



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

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

Έλεγχος λειτουργίας υπονόμων με σύστημα SCADA:  
Κατασκευή σε μακέτα

---

Βλάχος Αθανάσιος

A.M.: HN07152

Επιβλέπων: Κολλάτου Θεοφανώ, καθηγήτρια ηλεκτρολόγων μηχανικών Τ.Ε.

**Υπόδειγμα φύλλου τίτλου (πίσω σελίδα) του αντιτύπου που υποβάλλεται στις βιβλιοθήκες (πτυχιακή εργασία)**

Υπόδειγμα φύλλου τίτλου (πίσω σελίδα) του αντιτύπου που υποβάλλεται στις βιβλιοθήκες (πτυχιακή εργασία)

(Υπογραφή)

.....

**ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Δ. ΒΛΑΧΟΣ**

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

© 2021 – Allrightsreserved

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα γίνει μια επισκόπηση του εποπτικού συστήματος ελέγχου και συλλογής δεδομένων(SCADA).Θα αναλυθούν τα δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται καθώς και οι εφαρμογές και λειτουργίες του.Στο πρακτικό μέρος της εργασίας θα μελετηθεί ο έλεγχος λειτουργίας δικτύου υπονόμων με συστήματα SCADA με κατάλληλο λογισμικό και θα ακολουθήσει κατασκευή σε μακέτα.

Η κατασκευή αυτή, δημιουργήθηκε για να διευκολύνει την εποπτεία της ΔΕΥΑΚ(Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Καρδίτσας) με κατάλληλα μέσα,ώστε να αποφεύγονται οι πλημμύρες όταν έχει βουλώσει κάποιος υπόνομος.

Στην εισαγωγή της εργασίας θα γίνει αναφορά στα αποχετευτικά δίκτυα και τη σημασία τους, καθώς και στο από τι αυτά αποτελούνται. Σκοπός της εισαγωγής αυτής θα είναι να αναδειχτεί η σημασία τέτοιων αποχετευτικών συστημάτων για την κοινωνία καθώς και η σημασία του σωστού ελέγχου για την εύρυθμη λειτουργία τέτοιων συστημάτων.

Στο 1ο κεφάλαιο, η εργασία εστιάζει στα συστήματα SCADA, γύρω από τα οποία γίνεται και συνολική μελέτη, ενώ στο 2ο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής αναφορά στα PLC συστήματα, τα οποία εξασφαλίζουν τον αποτελεσματικό αυτόματο έλεγχο.

Στο 3ο κεφάλαιο αναφέρεται με λεπτομέρεια η ανάπτυξη του σχεδίου για το αποχετευτικό σχέδιο, ενώ στο 4ο κεφάλαιο αναπτύσσεται ο κώδικας πίσω από το σύστημα SCADA που θα χρησιμοποιηθεί για την εποπτεία του αποχετευτικού δικτύου της μακέτας που αναλύεται στο 3ο κεφάλαιο.

Τέλος, στο κομμάτι των συμπερασμάτων εξάγονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα μέσα από την διαδικασία της βιβλιογραφικής μελέτης και της ανάπτυξης του κώδικα και της κατασκευής της μακέτας.

**Λέξεις Κλειδιά:** Αποχετευτικό σύστημα, ΣΑΕ, SCADA, PLC, δίκτυο

## ABSTRACT

In this student project, an overview of a Supervisory Control And Data Acquisition system will be fulfilled. Some fundamental elements of this system, as well as its applications and functions will be studied. In the practical section of the project, the operation control of a sewage system with SCADA will be studied, using appropriate software, as well as a paper model of sewage system.

This model was created to help the Municipal Corporation of Water Supply and Drainage of the city of Karditsa better control its own system using appropriate means, in order to avoid floods in case of a clogged sewage.

In the Introduction chapter, there will be some reference regarding drainage systems and their importance, as well as their elements. The main purpose of this thesis is to highlight the importance of these systems to society and also the criticality of the appropriate control for the unimpeded operation of these systems.

In Chapter 1, the project focuses around SCADA systems, as they are the main point of focus of the whole thesis, while on Chapter 2, there will be some significant reference about PLC systems, which ensure the automatic control of a SCADA system.

In Chapter 3, the plan of the drainage system development is explained and demonstrated in detail, while in Chapter 4, the code behind the operation of the SCADA system that will be used for the supervision of the drainage system of the model in Chapter 3 is analyzed.

Finally, in the Conclusions chapter, some very useful and insightful conclusions are drawn, through the procedure of bibliography research and the development of the model of the drainage system and the code for the SCADA system.

**Keywords:** Drainage system, Automatic Control Systems, SCADA, PLC, network

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρωτίστως, θέλω να ευχαριστήσω θερμά την εισηγήτρια της πτυχιακής μου εργασίας καθηγήτρια Κολλάτου Θεοφανώ η οποία με εμπιστεύτηκε και με καθοδήγησε ώστε να καταφέρω με επιτυχία να ανταπεξέλθω σε αυτό το δύσκολο έργο.

Σαφώς, δεν θα μπορούσα να παραλείψω την οικογένειά μου για την ευρύτερη στήριξη συνολικά κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, όπως και το φιλικό και ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον μου για την κάθε είδους στήριξη κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	i
Abstract .....	ii
Ευχαριστίες .....	iii
Πίνακας Εικόνων.....	v
Εισαγωγή .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SCADA.....	7
1.1 Ορισμός .....	7
1.2 Περιγραφή ενός συστήματος SCADA .....	8
1.3 Σύγκριση SCADA και DCS.....	9
1.4 Βασικά χαρακτηριστικά των SCADA.....	10
1.5 Αρχιτεκτονική συστήματος .....	11
1.6 Λειτουργικότητα των SCADA.....	14
1.7 Οφέλη και πλεονεκτήματα των SCADA .....	15
1.8 Δίκτυα Ethernet.....	17
1.9 Το Ethernetστη βιομηχανία .....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (plc) .....	19
2.1 Δομή ενός PLC .....	21
2.2 Αρχή λειτουργίας των PLC συστημάτων .....	25
2.3 PLCτης αγοράς .....	29
2.4 Πλεονεκτήματα των PLC .....	30
2.5 Καλώδια επικοινωνίας.....	33
2.6 Συσκευή προγραμματισμού .....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΑΚΕΤΑΣ .....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	93
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	100
Βιβλιογραφία.....	101
Παράρτημα Α: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	102

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Χαρακτηριστικά Αρχιτεκτονικής Υλικού (πηγή: Καλημέρης, 2017).....	12
Εικόνα 2: Γενική αρχιτεκτονική λογισμικού SCADA (πηγή: Καλημέρης, 2017) .....	12
Εικόνα 3: Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) και μονάδες εισόδων ενός PLC (πηγή: Κανάκης, 2014) .....	24
Εικόνα 4: Κύκλος λειτουργίας ενός PLC (πηγή: Collins&Lane, 2000) .....	27
Εικόνα 5: Συσκευή προγραμματισμού χειρός (πηγή: διαδίκτυο) .....	36



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα αποχέτευσης είναι απαραίτητο μέρος ενός συστήματος δημόσιας υγείας, αυξάνοντας κατά κόρον το επίπεδο ζωής όταν εφαρμόζονται. Σε περιοχές στις οποίες απουσιάζουν τα δίκτυα αποχέτευσης λυμάτων, παρατηρείται αυξημένη ρύπανση και μόλυνση στο έδαφος και στον υδροφόρο ορίζοντα, δυσοσμία από τα αέρια των λυμάτων, ενώ καλλιεργούνται και οι συνθήκες για πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Επίσης, τέτοια συστήματα είναι χρήσιμα σε περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων, καθώς προλαμβάνουν το ενδεχόμενο πλημμυρών και αποκλεισμού περιοχών, αλλά και μειώνουν το ρίσκο κάποιος πολίτης να κινδυνεύσει από έντονες βροχοπτώσεις και ρεύματα που αυτές επιφέρουν.

Αντιλαμβάνεται πολύ εύκολα κανείς την αναγκαιότητα των έργων αποχέτευσης ως έργα υποδομής, ειδικά στις αστικές περιοχές που υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμών σε μικρό χώρο. Συχνά όμως η σημασία τους παραβλέπεται επειδή δεν είναι αντιληπτά με το γυμνό μάτι μιας και είναι υπογείως. Επίσης, προσφέρουν πολλά οφέλη στον τομέα της οικονομίας, με γνώρισμά τους ωστόσο το γεγονός ότι δεν υλοποιούνται άμεσα. Βέβαια, η υπηρεσία και η διευκόλυνση που προσφέρουν είναι πολύ σημαντική. Οι λόγοι αυτοί είχαν ως συνέπεια να αργήσει να καθιερωθεί η χρήση αποχετευτικών συστημάτων, μιας και κρίνονταν αρχικά ελάσσονος σημασίας (Κουτσογιάννης, 2011).

Με βάση τη βιβλιογραφία, υπάρχουν δύο είδη συστημάτων υπονόμων: το πρώτο είναι το **χωριστικό σύστημα** και το δεύτερο το **παντορροϊκό σύστημα** ή αλλιώς **σύστημα μίξης**. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης οι οποίες υπήρχαν αποχετευτικά συστήματα και πριν τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, τα συστήματα που συναντώνται είναι τα παντορροϊκά. Βέβαια, στη σύγχρονη εποχή, απαιτείται να υπάρχει διαχωρισμός ανάμεσα στα δίκτυα ομβρίων και στα δίκτυα ακαθάρτων (Τσακίρης, 2010).

Εξετάζοντας αυτά τα δύο είδη παρατηρείται ότι στο παντορροϊκό σύστημα, υπάρχουν κοινοί αγωγοί από τους οποίους απομακρύνονται τόσο τα ακάθαρτα όσο και τα όμβρια ύδατα Έτσι, προκύπτουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

Εύκολος έλεγχος και εποπτεία, με την έννοια ότι το δίκτυο μπορεί να ελεγχθεί πιο εύκολα.

Η δαπάνη που απαιτείται για την κατασκευή σε σχέση με το χωριστικό σύστημα είναι μικρότερη.

Απαιτείται μικρότερη δαπάνη για τη λειτουργία και συντήρηση του δικτύου.

Καταλαμβάνεται πιο μικρό τμήμα από το πλάτος της οδού όπου εγκαθίσταται το σύστημα.

Από την άλλη, στο χωριστικό σύστημα, τα δίκτυα ακάθαρτων και όμβριων κατασκευάζονται διαφορετικά. **Μειονέκτημα** αυτού του τύπου συστήματος είναι ότι είναι απαραίτητη η διεξοδική και ιδιαίτερα προσεκτική επιτήρηση του δικτύου, ώστε να διασφαλιστεί πως δεν θα γίνουν λάθος συνδέσεις, οι οποίες θα επηρεάσουν αρνητικά και τα δύο δίκτυα.

**Πλεονεκτήματα** που συνοδεύουν τα αποχετευτικά αυτά συστήματα είναι:

Δυνατότητα τα ακάθαρτα ύδατα να επεξεργάζονται σε εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού

Μικρότερα αντλιοστάσια που θα λειτουργούν αποκλειστικά για τα ακάθαρτα λύματα, εφόσον τα όμβρια καταλήγουν σε φυσικούς αποδέκτες.

Δεν υπάρχει ενδεχόμενο πλημμύρας στο υπόγειο με ακάθαρτα εάν παρατηρηθούν έντονες βροχοπτώσεις.

Αποφεύγονται οι κάθε είδους δυσοσμίες από τα φρεάτια υδατοσυλλογής, με δεδομένο ότι στους αγωγούς όμβριων δεν καταλήγουν ακάθαρτα.

Υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες ώστε να κατασκευαστούν σταδιακά τα έργα αποχέτευσης. Τις περισσότερες φορές πρώτα γίνεται η κατασκευή του δικτύου ακαθάρτων το οποίο χαρακτηρίζεται από μικτή διατομή και κατά συνέπεια είναι πιο οικονομικό.

Οι αγωγοί αποχέτευσης είναι στην πλειοψηφία τους υπόγειοι και για την κατασκευή τους γίνεται τις περισσότερες φορές σκάμμα, ή σε σήραγγα, όταν πρόκειται για πιο απαιτητικές περιπτώσεις. Για την κατασκευή των αγωγών αποχέτευσης ακολουθούν αρχικά πραγματοποιείται εκσκαφή, έπειτα τοποθετούνται οι σωληνώσεις, γίνεται επίχωση και ανακατασκευάζονται τα οδοστρώματα, τα πεζοδρόμια, κλπ. Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια προκειμένου να ελαχιστοποιείται η όχληση των κατοίκων και των δραστηριοτήτων στα αστικά κέντρα, τα αποχετευτικά δίκτυα τοποθετούνται με διαφορετικό τρόπο. Συγκεκριμένα, διανοίγονται δύο φρεάτια, ένα στην αρχή και ένα στο τέλος του αγωγού. Από το ένα φρεάτιο εισάγεται ο αγωγός, ο οποίος με τη διαδικασία της σταδιακής προώθησης φτάνει στο άλλο φρεάτιο (Ιωσηφίδης, 2010).

Για την κατασκευή των αγωγών αυτών χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι σωλήνες με κυκλική συνήθως διατομή. Ωστόσο, σημαντικό στοιχείο που λαμβάνεται υπόψη ώστε να

επιλεγεί το κατάλληλο υλικό είναι και η χημική σύσταση των λυμάτων της αποχέτευσης. Για παράδειγμα, τα λύματα των οικιών, εξαιτίας της μεγάλης χρήσης απορρυπαντικών, έχουν ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαβρωτικές ουσίες στους αγωγούς. Ο παράγοντας αυτός επομένως θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη ώστε να επιλεγεί το κατάλληλο υλικό για την κατασκευή των σωληνώσεων που θα χρησιμοποιηθούν.

Οι αγωγοί μπορούν να κατασκευαστούν με ποικίλα υλικά. Η επιλογή ωστόσο του υλικού πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα εξής κριτήρια:

- Το χρονικό διάστημα αντοχής του υλικού (κύκλος ζωής)
- Το επίπεδο αντοχής τόσο σε μηχανική όσο και σε χημική διάβρωση
- Η φυσική αντοχή του υλικού
- Το κόστος που απαιτείται για το υλικό και την τοποθέτησή του.
- Ο βαθμός ευκολίας χειρισμού και τοποθέτησης του υλικού.
- Ο τύπος των αρμών και η συχνότητά τους, όπως επίσης η στεγανότητα και η ευκολία να επιτευχθούν.
- Ο βαθμός κατά τον οποίο είναι διαθέσιμες οι απαιτούμενες διατομές.
- Ο βαθμός κατά τον οποίο είναι διαθέσιμα και μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα τα ειδικά τεμάχια.
- Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά.

Το βασικότερο σημείο στο οποίο δίνεται έμφαση για την επιλογή του υλικού για την κατασκευή των υπονόμων είναι ο βαθμός αντοχής του σε μηχανική και χημική διάβρωση, η φυσική αντοχή που παρουσιάζει, τα υδραυλικά στοιχεία που το χαρακτηρίζουν, η στεγανότητα και το οικονομικό ποσό που απαιτείται για την κατασκευή, απόκτηση και τοποθέτησή του. Σαφώς, δεν υπάρχει κάποιο διαθέσιμο υλικό που να συγκεντρώνει όλους τους παραπάνω παράγοντες. Αυτό σημαίνει ότι επιδιώκεται ο καλύτερος συνδυασμός στην εκάστοτε περίπτωση, σταθμίζονται και ιεραρχούνται οι πιο σημαντικοί παράγοντες και επιλέγεται το κατάλληλο υλικό για την κάθε περίπτωση.

Στη σημερινή εποχή, οι ευρέως προτιμητέοι σωλήνες είναι οι πλαστικοί που είναι κατασκευασμένοι από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), με το χρώμα τους να είναι συνήθως πορτοκαλί. Βασικό τους πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι επιτυγχάνουν καλό επίπεδο στεγανότητας, δεν έχουν μεγάλο βάρος και παρουσιάζουν ιδιαίτερη αντοχή σε χημικές διαβρώσεις. Μειονέκτημά τους είναι το μικρό επίπεδο αντοχής σε μηχανικές καταπονήσεις,

το οποίο είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα στις μεγάλες διαμέτρους τέτοιου είδους σωλήνων.

Ένα δίκτυο αποχέτευσης αποτελείται και από βοηθητικές εγκαταστάσεις, οι οποίες διασφαλίζουν πως η συνολική διαχείριση θα γίνει αποτελεσματικά. Μέσω αυτών, γίνεται η προσπέλαση, ο έλεγχος και η συντήρηση των αγωγών. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται τα φρεάτια, οι σίφωνες, οι εγκαταστάσεις ρύθμισης παροχής, τα έργα εκβολών, οι ιδιωτικές διακλαδώσεις, τα αντλιοστάσια, οι εγκαταστάσεις για τον καθαρισμό των αποβλήτων, κ.λπ.

Τα **φρεάτια** μπορεί να είναι διάφορων κατηγοριών. Υπάρχουν τα φρεάτια επιθεώρησης, τα οποία τοποθετούνται σε σημεία που αλλάζει η διάμετρος των σωληνώσεων, η κλίση τους ή η κατεύθυνσή τους. Με τα φρεάτια αυτά γίνεται ο καθαρισμός, ο αερισμός των αγωγών και η εποπτεία της ροής. Πέραν αυτών, υπάρχουν και τα φρεάτια συμβολής, τα οποία κατασκευάζονται στο σημείο συμβολής των αγωγών του δικτύου, με στόχο τα ύδατα να στέλνονται από τους μικρότερους υπονόμους στους μεγαλύτερους. Επιτρέπουν την κάθοδο προσωπικού για σκοπούς καθαριότητας, ελέγχου κ.λπ. Είναι αναγκαίος τύπος φρεατίου μιας και χωρίς αυτά δεν θα μπορούσαν δύο ή περισσότεροι αγωγοί να καταλήγουν σε έναν μεγαλύτερο χωρίς δυσμενείς συνθήκες για τη ροή των υδάτων.

Ακόμα, υπάρχουν τα φρεάτια πτώσης, τα οποία διαμορφώνονται σε περιπτώσεις που λόγω τοπογραφικών συνθηκών απαιτείται διευκόλυνση της ροής. Τέλος, υπάρχουν και τα φρεάτια καθαρισμού, στα οποία ο καθαρισμός γίνεται με ένα κύμα νερού στο κατάντη τμήμα του αγωγού, το οποίο και συμπαρασύρει τις αποθέσεις φερτών υλικών.

Οι **σίφωνες** είναι ακόμα ένα είδος βοηθητικής εγκατάστασης. Πρόκειται για αγωγούς που κατασκευάζονται σε περιπτώσεις που υπάρχουν διασταυρώσεις και υλοποιούνται στο ίδιο ύψους που παρατηρούνται εμπόδια, όπως υπόγειες σήραγγες, αγωγοί ύδρευσης, κλπ. Ο σίφοντας λειτουργεί υπό πίεση με την ταχύτητα ροής να μην πρέπει να είναι κάτω από 1 m/s ώστε να αποφευχθεί η απόθεση στέρεων υλικών. Παράλληλα δεν πρέπει να υπάρχει μεγάλη κλίση στον κλάδο ανόδου, γιατί τότε επιτυγχάνεται η βέλτιστη λειτουργία του σίφωνα και δεν υπάρχει κίνδυνος έμφραξης. Παράλληλα, είναι απαραίτητη η κατασκευή φρεατίων, τα οποία διαθέτουν υδροφρακτικά φράγματα, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί και να καθαριστεί ο σίφοντας (Μάρκου & Παναγιωτοπούλου, 2008).

Επίσης σημαντικές είναι και οι **εγκαταστάσεις μέτρησης παροχής**, οι οποίες μπορούν να κατασκευαστούν με:

Υπερχειλιστές: Η τοποθέτησή τους γίνεται στο εσωτερικό των αγωγών με λεπτή στέψη. Με τον τρόπο αυτό μπορεί ανά πάσα ώρα και στιγμή να γίνει μέτρηση στο πάχος της υπερχειλίζουσας φλέβας. Έπειτα, με τον κατάλληλο τύπο υπερχειλιστή μπορεί να υπολογιστεί η παροχή.

Υδρομετρητές Venturi: Ρόλος τους είναι να μετρήσουν την παροχή μέσω της μανομετρικής ένδειξής τους. Βέβαια, η χρήση τους μπορεί να γίνει και για τα ακάθαρτα νερά, εφόσον πριν δουλεύσουν τα ακάθαρτα μέσω αυτών χυθεί στον υπόνομο και μια ποσότητα καθαρού νερού και ο στενός σωλήνας του υδρομετρητή βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τον πυθμένα του υπονόμου ώστε να μην συγκεντρωθούν στέρεα υλικά πριν τη στένωση.

Θεωρητικές μέθοδοι: Μπορεί να γίνει και θεωρητικός υπολογισμός της παροχής, εφόσον είναι γνωστές οι θέσεις των αγωγών και η απόσταση που υπάρχει ανάμεσά τους.

Επόμενο μέρος ενός αποχετευτικού δικτύου είναι το σύστημα **εξαερισμού**. Ο εξαερισμός των υπονόμων είναι αναγκαίος, καθώς με αυτό τον τρόπο δεν συγκεντρώνονται επιβλαβή αέρια (κατά κύριο λόγο υδρόθειο). Τα αέρια αυτά είναι αρκετά επικίνδυνα γιατί μέσω αυτών μπορούν να προκληθούν εκρήξεις και σοβαρές διαβρώσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο εσωτερικό των υπονόμων η παροχή οξυγόνου φτάνει περίπου το 90% της ατμοσφαιρικής παροχής, γεγονός που βελτιώνει τις συνθήκες αερόβιας αποσύνθεσης. Βέβαια, σε αγωγούς με μεγάλο μήκος ή με ανεπαρκή φυσικό αερισμό, η παροχή οξυγόνου μπορεί να είναι κάτω από 50% της ατμοσφαιρικής παροχής. Σε τέτοιες περιπτώσεις προκύπτουν αναερόβιες διεργασίες αποσύνθεσης των οργανικών ουσιών, το οποίο φυσικά οδηγεί σε επικίνδυνες και δηλητηριώδεις καταστάσεις, που απειλούν μέχρι και την ανθρώπινη ζωή (Κουτσογιάννης, 2011).

Στους υπονόμους, ο εξαερισμός μπορεί να επιτευχθεί με σωληνωτούς αεραγωγούς. Οι αεραγωγοί αυτοί τοποθετούνται και στερεώνονται στους τοίχους οικιών που βρίσκονται στο αρχικό στάδιο κατασκευής (οικοδομές) και φτάνουν σε υψηλότερα σημεία από τις στέγες, ώστε να αποφεύγονται οι δυσάρεστες οσμές. Ο αέρας κινείται στις διάφορες θέσεις του δικτύου μέσω της διαφοράς που παρουσιάζεται στη θερμοκρασία.

Τέλος, σημαντικό ρόλο στην όλη διαδικασία και τη σημασία του αποχετευτικού δικτύου παίζουν και τα **αντλιοστάσια**. Οι εγκαταστάσεις αυτές χρησιμοποιούνται σε δίκτυα που

διαθέτουν τμήματα σε χαμηλές περιοχές σε σύγκριση με τον τελικό αποδέκτη. Σε τέτοιου είδους περιπτώσεις, δεν χρειάζεται να υπάρχει διαφορά στο ύψος με στόχο την κίνηση των λυμάτων με φυσικό τρόπο στο σημείο προορισμού τους. Αυτό σημαίνει ότι είναι απαραίτητο να εισαχθεί μια εγκατάσταση ανυψωτικών αντλιών ώστε να φτάσει το περιεχόμενο των αγωγών στον προορισμό- αποδέκτη. Στις περιπτώσεις αυτές γίνεται συνήθως χρήση αντλιών με μικρό μανομετρικό ύψος, οι οποίες θεωρούνται οι πλέον κατάλληλες για να αντλούνται τα ακάθαρτα. Η περίπτωση αυτή είναι η μοναδική στην οποία χρησιμοποιούνται για την αποχέτευση ακαθάρτων αγωγοί υπό πίεση (Τσακίρης, 2010).

Όλα όσα αναφέρθηκαν είναι απαραίτητα ώστε να γίνει πλήρως αντιληπτή η κλίμακα ενός αποχετευτικού συστήματος, καθώς και οι προκλήσεις που εμφανίζονται στην κατασκευή, λειτουργία, έλεγχο και συντήρηση τέτοιων μεγάλων εγκαταστάσεων. Στο πλαίσιο της βέλτιστης διαχείρισης ενός αποχετευτικού συστήματος εντάσσεται και η υιοθέτηση των PLC και SCADA συστημάτων, στα οποία αναφέρεται εκτενώς η παρούσα εργασία.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SCADA

## 1.1 Ορισμός

Ο όρος SCADA προέρχεται από τα αρχικά της φράσης *Supervisory Control And Data Acquisition*, ενώ στα ελληνικά μεταφράζεται ως «*Εποπτικός Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων*». Ένα τέτοιο σύστημα δίνει την ευχέρεια στον χειριστή να έχει την πλήρη εποπτεία και έλεγχο των διάφορων διεργασιών που έχουν κατανεμηθεί ανάμεσα στα απομακρυσμένα σημεία. Ωστόσο δεν θεωρείται ως πλήρες σύστημα ελέγχου, με δεδομένο ότι επικεντρώνεται στην εποπτεία. Αυτό σημαίνει ότι είναι ένα λογισμικό πακέτο που τοποθετείται επάνω στο υλικό και αλληλεπιδρά με αυτό.

Στο στάδιο της λειτουργίας του, το εν λόγω σύστημα συγκεντρώνει δεδομένα λειτουργίας και τα αποστέλλει σε ένα κεντρικό σημείο όπου επεξεργάζονται. Οι πληροφορίες μπορούν να παρουσιαστούν είτε σε πραγματικό χρόνο είτε και μετά από απαίτηση (on demand). Η διαδικασία του ελέγχου γίνεται με δύο τρόπους, αυτόματα ή και μετά από εντολή του χρήστη. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την εποπτεία μεγάλου τοπογραφικά χώρου, όπου εντοπίζεται και το μεγαλύτερο πλεονέκτημά τους. Με αυτά, δεν απαιτείται η αποστολή προσωπικού σε διάσπαρτα σημεία για δειγματοληψίες και μετρήσεις.

Τα συστήματα SCADA αξιοποιούν και λογικούς ελεγκτές (PLC) για τη λειτουργία τους, με τις συγκεκριμένες διατάξεις να αναλύονται διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο. Η χρήση των SCADA είναι σε μεγάλο βαθμό βιομηχανική, ωστόσο δεν περιορίζεται εκεί. Εκτός από τη χαλυβουργία, την ηλεκτροπαραγωγή και τη χημική βιομηχανία, τέτοια συστήματα εντοπίζονται και σε πειραματικές εγκαταστάσεις, όπως αυτές που μελετούν την πυρηνική σύντηξη. Στις εγκαταστάσεις αυτές τα κανάλια εισόδου-εξόδου δεδομένων είναι 1.000-10.000.

## 1.2 Περιγραφή ενός συστήματος SCADA

Αναφορικά με την υλικοτεχνική υποδομή, κάθε σύστημα SCADA διαθέτει από μια ομάδα αισθητηρίων και διατάξεων μετατροπής οι οποίες είναι συνδεδεμένες στις τερματικές, απομακρυσμένες μονάδες (RTUs- Remote Terminal Units). Με τη σειρά τους, οι RTUs επικοινωνούν με έναν κεντρικό υπολογιστή (MTU- Master Terminal Unit) στην οποία υπάρχει και το λογισμικό του συστήματος, το οποίο αποτελεί τον κεντρικό πυρήνα του.

Η επικοινωνία του κεντρικού υπολογιστή (MTU) με τις τερματικές μονάδες (RTU) μπορεί να γίνει τόσο ενσύρματα (Ethernet, Internet, δίκτυα Profibus) όσο και ασύρματα (, μικροκύματα, δορυφορική σύνδεση, ραδιοκύματα). Έτσι, υπάρχει μεταφορά πληροφοριών από τις RTU στον MTU και όταν γίνει η ανάλογη επεξεργασία τους γίνεται η καταγραφή τους και η προβολή τους σε υπολογιστικό που διαθέτουν λογισμικό διεπιφάνειας ανθρώπου-υπολογιστή (Human-machine Interface, HMI), όπου γίνεται η εποπτεία των εργασιών. Εν συνεχεία, παράγονται σήματα ελέγχου από την MTU και ακολουθεί η αποστολή τους πίσω στις RTU, οι οποίες με τη σειρά τους ενεργοποιούν τις διατάξεις μετατροπής και τους ελεγκτές των μηχανών.

Τα συγκεκριμένα συστήματα πρωτοεμφανίστηκαν τη δεκαετία του '60 σε mainframe και mini συστήματα. Βέβαια, μερικά χρόνια αργότερα, μεταφέρθηκαν και σε επιτραπέζιους υπολογιστές, όπου έτρεχαν κυρίως σε DOS, VMS και UNIX. Ενδεικτικά στοιχεία που μετρούνται, καταγράφονται, επιτηρούνται και ελέγχονται από ένα σύστημα SCADA είναι:

- Θερμοκρασία
- Πίεση
- Υγρασία
- Στάθμη υγρού
- Στροφές
- Ταχύτητα
- Απόσταση
- Διακόπτες
- Ανίχνευση αερίων
- Ζύγιση
- Μέτρηση χρόνου



- Ποιοτικός έλεγχος
- Κραδασμοί

Τα πιο σύγχρονα συστήματα SCADA μεταφέρονται σε διακομιστές (servers) όπου συλλέγονται και επεξεργάζονται δεδομένα και σε σταθμούς εργασίας ώστε να παρουσιαστούν οπτικά και να εποπτευθούν οι διεργασίες. Επίσης, οι αρχικές μετρήσεις και ο αυτόματος έλεγχος πραγματοποιούνται σε PLCs (Programmable Logic Controllers).

Η ύπαρξη τέτοιων συστημάτων παρέχουν πολλά οφέλη σε μηχανικούς, επόπτες, managers και χειριστές, αφού ενισχύουν την αλληλεπίδραση με τις διεργασίες στον τομέα της παραγωγής με τη χρήση οθονών εποπτείας του συστήματος SCADA. Εξαιτίας ότι το συγκεκριμένο σύστημα χαρακτηρίζεται από πιο εύχρηστο περιβάλλον και έχει πιο μεγάλες υπολογιστικές δυνατότητες, είναι κατάλληλο για το χειρισμό ιδιαίτερα πολύπλοκων λειτουργιών και υπολογισμών, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να επέμβει λανθασμένα στον πυρήνα του αυτόματου ελέγχου, ο οποίος πραγματοποιείται από τα PLC. Αυτό σημαίνει ότι ο έλεγχος που πραγματοποιείται από το SCADA είναι διαφοροποιημένος από τον αυτόματο έλεγχο των PLC. Τέλος, θεωρείται σκόπιμο να αναφερθεί ότι το σύστημα των PLC ονομάζεται «*Σύστημα Διανεμημένου Ελέγχου*» (Distributed Control System- DCS). Στην επόμενη παράγραφο επιχειρείται σύγκριση ανάμεσα σε SCADA και DCS.

### ***1.3 Σύγκριση SCADA και DCS***

Τα συστήματα DCS θεωρούνται εκείνα, τα οποία αν και είναι ενιαία από λειτουργική σκοπιά, διαθέτουν υποσυστήματα τα οποία ενδέχεται να βρίσκονται σε διαφορετικά φυσικά σημεία και σε απόσταση μεταξύ τους. Τα συστήματα SCADA και DCS έχουν διαφορετικούς στόχους μεταξύ τους. Ένα σύστημα μπορεί να επιτελεί λειτουργίες και των δύο, αλλά ελάχιστα συστήματα είναι σχεδιασμένα με τον τρόπο αυτό. Κάθε DCS σύστημα σχεδιάζεται με προσανατολισμό στον έλεγχο των διεργασιών και στη συλλογή δεδομένων. Πυρήνας της δουλειάς τους είναι η διεργασία, ενώ μέρος της λειτουργίας τους είναι και η παροχή δεδομένων στον χειριστή. Πυρήνας τους είναι το κέντρο ελέγχου, με τον απομακρυσμένο εξοπλισμό να υπάρχει κυρίως για την παροχή πληροφορίας, ανεξάρτητα από το αν οι λειτουργίες που εκτελεί είναι πολύπλοκες ή αποτελούν ένα μέρος ενός συστήματος DCS.

Επίσης, ένα τέτοιου είδους σύστημα ενδέχεται αν υπάρχει και σε αναξιόπιστα δίκτυα, διατηρώντας ένα ιστορικό (βάση δεδομένων) με τιμές του παρελθόντος, οι οποίες προβάλλονται μόνο όταν το απαιτήσει ο χρήστης. Επίσης, ενδέχεται να υλοποιήσει ενέργειες αξιολόγησης δεδομένων και να αποφασίζει εάν μια πληροφορία είναι χρήσιμη ή περιττή. Στον αντίποδα, το DCS συνδέεται μονίμως με την πηγή πληροφοριών, το οποίο σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητες οι παλαιότερες τιμές, ενώ η εκάστοτε πληροφορία που λαμβάνεται επεξεργάζεται και θεωρείται πάντα σημαντική. Οι προαναφερόμενες διαφορές έχουν και σαν συνέπεια διαφορετική σχεδιαστική φιλοσοφία ανάμεσα στους δύο τύπους συστημάτων. Τα SCADA είναι πιο πολύπλοκα τόσο στον τρόπο χειρισμού όσο και στον τρόπο συλλογής των δεδομένων, ενώ τα DCS εμφανίζουν πολυπλοκότητα στις λειτουργίες ελέγχου διεργασιών και βρόχων.

Εξίσου σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα παρατηρείται και στην αντιμετώπιση της πληροφορίας. Τα SCADA συστήματα είναι data-driven, ενώ τα DCS είναι fact-driven. Τα SCADA εστιάζουν στα γεγονότα που προκύπτουν από μια διαδικασία, ενώ τα DCS για την πρόοδο της διεργασίας. Αυτό, καθιστά τους δύο τύπους συστημάτων αισθητά διαφορετικούς, παρά το γεγονός ότι αρκετές φορές είναι απαραίτητος ο συνδυασμός και η συνεργασία μεταξύ τους. Κλείνοντας, θεωρείται σκόπιμο να αναφερθεί πως με τα συστήματα SCADA δεν ελέγχεται η πρόοδος των διεργασιών, αλλά καταγράφονται και ελέγχονται οι καταστάσεις και τα αποτελέσματά τους.

#### ***1.4 Βασικά χαρακτηριστικά των SCADA***

Τα συστήματα SCADA διαθέτουν ορισμένα χαρακτηριστικά, τα σημαντικότερα εκ των οποίων είναι::

- **Εξωτερική πρόσβαση:** Δίνει τη δυνατότητα για φυσική σύνδεση με το ευρύτερο περιβάλλον. Η σύνδεση αυτή πραγματοποιείται μέσω σειριακών επικοινωνιών (RS232, RS485), καρτών PC και με απευθείας αναλογική/ψηφιακή σύνδεση I/O. Πιο σύγχρονες συνδέσεις αποτελούν οι fieldbuses, τα δίκτυα Ethernet ή ο Ενιαίος Σειριακός Διάυλος (Universal SerialBus, USB).
- Ενημέρωση για σημαντικές τιμές μεταβλητών και γεγονότα
- Αποτύπωση και παρουσίαση των δεδομένων
- Αποστολή σημάτων ελέγχου στον απομακρυσμένο εξοπλισμό

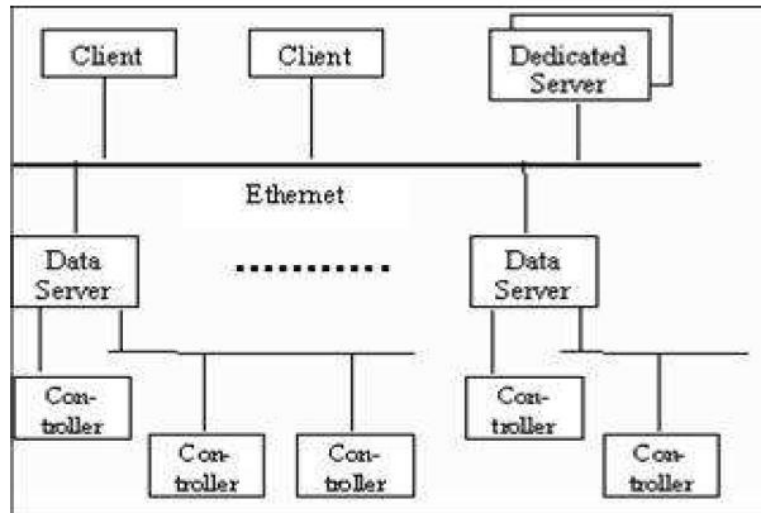
- **Μηχανή υπολογισμών:** Συμβάλει στον υπολογισμό υπολοίπων από το σύστημα, μέσω των τιμών και στατιστικών και σε όποιες πληροφορίες μπορεί να προκύπτουν από τα δεδομένα των διεργασιών.
- **Δικτυακή πρόσβαση:** Μέσω της διαδικτυακής πρόσβασης υλοποιείται η εποπτεία και ο έλεγχος από απομακρυσμένα σημεία.
- **Πρόσβαση σε Βάσεις Δεδομένων:** Τα περισσότερα συστήματα SCADA δίνουν τη δυνατότητα για απευθείας καταχώρηση και ανάκτηση δεδομένων από κεντρικούς διακομιστές όπως για παράδειγμα Oracle, Sybase, Microsoft SQL Server και γενικότερα όλες τις βάσεις δεδομένων οι οποίες είναι συμβατές με ODBC ή ADO.
- **Κατά περίπτωση προγραμματισμός:** Πολλά συστήματα SCADA δίνουν τη δυνατότητα ποικίλων επιπέδων διαμόρφωσης κατά περίπτωση. Ορισμένα από αυτά προμηθεύουν βιβλιοθήκες C ή δίνουν τη δυνατότητα για προσθήκη modules, μερικά επιτρέπουν την εκτέλεση scripts σε VBA (Visual Basic for Applications) ή Java, και τέλος υπάρχουν και συστήματα τα οποία δίνουν την δυνατότητα στο χειριστή να θέτει triggers μέσω του συστήματος SCADA, τα οποία να καλούν και να υλοποιούν άλλες ενέργειες.

### *1.5 Αρχιτεκτονική συστήματος*

Κάθε σύστημα SCADA διαθέτει τα εξής στρώματα, τα οποία είναι και τα βασικότερα:

1. Client Layer: Ικανοποιεί την αλληλεπίδραση ανάμεσα στον άνθρωπο (οντότητα) με τη μηχανή.
2. Data Server Layer: Χειρίζεται την πλειοψηφία των στοιχείων διαδικασίας που ελέγχονται από τις δραστηριότητες.
3. Data Servers: Συμβάλουν στην επικοινωνία με τις συσκευές στο πεδίο με τη βοήθεια των PLCs. Οι PLCs συνδέονται με τους Data Servers είτε με τη βοήθεια δικτύων είτε μέσω ιδιόκτητων ή μη ειδικευμένων fieldbuses. Οι Data Servers συνδέονται μεταξύ τους και με τους Client Servers με τη βοήθεια ενός τοπικού LAN δικτύου. Τέλος, θεωρείται σκόπιμο να αναφερθεί ότι οι Servers είναι πλατφόρμες NT. Ωστόσο, για αρκετά προϊόντα οι Client Servers τα προηγούμενα χρόνια ήταν και W95 μηχανές.

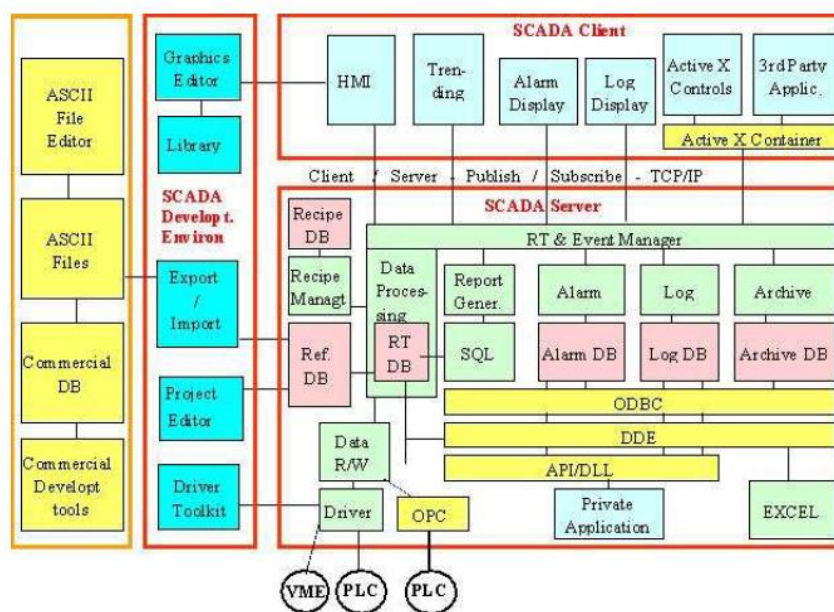
Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά, όπως περιγράφηκαν προηγουμένως:



Εικόνα 1: Χαρακτηριστικά Αρχιτεκτονικής Συστήματος (πηγή: Καλημέρης, 2017)

Στο κομμάτι του λογισμικού, τα προϊόντα του συστήματος SCADA βασίζονται σε βάση δεδομένων πραγματικού χρόνου (realtime), η οποία βρίσκεται σε τουλάχιστον έναν server. Η απόκτηση των δεδομένων (data acquisition) και ο χειρισμός τους γίνεται από τους κεντρικούς υπολογιστές, όπως για παράδειγμα έλεγχος συναγερμού, υπολογισμοί, κλπ, σύμφωνα με ορισμένες συνδεδεμένες παραμέτρους.

Ασφαλώς, μπορεί να υπάρχουν Servers που αφιερώνονται σε ειδικές διεργασίες, όπως για παράδειγμα την καταγραφή ιστορικού (data logger) ή τον χειρισμό διαφόρων ειδών συναγερμών. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται και η γενική αρχιτεκτονική λογισμικού συστήματος SCADA.



Εικόνα 2: Γενική αρχιτεκτονική λογισμικού SCADA (πηγή: Καλημέρης, 2017)

Η εσωτερική επικοινωνία των διακομιστών και των clients αλλά και μεταξύ των διακομιστών είναι βάσης publish-subscribe και event-driven, με χρήση πρωτοκόλλου TCP/IP, δηλαδή μια εφαρμογή client προσυπογράφει (subscribes) σε μια παράμετρο η οποία διαχειρίζεται από μια εφαρμογή του server και αλλάζει αποκλειστικά στην παράμετρο που επικοινωνεί με την εφαρμογή client.

Όσον αφορά την πρόσβαση στις συσκευές, οι Data Servers επιλέγουν τους ελεγκτές σε ένα καθορισμένο από τον χρήστη ποσοστό. Αυτό μπορεί να είναι διαφορετικό για διαφορετικές παραμέτρους. Οι PLCs περνούν τις παραμέτρους που ζητούνται στους DataServers. Η χρονική σφράγιση των παραμέτρων διαδικασίας εκτελείται χαρακτηριστικά στους ελεγκτές και αυτή η χρονική σφραγίδα (time-stamp) αναλαμβάνεται από τον κεντρικό διακομιστή.

Τα προϊόντα παρέχουν τους οδηγούς επικοινωνίας για το μεγαλύτερο μέρος των βασικών PLCs και των ευρέως χρησιμοποιούμενων fieldbuses. Από τα τρία fieldbuses που συστήνει το Κέντρο Πυρηνικών Μελετών και Ερευνών (CERN), το Profibus και το Worldfip υποστηρίζονται αλλά το CANbus όχι. Μερικοί από τους drivers βασίζονται στα προϊόντα τρίτων και έχουν συμπληρωματικό κόστος.

Τα πολλαπλά και σύνθετα επικοινωνιακά πρωτόκολλα αλλά και τα slots των interface cards υποστηρίζονται από έναν ενιαίο Data Server.

Για να αναπτυχθούν οι νέοι απαιτούνται περίπου 2-6 εβδομάδες, χρονικό διάστημα το οποίο εξαρτάται τόσο από την πολυπλοκότητα όσο και το βαθμό ομοιότητας με τους drivers που ήδη υπάρχουν. Για να επιτευχθεί αυτό, παρέχεται και toolbox για ανάπτυξη τέτοιων drivers.

Στον τομέα της εξελιξιμότητας των SCADA, αυτή γίνεται αντιληπτή ως ο βαθμός κατά τον οποίο είναι εφικτό να γίνει επέκταση του βασισμένου σε σύστημα SCADA με την εισαγωγή και άλλων μεταβλητών διαδικασίας, περισσότερο ειδικευμένων Servers ή περισσότερων Clients. Τα προϊόντα είναι πιο εξελίξιμα όταν συνδέονται πολλοί κεντρικοί υπολογιστές (Data Servers) με ποικίλους ελεγκτές. Κάθε ένας από τους κεντρικούς αυτούς υπολογιστές διαθέτει τη βάση δεδομένων διαμόρφωση και τη βάση δεδομένων πραγματικού χρόνου (RTDB) και είναι σε αυτόν στηρίζεται ο χειρισμός ενός υποσυνόλου των μεταβλητών διαδικασίας που αφορούν τη συλλογή δεδομένων, την αρχειοθέτηση, τον χειρισμό των δεδομένων, κ.λπ.

### **1.6 Λειτουργικότητα των SCADA**

Οι χρήστες ενός τέτοιου συστήματος χωρίζονται σε ομάδες όπου έχουν προκαθοριστεί τα προνόμια πρόσβασης αναφορικά με την ανάγνωση και γραφή των παραμέτρων διαδικασίας αλλά και με τη λειτουργικότητα προϊόντων.

Η χρήση των όρων logging/archiving (καταχώριση/αρχειοθέτηση) γίνεται τις περισσότερες φορές ώστε να περιγραφεί η ίδια δυνατότητα. Ουσιαστικά, η καταχώριση μπορεί να χαρακτηριστεί και ως η αποθήκευση στοιχείων στο δίσκο σε μακροχρόνιο διάστημα. Από την άλλη πλευρά, η αρχειοθέτηση αναφέρεται στην αποθήκευση των στοιχείων στον δίσκο ή σε οποιοδήποτε άλλο αποθηκευτικό μέσο σε μακροχρόνιο διάστημα. Το logging υλοποιείται κυκλικά, π.χ. όταν το μέγεθος των αρχείων φτάσει στο επίπεδο που έχει καθοριστεί ή σε έναν αριθμό σημείων όπου γίνεται επικάλυψη των στοιχείων.

Η καταχώριση των στοιχείων μπορεί να εκτελείται με μια καθορισμένη συχνότητα ή να γίνεται όταν αλλάζουν οι παράμετροι ή εμφανίζεται ένα προαποφασισμένο γεγονός. Τα στοιχεία μπορούν να μεταφερθούν σε ένα αρχείο μόλις το logfile είναι πλήρες. Το καταγραμμένο στοιχείο είναι σφραγισμένο σε σχέση με τον χρόνο που μπορεί να φιλτραριστεί όταν αντιμετωπίζεται από έναν χρήστη.

Οι ενέργειες των χρηστών καταγράφονται, κάτι το οποίο γίνεται είτε με έναν χρήστη είτε σταθμούς. Συχνά υπάρχει επίσης και δυνατότητα προβολής αρχειοθετημένων στοιχείων με VCR.

Από ένα σύστημα SCADA μπορούν να εξαχθούν και reports (εκθέσεις), με τη χρήση ερωτήσεων τύπου SQL σε αρχείο RTDB ή Log Files. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν φορές που είναι δυνατή η ενσωμάτωσή τους στην έκθεση και στα γραφήματα μέσω του Excel, δεν υπάρχει η δυνατότητα cut & paste. Η ύπαρξη των εγκαταστάσεων έγκειται στην αυτόματη παραγωγή, στην τύπωση και αρχειοθέτηση των εκθέσεων.

Σχετικά με την αυτοματοποίηση, τα περισσότερα προϊόντα δίνουν τη δυνατότητα για άμεση και αυτόματη πρόκληση ενεργειών από τα γεγονότα. Η παροχή από τα προϊόντα SCADA μιας γλώσσας scripting δίνει τη δυνατότητα να εφαρμοστούν οι προαναφερόμενες ενέργειες.

### 1.7 Οφέλη και πλεονεκτήματα των SCADA

Χαρακτηριστικό των βιομηχανιών είναι η ροή υλικών, η ροή πληροφοριών και η ροή ενέργειας. Μέσω του ελέγχου που ασκείται σε κάθε τέτοιο οργανισμό, απώτερος στόχος είναι μέσω της παρακολούθησης της ροής πληροφορίας να γίνεται η βέλτιστη διαχείριση της ροής υλικών και ενέργειας. Για να επιτευχθεί αυτό, τις περισσότερες φορές είναι αναγκαία η ύπαρξη συμβιβασμού ανάμεσα σε ορισμένους οικονομικούς και ποιοτικούς παράγοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους δημιουργούν άλλα οφέλη. Τα οφέλη που πηγάζουν από τον έλεγχο σε οργανισμούς που δραστηριοποιούνται στον τομέα της βιομηχανίας είναι:

- Αξιοποίηση στο βέλτιστο βαθμό των δυνατοτήτων των μέσων παραγωγής με αποτέλεσμα να αυξάνεται η παραγωγή στο σύνολό της.
- Βέλτιστη χρήση των εσωτερικών πηγών ενέργειας και ελαχιστοποίηση του εργασιακού κόστους, με αποτέλεσμα να μειώνεται το παραγωγικό κόστος ανά μονάδα προϊόντος που παράγεται.
- Ενισχυμένη ποιότητα στα προϊόντα που παράγονται, με δεδομένο ότι οι συνθήκες λειτουργίες διατηρούνται σε πολύ μικρά όρια ανοχής.
- Ευέλικτη παραγωγή σε διαρκώς μεταβαλλόμενες συνθήκες στην αγορά.

Πιο συγκεκριμένα, κάθε σύστημα SCADA προσφέρει:

- Συνεχή παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η καλή λειτουργία και η μέγιστη απόδοση της βιομηχανικής μονάδας.
- Βελτίωση της επικοινωνίας ανάμεσα στα διάφορα επίπεδα της βιομηχανικής μονάδας, και κατά κύριο λόγο ανάμεσα στους τομείς του management και της παραγωγής.
- Ενισχύει τη λήψη αποφάσεων από το ανθρώπινο δυναμικό μόλις ολοκληρωθεί η πλήρης ενημέρωση, ώστε τα καθήκοντα και οι υποχρεώσεις τους να υλοποιούνται επιτυχώς.
- Γρήγορος και έγκαιρος εντοπισμός και εξάλειψη τυχόν προβλημάτων και σφαλμάτων, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση και μειώνοντας το κόστος συντήρησης.
- Καλύτερες συνθήκες εργασίας και περισσότερη ασφάλεια.
- Έγκυρη ενημέρωση της διοίκησης για διάφορα ζητήματα.

Ορισμένα πρακτικά παραδείγματα που αναδεικνύουν τα οφέλη των SCADA είναι:

- Η διοίκηση και οι μηχανικοί μπορούν σ διαθέτουν διάφορες πληροφορίες στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή τους και να τις προβάλουν όποτε επιθυμούν, ανεξάρτητα από το αν η πηγή των δεδομένων βρίσκεται δίπλα τους ή χιλιόμετρα μακριά.
- Οι χειριστές έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν monitor με σκοπό τον έλεγχο και την εποπτεία της μονάδας και του εξοπλισμού μέσω εύχρηστων GUI (Graphic User Interface).
- Οι ενημερώσεις για κρίσιμες καταστάσεις δύναται να υλοποιηθούν με ηχογραφημένα μηνύματα, η μετάδοση των οποίων γίνεται αυτόματα μέσω τηλεφώνου, ασυρμάτων, δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών, κ.λπ.
- Τα δεδομένα που ανακτώνται μπορούν να αποθηκευτούν και να ανακτηθούν για περαιτέρω μελέτη και διεξαγωγή συγκρίσεων, συμπερασμάτων αλλά για να διαγνωστούν τυχόν σφάλματα.
- Μπορεί να γίνει ρύθμιση εξ'αποστάσεως του απομακρυσμένου εξοπλισμού, χωρίς την ανάγκη για μετακίνηση προσωπικού.
- Σαν τερματικές συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμβατικοί, οικονομικοί υπολογιστές.
- Επιτρέπει τη χρήση τυπικών πρωτοκόλλων και υλικών δικτύων, τα οποία μπορούν αρκετά οικονομικά να αναβαθμιστούν, να προσαρμοστούν και να αντικατασταθούν με την ίδια αξιόπιστη επικοινωνία χωρίς δυσλειτουργίες.
- Η τεχνική υποστήριξη και η συντήρηση του συστήματος γίνεται από τον προμηθευτή.

Τα SCADA συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις όπως τη μέτρηση της στάθμης σε δεξαμενές/σιλό, τον έλεγχο κινητήρων και συμπιεστών τον έλεγχο γραμμών παραγωγής, τον έλεγχο θερμοκρασιών ψύξης-θέρμανσης και υγρασίας σε εφαρμογές κλιματισμού, την επιτήρηση λειτουργίας κινητήρων σε φορτηγά και πλοία, την αναλυτική κοστολόγηση προϊόντων & υπηρεσιών κ.λπ. Το δημοφιλέστερο δίκτυο προσωπικών υπολογιστών είναι το **Ethernet**, στο οποίο έχουν μεταφερθεί τα περισσότερα πακέτα της αγοράς. Μια μικρή αναφορά στο Ethernet και την εφαρμογή του σε δίκτυα SCADA γίνεται στην παράγραφο που ακολουθεί.



### 1.8 Δίκτυα Ethernet

Η δημιουργία των συστημάτων **Ethernet** πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια της Xerox το 1970. Η ανάπτυξη του πρώτου προτύπου έγινε το 1980 από τις DEC, Intel και Xerox. Και πήρε το όνομα DIX Internet. Μετά από λίγο το IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) θέσπισε το μερικώς διαφοροποιημένο πρότυπο 802.3. Λόγω δημοφιλίας του προτύπου αυτού και της αναγνώρισής του από τον ISO (International Standards Organization), πλέον κάθε προμηθευτής ή κατασκευαστής αναφέρεται στο 802.3 της IEEE ως Ethernet. Για την υπόλοιπη ανάλυση λοιπόν, με την έννοια του Ethernet θα εννοείται το πρότυπο 802.3.

Η δημιουργία των δικτύων Ethernet γίνεται σε τοπολογία διαύλου με ομοαξονικό καλώδιο ή σε διάταξη αστέρα με καλώδιο ανεστραμμένου ζεύγους. Στην πρώτη περίπτωση, η σύνδεση των συσκευών γίνεται με τη μορφή αλυσίδας, συνδέοντας ένα καλώδιο ανάμεσα σε δύο συνεχόμενες συσκευές. Έτσι, από τα καλώδια αυτά σχηματίζεται ένα μακρύ ιδεατό καλώδιο το οποίο καλείται «κορμός» (trunk). Στη δεύτερη περίπτωση, δηλαδή στη διάταξη αστέρα, η σύνδεση όλων των συσκευών γίνεται σε μια κεντρική συσκευή η οποία καλείται hub, από την οποία γίνεται η διακίνηση όλων των δεδομένων. Για την επέκταση του δικτύου, είναι εφικτό να συνδεθούν πολλά hubs μαζί, με τη μορφή καταρράκτη.

Στα δίκτυα Ethernet της πρώτης περίπτωσης (με ομοαξονικό καλώδιο) η λειτουργία γίνεται σε ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων μέχρι και 10Mbit/sec, ενώ όταν χρησιμοποιείται καλώδιο με την κατάλληλη ποιότητα, οι συσκευές μπορεί να έχουν μήκος μεταξύ τους έως και 500 m, με το μέγιστο μήκος κορμού να φτάνει τα 2,5 km. Αντίθετα, τα δίκτυα καλωδίου ανεστραμμένου ζεύγους, που είναι πλέον και τα πιο δημοφιλή, επιτρέπουν ταχύτητες έως 100Mbit/sec, περιορίζοντας όμως το μήκος του καλωδίου μεταξύ συσκευής και hub στα 100m. Τα προβλήματα επιμήκυνσης του μήκους του δικτύου μπορούν να επιλυθούν σχετικά εύκολα με την προσθήκη αναμεταδοτών (repeaters). Οι εν λόγω, είναι συσκευές που επαναλαμβάνουν το εξασθενημένο από την αντίσταση των καλωδίων σήμα. Στις διατάξεις ανεστραμμένου ζεύγους, τα hubs λειτουργούν και ως repeaters ενίοτε.

### 1.9 Το Ethernet στη βιομηχανία

Λόγω του χαμηλού κόστους και της ευχρηστίας του, το Ethernet αξιοποιείται πολύ συχνά σε βιομηχανικές εφαρμογές, προσφέροντας υψηλές ταχύτητες και καλή αξιοπιστία. Παράλληλα, προσφέρει κάλυψη όλης της έκτασης του βιομηχανικού οργανισμού με ένα και μόνο ενιαίο

δίκτυο. Μέσω αυτού, τα επίπεδα της διοίκησης συνδέονται με την παραγωγή εντός του οργανισμού, κάτι που διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τη διακίνηση και τον διαμοιρασμό πληροφορίας εντός του. Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας των 2000s εταιρείες όπως η GeneralMotors και η Shell έχουν εγκαταλείψει παλιά εσωτερικά τους δίκτυα για χάρη του Ethernet. Επίσης εξαιτίας της μεγάλης χρήσης του Ethernet, οι κατασκευαστές διατάξεων PLC, οι οποίες συνήθως υπάρχουν σε DCS συστήματα, άρχισαν να ενσωματώνουν σε αυτές και θύρες Ethernet. Το πρότυπο του βιομηχανικού Ethernet ονομάστηκε Ethernet/IP και λειτουργικά είναι όμοιο με το 802.3 συνεχίζοντας να υλοποιείται με συνδυασμούς κοινών προϊόντων Ethernet 802.3 του εμπορίου. Σε επίπεδο λογισμικού όμως, το οποίο αποκλειστικά και μόνο αφορά τα συστήματα SCADA, το Ethernet/IP και το κοινό 802.3 διαφέρει μονάχα στη χρήση του πρωτοκόλλου CIP (Control and Information Protocol). Το πρωτόκολλο αυτό λειτουργεί στην κορυφή του συστήματος, πάνω από τα πρότυπα πρωτόκολλα TCP (Transmission Control Protocol) και UDP (User Datagram Protocol) του 802.3, ώστε να προσφέρει ένα κοινό τρόπο ανταλλαγής δεδομένων για τις εφαρμογές. Επιπλέον, το CIP βασίζεται στα πρότυπα των DeviceNet και ControlNet που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα στη βιομηχανία.

Συμπερασματικά, η χρήση του Ethernet και κατ' επέκταση των πρωτοκόλλων του, αποτελεί μονόδρομο για την υλοποίηση ενός σύγχρονου εποπτικού συστήματος που θα είναι ταυτόχρονα λειτουργικό και εύχρηστο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)

Τα συστήματα SCADA χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που υπάρχουν και αυτοματισμοί. Μέρος ενός συστήματος SCADA είναι και οι PLCs, οι λογικοί ελεγκτές, οι οποίοι βρίσκονται προσαρτημένοι στις διατάξεις/μηχανήματα/εγκαταστάσεις που βρίσκονται απομακρυσμένες και είναι επιθυμητό να λαμβάνονται δεδομένα απ' αυτές και να παρακολουθούνται.

Εδώ και περίπου τρεις δεκαετίες, και ειδικότερα από τις αρχές της δεκαετίας του '80, από πολλές εταιρείες που δραστηριοποιούνταν στην παραγωγή ηλεκτρολογικού υλικού εμφάνισαν για πρώτη φορά ένα προϊόν αυτοματισμού, το οποίο πήρε την ονομασία PLC (Programmable Logic Controller- Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής). Ουσιαστικά τα PLCs είναι μικροϋπολογιστές, οι οποίοι έχουν προσαρμοστεί με κατάλληλο τρόπο για να χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς. Προορίζονταν να αντικαταστήσουν τους τυπικούς πίνακες αυτοματισμού με τους ηλεκτρονόμους.

Τί είναι όμως ακριβώς ένα PLC; Στην περίπτωση του κλασσικού αυτοματισμού της καλωδιωμένης λογικής (με τους ηλεκτρονόμους), τα στάδια που υπάρχουν από τη φάση του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός αυτοματισμού μέχρι την πλήρη λειτουργία είναι τα εξής:

- Η κατάλληλη περιγραφή του αυτοματισμού
- Η ανάπτυξη του λειτουργικού σχεδίου του αυτοματισμού
- Η ανάπτυξη του σχεδίου που αφορά την εφαρμογή του πίνακα (σχέδιο καλωδίωσης)
- Η κατασκευή του πίνακα της εγκατάστασης
- Η εγκατάσταση και σύνδεση των αισθητήρων στους ακροδέκτες (κλέμες) του πίνακα, οι οποίοι παρέχουν πληροφορίες των συσκευών που πραγματοποιούν τις εργασίες (αποδέκτες)
- Έλεγχος- δοκιμή για τη λειτουργία της εγκατάστασης για να διαπιστωθούν και να επιλυθούν τυχόν προβλήματα
- Λειτουργία της εγκατάστασης πλήρως

Το PLC στην πραγματικότητα αποτελεί μια ειδική συσκευή, από την οποία αντικαθίστανται στους πίνακες όλα τα υλικά του κλασικού αυτοματισμού, δηλαδή τους ηλεκτρονόμους (main και control), τα χρονικά, τους απαριθμητές και τυχόν δευτερεύοντα υλικά όπως πρόσθετες επαφές. Πέρα από το μικρό της όγκο, με αποτέλεσμα να πιάνει μικρό χώρο στον πίνακα, η εν λόγω συσκευή έχει και πολύ περισσότερες δυνατότητες ενσωμάτωσης, δηλαδή προγραμματισμού, όχι μόνο των υλικών που αντικαταστάθηκαν αλλά και πάρα πολύ περισσότερα ακόμα. Αντί να δημιουργηθεί ένας πίνακας ο οποίος θα αποτελείται από πολύπλοκες και δύσκολες συνδεσμολογίες, όπως ήταν αυτή του κλασικού αυτοματισμού, με τη χρήση των PLCs η λογική του προγραμματισμού για τη λειτουργία του αυτοματισμού που θέλουμε να πραγματοποιηθεί γίνεται μέσω του προγραμματιστή (παλιός τρόπος προγραμματισμού), με το κατάλληλο λογισμικό και φυσικά με τη χρήση υπολογιστή (όπου η κάθε εταιρεία έχει το δικό της περιβάλλον προγραμματισμού αλλά όλες χρησιμοποιούν τις ίδιες γλώσσες όπως LADDER) ή από την ίδια την συσκευή χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα προγραμματισμού (αυτό αφορά περισσότερο PLC για μικρές εφαρμογές). Με την ύπαρξη των PLCs, τα στάδια τελικά ώστε να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί ένας αυτοματισμός στην προγραμματιζόμενη λογική είναι τα εξής:

- Η αναλυτική περιγραφή του αυτοματισμού
- Η ανάπτυξη του σχεδίου εφαρμογής του πίνακα (σχέδιο καλωδίωσης)
- Η δημιουργία του πίνακα της εγκατάστασης
- Η ανάπτυξη του προγράμματος λειτουργίας του αυτοματισμού και εισαγωγή του προγράμματος στο PLC
- Η εγκατάσταση και σύνδεση των αισθητήρων στους ακροδέκτες (κλέμες) του πίνακα, οι οποίοι παρέχουν πληροφορίες (είσοδοι) και των συσκευών που πραγματοποιούν τις εργασίες (αποδέκτες)
- Ο έλεγχος και η δοκιμή λειτουργίας της εγκατάστασης για τυχόν προβλήματα
- Η λειτουργία της εγκατάστασης πλήρως

Στην περίπτωση του PLC, αντί να κατασκευαστεί ένας πίνακας με πολλά υλικά και πολύπλοκες και σύνθετες καλωδιώσεις, κατασκευάζεται ένας πίνακας με ελάχιστα υλικά και απλές καλωδιώσεις όπου αφορά την συνδεσμολογία μόνο αυτής της συσκευής. Το χρονικό διάστημα που είναι απαραίτητο ώστε να προγραμματιστεί το PLC αλλά και για να κατασκευαστεί το πιο από κύκλωμα είναι μικρότερο συγκριτικά με το χρονικό διάστημα που χρειάζεται προηγουμένως ώστε να μελετηθεί και να κατασκευαστεί ο αντίστοιχος

πολύπλοκος πίνακας κλασικού αυτοματισμού. Αυτό αποτελεί σημαντικό μέρος των πλεονεκτημάτων των PLC, τα οποία θα δούμε στην επόμενη παράγραφο.

## 2.1 Δομή ενός PLC

Στη σημερινή εποχή, υπάρχουν στην αγορά πολλά είδη PLCs από διάφορους κατασκευαστές. Ωστόσο, όλοι τους μοιράζονται κάποια κοινά χαρακτηριστικά όπως:

- Το πλαίσιο τοποθέτησης των μονάδων. Εκεί, ενσωματώνεται και το σύστημα ζυγών, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων ομάδων ώστε να ανταλλάσσονται πληροφορίες και να είναι εφικτή η τροφοδοσία τους.
- Την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU, Central Processing Unit), η οποία αποτελεί τον εγκέφαλο του PLC. Η CPU αποτελείται από την ενσωματωμένη μνήμη εργασίας RAM, την ενσωματωμένη RAM φορτώματος και την εξωτερική FLASHEPROM φορτώματος με την οποία επεκτείνεται η ενσωματωμένη.
- Τη μονάδα τροφοδοσίας, η οποία είναι χρήσιμη για τη δημιουργία από την τάση του δικτύου των εσωτερικών τάσεων που απαιτούνται για την τροφοδοσία μόνο των ηλεκτρικών στοιχείων που βρίσκονται μέσα στον ελεγκτή.
- Τις μονάδες εισόδου/εξόδου (Input/Output, I/O).
- Τη συσκευή προγραμματισμού που είναι απαραίτητη για τον προγραμματισμό του PLC. Ουσιαστικά πρόκειται για μια συσκευή ξεχωριστή από τη μονάδα αυτοματισμού. Είναι απαραίτητη ώστε να εισηχθεί το πρόγραμμα στο PLC αλλά και για να παρακολουθείται η εξέλιξη του αυτοματισμού, κάτι που πραγματοποιείται από την οθόνη που υπάρχει. Με έναν μόνο προγραμματιστή είναι εφικτή η διαχείριση όλων των μονάδων PLC μιας αυτοματοποιημένης εγκατάστασης.

Όσον αφορά το **πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων**, πραγματοποιείται η τοποθέτηση των μονάδων από ένα μεγάλο PLC σε ένα κεντρικό πλαίσιο. Στο πλαίσιο αυτό βρίσκεται ενσωματωμένο επίσης ένα σύστημα αγωγών μέσω των οποίων γίνεται η επικοινωνία ανάμεσα στις μονάδες με τη CPU. Αν οι θέσεις που υπάρχουν στο κεντρικό πλαίσιο δεν είναι επαρκείς ώστε να γίνει η τοποθέτηση όλων των μονάδων εισόδου και εξόδου που είναι απαραίτητες στην περίπτωση της μιας εφαρμογής, τότε είναι απαραίτητη η χρήση **πλαισίων επέκτασης** ώστε να τοποθετηθούν περισσότερες μονάδες. Κάθε ένα από τα πλαίσια

επέκτασης είναι συνδεδεμένο είτε με το κεντρικό πλαίσιο είτε με άλλα πλαίσια επέκτασης με τη βοήθεια μιας ειδικής μονάδας διασύνδεσης και καλωδίου. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι η κάθε εταιρεία και κάθε μοντέλο διαθέτει το δικό του σύστημα πλαισίου.

Η **μονάδα τροφοδοσίας** του συστήματος PLC στοχεύει στη δημιουργία μέσω των τάσεων του δικτύου τροφοδοσίας, των εσωτερικών τάσεων που είναι απαραίτητες για τα ηλεκτρονικά στοιχεία (τρανζίστορ, ολοκληρωμένα κυκλώματα) του PLC. Σε περιπτώσεις που σε κάποιο μοντέλο PLC δεν υπάρχει τροφοδοσία από το δίκτυο, τότε διατηρείται το περιεχόμενο της μνήμης του PLC από τη μονάδα τροφοδοσίας, κάτι στο οποίο συμβάλει η μπαταρία που διαθέτει (τις περισσότερες φορές ιόντων λιθίου). Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν μοντέλα PLC, στα οποία η μπαταρία βρίσκεται στη CPU. Για αυτό, είναι απαραίτητο να δίνεται έμφαση για να μην υπερφορτίζεται η μονάδα τροφοδοσίας. Για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να συμβουλευονται τα φυλλάδια του κατασκευαστή της διάταξης PLC που χρησιμοποιείται.

Αναφορικά με την **κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)**, ο ρόλος της είναι ζωτικής σημασίας για τη συνολική λειτουργία του αυτοματισμού. Η CPU συγκεντρώνει πληθώρα από τα βασικά στοιχεία που διαθέτει ένας μικροϋπολογιστής, δηλαδή ο μικροεπεξεργαστής και η μνήμη (RAM, ROM, EEPROM). Ο πρώτος αποτελεί ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα με διαρκή εξέλιξη τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της τεχνολογικής προόδου και των ημιαγωγών, και αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα για το σύνολο των λειτουργιών του.

Η **μνήμη RAM** (Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης), είναι το μέρος όπου γράφονται και σβήνονται οι πληροφορίες και υπολογισμοί. Το περιεχόμενό της σβήνει όταν σταματήσει η παροχή ρεύματος. Στη μνήμη RAM ουσιαστικά αποθηκεύονται μέσω της κεντρικής μονάδας διάφορες πληροφορίες ξεχωριστές περιοχές εργασίας. Οι περιοχές εργασίας που διακρίνονται είναι οι εξής:

- Περιοχή μνήμης όπου γίνεται η αποθήκευση των καταστάσεων των εισόδων και των εξόδων. Η συγκεκριμένη περιοχή για τις εισόδους καλείται «εικόνα εισόδων» και για τις εξόδους «εικόνα εξόδων».
- Περιοχή μνήμης όπου γίνεται η αποθήκευση των ενδιάμεσων πληροφοριών σχετικά με τη λειτουργία του αυτοματισμού.
- Περιοχή μνήμης των χρονικών
- Περιοχή μνήμης των απαριθμητών

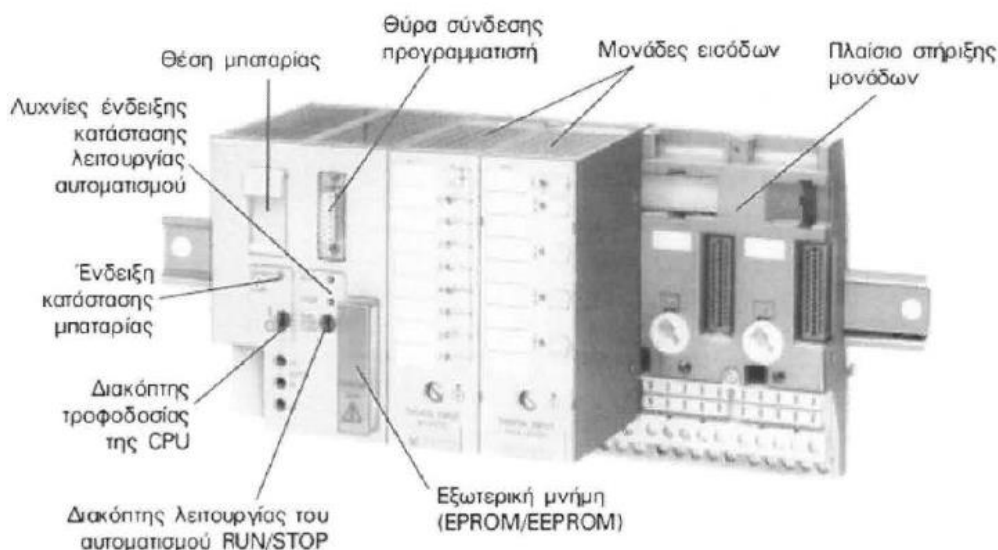
- Περιοχή μνήμης όπου γίνεται η αποθήκευση των προγραμμάτων του εκάστοτε χρήστη.

Στη **μνήμη ROM**, γίνεται από τον κατασκευαστή του PLC η αποθήκευση του λειτουργικού συστήματος του μοντέλου PLC, δηλαδή των οδηγιών ή αλλιώς του προγράμματος σχετικά με το σύνολο των κύριων λειτουργιών που απαιτούνται ώστε να λειτουργήσει το PLC.

Η **μνήμη EEPROM** (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), είναι ένας τύπος μνήμης που προγραμματίζεται και σβήνει ηλεκτρικά και αποτελεί μια εναλλακτική της RAM στο να διατηρηθεί ένα πρόγραμμα στη μνήμη. Αυτή η μνήμη συνεχίζει να λειτουργεί και δεν σβήνει ακόμα και όταν δεν υπάρχει τροφοδοσία, ενώ παρέχει τη δυνατότητα σε κάποιον να γράψει, να σβήσει και να ξαναγράψει πάνω σε αυτή μέσω ενός ειδικού μηχανήματος. Σε αρκετά μοντέλα PLC, η EEPROM αξιοποιείται ως κασέτα γιατί αλλάζει εύκολα ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ο αυτοματισμός από έναν απλό χειριστή. Πιο απλά, υπάρχει γραμμένο το εναλλακτικό πρόγραμμα σε ένα chip EEPROM και το μόνο που γίνεται είναι η εναλλαγή της ηλεκτρονικής πλακέτας του PLC όταν επιθυμείται να αλλάξει το πρόγραμμα λειτουργίας του αυτοματισμού.

Εξωτερικά μιας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, τις περισσότερες φορές υπάρχουν τα εξής:

- Θέση σύνδεσης της συσκευής προγραμματισμού
- Θέση σύνδεσης επεκτάσεων
- Διακόπτης δύο θέσεων (τις περισσότερες φορές), με βάση τον οποίο το PLC τίθεται σε λειτουργία αυτοματισμού ή όχι (RUN ή STOP).
- Λυχνίες ένδειξης (π.χ λυχνία ένδειξης τροφοδοσίας του PLC, λυχνία ένδειξης κατάστασης RUN, λυχνία ένδειξης κατάστασης STOP, κλπ).



**Εικόνα 3: Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) και μονάδες εισόδων ενός PLC (πηγή: Κανάκης, 2014)**

Οι μονάδες εισόδων και εξόδων είναι ο τρόπος επικοινωνίας του PLC με το περιβάλλον του, και ειδικότερα ο τρόπος επικοινωνίας με τους αισθητήρες, τους διακόπτες και τα κομβία που παρέχουν πληροφορίες (εντολές) αλλά και με τους ηλεκτρονόμους ισχύος των κινητήρων, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, ενδεικτικές λυχνίες και γενικά τους αποδέκτες που εκτελούν τις εντολές του αυτοματισμού. Η κεντρική μονάδα μπορεί να δεχτεί ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου, χαμηλής τάσης και πολύ μικρής έντασης ρεύματος. Η τάση που εφαρμόζεται στη μονάδα είναι 0 V για το λογικό 0 και 5 V για το λογικό 1. Η ένταση του ρεύματος εισόδου καθώς και του ρεύματος εξόδου δεν μπορεί να είναι παραπάνω από λίγα mA. Ο ρόλος των μονάδων εισόδων και εξόδων είναι να γίνει προσαρμογή των σημάτων οι μονάδες εισόδων εισόδου και εξόδου που υπάρχουν στους αυτοματισμούς, με τα σήματα είναι εφικτό να δεχτεί η κεντρική μονάδα, τόσο ως προς τις τάσεις όσο και ως προς την ένταση του ρεύματος. Για να γίνει η εν λόγω προσαρμογή είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρονικά στοιχεία ισχύος, δηλαδή τρανζίστορ ισχύος, θυρίστορ ή triac, ή κατάλληλοι μικροηλεκτρόνομοι.

Όλα τα συστήματα PLC καταλήγουν σε ακροδέκτες (κλέμμες), οι οποίοι ανήκουν σε μονάδες εισόδων και εξόδων του συστήματος PLC. Στους ακροδέκτες εισόδων καταλήγουν οι αγωγοί που έρχονται από αισθητήρες (τερματικούς διακόπτες, πιεζοστάτες κ.λπ.), διακόπτες, μπαταρίες κ.λπ. Από την άλλη πλευρά, στους ακροδέκτες εξόδων καταλήγουν οι αγωγοί που τροφοδοτούν πηνία ηλεκτρονόμων ισχύος, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, λυχνίες ένδειξης και λοιπούς αποδέκτες.



Στους διάφορους τύπους PLC, οι μονάδες εισόδου και εξόδου αντιμετωπίζονται διαφορετικά.

Σε γενικές γραμμές, ισχύουν τα ακόλουθα:

Μια μονάδα I/O ενδέχεται να βρίσκεται σε λειτουργία με συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα.

Οι τυπικές τάσεις που μπορεί να συναντηθούν στα PLC είναι: DC 24V, 48V, 60V και AC 24V, 48V, 115V, 230V, ενώ οι πιο συνηθισμένες τιμές είναι DC 24V και AC 115V και 230V.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η μονάδα τροφοδοσίας τις περισσότερες φορές δεν παρέχει την τάση, η οποία σαφώς δημιουργείται με άλλη τροφοδοτική μονάδα.

Τα κυκλώματα και οι τάσεις των εισόδων είναι εντελώς ανεξάρτητα από τα κυκλώματα και τις τάσεις των εξόδων. Αυτό σημαίνει ότι η τάση για τις εισόδους ενδέχεται να είναι διαφορετική από την τάση για τις εξόδους. Σε περίπτωση που η τάση εξόδου δεν είναι διαφορετική από την τάση εισόδου (είναι δηλαδή ίδιες), είναι εφικτή η χρήση του ίδιου τροφοδοτικού (για τάσεις DC) ή μετασχηματιστή για τάσεις AC για τις εισόδους και εξόδους.

Η τάση εισόδου διαχωρίζεται τις περισσότερες φορές γαλβανικά από το υπόλοιπο εσωτερικό κύκλωμα του PLC, όπως επίσης και η τάση εξόδου. Σε περιπτώσεις που σε κάποιες μονάδες εισόδων ή εξόδων δεν υπάρχει γαλβανική απομόνωση, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο ζήτημα των γειώσεων.

## **2.2 Αρχή λειτουργίας των PLC συστημάτων**

Ας υποθεθεί πως έχουμε ένα σύστημα PLC στο οποίο λειτουργεί ο αυτοματισμός (κατάσταση RUN). Κατά τη διαδικασία της λειτουργίας του, παρατηρούνται τα εξής:

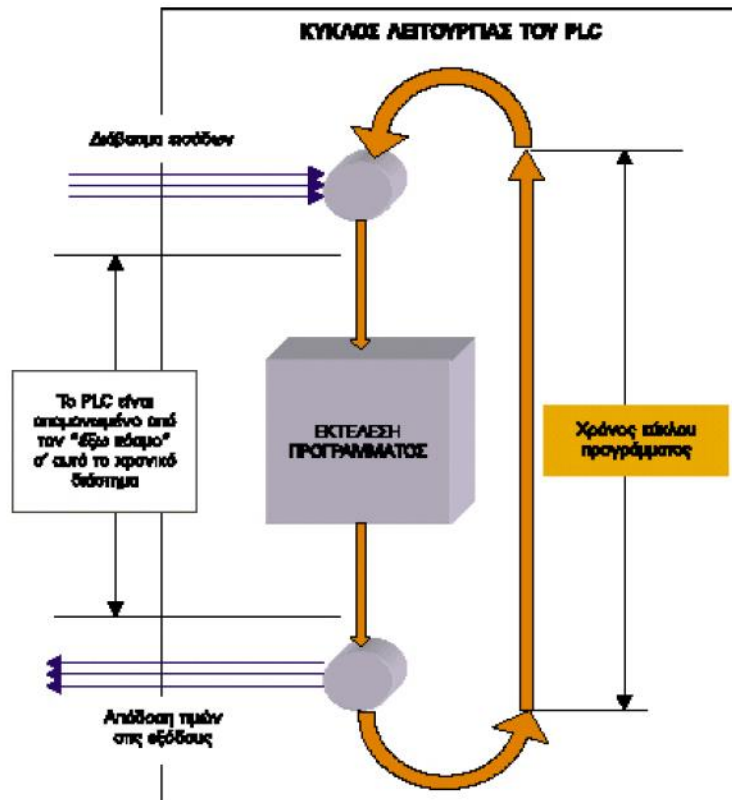
Αρχικά διαβάζονται οι εισοδοί από τον μικροεπεξεργαστή. Πιο συγκεκριμένα, ελέγχεται για κάθε είσοδο αν η τάση είναι υψηλή (λογικό 1) ή χαμηλή (λογικό 0). Η αποθήκευση της τιμής (0 ή 1) γίνεται στην εικόνα εισόδων (περιοχή μνήμης). Ουσιαστικά πρόκειται για έναν πίνακα όπου καταγράφονται από τον μικροεπεξεργαστή οι τιμές που ο ίδιος διάβασε.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ως δεδομένα τις τιμές εισόδου, εκτελούνται από τον μικροεπεξεργαστή οι εντολές του προγράμματος με το οποίο τρέχει ο αυτοματισμός, δίνοντας αποτέλεσμα για τις εξόδους. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι επί της ουσίας μια σειρά λογικών πράξεων. Έπειτα, γίνεται αποθήκευση των αποτελεσμάτων των εξόδων στην εικόνα εξόδων (περιοχή μνήμης). Όμοια με την εικόνα εισόδων, έτσι και η εικόνα εξόδων περιέχει τιμές 0 και 1 για κάθε έξοδο.

Τέλος, ο μικροεπεξεργαστής, αποδίδει τις τιμές της εικόνας εξόδων στις εξόδους. Αυτό σημαίνει ότι στις εξόδους που υπάρχει το λογικό 1 θα δοθεί υψηλή τάση, ενώ στις εξόδους που υπάρχει το λογικό 0 θα δοθεί χαμηλή τάση.

Με την ολοκλήρωση και του τρίτου βήματος, ένας λογικός ελεγκτής ολοκληρώνει ένα **κύκλο λειτουργίας** του, με τη διαδικασία να ξεκινά ξανά από την αρχή. Για το χρονικό διάστημα που ένα σύστημα PLC βρίσκεται σε κατάσταση RUN, ο κύκλος λειτουργίας θα εκτελείται συνεχώς. Για να εκτελεστεί ένας κύκλος λειτουργίας, απαιτείται κάποιος χρόνος, ο οποίος καλείται **χρόνος κύκλου** του PLC. Αυτός ο χρόνος εξαρτάται εν πολλοίς τόσο από την ταχύτητα που διαθέτει ο μικροεπεξεργαστής όσο και από το πλήθος και το είδος των εντολών του προγράμματος. Ουσιαστικά, όσο πιο μεγάλο είναι το πρόγραμμα, τόσο πιο μεγάλος είναι και ο κύκλος.

Βέβαια, πρέπει να τονιστεί ότι σημαντικό μέτρο σύγκρισης ανάμεσα στα διάφορα PLC αποτελεί ο χρόνος. Για να μπορεί να γίνει σύγκριση δύο ή περισσότερων PLC αναφορικά με την ταχύτητα με την οποία τρέχουν ένα πρόγραμμα, έχει οριστεί ο **μέσος χρόνος κύκλου**, ως τον χρόνο του κύκλου ενός προγράμματος που περιλαμβάνει 1 kByte δυαδικές εντολές. Ακόμα και όταν PLC είναι πολύ αργό, ο χρόνος κύκλου δεν ξεπερνά τις μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου.



Εικόνα 4: Κύκλος λειτουργίας ενός PLC (πηγή: Collins&Lane, 2000)

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί η διαφορά ανάμεσα στον τρόπο που λειτουργεί ένας αυτοματισμός με σύστημα PLC συγκριτικά με έναν κλασικό αυτοματισμό με ηλεκτρονόμους. Ειδικότερα, στην περίπτωση του κλασικού αυτοματισμού, αλλάζει η κατάσταση ενός διακόπτη εισόδου, με την αλλαγή αυτή να προκαλεί συνεχείς επαναλαμβανόμενες και διαδοχικές αλλαγές στο κύκλωμα και τα στοιχεία του, η τροφοδότηση των οποίων γίνεται από το συγκεκριμένο διακόπτη. Αυτό σημαίνει ότι η εργασία αυτή γίνεται σε πραγματικό χρόνο (real time). Σε ένα PLC όμως, μπορεί να φανεί πως το σύστημα δεν διαβάζει το εξωτερικό περιβάλλον συνεχώς, αλλά μόνο όταν διαβάζει τις εισόδους και δίνει τιμές στις εξόδους. Στο υπόλοιπο χρονικό διάστημα, το PLC είναι στην πραγματικότητα ένας υπολογιστής που υλοποιεί πληθώρα λογικών ή/ και αριθμητικών πράξεων, αφού είναι απομονωμένο από το εξωτερικό περιβάλλον. Για να γίνει περισσότερο κατανοητό, ας υποθεθεί ότι μεταβάλλεται η κατάσταση μιας εισόδου κατά το χρονικό διάστημα εκτέλεσης των αλλαγών του προγράμματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, στο πέρας του χρόνου κύκλου, το σύστημα PLC θα έχει δώσει στις εξόδους αποτελέσματα που δεν περιλαμβάνουν την αλλαγή της κατάστασης της εισόδου αυτής. Αυτό γίνεται επειδή το PLC θα προβεί στην ενημέρωση της εικόνας των εισόδων ώστε να μεταβληθεί η κατάσταση στη συγκεκριμένη

είσοδο όταν αρχίσει ο επόμενος κύκλος επεξεργασίας του προγράμματος. Στα αποτελέσματα που θα δοθούν στις εξόδους από το PLC, θα έχει ληφθεί υπόψη η μεταβολή της κατάστασης της εισόδου στο τέλος του επόμενου κύκλου επεξεργασίας του προγράμματος. Με βάση την κατάσταση αυτή, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί πως τα PLC έχουν αρκετά καθυστερημένη ανταπόκριση στις μεταβολές μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας. Ωστόσο, ο ισχυρισμός αυτός δεν είναι αληθινός, με δεδομένο ότι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί ένας κύκλος προγράμματος από ένα σύστημα PLC είναι πολύ μικρό, και πιο συγκεκριμένα περίπου 300 ms για πολύπλοκες εγκαταστάσεις προγραμματισμού.

Τα σημερινά PLC διαθέτουν και άλλες λειτουργίες οι οποίες συμβάλουν ώστε να δημιουργηθεί ο αυτοματισμός. Οι λειτουργίες των PLC γίνονται διαρκώς όλο και περισσότερες, με δεδομένο ότι η εξέλιξη των PLC είναι πολύ γρήγορη. Κάποιες από τις λειτουργίες αυτές αναφέρονται ενδεικτικά παρακάτω:

- **Λειτουργία απαριθμητών:** Η συγκεκριμένη λειτουργία είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί δίνει τη δυνατότητα για αποθήκευση εσωτερικών ή εξωτερικών παλμών. Οι απαριθμητές αποτελούν ένα σημαντικό μέρος των PLC. Μπορούν να αποθηκεύουν εξωτερικούς ή εσωτερικούς παλμούς. Η απαρίθμηση μπορεί να είναι είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω, ενώ σε κάθε PLC η λειτουργία τους είναι διαφορετική.
- **Βοηθητικά ρελέ– flags:** Κατά τη διάρκεια συγγραφής μεγάλων προγραμμάτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν βοηθητικές μεταβλητές ώστε να απλουστευτεί αλλά και να ελεγχθεί εύκολα το πρόγραμμα. Οι βοηθητικές μεταβλητές (flags) αντιστοιχούν σε κάποια βοηθητικά ρελέ του κλασικού αυτοματισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε απεριόριστο αριθμό χωρίς επιπρόσθετο κόστος.
- **Εσωτερικό ρολόι:** Μέσω αυτού, είναι εφικτός ο προγραμματισμός κάποιων εξόδων σε πραγματικό χρόνο, ημερομηνία και ώρα.
- **Αριθμητικές λειτουργίες:** Τα PLC στη σύγχρονη εποχή προσεγγίζουν σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες που έχουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Η πλειοψηφία των PLC στη σημερινή εποχή έχουν τη δυνατότητα να επεξεργάζονται και να υλοποιούν αριθμητικές πράξεις. Για να γίνουν αντιληπτές από κάποιον οι δυνατότητες αυτές ώστε να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά πρέπει το άτομο να έχει τις κατάλληλες γνώσεις αναφορικά με ψηφιακά ηλεκτρονικά και μικροϋπολογιστές.
- **Αναλογικές εισοδοι – εξοδοι:** Ο αρχικός λόγος δημιουργίας των PLC ήταν η αντικατάσταση των αυτοματισμών καλωδιωμένης λογικής, ενώ σήμερα έχουν διευρύνει τις δυνατότητές τους με σκοπό να καλύψουν πλήρως τον τομέα των ΣΑΕ

(Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου). Αυτό είναι εφικτό λόγω της δυνατότητας των συστημάτων PLC για αποδοχή και επεξεργασία αναλογικών εισόδων αλλά και παροχή αναλογικών εξόδων. Με το PLC γίνεται η μετατροπή των αναλογικών τιμών των εισόδων σε ψηφιακές τιμές και στη συνέχεια γίνεται η επεξεργασία των τιμών αυτών με αξιοποίηση των δυνατοτήτων για επεξεργασία ψηφιακών αριθμών. Τα συστήματα PLC έχουν πάρει μια εντελώς νέα δυναμική μέσω της δυνατότητάς τους να επεξεργάζονται αναλογικά σήματα.

- **Δικτύωση PLC:** Τα PLC μπορούν να συνεργάζονται και με ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Είναι δυνατή η σύνδεση μεταξύ των PLC και η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους, ενώ είναι εφικτή και η επικοινωνία τους με Η/Υ οι οποίοι τρέχουν βασικές λειτουργίες στην παραγωγή, στον έλεγχο της αποθήκης και στο λογιστήριο μιας βιομηχανικής μονάδας.

Όλα τα προαναφερόμενα συνολικά αποτελούν ένα βασικό Βιομηχανικό Δίκτυο Αυτοματισμού (Computer Automatic Network, CAN).

### 2.3 PLCτης αγοράς

Στην αγορά σήμερα υπάρχουν δύο περιπτώσεις PLC συστημάτων, αυτή των τμηματικών PLC (modular) και τα συμπαγή PLC. Οπότε έχουμε:

#### 1η περίπτωση:Modular PLC

Είναι συνήθως μεγάλου μεγέθους συστήματα PLC. Εδώ, τα συστήματα πωλούνται σε τμηματική μορφή (κομμάτι-κομμάτι). Τα βασικά κομμάτια είναι τα ακόλουθα:

- Η μονάδα τροφοδοσίας
- Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU), ε την οποία μπορεί να επιτευχθεί ο ανώτατος αριθμός εισόδων και εξόδων. Για παράδειγμα, το PLC της Siemens SIMATICS 7-300 μπορεί να έχει μέχρι και 1024 ψηφιακές εισόδους και εξόδους.
- Οι μονάδες εισόδων/εξόδων. Στα τμηματικά PLC πωλούνται και οι μονάδες εισόδων/εξόδων τμηματικά. Κάθε μονάδα εισόδου/εξόδου μπορεί να έχει 4,8,16,32 εισόδους/εξόδους. Έτσι, μπορεί να επιλεγεί μια μονάδα που να έχει τα επιθυμητά τεχνικά χαρακτηριστικά. Επίσης, σε ένα τμηματικό PLC είναι δυνατό να υπάρχουν μονάδες εισόδου/εξόδου που η λειτουργία τους να γίνεται με διαφορετικές τάσεις τροφοδοσίας.

### 2η περίπτωση: Συμπαγή PLC

Το σύνολο των εταιρειών σήμερα διαθέτουν και μικρά PLC, όπου οι μονάδες τους είναι ενσωματωμένες σε μια συσκευή. Στα PLC της κατηγορίας αυτής υπάρχουν μέχρι 20 εισόδου/εξόδοι με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά.

Αναφορικά με τις εισόδους/ εξόδους, το σημείο στο οποίο πρέπει κάποιος να εστιάσει είναι πως κάθε είσοδος και κάθε έξοδος διαθέτει καθορισμένο όνομα, με το οποίο γίνεται η αναφορά της στο πρόγραμμα. Στα συμπαγή PLC, κάθε ακροδέκτης αναγράφει το όνομα της εξόδου ή της εισόδου. Στα τμηματικά PLC υπάρχει σαφές σύστημα με το οποίο αναγνωρίζουμε το όνομα της εισόδου/εξόδου σε κάθε ακροδέκτη μιας μονάδας εισόδων/εξόδων.

### **2.4 Πλεονεκτήματα των PLC**

Τα PLC συγκεντρώνουν πληθώρα πλεονεκτημάτων που αφορούν τον τελικό χρήστη, δηλαδή τις βιομηχανίες που κάνουν χρήση των αυτοματισμών. Έτσι, προκύπτουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Μέσω των PLC ελαχιστοποιείται το κόστος που αφορά τη συντήρηση του πίνακα αυτοματισμού που αφορούν την συχνότητα των βλαβών, ο χρόνος που απαιτείται για να αντιμετωπιστεί μια βλάβη αλλά και για να αποκατασταθεί. Αυτό σημαίνει ότι όταν σε έναν πίνακα εγκατάστασης κλασικού αυτοματισμού παρατηρείται μια βλάβη, καθυστερεί η παραγωγή έως να βρεθεί η βλάβη. Όταν αυτή βρεθεί, πρέπει στην αποθήκη να υπάρχουν ε απόθεμα το απαραίτητο ανταλλακτικό, ώστε να μην υπάρξουν καθυστερήσεις στις παραγγελίες και στην προμήθεια. Στον αυτοματισμό με σύστημα PLC δεν μπορεί να υπάρξει βλάβη στο εσωτερικό μέρος του πίνακα της εγκατάστασης. Βέβαια, πρέπει να τονιστεί ότι οι πιθανότητες να χαλάσει το PLC είναι αμελητέες, ενώ παράλληλα δίνονται και εγγυήσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Με τα PLC παρατηρείται ευελιξία στην τροποποίηση της λειτουργίας του αυτοματισμού. Υποθέτοντας ότι θέλουμε να πραγματοποιήσουμε μια αλλαγή στον αυτοματισμό, η αλλαγή αυτή μπορεί να υλοποιηθεί σε μερικά μόνο λεπτά, εφόσον δεν γίνει αλλαγή στο πρόγραμμα. Βέβαια, σε έναν πίνακα κλασικού αυτοματισμού τέτοιου είδους αλλαγές παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία και απαιτούν πολλά χρήματα και χρόνο.
- Ο αυτοματισμός PLC μπορεί να επεκταθεί με ιδιαίτερη ευκολία, το οποίο μπορεί να γίνει είτε μέσω τροποποίησης του προγράμματος είτε με τοποθέτηση νέων μονάδων εισόδων και

εξόδων. Η υλοποίηση κάθε είδους επέκτασης στον κλασικό αυτοματισμό παρουσιάζει μεγάλο βαθμό δυσκολίας και είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία εξαιτίας των υλικών και των καλωδίων.

- Ο αυτοματισμός με σύστημα PLC προσφέρει μεγάλες δυνατότητες ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία πολύπλοκων και έξυπνων επεξεργασιών, οι οποίες είναι εξαιρετικά δύσκολο να πραγματοποιηθούν στον κλασικό αυτοματισμό λόγω του υψηλού κόστους και του μεγάλου χρονικού διαστήματος που απαιτούν.
- Στην περίπτωση μιας μοντέρνας εγκατάστασης στην οποία χρησιμοποιούνται αυτοματισμοί με PLC, είναι δυνατή η σύνδεση με τον κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή και το ενδοεταιρικό δίκτυο.
- Το σύστημα PLC δεν καταλαμβάνει μεγάλο χώρο (ελάχιστος σε σύγκριση με τον πίνακα κλασικού αυτοματισμού).
- Στο στάδιο της μελέτης δεν υπάρχει το πρόβλημα, εφόσον είναι επαρκείς οι επαφές των ρελέ, των χρονικών ή των εξωτερικών τερματικών.
- Η γλώσσα προγραμματισμού Ladder είναι προσαρμοσμένη στο βιομηχανικό αυτοματισμό. Αυτό σημαίνει ότι είναι γνωστή και προσιτή στο προσωπικό που μέχρι σήμερα συντηρούσε τους κλασικούς πίνακες αυτοματισμού.
- Συντομότερη παράδοση του αυτοματισμού σε λειτουργία, αφού μπορεί η μελέτη και η τοποθέτηση του PLC να γίνουν ταυτόχρονα.
- Εξοικονόμηση χώρου, συντήρησης και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τα PLC αποτελούν συσκευές γενικής χρήσεως, το οποίο σημαίνει ότι δεν έχουν κατασκευαστεί για ένα μόνο είδος παραγωγής.
- Μπορεί να γίνει αλλαγή της λειτουργίας του αυτοματισμού σε οποιοδήποτε στάδιο (μελέτη, κατασκευή, κλπ.) χωρίς καμία επέμβαση στο υλικό.
- Μπορεί να εντοπιστεί εύκολα και οπτικά η λειτουργία ή μη στοιχείων της εγκατάστασης με τη χρήση των LED που υπάρχουν πάντα στις κάρτες εισόδου/εξόδου. Με τη συσκευή προγραμματισμού ή την οθόνη που έχει συνήθως το PLC ή μέσω του H/Y μπορεί να παρακολουθείται η ροή και ο τρόπος με τον οποίο εκτελείται το πρόγραμμα.
- Πολλές φορές παρατηρείται το φαινόμενο ένας τεχνικός να κληθεί για την επισκευή μιας βλάβης και να παρατηρεί με έκπληξη ότι είναι άλλα τα σχέδια και άλλα βλέπει ο ηλεκτρολόγος στην εγκατάσταση. Το συγκεκριμένο πρόβλημα απουσιάζει στα PLC, γιατί πάντα είναι μόνο ένα το σχέδιο που αποθηκεύεται και ειδικότερα το τελευταίο πρόγραμμα

που έχει περαστεί. Σε περίπτωση που απαιτούνται περισσότερα προγράμματα, αυτό μπορεί να γίνει με αποθήκευση σε sdcard ή άλλα μέσα.

- Τα PLC σαν ηλεκτρονικές συσκευές απαιτούν πολύ μικρότερο χώρο στον πίνακα συγκριτικά με τα υλικά του κλασικού αυτοματισμούς, ενώ παράλληλα καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια.
- Είναι εφικτή η τοποθέτησή τους χωρίς φόβο και σε πεδία ισχύος, αλλά στην περίπτωση αυτή ο κατασκευαστής δίνει τις απαραίτητες οδηγίες και συστάσεις (αποστάσεις, γειώσεις, κτλ).
- Οι γλώσσες προγραμματισμού καλύπτουν όλο το φάσμα των ανθρώπων που καλούνται να ασχοληθούν με την τεχνολογία αυτή. Υπάρχει γλώσσα προγραμματισμού γι' ανθρώπους με γνώση στο συμβατικό αυτοματισμό (LADDER), γλώσσες για όσους έχουν υπόβαθρο σε υπολογιστές (STATEMENT LIST, SCL, FBD, C++) καθώς και γλώσσες εξειδικευμένες για διάφορες τεχνολογίες (GRSPH 7, HIGRAPH, CSF)
- Τέλος, ως ψηφιακές συσκευές, στα PCL μπορούν να συνδεθούν οθόνες, εκτυπωτές, πληκτρολόγια, και να καταργηθούν έτσι τα κλασικά διαγράμματα απεικόνισης και οι πίνακες χειρισμών. Παράλληλα, μπορούν να συνδεθούν εύκολα μεταξύ τους και να γίνει ανταλλαγή πληροφοριών, αλλά ταυτόχρονα είναι εύκολος και ο τηλεχειρισμός και η τηλεοπτεία, ο εξ' αποστάσεως προγραμματισμός τους και η διασύνδεση τους στο διαδίκτυο.

Η διαδικασία για την κατασκευή ενός τέτοιου αυτοματισμού δεν έχει να καταναλώσεις χρόνο τόσο πολύ στην κατασκευή αλλά στο προγραμματισμό και στην καταγραφή του project. Ξεκινώντας με την καταγραφή των απαιτήσεων του πελάτη που αφορά τι πρόκειται να περιέχει η εγκατάσταση, τις απαιτήσεις αλλά και τις πιθανές μελλοντικές της επεκτάσεις.

Στη συνέχεια, προχωράμε στην επιλογή τύπου και μονάδας του PLC στην οποία λαμβάνονται υπόψη πάντα τα οικονομοτεχνικά κριτήρια, η βέλτιστη τεχνική λύση (δηλαδή με το πιο χαμηλό κόστος). Τα PLC δεν έχουν διαφορετικούς τύπους ανάλογα με το είδος που παράγει ή το project που κατασκευάζει ο τεχνικός αλλά επιλογή γίνεται με βάση τη τάση λειτουργίας των εξαρτημάτων στην είσοδο που θα συνδεθούν και αντίστοιχα στην έξοδο.

Ο τεχνικός κατασκευάζει τον πίνακα όπου θα τοποθετηθεί το PLC και τα σχέδια με τη συνδεσμολογία του με τα αισθητήρια και τις καταναλώσεις στην έξοδο. Θεωρητικά, το πιο δύσκολο κομμάτι υλοποίησης του project είναι ο προγραμματισμός, ο οποίος γίνεται με βάση τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί από τον πελάτη. Το πρόγραμμα δοκιμάζεται εν μέρει στο γραφείο από το προσομοιωτή του software ώστε να διαπιστωθεί αν λειτουργεί σωστά, με δεδομένο ότι είναι αδύνατο πρακτικά να δοκιμαστεί ολοκληρωτικά, αφού οι συνθήκες δεν είναι ίδιες με τις πραγματικές συνθήκες της εγκατάστασης.



Όταν πρακτικά τελειώσει ο τεχνικός με το προγραμματισμό, γίνεται η τοποθέτηση του PLC στο πίνακα το οποίο μεταφέρεται και τοποθετείται στην εγκατάσταση, συρματώνεται με τα περιφερειακά στοιχεία στις εισόδους και στις εξόδους (κινητήρες, βάνες, κλπ), ελέγχεται η σωστή συρμάτωση και γίνεται μεταφορά του προγράμματος στο PLC. Στο σημείο αυτό πραγματοποιείται και ο τελικός έλεγχος λειτουργίας του αυτοματισμού, σύμφωνα με την τεχνική πάντα περιγραφή. Συγχρόνως με την υλοποίηση και την παράδοση του έργου δημιουργείται ένας φάκελος με τα διορθωμένα σχέδια και με εκτυπωμένο το πρόγραμμα με σχόλια που περιλαμβάνουν επεξηγήσεις, για την εύκολη κατανόηση της λογικής του προγράμματος και τη δυνατότητα μελλοντικής παρέμβασης

## 2.5 Καλώδια επικοινωνίας

### ➤ RS-232:

Στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, το RS-232 (Recommended Standard 232) αποτελεί ένα πρωτόκολλο ώστε να μεταδοθούν σειριακά τα ψηφιακά σήματα δεδομένων. Το πρωτόκολλο αυτό συμβάλει στη σύνδεση ενός Τερματικού δεδομένων εξοπλισμού (Data Terminal Equipment) με ένα κύκλωμα δεδομένων-τερματικού εξοπλισμού (Data Circuit-terminating Equipment). Κατά κύριο λόγο, η επικοινωνία που πραγματοποιείται με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι ασύγχρονη. Στο Σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 1.1) παρουσιάζεται η δομή ενός προς μετάδοση frame, όπου  $x=0.7$  είναι τα ως προς μετάδοση bits.

Οι ρυθμοί μετάδοσης που παρατηρούνται συνήθως 300, 600, 1200, 1800, 2000, 2400, 4800, 9600, 19200 bits ανά δευτερόλεπτο.

Οι τάσεις των δυαδικών ψηφίων 1 και 0 είναι τα 12V και 12V αντίστοιχα. Με βάση το πρωτόκολλο RS-232, για να μεταδοθούν οι πληροφορίες με ομαλότητα, είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιων μονάδων τερματικού (DTE) και μονάδων επικοινωνίας (DCE). Ουσιαστικά, με το πρωτόκολλο RS-232 γίνεται πρόβλεψη ενός μεγάλου αριθμού pin/σημάτων, κατά κύριο λόγο για χειραψία, με τα οποία διασφαλίζεται η ορθότητα και η ακεραιότητα των δεδομένων. Παράλληλα, μπορεί να επιτευχθεί η επικοινωνία μέσω των τριών pin RxD, TxD και GND. Γίνεται σαφές ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση μειώνεται το κόστος σε hardware συνδέσεις,

κάτι όμως που οδηγεί σε χαμηλότερο επίπεδο αξιοπιστίας ως προς την ορθότητα της πληροφορίας που φτάνει στον δέκτη.

➤ **RS-485:**

Στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, το EIA-485 (πρώην RS-485) αποτελεί ένα πρωτόκολλο για 2 γραμμές επικοινωνίας, μονόδρομες, πολλαπλών κόμβων. Η απόσταση μπορεί να επεκταθεί μέχρι και 1200 μέτρα. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο βρίσκεται πλέον υπό την εποπτεία του φορέα TIA (Telecommunications Industry Association), αποτελεί ευθύνη του και για το λόγο αυτό ονομάζεται TIA-485-A Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems (ANSI/TIA/EIA-485-A-98) (R2003)". Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι το πρωτόκολλο έχει επανεκδοθεί χωρίς να έχουν πραγματοποιηθεί επιμέρους τροποποιήσεις. Μέσω της χρήσης του πρωτοκόλλου αυτού οι ταχύτητες μπορεί να φτάσουν έως και 10 Mb/s. Παράλληλα, το μήκος των γραμμών επικοινωνίας μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 1000 m. Τέλος, μπορούν να συνδεθούν στον ίδιο δίαυλο έως και 32 διαφορετικές μονάδες οδήγησης και λήψης.

## **2.6 Συσκευή προγραμματισμού**

Πρόκειται για μια συσκευή η οποία είναι εντελώς ξεχωριστή από τη μονάδα αυτοματισμού. Είναι ιδιαίτερα σημαντική για να εισαχθεί το πρόγραμμα στο σύστημα PLC αλλά και για να γίνεται έλεγχος στην εξέλιξη του αυτοματισμού μέσω της οθόνης του. Ουσιαστικά, ακόμα και ένας μόνο προγραμματιστής μπορεί να χειριστεί όλες τις μονάδες που αφορούν τη ίδια εταιρεία PLC μέσω μιας αυτοματοποιημένης εγκατάστασης.

Μονάδες προγραμματισμού μπορούν να αποτελέσουν για παράδειγμα μια οθόνη LCD (υγρών κρυστάλλων) η οποία διαθέτει ακροδέκτες, ο χειρισμός των οποίων γίνεται με το χέρι. Επίσης, μπορεί να είναι μια απλής γραμμής μονάδα LED ή ένα πληκτρολόγιο και μια οθόνη. Βασικό πλεονέκτημα της οθόνης είναι το γεγονός ότι μπορούν να εκτεθούν μεγάλα ποσά της λογικής στην οθόνη, με αποτέλεσμα να είναι πιο απλή η ερμηνεία του προγράμματος.

Η επικοινωνία ανάμεσα στη μονάδα προγραμματισμού και στον επεξεργαστή γίνεται με μια σειριακή ή παράλληλη γραμμή επικοινωνίας δεδομένων. Σε περίπτωση που η μονάδα

προγραμματισμού δεν είναι σε κατάσταση λειτουργία, υπάρχει η δυνατότητα να είναι αποσυνδεδεμένη και απομακρυσμένη, αφού η απομάκρυνσή της δεν επιδρά στη λειτουργία του προγράμματος.

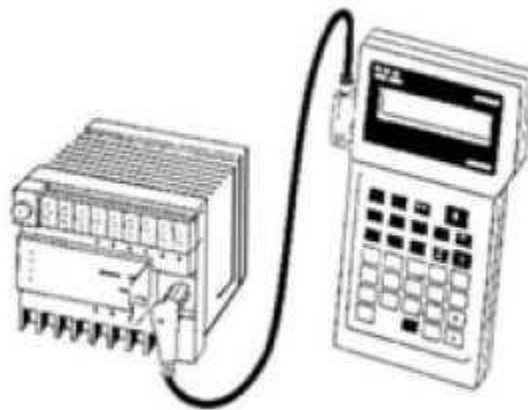
Μέσω των συσκευών προγραμματισμού, ο εκάστοτε χρήστης μπορεί να εισάγει (enter), να αλλάζει (change), ή να παρακολουθεί (monitor) το πρόγραμμα ενός συστήματος PLC. Βέβαια, ο προγραμματικός εξοπλισμός είναι εύκολος στη χρήση, το οποίο και αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό του PLC. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι η χρήση των Βιομηχανικών CRT τερματικών ενδείκνυται για τον προγραμματισμό του ελεγκτή. Τα συγκεκριμένα τερματικά διαθέτουν μονάδες απεικόνισης με πληκτρολόγιο και όλα τα ηλεκτρονικά που χρειάζονται ώστε να γίνεται η επικοινωνία με την κεντρική μονάδα και να γίνεται η απεικόνιση των δεδομένων.

Βέβαια, σημαντικό είναι και το γεγονός ότι τα βιομηχανικά τερματικά αφιερώνονται σε ένα μόνο είδος του συστήματος PLC, το οποίο σημαίνει ότι συνήθως τα τερματικά πρέπει να προσαρτώνται στο PLC ώστε να μπορεί να γίνει προγραμματισμός. Έτσι, τα τερματικά που αφιερώνονται στο είδος PLC μπορούν να αξιοποιηθούν ώστε να βρεθούν τυχόν λάθη στην κλιμακωτή λογική, ενώ το σύστημα PLC εκτελεί (miming). Ουσιαστικά, έχουν τη δυνατότητα να εξαναγκάσουν τις εισόδους ή τις εξόδους σε ON ή OFF ώστε να βρεθεί κάποιο λάθος. Ωστόσο, διαθέτουν ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα, το γεγονός ότι είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός τερματικού για κάθε διαφορετικό είδος PLC (εξαρτάται από την εταιρεία κατασκευής) που διαθέτει η εκάστοτε βιομηχανία. Παράλληλα, το κόστους είναι πολύ υψηλό και η χρήση τους αφορά τον προγραμματισμό ενός μόνο είδους PLC.

Αναφορικά με τους μίνι προγραμματιστές, τους οποίους πολλοί γνωρίζουν και ως προγραμματιστές χειρός, είναι βουβές συσκευές και αποτελούν έναν ιδιαίτερα οικονομικό και φορητό τρόπο ώστε να προγραμματιστούν μικρά PLC. Λέγονται ως βουβές συσκευές γιατί δεν χαρακτηρίζονται από «εξυπνάδα». Ουσιαστικά, η «εξυπνάδα» ως προς τη λειτουργία του PLC και για το σύστημα προγραμματισμού βρίσκεται στο PLC. Έτσι, πρέπει να γίνεται προσάρτηση των μίνι προγραμματιστών στο PLC ώστε να λειτουργήσουν. Εξειδικεύονται στο να ανιχνεύουν λάθη και μπορεί να γίνει πολύ εύκολα η μεταφορά τους στο σύστημα κατασκευής και να συνδεθούν με το PLC. Όταν γίνει η σύνδεσή τους με το PLC, η χρήση τους μπορεί να γίνει για τον έλεγχο της κατάστασης εισόδων, εξόδων,

μετρητών, κλπ. Έτσι, δεν υπάρχει ανάγκη για να μεταφερθούν μεγάλες και ογκώδεις συσκευές προγραμματισμού στο εργοστάσιο.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι διαθέτουν τις περισσότερες φορές οθόνη LED ή LCD και το πληκτρολόγιο, το οποίο έχει αριθμητικά πλήκτρα, πλήκτρα εντολών και πλήκτρα ειδικών λειτουργιών. Βέβαια, παρά το χαμηλό κόστος τους, είναι ιδιαίτερα εύχρηστοι. Διαθέτουν πληκτρολόγια μεμβράνης πάνω στην οθόνη, χαρακτηριστικό των οποίων είναι η ανοσία στις μολύνσεις του εργοστασιακού περιβάλλοντος.



Εικόνα 5: Συσκευή προγραμματισμού χειρός (πηγή: διαδίκτυο)

Η πιο συνηθισμένη συσκευή στη σημερινή εποχή που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής που έχει το κάθε άτομο. Με το Software που παρέχει η κάθε εταιρεία, επιτυγχάνεται η μετατροπή του σε προγραμματιστή για προγραμματιζόμενους ελεγκτές. Κάθε είδος PLC μπορεί να προγραμματιστεί από ένα Η/Υ, με την προϋπόθεση ότι ο δεύτερος διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό. Με την τεχνολογική εξέλιξη, μας έχει δοθεί και η δυνατότητα του απομακρυσμένου προγραμματισμού ή επαναπρογραμματισμού ή επίλυσης βλαβών με την online σύνδεση του συστήματος με τη τοποθεσία του προγραμματιστή. Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος, ακολουθεί η αποθήκευσή του σε μια μορφή μαζικής αποθήκευσης και τέλος η διαβίβασή του στους προγραμματιζόμενους ελεγκτές, εφόσον βέβαια απαιτείται.

Τέλος, ο Η/Υ χρησιμοποιείται και για την τεκμηρίωση του PLC, αφού μπορούν να διατηρηθούν σημειώσεις που αφορούν τους τεχνικούς, και μπορεί μέσω του εκτυπωτή να υπάρξει έντυπο αντίγραφο του κλιμακωτού διαγράμματος. Η τεκμηρίωση είναι ιδιαίτερα σημαντική ώστε να κατανοηθούν και να βρεθούν τυχόν λάθη στα κλιμακωτά διαγράμματα.

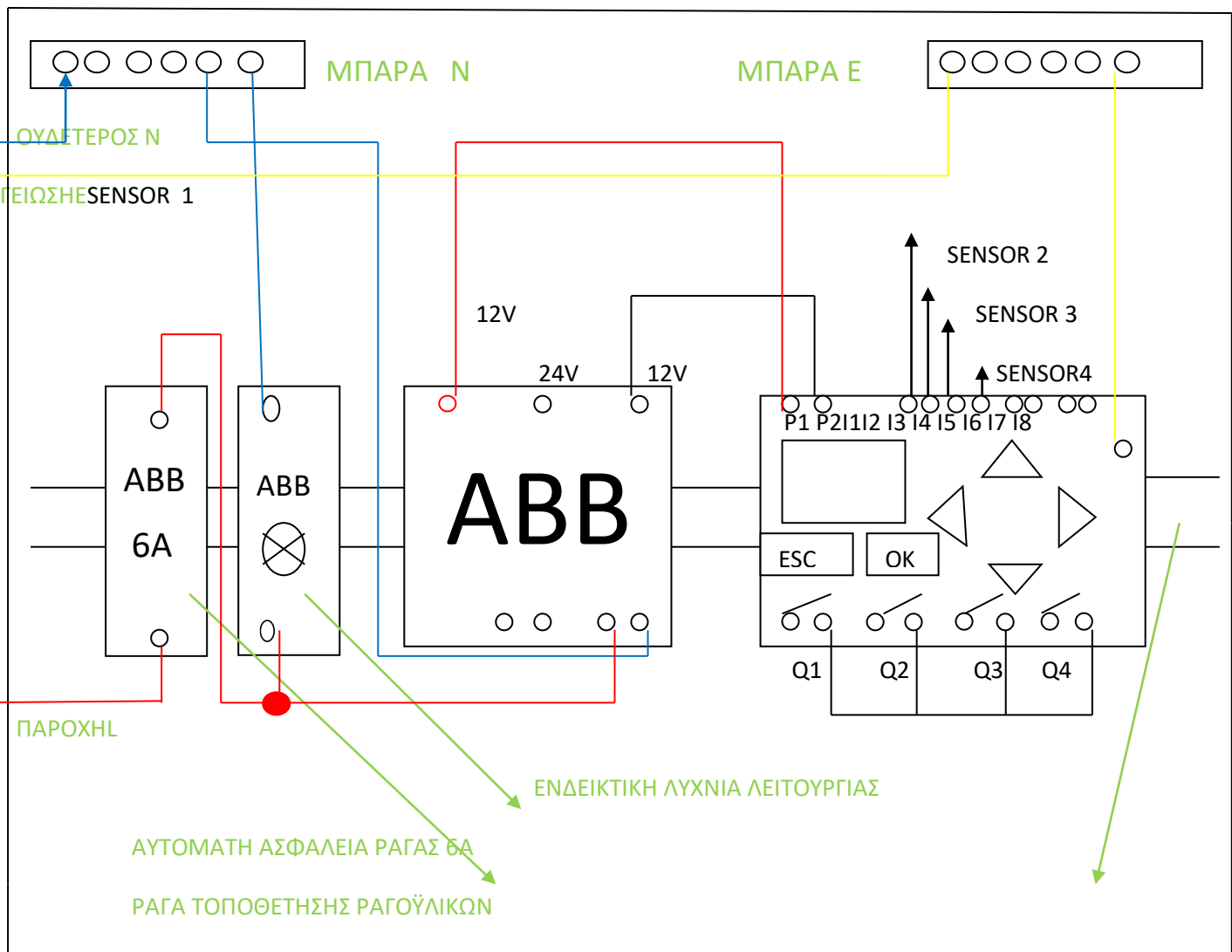


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΑΚΕΤΑΣ

### 3.1. Εισαγωγή στη κατασκευή

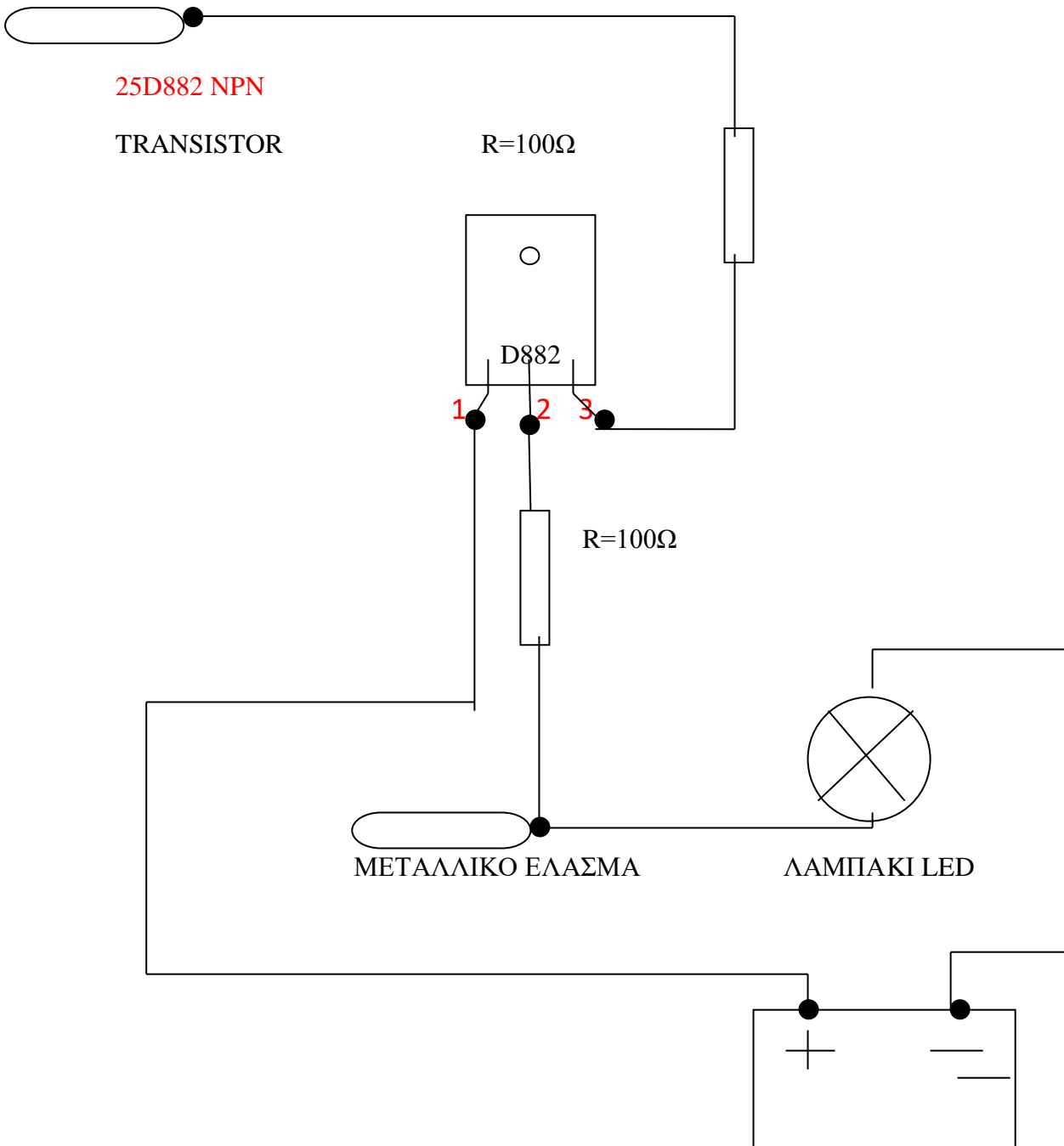
Αυτή η πτυχιακή εργασία έχει και κατασκευαστικό μέρος από το οποίο θα δούμε και στη πραγματικότητα αλλά και λειτουργικά. Ο προγραμματισμός της λογικής έγινε σε γλώσσα Ladder μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και η συνδεσμολογία του συστήματος έχει γίνει με τον τρόπο τον οποίο θα δούμε παρακάτω.

### ΣΧΕΔΙΟ ΠΙΝΑΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΠΟΝΟΜΩΝ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ SCADA



ΣΧΕΔΙΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΝΕΡΟΥ

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΕΛΑΣΜΑ



ΜΠΑΤΑΡΙΑ

- 1: Emitter (εκπομπός)
- 2: Collector (συλλέκτης)
- 3: Base (βάση)

Επίσης, παραπάνω βλέπουμε τη συνδεσμολογία που πραγματοποιήθηκε για τον αισθητήρα νερού ο οποίος έχει γίνει με ένα τρανζίστορ NPN.

Παρακάτω, λοιπόν, θα δούμε μερικές φωτογραφίες από την κατασκευή της μακέτας που έχει γίνει και θα πραγματοποιηθεί.























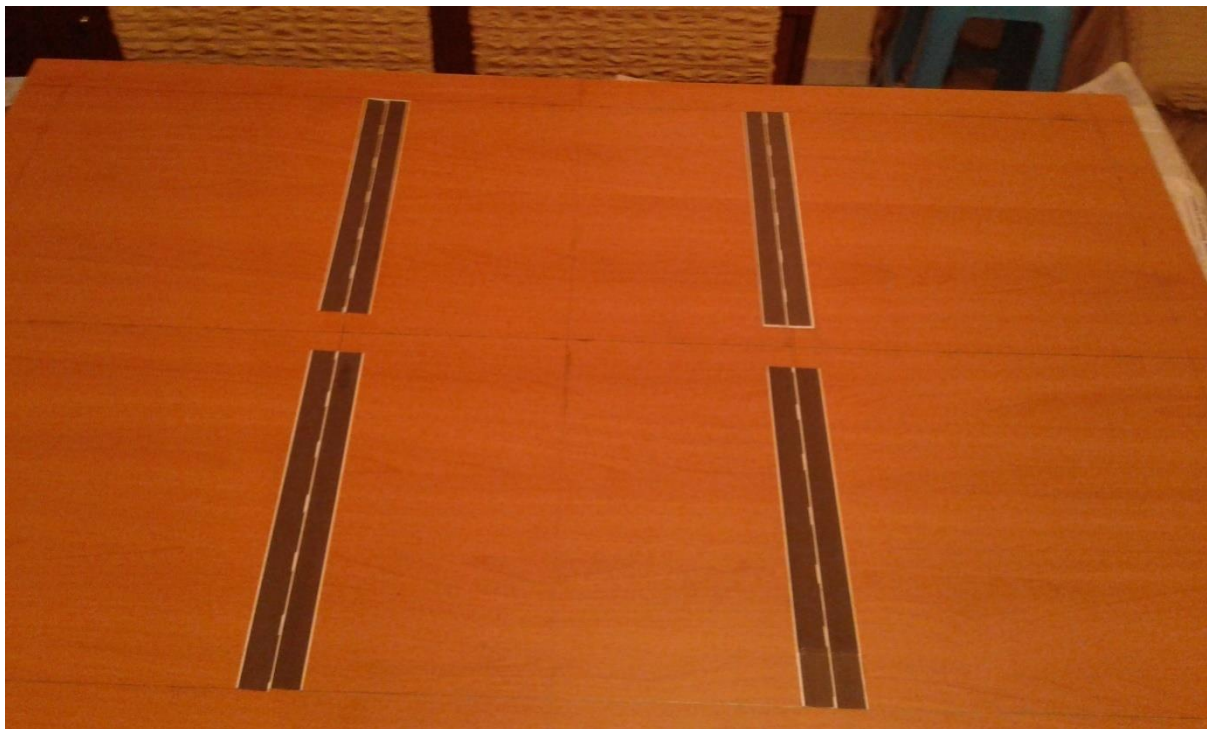










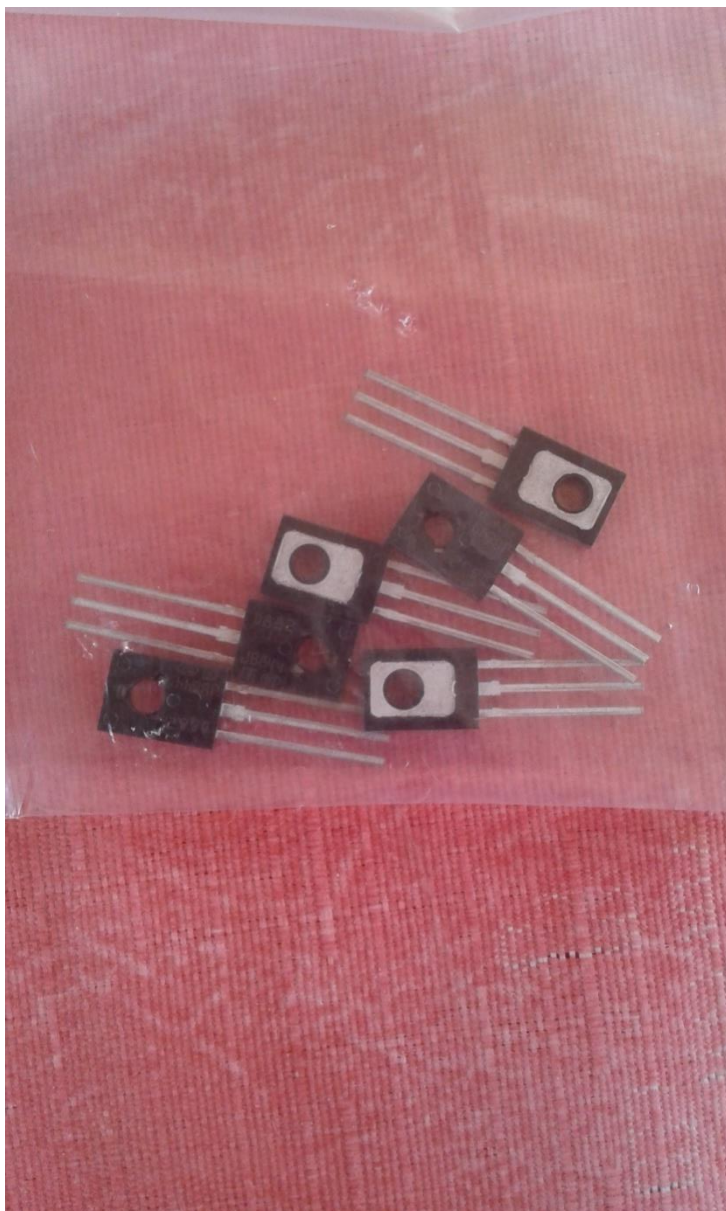








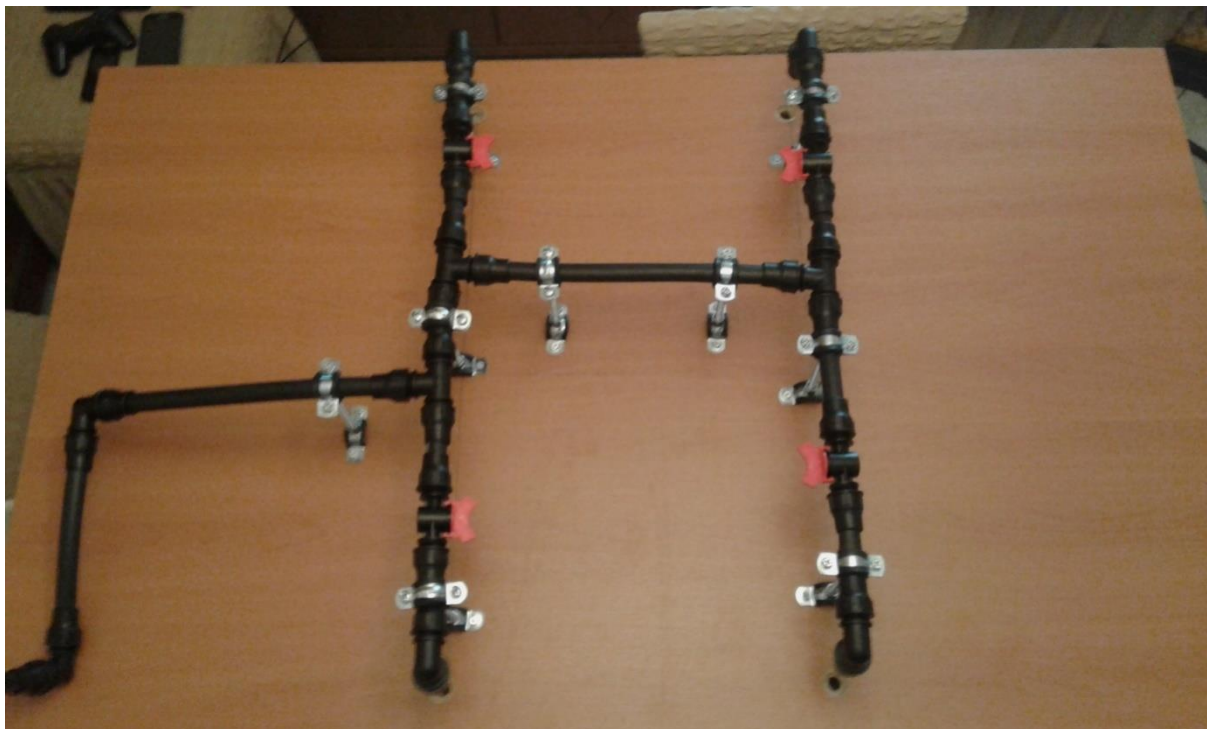








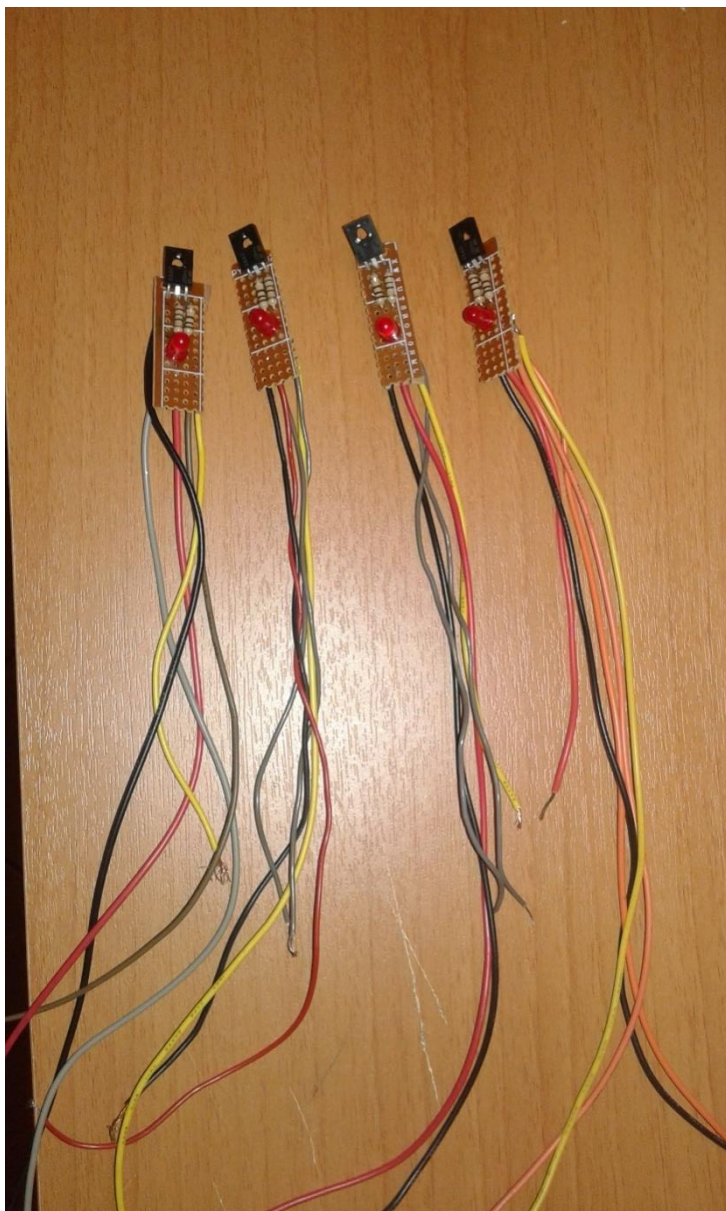






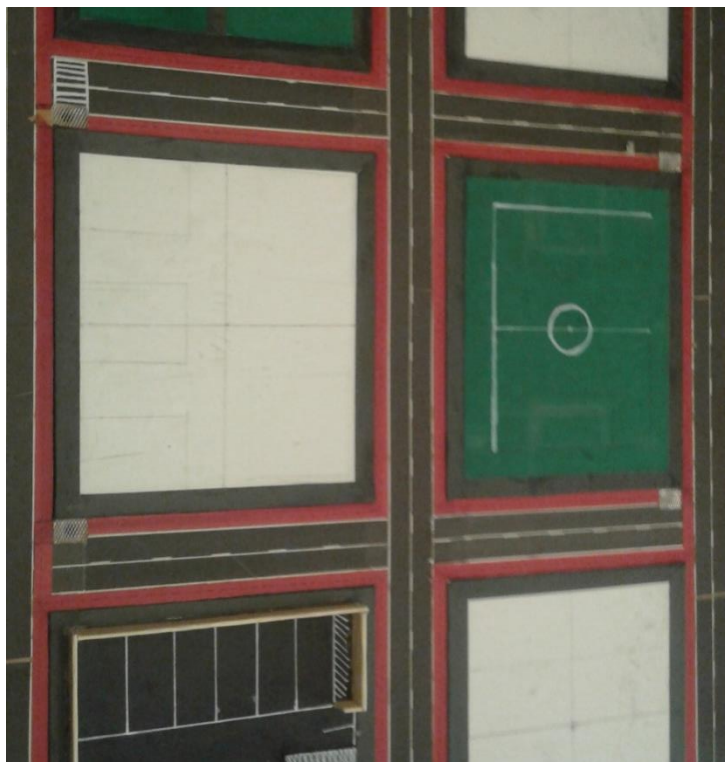


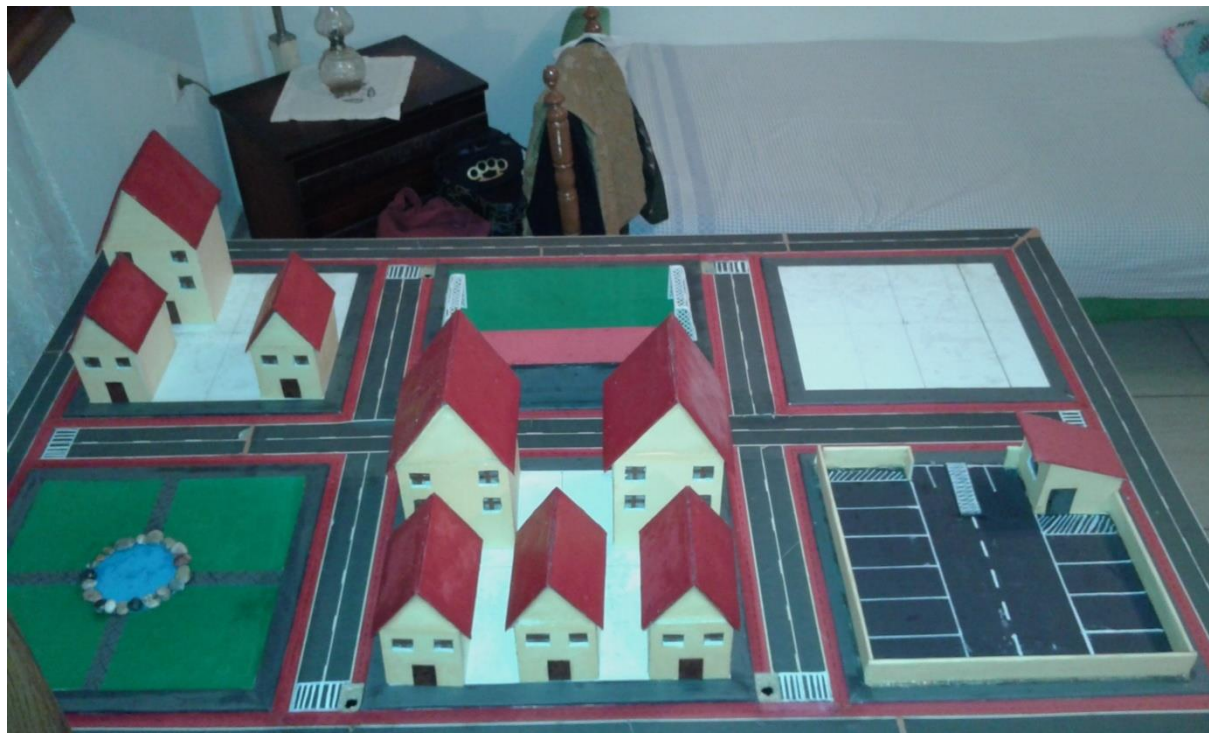








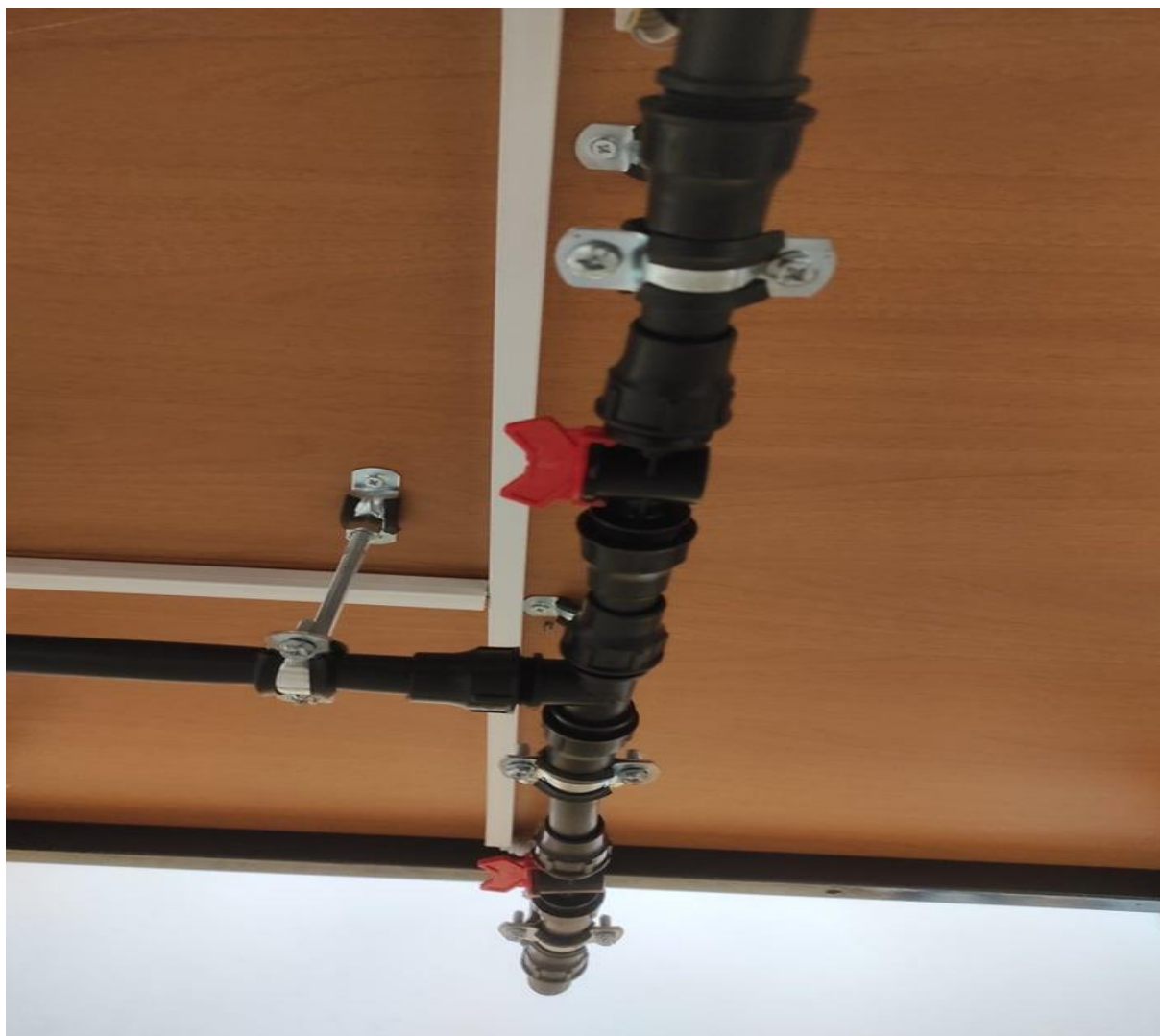








● ○ REDMI NOTE 9 PRO  
○ ∞ AI QUAD CAMERA

































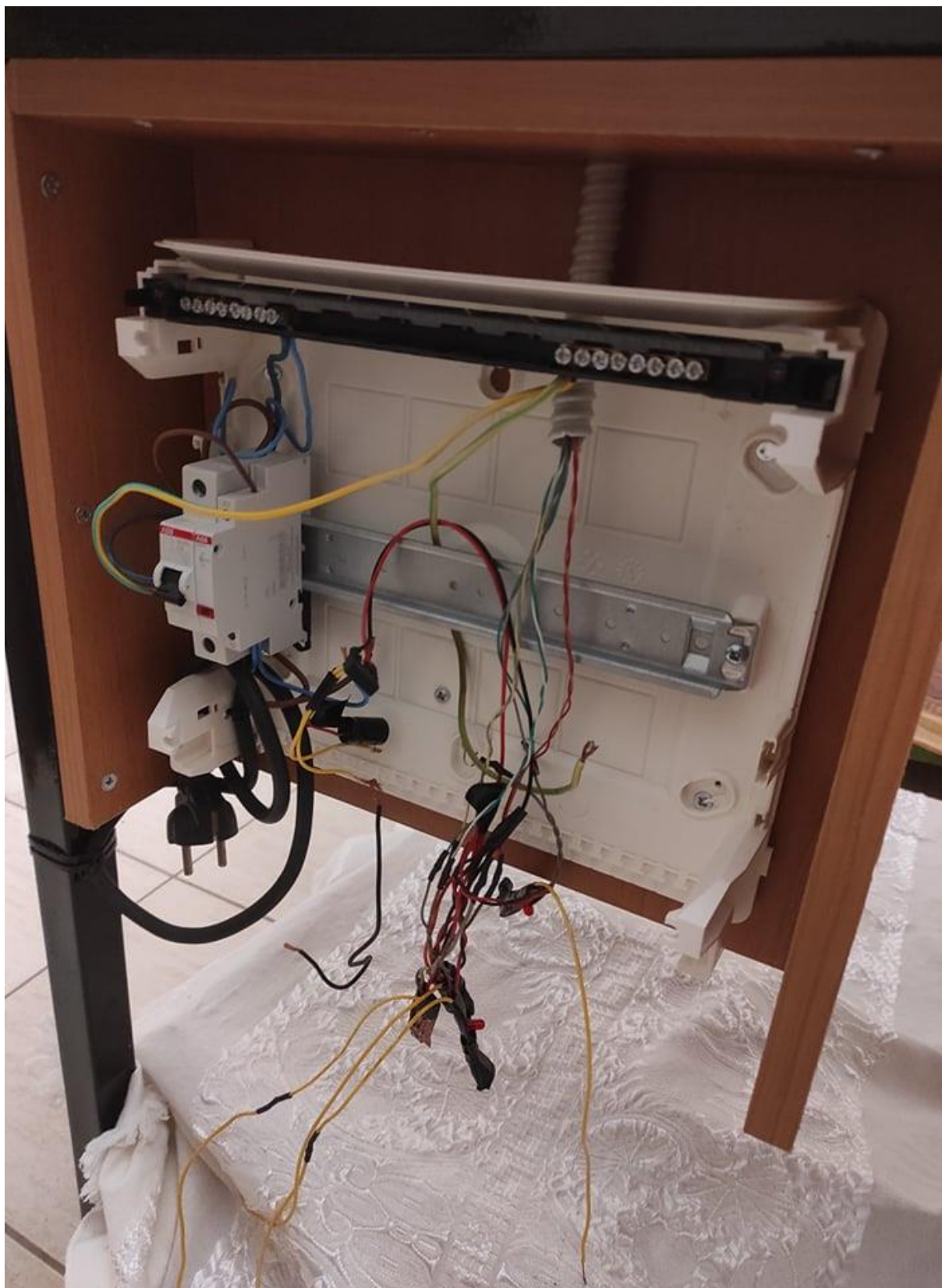




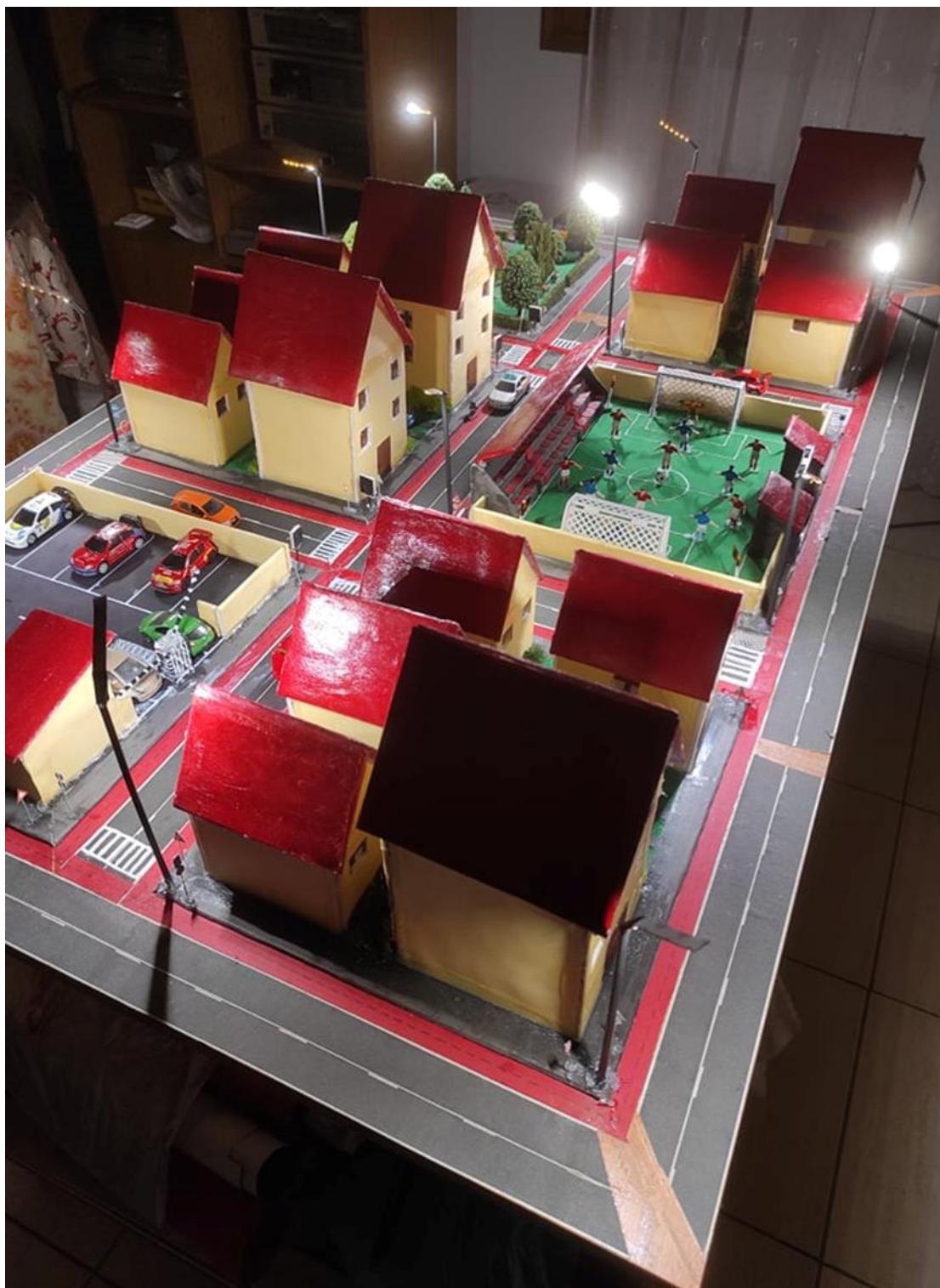








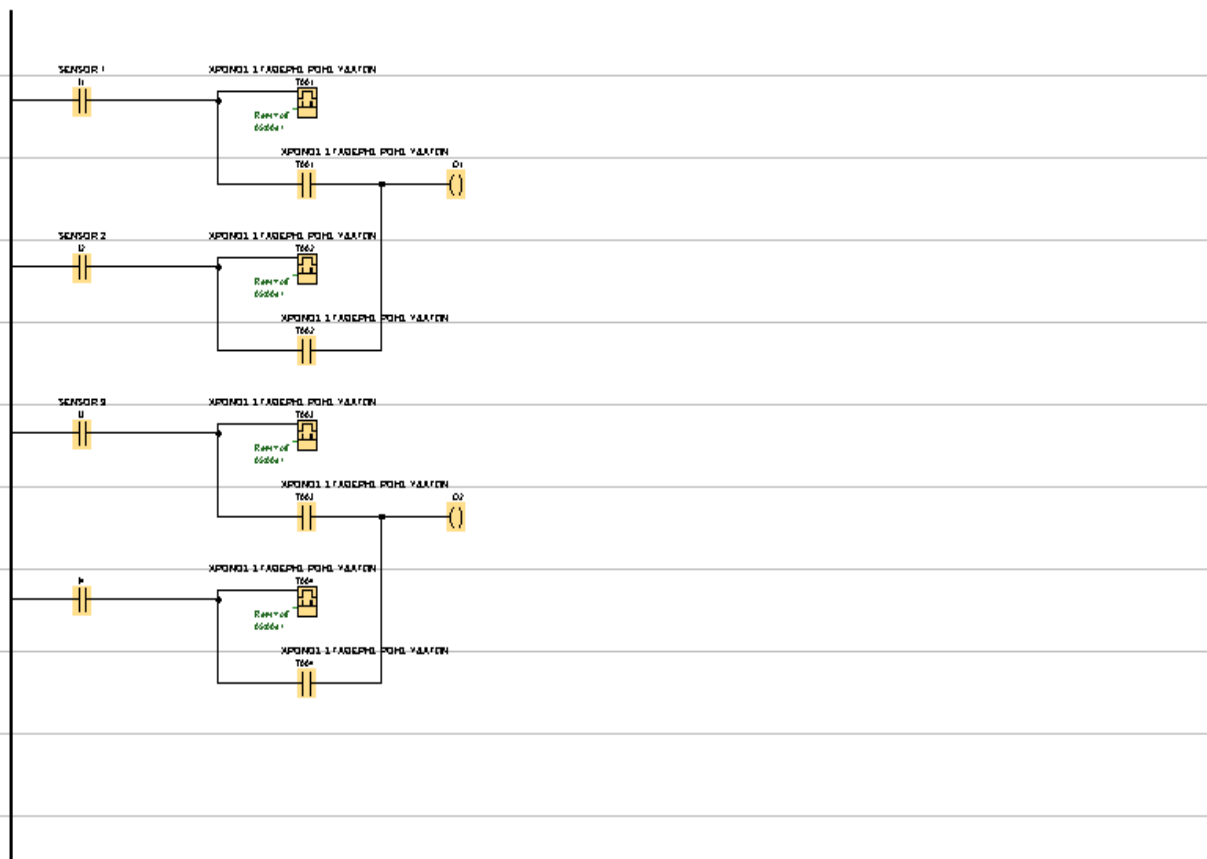




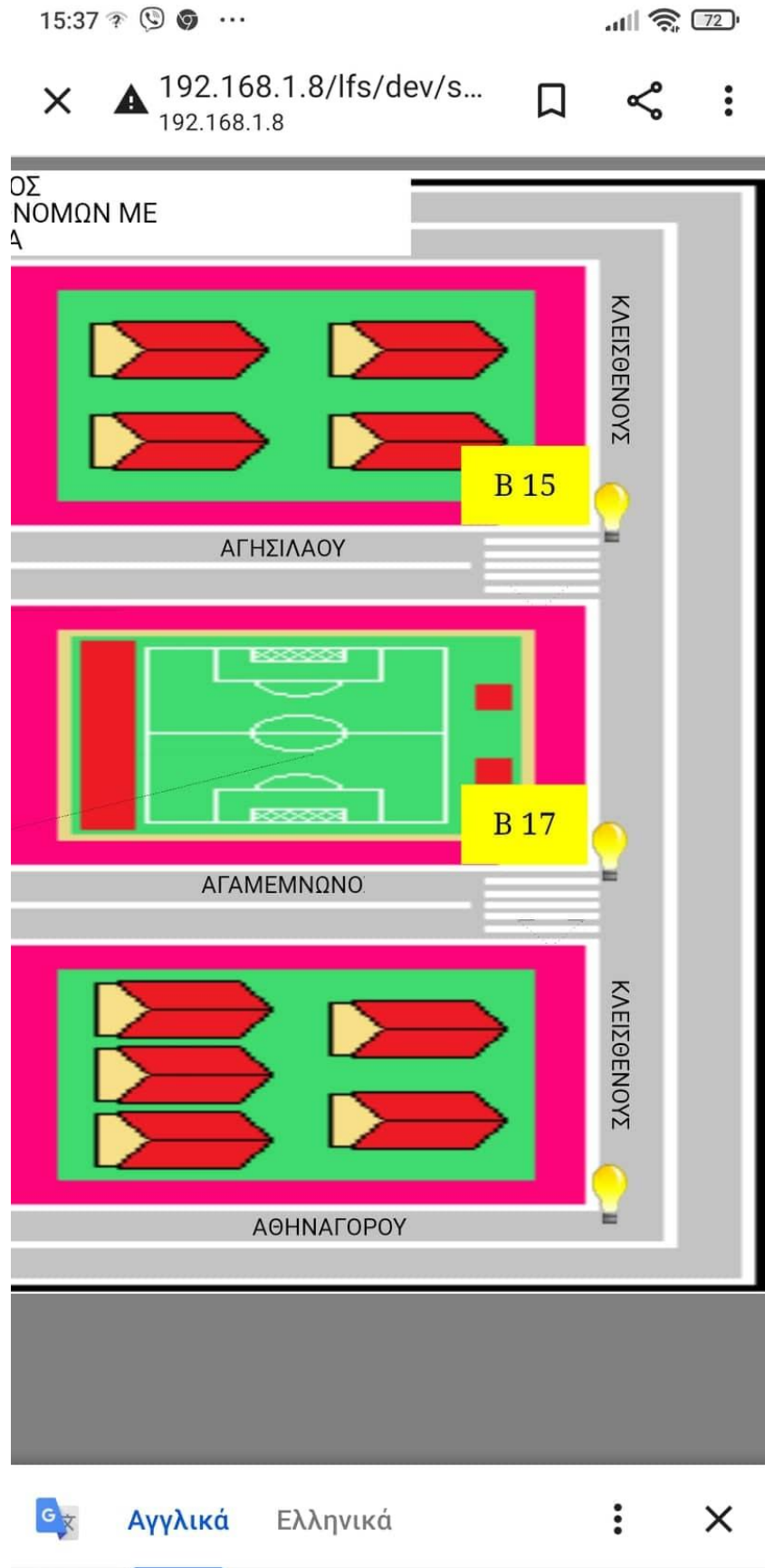
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

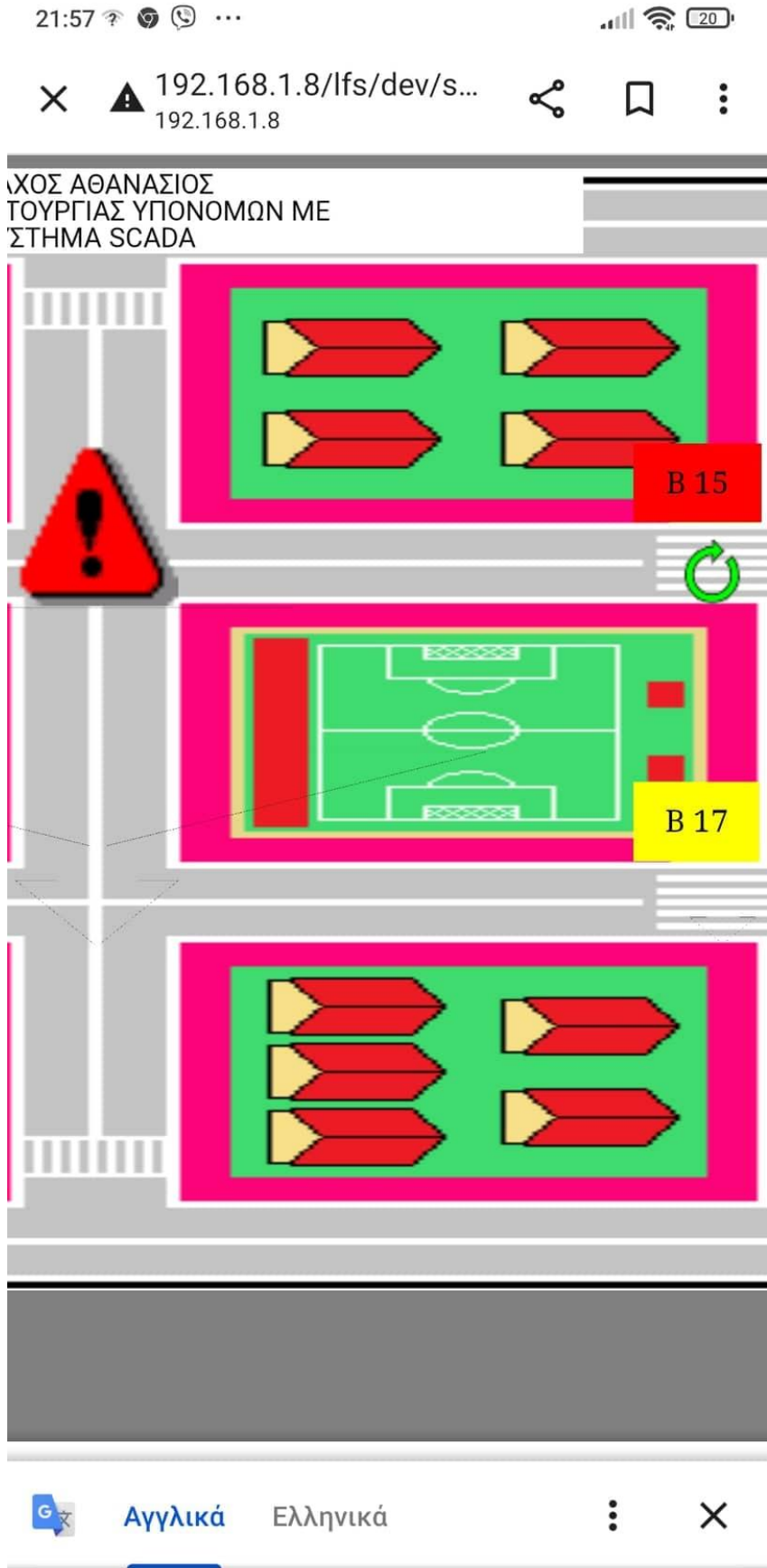
Η λογική του προγράμματος της πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε σε γλώσσα LADDER για PLC και SCADA και έχει ως κύριο σκοπό τον απομακρυσμένο έλεγχο των υπονόμων μιας πόλης όπου θα μπορούμε να ελέγχουμε με έναν αισθητήρα τους υπονόμους και όταν ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας και μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (το οποίο για λόγους λειτουργικούς μπορεί να καθοριστεί εκείνη τη στιγμή ανάλογα με τα στοιχεία που επιδρούν στη διαδικασία, όπως είναι η ταχύτητα γεμίσματος ή το κενό που πρέπει να έχει μέχρι να γεμίσει τελείως, εδώ για τους λόγους της παρουσίασης το έχουμε βάλει τυχαία στα 5 δευτερόλεπτα) να δώσει εντολή να ανάψει μια λυχνία για να μας ειδοποιήσει ότι το φρεάτιο έχει κοκκινίσει και πρέπει να καθαριστεί.

Σε περίπτωση που δούμε ότι έχουν βουλώσει τα περισσότερα φρεάτια τότε αποστέλλεται ένα μήνυμα από την πολιτική προστασία να υπάρχει ιδιαίτερη προσοχή σε αυτά τα σημεία τα οποία συγχρόνως θα φαίνονται κόκκινα και στο σύστημα. Παρακάτω βλέπουμε το προγραμματισμό που έχει γίνει σε γλώσσα LADDER.

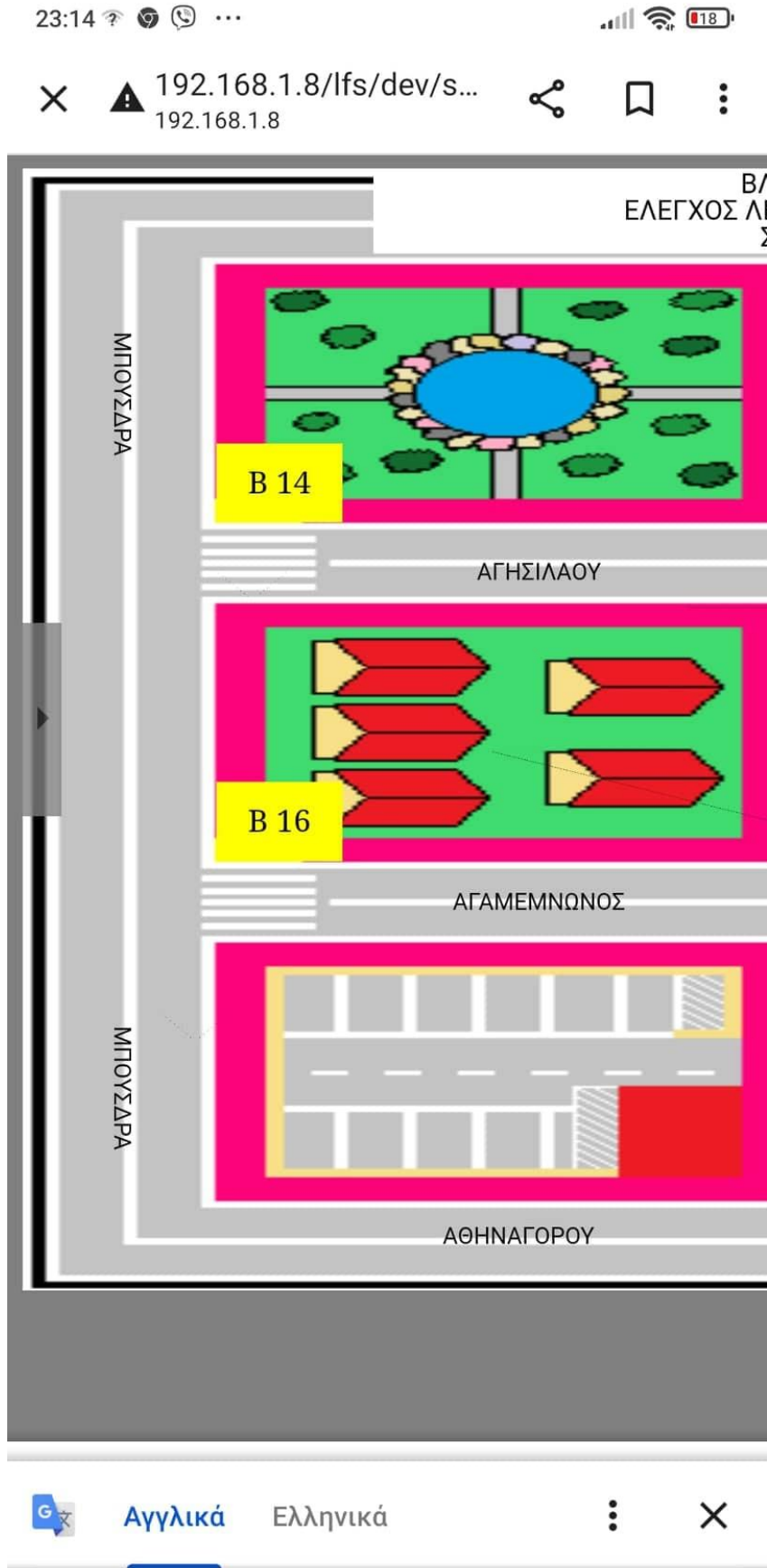


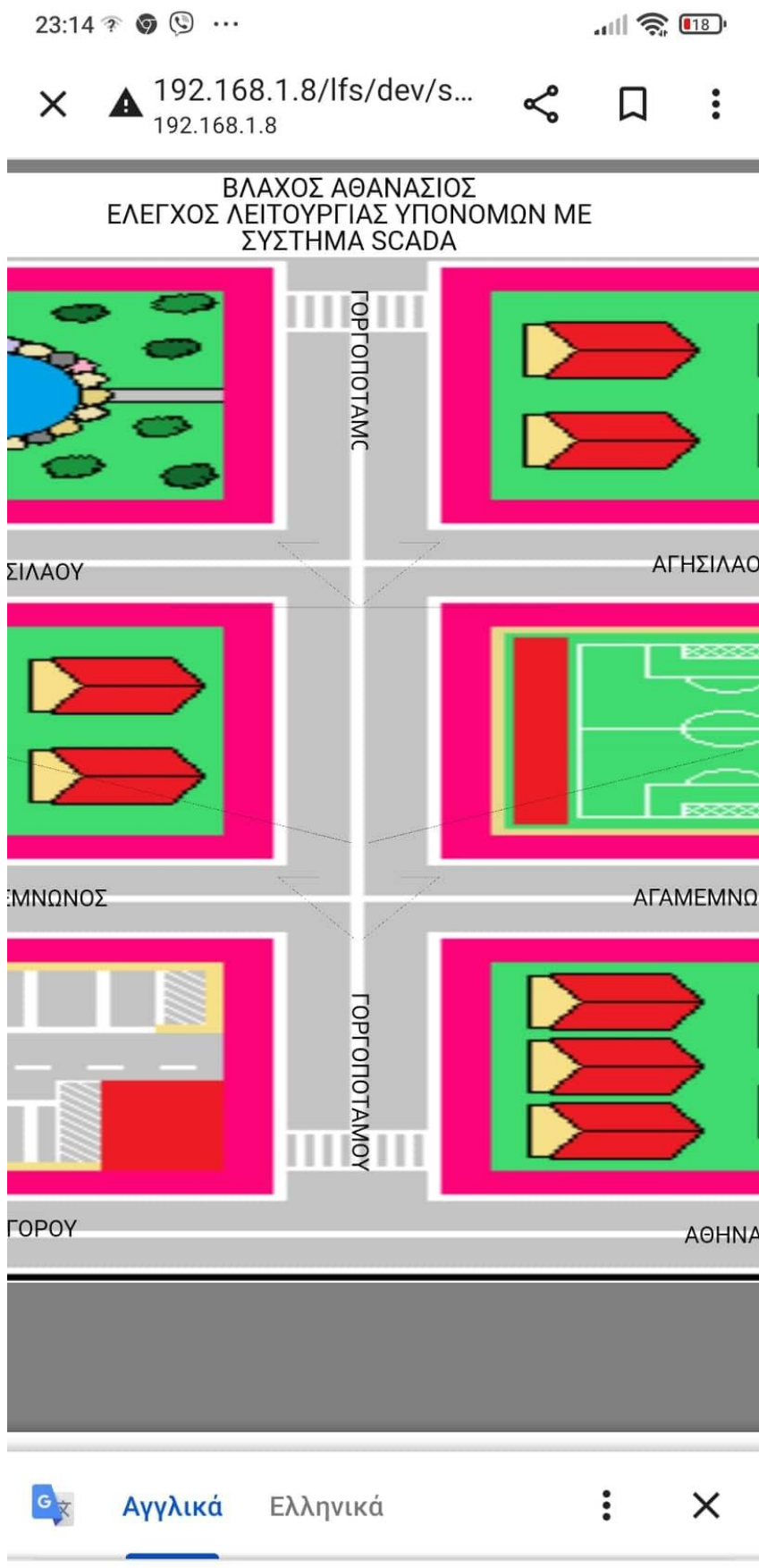














## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τέλος, ύστερα από όλο αυτό το ταξίδι του αυτοματισμού και φθάνοντας έως εδώ, έχουμε τόσο τεράστια εξέλιξη της τεχνολογίας και φαίνεται να υπάρχει τόσο δίψα για την εύρεση λύσεων για να ικανοποιούν τις ανάγκες των ανθρώπων με προοπτική το κέρδος και την ευκολία του. Αυτό αφορά από τις πιο μικρές εφαρμογές όπως μια οικεία μέχρι την πιο μεγάλη εγκατάσταση ή βιομηχανία. Χρησιμοποιώντας τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές εκτός ότι έχουμε εξοικονόμηση πολλών διατάξεων, απαλλασσόμαστε από τις καλωδιώσεις και το φόρτο της εγκατάστασης, μειώνουμε τον απαιτούμενο χώρο που καταλαμβάνουν τα διάφορα εξαρτήματα και συγχρόνως μπορούμε να προσθέσουμε ή να αλλάξουμε λειτουργίες χωρίς να χρειάζεται να εγκαταστήσουμε άλλες διατάξεις ή να αλλάξουμε την καλωδίωση. Μπορούμε να ενσωματώσουμε τους διακόπτες και τις σχετικές συσκευές του εμπορίου με τον οποιοδήποτε προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή, ή με κάθε άλλου είδους PLC ή άλλης κατασκευαστικής εταιρείας, λόγω του κατάλληλου συστήματος τροφοδοσίας του. Γενικά, αυτά που μπορεί να μας προσφέρει ένα PLC είναι ασφάλεια, ευκολία και εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί να συνδεθεί με πολλές σύγχρονες συσκευές αποτελώντας ένα ολοκληρωμένο σύστημα για τη βέλτιστη απόδοση και ανταπόκριση στις εντολές και τις παραμέτρους που του θέτουμε. Η τεχνολογία εξελίσσεται και τα παραπάνω συστήματα αλλάζουν συνέχεια μορφή και δομή, γίνονται μικρότερα, φθηνότερα και πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Πιστεύω πραγματικά, ότι αξίζει η ενσωμάτωση και η ενασχόληση του αυτοματισμού στη ζωή μας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Boyer, S.A. (1993), SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

SCADA, διαθέσιμο από: <https://el.wikipedia.org/wiki/SCADA>, τελευταία πρόσβαση 22/09/2021

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ PLC SIEMENS LOGO (Έκδοση 09/2007)

Καλημέρης, Χ. (2017), Τηλεμετρία – Τηλεχειρισμός σε δίκτυο ύδρευσης με χρήση PLC – SCADA: Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Καβάλα

Κανάκης, Ε. (2014), Συστήματα Βιομηχανικού Ελέγχου: Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, Τμήμα Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων, Αιγάλεω

Κίνγκ, Ρ.Ε. (1996), Βιομηχανικός Έλεγχος, Παπασωτηρίου, Αθήνα

Μπούλτης, Γ. (2019), Στοιχεία υδραυλικού σχεδιασμού δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων, με εφαρμογή σε τμήμα της Παλαιάς Κοκκινιάς του Δήμου Πειραιά, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα

Ρούμπης, Σ. (1987), Αυτοματισμός με PLC

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η Logo είναι γλώσσα προγραμματισμού η οποία αναπτύχθηκε στις αρχές του 1970 από την ομάδα του SeymourPapert (με τη συμβολή της CynthiaSolomon και της WallyFeuerzeig) ως μαθησιακό εργαλείο. Το όνομά της προέρχεται από την ελληνική λέξη ΛΟΓΟΣ. Η Logo αποτελεί διάλεκτο της Lisp, της γλώσσας της τεχνητής νοημοσύνης, και έχει αξιοποιηθεί στην εκπαίδευση περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη γλώσσα προγραμματισμού. Βάση της αποτελεί η φιλοσοφία του Κονστρουκτιβισμού όπως αναπτύχθηκε από τον Piaget (1965). Επιπρόσθετα, η Logo συνδυάζει τις προσεγγίσεις του Piaget και του Vygotsky. Παρόλο που συχνά αμφισβητείται η εκπαιδευτική της αποτελεσματικότητα, θεωρείται ιδανικό εργαλείο για να μαθαίνεις κάνοντας (learningbydoing) και αναμφίβολα αποτελεί σημαντικό εργαλείο στα χέρια του εκπαιδευτικού για την ανάπτυξη δεξιοτήτων εξερεύνησης, δημιουργικότητας, επίλυσης προβλημάτων, λογικής-αλγοριθμικής σκέψης.

Όλες οι γλώσσες προγραμματισμού αποτελούν εργαλεία για την ανάπτυξη μοντέλων. Η Logo είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την ανάπτυξη μοντέλων από παιδιά. Απ' όλες τις γλώσσες προγραμματισμού η Logo σχεδιάστηκε για να δημιουργεί μοντέλα με πολύ εύκολο τρόπο. Με τη Logo αναπτύσσουμε μοντέλα οραματιζόμενοι ένα «όλον», σπάζοντας το σε τμήματα εύκολα διαχειρίσιμα τα οποία μπορούν να διδαχθούν στον υπολογιστή. Χρησιμοποιούμε τη γλώσσα που γνωρίζει ο υπολογιστής για τον διδάξουμε νέες λέξεις. Συχνά διδάσκουμε τη χελώνα νέες λέξεις γράφοντας διαδικασίες, οι οποίες είναι μια σειρά εντολών για να κάνει κάτι. Πειραματιζόμαστε με τις εντολές και αξιολογούμε το πρόγραμμά μας για να δούμε αν τα έργα υλοποιήθηκαν όπως περιμέναμε. Ανταποκρινόμαστε στις παρανοήσεις του υπολογιστή καθώς εκσφαλματώνουμε τις εντολές και τις διαδικασίες και μερικές φορές αναδομούμε την προσέγγισή μας.

Στο περιβάλλον της Logo οι μαθητές αναλαμβάνουν το ρόλο του δασκάλου. Ως δάσκαλος ο μαθητής οφείλει να :

- Καταλάβει τη γνώση που πρόκειται να διδάξει,
- Οργανώσει μια διδακτική προσέγγιση,
- Σπάσει τη γνώση σε μικρά, κατανοητά τμήματα,

- Επικοινωνήσει με το μαθητή,
- Θεμελιώσει τη γνώση ως βάση για μελλοντική μάθηση,
- Αναγνωρίζει τις ήδη κατεκτημένες γνώσεις του μαθητή και να χτίσει πάνω σε αυτές,
- Είναι ανοικτός για εξερεύνηση νέων ιδεών όπως εμφανίζονται,
- Ανταποκρίνεται στις παρανοήσεις και τα λάθη του μαθητή.

Οι μαθητές, στο περιβάλλον της Logo:

- Πειραματίζονται με εντολές Logo για να τις καταλάβουν και να νιώσουν αυτοπεποίθηση με τη χρήση τους,
- Σχεδιάζουν τη δουλειά τους και την οργανώνουν στις διάφορες συνιστώσες της,
- Γράφουν μια σειρά εντολών για να ολοκληρώσουν κάθε μικρό υποέργο,
- Οικοδομούν ένα πρόγραμμα όπου ολοκληρώνουν όλα τα υποέργα στη σωστή σειρά,
- Δοκιμάζουν το πρόγραμμά τους και αξιολογούν τη δουλειά τους,
- Εκσφαλματώνουν το πρόγραμμά τους εντοπίζοντας και διορθώνοντας τα λάθη ή αναδομούν την προσέγγισή τους.