



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ, ΛΑΡΙΣΑ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ»**

**“Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΟΙ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ”**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΜΙΧΑΗΛ ΚΑΠΝΟΥΤΖΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΠΑΥΛΗΣ**

**ΛΑΡΙΣΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021**

### Υπεύθυνη Δήλωση

*«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του ΠΜΣ Πλήρους Φοίτησης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας «Ενεργειακές Τεχνολογίες και Συστήματα Αυτοματισμών» έχει συγγραφεί από εμένα προσωπικά και δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό. Η εργασία αυτή έχοντας εκπονηθεί από εμένα, αντιπροσωπεύει τις προσωπικές μου απόψεις επί του θέματος και το κείμενο είναι γραμμένο με τα δικά μου λόγια και δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής από τρίτες πηγές. Οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής αναφέρονται στο σύνολό τους, δίνοντας πλήρεις αναφορές στους συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο».*

Ο Δηλών

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάλυση και η κατανόηση των βασικών αρχών που απαρτίζουν τα συστήματα αυτοματισμού καθώς επίσης και η αναλυτική μελέτη των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών - PLC (Programmable Logic Controller).

Συγκεκριμένα η εργασία χωρίζεται σε τρία κεφάλαια.

**Στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** θα γίνει μια γενική αναφορά στις βασικές έννοιες του αυτοματισμού και στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου.

**Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** θα μελετήσουμε την ανάπτυξη και την εξέλιξη των αυτοματισμών με αναφορές και παραδείγματα μέσα στο πέρασμα των αιώνων, από την αρχαιότητα έως την σημερινή μας εποχή.

**Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** θα παρουσιάσουμε τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές.

Ειδικότερα, γίνετε περιγραφή της κατασκευαστικής τους δομής, της αρχής λειτουργίας τους, του τρόπου προγραμματισμού τους, των δυνατοτήτων τους καθώς και των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους σε σύγκριση με τον κλασικό αυτοματισμό.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Αυτοματισμός, Ηλεκτρονόμος, PLC, Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής, Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου.

**ABSTRACT**

The main objective of this dissertation is to treat and analyze clearly and thoroughly certain basic principles based on automatic systems as well as to offer an intense study of programmable logic controller – PLC.

This dissertation consists of three chapters

**1<sup>st</sup> Chapter** A general approach to the fundamentals of automation and automatic control systems

**2<sup>nd</sup> Chapter** A study to the development and evolution of automation through centuries from antiquity to the present day

**3<sup>rd</sup> Chapter** An exposure on the subject of programmable logic controller and especially a description of their constructive structure, their principle of operation, their mode of operation, their potential as well as their pros and cons in comparison with the classical automation.

**KEYS – WORDS:** Automation, Relay, PLC, Programmable Logic Controller, Automatic Control System.

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>5</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....</b>	<b>6</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ .....</b>	<b>7</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟ .....</b>	<b>10</b>
1.1 Το αντικείμενο του Αυτοματισμού.....	10
1.2 Εφαρμογές του Αυτοματισμού.....	13
1.3 Βασική δομή του Αυτοματισμού.....	15
1.4 Διάκριση του αυτοματισμού .....	21
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ .....</b>	<b>25</b>
2.1 Ο Αυτοματισμός στην Αρχαιότητα .....	25
2.2 Ο Αυτοματισμός στην Βιομηχανική Εποχή.....	29
2.3 Ο Αυτοματισμός μετά την χρήση του Ηλεκτρισμού .....	33
2.4 Ο Αυτοματισμός στον 20 <sup>ο</sup> Αιώνα .....	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ .....</b>	<b>38</b>
3.1 Γενικές πληροφορίες και η εξέλιξη των PLC .....	38
3.2 Πλεονεκτήματα της χρήσης των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών.....	46
3.3 Τύποι Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών .....	49
3.4 Δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή .....	52
3.5 Αρχή λειτουργίας των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών .....	69
3.6 Ο προγραμματισμός των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών .....	73
3.7 Οι γλώσσες προγραμματισμού των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών .....	79
3.8 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των γλωσσών προγραμματισμού.....	86
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>88</b>

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

Σχήμα 1.1: Διάγραμμα σύνδεσης αυτοματισμού και μηχανή.....	12
Σχήμα 1.2: Επικοινωνία μεταξύ ανθρώπου και μηχανή .....	16
Σχήμα 1.3: Σύστημα αυτόματου ελέγχου ανοικτού βρόχου.....	18
Σχήμα 1.4: Σύστημα αυτόματου ελέγχου κλειστού βρόχου.....	18
Σχήμα 1.5: Διάγραμμα ανοικτού βρόχου συστήματος θέρμανσης.....	20
Σχήμα 1.6: Διάγραμμα κλειστού βρόχου συστήματος θέρμανσης.....	21
Σχήμα 1.7: Κατάταξη συστημάτων αυτοματισμού.....	23

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

Σχήμα 2.1: Ο ρυθμιστής του Ήρων του Αλεξανδρέως.....	27
Σχήμα 2.2: Υδραυλικό ρολόι του Κτησίβιου.....	29
Σχήμα 2.3: Ο ρυθμιστής πίεσης του Papin.....	30
Σχήμα 2.4: Ο αυτόματος ρυθμιστής ταχύτητας του James Watt.....	31

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

Σχήμα 3.1: Η βασική δομή του PLC.....	54
Σχήμα 3.2: Η βασική δομή του PLC σε πραγματική απεικόνιση με τις μονάδες του.....	54
Σχήμα 3.3: Σύνδεση του προγραμματιστή χειρός με το PLC.....	63
Σχήμα 3.4: Σύνδεση του PLC με προσωπικό υπολογιστή.....	63
Σχήμα 3.5: Αρχή λειτουργίας του PLC.....	70
Σχήμα 3.6: Ο κύκλος λειτουργίας του PLC.....	71
Σχήμα 3.7: Ακολουθιακός Αυτοματισμός.....	76
Σχήμα 3.8: Ονοματολογία του PLC.....	77
Σχήμα 3.9: Πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder.....	78
Σχήμα 3.10: Πρόγραμμα σε γλώσσα FBD.....	82
Σχήμα 3.11: Πρόγραμμα σε γλώσσα STL.....	84
Σχήμα 3.12: Πρόγραμμα σε γλώσσα STL.....	86

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

Εικόνα 2.1 : Ηλεκτρονική Λυχνία.....	35
Εικόνα 2.2 : ENIAC - Ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής.....	36
Εικόνα 2.3: Διάφορα Τρανζίστορ.....	37

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

Εικόνα 3.1: Η πρώτη συσκευή PLC το "MODICON 084" .....	40
Εικόνα 3.2: Ο Morley (αριστερά) και η ομάδα του μπροστά από το Modicon 084.....	40
Εικόνα 3.3: Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής.....	42
Εικόνα 3.4: Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της SCHNEIDER ELECTRIC.....	43
Εικόνα 3.5: Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της SIEMENS.....	44
Εικόνα 3.6: Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της ALLEN BRADLEY45.....	44
Εικόνα 3.7: Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της MITSUBISHI.....	45
Εικόνα 3.8: Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της ABB.....	45
Εικόνα 3.9: Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της General Electric Fanuc.....	46
Εικόνα 3.10: PLC τύπου Compact.....	50
Εικόνα 3.11: PLC τύπου Modular.....	51
Εικόνα 3.12: Μονάδα Τροφοδοσίας PLC.....	55
Εικόνα 3.13: Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU).....	56
Εικόνα 3.14: Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας εσωτερικά.....	57
Εικόνα 3.15: Μνήμη PLC.....	57
Εικόνα 3.16: Μονάδες Επικοινωνίας, Εισόδου-Εξόδου.....	61
Εικόνα 3.17: PLC με ενσωματωμένη μονάδα προγραμματισμού.....	64
Εικόνα 3.18: Προγραμματιστές χειρός.....	65
Εικόνα 3.19: Ειδικοί βιομηχανικοί προγραμματιστές.....	66
Εικόνα 3.20: Κάρτες ή θύρες Επικοινωνίας PLC.....	68
Εικόνα 3.21: Πλαίσια τοποθέτησης μονάδων PLC.....	69

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ**

- PLC:** Programmable Logic Controller = Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής
- ENIAC:** Electronic Numerical Integrator and Computer = Ηλεκτρονικός Αριθμητικός Ολοκληρωτής και Υπολογιστής
- MODICON:** Modular Digital Controller = Αρθρωτός Ψηφιακός Ελεγκτής
- CPU:** Central Processing Communications = Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας
- ROM:** Read Only Memory = Μνήμη μόνο ανάγνωσης
- RAM:** Random Access Memory = Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης
- EEROM:** Electrically Erasable Programmable Read Only Memory = Ηλεκτρικά Προγραμματιζόμενη Μνήμη μόνο για Ανάγνωση
- LCD:** Liquid Crystal Display = Οθόνη Υγρών Κρυστάλλων
- IEC:** International Electrotechnical Commission = Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή
- LAD:** Ladder Logic Diagram = Γλώσσα Σχεδίων Επαφών ή Γλώσσα Ηλεκτρολογικών γραφικών
- FBD:** Function Block Diagram = Γλώσσα Λογικών Γραφικών
- STL:** Statement List = Γλώσσα Λίστας Εντολών
- ST:** Structural List = Γλώσσα Δομημένου Κειμένου
- SCF:** Sequential Function Chart = Γλώσσα διαγραμμάτων ροής ή γλώσσα των διαγραμμάτων των διαδοχικών λειτουργιών
- ΣΑΕ:** Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου = Feedback Control Systems.
- ΡΕΛΕ:** Ηλεκτρονόμος = Relay



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αυτοματισμός είναι ένα φαινόμενο που υπάρχει σχεδόν στα πάντα, άρχισε να απασχολεί τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια και συνεχίζει μέχρι και σήμερα να του κινεί το ενδιαφέρον του. Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου αποτελούν σήμερα ένα από τα σημαντικότερα και ταχύτατα αναπτυσσόμενα επιτεύγματα της επιστήμης και της τεχνολογίας που πέτυχε ο άνθρωπος. Όπου και να παρατηρήσουμε θα δούμε ότι όλο και περισσότερα από τα σύγχρονα συστήματα που χρησιμοποιεί στην καθημερινότητα του συνδέονται άμεσα με τον αυτοματισμό. Από την πιο απλή συσκευή που χρησιμοποιεί στην προσωπική του ζωή μέχρι τα πιο πολύπλοκα συστήματα που χρησιμοποιούνται στο περιβάλλον της εργασίας του.

Βασικότερο πλεονέκτημα ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να λειτουργήσει χωρίς την ανθρώπινη παρουσία, είτε με την μορφή της επιτήρησης είτε με την μορφή της παρέμβασης και να εξασφαλίσει ένα βέλτιστο αποτέλεσμα με μεγάλη ακρίβεια.

Έτσι πέρα από την βελτιστοποίηση των συστημάτων και συσκευών που χρησιμοποιούμε καθημερινά και κάνουν την ζωή μας πιο εύκολη και άνετη, βοήθησε αισθητά και στον τομέα της βιομηχανίας απαλλάσσοντας τον άνθρωπο από τις δύσκολες και επικίνδυνες εργασίες ενώ παράλληλα βοήθησε στην μείωση του κόστους παραγωγής, στην αύξηση της παραγωγικότητας καθώς και στην ποιότητα του τελικού αποτελέσματος.

Για την πραγματοποίηση αυτών των συστημάτων αυτοματισμού κυρίως στον χώρο της βιομηχανίας χρησιμοποιούνται οι λεγόμενοι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί ελεγκτές που χαρακτηρίζονται και σαν P.L.C. (Programmable Logic Controller).

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές είναι που έφεραν την καινοτομία στα συστήματα αυτοματισμού και περάσαμε από τον απλό αυτοματισμό των ηλεκτρονόμενων που χρησιμοποιούσαμε παλαιότερα και στηριζόταν στο σύστημα της συρματωμένης λογικής, στον προγραμματιζόμενο αυτοματισμό των PLC. Στο σύστημα συρματωμένης λογικής τα διάφορα στοιχεία (ηλεκτρονόμοι, χρονικά, επαφές κ.λπ.) τοποθετούνται μέσα σε έναν πίνακα και συρματώνονταν σύμφωνα με το σχέδιο συνδεσμολογίας του συγκεκριμένου αυτοματισμού. Εάν ο αυτοματισμός αυτός έπρεπε για κάποιο λόγο να αλλάξει, τότε έπρεπε να αλλάξει και η συρμάτωση του πίνακα. Με την εξάπλωση όμως των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών τα πράγματα άλλαξαν. Η συρμάτωση όλων των εξωτερικών στοιχείων του αυτοματισμού γίνεται πάνω στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή, όταν κάτι πρέπει να αλλάξει στον αυτοματισμό για οποιονδήποτε λόγο,

τότε το μόνο που αλλάζει είναι το πρόγραμμα του ελεγκτή και όχι η συρμάτωση του πίνακα.

Αναλυτικότερα τα PLC αποτελούν μια ψηφιακή ηλεκτρονική διάταξη που σχεδιάστηκε για να ελέγχει μηχανές, είναι στην πραγματικότητα μια συσκευή σχεδιασμένη με βάση την τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών που διαθέτει μια προγραμματιζόμενη μνήμη, με πλήθος εισόδων και εξόδων οι οποίες συνδέονται πάνω στα κατάλληλα εξαρτήματα και κάθε φορά με τον ανάλογο προγραμματισμό μπορούν να επιφέρουν ένα επιθυμητό αποτέλεσμα σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διεργασίας που ήταν προγραμματισμένη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟ

### 1.1 Το αντικείμενο του Αυτοματισμού

Ο αυτοματισμός όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή υπάρχει παντού. Οτιδήποτε και να κοιτάξουμε στο περιβάλλον μας θα δούμε ότι υπάρχει ο αυτοματισμός, ακόμη και στο ίδιο μας το σώμα. Η χρησιμότητα του είναι απαραίτητη και καθοριστική για την εξέλιξη και την περαιτέρω ανάπτυξη του πολιτισμού μας αλλά και της ίδιας μας της ζωής. Για να μπορέσουμε να το κατανοήσουμε καλύτερα αυτό πρέπει να γνωρίζουμε ότι ο αυτοματισμός μπορεί κάνει ένα μηχάνημα να δουλέψει εκεί που οι άνθρωποι δεν μπορούν να δούνε, να χωρέσουν, να αναπνεύσουν, δηλαδή στα βάθη των ωκεανών ή των ορυχείων, στο διάστημα, στους κρατήρες των ηφαιστειών κ.λπ. (Κρανάς & Δασκαλόπουλος, 2001)

Ένας απλός αυτοματισμός που υπάρχει στο περιβάλλον μας είναι το αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων στο αυτοκίνητο. Αλλάζει η σχέση μετάδοσης στο αυτοκίνητο όταν αυτό είναι απαραίτητο, δηλαδή όταν ανεβάσει στροφές για να μην κάψει τον κινητήρα, χωρίς όμως εμείς να παρέμβουμε και να χρησιμοποιήσουμε το μοχλό ταχυτήτων όπως γίνεται στα αυτοκίνητα χωρίς αυτόματο κιβώτιο. (Παρασκευόπουλος, 1996)

Επίσης αυτοματισμό μπορούμε να παρατηρήσουμε και στο σώμα μας. Όταν ακουμπάμε με το χέρι μας ένα αντικείμενο, νιώθουμε την θερμοκρασία του αντικειμένου αυτόματα χωρίς εμείς να κατανοούμε το πως. Σαν να υπακούει το χέρι μας σε κάποια εντολή του οργανισμού μας και μας αναγκάζει να νιώσουμε κάτι.

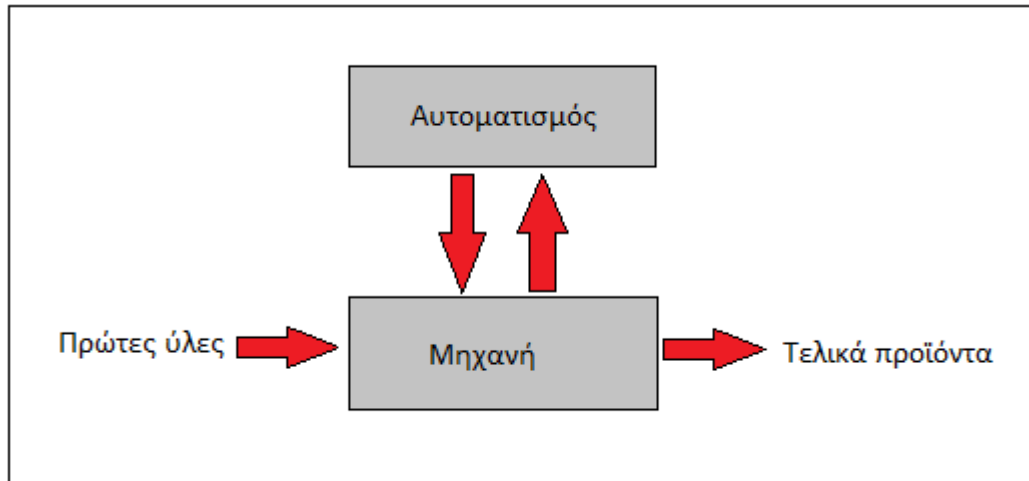
Άρα αυτόματους ονομάζουμε αυτούς τους μηχανισμούς που εκτελούν κάποιες λειτουργίες με δική τους βούληση. Όταν μια μηχανή εκτελεί από μόνη την εργασία για την οποία έχει δημιουργηθεί, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση, ονομάζεται αυτόματη. (Deligiannis, Manesis & Lygeros, 2008)

Οπότε με τον όρο αυτοματισμό εννοούμε το σύνολο των εξαρτημάτων και των διατάξεων που συνδέονται μεταξύ τους, για να εκτελέσουν μια εργασία με κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Δηλαδή με αυτόματο τρόπο. (Κόσταλης, Κουτουλάκος & Χαμηλοθώρης, 2012).

Γενικότερα ο αυτοματισμός ασχολείται, πρώτον με την μελέτη και την εξέταση των μηχανισμών μέσω των οποίων μία εφαρμογή έχει τη μία ή την άλλη λειτουργία. Η διεργασία αυτή ονομάζεται ανάλυση των συστημάτων. Και δεύτερον με τον έλεγχο της τελικής συμπεριφοράς του συστήματος. Οι δύο αυτές καταστάσεις δρουν αλληλένδετα και συνεργάζονται μεταξύ τους για να βγει το επιθυμητό αποτέλεσμα. (Σχ. 1.1). (Deligiannis et al., 2008).

Προσπαθούμε δηλαδή αρχικά να κατανοήσουμε πως δουλεύει ένας μηχανισμός και ποια στάδια ακολουθεί για να αποδώσει το τελικό του αποτέλεσμα, ενώ στην συνέχεια αντικαταστήσουμε αυτόν το χειρισμό του μηχανισμού με έναν αυτοματισμό που θα κάνει την ίδια διεργασία, αλλά αυτόματα.

**Σχήμα 1.1:** Διάγραμμα σύνδεσης αυτοματισμού και μηχανής. (Deligiannis et al., 2008)



Στην ερμηνεία του αυτοματισμού ή των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου δόθηκαν πολλοί ορισμοί μέσα από την διεθνή βιβλιογραφία. Ας δούμε μερικούς από αυτούς:

- Σύστημα αυτομάτου ελέγχου είναι ένα σύστημα, που τα διάφορα μέρη του είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους έτσι ώστε να συμπεριφέρονται αυτόματα κατά ένα προκαθορισμένο τρόπο. (Παρασκευόπουλος, 1996).
- Αυτοματισμός είναι ένα πεδίο της επιστήμης των μηχανικών το οποίο ασχολείται με τον έλεγχο των διεργασιών καθώς επίσης και με την διατήρησή τους σε μία συγκεκριμένη κατάσταση. (Deligiannis et al., 2008).
- Αυτοματισμός είναι ο συνδυασμός μηχανημάτων και εξαρτημάτων με τα οποία εκτελείται μία προκαθορισμένη σειρά λειτουργιών, για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου αποτελέσματος, με αυτόματο τρόπο. (Κότσαλης κ. ά., 2012)

Στην πραγματικότητα ο αυτοματισμός δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε για να καλύψει τεχνικές, οικονομικές, βιομηχανικές και βασικές ανάγκες του ανθρώπου. (Παρασκευόπουλος, 1996).

Χρησιμοποιείται :

- ❖ Για την εξοικονόμηση ενέργειας
- ❖ Για την αντικατάσταση των εργαζομένων σε επικίνδυνες ή μη εργασίες
- ❖ Για την μείωση του λειτουργικού κόστους, του κόστους συντήρησης και του κόστους εργασίας
- ❖ Για την βελτίωση της παραγωγικότητας
- ❖ Για την βελτίωση της ποιότητας της παραγωγής
- ❖ Για την βελτίωση των συνθηκών εργασίας των εργαζομένων
- ❖ Για την διευκόλυνση και βελτίωση της ζωής των ανθρώπων

Η επίδραση του αυτοματισμού είναι ευεργετική σε όλους τους τομείς της κοινωνίας μας και συντέλεσε σημαντικά στην εξέλιξη της ανθρώπινης ζωής. Επιδρά στην καθημερινή μας πραγματικότητα και βοηθά τόσο στην προσωπική όσο και στην επαγγελματική μας ζωή. Ωστόσο παράλληλα με τις ευεργετικές πλευρές που προσφέρει στην κοινωνία μας επιφέρει και μερικές αρνητικές. Η σημαντικότερη όλων είναι ο περιορισμός των θέσεων εργασίας για τους ανθρώπους. Βέβαια στον αντίποδα αυτής της εξέλιξης υπάρχει η θεωρία ότι μειώθηκε το ανειδίκευτο εργατικό προσωπικό διότι όλα τα αυτόματα συστήματα για να λειτουργήσουν και να κατασκευαστούν χρειάζονται εξειδικευμένα εργατικά χέρια. Οπότε στην ουσία μειώθηκε το ανειδίκευτο προσωπικό και αυξήθηκε το ειδικευμένο. (Κότσαλης κ. ά., 2012)

## **1.2 Εφαρμογές του Αυτοματισμού**

Ο αυτοματισμός έχει πολυάριθμες και πολλές μορφές εφαρμογών που καταλαμβάνουν ολόκληρη την φυσική και τεχνολογική πραγματικότητα της σημερινής μας εποχής. Έχει εφαρμογές στην καθημερινή ζωή, στη βιομηχανία, στην οικονομία και στο φυσικό περιβάλλον. Εξελιγμένες μορφές αυτόματης λειτουργίας βρίσκονται επίσης στην φυσιολογία και τις λειτουργίες των έμβιων όντων. (Κρανάς & Δασκαλόπουλος, 2001).

Εκατοντάδες είναι οι εφαρμογές που ελέγχουν την λειτουργία των απλών συσκευών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή. Μια διάταξη αυτοματισμού, για παράδειγμα, εξασφαλίζει ότι το ηλεκτρικό σίδερο έχει την επιθυμητή συμπεριφορά, δηλαδή διατηρεί την πλάκα σιδερώματος στην κατάλληλη θερμοκρασία για το σιδέρωμα των ρούχων.

Η φρυγανιέρα με τον ανάλογο αυτοματισμό διακόπτει την θερμοκρασία των αντιστάσεων όταν το ψωμί έχει ψηθεί και ταυτόχρονα το απομακρύνει από την περιοχή θέρμανσης έτσι ώστε να διατηρήσει αναλλοίωτη αυτή την ιδιότητα που απέκτησε.

Ακόμη το ηλεκτρικό ψυγείο, η ηλεκτρική κουζίνα, ο θερμοσίφωνα, το κλιματιστικό, η αυτόματη πόρτα εισόδου, ο αερόσακος του αυτοκινήτου και άπειρες άλλες εφαρμογές.

Επίσης μεγάλο πλήθος από εφαρμογές που χρησιμοποιούν τον αυτοματισμό συναντάμε και στην βιομηχανία. Εκεί άλλωστε είναι και η μεγαλύτερη διείσδυση του και η εξασφάλιση της εξέλιξης του, μιας και ο άνθρωπος προσπαθεί να αυτοματοποιήσει πολλές από τις διεργασίες της βιομηχανίας για πολλούς και διαφόρους λόγους.

Μια αυτόματη εφαρμογή στον κλάδο της βιομηχανίας είναι η διάταξη που ελέγχει την στάθμη ενός υγρού που θα πέσει μέσα σε ένα μπουκάλι, μόλις το υγρό φτάσει στο επιθυμητό ύψος, τότε σταματάει και η παροχή του υγρού προς το μπουκάλι και συνεχίζει όταν θα έρθει το επόμενο κάτω από το στόμιο που και αυτό γίνεται με μία άλλη αυτόματη διάταξη που κινεί τα μπουκάλια πάνω σε ένα ταινιόδρομο.

Μία άλλη διάταξη στην ίδια γραμμή παραγωγής ελέγχει τις κινήσεις μιας μηχανής συσκευασίας προϊόντων, έτσι ώστε τα προϊόντα να συσκευάζονται στην επιθυμητή μορφή, δηλαδή τακτοποιημένα και ταξινομημένα μέσα σε κιβώτια σε συγκεκριμένο αριθμό.

Βέβαια όπως έχουμε προαναφέρει οι εφαρμογές του αυτοματισμού δεν περιορίζονται μόνο στο τεχνικό τομέα. Οι πιο εξελιγμένοι αυτοματισμοί μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν, φυσικά, στους ζωντανούς οργανισμούς. Για παράδειγμα το ανθρώπινο σώμα μας αποτελείται από πολλές διεργασίες που εξασφαλίζουν την σωστή λειτουργία του οργανισμού με αυτόματο τρόπο.

Μπορούμε να αναφέρουμε μερικές από αυτές:

- Η κόρη του ματιού μας συστέλλεται και διαστέλλεται αυτόματα όταν αλλάζει η ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας που πέφτει πάνω στο μάτι μας,. Αυτό γίνεται αυτόματα από τον οργανισμό μας για να προστατεύσει την ευαίσθητη περιοχή του ματιού μας από κάποια βλάβη που θα υποστεί από το πολύ φως. (Κότσαλης κ. ά., 2012).
- Όταν τρέχουμε και ανεβαίνει η θερμοκρασία του οργανισμού μας τότε νιώθουμε ότι έχουμε βραχεί. Αυτό συμβαίνει διότι οι αδένες του δέρματος μας αυτόματα μόλις αντιληφθούν την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος, εκκρίνουν νερό που εξατμίζεται για να αποβάλλει την θερμότητα από το σώμα μας. Με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του σώματος μας να διατηρείται σταθερή και να μην δημιουργούνται προβλήματα στον οργανισμό μας. (Deligiannis et al., 2008).

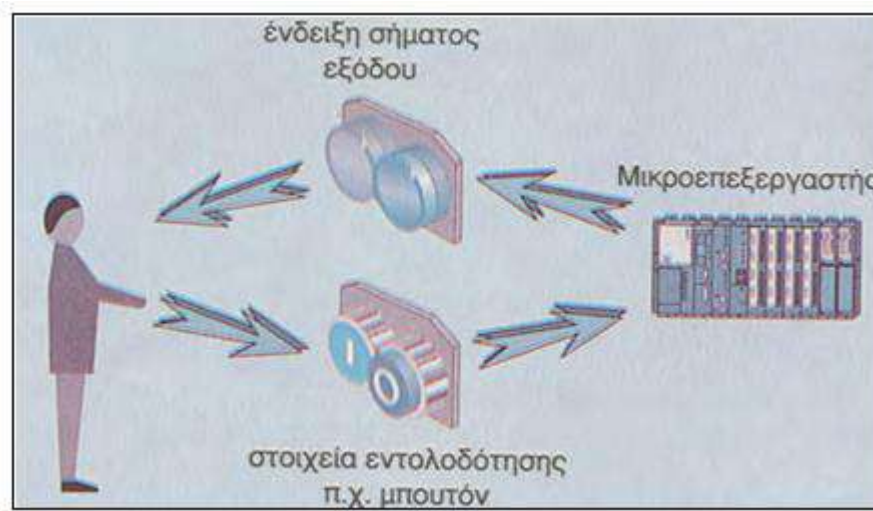
Γενικά οι ζωντανοί οργανισμοί τόσο οι άνθρωποι και τα ζώα όσο και ο φυτικός κόσμος εξουσιάζεται από τους αυτόματους μηχανισμούς. Ο ζωντανός οργανισμός είναι ένα πολύπλοκο σύστημα όπου όλες οι ενέργειες του πραγματοποιούνται αυτόματα. Για παράδειγμα η κυκλοφορία του αίματος, η λειτουργία της καρδιάς, η επούλωση μιας πληγής, η πέψη, η ανάπτυξη των φυτών κ.λπ. (Κότσαλης κ. ά., 2012).

Έτσι με βάση τα προηγούμενα μπορούμε να πούμε ότι η εξέλιξη του αυτοματισμού βασίστηκε σε κάποιο βαθμό στην παρατήρηση και μίμηση των ανθρώπινων λειτουργιών.

### 1.3 Βασική δομή του Αυτοματισμού

Το βασικότερο στοιχείο ενός αυτοματισμού αποτελεί ο "διάλογος" ο οποίος πραγματοποιείται μεταξύ ανθρώπου και μηχανής. (Σχ. 1.2). Τα στοιχεία διαλόγου δηλαδή η δυνατότητα του ανθρώπου να δίνει εντολές μέσω χειριστηρίων, πληκτρολογίων και οτιδήποτε άλλο μπορεί να μεταφέρει πληροφορίες σε ένα μηχάνημα, είναι απαραίτητα για την εκτέλεση διαφόρων και συγκεκριμένων εργασιών ενός συστήματος. (Πετρίδης, 2017).

**Σχήμα 1.2** Επικοινωνία μεταξύ ανθρώπου και μηχανής. (Κότσαλης κ.ά., 2012)



Το μηχάνημα με τη σειρά του λαμβάνει αυτές τις εντολές, τις επεξεργάζεται με κάποιο τρόπο στο εσωτερικό του, τις εκτελεί, και αναφέρει στον άνθρωπο για την λειτουργία ή την βλάβη του. Η αναφορά αυτή προς τον άνθρωπο γίνεται με ειδική σήμανση, είτε ηχητική είτε οπτική.

Ο άνθρωπος για να μπορέσει να αξιοποιήσει τον έλεγχο των μηχανών δημιούργησε δύο τεχνικές που του επιτρέπουν να ελέγχει κατά κάποιο τρόπο τις μηχανές. (Κρικέλης, 1985).

Οι τεχνικές αυτές είναι οι εξής:

- Η πρώτη ονομάζεται έλεγχος ανοικτού κυκλώματος βρόχου ή ανοικτό σύστημα και είναι ένα σύστημα που η έξοδος<sup>1</sup> του είναι ανεξάρτητη της εισόδου<sup>2</sup> του. Δηλαδή επιτρέπει στο μηχάνημα αφού τεθεί σε λειτουργία να εκτελέσει μια προκαθορισμένη και συγκεκριμένη εργασία. (Κότσαλης κ.ά., 2012)

<sup>1</sup> Έξοδος ονομάζεται το αποτέλεσμα της επεξεργασία που εκτελεί η μηχανή

<sup>2</sup> Είσοδος ονομάζεται η πληροφορία που εισάγουμε στη μηχανή



- Η δεύτερη ονομάζεται έλεγχος κλειστού κυκλώματος βρόχου ή κλειστό σύστημα και είναι ένα σύστημα όπου η είσοδος του είναι συνάρτηση της εξόδου του. Δηλαδή επιτρέπει στο μηχάνημα αφού τεθεί σε λειτουργία να εκτελέσει μια προκαθορισμένη εργασία και ταυτόχρονα να διορθώνει αυτόματα τη λειτουργία της ελέγχοντας συνεχώς την έξοδο του προκειμένου να εξασφαλίσει το επιθυμητό αποτέλεσμα. (Κότσαλης κ.ά., 2012)

Για να μπορέσει ένα μηχάνημα να λειτουργήσει με το κλειστό σύστημα θα πρέπει να χρησιμοποιήσει την διαδικασία της ανάδρασης. Ανάδραση είναι η λογική σύνδεση της εξόδου του συστήματος με την είσοδο του με έναν ειδικό μηχανισμό. Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται για να συγκρίνει την κατάσταση εισόδου με τα αποτελέσματα της εξόδου του συστήματος ώστε να μπορεί να ελέγχει το σύστημα και να επαναπρογραμματίζει την είσοδο σύμφωνα με τα δεδομένα του τελικού αποτελέσματος. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα μπορεί να αυτοελέγχεται και να αποδίδει καλύτερο αποτέλεσμα στην έξοδο του. (Πετρίδης, 2017).

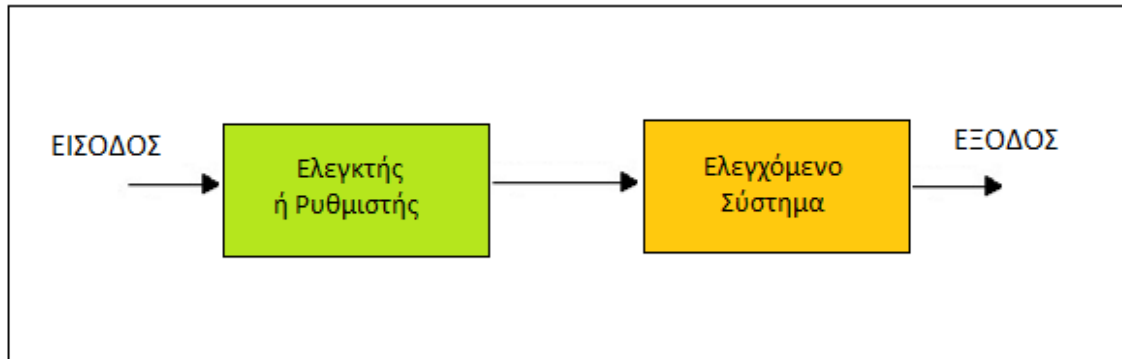
Εάν θέλουμε να απεικονίσουμε τα δυο αυτά συστήματα στο χαρτί τότε θα τα αναπαραστήσουμε με διαγράμματα τα οποία και χρησιμοποιούμε για την σχεδίαση των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου και ονομάζονται διαγράμματα βαθμίδων (block diagrams). (Παρασκευόπουλος, 1996)

Τα διαγράμματα αυτά αποτελούνται:

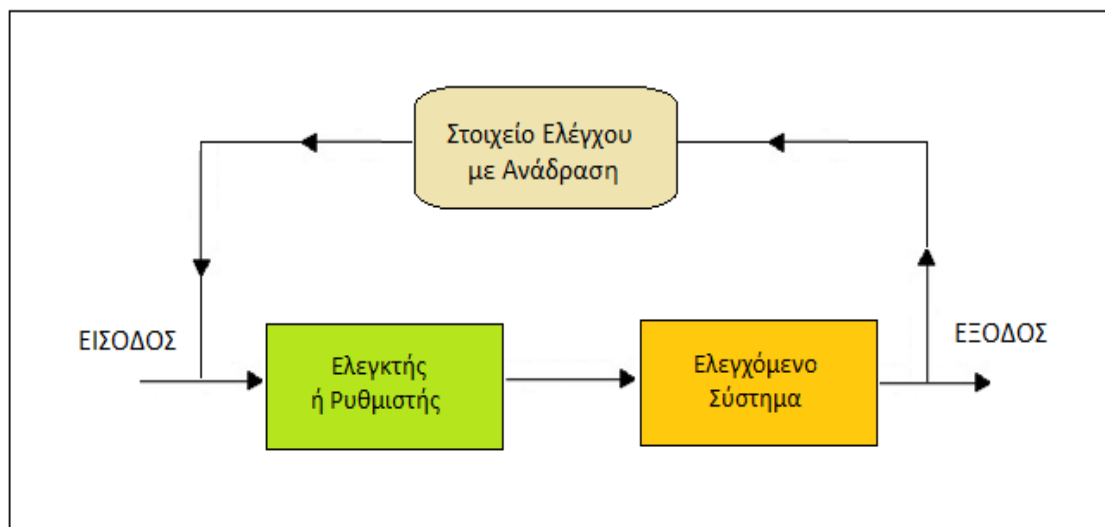
- Από την είσοδο του συστήματος που λαμβάνει τα δεδομένα από το περιβάλλον ή από κάποια ρύθμιση.
- Από τον ελεγκτή που χρησιμοποιείται για να ελέγχει την λειτουργία ολόκληρου του συστήματος ώστε να διατηρείται στην έξοδο του το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Από το ελεγχόμενο σύστημα.
- Από το στοιχείο ελέγχου με ανάδραση που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και την σύγκριση του τελικού αποτελέσματος της εξόδου του συστήματος με την επιθυμητή είσοδο που έχουμε κάθε φορά.
- Από την έξοδο του συστήματος που αντιπροσωπεύει το τελικό αποτέλεσμα του.

Στα σχήματα 1.3 και 1.4 παρουσιάζονται τα διαγράμματα των δύο αυτών συστημάτων αυτοματισμού..

**Σχήμα 1.3** Σύστημα αυτομάτου ελέγχου ανοικτού βρόχου. (Πετρίδης, 2017)



**Σχήμα 1.4** Σύστημα αυτομάτου ελέγχου ανοικτού βρόχου. (Πετρίδης, 2017)



Η διαφορά των δύο συστημάτων εντοπίζεται στο γεγονός ότι κάποιοι εξωτερικοί παράγοντες μπορούν να επιδράσουν πάνω στα αυτόματα σύστημα και να τα επηρεάσουν, επιφέροντας σημαντικές αλλοιώσεις στην τελική τους λειτουργία. Όταν οι επιδράσεις αυτές είναι αμελητέες, είναι σπάνιες, είναι συγκεκριμένες, τότε το σύστημα αυτομάτου ελέγχου ανοικτού βρόχου μπορεί να λειτουργήσει και να επιφέρει σωστά αποτελέσματα στην τελική διεργασία του αυτομάτου συστήματος. Όταν όμως οι επιδράσεις είναι συχνές, απρόβλεπτες και διαφέρουν τόσο στο είδος όσο και στο μέγεθος τότε χρησιμοποιούμε το σύστημα αυτομάτου ελέγχου κλειστού βρόχου. Το σύστημα κλειστού βρόχου λόγω του συστήματος ανάδρασης που διαθέτει μπορεί να επιτηρεί όλες αυτές τις επιδράσεις παρακολουθώντας την μεταβολή της πραγματικής τιμής της εξόδου του. Σε κάθε απόκλιση

της τιμής της εξόδου παρεμβαίνει ανάλογα και αλλάζει την τιμή της εισόδου, ώστε να μην επηρεαστεί η τελική επιθυμητή λειτουργία του συστήματος. Συνεπώς το σύστημα αυτοματισμού κλειστού βρόχου είναι σαφέστερα καλύτερο από το σύστημα ανοικτού βρόχου, διότι μπορεί συνεχώς να αυτοελέγχεται και να επαναπροσδιορίζει την λειτουργία του με αποτέλεσμα να προσαρμόζει την πραγματική κατάσταση σύμφωνα με την επιθυμητή. (Πετρίδης, 2017). (Κρικέλης, 1985).

Για να γίνουν πιο κατανοητές οι τεχνικές αυτοματισμού του ανοικτού και του κλειστού κυκλώματος βρόχου, καθώς και ο καθοριστικός ρόλος που παίζει η ανάδραση στο ένα από τα δύο συστήματα, παραθέτονται μερικά απλά παραδείγματα.

### Παράδειγμα 1<sup>ο</sup>

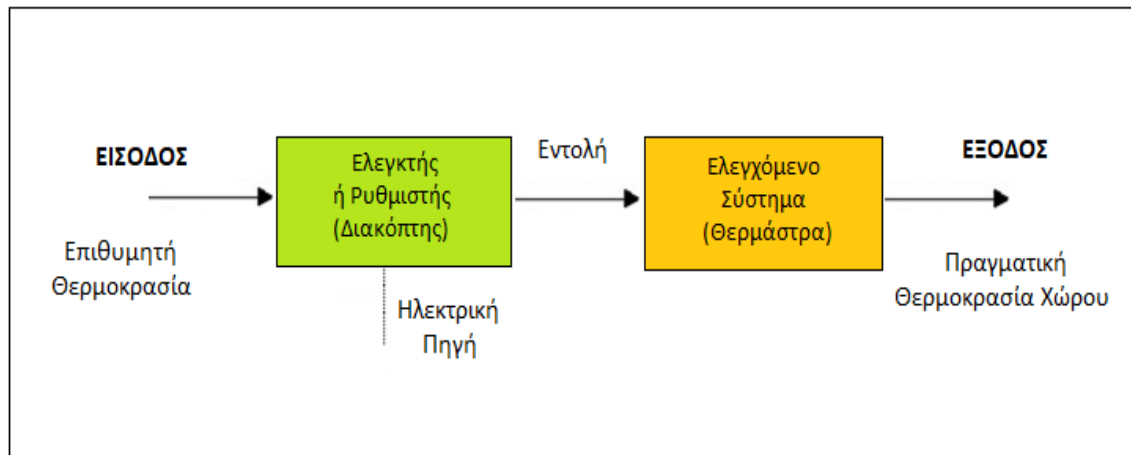
#### ❖ Σύστημα αυτοματισμού ανοικτού βρόχου για την θέρμανση ενός δωματίου.

Για να θερμάνουμε τον χώρο ενός δωματίου χρησιμοποιούμε ένα απλό ηλεκτρικό σώμα, το οποίο αποτελείται από θερμαντικές αντιστάσεις. Το ηλεκτρικό αυτό σώμα θερμαίνει τον χώρο για όσο χρονικό διάστημα παραμένει συνδεδεμένο σε τάση.

Αυτό το σύστημα θέρμανσης αποτελείται από την πηγή τάσης, τον διακόπτη τροφοδοσίας και την θερμαντική του αντίσταση. Ο διακόπτης τροφοδοσίας ονομάζεται ελεγκτής του συστήματος γιατί είναι αυτός που ελέγχει την λειτουργία ολόκληρου του ηλεκτρικού σώματος, ενώ το ηλεκτρικό σώμα που είναι η θερμάστρα ονομάζεται ελεγχόμενο σύστημα διότι είναι το σύστημα που ελέγχεται.

Στο συγκεκριμένο σύστημα η θερμοκρασία του χώρου θα ανεβαίνει συνέχεια και θα σταματάει μόνο στην περίπτωση που εμείς κλείσουμε τον διακόπτη τροφοδοσίας του θερμαντικού σώματος. Οπότε στο σύστημα αυτό, η επιθυμητή θερμοκρασία που θέλουμε να πετύχουμε στον συγκεκριμένο χώρο είναι ανεξάρτητη από την πραγματική θερμοκρασία που έχει δημιουργηθεί μέσα στο χώρο διότι η λειτουργία του εξαρτάται μόνο από το κλείσιμο ή το άνοιγμα του διακόπτη. (Κότσαλης κ.ά., 2012).

Το σύστημα αυτό ονομάζεται σύστημα ανοικτού βρόχου και παρουσιάζεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα. (Σχ. 1.5)

**Σχήμα 1.5** Διάγραμμα ανοικτού βρόχου συστήματος θέρμανσης. (Κότσαλης κ.ά., 2012)

Άλλα παραδείγματα συστημάτων αυτοματισμού ανοικτού βρόχου αποτελούν ο φωτισμός ενός χώρου που ελέγχεται από ένα διακόπτη, το πλυντήριο ρούχων, ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας, η ηλεκτρική τостιέρα, το σύστημα σηματοδότησης των δρόμων κ.λπ. (Παρασκευόπουλος, 1996).

## Παράδειγμα 2<sup>ο</sup>

### ❖ Σύστημα αυτοματισμού κλειστού βρόχου για την θέρμανση ενός δωματίου

Έστω τώρα ότι θέλουμε να θερμάνουμε το χώρο ενός δωματίου, με ένα ηλεκτρικό σώμα το οποίο έχει ενσωματωμένο πάνω του έναν θερμοστάτη ο οποίος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του. Το ηλεκτρικό σώμα θερμαίνει το χώρο μέχρι η θερμοκρασία του να φτάσει στην προκαθορισμένη τιμή που έχουμε επιλέξει στον θερμοστάτη του. Μόλις η θερμοκρασία του χώρου ξεπεράσει ή πέσει κάτω από αυτή την τιμή, τότε το αισθητήριο δίνει εντολή να ανοίξει ή να κλείσει ο διακόπτης, οπότε θα σταματήσει ή θα ξεκινήσει η θερμαντική αντίσταση να τροφοδοτείται με τάση.

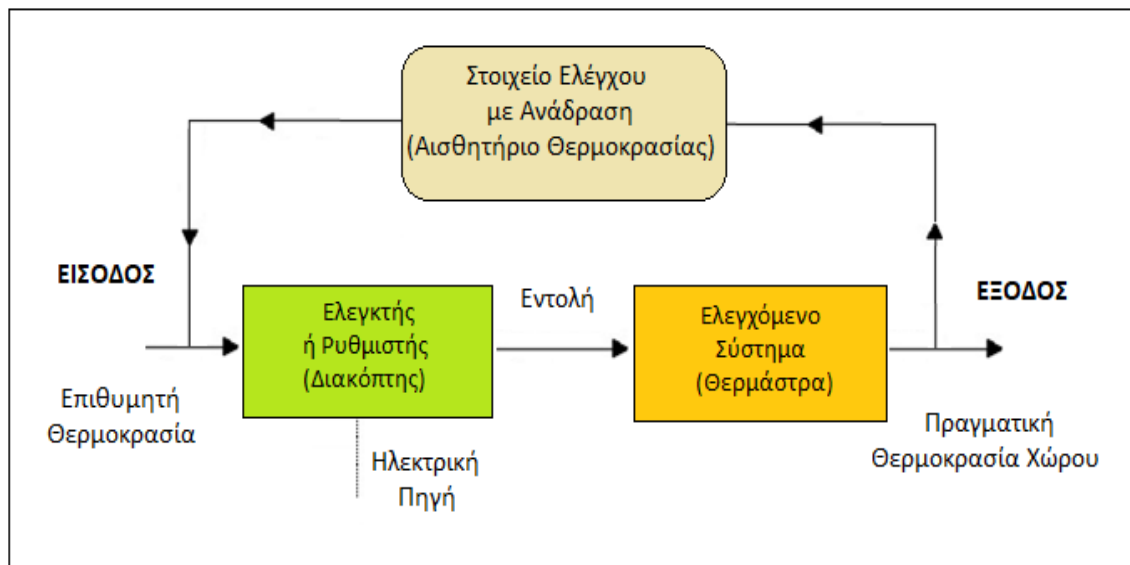
Αυτό το σύστημα θέρμανσης αποτελείται από την πηγή τάσης, τον διακόπτη τροφοδοσίας, την θερμαντική αντίσταση και το αισθητήριο θερμοκρασίας. Ο διακόπτης τροφοδοσίας ονομάζεται ελεγκτής του συστήματος γιατί ελέγχει την λειτουργία του ηλεκτρικού σώματος, το ηλεκτρικό σώμα ονομάζεται ελεγχόμενο σύστημα, ενώ το αισθητήριο θερμοκρασίας ονομάζεται στοιχείο ελέγχου με ανάδραση διότι ελέγχει την

πραγματική θερμοκρασία του χώρου και την συγκρίνει με την επιθυμητή θερμοκρασία που θέλουμε να έχουμε στον χώρο και ανάλογα επηρεάζει την είσοδο του συστήματος.

Το σύστημα αυτό ονομάζεται σύστημα κλειστού βρόχου και αποτελεί ένα αυτόματο σύστημα διότι η θερμοκρασία του χώρου ελέγχεται από τον θερμοστάτη χωρίς καμία εξωτερική παρεμβολή. (Κότσαλης κ.ά., 2012)

Το ανάλογο σχεδιάγραμμα παρουσιάζετε στο Σχ.1.6..

**Σχήμα 1.6** Διάγραμμα κλειστού βρόχου συστήματος θέρμανσης. (Κότσαλης κ.ά., 2012)



Άλλα παραδείγματα συστημάτων κλειστού βρόχου αποτελούν ο κλιματισμός των κτηρίων, ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας, το ηλεκτρικό ψυγείο, το καζανάκι της τουαλέτας, ο αυτόματος πιλότος των αεροπλάνων, ο ρυθμιστής στροφών των κινητήρων και πολλά άλλα. (Παρασκευόπουλος, 1996).

#### **1.4 Διάκριση του αυτοματισμού**

Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας οι αυτοματισμοί και ειδικότερα τα αυτόματα συστήματα διακρίθηκαν σε πολλές και διάφορες κατηγορίες. (Ρουτούλας, 2000).

Αυτές παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω.

Αρχικά τα συστήματα αυτοματισμού διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την φύση της σχέσης που αναπτύσσεται μεταξύ της εισόδου και της εξόδου ενός συστήματος.

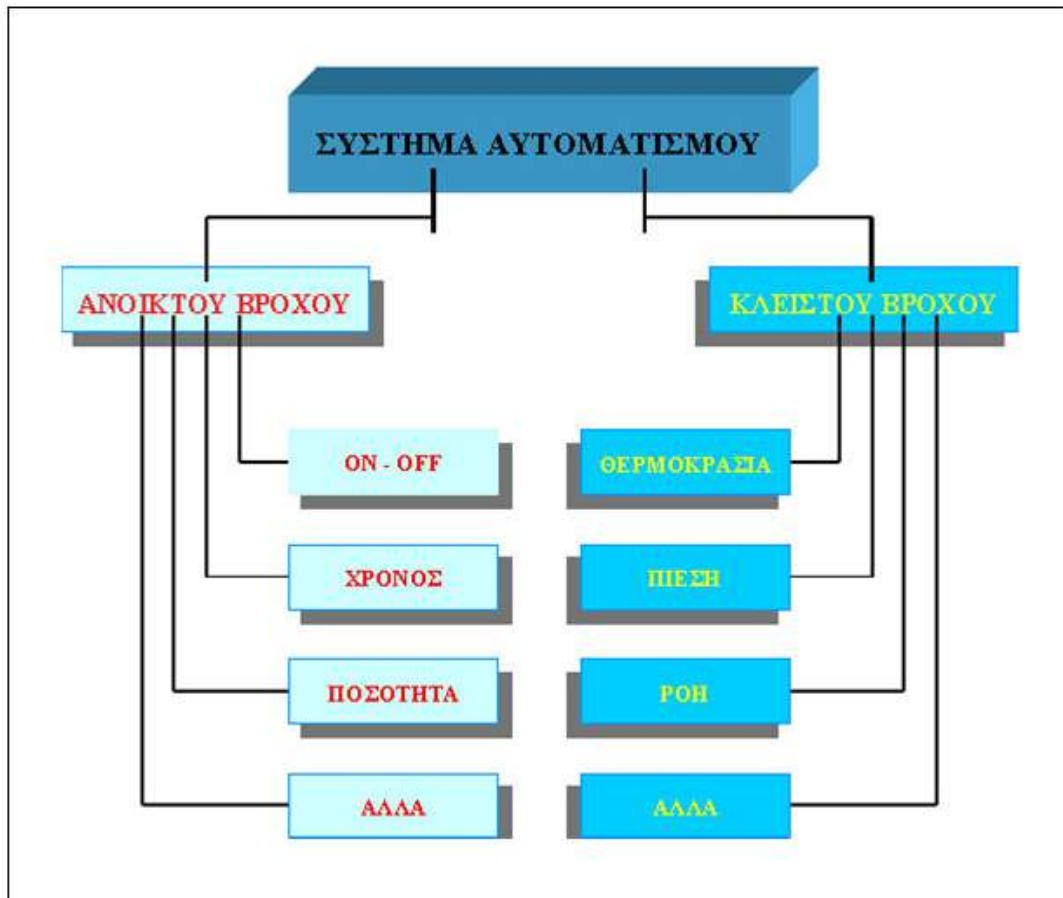
Τα οποία είναι:

- 1. Συστήματα αυτοματισμού ανοικτού κυκλώματος ή Συστήματα ανοικτού βρόχου (Open - Loop Control Systems).**
- 2. Συστήματα αυτοματισμού κλειστού κυκλώματος ή Συστήματα κλειστού βρόχου (Closed - Loop Control Systems).**

Η δεύτερη κατηγορία των συστημάτων αυτοματισμού είναι γνωστή και ως συστήματα αυτομάτου ελέγχου (Feedback Control Systems) ή Σ.Α.Ε. (Κότσαλης κ.ά., 2012)

Κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες των συστημάτων αυτοματισμού μπορεί να ελέγχει κάθε φορά διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας πάνω σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα αυτοματισμού οι οποίες φαίνονται στο επόμενο σχεδιάγραμμα. (Σχ. 1.7)

Σχήμα 1.7 Κατάταξη συστημάτων αυτοματισμού. (Κότσαλης κ.ά., 2012)



Μια άλλη κατηγορία συστημάτων αυτοματισμού προκύπτει από τη διάκριση τους ανάλογα με την φύση των μέσων ελέγχου που χρησιμοποιούν στην επίτευξη του αυτοματισμού. (Κότσαλης κ.ά., 2012).

Διακρίνονται σε πέντε συστήματα.

### 1. Συστήματα Ηλεκτρικών Αυτοματισμών.

Τα συστήματα ηλεκτρικών αυτοματισμών είναι κυκλώματα που ελέγχουν ένα ηλεκτρικό σήμα με ηλεκτρικές εντολές κατάλληλων εξαρτημάτων, για την πραγματοποίηση διαφόρων διεργασιών. Τα εξαρτήματα των ηλεκτρικών αυτοματισμών ονομάζονται ηλεκτρονόμοι.

### 2. Συστήματα Πνευματικών Αυτοματισμών.

Στα συστήματα πνευματικών αυτοματισμών το μέσο ελέγχου είναι ο πεπιεσμένος ατμοσφαιρικός αέρας που προέρχεται από κάποιο συμπιεστή με αποτέλεσμα να διεγείρει μία βαλβίδα ή την παλινδρομική κίνηση εμβόλων.

### **3. Συστήματα Υδραυλικών Αυτοματισμών.**

Τα συστήματα υδραυλικών αυτοματισμών χρησιμοποιούν ως μέσο ελέγχου ένα ρευστό (υδραυλικό υγρό ή λάδι) το οποίο βρίσκεται σε υψηλή πίεση και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και την μετάδοση κινήσεων και δυνάμεων.

### **4. Συστήματα Ηλεκτρονικών Αυτοματισμών.**

Τα συστήματα ηλεκτρονικών αυτοματισμών χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν, να φιλτράρουν, να διακόπτουν, να μετατρέπουν, να ανορθώνουν και να επεξεργάζονται ένα ηλεκτρικό σήμα.

### **5. Συστήματα Σύνθετων Αυτοματισμών.**

Τα σύνθετα συστήματα αυτοματισμών είναι αυτά που συνδυάζουν μεταξύ τους διάφορα συστήματα αυτοματισμών. Είναι τα υδροπνευματικά συστήματα, οι ηλεκτρικοί - ηλεκτρονικοί αυτοματισμοί, τα ηλεκτροπνευματικά συστήματα, τα ηλεκτρουδραυλικά κ.λπ.

Επίσης τα συστήματα αυτοματισμού ανάλογα με τα σήματα που αξιοποιούν χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες. (Ρουτούλας, 2000).

#### **1. Αναλογικά συστήματα αυτοματισμού. (Analog Systems).**

Τα αναλογικά συστήματα αυτοματισμού χρησιμοποιούν αναλογικά σήματα για την είσοδο και την έξοδο τους. Τα σήματα αυτά παρουσιάζουν μια ομαλή και συνεχή μεταβολή ως προς το χρόνο.

#### **2. Ψηφιακά συστήματα αυτοματισμού. (Digital Systems).**

Τα ψηφιακά συστήματα αυτοματισμού χρησιμοποιούν ψηφιακά σήματα για την είσοδο και την έξοδο τους. Τα σήματα αυτά παρουσιάζουν απότομες και μεγάλες μεταβολές σε συνάρτηση με το χρόνο που και αυτός μπορεί να εμφανιστεί με διάφορες μεταβολές.

#### **3. Υβριδικά συστήματα αυτοματισμού. (Hybrid Systems).**

Τα υβριδικά συστήματα αυτοματισμού αποτελούν τον συνδυασμό των αναλογικών και ψηφιακών συστημάτων αυτοματισμού.



Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες μπορεί να περιλαμβάνει τα ακόλουθα συστήματα ανάλογα με την δυνατότητα μνήμης που διαθέτουν: (Ρουτούλας, 2000).

➤ **Απλά Συστήματα. (Simple System).**

Απλά είναι τα συστήματα αυτοματισμού που δεν περιέχουν μνήμη με αποτέλεσμα να δέχονται μόνο μία είσοδο κάθε φορά και η έξοδος τους να καθορίζεται μόνο από την τρέχουσα είσοδο.

➤ **Συστήματα με Μνήμη. (System with Memory).**

Συστήματα με μνήμη είναι τα συστήματα αυτοματισμού που διαβάζουν περισσότερες από μια εισόδους. Η έξοδος τους δεν καθορίζεται μόνο από την τρέχουσα είσοδο αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει και προηγούμενες εισόδους με αποτέλεσμα η έξοδος του να αντιδρά ανάλογα

➤ **Έξυπνα συστήματα. (Artificially Intelligent System).**

Τα έξυπνα συστήματα αυτοματισμού είναι αυτά που δέχονται προγράμματα και περιέχουν ισχυρή μνήμη. Έχουν την ικανότητα να επιλέγουν ή να αλλάζουν από μόνα τους τα προγράμματα που εμπεριέχονται στην μνήμη τους σύμφωνα με την είσοδο που δέχονται κάθε φορά, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους.

Ακόμη τα συστήματα αυτοματισμού ανάλογα με την τεχνολογική τους εξέλιξη κατά την διάρκεια της εφαρμογής τους στην βιομηχανία χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες.

**1. Συστήματα κλασικού αυτοματισμού ή συστήματα καλωδιωμένης τεχνολογίας.**

Στα συστήματα κλασικού αυτοματισμού η εγκατάσταση και η λειτουργία του συστήματος γίνεται μόνο από την μεταξύ τους καλωδίωση των εξαρτημάτων και μηχανημάτων που χρειάζονται για μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

**2. Συστήματα προγραμματισμένης τεχνολογίας ή P.L.C.**

Στα συστήματα αυτά υπάρχει ο προγραμματισμός ενός στοιχείου του P.L.C. που ελέγχει όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα και μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

### 2.1 Ο Αυτοματισμός στην Αρχαιότητα

Ο αυτοματισμός και ειδικότερα τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου είναι μια ανάγκη που άρχισε να απασχολεί το ενδιαφέρον του άνθρωπου από τα αρχαία χρόνια.

Σαν λέξη ο αυτοματισμός πρωτοεμφανίστηκε στα γραπτά κείμενα του Ομήρου<sup>3</sup> στην αρχαία ελληνική μυθολογία. (Αδαμίδου, 2007)

Εκεί ο Όμηρος μας εξιστορεί για τους αυτόματους μηχανισμούς που κατασκεύαζε ο θεός Ήφαιστος<sup>4</sup>, για την εξυπηρέτηση του ίδιου αλλά και των άλλων θεών του Ολύμπου<sup>5</sup>. Υπάρχουν καταγεγραμμένες πάρα πολλές αναφορές στην Ελληνική μυθολογία που ασχολούνται με τα αυτόματα συστήματα. Βέβαια οι αναφορές αυτές αποτελούν μια μυθική έννοια του αυτοματισμού δεν παύουν όμως να δείχνουν το ενδιαφέρον που είχαν οι άνθρωποι για τους αυτόματους μηχανισμούς και την αξιοποίηση τους. Παρατηρούμε μέσα από αυτά τα κείμενα της μυθολογίας ότι ο άνθρωπος ήθελε και προσπαθούσε να δημιουργήσει αυτόματους μηχανισμούς για να μπορέσει να βελτιώσει τον τρόπο της ζωής του.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της εποχής αποτελούν τα χρυσά ανθρωπόμορφα όντα που είχε κατασκευάσει ο Ήφαιστος για να τον βοηθούν στο εργαστήριο του. Τα όντα αυτά όπως λέει η μυθολογία έμοιαζαν με ζωντανές κοπέλες που μπορούσαν να κινηθούν και να μιλήσουν. (Αδαμίδου, 2007)

Επίσης μεγάλη αναφορά γίνεται και για την κατασκευή του Τάλω, ενός ανθρωπόμορφου γίγαντα, από χαλκό, που έφτιαξε ο Ήφαιστος και τον χάρισε στον βασιλιά της Κρήτης Μίνωα. Έργο του αποτελούσε η φύλαξη των ακτών της Κρήτης και η αποτροπή των εχθρικών δυνάμεων να φτάσουν σε αυτή. (Κότσαλης κ.ά., 2012)

Πέρα όμως από τη σφαίρα της φαντασίας οι αρχαίοι Έλληνες οραματίστηκαν, ανέπτυξαν, σχεδίασαν και δημιούργησαν πολλούς αυτοματισμούς οι οποίοι αποτέλεσαν ένα προσχέδιο για την εξέλιξη των σημερινών αυτοματισμών.

Ο αυτοματισμός γενικά ως τέχνη αλλά και ως επιστήμη εμφανίστηκε στην περίοδο των Ελληνιστικών χρόνων από τους Έλληνες μηχανικούς στην Αλεξάνδρεια<sup>6</sup> της Αιγύπτου.

---

<sup>3</sup> Επικός ποιητής της Αρχαίας Ελλάδας έζησε τον 8<sup>ο</sup> Αιώνα π.Χ. και έγραψε τα Ομηρικά Έπη

<sup>4</sup> Ένας από τους 12 αρχαίους Έλληνες Ολύμπιους θεούς. Ήταν ο θεός της φωτιάς και των μετάλλων και ασχολιόταν με την τέχνη της μεταλλουργίας.

<sup>5</sup> Το ψηλότερο βουνό της Ελλάδας. Είναι παγκόσμια γνωστό για τον μυθολογικό του χαρακτήρα, καθώς στην κορυφή του ζούσαν οι 12 θεοί των αρχαίων Ελλήνων

<sup>6</sup> Μια από τις μεγαλύτερες πόλεις της αρχαιότητας. Ήταν γνωστή για τη βιβλιοθήκη της και για την έντονη πνευματική δραστηριότητα των λογίων της.

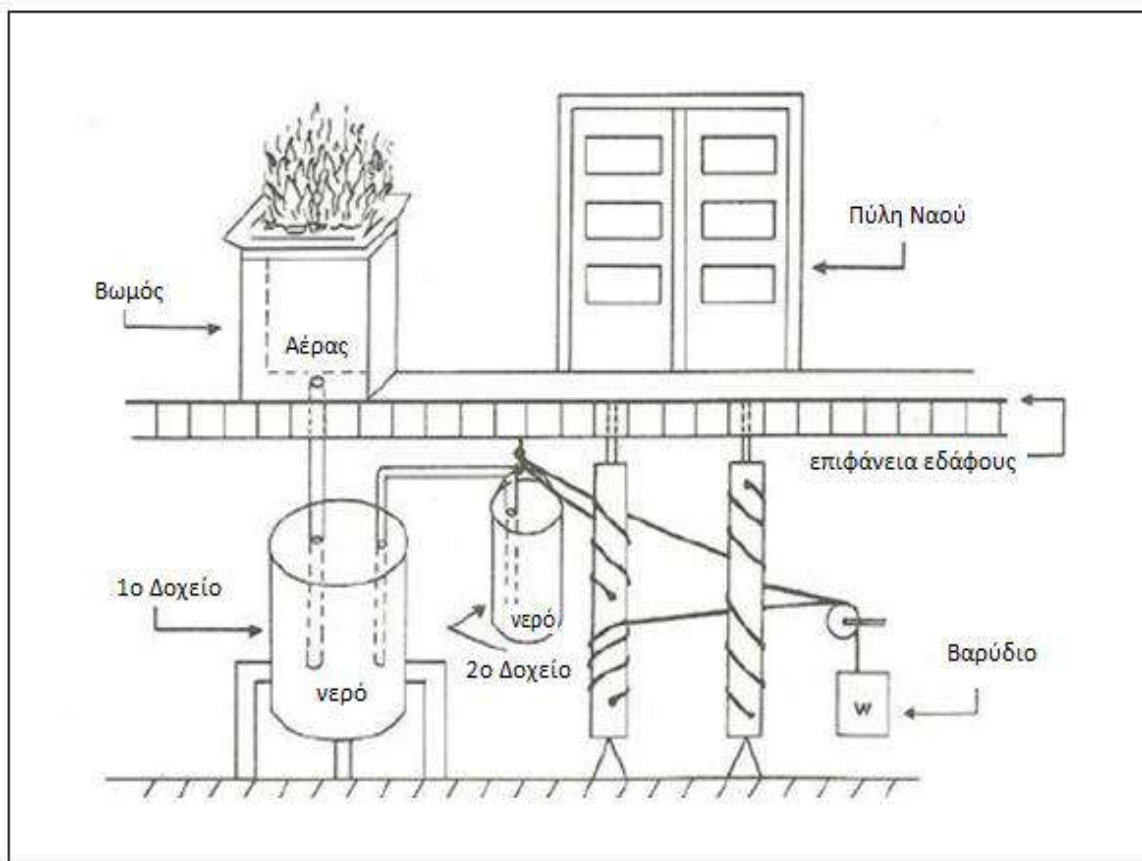
Οι πρώτοι αυτόματοι μηχανισμοί που εμφανίζονται στα γραπτά κείμενα που διασώθηκαν και μελετήθηκαν αργότερα ήταν καθαρά μηχανικοί και στηριζόταν στην λειτουργία μοχλών και γραναζιών ή άλλων μηχανολογικών εξαρτημάτων της εποχής εκείνης.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κατασκευή του Έρωνα του Αλεξανδρέως<sup>7</sup> που είναι γνωστός ως "ρυθμιστής του Έρωνα του Αλεξανδρέως". (Σχ. 2.1).

Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιήθηκε για να ανοίγει και να κλείνει την είσοδο ενός ναού με αυτόματο τρόπο, χρησιμοποιώντας ως μέσο ελέγχου μια εστία φωτιάς.

Ο αυτόματος μηχανισμός λειτουργούσε ως εξής: Ανάβοντας μια εστία φωτιάς πάνω σε ένα βωμό όπου από κάτω του υπήρχε ένα τμήμα με εγκλωβισμένο αέρα ο οποίος διοχετευόταν μέσω ενός σωλήνα σε ένα δοχείο με νερό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα όταν ο αέρας ζεσταινόταν να σπρώχνει λόγω διαστολής του το νερό από το πρώτο δοχείο σε ένα δεύτερο δοχείο. Το δεύτερο δοχείο ήταν κρεμασμένο με σχοινιά που ταυτόχρονα ήταν τυλιγμένα σε δύο κυλινδρικούς μηχανισμούς οι οποίοι ήταν δεμένοι με ένα βαρίδιο.

**Σχήμα 2.1** Ο ρυθμιστής του Έρωνα του Αλεξανδρέως. (Παρασκευόπουλος, 1996)



<sup>7</sup> Έλληνας μηχανικός και εφευρέτης του 1<sup>ο</sup> Αιώνα π.Χ. Έγραψε το αρχαιότερο γνωστό έργο που διασώθηκε το "Αυτοματοποιητική" και διατέλεσε διευθυντής της ανώτατης τεχνικής σχολής της Αλεξάνδρειας.

Όταν το δεύτερο δοχείο γέμιζε με νερό γινόταν βαρύτερο από το βαρίδιο οπότε κατέβαινε προς τα κάτω ενώ το βαρίδιο που ήταν με τέτοιο τρόπο δεμένο επάνω στους κυλινδρικούς μηχανισμούς ανέβαινε προς τα πάνω. Το αποτέλεσμα αυτής της κίνησης των κυλινδρικών μηχανισμών που ήταν συνδεδεμένα με γρανάζια με τα φύλλα της πόρτας, ήταν να ανοίγει η πύλη του ναού. Όταν για κάποιο λόγο έσβηνε η φωτιά πάνω στον βωμό τότε ο μηχανισμός ακολουθούσε την αντίθετη διαδικασία.

Ο αέρας κάτω από τον βωμό κρύωνε, κατά συνέπεια η πίεση του άρχιζε σιγά σιγά να μικραίνει οπότε το νερό ακολουθούσε την αντίθετη πορεία και η πόρτα τελικά έκλεινε.

Ο μηχανισμός του Ήρων αποτελεί ένα αυτόματο σύστημα που χρησιμοποιεί ως μέσο ελέγχου τον αέρα και το νερό, άρα με τα σημερινά δεδομένα μπορούμε να πούμε ότι είναι ένας πνευματικός και υδραυλικός αυτοματισμός. (Παρασκευόπουλος, 1996)

Ένα άλλο σημαντικό παράδειγμα από την εποχή εκείνη αποτελεί το "Υδραυλικό ρολόι του Κτησίβιου"<sup>8</sup>. (Σχ. 2.2)

Το ρολόι αυτό είναι ένα κλασικό παράδειγμα συστήματος αυτοματισμού κλειστού βρόχου διότι μπορούσε να λειτουργεί συνέχεια, μόνο του, χωρίς να υπάρχει ανθρώπινη παρέμβαση.

Ήταν ένα είδος ρυθμιστή στάθμης νερού. Χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση των ωρών της ημέρας κατά την διάρκεια ολόκληρου του χρόνου.

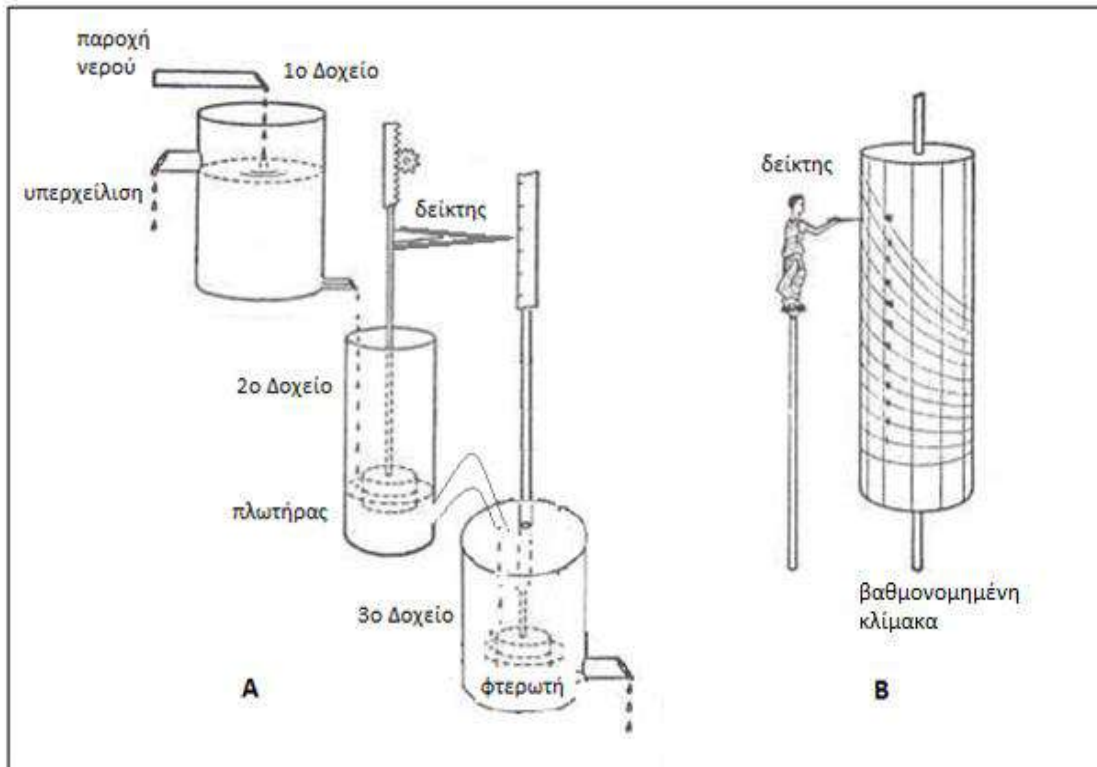
Αποτελούνταν από τρία δοχεία τα οποία ήταν τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο ώστε να τροφοδοτούνται με νερό από μια πηγή. (Σχ.2.2.A). Το νερό κατευθυνόταν μέσω ανοιγμάτων από το ένα δοχείο στο άλλο ενώ το καθένα από αυτά χρησίμευε για διαφορετική λειτουργία. Αρχικά το νερό διοχετευόταν στο πρώτο δοχείο από μια πηγή με σταθερό και συνεχή ρυθμό. Επειδή το νερό έτρεξε συνέχεια από την πηγή στο δοχείο αυτό υπήρχε ένα σωλήνας υπερχειλίσσης στο πάνω του μέρος για να διατηρεί μια συγκεκριμένη ποσότητα νερού μέσα του. Κατόπιν το νερό μέσω μιας μικρής υποδοχής που υπήρχε στο κάτω μέρος του, έφευγε από το πρώτο δοχείο και χυνόταν μέσα στο δεύτερο. Το δεύτερο δοχείο είχε μικρότερο μέγεθος και μεγαλύτερο ύψος και μέσα του υπήρχε ένας πλωτήρας που επέπλεε στο νερό. Πάνω του ήταν τοποθετημένος ένας δείκτης που άλλαζε θέση ανάλογα με την στάθμη που είχε κάθε φορά το νερό. Όταν το νερό στο δεύτερο δοχείο ανέβαινε, ανέβαινε και ο πλωτήρας με τον δείκτη ο οποίος με την σειρά του έδειχνε την

---

<sup>8</sup> Έλληνας μαθηματικός, μηχανικός και εφευρέτης του 3<sup>ου</sup> Αιώνα π.Χ. Ιδρυτής της Αλεξανδρινής σχολής των μηχανικών και των μαθηματικών

ώρα πάνω σε ένα κυλινδρικό πλαίσιο στο οποίο ήταν χαραγμένες με βαθμονομημένη κλίμακα οι ώρες της συγκεκριμένης εποχής ανάλογα με την ημερομηνία. (Σχ. 2.2.Β).

**Σχήμα 2.2** Υδραυλικό ρολόι του Κτησίβιου. (Καλλιγερόπουλος & Βασιλειάδου, 2005)



Το κυλινδρικό πλαίσιο που ήταν τοποθετημένο πάνω σε μία φτερωτή η οποία περιστρεφόταν όταν έπεφτε πάνω της το νερό, βρισκόταν μέσα σε ένα τρίτο δοχείο. Στο τέλος της ημέρας το νερό του δεύτερου δοχείου άδειαζε, μέσω ενός σωλήνα προς το τρίτο δοχείο, πέφτοντας πάνω στην φτερωτή, με αποτέλεσμα να κινεί το κυλινδρικό πλαίσιο τόσο όσο χρειαζόταν για περάσει ο δείκτης στις ώρες τις επόμενης ημέρας. Αυτό συνέβαινε διότι την εποχή εκείνη η διάρκεια των ωρών από ημέρα σε ημέρα ήταν διαφορετική. Αυτή η διαδικασία συνεχιζόταν ολόκληρη την χρονιά και έτσι οι άνθρωποι μπορούσαν να γνωρίζουν την ώρα ανά πάσα στιγμή.

Το υδραυλικό ρολόι του Κτησίβιου αποτέλεσε την έναυση και τη βάση για όλους τους μετέπειτα υδραυλικούς μηχανισμούς ρολογιών. (Καλλιγερόπουλος & Βασιλειάδου, 2005)

Η ανάπτυξη των μηχανικών αυτών αυτοματισμών που βασίζονταν στους μηχανισμούς που είχαν επινοηθεί και χρησιμοποιηθεί στην αρχαιότητα συνεχίστηκε και κατά τους επόμενους αιώνες και έδωσε πολλά αποτελέσματα που βοήθησαν σε μεγάλο βαθμό τους ανθρώπους μέχρι και την βιομηχανική εποχή.

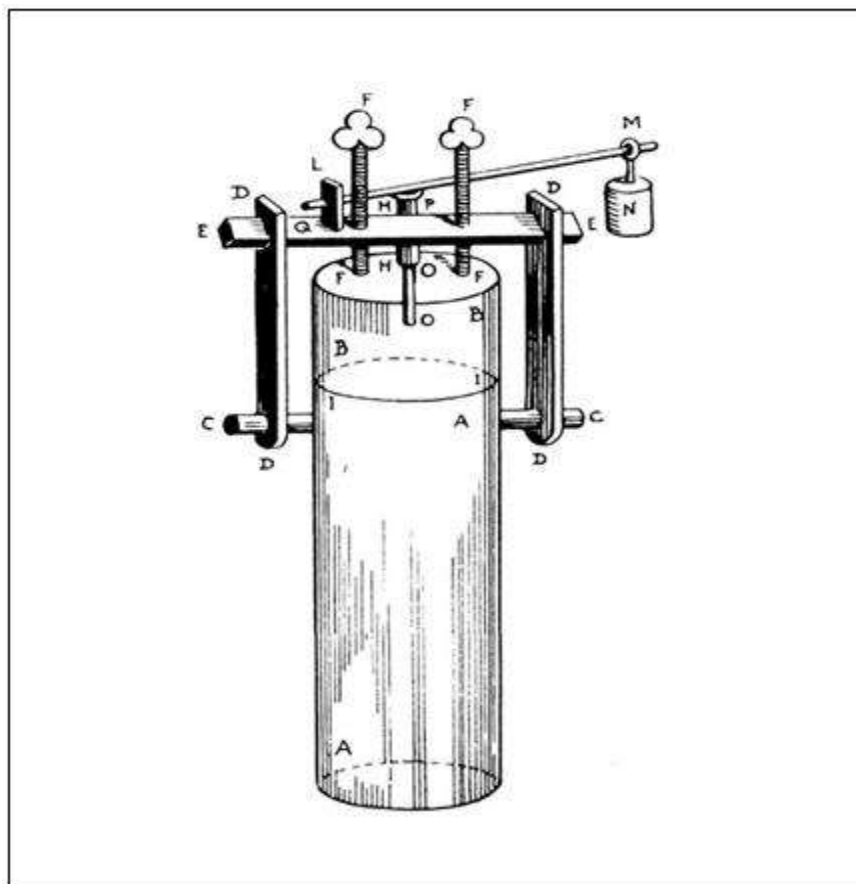
## 2.2 Ο Αυτοματισμός στην Βιομηχανική Εποχή

Η εξέλιξη και η ανάπτυξη του αυτοματισμού άρχισε να παίρνει μια διαφορετική μορφή μετά την βιομηχανική επανάσταση.

Στην περίοδο της βιομηχανική εποχής έχουμε την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας με πολλές εφευρέσεις και νέα τεχνολογικά επιτεύγματα καθώς και την ανάπτυξη και εμφάνιση των μηχανών μεγάλης ισχύος. Οι μηχανικοί αυτοματισμοί των προηγούμενων αιώνων ήταν δύσκολο πλέον να χειριστούν αυτά τα νέα μηχανήματα. Ο αυτοματισμός έπρεπε να εξελιχθεί και να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα ώστε να μπορέσει να ελέγξει την κατάσταση. (Καλιγερόπουλος & Βασιλειάδου, 2005)

Την έναρξη στην εξέλιξη των αυτοματισμών που αποτέλεσε κομβικό σημείο και αποτελεί εφεύρεση η οποία χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα την έκανε ο Denis Papin<sup>9</sup> με τον "ρυθμιστή πίεσης". Ο Παπέν το 1681 κατασκεύασε ένα αυτοματισμό που έλεγχε την πίεση του ατμού μέσω μίας βαλβίδας ασφαλείας. (Σχ. 2.3).

**Σχήμα 2.3** Ο ρυθμιστής πίεσης του Papin (Αδαμίδου, 2007)



<sup>9</sup> Denis Papin (1647-1712). Γάλλος φυσικός, μαθηματικός και εφευρέτης

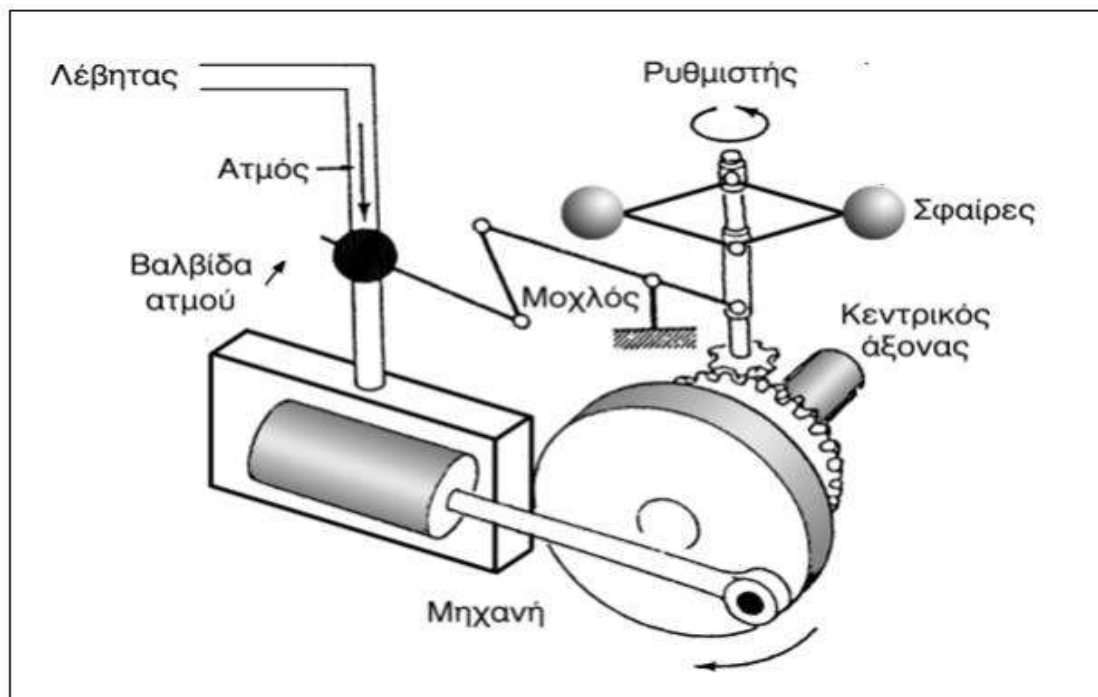
Χρησιμοποιήθηκε για να ελέγχει την πίεση που αυξανόταν μέσα σε ένα λέβητα και να την συγκρίνει με την επιθυμητή πίεση που αντιπροσωπεύεται από το φορτίο, δηλαδή το βάρος. Εάν η πίεση μέσα στον λέβητα αυξανόταν πάνω από το βάρος τότε η βαλβίδα θα άνοιγε και ο ατμός θα ελευθερωνόταν μέχρι το σύστημα να φτάσει σε ισορροπία. Ο ρυθμιστής αυτός αν και αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την ρύθμιση της πίεσης του ατμού μέσα σε ένα λέβητα, αποτελεί μία προεργασία της ατμομηχανής. Εμφανίζεται ακόμη και στην σημερινή μας εποχή σαν βαλβίδα ασφαλείας, στην χύτρα ταχύτητας που χρησιμοποιούμε στο μαγείρεμα. (Αδαμίδου, 2007)

Τη συνέχεια στην εξέλιξη του αυτοματισμού έδωσε η κατασκευή του James Watt<sup>10</sup> που το 1788 κατασκεύασε τον φυγοκεντρικό ρυθμιστή ταχύτητας. (Σχ. 2.4).

Ήταν το πρώτο αυτόματο σύστημα που βρήκε και βρίσκει μέχρι και τώρα ευρεία χρήση στο χώρο της βιομηχανίας. Αποτελεί μια διάταξη που εκείνη την εποχή μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε πάρα πολλές εφαρμογές ενώ ταυτόχρονα αποτέλεσε και την κινητήρια δύναμη για την περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας στην βιομηχανική παραγωγή.

Στην αρχική της μορφή χρησιμοποιήθηκε για τον αυτόματο έλεγχο της ταχύτητας των ατμομηχανών ενώ στην σημερινή μας εποχή χρησιμοποιείται για την ρύθμιση των στροφών σε διάφορες μηχανές.

**Σχήμα 2.4** Ο αυτόματος ρυθμιστής ταχύτητας του James Watt. (Παρασκευόπουλος, 1996)



<sup>10</sup> James Watt (1736-1819). Σκωτσέζος μηχανουργός, μηχανικός και εφευρέτης. Ονομάστηκε και πατέρας της ατμομηχανής

Η αρχή λειτουργίας του μηχανισμού βασίζεται στην ποσότητα του ατμού που θα έφτανε στην μηχανή. Όπως παρατηρούμε και στο σχήμα 2.4 ο κεντρικός άξονας της ατμομηχανής περιστρέφει τις δύο σφαίρες που λόγω τις φυγοκεντρικής δύναμής περιστρέφονται και απομακρύνονται προς τα έξω με αποτέλεσμα την κίνηση του μοχλού που ελέγχει το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας ατμού του ατμολέβητα. Κατά συνέπεια όταν η βαλβίδα έκλεινε διέκοπτε την είσοδο του ατμού στην μηχανή οπότε η ταχύτητα της μηχανής μειωνόταν ενώ όταν η βαλβίδα άνοιγε είχαμε το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα. (Παρασκευόπουλος, 1996)

Πολλές ακόμη εφευρέσεις και ανακαλύψεις ακολούθησαν τις επόμενες δεκαετίες που με βάση την συνεχή ανάπτυξη των μηχανών ωθούσε και στην εμφάνιση αποτελεσματικότερων και πολυπλοκότερων αυτοματισμών για την υποστήριξη των συγκεκριμένων μηχανών. (Deligiannis, Manesis & Lygeros, 2008)

Καθώς τα συστήματα άρχισαν να γίνονται πολύπλοκα προέκυψε μία ανεπάρκεια σε αυτά. Πολλοί απρόβλεπτοι και διαφορετικοί παράγοντες που δεν μπορούσαν οι μηχανικοί να γνωρίζουν από την αρχή, μπορούσαν να επιδράσουν στους αυτόματους μηχανισμούς και να επηρεάσουν την ομαλή λειτουργία τους ή να επιφέρουν λάθος αποτέλεσμα ή και ακόμη να προκαλέσουν την καταστροφή τους. Η ανεπάρκεια αυτή αργότερα ονομάστηκε αστάθεια του συστήματος και προκάλεσε το ενδιαφέρον πολλών επιστημόνων της εποχής που προσπαθούσαν να βρουν μια λύση στο πρόβλημα. Μετά από πολλές προσπάθειες η λύση βρέθηκε στα μαθηματικά, χρησιμοποιήσαν δηλαδή για την ανάλυση των αυτόματων συστημάτων την μαθηματική θεωρία. (Παρασκευόπουλος, 1996)

Στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα οι μηχανικοί σταμάτησαν να αναπτύσσουν τον αυτοματισμό βασιζόμενη μόνο στην διαίσθηση, όπως γινόταν μέχρι τότε και άρχισαν ευρέως να χρησιμοποιούν μια θεωρητική μαθηματική βάση στον έλεγχο των αυτόματων συστημάτων.

Την έναρξη την πραγματοποίησε ο J. C. Maxwell<sup>11</sup> που το 1868 ανέπτυξε τις πρώτες μαθηματικές εξισώσεις μελετώντας τον αυτόματο ρυθμιστή ταχύτητας του James Watt. Χρησιμοποιώντας τις μαθηματικές εξισώσεις για να απεικονίσει το αυτόματο σύστημα ελέγχου του ρυθμιστή, κατάφερε να τις εφαρμόσει σε αυτό και να εξαλείψει τις αστάθειες του. Τα αποτελέσματα του ήταν πάρα πολύ καλά οπότε η ανάπτυξη των μαθηματικών

---

<sup>11</sup> James Clerk Maxwell (1831-1879). Σκωτσέζος θεωρητικός φυσικομαθηματικός. Ασχολήθηκε με την μελέτη του ηλεκτρομαγνητισμού και τα επιτεύγματα του αποτελούν την δεύτερη σημαντικότερη ενοποίηση στη φυσική.



πάνω στην εξέλιξη των αυτοματισμών άρχισε να παίζει σημαντικό και πρωταρχικό ρόλο. (Παρασκευόπουλος, 1996)

Στη συνέχεια του χρόνου αυτό που βοήθησε στην ανάπτυξη και την εξέλιξη των αυτοματισμών ήταν η εμφάνιση των παγκοσμίων πολέμων. Ο πόλεμος ανάγκασε τους ανθρώπους να πειραματίζονται και να προσπαθούν να δημιουργήσουν συστήματα που θα τους βοηθούσαν να υπερισχύσουν έναντι των αντιπάλων τους.

Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να χρησιμοποιήσουν αλλά και να εξελίξουν πάρα πολλούς από τους αυτοματισμούς που χρησιμοποιούσαν μέχρι τότε, στα οπικά τους συστήματα και στις τηλεπικοινωνίες. Όπως στην αυτόματη πλοήγηση των αεροσκαφών και πλοίων, στην κατασκευή αυτόματης στόχευσης των πυροβόλων όπλων, στην αυτόματη κίνηση των ραντάρ κ.λπ. (Καλιγερόπουλος & Βασιλειάδου, 2005)

### **2.3 Ο Αυτοματισμός μετά την χρήση του Ηλεκτρισμού**

Η χρησιμοποίηση του ηλεκτρισμού στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου αποτελεί μια καινοτομία η οποία έδωσε μια μεγάλη ώθηση στις δυνατότητες των αυτόματων συστημάτων.

Περάσαμε από την εποχή του μηχανικού αυτοματισμού που είχε καθιερωθεί μέχρι τότε σε μια άλλη εποχή, στην εποχή του ηλεκτρικού αυτοματισμού. Εκεί που χρησιμοποιούσαμε τα γρανάζια και τους μοχλούς για να ελέγχουμε τα αυτόματα συστήματα τώρα χρησιμοποιούμε τον ηλεκτρονόμο ή ρελέ (relay).

Ο ηλεκτρισμός βοήθησε στην δημιουργία του ηλεκτρονόμου ο οποίος αποτελεί έναν ηλεκτρικό διακόπτη. Χρησιμοποιεί έναν ηλεκτρομαγνήτη που όταν τροφοδοτηθεί με ηλεκτρική τάση, ελέγχει, δηλαδή ανοίγει ή κλείνει τις επαφές του. Ο χειρισμός του μπορεί να γίνει από απόσταση γι' αυτό και ονομάστηκε και τηλεχειριζόμενος ηλεκτρικός διακόπτης. (Κρικέλης, 1985)

Ανακαλύφτηκε από τον Τζόζεφ Χένρυ<sup>12</sup> το 1835. Οι ηλεκτρονόμοι συνέχισαν για πολλά χρόνια ακόμη να αποτελούν την κινητήρια δύναμη για τον έλεγχο των αυτόματων συστημάτων. Χρησιμοποιήθηκαν κατά κόρο σε όλα τα αυτόματα συστήματα αλλά κυρίως στον βιομηχανικό αυτοματισμό που έδωσαν μια νέα πνοή στην παραγωγική διαδικασία. Ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται και παρέχει ικανοποιητικό έλεγχο στα αυτόματα συστήματα. Βέβαια έχει εξελιχθεί και προσαρμοστεί σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

Η εποχή του ηλεκτρικού αυτοματισμού ονομάστηκε πολύ αργότερα, στα μέσα περίπου του 20<sup>ου</sup> αιώνα και εποχή του κλασικού αυτοματισμού για να διαχωριστεί από την σύγχρονη εποχή του αυτοματισμού που εμφανίστηκε με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα επόμενα χρόνια. (Ζούλης, Καφεντζάκης & Σούλτης, 2000)

---

<sup>12</sup> Joseph Henry (1797-1878). Αμερικανός φυσικός ανακάλυψε το φαινόμενο της αυτεπαγωγής και τελειοποίησε το ηλεκτρομαγνητικό ρελέ.

## 2.4 Ο Αυτοματισμός στον 20<sup>ο</sup> Αιώνα

Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας είναι ο αιώνας των εφευρέσεων και των ανακαλύψεων. Αποτελεί επανάσταση στην εξέλιξη της τεχνολογίας και παράλληλα του αυτοματισμού. Σε αυτόν τον αιώνα εμφανίστηκε η ηλεκτρονική τεχνολογία και αναπτύχθηκε η χρήση του ψηφιακού ηλεκτρονικού υπολογιστή. (Ακρίδας, 2014)

Στην αρχή του αιώνα ανακαλύφθηκε η ηλεκτρονική λυχνία<sup>13</sup> με βάση της οποίας ξεκίνησε η ανάπτυξη των πρώτων ηλεκτρονικών συσκευών. Το ραδιόφωνο, η τηλεόραση, οι ασύρματοι και πολλών άλλων συσκευών που σαν κύριο εξάρτημα τους είχαν την λυχνία αυτή. (Εικ. 2.1)

Εικόνα 2.1 Ηλεκτρονική Λυχνία

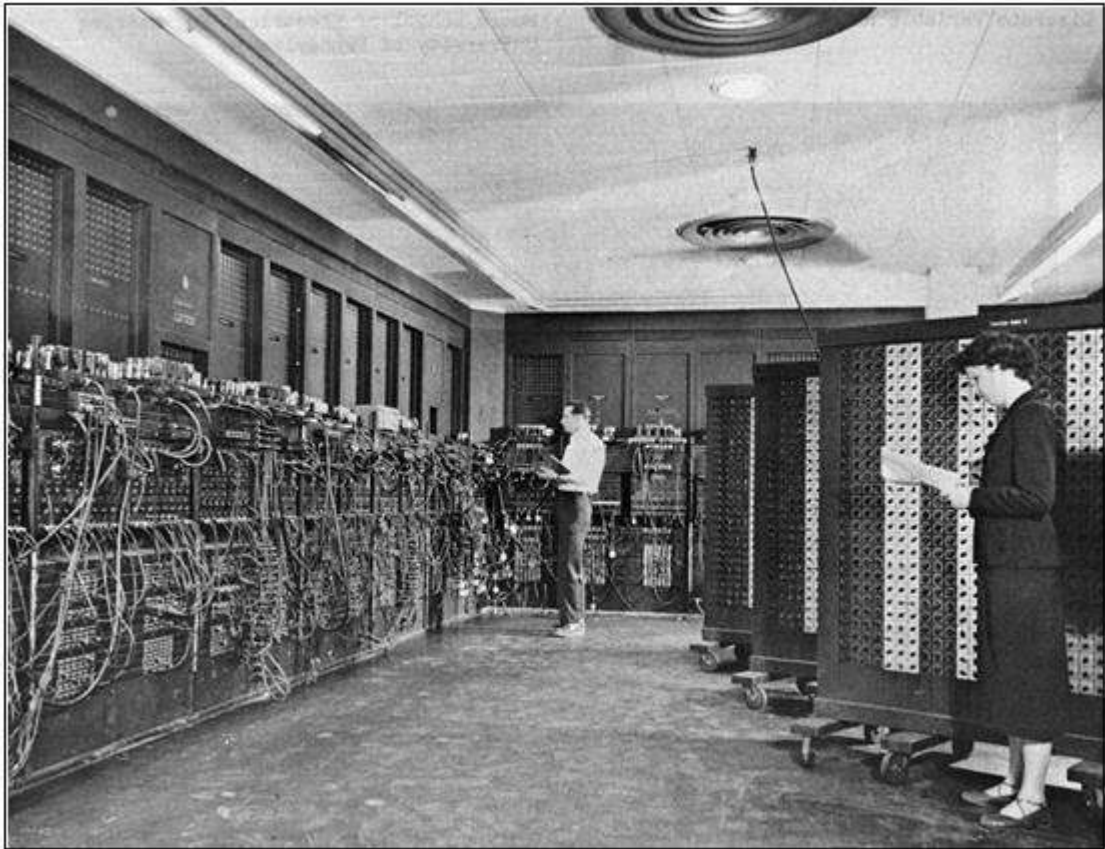
Πηγή: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum\\_tube](https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_tube)



Η ηλεκτρονική λυχνία εκτός των άλλων χρησιμοποιήθηκε το 1945 και για την κατασκευή του πρώτου καθαρά ηλεκτρονικού επαναπρογραμματιζόμενου υπολογιστή που ονομάστηκε "ENIAC". (Εικ. 2.2).

Ήταν ένας ψηφιακός ηλεκτρονικός υπολογιστής που χρησιμοποιούσε τις λυχνίες κενού για την λειτουργία του. Καταλάμβανε τεράστιο χώρο και κατανάλωνε πολύ μεγάλη ισχύ από το δίκτυο. Ο προγραμματισμός του γινόταν με τη ρύθμιση πάρα πολλών διακοπών με πολλές ενδιάμεσες θέσεις που συνδεόταν με πλήθος καλωδίων τα οποία έπρεπε να ελέγχονται χειροκίνητα. Δεν είχε καμία σχέση ούτε εμφανισιακά ούτε λειτουργικά με τους υπολογιστές που γνωρίζουμε σήμερα και χρησιμοποιούταν μόνο για την επίλυση μαθηματικών εξισώσεων. (Δημαλέξης, 2017)

<sup>13</sup> Ηλεκτρονική λυχνία ή λυχνία κενού ή θερμιονική βαλβίδα είναι μια διάταξη κενού αέρος που επιτρέπει τον έλεγχο της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος.

**Εικόνα 2.2** ENIAC - Ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής.Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/ENIAC>

Αργότερα το 1950 με την ανακάλυψη των ημιαγωγών και την εμφάνιση του ηλεκτρονικού εξαρτήματος που ονομάστηκε τρανζίστορ<sup>14</sup> περνάμε σε μια άλλη διάσταση στην εξέλιξη του αυτοματισμού. (Εικ. 2.3). (Petrouzella, 2000)

Από την περίοδο αυτή και μετά η ανάπτυξη του αυτοματισμού που αφορούσε και άμεσα την εξέλιξη της τεχνολογίας μπορούμε να πούμε ότι άγγιξε την σφαίρα της φαντασίας. Έγινε τόσο γρήγορα που πλέον ήταν δύσκολο να την παρακολουθήσουμε.

Το τρανζίστορ χρησιμοποιήθηκε για να αντικαταστήσει την ηλεκτρονική λυχνία. Σε σχέση με αυτή ήταν ένα πάρα πολύ μικρό εξάρτημα οπότε μείωσε σε πολύ μεγάλο βαθμό τις διαστάσεις όλων των ηλεκτρικών συσκευών και κατά συνέπεια τις έκανε πιο φθηνές και πιο απλές στην κατασκευή τους αλλά και στην λειτουργία τους.

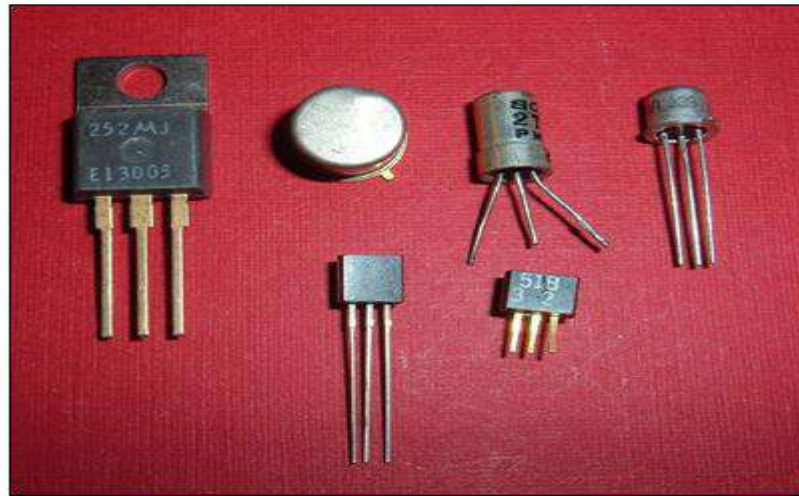
Το ίδιο συνέβη και στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που η χρησιμοποίησή του σε αυτούς, έφερε την δημιουργία των πρώτων πραγματικών υπολογιστών οι οποίοι σαν βασικό στόχο τους είχαν την αποθήκευση και την διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων.

---

<sup>14</sup> Transistor: τρανζίστορ ή κρυσταλλοτρίοδος. Μια διάταξη ημιαγωγών στερεάς κατάστασης που ρυθμίζει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος

**Εικόνα 2.3** Διάφορα Τρανζίστορ.

Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor>



Περνώντας στην δεκαετία του 1960 οι μηχανικοί προσπαθούσαν να βρουν τρόπους να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών στις βιομηχανικές εφαρμογές έτσι ώστε να αντικαταστήσουν όλους τους αυτοματισμούς που χρησιμοποιούσαν μέχρι τότε, από τους υπολογιστές.

Αρχικά ξεκίνησαν από την αντικατάσταση των μηχανολογικών αυτοματισμών που υπήρχαν στις εργαλειομηχανές (τόρνοι, φρέζες κ.λπ.) και συνέχισαν την πορεία τους στην πάροδο του χρόνου με την προσπάθεια να αντικαταστήσουν και τους ηλεκτρολογικούς αυτοματισμούς. (Κρανάς & Δασκαλόπουλος, 2001)

Πέρασαν αρκετά χρόνια ακόμη μέχρι να μπορέσουν να αξιοποιήσουν την τεχνολογία και να περάσουν από τον κλασικό αυτοματισμό στον σύγχρονο αυτοματισμό. Η κινητήριος δύναμη για την ανάπτυξη του σύγχρονου αυτοματισμού είναι η κατασκευή του πρώτου μικροϋπολογιστή που έγινε γύρω στο 1975. Από εκεί και μετά η ανάπτυξη του αυτοματισμού περνά σε μια συνεχόμενη ανοδική εξέλιξη αλλάζοντας τελείως την πορεία σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης ζωής.

Ήδη από τις αρχές τις δεκαετίας του 1970 έχει αρχίσει δειλά – δειλά η εμφάνιση ενός νέου προϊόντος αυτοματισμού για την χρησιμοποίηση του στην βιομηχανία που ονομάστηκε πολύ αργότερα προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής. Ο αρχικός του στόχος ήταν η αντικατάσταση των ηλεκτρονόμων. Το 1980 ήταν η χρονιά που εμφανίστηκε στην αγορά από τις εταιρίες ηλεκτρολογικού υλικού και από τότε αποτελεί το μεγαλύτερο τεχνολογικό επίτευγμα στον αυτοματισμό. Η εξέλιξη του στα μετέπειτα χρόνια δεν

παρέμεινε σταθερή μέχρι και την σημερινή μας εποχή, ήταν αλματώδης και παρασύρθηκε από την ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Πλέον οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές χαρακτηρίζονται ως εξειδικευμένοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με πανίσχυρους και ταχύτατους επεξεργαστές, με δυνατότητες διασύνδεσης τους με δίκτυα μεγάλων ταχυτήτων τόσο ενσύρματα όσο και ασύρματα. (Σμυρλής & Ζαρογιάννης, 2007)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ

### 3.1 Γενικές πληροφορίες και η εξέλιξη των PLC

Η δημιουργία των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών ξεκίνησε γύρω στο 1960 σαν σκέψη των μηχανικών της αμερικάνικης αυτοκινητοβιομηχανίας.

Οι μηχανικοί εκείνης της εποχής εξέταζαν την εφαρμογή της νέας τεχνολογίας στον τομέα τους, προσπαθώντας να βρουν τρόπο να αυτοματοποιήσουν την παραγωγική διαδικασία των αυτοκινήτων. Ήθελαν στην πραγματικότητα να απλουστεύσουν τα πολύπλοκα και ογκώδη ηλεκτρικά κυκλώματα που χρησιμοποιούσαν μέχρι τότε στην βιομηχανική παραγωγή, με την αξιοποίηση της τεχνολογίας των υπολογιστών που είχε αρχίσει να αναπτύσσεται.

Πολλές εταιρίες ασχολήθηκαν την περίοδο αυτή με την αναζήτηση καινούργιων εξαρτημάτων ή συστημάτων που σαν κύριο μέλημα τους θα ήταν η αντικατάσταση των ηλεκτρονόμων που είδη χρησιμοποιούταν στην βιομηχανία. (Petrouzella, 2018)

Η βασική δομή και ο όρος του νέου αυτού εξαρτήματος επινοήθηκε αρκετά χρόνια αργότερα από την εταιρία General Motors Hydramatic το 1968. Η εταιρία Bedford Associate για λογαριασμό της General Motors μετά από πολλές προσπάθειες, δημιούργησε την πρώτη συσκευή PLC που αρχικά ονομάστηκε "084" επειδή ήταν το 84<sup>ο</sup> στη σειρά έργο που κατασκεύασε η εταιρία. (Εικ. 3.1).

Στο εμπόριο εμφανίστηκε γύρω στο 1971 με το όνομα "Modicon 084" και ένα από τα μέλη της ομάδας που εργάστηκε πάνω σε αυτό ήταν ο Dick Morley<sup>15</sup> (Εικ. 3.2) που θεωρήθηκε και ο πατέρας του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Το Modicon 084 διέφερε σε πολύ μεγάλο βαθμό από το σημερινό PLC τόσο κατασκευαστικά όσο και λειτουργικά. Η βασική του χρήση ήταν η αντικατάσταση του ηλεκτρονόμου με ψηφιακές εφαρμογές σε συνδυασμό με τα ηλεκτρικά κυκλώματα που είδη υπήρχαν. (Ακρίδας, 2014)

---

<sup>15</sup> Richard E. "Dick" Morley (1932-2017). Αμερικανός μηχανικός της General Motors. Ασχολήθηκε με τους αυτοματισμούς και θεωρήθηκε ένας από τους δημιουργούς του PLC



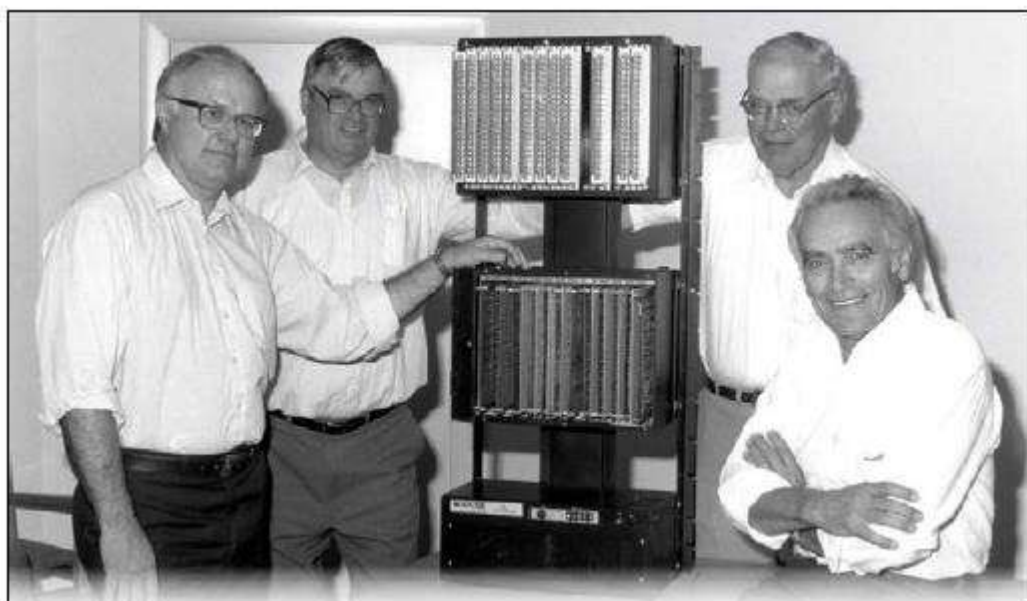
**Εικόνα 3.1** Η πρώτη συσκευή PLC το "MODICON 084"

Πηγή: <https://www.rs-online.com/designspark/stepwise-approach-to-upgrading-your-old-control-system>



**Εικόνα 3.2** Ο Morley (αριστερά) και η ομάδα του μπροστά από το Modicon 084

Πηγή: <https://www.se.com/my/en/about-us/events/modicon50years.jsp>





Με τον τρόπο αυτό περάσαμε σε μια νέα εποχή για την εξέλιξη του αυτοματισμού που ονομάστηκε σύγχρονη εποχή ή προγραμματιζόμενη εποχή διότι αντικατέστησε την εποχή του κλασικού αυτοματισμού. Μέχρι την περίοδο εκείνη ο κλασικός αυτοματισμός που βασίστηκε στον ηλεκτρισμό και την συρματωμένη λογική των ηλεκτρονόμων κυριαρχούσε σε όλες τις βιομηχανίες. (Ζούλης κ. ά., 2000)

Οι αυτοματισμοί που χρησιμοποιούσαν τους ηλεκτρονόμους για την εκτέλεση του ελέγχου των συστημάτων τους μπορεί να ήταν αρκετά ικανοποιητικοί στην παραγωγική διαδικασία της βιομηχανίας όμως δεν διέθεταν ευελιξία στις αλλαγές του συστήματος και ήταν πολύ δαπανηροί σε ότι αφορά το κόστος αντικατάστασης τους. Ολόκληρο το σύστημα αυτοματισμού γενικότερα ήταν πολύπλοκες σαν κατασκευές. Χρησιμοποιούσαν πολλά ρελέ και διάφορα άλλα εξαρτήματα, χρονικά, θερμικά, επαφές κ.λπ., καταλάμβαναν μεγάλο χώρο και πολλές εκατοντάδες μέτρα καλωδίων, ανάλογα βέβαια και με το σχέδιο της συνδεσμολογίας που έπρεπε κάθε φορά να έχουν για να λειτουργήσει η συγκεκριμένη εφαρμογή.

Όταν η διεργασία του αυτοματισμού άλλαζε για διάφορους λόγους και αυτό συνέβαινε συχνά στον τομέα της παραγωγικής βιομηχανίας τότε έπρεπε να αλλάξει το συνδεσμολογικό σχέδιο. Έπρεπε να προστεθούν, να αφαιρεθούν ή να αλλάξουν θέση διάφορα εξαρτήματα μέσα στον πίνακα οπότε γινόταν αλλαγή στην καλωδίωση των εξαρτημάτων. Η διαδικασία αυτή ήταν χρονοβόρα, δαπανηρή, πολύπλοκη και καθόλου ευέλικτη. Απαιτούσε τεχνογνωσία και μεγάλη προσοχή από τον τεχνικό που θα την αναλάμβανε. Επιβαλλόταν να γνωρίζει πολύ καλά το σχέδιο της συνδεσμολογίας για να μπορεί να κάνει τις ανάλογες παρεμβάσεις χωρίς να πειραχθεί το τελικό αποτέλεσμα του αυτοματισμού.

Επίσης τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούταν στο σύστημα αυτοματισμού ιδίως τα ρελέ, ήταν μηχανικά, με αποτέλεσμα να έχουν μικρή διάρκεια ζωής και να θέλουν συνεχώς αντικατάσταση ενώ η απαίτηση τους για ενέργεια ήταν μεγάλη.

Όλα αυτά τα προβλήματα που υπήρχαν στο χώρο της βιομηχανίας και σε συνάρτηση με την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας των υπολογιστών έφεραν την εμφάνιση των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών. (Δημαλέξης, 2017)

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι μια ψηφιακή ηλεκτρονική συσκευή (Εικ. 3.3) που αποτελεί τον εγκέφαλο της εγκατάστασης του αυτοματισμού και λειτουργεί με τον τρόπο που λειτουργούν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

Βασικά είναι ένας ειδικός ηλεκτρονικός υπολογιστής, ειδικά σχεδιασμένος και κατάλληλα προσαρμοσμένος για να χρησιμοποιηθεί στο βιομηχανικό περιβάλλον. (Petruzella, 2018) Είναι σε θέση να δέχεται διάφορα ηλεκτρικά σήματα στην είσοδό του, να τα επεξεργάζεται σύμφωνα με το πρόγραμμα το οποίο βρίσκεται στην μνήμη του και να παράγει κατάλληλα σήματα εξόδου τα οποία ενεργοποιούν τις διατάξεις που ελέγχει. (Πανταζής, 1997)

### Εικόνα 3.3 Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής

Πηγή: <https://www.designworldonline.com/ge-intelligent-platforms-introduces-new-durus-plus/>



Από την δεκαετία του 1970 που πρωτοδημιουργήθηκαν μέχρι το 1980 που άρχισαν να εμφανίζονται από τις εταιρίες παραγωγής ηλεκτρολογικών υλικών για μαζική χρήση στην βιομηχανία εξελίχτηκαν αρκετά, τόσο στην κατασκευή τους όσο και στον προγραμματισμό τους.

Η εξέλιξη τους όμως αυτή θα αποτελούσε ένα αρνητικό στοιχείο για την εδραίωση τους στην βιομηχανία διότι ήταν ένα καινούργιο προϊόν που η εφαρμογή του πάνω στην παραγωγική διαδικασία ήταν τελείως διαφορετική από αυτή που επικρατούσε μέχρι τότε. Με το προϊόν αυτό η βιομηχανική παραγωγή περνούσε από τους ηλεκτρονόμους στους προγραμματιζόμενους ελεγκτές δηλαδή κατά κάποιο τρόπο στους υπολογιστές. (Δημαλέξης, 2017)

Οι εταιρίες παραγωγής το κατάλαβαν και για αυτό όταν εμφάνισαν το προϊόν στην αγορά το ονόμασαν PLC με τα αρχικά δηλαδή του ονόματος τους και όχι με την πλήρη ονομασία τους που παρέπιπτε σε προγραμματισμό. Επίσης είχαν προσέξει κατά την

δημιουργία του να το προσαρμόσουν έτσι ώστε η λειτουργία του να μην ξεφύγει καθόλου από τον μέχρι τότε τρόπο σχεδιασμού ενός αυτοματισμού. Αυτό συντέλεσε στην ομαλή και επιτυχής χρησιμοποίηση του στην παραγωγική διαδικασία της βιομηχανίας. (Ζούλης κ.ά., 2000)

Αρκετές εταιρίες αυτοματισμών δραστηριοποιήθηκαν στον τομέα της παραγωγής των PLC. Κάθε μια από αυτές δημιούργησε το δικό της προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή.

Παρακάτω παραθέτονται κάποιες κατηγορίες των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών από διαφορετικές εταιρίες κατασκευής.

**Εικόνα 3.4** Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της SCHNEIDER ELECTRIC

Πηγή: <https://www.se.com/ww/en/product-category/3900-plc%2C-pac-and-dedicated-controllers/>



Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ

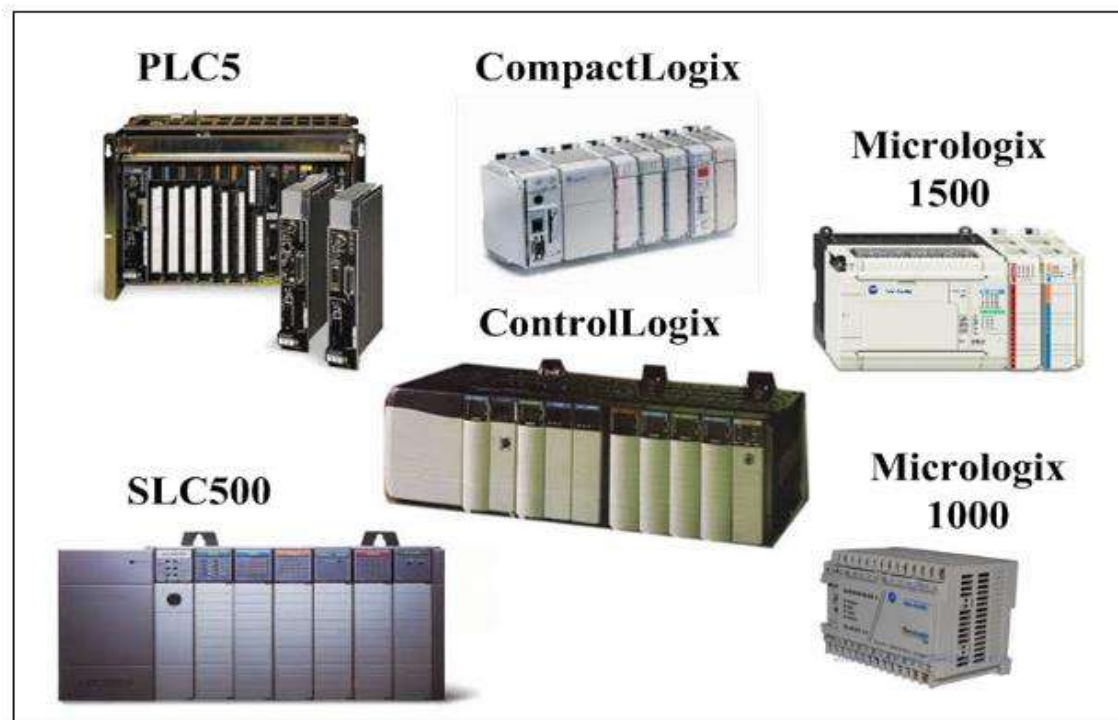
**Εικόνα 3.5** Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της SIEMENS

Πηγή: <https://automationprimer.com/2014/03/16/siemens-plcs/>



**Εικόνα 3.6** Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της ALLEN BRADLEY

Πηγή: <https://theautomization.com/history-of-allenbradley/>





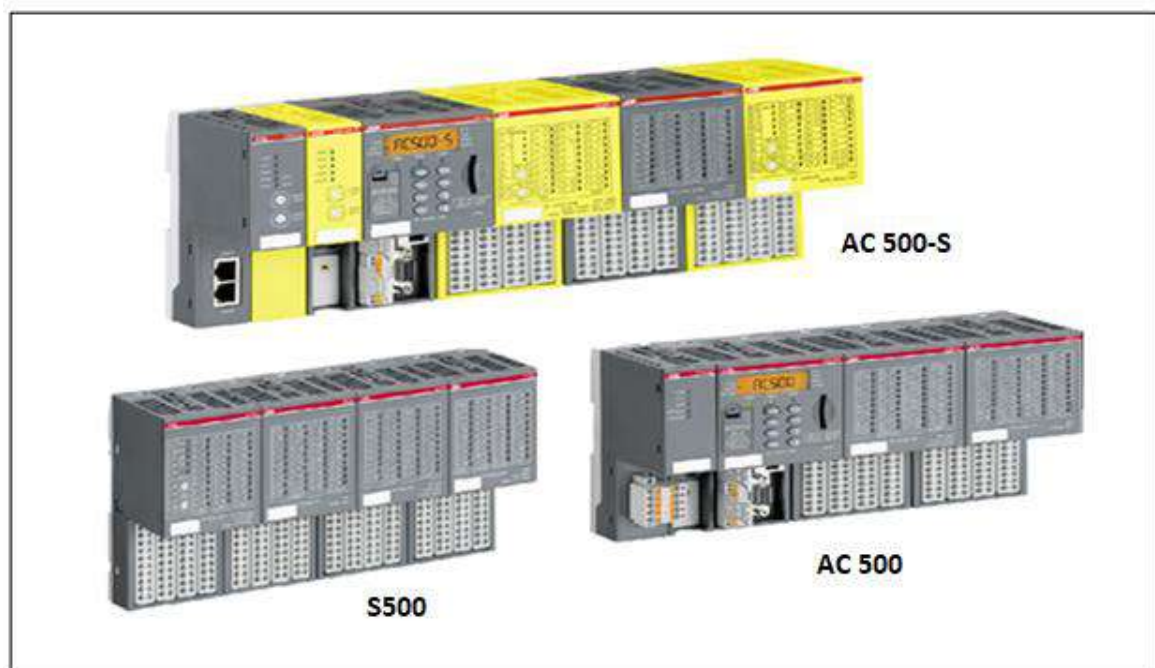
**Εικόνα 3.7** Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της MITSUBISHI

Πηγή: <https://www.oaaust.com/plc>



**Εικόνα 3.8** Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της ABB

Πηγή: <https://new.abb.com/plc/programmable-logic-controllers-plcs/ac500>



**Εικόνα 3.9** Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της General Electric Fanuc

Πηγή: <http://gefanc.in/Ge-Fanuc/PLC/Suppliers-Dealers/#>



Οι εταιρίες αυτές κατασκεύασαν τα δικά τους PLC που ήταν διαφορετικά μόνο στην εμφάνιση τους γιατί η διεργασία για την οποία κατασκευάστηκαν να εκτελέσουν θα ήταν η ίδια. Το μόνο πράγμα που δεν μπορούσε να είναι διαφορετικό μεταξύ των PLC ήταν ο προγραμματισμός. Εάν αυτός διέφερε τότε οι μηχανικοί των βιομηχανιών θα έπρεπε να γνωρίζουν για κάθε εταιρία που κατασκεύαζε PLC και την αντίστοιχη γλώσσα προγραμματισμού του. Αυτό ήταν αδύνατον και δεν συνέφερε ούτε τους μηχανικούς αλλά ούτε και τις εταιρίες κατασκευής τους. Για τον λόγο αυτό οι εταιρίες αν και όχι αρκετά νωρίς, συνεργάστηκαν μεταξύ τους και αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν όλες τους τις ίδιες γλώσσες προγραμματισμού για τα προϊόντα τους.

Στην πραγματικότητα οι αρχικές γλώσσες προγραμματισμού τους δεν ήταν τίποτε άλλο από την μεταφορά του ηλεκτρολογικού σχεδίου του κλασικού αυτοματισμού με συμβολικό τρόπο στο PLC. Αυτό γινόταν με την βοήθεια μιας συσκευής προγραμματισμού. (Ζούλης κ. ά., 2000)

### **3.2 Πλεονεκτήματα της χρήσης των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών**

Στην επικράτηση τελικά του σύγχρονου αυτοματισμού με την χρήση των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών έναντι του κλασικού αυτοματισμού των ηλεκτρονόμων εκτός των άλλων στοιχείων που έχουν αναφερθεί, βοήθησαν και τα πολλά πλεονεκτήματα που εμφανίζονται εάν συγκρίνουμε τους δύο αυτοματισμούς.

Αναλυτικότερα τα πλεονεκτήματα των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών έναντι των ηλεκτρονόμων δηλαδή της χρήσης του κλασικού αυτοματισμού είναι τα εξής: (Petruzella, 2018) (Πανταζής, 1997)

✓ Κόστος κατασκευής

Η συσκευή PLC έχει λιγότερα κατασκευαστικά έξοδα στις εταιρίες κατασκευής τους έναντι των πολλών υλικών του κλασικού αυτοματισμού ρελέ, χρονικά κ.λπ. που χρειάζεται να κατασκευάσουν για να χρησιμοποιηθούν στην ίδια εφαρμογή

✓ Κόστος συντήρησης

Ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης του συστήματος αυτοματισμού διότι δεν χρειάζονται σχεδόν καθόλου αλλαγές σε σύγκριση με τους ηλεκτρονόμους που συνεχώς ήθελαν αντικατάσταση λόγω μηχανικής βλάβης.

✓ Είναι συσκευές γενικής χρήσης

Το ίδιο εξάρτημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές και διαφορετικές εφαρμογές προσαρμόζοντας την λειτουργία του έτσι ώστε να ανταποκρίνεται κάθε φορά στις απαιτήσεις της συγκεκριμένης εφαρμογής του αυτοματισμού.

✓ Οικονομία χρόνου.

Ο χρόνος κατασκευής μιας εφαρμογής αυτοματισμού είναι κατά πολύ μικρότερος από τον χρόνο κατασκευής ενός κλασικού πίνακα αυτοματισμού. Καθώς επίσης και ο χρόνος αποκατάστασης μιας βλάβης που μπορεί να προκύψει στο σύστημα.

✓ Οικονομία χώρου.

Μειώνουν κατά πολύ το συνολικό όγκο του συστήματος αυτοματισμού διότι είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που διαθέτει πάνω του όλα τα υλικά που χρησιμοποιούσαμε για

τον κλασικό αυτοματισμό.

✓ Οικονομία ενέργειας

Η ενέργεια που καταναλώνουν είναι πολύ μικρή σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνουν δεκάδες ρελέ και υλικά του κλασικού αυτοματισμού τα οποία θα χρησιμοποιούσαμε για μία συγκεκριμένη εφαρμογή αυτοματισμού.

✓ Ευελιξία στην επέκταση του αυτοματισμού

Υπάρχει επάρκεια βοηθητικών επαφών στην ίδια συσκευή χωρίς να χρειαστεί να προσθέσουμε κάτι όπως γινόταν με τα υλικά του κλασικού αυτοματισμού.

✓ Ευελιξία στην τροποποίηση του συστήματος αυτοματισμού

Μπορούμε να τροποποιήσουμε την λειτουργία του αυτοματισμού σε πολύ ελάχιστο χρόνο και πολύ εύκολα με μια αλλαγή στο πρόγραμμα χωρίς να απαιτείται παρέμβαση στις καλωδιώσεις και τον εξοπλισμό του συστήματος.

✓ Εύκολος έλεγχος και παρακολούθηση της λειτουργίας του αυτοματισμού.

Υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της λειτουργίας τους και οποιοδήποτε στοιχείου της εφαρμογής από οθόνες, ενδεικτικές λυχνίες και ηχητικές αναγγελίες.

✓ Δυνατότητα επικοινωνίας.

Μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους και να μεταφέρουν δεδομένα, να συνδεθούν με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, περιφερειακές μονάδες και με το internet.

✓ Αυξημένη αξιοπιστία και διάρκεια ζωής.

Έχουν τη δυνατότητα να τοποθετηθούν σε χώρους με δύσκολες συνθήκες όπως με αυξημένη θερμοκρασία, με ηλεκτρονικούς θορύβους, με κραδασμούς, με σκόνη και χώρους με πεδία ισχύος, χωρίς να δημιουργούν προβλήματα, σύμφωνα βέβαια με τις οδηγίες του κάθε κατασκευαστή.



Βέβαια πάντα μία εφαρμογή ή ένα προϊόν παρουσιάζει και τα μειονεκτήματα του. Είναι πάρα πολύ λίγα για τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές και είναι τα εξής: (Petruzella, 2000)

- ✓ Ακριβά για πολύ μικρές και απλές εφαρμογές .
- ✓ Απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό για την εγκατάσταση, τον προγραμματισμό και την λειτουργία του.
- ✓ Ακριβή η αντικατάσταση του σε περίπτωση βλάβης που δεν επιδιορθώνεται.

### 3.3 Τύποι Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τις ανάγκες της αγοράς για διαφορετικές συσκευές σε σχέση με το μέγεθος και τις δυνατότητες τους, διαχωρίστηκαν σε δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση την κατασκευή τους. (Ζούλης κ. ά., 2000)

Οι οποίες είναι:

1. PLC τύπου Compact.
2. PLC τύπου Modular.

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές τύπου Compact (Εικ. 3.10) αποτελούν μια ενιαία συμπαγή κατασκευή. Είναι δηλαδή μια συσκευή που περιλαμβάνει όλα τα επιμέρους στοιχεία που χρειάζεται για την λειτουργία της τροφοδοτικό, κεντρική μονάδα, μονάδες εισόδων-εξόδων κ.λπ., ενσωματωμένα πάνω της.

**Εικόνα 3.10** PLC τύπου Compact.

Πηγή: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc.html>



Έχουν περιορισμένες δυνατότητες, μικρό αριθμό εισόδων και εξόδων, μικρό αριθμό χρονικών και απαριθμητών, μικρή δυνατότητα επέκτασης και μικρότερη ισχύ στον επεξεργαστή τους. Τα PLC του τύπου αυτού χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο αισθητηρίων και γενικά για απλά συστήματα αυτοματισμών. Αποτελούν μια εύκολη και οικονομική λύση για μικρές εγκαταστάσεις. Επίσης χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που υπάρχει περιορισμός χώρου λόγω του μικρού μεγέθους τους. Το μειονέκτημα τους είναι

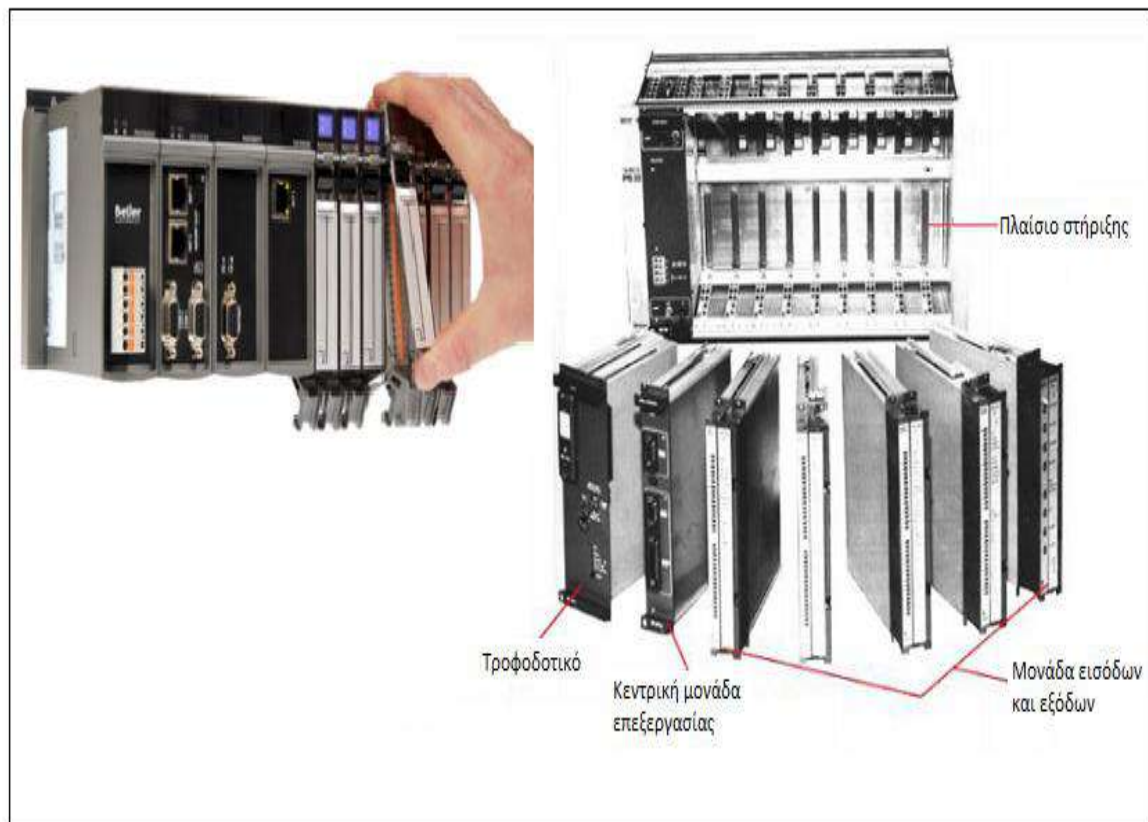
ότι σε περίπτωση που υπάρχει βλάβη σε ένα από τα επιμέρους στοιχεία τους τότε πρέπει ολόκληρη η συσκευή να αλλαχτεί. (Δημαλέξης, 2017)

Βέβαια ορισμένα μοντέλα των σημερινών προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών αυτού του τύπου έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό και πλέον μπορούν να επεκταθούν και να αποκτήσουν περισσότερες εισόδους και εξόδους. Αυτό γίνεται με τις μονάδες επέκτασης που μπορούν να συνδέσουν πάνω τους.

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές τύπου Modular (Εικ. 3.11) είναι μια κατασκευή η οποία αποτελείται από ξεχωριστές βαθμίδες που ενώνονται μεταξύ τους πάνω σε ένα πλαίσιο στήριξης, όπως φαίνετε και στην εικόνα 3.11.

**Εικόνα 3.11** PLC τύπου Modular.

Πηγή:[https://www05.beijerelectronics.com/en/Products/Control\\_systems/Modular\\_PL\\_C](https://www05.beijerelectronics.com/en/Products/Control_systems/Modular_PL_C)



Η κάθε βαθμίδα, τροφοδοτικό, κεντρική μονάδα επεξεργασίας, μονάδες εισόδων-εξόδων κ.λπ. αποτελεί και ξεχωριστή συσκευή οι οποίες τελικά όλες μαζί συνδέονται μεταξύ τους και συνθέτουν μια ενιαία κατασκευή που λειτουργεί αυτόνομα.

Τα PLC του τύπου αυτού είναι επεκτάσιμα και χρησιμοποιούνται όταν χρειαζόμαστε μεγάλο αριθμό εισόδων και εξόδων. Επίσης χρησιμοποιούνται για μεγάλα, σύνθετα και

απαιτητικά συστήματα αυτοματισμών. Έχουν πολλές δυνατότητες, μεγάλη υπολογιστική δύναμη και είναι σαφώς πολύ ακριβότερα από τα τύπου Compact. Είναι αυτά τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην βιομηχανία λόγω όλων αυτών των δυνατοτήτων τους. Σημαντικό παράγοντα αποτελεί και το γεγονός ότι εάν κάποια από τις βαθμίδες του χαλάσει τότε αλλάζουμε μόνο αυτή χωρίς να επηρεάζεται η υπόλοιπη συσκευή. (Ακρίδας, 2014)

### **3.4 Δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή**

Η δομή ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή βασίζεται στην ίδια αρχή με αυτή που εφαρμόζεται στην αρχιτεκτονική των ηλεκτρονικών υπολογιστών. (Παρασκευόπουλος, 1996)

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι ικανός όχι μόνο στην εκτέλεση των εργασιών ενός ηλεκτρονόμου αλλά και στην εκτέλεση άλλων εφαρμογών όπως μετρήσεις, υπολογισμούς σύγκρισης και επεξεργασίας λογικών σημάτων. (Petruzella, 2000)

Μια συσκευή PLC για να μπορέσει να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της σημερινής βιομηχανικής παραγωγής αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία λειτουργίας:

1. Το υλικό στοιχείο.
2. Το λογισμικό στοιχείο.

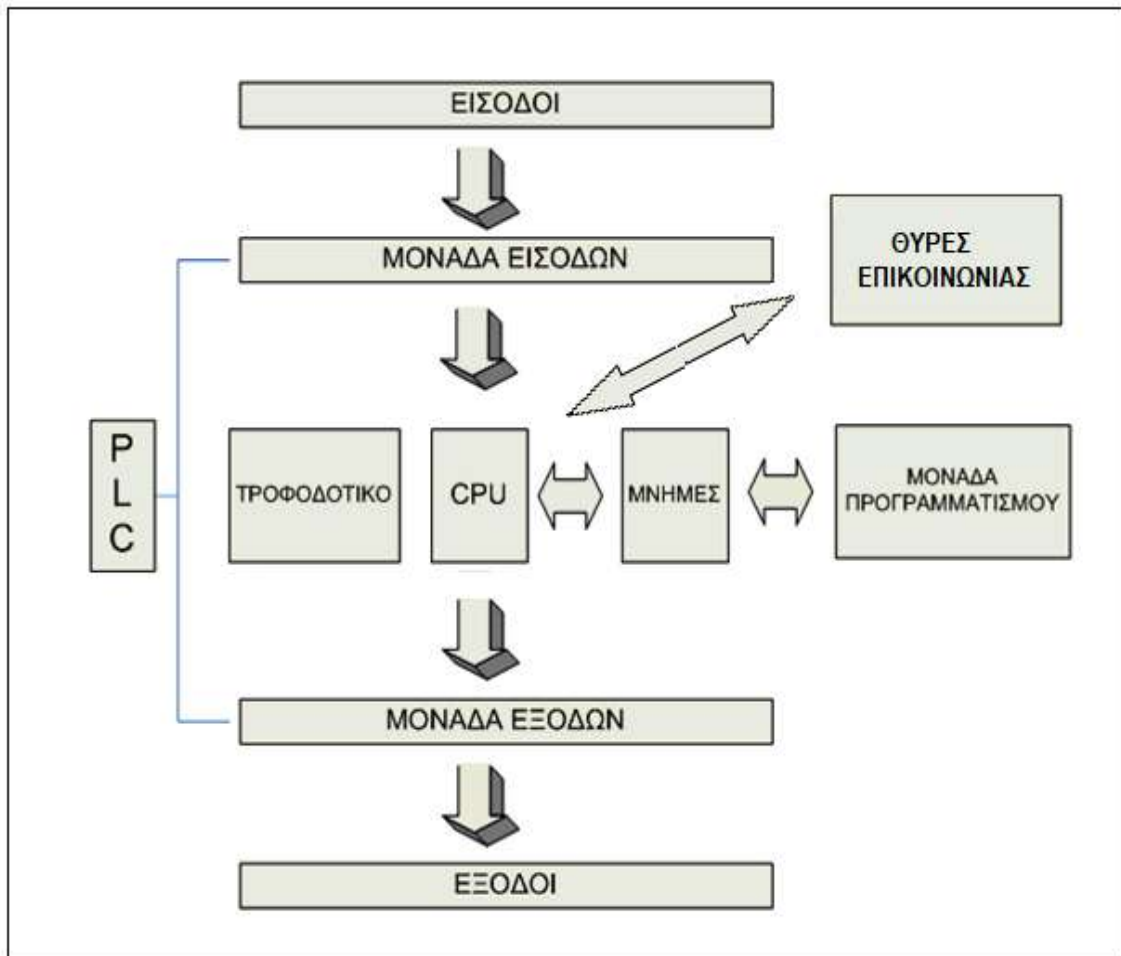
Υλικό στοιχείο ή αλλιώς Hardware εννοούμε όλα τα υλικά μέρη που απαρτίζουν τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή μαζί με την ηλεκτρονική τους υπόσταση που εισάγει, επεξεργάζεται και εξάγει τα σήματα για την λειτουργία της εφαρμογής του αυτοματισμού. (Κρανάς & Δασκαλόπουλος, 2001)

Ενώ λογισμικό στοιχείο ή αλλιώς Software εννοούμε το λειτουργικό σύστημα το οποίο είναι απαραίτητο για την σωστή λειτουργία ολόκληρου του PLC και για την υλοποίηση του προγράμματος του αυτοματισμού. Δηλαδή το σύνολο των εντολών που χρησιμοποιούμε για να το προγραμματίσουμε να εκτελέσει την εργασία την οποία έχει αναλάβει.

Τα υλικά μέρη που απαρτίζουν έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή είναι τα εξής: (Σχ. 3.1 και 3.2)

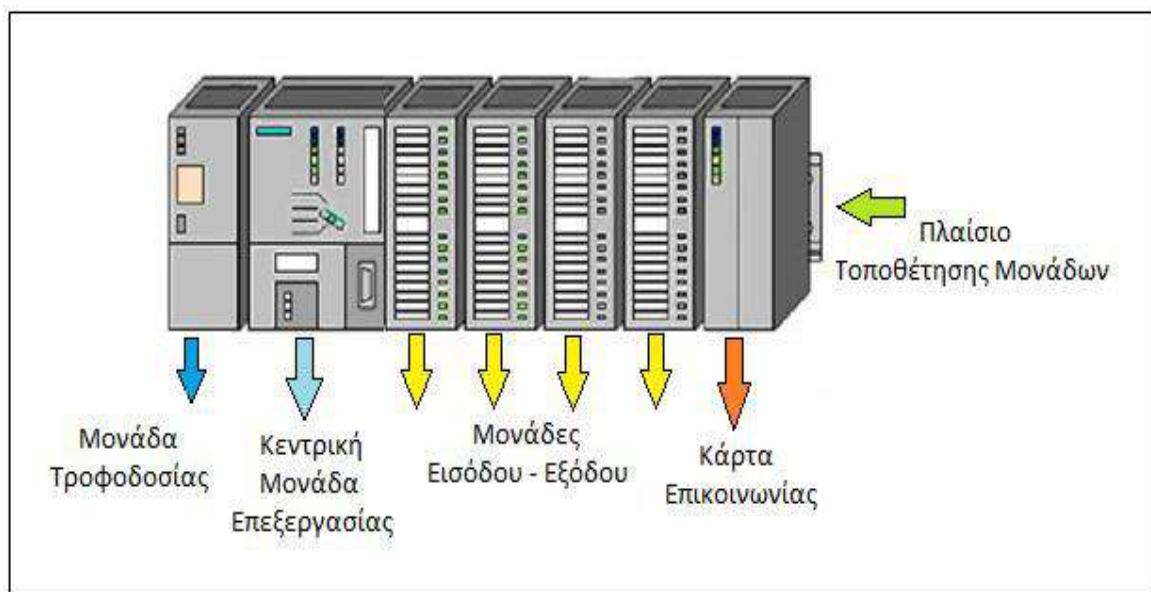
- **Μονάδα τροφοδοσίας.**
- **Κεντρική μονάδα επεξεργασίας.**
- **Μονάδες επικοινωνίας Εισόδων - Εξόδων.**
- **Μονάδα προγραμματισμού.**
- **Κάρτα ή θύρα επικοινωνίας.**
- **Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων.**

Σχήμα 3.1 Η βασική δομή του PLC



Σχήμα 3.2 Η βασική δομή του PLC σε πραγματική απεικόνιση με όλες τις μονάδες του.

Πηγή: <https://panasonic-plc.com/siemens-plc-2/>



➤ **Μονάδα τροφοδοσίας.**

Η μονάδα τροφοδοσίας (Εικ. 3.12) είναι ένα από τα βασικά τμήματα του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Λαμβάνει την εναλλασσόμενη τάση τροφοδοσίας από το δίκτυο και την προσαρμόζει ανάλογα στην συνεχή τάση λειτουργίας των εσωτερικών ηλεκτρονικών στοιχείων που συνθέτουν το PLC, για να μπορέσει να λειτουργήσει.

Αποτελείται εσωτερικά από ένα μετασχηματιστή για να υποβιβάζει την τάση τροφοδοσίας στα επίπεδα της τάσης λειτουργίας της συσκευής που είναι της τάξεων των 5V, 12V ή 24V.

Από έναν ανορθωτή που χρειάζεται για την μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή με την οποία λειτουργούν τα ηλεκτρονικά στοιχεία της και από έναν σταθεροποιητή τάσης για να την κρατάει σταθερή σε μια συγκεκριμένη τιμή.

Επίσης κάποιες μονάδες τροφοδοσίας περιλαμβάνουν και μια μπαταρία η οποία είναι προσαρμοσμένη πάνω της και χρησιμοποιείται για να διατηρεί το περιεχόμενο της μνήμης του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή σε περίπτωση που η τροφοδοσία του για κάποιο λόγο σταματήσει. Σε κάποια άλλα PLC η μπαταρία αυτή βρίσκεται ενσωματωμένη στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του. (Borelbach, Kraemer, Mock, Nows, & Behrendt, 2001)

**Εικόνα 3.12** Μονάδα Τροφοδοσίας PLC

Πηγή: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-300.html>



➤ **Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU).**

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Εικ. 3.13) του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή αποτελεί την βασικότερη μονάδα ολόκληρου του συστήματος του αυτοματισμού. Είναι υπεύθυνη για την οργάνωση, την εκτέλεση και τον έλεγχο όλων των διεργασιών που πραγματοποιεί ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής κατά την διάρκεια της λειτουργία του.

**Εικόνα 3.13** Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)

Πηγή: <https://program-plc.blogspot.com/2016/01/take-benefits-of-siemens-plc-s7-300.html>



Είναι στην πραγματικότητα ένας μικροϋπολογιστής που αποτελείται εσωτερικά από τον μικροεπεξεργαστή και την μνήμη. Ενώ σε κάποια PLC υπάρχει ενσωματωμένη και η μπαταρία που κρατάει ενεργεί την μνήμη του σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας. (εικόνα 3.4.5).

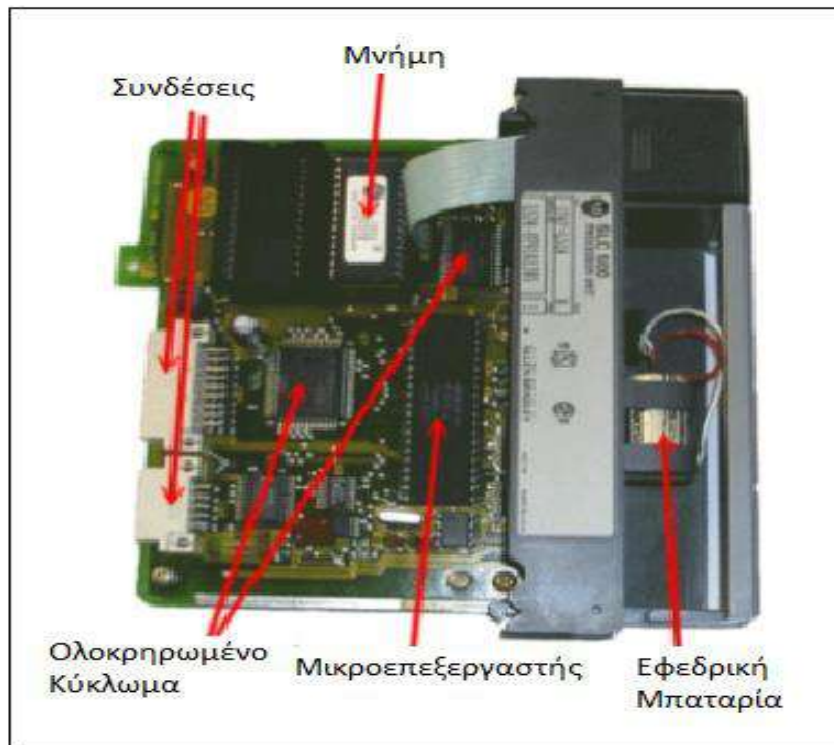
Ο μικροεπεξεργαστής είναι ο εγκέφαλος όλου του συστήματος και έχει τη μορφή ενός μικρού ολοκληρωμένου κυκλώματος. (Εικ. 3.14). Αυτός αναλαμβάνει όλες τις διεργασίες που εκτελεί το PLC. Δέχεται τα ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνει από τις εισόδους του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή και τα αποθηκεύει στην μνήμη του. Επεξεργάζεται όλα τα δεδομένα που έχει αποθηκευμένα στη μνήμη του και με βάση το πρόγραμμα λειτουργίας του αυτοματισμού, παίρνει τις λογικές αποφάσεις, εκτελεί τις εντολές και τις στέλνει ως ηλεκτρικά σήματα στις εξόδους του για να ενεργοποιηθούν ή όχι με τη σειρά



τους τα εξωτερικά στοιχεία που είναι συνδεδεμένα πάνω σε αυτές ώστε να υλοποιηθεί η διεργασία του αυτοματισμού.

**Εικόνα 3.14** Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας εσωτερικά.

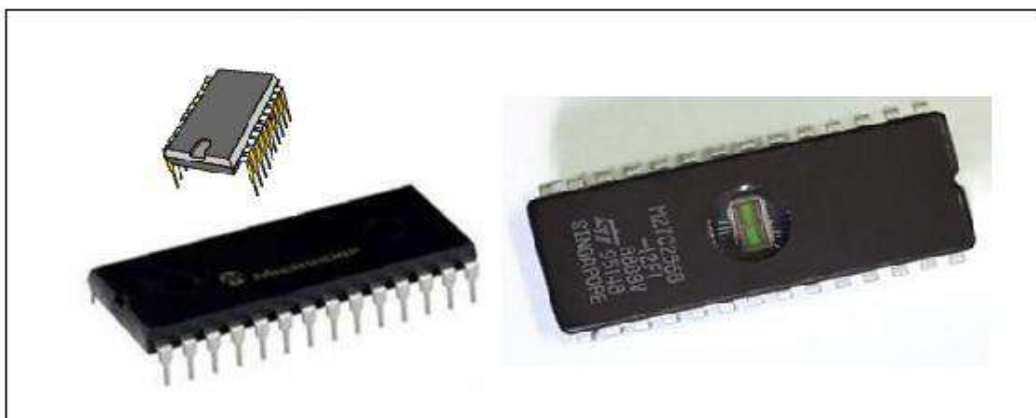
Πηγή: <http://www.plcdev.com/book/export/html/309>



Η μνήμη της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (Εικ. 3.15) χρησιμοποιείται για την αποθήκευση όλων των δεδομένων που χρειάζεται για την λειτουργία του ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής. (Ακρίδας, 2014)

**Εικόνα 3.15** Μνήμη του PLC

Πηγή: <https://www.elprocus.com/different-types-of-memory-modules-used-embedded-system/>



Η μνήμη του PLC διακρίνεται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την δυνατότητα που έχει για να αποθηκεύει τα δεδομένων του. (Patruzella, 2000)

- Πτητική μνήμη.
- Μη πτητική μνήμη.

Πτητική είναι η μνήμη που δεν έχει την δυνατότητα μόνιμης αποθήκευσης των δεδομένων που επεξεργάζεται. Δηλαδή με την διακοπή της τροφοδοσίας του συστήματος εξαφανίζονται από μέσα της τα δεδομένα που επεξεργαζόταν και θα πρέπει να ξαναγραφτούν από την αρχή ένα θέλουμε να λειτουργήσει ο αυτοματισμός.

Σε αυτή την κατηγορία μνημών ανήκει η μνήμη RAM (Random Access Memory) ή μνήμη τυχαίας προσπέλασης.

Μη πτητική είναι η μνήμη που έχει την δυνατότητα μόνιμης αποθήκευσης. Δηλαδή περιέχει δεδομένα που μπορούν μόνο να διαβαστούν και να χρησιμοποιηθούν για την λειτουργία του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή χωρίς να υπάρχει δυνατότητα σβησίματος ή αλλαγής από το χρήστη ή από την τυχαία διακοπή της τροφοδοσίας του.

Στην κατηγορία αυτή ανήκει η μνήμη ROM (Read Only Memory) ή μνήμη ανάγνωσης και μια ειδική κατηγορία μνήμης η EEPROM (Electrically Erasable Programmable Real Only Memory) ή προγραμματιζόμενη μνήμη ανάγνωσης με δυνατότητα ηλεκτρικής διαγραφής.

Η μνήμη EEPROM έχει τα χαρακτηριστικά της μνήμης ROM δηλαδή χρησιμοποιείται μόνο για ανάγνωση και δεν σβήνονται τα δεδομένα της με την διακοπή της τροφοδοσίας. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που παρουσιάζει είναι ότι μπορούν να διαγραφούν τα δεδομένα της με ηλεκτρικό τρόπο, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, σε περίπτωση που για κάποιο λόγο χρειαστεί και να ξαναγραφούν από την αρχή. (Patruzella, 2000)

Στα PLC η μνήμη RAM χρησιμοποιείται σαν μνήμη καταχώρησης και ανάγνωσης. Είναι η μνήμη στην οποία αποθηκεύεται το πρόγραμμα της διεργασίας του αυτοματισμού και μια σειρά πληροφοριών που τοποθετούνται σε ξεχωριστές περιοχές μέσα στο ίδιο τμήμα της μνήμης.

Οι πληροφορίες αυτές είναι απαραίτητο να τις γνωρίζει η κεντρική μονάδα επεξεργασίας του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ώστε να φέρει σε πέρας την τελική εκτέλεση της εφαρμογής του αυτοματισμού.

Οι εσωτερικές περιοχές της μνήμης RAM που υπάρχουν σε ένα προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή είναι οι εξής: (Μπαλωμένος, 2018)

✓ **Περιοχή μνήμης απεικόνισης**

Είναι η περιοχές μνήμης που αποθηκεύονται οι απεικονίσεις των καταστάσεων του ηλεκτρικού σήματος που λαμβάνουν οι εισοδοι και οι εξοδοι του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή κατά την λειτουργία του.

✓ **Περιοχή μνήμης χρονικών T (Timers)**

Είναι η περιοχή μνήμης που αποθηκεύεται ο χρόνος ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης των επαφών της εισόδου ή της εξόδου βάση των χρονικών διαστημάτων που υπάρχουν στην εφαρμογή.

✓ **Περιοχή μνήμης απαριθμητών C (Counters)**

Είναι η περιοχή μνήμης που χρησιμοποιείται για το μέτρημα των παλμών, δηλαδή για την μέτρηση των επαναληπτικών διαδικασιών μιας κατάστασης ενός σήματος εισόδου ώστε με το τέλος της μέτρησης να αλλάξει η κατάσταση μιας εξόδου. Μπορεί να μετρήσει παλμούς είτε προς τα κάτω είτε προς τα πάνω.

✓ **Περιοχή μνήμης βοηθητική M (Memory)**

Είναι η περιοχή μνήμης που χρησιμοποιείται ως βοηθητική. Σε αυτή γίνεται η αποθήκευση των τιμών ή των αποτελεσμάτων των ενδιάμεσων καταστάσεων ενός τμήματος που έχουν πραγματοποιηθεί στο πρόγραμμα και χρειάζεται να ξαναχρησιμοποιηθούν κατά την διάρκεια της εξέλιξης του. Η λειτουργία τους αντιστοιχεί με την λειτουργία των βοηθητικών ρελέ που χρησιμοποιούμε στον κλασικό αυτοματισμό.

✓ **Περιοχή μνήμης τοπικών βοηθητικών L (Local Data)**

Είναι η περιοχή μνήμης που αποθηκεύονται τα προσωρινά δεδομένα ενός προγράμματος και λειτουργεί όσο τρέχει το συγκεκριμένο πρόγραμμα.

✓ **Περιοχή μνήμης διαγνωστικών**

Είναι η περιοχή μνήμης στην οποία αποθηκεύονται πληροφορίες που αφορούν ολόκληρο το σύστημα και αποσκοπούν στην ενημέρωση του χρήστη για την λειτουργία του ή κάποια βλάβη του. Οι πληροφορίες τοποθετούνται ανάλογα με την ημερομηνία και την ώρα που προέκυψαν.

Η μνήμη RAM όπως έχουμε ήδη αναφέρει είναι μια μνήμη που χάνει τις πληροφορίες της σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας της. Για τον λόγο αυτό το PLC είναι

εφοδιασμένο με μία εσωτερική μπαταρία που χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει την απώλεια μνήμης σε τέτοιες περιπτώσεις.

Η μνήμη ROM περιέχει πληροφορίες μόνο για ανάγνωση που τοποθετούνται μέσα της από τον κατασκευαστή της συσκευής. Εκεί αποθηκεύεται το λειτουργικό σύστημα του PLC καθώς και σημαντικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται για όλες τις βασικές εσωτερικές του λειτουργίες. Διατηρεί τις πληροφορίες του ακόμη και όταν η τροφοδοσία του σταματήσει.

Η μνήμη EEPROM είναι η μνήμη που χρησιμοποιείται στο PLC για να αποθηκεύουμε και να υποστηρίξουμε το τελικό πρόγραμμα του συστήματος αυτοματισμού ώστε να απελευθερώσουμε χώρο από την μνήμη RAM αλλά και για να μην υπάρχει θέμα διαγραφής του. Επίσης σημαντικό γεγονός αποτελεί και η διόρθωση ή η αντικατάσταση του προγράμματος όποια στιγμή αυτό χρειαστεί. (Μπαλωμένος, 2018)

### ➤ Μονάδες επικοινωνίας

Οι μονάδες επικοινωνίας (Εικ. 3.16) χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίζουν την σύνδεση και την επικοινωνία της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή με τα εξωτερικά στοιχεία υλοποίησης της κάθε εφαρμογής του αυτοματισμού. Δηλαδή βοηθούν στην επικοινωνία της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας του PLC με τους διακόπτες, τους αισθητήρες και γενικά με τα στοιχεία του αυτοματισμού που δίνουν τις πληροφορίες σε αυτή καθώς επίσης και με τους κινητήρες, τις λυχνίες και γενικότερα τα στοιχεία του αυτοματισμού που εκτελούν τις εντολές της. (Πανταζής, 1997)

Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις μονάδες επικοινωνίας εισόδων και στις μονάδες επικοινωνίας εξόδων.

Μονάδα επικοινωνίας εισόδου είναι η μονάδα που έχει σαν στόχο να εισάγει τα δεδομένα των καταστάσεων των διαφόρων στοιχείων του αυτοματισμού και να τα μεταφέρει στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του PLC. Εκεί θα τα επεξεργαστεί μεταφράζοντας τα σε ηλεκτρικά σήματα που να τα αναγνωρίζει ο επεξεργαστής και θα τα οδηγήσει για αποθήκευση στην μνήμη της για περαιτέρω χρησιμοποίηση. (Borelbach et al., 2001)

Μονάδες επικοινωνίας εξόδου είναι οι μονάδες που έχουν σαν στόχο να μεταφέρουν τις αποφάσεις στις οποίες έχει καταλήξει η μονάδα επεξεργασίας του PLC, ως εντολές προς εκτέλεση από τους αποδέκτες της εγκατάστασης του αυτοματισμού.

**Εικόνα 3.16** Μονάδες Επικοινωνίας, Εισόδου-Εξόδου

Πηγή: <http://mixanikos365.blogspot.com/2019/04/plc.html>



Τα δεδομένα που εισάγονται και οι εντολές που εξάγονται από τις μονάδες επικοινωνίας είναι ηλεκτρικά σήματα τα οποία μπορούν να έχουν είτε ψηφιακή είτε αναλογική μορφή. Δηλαδή έχουμε μονάδες εισόδου ψηφιακών και αναλογικών σημάτων και αντίστοιχες μονάδες εξόδου. (Μπαλωμένος, 2018)

Μονάδες ψηφιακών σημάτων είναι αυτές που αναγνωρίζουν τα ψηφιακά σήματα. Αυτά είναι δύο καταστάσεων, δηλαδή μπορούν να δεχτούν μόνο δύο τιμές, την υψηλή και την χαμηλή τιμή τις οποίες ανάγουν σε λογική τιμή "1" και σε λογική τιμή "0" αντίστοιχα. (Ακρίδας, 2014)

Ενώ οι μονάδες αναλογικών σημάτων είναι αυτές που αναγνωρίζουν τα αναλογικά σήματα. Αυτά είναι μιας κατάστασης ή όποια όμως συνεχώς μεταβάλλεται, δηλαδή αλλάζει, παίρνοντας κάθε φορά διαφορετική τιμή ανάλογα με τις διαφοροποιήσεις που μπορεί να έχει κάθε στιγμή το μετρούμενο μέγεθος. (Μπαλωμένος, 2018)

Η διάκριση αυτή στις μονάδες επικοινωνίας υπάρχει διότι τα σήματα που δέχεται και μπορεί να επεξεργαστεί η κεντρική μονάδα του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή είναι ψηφιακά. Εμείς όμως θέλουμε να έχουμε στους αποδέκτες των σημάτων ή στις εισόδους του PLC και αναλογικά σήματα διότι έτσι λειτουργούν κάποια συστήματα ή μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στους αυτοματισμούς.

Την μετατροπή των σημάτων από αναλογικά σε ψηφιακά ή από ψηφιακά σε αναλογικά την αναλαμβάνουν οι μονάδες εισόδων και εξόδων. Περιέχουν ειδικά ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία χρησιμοποιούν για την μετατροπή των σημάτων.

Επίσης κάθε μονάδα εισόδων ή εξόδων, ψηφιακής ή αναλογικής μορφής αποτελείται από ένα συγκεκριμένο και καθορισμένο εξ αρχής αριθμό εισόδων ή εξόδων που εξαρτάται κάθε φορά από τις δυνατότητες της κεντρική μονάδας και από πόσες χρειάζεται να χρησιμοποιήσει η συγκεκριμένη εφαρμογή του αυτοματισμού.

Η τάση λειτουργίας των μονάδων εισόδου και εξόδου μπορεί να είναι εναλλασσόμενη ή συνεχής αλλά και διαφορετική μεταξύ τους ανάλογα κάθε φορά με τα σήματα που έχουν να αξιοποιήσουν.

#### ➤ Μονάδα προγραμματισμού

Η μονάδα προγραμματισμού χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για τον προγραμματισμό ενός PLC και κατά δεύτερο λόγο για τον έλεγχο της σωστής ή όχι λειτουργίας του.

Με αυτή μπορούμε να γράψουμε το πρόγραμμα και να το εισάγουμε στην μνήμη του επεξεργαστή, να το τροποποιήσουμε και ειδικότερα να ελέγχουμε ανά πάσα στιγμή την λειτουργία του προγράμματος της εφαρμογής ενός αυτοματισμού. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εποπτικό έλεγχο ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Δηλαδή για την ανίχνευση τον εντοπισμό και την επιδιόρθωση μιας βλάβης ή μιας δυσλειτουργίας που μπορεί να παρουσιάσει το κύκλωμα του αυτοματισμού ή και ο ίδιος ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής. (Ρουτούλας, 2000)

Οι μονάδες προγραμματισμού δεν αποτελούν ενιαία μονάδα του PLC ούτε χρειάζεται να είναι τοποθετημένη όπως οι άλλες μονάδες του πάνω στο πλαίσιο στήριξης τους. Είναι ειδικές ξεχωριστές συσκευές που συνδέονται με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή όταν θέλουμε να επεξεργαστούμε ή να ελέγξουμε κάτι στην λειτουργία του. Η σύνδεση τους με τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή γίνεται μέσω ενός ειδικού καλωδίου σύνδεσης, όπως παρουσιάζεται και στα παρακάτω σχήματα. (Μαμάτας, 2015)

Στο Σχ. 3.3 απεικονίζεται η σύνδεση ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή με έναν προγραμματιστή χειρός, ενώ στο Σχ. 3.4 παρουσιάζεται η σύνδεση του με ένα προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή.

**Σχήμα 3.3** Σύνδεση του προγραμματιστή χειρός με το PLC**Σχήμα 3.4** Σύνδεση του PLC με προσωπικό υπολογιστή

Βέβαια υπάρχουν και ορισμένοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές οι τύπου compact που έχουμε αναλύσει σε προηγούμενη ενότητα, οι οποίοι δεν χρειάζονται ξεχωριστή μονάδα προγραμματισμού.

Η μονάδα αυτή είναι ενσωματωμένη πάνω στην συσκευή που με κάποια ειδικά πλήκτρα και με μια πολύ μικρή οθόνη την οποία έχουν τοποθετημένη πάνω τους μπορούν να πραγματοποιήσουν από εκεί τον προγραμματισμό καθώς και τον έλεγχο της εγκατάστασης του αυτοματισμού. (Εικ. 3.17)

**Εικόνα 3.17** PLC με ενσωματωμένη μονάδα προγραμματισμού

Πηγή: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo.html>

<https://www.lovatoelectric.com/Micro-PLCs-and-HMI/430/pl>



Οι ξεχωριστές μονάδες προγραμματισμού έχουν διάφορες μορφές ανάλογα με την λειτουργία που παρέχουν στους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές. (Σφυρογιαννάκης, 2018)

Οι μορφές αυτές είναι:

1. Προγραμματιστές χειρός.
2. Συσκευή βιομηχανικού προγραμματισμού.
3. Προσωπικός ηλεκτρονικός υπολογιστής.

Ο προγραμματιστής χειρός (Εικ. 3.18) είναι μία φορητή συσκευή μικρών δυνατοτήτων και διαστάσεων, πολύ εύχρηστη και αρκετά ανθεκτική για τον βιομηχανικό χώρο. Χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να προγραμματίσουμε ένα προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή και ταυτόχρονα να βρισκόμαστε στον χώρο που υπάρχει το PLC αλλά και ολόκληρος ο αυτοματισμός. Μπορεί να μεταφερθεί παντού ακόμη και σε χώρους που είναι πολύ δύσκολο να τοποθετηθεί κάποιος από τους άλλους προγραμματιστές.

Αποτελείται από μία οθόνη LCD για την απεικόνιση του προγράμματος και από πλήκτρα διαφόρων λειτουργιών για την εισαγωγή του προγράμματος.

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ



Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή της ίδιας εταιρίας κατασκευής, για την τοποθέτηση παρακολούθηση και διόρθωση του προγράμματος, για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας του αυτοματισμού αλλά και για την ανίχνευση βλαβών στο σύστημα.

Οι σύγχρονοι προγραμματιστές χειρός μπορούν να μεταφέρουν προγράμματα από το ένα PLC στο άλλο. Να συνδεθούν με εκτυπωτή ώστε να εκτυπώσουν το πρόγραμμα ή και με ηλεκτρονικό υπολογιστή για καλύτερο έλεγχο. (Ζούλης κ. ά., 2000)

**Εικόνα 3.18** Προγραμματιστές χειρός

Πηγή: <https://support.industry.siemens.com/cs/products/6es7272-0aa20-0ya0/simatic-s7-td-200-text-display?pid=131372&mlfb=6ES7272-0AA20-0YA0&mfn=ps&lc=en-AF>



Η συσκευή βιομηχανικού προγραμματισμού (Εικ. 3.19) είναι μια εξειδικευμένη συσκευή η οποία χρησιμοποιείται μόνο στα PLC των εργοστασίων για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο ενός αυτοματισμού. Είναι ένα σύστημα απεικόνισης και χειρισμού του αυτοματισμού που ονομάζεται και τερματικό. (Petruzella, 2000)

### Εικόνα 3.19 Ειδικό βιομηχανικό προγραμματιστές

Πηγή: [http://eu.idec.com/en/p/c65\\_z65/](http://eu.idec.com/en/p/c65_z65/)



Αποτελείται από μια οθόνη και ένα πληκτρολόγιο ή μπορεί να είναι μια οθόνη αφής που τα συνδυάζει και τα δύο. Παρέχει περισσότερες λειτουργίες και δυνατότητες ρυθμίσεων από τους προγραμματιστές χειρός, είναι πιο εύκολη στη χρήση της μίας και η οθόνη της είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι αυτή των προγραμματιστών χειρός οπότε μπορούμε πιο εύκολα να παρακολουθήσουμε την ροή του προγράμματος.

Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν συσκευές για την συντήρηση και το service των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

Σημαντικό μειονέκτημα των συσκευών αυτών αποτελεί το μεγάλο κόστος αγοράς τους και το ότι προγραμματίζουν μόνο ένα είδος προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Δηλαδή χρειαζόμαστε μια συσκευή για κάθε ξεχωριστό PLC που μπορεί να διαθέτουμε στην βιομηχανική μονάδα.

Ο προσωπικός ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι ο υπολογιστής που όλοι γνωρίζουμε και έχουμε. Στις μέρες μας είναι η πιο συνηθισμένη συσκευή που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της λειτουργίας ενός αυτοματισμού.

Ο προγραμματισμός και ο έλεγχος του PLC και γενικότερα ολόκληρου του αυτοματισμού γίνεται μέσω ενός ειδικού λογισμικού προγράμματος. Το λογισμικό αυτό είναι μια ξεχωριστή εφαρμογή που εγκαθίσταται μέσα στον υπολογιστή χωρίς να επηρεάζει τις υπόλοιπες εφαρμογές και λειτουργίες του. Άρα ο υπολογιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε άλλη λειτουργία και ταυτόχρονα σαν συσκευή προγραμματισμού των PLC.

Το πρόγραμμα χορηγείται από την εταιρία παραγωγής του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή κατά την αγορά του. Κάθε εταιρία παρέχει το δικό της λογισμικό. Αυτό αποτελεί και ένα από τα πλεονεκτήματα των συσκευών αυτών διότι ο υπολογιστής μπορεί να αποθηκεύσει και να χρησιμοποιήσει κάθε φορά όποιο λογισμικό χρειάζεται. Οπότε με ένα υπολογιστή μπορούμε να ελέγχουμε τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές όλων των εταιριών που μπορεί να υπάρχουν σε μια βιομηχανική μονάδα. (Μαμάτας, 2015) Ένα άλλο πλεονέκτημα τους που είναι και το βασικότερο, είναι ότι το πρόγραμμα μπορεί να φτιαχτεί οπουδήποτε και σε οποιονδήποτε χρόνο ενώ στη συνέχεια να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί στο PLC χωρίς να χρειάζεται να βρίσκεται ο προγραμματιστής στον τόπο του εργοστασίου που είναι τοποθετημένο το PLC.

Επίσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή λόγω της κατασκευής και λειτουργίας του μπορούν να προστεθούν επισημάνσεις για τις μονάδες του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή, οδηγίες και σημειώσεις για την καλύτερη κατανόηση και επίβλεψη του προγράμματος από τους τεχνικούς. Με την τεκμηρίωση αυτή οι τεχνικοί μπορούν πιο εύκολα και γρήγορα να ανιχνεύσουν ένα πρόβλημα αλλά και να βοηθηθούν στη συντήρηση του αυτοματισμού αλλά και ολόκληρης της συσκευής του PLC. (Πανταζής, 1997)

#### ➤ **Κάρτα ή θύρα επικοινωνίας.**

Κάρτα επικοινωνίας (Εικ. 3.20) είναι η μονάδα που έχει σαν στόχο τον τρόπο με τον οποίο θα πραγματοποιείται η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή και της μονάδας προγραμματισμού, ή μεταξύ των άλλων PLC ή μεταξύ άλλων περιφερειακών συσκευών όπως οθόνες, εκτυπωτές κ.λπ. (Ακρίδας, 2014)

**Εικόνα 3.20** Κάρτες ή θύρες Επικοινωνίας PLC

Πηγή: <https://www.pakmarkas.lt/uploads/PAVAROS/plc%20valdikliai/3.pdf>



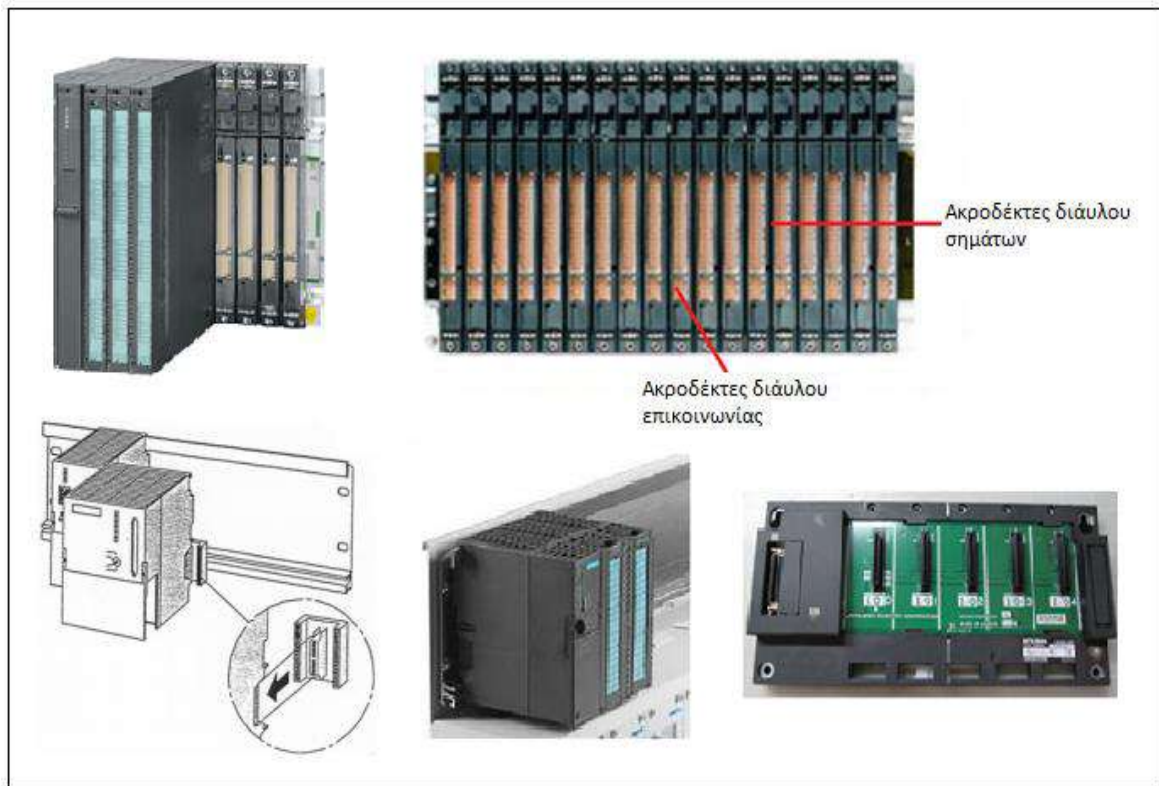
Για να είναι εφικτή η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των συσκευών αυτών θα πρέπει να υπάρχει και το καλώδιο διασύνδεσης των μονάδων με την κάρτα επικοινωνίας το οποίο είναι ένα ειδικό καλώδιο σύνδεσης RS232 ή RS485 ή απλά ένα καλώδιο Ethernet. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που μπορούν να υποστηρίξουν αυτές τις συνδέσεις είναι πολλά, όπως το πρωτόκολλο Modbus, το Fieldbus, το RS232, το RS485, το TCP/IP κ.λπ. (Ακρίδας, 2014)

➤ **Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων.**

Το πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων (Εικ. 3.21) χρησιμοποιείται για δύο λόγους σε ένα σύστημα αυτοματισμού. Ο πρώτος λόγος είναι ότι πάνω σε αυτό τοποθετούνται και στηρίζονται όλες οι μονάδες που προαναφερθήκαν για να συγκροτήσουν ένα προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή. Ενώ ο δεύτερος λόγος είναι ότι μέσω αυτού υλοποιούνται οι δίαυλοι επικοινωνίας για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των μονάδων του PLC και οι δίαυλοι τροφοδοσίας των διάφορων εσωτερικών μονάδων του. (Ζούλης κ. ά., 2000)

**Εικόνα 3.21** Πλαίσια τοποθέτησης μονάδων PLC

Πηγή: <https://www.pakmarkas.lt/uploads/PAVAROS/plc%20valdikliai/3.pdf>



Πάνω του υπάρχει ένα ενσωματωμένο σύστημα αγωγών με μια σειρά κατάλληλων ακροδεκτών που κουμπώνουν στις αντίστοιχες υποδοχές των διαφόρων μονάδων που συνθέτουν ένα PLC.

Μέσω αυτών γίνεται η ηλεκτρική επικοινωνία μεταξύ των μονάδων του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας για την ανταλλαγή πληροφοριών αλλά και την τροφοδοσία τους με τάση η οποία είναι απαραίτητη για την λειτουργία τους.

Τα πλαίσια αυτά όταν χρειαστεί να επεκταθούν για να τοποθετηθούν πάνω τους περισσότερες μονάδες τότε συνδέονται μεταξύ τους με μια ειδική μονάδα διασύνδεσης και καλωδίου. Επίσης με τον ίδιο τρόπο και εφόσον υπάρχει επέκταση του διαύλου επικοινωνίας, μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους απομακρυσμένα πλαίσια που θα τοποθετηθούν μονάδες οι οποίες θα βρίσκονται σε ένα άλλο μέρος του εργοστασίου ενώ θα ελέγχονται από μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας. (Ακρίδας, 2014)

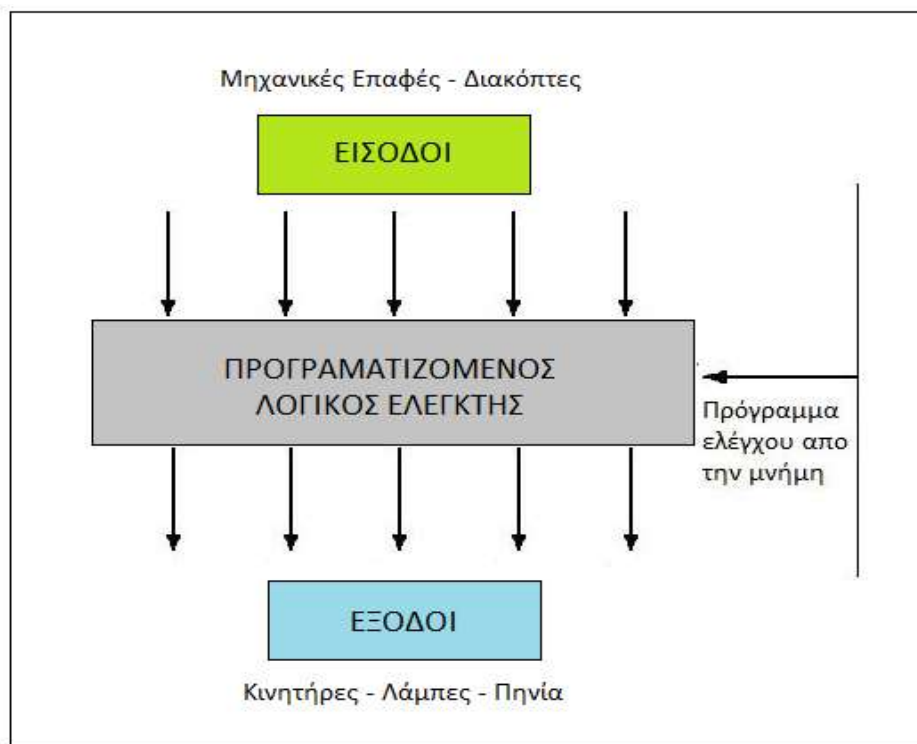
Κάθε εταιρία κατασκευής διαθέτει διαφορετικό πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων από τις άλλες εταιρίες και ξεχωριστό για κάθε μοντέλο. (Κρανάς & Δασκαλόπουλος, 2001)



### 3.5 Αρχή λειτουργίας των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών

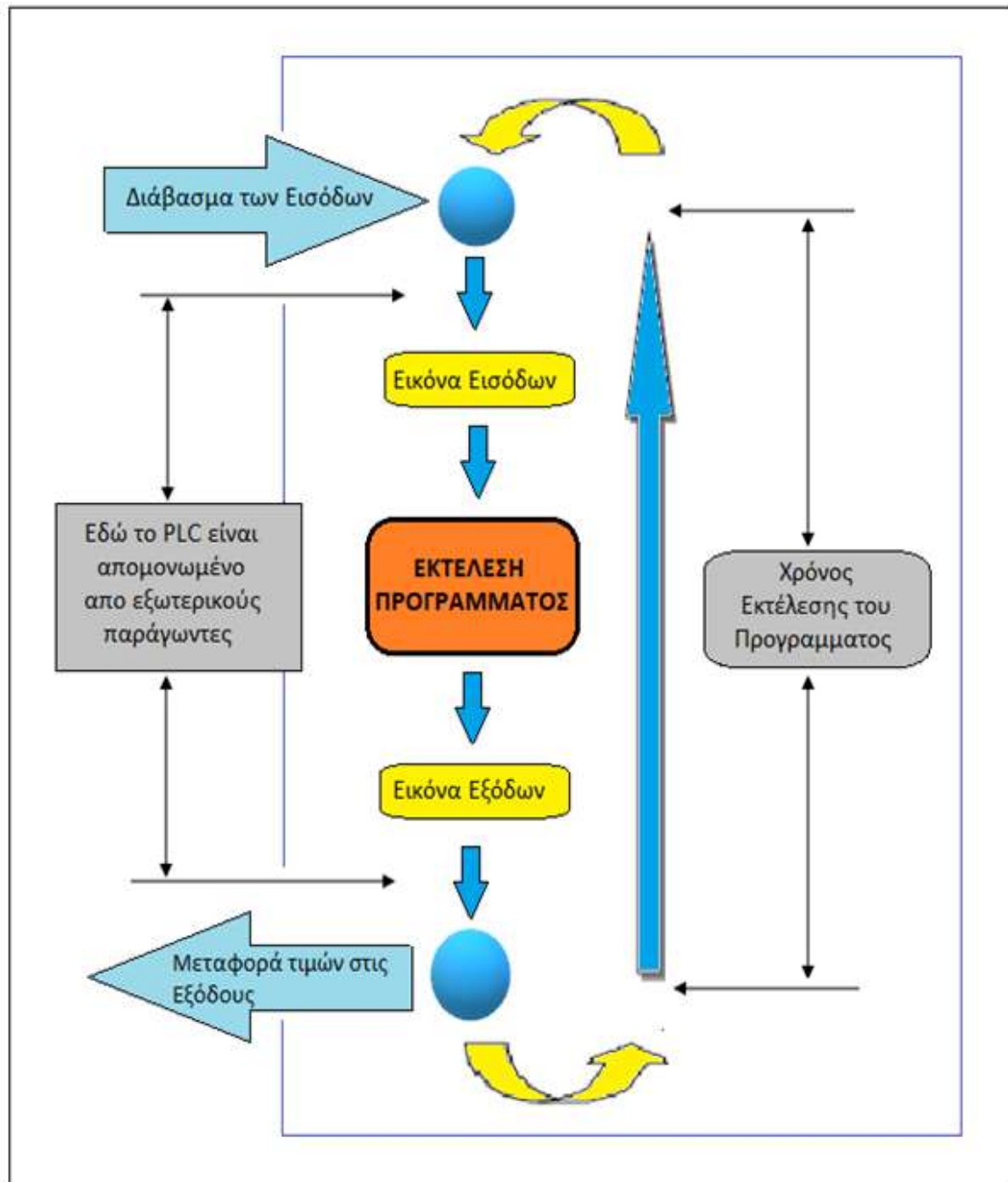
Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής αποτελεί μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία δέχεται σήματα στις εισόδους της από μηχανικές επαφές, διακόπτες, αισθητήρια κ.λπ. και τα αποθηκεύει στη μνήμη του. Στη συνέχεια τα επεξεργάζεται σύμφωνα με τα δεδομένα που έχει αποθηκευμένα στην μνήμη της CPU, βάση ενός προγράμματος που έχουμε καταχωρήσει από πριν σε αυτή. Τέλος προωθεί στις εξόδους της τα σήματα των αποτελεσμάτων του προγράμματος για την ενεργοποίηση των συσκευών που εκτελούν τις εντολές του αυτοματισμού. (Σχ. 3.5)

Σχήμα 3.5 Αρχή λειτουργίας του PLC



Αυτή είναι η βασική αρχή λειτουργίας των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών που έχει ως κύριο χαρακτηριστικό της την κυκλική και επαναλαμβανόμενη επεξεργασία των δεδομένων της η οποία ονομάζεται κύκλος λειτουργίας του PLC και απεικονίζεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.. (Σχ. 3.6) (Μπερέτας, 2002) (Παρασκευόπουλος, 1996)

Σχήμα 3.6 Ο κύκλος λειτουργίας του PLC.



Τα βήματα που ακολουθεί ο κύκλος λειτουργίας ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή είναι τρία και παρουσιάζονται παρακάτω:

### ➤ Βήμα 1<sup>ο</sup>

Με την ενεργοποίηση του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή η κεντρική μονάδα επεξεργασίας του διαβάζει τα ηλεκτρικά σήματα που δέχονται οι είσοδοι του και τα

αποθηκεύει σε μια ειδική περιοχή της μνήμης του η οποία ονομάζεται μνήμη απεικόνισης εισόδων. Στην πραγματικότητα λαμβάνει τα σήματα των διακοπών που είναι συνδεδεμένοι πάνω του, δηλαδή ξεκαθαρίζει εάν ο διακόπτης είναι πατημένος ή όχι και αποθηκεύει στη μνήμη του την συγκεκριμένη κατάσταση η οποία έχει σαν λογικό "1" ή σαν λογικό "0" την αντίστοιχη ενέργεια του διακόπτη.

### ➤ Βήμα 2<sup>ο</sup>

Εφόσον η μονάδα επεξεργασίας του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή έχει πάρει ως δεδομένα τις καταστάσεις εισόδου του, εκτελεί τις εντολές του προγράμματος το οποίο υπάρχει αποθηκευμένο σε άλλη περιοχή μνήμης του επεξεργαστή του. Τα αποτελέσματα των τιμών που θα προκύψουν μετά την εκτέλεση του προγράμματος θα αποθηκευτούν ως σήματα εξόδου σε μια ειδική περιοχή της μνήμης του επεξεργαστή η οποία ονομάζεται μνήμη απεικόνισης εξόδων. Τα ηλεκτρικά σήματα αυτά αποθηκεύονται σαν λογικό "1" ή λογικό "0" ανάλογα εάν θα ενεργοποιηθούν ή όχι κάποιο στοιχείο του αυτοματισμού.

### ➤ Βήμα 3<sup>ο</sup>

Οι τιμές των ηλεκτρικών σημάτων εξόδου μεταφέρονται από την μνήμη του επεξεργαστή στις εξόδους του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Με τον τρόπο αυτό ενημερώνεται η μονάδα εξόδου με τις νέες λογικές καταστάσεις που με την σειρά τους ενεργοποιούν ότι υπάρχει συνδεδεμένο πάνω σε αυτές. Οπότε μπαίνει σε λειτουργία η εφαρμογή του αυτοματισμού.

Μετά την ολοκλήρωση του τρίτου βήματος η διαδικασία του κύκλου λειτουργίας συνεχίζεται διαδοχικά με τα ίδια βήματα απο την αρχή ξανά και ξανά, όσο το PLC θα βρίσκεται ενεργοποιημένο ή εως ότου να το σταματήσει το ίδιο το πρόγραμμα.

Κάθε κύκλος λειτουργίας του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή για να ολοκληρωθεί χρειάζεται ένα συγκεκριμένο χρόνο εκτέλεσης ο οποίος ονομάζεται χρόνος κύκλου εκτέλεσης του προγράμματος. Βέβαια ο χρόνος αυτός είναι πάρα πολύ μικρός της τάξεων των χιλιοστών του δευτερολέπτου τον οποίο στην ουσία εμείς δεν τον αντιλαμβανόμαστε. Κάθε φορά όμως εξαρτάται απο το μέγεθος του προγράμματος, από την ταχύτητα του επεξεργαστή της κεντρικής μονάδας του PLC και από το πόσο απομακρισμένες είναι οι μονάδες του μεταξύ τους.



Κατά τη διάρκεια των βημάτων του κύκλου λειτουργίας ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή, όταν δηλαδή πραγματοποιείται η εκτέλεση του προγράμματος κατά το δεύτερο βήμα, τότε η κεντρική μονάδα του είναι απομονωμένη από τις υπόλοιπες μονάδες. Δεν λαμβάνει δηλαδή καταστάσεις εισόδων ούτε ενεργοποιεί καταστάσεις εξόδων. Επεξεργάζεται μόνο τις εντολές του προγράμματος ώστε να τις εκτελέσει στο τέλος του κύκλου λειτουργίας του. Μόλις ο χρόνος του κύκλου λειτουργίας του προγράμματος ολοκληρωθεί τότε το προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής μπορεί πάλι να ξαναδεχτεί τις καινούργιες καταστάσεις των εισόδων που θα έχουν προκύψει και συνεχίζει την ίδια διαδικασία λειτουργίας αρχίζοντας πάλι από το 1<sup>ο</sup> βήμα. (Μπερέτας, 2002)

### **3.6 Ο προγραμματισμός των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών**

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που η λειτουργία του αναπτύχθηκε με βάση την λειτουργία των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Όπως λοιπόν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές χρειάζονται ένα πρόγραμμα το οποίο να υποστηρίζει την λειτουργία και τις διάφορες εφαρμογές του έτσι και ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής χρειάζεται ένα πρόγραμμα με βάση το οποίο θα προγραμματιστεί για να μπορέσει να λειτουργήσει. Βασικός σκοπός του προγράμματος είναι να βοηθά το PLC να επικοινωνεί με το εξωτερικό του περιβάλλον. (Παρασκευόπουλος, 1996)

Ο προγραμματισμός των PLC αφορά καθαρά το Software κομμάτι της λειτουργίας του. Όπως έχουμε αναφέρει και προηγούμενα με τον όρο Software εννοούμε το λογισμικό, δηλαδή τα προγράμματα που πρέπει να περιέχει στην μνήμη του ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής για να μπορέσει να εξασφαλίσει την επίτευξη της εργασίας για την οποία προορίζεται.

Στην ουσία μιλάμε για δύο ειδών εφαρμογές. Η μία εφαρμογή είναι το λειτουργικό σύστημα, η οποία προϋπάρχει μέσα στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή από τον κατασκευαστή του.

Αποτελεί το βασικό πρόγραμμα του συστήματος και είναι απαραίτητο για την λειτουργία του. Έχει ως στόχο την επεξεργασία των δεδομένων που θα αποθηκευτούν μέσα στην μνήμη του, την επικοινωνία και τον έλεγχο των υπόλοιπων μονάδων που το απαρτίζουν, τον συντονισμό και την διαχείριση ολόκληρης της συσκευής. Σε αυτό το πρόγραμμα ο χρήστης του PLC δεν μπορεί ούτε να επέμβει αλλά ούτε και να διορθώσει κάτι.

Ενώ η δεύτερη εφαρμογή είναι η εφαρμογή του προγράμματος. Αυτή αφορά την δημιουργία ενός συγκεκριμένου συνόλου εντολών οι οποίες θα εκτελεστούν από το προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή για την υλοποίηση της αντίστοιχης διεργασίας του αυτοματισμού. (Ρουτούλας, 2000)

Το πρόγραμμα αυτό θα δημιουργηθεί από τον χρήστη του συστήματος βάση μιας σειράς εντολών ή συμβόλων την οποία θα πρέπει να αντιλαμβάνεται τόσο ο χρήστης όσο και το PLC. Η σειρά αυτή των εντολών ή συμβόλων ονομάζεται γλώσσα προγραμματισμού.

Η γλώσσα προγραμματισμού που κατανοεί ο επεξεργαστής του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή είναι η γλώσσα μηχανής<sup>16</sup> που χρησιμοποιούν όλα τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα. Η γλώσσα όμως αυτή είναι αρκετά δυσνόητη και δύσκολη για να κατανοηθεί από όλους τους χρήστες του PLC. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούμε στον προγραμματισμό των PLC μία συμβολική γλώσσα την οποία να μπορούν εύκολα να διαχειριστούν οι χρήστες της. Αυτή μετατρέπεται αυτόματα σε γλώσσα μηχανής κατά την μεταφορά της στον επεξεργαστή, από το ίδιο το PLC. (Ακρίδας, 2014)

Υπάρχουν αρκετές γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζονται από τους σημερινούς προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές και μάλιστα μερικοί από αυτούς μπορούν να κάνουν χρήση περισσότερες από μία γλώσσες.

Το πρόβλημα των γλωσσών προγραμματισμού είναι ότι κάθε εταιρία κατασκευής συσκευών PLC λόγω του ανταγωνισμού που υπήρχε δεν τυποποίησε καμία από αυτές. Υπήρχαν διαφορετικές γλώσσες που διέφεραν μεταξύ τους άλλες λιγότερο και άλλες περισσότερο με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα στον χρήστη, όταν ήθελε να χρησιμοποιήσει μία συσκευή διαφορετικής εταιρίας ή και ακόμη σε συσκευές διαφορετικών μοντέλων της ίδιας εταιρίας. (Μπερέτας, 2002)

Η λύση στο πρόβλημα αυτό ήρθε πολλά χρόνια αργότερα όταν η διεθνής ηλεκτροτεχνική επιτροπή (IEC)<sup>17</sup> το 1993 δημιούργησε το πρότυπο IEC 1131-3 με το οποίο όρισε τις γλώσσες που θα χρησιμοποιούσαν στον προγραμματισμό των PLC όλες οι εταιρίες κατασκευής τους και τυποποίησε τις βασικές αρχές του προγραμματισμού.

Καθιέρωσε αρχικά την ονομασία και τον αριθμό των γλωσσών και κατά δεύτερον τα σύμβολα και τις εντολές που θα χρησιμοποιούσαν. (Μπερέτας, 2002)

Με τον τρόπο αυτό ενισχύθηκε περισσότερο η εξάπλωση των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών στους βιομηχανικούς χώρους, η χρήση τους έγινε ευκολότερη και δεν υπήρχε πλέον ο περιορισμός στο πια εταιρία θα χρησιμοποιηθεί.

Ο προγραμματισμός και γενικότερα η ανάπτυξη ενός προγράμματος στα PLC είναι μία διεργασία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξίσου και στον συνδυαστικό και στον ακολουθιακό αυτοματισμό. (Εμπορικό & Βιοτεχνικό Επιμελητήριο Πειραιώς, 2007)

---

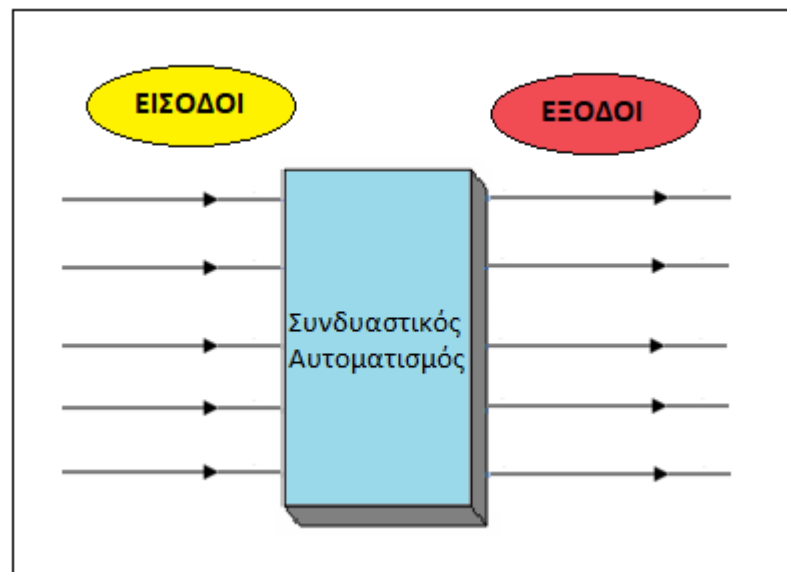
<sup>16</sup> Είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που περιλαμβάνει εντολές γραμμένες σε ακολουθία δυαδικών ψηφίων με την οποία επιτυγχάνεται η επικοινωνία με την μονάδα επεξεργασίας ενός υπολογιστή, δηλαδή ενός μηχανήματος

<sup>17</sup> Διεθνής οργανισμός προτύπων που προετοιμάζει και δημοσιεύει διεθνή πρότυπα για όλες τις ηλεκτρικές, ηλεκτρονικές και συναφείς τεχνολογίες – συλλογικά γνωστές ως "ηλεκτροτεχνολογία".

Συνδυαστικός αυτοματισμός είναι όταν σε ένα σύστημα αυτοματισμού οι έξοδοι του, δηλαδή οι αποδέκτες της εφαρμογής του αυτοματισμού εξαρτώνται μόνο από τις εντολές που θα λάβουν από τις εισόδους του συστήματος την συγκεκριμένη στιγμή. (Σχ. 3.7). (Εμπορικό & Βιοτεχνικό Επιμελητήριο Πειραιώς, 2007)

Για παράδειγμα ο αυτοματισμός που χρησιμοποιείται για το άνοιγμα και το κλείσιμο μιας αυτόματης πόρτας εισόδου ενός καταστήματος.

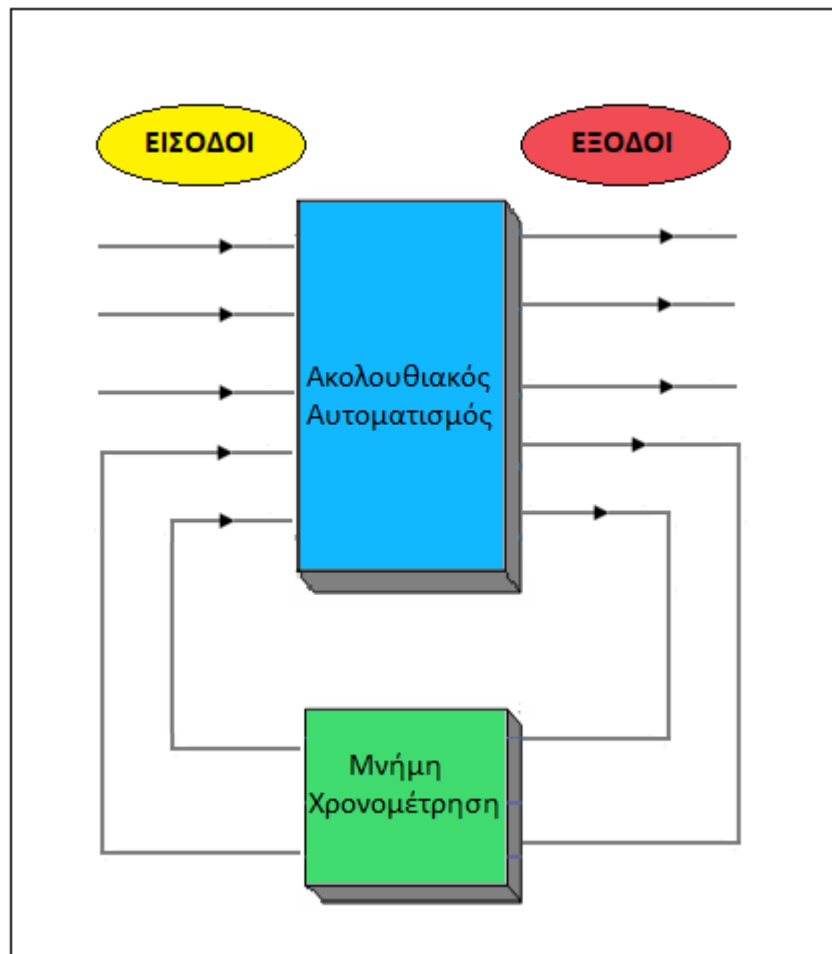
**Σχήμα 3.7** Συνδυαστικός αυτοματισμός. (Ζούλης κ.ά., 2000)



Ενώ ακολουθιακός αυτοματισμός είναι όταν σε ένα σύστημα αυτοματισμού οι έξοδοι του, δηλαδή οι αποδέκτες της εφαρμογής του αυτοματισμού εξαρτώνται από πολλές καταστάσεις. Εξαρτώνται από τις εντολές που θα λάβουν από τις εισόδους του συστήματος, από τις προηγούμενες καταστάσεις που υπήρχαν είδη στις εξόδους του ή από την χρήση χρονικών και απαριθμητών που μπορεί να χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή για την ενεργοποίηση ή όχι κάποιων στοιχείων του αυτοματισμού. Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο περιέχει μνήμη ώστε να διατηρεί μία προηγούμενη κατάσταση του και να την ξαναχρησιμοποιεί συνδυάζοντας την με τις καταστάσεις εισόδου για να επαναπροσδιορίσει την έξοδο του. (Σχ. 3.8) (Ζούλης κ. ά., 2000)

Τέτοια συστήματα είναι όλα τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου κλειστού βρόχου όπου η είσοδος τους είναι συνάρτηση της εξόδου τους. Ένα κλασικό και απλό παράδειγμα αποτελεί ο ηλεκτρικός θερμοσίφοντας. Αυτός διατηρεί στην έξοδο του την θερμοκρασία του νερού στα επιθυμητά όρια αλλάζοντας κάθε φορά το σήμα στην είσοδο του ανάλογα με την θερμοκρασία που αποκτά το νερό.

**Σχήμα 3.8** Ακολουθιακός Αυτοματισμός. (Ζούλης κ.ά., 2000)



Βασικό χαρακτηριστικό για τον προγραμματισμό των PLC αποτελεί και η τοποθέτηση ονομάτων στα εξωτερικά στοιχεία που θα συνδεθούν πάνω του και στις εσωτερικές περιοχές της μνήμης του. (Petruzella, 2000)

Είναι σημαντικό να ονομάσουμε τις πληροφορίες που δέχεται στις εισόδους του και διοχετεύει στις εξόδους του καθώς επίσης και τις πληροφορίες που αποθηκεύει στις βοηθητικές μνήμες, τα χρονικά και τους απαριθμητές που το απαρτίζουν για την υλοποίηση του αυτοματισμού. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να τις ξεχωρίσουμε, να αναγνωρίζουμε κάθε φορά πιο στοιχείο χρησιμοποιούμε και να μην της συγχέουμε μεταξύ τους.

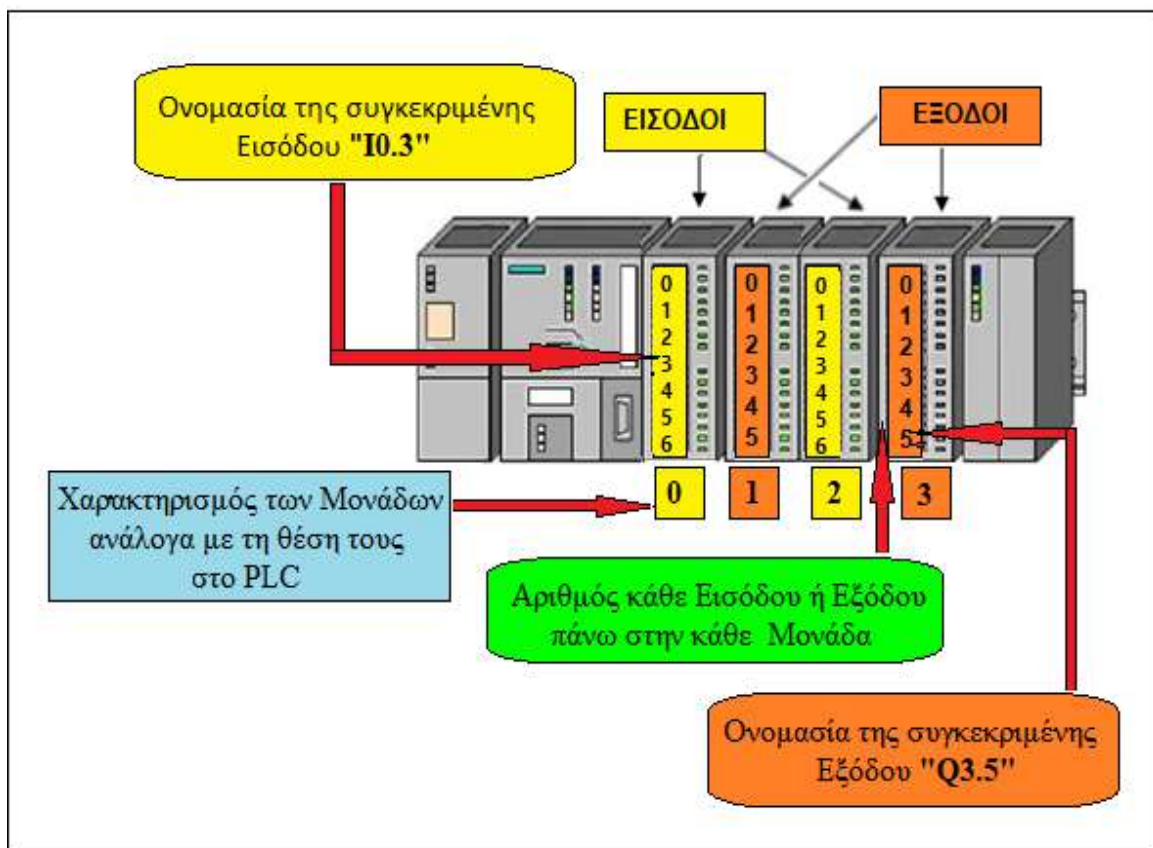
Η ονομασία αυτή στους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές χαρακτηρίζεται ως διεύθυνση των στοιχείων αυτών και παρουσιάζεται αναλυτικότερα παρακάτω.

Κάθε διεύθυνση υποστηρίζεται από δύο μεταβλητές. Αρχικά εκφράζεται από τον γενικό χαρακτήρα επί της εκατό «%» και ακολουθεί ένα γράμμα το οποίο προσδιορίζει τι εκπροσωπεί η συγκεκριμένη μεταβλητή.

Οι είσοδοι του συστήματος εκφράζονται από το γράμμα «I». Οι έξοδοι του συστήματος από το γράμμα «Q». Ενώ οι διαφορετικές περιοχές μνήμης του επεξεργαστή της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή εκφράζονται από το γράμμα «M» για τη βοηθητική μνήμη, το γράμμα «T» για τη μνήμη των χρονικών και το γράμμα «C» για τη μνήμη των απαριθμητών.

Στη συνέχεια υπάρχει ένας διψήφιος αριθμός ο οποίος χωρίζεται μεταξύ του με μία τελεία «.»». Ο πρώτος αριθμός δηλώνει τη σειρά που βρίσκεται τοποθετημένη η μονάδα πάνω στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή. Ενώ ο δεύτερος αριθμός δηλώνει την αρίθμηση που έχει αυτή η συγκεκριμένη θέση πάνω στην μονάδα, διότι μια μονάδα αποτελείται από πολλές θέσεις π.χ. η πέμπτη είσοδος μιας μονάδας εισόδου του PLC. (Μαμάτας, 2015). Για την καλύτερη κατανόηση της ονοματολογίας των μονάδων του PLC ακολουθεί το παρακάτω σχεδιάγραμμα. (Σχ. 3.9)

**Σχήμα 3.9** Ονοματολογία του PLC.



Αυτή η ονομασία των διευθύνσεων ισχύει για όλα τα μοντέλα των επεκτάσιμων προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών τύπου Modular ανεξαρτήτου εταιρίας κατασκευής.

Εάν πρόκειται για PLC τύπου Compact μη επεκτάσιμο τότε η ονομασία των διευθύνσεων διαφοροποιείται. Η διαφοροποίηση αυτή αφορά μόνο τον διψήφιο αριθμό ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές εισόδων, εξόδων και περιοχών μνήμης εκφράζονται με τον τρόπο που χρησιμοποιούν και τα PLC τύπου Modular. Σε αυτά ο αριθμός αυτός είναι μονοψήφιος και δηλώνει το άξοντα αριθμό της θέσης της πάνω στη συσκευή, είτε πρόκειται για είσοδο είτε για έξοδο. (Μαμάτας, 2015)

### **3.7 Οι γλώσσες προγραμματισμού των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών**

Οι γλώσσες προγραμματισμού που καθιερώθηκαν διεθνώς και χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα από όλες τις εταιρίες κατασκευής PLC ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος των συμβόλων που χρησιμοποιούν στον προγραμματισμό τους. (Μπερέτας, 2002)

Οι κατηγορίες είναι:

1. Γραφικές γλώσσες προγραμματισμού
2. Μη γραφικές γλώσσες προγραμματισμού

Γραφικές είναι οι γλώσσες οι οποίες χρησιμοποιούν γραφικά σύμβολα και τα σύμβολα των λογικών πυλών για την δομή του προγράμματός τους. Τα σύμβολα τους είναι όμοια με αυτά των κυκλωμάτων του κλασικού αυτοματισμού οπότε αποτελούν μια γλώσσα οικία και εύκολη προς τη χρήση της από τους γνώστες του αυτοματισμού. (Petruzella, 2018)

Στην κατηγορία των γραφικών γλωσσών ανήκουν οι εξής γλώσσες:

- Γλώσσα των σχεδίων επαφών ή γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών (Ladder Logic Diagram) ή (LAD) ή (LD)
- Γλώσσα των λογικών γραφικών ή γλώσσα των συναρτησιακών διαγραμμάτων (Function Bloc Diagram) ή (FBD)
- Γλώσσα των διαγραμμάτων ροής ή γλώσσα των διαγραμμάτων των διαδοχικών λειτουργιών (Sequential Function Chart) ή (SCF)

Μη γραφικές είναι οι γλώσσες οι οποίες δεν χρησιμοποιούν σύμβολα αλλά μια σειρά από εντολές προγραμματισμού που αντιστοιχούν στις εντολές της γλώσσας μηχανής. Αυτές οι γλώσσες χρησιμοποιούνται λιγότερο επειδή δεν είναι τόσο εύχρηστες και γιατί όσοι τις χρησιμοποιούν θα πρέπει να γνωρίζουν στοιχειώδη προγραμματισμό. (Petruzella, 2018)

Στην κατηγορία των μη γραφικών γλωσσών ανήκουν οι εξής γλώσσες:

- Γλώσσα λίστας εντολών (Statement List) ή (STL)
- Γλώσσα δομημένου κειμένου (Structural Text) ή (ST)



Από όλες τις γλώσσες προγραμματισμού των PLC που έχουμε αναφέρει αυτές που τελικά επικράτησαν και χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις είναι οι εξής τρεις: (Ρουτούλας, 2000)

- 1. Γλώσσα σχεδίων επαφών (LAD)**
- 2. Γλώσσα των λογικών γραφικών (FBD)**
- 3. Γλώσσα λίστας εντολών (STL)**

Η γλώσσα σχεδίων επαφών (LAD) είναι η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού που δημιουργήθηκε για να προγραμματίζει ένα PLC. Είναι μία γραφική γλώσσα που αναπτύχθηκε με βάση την λογική των κυκλωμάτων του κλασικού αυτοματισμού. Αποτελεί την μεταφορά αυτούσιου του ηλεκτρολογικού σχεδίου με την μετατροπή του σε μια γλώσσα με ανάλογες αναπαραστάσεις και τυποποιημένα γραφικά σύμβολα που να κατανοεί ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.

Η σύνταξη του προγράμματος (Σχ. 3.10) γίνεται με την χρήση συμβόλων που αναπαριστούν όλα τα στοιχεία του ηλεκτρολογικού σχεδίου και από ένα σύνολο κανόνων και γραμμών που χρησιμοποιούνται για την λειτουργία και την διασύνδεση των συμβόλων αυτών.

Όλοι οι είσοδοι απεικονίζονται σχηματικά με την μορφή επαφών, ανοικτών ή κλειστών ανάλογα με την πραγματική τους συμπεριφορά στο σύστημα του αυτοματισμού. Έχουν ως σύμβολο το σχήμα «-| I-» για την κανονικά ανοικτή επαφή και το σχήμα «-|/I-» για την κανονικά κλειστή επαφή.

Οι έξοδοι απεικονίζονται με την μορφή πηνίων και έχουν ανάλογη συμπεριφορά με αυτή των εισόδων. Ως σύμβολο χρησιμοποιούν το σχήμα «( )» για το πηνίο που ενεργοποιείται όταν διαρρέεται από το ρεύμα και το σχήμα «(/)» για το πηνίο που ενεργοποιείται όταν δεν διαρρέεται από το ρεύμα

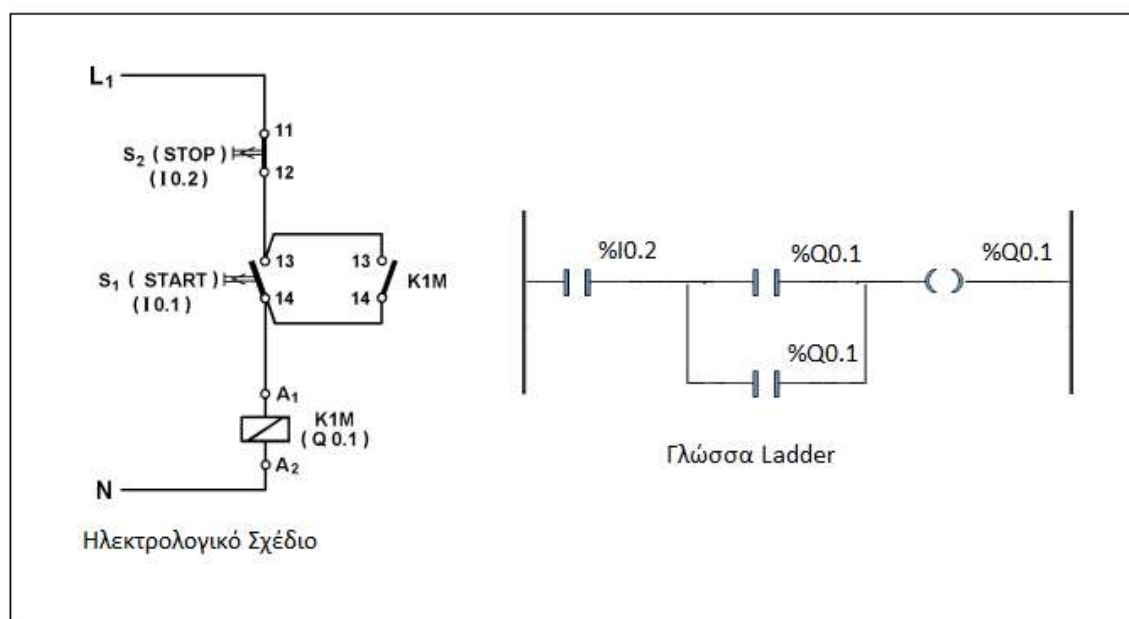
Ως ονοματολογία ή διεύθυνση για να τις ονομάζουμε και να τις ξεχωρίζουμε από τα υπόλοιπα στοιχεία του προγράμματος αλλά και για να αναγνωρίζουμε την θέση που καταλαμβάνει πάνω στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή χρησιμοποιούν συγκεκριμένους χαρακτήρες, σύμβολα και αριθμούς που αναλύσαμε σε προηγούμενη ενότητα.

Οι είσοδοι και οι έξοδοι συνδέονται μεταξύ τους με οριζόντιες γραμμές που αναπαριστούν τα καλώδια σύνδεσης των πραγματικών στοιχείων του αυτοματισμού οι οποίες τοποθετούνται ανάμεσα σε δύο παράλληλες γραμμές. Οι δύο παράλληλες γραμμές αποτελούν τα όρια της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε κάθε οριζόντια γραμμή που αντιπροσωπεύει και από έναν κλάδο του προγράμματος. Αντιστοιχούν η μεν αριστερή γραμμή στον αγωγό φάσης, δηλαδή στην τροφοδοσία του κλάδου με υψηλό δυναμικό ή δε δεξιά στον ουδέτερο αγωγό, δηλαδή στην τροφοδοσία του κλάδου με χαμηλό δυναμικό. Κάθε οριζόντια γραμμή αποτελεί ένα στάδιο του προγράμματος που στο αριστερό της τμήμα τοποθετούνται όλοι οι είσοδοι, στη συνέχεια μπαίνουν διάφορες καταστάσεις που είναι απαραίτητες για το συγκεκριμένο στάδιο του προγράμματος ενώ στο τέλος της γραμμής προς το δεξιό τμήμα τοποθετείται η έξοδος ή οι έξοδοι του σταδίου.

Το PLC εκτελεί ξεχωριστά ένα ένα τα στάδια ξεκινώντας από το πρώτο μέχρι και το τελευταίο και συνεχίζει κυκλικά με την ίδια διαδικασία ως ότου χρειαστεί. (Borelbach et al., 2001)

Για την καλύτερη κατανόηση της γλώσσας των σχεδίων επαφών παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 3.10, η μεταφορά ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου για ένα κύκλωμα απλού αυτόματου διακόπτη με αυτοσυγκράτηση επαφών, στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ανάπτυξη του προγράμματος σε γλώσσα σχεδίων επαφών.

**Σχήμα 3.10** Πρόγραμμα PLC σε γλώσσα Ladder.



Η γλώσσα λογικών γραφικών (FBD) είναι και αυτή μία γραφική γλώσσα που η ανάπτυξη της στηρίχθηκε στην λογική των ψηφιακών ηλεκτρονικών. Η διαφορά της με την γλώσσα σχεδίων επαφών είναι ότι μεταφέρει στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή το ηλεκτρολογικό σχέδιο με την απεικόνιση των λογικών πυλών και ο αυτοματισμός εξελίσσεται με την μορφή των λογικών πράξεων. (Borelbach et al., 2001)

Η σύνταξη του προγράμματος (Σχ. 3.11) γίνεται με την χρήση ορθογώνιων παραλληλόγραμμων σχημάτων που αναπαριστούν τις συναρτήσεις των λογικών πυλών ακολουθώντας την άλγεβρα Boole.

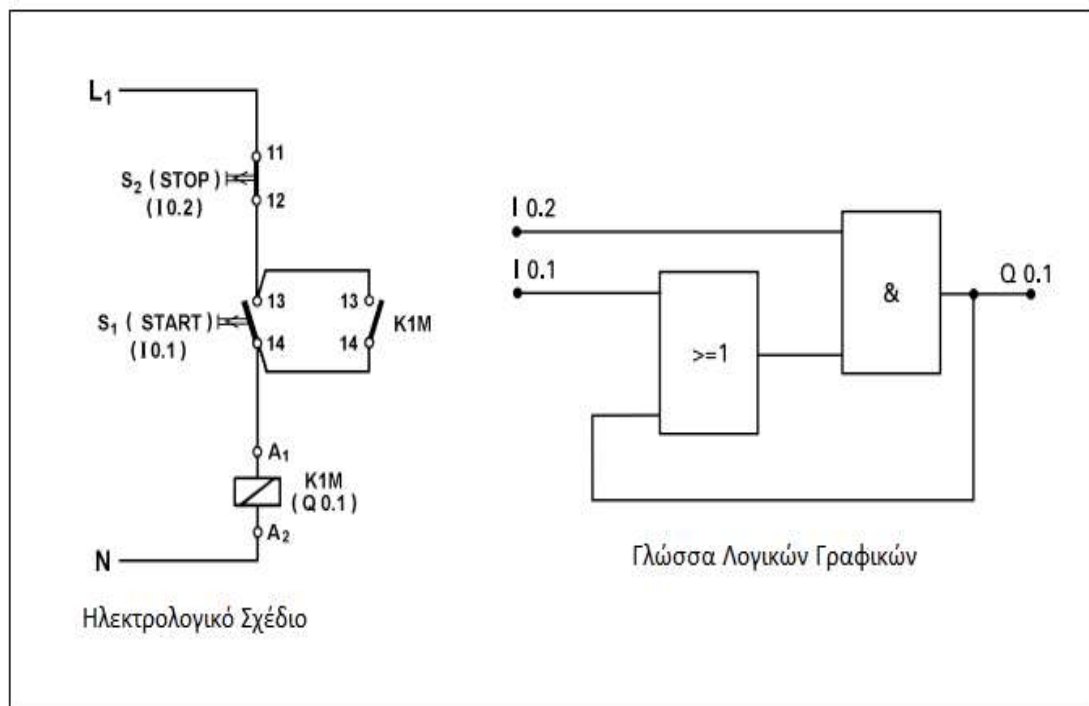
Κάθε ορθογώνιο σχήμα περιέχει μέσα του ένα σύμβολο ανάλογα κάθε φορά με ποια λογική πύλη θα αντιστοιχεί. Οι είσοδοι τοποθετούνται από την αριστερή πλευρά του ορθογωνίου ενώ οι έξοδοι από την δεξιά. Η μορφή των διευθύνσεων των περιοχών μνήμης και η ονοματολογία των στοιχείων είναι ίδια με αυτή που χρησιμοποιεί και η γλώσσα των σχεδίων επαφών.

Τα βασικά σύμβολα που τοποθετούνται μέσα στα ορθογώνια παραλληλόγραμμα σχήματα τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την ροή του προγράμματος είναι τα εξής.

Η λογική πύλη «AND» που χρησιμοποιεί ως σύμβολο της το χαρακτήρα «&» και σημαίνει λογικό "ΚΑΙ", η λογική πύλη «OR» η οποία αναπαριστάτε με το σύμβολο «>=1» και σημαίνει λογικό "Η" και η λογική πύλη «NOT» που σημαίνει λογικό "ΟΧΙ" η οποία συμβολίζεται με τον αριθμό «1» καθώς επίσης και με ένα κυκλάκι που τοποθετείται στην εξωτερική δεξιά πλευρά του ορθογωνίου το οποίο δηλώνει αυτή την άρνηση. (Deligiannis et al., 2008)

Για την καλύτερη κατανόηση της γλώσσας των λογικών γραφικών παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 3.1, η μεταφορά ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου για ένα κύκλωμα απλού αυτόματου διακόπτη με αυτοσυγκράτηση επαφών, στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ανάπτυξη του προγράμματος σε γλώσσα λογικών γραφικών.

Σχήμα 3.11 Πρόγραμμα PLC σε γλώσσα FBD.



Η γλώσσα λίστας εντολών (STL) είναι μία γλώσσα που έχει μορφή κειμένου. (Σχ. 3.12). Δημιουργήθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με την γλώσσα σχεδίων επαφών όμως μοιάζει περισσότερο με τις γλώσσες προγραμματισμού των ηλεκτρονικών υπολογιστών και με την γλώσσα μηχανής. Είναι μια γλώσσα η οποία τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί πάρα πολύ παρόλο που στην αρχή της δημιουργίας της δεν χρησιμοποιούνταν και τόσο διότι οι εντολές της ήταν περιορισμένες. Βασικός βέβαια παράγοντας αποτελούσε και το ότι για να την εφαρμόσει αλλά και μόνο να την ελέγχει κάποιος θα έπρεπε να έχει έστω και στοιχειώδης γνώσεις προγραμματισμού. Με την πάροδο του χρόνου το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε γιατί όλοι πλέον έχουν βασικές γνώσεις προγραμματισμού ενώ παράλληλα και η γλώσσα εξελισσόταν με αποτέλεσμα σήμερα να αποτελεί την πιο ισχυρή γλώσσα στον προγραμματισμό των PLC.

Αυτό διότι η γλώσσα μπορεί να απεικονίσει με τις εντολές της οποιοδήποτε ηλεκτρικό κύκλωμα αυτοματισμού που είναι τεχνικός αδύνατον να απεικονιστεί με τις υπόλοιπες γραφικές γλώσσες που συνήθως χρησιμοποιούμε για τον βιομηχανικό προγραμματισμό. (Borelbach et al., 2001)

Η σύνταξη του προγράμματος γίνεται από μία σειρά εντολών οι οποίες τοποθετούνται η μία κάτω από την άλλη σε οριζόντιες γραμμές. Οι εντολές του προγράμματος

αντιστοιχούν στις λογικές πύλες και στην λογική της άλγεβρας Boole. Η καταχώρηση των εντολών στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή πραγματοποιείται με όσο το δυνατόν λιγότερα γράμματα, δηλαδή με συντομογραφικό τρόπο.

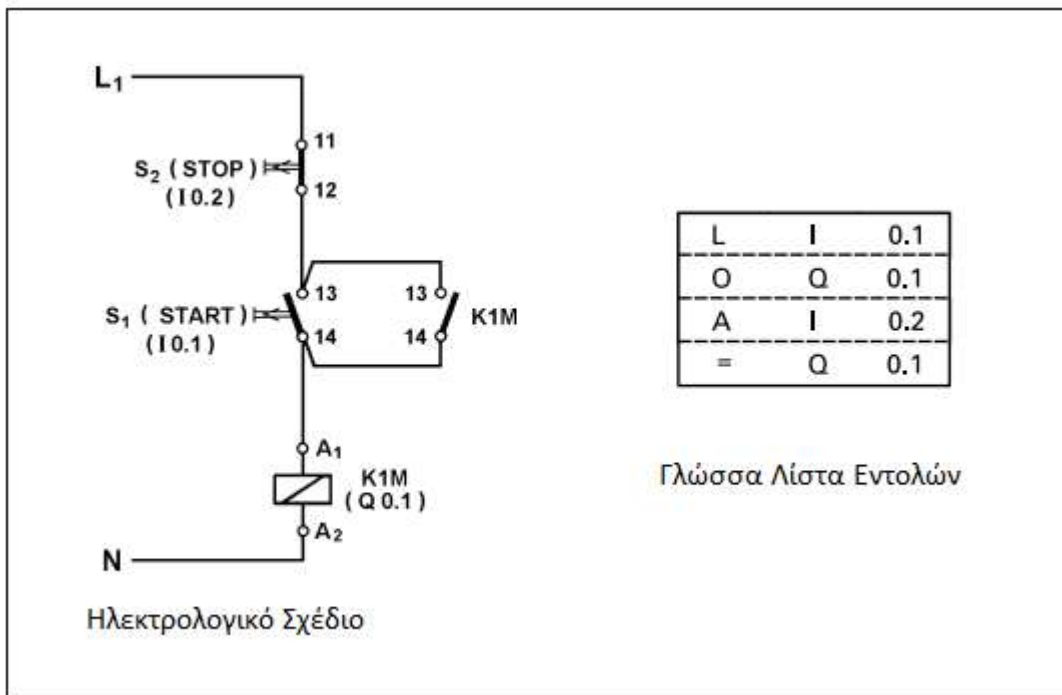
Κάθε γραμμή του προγράμματος αποτελείται από δύο τμήματα. Το ένα τμήμα αναφέρει την λειτουργία που εκτελεί η εντολή και αποτελεί το αριστερό τμήμα της. Αυτή γράφεται με λατινικούς χαρακτήρες και αφορά την τοποθέτηση στην μνήμη του καταχωρητή, της λογικής κατάστασης μιας εισόδου ή μιας εξόδου ή κάποιας εντολής των λογικών πυλών ή κάποιων άλλων στοιχείων που χρειάζεται να γνωρίζει το PLC για να εκτελέσει την εργασία του.

Το άλλο τμήμα αναφέρει το όνομα της μεταβλητής που θα εφαρμοστεί η λειτουργία της εντολής και αποτελεί το αριστερό τμήμα της γραμμής. Η μεταβλητή περιέχει την διεύθυνση κάποιας εισόδου ή κάποιας εξόδου ή κάποιας περιοχής μνήμης. Η μορφή της διεύθυνσης και η ονοματολογία των στοιχείων είναι ίδια με αυτή των δύο άλλων γλωσσών προγραμματισμού.

Οι βασικές εντολές του προγράμματος είναι η εντολή «Load» που σημαίνει φόρτωση στην μνήμη του PLC την κατάσταση που υπάρχει σε μια είσοδο, έξοδο ή περιοχή μνήμης και γράφεται συντομογραφικά με το γράμμα «L». Η εντολή «ίσον» που συμβολίζεται με το «=» και αφορά την μεταφορά ενός αποτελέσματος σε μια έξοδο ή μία περιοχή μνήμης. Οι υπόλοιπες εντολές αφορούν τις λογικές πύλες με τις λογικές πράξεις που αντικατοπτρίζει η κάθε μία, με την κάθε πύλη να αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη εντολή. Η εντολή «AND» που συμβολίζεται με το γράμμα «A» και σημαίνει λογικό "ΚΑΙ", η εντολή «OR» που συμβολίζεται με το «O» και σημαίνει λογικό "Η" και η εντολή «NOT» που συμβολίζεται με το γράμμα «N» και σημαίνει λογικό "ΟΧΙ". Βέβαια η εντολή «NOT» μπορεί να αποτελέσει και το συμπλήρωμα όλων των προηγούμενων εντολών π.χ. η εντολή «LN» που σημαίνει φόρτωση στην μνήμη την αντίστροφη κατάσταση μιας εισόδου. (Ζούλης κ. ά., 2000)

Για την καλύτερη κατανόηση της γλώσσας της λίστας εντολών παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 3.12, η μεταφορά ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου για ένα κύκλωμα απλού αυτόματου διακόπτη με αυτοσυγκράτηση επαφών, στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ανάπτυξη του προγράμματος σε γλώσσα λίστας εντολών.

Σχήμα 3.12 Πρόγραμμα PLC σε γλώσσα STL.



### **3.8 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των γλωσσών προγραμματισμού**

Η ανάπτυξη του προγράμματος και γενικότερα η επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού ενός PLC είναι μια διαδικασία η οποία πρέπει να γίνει πρωταρχικά.

Βέβαια οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές μπορούν να προγραμματιστούν σε περισσότερες από μία γλώσσες μιας και από την εταιρία κατασκευής τους είναι εφοδιασμένοι με περισσότερα λογισμικά γλωσσών. Ταυτόχρονα μπορούν να μετατρέψουν τη μία γλώσσα προγραμματισμού σε μία άλλη εάν αυτό το επιθυμεί ο χρήστης τους.

Η επιλογή λοιπόν της γλώσσα προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα PLC βασίζεται κατά κύριο λόγο στο ποία γλώσσα μας εξυπηρετεί καλύτερα σύμφωνα με τις δυνατότητες της για την εφαρμογή του αυτοματισμού που έχουμε να υλοποιήσουμε και κατά δεύτερο λόγο στην εμπειρία και στις γνώσεις του χρήστη.

Αν θέλουμε να συγκρίνουμε τις τρεις γλώσσες που έχουμε αναπτύξει θα λέγαμε τα εξής

Τα πλεονεκτήματα της γλώσσας λίστας εντολών είναι:

- Έχει μεγαλύτερες δυνατότητες και περισσότερη ευελιξία από ότι οι άλλες γλώσσες διότι με τις εντολές της μπορούμε να γράψουμε πρόγραμμα που δεν είναι δυνατόν να αναπαρασταθεί με τον γραφικό τρόπο που χρησιμοποιούν για τον προγραμματισμό τους οι άλλες γλώσσες.
- Μπορούμε να γνωρίζουμε με ακρίβεια την σειρά των εντολών του προγράμματος.
- Το πρόγραμμα μιας εφαρμογής της καταλαμβάνει μικρότερο χώρο στη μνήμη του PLC από ότι των άλλων γλωσσών για την ίδια εφαρμογή. (Ακρίδας, 2014)

Τα μειονεκτήματα της είναι:

- Ο χρήστης χρειάζεται να έχει γνώσεις προγραμματισμού.
- Δεν είναι εύκολη η παρακολούθηση της ροής του προγράμματος κατά την λειτουργία του αυτοματισμού. (Ακρίδας, 2014)

Ενώ τα πλεονεκτήματα της γλώσσας σχεδίων επαφών και γενικότερα των γραφικών γλωσσών είναι:

- Είναι γλώσσα πιο προσιτή σε αυτούς που γνωρίζουν τον κλασικό αυτοματισμό.
- Δεν χρειάζεται ο χρήστης να έχει γνώσεις προγραμματισμού.

- Είναι εύκολη στη χρήση και την παρακολούθηση της ροής του προγράμματος κατά την λειτουργία του αυτοματισμού λόγω των γραφικών συμβόλων. (Ακρίδας, 2014)

Τα μειονεκτήματα της είναι:

- Το πρόγραμμα καταλαμβάνει μεγάλη έκταση οπότε η διαχείριση του είναι δύσκολη και επίσης πρέπει να υπάρχει μεγαλύτερη οθόνη για την δημιουργία αλλά και την καλύτερη εποπτεία του προγράμματος. (Ακρίδας, 2014)



**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ****ΕΛΛΗΝΙΚΗ**

Αδαμίδου, Μ. (2007). *Η ανάπτυξη της θεωρίας ελέγχου και του αυτοματισμού στα τελευταία 2000 χρόνια*. Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Μαθηματικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ανακτήθηκε από <http://ikee.lib.auth.gr/record/101740/files/gri-2008-1317.pdf>

Ακριδάς, Α. (2014). *Δομή και λειτουργία των PLC*. Αθήνα: Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Αυτοματισμού, ΤΕΙ Αθήνας. Ανακτήθηκε από <http://oceanis.lib.puas.gr/xmlui/handle/123456789/2066>

Δημαλέξης, Σ. (2017). *Εφαρμογές βιομηχανικού αυτοματισμού με PLC*. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων μηχανικών, ΑΤΕΙ Πειραιά. Ανακτήθηκε από <http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/3441>

Ζούλης, Ν., Καφετζάκης, Π. & Σούλτης, Γ., (2000). *Συστήματα Αυτοματισμών*. Β' Τόμος, Αθήνα: Εκδόσεις ΙΤΥΕ Διόφαντος. Ανακτήθηκε από [http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/magazine/ergasies\\_foititon/ettap/2010-11/h-taxi/var/SAE\\_B\\_TOMOS\\_SEL9\\_106.PDF](http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/magazine/ergasies_foititon/ettap/2010-11/h-taxi/var/SAE_B_TOMOS_SEL9_106.PDF)

Καλλιγερόπουλος, Δ., Βασιλειάδου, Σ., (2005). *Ιστορία της τεχνολογίας και των αυτομάτων*. Αθήνα: Εκδόσεις Σύγχρονη εκδοτική.

Κότσαλης, Ε., Κουτουλάκος, Χ. & Χαμηλοθώρης, Γ., (2012). *Εισαγωγή στους Αυτοματισμούς*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΤΥΕ Διόφαντος.

Κρανάς, Γ., Δασκαλόπουλος Ε., (2001). *Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί και Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC)*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.

Κρικέλης, Ν., (1985). *Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία

Μαμάτας, Ι. (2015). *Σχεδίαση και υλοποίηση εκπαιδευτικού αναπτόγματος με τη χρήση του PLC S7-200*. για την προσομοίωση εφαρμογών αυτοματισμού, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, ΤΕΙ Σερρών. Ανακτήθηκε από <http://apothesis.teicm.gr/xmlui/handle/123456789/1100>

Μπαλωμένος, Σ. (2018). *Σχεδίαση και ανάπτυξη συστήματος αυτοματισμού με PLC και HMI (C#)*. Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα μηχανικών πληροφορικής και υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Ανακτήθηκε από <http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/4493>

Μπερέτας, Ι., (2002) *Αυτοματισμός με χρήση PLC*. Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.

Πανταζής, Ν. (1997). *Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.

Παρασκευόπουλος, Π. (1996). *Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου – Βασικές Έννοιες με Εφαρμογές*. Αθήνα: Προσωπική Έκδοση.

Πετρίδης, Β. (2017). *PLC - Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές*. Α' Τόμος, Αθήνα: Εκδόσεις Ζήτη.

Ρουτούλας, Α. (2000). *Βιομηχανικοί αυτοματισμοί*. Διδακτικές Σημειώσεις ΤΕΙ Πειραιά, Αθήνα: Προσωπική έκδοση. Ανακτήθηκε από <http://ikaros.teipir.gr/phyche/Subjects/Routoulas/AutomatismoiVIKTE/ViomixanikosAutomatismos.pdf>

Σμυρλής, Ν., Ζαρογιάννης, Λ., (2007). *Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Σφυρογιαννάκης, Δ. (2018). *Πρακτικές εφαρμογές αυτοματισμού με PLC και υλοποίηση τους σε γλώσσα STEP 7*. Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα μηχανικών ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων, ΤΕΙ Πειραιά. Ανακτήθηκε από <http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/4180>

## **ΞΕΝΗ**

Borelbach, H., Kraemer, G., Mock, W., Nows, E., & Behrendt, ch. (2001). *Αυτοματισμοί Ψηφιακού Ελέγχου*, Αθήνα: Εκδόσεις Πατρικίου και ΣΙΑ Ε.Ε.

Deligiannis, V., Manesis, S., & Lygeros, J. (2008). *Global Automata: a new formal method for modeling industrial systems*, International Journal of Industrial and Systems Engineering

Petruzella, F. (2018). *Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές*, 5<sup>η</sup> Έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.

Petruzella, F. (2000). *Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές*, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΙΣΤΟΤΟΠΩΝ**

Εκπαιδευτικός Διαδικτυακός Τόπος (ΕΚ.ΔΙ.ΤΟ.). *Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLCs)*. Ανακτήθηκε 3 Οκτωβρίου 2020, από [http://edume.myds.me/00\\_0070\\_e\\_library/10030/03\\_Automation\\_Books/008/08\\_ch\\_07.pdf](http://edume.myds.me/00_0070_e_library/10030/03_Automation_Books/008/08_ch_07.pdf)

Εμπορικό & Βιοτεχνικό Επιμελητήριο Πειραιώς. (2007). *Τεχνικός Συντηρητής Εγκαταστάσεων Αυτοματισμού και Αυτομάτου Ελέγχου*. Ανακτήθηκε 21 Δεκεμβρίου 2020, από [http://ever-library.gr/portals/0/ebook/03\\_ebook/files/basic-html/page28.html](http://ever-library.gr/portals/0/ebook/03_ebook/files/basic-html/page28.html)

<https://www.electricalab.gr/e-yliko/siemens-plc-simatic-s7-200/545-plc-simatic-s7-200-siemens-1/file>

<https://controlstation.com/dick-morley-story-plc/>

<https://new.siemens.com/gr/el.html>

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc.html>

<https://www.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/plc/index.html>

<http://gefanc.in/Ge-Fanuc/PLC/Suppliers-Dealers/>

<https://www.emerson.com/en-us/automation/control-and-safety-systems/programmable-automation-control-systems/programmable-automation-controllers>

<http://mixanikos365.blogspot.com/2019/04/plc.html>

[https://www.pronews.gr/istoria/177882\\_o-iron-o-alexandreys-kai-i-viomihaniki-epanastasi-poy-argise-2000-hronia-vinteo](https://www.pronews.gr/istoria/177882_o-iron-o-alexandreys-kai-i-viomihaniki-epanastasi-poy-argise-2000-hronia-vinteo)

<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-6/programmable-logic-controllers-plc/>

<http://users.sch.gr/mfanarioti/MHXANES/mixanologia/ydraulikoroloi.html>

<https://www.pakmarkas.lt/uploads/PAVAROS/plc%20valdikliai/3.pdf>

<https://www.iec.ch/>

<https://www.se.com/gr/el/>

<https://new.abb.com/plc>

<https://www.rockwellautomation.com/en-au/products/hardware/allen-bradley.html>

<http://boreas.gr/index.php/about-hot-explorer/automation-control-general-electric>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable\\_logic\\_controller](https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller)

<https://el.wikipedia.org/wiki/ENIAC>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Dick\\_Morley](https://en.wikipedia.org/wiki/Dick_Morley)