

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
«ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΓΕΙΑΣ  
ΔΙΑΒΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗΛΕΔΙΟΙΚΗΣΗ»



Των φοιτητών  
Νετκίδη Ευθύμιου 2019213  
Παραλίκη Γεώργιου 2020137

Επιβλέπων  
Ονοματεπώνυμο  
Κιοσκερίδης Ιορδάνης  
Βαθμίδα Καθηγητής

**Ημερομηνία 19/09/2025**

Τίτλος Δ.Ε.  
Αντιπλημμυρικό σύστημα υπόγειας διάβασης με τηλεδιοίκηση  
Κωδικός Δ.Ε. 25132  
Ονοματεπώνυμο φοιτητών  
ΝΕΤΚΙΔΗΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ  
ΠΑΡΑΛΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
Ονοματεπώνυμο εισηγητή  
ΚΙΟΣΚΕΡΙΔΗΣ ΙΟΡΔΑΝΗΣ  
Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 25/02/2025  
Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 19/09/2025

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

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

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

*«Αφιερωμένοι στους γονείς μας»*



## Πρόλογος

Στις μέρες μας, υπάρχουν διαφόρων ειδών συστήματα, τα οποία έχουν ως κύριο στόχο την ασφάλεια, την πρακτικότητα και τη διευκόλυνση των πολιτών σε διάφορες περιπτώσεις της καθημερινότητάς τους. Με γνώμονα το να επιλέξουμε να υλοποιήσουμε ένα έργο, το οποίο θα βοηθούσε τη πολιτεία, αλλά και θα αναβάθμιζε τέτοιου είδους έργα όπου συναντάμε συχνά γύρω μας, καταλήξαμε στην υλοποίηση ενός αντιπλημμυρικού συστήματος υπόγειας διάβασης με τηλεδιοίκηση. Το συγκεκριμένο θέμα, πέραν της σημαντικότητας του για την προστασία των υποδομών, αλλά και την ασφάλεια την οποία προσφέρει στους πολίτες, συνδυάζει θεωρητική και ταυτόχρονα πρακτική μελέτη. Αυτός ο συνδυασμός προκύπτει από τους υπολογισμούς τους οποίους χρειάζονται, ώστε να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα και απαραίτητα υλικά και ο κατάλληλος αυτοματισμός για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου, αλλά και από την πρακτική εφαρμογή με τη χρήση PLC αισθητήρων. Έτσι, ένα τέτοιο έργο καθίσταται ιδιαίτερα ενδιαφέρον παρέχοντας τη δυνατότητα ανάπτυξης τεχνολογικών δεξιοτήτων και κατανόησης σύνθετων διαδικασιών ελέγχου. Επιπλέον, το έργο αυτό προσφέρει σημαντική συνεισφορά στην πρόληψη πλημμυρικών φαινομένων, καθιστώντας το ιδιαίτερα επίκαιρο και χρήσιμο για σύγχρονες υποδομές.

## Περίληψη

Το θέμα της παρούσας διπλωματικής έχει να κάνει με ένα αντιπλημμυρικό σύστημα υπόγειας διάβασης με τηλεδιοίκηση. Υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά, τα οποία διακρίνουν τη συγκεκριμένη εργασία. Ένα από αυτά είναι η δυνατότητα του να λειτουργούν οι αντλίες με τη μέθοδο της κυκλικής εναλλαγής, μία μέθοδος η οποία αυξάνει το χρόνο ζωής των αντλιών, μιας και ενεργοποιούνται διαδοχικά μεταξύ τους, ώστε να μοιράζονται τον χρόνο λειτουργίας τους. Ακόμη, έχουν υλοποιηθεί οι απαραίτητες ενέργειες, ώστε να αποφεύγεται η περίπτωση της ξηράς λειτουργίας. Έτσι, οι πιθανότητες να υπάρξει κάποια βλάβη σε κάποια αντλία μειώνονται σημαντικά. Επιπρόσθετα, έχει συμπεριληφθεί ένα σύστημα με φωτεινούς σηματοδότες, ένα μέτρο που σκοπεύει στην ενημέρωση των οδηγών σε περίπτωση βλάβης του συστήματος για να αποτρέψει την είσοδό τους στη διάβαση, εξασφαλίζοντας, έτσι, την ασφάλειά τους, έως ότου αποκατασταθεί η ζημιά. Όλος ο παραπάνω αυτοματισμός έχει υλοποιηθεί με τη χρήση PLC, ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται μία touch screen οθόνη για οπτικοποίηση και χειρισμό των συστημάτων αυτοματισμού, όχι μόνο τοπικά, αλλά και απομακρυσμένα. Για τις ανάγκες της παρουσίασης του συγκεκριμένου έργου, έχει δημιουργηθεί μία μακέτα προσομοίωσης, πάνω στην οποία τα μόνα βιομηχανικά υλικά που έχουν τοποθετηθεί είναι το PLC και η οθόνη. Έτσι, έχει δημιουργηθεί ένα σύστημα, το οποίο παρόλο που υπάρχει σαν προσομοίωση, είναι έτοιμο να τοποθετηθεί και να υλοποιήσει ένα τέτοιου είδους έργο με πραγματικά δεδομένα. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως το όλο σύστημα είναι στημένο, έτσι ούτως ώστε να είναι εύκολα επεκτάσιμο και εύκολο στη προσαρμογή με οποιονδήποτε διαστάσεων έργων που σχετίζονται με αντιπλημμυρικά έργα υπόγειας διάβασης με δυνατότητα απομακρυσμένου χειρισμού.

# «Remote Management Flood Control System For An Underpass»

«Netkidis Efthymios & Paralikis Georgios»

## **Abstract**

The subject of this dissertation is a remote management flood control system for an underpass. There are plenty of characteristics which distinguish this project. One of them, is the ability of the pumps to function in a rotation, a method which prolongs the lifespan of the pumps, this happens because they get activated consecutively so the time they operate gets distributed. Furthermore, the necessary steps to avoid operation under dry conditions have been implemented. This way, the chances of a potential damage to the pumps get significantly reduced. Additionally, there has been added a traffic light system, a measure which intends to warn the drivers in the event of a malfunction in the system, in order to prevent them from entering the underpass, ensuring their safety until the damage is repaired. The entirety of the automation has been designed with the use of a PLC, while simultaneously using a touchscreen for the visualisation and control of the automatic system, not only locally, but remotely as well. In order to present this project, there has been created a simulation model in which, the only industrial materials used are the PLC and the touchscreen. This way, there is a system designed, which although exists in a simulation, is ready to be installed and can operate a similar project in real life. Lastly, it's worth mentioning that the whole system is designed to be easily expandable and adjustable to any size project that is related to underpass flood control projects with remote management.

## **Ευχαριστίες**

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας τόσο στους γονείς μας, όσο και στον επιβλέπων καθηγητή για την στήριξη και τη βοήθειά τους στη περάτωση της παρούσας διπλωματικής.

# Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	vi
Περίληψη.....	vii
Abstract .....	viii
Ευχαριστίες .....	ix
Περιεχόμενα .....	x
Κατάλογος Σχημάτων .....	xiii
Κατάλογος Πινάκων.....	xiv
Συντομογραφίες.....	xv
Κεφάλαιο 1ο: Σχετικά με τις πλημμύρες .....	16
1.1 Εισαγωγή.....	16
1.2 Αίτια πλημμυρών σε υπόγειες διαβάσεις .....	16
1.3 Ασφάλεια σε περιπτώσεις πλημμύρας .....	17
1.4 Επίλογος.....	18
Κεφάλαιο 2ο: Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC).....	19
2.1 Εισαγωγή στο PLC.....	19
2.2 Ιστορική αναδρομή των PLC .....	20
2.3 Κύκλος Λειτουργίας.....	21
2.4 Από τα Inputs στα Outputs.....	22
2.3 Δομικά στοιχεία PLC .....	23
2.4 Σύντομη αναφορά του Arduino.....	26
2.5 Πλεονεκτήματα PLC.....	27
2.6 Γλώσσες προγραμματισμού .....	30
2.6.1 Ladder.....	30
2.6.2 Statement List, STL.....	33
2.6.3 Function Block Diagram (FBD).....	34
2.6.4 Sequential Function Chart (SFC) ή Διάγραμμα Ροής.....	34
2.7 Επίλογος.....	35
Κεφάλαιο 3ο: Κατασκευή Μακέτας Προσομοίωσης και Υλικά πραγματικών Δεδομένων .....	36
3.1 Εισαγωγή.....	36
3.2 Υλικά χρήσης για τους σκοπούς της προσομοίωσης .....	36
3.3 Βιομηχανικά υλικά που τοποθετήθηκαν στην προσομοίωση .....	41
3.3.1 PLC LOGO! .....	41

3.3.2	Harmony Small Panel (Schneider) .....	46
3.4	Αισθητήρια Πραγματικών Δεδομένων .....	47
3.5	Ηλεκτρολογικό Σχέδιο .....	50
3.6	Απεικονίσεις Μακέτας .....	54
3.7	Επίλογος .....	55
Κεφάλαιο 4ο:	Σημαντικότερες λειτουργίες συστήματος .....	56
4.1	Εισαγωγή .....	56
4.2	Κυκλική εναλλαγή .....	56
4.3	Αποφυγή ξηράς λειτουργίας .....	56
4.4	Βλάβη αισθητήρα στάθμης .....	56
4.5	Επίλογος .....	57
Κεφάλαιο 5ο:	Υλοποίηση αυτοματισμού .....	58
5.1	Εισαγωγή .....	58
5.2	Εντολές προγραμματισμού .....	58
5.2.1	Ψηφιακές σταθερές (Digital) .....	58
5.2.2	Αναλογικές σταθερές (Analog) .....	60
5.2.3	Λογικές πύλες (Basic Functions) .....	61
5.2.4	Timers .....	64
5.2.5	Counter .....	66
5.2.6	Αναλογικές συναρτήσεις (Analog) .....	66
5.2.7	Ανάμεικτα (Miscellaneous) .....	67
5.3	Συνολικό Πρόγραμμα .....	68
5.4	Επίλογος .....	75
Κεφάλαιο 6ο:	Απομακρυσμένος έλεγχος .....	76
6.1	Εισαγωγή .....	76
6.2	Vijeo Designer .....	76
6.3	Vijeo Designer' Air .....	76
6.4	Σύνδεση Vijeo Designer με PLC και Υλοποίηση του Έργου .....	77
6.5	Επίλογος .....	81
Κεφάλαιο 7ο:	Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης .....	82
7.1	Εισαγωγή .....	82
7.2	Συμπεράσματα εκ της μελέτης και της υλοποίησης .....	82
7.3	Σημαντικές παρατηρήσεις .....	83
7.4	Προτάσεις βελτίωσης .....	83
7.5	Συμβολή συστήματος .....	84

7.6	Επίλογος.....	85
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	86

## Κατάλογος Σχημάτων

Εικόνα 1.1: Πλημμύρα Υπόγειας Διάβασης .....	17
Εικόνα 2.1: PLC & Ρελέ .....	20
Εικόνα 2.2: Κύκλος λειτουργίας PLC[13] .....	22
Εικόνα 2.3: Λογική PLC .....	23
Εικόνα 2.4: Μονάδες τροφοδοσίας PLC διαφόρων μεγεθών.....	24
Εικόνα 2.5: Δομή ενός PLC .....	26
Εικόνα 2.6: Πλακέτα Arduino UNO .....	27
Εικόνα 2.7: Μονάδα επέκτασης PLC LOGO.....	29
Εικόνα 2.8: Παράδειγμα Ladder .....	31
Εικόνα 2.9: Πίνακες αληθείας Reset-Set Flip Flop.....	33
Εικόνα 2.10: Σύγκριση FBD και Ladder.....	34
Εικόνα 2.11: Διάγραμμα σε γλώσσα Ladder.....	35
Εικόνα 3.1: Κονέκτορας με 3 pins .....	36
Εικόνα 3.2: Διακόπτης ON-OFF.....	37
Εικόνα 3.3: ABB SN201-C10 .....	38
Εικόνα 3.4: ABB DS301C C16.....	39
Εικόνα 3.5: ABB E 91/32.....	40
Εικόνα 3.6: tp-link Multi-Mode Wi-Fi Router .....	41
Εικόνα 3.7: PLC LOGO!.....	43
Εικόνα 3.8: Μονάδα επέκτασης DM 16 24R.....	44
Εικόνα 3.9: Μονάδα επέκτασης AM2.....	44
Εικόνα 3.10: Μονάδα επέκτασης AM2 AQ.....	45
Εικόνα 3.11: LOGO! CSM 12/24 .....	46
Εικόνα 3.12: Harmony Small Panel (Schneider).....	47
Εικόνα 3.13: SITRANS Probe LU240. ....	48
Εικόνα 3.14: Τοποθέτηση του SITRANS Probe LU240 σε δεξαμενή.....	49
Εικόνα 3.15: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 1 .....	50
Εικόνα 3.16: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 2 .....	50
Εικόνα 3.17: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 3 .....	51
Εικόνα 3.18: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 4 .....	51
Εικόνα 3.19: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 5 .....	52
Εικόνα 3.20: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 6 .....	52
Εικόνα 3.21: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 7 .....	53
Εικόνα 3.22: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 8 .....	53
Εικόνα 3.23: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 9 .....	54
Εικόνα 3.24: Μπροστινή Όψη Μακέτας. ....	54
Εικόνα 3.25: Πίσω Όψη Μακέτας.....	55
Εικόνα 3.26: PLC Συστήματος.....	55
Εικόνα 5.1: Input.....	58
Εικόνα 5.2: Output .....	59
Εικόνα 5.3: Flag .....	60
Εικόνα 5.4: Analog Input .....	60
Εικόνα 5.5: Analog Output.....	61
Εικόνα 5.6: Analog Flag.....	61

Εικόνα 5.7: AND.....	63
Εικόνα 5.8: OR.....	64
Εικόνα 5.9: On-Delay.....	64
Εικόνα 5.10: Off-Delay.....	65
Εικόνα 5.11: Asynchronous Pulse Generator.....	65
Εικόνα 5.12: Up/Down counter.....	66
Εικόνα 5.13: Analog threshold trigger.....	67
Εικόνα 5.14: Analog amplifier.....	67
Εικόνα 5.15: Pulse Relay.....	68
Εικόνα 5.16: Λειτουργία φωτεινών σηματοδοτών.....	68
Εικόνα 5.17: Σφάλμα αντλιών και reset.....	69
Εικόνα 5.18: Μετάβαση στην επόμενη αντλία σε περίπτωση σφάλματος.....	70
Εικόνα 5.19: Ελάχιστη ένδειξη εκκίνησης αντλιών.....	71
Εικόνα 5.20: Υπερβολικά υψηλή στάθμη.....	72
Εικόνα 5.21: Εκκίνηση αντλιών σε συγκεκριμένες στάθμες.....	73
Εικόνα 5.22: Κυκλική εναλλαγή.....	74
Εικόνα 5.23: Διάγραμμα ροής προγράμματος.....	75
Εικόνα 6.1: Αρχική οθόνη.....	78
Εικόνα 6.2: Μενού.....	78
Εικόνα 6.3: Δεξαμενή Υπόγειας Διάβασης.....	79
Εικόνα 6.4: Φωτεινοί Σηματοδότες Υπόγειας Διάβασης.....	79
Εικόνα 6.5: Αλαρμ Λίστα Συστήματος.....	80
Εικόνα 6.6: Σημεία Ρύθμισης Συστήματος.....	80

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 5.1: Διάγραμμα Λειτουργίας Πύλης AND.....	62
Πίνακας 5.2: Διάγραμμα Λειτουργίας Πύλης OR.....	63

## Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία

## Κεφάλαιο 1ο: Σχετικά με τις πλημμύρες

### 1.1 Εισαγωγή

Μιας και το πρόβλημα που καλείται να επιλύσει το σύστημα που υλοποιούμε σχετίζεται άμεσα με τις πλημμύρες (Αντιπλημμυρικό Σύστημα Υπόγειας Διάβασης με Τηλεδιοίκηση), αξίζει να αφιερωθεί συγκεκριμένο κομμάτι στην ανάλυση του συγκεκριμένου προβλήματος. Η ανάλυση αυτή αφορά τόσο στα αίτια που μπορεί να ευθύνονται για τη πρόκληση ενός τέτοιου φαινομένου, όσο και σε κάποιες λύσεις και παρατηρήσεις επάνω στο συγκεκριμένο θέμα. Αυτό, θα βοηθήσει να γίνει πιο κατανοητό το πόσο υψηλής σημασίας κρίνονται τέτοιου είδους προβλήματα και πόσο εύκολα είναι στο να προκληθούν όταν παραμελούνται ή αμελούνται κάποια συγκεκριμένα πράγματα.

### 1.2 Αίτια πλημμυρών σε υπόγειες διαβάσεις

Στις μέρες μας, υπάρχουν ποικίλοι λόγοι οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε πλημμύρα μίας υπόγειας διάβασης. Οι λόγοι αυτοί μπορεί να οφείλονται είτε στο περιβάλλον και στις περιβαλλοντικές αλλαγές, οι οποίες επιδεινώνονται χρόνο με το χρόνο, είτε και λόγω του ανθρώπινου παράγοντα με τα έργα του τα οποία έρχονται συχνά σε αντίθεση με το περιβάλλον, αλλά και ορισμένες φορές λόγω της κακής διαχείρισης, μελέτης ή υλοποίησης του συστήματος που έχει δημιουργηθεί. Πιο συγκεκριμένα μερικοί από τους λόγους στους οποίους συνήθως οφείλονται τέτοιου είδους πλημμύρες είναι:

- **Έντονες βροχοπτώσεις**, ο οποίος είναι ένας περιβαλλοντικός παράγοντας στον οποίο δεν μπορείς να επέμβεις ούτε και να αλλάξεις κάτι σε αυτόν.
- **Ελλιπής συντήρηση**, κάτι το οποίο αναφέρεται τόσο σε ότι αφορά τις εγκαταστάσεις που έχουν προβλεφθεί για την αντιμετώπιση πλημμυρών, όσο και σε ότι αφορά και άλλους εξωτερικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, κάτι τέτοιο θα μπορούσε να συμβεί εάν σε ένα σύστημα δεν ήταν επαρκές το δίκτυο το οποίο απομακρύνει τα νερά λόγω των διάφορων υλικών που έχουν συσσωρευτεί στους σωλήνες και φράζουν την έξοδο, είτε σε περίπτωση που εξωτερικά φρεάτια θα έχουν βουλώσει και έτσι δεν επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των υδάτων.
- **Βλάβες αντλητικών συστημάτων**, οι οποίες συχνά μπορεί να οφείλονται σε κακή συντήρηση των αντλιών, για παράδειγμα, που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των υδάτων. Η κακή ή μη επαρκής συντήρηση των υλικών που αποτελούν ένα αντλητικό σύστημα οδηγούν σε συχνότερες βλάβες, οι οποίες γίνονται αιτία στο να πλημμυρίσει μία υπόγεια διάβαση.
- Αιτία πλημμυρών σε υπόγειες διαβάσεις μπορεί να είναι ακόμη και ο **συνδυασμός διαφόρων παραγόντων**. Παράγοντες, όπως βροχόπτωση, βουλωμένα φρεάτια και ανεπάρκεια αντλιών για παράδειγμα, οι οποίοι μπορεί να τυγχάνει να συνδυάζονται και έτσι να υπάρξει ακόμη πιο γρήγορα πλημμύρα εντός μίας υπόγειας διάβασης.

Παράγοντες οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε πλημμύρα μίας υπόγειας διάβασης είναι πολλοί, διαφορετικοί μεταξύ τους ή ακόμη και συνδυασμός αυτών. Βασικό μέλημα, είναι αρχικά οι απαραίτητες ενέργειες, ώστε να αποφευχθούν τέτοιες καταστάσεις. Πέραν αυτού και λόγω του ότι πάντα υπάρχει ο κίνδυνος κάποιας αμέλειας, αστοχίας, ανθρώπινου λάθους ή οποιοδήποτε άλλο σφάλμα που θα οδηγήσει σε πλημμύρα, είναι απαραίτητο να υπάρχουν και οι κατάλληλες δικλείδες ασφαλείας. Αυτές θα προστατεύουν κυρίως τους πολίτες οι οποίοι θα χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο έργο και θα

λειτουργούν ως μέσο το οποίο θα αποτρέπει την δημιουργία κάποιου ατυχήματος, έως ώστε να αποκατασταθεί η βλάβη και να λειτουργεί η υπόγεια διάβαση ξανά με τον τρόπο που πρέπει, δηλαδή τον ασφαλή.



*Εικόνα 1.1: Πλημμύρα Υπόγειας Διάβασης*

### 1.3 Ασφάλεια σε περιπτώσεις πλημμύρας

Όπως είναι προφανές και αναφέραμε παραπάνω, είναι σημαντικό σε τέτοιου είδους έργα να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης. Πρόληψης όχι μόνο για την αποφυγή σφαλμάτων, αλλά και πρόληψης ατυχημάτων στη περίπτωση που υπάρχουν αστοχίες στο σύστημα. Είναι πολύ σημαντικό ένα έργο σαν αυτό να μπορεί να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει όλες τις παραμέτρους που ενδέχεται να προκύψουν έτσι ούτως ώστε να μην κινδυνεύει κανένας. Η ασφάλεια αυτή αφορά τόσο την προστασία των οχημάτων όσο και των ανθρώπων, για οποιονδήποτε, δηλαδή, χρησιμοποιεί τις συγκεκριμένες υποδομές και μπορεί να εκτεθεί σε κίνδυνο. Για να εξασφαλισθεί, λοιπόν, η ασφάλεια αυτή, υπάρχουν κάποια κύρια μέτρα, τα οποία έχουν ληφθεί υπόψιν και στην υλοποίηση του έργου μας. Τα μέτρα αυτά για το κομμάτι προστασίας ανθρώπων και οχημάτων είναι τα εξής:

- **Ειδική σήμανση**, δηλαδή φωτεινοί σηματοδότες και προειδοποιήσεις τα οποία θα είναι ικανά να τραβούν τη προσοχή του κόσμου που διέρχεται από το σημείο. Έτσι, θα γίνεται πιο άμεσα σαφές πως η είσοδος στην υπόγεια διάβαση τη συγκεκριμένη στιγμή δυσλειτουργίας θα είναι επικίνδυνη.
- **Αυτόματη ενεργοποίηση φραγμάτων**, όπως για παράδειγμα μπάρες που εμποδίζουν την είσοδο μέσα στην υπόγεια διάβαση όταν αυτή έχει πλημμυρίσει. Μπάρες, οι οποίες θα υπάρχουν μόνο στην είσοδο της κάθε κατεύθυνσης, ούτως ώστε όσοι βρίσκονται ήδη μέσα στην διάβαση να έχουν την δυνατότητα να εξέλθουν από αυτή. Με αυτό το σκεπτικό έχουμε υλοποιήσει και το δικό μας σύστημα, σκεπτόμενοι πέρα του πόσο ωφέλιμο είναι για το συγκεκριμένο έργο η χρήση των μπαρών και τους κινδύνους ή τα προβλήματα που θα

μπορούσαν να δημιουργηθούν εάν η χρήση τους γινόταν απερίσκεπτα και χωρίς πρόγραμμα ή μελέτη κινδύνων.

- **Διαφυγή και έξοδοι κινδύνου**, εναλλακτικές επιλογές αποφυγής της υπόγειας διάβασης, συγκεκριμένα, από τις οποίες μπορούν πεζοί και οχήματα να εκμεταλλευτούν. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχουν πολλαπλά οφέλη μιας και πέραν του ότι υπάρχει λιγότερη ταλαιπωρία που θα επιβαρύνει τον κόσμο, αποφεύγεται ταυτόχρονα και η έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση, η οποία πολλές φορές είναι πιθανό να οδηγήσει σε ατυχήματα. Κυρίως σε καταστάσεις κινδύνου οι έξοδοι κινδύνου κρίνονται απαραίτητες και για την ασφάλεια όσων βρίσκονται στη κίνηση αλλά και στο να μπορούν να δρουν άμεσα ακόμη και διερχόμενα μέσα από εκείνο το σημείο τα οχήματα εκτάκτου ανάγκης, όπως είναι τα πυροσβεστικά οχήματα και τα ασθενοφόρα.
- **Απομακρυσμένος έλεγχος**, ένα από τα σημαντικότερα μέτρα ασφαλείας το οποίο μπορεί να διαθέτει ένα σύστημα. Πόσο μάλλον για την εποχή που ζούμε, όπου η τεχνολογία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς, δεν νοείται να υπάρχει τέτοιου είδους έργο χωρίς να έχει προστεθεί η δυνατότητα του να μπορεί ο εκάστοτε υπεύθυνος να το διαχειρίζεται απομακρυσμένα. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αποτελεί τόσο σημαντικό «σύμμαχο» στην ασφάλεια του δικτύου ακριβώς γιατί υπάρχει η δυνατότητα, εάν το σφάλμα οφείλεται σε βλάβη, για παράδειγμα, του αισθητήρα, να ενεργοποιηθούν οι αντλίες χειροκίνητα, αποτρέποντας έτσι την περίπτωση πλημμύρας έως ότου αποκατασταθεί η βλάβη. Ακόμη, συστήματα όπως και αυτά μπορούν να ενεργοποιήσουν ειδοποιήσεις, οι οποίες προειδοποιούν τον χρήστη πως υπάρχει βλάβη στο δίκτυο που μπορεί να οδηγήσει σε πλημμύρα και έτσι λειτουργεί ως μέτρο πρόληψης, προσδίδοντας μία μεγαλύτερη αίσθηση αξιοπιστίας στο έργο μας.

Αυτά είναι και μερικά από τα κύρια μέτρα ασφαλείας που είναι απαραίτητο να υπάρχουν σε σύγχρονα και εξελιγμένα συστήματα και πρέπει να μη τα παραμελούμε. Έτσι, τα συμπεριλάβαμε και εμείς στο συγκεκριμένο έργο, θέλοντας να προβλέψουμε και να αποτρέψουμε τους όποιους πιθανούς κινδύνους παραμονεύουν και να δώσουμε μεγαλύτερο κύρος και αξιοπιστία.

### 1.4 Επίλογος

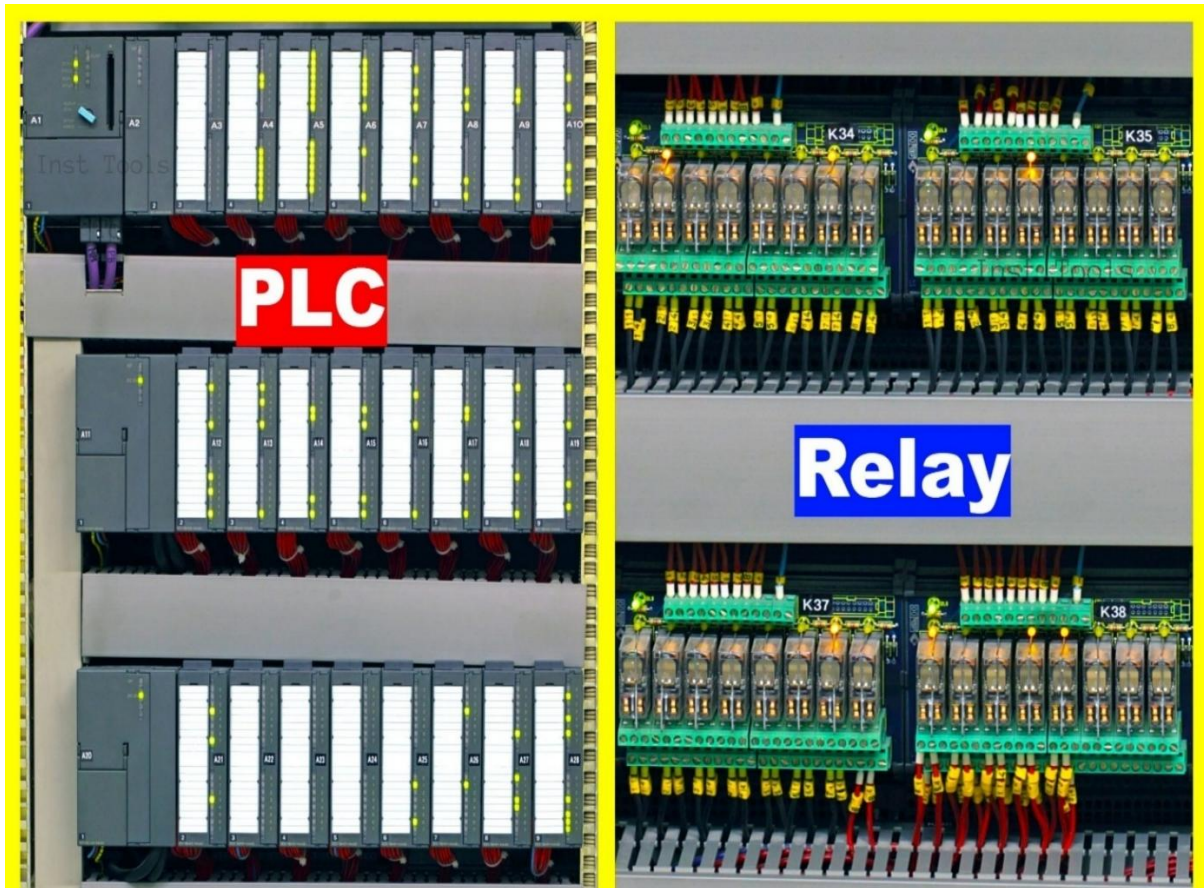
Το να γίνει κατανοητό ένα πρόβλημα είναι πολύ σημαντικό και αυτό γιατί βοηθά στο να αντιλαμβανόμαστε ευκολότερα την αιτία του προβλήματος και έτσι να φτάσουμε πιο γρήγορα στη λύση του. Ακόμη, βοηθά στο να γίνει κατανοητό πόσο σημαντική είναι η διασφάλιση της ασφάλειας, τη στιγμή που φαινόμενα σαν και αυτά είναι πολύ πιθανό να προκληθούν αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας και να οδηγήσουν σε ακόμη μεγαλύτερα ατυχήματα. Ταυτόχρονα, φαίνεται και η αξία των έργων σαν και αυτό όχι μόνο σαν μέτρο πρόληψης, αλλά και ως έργο το οποίο διασφαλίζει πως σε περίπτωση σφάλματος δεν θα έρχεται σε κίνδυνο η ακεραιότητα των πολιτών. Εξάλλου, τέτοιου είδους έργα έχουν ως κύριο στόχο την εξυπηρέτηση των πολιτών δημιουργώντας επιπλέον ευκολίες στην καθημερινότητά τους εξασφαλίζοντας την ακεραιότητά τους.

## **Κεφάλαιο 2ο: Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)**

### **2.1 Εισαγωγή στο PLC**

Το PLC (Programmable Logic Controller) , προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής σε ελληνική μετάφραση, είναι ένας ψηφιακός ηλεκτρονικός υπολογιστής, σχεδιασμένος κατάλληλα για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον.

Στόχος της δημιουργίας και της κατασκευής ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC), ήταν να καταφέρει να αντικαταστήσει τον κλασσικό αυτοματισμό με τα ποικίλα ηλεκτρομηχανικά συστήματα αυτοματισμού, όπως είναι οι βοηθητικοί ηλεκτρονόμοι (ρελέ) και οι χρονοδιακόπτες. Έτσι, με την αντικατάσταση αυτή ελαττώνονται σε μεγάλο βαθμό τα διάφορα προβλήματα που συνήθως υπάρχουν όσον αφορά, μεταξύ άλλων, σε θέματα πολυπλοκότητας εξαιτίας των καλωδιώσεων, της δύσκολης συντήρησης ενός κυκλώματος αυτοματισμού, αλλά και σε οικονομικό επίπεδο, μιας και η χρήση πολλών υλικών ανεβάζει αυτόματα και το κόστος του συστήματος. Επιπρόσθετα, ένα σημαντικό πλεονέκτημα των PLC έναντι των ρελέ, είναι η δυνατότητα που έχουμε να τα προγραμματίσουμε, κάτι το οποίο μας βοηθά να εκτελέσουμε ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών, αλλά και να κάνουμε εύκολα όσες αλλαγές θελήσουμε.



Εικόνα 2.1: PLC & Ρελέ

Βασική λειτουργία ενός PLC είναι να δέχεται κάποιες εισόδους (Inputs), να γίνεται η επεξεργασία των εισόδων αυτών μέσω ενός προγράμματος που έχουμε δημιουργήσει και εισάγει εμείς στο PLC και έτσι να εξάγει τις κατάλληλες εξόδους (Outputs), οι οποίες λειτουργούν ως αποτέλεσμα του προγράμματος αυτού.

## 2.2 Ιστορική αναδρομή των PLC

Η ιστορική αναδρομή των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC) είναι πολύ σημαντική και άμεσα συνδεδεμένη με την εξέλιξη της βιομηχανίας στον κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, τα PLC έχουν βοηθήσει σημαντικά τις βιομηχανίες στον τομέα του ελέγχου και του αυτοματισμού και η διαχρονική ανάπτυξή τους συνεπάγεται και νέα κεφάλαια στην ανάπτυξη και εξέλιξη ποικίλων βιομηχανικών μονάδων, κυρίως αυτών που βασίζονται στο μεγαλύτερο μέρος τους στον αυτοματισμό.

Μέχρι και στις αρχές της δεκαετίας του 60' οι αυτοματισμοί βασιζόντουσαν σε διάφορα ρελέ και καλωδιώσεις. Ο συγκεκριμένος τρόπος επέφερε πολλές δυσκολίες σε περιπτώσεις που χρειαζόντουσαν να υπάρξουν αλλαγές, διότι οι αλλαγές αυτές θα έπρεπε να γίνουν μέσω φυσικής ανακαλωδίωσης, κάτι το οποίο πέρα του κόστους και του χρόνου που θα ήταν αναγκαίος και αρκετός για την ολοκλήρωση του έργου, συνεπάγονταν και τον κίνδυνο να υπάρξουν με μεγαλύτερη ευκολία διάφορα σφάλματα κατά τη διαδικασία[17]. Συνεπώς, η ανάγκη για κάτι νέο το οποίο θα προσέφερε μεγαλύτερη ευελιξία στην όλη διαδικασία ήταν μεγάλη. Έτσι, στα τέλη της δεκαετίας του 60' η GM Hydramatic εξέδωσε αίτημα υποβολής προτάσεων για αντικατάσταση των συστημάτων που βασίζονται σε ρελέ και αυτό οδήγησε στη δημιουργία του πρώτου PLC το 1969, το οποίο ονομάστηκε Modicon (Modular Digital Controller) 084. Επάνω στο συγκεκριμένο έργο, εργάστηκε και ο Dick Morley, ο οποίος θεωρείται μέχρι και σήμερα ο πατέρας των PLC. Έκτοτε, οι εξελίξεις συνεπάγονται η μία την άλλη, μιας και το συγκεκριμένο σύστημα ξεκίνησε να χρησιμοποιείται ευρέως και να αναπτύσσεται όλο και περισσότερο, χαρίζοντας, έτσι, ακόμη περισσότερες δυνατότητες σε κάθε έργο, μεγαλύτερη ευελιξία και ένα σημαντικό βοήθημα στην έρευνα, την εξέλιξη και την ανάπτυξη της βιομηχανίας με ταχύτερους ρυθμούς.[17]

### 2.3 Κύκλος Λειτουργίας

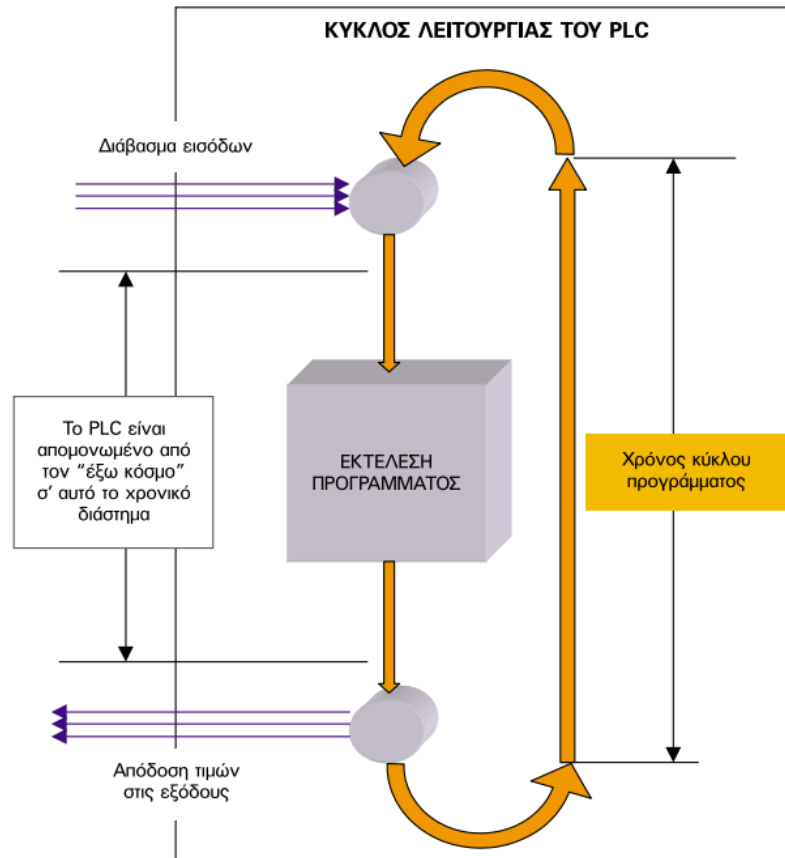
Όσον αφορά τον κύκλο λειτουργίας ενός PLC, τα βήματα που ακολουθεί όταν βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας του αυτοματισμού είναι συγκεκριμένα. Ακόμη, ο χρόνος έως ότου ολοκληρωθεί αυτός ο κύκλος λειτουργίας ονομάζεται χρόνος κύκλου και υπάρχουν κι εδώ κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Αρχικά, ο μικροεπεξεργαστής «ελέγχει» τις εισόδους, αν υπάρχει, δηλαδή, “υψηλή” τάση (η οποία μεταφράζεται ως λογικό “1”), είτε “χαμηλή” τάση (η οποία μεταφράζεται ως λογικό “0”). Έπειτα, εφόσον ο μικροεπεξεργαστής έχει “διαβάσει” τις εισόδους που υπάρχουν, εκτελεί τον ανάλογο αυτοματισμό, ο οποίος προκύπτει μέσω των εντολών του προγράμματος, το οποίο αποτελείται κατά κύριο λόγο από λογικές πράξεις. Στη συνέχεια, αποτέλεσμα της εκτέλεσης αυτής είναι η απόδοση των τιμών στις εξόδους. Οι τιμές αυτές, όπως και στην περίπτωση των εισόδων, θα είναι “0” ή “1”. Κάπως έτσι, ολοκληρώνεται ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου το PLC θα πάψει να βρίσκεται σε κατάσταση RUN.

Από τη άλλη, όσον αφορά τον χρόνο κύκλου, πρόκειται, όπως αναφέραμε προηγουμένως, για τον χρόνο τον οποίο απαιτείται, έτσι ώστε να ολοκληρωθεί ο κύκλος λειτουργίας. Συγκεκριμένα, αναφερόμαστε στον χρόνο κατά τον οποίο γίνεται η επεξεργασία και κατά συνέχεια η εκτέλεση όσων εντολών είναι γραμμένοι στη μνήμη ( από τη πρώτη μέχρι και τη τελευταία ). Ο χρόνος κύκλου, αναφέρεται στην εκτέλεση των εντολών αυτών μία φορά, αρχή έως τέλος. Έκτοτε, ξεκινά ένας νέος κύκλος λειτουργίας και κατά συνέπεια ένας καινούργιος χρόνος κύκλου. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερο είναι ένα πρόγραμμα τόσο μεγαλύτερος είναι και ο χρόνος κύκλου.[13][14]

Ο χρόνος κύκλου αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο στη περίπτωση που θέλουμε να συγκρίνουμε διαφορετικούς προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές μεταξύ τους. Αυτό, γιατί ως συνήθως οι κατασκευαστές δίνουν έναν μέσο χρόνο κύκλου για 1K (1024) εντολές προγράμματος και έτσι αντιλαμβανόμαστε πως όσο μικρότερος είναι αυτός ο αριθμός τόσο ταχύτερο θα είναι και το

συγκεκριμένο PLC. Αυτό, είναι και ένα από τα βασικά στοιχεία από τα οποία συμβάλλουν στη διαφοροποίηση μεταξύ των ελεγκτών. Τέλος, ο αριθμός αυτός ονομάζεται μέσος χρόνος κύκλου λόγω του ότι δεν χρειάζονται όλες οι εντολές τον ίδιο χρόνο για να επεξεργαστούν και έτσι υπολογίζεται μία μέση τιμή, η οποία χρησιμοποιείται ως μέτρο σύγκρισης.



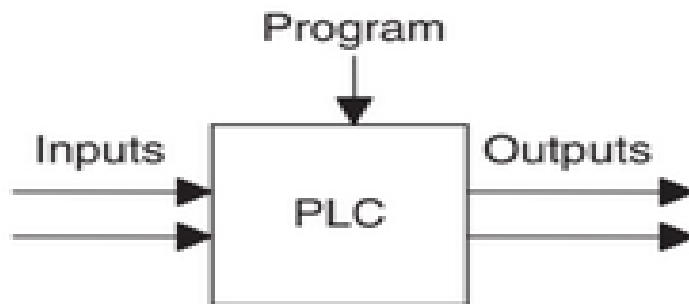
Εικόνα 2.2: Κύκλος λειτουργίας PLC[13]

## 2.4 Από τα Inputs στα Outputs

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τις εισόδους (Inputs), αυτές είναι διάφορα σήματα, τα οποία εισάγονται, για παράδειγμα, από κάποιους αισθητήρες, επαφές ή διακόπτες. Αυτές οι εισοδοί μπορούν να είναι είτε ψηφιακές (0 και 1), όταν πρόκειται, υποθετικά, για έναν διακόπτη, είτε αναλογικές (0-10V και 4-20mA) όταν δεχόμαστε σήματα, ας πούμε, από έναν ανιχνευτή θερμοκρασίας. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να γίνει μία ιδιαίτερη αναφορά σε αυτή την επιλογή, να ορίζεται το εύρος της έντασης στα 4-20mA και όχι 0-20mA. Αυτό συμβαίνει, κυρίως, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να ανιχνευτεί κάποιο σφάλμα στο κύκλωμά μας, όπως για παράδειγμα κάποιο κομμένο καλώδιο ή βλάβη σε κάποιον αισθητήρα. Θέτοντας ως ελάχιστο τα 4mA, τότε μπορούμε να καταλάβουμε πως εάν η τιμή πέσει κάτω από αυτό το όριο, παραδείγματος χάρι στο 0mA, τότε μιλάμε για κάποια βλάβη και όχι απλά για μία μηδενική μέτρηση. [11]

Στη συνέχεια, στο κομμάτι της επεξεργασίας των εισόδων (Inputs) αυτών μέσω του PLC, μιλάμε για ένα πρόγραμμα το οποίο έχουμε δημιουργήσει εμείς, οι χρήστες, και με αυτό επιλέγουμε ποιες έξοδοι (Outputs) θέλουμε να “ενεργοποιούνται”. Το πρόγραμμα αυτό, βασίζεται σε ένα πλήθος λογικών εντολών, όπως AND, OR, Timers και λοιπά, και ουσιαστικά θα λέγαμε πως λειτουργεί ως βρόχος, ο οποίος, έπειτα από την ανάγνωση των εισόδων (Inputs) και αφού εκτελέσει τη συγκεκριμένη λογική που έχουμε ορίσει, ανανεώνει κατάλληλα και τις εξόδους (Outputs).

Τέλος, οι έξοδοι (Outputs) είναι αυτοί που μέσω της παραπάνω διαδικασίας, στέλνουν τα ανάλογα σήματα, τα οποία είναι αυτά που θα ενεργοποιήσουν είτε θα απενεργοποιήσουν τα ανάλογα εξαρτήματα. Τα εξαρτήματα αυτά, θα μπορούσαν να είναι κάποια ρελέ, κινητήρας, αντλία (Στην περίπτωση μας) κ.λπ. Ακόμη, όπως και στις εισόδους (Inputs), οι έξοδοι (Outputs) αυτοί μπορούν να είναι είτε ψηφιακές, είτε αναλογικές.[1][2]



Εικόνα 2.3: Λογική PLC

### 2.3 Δομικά στοιχεία PLC

Ένας καλός τρόπος για να εξασφαλίσουμε την καλύτερη κατανόηση του PLC και των ποικίλων λειτουργιών του είναι η ανάλυση των δομικών του στοιχείων. Η επιλογή του κατάλληλου PLC εξαρτάται κυρίως από το πλήθος των εισόδων και των εξόδων που θα χρειαστούμε, αλλά και από τις λειτουργίες που θα χρειαστεί να εκτελέσει για λογαριασμό μας, κάτι το οποίο αφορά άμεσα τις δυνατότητες της κεντρικής μονάδας, αλλά και τη μνήμη. Συνεπώς, η ανάλυση της δομής του είναι απαραίτητη, ώστε να είμαστε σε θέση να κάνουμε την σωστή επιλογή.[1]

Ένας τυπικός προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, όταν διαιρεθεί σε κομμάτια αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- 1.1 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit, CPU)
- 1.2 Μονάδα τροφοδοσίας

## Κεφάλαιο 2

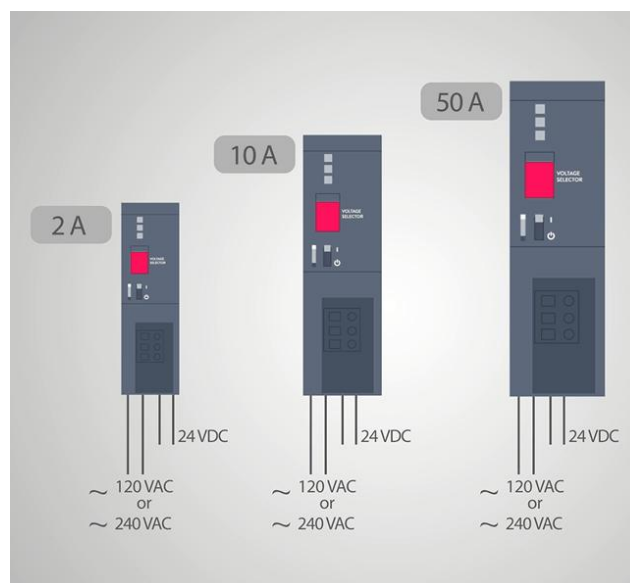
### 1.3 Μνήμες

### 1.4 Μονάδα προγραμματισμού

### 1.5 Μονάδες εισόδων/εξόδων (Input/Output)

Πιο αναλυτικά, όσον αφορά την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU), πρόκειται για τη βασική μονάδα ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή, καθώς είναι η κύρια υπεύθυνη για την λειτουργία του αυτοματισμού. Χαρακτηριστικά θα μπορούσαμε να πούμε πως μιλάμε για έναν μικροϋπολογιστή, μιας και μπορούμε να διακρίνουμε μικροεπεξεργαστή και μνήμη, τα οποία είναι κύρια μέρη σε έναν μικροϋπολογιστή.

Στη συνέχεια, η μονάδα τροφοδοσίας είναι εκείνη που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία των κατάλληλων τάσεων από το δίκτυο τροφοδοσίας που θα χρησιμοποιηθούν από τα ηλεκτρονικά στοιχεία που υπάρχουν στη συσκευή μας[3]. Η ύπαρξή της όπως καταλαβαίνουμε είναι υψίστης σημασίας μιας και έτσι εξασφαλίζουμε τη σωστή και ασφαλή λειτουργία του κυκλώματός μας, συνεπώς είναι σημαντικό να γίνει και η σωστή επιλογή στη χρήση της εκάστοτε μονάδας τροφοδοσίας, ώστε να αποφύγουμε διάφορα σφάλματα και ζημίες.



Εικόνα 2.4: Μονάδες τροφοδοσίας PLC διαφόρων μεγεθών

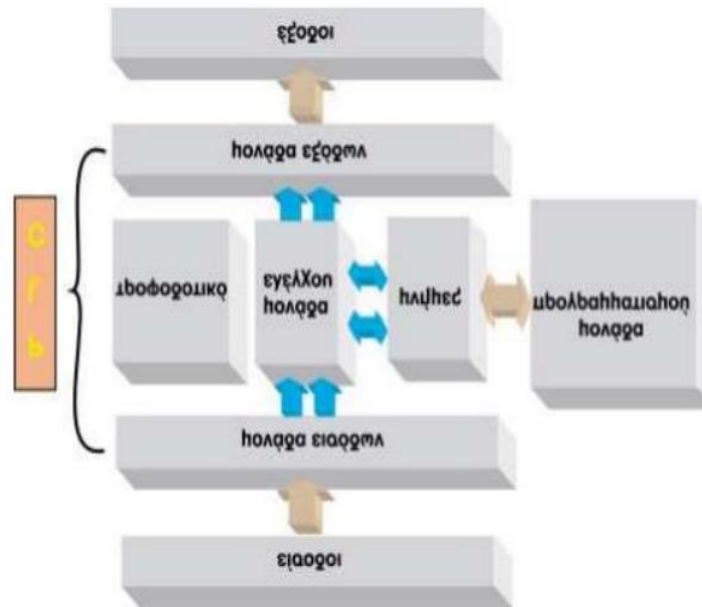
Στο κομμάτι της μνήμης, έχουμε τη μνήμη RAM (Random Access Memory), ROM (Read Only Memory) και EEPROM (Eclectically Erasable Programmable Read Only Memory). Μνήμη RAM, ονομάζουμε τη μνήμη εκείνη στην οποία μπορούμε να γράφουμε και να σβήνουμε. Σημαντική λεπτομέρεια στη συγκεκριμένη μνήμη είναι το γεγονός ότι έπειτα τη διακοπή της τροφοδοσίας η μνήμη αυτή σβήνει. Αυτό θα δημιουργούσε πρόβλημα στον αυτοματισμό μας μιας και το πρόγραμμα το οποίο λειτουργεί τον αυτοματισμό μας πρέπει να παραμείνει αναλλοίωτο στη μνήμη, ακόμη και μετά τη διακοπή τροφοδοσίας προς το PLC. Το πρόβλημα αυτό λύνεται κρατώντας τη RAM μόνιμα σε τροφοδοσίας μέσω κάποιας μπαταρίας. Ένας άλλος τρόπος επίλυσης τέτοιου είδους προβλήματος είναι η χρήση της μνήμης EEROM. Αυτή πρόκειται για τη μνήμη η οποία δε σβήνει ακόμη και εκτός

τροφοδοσίας και μπορούμε να γράφουμε και να σβήνουμε μέσω ενός ειδικού μηχανήματος. Τέλος, υπάρχει η μνήμη ROM, στην οποία ο κατασκευαστής αποθηκεύει το λειτουργικό σύστημα του PLC, ό,τι χρειάζεται, δηλαδή, ώστε να δουλέψει το PLC.

Στη συνέχεια, υπάρχει η μονάδα προγραμματισμού, η οποία είναι ένα σύστημα είτε Hardware είτε Software, μέσω του οποίου γίνεται όλη η διαδικασία από τη στιγμή της δημιουργίας. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τη δημιουργία του προγράμματος, μέσω της μονάδας προγραμματισμού ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να το επεξεργαστεί, να το φορτώσει στο PLC και γενικότερα να προβεί σε οποιαδήποτε ενέργεια σχετικά με τη διαχείριση του προγράμματος ελέγχου. Η μονάδα αυτή μπορεί να υπάρχει είτε ενσωματωμένη επάνω στη συσκευή, για παράδειγμα με τη μορφή μίας μικρής οθόνης, είτε ως λογισμικό μέσα σε έναν υπολογιστή, ο οποίος είναι και ο πιο διαδεδομένος τρόπος στις μέρες μας, μιας και προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια όσον αφορά τη προστασία του προγράμματος. Συνεπώς, η μονάδα προγραμματισμού του PLC αποτελεί βασικό εργαλείο σε ό,τι αφορά το πρόγραμμα του PLC και κατά συνέπεια ένα από τα κύρια κριτήρια εκ των οποίων θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν κατά την επιλογή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή που θα χρησιμοποιήσουμε στην εκάστοτε εγκατάσταση.

Τέλος, οι διαφοροποιήσεις που υπάρχουν ανάμεσα σε τι μονάδα προγραμματισμού θα χρησιμοποιήσουμε, συνήθως αν εμπεριέχει οθόνη η συσκευή μας ή όχι, είναι και από τους παράγοντες που διαφοροποιούν τη τιμή της συσκευής μας. Αυτός είναι και ακόμη ένας λόγος να λαμβάνουμε σημαντικά υπόψιν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό και να μην το παραμελούμε.

Κλείνοντας με τα τμήματα από τα οποία αποτελείται συνήθως ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, έχουμε τις εισόδους και τις εξόδους (Inputs/Outputs). Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μιας και αναφέρθηκαν παραπάνω ( βλέπε Κεφάλαιο 1.2 ) δεν θα χρειαστεί να αναλυθούν και σε αυτό το κεφάλαιο. Αξίζει, όμως, να επαναληφθεί πως είναι κάτι υψίστης σημασίας στην επιλογή ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή και εξαρτάται, κυρίως, από το πλήθος των συσκευών των οποίων θέλουμε να συμπεριλάβουμε μέσα στον αυτοματισμό μας.



Εικόνα 2.5: Δομή ενός PLC

## 2.4 Σύντομη αναφορά του Arduino

Μιας και το συγκεκριμένο έργο θα μπορούσε να υλοποιηθεί και με τη χρήση ενός μικροελεγκτή (Arduino), θα ήταν καλό να δοθεί μία μικρή αναφορά στο τι ακριβώς είναι ένα τέτοιο σύστημα. Έτσι, θα υπάρχει μία εικόνα ενός συστήματος σαν και αυτό το οποίο θα μπορούσε να αντικαταστήσει το PLC, αλλά θα γίνει και πιο κατανοητός ο λόγος για τον οποίο έχει γίνει η επιλογή ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC) αντί αυτού.

Το Arduino αποτελεί μία υπολογιστική πλατφόρμα ανάπτυξης ανοιχτού κώδικα, βασισμένη σε έναν μικροελεγκτή (MCU). Μικροελεγκτής, ονομάζεται ένα ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα, μικρών διαστάσεων, το οποίο εκτελεί συγκεκριμένες και περιορισμένες λειτουργίες. Ακόμη, το Arduino περιέχει τις απαραίτητες διασυνδέσεις για την επικοινωνία και τον έλεγχο εξωτερικών συσκευών, όπως τα GPIO (General Purpose Input-Output) pins, δηλαδή ψηφιακά pins, τα οποία μπορούν να οριστούν είτε σαν εισοδοί είτε σαν εξοδοί, ανάλογα την εκάστοτε περίπτωση χρήσης λειτουργίας.[13]

Το σύστημα αυτό, κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικούς σκοπούς, μιας και είναι μία φθηνή επιλογή και η λειτουργία του είναι απλή. Το λογισμικό του μπορεί να το χρησιμοποιήσει κάποιος αρχάριος, ενώ παράλληλα μπορεί να αποτελεί ένα καλό και ευέλικτο εργαλείο για κάποιον πιο εξειδικευμένο, ο οποίος θα θελήσει να υλοποιήσει πιο σύνθετα συστήματα. Παρόλα αυτά, όπως θα αναλυθούν και στη συνέχεια, υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους δεν συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους επιλογές σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις και γενικότερα σε έργα τα οποία είναι υψηλής σημασίας, όπου ο χρόνος και η ακρίβεια παίζουν καθοριστικό ρόλο.



Εικόνα 2.6: Πλακέτα Arduino UNO

## 2.5 Πλεονεκτήματα PLC

Στο συγκεκριμένο έργο έχει επιλεγθεί η χρήση PLC αντί για άλλες λύσεις, ίσως οικονομικότερες, για πολλούς λόγους. Γενικότερα, το PLC, αποτελεί για πολλούς μία πιο αξιόπιστη λύση σε βιομηχανικούς χώρους και σε χώρους οι οποίοι μπορεί να επηρεάζονται αρκετά από τις διαφοροποιήσεις σε περιβαλλοντικές συνθήκες. Για αυτόν τον λόγο και στο συγκεκριμένο έργο χρησιμοποιήσαμε τέτοιου είδους σύστημα μιας και αποτελεί μία πιο ρεαλιστική λύση για τέτοιου είδους προβλήματα.

Επιγραμματικά, μερικά από τα πλεονεκτήματα που υπάρχουν στη χρήση των PLC για την υλοποίηση τέτοιων κρίσιμων έργων είναι τα εξής:

- **Αξιοπιστία**
- **Ασφάλεια**
- **Αντοχή**
- **Επεκτασιμότητα**
- **Εύκολη συντήρηση**
- **Απομακρυσμένος έλεγχος**
- **Συμβατότητα με βιομηχανικά πρότυπα**
- **Επαναχρησιμοποίηση ίδιου κώδικα**

Πιο συγκεκριμένα, μιλώντας για **αξιοπιστία** αναφερόμαστε στη σταθερή λειτουργία που προσφέρει ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, ακόμη και στα πιο απαιτητικά βιομηχανικά περιβάλλοντα. Σε καταστάσεις στις οποίες είναι κρίσιμη η σταθερή και ομαλή λειτουργία όλου του συστήματος, ένα PLC είναι αυτό το οποίο θα μπορείς να εμπιστευτείς έτσι ούτως ώστε να μην φτάσεις σε σημείο να αντιμετωπίσεις τέτοιου είδους προβλήματα. Ακόμη, ένα PLC θεωρείται μία αξιόπιστη λύση χάρης και στις υψηλές ταχύτητες τις οποίες προσφέρει. Η γρήγορη ανταπόκριση είναι κάτι το οποίο αναζητούν οι περισσότεροι αυτοματιστές για τα έργα τους μιας και αυτό συμβάλλει στα καλύτερα αποτελέσματα όλης της διαδικασίας.[3][4]

Συνέπεια της αξιοπιστίας είναι το **αίσθημα ασφάλειας** που μπορεί να βιώσει ο χρήστης. Πολλές φορές, ανάλογα και με το είδος του αυτοματισμού που θα υλοποιήσουμε, ένα λάθος σε θέματα λειτουργικότητας, λαθών ή ακόμη και λόγω παρεμβολών μπορεί να καθιστούν υπεύθυνα για μεγαλύτερα προβλήματα, ακόμη και όσων αφορά την ασφάλεια είτε εργαζομένων είτε και απλά περαστικών[13]. Για αυτό το λόγο, επιλέγουμε υλικά και εργαλεία με βάση όχι μόνο το κόστος της κατασκευής, μεταξύ άλλων, αλλά κυρίως και με το πόσο ασφάλεια θα παρέχει σε εμάς και στον κόσμο που έμμεσα ή άμεσα εμπλέκεται στον αυτοματισμό αυτό.

Επιπρόσθετα, τα χαρακτηριστικά κατασκευής ενός PLC το καθιστούν κατάλληλο για χρήση ακόμη και στα πιο **απαιτητικά περιβάλλοντα**. [10]Είναι σχεδιασμένο, έτσι ώστε να διατηρεί την ανθεκτικότητα και την αντοχή του μέσα σε σκόνη, υγρασία, υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες και άλλα τέτοια περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά στα οποία, ενδεχομένως, κάποια άλλη λύση, για παράδειγμα αυτή του Arduino, να μην μπορούσε να ανταπεξέλθει.

Στη συνέχεια, ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι αυτό της εύκολης **επεκτασιμότητας**. Πολλές φορές χρειάζεται να εντάξουμε μέσα στον προγραμματισμό μας και άλλες συσκευές ενώ έχουμε χρησιμοποιήσει ήδη όλες τις υπάρχουσες εισόδους και εξόδους που είχαμε στη διάθεσή μας. Στην κατηγορία των PLC, η επέκταση εισόδων και εξόδων που θα χρειαστούν μπορεί να γίνει πολύ εύκολα απλά με τη προσθήκη modules, είτε ψηφιακών είτε αναλογικών, ανάλογα με τις ανάγκες μας. Παρόλα αυτά, κάθε PLC έχει όριο, για παράδειγμα 8 ή 32 modules και πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν πως κάθε επέκταση προκαλεί διαφοροποιήσεις όσων αφορά την κατανάλωση.



Εικόνα 2.7: Μονάδα επέκτασης PLC LOGO

Όπως υπάρχει η περίπτωση να χρειαστεί να **επεκτείνουμε** τις δυνατότητες του συστήματός μας, έτσι είναι πολύ πιθανό να προκύψει κάποιο σφάλμα μέσα στο σύστημά μας. Πέραν αυτού, για λόγους συντήρησης υπάρχει πιθανότητα να γίνει κάποιος έλεγχος έτσι ούτως ώστε να εξασφαλιστεί και να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία του έργου. Όλα αυτά είναι πολύ εύκολο να επιλυθούν με τη χρήση του PLC μιας και μπορούμε να δούμε και να επιχειρήσουμε ελέγχους σε ότι εμπλέκεται μέσα στον αυτοματισμό που έχουμε δημιουργήσει. Χωρίς να χρειαστεί να ασκήσουμε ολόκληρη έρευνα για να διαπιστώσουμε που μπορεί να οφείλεται ένα σφάλμα, μέσω του λογισμικού του PLC που χρησιμοποιούμε μπορούμε να βρούμε σε ποια συσκευή οφείλεται το σφάλμα ή έστω σε ποιο σημείο του συστήματός μας είναι το πρόβλημα. Πηγαίνουμε, λοιπόν, στοχευμένα και προβαίνουμε σε λύση προβλημάτων ή εξασφάλιση καλής λειτουργίας.

Στις μέρες μας, πολύ σημαντικό και καθοριστικό ρόλο παίζει η **επικοινωνία ανάμεσα στις συσκευές**, οι οποίες είναι το PLC, διάφοροι αισθητήρες, αντλίες (όπως στη περίπτωση μας) και άλλες συσκευές που λαμβάνουν μέρος στον αυτοματισμό. Σε σύγχρονους βιομηχανικούς αυτοματισμούς το χαρακτηριστικό αυτό θεωρείται αυτονόητο και βοηθά άμεσα στην ασφαλή λειτουργία όλου του αυτοματισμού. Ωστόσο, για να επιτευχθεί αυτό υπάρχουν κάποια συγκεκριμένα πρωτόκολλα, ειδικά βιομηχανικά πρωτόκολλα, τα οποία καθορίζουν τον τρόπο κατά τον οποίο οι συσκευές αυτές θα επικοινωνούν. Πρωτόκολλα σαν αυτά και από τα ευρέως διαδεδομένα είναι:

- **Modbus**
- **EtherCAT**
- **EtherNet/IP**

- **PROFINET IRT**
- **Ethernet Powerlink**

Συσκευές PLC, ανάλογα και τον τύπο και την έκδοση τους, υποστηρίζουν τέτοια βιομηχανικά πρωτόκολλα, κάτι το οποίο αποτελεί ένα ακόμη πλεονέκτημα που διαθέτουν[9][13].

Η δυνατότητα του **απομακρυσμένου ελέγχου** είναι στενά συνδεδεμένη με τέτοια πρωτόκολλα. Διαμέσων τέτοιων πρωτοκόλλων επιτυγχάνεται η επικοινωνία με ένα κεντρικό SCADA, για παράδειγμα. Χάρη στη δυνατότητα ενσωμάτωσης σε συστήματα SCADA και HMI, το PLC επιτρέπει την άμεση παρακολούθηση κρίσιμων μεγεθών (στάθμη νερού, κατάσταση αντλιών, συναγερμοί) σε πραγματικό χρόνο, ενώ δίνει τη δυνατότητα τηλεχειρισμού από απόσταση μέσω δικτύων επικοινωνίας (Ethernet, Modbus). Έτσι, ο χειριστής μπορεί να επέμβει γρήγορα χωρίς να απαιτείται φυσική παρουσία στον χώρο, μειώνοντας τον χρόνο απόκρισης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Ακόμη, ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC) είναι η δυνατότητα **επαναχρησιμοποίησης κώδικα**, η οποία συμβάλλει στη μείωση του χρόνου ανάπτυξης και στην αύξηση της αξιοπιστίας των εφαρμογών αυτοματισμού. Μέσω της χρήσης τυποποιημένων συναρτήσεων, υποπρογραμμάτων και βιβλιοθηκών, ο μηχανικός αυτοματισμού μπορεί να εφαρμόσει δοκιμασμένες και αξιόπιστες λύσεις σε διαφορετικά έργα, περιορίζοντας τον κίνδυνο λαθών και μειώνοντας το κόστος υλοποίησης[6]. Επιπλέον, η επαναχρησιμοποίηση κώδικα ενισχύει την επεκτασιμότητα των εφαρμογών, αφού επιτρέπει εύκολες προσαρμογές και βελτιώσεις σε ήδη υπάρχοντα έργα χωρίς να απαιτείται πλήρης ανασχεδιασμός. Σε συστήματα κρίσιμης σημασίας, όπως τα αντιπλημμυρικά συστήματα υπογείων διαβάσεων, η προσέγγιση αυτή καθιστά πιο αποτελεσματική τη διαδικασία συντήρησης και υποστήριξης, καθώς οι αλλαγές σε λογικές λειτουργίες μπορούν να ενσωματωθούν άμεσα και με ασφάλεια.

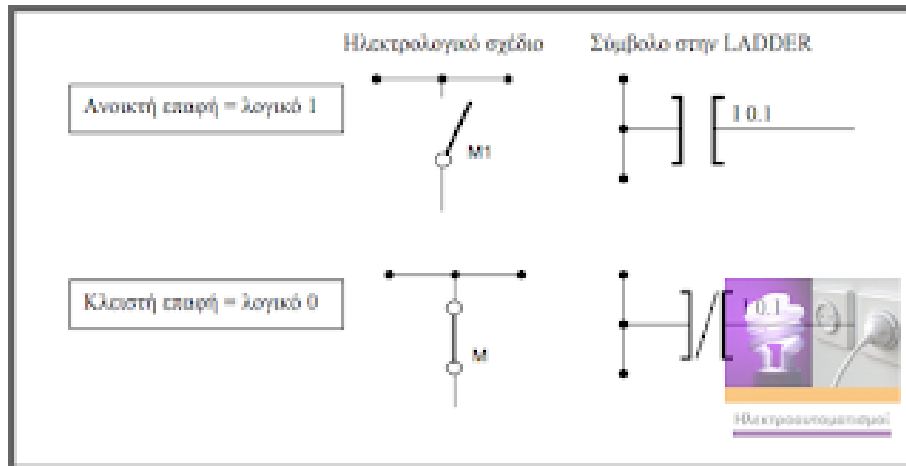
## 2.6 Γλώσσες προγραμματισμού

### 2.6.1 Ladder

Η Ladder Diagram (LD), ή γλώσσα σκάλας, είναι μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού για PLC που βασίζεται στην αναπαράσταση ηλεκτρολογικών κυκλωμάτων. Τα προγράμματα εμφανίζονται με οριζόντιες γραμμές (rungs) που συνδέουν συστήματα εισόδων και εξόδων, όπως διακόπτες και πηνία, δημιουργώντας λογικές συνθήκες. Κάθε rung λειτουργεί ως ξεχωριστή λογική εντολή, χρησιμοποιώντας βασικές λογικές πράξεις όπως AND, OR, NOT. Η LD είναι ιδιαίτερα κατανοητή για τεχνικούς με ηλεκτρολογικό υπόβαθρο, διευκολύνει την οπτική παρακολούθηση της λογικής και την διάγνωση σφαλμάτων. Χρησιμοποιείται κυρίως για έλεγχο κινητήρων, αντλιών, φωτισμού και άλλων ψηφιακών συσκευών, και είναι κατάλληλη για εφαρμογές όπου η λογική είναι απλή έως μέτριας πολυπλοκότητας.

Οι πιο βασικές εντολές που συναντάμε θα μπορούσαμε να τις χωρίσουμε στις εξής κατηγορίες :

- Εντολές λογικής bit (bit logic)
- Εντολές σύγκρισης (Compare)
- Εντολές μετρητών (Counters)
- Εντολές χρονικών (Timers)



Εικώνα 2.8: Παράδειγμα Ladder

### Εντολές λογικής bit (bit logic)

Από το όνομα τους και μόνο μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι αναφέρονται σε εντολές δύο καταστάσεων, ή λογικού 0 ή λογικού 1.

Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε τις εξής :

#### ---| |--- Κανονικά ανοιχτή / Normally Open (NO)

Η επαφή NO είναι ανοιχτή, δηλαδή δεν επιτρέπει τη διέλευση ρεύματος από το ένα άκρο στο άλλο.

Διέλευση του ρεύματος θα έχουμε όταν η τιμή του bit, που αντιστοιχεί στη διεύθυνση που του έχουμε ορίσει γίνει 1.

Για παράδειγμα όταν πατηθεί ένα μπουτόν που βρίσκεται συνδεδεμένο στην είσοδο του PLC ή αν έχει ενεργοποιηθεί ένα χρονικό.

#### ---| / |--- Κανονικά κλειστή / Normally Closed (NC)

Η επαφή NC είναι κλειστή, δηλαδή επιτρέπει τη διέλευση ρεύματος από το ένα άκρο στο άλλο, όταν η τιμή του bit στη διεύθυνση που αντιστοιχεί είναι 0.

Για παράδειγμα αν δεν πατηθεί ένα μπουτόν, όπως το Emergency Stop, που είναι κλειστής επαφής και βρίσκεται συνδεδεμένο στην είσοδο του PLC.

Στην αντίθετη περίπτωση, αν για παράδειγμα πατηθεί το συγκεκριμένο κουμπί επαφής NC, τότε ανοίγει και δεν επιτρέπει τη διέλευση ρεύματος.

### **--|NOT|-- Αναστροφή / Invert Power Flow**

Με την εντολή NOT γίνεται αλλαγή της κατάστασης της ροής του ρεύματος. Δηλαδή, αν στο ένα άκρο έχουμε ρεύμα τότε με τη NOT δεν επιτρέπεται η διέλευση του ρεύματος. Ενώ όταν δεν φτάνει το ρεύμα στο ένα άκρο της από το άλλο υπάρχει ρεύμα.

### **--|P|-- , --|N|-- Εντολές θετικής, αρνητικής μετάβασης**

Η εντολή θετικής μετάβασης, επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος για έναν κύκλο σάρωσης όταν θα συμβεί μια μεταβολή από 0 σε 1 ενώ η αρνητική μετάβαση επιτρέπει τη διέλευση για έναν κύκλο όταν θα υπάρχει μεταβολή από 1 σε 0. 25

### **---( ) Εντολές εξόδου / Output Coil**

Η εντολές εξόδου λειτουργούν όπως τα πηνία στον κλασικό αυτοματισμό. Δηλαδή, αν υπάρχει ρεύμα στο άκρο του πηνίου τότε ενεργοποιείται η αντίστοιχη έξοδος ή το βοηθητικό. Μια πολύ σημαντική λεπτομέρεια είναι ότι όταν χρησιμοποιούμε την συγκεκριμένη εντολή, θα πρέπει να τοποθετείται τέρμα δεξιά στο δικτύωμα του κλάδου του προγράμματος.

### **---( S ), ---( R ) Εντολή ενεργοποίησης / Απενεργοποίησης Set, Reset Coil**

Όταν εκτελούνται οι εντολές SET / RESET τότε οι αντίστοιχες παράμετροι- έξοδοι ενεργοποιούνται και γίνεται αυτοσυγκράτηση. Με την έννοια αυτοσυγκράτηση εννοούμε ότι για να ενεργοποιηθεί το φορτίο αρκεί να πατηθεί μια φορά το μπουτόν και χωρίς να χρειάζεται να είναι συνέχεια πατημένο.

Ειδικά για τα s7 – 200 η σύνταξη το συγκεκριμένων εντολών έχει την ιδιομορφία να μπορούμε να ενεργοποιούμε ή να απενεργοποιούμε περισσότερες εξόδους – bits παραμέτρων με μία εντολή.

### SET – RESET FLIP FLOP

Η συγκεκριμένη εντολή χρησιμοποιείται σαν στοιχείο μνήμης. Δηλαδή αρκεί να ενεργοποιηθεί μια φορά η είσοδος S και η έξοδος θα παραμείνει ενεργοποιημένη μέχρι να η είσοδος R.

### RESET - SET FLIP FLOP

Η συγκεκριμένη εντολή λειτουργεί όπως ακριβώς η προηγούμενη με τη διαφορά ότι η προτεραιότητα είναι στην είσοδο RESET. Δηλαδή, αν είναι ταυτόχρονα και οι δυο είσοδοι του flip flop ενεργοποιημένες προηγείται η RESET οπότε δεν θα ενεργοποιηθεί καμία έξοδος.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ SET - RESET FLIP FLOP		
S1	R	OUT
0	0	Προηγούμενη τιμή
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Πίνακας 2.1

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ RESET - SET FLIP FLOP		
S	R1	OUT
0	0	Προηγούμενη τιμή
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Πίνακας 2.2

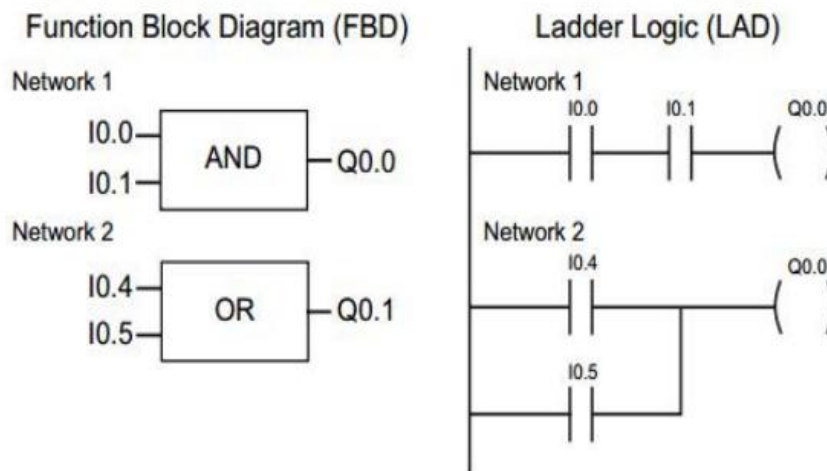
Εικόνα 2.9: Πίνακες αληθείας Reset-Set Flip Flop

### 2.6.2 Statement List, STL

Η Statement List (STL), γνωστή και ως Instruction List (IL), είναι μια γλώσσα προγραμματισμού PLC χαμηλού επιπέδου, παρόμοια με την Assembly. Ο προγραμματιστής γράφει σειρές εντολών που εκτελούνται γραμμικά από πάνω προς τα κάτω, χρησιμοποιώντας εντολές για ανάγνωση εισόδων, έλεγχο εξόδων, λογικές πράξεις, χρονιστές και μετρητές. Η STL προσφέρει απευθείας έλεγχο σε bits και καταχωρητές, καθιστώντας την κατάλληλη για σύνθετες ή γρήγορες λειτουργίες χαμηλού επιπέδου, αλλά είναι πιο δύσκολη στην ανάγνωση και συντήρηση σε σχέση με τις γραφικές γλώσσες όπως LD ή FBD. Παρά την περιορισμένη χρήση της στις σύγχρονες εφαρμογές, παραμένει χρήσιμη για ακριβή και αποδοτικό χειρισμό ψηφιακών σημάτων και λειτουργιών σε PLC υψηλής ταχύτητας.

### 2.6.3 Function Block Diagram (FBD)

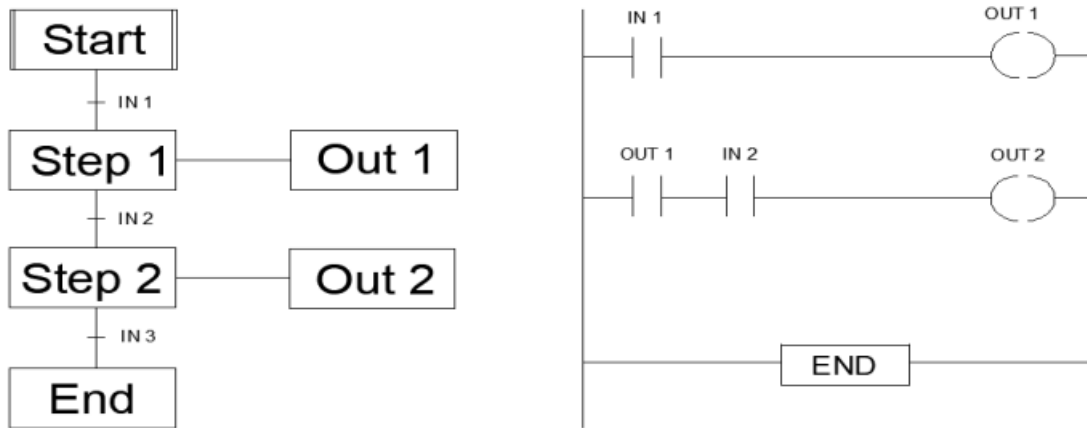
Η Function Block Diagram (FBD) είναι μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού PLC που χρησιμοποιεί λειτουργικά μπλοκ για την αναπαράσταση λογικών και μαθηματικών λειτουργιών. Κάθε μπλοκ εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία, όπως λογικές πράξεις (AND, OR, NOT), timers, counters ή συγκριτές, και τα μπλοκ συνδέονται μεταξύ τους με γραμμές που μεταφέρουν δεδομένα και σήματα. Η FBD είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για οπτική αναπαράσταση πολύπλοκων διαδικασιών και αυτοματισμών, διευκολύνοντας την κατανόηση και τροποποίηση του προγράμματος.



Εικόνα 2.10: Σύγκριση FBD και Ladder

### 2.6.4 Sequential Function Chart (SFC) ή Διάγραμμα Ροής

Η λιγότερο δημοφιλής γραφική γλώσσα προγραμματισμού είναι η SFC, όπου αναπαριστά μια διαδικασία, δείχνοντας τα βήματα ως blocks που συνδέονται μεταξύ τους ανάλογα με τη σειρά που έχουν δηλωθεί. Είναι ένα κλασικό διάγραμμα ροής, αλλά με τη διαφορά ότι οι εντολές του αναπαρίστανται με «κουτιά» και όχι με τα υπόλοιπα γεωμετρικά σύμβολα (π.χ. έλλειψη ή ρόμβο). Το πλεονέκτημα της είναι ότι ένα μεγάλο πρόγραμμα, μπορεί να το χωρίσει μικρότερα «κομμάτια» και έτσι το καθιστά πιο κατανοητό, όπως επίσης η διαδικασία εκσφαλμάτωσης γίνεται αρκετά ευκολότερη. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού χρησιμοποιείται πολύ σπάνια διότι, η διαδικασία που ακολουθεί είναι διαδοχική, ενώ οι περισσότερες εφαρμογές δεν ακολουθούν την ίδια λογική.



Εικόνα 2.11: Διάγραμμα σε γλώσσα Ladder

Το αρχικό πλαίσιο, αντιπροσωπεύει την έναρξη της λειτουργίας του προγράμματος. Οι δύο καταστάσεις συνδέονται μια μια κάθετη γραμμή και οι οριζόντιες γραμμές μεταξύ των blocks αντιπροσωπεύουν τις συνθήκες μετάβασης. Για να γίνει πιο κατανοητή η λογική αυτή, δίνεται το αντίστοιχο διάγραμμα σε γλώσσα Ladder (Εικόνα 11). Το «Step 1» είναι ισοδύναμο με το πρώτο rung και για να ενεργοποιηθεί η έξοδος θα πρέπει η επαφή «IN 1» να κλείσει. Ακολούθως, για να ενεργοποιηθεί η έξοδος «Out 2», θα πρέπει οι επαφές «Out 1» και «IN 2» να κλείσουν.

## 2.7 Επίλογος

Συμπερασματικά, ένας Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC) αποτελεί την πλέον αξιόπιστη και ώριμη επιλογή σε συστήματα αυτοματισμού, πόσο μάλλον όταν πρόκειται για τεχνολογίες βιομηχανικού τύπου. Η ανθεκτικότητα, η ευελιξία, η δυνατότητα ενσωμάτωσης σε συστήματα SCADA για απομακρυσμένο έλεγχο και άλλα πλεονεκτήματα που διαθέτει το έχουν καταστήσει την επικρατέστερη επιλογή διεθνώς. Έτσι, έχει γίνει η συγκεκριμένη επιλογή έναντι ενός μικροελεγκτή, για παράδειγμα, μίας και σε ένα τόσο σημαντικό έργο όπως ένα αντιπλημμυρικό σύστημα υπόγειας διάβασης με τηλεδιοίκηση υπάρχει η ανάγκη για αξιοπιστία λειτουργίας, συμβατότητας με βιομηχανικά πρωτόκολλα και δυνατότητα μελλοντικών επεκτάσεων. Με βάση τα παραπάνω, λοιπόν, το PLC αποτελεί τη βέλτιστη τεχνολογική επιλογή για την υλοποίηση του συστήματος, συνδυάζοντας πρακτικότητα και υψηλή ασφάλεια στη λειτουργία του.

## Κεφάλαιο 3ο: Κατασκευή Μακέτας Προσομοίωσης και Υλικά πραγματικών Δεδομένων

### 3.1 Εισαγωγή

Θέλοντας να γίνει όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική η παρουσίαση της λύσης ενός τόσο σημαντικού έργου, όπως είναι αυτό του αντιπλημμυρικού συστήματος υπάρχουν πολλές προκλήσεις με τις οποίες έχουμε έρθει αντιμέτωποι. Μία από αυτές είναι να καταφέρουμε να προσαρμόσουμε ένα πλήρως λειτουργικό έργο σαν και αυτό στα μέτρα μίας προσομοίωσης. Αυτό, γίνεται με σκοπό την εύκολη μεταφορά ενός συστήματος, το οποίο θα είναι ικανό να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της ανάδειξης του έργου. Η προσομοίωση, λοιπόν, αυτή έγινε με τη χρήση μίας μακέτας, επάνω στην οποία έχουν προσαρμοστεί οι ενδείξεις οι οποίες προτρέπουν στην εκκίνηση των αντλιών και φαναριών μέσω του προγραμματισμού, ο οποίος ισχύει και για το πραγματικό σύστημα. Έχουμε δώσει τις κατάλληλες τροφοδοσίες μέσω μετασχηματιστών τάσεις, ώστε να λειτουργήσει η προσομοίωση, διατηρώντας τη συσκευή PLC (LOGO) και της touch screen Schneider (Harmony) οθόνης, τα οποία χρησιμοποιούνται σε πραγματικές συνθήκες, μιας και αποτελούν τα κατάλληλα βιομηχανικά υλικά για την υλοποίηση τέτοιου είδους συστημάτων. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση του έργου, της προσομοίωσης δηλαδή επάνω στη συγκεκριμένη μακέτα.

### 3.2 Υλικά χρήσης για τους σκοπούς της προσομοίωσης

Αρχικά, για να μπορέσουμε να τροφοδοτήσουμε τη μακέτα μας έχουμε χρησιμοποιήσει έναν κονέκτορα με 3 pins, μέσω του οποίου φέρνουμε στο κύκλωμά μας τάση ύψους 230V, εναλλασσόμενο. Αυτό, διότι είναι το πιο πρακτικό να μπορούμε να τροφοδοτήσουμε το κύκλωμα αυτό με μία πρίζα την οποία μπορούμε να βρούμε σχεδόν σε κάθε ηλεκτρικό δίκτυο.



Εικόνα 3.1: Κονέκτορας με 3 pins

Ακόμη, για να έχουμε τον έλεγχο της τροφοδοσίας ανά πάσα στιγμή χωρίς να χρειαστεί να εμπλακούμε με το υπόλοιπο κύκλωμα ή να βγάλουμε το καλώδιο της τροφοδοσίας, έχει τοποθετηθεί ένας διακόπτης στο εξωτερικό μέρος της μακέτας. Έτσι, διακόπτουμε και επαναφέρουμε την τροφοδοσία στο κύκλωμά μας με τον συγκεκριμένο διακόπτη.



Εικόνα 3.2: Διακόπτης ON-OFF

Πέρα από τον τρόπο με τον οποίο δίνουμε τροφοδοσία στο κύκλωμα αυτό, έχουν παρθεί κάποια μέτρα προστασίας με σκοπό να εξασφαλίσουμε πως θα ελατωθούν στο ελάχιστο οι πιθανότητες να προκληθεί κάποιο ατύχημα. Τα υλικά τα οποία έχουν τοποθετηθεί για αυτό τον σκοπό είναι τα εξής:

- **ABB SN201-C10**

Πρόκειται για έναν μικροαυτόματο διακόπτη τύπου 1P+N, με ονομαστικό ρεύμα 10 A και χαρακτηριστική καμπύλη C, κατάλληλο για προστασία κυκλωμάτων από υπερφορτώσεις και βραχυκυκλώματα. Ο διακόπτης συμμορφώνεται με τα πρότυπα IEC/EN 60898-1, διαθέτει δυνατότητα διακοπής έως 6 kA, και ενσωματώνει ένδειξη κατάστασης (κόκκινο ON / πράσινο OFF). Έχει πλάτος μονοδιάστατο (18 mm), IP20 προστασία, ηλεκτρική αντοχή 10 000 κύκλων και μηχανική 20 000 κύκλων, ενώ παρέχεται δυνατότητα χρήσης αξεσουάρ όπως βοηθητικές επαφές ή shunt trip.

Η επιλογή του SN201-C10 στο κύκλωμα τηλεδιοίκησης δίνει αξιόπιστη, compact και ασφαλή λύση, ιδίως σε περιβάλλοντα με περιορισμένο χώρο και μεσαίου μεγέθους φορτία.[5]



Εικόνα 3.3: ABB SN201-C10

- **ABB DS301C C16**

Το μοντέλο DS301C C16 A30 είναι ένας συμπαγής RCBO που παρέχει συνδυασμό προστασίας από υπερφόρτιση, βραχυκύκλωμα και γειωτικά ρεύματα (διαρροές), σε ένα μόνο module πλάτους 17.6 mm.

Με ονομαστικό ρεύμα 16 A, καμπύλη C, ευαισθησία 30 mA (τύπος A) και διακοπή έως 6 kA, καλύπτει απαιτητικές ηλεκτρικές εφαρμογές.

Διαθέτει επαφές CPI που δείχνουν ON/OFF κατάσταση, DTI ένδειξη διαρροής και εύρος σύνδεσης μέσω καλωδίων ή busbar, ενώ συμμορφώνεται πλήρως με τα πρότυπα IEC/EN 61009-1 και IEC/EN 60947-2. Έχει πολύ μικρή απώλεια ισχύος (~2.5 W), υψηλή αντοχή κύκλων (~7000), και αντοχή σε περιβαλλοντικές συνθήκες (IP20).

Καθιστά την ηλεκτρολογική εγκατάσταση πιο ασφαλή, αξιόπιστη και με βελτιστοποιημένο χώρο πίνακα—απαραίτητη επιλογή για το τηλεδιοικούμενο αντιπλημμυρικό σύστημα της υπόγειας διάβασης, ακόμη και για τη συγκεκριμένη προσομοίωση.[5]



Εικόνα 3.4: ABB DS301C C16

- **ABB E 91/32**

Το ABB E 91/32 είναι ένας fuseholder με δυνατότητα αποξέυκτη, σχεδιασμένος για τοποθέτηση σε DIN-rail. Παρέχει προστασία έναντι υπερφορτώσεων και βραχυκυκλωμάτων, με μέγιστο ονομαστικό ρεύμα 32 A και ονομαστική τάση έως 400 V AC, ενώ αντέχει μέχρι και 690 V AC ανάλογα με την κατηγορία χρήσης (IEC 20B/IEC 22B).

Διακρίνεται για τη συμπαγή του σχεδίαση (πλάτος μόλις 18 mm), την υψηλή θερμική αντοχή (θερμική απώλεια 3 W ανά πόλο) και τη δυνατότητα ασφάλισης – είτε με λουκέτο στην ανοιχτή θέση είτε με σύρμα σφράγισης.

Η κατασκευή του από αυτοσβενόμενη θερμοπλαστική ύλη και επαφές από αργυρωμένο χαλκό, σε συνδυασμό με δυνατότητα λειτουργίας σε ευρύ φάσμα θερμοκρασιών και υψηλή αντοχή σε

κραδασμούς και κρούσεις, τον καθιστά ιδανικό για κρίσιμες εφαρμογές αυτοματισμού και ασφάλειας, όπως το αντιπλημμυρικό σύστημα της εργασίας.[5]



Εικόνα 3.5: ABB E 91/32

Στη συνέχεια, λόγω του ότι στη παρούσα προσομοίωση υλικά, όπως είναι τα led, που αναπαριστούν διάφορες λειτουργίες του πραγματικού συστήματος χρειάζονται 5V, ώστε να λειτουργήσουν όπως πρέπει, έχει χρησιμοποιηθεί τροφοδοτικό 5V. Τροφοδοτικό το οποίο δέχεται τάση εισόδου 230 V AC και παρέχει σταθερή έξοδο 5 V DC για την τροφοδοσία του κυκλώματος ελέγχου. Η χρήση ενός τέτοιου τροφοδοτικού προσφέρει υψηλή απόδοση, προστασία έναντι υπερτάσεων και βραχυκυκλωμάτων, καθώς και ηλεκτρική μόνωση μεταξύ δικτύου και χαμηλής τάσης. Ακόμη, έχει τοποθετηθεί τροφοδοτικό 24V, με το οποίο δίνουμε τροφοδοσία σε κρίσιμα υλικά του συστήματος, όπως είναι το PLC και η οθόνη που προσφέρει τοπικό και απομακρυσμένο έλεγχο. Τέλος, με σκοπό να μην χρειάζεται η τοποθέτηση καλωδίου ώστε να έχουμε πρόσβαση στο PLC, έχει τοποθετηθεί στο πίσω μέρος της μακέτας ένα tp-link Multi-Mode Wi-Fi Router, με το οποίο καταφέρνουμε να συνδεθούμε στο συγκεκριμένο δίκτυο ασύρματα, για λόγους καθαρά ευκολίας. Για αυτό το λόγο, υπάρχει και μία πρίζα τοποθετημένη, από την οποία μπορούμε να δώσουμε τροφοδοσία στο συγκεκριμένο router.



Εικόνα 3.6: tp-link Multi-Mode Wi-Fi Router

### 3.3 Βιομηχανικά υλικά που τοποθετήθηκαν στην προσομοίωση

#### 3.3.1 PLC LOGO!

Το LOGO! είναι ένα μικρό PLC (Programmable Logic Controller) της Siemens, ιδανικό για εφαρμογές αυτοματισμού όπως φωτισμός, θέρμανση, αντλίες και αντιπλημμυρικά συστήματα, όπως το συγκεκριμένο. Διαθέτει ψηφιακές και αναλογικές εισόδους/εξόδους, επιτρέπει τηλεδιοίκηση μέσω Ethernet και προγραμματισμό με το LOGO! Soft Comfort σε Function Block Diagram (FBD). Υποστηρίζει λογικές λειτουργίες, χρονιστές, μετρητές και απλές μαθηματικές πράξεις.[12]

Συγκεκριμένα, στη περίπτωση του δικού μας συστήματος και για τις ανάγκες της σωστής λειτουργίας του μέσω του κατάλληλου προγραμματισμού έχει χρησιμοποιηθεί για τα εξής:

- Λήψη δεδομένων από αισθητήρες στάθμης νερού είτε φλοτέρ, χρησιμότητα στο ότι αποβλαεται η περίπτωση λάθους λόγω σφάλματος.
- Αυτόματο έλεγχο όσον αφορά τις αντλίες, τους φωτεινούς σηματοδότες είτε μπάρες που ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν.
- Απομακρυσμένη παρακολούθηση και τηλεχειρισμό από τον χειριστή.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά τα πλεονεκτήματα της χρήσης του συγκεκριμένου υλικού, αξίζει να αναφερθούμε στο πόσο εύκολο είναι στη χρήση, έπειτα, βέβαια, από τις κατάλληλες γνώσεις και εξάσκηση επάνω στο συγκεκριμένο υλικό. Ακόμη, το μικρό του μέγεθος είναι κατάλληλο για τοποθέτηση σε πίνακες, όπου θέλουμε να εξοικονομήσουμε χώρο για την τοποθέτηση και άλλων υλικών[9]. Τέλος, αποτελεί μία οικονομική λύση ανάμεσα σε άλλες, η οποία παρά το χαμηλό, σχετικά, κόστος, περιέχει όλα τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται η υλοποίηση πολλών αυτοματισμών σε ποικίλα συστήματα.[7]

Ενδεικτικά χαρακτηριστικά προϊόντος[7]:

- 1. Τροφοδοσία**
  - **Τάση λειτουργίας: 12/24 V DC  $\pm$ 20%**
  - **Κατανάλωση: ~1 W**
  
- 2. Είσοδοι και έξοδοι**
  - **8 Digital inputs (DC)**
  - **0–24 V DC, χρόνος αντίδρασης ~20 ms**
  
  - **4 Digital outputs (Relay)**
  - **Μέγιστο φορτίο: 2 A, 250 V AC**
  
- 3. Θερμοκρασία Λειτουργίας**
  - **0°C – +55°C**
  - **Υγρασία: 5–95% (μη συμπυκνωμένη)**
  
- 4. Διαστάσεις**
  - **Πλάτος: 71,5mm**
  - **Ύψος: 90mm**
  - **Βάθος: 60mm**
  
- 5. Τύπος**

6ED1052-1MD08-0BA2 LOGO!12/24RCE



Εικόνα 3.7: PLC LOGO!

Ακόμη, λόγω του ότι οι υπάρχουσες εισοδοι και έξοδοι δεν ήταν επαρκές, έχουν προσθεθεί κάποιες κάρτες επέκτασης. Έτσι, εξασφαλίσαμε τον ελάχιστο αριθμό inputs και outputs που χρειαζόμασταν. Οι κάρτες επέκτασης που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι οι ακόλουθες:



Εικόνα 3.8: Μονάδα επέκτασης DM 16 24R



Εικόνα 3.9: Μονάδα επέκτασης AM2



Εικόνα 3.10: Μονάδα επέκτασης AM2 AQ

Τέλος, έχει χρησιμοποιηθεί το LOGO! CSM 12/24 - 6GK7177-1MA20-0AA0 της Siemens. Το συγκεκριμένο χαρακτηρίζεται από τάση τροφοδοσίας 12/24 V DC, τέσσερις θύρες (RJ45) και μία μπροστινή θύρα για διάγνωση. Μια σύνδεση Ethernet με 10/100 Mbit/s και διαγνωστικά LED εξασφαλίζουν εύκολη λειτουργία του LOGO! CSM 12/24 - 6GK7177-1MA20-0AA0. Η τοποθέτηση σε ράγα DIN παρέχει γρήγορη εγκατάσταση στον πίνακα ελέγχου.



Εικόνα 3.11: LOGO! CSM 12/24

### 3.3.2 Harmony Small Panel (Schneider)

Η συγκεκριμένη οθόνη είναι μια βιομηχανική οθόνη αφής 5,7" TFT (320×240 pixels) για οπτικοποίηση και χειρισμό συστημάτων αυτοματισμού. Υποστηρίζει Ethernet και RS232/RS485 για επικοινωνία με PLC και αισθητήρες, καθώς και πρωτόκολλα Modbus και Schneider. Λειτουργεί με 24 V DC, διαθέτει IP65 μπροστά και υποστηρίζει γραφικά, alarm logging και ιστορικά δεδομένα μέσω του λογισμικού EcoStruxure Operator Terminal Expert (Vijeo Designer). Ιδανική για εφαρμογές όπως αντλιοστάσια, αντιπλημμυρικά συστήματα και βιομηχανικούς πίνακες ελέγχου.[8]

Ενδεικτικά χαρακτηριστικά προϊόντος[8]:

#### 1. Τροφοδοσία

- **Τάση λειτουργίας: 24 V DC**
- **Κατανάλωση: ~5 W**

#### 2. Επικοινωνία

- **Port: Ethernet (Modbus TCP/IP)**
- **Port: RS232 / RS485 (Modbus RTU)**
- **Υποστηριζόμενα πρωτόκολλα: Modbus, Schneider protocols**
- **Επιτρέπει σύνδεση με PLC, αισθητήρες και άλλα συστήματα αυτοματισμού**

#### 3. Θερμοκρασία Λειτουργίας

- **0°C – +50°C**
- **Υγρασία: 10–90% (μη συμπυκνωμένη)**

**4. Διαστάσεις**

- Μέγεθος οθόνης: 5,7" TFT
- Ανάλυση: 320×240 pixels (QVGA)
- Χρώματα: 64k colors
- Αφής (touch screen) για χειρισμό των διεπαφών

**5. Άλλα χαρακτηριστικά**

- Μνήμη: 16 MB για εφαρμογές και δεδομένα
- Προγραμματισμός: EcoStruxure Operator Terminal Expert (Vijeo Designer)

**6. Τύπος**

HMISTU855



*Εικόνα 3.12: Harmony Small Panel (Schneider)*

### **3.4 Αισθητήρια Πραγματικών Δεδομένων**

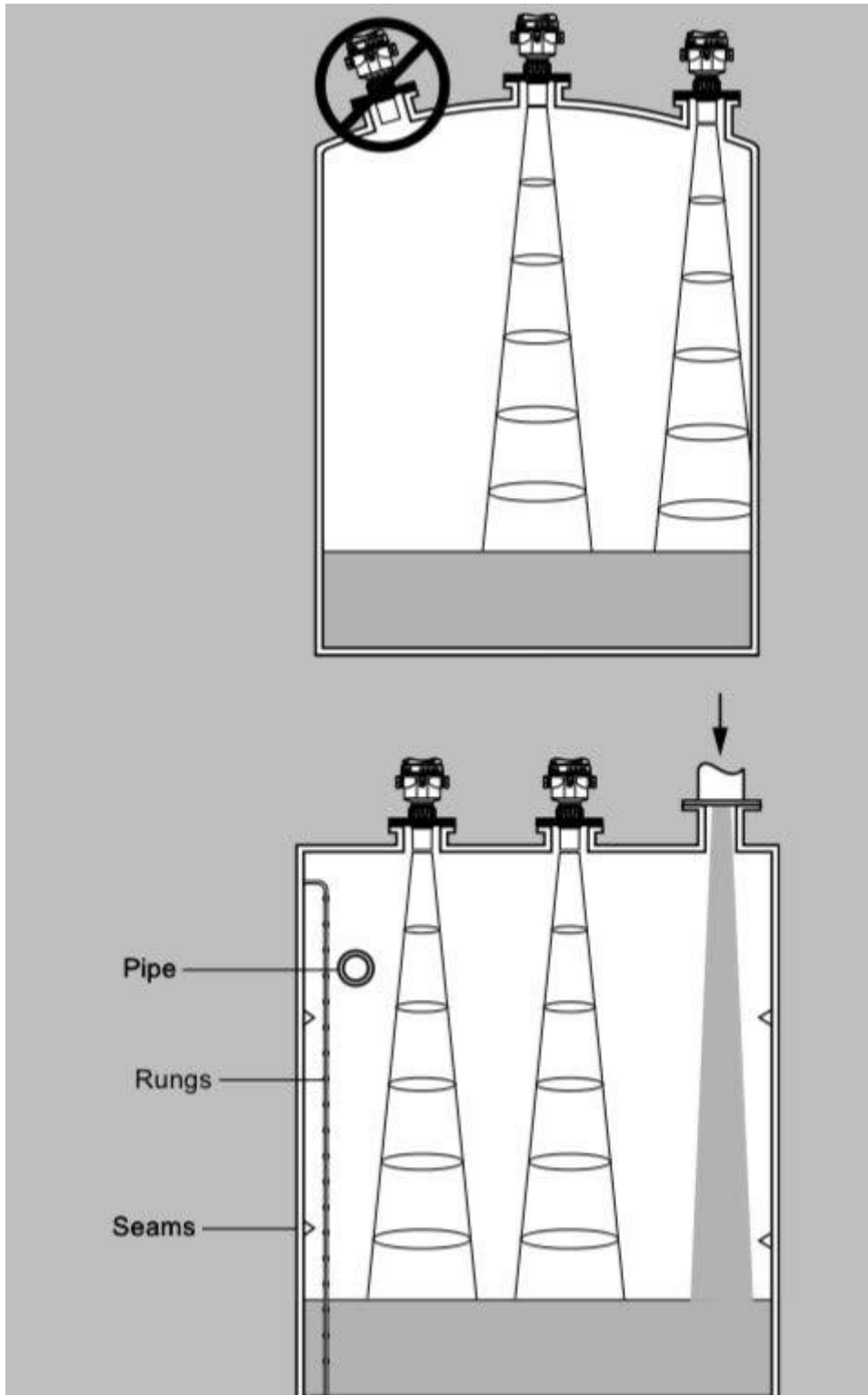
Ο Siemens SITRANS Probe LU240 / LU270 αποτελεί σύγχρονο αισθητήρα στάθμης υπερήχων, ειδικά σχεδιασμένο για την ακριβή και αξιόπιστη παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε δεξαμενές, φρεάτια ή ανοικτές εγκαταστάσεις. Η τεχνολογία μέτρησης χωρίς επαφή εξασφαλίζει ανθεκτικότητα και ελαχιστοποίηση απαιτήσεων συντήρησης, ενώ η δυνατότητα λειτουργίας σε δύσκολες συνθήκες (όπως παρουσία ατμών ή εναποθέσεων) τον καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλο για εφαρμογές σε περιβάλλοντα ύδρευσης, αποχέτευσης και αντιπλημμυρικής προστασίας. Ο αισθητήρας διαθέτει έξοδο 4–20 mA σε διαμόρφωση δύο αγωγών (loop-powered), με δυνατότητα επιπλέον επικοινωνίας μέσω HART ή

### Κεφάλαιο 3

Modbus για παραμετροποίηση και συλλογή διαγνωστικών δεδομένων. Στο πλαίσιο ενός αντιπλημμυρικού συστήματος που υλοποιείται με χρήση PLC, ο SITRANS Probe LU240/270 εγκαθίσταται στην κορυφή του φρεατίου ή της δεξαμενής και μετρά σε πραγματικό χρόνο τη στάθμη του νερού. Η έξοδός του συνδέεται στην αναλογική είσοδο του PLC, το οποίο παρέχει ταυτόχρονα την απαραίτητη τροφοδοσία 24 VDC. Μέσω κατάλληλης κλιμάκωσης στο λογισμικό του PLC, τα δεδομένα της στάθμης μετατρέπονται σε πληροφορία που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο αντλιών, βαλβίδων και συναγερμών, με σκοπό την αποφυγή υπερχείλισης και την προστασία κρίσιμων υποδομών. Συνεπώς, ο αισθητήρας ενσωματώνεται ως βασικό στοιχείο του συστήματος αυτοματισμού, προσφέροντας συνεχή και αξιόπιστη παρακολούθηση που ενισχύει την αποτελεσματικότητα της αντιπλημμυρικής λειτουργίας. [19]




Εικόνα 3.13: SITRANS Probe LU240.



Εικόνα 3.14: Τοποθέτηση του SITRANS Probe LU240 σε δεξαμενή.

### 3.5 Ηλεκτρολογικό Σχέδιο

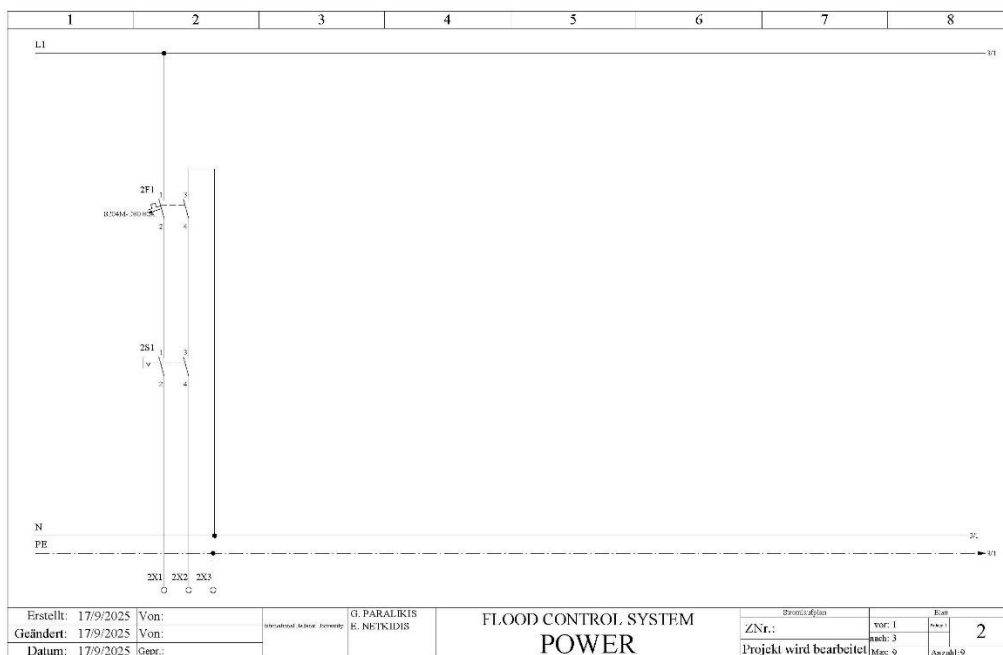
Παρακάτω απεικονίζεται ολόκληρο το ηλεκτρολογικό σχέδιο των υλικών που αναφέρθηκαν προηγουμένως



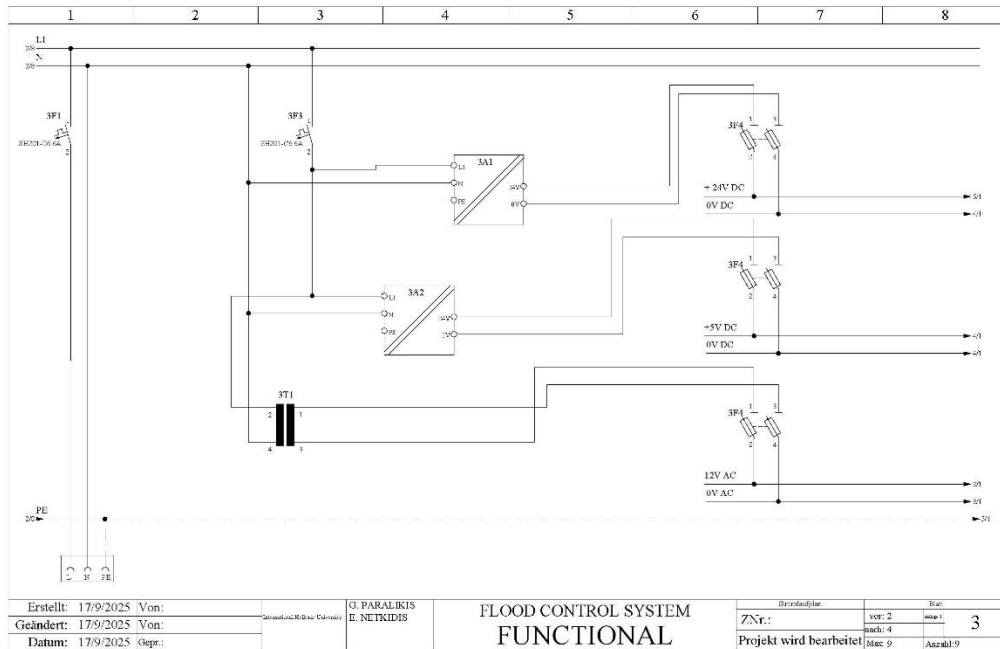
## International Hellenic University

<b>CUSTOMER:</b>	PROJECT	ΔΙΠΑΕ
	TABLE NAME	ΜΠΗΣ
	CONSTRUCTION NR.	2025/09/01-1
PROJECT DIRECTOR : GEORGE PARALIKIS & EFTHYMIOS NETKIDIS	PROJECT NR.	

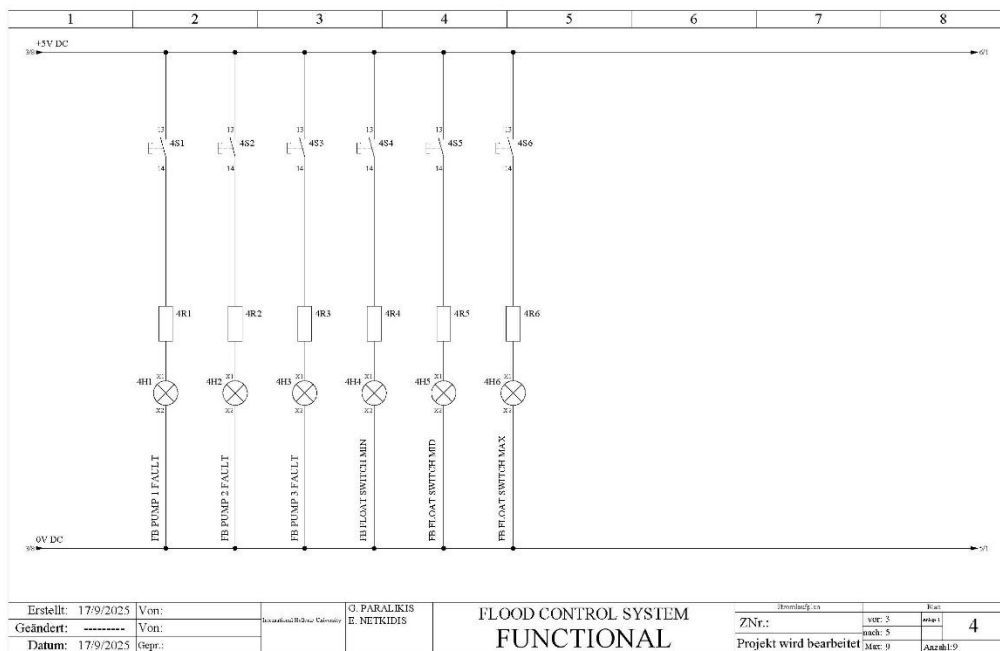
Εικόνα 3.15: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 1



Εικόνα 3.16: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 2

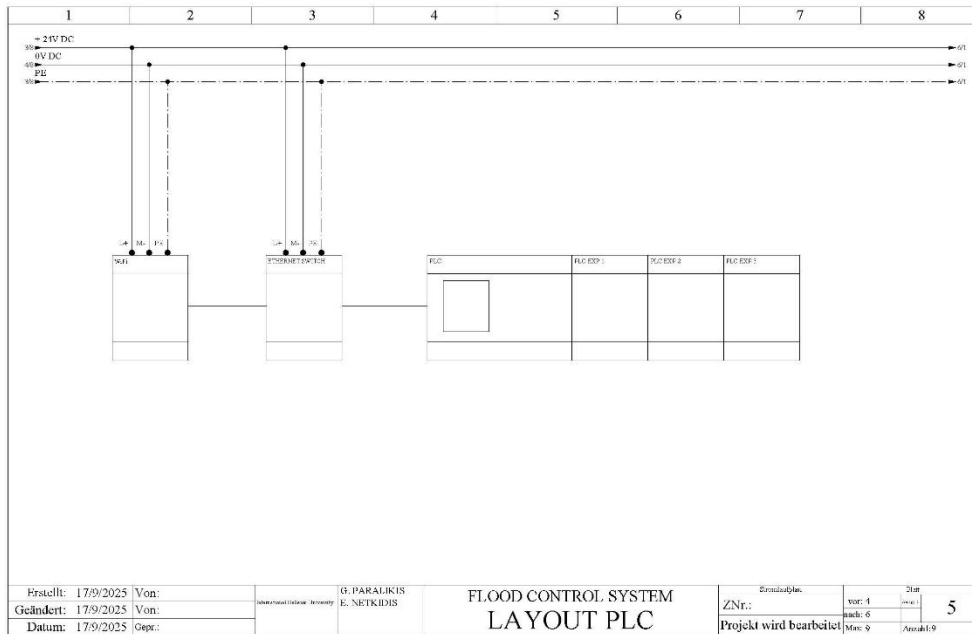


Εικόνα 3.17: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 3

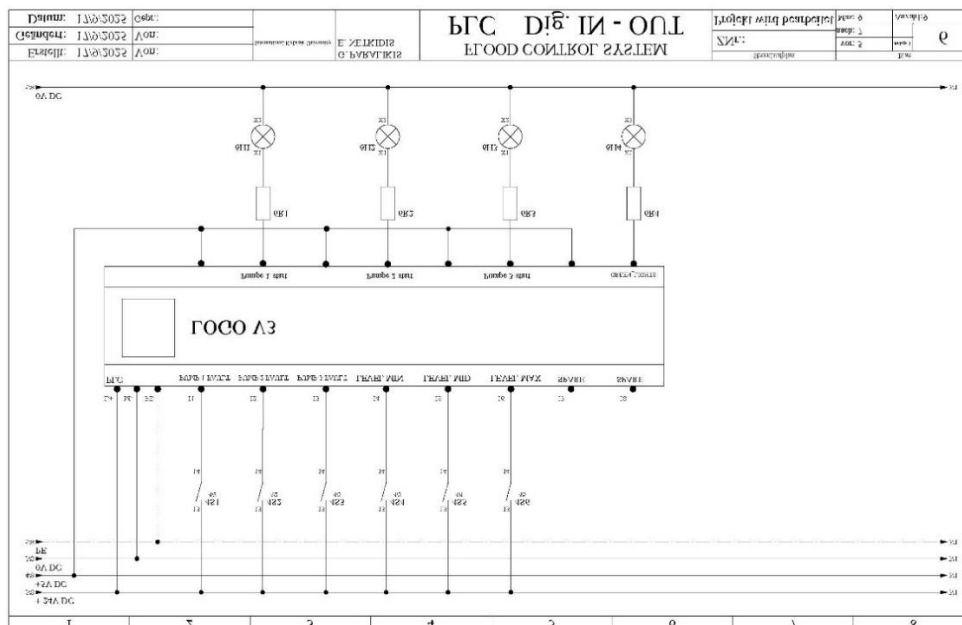


Εικόνα 3.18: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 4

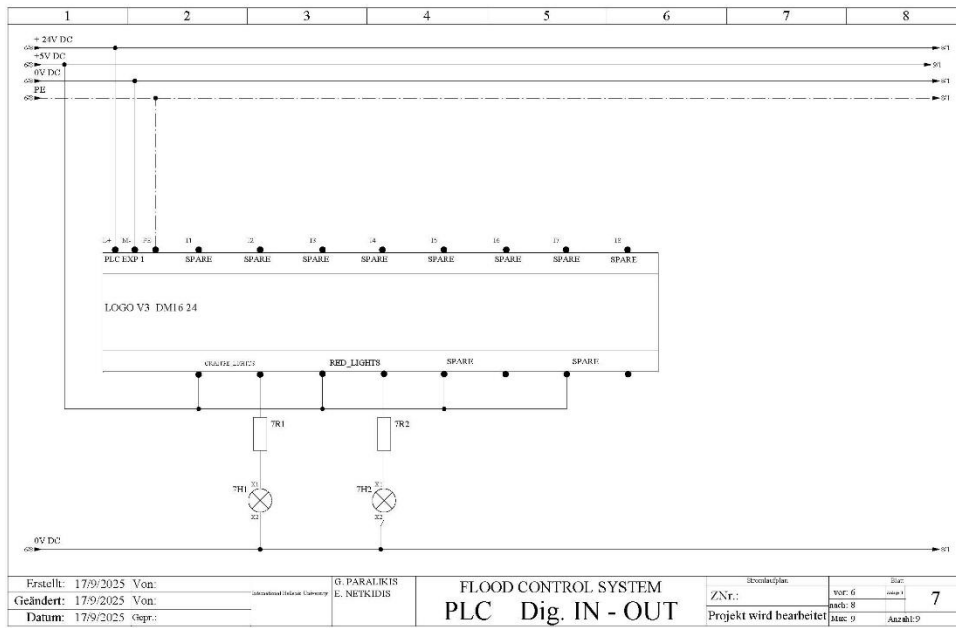
### Κεφάλαιο 3



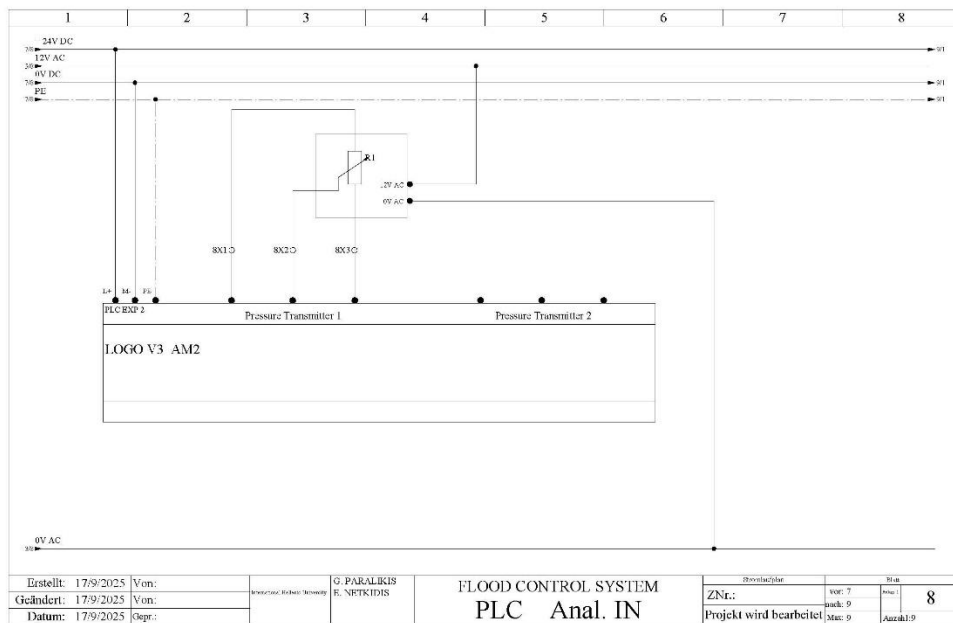
Εικόνα 3.19: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 5



Εικόνα 3.20: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 6



Εικόνα 3.21: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 7



Εικόνα 3.22: Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Σελίδα 8





Εικόνα 3.25: Πίσω Όψη Μακέτας.



Εικόνα 3.26: PLC Συστήματος

### 3.7 Επίλογος

Συμπερασματικά, έχουν χρησιμοποιηθεί διαφόρων ειδών υλικά, άλλα για τη χρήση της προσομοίωσης και άλλα που αντιπροσωπεύουν πραγματικά βιομηχανικά υλικά. Το σημαντικό είναι, πως τα υλικά τα οποία θα χρειαστούν για τη πραγματοποίηση του έργου σε πραγματικά δεδομένα είναι τοποθετημένα, όπως το PLC και η οθόνη Harmony Small Panel της Schneider, και έτοιμα να τοποθετηθούν και να υποστηρίξουν έργο πραγματικών διαστάσεων, χωρίς περαιτέρω αλλαγές.

## **Κεφάλαιο 4ο: Σημαντικότερες λειτουργίες συστήματος**

### **4.1 Εισαγωγή**

Στη συγκεκριμένη διπλωματική υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά τα οποία την καθιστούν υψηλής σημασίας και ταυτόχρονα χρήσιμη με κομμάτια μοναδικότητας. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν κυρίως τη λειτουργία του όλου συστήματος, μιας και ο συγκεκριμένος προγραμματισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε αντιπλημμυρικό σύστημα θελήσει κάποιος να υλοποιήσει, έχοντας μόνο σαν υποχρέωση να υπολογίσει τα μεγέθη των αντλιών και της δεξαμενής για παράδειγμα, τα οποία μεταβάλλονται ανάλογα με το μέγεθος του αντιπλημμυρικού συστήματος που θα υλοποιηθεί.

### **4.2 Κυκλική εναλλαγή**

Η κυκλική εναλλαγή αντλιών είναι μια τεχνική ελέγχου που χρησιμοποιείται σε συστήματα με περισσότερες από μία αντλίες, ώστε να εναλλάσσονται περιοδικά στη λειτουργία. Ο κύριος σκοπός της είναι η ισομεταχείριση των ωρών λειτουργίας των αντλιών, με αποτέλεσμα την μείωση της φθοράς και την αύξηση της διάρκειας ζωής τους. Επιπλέον, η κυκλική εναλλαγή διασφαλίζει ότι όλες οι αντλίες παραμένουν σε ετοιμότητα, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο βλάβης του συστήματος σε περίπτωση που κάποια αντλία σταματήσει να λειτουργεί. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται συχνά σε αντλιοστάσια λυμάτων, αντιπλημμυρικά συστήματα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπου η συνεχής και αξιόπιστη λειτουργία είναι κρίσιμη. Έτσι, έχει δημιουργηθεί το κατάλληλο τμήμα στο προγραμματιστικό μας κομμάτι, το οποίο εφαρμόζει τη συγκεκριμένη λειτουργία, για να εξασφαλισθεί πως οι αντλίες θα μοιράζονται τον χρόνο λειτουργίας τους, με συνέπεια την αύξηση της διάρκειας ζωής της κάθε μίας από αυτές.

### **4.3 Αποφυγή ξηράς λειτουργίας**

Σε περιπτώσεις όπου κάποια αντλία θα λειτουργήσει χωρίς να υπάρχει νερό στην δεξαμενή, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να δημιουργηθούν βλάβες στην εκάστοτε αντλία. Βλάβες σαν αυτές μπορεί να είναι η υπερθέρμανση, φθορά των μηχανικών μερών και καταστροφή του κινητήρα. Έτσι, θα πρέπει να προφυλάξουμε το σύστημά μας και από την περίπτωση της ξηράς λειτουργίας. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται ακόμη δύο είσοδοι στο πρόγραμμά μας, οι οποίες μπορούν να προέρχονται από κάποιο ή κάποια φλοτέρ. Μέσω αυτών, μπορούμε να έχουμε μία ακόμη ένδειξη για την στάθμη του νερού, για την περίπτωση, δηλαδή, στην οποία ο αισθητήρας στάθμης υποστεί κάποια βλάβη ή δεν λειτουργήσει σωστά. Έτσι, πέραν της στάθμης που προέρχεται από τον αισθητήρα στάθμης, για να λειτουργήσουν οι αντλίες θα πρέπει να είναι ενεργοποιημένη και η στάθμη που θα βρίσκεται στο επίπεδο MIN του συστήματός μας, ώστε να διασφαλίσουμε πως υπάρχει νερό στην δεξαμενή, αρκετό για να μην λειτουργήσει χωρίς υγρό κάποια αντλία.

### **4.4 Βλάβη αισθητήρα στάθμης**

Όπως προ είπαμε, ένας αισθητήρας στάθμης δεν είναι απίθανο να υποστεί κάποια βλάβη και έτσι να μην στέλνει ή να στέλνει λάθος ενδείξεις στο πρόγραμμά μας. Έτσι, μετά τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας σε περίπτωση της βλάβης αυτής, όσον αφορά την αποφυγή της ξηράς λειτουργίας, είναι

σημαντικό οι αντλίες να εκκινήσουν και στη περίπτωση που ο αισθητήρας στάθμης δεν λειτουργήσει. Για αυτό τον σκοπό, υπάρχει μία ένδειξη από φλοτέρ, η οποία χρησιμοποιείται για την περίπτωση που η στάθμη στη δεξαμενή είναι σε αρκετά υψηλό επίπεδο και έτσι χρειάζεται να εκκινήσουν και οι τρεις αντλίες για την απομάκρυνση των υδάτων.

#### **4.5 Επίλογος**

Συμπερασματικά, υπάρχουν πολλά μέρη από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα όπως και αυτό. Η διαφορά, όμως, που διακρίνει το συγκεκριμένο σύστημα βρίσκεται κυρίως στις λεπτομέρειες που έχουν χρησιμοποιηθεί στον προγραμματισμό του συστήματος και εξασφαλίζουν τη καλύτερη λειτουργία και αξιοπιστία του συστήματος, κάνοντάς το περισσότερο ασφαλές, χρησιμοποιώντας τις παραπάνω δυσκλείδες ασφαλείας, πιο προσεκτικό με τα υλικά του συστήματος, όπως είναι οι αντλίες, αλλά και πιο «έξυπνο».

## Κεφάλαιο 5ο: Υλοποίηση αυτοματισμού

### 5.1 Εισαγωγή

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, για την υλοποίηση του αυτοματισμού έχει χρησιμοποιηθεί ένα Plc LOGO!, το οποίο λαμβάνει κάποιες εισόδους και έπειτα από τον κατάλληλο προγραμματισμό τον οποίο έχουμε μελετήσει και υλοποιήσει εμείς, δίνει τις κατάλληλες εντολές στις εξόδους εκείνες που προκύπτουν από την εκτέλεση του προγραμματισμού αυτού. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά όσες πύλες, counters και άλλα functions έχουν χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη του στόχου της συγκεκριμένης διπλωματικής, αλλά και η συνολική εικόνα του προγράμματος, το οποίο αποτελεί και τον βασικό αυτοματισμό του όλου συστήματος.

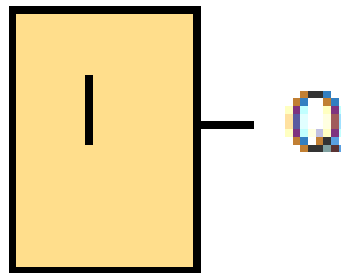
### 5.2 Εντολές προγραμματισμού

#### 5.2.1 Ψηφιακές σταθερές (Digital)

- **Input**

Ένα block, το οποίο αντιπροσωπεύει τους ακροδέκτες εισόδου του PLC. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί 6, inputs τα οποία έχουν ως εξής:

1. **I1: FB PUMP 1 FAULT**, αντιπροσωπεύει την προσομοίωση σφάλματος στην αντλία 1
2. **I2: FB PUMP 2 FAULT**, αντιπροσωπεύει την προσομοίωση σφάλματος στην αντλία 2
3. **I3: FB PUMP 3 FAULT**, αντιπροσωπεύει την προσομοίωση σφάλματος στην αντλία 3
4. **I4: FB FLOAT SWITCH MIN**, αντιπροσωπεύει τη προσομοίωση της ένδειξης ενός φλοτέρ που βρίσκεται στην ελάχιστη στάθμη που χρειάζεται, ώστε να μπορούν να εκκινήσουν οι αντλίες
5. **I5: FB RESET FAULT**, αντιπροσωπεύει το reset που πρέπει να κάνει ο χρήστης, ώστε να γνωρίζει το σύστημα πως η βλάβη έχει αποκατασταθεί και η εκάστοτε αντλία μπορεί να λειτουργήσει ξανά
6. **I6: FB FLOAT SWITCH MAX**, αντιπροσωπεύει τη προσομοίωση της ένδειξης ενός φλοτέρ που βρίσκεται στην μέγιστη στάθμη που είναι επιθυμητό να φτάσει το νερό στη δεξαμενή και να ενεργοποιήσει και τις τρεις αντλίες σε περίπτωση που δεν έχει ήδη γίνει αυτό.

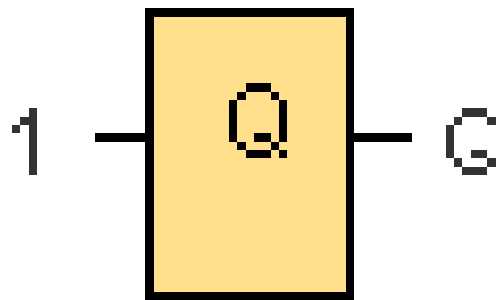


Εικόνα 5.1: Input

- **Output**

Ένα block, το οποίο αντιπροσωπεύει τους ακροδέκτες εξόδου του PLC. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί 6 outputs, τα οποία έχουν ως εξής:

1. **Q1: FB PUMP 1**, αντιπροσωπεύει την προσομοίωση έναρξης λειτουργίας της αντλίας 1
2. **Q2: FB PUMP 2**, αντιπροσωπεύει την προσομοίωση έναρξης λειτουργίας της αντλίας 2
3. **Q3: FB PUMP 3**, αντιπροσωπεύει την προσομοίωση έναρξης λειτουργίας της αντλίας 3
4. **Q4: FB GREEN LIGHTS**, αντιπροσωπεύει τη λειτουργία των πράσινων φωτεινών σηματοδοτών.
5. **Q5: FB ORANGE LIGHTS**, αντιπροσωπεύει τη λειτουργία των πορτοκαλί φωτεινών σηματοδοτών.
6. **Q6: FB RED LIGHTS**, αντιπροσωπεύει τη λειτουργία των κόκκινων φωτεινών σηματοδοτών.

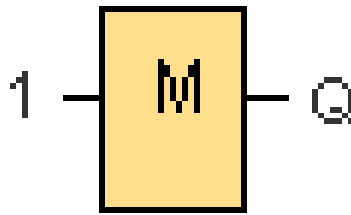


Εικόνα 5.2: Output

- **Flag**

Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί 7 Flags, τα οποία έχουν ως εξής:

1. **M1:** Λαμβάνει τη ως σήμα εάν η πρώτη αντλία βρίσκεται σε σφάλμα ή όχι.
2. **M2:** Λαμβάνει τη ως σήμα εάν η δεύτερη αντλία βρίσκεται σε σφάλμα ή όχι.
3. **M3:** Λαμβάνει τη ως σήμα εάν η τρίτη αντλία βρίσκεται σε σφάλμα ή όχι.
4. **M4:** Λαμβάνει τη ως σήμα το σημείο στο οποίο η κυκλική εναλλαγή πρέπει να ξεκινήσει από την αρχή.
5. **M5:** Λαμβάνει τη ως σήμα το ότι η ένδειξη min είναι ενεργοποιημένη.
6. **M6:** Λαμβάνει τη ως σήμα το ότι και η ένδειξη min, αλλά και η max είναι ενεργοποιημένες.
7. **M7:** Λαμβάνει τη ως σήμα το ότι η αντλία 1 βρίσκεται σε σφάλμα και πρέπει να εκκινήσει η επόμενη κατά σειρά αντλία.



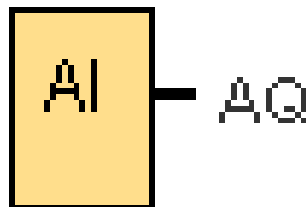
Εικόνα 5.3: Flag

### 5.2.2 Αναλογικές σταθερές (Analog)

- **Analog Inputs**

Ένα block το οποίο με και αυτό με τη σειρά του χρησιμοποιείται ως είσοδος, αυτή τη φορά από ένα αναλογικό σήμα. . Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχει χρησιμοποιηθεί 1 Analog Input, το οποίο έχει ως εξής:

1. **AI1:** Η οποία λαμβάνει τη τιμή του ποτεσιόμετρου για την προσομοίωση της στάθμης του νερού μέσα στη δεξαμενή.

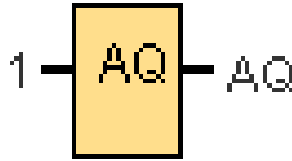


Εικόνα 5.4: Analog Input

- **Analog output**

Ένα block το οποίο στέλνει μία αναλογική έξοδο. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχει χρησιμοποιηθεί 1 Analog Output, το οποίο έχει ως εξής:

1. **AQ1:** Η οποία λαμβάνει την αναλογική τιμή που δίνουμε μέσω του ποτεσιόμετρου και την στέλνουμε την αναλογική μπάρα με την οποία προσομοιώνουμε οπτικά τη στάθμη της δεξαμενής.

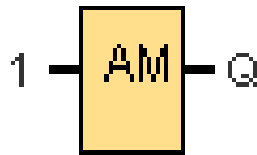


Εικόνα 5.5: Analog Output

- **Analog Flag**

Ένα block, το οποίο εξάγει το σήμα εισόδου, το οποίο έχει λάβει, σε αυτή τη περίπτωση ένα αναλογικό σήμα. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί 2 Analog Flags, τα οποία έχουν ως εξής:

1. **AM1:** Το οποίο λαμβάνει ως σήμα την αναλογική τιμή που εισέρχεται από την αναλογική είσοδο AI1.
2. **AM2:** Το οποίο λαμβάνει ως σήμα την αναλογική τιμή που έρχεται από την αναλογική έξοδο AQ1.



Εικόνα 5.6: Analog Flag

### 5.2.3 Λογικές πύλες (Basic Functions)

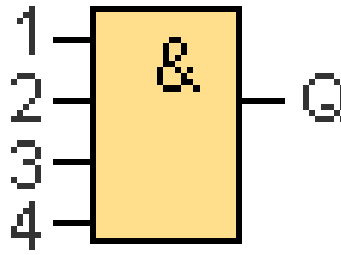
Κύριο ρόλο στην υλοποίηση του συγκεκριμένου αυτοματισμού έχουν παίξει οι συνδέσεις μεταξύ των λογικών πυλών. Λογικές πύλες οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί στο συγκεκριμένο σύστημα είναι οι εξής:

- **AND**

Η έξοδος μίας λογικής πύλης AND μπορεί, σαφώς, να είναι είτε 0 είτε 1. Για να μπορέσει η έξοδος να γίνει 1, θα πρέπει όλες οι εισοδοί της πύλης AND να είναι και αυτές 1. Σε κάθε άλλη περίπτωση, η έξοδος η οποία θα έχει η λογική αυτή πύλη θα είναι 0. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα αναλυτικό σχεδιάγραμμα της λειτουργίας της συγκεκριμένης πύλης.

Input 1	Input 2	Input 3	Input 4	Output
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

Πίνακας 5.1: Διάγραμμα Λειτουργίας Πύλης AND



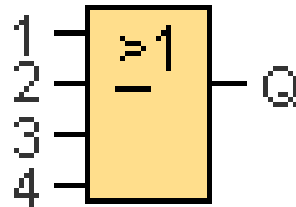
Εικόνα 5.7: AND

• **OR**

Η έξοδος μιας λογικής πύλης OR μπορεί, αντίστοιχα, να έχει δύο τιμές ως έξοδο, είτε 0 είτε 1. Για να μας δώσει ως έξοδο λογικό 1, θα πρέπει τουλάχιστον μία από τις εισόδους να είναι και αυτή 1. Στη περίπτωση που όλες οι εισοδοι είναι 0, τότε και μόνο τότε θα εμφανίσει και αυτή στην έξοδό της 0. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα αναλυτικό σχεδιάγραμμα της λειτουργίας της συγκεκριμένης πύλης.

Input 1	Input 2	Input 3	Input 4	Output
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Πίνακας 5.2: Διάγραμμα Λειτουργίας Πύλης OR



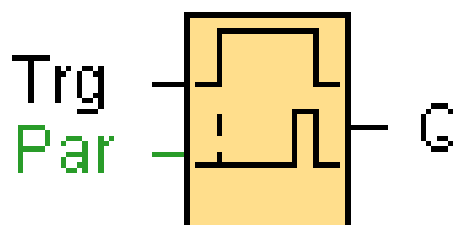
Εικόνα 5.8: OR

### 5.2.4 Timers

- **On-Delay**

Εφαρμόζοντας το συγκεκριμένο function εξασφαλίζουμε πως κάποια έξοδος δεν θα αλλάξει, έως ότου περάσει ο απαιτούμενος χρόνος τον οποίο εμείς έχουμε ορίσει. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί 4 On-Delays, τα οποία έχουν ως εξής:

1. **B043:** Το οποίο καθυστερεί στα 6 sec την λειτουργία των κόκκινων φωτεινών σηματοδοτών, έως ότου, δηλαδή, σβήσουν οι πορτοκαλί σηματοδότες.
2. **B020:** Το οποίο καθυστερεί να δώσει την εντολή επανέναρξης της κυκλικής εναλλαγής κατά 0,02 sec.
3. **B041:** Το οποίο καθυστερεί την εκκίνηση της αντλίας 2 σε περίπτωση ανάγκης, την αποτρέπει ουσιαστικά από το να ξεκινήσει ταυτόχρονα με κάποια άλλη αντλία και επιβαρυνθεί το ηλεκτρολογικό σύστημα.
4. **B042:** Το οποίο καθυστερεί την εκκίνηση της αντλίας 1 σε περίπτωση ανάγκης, την αποτρέπει ουσιαστικά από το να ξεκινήσει ταυτόχρονα με κάποια άλλη αντλία και επιβαρυνθεί το ηλεκτρολογικό σύστημα.

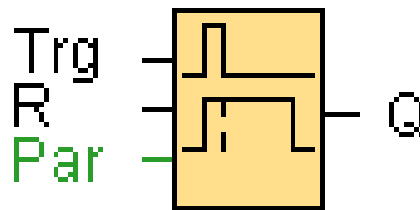


Εικόνα 5.9: On-Delay

- **Off-Delay**

Εφαρμόζοντας το συγκεκριμένο function δίνουμε εντολή σε κάποια έξοδο να μεταβληθεί, αφού η τιμή που έχουμε ορίσει ως είσοδο σε αυτό αλλάξει από λογικό 1 σε λογικό 0. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχει χρησιμοποιηθεί 1 Off-Delay, το οποίο έχει ως εξής:

1. **B044:** Το οποίο δίνει την εντολή οι πράσινοι φωτεινοί σηματοδότες να σβήσουν και να ξεκινήσουν την λειτουργία τους οι πορτοκαλί.

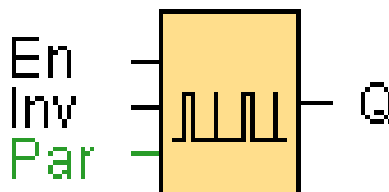


Εικόνα 5.10: Off-Delay

- **Asynchronous Pulse Generator**

Η εφαρμογή του συγκεκριμένου function σημαίνει πως το σχήμα του παλμού στην έξοδο μπορεί να τροποποιηθεί με μια ρυθμιζόμενη αναλογία παλμού/παύσης. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχει χρησιμοποιηθεί 1 Asynchronous Pulse Generator, το οποίο έχει ως εξής:

1. **B022:** Το οποίο διασφαλίζει πως όλοι οι φωτεινοί σηματοδότες θα ανάβουν με τον ίδιο ακριβώς ρυθμό. Θα ανάβουν και θα σβήνουν συγχρονισμένα.

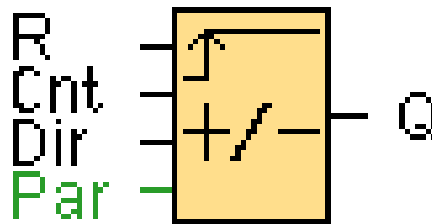


Εικόνα 5.11: Asynchronous Pulse Generator

### 5.2.5 Counter

- **Up/Down counter**

Με τη χρήση της συγκεκριμένης function ένας παλμός εισόδου αυξάνει ή μειώνει μια εσωτερική τιμή, ανάλογα με τη ρύθμιση της παραμέτρου. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχουμε χρησιμοποιήσει 4 Up/Down counters (B015, B016, B017, B018), τα οποία έχουν πάρει τιμές από 1-2, 2-3, 3-4 και 4-0, με σκοπό να ενεργοποιείται η κάθε αντλία, όταν είναι η σειρά της και να δίνει τη σειρά της στην επόμενη στη σειρά αντλία την επόμενη φορά που θα χρειαστεί να εκκινήσει κάποια από τις αντλίες από την αρχή, ώστε να πετύχουμε την κυκλική εναλλαγή.



Εικόνα 5.12: Up/Down counter

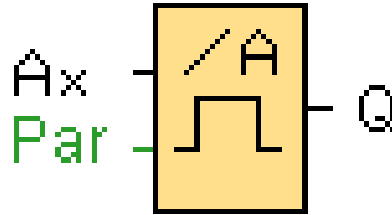
### 5.2.6 Αναλογικές συναρτήσεις (Analog)

- **Analog threshold trigger**

Με τη συγκεκριμένη function μπορούμε να ενεργοποιήσουμε ή να επαναφέρουμε την έξοδο της ανάλογα με τις τιμές που θα ορίσουμε εμείς. Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε για να δηλώσουμε σε ποιο ποσοστό της στάθμης θέλουμε να εκκινήσει κάποια αντλία. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί 4 Analog threshold triggers, τα οποία έχουν ως εξής:

1. **B007:** Το οποίο δηλώνει πως κάποια αντλία θα ενεργοποιηθεί όταν το ποσοστό της στάθμης στη δεξαμενή φτάσει στο 30% και θα απενεργοποιηθεί μόλις αυτή στάσει στο 25%.
2. **B006:** Το οποίο δηλώνει πως κάποια αντλία θα ενεργοποιηθεί όταν το ποσοστό της στάθμης στη δεξαμενή φτάσει στο 40% και θα απενεργοποιηθεί μόλις αυτή στάσει στο 30%.
3. **B008:** Το οποίο δηλώνει πως κάποια αντλία θα ενεργοποιηθεί όταν το ποσοστό της στάθμης στη δεξαμενή φτάσει στο 60% και θα απενεργοποιηθεί μόλις αυτή στάσει στο 50%.

Τα παραπάνω ποσοστά είναι ενδεικτικά και εννοείται μπορούν να μεταβληθούν εύκολα.

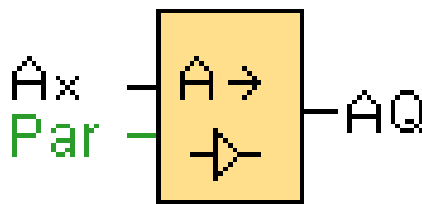


Εικόνα 5.13: Analog threshold trigger

- **Analog amplifier**

Το συγκεκριμένο, ενιχύει τις απώλειες που μπορεί να υπάρξουν από μία αναλογική είσοδο και δίνει ως έξοδο το αποτέλεσμα αυτής της εισόδου χωρίς τις απώλειες. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχει χρησιμοποιηθεί 1 Analog amplifier, το οποίο έχει ως εξής:

1. **B001:** Το οποίο χρησιμοποιείται σε σειρά με την αναλογική είσοδο AI1, με σκοπό να εκμηδενίσει τις απώλειες.



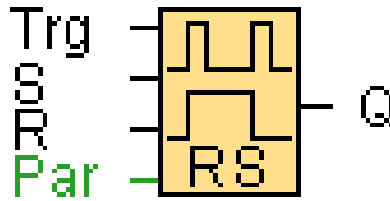
Εικόνα 5.14: Analog amplifier

### 5.2.7 Ανάμεικτα (Miscellaneous)

- **Pulse Relay**

Με το συγκεκριμένο, κρατάμε στην έξοδό του την τιμή έπειτα από μία μεταβολή και επανέρχεται έπειτα από ένα reset. Στην δική μας περίπτωση κρατάμε τη τιμή 1 στην έξοδό του και την επαναφέρουμε έπειτα από το reset που γίνεται με το I5. Για τις ανάγκες του προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί 3 Pulse Relays, τα οποία έχουν ως εξής:

1. **B009:** Το οποίο κρατά τη περίπτωση σφάλματος στην αντλία 1, και δεν επανέρχεται μέχρι να γίνει reset.
2. **B011:** Το οποίο κρατά τη περίπτωση σφάλματος στην αντλία 2, και δεν επανέρχεται μέχρι να γίνει reset.
3. **B012:** Το οποίο κρατά τη περίπτωση σφάλματος στην αντλία 3, και δεν επανέρχεται μέχρι να γίνει reset.



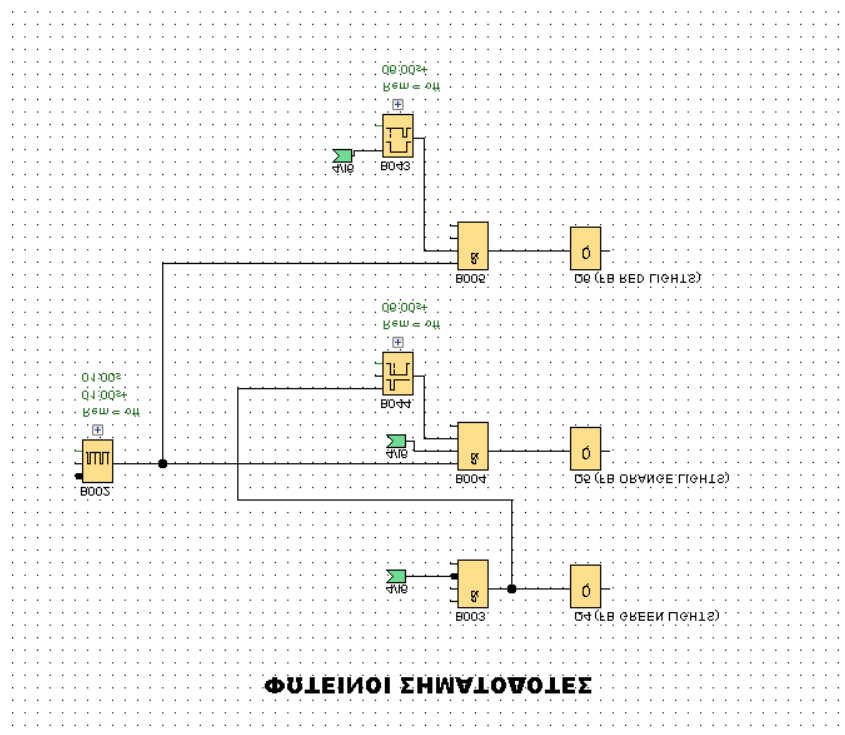
Εικόνα 5.15: Pulse Relay

### 5.3 Συνολικό Πρόγραμμα

Συνολικά, για την ολοκλήρωση του προγράμματος και του συνολικού αυτοματισμού, όσον αφορά όλα τα μέρη του συστήματος, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα όλα τα παραπάνω. Ο τρόπος με τον οποίο αξιοποιήθηκαν όλα αυτά μεταξύ τους είναι ο ακόλουθος.

#### 1. Λειτουργία φωτεινών σηματοδοτών

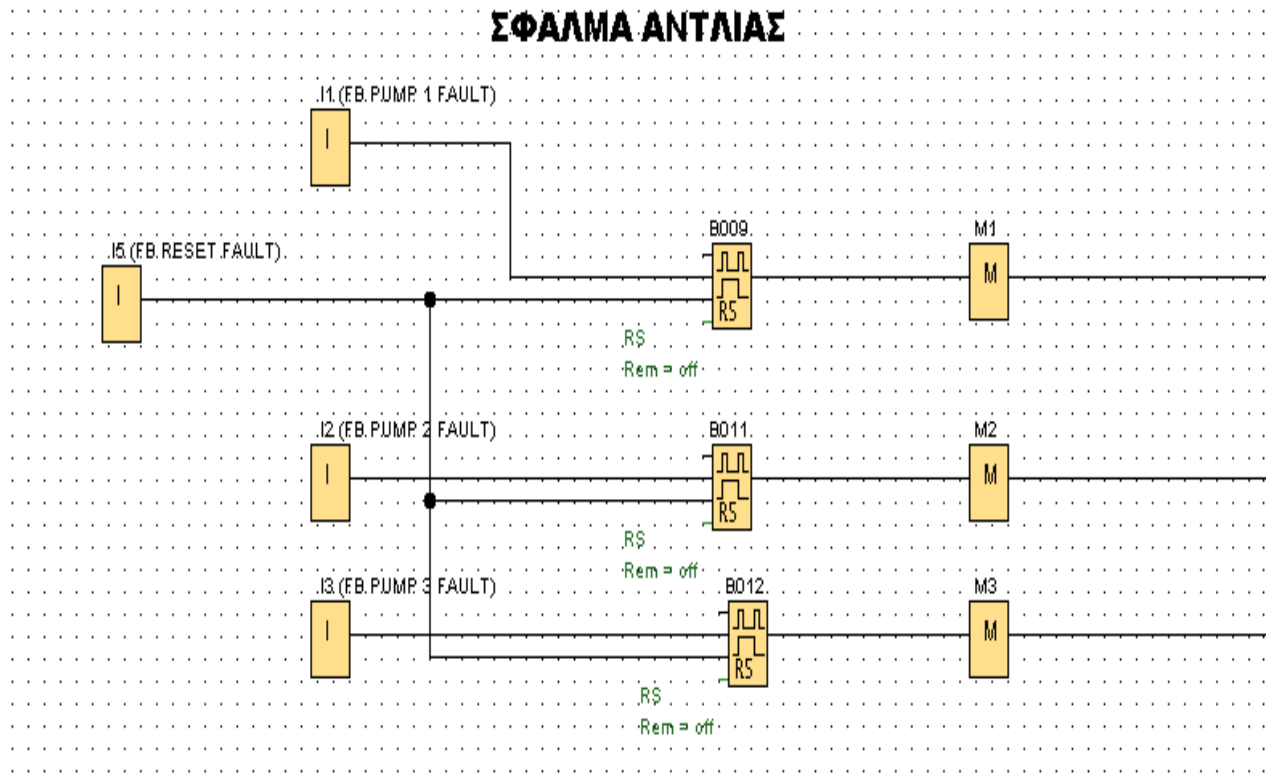
Οι φωτεινοί σηματοδότες λειτουργούν με την εξής λογική. Όταν δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα εντός της υπόγειας διάβασης, τότε οι ενδείξεις είναι συνεχόμενες πράσινες. Ωστόσο, στη περίπτωση που η στάθμη φτάσει σε υπερβολικά υψηλά επίπεδα και επικίνδυνα για την ασφάλεια των διερχομένων, τότε, αρχικά, λειτουργούν για λίγα δευτερόλεπτα οι πορτοκαλί ενδείξεις (αναβοσβήνουν), ενώ στη συνέχεια ξεκινούν στη θέση τους να λειτουργούν οι κόκκινοι σηματοδότες (αναβοσβήνοντας και πάλι), ώστε να προειδοποιήσουν για διακοπή της κυκλοφορίας. Παράλληλα με αυτό, θα μπορούσαν να εγκατασταθούν και προειδοποιητικές μπάρες, για πιο αποτελεσματική διακοπή της κυκλοφορίας εντός της υπόγειας διάβασης.



Εικόνα 5.16: Λειτουργία φωτεινών σηματοδοτών

## 2. Σφάλμα αντλιών και reset

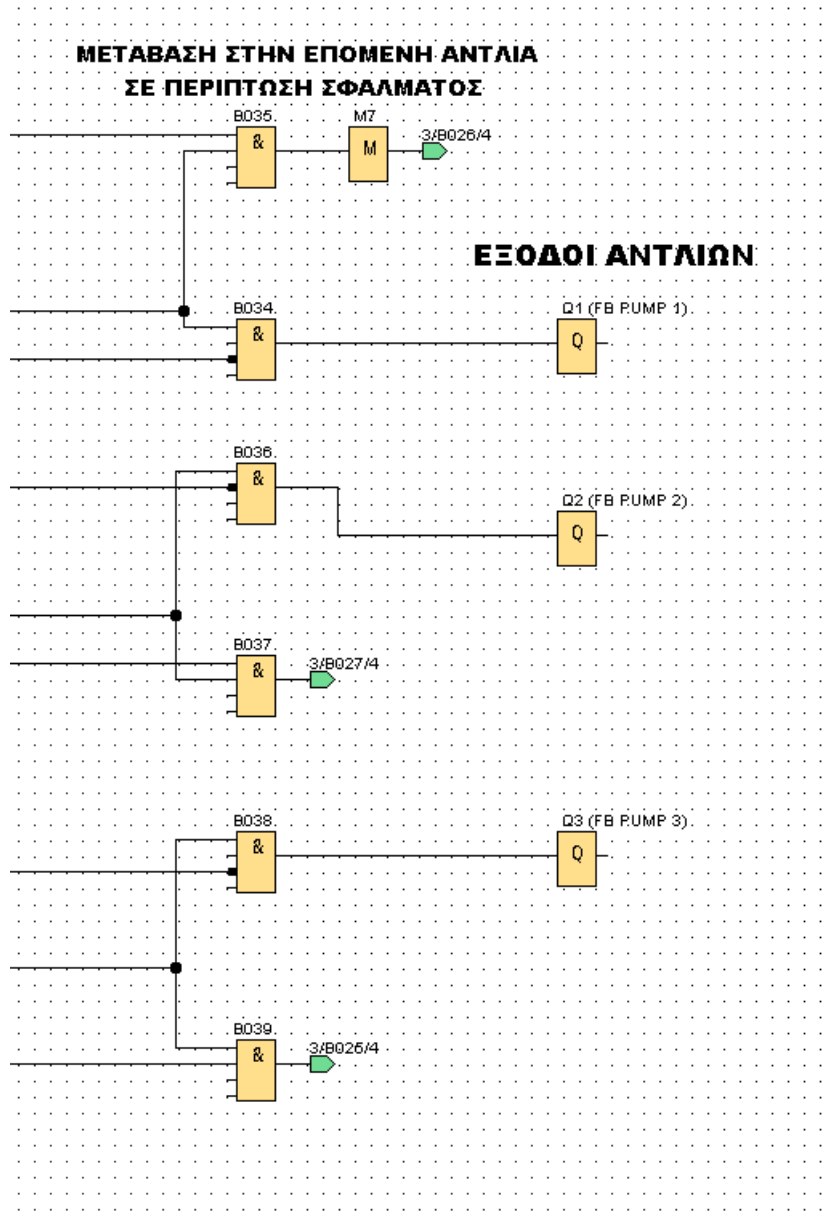
Στο συγκεκριμένο σύστημα, έχει προβλεφθεί και η περίπτωση σφάλματος σε κάποια αντλία. Όταν λοιπόν, εντοπιστεί κάποιο σφάλμα σε κάποια αντλία, τότε ξεκινά η αμέσως επόμενη στη σειρά, ενώ για να επανέλθει η αντλία η οποία βρισκόταν σε βλάβη χρειάζεται reset, έτσι ώστε να είναι σίγουρο πως το σφάλμα έχει ληφθεί υπόψιν και η βλάβη έχει αποκατασταθεί.



Εικόνα 5.17: Σφάλμα αντλιών και reset

### 3. Μετάβαση στην επόμενη αντλία σε περίπτωση σφάλματος

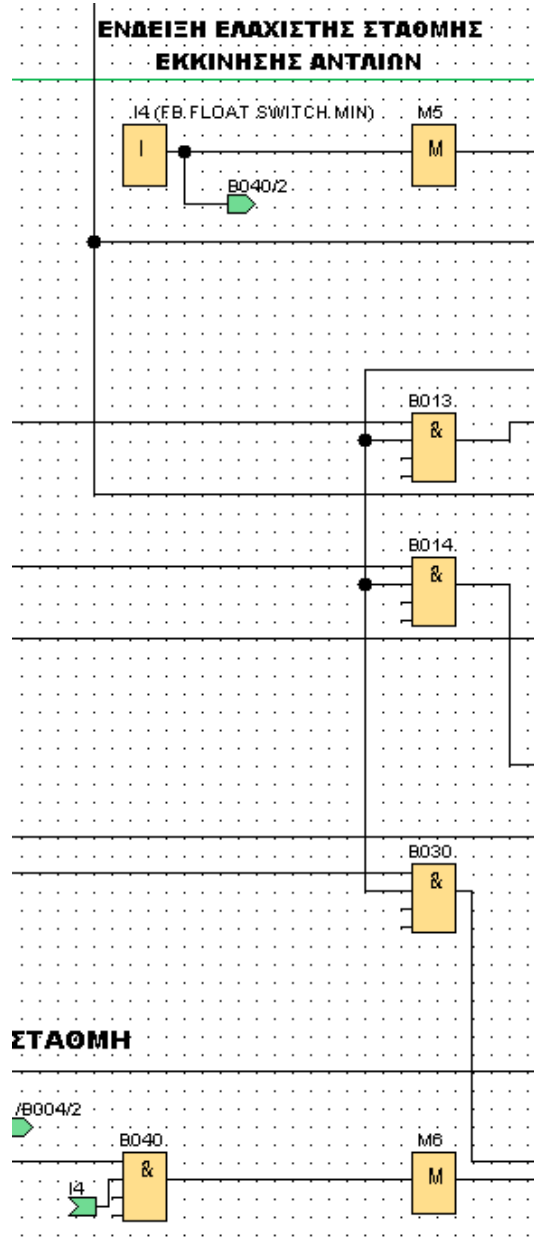
Όπως είπαμε και παραπάνω, σε περίπτωση που υπαρξει κάποιο σφάλμα σε κάποια αντλία, θα πρέπει να ξεκινήσει η αμέσως επόμενη στη σειρά, ώστε το σύστημα να συνεχίσει να λειτουργεί ικανοποιητικά. Αυτό συμβαίνει με τον παρακάτω τρόπο.



Εικόνα 5.18: Μετάβαση στην επόμενη αντλία σε περίπτωση σφάλματος

#### 4. Ελάχιστη ένδειξη εκκίνησης αντλιών

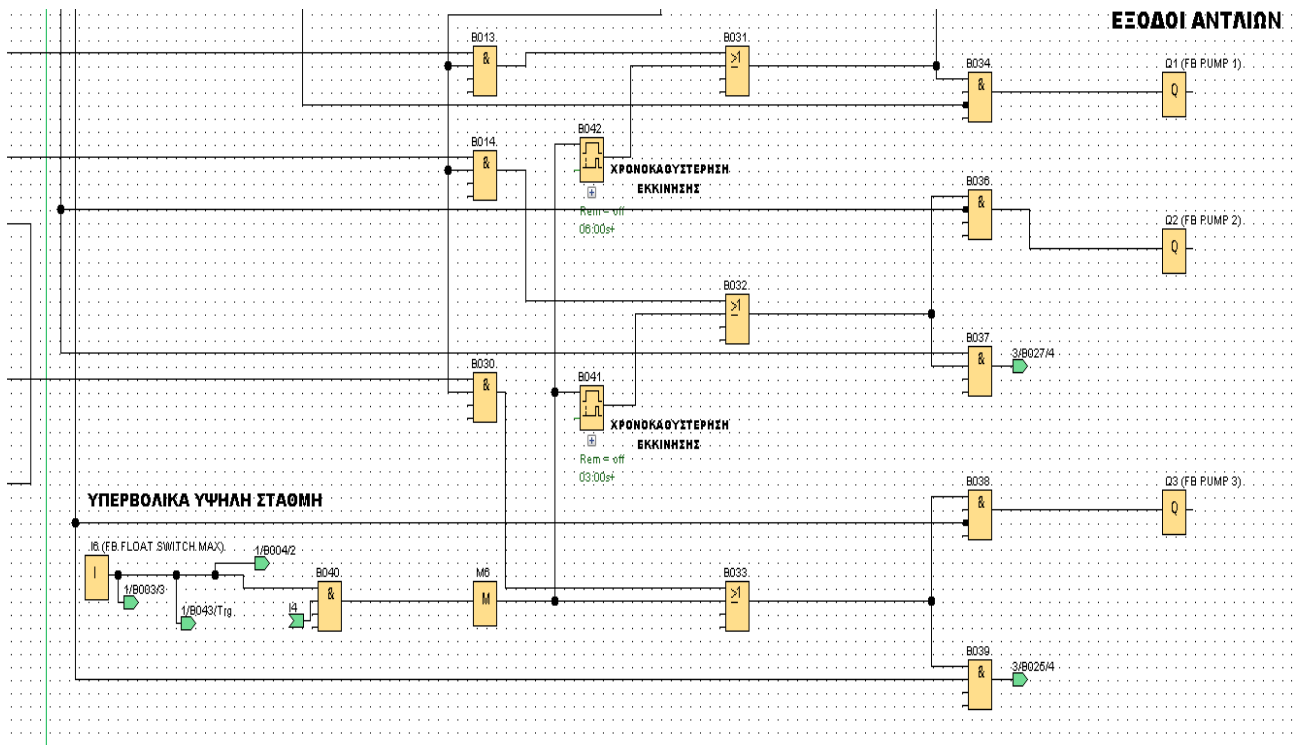
Για να καταφέρει να εξασφαλισθεί πως το κύκλωμα δεν θα λειτουργήσει χωρίς να υπάρχει νερό στη δεξαμενή, έχει προβλεφθεί μία δικλειδα ασφαλείας, με την οποία δεν γίνεται να ενεργοποιηθούν οι αντλίες εφόσον δεν είναι ενεργοποιημένη η είσοδος της ελάχιστης ένδειξης εκκίνησης.



Εικόνα 5.19: Ελάχιστη ένδειξη εκκίνησης αντλιών

### 5. Υπερβολικά υψηλή στάθμη

Σε αυτή τη περίπτωση, εάν έχει υπάρξει κάποιο σφάλμα στον αισθητήρα και η στάθμη φτάσει τελικώς σε αρκετά υψηλό επίπεδο, τότε θα ενεργοποιηθεί η αντίστοιχη είσοδος, η οποία θα δώσει εντολή να εκκινήσουν και οι τρεις αντλίες. Όμως, λόγω του ότι μία τέτοια ταυτόχρονη εκκίνηση θα επιβάρυνε αρκετά το ηλεκτρολογικό κύκλωμα, έχει οριστεί χρονοκαθυστέρηση, ώστε να αποφευχθεί τέτοιου είδους πρόβλημα.

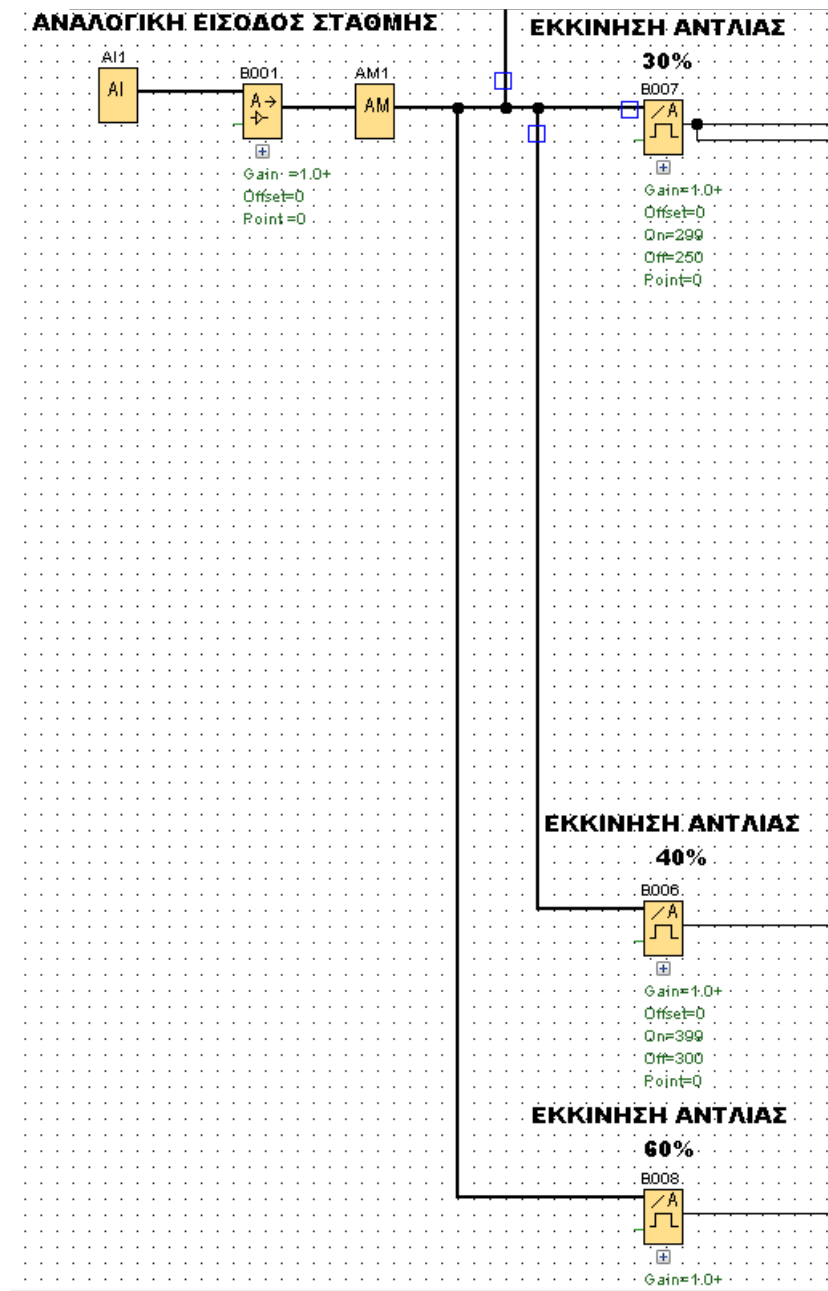


Εικόνα 5.20: Υπερβολικά υψηλή στάθμη

### 6. Εκκίνηση αντλιών σε συγκεκριμένες στάθμες

Στη σωστή λειτουργία του συστήματος, οι αντλίες θα εκκινούν, έπειτα από τις στάθμες τις οποίες έχουμε ορίσει εμείς στο σύστημα. Έτσι μέσω κάποιας αναλογικής εισόδου, ελέγχουμε τη στάθμη του νερού μέσα στη δεξαμενή και οι αντλίες λειτουργούν με βάση τη στάθμη που βρίσκεται εκείνη τη στιγμή το νερό. Ενδεικτικά οι τιμές που έχουμε ορίσει για λειτουργία είναι οι εξής :

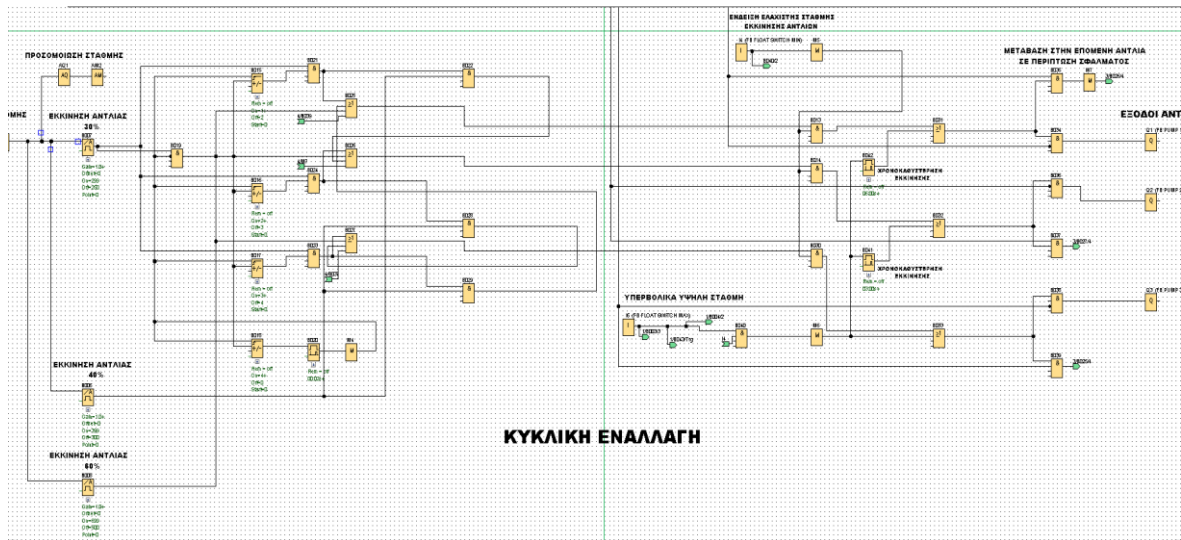
- **Στάθμη 1:** Εκκίνηση στο 30% και παύση στο 25%
- **Στάθμη 2:** Εκκίνηση στο 40% και παύση στο 30%
- **Στάθμη 3:** Εκκίνηση στο 60% και παύση στο 50%



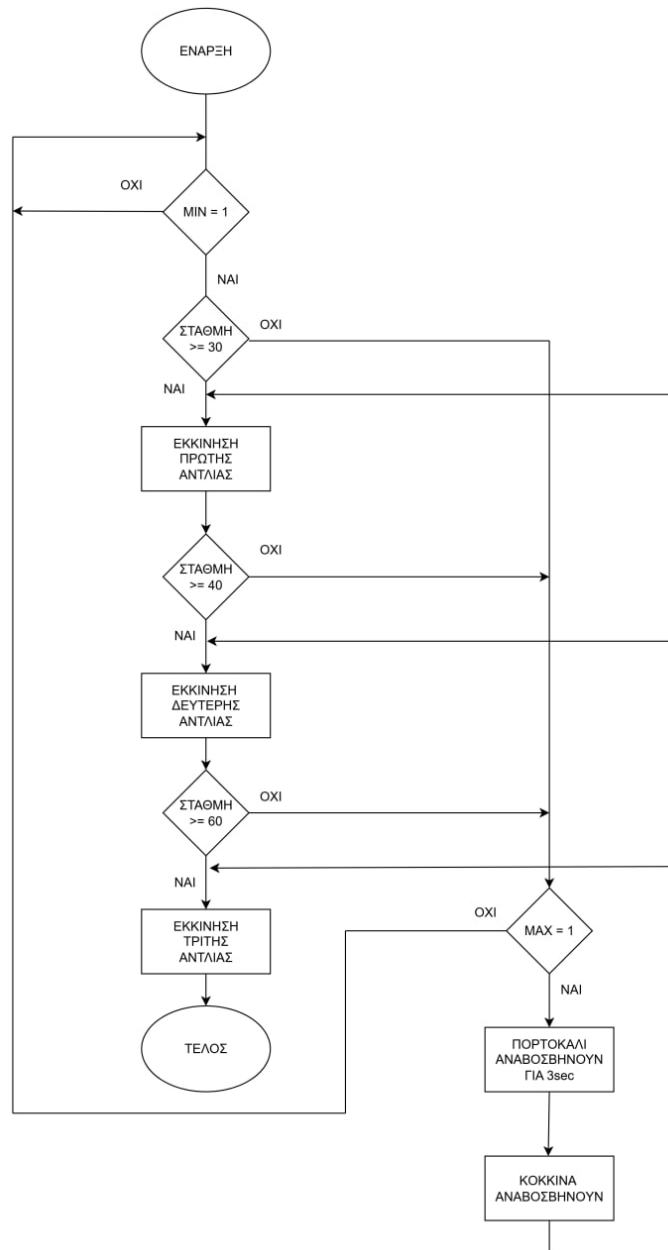
Εικόνα 5.21: Εκκίνηση αντλιών σε συγκεκριμένες στάθμες

### 7. Κυκλική εναλλαγή

Ένα από τα πιο αξιοσημείωτα και ενδιαφέροντα μέρη του συγκεκριμένου συστήματος, είναι η προσαρμογή των αντλιών στο να λειτουργούν με κυκλική εναλλαγή. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε πέρα από το να μοιράσουμε τον χρόνο λειτουργίας ανάμεσα στις αντλίες, να αυξήσουμε και τον χρόνο ζωής τους. Συνεπώς, η κυκλική εναλλαγή παίζει καθοριστικό ρόλο και στη προστασία των υλικών και στη μεγαλύτερη αξιοπιστία τους σε βάθος χρόνου. Ενδεικτικά το πρόγραμμα που υλοποιήσαμε, ώστε να πετύχουμε τη συγκεκριμένη λειτουργία βρίσκεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.22: Κυκλική εναλλαγή



Εικόνα 5.23: Διάγραμμα ροής προγράμματος

## 5.4 Επίλογος

Συνοψίζοντας, το κύριο μέρος της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας αποτελείται από το στάδιο του προγραμματισμού. Χρειάστηκε αρκετή μελέτη και πολλούς ελέγχους, έτσι ώστε να αξιοποιηθεί κάθε μέσο που είχαμε στη διάθεσή μας, αλλά και να προβλεφθεί στο υψηλότερο επίπεδο η περίπτωση λαθών. Έτσι, καταφέραμε να δημιουργήσουμε έναν αξιόπιστο αυτοματισμό, ο οποίος εγγυάται την ασφάλεια και την αξιοπιστία των πολιτών που θα διέρχονται από την εκάστοτε υπόγεια διάβαση, αλλά και τον υλικών από τα οποία απαρτίζεται το συγκεκριμένο σύστημα.

## Κεφάλαιο 6ο: Απομακρυσμένος έλεγχος

### 6.1 Εισαγωγή

Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό που περιέχει το συγκεκριμένο σύστημα είναι η δυνατότητα του να μπορεί να ελέγχει το παρών έργο κάποιος χειριστής όχι μόνο τοπικά, αλλά και απομακρυσμένα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μίας touch screen οθόνης, της Harmony Small Panel (Schneider). Το συγκεκριμένο υλικό μας παρέχει τη δυνατότητα να προβαίνουμε σε ενέργειες τοπικά, μέσω της συγκεκριμένης οθόνης, αλλά ταυτόχρονα να μπορούμε να έχουμε τη διεπαφή που έχουμε «φορτώσει» στην οθόνη, ακόμη και στο κινητό μας. Έτσι επιτυγχάνεται και τοπικός, αλλά και απομακρυσμένος έλεγχος.

### 6.2 Vijeo Designer

Το Vijeo Designer είναι το λογισμικό της Schneider Electric που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και τη διαχείριση συστημάτων HMI (Human Machine Interface) της σειράς Magelis/Harmony, ενταγμένο στο οικοσύστημα EcoStruxure Machine Expert. Σχεδιάστηκε ώστε να διευκολύνει την ανάπτυξη και λειτουργία διαδραστικών διεπαφών ανθρώπου-μηχανής, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για εφαρμογές σε βιομηχανικά συστήματα, δίκτυα αυτοματισμού και έργα τηλεδιοίκησης υποδομών, όπως αντιπλημμυρικά συστήματα.

Το περιβάλλον του λογισμικού είναι φιλικό και βασισμένο στην αρχή What You See Is What You Get (WYSIWYG), με δυνατότητες drag-and-drop και προσομοίωσης (simulation mode), επιτρέποντας τον έλεγχο εφαρμογών χωρίς τη χρήση φυσικού τερματικού (Schneider Electric, 2023). Διαθέτει ακόμη βιβλιοθήκες γραφικών στοιχείων που επιταχύνουν την ανάπτυξη διεπαφών.

Μεταξύ των βασικών δυνατοτήτων του περιλαμβάνονται:

- **Πολυμέσα: υποστήριξη βίντεο, στιγμιότυπα οθόνης και αρχειοθέτηση για εκπαίδευση και ανάλυση.**
- **Επικοινωνία με πολλά πρωτόκολλα: συμβατότητα με PLCs διαφορετικών κατασκευαστών (π.χ. Siemens, Mitsubishi, Omron, Allen-Bradley, Emerson).**
- **Πολυγλωσσικό περιβάλλον: υποστήριξη 38 αλφαβήτων και έως 15 γλωσσών ταυτόχρονα.**
- **Απομακρυσμένη πρόσβαση: μέσω της λειτουργίας Web Gate, παρέχεται δυνατότητα παρακολούθησης και ελέγχου εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο μέσω browser.**

### 6.3 Vijeo Designer'Air

Για να καταφέρει να επιτευχθεί ο απομακρυσμένος έλεγχος υπάρχει η εφαρμογή Vijeo Design'Air (Android/iOS) που προσφέρει τη δυνατότητα τηλεπαρακολούθησης και τηλεχειρισμού HMI μέσω κινητών συσκευών, ενώ η έκδοση Design'Air Plus επιτρέπει την ανάπτυξη προσαρμοσμένων εφαρμογών για smartphones και tablets (Schneider Electric, 2022).

Το λογισμικό διατίθεται σε διαφορετικούς τύπους αδειών (single ή facility license) και στην πιο πρόσφατη έκδοση 6.3 παρέχει βελτιωμένο γραφικό editor, εξελιγμένες λειτουργίες multimedia και δυνατότητες προσομοίωσης (Schneider Electric, 2023). Συνιστάται η χρήση της τελευταίας έκδοσης για λόγους σταθερότητας και συμβατότητας.

Συνολικά, το Vijeo Designer συνιστά ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάπτυξη εφαρμογών HMI, ενισχύοντας τις δυνατότητες τηλεδιοίκησης και αυτοματοποίησης κρίσιμων υποδομών, με έμφαση στην εργονομία, την ευχρηστία και την απομακρυσμένη διαχείριση.

#### **6.4 Σύνδεση Vijeo Designer με PLC και Υλοποίηση του Έργου**

Το Vijeo Designer λειτουργεί ως το λογισμικό διαχείρισης και ανάπτυξης του γραφικού περιβάλλοντος (HMI), ενώ το PLC αποτελεί τον ελεγκτή που υλοποιεί τη λογική λειτουργίας. Η επικοινωνία μεταξύ τους επιτυγχάνεται μέσω πρωτοκόλλων όπως το Modbus TCP/IP (Ethernet) ή το Modbus RTU (σειριακή σύνδεση RS-485). Στο Vijeo Designer διαμορφώνονται οι μεταβλητές (tags) που συνδέονται με τη μνήμη του PLC και εμφανίζονται στο HMI ως ενδείξεις, όργανα, κουμπιά ή alarms. Με τον τρόπο αυτό, δεδομένα όπως η στάθμη του νερού, η κατάσταση των αντλιών και τα σήματα συναγερμού απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο και ο χειριστής έχει τη δυνατότητα παρέμβασης.

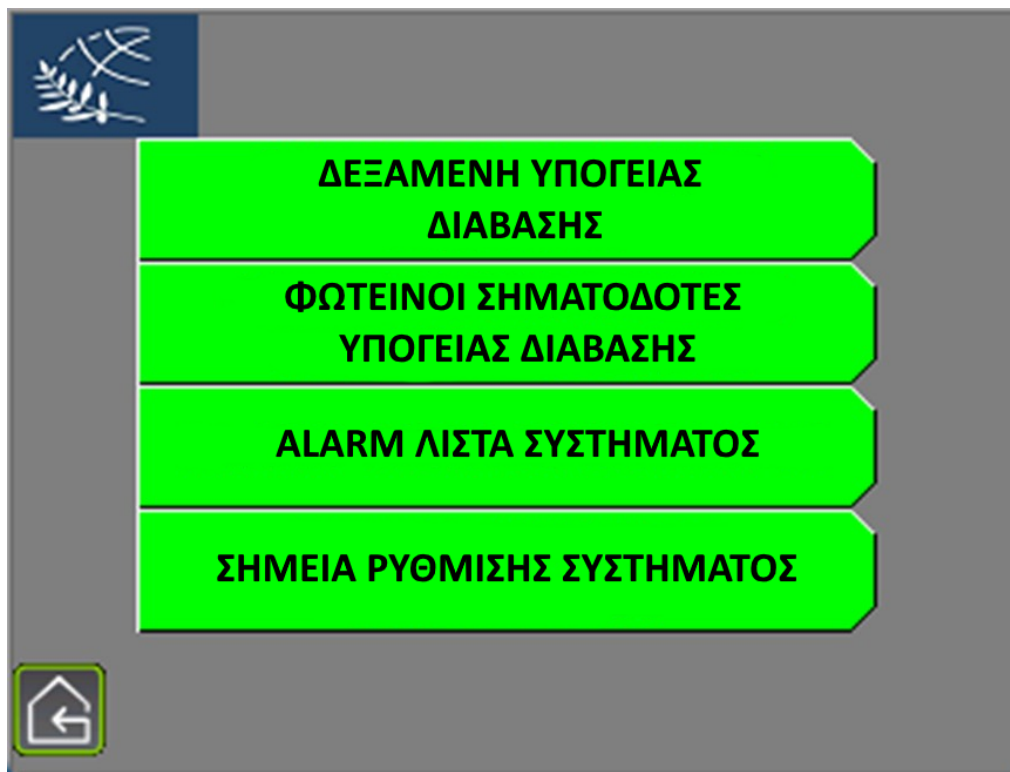
Στην υλοποίηση ενός αντιπλημμυρικού συστήματος υπόγειας διάβασης με τηλεδιοίκηση, η λειτουργία βασίζεται σε τρία επίπεδα: συλλογή δεδομένων, επεξεργασία και εποπτεία. Οι αισθητήρες στάθμης νερού και, προαιρετικά, αισθητήρες βροχόπτωσης στέλνουν σήματα στο PLC. Ο ελεγκτής, μέσω της προγραμματισμένης λογικής, ενεργοποιεί αντλίες όταν η στάθμη υπερβεί προκαθορισμένα όρια, ενεργοποιεί συναγερμούς και φροντίζει για την εναλλαγή ή εφεδρεία των αντλιών. Παράλληλα, αποστέλλει στο HMI όλα τα απαραίτητα δεδομένα, ώστε ο χειριστής να παρακολουθεί την κατάσταση σε φιλικό γραφικό περιβάλλον.

Η απομακρυσμένη διαχείριση επιτυγχάνεται μέσω της λειτουργίας Web Gate και της εφαρμογής Vijeo Design'Air, που επιτρέπουν παρακολούθηση και έλεγχο από κεντρικό σταθμό ή κινητές συσκευές. Έτσι, ο υπεύθυνος τηλεδιοίκησης μπορεί να ενημερώνεται έγκαιρα για τυχόν υπερχειλίση, να λαμβάνει αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο και να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία της διάβασης ακόμη και σε συνθήκες έντονης κακοκαιρίας.

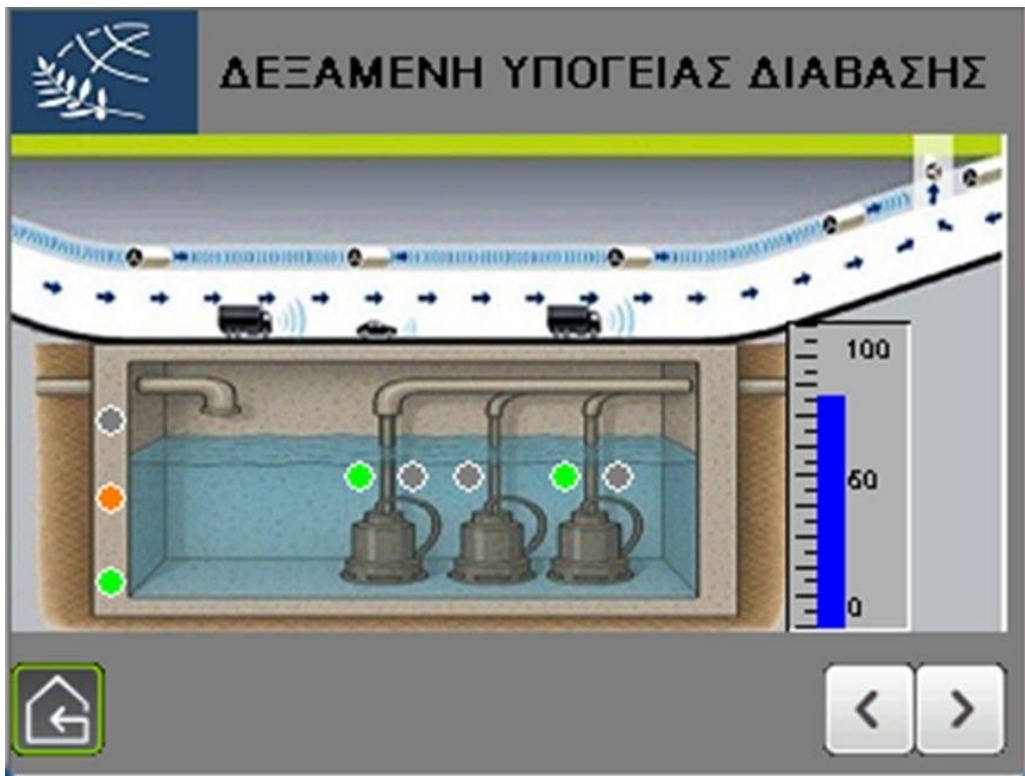
Παρακάτω παρουσιάζονται οι απεικονίσεις της οθόνης του συγκεκριμένου έργου:



Εικόνα 6.1: Αρχική οθόνη



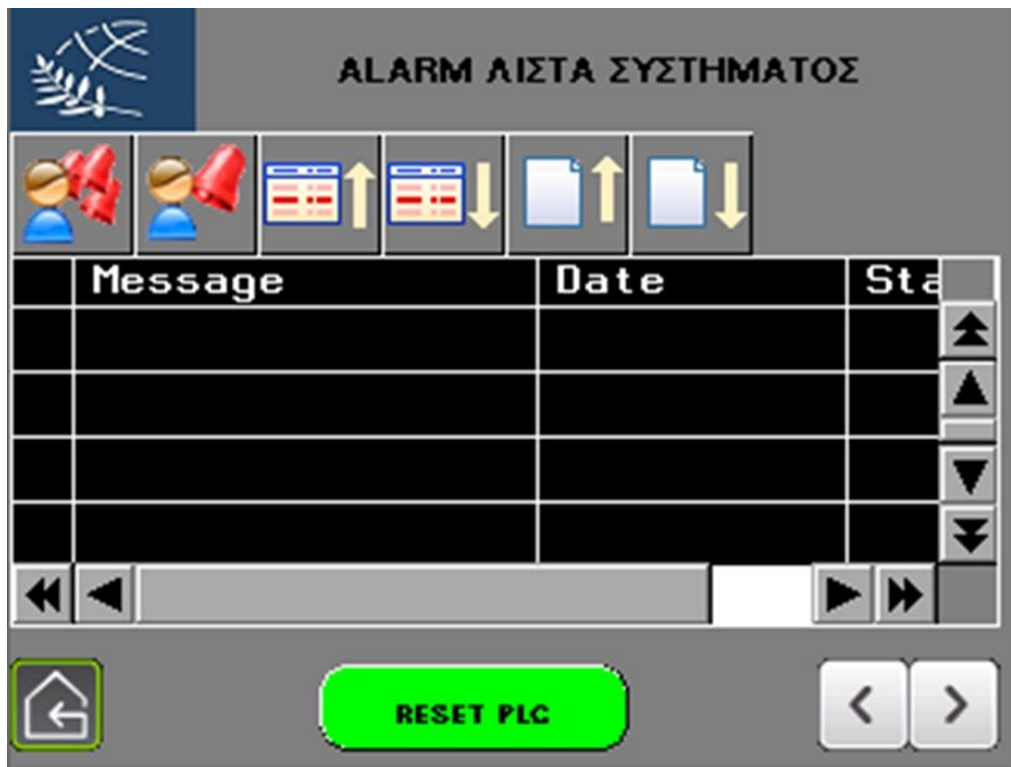
Εικόνα 6.2: Μενού



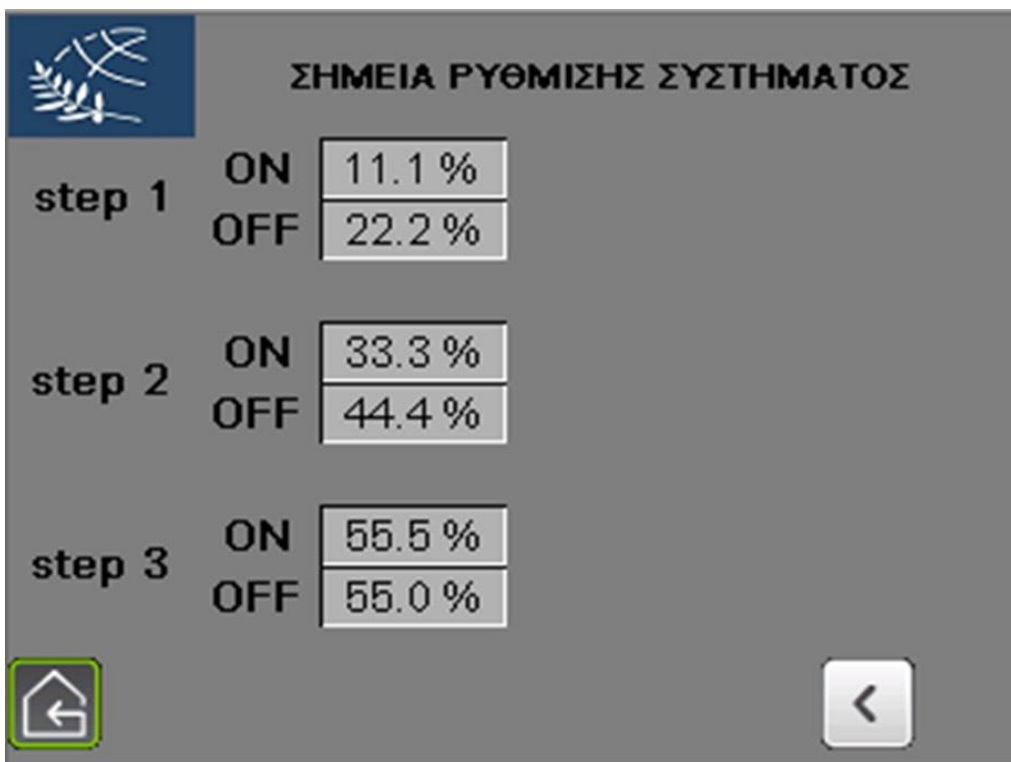
Εικόνα 6.3: Δεξαμενή Υπόγειας Διάβασης



Εικόνα 6.4: Φωτεινοί Σηματοδότες Υπόγειας Διάβασης



Εικόνα 6.5: Αλαρμ Λίστα Συστήματος



Εικόνα 6.6: Σημεία Ρύθμισης Συστήματος

Συνολικά, η συνδυαστική χρήση του PLC ως “εγκεφάλου” του αυτοματισμού και του Vijeo Designer ως διεπαφής εποπτείας και ελέγχου παρέχει ένα ολοκληρωμένο, αξιόπιστο και επεκτάσιμο σύστημα αντιπλημμυρικής προστασίας, με δυνατότητα τηλεχειρισμού και ενσωμάτωσης σε κεντρικά δίκτυα διαχείρισης υποδομών.

## **6.5 Επίλογος**

Ο απομακρυσμένος έλεγχος παίζει σημαντικό ρόλο στη προσφορά μεγαλύτερης αξιοπιστίας σε ένα τέτοιο έργο, υψίστης σημασίας. Ειδικότερα στην εποχή που ζούμε, όπου η τεχνολογία προχωρά με ταχύτατους ρυθμούς δεν είναι επιτρεπτό ένα τόσο κρίσιμο έργο να μην παρέχει τη δυνατότητα χειρισμών από απόσταση. Έτσι, προσαρμόσαμε στο σύστημά μας το συγκεκριμένο υλικό, το οποίο παρέχει πολλές δυνατότητες και είναι εύκολο σε μεταβολές και αλλαγές όσον αφορά τη διεπαφή, ώστε να προσαρμόζεται στις προτιμήσεις του χρήστη που θα μπορεί να κάνει τον απομακρυσμένο χειρισμό.

## **Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης**

### **7.1 Εισαγωγή**

Η συγκεκριμένη εργασία είχε ως αντικείμενο τη μελέτη, τη σχεδίαση και την ανάπτυξη ενός αντιπλημμυρικού συστήματος υπόγειας διάβασης με τηλεδιοίκηση. Ένα θέμα το οποίο καθίσταται ιδιαίτερα χρήσιμο τόσο για τωρινά αντιπλημμυρικά έργα όσο και για μελλοντικά. Η ασφάλεια τέτοιων έργων είναι υψίστης σημασίας και κατά συνέπεια τα αντιπλημμυρικά συστήματα είναι αναγκαίο να εφαρμόζονται. Για τη σωστή και καλύτερη εφαρμογή τέτοιου είδους συστημάτων απαιτείται η κατάλληλη μελέτη και συνδυασμός λύσεων για τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Σε αυτή τη διπλωματική, λοιπόν, παρουσιάζεται τόσο τη θεωρητική διερεύνηση του φαινομένου των πλημμυρών και των σύγχρονων μεθόδων αντιμετώπισής τους, όσο και την πρακτική υλοποίηση μιας μακέτας προσομοίωσης με ενσωματωμένο ηλεκτρολογικό σχέδιο πραγματικής κλίμακας και προδιαγραφών. Παρακάτω, αναφέρονται μερικά συμπεράσματα, αλλά και μελλοντικές προεκτάσεις που προκύπτουν έπειτα από την μελέτη και την έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί.

### **7.2 Συμπεράσματα εκ της μελέτης και της υλοποίησης**

Η αναλυτική έρευνα και μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί με σκοπό την περάτωση της συγκεκριμένης διπλωματικής, έχει φέρει ως αποτέλεσμα μία σειρά σημαντικών συμπερασμάτων που αφορούν τόσο το τεχνολογικό σκέλος όσο και τη συνολική αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος. Μερικά εξ αυτών είναι:

- **Αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης λειτουργίας**

Το συγκεκριμένο σύστημα ανταποκρίνεται επιτυχώς στις απαιτήσεις που υπάρχουν ως προς την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων σε υπόγειες διαβάσεις. Με την αυτοματοποίηση στην ενεργοποίηση των αντλιών, έπειτα από την ανίχνευση της στάθμης νερού, εξασφαλίζεται η απομάκρυνση του νερού από τη δεξαμενή προτού φτάσει σε επικίνδυνα επίπεδα και για τη κυκλοφορία, αλλά και για τις υποδομές.

- **Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα μέσω της κυκλικής εναλλαγής**

Έπειτα από την επιλογή να χρησιμοποιηθεί η κυκλική εναλλαγή στο συγκεκριμένο σύστημα αποδείχθηκε πως ήταν ένα κρίσιμο και αποτελεσματικό μέτρο. Εφαρμόζοντας την συγκεκριμένη λειτουργία εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη φθορά των αντλιών. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζονται οι αστοχίες σε μία συγκεκριμένη αντλία λόγω της υπερβολικής χρήσης της. Οι αντλίες λειτουργούν διαδοχικά, έτσι ούτως ώστε να «μοιράζονται» τον χρόνο λειτουργίας τους. Έτσι, ο χρόνος ζωής της κάθε αντλίας αυξάνεται και δεν φθείρεται μόνο μία από αυτές λόγω της συνεχόμενης λειτουργίας της, ακόμη και σε περιπτώσεις όπου η στάθμη δεν ξεπερνά τα πρώτα επίπεδα.

- **Απομακρυσμένος έλεγχος**

Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί η δυνατότητα του απομακρυσμένου ελέγχου μιας και μπορεί να αποτρέψει πολλά προβλήματα. Η τηλεδιοίκηση επιτρέπει τον έλεγχο και τη παρακολούθηση του έργου, κάτι που δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να λειτουργεί με μεγαλύτερη ασφάλεια και αξιοπιστία, γνωρίζοντας ανά πάσα στιγμή σε τι επίπεδα βρίσκονται κρίσιμες ενδείξεις όπως είναι αυτή της στάθμης του νερού. Ακόμη, μπορεί να λάβει ειδοποιήσεις και να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες ακόμη και από απόσταση, ώστε να μειωθεί ο χρόνος αντίδρασης, για παράδειγμα σε περιπτώσεις βλάβης ή έκτακτης ανάγκης.

- **Επεκτασιμότητα**

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι εύκολα επεκτάσιμο. Οι επεκτάσεις αυτές αναφέρονται, για παράδειγμα, σε επεκτάσεις στον αριθμό των αντλιών, στον αριθμό των αισθητήρων της στάθμης του νερού και όλα αυτά χρησιμοποιώντας ως λύση και αυτοματοποίηση του συστήματος το PLC, ένα μέσω το οποίο είναι άμεσος σύμμαχος στην βοήθεια επέκτασης του δικτύου αυτού.

### 7.3 Σημαντικές παρατηρήσεις

Μπορεί το συγκεκριμένο έργο να έχει υλοποιηθεί με επιτυχία, αξίζει, όμως, να σταθούμε σε μερικές προκλήσεις και παρατηρήσεις που ανέδειξε η εργασία, αλλά και κάποιους περιορισμούς. Αυτά είναι:

- **Για μεγαλύτερη ασφάλεια και αξιοπιστία του συστήματος, παίζει σημαντικό ρόλο η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν. Για παράδειγμα, η επιλογή φθηνότερων αισθητήρων, όχι και τόσο αξιόπιστων, μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα σήματα και κατά συνέπεια σε εσφαλμένες ενεργοποιήσεις των αντλιών.**
- **Η εξασφάλιση της ύψιστης αξιοπιστίας του συστήματος αυτού κρίνεται κυρίως και από τη σωστή συντήρηση των υποδομών. Ο έλεγχος της σωστής και εύρυθμης λειτουργίας των υλικών των υποδομών μπορεί να αποτρέψει σε μεγάλο βαθμό διάφορες βλάβες που μπορεί να προκληθούν και έτσι να εξασφαλισθεί η ομαλή λειτουργία.**
- **Μπορεί το σύστημα να υποστηρίζει την τηλεδιοίκηση, όμως σε περίπτωση ολικής διακοπής ρεύματος το σύστημα μπορεί να αδρανοποιηθεί. Για αυτό τον λόγο, είναι απαραίτητο να υπάρχει η κατάλληλη πρόβλεψη για εφεδρική τροφοδοσία, όπως είναι κάποιο UPS ή γεννήτρια.**

### 7.4 Προτάσεις βελτίωσης

Οι ποικίλες μελλοντικές προεκτάσεις σε ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να κινηθεί σε διάφορες κατευθύνσεις:

### **1. Προγνωστικά συστήματα**

Η διασύνδεση με συστήματα που προσφέρουν μετεωρολογικά δεδομένα μπορεί να συνεισφέρει στη πρόληψη μιας πλημμύρας. Εάν υπάρχουν προβλέψεις για κίνδυνο πλημμύρας, οι αντλίες θα μπορούσαν να εκκινήσουν νωρίτερα από το προβλεπόμενο ύψος της στάθμης, ώστε να βρίσκεται σε ετοιμότητα τη στιγμή που θα ανεβαίνει η στάθμη επικίνδυνα.

### **2. Ενσωμάτωση IoT αισθητήρων**

Η χρήση ασύρματων αισθητήρων IoT, μπορεί να βοηθήσει σημαντικά το σύστημα, ώστε να είναι σε θέση να καταγράφει διάφορα σημαντικά δεδομένα. Δεδομένα σαν και αυτά θα μπορούσε να είναι η υγρασία του εδάφους, η ένταση της βροχής και άλλα περιβαλλοντικά δεδομένα που θα μπορούσαν να βοηθήσουν την αξιοπιστία, αλλά και την περεταίρω εξέλιξη του αντιπλημμυρικού αυτού συστήματος.

### **3. Χρήση Τεχνητής νοημοσύνης**

Μέσω της χρήσης μηχανικής μάθησης, τα δεδομένα τα οποία καταγράφουμε μπορούν να αξιοποιηθούν με σκοπό της βελτίωσης της λειτουργίας του συστήματος. Έτσι, η καταγραφή του ιστορικού αποκτά καθοριστικό ρόλο στην ύψιστη βελτίωση του συστήματος.

### **4. Τοποθέτηση καμερών**

Η τοποθέτηση καμερών μέσα στο αντλιοστάσιο όπου θα χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο σύστημα θα βοηθήσει στο να υπάρχει, πέρα από τις ενδείξεις που προέρχονται μέσω αισθητήρων, οπτική, ακόμη, επαφή με τη δεξαμενή. Έτσι, θα υπάρχει ένας επιπλέον έλεγχος για τη λειτουργία του συστήματος και ο χρήστης θα γνωρίζει εάν χρειαστεί να εκκινήσει χειροκίνητα κάποια αντλία, σε περίπτωση σφάλματος των αισθητήρων.

### **5. Ενεργειακή αυτονομία**

Πέρα των UPS ή τη χρήση γεννήτριας, η χρήση φωτοβολταϊκών σε συνδυασμό με μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας, μπορεί να εξασφαλίσει την ενεργειακή αυτονομία του συστήματος, ακόμη και σε περιπτώσεις παρατεταμένης διακοπής ηλεκτροδότησης.

## **7.5 Συμβολή συστήματος**

Το συγκεκριμένο σύστημα δεν περιορίζεται μόνο σε τεχνικό επίπεδο. Η συμβολή του είναι εξίσου σημαντική ακόμη και σε ότι αναφορά κοινωνικό, αλλά και περιβαλλοντικό επίπεδο. Συγκεκριμένα έχουμε:

- **Ασφάλεια των πολιτών:**

Ένα κύριο χαρακτηριστικό που απευθύνεται στην ασφάλεια των πολιτών μέσα σε υπόγειες διαβάσεις, μειώνοντας τον κίνδυνο ατυχημάτων μέσω της πρόληψης και αποτελεσματικότητας.

- **Προστασία υποδομών:**  
Αποφεύγεται ο κίνδυνος ζημίας, ακόμη και σε επίπεδο υποδομών, μειώνοντας το κόστος συντήρησης τόσο σε υλικές ζημιές μέσα στη διάβαση όσο και στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο.
- **Περιβαλλοντικά οφέλη:**  
Η άμεση αποστράγγιση των υδάτων μπορεί να οδηγήσει στο να αποφευχθεί ο κίνδυνος της μόλυνσης των υδάτων, ένα χαρακτηριστικό το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί ακόμη πιο εύκολα όταν υπάρχουν στάσιμα ύδατα.
- **Βιωσιμότητα:**  
Η καθημερινότητα των πολιτών μπορεί να διευκολυνθεί και να βοηθήσει στην ταχύτερη ανάπτυξη, ακόμη και των αστικών κέντρων, όπου η κίνηση πολλές φορές βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα.

## 7.6 Επίλογος

Συνοψίζοντας, η εργασία απέδειξε ότι η χρήση ενός συνδυαστικού συστήματος αυτοματισμού, τηλεδιοίκησης και σωστά σχεδιασμένων ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων μπορεί να αποτελέσει πρακτική και αξιόπιστη λύση για τις πλημμύρες σε υπόγειες διαβάσεις. Ένα ζήτημα υψίστης σημασίας, το οποίο τώρα, αλλά και ιδιαίτερα στο μέλλον θα φανεί πολύ χρήσιμο στην υλοποίηση τέτοιου είδους έργων. Η υλοποίηση με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να εγγυηθεί τον βέλτιστο τρόπο υλοποίησης και λειτουργίας τέτοιων έργων με βάση τα συγκεκριμένα υλικά, αλλά και πάντα με την εύκολη δυνατότητα επέκτασης των δυνατοτήτων με μέρη τα οποία θα λειτουργήσουν πρόσθετα σε αυτό το σωστά δομημένο έργο που έχουμε δημιουργήσει.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Βιβλία**

- [1] Chanchal Dey, Sunit Kumar Sen, Industrial automation technologies. Boca Raton: CRC Press, 2020
- [2] Petruzella F., Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC), 5η Έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2018
- [3] Μπερέτας Ι., ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ PLC, 1η Έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2000
- [4] ANSI/ISA 50.00.01-1975 (R2012) Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments.

### **Application Note**

- [5] ABB, Application guide: Instrument transformers, ed.4 2015-02

### **Πατέντες**

- [6] Kevin Logsdon, PLC Water Pump Control, Spring 2016

### **Data Sheet**

- [7] Product Information on Manual LOGO!; from Edition 06/2003 (A5E00228550-01)
- [8] Touch panel screen, Harmony STO & STU, 4.3inch wide, RS 232/485 RJ45 HMISTO715

### **Internet Site**

- [9] Siemens.com, "Siemens,[Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrysoftware/automation-software/tia-portal.html>. [Accessed April 2022].
- [10] Ι.Μαρινάκης, "Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές," [Online]. Available: [http://users.sch.gr/imarinakis/automatizom\\_ modern.htm](http://users.sch.gr/imarinakis/automatizom_ modern.htm). [Accessed May 2022].
- [11] KISHAN MENDAPARA, All About 4-20mA Current loop in Industry, August 8, 2022
- [12] User's guide to SIEMENS'S 'LOGO!' PLC.
- [13] ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ PLC, eclass.duth.gr

### **Paper in Conference Proceedings**

- [14] Basant Tomar, Narendra Kumar, "PLC and SCADA based Industrial Automated System", at IEEE

International Conference for Innovation in Technology, 6-8 Nov. 2020

[15] Μ. Φανουριάδης, "Έλεγχος και Λειτουργία Αντλιοστασίου με την χρήση Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή," Χανιά, 2019.

[16] Gurmeet Singh, Anshul Agarwal, Member, IEEE, R.K. Jarial, Member, IEEE, Vineeta Agarwal, Senior Member, IEEE, and Mithun Mondal, "PLC Controlled Elevator System", Sep. 9/25

[17] Vanessa Romero Segovia and Alfred Theorin, History of Control History of PLC and DCS ,2012-06-15

[18] Yu-cong Kuang, Communication Between PLC and Arduino Based on Modbus Protocol, 2014

[19] Ultrasonic level transmitters SITRANS Probe LU240 with mA/HART, Compact Operating Instructions