρμογή 4)

Τέλος υπάρχει αυτό το μικρό Function Block τύπου Startup, του οποίου η λειτουργία είναι κάθε φορά που εκκινεί το πρόγραμμα να δίνει στο PLC Tag "Current Amount" την πραγματική τιμή 0.

3.4.4 Human-Machine Interface (HMI)



Εικόνα 3.47: HMI Step By Step Process Screen (Εφαρμογή 4)

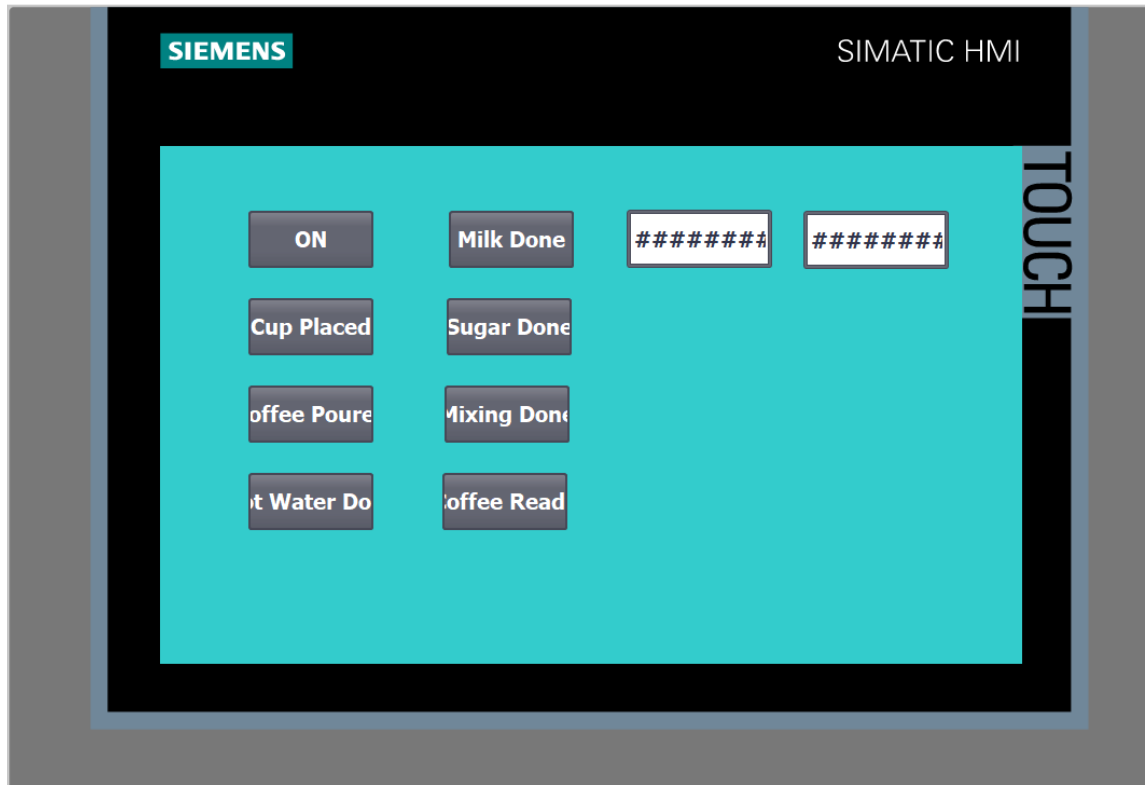
Σ' αυτή την οθόνη φαίνεται η αρχική εικόνα που βλέπει ο χειριστής πριν αρχίσει να λειτουργεί το πρόγραμμα. Η χρήση αυτής της οθόνης είναι ο χειριστής να παρακολουθεί σε ποιο στάδιο βρίσκεται η διαδικασία κάθε στιγμή. Ακόμα μπορεί να ενημερωθεί για το ποσό που έχει ήδη πληρώσει και για τα ρέστα που περιμένει.

Coffee Maker Machine > HMI_1 [TP900 Comfort] > HMI tags						
HMI tags						
Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	
Change	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Change	
Coffee Poured	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Coffee Poured"	
Coffee Ready	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Coffee Ready"	
Cup Placed	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Cup Placed"	
Current Amount	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"Current Amount"	
Hot Water Poured	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Hot Water Done"	
Milk Done	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Milk Done"	
Mixing Done	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Mixing Done"	
ON	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ON	
Sugar Done	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Sugar Done"	
<Add new>						

Εικόνα 3.48: Πίνακας σύνδεση HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 4)

3.4.5 Προσομοίωση

 SIMATIC WinCC Runtime Advanced



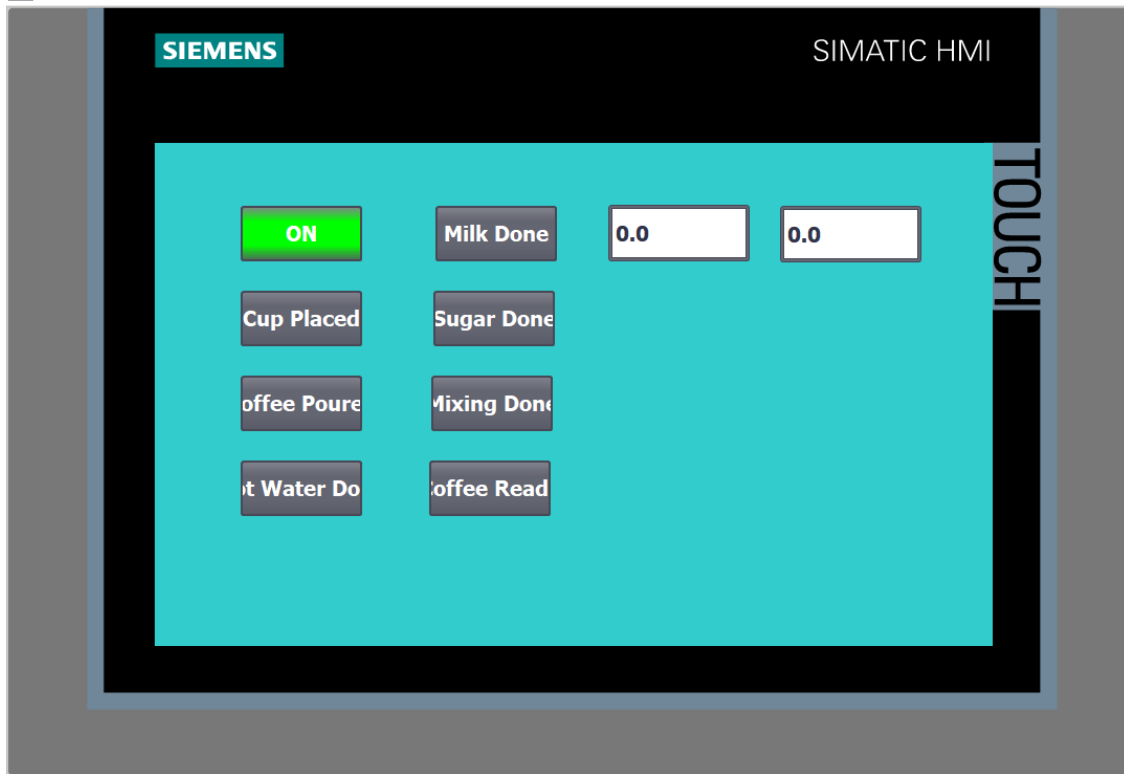
Εικόνα 3.49: HMI Simulation (Εφαρμογή 4)

Αυτή είναι η οθόνη που βλέπουμε, ανοίγοντας την προσομοίωση στο HMI.

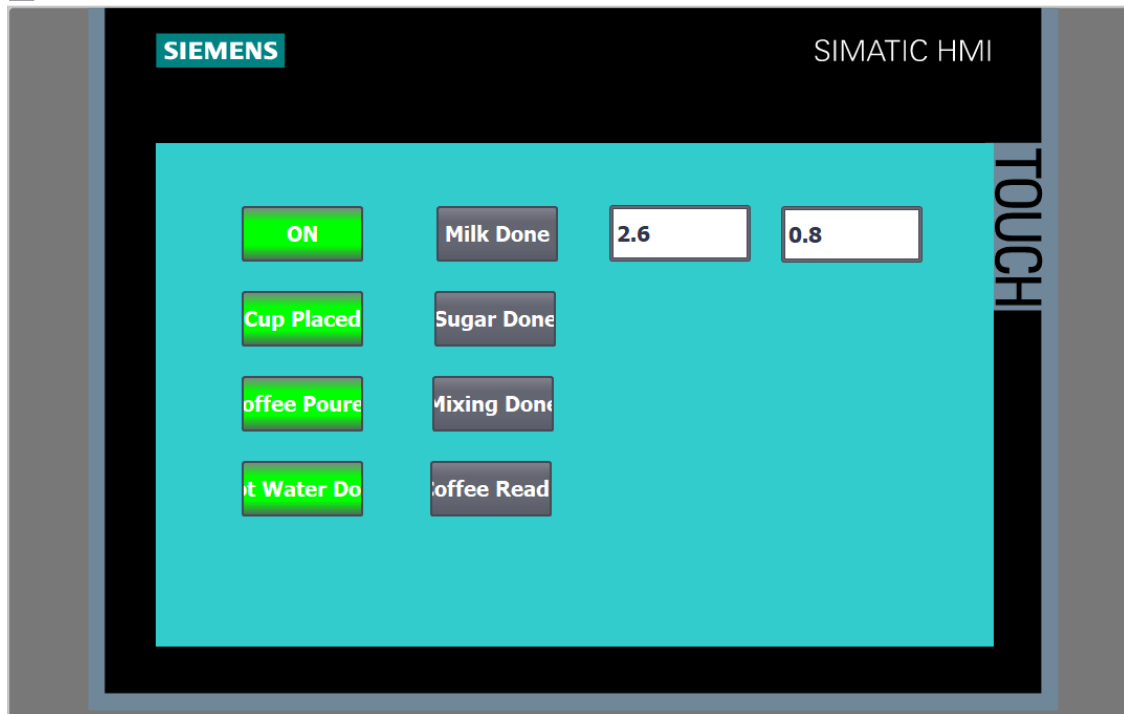
SIM table_1							
	Name	Address	Display format	Monitor/Modify value	Bits	Consistent modify	
Start	*Start*:P	%I0.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Stop:P	%I0.1:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Milk:P	%I0.3:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	No Milk:P	%I0.4:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Sugar:P	%I0.5:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	One Sugar:P	%I0.6:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Sweet Coffee:P	%I0.7:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	No Sugar:P	%I1.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Coin Value:P	%ID4:P	Floating-point nu...	0		0	<input type="checkbox"/>
	Coin Value_2:P	%ID8:P	Floating-point nu...	0		0	<input type="checkbox"/>
	Coin Value_3:P	%ID12:P	Floating-point nu...	0		0	<input type="checkbox"/>
	ON	%Q0.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Cup Placed	%Q0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Coffee Poured	%Q0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Hot Water Done	%Q0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Milk Done	%Q0.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Sugar Done	%Q0.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Mixing Done	%Q0.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Coffee Ready	%Q0.7	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Change	%QD4	Floating-point nu...	0		0	<input type="checkbox"/>
	Current Amount	%MD4	Floating-point nu...	0		0	<input type="checkbox"/>
	*Payment Accept...	%M0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	Payment Off	%M0.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>
	*Current Amount...	%MD8	Floating-point nu...	0		0	<input type="checkbox"/>
	*Current Amount...	%MD12	Floating-point nu...	0		0	<input type="checkbox"/>
	*Current Amount...	%MD16	Floating-point nu...	0		0	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 3.50: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 4)

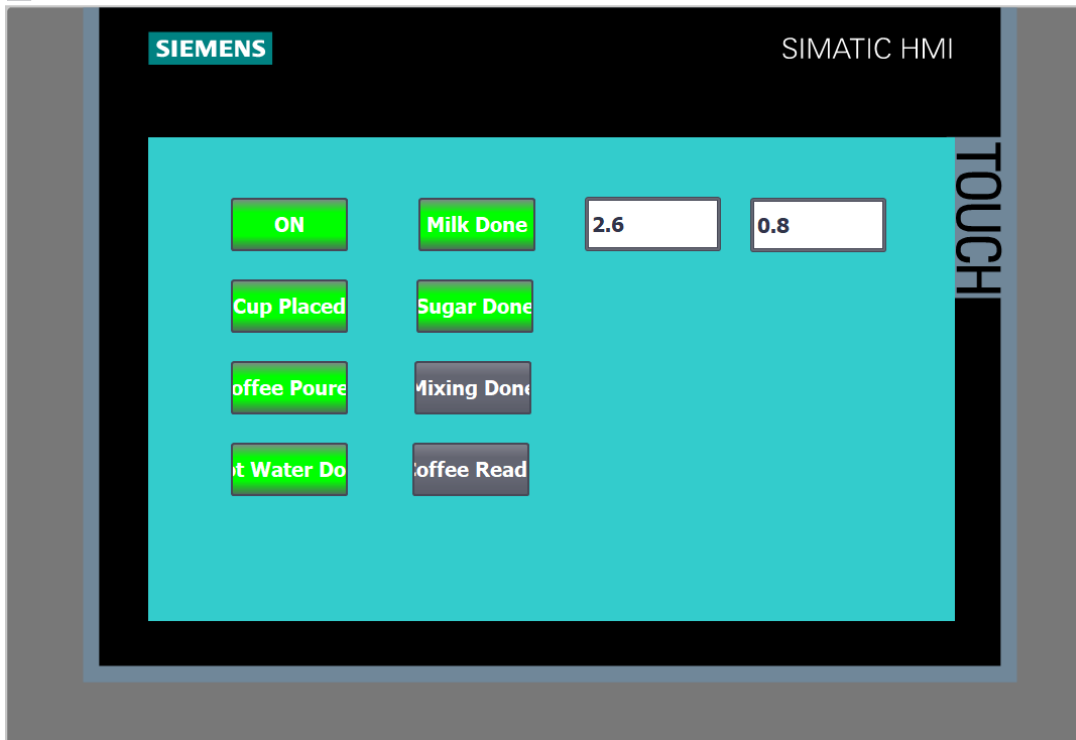
Όπως και στις άλλες εφαρμογές, στον πίνακα αυτό φαίνονται οι τιμές των PLC Tags κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Μία από τις διαφορές με τους προηγούμενους πίνακες είναι η ύπαρξη των μεταβλητών τύπου Real, που χρησιμοποιούνται για της λειτουργίες που σχετίζονται με την πληρωμή (π.χ. Αξία νομίσματος, Συνολικό ποσό, Ρέστα). Παρακάτω παραθέτονται ορισμένα στιγμιότυπα από την προσομοίωση με την προϋπόθεση ότι το κόστος είναι όπως πάντα 1.80€ και το εισερχόμενο ποσό των 3 κερμάτων είναι 2.60€. Η προσομοίωση θα υπάρχει ολόκληρη σαν αρχείο συνημμένο στο αρχείο της εργασίας.



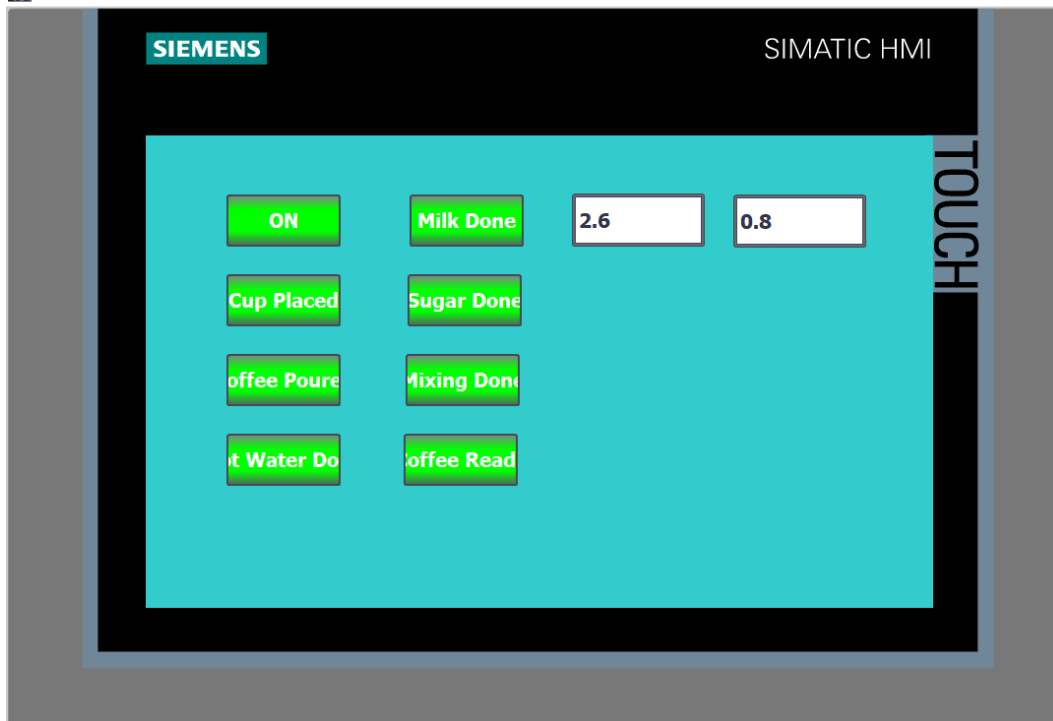
Εικόνα 3.51: Έναρξη λειτουργίας



Εικόνα 3.52: Μετά την πληρωμή και την συμπλήρωση του νερού



Εικόνα 3.53: Τέλος συμπλήρωσης γάλατος και ζάχαρης



Εικόνα 3.54: Τέλος διαδικασίας

Στην πρώτη εικόνα, βλέπουμε ότι η μηχανή έχει μόλις αρχίσει να λειτουργεί, χωρίς να έχει λάβει κάποια χρηματική είσοδο.

Στην δεύτερη εικόνα, έχει επιτευχθεί η πληρωμή, καθώς και έχει συμπληρωθεί η απαραίτητη ποσότητα χαρμανιού καφέ και ζεστού νερού.

Στην τρίτη εικόνα, έχει τελειώσει και η συμπλήρωση γάλατος και ζάχαρης ανάλογα με την επιλογή του χειριστή.

Στην τελευταία εικόνα, φαίνεται πια ότι η διαδικασία έχει φτάσει στο τέλος της και το αποτέλεσμα είναι έτοιμο.

3.5 Εφαρμογή 5

3.5.1. Περιγραφή της εφαρμογής

Η συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελεί μια αυτοματοποιημένη διαδικασία σε γραμμή παραγωγής ενός εργοστασίου. Ο σκοπός της συγκεκριμένης γραμμής παραγωγής είναι η δημιουργία πακέτων των 5 προϊόντων. Το κάθε πακέτο αποτελείται από 5 βέργες σιδήρου οι οποίες ως πρώτες ύλες αρχικά φτάσουν στο σημείο επιλογής κοπής. Αφού επιλεγεί από τον χρήστη το είδος της κοπής (οι επιλογές είναι δύο: Κόψιμο για βέργες μεγάλου μεγέθους ή κόψιμο για βέργες μικρού μεγέθους), τότε οι πρώτες ύλες (άκοπες βέργες σιδήρου) περνάνε από αισθητήρες ανίχνευσης. Αν δεν υπάρχει κάποιο σφάλμα προχωράνε στην λεπίδα κοπής στο κατάλληλο μέγεθος. Στη συνέχεια με την ταινία κατευθύνονται στο σημείο δημιουργίας της συσκευασίας. Εκεί υπάρχει ένας μετρητής ο οποίος ανεβαίνει κατά 1 όταν ένα προϊόν είναι έτοιμο για να συσκευαστεί. Ύστερα επαναλαμβάνεται η διαδικασία από το σημείο επιλογής κοπής και εν τέλει άλλη μία βέργα θα φτάσει στο σημείο που συσκευάζεται. Όταν το τελικό πακέτο περιέχει 5 προϊόντα τότε κλείνει και είναι έτοιμο. Η γραμμή παραγωγής τελιώνει ακριβώς σε αυτό το σημείο με ένα πακέτο από 5 βέργες σιδήρου, όλες μεγέθους που ζητήσαμε.

Η διαδικασία θα επαναληφθεί από την αρχή μόνο που αυτή τη φορά θα περιμένει τον χρήστη να επιλέξει και πάλι το μέγεθος του νέου πακέτου βεργών.

Υπάρχουν δύο διακριτές περιπτώσεις σφάλματος στους αισθητήρες ανίχνευσης. Η πρώτη περίπτωση είναι οι διαστάσεις να είναι λανθασμένες οπότε οι βέργες σιδήρου να αναγκαστούν να πάνε στην διαδικασία λιωσίματος έτσι ώστε να ξαναγίνουν πρώτες ύλες για μελλοντική επαναχρησιμοποίηση ή οι διαστάσεις τους (μία, δύο ή και οι τρεις εκ των x,y,z) να είναι λανθασμένες για την κοπή μεγάλου μεγέθους αλλά να ικανοποιούν τα κριτήρια κοπής μικρού μεγέθους οπότε καταλήγουν σε μια άλλη ταινία όπου θα ανακυκλωθούν για πιθανή επαναχρησιμοποίηση όταν ζητηθεί κοπή μικρού μεγέθους.

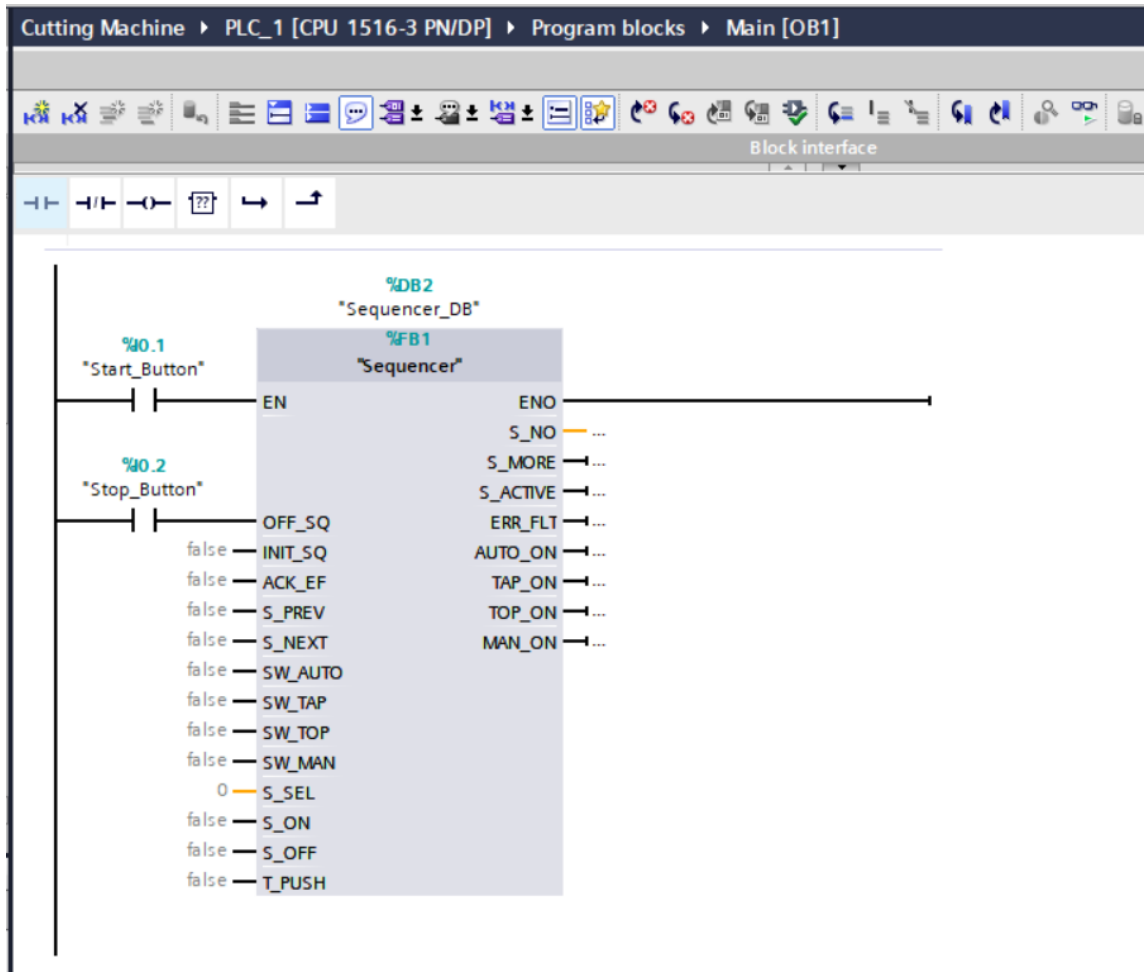
3.5.2. Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν

PLC tags										
	Name	Tag table ▲	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervis...	Comment
1	Conveyor_Direction	Conveyor Tags	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Κατεύθυνση της ταινίας παραγωγής
2	Conveyor_Start_Conveyor	Conveyor Tags	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ξεκίνημα της ταινίας παραγωγής
3	Conveyor_Drive_OK	Conveyor Tags	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ένδειξη ότι η ταινία έχει ξεκινήσει
4	Conveyor_Start_Forward	Conveyor Tags	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Κατεύθυνση μπροστά της ταινίας
5	Conveyor_Start_Backward	Conveyor Tags	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Κατεύθυνση πίσω της ταινίας
6	RESET	Machine & Fault De...	Bool	%I2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Επανεκκίνηση της διαδικασίας
7	Error#2.3	Machine & Fault De...	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σφάλμα τύπου 2.1 της διαδικασίας
8	Error#2.2	Machine & Fault De...	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σφάλμα τύπου 2.2 της διαδικασίας
9	Error#2.1	Machine & Fault De...	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σφάλμα τύπου 2.3 της διαδικασίας
10	Error#1	Machine & Fault De...	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σφάλμα τύπου 1 της διαδικασίας
11	Stop_Button	Machine & Fault De...	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μπουτόν ΣΤΟΠ
12	Start_Button	Machine & Fault De...	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μπουτόν Ξεκινήματος
13	Error_1_appearance	Machine & Fault De...	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βοηθητική μεταβλητή για HMI
14	Error_2_appearance	Machine & Fault De...	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βοηθητική μεταβλητή_2 για HMI
15	Detecting	Machine & Fault De...	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λογική μεταβλητή ανίχνευσης σφαλμάτων
16	Transfer_Package	Sequencer_Tags	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λογική μεταβλητή μεταφοράς πακέτου
17	Transfer_Materials_Before_Cut	Sequencer_Tags	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λογική μεταβλητή μεταφοράς πρώτων υλών
18	Recycle_Small	Sequencer_Tags	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λογική μεταβλητή ανακύκλωσης υλών εσφαλμένων προδιαγραφών
19	Melting_Materials	Sequencer_Tags	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λογική μεταβλητή λιωσίματος εσφαλμένων προϊόντων
20	Big_Cut	Sequencer_Tags	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μπουτόν επιλογής Μεγάλης κοπής
21	Small_Cut	Sequencer_Tags	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μπουτόν επιλογής Μικρής κοπής
22	Cut_select	Sequencer_Tags	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λογική μεταβλητή επιλογής κοπής
23	Z_Value	Sequencer_Tags	Int	%MW6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Προδιαγραφή για Z άξονα
24	Y_Value	Sequencer_Tags	Int	%MW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Προδιαγραφή για Y άξονα
25	X_Value	Sequencer_Tags	Int	%MW2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Προδιαγραφή για X άξονα
26	Machine_ON	Sequencer_Tags	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λειτουργία Μηχανής
27	Materials	Sequencer_Tags	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λογική μεταβλητή περάσματος πρώτων υλών
28	Package_Done	Sequencer_Tags	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ένδειξη ολοκλήρωσης πακέτου
29	Packaging	Sequencer_Tags	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ένδειξη δημιουργίας συσκευασίας
30	Product_Count	Sequencer_Tags	Int	%MW20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μεταβλητή αρίθμησης ποσότητας προϊόντων
31	Tank_1	Sequencer_Tags	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ένδειξη λειτουργίας του πρώτου χώρου πρώτων υλών
32	Sequencer_Fault	Sequencer_Tags	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σφάλμα της διαδικασίας

Εικόνα 3.55: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 5)

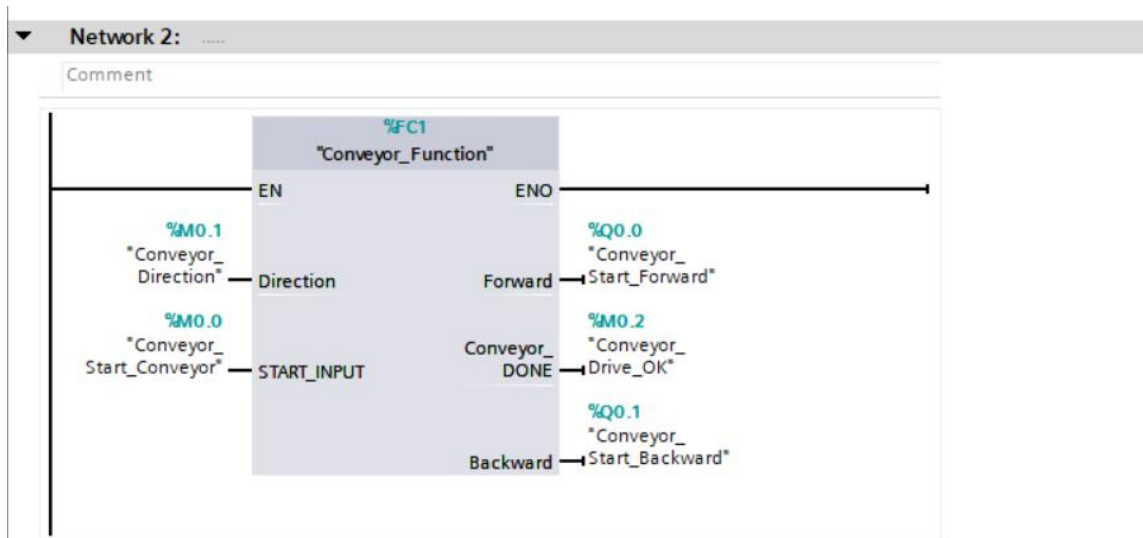
Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται όλες οι ετικέτες του PLC ,που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή 5 .Τα σχόλια δίπλα από κάθε εφαρμογή δείχνουν ποιος είναι ο σκοπός της εκάστοτε ετικέτας. Μεταξύ αυτών υπάρχουν αρκετές ετικέτες μεταβλητές που έχουν αποθηκευτεί στην καθολική μνήμη του PLC αλλά και αρκετές ετικέτες μεταβλητών εισόδου.

3.5.3. Program Blocks



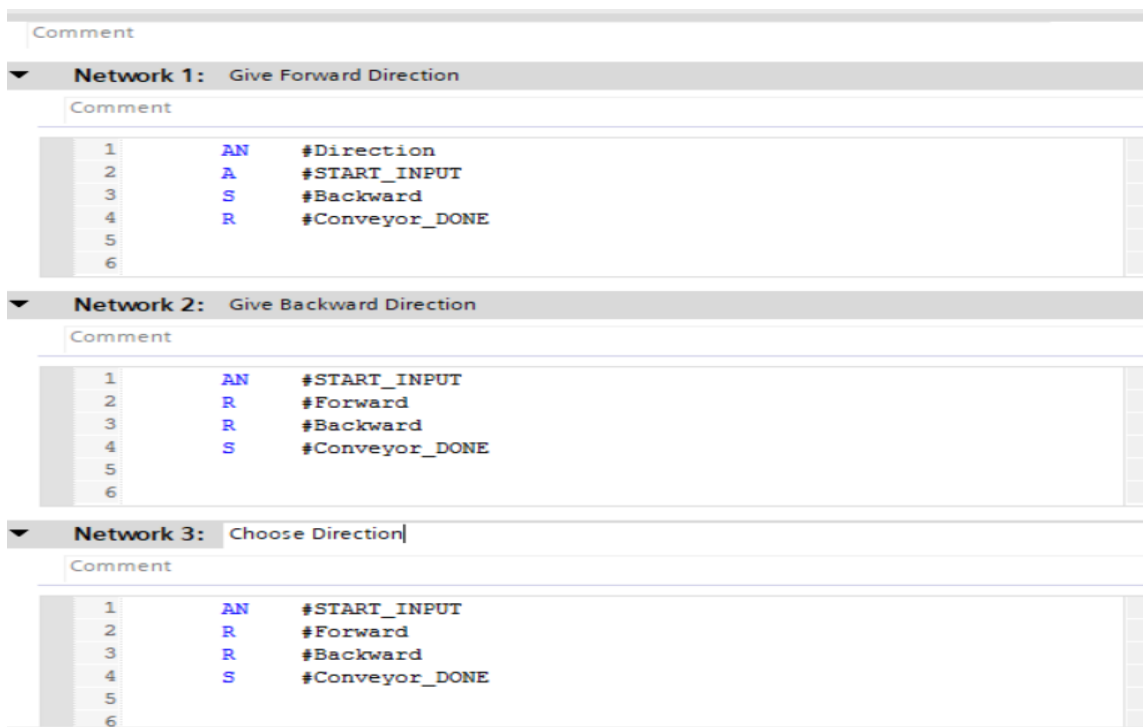
Εικόνα 3.56: Network 1 του Main Block (Εφαρμογή 5)

Το Network 1 του Main Block της εφαρμογής μοιάζει με τα αντίστοιχα των εφαρμογών 1 και 2. Εμπεριέχει και αυτό το κομμάτι Function Block είναι γραμμένο σε γλώσσα GRAPH και αποτελεί το Graphic sequencer της εφαρμογής.

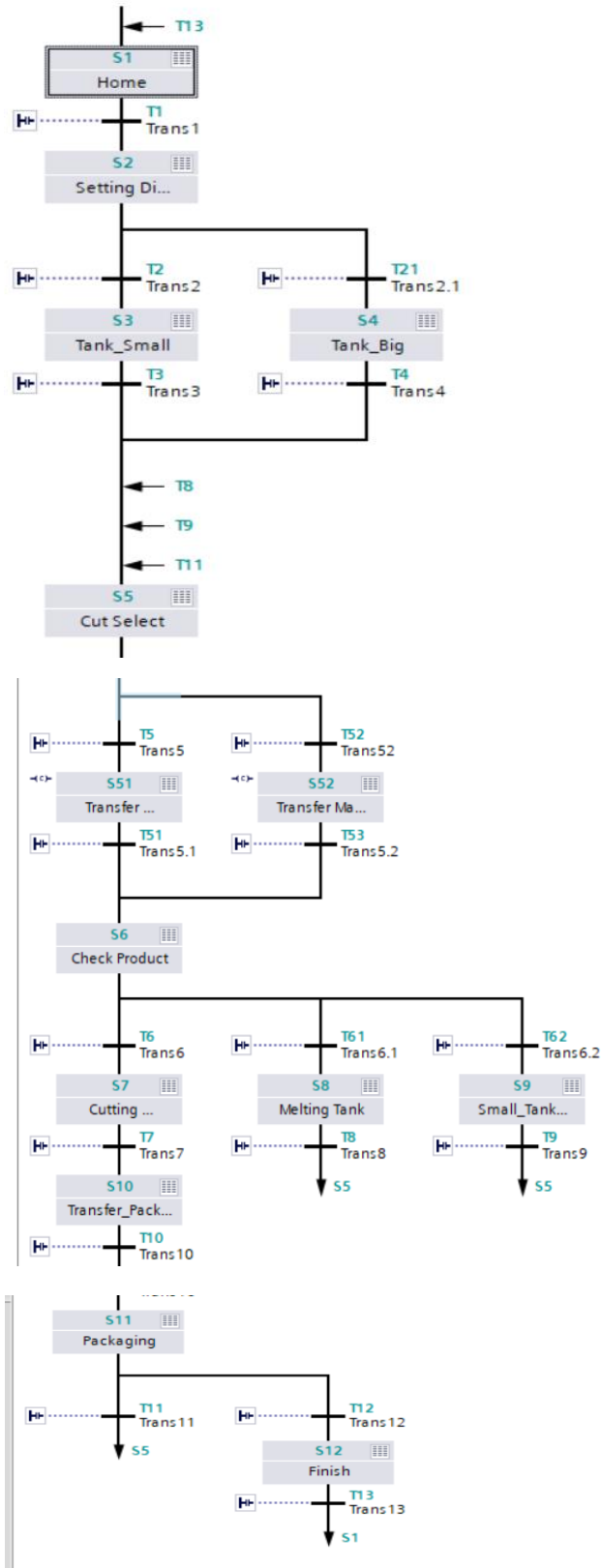


Εικόνα 3.57-Network 2 του Main Block (Εφαρμογή 5)

Επίσης το Network 2 αυτής της εφαρμογής είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο της 1^{ης} καθώς αποτελεί το ίδιο STL Block που φτιάχτηκε για την ρύθμιση του μάντα μεταφοράς και επειδή και στις 2 εφαρμογές η χρήση του εν λόγω μάντα είναι .Περιέχει τον εξής Κώδικα”:



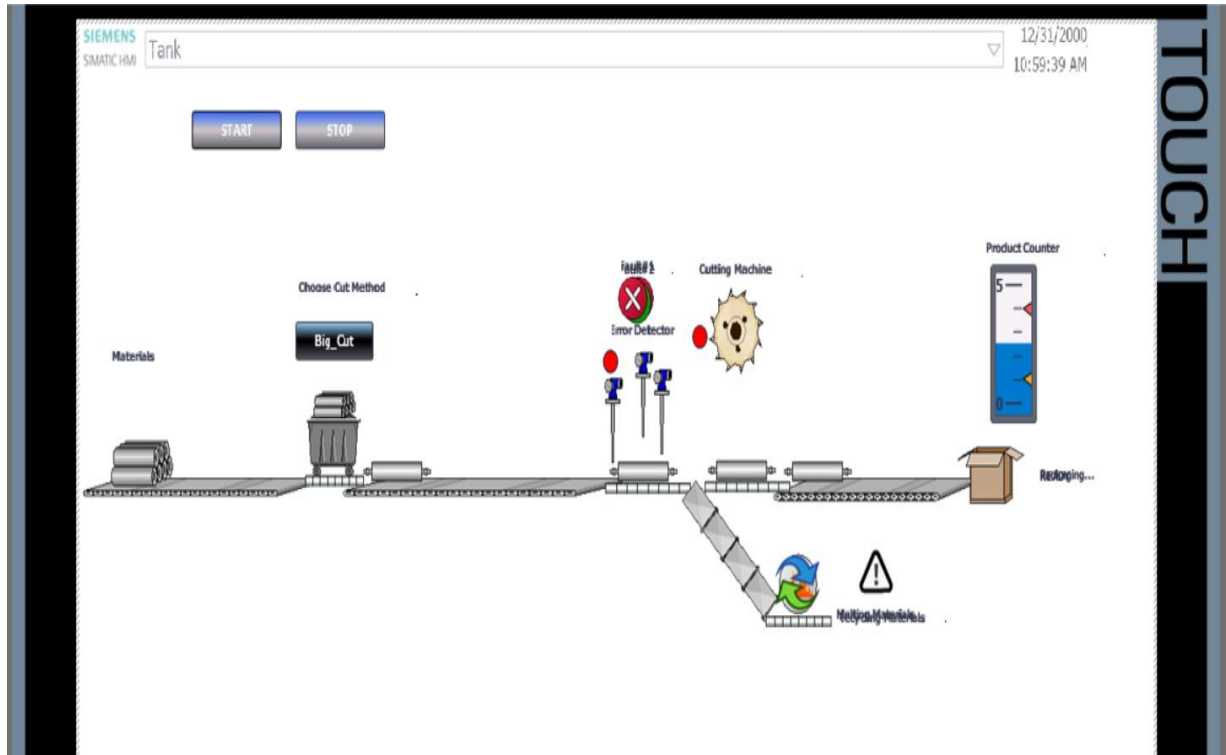
Εικόνα 3.58: Network 1,2,3 του Conveyor Belt Block (Εφαρμογή 5)



Εικόνα 3.59: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 5)

Το παραπάνω Graphic Sequence αποτελεί την αλληλουχία βημάτων που ακολουθούνται για να επιτευχθεί ο σκοπός της εφαρμογής. Ένα ένα τα βήματα και διακλαδώσεις αντιστοιχούν στη διαδικασία που περιεγράφηκε παραπάνω .Η αλληλουχία αυτή βημάτων και διακλαδώσεων περιλαμβάνει όλες τις πιθανές περιπτώσεις τις οποίες η εφαρμογή καλύπτει.

3.5.4. Human-Machine Interface (HMI)



Εικόνα 3.60: HMI Cutting Machine Process

Σ' αυτή την οθόνη φαίνεται η αρχική εικόνα που βλέπει ο χειριστής πριν αρχίσει να λειτουργεί το πρόγραμμα ώστε να εκκινήσει η διαδικασία της ταινία παραγωγής των προϊόντων .

HMI tags						
Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	
BIG_Cut	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Tank_1	
Big_Cut_Button	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Big_Cut	
Cutting_Machine_ON	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Machine_ON	
Detecting	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Detecting	
Dimensions_Dimension_x	HMI tags	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Dimensions.Dimension_x	
Dimensions_Dimension_y	HMI tags	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Dimensions.Dimension_y	
Dimensions_Dimension_z	HMI tags	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Dimensions.Dimension_z	
error_1	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Error_1_appearance	
error_2	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Error_2_appearance	
Materials	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Materials	
Melting_Materials	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Melting_Materials	
Move1	HMI tags	Int	<internal tag>		<Undefined>	
Move2	HMI tags	Int	<internal tag>		<Undefined>	
Move3	HMI tags	Int	<internal tag>		<Undefined>	
Move4	HMI tags	Int	<internal tag>		<Undefined>	
Move5	HMI tags	Int	<internal tag>		<Undefined>	
Package_DONE	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Package_Done	
Packaging	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Packaging	
Product_Count	HMI tags	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Product_Count	
Recycle_small	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Recycle_Small	
SMALL_Cut	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Tank_1	
Small_Cut_Button	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Small_Cut	
START	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Start_Button	
STOP	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Stop_Button	
Tag_ScreenNumber	HMI tags	UInt	<internal tag>		<Undefined>	
Transfer_materials_before_cut	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Transfer_Materials_Befor...	
Transfer_Package	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Transfer_Package	

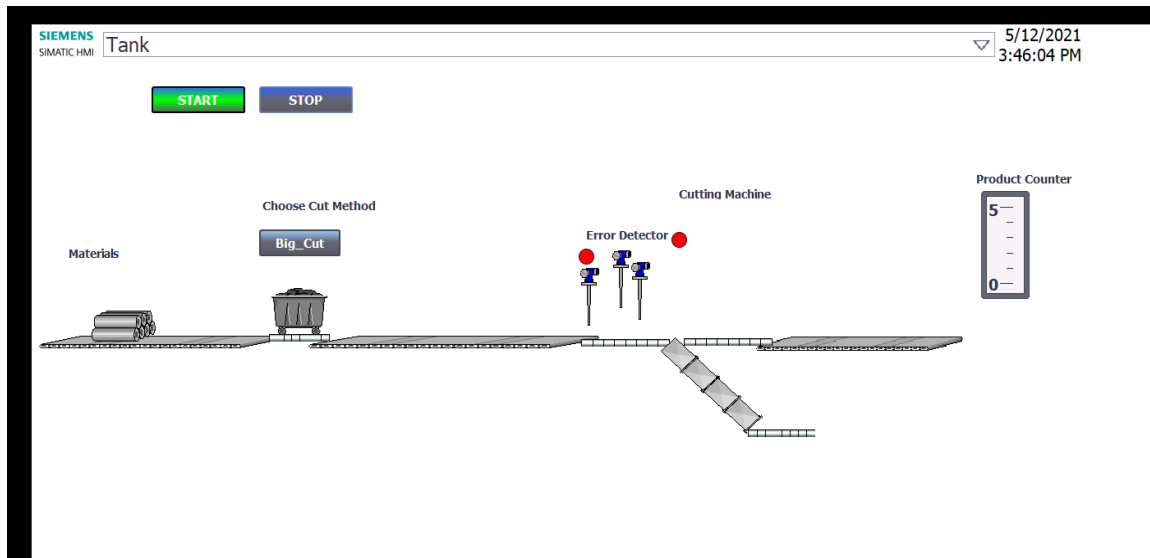
Εικόνα 3.61: Πίνακας σύνδεση HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 5)

3.5.5. Προσομοίωση

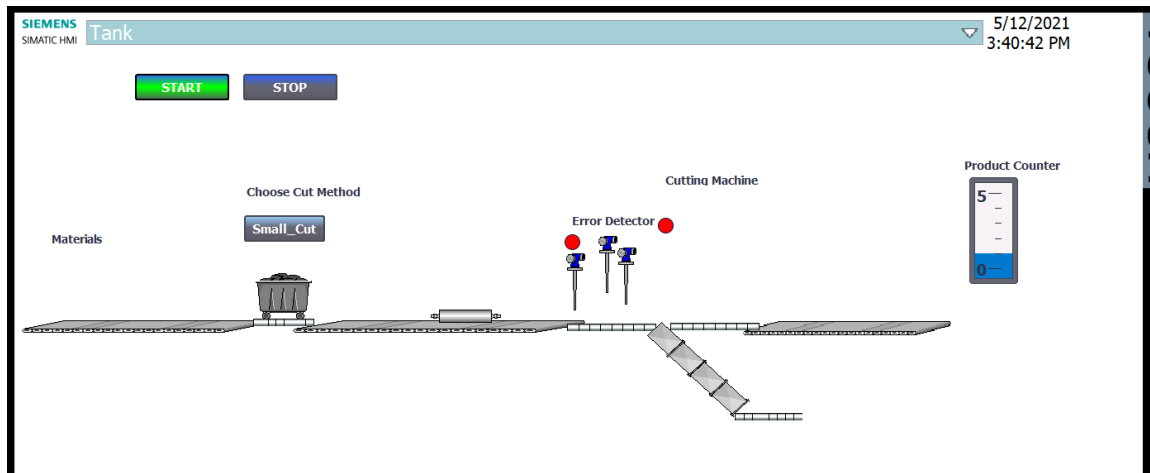
SIM table_1							
Name	Address	Display format	Monitor/Modify value	Bits	Consistent modify		Con
*Start_Button...	%I0.1:P	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Stop_Button:P	%I0.2:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Error#1:P	%I0.3:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Error#2.1:P	%I0.4:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Error#2.2:P	%I0.5:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Error#2.3:P	%I0.6:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Small_Cut:P	%I1.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Big_Cut:P	%I1.1:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Sequencer_Faul...	%I0.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
RESET:P	%I2.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Conveyor_Start...	%Q0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Conveyor_Start...	%Q0.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Product_Count	%MW20	DEC+/-	0		0	<input type="checkbox"/>	
Packaging	%M0.7	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Package_Done	%M0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Materials	%M0.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Machine_ON	%M0.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
X_Value	%MW2	DEC+/-	0		0	<input type="checkbox"/>	
Y_Value	%MW4	DEC+/-	0		0	<input type="checkbox"/>	
Z_Value	%MW6	DEC+/-	0		0	<input type="checkbox"/>	
*Melting_Materia...	%M1.7	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Tank_1	%M1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Recycle_Small	%M1.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Detecting	%M1.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Conveyor_Direc...	%M0.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Conveyor_Start...	%M0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Conveyor_Drive...	%M0.2	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
Transfer_Package	%M1.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Error_1_appeara...	%M1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Error_2_appeara...	%M1.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	
*Transfer_Materi...	%M2.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	<input type="checkbox"/>	

Εικόνα 3.62: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 5)

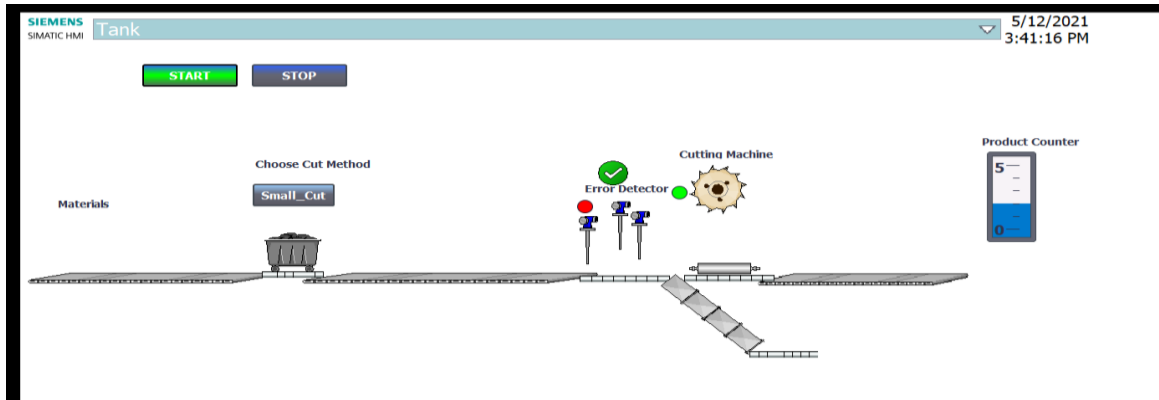
Όπως και στις προηγούμενες εφαρμογές, στον πίνακα αυτό φαίνονται οι τιμές των PLC Tags κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Μάλιστα ο συγκεκριμένος πίνακας μοιάζει ουσιαστικά στον αντίστοιχο της πρώτης εφαρμογής. Παρακάτω παραθέτονται ορισμένα στιγμιότυπα από την προσομοίωση. Η προσομοίωση θα υπάρχει ολόκληρη σαν αρχείο συνημμένο στο αρχείο της εργασίας.



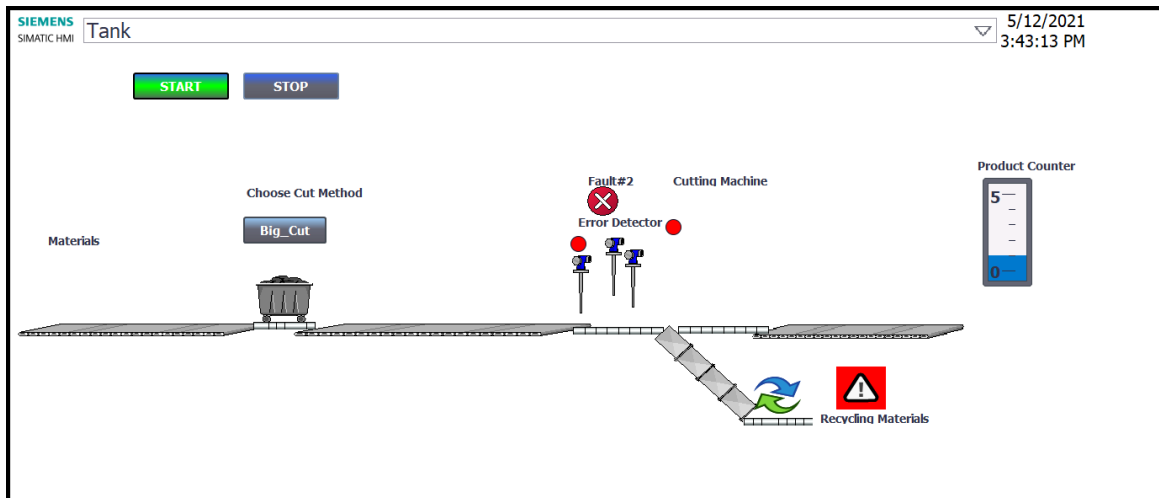
Εικόνα 3.63: Πρώτη φάση της προσομοίωσης (Εφαρμογή 5)



Εικόνα 3.64: Δεύτερη φάση της προσομοίωσης (Εφαρμογή 5)



Εικόνα 3.65: Τρίτη φάση της προσομοίωσης (Εφαρμογή 5)



Εικόνα 3.66: Τέταρτη φάση της προσομοίωσης (Εφαρμογή 5)

Στην πρώτη εικόνα, βλέπουμε ότι η ταινία έχει μόλις αρχίσει να λειτουργεί, και οι πρώτες ύλες μετακινούνται προς το σημείο επιλογής μεγέθους κοπής.

Στην δεύτερη εικόνα, έχει επιλεγεί ,για παράδειγμα είδος κοπής που αφορά το μικρό μέγεθος και το προϊόν μετακινείται προς τους αισθητήρες σφαλμάτων.

Στην τρίτη εικόνα, έχουμε ένα στιγμιότυπο που αναπαριστά την περίπτωση που δεν υπάρχει κάποιο σφάλμα και το προϊόν είναι έτοιμο να κοπεί.

Ενώ στην τελευταία εικόνα έχουμε ένα στιγμιότυπο που αναπαριστά την περίπτωση που υπάρχει κάποιο σφάλμα και συγκεκριμένα σφάλμα για κοπή μεγάλου μεγέθους, οπότε και το προϊόν οδηγείται σε άλλη κατεύθυνση προς ανακύκλωση.

3.6 Εφαρμογή 6

3.6.1. Περιγραφή της εφαρμογής

Η 6^η κατά σειρά εφαρμογή αποτελεί μια προσομοίωση γεμίσματος και αδειάσματος δεξαμενής νερού σε ένα Υδροηλεκτρικό εργοστάσιο. Από μία φυσική πηγή έχουμε την κάθοδο ποσότητας νερού η οποία καταλήγει σε μία δεξαμενή. Ο έλεγχος της στάθμης της δεξαμενής γίνεται μέσω δύο αντλιών, μίας πρωτεύουσας και μίας δευτερεύουσας, οι οποίες λειτουργούν για να αποβάλλουν ελεγχόμενη ποσότητα νερού για να περάσει σε επόμενη διαδικασία στον ΥΗΣ .

Πιο συγκεκριμένα όταν η φυσική πηγή αυξάνει την στάθμη της δεξαμενής με έναν ρυθμό 5% ανά δευτερόλεπτο (για λόγους προσομοίωσης) .Όταν η στάθμη βρίσκεται πάνω από 80% στην δεξαμενή έχουμε κίνδυνο υπερχείλισης στην δεξαμενή και γι' αυτό λειτουργούν ταυτόχρονα και οι δύο αντλίες οι οποίες αφαιρούν ποσότητα νερού που αντιστοιχεί στο 10% της δεξαμενής ,σε χρόνο ένα δευτερόλεπτο. Στην περίπτωση που η στάθμη βρεθεί μεταξύ των ορίων 50-80% τότε λειτουργεί , χωρίς κίνδυνο υπερχείλισης , μόνο η πρωτεύουσα δεξαμενή και μειώνει την ποσότητα του νερού με ρυθμό 6% ανά δευτερόλεπτο. Αυτή η μείωση αποσκοπεί στην εξισορρόπηση της στάθμης της δεξαμενής περίπου στο 50%. Αν η στάθμη βρίσκεται μεταξύ 20-50% ο ελεγκτής σταματάει την λειτουργία της πρώτης αντλίας έτσι ώστε η στάθμη να φτάσει σε επιθυμητό επίπεδο. Κάτω από 20% ένα μήνυμα υποχείλισης εμφανίζεται στην οθόνη.

Προφανώς οι ρυθμοί αύξησης και μείωσης είναι ενδεικτικοί για λόγους προσομοίωσης. Η εφαρμογή έχει δημιουργηθεί με Graphic sequence όπου θα φανεί στην συνέχεια και στο σχήμα αναδεικνύονται όλες οι πιθανές περιπτώσεις που περιεγράφηκαν πιο πάνω.

3.6.2. Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν

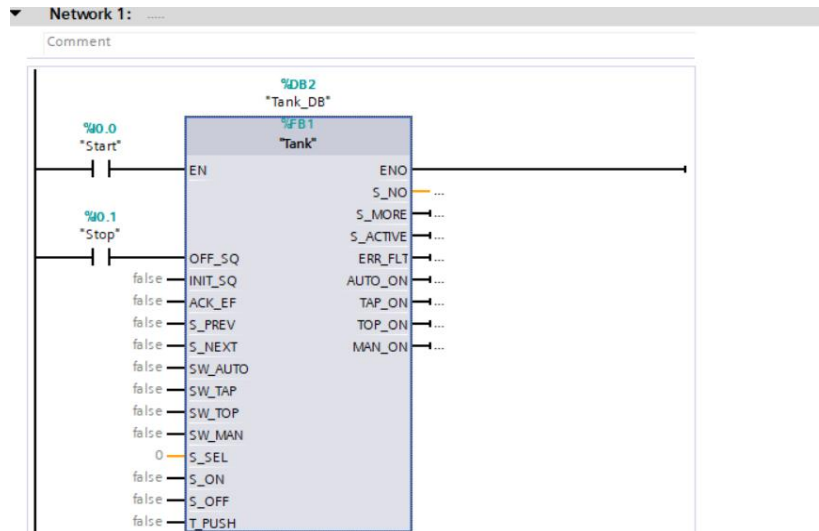
PLC tags										
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervis...	Comment
1	Current_Tank_Level	Tank_Level	Int	%MW12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Τρέχον επίπεδο στάθμης
2	Pump_1_ON	Tank_Level	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λειτουργία πρωτεύουσας αντλίας
3	Pump_2_ON	Tank_Level	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Λειτουργία δευτερεύουσας αντλίας
4	Natural_Source	Tank_Level	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Άνοδος της στάθμης απο φυσική ροή
5	Alert_Overflow	Tank_Level	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Υπερχείλιση Δεξαμενής
6	Alert_Underflow	Tank_Level	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σήμα χαμηλής στάθμης
7	Underflow	Tank_Level	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Χαμηλή στάθμη
8	Starting_Tank	Tank_Level	Int	%IW2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Εκκίνηση της βαλβίδας δεξαμενής
9	Start	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μπουτόν Εκκίνησης
10	Stop	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Μπουτόν ΣΤΟΠ

Εικόνα 3.67: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 6)

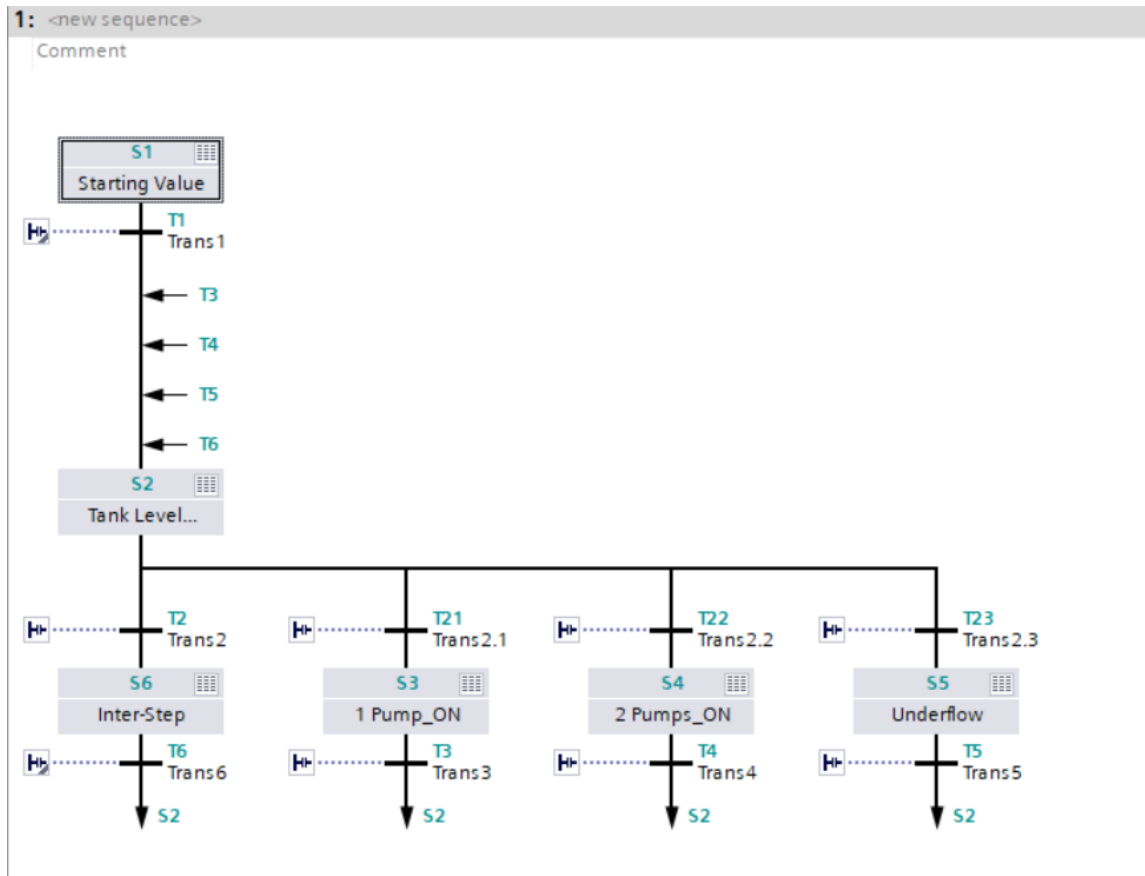
Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν και οι λειτουργίες τους (στα σχόλια) για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Η λειτουργία τους φαίνεται πιο ξεκάθαρα στη σχηματική αναπαράσταση του Graphic sequence.

3.6.3. Program Blocks

Επίσης η 6^η εφαρμογή (όπως και η 1^η, 2^η και 5^η) εκτελείται με την χρήση του πολύ χρήσιμου εργαλείου Graphic sequence. Το main block αποτελείται από το ίδιο το Function Block της γραφικής αναπαράστασης γραμμένης σε γλώσσα GRAPH, και είναι το εξής:



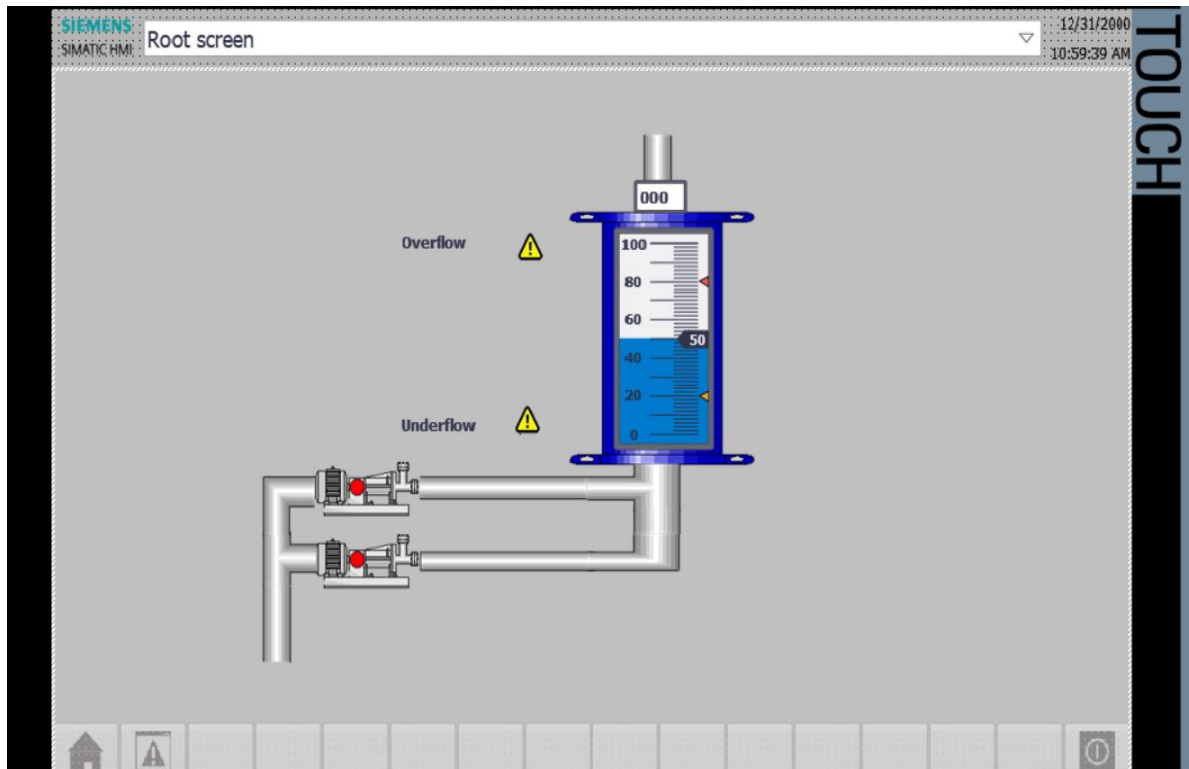
Εικόνα 3.68: Network 1 του Main Block (Εφαρμογή 6)



Εικόνα 3.69: Προεπισκόπηση του Graph Sequence (Εφαρμογή 5)

Στην σχηματική απεικόνιση της αλληλουχίας βημάτων φαίνονται όλες οι περιπτώσεις γεμίματος και αδειάσματος της δεξαμενής. Για παράδειγμα πριν από κάθε transition (μετάβαση) μετά το δεύτερο βήμα υπάρχουν λογικές πύλες που επιτρέπουν την μετάβαση στο εκάστοτε βήμα σύμφωνα με τις περιπτώσεις στάθμης που περιεγράφηκαν ήδη. Μετά από τα βήματα 3,4,5,6 η αλληλουχία μεταφέρεται πριν από το βήμα 2 και επαναλαμβάνεται η διαδικασία.

3.6.4. Human-Machine Interface (HMI)



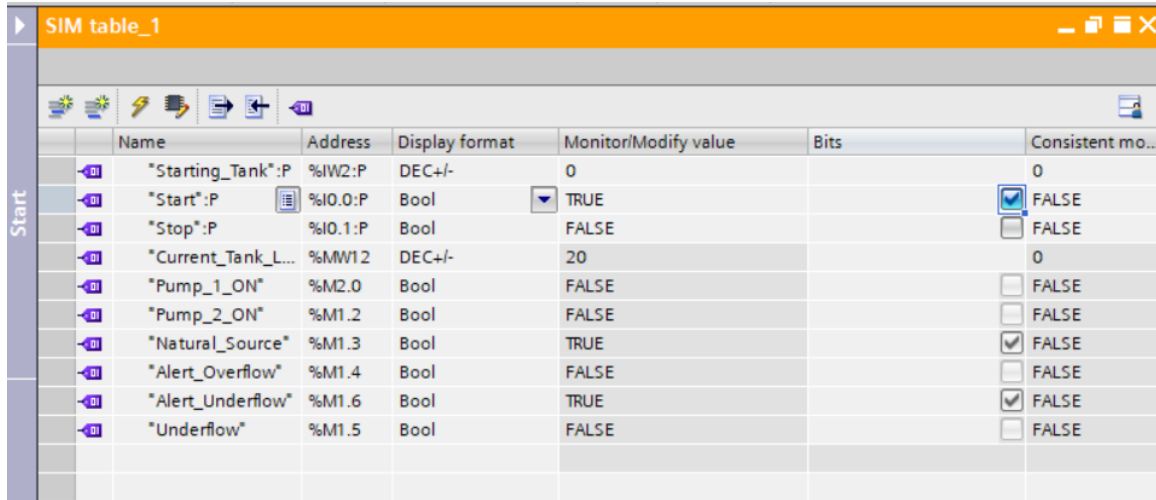
Εικόνα 3.70: HMI Tank Level Control

Σ' αυτή την οθόνη φαίνεται η αρχική εικόνα που βλέπει ο χειριστής πριν αρχίσει να λειτουργεί το πρόγραμμα ώστε να εκκινήσει η διαδικασία της ταινία παραγωγής των προϊόντων .

HMI tags						
Name ▲	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	
Alert_Overflow	HMI Tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Alert_Overflow	
Alert_Underflow	HMI Tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Alert_Underflow	
Current_Level_Value	HMI Tags	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Current_Tank_Level	
Natural_Source	HMI Tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Natural_Source	
Pump_1_ON	HMI Tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump_1_ON	
Pump_2_ON	HMI Tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump_2_ON	
Tag_ScreenNumber	HMI Tags	UInt	<Internal tag>		<Undefined>	

Εικόνα 3.71: Πίνακα σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 6)

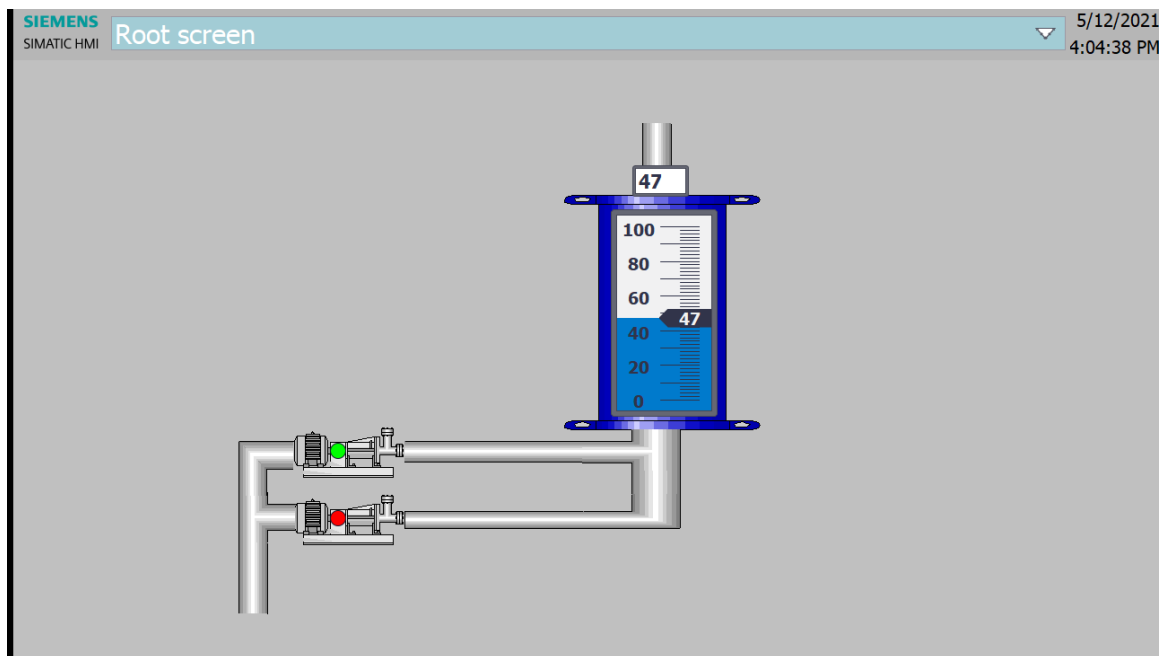
3.6.5. Προσομοίωση



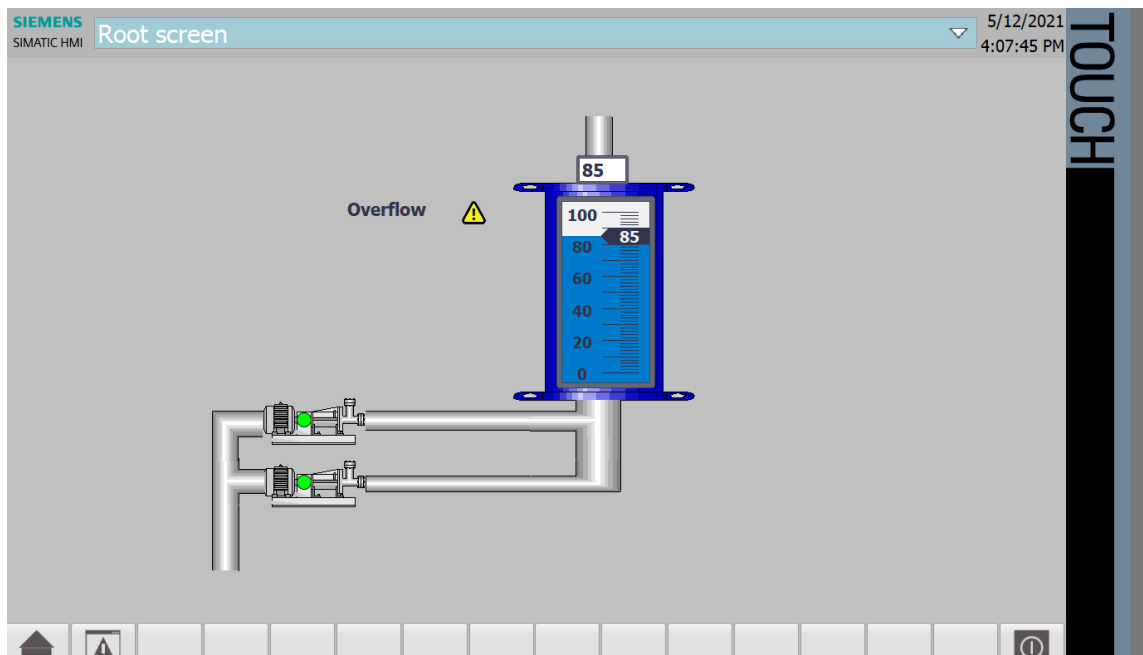
Name	Address	Display format	Monitor/Modify value	Bits	Consistent mo...
"Starting_Tank":P	%IW2:P	DEC+/-	0		0
"Start":P	%IO.0:P	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Stop":P	%IO.1:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Current_Tank_L...	%MW12	DEC+/-	20		0
"Pump_1_ON"	%M2.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Pump_2_ON"	%M1.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Natural_Source"	%M1.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Alert_Overflow"	%M1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Alert_Underflow"	%M1.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Underflow"	%M1.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE

Εικόνα 3.72: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 6)

Όπως και στις προηγούμενες εφαρμογές, στον πίνακα αυτό φαίνονται οι τιμές των PLC Tags κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Παρακάτω παραθέτονται ορισμένα στιγμιότυπα από την προσομοίωση. Η προσομοίωση θα υπάρχει ολόκληρη σαν αρχείο συνημμένο στο αρχείο της εργασίας.



Εικόνα 3.73: Λειτουργία μιας αντλίας κατά την προσομοίωση



Εικόνα 3.74: Λειτουργία μιας αντλίας κατά την προσομοίωση

Κατά την πρώτη εικόνα έχουμε ένα στιγμιότυπο όπου η στάθμη βρισκόταν στο 53% και έτσι με την λειτουργία της κύρια αντλίας η στάθμη κατεβαίνει στο 47%.

Κατά την δεύτερη εικόνα έχουμε ένα άλλο στιγμιότυπο όπου η στάθμη βρίσκεται στο 85% και έτσι λειτουργούν και οι 2 αντλίες ,καθώς και μία σήμανση για υπερχειλίση έχει εμφανιστεί στην οθόνη.

3.7 Εφαρμογή 7

3.7.1. Περιγραφή της εφαρμογής

Η 7^η κατά σειρά εφαρμογή προσομοιώνει ολόκληρη την λειτουργία ενός ανελκυστήρα. Ο ελεγκτής PLC στην συγκεκριμένη εφαρμογή έχει προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργεί έναν ανελκυστήρα τριών ορόφων. Οι κλήσεις του ανελκυστήρα γίνονται είτε μέσα από την καμπίνα είτε απ' έξω (από τα κουμπιά δηλαδή που υπάρχουν σε κάθε όροφο. Αναλυτικότερα στοιχεία για την λειτουργία του προγράμματος που έχει γίνει σε Organization αλλά και Function Blocks σε γλώσσα LAD υπάρχουν στην ενότητα Program Blocks. Ουσιαστικά με μια αλληλουχία από πύλες NO και NC, καθώς και πολλών Timer Blocks και Coils ,η διαδικασία της κλήσης της καμπίνας και της μετακίνησης της στους ορόφους όπως και η διατήρηση της προτεραιότητας κλήσης των ορόφων η εφαρμογή είναι πλήρως λειτουργική.

3.7.2. Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν

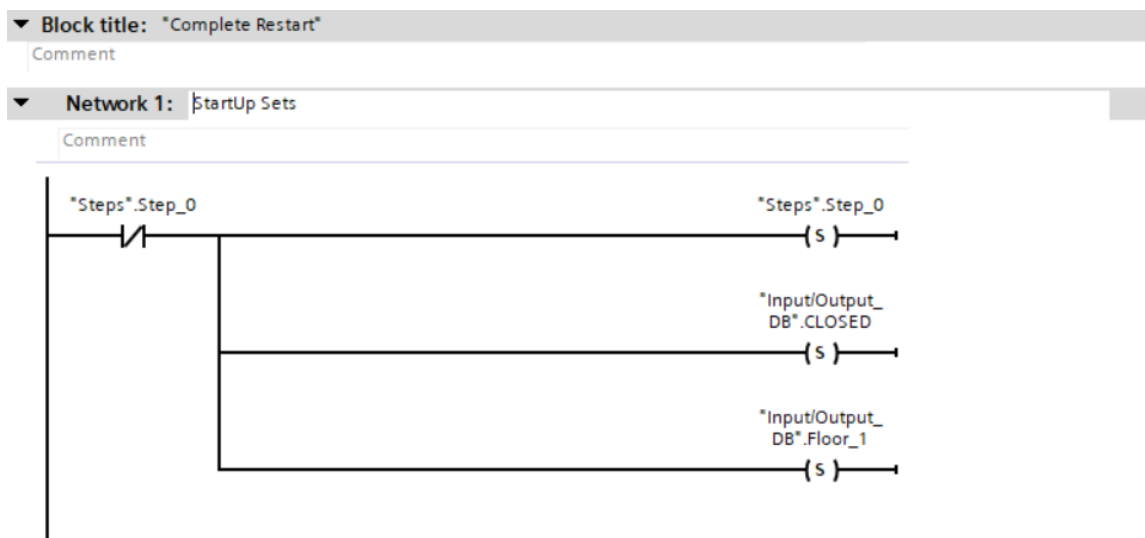
PLC tags										
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervis...	Comment
1	Clock_Byte	Default tag table	Byte	%MB0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	Clock_10Hz	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Clock_5Hz	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Clock_2.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Clock_2Hz	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Clock_1.25Hz	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	Clock_1Hz	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	Clock_0.625Hz	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	Clock_0.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Animation(Word)	Elevator Tags	Word	%MW6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	Tag_1	Elevator Tags	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Tags for positive Trigger
12	Tag_2	Elevator Tags	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Tags for positive Trigger
13	Tag_3	Elevator Tags	Int	%MW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Tags for positive Trigger
14	Tag_4	Elevator Tags	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Tags for positive Trigger
15	Tag_5	Elevator Tags	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Tags for positive Trigger
16	Tag_6	Elevator Tags	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Tags for positive Trigger
17	STOP	Elevator Tags	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	Alarm	Elevator Tags	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βοηθητικές μεταβλητές για HMI
19	Alarm_Set	Elevator Tags	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βοηθητικές μεταβλητές για HMI
20	stop_button	Elevator Tags	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βοηθητικές μεταβλητές για HMI
21	Alarm_Button	Elevator Tags	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Βοηθητικές μεταβλητές για HMI

Εικόνα 3.75: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 7)

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα PLC tags που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή. Ωστόσο δεν είναι όλες οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για τον προγραμματισμό της εφαρμογής. Οι υπόλοιπες μεταβλητές με τις ετικέτες τους βρίσκονται χωρισμένα σε κατάλληλα Data Blocks, με σκοπό την καλύτερη διαχείριση τους στα OBs και FCs, που παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα του κεφαλαίου.

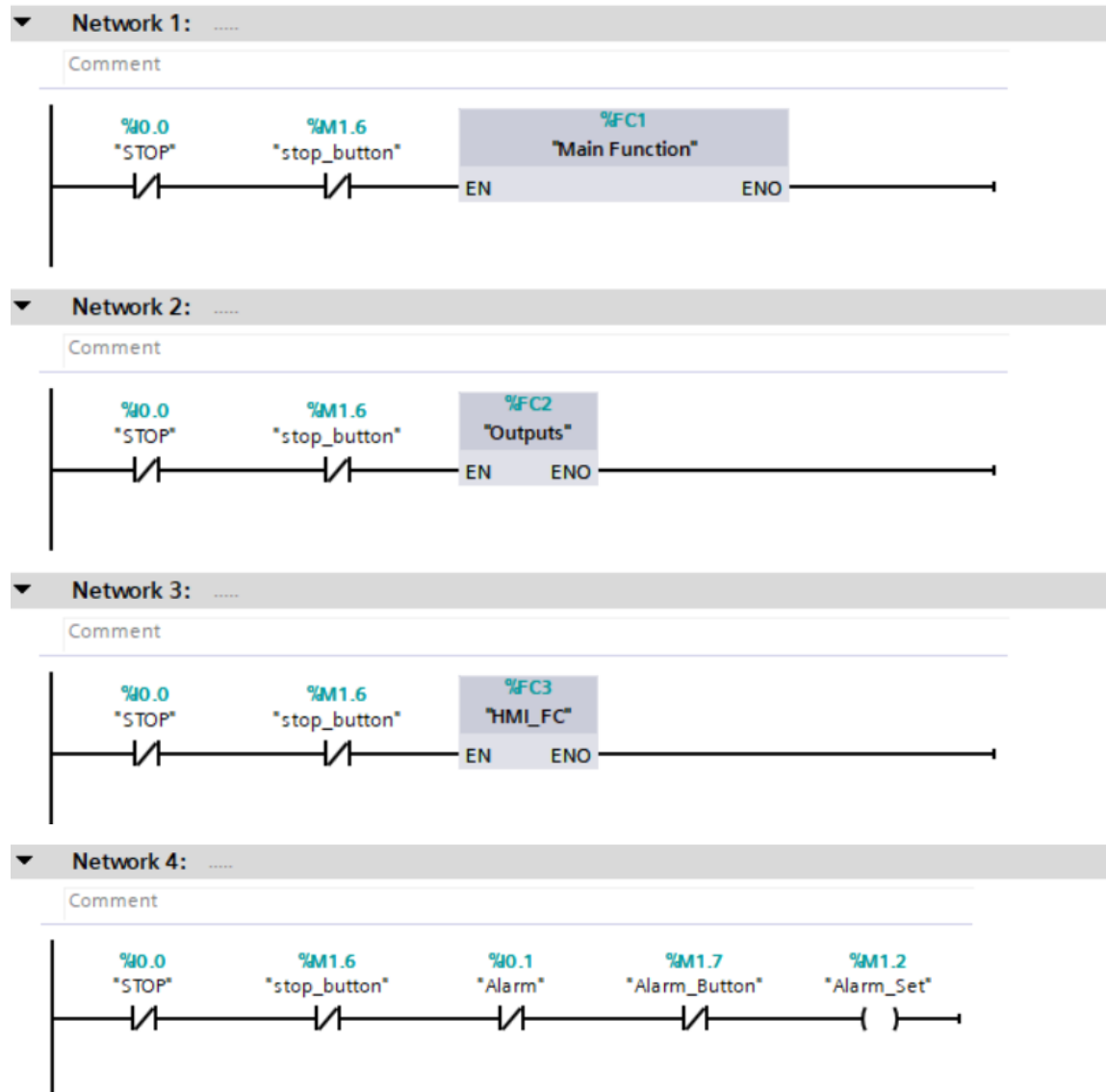
3.7.3. Program Blocks

Παρακάτω παρατίθενται όλα τα Blocks προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή.



Εικόνα 3.76: Startup Block (Εφαρμογή 7)

Αυτό το μπλοκ πρόκειται για ένα OB και συγκεκριμένα ένα Startup Block το οποίο αρχικοποιεί της τιμές των μεταβλητών Boolean μόνο μία φορά κατά την αρχή του προγράμματος ,δίνοντας τους άσο για να μπορέσει να ξεκινήσει η λειτουργία της εφαρμογής.



Εικόνα 3.77: Main Block (Εφαρμογή 7)

Η παραπάνω εικόνα δείχνει το Main Block της 7ης εφαρμογής το οποίο μας δείχνει ότι δίνει λειτουργία στα αντίστοιχα Functions της εφαρμογής εφόσον τα μπουτόν ΣΤΟΠ το επιτρέπουν. Έτσι μπορούν να λειτουργήσουν και οι FC1, FC2, FC3. Οι τοπολογίες τους θα φανούν στις επόμενες εικόνες αφού όμως πρώτα παρουσιαστούν τα Data Blocks μεταβλητών που αφορούν το κάθε ένα Function.

Steps										
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervis...	Comment
1	▼ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	Step_0	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Initiate
3	Step_1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		#1 Close Door(1)
4	Step_2	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		#2 Down Elevator(2->1)
5	Step_3	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		#3 Open Door(all)
6	Step_4	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		#4 Close Door (2)
7	Step_5	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		#5 Down Elevator(3->2)
8	Step_6	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		#6 Up Elevator (1->2)
9	Step_7	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		#7 Close Door (3)
10	Step_8	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		#8 Up Elevator (2->3)

Εικόνα 3.78: Steps Data Block

HMI_DB										
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervis...	Comment
1	▼ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	F1_Open_Door	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Άνοιγμα πόρτας στον όροφο 1
3	F12_Open_Door	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Άνοιγμα πόρτας στον όροφο 2
4	F13_Open_Door	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Άνοιγμα πόρτας στον όροφο 3
5	F11_Closed_Door	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Κλείσιμο πόρτας στον όροφο 1
6	F12_Closed_Door	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Κλείσιμο πόρτας στον όροφο 2
7	F13_Closed_Door	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Κλείσιμο πόρτας στον όροφο 3
8	Current_Level	USInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Επίπεδο καμπίνας

Εικόνα 3.79: HMI Data Block

Input/Output_DB										
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervis...	Comment
1	▼ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	Floor_1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cab is currently at Floor 1
3	Floor_2	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cab is currently at Floor 2
4	Floor_3	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cab is currently at Floor 3
5	OPEN	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cab door is open
6	CLOSED	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cab Door is closed
7	Call_Button_1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cab is called at level 1
8	Call_Button_2	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cab is called at level 2
9	Call_Button_3	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cab is called at level 3
10	Up_Direction	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Κατεύθυνση προς τα πάνω
11	Down_Direction	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Κατεύθυνση προς τα κάτω
12	Open_Door	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Άνοιγμα Πόρτας
13	Close_Door	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Κλείσιμο πόρτας

Εικόνα 3.80: Input/output Data Block

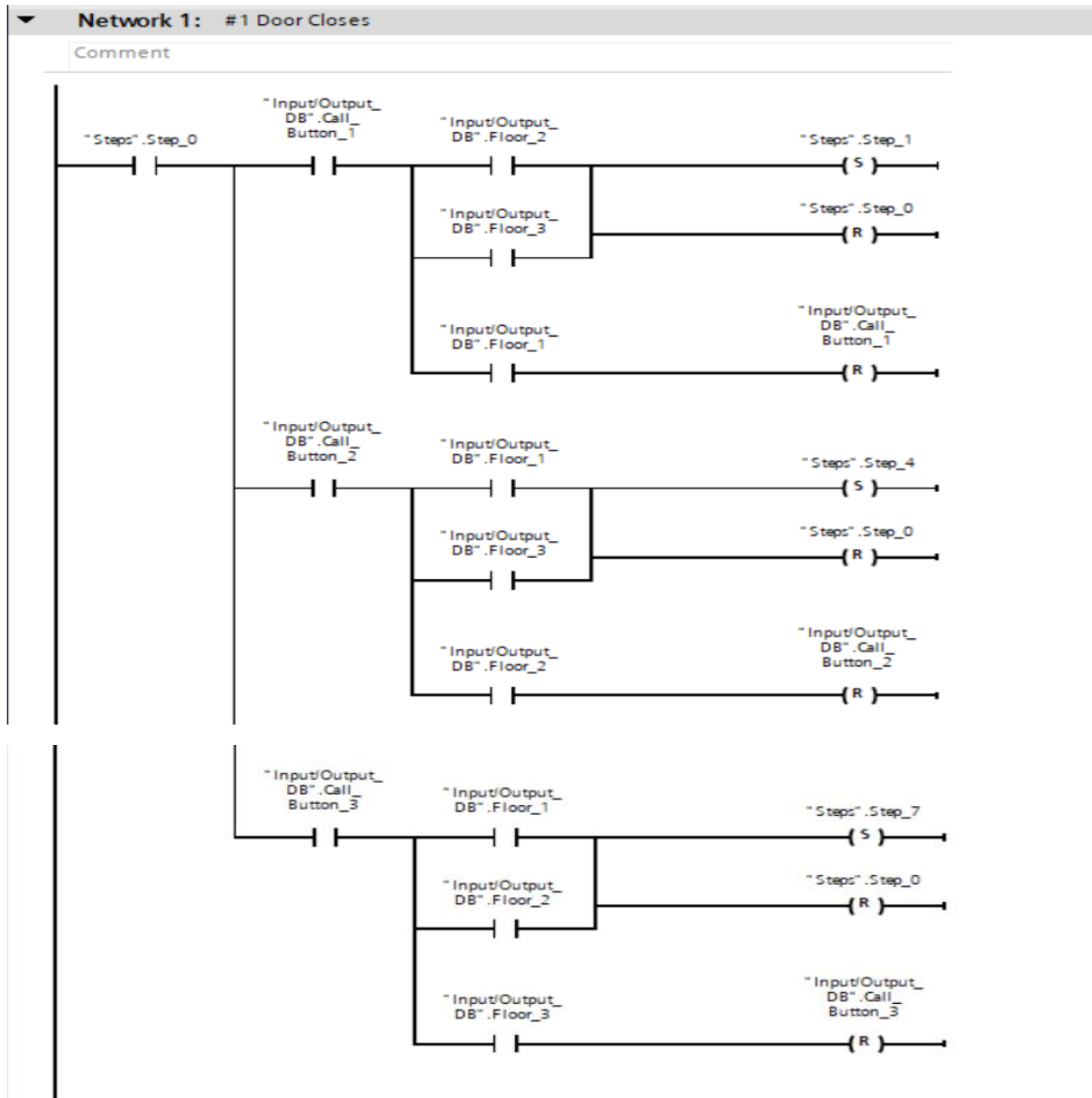
Τα παραπάνω Data Blocks είναι χωρισμένα με κατάλληλο τρόπο για την σωστή δόμηση του προγράμματος. Σε κάθε ένα φέρεται ο τίτλος που εξηγεί ποιες μεταβλητές αφορά και κάθε μεταβλητή εξηγείται για την λειτουργία της στον σχολιασμό της.

Το πρώτο μπλοκ κατά σειρά αφορά την διαδικασία μετακίνησης του ανελκυστήρα και μόνο με Boolean μεταβλητές και κατάλληλες αλληλουχίες λογικών πυλών επιτυγχάνεται αυτή η λειτουργία όπως θα φανεί και στα παρακάτω μπλοκς.

Το δεύτερο μπλοκ κατά σειρά αφορά τις μεταβλητές που συνδέονται άμεσα με την λειτουργία της προσομοίωσης και του γραφικού περιβάλλοντος HMI.

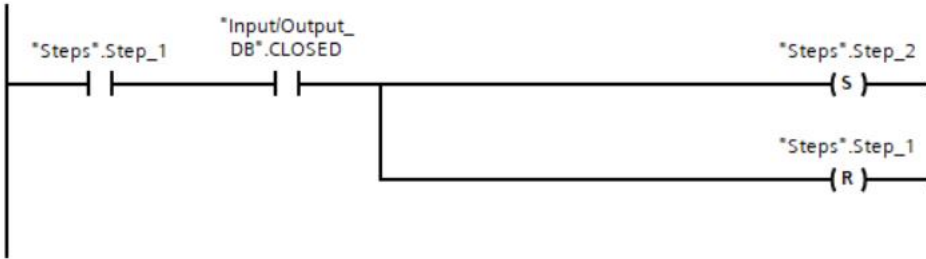
Τέλος το τελευταίο μπλοκ κατά σειρά περιέχει όλες τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου και την χρήση τους, που φαίνεται στους σχολιασμούς.

Παρακάτω παρατίθενται όλος ο προγραμματισμός για κάθε Function, όπου σε κάθε Network αυτών ο ενδεικτικός τίτλος αντιπροσωπεύει την εκάστοτε λειτουργία του Network.



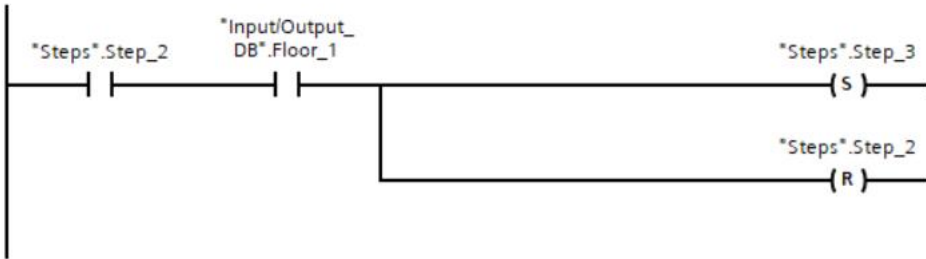
▼ **Network 2: #2 Down Elevator**

Comment



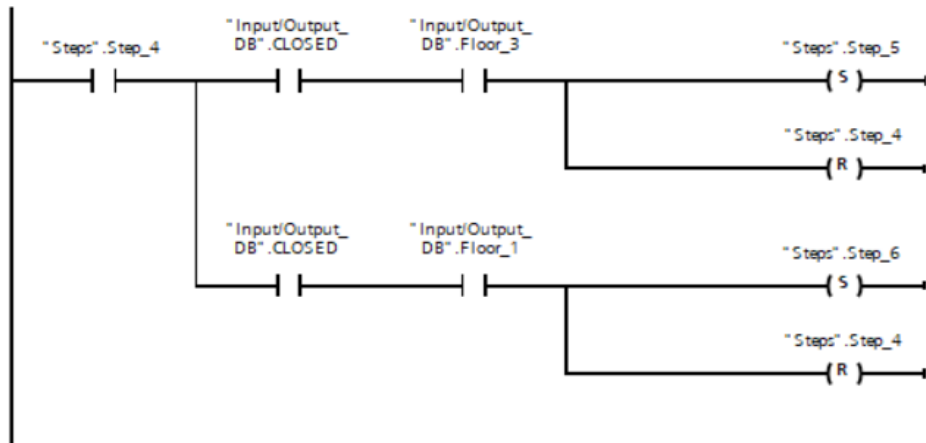
▼ **Network 3: #3 Open Door**

Comment



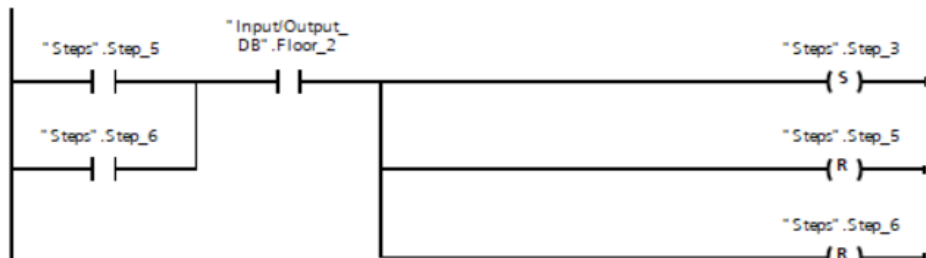
▼ **Network 4: #5 Down Elevator**

Comment



▼ **Network 5: #3 Open Door**

Comment



▼ **Block title:** OUTPUTS

Comment

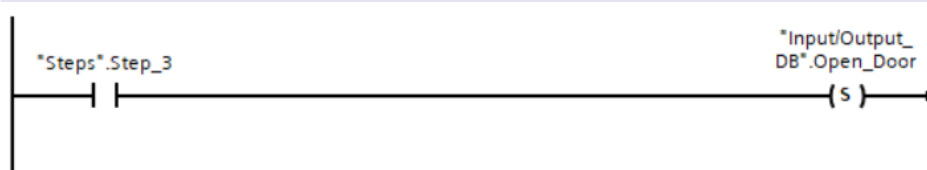
▼ **Network 1:** Event: Closing Door

Comment



▼ **Network 2:** Event: Opening Door

Comment



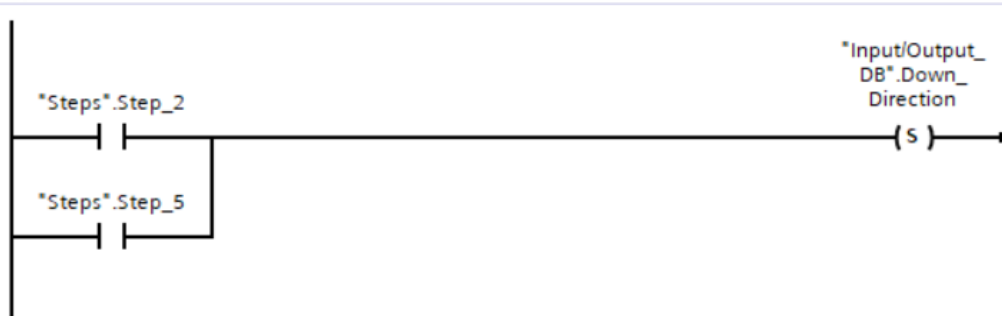
▼ **Network 3:** Event: Cab does an Up Movement

Comment



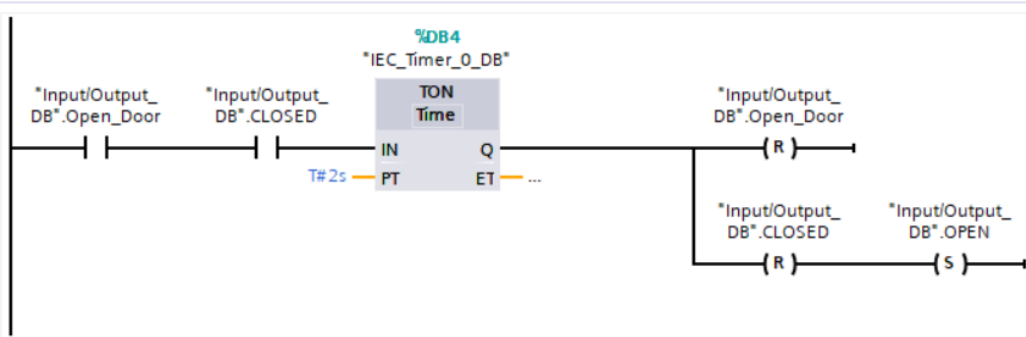
▼ **Network 4:** Event: Cab does a Down Movement

Comment



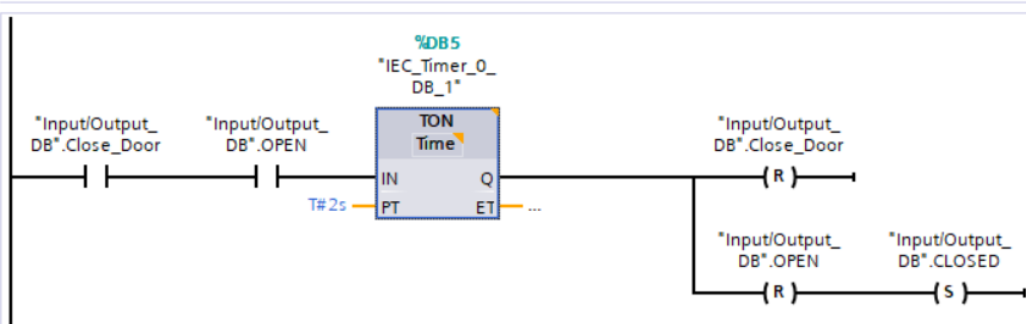
▼ **Network 5: RESET: Open Door**

Comment



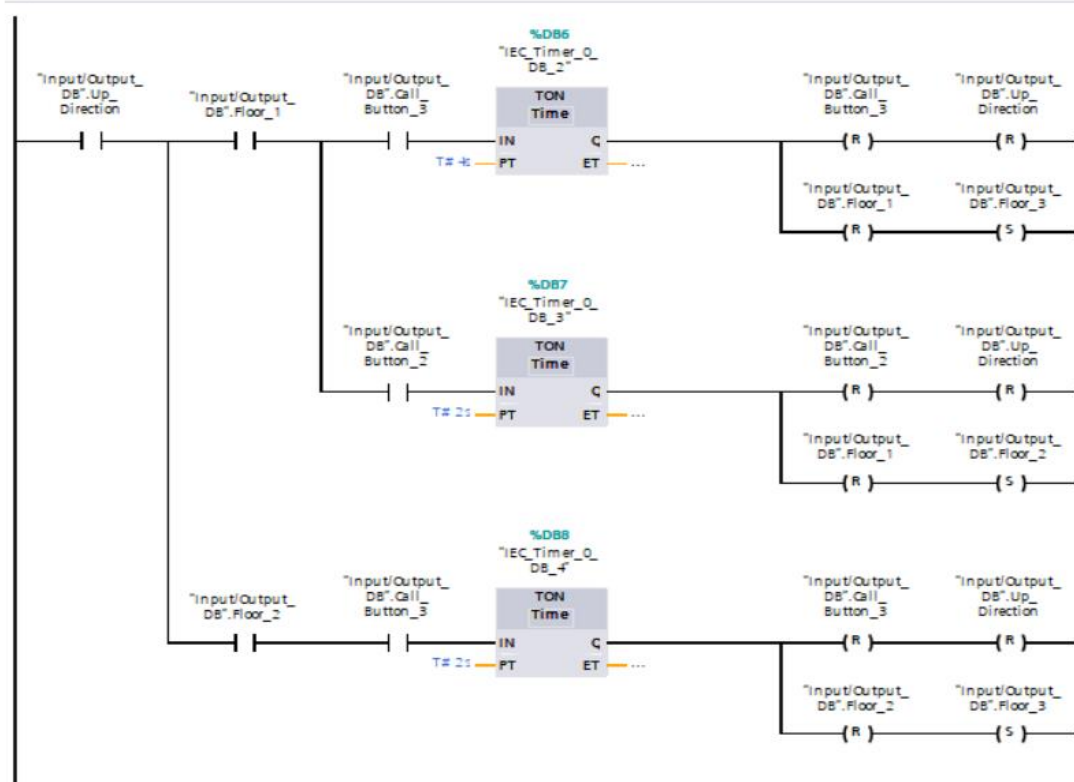
▼ **Network 6: RESET: Close Door**

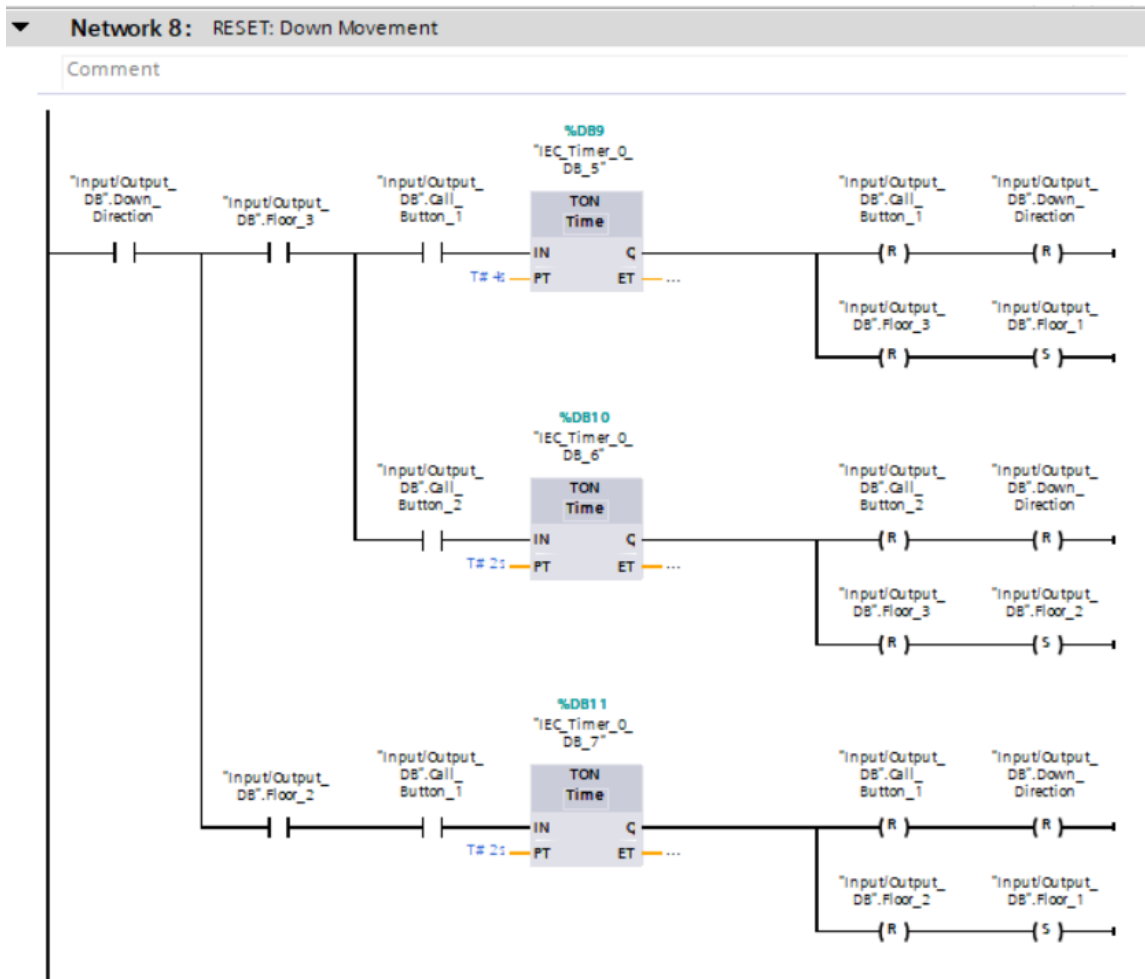
Comment



▼ **Network 7: RESET: Up Movement**

Comment



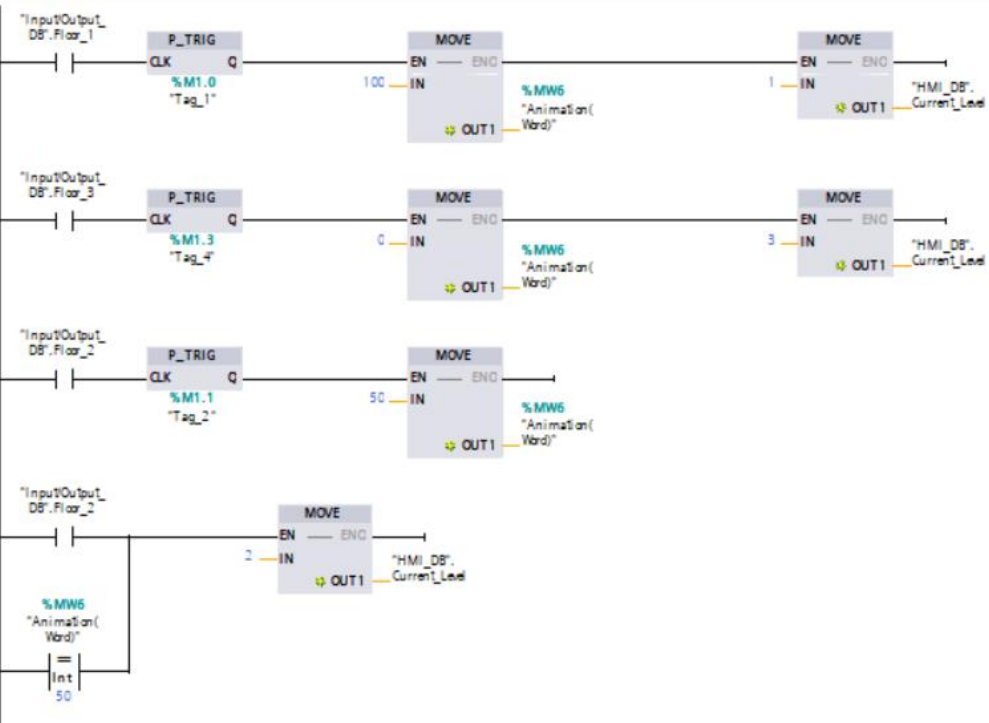


Εικόνα 3.82: Inputs/Outputs Function (Εφαρμογή 7)

Στα παραπάνω Networks έχουμε την πλήρη λειτουργία ανοίγματος και κλεισίματος της πόρτας της καμπίνας του ανελκυστήρα με απλές εντολές σε Lad. Το κάθε Network αντιπροσωπεύει και την εκάστοτε κίνηση της πόρτας, και η κάθε λειτουργία φέρεται στον τίτλο της. Όλες οι περιπτώσεις για κάθε λειτουργία της πόρτας σε κάθε όροφο καλύπτονται. Μάλιστα χρησιμοποιούνται αρκετά Timer blocks για την σωστή λειτουργία της πόρτας σε κάθε όροφο και σε κάθε κλήση. Από την παραλληλία των sets και resets στις μεταβλητές που αφορούν το άνοιγμα και το κλείσιμο βλέπουμε πώς επιτυγχάνεται η σωστή ροή της λειτουργίας καθώς αυτό το ενδεχόμενο καλύπτεται για κάθε όροφο, ανάλογα την κλήση από όροφο που πραγματοποιείται με τις αντίστοιχες μεταβλητές Input.

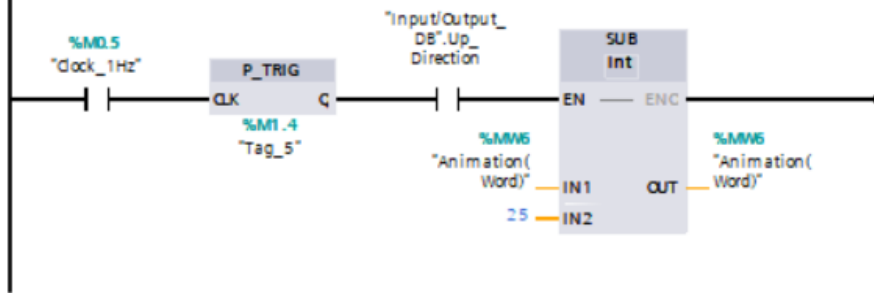
Network 1: Movement between Levels

Comment



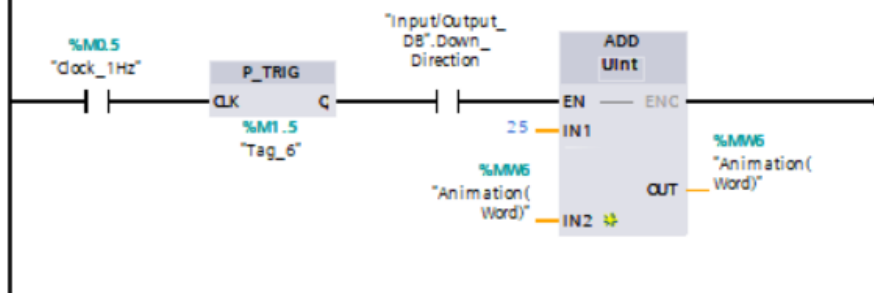
Network 2: Elevator Up Movement

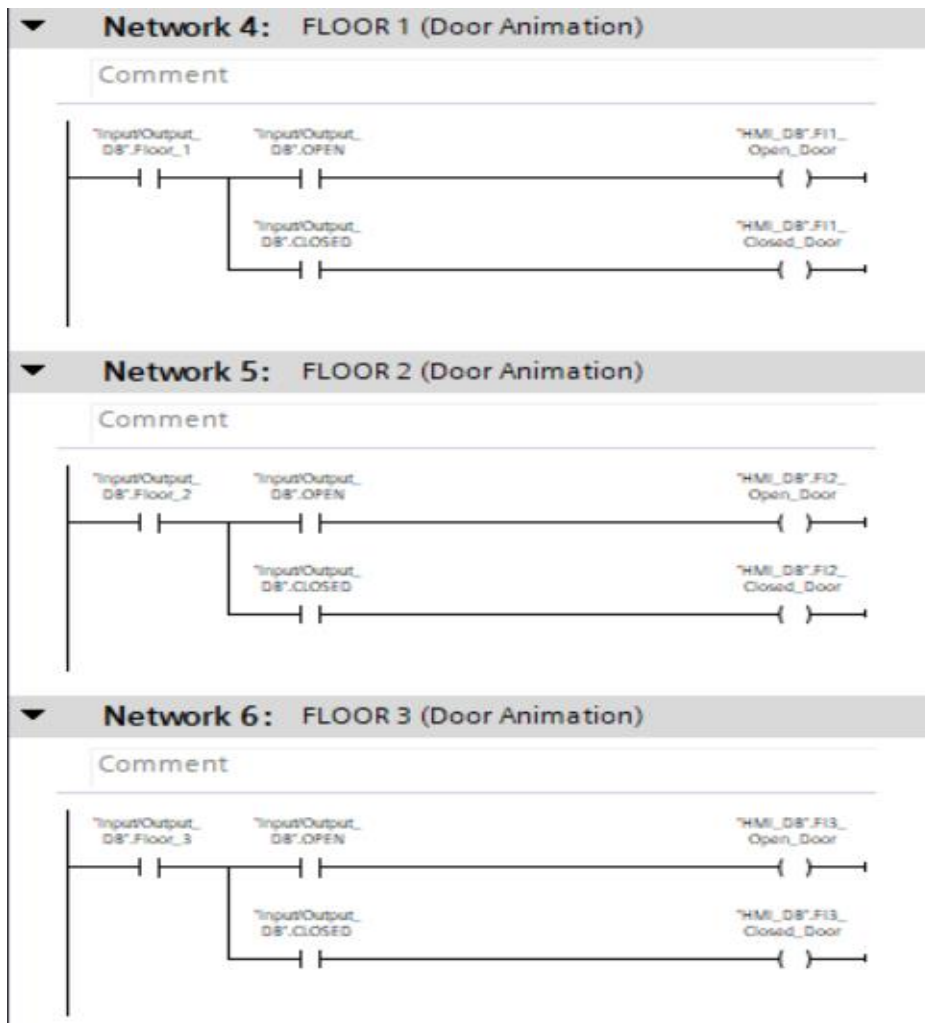
Comment



Network 3: Elevator Down Movement

Comment

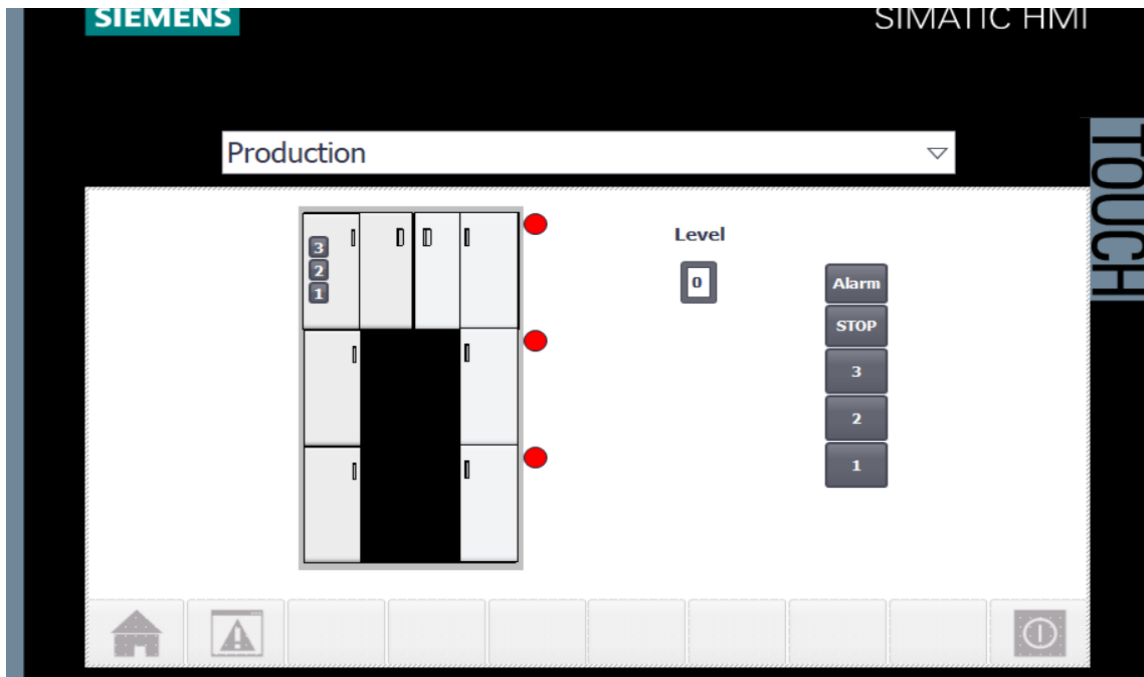




Εικόνα 3.83: HMI Function (Εφαρμογή 7)

Στα παραπάνω Networks του HMI Function έχουμε την διαδικασία λειτουργίας των γραφικών HMI για να έχουμε οπτική επαφή μέσω της προσομοίωσης με το πρόγραμμά μας. Οι μεταβλητές αυτές συνδέονται άμεσα με τις αντίστοιχες HMI tags. Η λειτουργία αυτών καλύπτει όλα τα ενδεχόμενα στην προσομοίωση.

3.7.4. Human-Machine Interface (HMI)



Εικόνα 3.84: HMI Elevator

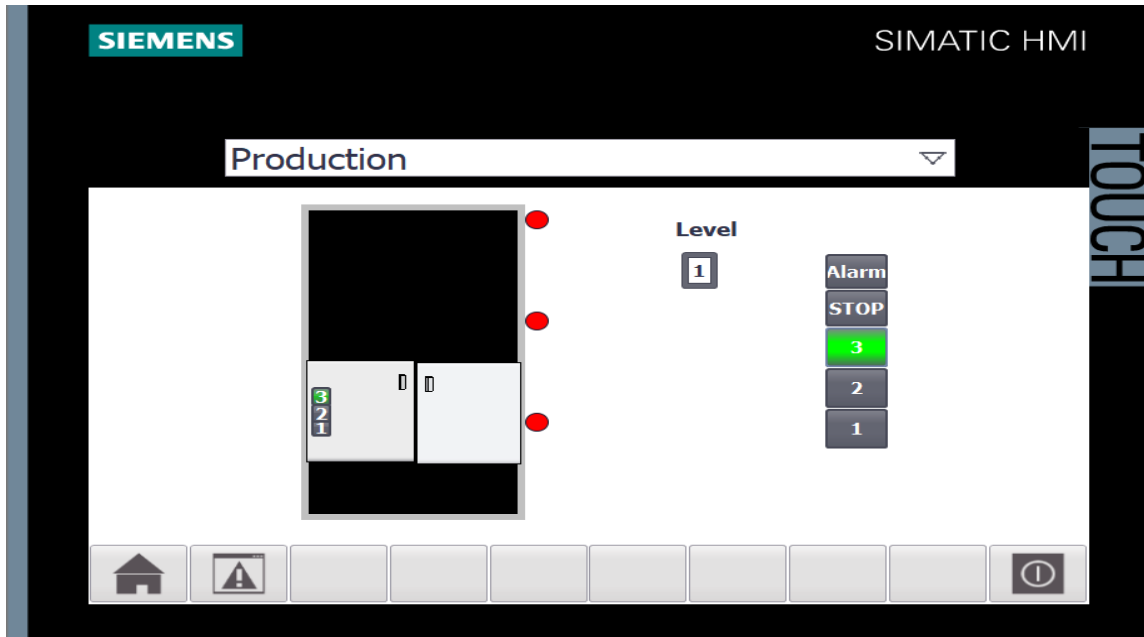
Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η αρχική οθόνη δημιουργίας της γραφικής αναπαράστασης πριν την λειτουργία της.

HMI tags						
Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	
ALARM	Default tag table	Bool	HMI_Conne...	PLC_1	Alarm_Button	
Animation_Cab	Default tag table	Word	HMI_Connectio...	PLC_1	*Animation(Word)*	
Call_Button_1	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Call_B...	
Call_Button_2	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Call_B...	
Call_Button_3	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Call_B...	
Current_Level	Default tag table	USInt	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI_DB.Current_Level	
Down_Movement	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Down...	
Fl1_Close_Doors	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI_DB.Fl1_Closed_Door	
Fl1_Open_Doors	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI_DB.Fl1_Open_Door	
Fl2_Close_Doors	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI_DB.Fl2_Closed_Door	
Fl2_Open_Doors	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI_DB.Fl2_Open_Door	
Fl3_Close_Doors	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI_DB.Fl3_Closed_Door	
Fl3_Open_Doors	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI_DB.Fl3_Open_Door	
Floor_1	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Floor_1	
Floor_2	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Floor_2	
Floor_3	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Floor_3	
Input.CLOSED	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.CLOS...	
Input.OPEN	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.OPEN	
Output.Close_Doors	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Close...	
Output.Open_Doors	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Open...	
STOP	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	stop_button	
Tag_ScreenNumber	Default tag table	UInt	<Internal tag>		<Undefined>	
Up_Movement	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Input/Output_DB*.Up_Di...	

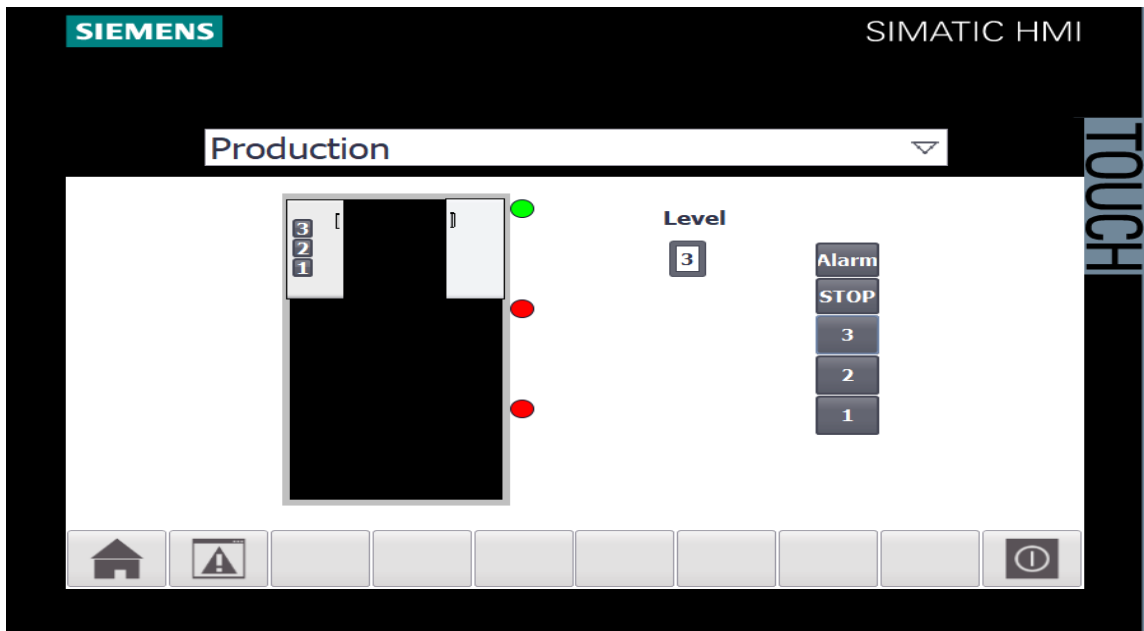
Εικόνα 3.85: Πίνακα σύνδεσης HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 7)

3.7.5. Προσομοίωση

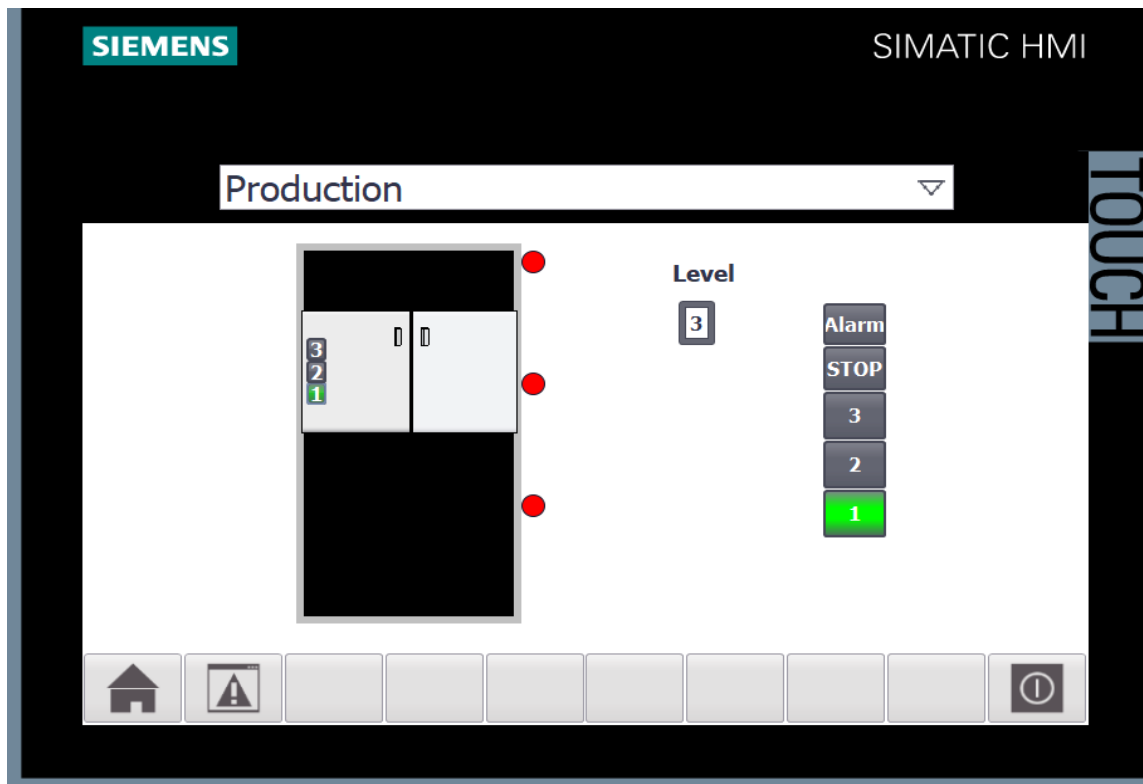
Παρακάτω φαίνονται μερικά στιγμιότυπα από την προσομοίωση που αναπαριστούν διάφορες φάσεις μετακίνησης και κλήσης του ανελκυστήρα.



Εικόνα 3.86: Στιγμιότυπο 1 Προσομοίωσης (Εφαρμογή 7)



Εικόνα 3.87: Στιγμιότυπο 2 Προσομοίωσης (Εφαρμογή 7)



Εικόνα 3.88: Στιγμιότυπο 3 Προσομοίωσης (Εφαρμογή 7)

Στο πρώτο στιγμιότυπο ο ανελκυστήρας έχει κληθεί από το εξωτερικό κουμπί του 3^{ου} ορόφου και μετακινείται προς τα πάνω

Στο δεύτερο στιγμιότυπο ο ανελκυστήρας έχει φτάσει στον 3^ο όροφο και οι πόρτες του έχουν ανοίξει.

Στο τρίτο στιγμιότυπο ο ανελκυστήρας έχει κληθεί από τον 1^ο όροφο, αυτή την φορά από το κουμπί της καμπίνας και έχει κλείσει τις πόρτες του ενώ ξεκινάει να μετακινείται προς τα κάτω.

3.8 Εφαρμογή 8

3.8.1. Περιγραφή της εφαρμογής

Η 8^η εφαρμογή αφορά την λειτουργία των φαναριών σε μια διασταύρωση. Μια τυπική διασταύρωση όπου υπάρχουν φανάρια για τα οχήματα και για τους πεζούς στον κεντρικό και στον δεξιό δρόμο όπως βλέπουμε την κάτοψη της διασταύρωσης. Η λειτουργία των φαναριών της εφαρμογής ακολουθούν την λειτουργία που έχουν και στην πραγματικότητα, δηλαδή όταν για την μία μεριά της διασταύρωσης το φανάρι είναι κόκκινο για τα οχήματα τότε οι πεζοί αυτής της μεριάς έχουν πράσινο φανάρι και μπορούν να διασχίσουν τον δρόμο. Αντίθετα η άλλη μεριά της διασταύρωσης ταυτόχρονα έχει πράσινο φανάρι για τα οχήματα και κόκκινο για τους πεζούς.

Προφανώς οι χρόνοι μεταξύ των εναλλαγών των φαναριών των πεζών και τον οχημάτων είναι έτσι φτιαγμένοι στην εφαρμογή για να μην γίνεται ταυτόχρονη εναλλαγή τους, με σκοπό να προσομοιώνουν μια διασταύρωση όπως και στην πραγματικότητα.

Η εφαρμογή συνεχίζει με την συνεχή εναλλαγή της προτεραιότητας που έχουν τα οχήματα στους δύο δρόμους. Δηλαδή όταν η μία μεριά έχει κόκκινο φανάρι για τα οχήματα, τότε η άλλη μεριά έχει πράσινο φανάρι για τα οχήματα. Μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα (για τα δεδομένα της προσομοίωσης) οι ρόλοι αντιστρέφονται και η διαδικασία είναι παρόμοια με πράσινο φανάρι στην μεριά που μέχρι πρότινος είχε κόκκινο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται από την αρχή ασταμάτητα.



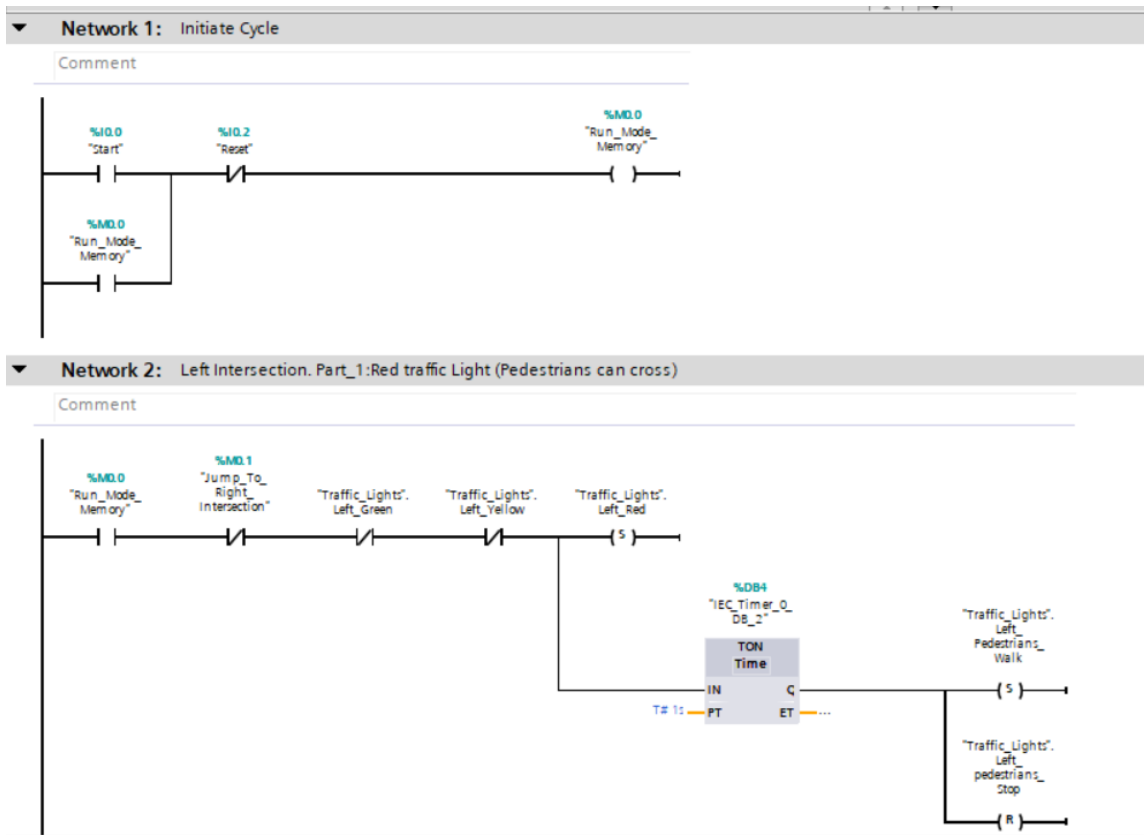
3.8.2. Πίνακας των PLC Tags που χρησιμοποιήθηκαν

PLC tags										
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervis...	Comment
1	Start	Default tag table	Bool	%IO.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Εκκίνηση εφαρμογής
2	Stop	Default tag table	Bool	%IO.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Σταμάτημα εφαρμογής
3	Reset	Default tag table	Bool	%IO.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Επαναφορά
4	Run_Mode_Memory	Default tag table	Bool	%MO.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RUN_Mode
5	Jump_To_Right_Intersection	Default tag table	Bool	%MO.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Αλλαγή λειτουργίας φαναριών
6	Repeat	Default tag table	Bool	%MO.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Επανάληψη λειτουργίας εφαρμογής

Εικόνα 3.89: Πίνακας PLC Tags (Εφαρμογή 8)

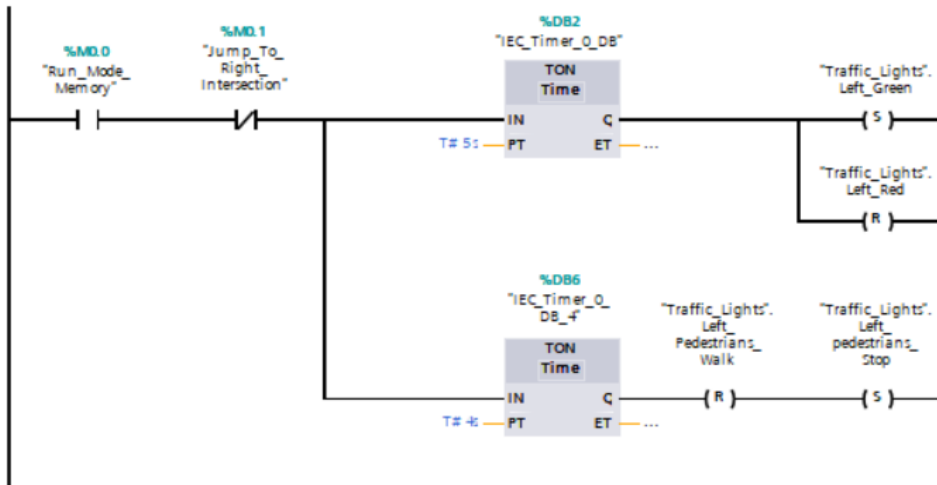
Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν και οι λειτουργίες τους (στα σχόλια) για την συγκεκριμένη εφαρμογή.

3.8.3. Program Blocks



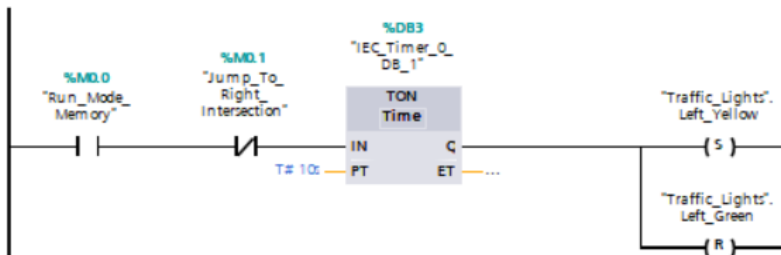
Network 3: Left Intersection. Part_2:Green traffic Light (Pedestrians can not cross)

Comment



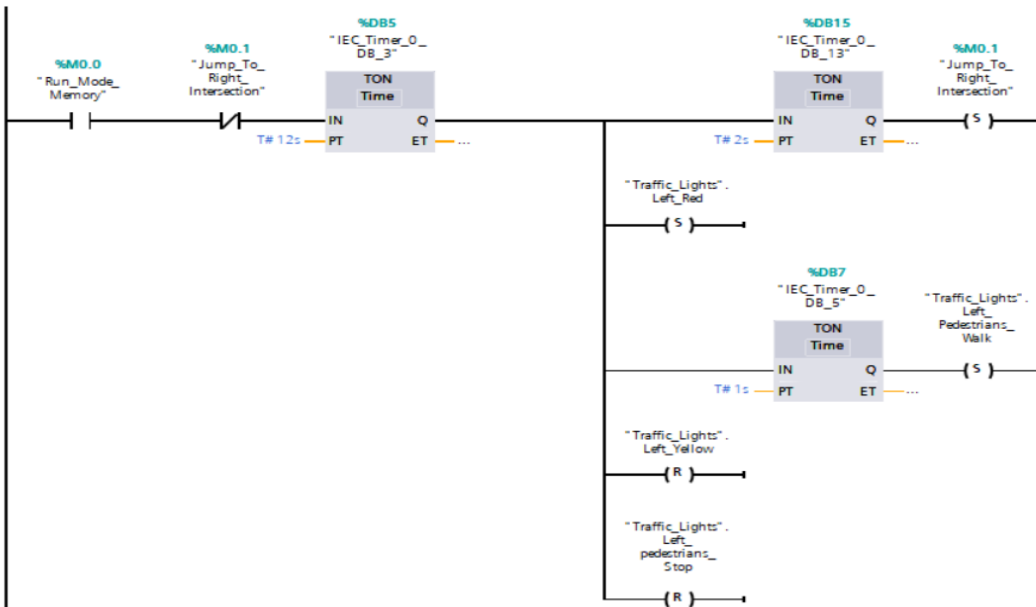
Network 4: Left Intersection. Part_3:Yellow traffic Light (Pedestrians can not cross)

Comment



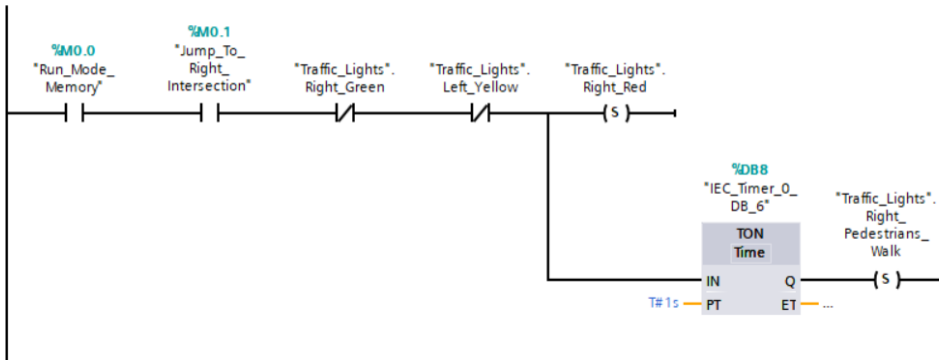
Network 5: Transition to Right Intersection

Comment



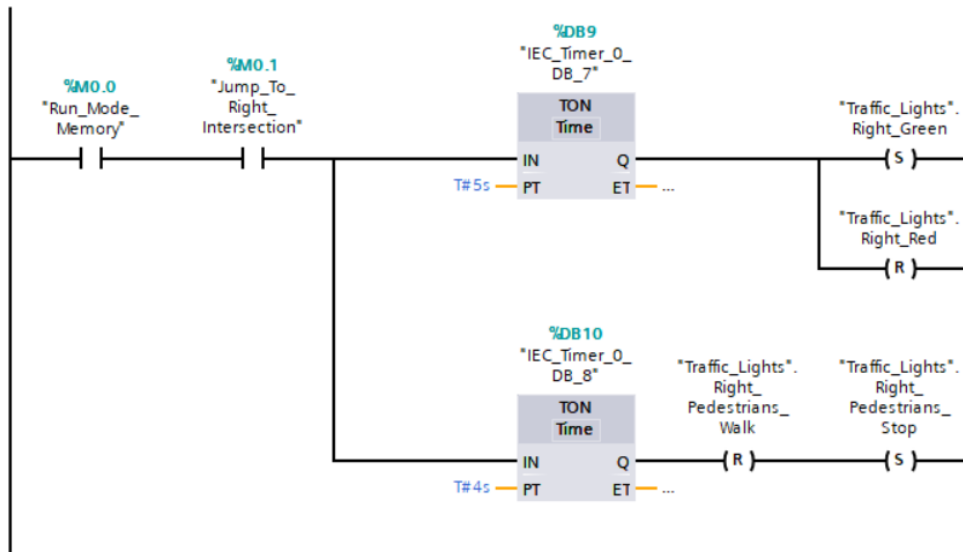
▼ **Network 6:** Right Intersection. Part_1:Red traffic Light (Pedestrians can cross)

Comment



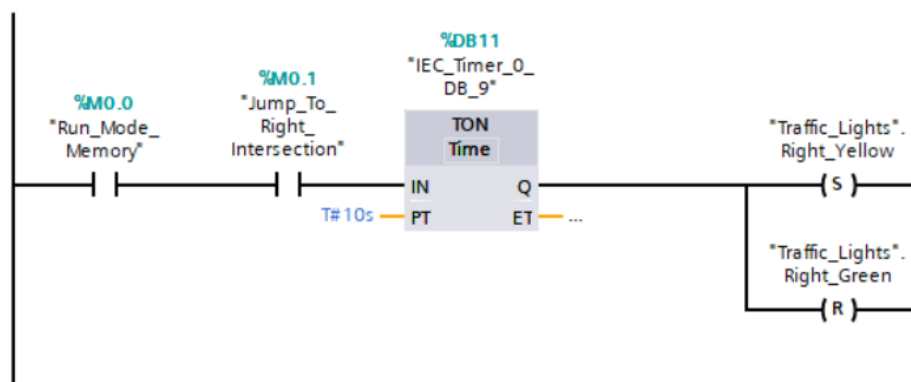
▼ **Network 7:** Right Intersection. Part_2:Green traffic Light (Pedestrians can not cross)

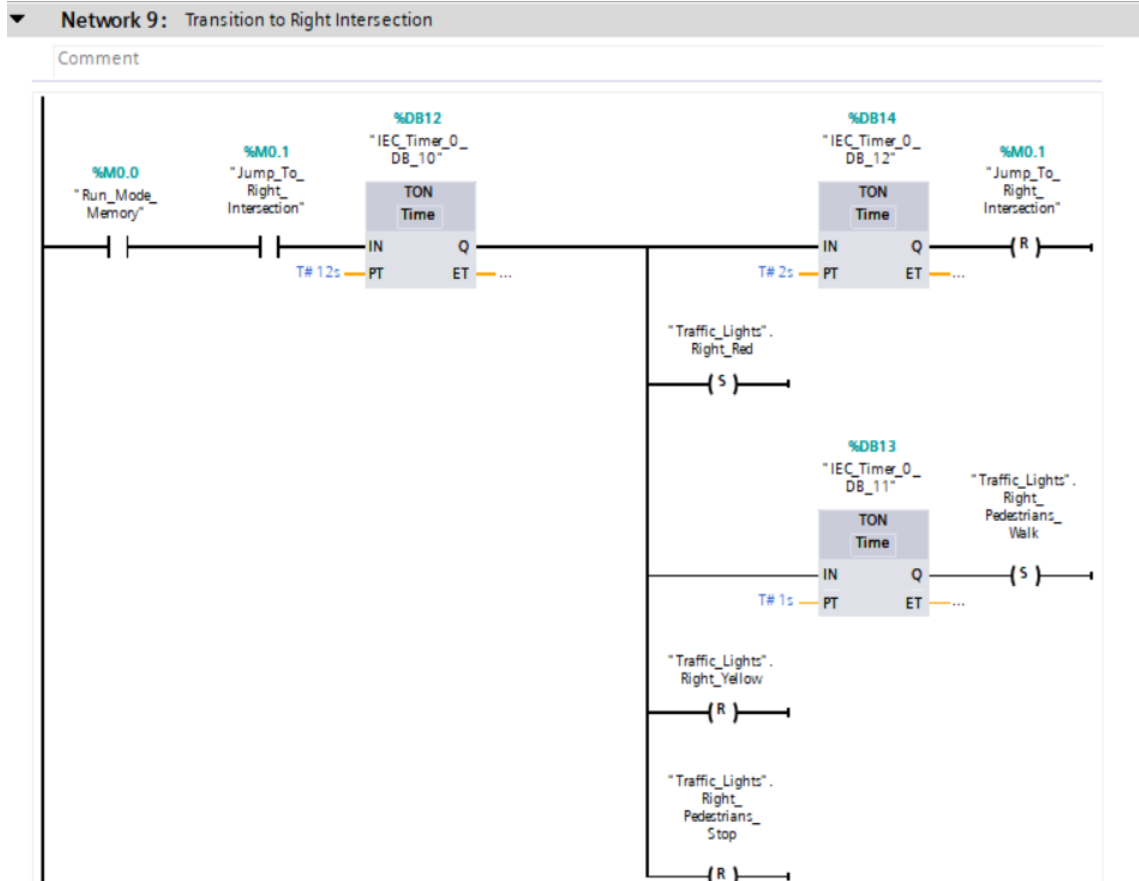
Comment



▼ **Network 8:** Right Intersection. Part_3:Yellow traffic Light (Pedestrians can not cross)

Comment





Εικόνα 3.90: Main Block (Εφαρμογή 8)

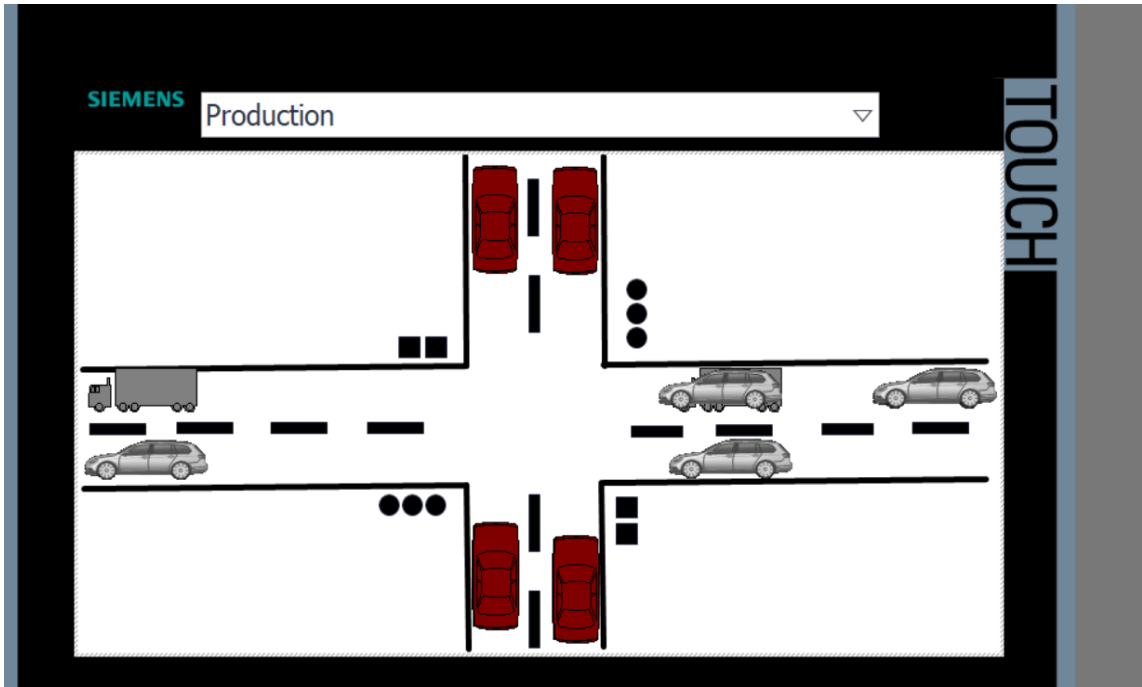
Παραπάνω φαίνεται ολόκληρο το Main Block της εφαρμογής και όλος της ο προγραμματισμός σε γλώσσα LAD. Μέσα από τις λογικές πύλες NO και NC καθώς και με την βοήθεια των Timers καταφέρνουμε να έχουμε συνοχή και μία λογική αλληλουχία μεταξύ της ενεργοποίησης ή απενεργοποίηση των φαναριών.

Παρατηρούμε ότι στα εκάστοτε Coils που αφορούν το πράσινο, το κίτρινο ή το κόκκινο φανάρι οποιασδήποτε μεριάς της διασταύρωσης έχουμε ανάλογα το συμβάν που θέλουμε να γίνει και τα ανάλογα Set ή Reset (δηλαδή ενεργοποίηση με 1 της πύλης ή απενεργοποίηση της με 0 στις λογικές μεταβλητές). Αντίστοιχη είναι και η διαδικασία για την λειτουργία των φαναριών των πεζών.

Υπάρχει επίσης μία λογική μεταβλητή που αλλάζει την τιμή της σε 1 κάθε φορά που θέλουμε το ένα μέρος της διασταύρωσης να «παγώσει» στο σημείο που είναι και το άλλο να ξεκινήσει να λειτουργεί με πρώτη της λειτουργία να ανάψει το πράσινο φανάρι στην μεριά της.

Αντίστοιχα υπάρχει και μια λογική μεταβλητή που μας ξαναμεταφέρει στην επανάληψη όλης της διαδικασίας από την αρχή για να υπάρχει μία ρεαλιστική συνοχή στην διασταύρωση της προσομοίωσης.

3.8.4. Human-Machine Interface (HMI)



Εικόνα 3.91: HMI for Double Intersection with traffic lights

HMI tags						
Name ▲	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	
Left_Green	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Left_Green	
Left_Ped_Stop	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Left_pede...	
Left_Ped_Walk	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Left_Pede...	
Left_Red	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Left_Red	
Left_Yellow	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Left_Yellow	
Movement_1	HMI tags	Int	<Internal tag>		<Undefined>	
Movement_2	HMI tags	Int	<Internal tag>		<Undefined>	
Movement_3	HMI tags	Int	<Internal tag>		<Undefined>	
Movement_4	HMI tags	Int	<Internal tag>		<Undefined>	
Movement_5	HMI tags	Int	<Internal tag>		<Undefined>	
Right_Green	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Right_Green	
Right_Ped_Stop	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Right_Pede...	
Right_Ped_Walk	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Right_Pede...	
Right_Red	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Right_Red	
Right_Yellow	HMI tags	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Traffic_Lights.Right_Yellow	
Tag_ScreenNumber	HMI tags	UInt	<Internal tag>		<Undefined>	

Εικόνα 3.92: Πίνακας σύνδεση HMI Tags με PLC Tags(Εφαρμογή 8)

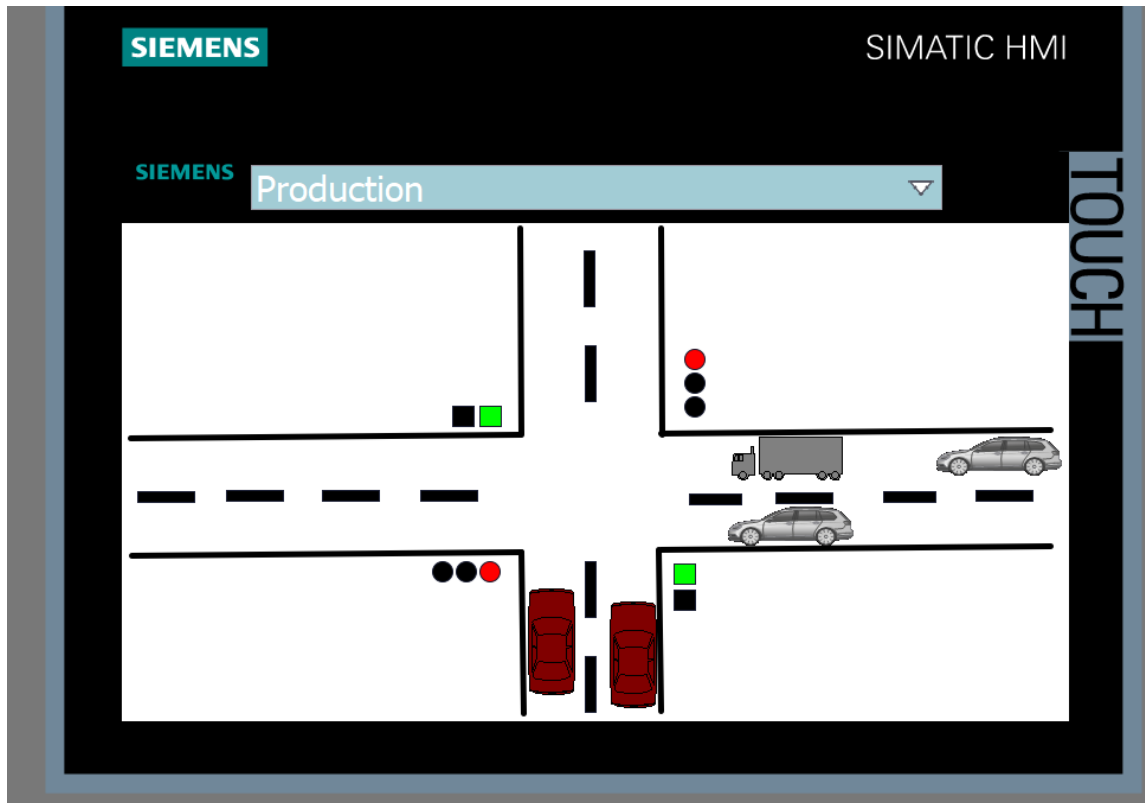
3.8.5 Προσομοίωση

Παρακάτω παραθέτονται ορισμένα στιγμιότυπα από την προσομοίωση. Η προσομοίωση θα υπάρχει ολόκληρη σαν αρχείο συνημμένο στο αρχείο της εργασίας.

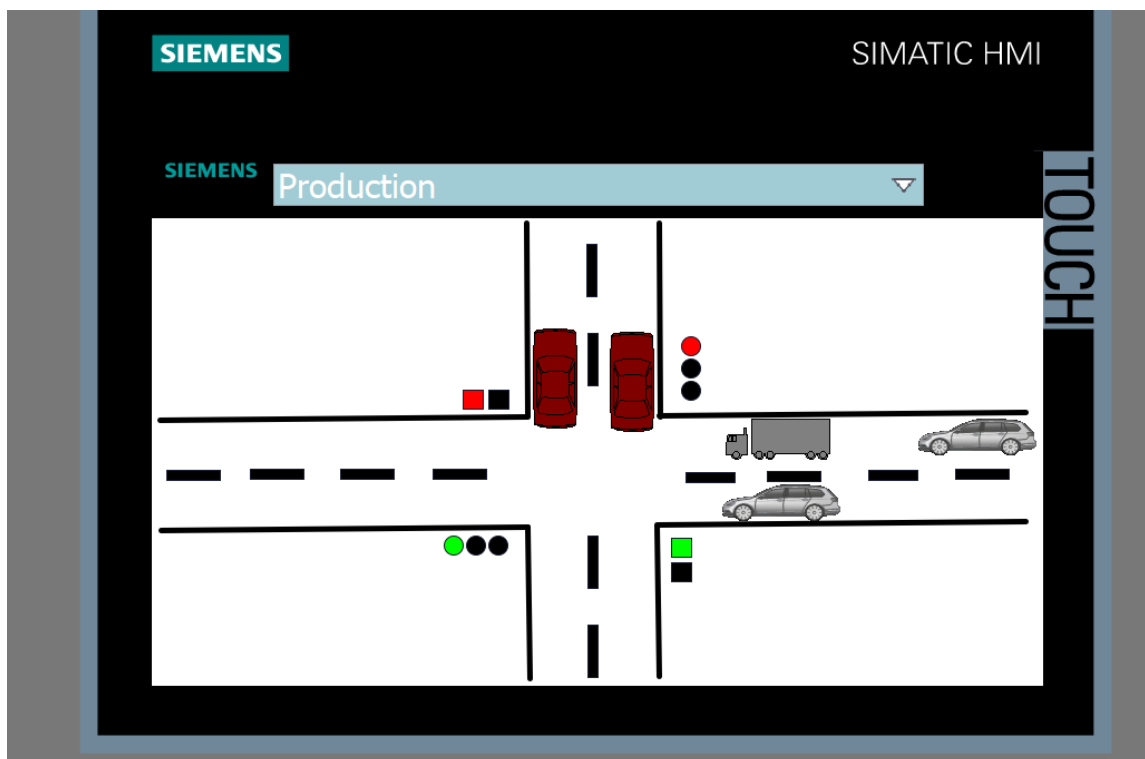
The screenshot displays the 'SIM table_1' window in SIMATIC Manager. It features a table with the following columns: Name, Address, Display format, Monitor/Modify value, Bits, Consistent modify, and Comment. The table lists various tags, including 'Traffic_Lights' and 'IEC_Timer_0_DB'. Below the table, there is a 'Start' button and a label '*Start* [%I0.0:P]'.

Name	Address	Display format	Monitor/Modify value	Bits	Consistent modify	Comment
"Traffic_Lights".L...		Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".L...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".L...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".R...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".R...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".R...		Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".L...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".L...		Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".R...		Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	
"Traffic_Lights".R...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#5S		<input type="checkbox"/> T#0MS	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#5S		<input type="checkbox"/> T#0MS	
"IEC_Timer_0_DB...		Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#10S		<input type="checkbox"/> T#0MS	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#6S_160MS		<input type="checkbox"/> T#0MS	
"IEC_Timer_0_DB...		Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#1S		<input type="checkbox"/> T#0MS	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#0MS		<input type="checkbox"/> T#0MS	
"IEC_Timer_0_DB...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#12S		<input type="checkbox"/> T#0MS	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#6S_160MS		<input type="checkbox"/> T#0MS	
"IEC_Timer_0_DB...		Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
"IEC_Timer_0_DB...		Time	T#4S		<input type="checkbox"/> T#0MS	

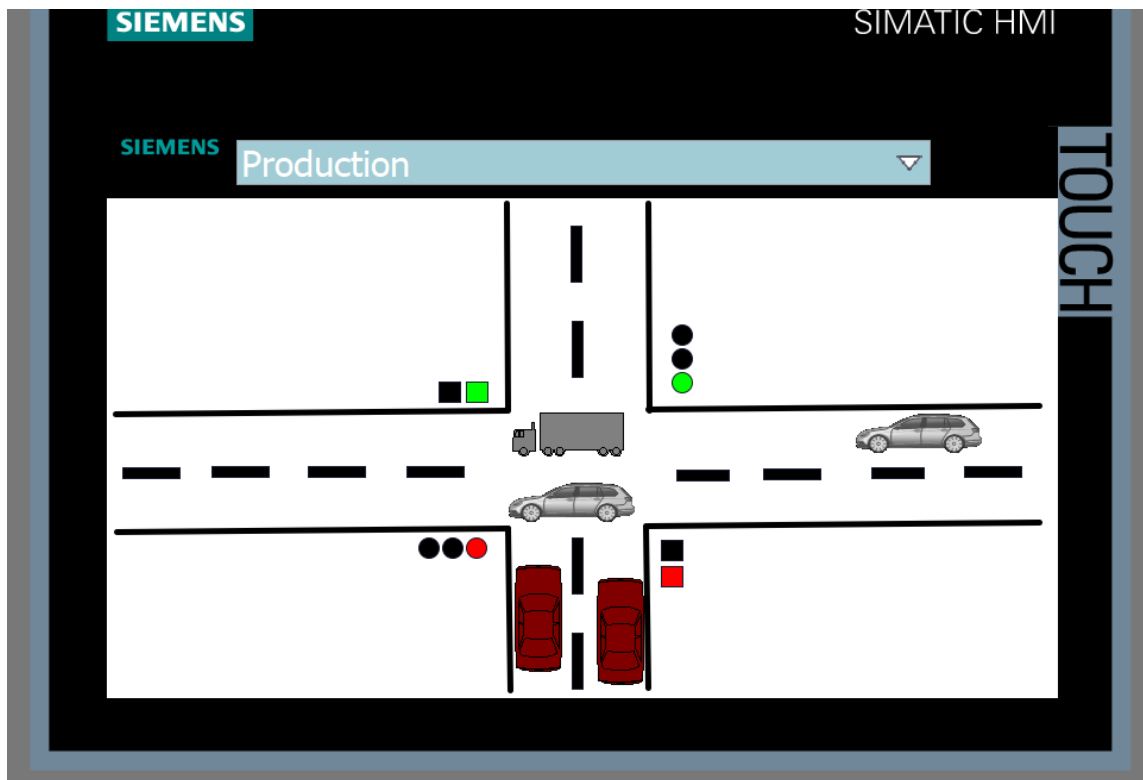
Εικόνα 3.93: PLC Tags στην προσομοίωση (Εφαρμογή 8)



Εικόνα 3.94: Πρώτη φάση της προσομοίωσης(Εφαρμογή 8)



Εικόνα 3.95: Δεύτερη φάση της προσομοίωσης(Εφαρμογή 8)



Εικόνα 3.96: Τρίτη φάση της προσομοίωσης(Εφαρμογή 8)

Στην πρώτη εικόνα έχουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση που μας δείχνει τα φανάρια οχημάτων και στις δύο μεριές να είναι κόκκινα για λίγα μόλις δευτερόλεπτα και τα αντίστοιχα των πεζών πράσινα. Κανένα όχημα δεν κινείται.

Στην δεύτερη εικόνα έχουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση που μας δείχνει το φανάρι που υπάρχει στον νότο της διασταύρωσης να έχει πράσινο και τα οχήματα να είναι σε κίνηση. Το αντίστοιχο φανάρι των πεζών είναι κόκκινο. Ενώ από την άλλη μεριά ,στο φανάρι της δυτικής μεριάς της διασταύρωσης το φανάρι των οχημάτων είναι κόκκινο και αυτό των πεζών πράσινο.

Στην Τρίτη εικόνα έχουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση που μας δείχνει το φανάρι που υπάρχει στην δυτική μεριά να έχει πράσινο και τα οχήματα αυτής της μεριάς να κινούνται ενώ το φανάρι στο νότο είναι κόκκινο. Πρόκειται για την αντίθετη περίπτωση της δεύτερης εικόνας.

4 Συμπεράσματα

Η εμπάθυνση και η διαρκής ενασχόληση στο συγκεκριμένο τομέα των αυτοματισμών και ειδικότερα η τριβή με τις χρήσεις του PLC και την πληθώρα των εφαρμογών που μπορεί να καλύψει, μας έδωσε την ευκαιρία να εντρυφήσουμε σε ένα μεγάλο κομμάτι των αυτοματισμών σε επίπεδο ισχύος. Αυτή η εμπειρία ήταν πολύ ενδιαφέρουσα και χρήσιμη.

Από την άλλη πλευρά στο προγραμματιστικό κομμάτι ,που ήταν και το μεγαλύτερο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η πλατφόρμα TIA Portal με συνεχή τριβή και ενασχόληση έγινε μια πολύ εύχρηστη εφαρμογή που μας προσέφερε πολλές δυνατότητες στην ανάπτυξη εφαρμογών σε PLC και προσομοιώσεις. Τα βασικά πλεονεκτήματα του περιβάλλοντος του TIA υπήρξαν στην μεγάλη ελευθερία προγραμματιστικά, καθώς παρέχει πολλές γλώσσες και μεθόδους προγραμματισμού καθώς και συνδυασμό αυτών. Επιπροσθέτως, τα μεγάλα πλεονεκτήματα στο δημιουργικό κομμάτι καθώς και στις μεγάλες βιβλιοθήκες γραφικών που παρέχει υπήρξαν ένα από τα σημαντικότερα για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας και για την τελειοποίηση των οκτώ εφαρμογών που παρουσιάστηκαν.

Οι εφαρμογές της διπλωματικής εργασίας μπορούν να αποτελέσουν εκπαιδευτικό υλικό για άτομα που έρχονται σε πρώτη επαφή με το πρόγραμμα και επιθυμούν να αναπτύξουν τις ίδιες εφαρμογές για εξάσκηση ή και άλλες που έχουν παρόμοια λογική.

5 Βιβλιογραφία

- [1] SIMATIC TIA Portal STEP7 Basic V10.5, Siemens AG Industry Sector, (2009)
- [2] Automation of Sequential Processes with GRAPH in the TIA, Siemens, (2018)
- [3] <http://www.controldesign.com/articles/2005/264/> ,(2005)
- [4] <https://dipslab.com/plc/> , Dipali Chaudhari, (2021)
- [5] <https://forumautomation.com/t/what-are-the-applications-of-plc/3936> ,(2017)
- [6] <http://www.machine-information-systems.com/PLC.html> ,(2007)
- [7] http://www.machine-information-systems.com/PLC_History.html ,(2007)
- [8] <https://www.mobileautomation.com.au/plc-industrial-application/> ,(2017)
- [9] http://www.plcdev.com/the_birth_of_the_plc ,(2009)
- [10] <https://realpars.com/plc-programming-languages/> ,(2020)
- [11] S7-1200 Easy Book-Manual, Siemens Easy Book, (2015)