

ΤΕΧΝΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

Τμήμα Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Με θέμα:

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ



Σπουδαστής:

ΚΑΝΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ – Α.Μ 27243

Εισηγήτρια:

Καθηγήτρια Εφαρμογών

κα.ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΒΕΛΩΝΗ

ΑΙΓΑΛΕΩ - ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014



ΤΕΧΝΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

Τμήμα Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Με θέμα:

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ



Σπουδαστής:

ΚΑΝΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ – Α.Μ 27243

Εισηγήτρια:

Καθηγήτρια Εφαρμογών

κα.ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΒΕΛΩΝΗ

ΑΙΓΑΛΕΩ - ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα
την καθηγήτρια Κα Βελώνη ,
την οικογένεια μου,
καθώς και όλους που με υποστήριξαν
στην προσπάθεια μου μέχρι σήμερα...

Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής αυτής ήταν η παρουσίαση και η ανάλυση των συστημάτων βιομηχανικού ελέγχου που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία. Έγιναν αναφορές στα συστήματα που ελέγχουν κατά κύριο λόγο το στάδιο της παραγωγής, όσον αφορά τη συνέπεια των διεργασιών και την τήρηση του χρονοδιαγράμματος τους και αναπτύχθηκε ο τρόπος λειτουργίας τους, μαζί με μια σύντομη ιστορική αναδρομή για το υλικό (SCADA-DCS-PLC) αλλά και το λογισμικό (RTOS-General Purpose Systems) αυτών. Επίσης έγιναν αναφορές στο λογισμικό και το υλικό που χρησιμοποιείται σήμερα στη βιομηχανία.

Στο τελευταίο κεφάλαιο έγινε παρουσίαση ενός από τα πιο γνωστά λογισμικά για κατασκευή εφαρμογών SCADA, το WinCC της Siemens, και αναπτύχθηκαν μερικά παραδείγματα με σκοπό να φανεί ο τρόπος χρήσης και λειτουργίας του.

Abstract

The aim of this thesis was the presentation and analysis of the industrial control systems that are now used in industry. There were references primarily to the systems that control the production stage, in terms of process consistency and adherence to timetable, along with mode analysis and a brief historical overview of the material (SCADA-DCS-PLC) and software (RTOS-General Purpose Systems) thereof. There were also references to the software and hardware used in the industry today.

The last chapter was the presentation of one of the most popular software applications for industrial SCADA, the WinCC of Siemens, as well as the development of some examples to demonstrate the use and operation.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (COMPUTERINTERGRATEDMANUFACTURING).....	1
1.1 Ιστορική εξέλιξη της Τεχνολογίας CIM.....	1
1.2 Περιγραφή – Ανάλυση της Τεχνολογίας CIM.....	3
1.2.1 Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου (ProcessControlSystems).....	3
1.2.2 Συστήματα Συλλογής Στοιχείων Λειτουργίας Εργοστασίου (FactoryDataAcquisition).....	5
1.2.3 Συστήματα Αυτόματης Διακίνησης Υλικών (MaterialHandling).....	6
1.2.4 Συστήματα ROBOT.....	7
1.2.5 Αυτόματες Εργαλειομηχανές NC-CNC-DNC.....	8
1.2.6 Ευέλικτα Συστήματα Παραγωγής FMS.....	9
1.2.7 Συστήματα Τεχνικού Σχεδιασμού (CAD).....	10
1.2.8 Συστήματα Διοίκησης Παραγωγής (CAPM).....	11
1.3 Ορισμοί και προϋποθέσεις για την ένταξη της τεχνολογίας CIM στις επιχειρήσεις	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ-DCS (DISTRIBUTEDCONTROLSYSTEMS).....	23
2.1 Αναλογικά Συστήματα Ελέγχου.....	26
2.2 Κεντρικά Συστήματα Ελέγχου με H/Y.....	27
2.3 Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου (DCS).....	28
2.3.1 Ελεγκτής Πεδίου (LocalController).....	29
2.3.2 Δικτύωση (DataLinks).....	30
2.3.3 Στρατηγικές ελέγχου.....	33
2.3.4 Αξιοπιστία συστημάτων.....	34
2.3.5 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας.....	37
2.3.6 Γλώσσες Προγραμματισμού.....	38
2.4 Κριτήρια Επιλογής Συστημάτων Κατανεμημένου Ελέγχου.....	38
2.5 Ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου.....	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ –RTCS (REAL-TIMECONTROLSYSTEMS).....

.....	43
3.1 Συστήματα ελεγχόμενα από Η/Υ	44
3.1.1 Ορισμοί και γενικές ιδιότητες	47
3.1.2 Real-time operating systems (RTOS).....	47
3.1.3 Κατηγοριοποίηση συστημάτων πραγματικού χρόνου.....	48
3.2 Σχεδιασμός Συστήματος.....	49
3.2.1 Μοντελοποίηση Κατάστασης Μηχανής.....	50
3.2.2 Executives Πραγματικού Χρόνου	50
3.2.3 Προτεραιότητα Επεξεργασίας	51
3.2.4 RealTimeScheduling (χρονοδρομολόγηση πραγματικού χρόνου).....	52
3.3 –Εφαρμογή συστημάτων ελέγχου σε Η/Υ	54
3.3.1 Σχεδιασμός Ελεγκτή.....	54
3.3.2 Ψηφιακή Εφαρμογή.....	54
3.4 Πλατφόρμα Πραγματικού Χρόνου.	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΟΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (SCADA)

.....	61
4.1 Τι είναι SCADA	61
4.1.1 Περιγραφή των συστημάτων SCADA	61
4.2 SCADA και αυτόματος έλεγχος, σύγκριση SCADA και DCS.....	63
4.3 SCADA και HMI	64
4.4 Βασικά χαρακτηριστικά των SCADA	64
4.5 Οφέλη και πλεονεκτήματα των συστημάτων SCADA	66
4.6 Δίκτυα Ethernet	67
4.7 Ethernet και βιομηχανία	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)

.....	71
5.1 Εισαγωγή.....	71
5.2. Τι είναι ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.	72
5.2.1 Πλεονεκτήματα των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.	73

5.2.2 Η δομή ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.	74
5.2.3 Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της αγοράς.	79
5.2.4 Αρχή λειτουργίας ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.	80
5.3. Προγραμματισμός ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.	83
5.3.1 Γλώσσες προγραμματισμού των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών. ...	83
5.3.2 Συσκευές προγραμματισμού των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών. ..	86
5.3.3 Τρόπος ανάπτυξης ενός συστήματος αυτοματισμού με τη χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.	89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

6.1 Υπολογιστές στην παραγωγή.....	91
6.1.1 Ιστορική αναδρομή.....	91
6.1.2 Γενικά	92
6.1.3 Χαρακτηριστικά Η/Υ βιομηχανικής χρήσης (υλικό)	93
6.1.4 Υπολογιστές στη σύγχρονη βιομηχανία.	94
6.2 Λογισμικό Βιομηχανικών Εφαρμογών	97
6.2.1 Λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου(RTOS) και συστήματα γενικής χρήσης(GeneralPurposeSystems).	97
6.2.2 Παραδείγματα λειτουργικών συστημάτων πραγματικού χρόνου(RTOS).....	98
6.2.3 Παραδείγματα λειτουργικών συστημάτων γενικής χρήσης για βιομηχανικές εφαρμογές.....	100
6.2.4 Εφαρμογές για χρήση στη βιομηχανία.	101

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΕΛΕΓΧΟ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

7.1 Εισαγωγή (WinCCFlexible 2008).....	109
7.1.1 Παρουσίαση του WinCCFlexible.....	109
7.1.2 Ξεκινώντας με το WinCC flexible.	111
7.1.3 Δημιουργώντας ένα νέο project.....	112
7.1.4 Βασικά στοιχεία του WinCC Flexible.....	113
7.1.5 Menus και Toolbars	114
7.1.6 Τοποθέτηση Toolbars	115

7.1.7 Επιφάνειαεργασίας (Working Area).....	115
7.1.8 Project View	116
7.1.9 PropertyView.....	117
7.1.10 Library (Βιβλιοθήκη).....	118
7.1.11 OutputWindow	119
7.1.12 ObjectView	120
7.1.13 Τοποθέτηση editor-specificoperatingelements.....	122
7.1.14 Placement (Τοποθέτηση).....	122
7.1.15 Δουλεύοντας με windows και toolbars.....	122
7.1.16 OperatingElementsAvailable.....	123
7.1.17 Dockingframes ή toolbars.....	123
7.1.18 Συνδυασμός frames	124
7.1.19 Δουλεύοντας με το ποντίκι.....	124
7.1.20 Αυτόματη απόκρυψη windows	124
7.1.21 Drag-and-drop	125
7.1.22 Shortcutmenu.....	125
7.1.23 Λειτουργία Πληκτρολογίου.....	126
7.2 Εφαρμογές.....	127
7.2.1 Εφαρμογή 1	127
7.2.2 Εφαρμογή 2	131
7.2.3 Εφαρμογή 3	133

Πίνακας Σχημάτων

Σχ. 1.1: Μοντέλο CIM κατά Scheer	14
Σχ. 1.2: Τα στοιχεία του συστήματος CIM.....	15
Σχ. 1.3: Τα στοιχεία του συστήματος CAD.....	16
Σχ. 1.4: Τα στοιχεία του συστήματος CAPP	17
Σχ. 1.5: Τα στοιχεία του συστήματος CAM	19
Σχ. 1.6: Τα στοιχεία του συστήματος CAQ.....	20
Σχ. 2.1: Τυπικό διάγραμμα Βιομηχανικής Μονάδος.....	24
Σχ. 2.2: Γεωγραφική Υποδιαίρεση Ενεργειών Ελέγχου.....	25
Σχ. 2.3: Έλεγχος με Υποδιαίρεση Λειτουργιών Ελέγχου.....	25
Σχ. 2.4: Έλεγχος με Υποδιαίρεση Λειτουργικών Διεργασιών.....	26
Σχ. 2.5: Έλεγχος με Υποδιαίρεση Χρονοδιαγράμματος.....	26
Σχ. 2.6: Τυπικό Δίκτυο Κατανεμημένου Ελέγχου.....	29
Σχ. 2.7: Διάγραμμα Τοπικού Ελεγκτή (LocalController).....	30
Σχ. 2.8: Λειτουργικές Εντολές Τοπικού Ελεγκτή.....	30
Σχ.2.9:Τοπολογία Δικτύων	31
Σχ. 2.10: Συνδεσμολογία Βάση Αρμοδιοτήτων.....	33
Σχ. 2.11: Συνδεσμολογία Βάσει Τοποθεσίας.....	34
Σχ. 2.12: Συνδεσμολογία βάση λειτουργιών	34
Σχ. 2.13: Ένας εφεδρικός ελεγκτής για κάθε ελεγκτή σε λειτουργία.....	35
Σχ.2.14:Ένας εφεδρικός ελεγκτής για μερικούς λειτουργούντες ελεγκτές.	36
Σχ. 2.15: Δυναμική Εφεδρεία	36
Σχ. 2.16: Βελτίωση Αξιοπιστίας Ζεύξεων	37
Σχ. 3.1: Επισκόπηση συστήματος ελεγχόμενο από Η/Υ	45
Σχ. 3.2: Multitasking με ένα νήμα και Multitasking με πολλά νήματα	48
Σχ. 3.3: Διαδικασία σχεδιασμού συστήματος.....	50
Σχ. 3.4: Τυπικό διάγραμμα Κατάστασης Μηχανής.....	50
Σχ. 3.5: Σχεδιάγραμμα ταξινόμησης αλγορίθμων χρονοδρομολόγησης μονού επεξεργαστή	52
Σχ. 3.6: Ελεγκτής με ενσωματωμένη περιοδική διεργασία πραγματικού χρόνου.....	55
Σχ. 3.7: Ελεγκτής I/O με δυο ενσωματωμένες διεργασίες πραγματικού χρόνου.....	56
Σχ. 3.8: Υλοποίηση πραγματικού χρόνου ελεγκτή εσωτερικής κατάστασης.....	57
Σχ. 4.1: Γενική τοπολογία συστήματος SCADA.....	62
Σχ. 4.2: Είσοδοι και έξοδοι των MTU και RTU σύμφωνα με τον Boyer.....	63
Σχ. 4.3: HMI εφαρμογή της EllipseSoftware για εποπτεία υδραγωγείου.....	65
Σχ. 4.4: Συνδεσμολογίες δικτύων Ethernet.....	67
Σχ. 4.5: Τρόπος δημιουργίας «κορμού» με ομοαξονικό καλώδιο	68

Σχ. 4.6: Χρήση των repeaters σε δίκτυο με ομοαξονικό καλώδιο.....	68
Σχ. 4.7: Συνδεσμολογία δικτύων με καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους και χρήση των hubs ως repeaters	69
Σχ. 5.1: Δομή ενός PLC.....	75
Σχ. 5.2: Πλαίσιο στήριξης PLC	76
Σχ. 5.3: Κεντρική μονάδα επεξεργασίας και μονάδες εισόδων ενός PLC.	78
Σχ. 5.4: ModularPLC. Αποτελείται από ανεξάρτητες μονάδες οι οποίες προσαρμόζονται στο πλαίσιο στήριξης.....	81
Σχ. 5.5: Συμπαγές PLC. Περιλαμβάνει τροφοδοτικό, κεντρική μονάδα επεξεργασίας, εισόδους και εξόδους, όλα ενσωματωμένα σε μια ενιαία συσκευή.....	81
Σχ. 5.6: Κύκλος λειτουργίας PLC.....	82
Σχ. 5.7: Γλώσσες προγραμματισμού PLC.	85
Σχ. 6.1: (a)IBM 5531 (b) IBM 7531 (c) ICS 6531	92
Σχ. 6.2: Παράδειγμα ενός EmbeddedPC(αριστερά) και ενός Panel-PC(δεξιά).....	93
Σχ. 6.3: Ακροφύσια τύπου MIL-SPEC και Circular-MIL αντίστοιχα.....	94
Σχ. 6.4: Πάνω αριστερά: Η/Υ κατασκευασμένος με ενισχυμένο μέταλλο στο κουτί.	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING)

1.1 Ιστορική εξέλιξη της Τεχνολογίας CIM

Το CIM αντιστοιχεί στο Computer Integrated Manufacturing (Ολοκληρωμένα Συστήματα Παραγωγής) όπου στο 1973, ο Joseph Harrington εξέδωσε την αρχική ιδέα αυτού στο βιβλίο του Computer Integrated Manufacturing (Harrington, 1979). Παρότι είχε εκδοθεί τότε, ο κόσμος μπόρεσε να καταλάβει τις δυνατότητες του κατά το 1984. Από τότε και έπειτα έχουν γραφτεί χιλιάδες άρθρα για το θέμα και χάρη στη συμμετοχή αρκετών ερευνητών και εργαζομένων σε βιομηχανίες, το CIM έγινε ένας διάσημος και συνεχώς εξελιξιμος τομέας της σύγχρονης βιομηχανίας.

Από το ακρωνύμιο του όρου CIM και μόνο καταλαβαίνουμε ότι ο τομέας εφαρμογής του είναι στην κατασκευή, δηλαδή στις κατασκευαστικές εταιρίες. Οι κατασκευαστικές εταιρίες σήμερα βρίσκονται αντιμέτωπες με τον έντονο ανταγωνισμό της αγοράς και υφίστανται συνεχείς και μεγάλες αλλαγές ανάλογα με τους πόρους, τη διαδικασία παραγωγής και τις στρατηγικές για την κατασκευή προϊόντων. Οι εταιρίες λοιπόν πρέπει να συμβαδίζουν με τις αλλαγές και απαιτήσεις της αγοράς, όπως και με την τεχνολογική εξέλιξη των ανταγωνιστών τους. Επιπρόσθετα το κατασκευαστικό κομμάτι, όπου μέχρι πρότινος αντιμετωνπιζόταν ως ξένο κομμάτι από το στρατηγικό σχεδιασμό της κάθε εταιρίας, πρέπει πλέον να συμπεριλαμβάνεται για τη λήψη των αποφάσεων που αφορούν τα παραπάνω. Τα σημερινά προϊόντα γίνονται ολοένα πιο σύνθετα και δύσκολα στην σχεδίαση και τη κατασκευή τους. Για να μην προστίθεται καθυστέρηση στην κατασκευή τους, οι εταιρίες πρέπει να αναπτύξουν εργαλεία και να χρησιμοποιήσουν νέες τεχνολογίες προκειμένου να βελτιώσουν τις σχεδιαστικές και κατασκευαστικές διαδικασίες τους.

Ένας αρχικός ορισμός του CIM δίνεται από τους Kochan και Cowan το 1986 και είναι :

Η ιδέα ενόξεντελώσαν αυτοματοποιημένου εργοστασίου, όπου όλες οι διαδικασίες

παραγωγής είναι ενσωματωμένες και ελέγχονται από συστήματα CAD/CAM. Το CIM δίνει τη δυνατότητα σε αρμόδιους για το σχεδιασμό, υπευθύνους καταστημάτων και λογιστές να χρησιμοποιούν την ίδια βάση δεδομένων με τους product designers και μηχανικούς.

Παρόλα αυτά, ο παραπάνω ορισμός δεν δίνει έμφαση στο κομμάτι της πληροφορίας.

Ένας άλλος ορισμός που δόθηκε από το Digital Equipment Corporation το 1991 είναι :

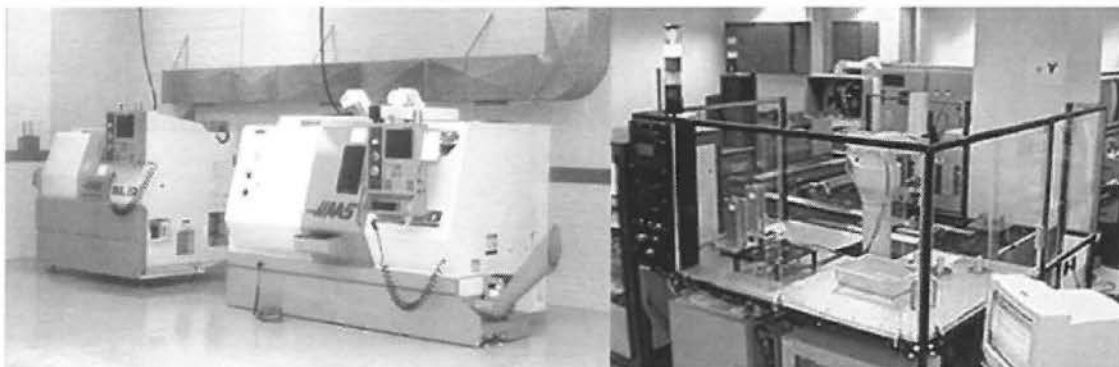
CIM είναι η εφαρμογή της τεχνολογίας της επιστήμης των υπολογιστών στην επιχείρηση της κατασκευής προκειμένου να παρέχει τη σωστή πληροφορία, τη σωστή στιγμή στο σωστό μέρος (rightplace - righttime), που επιτρέπει την επίτευξη των στόχων του προϊόντος, της διαδικασίας και της επιχείρησης.

Ο παραπάνω ορισμός όμως δεν δίνει ιδιαίτερη έμφαση στη πολύ σημαντική έννοια της ένταξης του CIM στην επιχείρηση.

Δόθηκαν αρκετοί ακόμα ορισμοί, αλλά αυτός που καλύπτει το μεγαλύτερο κομμάτι είναι ο ακόλουθος :

Τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Παραγωγής (CIM) είναι το σύνολο των συστημάτων, των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε μικροεπεξεργαστές και ηλεκτρονικούς υπολογιστές (Computer Aided Manufacturing), οι οποίοι εγκαθίστανται στα μηχανήματα και εν γένει στις θέσεις κόστους μιας παραγωγικής διαδικασίας, με σκοπό την αυτοματοποίηση και δραστική βελτίωση της.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι τα CIM δεν θα αντικαταστήσουν εξολοκλήρου τον άνθρωπο με μηχανή/Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, προκειμένου να δημιουργήσουν μια εντελώς αυτοματοποιημένη επιχείρηση και διαδικασία παραγωγής. Δεν είναι απαραίτητο να κατασκευαστεί ένα εντελώς αυτόματο εργοστάσιο, για να μπορέσει να έχει εφαρμογή ένα CIM σύστημα. Εξάλλου δεν θα είναι σφύρον να δοθούν υπέρογκα ποσά για την προμήθεια αυτόματων συστημάτων κατασκευής προκειμένου να αυξηθεί το επίπεδο/ποιότητα παραγωγής, όταν το πρόβλημα της εταιρίας όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα της δεν βρίσκεται εκεί. Η σημαντικότητα του ανθρώπινου παράγοντα θα πρέπει να αναγνωριστεί ιδιαίτερα καθώς παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό, την εγκατάσταση και την λειτουργία των CIM.



1.2 Περιγραφή – Ανάλυση της Τεχνολογίας CIM

Τα Συστήματα Βιομηχανικών Αυτοματισμών είναι το σύνολο των συστημάτων, των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε Μικροεπεξεργαστές και Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές (ComputerAidedManufacturing), οι οποίοι εγκαθίστανται στα μηχανήματα και εν γένει στις θέσεις κόστους μιας παραγωγικής διαδικασίας, με σκοπό την αυτοματοποίηση και δραστική βελτίωση της

Τα ολοκληρωμένα συστήματα αναφέρονται σε όλες τις δραστηριότητες λειτουργίας της παραγωγικής επιχείρησης και αναφέρονται και στην πνευματική εργασία του Μηχανικού (Engineering) αλλά και στην Διοίκηση της Επιχείρησης (ManagementInformationSystems).

Παρακάτω αναφέρονται τα επικρατέστερα συστήματα τεχνολογίας CIM και καλύπτουν τόσο τον αυτοματισμό των παραγωγικών διεργασιών (Manufacturing) όσο και την πνευματική εργασία μηχανικού (Engineering) και διοίκησης (ManagementInformationSystems).

- Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου (ProcessControlSystems)
- Συστήματα Συλλογής Στοιχείων Λειτουργίας Εργοστασίου (FactoryData Acquisition) και διασφάλισης ποιότητας (CAQ)
- Συστήματα Αυτόματης Διακίνησης Υλικών (MaterialsHandlingSystems)
- Συστήματα Robot
- Αυτόματες Εργαλειομηχανές (NC,CNC,DNC) και συστήματα CAM
- Ευέλικτα Συστήματα Παραγωγής (Flexible Manufacturing Systems)
- Συστήματα Τεχνικού Σχεδιασμού (CAD)
- Συστήματα Διοίκησης Παραγωγής.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή αυτών των βασικών κατηγοριών Αυτοματισμών.

1.2.1 Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου (ProcessControlSystems)

-Μεμονωμένα Συστήματα Ελέγχου (Ενός Κύκλου)

- Έλεγχος Ανοικτό – Κλειστό
- Αναλογικός Έλεγχος
- Ολοκληρωτικός Έλεγχος
- Διαφορικός Έλεγχος
- Συνδυασμένος Έλεγχος

-Συνδυασμένοι Κύκλοι

- Έλεγχος Αναλογίων
- Έλεγχος Προγράμματος
- Έλεγχος Συχνότητας
- Πολλαπλοί Έλεγχοι
- Έλεγχος Βασισμένος σε Μοντέλο
- Βέλτιστος Έλεγχος Σταθερής Κατάστασης
- Προσαρμοστικός Έλεγχος

-Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου

- Οριζόντια Συστήματα Ελέγχου
- Κατακόρυφα Συστήματα Ελέγχου

-Μέγεθος Εγκατάστασης

- Λιγότερες από 25 Είσοδοι – Έξοδοι
- Μεταξύ 25 και 50
- Μεταξύ 50 και 100
- Μεταξύ 100 και 150
- Μεταξύ 150 και 200
- Μεταξύ 200 και 300
- Μεταξύ 300 και 400
- Περισσότερες από 400

Οι παραγωγικές διαδικασίες συνεχούς ροής επηρεάζονται από εξωτερικές διαταραχές που πρέπει να ελέγχονται για να διαπιστώνεται ότι η ποιότητα του προϊόντος ή το μετρούμενο χαρακτηριστικό κυμαίνεται στα επιτρεπτά όρια. Η συλλογή των στοιχείων γίνεται από τους κατάλληλους για κάθε περίπτωση αισθητήρες. Στα παλαιότερα συστήματα αυτομάτου ελέγχου υπήρχε ένας χειριστής, υπεύθυνος για τον έλεγχο της διαδικασίας και τη ρύθμιση των μεταβλητών. Τώρα, ο έλεγχος των δεδομένων και η επεξεργασία των μεταβλητών γίνεται από προγραμματιζόμενους ρυθμιστές (PLC). Οι ρυθμιστές αυτοί έχουν ως σκοπό τη διατήρηση της τιμής εξόδου (ελεγχόμενη μεταβλητή) σε επιτρεπτά όρια με κατάλληλο χειρισμό της αντίστοιχης τιμής εισόδου (μεταβλητή ελέγχου).

Πολύπλοκα συστήματα αυτομάτου ελέγχου μπορεί να έχουν μέχρι 1000 κύκλους ελέγχου, μερικοί από τους οποίους είναι συνεργαζόμενοι (Supervisory Control). Οι υπολογιστές έχουν χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές αυτομάτου ελέγχου ήδη από τη δεκαετία του '50. Όμως, το υψηλό κόστος των μεγάλων κεντρικών υπολογιστών είχε περιορίσει το εύρος των εφαρμογών. Η διαθεσιμότητα σήμερα των φθηνών προγραμματιζόμενων ρυθμιστών, που στηρίζονται στην τεχνολογία των μικροεπεξεργαστών, έχει καταστήσει δυνατό τον ψηφιακό αυτόματο έλεγχο σε πληθώρα εφαρμογών, από το κατώτερο επίπεδο της αντικατάστασης των συμβατικών αναλογικών ελεγκτών μέχρι τη δόμηση δικτύων κατανεμημένων αυτοματισμών (Distributed Control Systems) για την ολοκληρωμένη παρακολούθηση της παραγωγής αυτοματοποιημένων εργοστασίων.

Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου που στηρίζονται σε προγραμματιζόμενους ρυθμιστές δημιουργούν πολλαπλά οφέλη στις βιομηχανίες συνεχών διεργασιών και παραγωγής προϊόντων.

- 1) Η ανάγκη παρουσίας χειριστών ελαχιστοποιείται.
- 2) Η εφαρμογή μεγάλης ποικιλίας αλγορίθμων ελέγχου ανάλογα με την χρήση τους καθίσταται δυνατή.
- 3) Η εφαρμογή "έξυπνων" αυτοματισμών εξοικονομεί νεκρούς χρόνους λειτουργίας και κάνει ευκολότερο τον συνδυασμό πολλαπλών κύκλων ελέγχου σε πολύπλοκα συστήματα.
- 4) Η δυνατότητα προσαρμοστικού ελέγχου (Adaptive Control) βοηθά στη βελτιστοποίηση (optimization) των διεργασιών με ενεργητικό αποτέλεσμα

στην ποιότητα και μικρότερες φύρες/σκάρτα.

5) Η δυνατότητα εύκολου επαναπρογραμματισμού του συστήματος δίνει ευελιξία προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς.

6) Η διευκόλυνση μεταβίβασης πληροφοριών ελέγχου των φυσικών διεργασιών της παραγωγής σε βάσεις δεδομένων διοικητικών και οικονομικών πληροφοριών.

1.2.2 Συστήματα Συλλογής Στοιχείων Λειτουργίας Εργοστασίου (FactoryDataAcquisition)

- Συστήματα Αυτόματου Ποιοτικού Ελέγχου

- Συστήματα Αυτόματης Προληπτικής Συντήρησης

- Συστήματα Κατεργασίας Δεδομένων

- Συλλογή Διοικητικών Πληροφοριών

- Σταθμός Εργασίας με ηλεκτρολόγιο
- Μέθοδος Γραμμωτού Κώδικα
- Μαγνητικές Κάρτες
- Αναγνώριση Χαρακτήρων
- Αναγνώριση Φωνής

- Τρόπος Συλλογής

- Με Ειδικό Σταθμό Εργασίας
- Με πλακέτα H/Y
- PLC και H/Y

- Έκταση Εγκατάστασης

- 1 H/Y ανά μηχανήμα
- 1 H/Y για περισσότερα μηχανήματα
- Περισσότεροι H/Y ανά μηχανήμα
- Κεντρικός H/Y και Σταθμοί Εργασίας

Το σύστημα συλλογής στοιχείων λειτουργίας του εργοστασίου (FactoryDataAcquisition) αποτελείται από τα τερματικά, τις αυτόματες συσκευές συλλογής δεδομένων, καθώς και τα μέσα κατεργασίας και μετάφρασης των δεδομένων. Ο σκοπός του συστήματος αυτού είναι διπλός. **Πρώτον**, παρέχει δεδομένα στο τμήμα προγραμματισμού και ελέγχου παραγωγής για έκδοση των εντολών παραγωγής και **δεύτερον**, παρέχει πληροφορίες στους υπεύθυνους της παραγωγής, του ποιοτικού ελέγχου και της διοίκησης.

Το μεγάλο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των συστημάτων FDA προέρχεται από την ιδιαίτερα σημαντική εξοικονόμηση της εργασίας που απαιτείται για χειρόγραφη εισαγωγή των δεδομένων. Επιπλέον, η απευθείας σύνδεση των πληροφοριών εξέλιξης της παραγωγικής διαδικασίας με υπολογιστή ανώτερου διοικητικού επιπέδου δίνει τη δυνατότητα άμεσης αντίδρασης σε αποκλίσεις από τις επιθυμητές τιμές ελέγχου. Έτσι, ελαχιστοποιούνται οι απώλειες υλικών και χρόνου που προέρχονται από τις αποκλίσεις αυτές.

1.2.3 Συστήματα Αυτόματης Διακίνησης Υλικών (Material Handling)

-Χώρος Χρήσης

- Αποθήκη Πρώτων Υλών
- Τροφοδοσία Μηχανημάτων Παραγωγής
- Αποθήκη Τελικών Προϊόντων

-Τρόποι Διακίνησης

- Περονοφόρα (Κλαρκ)
- Γερανογέφυρες
- Μεταφορά από το χειριστή
- Ταινιόδρομοι
- Ραουλόδρομοι
- Αλυσόδρομοι
- Αυτοκινούμενα Οχήματα
- Robot
- Κοχλιωτοί Μεταφορείς
- Πνευματικοί μεταφορείς
- Αυτόματα με Συστήματα PLC
- Αυτόματα με PLC και Υπολογιστή

Η διακίνηση των υλικών σε μία βιομηχανία περιλαμβάνει τη μεταφορά υλικών από κάποιο σημείο του εργοστασίου σε άλλο. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο διακίνηση υλικών εννοούμε:

- μεταφορά και ταξινόμηση των υλικών μέσα στις αποθήκες του εργοστασίου δηλ. Την αποθήκη πρώτων υλών, την αποθήκη τελικών προϊόντων, την αποθήκη ενδιάμεσων προϊόντων, την αποθήκη προστιθεμένων υλικών, την αποθήκη ανταλλακτικών
- μεταφορά των υλικών από τις παραπάνω αποθήκες στα μηχανήματα του εργοστασίου
- μεταφορά των υλικών από τα μηχανήματα στις παραπάνω αποθήκες.

Η σημασία της διακίνησης των υλικών είναι τόσο μεγάλη όσο και η επεξεργασία των υλικών στα μηχανήματα του εργοστασίου. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι οι μεγάλες ευρωπαϊκές, αμερικανικές και ιαπωνικές βιομηχανίες αποδίδουν τεράστια σημασία στον τομέα αυτόν και προβαίνουν στις ανάλογες επενδύσεις.

Ένα αυτοματοποιημένο σύστημα διακίνησης υλικών εγγυάται:

- ορθότητα και ακρίβεια στην διακίνηση. Τα σωστά υλικά θα φτάσουν από την κατάλληλη αφετηρία στον κατάλληλο προορισμό
- ελαχιστοποίηση χρόνου διακίνησης
- τυποποίηση των οδών διακίνησης. Δίνει την δυνατότητα να ανευρεθούν οι πλέον συμφέρουσες οδοί διακίνησης και να τηρούνται απόλυτα
- αρτιότερο προγραμματισμό. Σταθεροποιεί τους χρόνους διακίνησης των

υλικών, με αποτέλεσμα τόσο η παραγωγή όσο και η συντήρηση να μπορούν να προγραμματίζονται ευκολότερα και ακριβέστερα.

1.2.4 Συστήματα ROBOT

-Τύπος Κατασκευής

- Τύπος Ικρίωματος (Gantry)
- Τύπος SCADA για Συναρμολόγηση
- Τύπος SIDEWINDER
- Τύπος Αρθρώσεων (ARTICULATED)

-Είδος Εργασιών

- Μεταφορά Υλικών
- Ανυψώσεις - Έλξεις
- Χειρισμοί σε Ακραίες Συνθήκες Θερμοκρασίας/Πίεσης
- Απλοί Χειρισμοί Λειτουργίας Μηχανών
- Σύνθετοι Χειρισμοί Πολλών Μηχανών
- Έλεγχος Ανοχών
- Ποιοτικός Έλεγχος
- Συναρμολόγηση
- Εξάρμωση (Set-Up)
- Συγκόλληση
- Διανομή Ρευστών
- Κοπή
- Καλουπάρισμα
- Επιλογή Routing
- Αναγνώριση Προτύπων
- Ανίχνευση Ουσιών ή Φυσικών Μεγεθών
- Βαφή

Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι πολύπλοκοι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια στην παγκόσμια βιομηχανία. Ένας τυπικός μηχανισμός αποτελείται από δύο κυρίως τμήματα:

- το κυρίως robot που περιλαμβάνει όλα τα κινούμενα μέλη του συστήματος και
- τον κεντρικό πίνακα, ο οποίος περιλαμβάνει τα κυκλώματα τροφοδοσίας, αυτοματισμού, ελέγχου και προγραμματισμού του robot (Controller). Τα δύο αυτά τμήματα ενώνονται κατά κανόνα με τρεις δέσμες καλωδίων: την δέσμη ισχύος, την δέσμη ψηφιακών σημάτων και την δέσμη ασθενών ρευμάτων αναλογικών, παλμοσειρών ή συχνοτήτων.

Η επίδραση των συστημάτων robot στην παραγωγή επικεντρώνεται στους εξής τομείς:

- αυτοματοποίηση εργασιών σε βιομηχανίες διακριτής παραγωγής (Discretemanufacturing) που μέχρι την εμφάνιση των robot δεν ήταν δυνατή λόγω των υψηλών απαιτήσεων ευελιξίας (συγκολλήσεις,

συναρμολογήσεις, εξαρμόσεις, κλπ.)

- ανάληψη από τα robot εργασιών άχαρων, κουραστικών και σε επιβαρυνόμενο περιβάλλον από θόρυβο, υψηλές θερμοκρασίες, υγρασία, σκόνη ή δηλητηριώδη αέρια
- εξασφάλιση υψηλού και σταθερού βαθμού απόδοσης σε συνδυασμό με ακρίβεια κινήσεων
- ευελιξία στην παραγωγή ποικιλίας διαφορετικών προϊόντων σε διαφορετικές ποσότητες χάρη στη δυνατότητα επαναπρογραμματισμού.

1.2.5 Αυτόματες Εργαλειομηχανές NC-CNC-DNC

-Είδος Εργασιών

- Μηχανουργικές Κατεργασίες
- Ειδικές Κατεργασίες
- Συναρμολόγηση
- Μη Μεταλλικά Αντικείμενα

-Τρόπος Ελέγχου

- Αριθμητικού Ελέγχου (NC)
- Αριθμητικού Ελέγχου με ενσωματωμένο H/Y (CNC)
- Άμεση Ψηφιακή Καθοδήγηση (DNC)

-Εξοπλισμός

- Προσαρμοστικός Έλεγχος
- Αυτόματη Αλλαγή Εργαλείων
- Αυτόματη Φόρτωση
- Αυτόματη Απαγωγή Ρινισμάτων

Οι αυτόματες εργαλειομηχανές χρησιμοποιούν την τεχνολογία του αριθμητικού ελέγχου (NC, Numerical Control). Ο NC είναι ένας τρόπος προγραμματισμένου αυτοματισμού, κατά τον οποίο το μηχάνημα κατεργασίας (εργαλειομηχανή) ελέγχεται από ηλεκτρονικά συστήματα που χειρίζονται αριθμούς, γράμματα, και άλλα σύμβολα. Οι αριθμοί, τα γράμματα και τα σύμβολα είναι κωδικοποιημένα, έτσι ώστε να δημιουργείται ένα πρόγραμμα από εντολές χειρισμού της εργαλειομηχανής με σκοπό την αυτόματη κατεργασία ενός εξαρτήματος. Όταν η εργασία που πρόκειται να γίνει στο εξάρτημα αλλάζει, τότε αλλάζει και ο κώδικας (πρόγραμμα εντολών χειρισμού) της εργαλειομηχανής. Είναι πολύ πιο εύκολο να κατασκευάσει κανείς ένα καινούργιο πρόγραμμα για μια NC εργαλειομηχανή, παρά να κάνει βασικές αλλαγές σε μία συμβατική εργαλειομηχανή (μη αυτοματοποιημένη). Με την εξέλιξη των μικροϋπολογιστών, εξελίχθηκε ταυτόχρονα η τεχνολογία των NC μηχανών σε μηχανές αριθμητικού ελέγχου με βοήθεια υπολογιστή (CNC, Computer Numerical Control). Οι μηχανές CNC έχουν έναν υπολογιστή, ο οποίος έχει φορτωμένο το NC πρόγραμμα εντολών για κάθε κατεργασία. Η κυριότερη διαφορά των CNC από τις συμβατικές NC μηχανές είναι η αντικατάσταση της μονάδας ελέγχου από υπολογιστή. Σε σχέση με την άμεση ψηφιακή καθοδήγηση DNC (Direct Numerical Control), η κυριότερη διαφορά της CNC είναι η χρήση ενός μόνο υπολογιστή που είναι αφιερωμένος σε μία μηχανή NC. Αντίθετα στο σύστημα DNC υπάρχει ένας κεντρικός υπολογιστής που ελέγχει μία ή περισσότερες (μέχρι και εκατό) μηχανές NC. Στις πλέον εξελιγμένες

αυτόματες εργαλειομηχανές περιλαμβάνεται ο λεγόμενος "προσαρμοστικός έλεγχος" (Adaptive Control), δηλαδή η δυνατότητα προσαρμογής της συμπεριφοράς της εργαλειομηχανής κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, σύμφωνα με παρεχόμενες από αισθητήρες (sensors) πληροφορίες.

Με την εφαρμογή της τεχνολογίας των αυτόματων εργαλειομηχανών και του αριθμητικού ελέγχου επιδιώκεται υψηλότερη παραγωγικότητα στις κατεργασίες, που εκφράζεται με:

- καλύτερη εκμετάλλευση των παραγωγικών μηχανών (μειωμένοι χρόνοι setup και κατεργασίας)
- μικρότερο κόστος εργαλείων και ιδιοσυσκευών (χρήση τυποποιημένων εργαλείων αντί εξειδικευμένων)
- καλύτερη ποιότητα, μεγαλύτερη ακρίβεια κατεργασίας
- μικρότερη δέσμευση κεφαλαίου μέσω των συντομότερων χρόνων διέλευσης στην παραγωγή (περισσότερες από μία κατεργασίες σε μία εργαλειομηχανή)
- οικονομικότερη κατεργασία μικρότερων μερίδων παραγωγής.

1.2.6 Ευέλικτα Συστήματα Παραγωγής FMS

-Είδος Εφαρμογής

- Δίκτυο Μηχανών CNC
- Δίκτυο PLCs για Συνεχή Παραγωγή
- Ευέλικτα Συστήματα Ελέγχου

-Είδος Χωροταξίας

- Γραμμής
- Βρόγχου
- Μορφής Σκάλας
- Γενικού Τύπου
- Σχ.τος U με Κεντρικό Robot

Ένα ευέλικτο σύστημα παραγωγής FMS (Flexible Manufacturing System) αποτελείται από σύνολο εργαλειομηχανών (συνήθως μηχανών CNC), συνδεδεμένων με κύκλωμα αυτόματης διακίνησης και αποθήκευσης υλικών, ελεγχόμενο από ολοκληρωμένο σύστημα υπολογιστή. Το όνομα FMS προκύπτει από την δυνατότητα που έχει το σύστημα να κατεργάζεται ποικιλία διαφορετικών τύπων τεμαχίων ταυτόχρονα και με μεγάλη ευελιξία, με χρήση αριθμητικού ελέγχου NC στις διάφορες μηχανές κατεργασίας. Τα βασικά συστατικά ενός ευέλικτου συστήματος παραγωγής είναι:

- σταθμοί κατεργασίας τεμαχίων
- σύστημα χωροταξίας, αποθήκευσης και διακίνησης υλικών
- έλεγχος από κεντρικό υπολογιστή.

Η βάση στην οποία στηρίζονται τα FMS είναι η Τεχνολογία Παραγωγής σε Ομάδες (Group Technology). Η Τεχνολογία παραγωγής σε ομάδες μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύριες λειτουργίες:

- ομαδοποίηση

- κωδικοποίηση
- σχεδιασμός κυψέλης παραγωγής.

Σε αυτήν καθορίζονται ομάδες-οικογένειες παρόμοιων υλικών ως προς το σχεδιασμό και τις διαδικασίες παραγωγής. Για παράδειγμα, ένα εργοστάσιο που παράγει 10.000 διαφορετικά είδη θα μπορούσε να ομαδοποιήσει την πλειοψηφία αυτών σε 50 ή 60 ομάδες. Σε κάθε ομάδα θα υπάρχουν παρόμοια χαρακτηριστικά σχεδιασμού και παραγωγής των ειδών. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα στο εργοστάσιο να διατάξει τα μηχανήματα σε ομάδες, δηλαδή κυψέλες παραγωγής (manufacturing cells), που κάθε μία κυψέλη θα μπορεί να παράγει έτοιμα προϊόντα μίας ή/και περισσότερων ομάδων.

Τα ευέλικτα συστήματα παραγωγής είναι ιδανικά για παραγωγή σε παρτίδες μικρού όγκου. Μειώνουν το κόστος παραγωγής, ακόμη και στην περίπτωση αυξημένης ποικιλίας προϊόντων, μειώνουν το απόθεμα, τους χρόνους παραγωγής, και παρέχουν την δυνατότητα γρήγορης αλλαγής του προς παραγωγή προϊόντος σύμφωνα με αλλαγές στην ζήτηση. Επιγραμματικά, το μεγάλο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα που προσφέρουν είναι η ευελιξία (Flexibility) του συστήματος παραγωγής σε μεταβαλλόμενο περιβάλλον ζήτησης των προϊόντων, τόσο σε όγκο όσο και σε ποικιλία.

1.2.7 Συστήματα Τεχνικού Σχεδιασμού (CAD)

-Γεωμετρική Μοντελοποίηση

- Συστήματα 2D
- Συστήματα 2 ½ D
- Συστήματα 3D

-Ανάλυση Τεχνικών Μελετών (CAE)

- Ανάλυση Ιδιοτήτων της Μάζας
- Ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων

-Συστήματα Μεθόδων Παραγωγής

-Συστήματα CAD/CAM

-Παραγωγή σε Ομάδες (Group Technology)

-Συστήματα Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων

-Συστήματα Προετοιμασίας Φασεολογίων Παραγωγής

-Μέθοδος Tagguchi

-Ανταλλαγή Δεδομένων σε Ηλεκτρονική Μορφή

Ο αυτοματοποιημένος τεχνικός σχεδιασμός βασίζεται στο Λογισμικό Τεχνικού Σχεδιασμού (Computer Aided Design CAD), δηλαδή τη χρήση συστημάτων Ηλεκτρονικών Υπολογιστών με σκοπό να βοηθηθεί η δημιουργία, τροποποίηση, ανάλυση και βελτιστοποίηση ενός τεχνικού σχεδιασμού. Το υπολογιστικό σύστημα απαρτίζεται από hardware και software, που επιτελούν τις ειδικές λειτουργίες τεχνικού σχεδιασμού, που απαιτούνται από κάθε εταιρία χρήστη.

Το τυπικό hardware του CAD περιλαμβάνει τον υπολογιστή, μια ή περισσότερες τερματικές οθόνες γραφικών, πληκτρολόγια, εκτυπωτές, και άλλα περιφερειακά εξαρτήματα. Το software του CAD αποτελείται από προγράμματα, που εφαρμόζουν

γραφικές απεικονίσεις στο υπολογιστικό σύστημα, καθώς και από προγράμματα εφαρμογών που διευκολύνουν το έργο τεχνικών μελετών της επιχείρησης. Το λογισμικό των τεχνικών μελετών αναφέρεται με τον ιδιαίτερο όρο CAE (ComputerAidedEngineering) και αποτελεί τμήμα του Λογισμικού Τεχνικού Σχεδιασμού.

Παραδείγματα προγραμμάτων εφαρμογών τεχνικών μελετών είναι η ανάλυση της αντοχής ενός στοιχείου σε πίεση, η δυναμική απόκριση ενός μηχανισμού, ο υπολογισμός της μεταφοράς θερμότητας κλπ. Η συλλογή των προγραμμάτων εφαρμογών ποικίλλει από μια εταιρία χρήστη σε άλλη, λόγω διαφοράς των γραμμών και διαδικασιών της παραγωγής, καθώς και της αγοράς των πελατών. Αυτοί οι παράγοντες έχουν ως αποτέλεσμα να διαφέρουν μεταξύ τους οι απαιτήσεις των συστημάτων που χρησιμοποιούν Λογισμικό Τεχνικού Σχεδιασμού.

Τα ολοκληρωμένα συστήματα CAD/CAM που προσφέρονται στην αγορά αποτελούν επεκτάσεις των συστημάτων CAD ώστε, εκτός από τις γεωμετρικές πληροφορίες των σχεδίων, να περιλαμβάνουν και τις τεχνολογικές πληροφορίες των απαιτούμενων κατεργασιών σε εργαλειομηχανές CNC (ComputerNumericalControl), όπως υλικά, ανοχές, συνθήκες κοπής, πρόγραμμα NC

Η μελέτη νέων προϊόντων και μεθόδων παραγωγής καθορίζει το 15% του κόστους των προϊόντων, δεδομένου ότι σ' αυτήν επιλέγονται η μορφή, οι πρώτες ύλες και ο τρόπος κατεργασίας. Σε αντίθεση με τη σπουδαιότητα του τεχνικού σχεδιασμού, η αύξηση παραγωγικότητας σε παρόμοιες εργασίες γραφείου ήταν τα τελευταία 100 χρόνια μόνο 20% έναντι 1200% της παραγωγικότητας των μέσων παραγωγής στο εργοστάσιο. Αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα CAD μπορούν να ελαχιστοποιήσουν το κόστος παραγωγής με καλύτερη και οικονομικότερη χρήση πρώτων υλών αφ' ενός και καταλληλότερους τρόπους κατεργασίας αφ' ετέρου.

Εξίσου σημαντικά με την αύξηση της παραγωγικότητας πλεονεκτήματα που αναμένονται από την χρήση των συστημάτων CAD και CAD/CAM είναι:

- μείωση του χρόνου ανάπτυξης νέων προϊόντων, που δίνει τη δυνατότητα σμίκρυνσης του κύκλου ζωής των προϊόντων και του εφοδιασμού της αγοράς με μεγάλη ποικιλία νέων προϊόντων
- βελτίωση της ποιότητας λόγω λεπτομερέστερης ανάλυσης στο στάδιο της σχεδίασης
- ολοκλήρωση της επικοινωνίας μεταξύ των τμημάτων Μελέτης Προϊόντων και Μελέτης Μεθόδων Παραγωγής μέσα από την αναδρομή σε κοινή βάση δεδομένων των σχεδίων και των φασεολογιών.

1.2.8 Συστήματα Διοίκησης Παραγωγής (CAPM)

- Προγραμματισμός και Έλεγχος Παραγωγής (ΠΕΠ)

- Πρόγνωση Πωλήσεων (Forecasting)
- Διαχείριση Πινάκων Υλικών (BOMP)
- Διαχείριση Αποθηκών
- Βασικό Πρόγραμμα Παραγωγής (MPS)
- Υπολογισμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP)
- Λανσάρισμα Εντολών Παραγωγής

- Διαχείριση Προμηθειών (Purchasing)
 - Φόρτιση Κέντρων Εργασίας
 - Προγραμματισμός Φάσεων Παραγωγής
 - Συλλογή Στοιχείων & Έλεγχος Παραγωγής
 - Διαχείριση Παραγγελιών Πελατών
 - JIT (Just In Time)
- Έλεγχος Ποιότητας (CAQ)
- Σχεδίαση Διαδικασιών Ποιοτικού Ελέγχου
 - Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας
- Προγραμματισμός Έργων (Project Management)
- Συντήρηση και Ανταλλακτικά
- Προγραμματισμός Προληπτικής Συντήρησης
 - Προγραμματισμός Επισκευών
 - Έλεγχος Αποθεμάτων Ανταλλακτικών
- Μελέτη Εργασίας
- Συστήματα Προκαθορισμένων Χρόνων
 - Συστήματα Προετοιμασίας Φασεολογίων Παραγωγής
 - Λογισμικό Υποστήριξης Χρονομετρήσεων

Με τον όρο Συστήματα Διοικήσεως Παραγωγής (CAPM, ComputerAidedProductionManagement) αναφερόμαστε στο λογισμικό προγραμματισμού και ελέγχου της παραγωγής, ελέγχου ποιότητας, προγραμματισμού έργων, προγραμματισμού προληπτικής συντήρησης και μελέτης εργασίας και προτύπων χρόνων. Δηλαδή, το λογισμικό εκείνο του οποίου οι λειτουργίες σκοπό έχουν να βοηθήσουν μια βιομηχανική επιχείρηση, τόσο κατά τη φάση του προγραμματισμού του "πόσο", "πότε", και "πού" θα παραχθεί, όσο και κατά τη φάση του ελέγχου των στόχων που είχαν τεθεί.

Το λογισμικό αυτό αποτελείται από επί μέρους τμήματα ή βήματα (Modules), τα οποία είναι προγράμματα που μπορούν να τρέξουν είτε ανεξάρτητα είτε σε συνεργασία μεταξύ τους και, ουσιαστικά, απαρτίζουν το σύνολο ενός πακέτου λογισμικού CAPM. Εκτός από τα βήματα, ένα άλλο απαραίτητο στοιχείο για τη λειτουργία του λογισμικού CAPM είναι η βάση δεδομένων του συστήματος παραγωγής της επιχείρησης, στην οποία περιλαμβάνονται όλα εκείνα τα δεδομένα που χρειάζονται τα βήματα ενός πακέτου για να επιτελέσουν το έργο τους. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τα υλικά, τα εργαλεία, τα κέντρα εργασίας, τις κατεργασίες, κλπ.

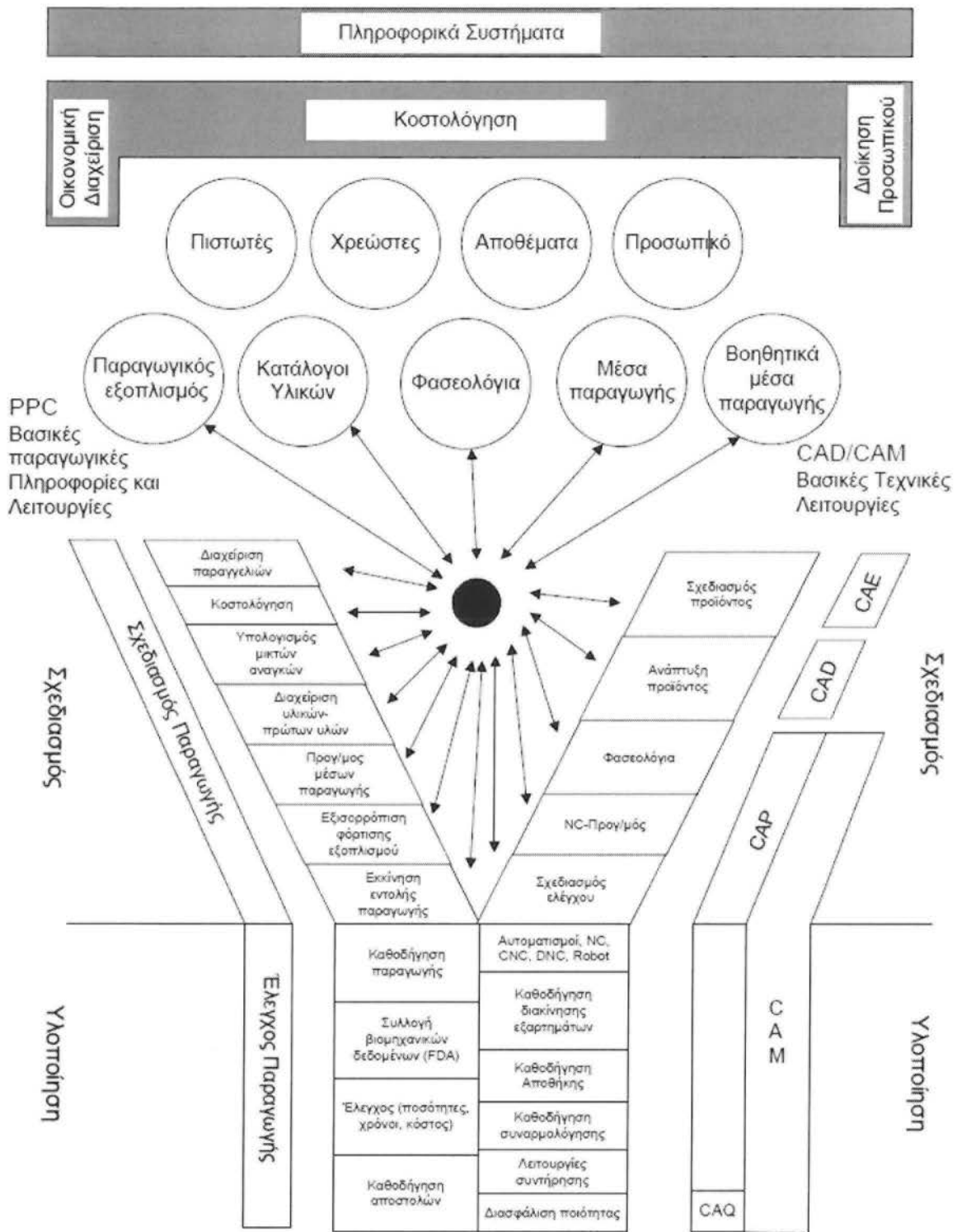
1.3 Ορισμοί και προϋποθέσεις για την ένταξη της τεχνολογίας CIM στις επιχειρήσεις

Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορούμε να παρατηρήσουμε τη συνεχή χρήση των τεχνολογιών CAxx. Η ονομασία της τεχνολογίας προέρχεται από την αγγλική γλώσσα που σε κάθε πεδίο έχει το πρόθεμα CA (=ComputerAided) δηλ. υποστήριξη με Η/Υ και τα υπό-πεδία CAM, CAD, CAQ κ.τ.λ. χαρακτηρίζονται ως CA(X) τεχνολογίες. Η ολοκληρωμένη έννοια ορίζεται ως CIM (ComputerIntegratedManufacturing). Στην βιβλιογραφία δόθηκαν πιο αναλυτικοί ορισμοί και περιγραφές από τους διάφορους συγγραφείς και ερευνητές. Οι Schreuder&Weisz αναφέρουν ότι :

Η τεχνολογία CIM είναι μέθοδος παραγωγής, η οποία διασυνδέει τις επιμέρους εφαρμογές των πεδίων CAD/CAM/PPC με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών που υποστηρίζουν την λειτουργία και την διασύνδεση μεταξύ τους.

Στην τεχνολογία CIM απαιτείται η εξ ολοκλήρου διασύνδεση των λειτουργιών και όπως συμπληρωματικά ο Schlemper αναφέρει: «CIM είναι η δικτύωση όλων των υπολογιστικών συστημάτων μέσα σε μια επιχείρηση με στόχο την διασύνδεση, συνεργασία και αλληλοϋποστήριξη των δραστηριοτήτων όλων των επιμέρους τμημάτων των παραγωγικών επιχειρήσεων». Ο Miska στο βιβλίο του για την τεχνολογία CIM προτείνει μεθόδους σχεδιασμού και υλοποίησης τέτοιων συστημάτων στις παραγωγικές μονάδες. Αναφέρει δε ότι: «CIM είναι ένα αλληλοεπιδρόμενο σύστημα μέσα στην επιχείρηση που έχει σαν στόχο τη βέλτιστη αξιοποίηση των επιμέρους πεδίων των παραγωγικών τμημάτων της επιχείρησης».

Ο καθηγητής Scheer του Γερμανικού Πανεπιστημίου του Saarbruecken ήταν από τους κυριότερους ερευνητές και συντελεστές της εξέλιξης της τεχνολογίας CIM παγκοσμίως και δίνει τον ορισμό: «CIM είναι η ολοκληρωμένη επεξεργασία πληροφοριών και δεδομένων για την διοικητική και παραγωγική λειτουργία μιας παραγωγικής επιχείρησης». Στο Σχ.1.1 παρουσιάζεται συνοπτικά η δομή ενός συστήματος CIM σύμφωνα με τον Scheer.

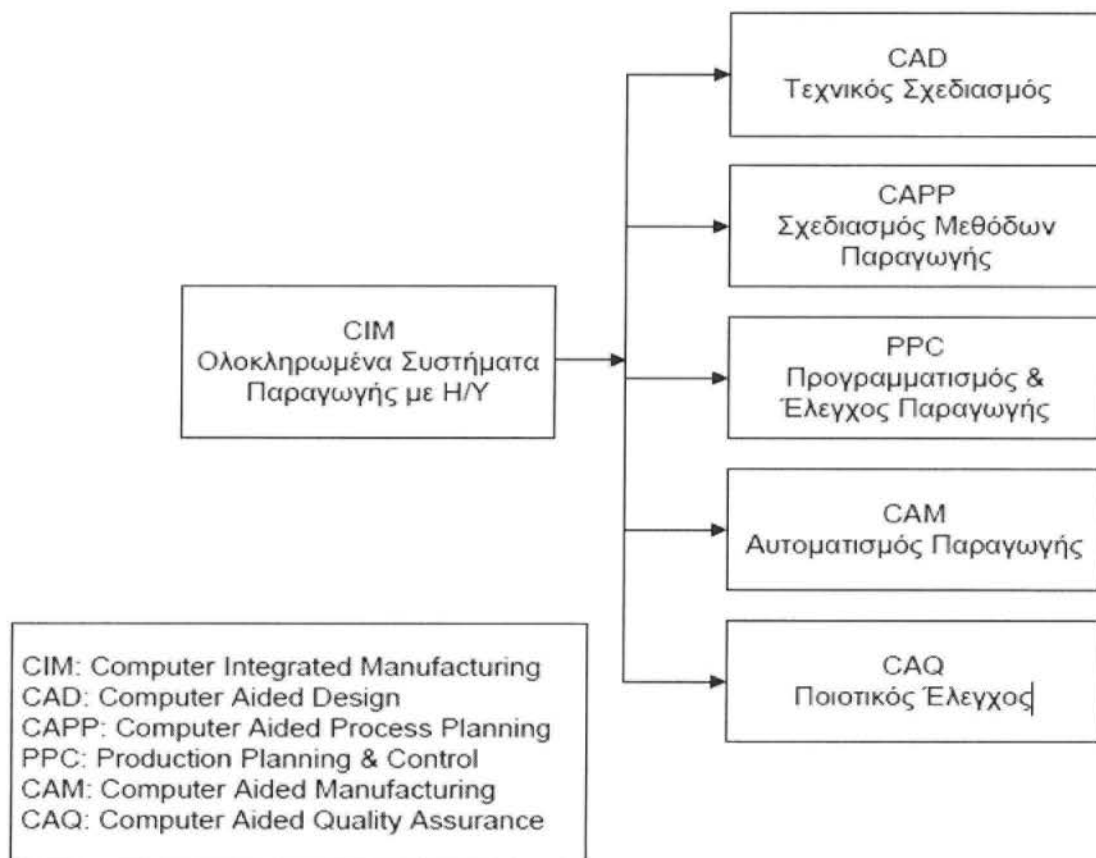


Σχ.1.1: Μοντέλο CIM κατά Scheer

Ο Γερμανικός Σύνδεσμος AWF αναφέρει χαρακτηριστικά: «CIM είναι η νέα

τεχνολογία που έχει γίνει απαραίτητη σχεδόν σε όλους τους παραγωγικούς κλάδους και συνδυάζει την τεχνολογία των επικοινωνιών με όλα τα επιμέρους πεδία όπως CAD, CAP, CAM, CAQ και PPC». Επίσης ξεχωριστά ορίζει για κάθε υποπεδίο:

«CAD είναι ένας πολυσύνθετος όρος για όλες τις δραστηριότητες που γίνονται με την βοήθεια του Η/Υ, οι οποίες άμεσα ή έμμεσα υποστηρίζουν το τμήμα σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός προϊόντος. Αυτό περιλαμβάνει την αλληλεπιδραστική μέθοδο δημιουργίας σχεδίων και την δυνατότητα επίδρασης στην συνεχή αλλαγή των σχεδίων. Η γραφική αυτή μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δισδιάστατη αλλά και τρισδιάστατη παράσταση των αντικειμένων. Η ψηφιοποίηση όλων των δεδομένων δίνει την δυνατότητα απόθεσης όλων των κατασκευαστικών πληροφοριών σε βάσεις δεδομένων, στις οποίες έχουν πρόσβαση και τα άλλα τμήματα της επιχείρησης για περαιτέρω χρήση και επεξεργασία. Επίσης μέσω του CAD μπορούν να γίνουν και πρόσθετες κατασκευαστικές – υπολογιστικές εργασίες».

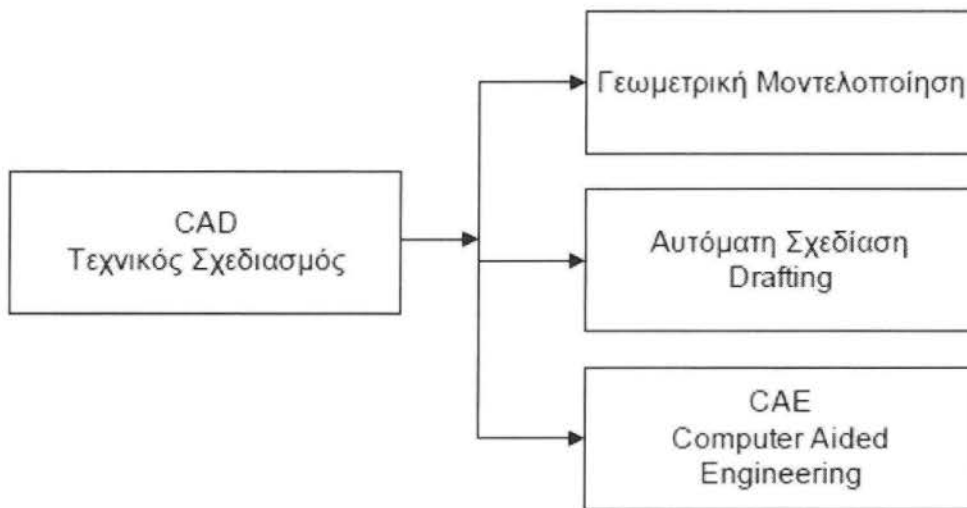


Σχ. 1.2: Τα στοιχεία του συστήματος CIM

Πρόσθετα στον ορισμό που δίνει ο AWF μπορεί να αναφερθεί ότι με την βοήθεια των συστημάτων CAD ο σχεδιαστής δεν περιορίζεται μόνον στον αριθμό των όψεων και των τομών των σχεδίων. Έχει την δυνατότητα να παρατηρεί στην γραφική οθόνη του Η/Υ την περιστροφή ενός αντικειμένου γύρω από οποιονδήποτε άξονα, να μεγεθύνει

(zoom) επιλεγμένα σημεία, να βλέπει οποιοσδήποτε τομές και να δημιουργεί τρισδιάστατα μοντέλα των αντικειμένων. Το σχέδιο που μ' αυτόν τον τρόπο προετοιμάζεται στην οθόνη, αποθηκεύεται στον σκληρό δίσκο του Η/Υ και είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμο για οποιαδήποτε αλλαγή ή διόρθωση απαιτείται. Με την βοήθεια ειδικών εκτυπωτών σχεδίασης (Plotters) το σχέδιο αναπαράγεται ταχύτατα μετά από κάθε διόρθωση, εξοικονομώντας έτσι ανυπολόγιστο χρόνο σχεδιαστικής εργασίας, σε σύγκριση με τους συμβατικούς μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενους τρόπους (σχεδιαστήρια).

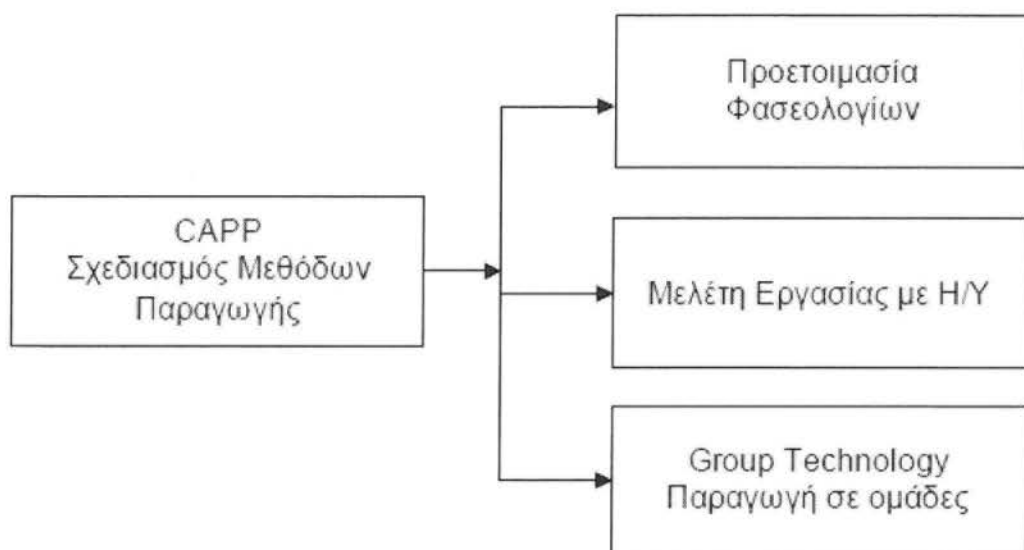
Ορισμένα συστήματα CAD προσφέρουν την πρόσθετη δυνατότητα εξέτασης των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς των σχεδιαζόμενων προϊόντων (π.χ. μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων για την αντοχή) εντάσσοντας έτσι και τις τεχνολογίες και επιστημονικές μεθόδους του Μηχανικού (CAEComputerAidedEngineering).



Σχ. 1.3: Τα στοιχεία του συστήματος CAD

Ο ορισμός που δίνει ο AWF για το CAP: «Μέσω του CAP υποστηρίζεται η διαδικασία της προεργασίας και του σχεδιασμού των φάσεων της παραγωγής. Οι εργασίες αυτές στηρίζονται στην προηγούμενη φάση του CAD, περιγράφουν τις επιμέρους παραγωγικές φάσεις των εξαρτημάτων και της διαδικασίας της συναρμολόγησης. Με τη βοήθεια των Η/Υ γίνονται τα επί μέρους φασεολόγια και δημιουργούνται τα φυλλάδια παραγωγής, όπου αναφέρονται τα υλικά και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται. Είναι η φάση προετοιμασίας για το στάδιο της παραγωγής, ή με συμβατικό τρόπο στα διάφορα παραγωγικά μηχανήματα ή με την χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων παραγωγής CAM».

Εδώ θα πρέπει ν' αναφερθεί συμπληρωματικά ότι η υποστήριξη της μελέτης παραγωγής CAPP(ComputerAidedProcessPlanning) είναι μια ακόμη σημαντική εφαρμογή της πληροφορικής στην παραγωγή, χρησιμοποιώντας τις βασικές αρχές της Τεχνολογίας Ομαδοποίησης (GT - GroupTechnology). Η GT είναι μια μεθοδολογία ταξινόμησης και αρχειοθέτησης όλων των παραγόμενων ειδών σε οικογένειες, με βάση ορισμένα επιλεγμένα χαρακτηριστικά (π.χ. Σχ., πρώτη ύλη, τρόπος κατεργασίας κ.τ.λ.). Ο Η/Υ διασταυρώνει με ειδικό πρόγραμμα, τα είδη μετα χαρακτηριστικά τους ώστε να δημιουργήσει λίστες με τα είδη που έχουν κοινά χαρακτηριστικά.



Σχ. 1.4: Τα στοιχεία του συστήματος CAPP

Το φασεολόγιο για ένα νέο είδος δημιουργείται με την αναγνώριση ενός υπάρχοντος είδους και μεταβάλλοντας το ήδη υπάρχον φασεολόγιο. Έχει αποδειχθεί, όπως αναφέρει ο Gunp, ότι μόνο 20% των νέων προς παραγωγή προϊόντων χρειάζονται απαρχής μελέτη μεθόδων παραγωγής. Αυτή την μέθοδο την χρησιμοποιούν πολλές συνεργαζόμενες εταιρίες που προσφέρουν κατά βάσει το ίδιο προϊόν με διαφορετικές παραλλαγές (SIEMENS –BOSCH, PANASONIC- NATIONAL).

Η μελέτη νέων προϊόντων και των αντίστοιχων μεθόδων παραγωγής είναι υπεύθυνη για ένα μεγάλο μέρος του κόστους των προϊόντων που μερικές φορές φθάνει μέχρι το 75%. Αυτό προέρχεται από το ότι σ' αυτή την φάση προετοιμασίας επιλέγονται οι πρώτες ύλες και ο τρόπος κατεργασίας των αντιστοιχών φάσεων παραγωγής. Σε αντίθεση με την μεγάλη αυτή σπουδαιότητα της σχεδίασης, η αύξηση της παραγωγικότητας σε παρόμοιες εργασίες γραφείου ήταν τα τελευταία 100 χρόνια μόνο 20% έναντι 200% της παραγωγικότητας των μέσων παραγωγής στο εργοστάσιο. Εξίσου σημαντικά πλεονεκτήματα που αναμένονται από την χρήση συστημάτων CAD και CAPP είναι:

- Μείωση του χρόνου ανάπτυξης νέων προϊόντων, που δίνει την δυνατότητα της σμίκρυνσης του κύκλου ζωής των προϊόντων και του εφοδιασμού της αγοράς με μεγάλη ποικιλία νέων προϊόντων.
- Βελτίωση της ποιότητας λόγω λεπτομερέστερης ανάλυσης στο στάδιο της σχεδίασης.
- Ολοκλήρωση της επικοινωνίας μεταξύ της Μελέτης Προϊόντων και της Μελέτης Μεθόδων Παραγωγής μέσα από την αναδρομή σε κοινή βάση δεδομένων και σχεδίων καθώς και των φασεολογίων.

Ο ορισμός του AWF για το CAM: «Ως CAM θεωρείται η αυτοματοποιημένη παραγωγή με την ένταξη, χρήση και υποστήριξη της παραγωγής από H/Y. Αυτό αφορά κυρίως τον προγραμματισμό, την οδήγηση και την παρακολούθηση των παραγωγικών μηχανημάτων κατά την παραγωγή ενός εξαρτήματος ή ενός ολοκληρωμένου προϊόντος. Επίσης, αφορά στην αυτοματοποιημένη λειτουργία μεμονωμένων μηχανημάτων, βοηθητικών συσκευών και διατάξεων καθώς και την διακίνηση – μεταφορά των εξαρτημάτων και προϊόντων». Για την τεχνολογία CAM θα πρέπει επίσης ν' αναφερθεί ότι οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στον αυτοματισμό των μέσων παραγωγής έχουν δύο κατευθύνσεις που σχετίζονται με τους δύο βασικούς τύπους βιομηχανικής παραγωγής:

A) Στα εργοστάσια παραγωγής και συναρμολόγησης σε παρτίδες (batchmanufactures) χρησιμοποιούνται:

- εργαλειομηχανές CNC (Computer Numerical Control) με κύριες εφαρμογές στην βιομηχανία κατεργασίας μετάλλου και παραγωγής εξαρτημάτων,
- ρομποτική με κύριες εφαρμογές στις συγκολλήσεις, στις βαφές, τις συναρμολογήσεις και τις φορτώσεις – αποφορτίσεις,
- GT (Group Technology) και FMS (Flexible Manufacturing Systems). Εκτός από την μελέτη προϊόντων και μεθόδων παραγωγής, η GT έχει εφαρμογή και στη διάταξη των μέσων παραγωγής. Σχηματίζονται «κυψέλες» παραγωγής (manufacturing cells) στις οποίες μια ομάδα μηχανών παράγει μια οικογένεια από παρόμοια προϊόντα με τον τρόπο και τα πλεονεκτήματα της γραμμής παραγωγής. Αν οι μηχανές αυτές είναι CNC και συνδεθούν μεταξύ τους με αυτόματο σύστημα διακίνησης υλικών ελεγχόμενο από κεντρικό H/Y, τότε αναφερόμαστε σε ένα πλήρες FMS.

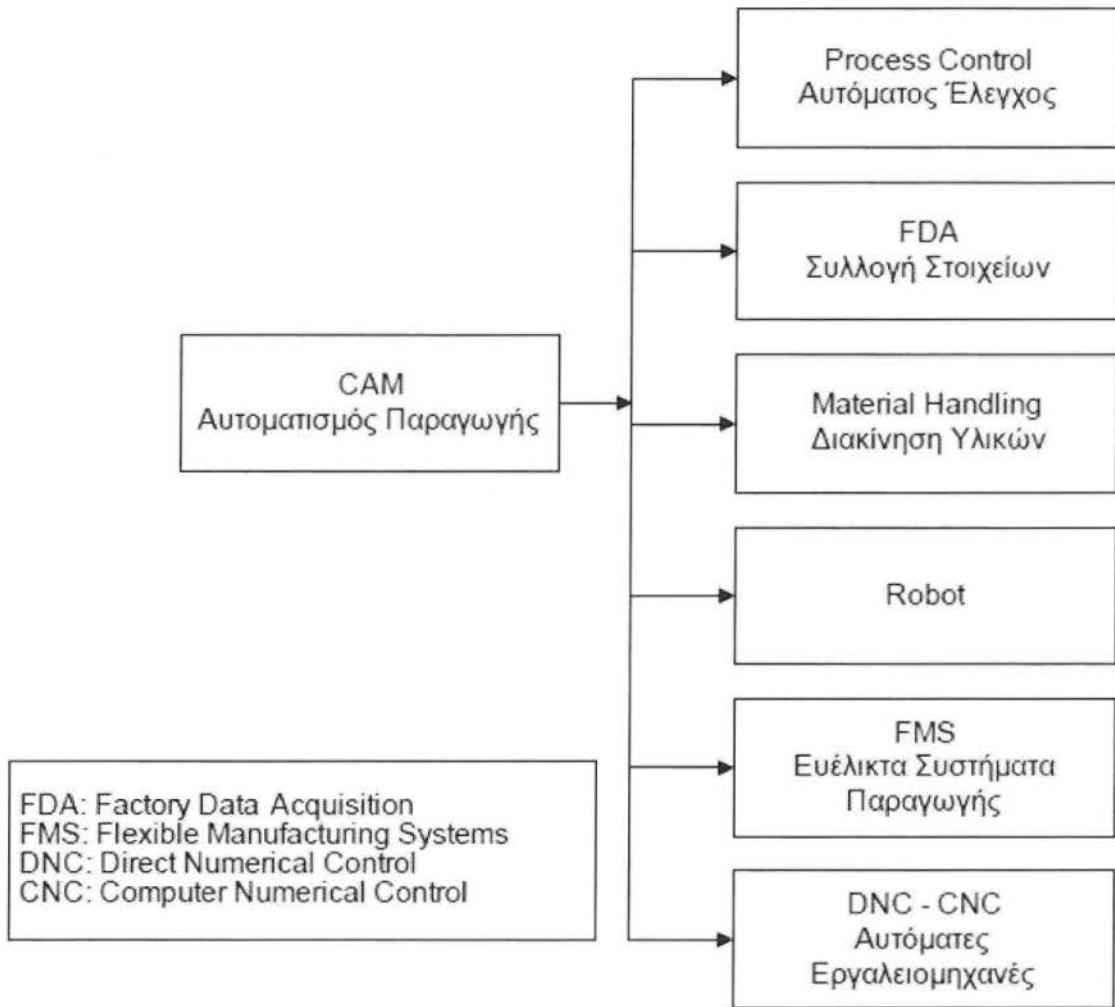
Ο αυξανόμενος αυτοματισμός των μέσων παραγωγής έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργεί ανάγκες για αυτόματες διαδικασίες διασφάλισης της ποιότητας στις ενδιάμεσες φάσεις παραγωγής.

B) Στις βιομηχανίες συνεχών διεργασιών (process industries) χρησιμοποιούνται:

- έξυπνα συστήματα αυτόματου ελέγχου με την βοήθεια PLCs (Programmable Logic Controllers) με ψηφιακές και αναλογικές εισόδους – εξόδους και τις αντίστοιχες λειτουργίες,
- αυτόματος έλεγχος φυσικών μεγεθών,
- αυτόματος έλεγχος ποιότητας,
- αυτόματος διαγνωστικός έλεγχος βλαβών και
- αυτόματος εντοπισμός βλαβών εξ' αποστάσεως με τη βοήθεια του Internet, του δικτύου ISDN ή ADSL ειδικά σε βιομηχανικό εξοπλισμό πολύπλοκο και εντάσεως κεφαλαίου (Condition Monitoring and Fault Diagnosis).

Η συνεχής τεχνολογική εξέλιξη των PLCs και αύξηση των δυνατοτήτων τους σε συνδυασμό με την μαζική παραγωγή και την μείωση του κόστους τους επιτρέπουν την υλοποίηση πολύ περισσότερων, πολύπλοκότερων και εξυπνότερων συστημάτων αυτομάτου ελέγχου. Η αιχμή της τεχνολογίας CAM στρέφεται προς την επίλυση των

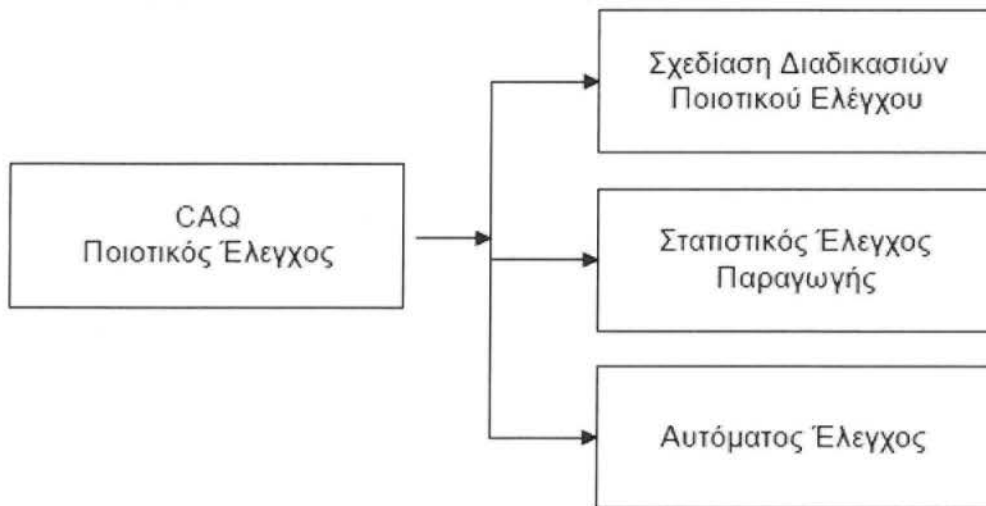
συχνά ξεπεράστων προβλημάτων οργάνωσης της παραγωγής σε παρτίδες. Ο στόχος είναι η εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων του αυτοματισμού, με παράλληλη διατήρηση της ευελιξίας (χρησιμοποίησης των ίδιων μέσων παραγωγής για διαφορετικά ομοειδή προϊόντα).



Σχ.1.5: Τα στοιχεία του συστήματος CAM

Άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του CAM είναι η δυνατότητα σύνδεσης, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, της λειτουργίας του προγραμματισμού και ελέγχου παραγωγής με την άμεση παραγωγική διαδικασία όπου κυρίαρχο ρόλο παίζουν τα συστήματα FDA (Factory Data Acquisition). Ένας H/Y μπορεί να διαβιβάσει αυτόματα όλες τις απαραίτητες πληροφορίες στα PLCs και στα κέντρα κατεργασίας CNC και FMS για τον προγραμματισμό και έλεγχο λειτουργίας τους. Προς την ίδια κατεύθυνση τα συστήματα CAD/CAM επιτρέπουν την χρησιμοποίηση των γεωμετρικών στοιχείων τους που βρίσκονται σε βάση δεδομένων του συστήματος CAD για τον προγραμματισμό κατεργασιών ενός συστήματος CAM. Η αυτόματη μεταφορά των τεχνικών χαρακτηριστικών και δεδομένων με την μορφή ενός προγράμματος εφαρμογής

δημιουργεί την διασύνδεση CAD/CAM. Τέλος, ο ορισμός που δίνει ο AWF για την τεχνολογία CAQ είναι: «Ως CAQ ορίζεται η χρήση των Η/Υ για την παρακολούθηση, έλεγχο και διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων σε όλα τα στάδια της παραγωγής. Στόχος είναι ο έγκαιρος εντοπισμός των σφαλμάτων σε πρώιμα στάδια κατεργασίας ώστε να γίνεται άμεση επέμβαση και αποφυγή μεγαλύτερων σφαλμάτων στα επόμενα στάδια της παραγωγής. Αυτό αφορά από την μια μεριά τα στάδια ελέγχου, τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται και τις επιθυμητές προκαθορισμένες τιμές των ανοχών και από την άλλη μεριά το τεχνολογικό μέρος, ήτοι τα χρησιμοποιούμενα όργανα μετρήσεων που είναι κατάλληλα για κάθε περίπτωση, σε συνεργασία με τα συστήματα CAD, CAP και CAM που χρησιμοποιούνται».



Σχ.1.6: Τα στοιχεία του συστήματος CAQ

Τα πεδία CAD, CAP, CAM, CAQ αναφέρονται κυρίως στην παραγωγική διαδικασία και στον έλεγχο ποιότητας, ενώ το πεδίο PPC αναφέρεται κυρίως στον προγραμματισμό και τον έλεγχο της παραγωγής. Το PPC είναι από τα συστήματα Μηχανοργάνωσης που αναπτύχθηκαν για την Διοίκηση Παραγωγής σε παραγωγικές Μονάδες. Χωρίζεται σε δύο επιμέρους πεδία, στον Προγραμματισμό της Παραγωγής (Production Planning) και στον έλεγχο της Παραγωγής (Production Control). Ο προγραμματισμός αναφέρεται στην διαχείριση παραγγελιών, υπολογισμούς, προγραμματισμό αποκτώμενων πρώτων υλών, διαχείριση υλικών, χρονικό προγραμματισμό, προγραμματισμό παραγωγικών μηχανημάτων, εκτέλεση παραγγελιών. Ο έλεγχος παραγωγής ασχολείται με: τον έλεγχο της παραγωγικής ροής, την συλλογή παραγωγικών και λειτουργικών δεδομένων, τον έλεγχο ποσοτήτων, τον έλεγχο παραγωγικών χρόνων, το κόστος και την παρακολούθηση απόστολων. Η πολυπλοκότητα των λειτουργιών αυτών είναι πολύ μεγάλη επειδή καλύπτεται το σύνολο των λειτουργικών διαδικασιών της παραγωγής της επιχείρησης. Ο Geitner αναφέρει ότι δεν υπάρχει σχεδόν καμία επιχείρηση η οποία με τον έναν ή άλλο τρόπο δεν χρησιμοποιεί πληροφορικά συστήματα και επιμέρους εργαλεία και βοηθήματα της τεχνολογίας CIM. Υπάρχουν και πολλοί ερευνητές και συγγραφείς που αμφισβητούν την αποτελεσματικότητα και την δυνατότητα εφαρμογής αυτής της νέας τεχνολογίας. Οι περισσότεροι όμως είναι πεπεισμένοι και επιχειρηματολογούν υπέρ της τεχνολογίας CIM

και θεωρούν αυτήν ως στρατηγική επιλογή αναγκαία για την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων. Υπάρχει κοινή διαπίστωση ότι η τεχνολογία CIM αναφέρεται στην βιβλιογραφία ως όπλο για τον εξορθολογισμό της παραγωγής και την αντιμετώπιση του συνεχώς αυξανόμενου ανταγωνισμού. Ο Miska στο βιβλίο του για την τεχνολογία CIM αναφέρει ότι το μέγιστο όφελος που προκύπτει στην επιχείρηση εξαρτάται από τον βαθμό ολοκλήρωσης – διασύνδεσης όλων των επιμέρους τεχνολογιών CA(X) μεταξύ τους. Το κάθε πεδίο έχει διαφορετική βαρύτητα στην συνολική αποτελεσματικότητα του συστήματος CIM, όμως και από μόνο του αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα στην παραγωγική και διοικητική λειτουργία της επιχείρησης. Τέλος, να σημειωθεί ότι έχουν καθιερωθεί και άλλοι συμπληρωματικοί όροι όπως CIB (Computer Integrated Business) και CAI (Computer Aided Industry).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

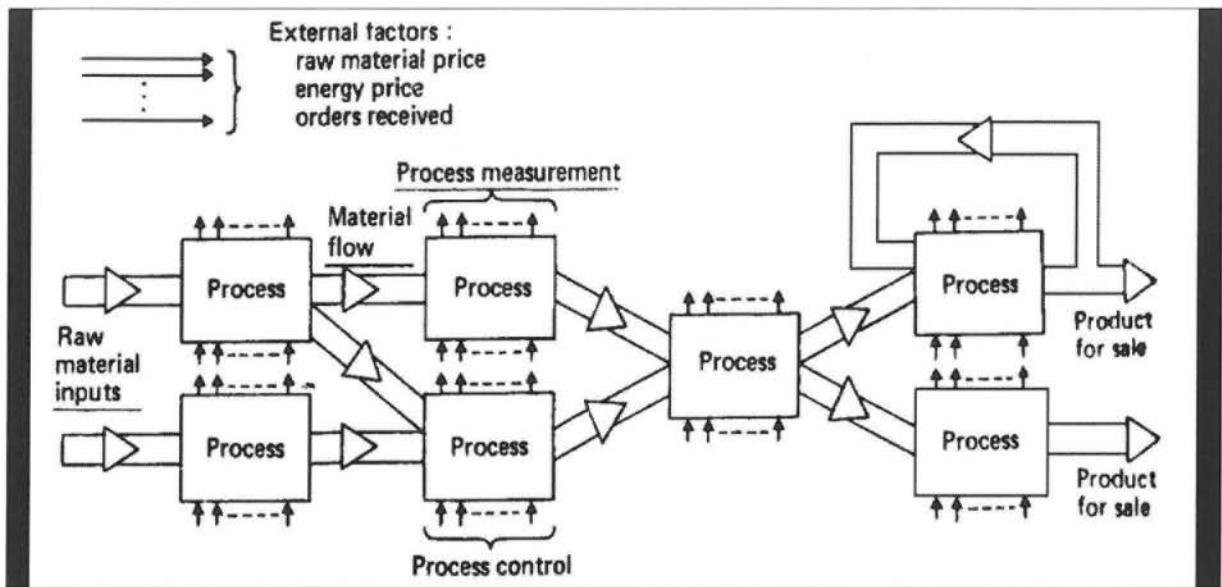
ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ- DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS)

Στόχος του βιομηχανικού ελέγχου, είναι να επιτευχθεί ο συνολικός έλεγχος μιας μονάδας παραγωγής, ή μιας ομάδας μονάδων παραγωγής. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας, βοήθησε στον σχεδιασμό συστημάτων ελέγχου, με αλληλοεπίδραση. Ειδικά οι ελεγκτές, με βάση μικροεπεξεργαστή, έχουν την ισχύ επεξεργασίας πληροφοριών και τις απαραίτητες επικοινωνίες, για την υλοποίηση πολύπλοκων διασυνδεδεμένων συστημάτων ελέγχου. Το θεωρητικό υπόβαθρο είναι απαραίτητο, για την ανάλυση μεγάλων προβλημάτων και τον σχεδιασμό, αλληλοσυνδεδεμένων συστημάτων ελέγχου.

Η δημιουργία αυτού του υπόβαθρου, είναι αντικείμενο ερευνητικών δραστηριοτήτων, που πραγματοποιούνται σε Ερευνητικά Κέντρα. Εδώ όμως θα περιοριστούμε μόνο στο να υπογραμμίσουμε τις μεθόδους που υπάρχουν, με βάση την πρακτική τους εφαρμογή.

Μια τυπική βιομηχανική μονάδα, αποτελείται από έναν αριθμό διεργασιών, που αλληλοσυνδέονται με την ροή υλικών, ενέργειας και πληροφοριών. Κάθε διεργασία, έχει τις δικές της απαιτήσεις για τον ελεγκτή (*Local Controller*). Η μονάδα περιλαμβάνει μια σειρά ελέγχων, που συνήθως εξαρτώνται από εξωτερικές παραμέτρους (όπως τιμές πρώτων υλών).

Στο Σχ.2.1 φαίνεται ένα τυπικό διάγραμμα βιομηχανικής δραστηριότητας.



Σχ.2.1: Τυπικό διάγραμμα Βιομηχανικής Μονάδος

Πως όμως σχεδιάζεται ένα σχέδιο ελέγχου, μιας μονάδας όπως του Σχ.2.1, για να επιτευχθεί ο συνολικός στόχος;

Μια παράδοξη λύση είναι, να τροφοδοτηθούν όλες οι πληροφορίες σε ένα κεντρικό σημείο, για βελτιστοποίηση του ελέγχου, ώστε όλες οι ενέργειες σε κάθε διεργασία, να συμβάλουν ιδανικά στην επίτευξη του συνολικού στόχου. Η μεθοδολογία είναι παράδοξη, διότι απαιτείται μία πλήρης και ακριβή μαθηματική περιγραφή όλων των παραμέτρων της μονάδας, καθώς και ένας συνολικός συντελεστής απόδοσης που είναι δύσκολο να βρεθεί.

Φυσικά, οι πραγματικές μονάδες πρέπει να ελέγχονται, σε συνθήκες μερικής αβεβαιότητας και με μετρήσεις σχετικής ακρίβειας.

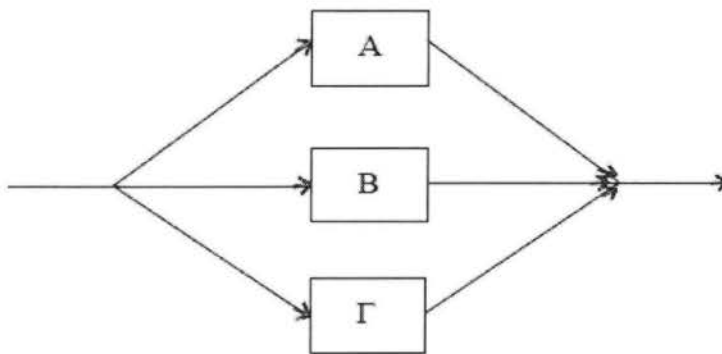
Ένας τρόπος λύσης είναι να διαιρεθεί το πρόβλημα σε επί μέρους προβλήματα. Με αυτόν τον τρόπο, πρέπει να οριστούν μερικοί στόχοι, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο συνολικός στόχος να επιτευχθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια. Κάθε ανεξάρτητος βρόγχος ελέγχου, για συγκεκριμένη διεργασία, σχεδιάζεται χρησιμοποιώντας γνωστές μεθόδους από την κλασική θεωρία ελέγχου. Η κύρια δυσκολία ίσως έγκειται στο να αποφασίσουμε, για τους τοπικούς στόχους (που αφορούν φυσικές μεταβλητές), που αν επιτευχθούν, θα εξασφαλίσουν και την επίτευξη των συνολικών στόχων.

Για να κατανοήσουμε τα μεγάλα και πολύπλοκα συστήματα, είναι λογικό να παρουσιάσουμε το όλο σύστημα σαν συνάρτηση αλληλοσυνδεδεμένων υποσυστημάτων. Ένα διάγραμμα με τα υποσυστήματα και τις αλληλοσυνδέσεις τους, θα επιτρέψει μια πλατειά εκτίμηση της λειτουργίας του συστήματος, αφού οι λεπτομέρειες βρίσκονται μέσα στα υποσυστήματα.

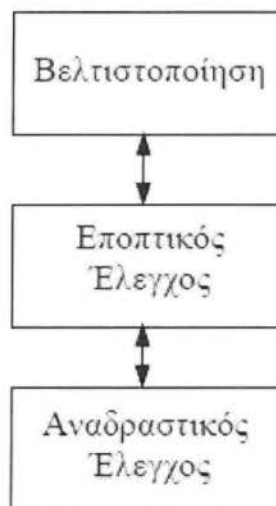
Σε συγκεκριμένη περίπτωση, αξιόπιστα υποσυστήματα μπορούν ήδη να υπάρχουν, από την φύση τους. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορούν να ορισθούν επιφανειακά, αφού και ομογενή συστήματα θα μπορούσαν, αν απαιτηθεί, να διαιρεθούν σε υποσυστήματα. Τέτοια υποδιαίρεση μπορεί να γίνει σύμφωνα με διάφορα εναλλακτικά κριτήρια. Για παράδειγμα: γεωγραφική θέση, λειτουργίες του συστήματος, κατανομή λειτουργιών ελέγχου του συστήματος ή χρονοδιαγράμματα

Στο σημείο αυτό αναφέρεται ένα παράδειγμα με βάση τα παραπάνω κριτήρια. Εργοστάσιο που χρησιμοποιεί σαν πρώτη ύλη το γυαλί, το λιώνει σε φούρνους, παρασκευάζονται φιάλες, ελέγχονται και γίνεται η αποστολή τους. Αποτελείται από τρεις παράλληλες κατευθύνσεις διεργασίας, που τις ονομάζουμε Α, Β, Γ και κάθε μία ακολουθεί την προαναφερόμενη σειρά επεξεργασίας.

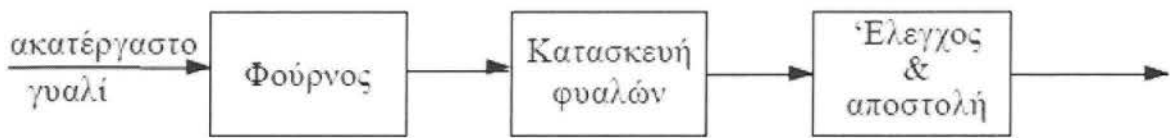
Αν η γεωγραφική θέση χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο υποδιαίρεσης, τότε τα τρία υποσυστήματα αντιστοιχούν σε τρεις παράλληλες διεργασίες, Σχ.2.2. Στο Σχ.2.3 δίνεται υποδιαίρεση σύμφωνα με λειτουργίες ελέγχου. Στο Σχ.2.4 δίνεται η υποδιαίρεση σύμφωνα με λειτουργικές διεργασίες με ομαδοποίηση των κοινών φυσικών δραστηριοτήτων. Στο Σχ.2.5 φαίνεται η υποδιαίρεση σύμφωνα με αποφάσεις του χρονικού ορίζοντα και είναι σχεδόν σαν το Σχ.2.3.



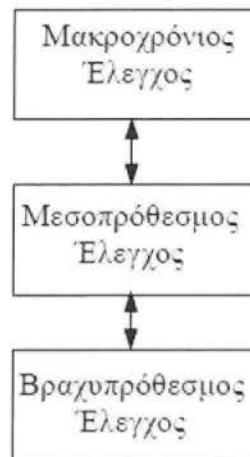
Σχ.2.2:Γεωγραφική Υποδιαίρεση Ενεργειών Ελέγχου



Σχ.2.3:Έλεγχος με Υποδιαίρεση Λειτουργιών Ελέγχου



Σχ. 2.4: Έλεγχος με Υποδιαίρεση Λειτουργικών Διεργασιών



Σχ.2.5: Έλεγχος με Υποδιαίρεση Χρονοδιαγράμματος

2.1 Αναλογικά Συστήματα Ελέγχου

Τα αναλογικά συστήματα ελέγχου είναι τα πρώτα που χρησιμοποιήθηκαν στην βιομηχανία (ιδιαίτερα την χημική). Ένας απλός βρόγχος αποτελείται από τρία μέρη: το όργανο μέτρησης της μεταβλητής με τον διαβιβαστή σημάτων, τον κυρίως ελεγκτή στον οποίο έχει ορισθεί η τιμή αναφοράς (*setpoint*) της μετρούμενης μεταβλητής και το τελικό όργανο ελέγχου που συνήθως είναι μια βάνα ή άλλο στοιχείο ελέγχου. Αρχικά, τα σήματα ήταν πνευματικά. Με την πάροδο του χρόνου, τα σήματα αντικαταστάθηκαν μερικώς ή στο σύνολό τους με ηλεκτρικά. Και στις δύο περιπτώσεις το σύστημα είναι αναλογικό, δηλαδή τα σήματα είναι συνεχή και αναλογικά, και η επεξεργασία τους επίσης συνεχής και αναλογική.

Τα αναλογικά συστήματα ελέγχου είχαν πολλά πλεονεκτήματα. Ήταν απλά στην εγκατάσταση και την λειτουργία τους. Κάθε βρόγχος ελέγχου ήταν αυτόνομος, με τον δικό του ελεγκτή, δηλ. το αναλογικό σύστημα ελέγχου ήταν ένα κατακεκομμένο σύστημα. Αυτό έδινε αυξημένη συνολική αξιοπιστία στο σύστημα, αφού κάθε βρόγχος λειτουργούσε ξεχωριστά και ανεξάρτητα από όλους τους άλλους και κατά συνέπεια, μία βλάβη σε ένα στοιχείο του βρόγχου είχε περιορισμένη επίδραση στο υπόλοιπο σύστημα.

Τα κύρια μειονεκτήματα του συνολικού συστήματος ελέγχου ήταν η έλλειψη συνολικής και ολοκληρωμένης πληροφόρησης προς τον χειριστή, για μία παραγωγική μονάδα, η δυσκολία συλλογής πληροφοριών συγκεντρωτικά για τη μονάδα και η αδυναμία εφαρμογής σύνθετων στρατηγικών ελέγχου.

Η εγκατάσταση ενός κεντρικού ηλεκτρονικού υπολογιστή, ως εποπτεύοντα (*supervisory control*) όλων των βρόγχων ελέγχου και των διεργασιών μιας παραγωγικής

μονάδας ή και ολόκληρης της βιομηχανίας, έδωσε λύσεις σε αρκετά από τα μειονεκτήματα αυτά. Σε μια τέτοια διάταξη, ο Η/Υ δε λαμβάνει μέρος στις κυρίως διεργασίες ελέγχου. Το αναλογικό σύστημα ελέγχου διατηρείται και λειτουργεί όπως πριν. Προστίθενται όμως διατάξεις που μετατρέπουν τα σήματα σε ψηφιακά και τα τροφοδοτούν στον επιβλέποντα Η/Υ, ο οποίος με τα κατάλληλα προγράμματα συγκεντρώνει, επεξεργάζεται και αποθηκεύει εκτυπώνει πληροφορίες για όλες τις διεργασίες των παραγωγικών μονάδων.

2.2 Κεντρικά Συστήματα Ελέγχου με Η/Υ

Το σύστημα ψηφιακού ελέγχου απ' ευθείας από Η/Υ (*DirectDigitalControl-DDC*) είναι εξέλιξη του συστήματος με επόπτη υπολογιστή που αναφέρθηκε παραπάνω. Ο ψηφιακός έλεγχος υποκατέστησε τον αναλογικό, μέσω ενός ψηφιακού αλγόριθμου ρύθμισης που εφαρμοζόταν περιοδικά από τον κεντρικό Η/Υ. Δηλαδή, ουσιαστικά, ο κεντρικός υπολογιστής συγκέντρωνε τη λειτουργία όλων των αναλογικών ελεγκτών, που ήταν πριν κατανεμημένοι στις παραγωγικές μονάδες.

Το κυριότερο πλεονέκτημα του συστήματος με κεντρικό Η/Υ ήταν η μεγάλη ευκολία εφαρμογής σύνθετων αλγορίθμων ελέγχου που περιλάμβαναν ένα μεγάλο αριθμό βρόχων ελέγχου. Άλλο σημαντικό πλεονέκτημα ήταν η κατάργηση των αναλογικών ελεγκτών, με ανάλογη μείωση του κόστους. Επίσης, τα συστήματα με κεντρικό Η/Υ, πρόσφεραν όλες τις διευκολύνσεις ενός Η/Υ, όπως γραφικές παραστάσεις των μονάδων ή των μεταβλητών, άμεση επεξεργασία στοιχείων και εκτύπωση πληροφοριών, φιλικούς καταλόγους επιλογής (*menu*) κ.λπ.

Τα συστήματα με κεντρικό Η/Υ είχαν όμως και σοβαρά μειονεκτήματα, τα οποία τελικά οδήγησαν στον περιορισμό της διάδοσής τους. Το κυριότερο από τα μειονεκτήματα αυτά ήταν η έλλειψη αξιοπιστίας του συστήματος λόγω της συγκέντρωσης όλων των διεργασιών ελέγχου σε έναν υπολογιστή. Βλάβη του Η/Υ σήμαινε μετάπτωση όλου του συστήματος σε χειροκίνητη λειτουργία ή ακινητοποίηση των παραγωγικών μονάδων. Ήταν, λοιπόν, απαραίτητο να εγκατασταθούν, για τις κρίσιμες μεταβλητές, και αναλογικοί ελεγκτές ως εφεδρικοί, αυξάνοντας έτσι σημαντικά το κόστος. Άλλα μειονεκτήματα των συστημάτων με κεντρικό Η/Υ ήταν:

- Όλα τα σήματα από το πεδίο διεργασιών προς τον κεντρικό θάλαμο ελέγχου ήταν αναλογικά, καθιστώντας απαραίτητη την εγκατάσταση ιδιαίτερων καλωδίων για κάθε σήμα.
- Τυχόν επεκτάσεις του συστήματος έπρεπε να έχουν προβλεφθεί και η σχετική δαπάνη να έχει καταβληθεί από την αρχή.
- Η ταχύτητα του συστήματος ήταν συνάρτηση του φόρτου εργασίας του υπολογιστή και ο εκ των προτέρων υπολογισμός του τελικού χρόνου απόκρισης δύσκολος.

Τελικά, τα συστήματα κεντρικού ελέγχου, με τον μεγάλο αριθμό συνδεδεμένων σε αυτών εξαρτημάτων, απέκτησαν τέτοια πολυπλοκότητα, ώστε ο σχεδιασμός τους, ο προγραμματισμός τους, η εγκατάσταση, ο έλεγχος και η συντήρησή τους ήταν απαγορευτικός δαπανηρά, με αποτέλεσμα την πολύ μικρή διάδοση.

2.3 Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου (DCS)

Τα συστήματα DCS εισάγουν μια νέα φιλοσοφία αποκέντρωσης στον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας βιομηχανικών μονάδων παραγωγής (ιδιαίτερα της χημικής). Η αποκέντρωση αναφέρεται στα φυσικά μέρη του συστήματος (ελεγκτές, μονάδες εισόδου-εξόδου σημάτων και τους σταθμούς επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής) αλλά συγχρόνως αναφέρεται και σε λειτουργίες ή “νοημοσύνη” που μεταφέρονται στις περιφερειακές μονάδες αντί να συγκεντρώνονται σε ένα κεντρικό Η/Υ. Στα κατανεμημένα συστήματα, οι κύριες διεργασίες ελέγχου γίνονται από μικροελεγκτές (μΕ) κατανεμημένους στις παραγωγικές διεργασίες. Κάθε μΕ χειρίζεται μέχρι και οκτώ βρόγχους ελέγχου. Όλοι οι μΕ συνδέονται μεταξύ τους με δίκτυο ταχείας επικοινωνίας (databus).

Τα κατανεμημένα συστήματα ελέγχου αποτελούνται σαν μια σειρά από αυτόνομα εμπελοποιημένες συσκευές (τοπικοί ελεγκτές), που βρίσκονται σε διάφορες γεωγραφικές θέσεις, συνδεδεμένες μέσω δικτύου ή ψηφιακής τηλεφωνίας, με το κέντρο ελέγχου που βρίσκεται σε ανώτερο επίπεδο και περιλαμβάνει έναν επόπτη Η/Υ (supervisor) με στόχο τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας.

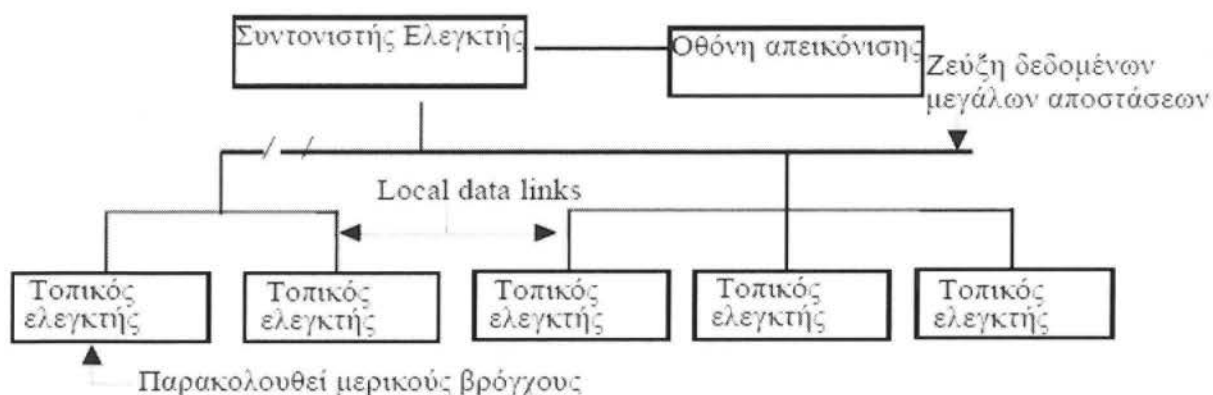
Η σημερινή τάση είναι για κατασκευή, όλο και ικανότερων περιφερειακών μΕ, στους οποίους ανατίθενται όλο και περισσότερες εργασίες, κατανέμοντας και αποκεντρώνοντας με τον τρόπο αυτό “νοημοσύνη”. Πολλά από τα σημερινά συστήματα έχουν την ικανότητα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης διεργασιών, στο επίπεδο του ελεγκτή. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται λιγότερο επιτακτική η ανάγκη ενός μεγάλου Η/Υ για τη βελτιστοποίηση διεργασιών ή ταχύτερη και αποδοτικότερη λειτουργία του.

Με την κατανομή εξοπλισμού διεργασιών και “νοημοσύνης” αφ’ ενός και τη χρήση εγκατεστημένων εφεδρικών τμημάτων (ηλεκτρονικών καρτών, μΕ, καλωδίων σημάτων κ.λπ.) αφ’ ετέρου επιτυγχάνεται πολύ μεγάλη αξιοπιστία στη λειτουργία του συστήματος. Η απώλεια λειτουργίας κάποιου μέρους του εξοπλισμού, έχει συνήθως πολύ μικρή ή καθόλου επίδραση στην όλη λειτουργία του συστήματος.

Με τα κατανεμημένα συστήματα ελέγχου, είναι βεβαίως δυνατό να χρησιμοποιηθεί υπερκείμενος Η/Υ για βελτιστοποίηση, αρχειοθέτηση, έκδοση πληροφοριακών δελτίων προς διάφορα επίπεδα διοίκησης κ.λπ. Η παραγωγή της προτυποποίησης στις επικοινωνίες, σε διεθνές επίπεδο, διευκολύνει όλο και περισσότερο την επικοινωνία συστημάτων ελέγχου με υπερκείμενο Η/Υ ή τοπικά δίκτυα επικοινωνίας (Local Area Networks-LANs) μέσω θυρών επικοινωνίας (gateways) ή γεφυρών (bridges) που παρέχουν οι προμηθευτές συστημάτων ελέγχου. Η επικοινωνία μπορεί να γίνει με διάδρομο ταχείας επικοινωνίας (data highway) οπτικών ινών. Οι κυρίως διεργασίες ελέγχου όμως, γίνονται στις κατανεμημένες μονάδες ελέγχου, οι οποίες στο επίπεδό τους λειτουργούν αυτόνομα, έστω και αν ο κεντρικός Η/Υ είναι εκτός λειτουργίας.

Τα κύρια μέρη ενός DCS φαίνονται στο Σχ.2.6 και περιλαμβάνει :

- α) Τοπικούς Ελεγκτές (Local Controllers). Κάθε Τοπικός ελεγκτής έχει δυνατότητα να ελέγχει συγχρόνως μερικούς βρόγχους.
- β) Ψηφιακές συνδέσεις (Data-links) μαζί με τα πρωτόκολλα επικοινωνίας.
- γ) Τουλάχιστον ένα συντονιστή ή επόπτη ελεγκτή.
- δ) Μια κεντρική μονάδα απεικόνισης πληροφοριών.



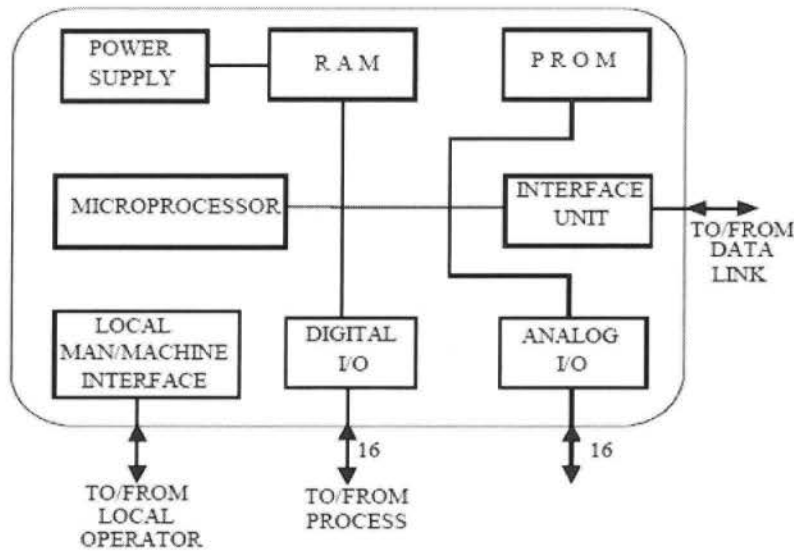
Σχ.2.6: Τοπικό Δίκτυο Κατακεμημένου Ελέγχου.

2.3.1 Ελεγκτής Πεδίου (Local Controller)

Ο τοπικός ελεγκτής είναι ένας Η/Υ ειδικού σκοπού, οι βασικές βαθμίδες του οποίου δίνονται στο Σχ.2.7, ενώ στο περίγραμμα του Σχ.2.8 φαίνονται τα λειτουργικά του σήματα. Ο ελεγκτής πεδίου δέχεται 16 αναλογικά και 16 ψηφιακά σήματα I/O και υπό τον έλεγχο ενός προγράμματος μπορεί να επεξεργαστεί τα σήματα σε ακολουθία μέσω αλγορίθμων που καλούνται από την μνήμη για να παραχθούν τα απαραίτητα σήματα για το κλείσιμο των βρόγχων ελέγχου.

Οι παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν κατά τον σχεδιασμό είναι οι ακόλουθοι:

- Μέγιστος αριθμός βρόγχων που μπορεί να κλειστούν.
- Μέγιστη δυνατή περίοδος δειγματοληψίας T .
- Τύποι και τιμές σημάτων εισόδου/εξόδου.
- Βαθμός αυτονομίας του τοπικού ελεγκτή που απαιτείται.
- Μέθοδος επικοινωνίας τοπικού χειριστή.
- Βαθμός αυτοδιάγνωσης και αυτοεπισκευής.
- Βαθμός φιλικότητας για τον χειριστή χωρίς ειδικές γνώσεις (enduser).
- Επίπεδο επικοινωνίας του hardware και software μέσα στον ελεγκτή και μεταξύ άλλων ελεγκτών.



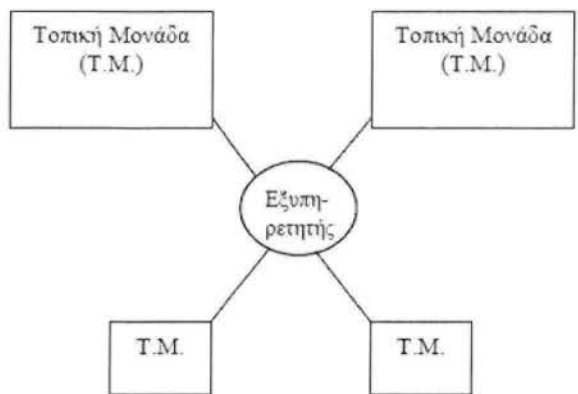
Σχ.2.7: Διάγραμμα Τοπικού Ελεγκτή (Local Controller).



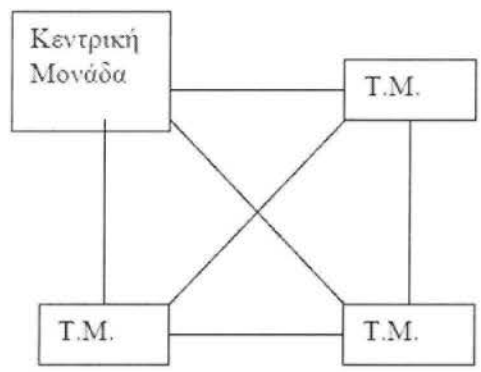
Σχ.2.8: Λειτουργικές Εντολές Τοπικού Ελεγκτή.

2.3.2 Δικτύωση (DataLinks)

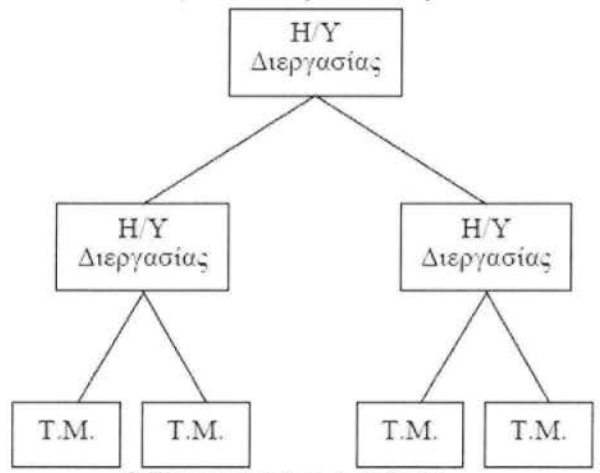
Τα βιομηχανικά δίκτυα είναι συνήθως τοπικά και οι μονάδες που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο βρίσκονται στον ίδιο γεωγραφικό χώρο. Μερικά από τα πιο κοινά δίκτυα που εφαρμόζονται στη βιομηχανία δίνονται στο Σχ.2.9 και κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες.



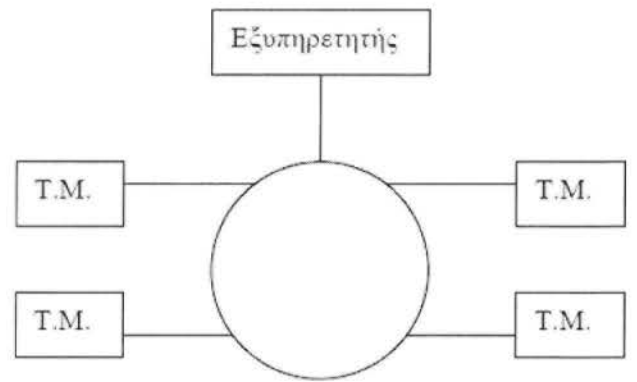
α) Ακτινωτή δικτύωση



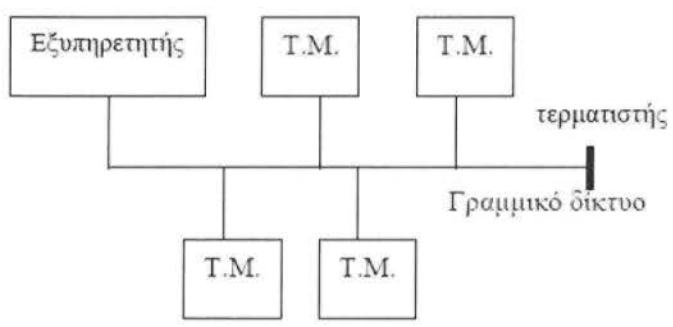
β) Δικτύωση βρόγχου



γ) Κατανεμημένη Δικτύωση



δ) Δικτύωση Δακτυλίου



δ) Δικτύωση Αρτηρίας

Σχ.2.9: Τοπολογία Δικτύων

1. Συγκεντρωτικά δίκτυα (Centralized Networks)

Η αρχιτεκτονική αυτή είναι από τις πρώτες και βασίζεται σε ένα κεντρικό Η/Υ που εξυπηρετεί όλες τις περιφερειακές μονάδες. Τοπολογικά διακρίνονται σε δύο κύριες δομές

α) Ακτινωτά Δίκτυα (Star network)

Στα ακτινωτά δίκτυα όλες οι περιφερειακές μονάδες (κόμβοι) συνδέονται ακτινωτά με ένα κεντρικό υπολογιστή ή εξυπηρετητή. Το πλεονέκτημα αυτής της τοπολογίας είναι η απλότητα της διασύνδεσης και των επικοινωνιών, ο μικρός χρόνος απόκρισης και η καλή αξιοπιστία. Τα μειονεκτήματα είναι η υποχρεωτική διέλευση των συνδέσεων από την κεντρική μονάδα, με όλα τα επακόλουθα μιας πιθανής βλάβης αυτής και το υψηλό κόστος καλωδίωσης. Τα ακτινωτά δίκτυα έχουν εφαρμοσθεί με μεγάλη επιτυχία σε πολλές βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

β) Δίκτυα βρόγχου (mesh networks)

Χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι ότι κάθε περιφερειακή μονάδα είναι συνδεδεμένη με όλες τις άλλες με δυο τουλάχιστον τρόπους ώστε να κλείνουν βρόγχο. Διακρίνονται για την υψηλή τους αξιοπιστία λόγω της παροχής εναλλακτικής δρομολόγησης μηνυμάτων σε περίπτωση διακοπής μιας διασύνδεσης. Το μειονέκτημα της τοπολογίας αυτής είναι το υψηλό κόστος καθώς απαιτούνται πολλαπλές συνδέσεις και εκτεταμένη καλωδίωση.

2. Κατανεμημένα Δίκτυα (Distributed Networks)

Στην περίπτωση αυτή κάθε υπολογιστής στο δίκτυο αναλαμβάνει μέρος του συνολικού υπολογιστικού φορτίου και είναι υπεύθυνος για μια συγκεκριμένη υποδιεργασία. Σε περίπτωση βλάβης σε ένα Η/Υ, με το κατάλληλο λογισμικό μεταγωγής, το φορτίο του μεταφέρεται σε άλλο Η/Υ. Το δίκτυο χαρακτηρίζεται ως χαλαρής σύζευξης (lightly coupled) ή σφιχτής σύζευξης (tightly coupled) ανάλογα με το βαθμό ανταλλαγής στοιχείων. Το πλεονέκτημα της τοπολογίας αυτής είναι η αυξημένη αξιοπιστία και μειονεκτήματά της το υψηλό λειτουργικό κόστος.

3. Τοπικά δίκτυα Ακρόασης

Το κύριο χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι ότι δεν υπάρχουν κόμβοι εισαγωγής και το μήνυμα που εκπέμπεται από ένα σταθερό λαμβάνεται από όλους. Μειδικές τεχνικές ελέγχου προσπέλασης και πρωτόκολλα επικοινωνίας τα μηνύματα κατευθύνονται στους κατάλληλους κόμβους. Οι πιο γνωστές τοπολογίες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία είναι τα δίκτυα δακτυλίου και τα γραμμικά δίκτυα ή δίκτυα αρτηρίας.

α) Δίκτυα Δακτυλίου

Από το Σχ. φαίνεται ότι το μέσο επικοινωνίας αρχίζει και τελειώνει στο ίδιο σημείο. Όταν ένας πομπός κόμβος μεταδώσει μία πληροφορία (μήνυμα) σε κάποιο άλλο κόμβο, τότε το μήνυμα εισέρχεται στο δακτύλιο με μορφή «πακέτου» και μεταφέρεται, με τη βοήθεια ειδικού πρωτοκόλλου επικοινωνίας, από κόμβο σε κόμβο προς μια κατεύθυνση μόνο. Κάθε κόμβος αναμεταδίδει το μήνυμα στον επόμενο κόμβο, ενισχύοντας το σήμα ταυτόχρονα μέχρις ότου φθάσει στον προορισμό του. Τα δίκτυα αυτά έχουν χαμηλό κόστος καλωδίωσης

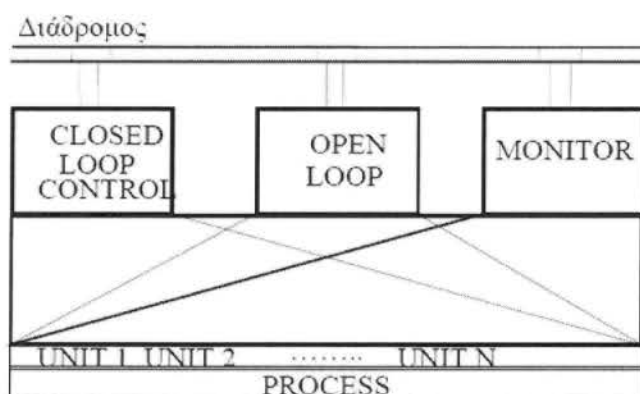
αλλά μειονεκτούν στην περίπτωση βλάβης σε ένα κόμβο η επικοινωνία είναι αδύνατη με άλλους κόμβους.

β) Δίκτυο Αρτηρίας (Data Highway Bus)

Η πληροφορία στο δίκτυο μεταδίδεται και στις δύο κατευθύνσεις. Το δίκτυο τεμαχίζεται στα δύο άκρα του και η πληροφορία απορρίπτεται μόλις φθάσει στα άκρα για να μην έχουμε αντανάκλαση. Τα πλεονεκτήματα αυτής της αρχιτεκτονικής είναι ότι η καλωδίωση είναι πολύ απλή και οικονομική ενώ η επεκτασιμότητα του είναι επίσης πολύ εύκολη. Σε περίπτωση δε που παρουσιαστεί βλάβη σε ένα κόμβο το δίκτυο εξακολουθεί να λειτουργεί. Κάθε κόμβος περιέχει έναν λειτουργικό επεξεργαστή, έναν ελεγκτή (highway controller) που τον συνδέει με το υπόλοιπο σύστημα και μια κοινή μνήμη τυχαίας προσπέλασης. Κάθε λειτουργικό επεξεργαστής περιέχει ειδικό λογισμικό σε μνήμη ανάγνωσης μόνο (Read-Only Memory-ROM) καθώς και ειδικό υλικό.

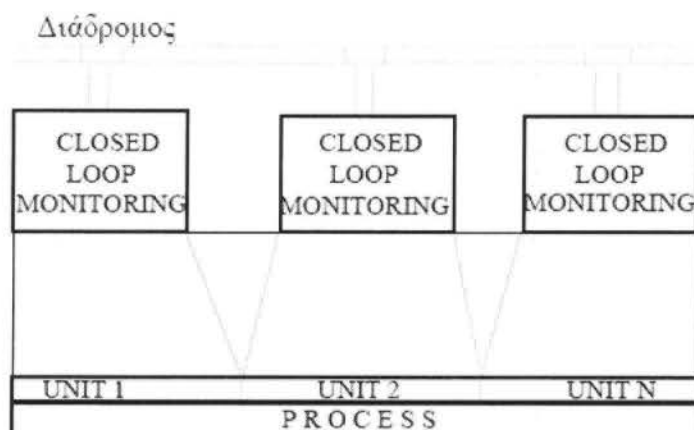
2.3.3 Στρατηγικές ελέγχου.

Οι κατασκευαστές άρχισαν να προσφέρουν συστήματα, με τις εναλλακτικές στρατηγικές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στα Σχ.2.10 και Σχ.2.11 δίνονται δύο τρόποι υποδιαίρεσης των διεργασιών, που χρησιμοποιούνται ευρύτατα.

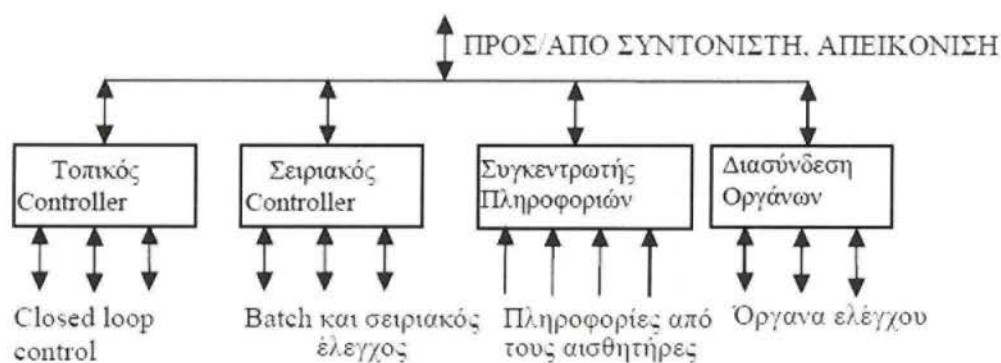


Σχ.2.10: Συνδεσμολογία Βάση Αρμοδιοτήτων

Η πιο κοινή πρακτική εφαρμογή, είναι να διαιρεθεί η μονάδα υπό έλεγχο σε φυσικό γεωγραφικό διαχωρισμό των διεργασιών, ή σε υποδιεργασίες ελεγχόμενου μεγέθους και κάθε μία απ' αυτές να υπαχθεί σε ένα τοπικό ελεγκτή (*Local Controller*), για έλεγχο κλειστού βρόχου, με παρακολούθηση από συσκευή που βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο του δικτύου. Άλλες απαιτήσεις, για παράδειγμα, η συνδεσμολογία συσκευών για την πραγματοποίηση ειδικών ελέγχων, λογικών και συνεχόμενων ελέγχων ή μεταφορά πληροφοριών μεγάλης κλίμακας-ικανοποιούνται με την σύνδεση ειδικών συσκευών στην γραμμή μεταφοράς πληροφοριών (Σχ.2.12).



Σχ.2.11: Συνδεσμολογία Βάσει Τοποθεσίας



Σχ.2.12: Συνδεσμολογία βάση λειτουργιών

2.3.4 Αξιοπιστία συστημάτων

Η αξιοπιστία των συστημάτων υπολογίζεται από το συντελεστή Μέσος χρόνος Μεταξύ Βλαβών (*M.X.M.B.*).

$$M.X.M.B. = \frac{\text{Χρόνος Λειτουργίας}}{\text{Σύνολο Διακοπών}}$$

Σε τοπικό ελεγκτή με μικροεπεξεργαστή (*microcomputer-based local controller*), ο μέσος χρόνος είναι περίπου οκτώ χρόνια. Σε σχηματισμό πολλών ελεγκτών, η αξιοπιστία είναι μία σημαντική παράμετρος, που συχνά επηρεάζει τις συζητήσεις μεθοδολογίας και διαγραμμάτων.

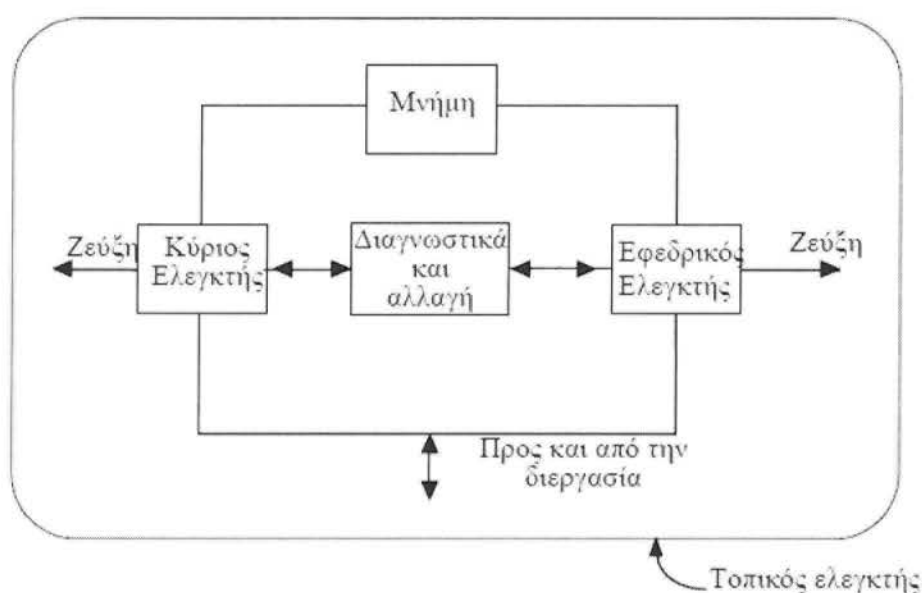
Υπάρχουν, λοιπόν, πολλοί συνδυασμοί για βελτίωση της αξιοπιστίας ενός συστήματος:

α) Ένας εφεδρικός ελεγκτής για κάθε ελεγκτή

Σε αυτήν την μέθοδο, δύο ελεγκτές λειτουργούν παράλληλα, με τον ένα ελεγκτή να βρίσκεται σε λειτουργία και τον άλλο σε αναμονή.

Αλλαγή γίνεται, όταν διαπιστωθεί από το διαγνωστικό έλεγχο, ότι η λειτουργία του ελεγκτή είναι ελαττωματική. Οι διαγνωστικοί έλεγχοι γίνονται αυτόματα, σε μικρά χρονικά διαστήματα. Η πιο δύσκολη πλευρά όμως του σχεδιασμού, είναι να καθοριστεί η σειρά των αξιόπιστων αυτοδιαγνωστικών ελέγχων. Στο Σχ.2.13 φαίνεται η συνδεσμολογία.

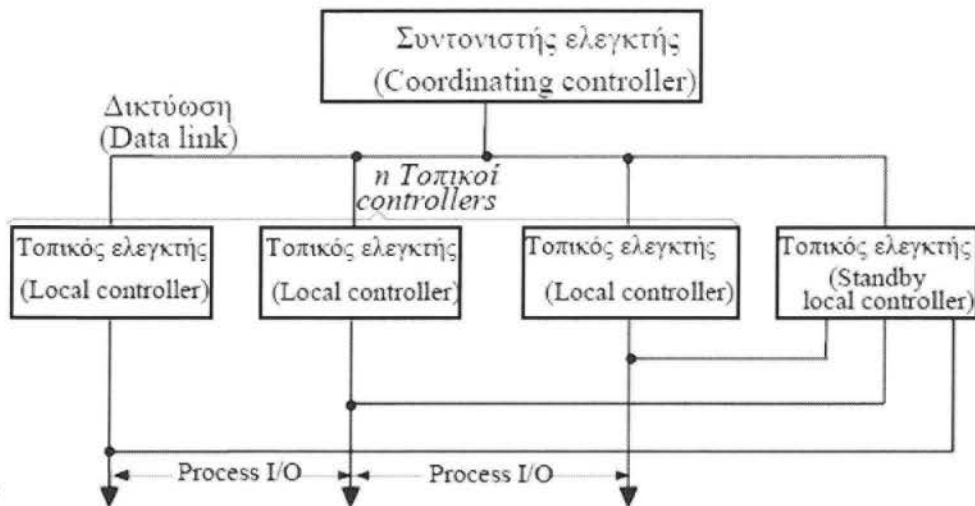
Στην περίπτωση αυτή υπάρχει υψηλή αξιοπιστία με αντίστοιχο όμως υψηλό κόστος.



Σχ.2.13: Ένας εφεδρικός ελεγκτής για κάθε ελεγκτή σε λειτουργία

β) Ένας εφεδρικός ελεγκτής για ομάδα ελεγκτών.

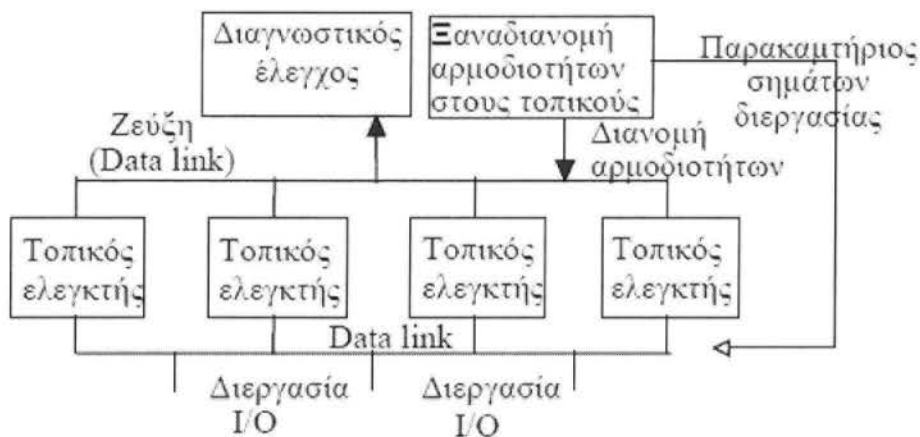
Εναλλακτικός τρόπος είναι η ύπαρξη ενός εφεδρικού ελεγκτή για μια ομάδα τοπικών ελεγκτών. Έτσι, $n+1$ ελεγκτές μπορούν να διατεθούν για n λειτουργίες. Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιείται λιγότερο hardware, με αποτέλεσμα χαμηλότερο κόστος από ό,τι στην προηγούμενη περίπτωση, αλλά έχουμε ένα πιο πολύπλοκο σύστημα με μειωμένη αξιοπιστία, τουλάχιστον θεωρητικά, σε σύγκριση με την προηγούμενη περίπτωση. Στην πράξη όμως η αξιοπιστία παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Το σφάλμα σε ελεγκτή εντοπίζεται από τους διαγνωστικούς ελέγχους που πραγματοποιούνται από τον συντονιστή ελεγκτή και στη συνέχεια με σχετική εντολή ορίζεται η αντικατάσταση του προβληματικού ελεγκτή από τον εφεδρικό. Ο εφεδρικός ελεγκτής $n+1$ πρέπει να λειτουργεί ταυτόχρονα μαζί με όλους τους άλλους ελεγκτές και απαιτείται να είναι ισχυρότερος. Στο Σχ.2.14 δίνεται το διάγραμμα σύνδεσης και λειτουργίας του.



Σχ.2.14: Ένας εφεδρικός ελεγκτής για μερικούς λειτουργούντες ελεγκτές.

γ) Δυναμική εφεδρεία

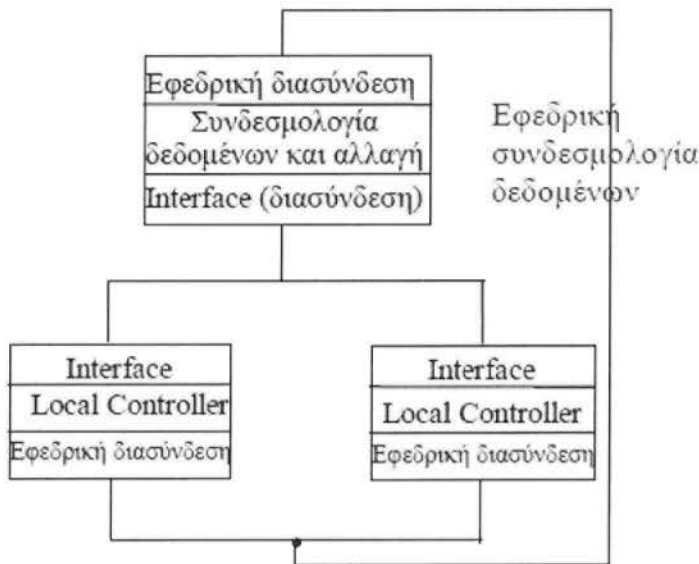
Όλα τα σήματα της μονάδας, διαβιβάζονται μέσω ζεύξεων σε όλους τους ελεγκτές. Ένας συντονιστής ελεγκτής διενεργεί διαγνωστικούς ελέγχους και κατανομεί τις λειτουργίες στους τοπικούς ελεγκτές και σε περίπτωση βλάβης, ανακατανέμει τις δραστηριότητες σύμφωνα με μια σειρά προτεραιοτήτων. Στο Σχ.2.15 δίνεται το διάγραμμα της δυναμικής εφεδρείας. Η αξιοπιστία του συστήματος εξακολουθεί να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, χρησιμοποιείται μικρότερος αριθμός ελεγκτών με αποτέλεσμα χαμηλότερο κόστος αλλά ταυτόχρονα αυξάνεται και η πολυπλοκότητά του.



Σχ.2.15: Δυναμική Εφεδρεία

δ) Αξιοπιστία ζεύξεων

Οι ζεύξεις γίνονται μέσω καλωδίων σε βιομηχανικό περιβάλλον, επομένως προϋποθέτει την ύπαρξη συστήματος ζεύξης υψηλής αξιοπιστίας για την μεταφορά των πληροφοριών με ίδιες πιθανότητες βλάβης, όπως αυτές του ελεγκτή. Επομένως, για την βελτίωση της αξιοπιστίας των ζεύξεων, απαιτείται επίσης εφεδρεία, αφού η ζεύξη είναι καλωδιακή. Η εφεδρεία επιτυγχάνεται με εφεδρικές ζεύξεις και με σύστημα αυτόματου εντοπισμού βλαβών και μεταφοράς αρμοδιοτήτων (Σχ.2.16).



Σχ.2.16: Βελτίωση Αξιοπιστίας Ζεύξεων

2.3.5 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Στα βιομηχανικά δίκτυα η μεταβίβαση των πληροφοριών επιτυγχάνεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους :

α) Σύστημα Εκπομπής, όπου κάθε κόμβος του δικτύου λαμβάνει όλα τα μηνύματα που εκπέμπονται.

β) Κατευθυνόμενο Σύστημα (*Packet Switching System*), όπου ομάδες πληροφοριών (*blocks*), κατευθύνονται σε συγκεκριμένα σημεία λήψεως.

Το πιο γνωστό Σχ. επικοινωνίας για καταμεμημένο έλεγχο, είναι ο διάδρομος επικοινωνίας (*Data Highway*), που ονομάζεται και πολύδιακλαδωτικό σύστημα (*Multi-Drop System*), όπως στο Σχ.2.9. Οι συσκευές εκπέμπουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, πληροφορίες, αλλά μόνο μία συσκευή εκπέμπει κάθε φορά. Επομένως, απαιτείται να καθοριστούν προτεραιότητες για την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών του δικτύου. Σε παραφορτωμένα συστήματα όμως, παρατηρούνται καθυστερήσεις, αφού οι συσκευές λειτουργούν με σειρά προτεραιότητας.

Όλες οι συσκευές του δικτύου συνδέονται με τον κύριο διάδρομο, σε Σχ. "T". Στο διάδρομο μεταφέρονται πακέτα πληροφοριών με υψηλές ταχύτητες σειριακά και το

καθένα περιέχει διεύθυνση (*Address*), έλεγχο σφάλματος (*Error-checking bits*) καθώς και το περιεχόμενο των πληροφοριών. Ένα έξυπνο σύστημα συνδεσμολογίας (*Interface*), σε κάθε κόμβο διακλάδωσης (*T*), διαβάζει την διεύθυνση (*Address*) και αναγνωρίζει τα πακέτα πληροφοριών, που προορίζονται για τις συσκευές του κλάδου.

Παράλληλα, η ίδια συνδεσμολογία ενεργεί σαν πηγή, όταν συσκευή του κλάδου είναι αποστολέας. Επομένως, βλάβη σε κάποια συσκευή δεν εμποδίζει την ροή πληροφοριών στον κύριο διάδρομο. Συνήθως χρησιμοποιείται ομοαξονικό καλώδιο (*coaxial*) ή καλώδιο διπλού ζεύγους (*twisted-pair*) ή καλώδιο οπτικών ινών (*fiber-optic*).

Λόγω των διαφόρων τύπων μικροϋπολογιστών, περιφερειακών και συνδεσμολογιών που υπάρχουν στην αγορά, σε πολλά έργα διατίθεται σημαντικός χρόνος, για την επίτευξη ενδοεπικοινωνίας των συσκευών.

Μια γενίκευση επιτυγχάνεται με τον καθορισμό προδιαγραφών σε :

- Λογική συνδεσμολογίας
- Πρωτόκολλα μεταφοράς πληροφοριών
- Σήματα κωδικοποίησης, Σήματα στάθμης και ανοχής

Δυστυχώς η πρόοδος για τον καθορισμό γενικών κανόνων, είναι πολύ καθυστερημένη. Όμως, βελτιώσεις προς αυτήν την κατεύθυνση αναμένονται. Σήμερα δύο standards είναι τα διαθέσιμα, το RS232 για σειριακή ψηφιακή εκπομπή, για αποστάσεις μέχρι 15m (το οποίο έχει αντικατασταθεί από το RS422 στάνταρτ, καλώδιο για εκπομπή σε μεγαλύτερες αποστάσεις) και το IEEE-488 στάνταρτ για παράλληλη ψηφιακή επικοινωνία.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του IEEE-488 στάνταρτ είναι :

- 20 μέτρα μήκος καλώδιο
- Πληροφορίες μεταφέρονται με ρυθμό 1 megabit/sec
- Το σύστημα χρησιμοποιεί ελεγκτή, που χαρακτηρίζει τις συσκευές σαν "ομιλητές" ή "ακροατές".

2.3.6 Γλώσσες Προγραμματισμού

Αρχικά τα προγράμματα πραγματικού χρόνου (*Real-time*), γράφτηκαν σε γλώσσα μηχανής, για να υπάρχει ευελιξία, ταχύτητα και απόδοση στην εκτέλεση. Τελευταία, τα προγράμματα γράφονται σε γλώσσες υψηλού επιπέδου, όπως BASIC, C, FORTRAN, ALGOL και PASCAL.

2.4 Κριτήρια Επιλογής Συστημάτων Κατανεμημένου Ελέγχου

Ο κατανεμημένος έλεγχος παρέχει πολλά πλεονεκτήματα, όμως υπάρχει το δίλημμα επιλογής του καλύτερου που ταιριάζει στο συγκεκριμένο έργο. Η επιλογή γίνεται με βάση την ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένης διεργασίας. Παρακάτω δίνεται λίστα με οδηγίες που πρέπει να ακολουθήσουμε:

- Γεωγραφικό σχέδιο της μονάδος (*επιλογή δόμησης*).
- Βαθμός σύνδεσης μεταξύ τοπικών διεργασιών. Επιλέγεται η αυτονομία του ελεγκτή πεδίου (*local controller*).

- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Πρέπει να πληρεί τους ανάλογους περιορισμούς (θόρυβος, σκόνη, ηλεκτρική ή μαγνητική επίδραση).
- Ανάγκες χειριστή (*operator*). Πρέπει να έχουμε I/O συσκευές για εμφάνιση πληροφοριών, μιμικά διαγράμματα, ηχητικά σήματα προειδοποίησης κλπ.
- Ταχύτητα μετάδοσης των πληροφοριών και φιλικότητα.
- Απαιτήσεις για αξιοπιστία. Εφεδρικοί ελεγκτές, συνδεσμολογίες, εφεδρική τροφοδοσία με αυτόματη αλλαγή όταν υπάρχει βλάβη και καλή δόμηση λογισμικού και εύκολη διάγνωση.
- Επεξεργασία κατά παρτίδες (*Batch*). Κύρια αναλογικές διεργασίες δεν χρειάζονται υψηλού επιπέδου προγραμματισμό.
- Τύποι αισθητήρων και ενεργοποιητών. Ειδική μέριμνα για κάθε τύπο για ασφαλή λειτουργία.
- Μεγάλη ταχύτητα/μεγάλη ακρίβεια. Τα χαρακτηριστικά της διεργασίας σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις κλειστού βρόγχου και το εύρος ζώνης (*BW*) καθορίζουν το ελάχιστο T (περίοδο δειγματοληψίας).
- Ανάγκη για πολύπλοκο εποπτικό έλεγχο. Χρειάζεται κεντρικός έλεγχος ή ιεραρχικός έλεγχος.
- Αριθμός κλειστών βρόγχων σε κάθε τοποθεσία. Δηλαδή δυνατότητα του συστήματος.
- Δυνατότητα επέκτασης του συστήματος στο μέλλον. Δηλαδή παρέχεται εγγύηση από τον κατασκευαστή πως τα νέα συστήματα θα είναι προσαρμοζόμενα στο σύστημα που προσφέρει.
- Ανάγκη για διασύνδεση νέων συστημάτων με παλαιά συστήματα.
- Ανάγκη για συχνές σημαντικές μετατροπές στο σύστημα. Σημαίνει πως υπάρχει ανάγκη για φιλικό προγραμματισμό και εύκολες οδηγίες προς τον χρήστη.
- Πρόθεση για την λειτουργία και συντήρηση του συστήματος σε προσωπικό που θα βρίσκεται στη μονάδα παραγωγής. Γίνεται έλεγχος της λειτουργίας των αλγορίθμων με εφαρμογή τους σε μια τυπική διεργασία.
- Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού αισθητήρων ή ενεργοποιητών σε απομακρυσμένες θέσεις. Μερικά συστήματα διαθέτουν μονάδα συγκεντρωτή δεδομένων με περίπου 100 αναλογικές εισόδους και μεταφέρουν τα δεδομένα σειριακά.
- Διαθέτει λογισμικό για εποπτικό έλεγχο καθώς και πακέτου για ενεργειακό έλεγχο.
- Σύνδεση με τη διοίκηση (*managementsystem*). Ένα καταναμημένο σύστημα ελέγχου που επιτρέπει απευθείας σύνδεση με το EDP (σύστημα ηλεκτρονικής επεξεργασίας δεδομένων), ανοίγει το δρόμο για μελλοντική ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διεργασίας και διοίκησης.

Δύο σημαντικά σημεία δεν συμπεριλήφθηκαν στα παραπάνω : **Το κόστος και τα προσόντα του κατασκευαστή.** Στα προσόντα του κατασκευαστή συμπεριλαμβάνονται η

εμπειρία στην εγκατάσταση συστημάτων DCS, επιθυμία για εκπαίδευση των

χειριστών και μηχανικών συντήρησης, ταχύτητα απόκρισης σε κλήσεις και γενικά τη φήμη ως προς τη διοίκηση έργου (*Project management*).

Άλλα σημεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη λόγω μελλοντικών αλλαγών που αναμένονται είναι :

- Ύπαρξη αλγορίθμων για εποπτικό έλεγχο στις υψηλές βαθμίδες του ιεραρχικού συστήματος. Έτσι, επιτυγχάνεται απελευθέρωση του ανθρώπινου δυναμικού για επίβλεψη και απασχόληση σε άλλες δραστηριότητες.
- Συστήματα με αυτοδιάγνωση (*self-document*). Η αυτοδιάγνωση είναι σημαντικά δύσκολη και ακριβή.
- Μεγάλης ταχύτητας τοπικοί ελεγκτές. Ένα σύστημα που προσφέρει βρόγχους με ρυθμό δειγματοληψίας 1msec επιτρέπει την κάλυψη άλλων αναγκών στη βιομηχανία.

Μεγάλα, πολύπλοκα προβλήματα ελέγχου στην πράξη υποδιαιρούνται σε υποπροβλήματα των οποίων οι λύσεις συνδυάζονται για να έχουμε τη συνολική λύση. Τέτοιες λύσεις υλοποιούνται με ειδικό λογισμικό (*υπορουτίνες*) και μπορούν να αναγνωριστούν σύμφωνα με τα προαναφερόμενα.

Η χρήση του Κατανεμημένου Υπολογιστικού Δικτύου (*Distributed Computer Network*) επιτρέπει την αναγνώριση των στοιχείων στο δίκτυο με συγκεκριμένες αρμοδιότητες που ανατέθηκαν κατά την διάρκεια της φάσης σχεδιασμού του συστήματος ελέγχου. Αυτό προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα η βλάβη μιας συσκευής, γενικά έχει περιορισμένη επίδραση στη διεργασία και οι χειριστές μπορούν να κατανοήσουν τη λειτουργία κάθε συσκευής του δικτύου.

2.5 Ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου.

Ιστορικά, τα συστήματα ελέγχου διεργασιών, ακόμη και τα πιο πρόσφατα συστήματα κατανεμημένου ελέγχου (*DCS*), λειτουργούν αποσπασματικά και ανεξάρτητα από τα άλλα μέρη της μονάδας που συνδέονται με τη Διοίκηση της Εταιρείας.

Τελευταία έχει αποδειχτεί πως η ολοκλήρωση των δύο συστημάτων, δηλ. η σύνδεση του *DCS* με τα συστήματα διοίκησης (*Business Control Systems BCS*) παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Οι τρόποι ολοκλήρωσης έχουν δύο μορφές:

1. Διασύνδεση σε δίκτυο του Υπολογιστή ελέγχου της διεργασίας με το Η/Υ της διοίκησης. Στην περίπτωση αυτή το κύριο πρόβλημα που πρέπει να ξεπεραστεί είναι η ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού για συντονισμό.
2. Ιεραρχικός έλεγχος διεργασίας με επίπεδα όπου οι οικονομικές παράμετροι εισέρχονται στο ολοκληρωμένο σύστημα στα ανώτερα επίπεδα. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν ποιοτικά αποτελέσματα.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα, συνήθως αποτελείται από τρία επίπεδα.

- Στο πρώτο επίπεδο υπάρχουν οι βασικές λειτουργίες της παραγωγικής μονάδας που υλοποιείται από ένα ή δύο συστήματα DCS.
- Το δεύτερο επίπεδο αφορά την λειτουργική υποστήριξη. Στο επίπεδο αυτό υπάρχουν όλες οι πληροφορίες που σχετίζονται με το πρώτο επίπεδο. Κύρια χαρακτηριστικά του είναι μεγάλη ταχύτητα και μικρή ευελιξία.
- Το τρίτο επίπεδο αναφέρεται σε αποφάσεις της Διοίκησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ –RTCS(REAL-TIMECONTROLSYSTEMS)

Η εφαρμογή των ψηφιακών συστημάτων ελέγχου και τα συστήματα πραγματικού χρόνου είναι δύο άρρηκτα συνδεδεμένα θέματα και θα πρέπει να παραμείνουν έτσι. Ωστόσο, είναι δύσκολο να βρεθεί κάτι τέτοιο στα "κλασσικά" εγχειρίδια, όπου η εφαρμογή σε πραγματικό χρόνο αγνοείται σχεδόν πάντα. Πιο γενικά, τα προβλήματα "πραγματικού χρόνου" σταδιακά εξαφανίζονται, διότι τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί λογισμικό όπως Matlab/Simulink(με το RTS - Real Time Workshop/RTWT - Real Time Windows Target), καθώς και προϊόντα από άλλες εταιρίες όπως WinCon της Quanser και ECP Executive από την ECP Systems όπου αφενός κάνουν την εφαρμογή των συστημάτων πραγματικού χρόνου πιο εύκολη καθώς και λιγότερο χρονοβόρα, αφετέρου όμως απομακρύνουν το χρήστη από τα πραγματικά προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν κατά την εφαρμογή αυτών των συστημάτων σε πραγματικό χρόνο. Έτσι λοιπόν τα σενάρια ελέγχου πλέον είναι πιο εύκολο να σχεδιαστούν και να ελεγχθούν, αλλά υπάρχει πιθανότητα ο σχεδιαστής να χάσει την πραγματική διάσταση για το σχεδιασμό συστημάτων ελέγχου σε πραγματικό χρόνο, ιδίως όταν έχει να ασχοληθεί και με εφαρμογές που παίζει πολύ σημαντικό ρόλο ο χρόνος εκτέλεσης τους. Θα πρέπει λοιπόν να εξεταστεί διεξοδικά ο τρόπος εφαρμογής των συστημάτων ελέγχου πραγματικού χρόνου, έτσι ώστε τα προβλήματα των συστημάτων πραγματικού χρόνου και ψηφιακού ελέγχου να ληφθούν από κοινού υπόψη.

3.1 Συστήματα ελεγχόμενα από Η/Υ

Η εισαγωγή των ψηφιακών υπολογιστών στο βρόχο ελέγχου έχει επιτρέψει την ανάπτυξη πιο εύκαμπτων συστημάτων ελέγχου, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών υψηλότερου επιπέδου αλλά και των προηγμένων αλγορίθμων. Επιπλέον, τα περισσότερα τρέχοντα σύνθετα συστήματα ελέγχου δεν θα μπορούσαν να εφαρμοστούν χωρίς την εφαρμογή του ψηφιακού υλικού. Εντούτοις, η απλή ακολουθία *αισθητήριο → έλεγχος → ενέργεια* για το κλασικό feedback control γίνεται πιο σύνθετη επίσης. Σήμερα, αυτή η ακολουθία μπορεί να συμπληρωθεί ως εξής :

Αισθητήριο → ανάκτηση δεδομένων → υπολογισμός ελέγχου → ενέργεια → καταγραφή σε βάση δεδομένων.

Το Σχ.3.1 παρουσιάζει μια επισκόπηση τέτοιων συστημάτων ελέγχου.

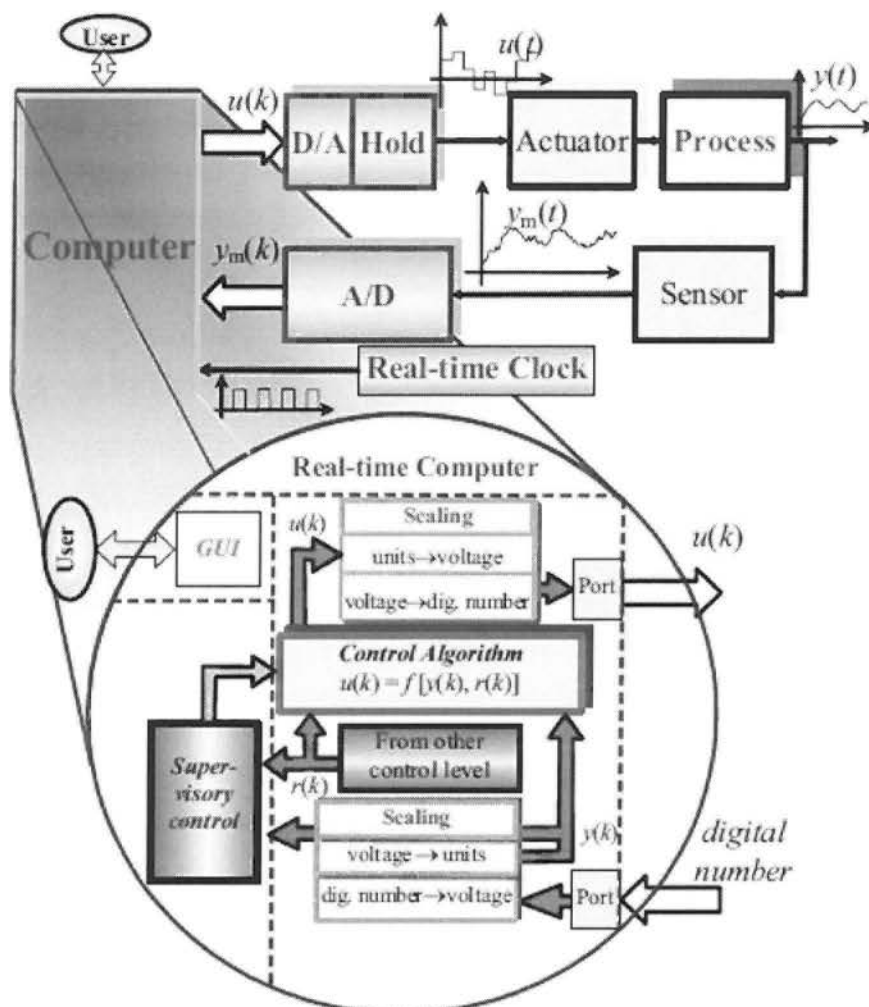
Κατά συνέπεια, το σύστημα ελέγχου περιέχει τώρα όχι μόνο συνδεδεμένο hardware αλλά και αλγόριθμους, οι οποίοι πρέπει να προγραμματιστούν πχ. το λογισμικό συμπεριλαμβάνεται τώρα στο βρόχο ελέγχου. Αυτό οδηγεί σε νέες πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό των συστημάτων ελέγχου όσον αφορά :

1. Σφάλματα κατά τη μετατροπή A/D ή D/A , καθώς και σε υπολογισμούς λόγω λέξεων περιορισμένου μήκους.
2. Λογισμικό που είναι επιρρεπές σε σφάλματα.

Έτσι λοιπόν, πρέπει να εισαχθεί ένας νέος παράγοντας που ονομάζεται επιβεβαίωση (verification) πχ. ένας μηχανικός που να ελέγχει εάν το λογισμικό κάνει ακριβώς αυτό που πρέπει. Έτσι λοιπόν , ο ψηφιακός έλεγχος χρειάζεται όχι μόνο μηχανικούς ελέγχου αλλά και μηχανικούς που να έχουν γνώσεις μηχανικής λογισμικού , καθώς και προγραμματισμού Η/Υ.

3. Τα τυποποιημένα εγχειρίδια στα συστήματα ψηφιακού ελέγχου κανονικά υποθέτουν ότι η δειγματοληψία είναι ομοιόμορφη, περιοδική και σύγχρονη.

Αυτό οδηγεί σε μια περίπτωση «της εκτέλεσης μηδενικού χρόνου» για τον ελεγκτή. Εντούτοις, αυτό δεν είναι ρεαλιστικό δεδομένου ότι ο αλγόριθμος ελέγχου καταναλώνει επίσης κάποιο χρόνο παράγοντας καθυστέρηση ελέγχου ή ανάδραση (control or feedback latency) πχ την καθυστέρηση ανάμεσα στη στιγμή της δειγματοληψίας και στη στιγμή που το σήμα που περιέχει την τιμή ελέγχου πηγαίνει στον ελεγκτή.



Σχ.3.1:Επισκόπηση συστήματος ελεγχόμενο από Η/Υ

Εάν λοιπόν ο σχεδιασμός του ελεγκτή είναι βασισμένος σε ένα πρότυπο και η καθυστέρηση είναι σταθερή και γνωστή, θα μπορούσε να ήταν χρήσιμο ένα εργαλείο για την περιγραφή της συμπεριφοράς στο χρόνο ανάμεσα στα 2 δείγματα (π.χ. τροποποιημένο z-transform) προκειμένου να ληφθεί ένα μοντέλο διακριτού χρόνου που θα προσεγγίζει περισσότερο την πραγματικότητα.

4.Ο υπολογιστικός χρόνος των αλγορίθμων ελέγχου μπορεί να αλλάξει από τη μία στιγμή δειγματοληψίας στην άλλη(πχ υβριδικός ελεγκτής με μηχανισμό αλλαγής ελεγκτών ανάλογα τα ερεθίσματα...)

Αυτή η μεταβολή στην καθυστέρηση ονομάζεται controljitter(σύμφωνα με τον IEEE jitter:η ξαφνική/πλαστή χρονική μεταβολή οποιαδήποτε προκαθορισμένης χρονικής διάρκειας).Επιπρόσθετα,ο υπολογισμός των τιμών για τα σήματα ελεγχουσυνήθως γίνεται χωρίς multitasking,ορίζοντας ένα σύνολο από εργασίες ελέγχου με προτεραιότητες.Έτσι λοιπόν , μία εργασία μπορεί δώσει τη θέση τηςσε ήδη

υπάρχουσες εργασίες με υψηλότερη προτεραιότητα.

Τέλος, τα προβλήματα σε πραγματικό χρόνο συχνά αγνοούνται στην εφαρμογή ψηφιακών συστημάτων ελέγχου. Αυτό είναι εν μέρει συνέπεια λανθασμένων ορισμών και ερμηνειών. Δημοφιλείς παρερμηνείες από την κοινότητα μηχανικών ελέγχου, σχετικά με τα συστήματα πραγματικού χρόνου, είναι για παράδειγμα:

Ο υπολογιστής είχε συνδεθεί με το εργοστάσιο μέσω μετατροπών A/Δ-Δ/A, προκειμένου να αποκτήσουμε το σύστημα πραγματικού χρόνου.

Αναλογικά εργοστάσια θα έπρεπε να συνδέονται στους υπολογιστές μέσω μετατροπών A/Δ-Δ/A. Αυτή όμως η σύνδεση με τον "πραγματικό κόσμο" δεν οδηγεί απαραίτητα σε ένα σύστημα πραγματικού χρόνου. Εντούτοις, είναι πιθανό να βρεθούν συστήματα πραγματικού χρόνου σε εξολοκλήρου ψηφιακά πλαίσια.

Το εργοστάσιο μας είναι τόσο αργό ώστε ο έλεγχος σε πραγματικό χρόνο να μην είναι πρόβλημα.

Ένα αργό σύστημα ελέγχου, το οποίο δεν χρειάζεται ένα γρήγορο υπολογιστή, μπορεί να απαιτήσει κρίσιμους χρονικούς περιορισμούς. Υπάρχει επίσης πιθανότητα ένα σύστημα ελέγχου να μην χρειάζεται ιδιαίτερες απαιτήσεις σε πραγματικό χρόνο, χωρίς όμως να είναι κατ'ανάγκη αυτό συνέπεια ενός αργού εργοστασίου.

Δεν έχει νόημα να μιλάμε για εξασφάλιση απόδοσης σε πραγματικό χρόνο.

Είναι αλήθεια ότι μερικές φορές οι χρονικοί περιορισμοί μπορούν να χαλαρώσουν χωρίς να εισαχθούν πρόσθετα προβλήματα στο βρόχο ελέγχου. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για ωραία σχεδιασμένα εργαστηριακά πειράματα. Ωστόσο, αυτό στην πραγματικότητα εξαρτάται από την εφαρμογή, και ο χρόνος να υπολογιστεί με ακρίβεια για κάθε μεμονωμένη περίπτωση. Παρόλα αυτά, οι επίδοση σε πραγματικό χρόνο δεν μπορεί να είναι 100% εγγυημένη καθώς δεν μπορούν απόλυτα να αποφευχθούν βλάβες λογισμικού και υλικού.

Ο προγραμματισμός πραγματικού χρόνου είναι εν τέλει : προγραμματισμός assembly, προτεραιότητας διακοπών και προγραμμάτων οδήγησης.

Είναι αλήθεια ότι κάποιος κώδικας εξακολουθεί να γράφεται σε assembler. Ωστόσο, οι σύνθετες γλώσσες προγραμματισμού όπως η C, Ada95, Modula 2 και η Real-TimeJava χρησιμοποιούνται συνήθως για την ανάπτυξη λογισμικού σε πραγματικό χρόνο. Ενώ ο προγραμματισμός οδηγών συσκευών είναι απαραίτητος για τα συστήματα πραγματικού, αλλά και μη πραγματικού χρόνου, το καλύτερο θα ήταν αυτοί να παρέχονται από το λειτουργικό σύστημα ή από τον ίδιο τον κατασκευαστή. Τέλος ο προγραμματισμός διακοπών θα πρέπει να αποφεύγεται όσο το δυνατόν περισσότερο.

3.1.1 Ορισμοί και γενικές ιδιότητες

Είναι δυνατό να βρεθούν διάφοροι ορισμοί για το τι είναι ένα σύστημα πραγματικού χρόνου. Παρακάτω δίνεται ένας ορισμός που δεν αντιτίθεται σε αυτόν που έχει δοθεί από το IEEE POSIX(PortableOperationSystemInterfaceforComputerEnviroments) Standard :

Σύστημα πραγματικού χρόνου είναι αυτό του οποίου η ορθότητα των αποτελεσμάτων του δεν εξαρτάται μόνο από την λογική ορθότητα των υπολογισμών του, αλλά και από το χρόνο κατά τον οποίο αυτά έχουν υπολογιστεί και δοθεί.

Αυτός ο ορισμός δίνει έμφαση στην έννοια του χρόνου, δείχνοντας ότι είναι από τις σημαντικότερες αυτού του συστήματος , διότι υπάρχουν χρονικοί περιορισμοί οπου είναι συσχετισμένοι με τις διεργασίες αυτού.Τέτοιου είδους διεργασίες εκκινούν όταν συμβούν συγκεκριμένα γεγονότα(ερεθίσματα) στον πραγματικό κόσμο, οπου γίνονται σε πραγματικό χρόνο.Έτσι λοιπόν, μια διεργασία πραγματικού χρόνου πρέπει να έχει τη δυνατότητα να συμβαδίζει με αυτά τα εξωτερικά ερεθίσματα.

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι το real-timecomputing δεν είναι το ίδιο με το fastcomputing διότι το τελευταίο έχει ως στόχο την γρήγορη παραγωγή αποτελεσμάτων, ενώ το πρώτο στοχεύει στο να παράγει αποτελέσματα σε προκαθορισμένη χρονική στιγμή(μέσα σε κάποια γνωστά περιθώρια πάντα).Έτσι λοιπόν, η κάθε διεργασία πραγματικού χρόνου έχει μια διορία μέσα στην οποία πρέπει να εκτελεστεί και να παράγει αποτελέσματα.

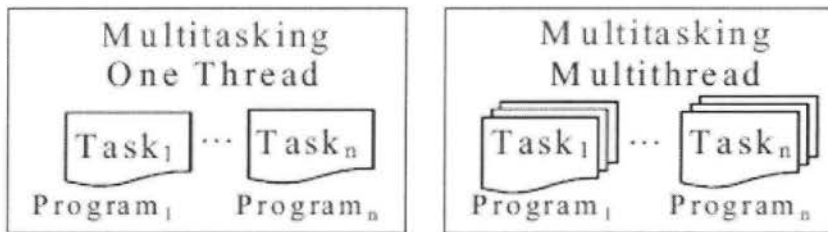
3.1.2 Real-time operating systems (RTOS)

Προκειμένου να υπάρξουν πολλαπλές διεργασίες σε ένα τέτοιο σύστημα,μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο μέθοδοι σχεδιασμού:

Προγραμματισμός χρησιμοποιώντας γλώσσες πραγματικού χρόνου με ταυτοχρονισμό(concurrentreal-timelanguages) είτε χρησιμοποιώντας ακολουθιακή γλώσσα (sequentiallanguage) σε λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου.Να σημειωθεί ότι και οι δυο υλοποιήσεις έχουν τα υπέρ και τα κατά τους όμως ένα σημαντικό ζήτημα είναι ότι τα συστήματα πραγματικού χρόνου και τα λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου(RTOS) δεν είναι ίδιες έννοιες.Ένα RTOS παρέχει δυνατότητες όπως multitasking(παράλληλισμός διεργασιών),προγραμματισμός,μηχανισμός ενδοεπικοινωνίας διεργασιών(πχ semaphores) , για εφαρμογή σε συστήματα πραγματικού χρόνου.

Τα πιο παλιά λειτουργικά συστήματα χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι κάθε διεργασία είναι ένα απλό πρόγραμμα που εκτελείται έχοντας το δικό του χώρο μνήμης.Πλέον,υπάρχει η τάση να παρέχονται δυνατότητες για δημιουργία διαφορετικών διεργασιών στο ίδιο πρόγραμμα για να υπάρχει ταχύτερη εναλλαγή μεταξύ αυτών,πρόσβαση χωρίς όρια σε κοινή μνήμη και γενικότερα διευκόλυνση στην επικοινωνία και τον συγχρονισμό μεταξύ τους .Το παραπάνω μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση των νημάτων.Στο Σχ.3.2 βλέπουμε τη διαφορά ανάμεσα στο multitasking με ένα νήμα και στο multitasking με multithreading(πολυνηματισμό).Μαζί με τον παράλληλισμό,μια άλλη ιδιότητα του RTOS είναι και ο

ντετερμινισμός(determinism). Ένα RTOS είναι προβλέψιμο εάν μπορούμε να γνωρίζουμε εξ αρχής το χρόνο που χρειάζεται για να αναγνωρίσει(acknowledge) ένα αίτημα. Το τελικό σημείο αυτής της κλίμακας προβλέψεων είναι ο ντετερμινισμός και να σημειωθεί ότι δεν έχει κάποια σχέση με τον χρόνο απόκρισης του συστήματος. Ο ντετερμινισμός και ο χρόνος απόκρισης μαζί , είναι η έννοια της καθυστέρησης του συστήματος(systemlatency).



Σχ.3.2: Multitasking με ένα νήμα και Multitasking με πολλά νήματα

3.1.3 Κατηγοριοποίηση συστημάτων πραγματικού χρόνου

Τα συστήματα πραγματικού χρόνου χωρίζονται σε 2 κατηγορίες :

- «Μαλακό» σύστημα πραγματικού χρόνου ορίζεται το σύστημα που η λειτουργία του υποβαθμίζεται αν τα αποτελέσματα δεν παραχθούν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο .
- «Σκληρό» σύστημα πραγματικού χρόνου ορίζεται το σύστημα που δυσλειτουργεί αν τα αποτελέσματα δεν παραχθούν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο.

Ένα σύστημα πραγματικού χρόνου δέχεται ερεθίσματα και αφού τα επεξεργαστεί δίνει τις ανάλογες αποκρίσεις.

Έχουμε 2 περιπτώσεις ερεθισμάτων :

- Περιοδικά Ερεθίσματα : Εμφανίζονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Πχ. ένα σύστημα μπορεί να ελέγχει ένα αισθητήρα κάθε 50 ms και ανάλογα με την τιμή του να αποκρίνεται.
- Μη Περιοδικά Ερεθίσματα : Εμφανίζονται σε τυχαία χρονικά διαστήματα. Συνήθως παράγονται από τον μηχανισμό Interrupt του υπολογιστή.

Σε ένα σύστημα πραγματικού χρόνου τα περιοδικά ερεθίσματα συνήθως προέρχονται από αισθητήρες που συσχετίζονται με το σύστημα. Αυτοί δίνουν πληροφορίες για την κατάσταση του περιβάλλοντος του συστήματος. Οι αποκρίσεις προωθούνται σε μηχανισμούς που ελέγχουν μονάδες υλικού(hardware) και επηρεάζουν το περιβάλλον του συστήματος. Τα μη περιοδικά ερεθίσματα μπορεί να προέρχονται είτε από αισθητήρες είτε από τους ίδιους τους μηχανισμούς απόκρισης(συνήθως όταν κάποιο λάθος βρεθεί

και πρέπει το σύστημα να το αντιμετωπίσει)

3.2 Σχεδιασμός Συστήματος

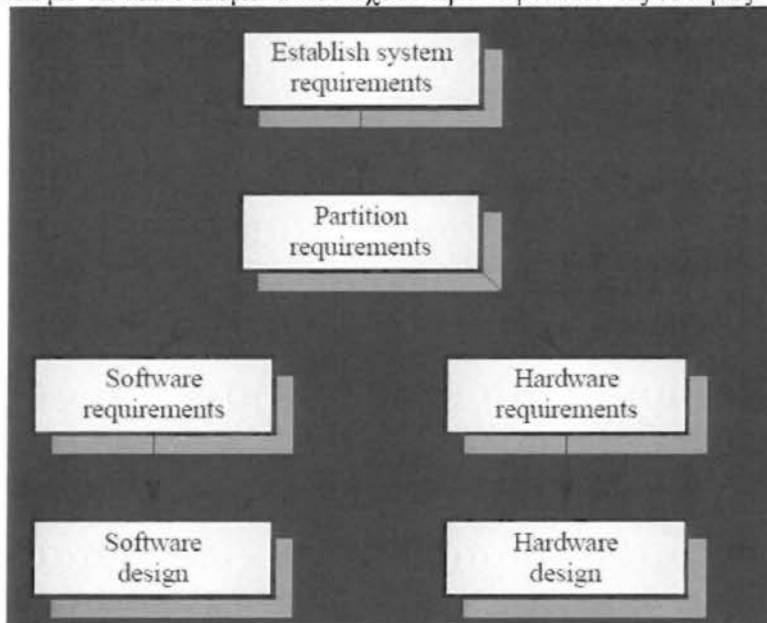
Ένα σημαντικό μέρος του σχεδιασμού ενός συστήματος πραγματικού χρόνου είναι ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων του που θα υλοποιηθούν στο software και στο hardware. Ο προσδιορισμός αυτός πρέπει να γίνει αφού έχει ήδη βρεθεί η αρχιτεκτονική του όλου συστήματος.

Αυτό υποδηλώνει ότι σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να αποτελείτε από ανεξάρτητες μονάδες που να μπορούν να υλοποιηθούν είτε με hardware είτε με software μεθόδους.

Στάδια σχεδιασμού Συστήματος Πραγματικού Χρόνου :

1. Αναγνώριση των ερεθισμάτων που θα επεξεργαστεί το σύστημα και τις αντίστοιχες αποκρίσεις
2. Για κάθε ερέθισμα και την αντίστοιχη απόκριση , να αναγνωρίσουμε τους χρονικούς περιορισμούς για την επεξεργασία τους
3. Συνάθροιση της επεξεργασίας των ερεθισμάτων και των αποκρίσεων σε ένα αριθμό ταυτόχρονων διαδικασιών
4. Σχεδιασμός αλγορίθμων για κάθε ερέθισμα και απόκριση , έτσι ώστε να γίνονται οι ανάλογοι υπολογισμοί
5. Σχεδιασμός συστήματος χρονοδιαγράμματος που θα εγγυάται ότι οι διαδικασίες θα ξεκινάνε στο σωστό χρόνο για να πληρούν τα χρονιά όρια
6. Υλοποίηση του συστήματος κάτω από τον έλεγχο ενός Executive πραγματικού Χρόνου

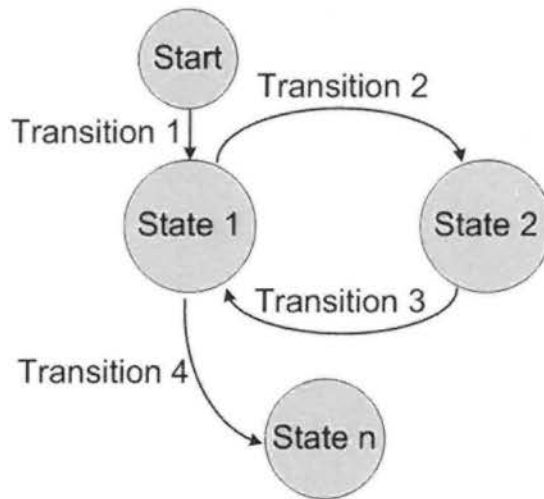
Η διαδικασία αυτή είναι επαναληπτική, αφού σχεδιαστεί το σύστημα, γίνονται δοκιμές και προσομοιώσεις για να ελεγχθούν οι χρονικοί περιορισμοί και οι διάφορες υποθέσεις που έχουν γίνει. Αν δεν πληρούνται οι χρονικοί περιορισμοί τότε το σύστημα ξανασχεδιάζεται με τα νέα δεδομένα που έχουν προκύψει από τις δοκιμές.



Σχ.3.3: Διαδικασία σχεδιασμού συστήματος

3.2.1 Μοντελοποίηση Κατάστασης Μηχανής

Τα συστήματα πραγματικού χρόνου πρέπει να έχουν την δυνατότητα να αντιδρούν σε γεγονότα που συμβαίνουν σε μη τακτικά διαστήματα. Όταν εντοπιστεί ένα τέτοιο γεγονός, τότε το σύστημα μεταβαίνει από την τωρινή του κατάσταση σε κάποια άλλη. Οι μεταβάσεις από την μια κατάσταση στην άλλη ανάλογα με το συμβάν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή ενός συστήματος πραγματικού χρόνου.



Σχ.3.4: Τυπικό διάγραμμα Κατάστασης Μηχανής

Το μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής, είναι ότι ο αριθμός των καταστάσεων αυξάνεται ραγδαία με αποτέλεσμα να γίνεται πιο περίπλοκο το διάγραμμα μας. Για μεγάλα και πιο σύνθετα συστήματα πρέπει να υπάρχει μια δομή για τα μοντέλα κατάστασης. Ένας τρόπος να το πετύχουμε αυτό, είναι να σχεδιάσουμε για κάθε ακολουθία καταστάσεων ένα διάγραμμα που να παρουσιάζει την επίδραση της πράξης στο σύστημα (thread diagrams)

3.2.2 Executives Πραγματικού Χρόνου

Ο διαχειριστής πραγματικού χρόνου είναι όπως το λειτουργικό σύστημα σε ένα Η/Υ γενικού σκοπού. Διαχειρίζεται τις διεργασίες και την κατανομή των πόρων του συστήματος. Ξεκινά και τερματίζει τις κατάλληλες διαδικασίες έτσι ώστε να χειρίζεται διάφορα συμβάντα, να κατανέμει την μνήμη και πόρους του επεξεργαστή. Συνήθως δεν περιλαμβάνει άλλες λειτουργίες όπως διαχείριση αρχείων κ.τ.λ.

Ένας διαχειριστής Πραγματικού χρόνου περιλαμβάνεται πιο κάτω :

1. Ρολόι πραγματικού χρόνου : Παρέχει πληροφορίες για προγραμματισμό διαδικασιών περιοδικά

2. Χειριστή Διακοπών : Χειρίζεται μη περιοδικές αιτήσεις για εξυπηρέτηση

3. Χρόνο-Προγραμματιστή : Αυτή η μονάδα είναι υπεύθυνη να ελέγχει το ποιες διαδικασίες μπορούν να εκτελεστούν και εκτελεί μια από αυτές

4. Διαχειριστή Πόρων : Όταν μια διαδικασία είναι έτοιμη για εκτέλεση ,κατανέμει τους ανάλογους πόρους μνήμης και επεξεργασίας

5. Ο αποστολέας (dispatcher) : Είναι υπεύθυνος για να ξεκινά την εκτέλεση μιας διαδικασίας

Για συστήματα που πρέπει να παρέχουν συνεχή λειτουργία, όπως τηλεπικοινωνιακά συστήματα και συστήματα ελέγχου, μπορούν να περιλαμβάνουν και τα πιο κάτω :

1. Διαχειριστή Ρυθμίσεων : Είναι υπεύθυνος για την δυναμική διαμόρφωση του υλικού του συστήματος,δηλαδή μπορούμε να αφαιρέσουμε μέρη του υλικού ή να αναβαθμίσουμε το σύστημα με νέες μονάδες χωρίς αυτό να τεθεί εκτός λειτουργίας.

2. Διαχειριστή Σφαλμάτων : Είναι υπεύθυνος για τον εντοπισμό σφαλμάτων στο υλικό και το λογισμικό και την ανάκτηση λειτουργίας του συστήματος αφού διορθωθούν.

3.2.3 Προτεραιότητα Επεξεργασίας

Τα ερεθίσματα που επεξεργάζεται ένα σύστημα πραγματικού χρόνου έχουν διαφορετικό επίπεδο προτεραιότητας. Κάποια ερεθίσματα πρέπει να επεξεργαστούν άμεσα για να μπορεί να λειτουργήσει σωστά το σύστημα μας ενώ κάποια άλλα μπορούν να περιμένουν χωρίς να παρουσιαστούν δυσλειτουργίες.

Τα συστήματα πραγματικού χρόνου έχουν 2 επίπεδα :

1. Επίπεδο Διακοπών : Είναι το επίπεδο με την υψηλότερη προτεραιότητα. Παραχωρείτε στις διαδικασίες που χρειάζονται πολύ γρήγορη απόκριση.Μία από αυτές είναι το ρολόι πραγματικού χρόνου

2. Επίπεδο ρολογιού : Παραχωρείτε στις περιοδικές διαδικασίες

Διαχείριση Διαδικασιών

Όταν εντοπιστεί μια διακοπή ο έλεγχος μεταφέρεται σε μια προκαθορισμένη θέση μνήμης που περιλαμβάνει τον μηχανισμό εξυπηρέτησης διακοπών. Οι ρουτίνες εξυπηρέτησης διακοπών πρέπει να είναι σύντομες και να εκτελούνται όσο το δυνατό πιο γρήγορα.

Για όσο χρόνο εξυπηρετείται μια διακοπή καμία άλλη διακοπή δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί και έτσι αγνοείτε από το σύστημα. Για μερικά συστήματα που χρειάζεται να συλλέγουν δεδομένα πολύ γρήγορα, ο χειριστής διακοπών χρησιμοποιεί μια ενδιάμεση μνήμη έτσι ώστε να μην χάνονται δεδομένα. Οι περιοδικές διεργασίες πρέπει να εκτελεστούν σε προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Ο διαχειριστής χρησιμοποιεί το ρολόι πραγματικού χρόνου για να καθορίσει το πότε θα εκτελεστεί μια τέτοια διεργασία.

Περισσότερες της μίας διεργασίες μπορεί να χρειαστεί να εκτελεστούν την ίδια χρονική στιγμή. Επιλέγετε αυτή με την υψηλότερη προτεραιότητα.Πολλές φορές 2 διεργασίες με

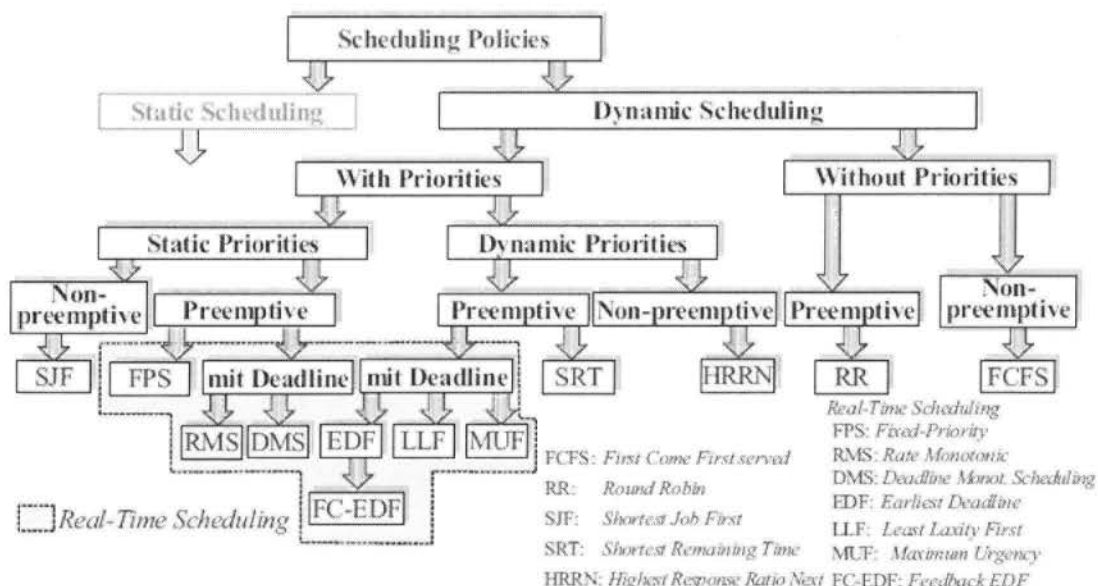
διαφορετικές προθεσμίες ζητάνε εκτέλεση στον ίδιο κτύπο του ρολογιού. Σε τέτοια περίπτωση, θα αναβληθεί η εκτέλεση αυτής με την μεγαλύτερη προθεσμία.

Οι πληροφορίες για την διεργασία που θα εκτελεστεί περνάνε στον διαχειριστή πόρων. Εκεί κατανέμεται μνήμη και υπολογιστικοί πόροι στην διεργασία και μεταβαίνει στην λίστα των έτοιμων διεργασιών. Όταν ο επεξεργαστής είναι έτοιμος, ο αποστολέας ελέγχει την λίστα και διαλέγει μια διεργασία για εκτέλεση.

3.2.4 RealTimeScheduling (χρονοδρομολόγηση πραγματικού χρόνου)

Το σημαντικότερο ίσως κομμάτι ενός RTOS είναι ο διαχειριστής των εργασιών(*taskmanager*) οπου αποτελείται από τους *dispatcher* και *scheduler*.

Ο *dispatcher* πραγματοποιεί τη θεματική εναλλαγή(contextswitching) οπου είναι διαδικασία εναλλαγής ανάμεσα σε πολλές διεργασίες από τη CPU.Ο *scheduler* έχει τη λειτουργία της επιλογής της διεργασίας η οποία θα απασχολήσει τη CPU αμέσως μετά από αυτό που κάνει αυτή τη στιγμή. Η επιλογή αυτή δίνεται μέσω αλγορίθμων και αυτό είναι το σημείο όπου τα RTOS και τα μη-RTOS διαφοροποιούνται ως επί το πλείστον. Τα συστήματα πραγματικού χρόνου χρειάζονται ειδικούς αλγόριθμους για να ορίσουν τη σειρά εκτέλεσης των διεργασιών. Αυτός είναι ένα πολύ ενεργός τομέας της έρευνας στην επιστήμη των υπολογιστών και πολλοί αλγόριθμοι έχουν προταθεί. Το Σχ.3.5 παρουσιάζει μια επισκόπηση σχετικά με ορισμένους γνωστούς αλγόριθμους προγραμματισμού.



Σχ.3.5: Σχεδιάγραμμα ταξινόμησης αλγορίθμων χρονοδρομολόγησης μονού επεξεργαστή

Οι αλγόριθμοι προγραμματισμού μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες : **στατικοί** και **δυναμικοί** . Μια **στατική** χρονοδρομολόγηση(scheduling) απαιτεί ότι οι

πλήρεις πληροφορίες σχετικά με το πρόβλημα αυτής (αριθμός εργασιών , τις προθεσμίες , τις προτεραιότητες , τις περιόδους κ.λπ.) είναι γνωστές εκ των προτέρων . Έτσι, το πρόβλημα έχει λυθεί πριν την εκτέλεση του προγράμματος(χρόνου).Ο εν λόγω scheduler ονομάζεται και *clairvoyant*(μάντης)

Αν κατά την εκτέλεση η εφικτότητα μπορεί να προσδιοριστεί και να γίνουν οι αντίστοιχες αλλαγές στις ρυθμίσεις,τότε το scheduling λέγεται ότι είναι δυναμικό.Η στατική χρονοδρομολόγηση πρέπει πάντα να σχεδιάζεται off-line.Ηδυναμική χρονοδρομολόγηση μπορεί να σχεδιαστεί είτε off-line ,εάν όλες οι πληροφορίες για το πρόβλημα αυτής είναι γνωστές εκ των προτέρων(αλλά με on-line εφαρμογή) ,είτε on-line εφόσον το μέλλον δεν μας απασχολεί ή είναι άγνωστο.Πλεονέκτημα του off-linescheduling είναι ο ντετερμινισμός του καθώς και μειονέκτημα η ακαμψία του.Αντιθέτως,το on-linescheduling είναι πολύ ευέλικτο,αλλά φτωχό σε ντετερμινισμό , και δεν αποδίδει καλά αν το σύστημα είναι υπερφορτωμένο.Ωστόσο ,το on-linescheduling είναι σαφώς η μόνη επιλογή όταν σε ένα ολόκληρο σύστημα,ο μελλοντικός φόρτος εργασίας είναι απρόβλεπτος.

Η εγγύηση ότι όλες οι προθεσμίες θα τηρηθούν χρησιμοποιείται ως μέτρο απόδοσης ενός αλγόριθμου scheduling πραγματικού χρόνου.Εάν καμία προθεσμία δεν τηρηθεί, τότε το σύστημα είναι υπερφορτωμένο.Οι Liu και Layland έδειξαν ότι η συνολική χρήση του επεξεργαστή για έναν αριθμό διεργασιών n , οπου δίνεται από τον ακόλουθο τύπο

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\min(D_i, T_i)}$$

μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δοκιμή δυνατότητας χρονοδρομολόγησης. C είναι ο χρόνος εκτέλεσης, D είναι η προθεσμία και T η περίοδος της διεργασίας.Εάν η διεργασία δεν έχει περίοδο ή η προθεσμία είναι μικρότερη από την περίοδο, τότε χρησιμοποιούμε την προθεσμία στην εξίσωση.

Διαδιεργασιακή επικοινωνία και συγχρονισμός

Η διαδιεργασιακή επικοινωνία για λειτουργικά συστήματα μή πραγματικού χρόνου, μπορεί να υλοποιηθεί με χρήση mailbox, pipes και κοινής μνήμης

Ο συγχρονισμός είναι πολύ σημαντικός στα συστήματα πραγματικού χρόνου για 2 λόγους :

1)Οι διεργασίες μπορεί να έχουν απρόσμενες καθυστερήσεις λόγω αδυναμίας πρόσβασης σε κοινούς πόρους οπου χρειάζονται αποκλειστική πρόσβαση(π.χ. A/D και D/A μετατροπείς)

2)Μερικές διεργασίες πρέπει να εκτελούνται ανάλογα με τα αποτελέσματα άλλων διεργασιών.

3.3 – Εφαρμογή συστημάτων ελέγχου σε Η/Υ

Η κατασκευή ενός συστήματος ελέγχου σε πραγματικό χρόνο απαιτεί γενικότερα δύο στάδια: Το σχεδιασμό του ελεγκτή και την ψηφιακή εφαρμογή.

3.3.1 Σχεδιασμός Ελεγκτή

Στο στάδιο του σχεδιασμού ελεγκτή ορίζεται συνήθως ένας δείκτης ελέγχου απόδοσης (διότι συνήθως προτιμάται βέλτιστος έλεγχος για τον καθορισμό των απαιτήσεων απόδοσης) και σχεδιάζεται ένας ελεγκτής οπύ βελτιστοποιεί αυτό το δείκτη, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί τη σταθερότητα και την απορρίπτει διαταραχές. Οι ελεγκτές μονής εισόδου/εξόδου(SISO controllers) σε μια προσέγγιση I/O , π.χ. PID (ProportionalIntegralDerivative), GMV (GeneralizedMinimumVariance), GPC (GeneralizedPredictiveController), μπορούν να παρασταθούν από την γενική εξίσωση:

$$P(q^{-1})u(k) = T(q^{-1})r(k) - Q(q^{-1})y(k)$$

όπου P, T και Q είναι πολυώνυμα, u είναι το σήμα προς έλεγχο , r είναι το σήμα αναφοράς και y η έξοδος(σημειώση ότι για τον ελεγκτήPID έχουμε $T(q^{-1})=Q(q^{-1})$). Ελεγκτές εσωτερικής κατάστασης(statespace controllers) με παρατήρηση περιγράφονται με τις παρακάτω εξισώσεις :

$$u(k) = K_r r(k) - K_x \hat{x}(k) \\ \hat{x}(k+1) = [A - K_0 C] \hat{x}(k) + [B - K_0 D] u(k) + K_0 y(k)$$

όπου το K_0 είναι το gain του παρατηρητή.

Ο ελεγκτής εκτελείται κυκλικά σύμφωνα με το χρόνο δειγματοληψίας, όπου η τιμή του θεωρείται σωστή π.χ. ικανοποιώντας όχι μόνο τις συνθήκες που ζητώντας από το θεώρημα δειγματοληψίας του Shannon, αλλά και πετυχαίνοντας την επιθυμητή απόδοση (ο σχεδιασμός ελέγχου συνήθως βασίζεται σε ένα μοντέλο διακριτού χρόνου όπου εξαρτάται εξίσου από το χρόνο δειγματοληψίας). Προκειμένου να ικανοποιηθεί το "zero-executiontime" (εκτέλεση σε μηδενικό χρόνο), είναι απαραίτητο οι νέες τιμές για το σήμα ελέγχου να είναι διαθέσιμες το συντομότερο δυνατό.

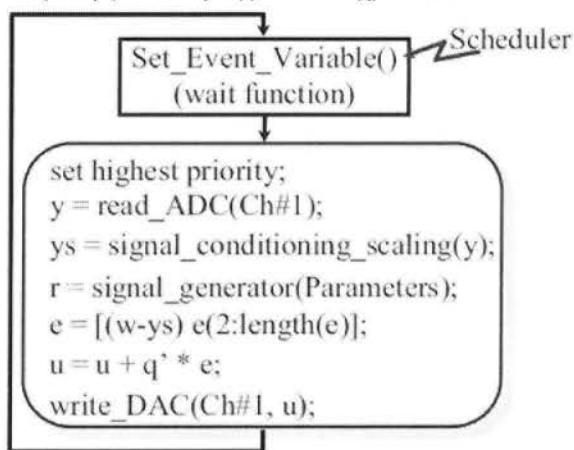
3.3.2 Ψηφιακή Εφαρμογή

Στο στάδιο της εφαρμογής, πολλαπλές ρουτίνες ελέγχου πρέπει να χρονοδρομολογούνται για να εκτελεστούν σε μικροεπεξεργαστές ή μικροελεγκτές. Όλες οι διεργασίες πρέπει να χρονοδρομολογούνται έχοντας περιορισμένους διαθέσιμους υπολογιστικούς πόρους και ο επιλεγμένος χρόνος δειγματοληψίας θα πρέπει να περιλαμβάνει αναλόγως τον περιορισμένο υπολογιστικό χρόνο που θα παρέχεται από το υλικό. Έτσι, η καθυστέρηση του υπολογισμού (controllatency) τ , είναι πάντα σε

σύγκρουση με τον χρόνο δειγματοληψίας T_0 . Αναλόγως λοιπόν το μέγεθος του τ σε σχέση με το T_0 , αυτή η σύγκρουση μπορεί να διαχωριστεί είτε πρόβλημα με καθυστέρηση ($0 < \tau < T_0$), είτε με απώλεια ($T_0 \geq \tau$). Εφόσον το *control latency* επηρεάζεται συνήθως από το *control jitter*, η καθυστέρηση και η απώλεια μπορεί να συμβούν εκ περιτροπής στο ίδιο σύστημα, σε διαφορετικούς χρόνους. Η απώλεια του σήματος ελέγχου $u(k)$ είναι ισοδύναμη με την περίπτωση όπου ο υπολογιστής-ελεγκτής δεν μπορέσει να ανανεώσει την έξοδο μέσα σε ένα διάστημα δειγματοληψίας, και το $u(k-1)$ εφαρμοστεί ξανά. Επειδή αυτό θα μπορούσε να συμβεί τυχαία ανά πάσα στιγμή, η αποτυχία παράδοσης ενός σήματος ελέγχου μπορεί να θεωρηθεί ως συσχετιζόμενη τυχαία διαταραχή $\Delta u(K)$ στην είσοδο του εργοστασίου.

Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στην απόδοση του ελέγχου και τη χρονοδρομολόγηση διεργασιών έχει ήδη εξεταστεί και το αποτέλεσμα είναι ότι η ξεχωριστή υλοποίηση αυτών των δυο οδηγεί σε μη βέλτιστη απόδοση. Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός του συστήματος ψηφιακού ελέγχου πρέπει να επανεξεταστεί προκειμένου να εισαχθούν θέματα σχετικά με *real-time computing*.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένα παράδειγμα μοντέλου ελεγκτή με μια ενσωματωμένη περιοδική διεργασία πραγματικού χρόνου.



Σχ. 3.6: Ελεγκτής με ενσωματωμένη περιοδική διεργασία πραγματικού χρόνου

Εδώ προκειμένου να παραδοθεί το σήμα ελέγχου $u(k)$ το συντομότερο δυνατό, μπορεί να χρησιμοποιήσουμε έναν ελεγκτή πρόβλεψης ενός βήματος με την εξής μορφή :

$$u(k+1) = f[r(k+1), r(k), \dots, r(k-n), u(k), \dots, u(k-m), \hat{y}(k+1), y(k), \dots, y(k-n)]$$

όπου υποθέτουμε ότι γνωρίζουμε το $r(k+1)$ και το $\hat{y}(k+1)$ και υπολογίζεται με γραμμικό προγνωστικό παράγοντα που δίνεται από τις ακόλουθες εξισώσεις :

$$\frac{\hat{y}(k+1) - y(k)}{(k+1) - k} = \frac{y(k) - y(k-1)}{k - (k-1)}$$

$$\hat{y}(k+1) = 2y(k) - y(k-1)$$

Έτσι, η διεργασία ελέγχου άρχισε πρώτη να παραδίδει το $u(k)$ (όπου υπολογίστηκε στο χρόνο $k-1$) και μετά οι υπόλοιπες ενέργειες υλοποιήθηκαν (πχ. ανάγνωση $y(k)$ από τον A/D μετατροπέα, υπολογισμός του $\hat{y}(k+1)$ και έπειτα του $u(k+1)$). Το μειονέκτημα εδώ όμως είναι ότι το σήμα ελέγχου υπολογίζεται βάσει μίας πρόβλεψης. Η πρόβλεψη βέβαια μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο του εργοστασίου, αλλά χρειάζεται περισσότερος χρόνος εκτέλεσης.

Μια δεύτερη προσέγγιση θα μπορούσε να βασιστεί στην χρήση δυο περιοδικών διεργασιών πραγματικού χρόνου. Η πρώτη θα υπολογίζει το σήμα ελέγχου αμέσως μετά την ανάγνωση/έλεγχο του $y(k)$ και η 2η θα ανανεώνει τις καταστάσεις μετά την παράδοση του σήματος έλεγχου. Για την παράσταση της εισόδου/εξόδου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση των Liu/Layland ως εξής :

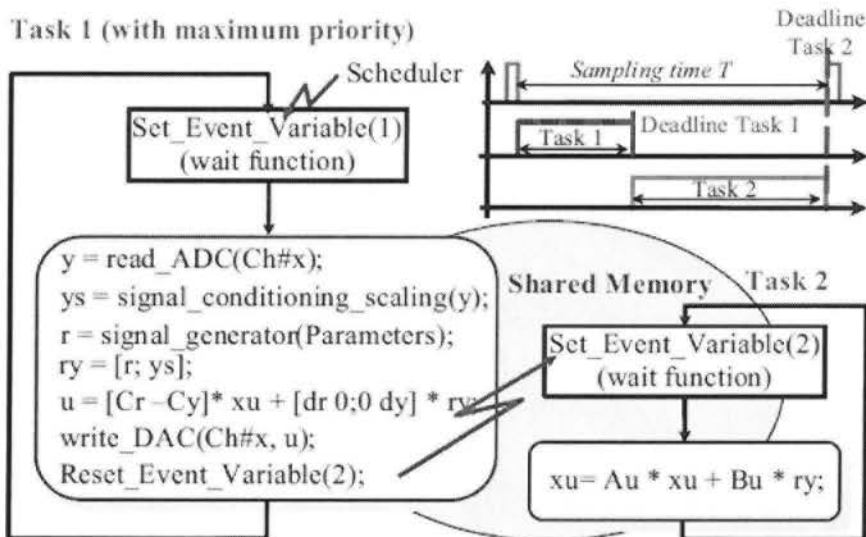
$$\begin{bmatrix} x_r(k+1) \\ x_y(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r(k) \\ x_y(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_r & 0 \\ 0 & B_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r(k) \\ y(k) \end{bmatrix}$$

$$u(k) = \begin{bmatrix} C_r & -C_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r(k) \\ x_y(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_r & 0 \\ 0 & -d_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r(k) \\ y(k) \end{bmatrix}$$

όπου οι πίνακες $A, B_y, B_r, C_y, C_r, d_y$ και d_u λαμβάνονται από την πραγμάτωση των :

$$u_r(z) = \frac{T(z^{-1})}{P(z^{-1})} r(z) \text{ και } u_y(z) = \frac{Q(z^{-1})}{P(z^{-1})} y(z)$$

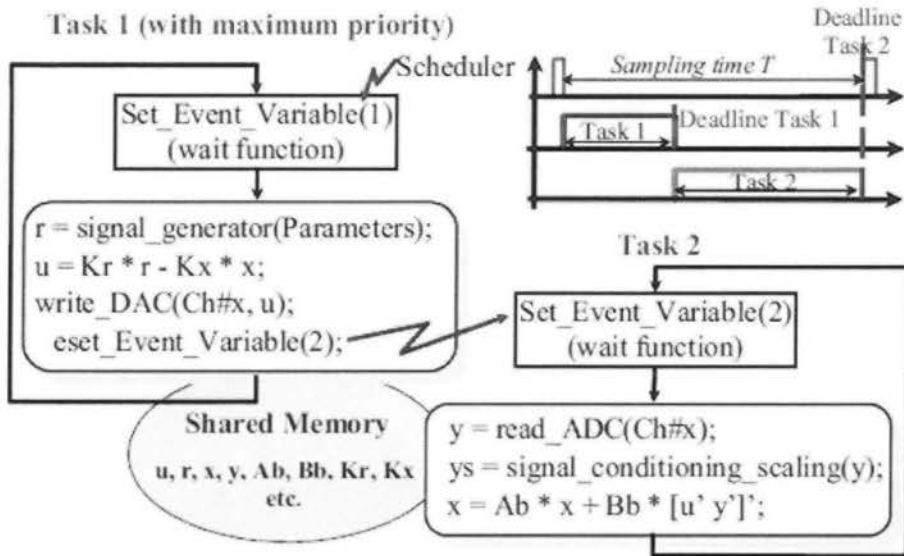
και περιέχουν τις παραμέτρους του ελεγκτή. Το επόμενο σχέδιο δείχνει μια πιθανή υλοποίηση αυτής της προσέγγισης.



Σχ. 3.7: Ελεγκτής ΠΟ με δυο ενσωματωμένες διεργασίες πραγματικού χρόνου

Όπως είναι φυσιολογικό, οι ελεγκτές εσωτερικής κατάστασης ταιριάζουν σε αυτό το μοντέλο (Σχ. 3.8). Εν τέλει να σημειωθεί ότι όλες αυτές οι υλοποιήσεις βασίζονται στον

βέλτιστο σχεδιασμό ελέγχου.



Σχ. 3.8: Υλοποίηση πραγματικού χρόνου ελεγκτή εσωτερικής κατάστασης.

3.4 Πλατφόρμα Πραγματικού Χρόνου.

Στην εποχή που διανύουμε είναι αρκετά δύσκολο να επιλέξουμε ένα συνδυασμό υλικού/προγράμματος (*software/hardware*) για προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο, διότι υπάρχουν αρκετοί κατασκευαστές που παρέχουν μια πληθώρα από συστήματα υψηλής ποιότητας. Έτσι λοιπόν είναι απαραίτητο να είναι δοθεί προσοχή κατά την επιλογή αυτών καθώς θα πρέπει να καλύπτουν προκαθορισμένες προδιαγραφές.

Πλέον είναι συνήθης η χρήση δύο υπολογιστών σε διάταξη *host-target*, προκειμένου να εφαρμοσθεί το σύστημα ελέγχου πραγματικού χρόνου. Ο *host* είναι ένας υπολογιστής χωρίς απαιτήσεις για real-time, όπου θα αναπτυχθεί το περιβάλλον επικοινωνίας, η οπτικοποίηση των δεδομένων και ο πίνακας ελέγχου σε μια μορφή γραφικού περιβάλλοντος χρήστη (GUI-GraphicalUserInterface).

Το real-time σύστημα θα τρέχει στον *target* υπολογιστή, όπου θα μπορούσε να είναι ένας 2ος ξεχωριστός υπολογιστής ή κάλλιστα ένα ενσωματωμένο σύστημα σε μια πλακέτα με ένα DSP (*DigitalSignalProcessor*), ή ακόμα και με έναν επεξεργαστή οικογένειας Pentium. Αυτός ο διαχωρισμός βέβαια δεν είναι απαραίτητος για μικρά συστήματα, δεδομένου ότι κάποια λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου για H/Y όπως QNX, LynxOS και RT-Linux, έχουν ήδη λύσει το πρόβλημα της ντετερμινιστικής ανταπόκρισης σε διεργασίες πραγματικού χρόνου, όπου συνυπάρχουν με διεργασίες μη πραγματικού χρόνου, στον ίδιο H.Y. Ωστόσο, εάν το όλο έργο έχει αρκετό όγκο, τότε η αρχιτεκτονική *host/target* δίνεται στο χρήστη μεγαλύτερη ευελιξία, έλεγχο και υπολογιστική ισχύ. Επίσης ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι το σύστημα πραγματικού χρόνου θα συνεχίσει να λειτουργεί εάν ο *host* υπολογιστής εμφανίσει

σφάλμα(π.χ.randomcrash), αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία του συστήματος.

Σύμφωνα με όσα έχουν εξετασθεί μέχρι τώρα, οι απαιτήσεις για ένα σύστημα ελέγχου πραγματικού χρόνου θα μπορούσαν να είναι :

- **Preemptive Multitasking για hard real-time απαιτήσεις:**

Η πολυδιεργασία και η πολυνημάτωση(multitasking και multithreading αντίστοιχα) είναι απαραίτητες εάν π.χ υπάρχουν πολλοί ανεξάρτητοι βρόχοι ελέγχου στο σύστημα.Είναι επίσης αναγκαία η εφαρμογή του εποπτικού ελέγχου, καθώς και του προσαρμοστικού ελέγχου

- **Συμβατότητα με POSIX.**

Το POSIX(PortableOperatingSystemInterface) είναι ένα πρότυπο IEEE για τα λειτουργικά συστήματα. Πιο συγκεκριμένα τα πρότυπα 1003.1b, 1003.1d και 1003.1j διευκρινίζουν τις απαιτήσεις και τις συμβατότητες για τα συστήματα πραγματικού χρόνου.Λογισμικό συμβατό με POSIX είναι πολύ εύκολο να εγκατασταθεί στο σύστημα.

- **Υποστήριξη Χρονοδρομολόγησης(scheduling) πραγματικού χρόνου:**

Διάφοροι αλγόριθμοι είναι διαθέσιμοι για τέτοιου είδους εργασία πχ RMS,EDF,MLF και MUF.

- **Μικρή καθυστέρηση(latency) έτσι ώστε οι χρόνοι δειγματοληψίας της τάξεως του 1 ms να είναι δυνατοί για κάθε βρόχο ελέγχου.**

- **Δυνατότητα λειτουργίας του Labview.**

Το Labview είναι ένα γραφικό προγραμματιστικό περιβάλλον από την NationalInstrumentόπου συνδυάζει την ανάπτυξη σε ισχυρή γλώσσαπρογραμματισμού μαζί με 2-D ή 3-D παρουσίαση των δεδομένων

- **Η χρήση προγραμμάτων όπως Matlab/Simulink/RTW δεν θα πρέπει να είναι το μοναδικό εργαλείο για την εφαρμογή του λογισμικού πραγματικού χρόνου, αλλά μια επιπλέον δυνατότητα/διευκόλυνση.**

Έτσι λοιπόν, ένα λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου με περιβάλλον για προγραμματισμό και ανάπτυξη λογισμικού, είναι εξίσου απαραίτητο.

Οι παραπάνω απαιτήσεις βέβαια είναι αρκετά δύσκολο να καλυφθούν , εάν γίνει χρήση προϊόντων εύκολων στην εύρεση/χρήση(ready-to-useproducts).Για παράδειγμα, παρότι οι EDF/MLF και MUF είναι αρκετά γνωστοί αλγόριθμοι χρονοδρομολόγησης για πραγματικό χρόνο,είναι αρκετά δύσκολο να βρεθούν σε εμπορικά λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου.Πιο συγκεκριμένα, οι MLF και MUF δεν υπάρχουν καθόλου, ενώ ο EDF μπορεί να βρεθεί σε JBed και RT-Linux.Ωστόσο, το JBed δεν είναι συμβατό με POSIX, δεν έχει δυνατότητα ενσωμάτωσης σε Matlab/Simulink και LabView, και το υποστηρίζουν λίγοι επεξεργαστές(CPUs) και κάρτες επικοινωνίας.Το RT-Linux(ή RTAI) παρόλα αυτά θα μπορούσε να είναι μια καλή επιλογή , εάν οι οδηγοί λογισμικού για το υλικό είναι διαθέσιμοι, και οι μηχανικοί έχουν αρκετή εμπειρία για την εγκατάσταση αυτού,μιας και είναι ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία.Ειδικά η πρώτη

προϋπόθεση(multitasking/multithreading) αποκλείει προϊόντα όπως RTWT,Wincom και συστήματα πραγματικού χρόνου βασισμένα σε DSP board, μιας και είναι πολύ περιορισμένα όσον αφορά αυτόν τον τομέα.Τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου βασισμένα σε Windows NT είναι ανεπαρκή για σύστημα με αυστηρές προθεσμίες και προϊόντα όπως InTime και Hyperkernel δεν υποστηρίζουν Matlab/Simulink/Labview,ενώ το ίδιο ισχύει και για το LynxOS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΟΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (SCADA)

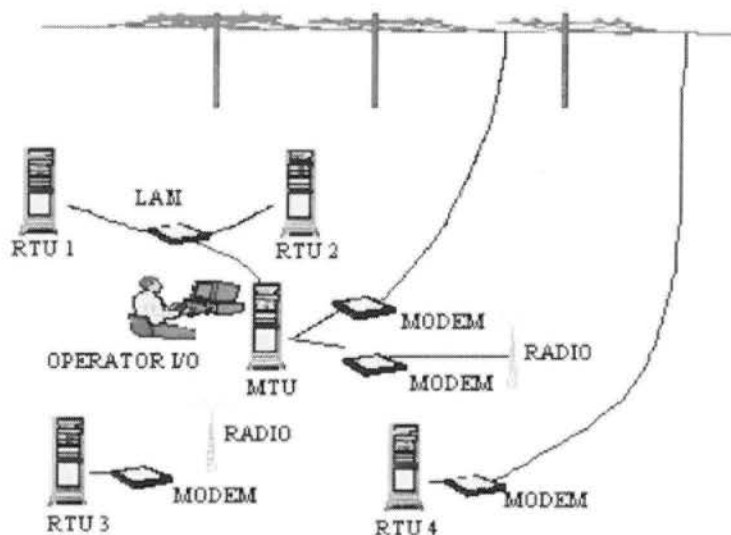
4.1 Τι είναι SCADA

Ο όρος SCADA , όπως προαναφέραμε, είναι ακρωνύμιο του όρου SupervisoryControlAndDataAcquisition , που σημαίνει Εποπτικός Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων. Ένα τέτοιο σύστημα επιτρέπει στον χειριστή να εποπτεύει και να ελέγχει διεργασίες οι οποίες βρίσκονται κατανεμημένες μεταξύ διαφόρων απομακρυσμένων σημείων. Όπως φαίνεται και από την ονομασία του, ένα σύστημα SCADA δεν είναι ένα πλήρες σύστημα ελέγχου, αλλά εστιάζει κυρίως στην εποπτεία. Ως τέτοιο, είναι καθαρά ένα πακέτο λογισμικού, το οποίο τοποθετείται πάνω στο υλικό με το οποίο αλληλεπιδρά. Η διαδικασία λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος είναι η συλλογή των πληροφοριών, η αποστολή τους σε ένα κεντρικό σημείο επεξεργασίας, η εκτέλεση της απαραίτητης ανάλυσης και ελέγχου και τέλος η παρουσίαση της πληροφορίας σε διάφορες οθόνες χειρισμού και εποπτείας, σε πραγματικό χρόνο ή κατ' απαίτησιν. Ο έλεγχος μπορεί να είναι αυτόματος , ή να ενεργοποιείται κατόπιν εντολής του χειριστού. Ένα σύστημα SCADA επιτρέπει στους χειριστές του να ελέγχουν και να παρατηρούν διαδικασίες με μεγάλη τοπολογική διανομή, από μια κεντρική τοποθεσία. Τα πλεονεκτήματα ενός SCADA γίνονται περισσότερο ορατά όταν μια διαδικασία ή ένα σύστημα καλύπτει μια μεγάλη γεωγραφική έκταση. Αντί να αποστέλλεται προσωπικό σε διάφορα σημεία για μετρήσεις και ρυθμίσεις, η εποπτεία και ο έλεγχος όλου του συστήματος μπορούν να πραγματοποιηθούν από μια τοποθεσία, και κυρίως με μεγάλες ταχύτητες απόκρισης.

4.1.1 Περιγραφή των συστημάτων SCADA

Εκτός από το λογισμικό εποπτείας και ελέγχου, από άποψη υλικοτεχνικής υποδομής, ένα

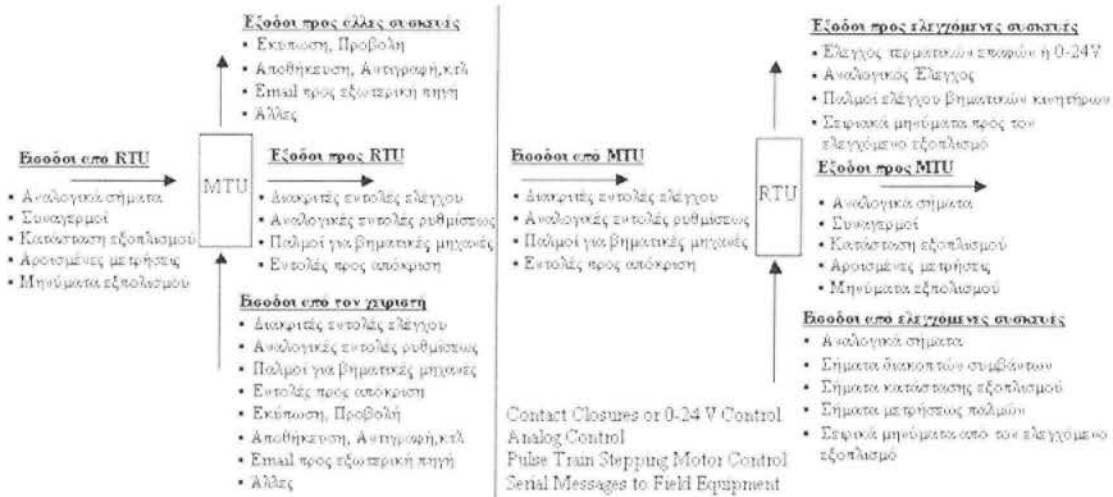
σύστημα SCADA αποτελείται, και από μια συλλογή αισθητηρίων και διατάξεων μετατροπής, που είναι συνδεδεμένοι στις απομακρυσμένες τερματικές μονάδες (RemoteTerminalUnits – RTUs). Οι RTUs είναι με τη σειρά τους επικοινωνούν με ένα κεντρικό υπολογιστή ή κεντρική τερματική μονάδα (MasterTerminalUnit - MTU) στην οποία «τρέχει» ο βασικός πυρήνας του συστήματος, το λογισμικό του συστήματος SCADA. Η σχέση μεταξύ MTU και RTUs είναι ανάλογη με τη σχέση master – slave. Στο παρακάτω Σχ. παρατίθεται η τοπολογία ενός τέτοιου συστήματος



Σχ. 4.1: Γενική τοπολογία συστήματος SCADA

Η επικοινωνία μεταξύ της MTU και των RTUs μπορεί να είναι ενσύρματη (σειριακή επικοινωνία RS232, RS485, δίκτυα Profibus, Ethernet, τηλεφωνική σύνδεση, Internet) ή και ασύρματη (ραδιοκύματα, δορυφορική σύνδεση, μικροκύματα). Οι πληροφορίες μεταφέρονται από τις RTUs στην MTU, όπου αφού επεξεργαστούν κατάλληλα καταγράφονται και προβάλλονται σε υπολογιστές που «τρέχουν» HMI (Human-MachineInterface) λογισμικό όπου πραγματοποιείται ο μη αυτόματος έλεγχος και η εποπτεία των διεργασιών. Τυχόν αυτόματα σήματα ελέγχου που παράγονται στην MTU αποστέλλονται πίσω στις RTUs, οι οποίες με τη σειρά τους ενεργοποιούν τις διατάξεις μετατροπής και τους ελεγκτές των μηχανών.

Τα SCADA συστήματα πρωτοεμφανίστηκαν την δεκαετία του 1960 σε mainframe και mini συστήματα. Αργότερα μεταφέρθηκαν σε PCs (PersonalComputers – Προσωπικούς Υπολογιστές), όπου έτρεχαν κυρίως σε DOS, VMS και UNIX. Τα σύγχρονα συστήματα SCADA έχουν μεταφερθεί σε διακομιστές (Servers) WindowsNT/2000 PC για την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων και σταθμούς εργασίας WindowsNT/2000 Workstation ή ακόμα και Windows9x/Me για την οπτική παρουσίαση και την εποπτεία των διεργασιών, ενώ οι αρχικές μετρήσεις, καθώς και ο αυτόματος έλεγχος εκτελείται σε PLCs (ProgrammableLogicControllers – Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές).



Σχ. 4.2: Είσοδοι και εξοδοι των MTU και RTU σύμφωνα με τον Boyer

Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν στους μηχανικούς, τους επόπτες, τους μάνατζερ και τους χειριστές να παρακολουθούν και να αλληλεπιδρούν με τις διεργασίες της παραγωγής μέσω των οθονών εποπτείας του SCADA. Επειδή το τελευταίο διαθέτει πιο εύχρηστο περιβάλλον και μεγαλύτερες υπολογιστικές δυνατότητες, μπορεί να χειριστεί εξαιρετικά πολύπλοκες λειτουργίες και υπολογισμούς, χωρίς κίνδυνο να επέμβει επισφαλώς στον πυρήνα του αυτόματου ελέγχου ο οποίος διεξάγεται από τα PLCs. Στο σημείο αυτό γίνεται κατανοητό ότι υπάρχει μια διαφοροποίηση του ελέγχου που διεξάγει το σύστημα SCADA και του αυτόματου ελέγχου διεργασιών και βρόχων που εκτελούν τα PLCs. Το σύστημα των τελευταίων ονομάζεται Σύστημα Διανεμημένου Ελέγχου (Distributed Control System - DCS). Για να γίνει καλύτερα αντιληπτό του επίπεδο ελέγχου των SCADA παραθέτουμε στην επόμενη παράγραφο τη σύγκριση και τις διαφορές μεταξύ SCADA και DCS.

4.2 SCADA και αυτόματος έλεγχος, σύγκριση SCADA και DCS

Σύμφωνα με το πρότυπο ISAS5.1, το DCS ορίζεται ως ένας σύστημα το οποίο ενώ είναι λειτουργικά ενιαίο, αποτελείται από υποσυστήματα τα οποία μπορεί να είναι στη φυσική τους μορφή ξεχωριστά και απομακρυσμένα μεταξύ τους.

Οι στόχοι των συστημάτων SCADA και DCS είναι διαφορετικοί. Είναι δυνατό για ένα σύστημα να είναι ικανό να εκτελεί και SCADA και DCS λειτουργίες, αλλά πολύ λίγα συστήματα έχουν σχεδιαστεί με τον τρόπο αυτό. Τα DCS συστήματα είναι προσανατολισμένα στον έλεγχο διεργασιών. Το «κέντρο του κόσμου» τους είναι η διεργασία, ενώ η παρουσίαση των δεδομένων στο χειριστή είναι απλώς ένα μέρος της λειτουργίας τους. Τα SCADA είναι προσανατολισμένα στην συλλογή των δεδομένων. Το «κέντρο του κόσμου» τους είναι το κέντρο ελέγχου και οι χειριστές του. Ο απομακρυσμένος εξοπλισμός (RTUs) βρίσκεται εκεί όσον αφορά το SCADA, μόνο για να παρέχει πληροφορίες – ανεξάρτητα με το αν εκτελεί πολύπλοκες λειτουργίες ελέγχου

ή αν είναι μέρος του DCS συστήματος.

Παράλληλα το SCADA μπορεί να λειτουργεί σε ένα πιθανόν αργό και μη αξιόπιστο δίκτυο, και να διατηρεί μια βάση δεδομένων με παρελθούσες τιμές, τις οποίες μπορεί να προβάλλει κατ' απαίτησιν του χειριστή. Επιπλέον μπορεί να χρειάζεται να αξιολογεί τα δεδομένα και να αποφασίζει αν η πληροφορία είναι χρήσιμη ή περιττή. Αντίθετα, το DCS σύστημα είναι πάντα συνδεδεμένο στην πηγή πληροφοριών του, οπότε δεν χρειάζεται συνήθως παρελθόντα δεδομένα, ενώ η πληροφορία που λαμβάνει επεξεργάζεται πάντα και δε θεωρείται ποτέ περιττή. Η διαφορές αυτές οδηγούν σε διαφορετική σχεδιαστική φιλοσοφία των δύο συστημάτων. Τα SCADA απαιτούν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στο χειρισμό και την συλλογή των δεδομένων, ενώ τα DCS στις λειτουργίες ελέγχου διεργασιών και βρόχων.

Μια ακόμα βασικότερη διαφορά στο επίπεδο ελέγχου που ασκείται από τα συστήματα των δύο τύπων, σχετίζεται με την αντιμετώπιση της πληροφορίας από τα εν λόγω συστήματα. Για να το θέσουμε πιο απλά, το SCADA είναι οδηγούμενο από γεγονότα, ενώ το DCS από καταστάσεις. Το DCS ενδιαφέρεται για την πρόοδο της διαδικασίας, ενώ το SCADA για τα γεγονότα που προκύπτουν από αυτήν.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι τα συστήματα SCADA και DCS είναι διαφορετικά σχεδιασμένα και εφαρμόζονται κάτω από διαφορετικές απαιτήσεις, ενώ βέβαια πολύ συχνά οι απαιτείται ο συνδυασμός και η συνεργασία τους. Αυτό που πρέπει όμως να σημειωθεί από την ανάλυση της παραγράφου αυτής είναι ότι το σύστημα SCADA δεν εκτελεί έλεγχο της προόδου της διεργασίας, αλλά καταγράφει και εποπτεύει τις καταστάσεις της, και τα γεγονότα που προκύπτουν από αυτές.

4.3 SCADA και HMI

Τα συστήματα HMI (Human-MachineInterface) αποτελούν το μέρος της λειτουργίας των SCADA που αλληλεπιδρά με τον τελικό χρήστη, δηλαδή των χειριστή του συστήματος. Συνήθως αποτελούνται από μια οπτική απεικόνιση της διεργασίας, πάνω στην οποία εμφανίζονται τιμές μεταβλητών, καταστάσεις ή και διαγράμματα. Ακόμη τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την κατ' απαίτησιν εμφάνιση ιστορικών των μεταβλητών, ειδικών διαγραμμάτων κτλ. Οι πληροφορίες αυτές αντλούνται από τη βάση δεδομένων του συστήματος SCADA, γι' αυτό όπως είναι κατανοητό τα συστήματα SCADA και HMI είναι αλληλένδετα συνδεδεμένα μεταξύ τους και για το λόγο αυτό συχνά δεν διαχωρίζονται. Στην πραγματικότητα βέβαια οι περισσότεροι κατασκευαστές συστημάτων SCADA ενσωματώνουν την δυνατότητα ανάπτυξης HMI εφαρμογών στις υπηρεσίες ή τα πακέτα SCADA τους. Η ουσία είναι όμως ότι μια εφαρμογή HMI μπορεί να κατασκευαστεί ανεξάρτητα από των πυρήνα καταγραφής ενός SCADA ώστε να αντλεί πληροφορίες από αυτό και να το χρησιμοποιεί για να διεξάγει τον απαραίτητο έλεγχο.

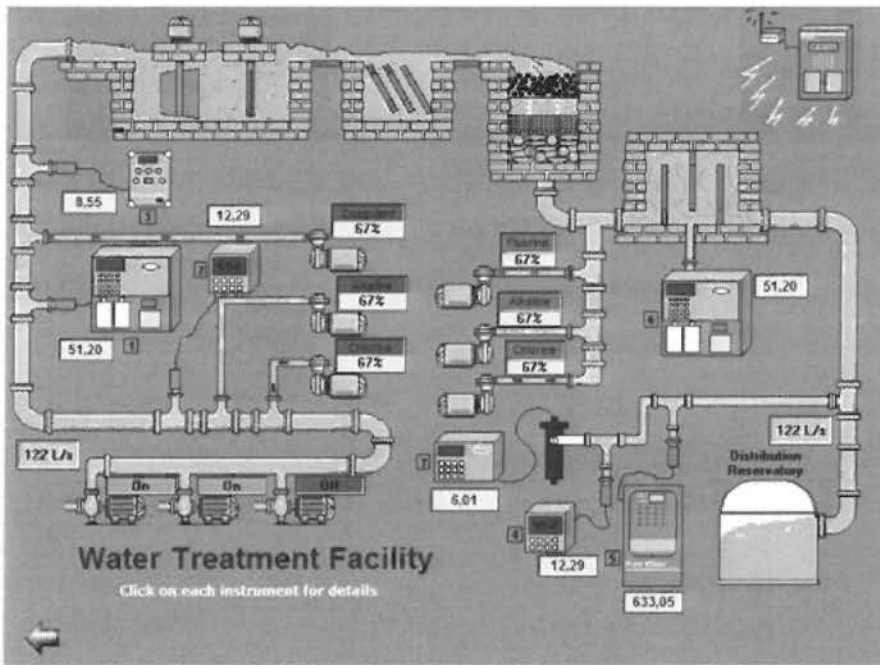
4.4 Βασικά χαρακτηριστικά των SCADA

Αφού διαφοροποιήσαμε τα SCADA από τα λοιπά συστήματα βιομηχανικού ελέγχου και εποπτείας, θα αναφέρουμε εν συντομία τα βασικά χαρακτηριστικά ενός ολοκληρωμένου συστήματος.

- *Εξωτερική πρόσβαση.* Η εξωτερική πρόσβαση παρέχει τη φυσική σύνδεση με το

περιβάλλον. Μέσα διασύνδεσης συμπεριλαμβάνουν σειριακές επικοινωνίες (RS232,RS485), πρόσβαση με PC κάρτες (AB DH+,ARCNET, Modbus Plus) ή απευθείας αναλογική / ψηφιακή I/O (Input/Output - Είσοδο / Έξοδο). Πιο σύγχρονες συνδέσεις είναι τα fieldbuses, όπως τα DeviceNet, Profibus ή ακόμα τα δίκτυα Ethernet, ή ο Ενιαίος Σειριακός Δίαυλος (UniversalSerialBus – USB)

- Ενημέρωση για κρίσιμες τιμές μεταβλητών και συμβάντα
- Καταγραφή και παρουσίαση δεδομένων.
- Αποστολή σημάτων ελέγχου στον απομακρυσμένο εξοπλισμό.



Σχ. 4.3: HMI εφαρμογή της EllipseSoftware για εποπτεία υδραγωγείου.

- *Μηχανή υπολογισμών.* Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να υπολογίζει υπόλοιπα, μέσες τιμές, στατιστικά και ότι πληροφορίες μπορεί να πηγάσουν από τα δεδομένα που παρέχουν οι διεργασίες.
- *Δικτυακή πρόσβαση,* δηλαδή δυνατότητα να γίνεται εποπτεία και έλεγχος από απομακρυσμένα σημεία.
- *Πρόσβαση σε Βάσεις Δεδομένων.* Πολλά πακέτα SCADA προσφέρουν απευθείας καταχώρηση και ανάκτηση δεδομένων από κεντρικούς διακομιστές όπως Oracle, Sybase, Microsoft SQL Server και γενικά όλες τις συμβατές με ODBC ή ADO βάσεις δεδομένων
- *Κατά περίπτωσην προγραμματισμός.* Τα διάφορα πακέτα επιτρέπουν διάφορα επίπεδα διαμόρφωσης κατά περίπτωσην. Μερικά προμηθεύουν βιβλιοθήκες C ή επιτρέπουν την προσθήκη modules, άλλα επιτρέπουν την εκτέλεση scripts σε VBA (VisualBasicforApplications) ή Java, ενώ άλλα επιτρέπουν στον χειριστή να θέτει triggers μέσω από το σύστημα SCADA που να καλούν και να εκτελούν άλλα προγράμματα.

4.5 Οφέλη και πλεονεκτήματα των συστημάτων SCADA

Η λειτουργία κάθε βιομηχανικού οργανισμού χαρακτηρίζεται από ροή ενέργειας, ροή υλών και ροή πληροφορίας. Ο βασικός στόχος ελέγχου του οργανισμού είναι ο βέλτιστος χειρισμός με μηχανικά μέσα των ροών ενέργειας και υλών μέσω της παρακολούθησης της ροής πληροφορίας. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος απαιτείται συνήθως να γίνει ένας συμβιβασμός μεταξύ κάποιων οικονομικών και ποιοτικών παραγόντων που θα οδηγήσει σε κάποια άλλα οφέλη. Τα οφέλη που προκύπτουν από τον έλεγχο του βιομηχανικού οργανισμού στη γενικότερη μορφή του είναι:

- Αύξηση της παραγωγής λόγω της καλύτερης αξιοποίησης των δυνατοτήτων των μέσων παραγωγής, π.χ. λειτουργώντας τη βιομηχανική
- Μείωση του κόστους παραγωγής ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος, λόγω βέλτιστης χρήσης των εσωτερικών πηγών ενέργειας και μείωσης του κόστους εργασίας,
- Βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων λόγω της δυνατότητας να διατηρούνται οι συνθήκες λειτουργίας μέσα σε στενά όρια ανοχών,
- Ευελιξία παραγωγής κάτω από συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες αγοράς

Ειδικότερα τα συστήματα SCADA προσφέρουν:

- Παρακολούθηση της διαδικασίας παραγωγής, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η εξομάλυνσή της και η μέγιστη απόδοση της βιομηχανικής μονάδας,
- αύξηση της επικοινωνίας μεταξύ των επιπέδων της βιομηχανικής μονάδας, και κυρίως μεταξύ της διοίκησης και της παραγωγής,
- δυνατότητα στο προσωπικό να λαμβάνει αποφάσεις μετά από πληρέστερη ενημέρωση, ώστε να εκπληρώνει τις υποχρεώσεις του με μεγαλύτερη επιτυχία,
- γρηγορότερος εντοπισμός και αντιμετώπιση σφαλμάτων, που εκτός από την βελτίωση της απόδοσης προσφέρει και μείωση του κόστους συντήρησης,
- βελτίωση των συνθηκών ασφαλείας, και εργασίας εν γένει,
- πιο εύστοχες και έγκαιρες πληροφορίες για τη διοίκηση,

Μερικά πρακτικά παραδείγματα του οφέλους των SCADA περιλαμβάνουν:

- Δυνατότητα στη διοίκηση και τους μηχανικούς να προβάλουν πληροφορίες στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή τους, είτε η πηγή των δεδομένων βρίσκεται κοντά τους είτε μίλια μακριά.
- Οι χειριστές μπορούν να χρησιμοποιούν οθόνες PCs που τρέχουν Microsoft Windows για να εποπτεύουν ή και να ελέγχουν τη μονάδα στα ανώτερα όριά της, εξοπλισμό, μέσω εύχρηστων GUIs (GraphicalUserInterfaces –Γραφικά Περιβάλλοντα Χρήσης).
- Οι ενημερώσεις κρίσιμων καταστάσεων (Alarms) μπορούν να γίνονται με ηχογραφημένα μηνύματα τα οποία μπορούν να εκπέμπονται αυτόματα μέσω τηλεφώνων, ασυρμάτων, δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών κτλ.
- Δυνατότητα για αποθήκευση και ανάκτηση «ιστορικών» δεδομένων, για

περαιτέρω συγκρίσεις, συμπεράσματα ή διάγνωση σφαλμάτων.

- Ρύθμιση του απομακρυσμένου εξοπλισμού από απόσταση.
- Επιτρέπει την χρήση φθηνών και εύχρηστων προσωπικών υπολογιστών ως τερματικές συσκευές. Οι υπολογιστές αυτοί είναι πιο εύκολο και οικονομικό να αναβαθμιστούν ή να υποστούν μετατροπές από ότι ο εξειδικευμένος εξοπλισμός.
- Επιτρέπει τη χρήση σύγχρονων και συνηθισμένων πρωτοκόλλων και υλικών δικτύων, που είναι επίσης εύκολο και οικονομικό να αναβαθμιστούν, να προσαρμοστούν ή να αντικατασταθούν. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η αξιόπιστη δικτυακή επικοινωνία μεταξύ υλικού διαφορετικών κατασκευαστών.
- Τεχνική υποστήριξη και συντήρηση του συστήματος από τον προμηθευτή του

Το πιο δημοφιλές και εύχρηστο δίκτυο προσωπικών υπολογιστών είναι το γνωστό Ethernet, πάνω στο οποίο έχουν πλέον μεταφερθεί τα περισσότερα από τα εμπορικά πακέτα της αγοράς, όπως και η εφαρμογή που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της εργασίας. Για το λόγο αυτό παραθέτουμε μια παράγραφο για το Ethernet και την εφαρμογή του σε συστήματα SCADA.

4.6 Δίκτυα Ethernet

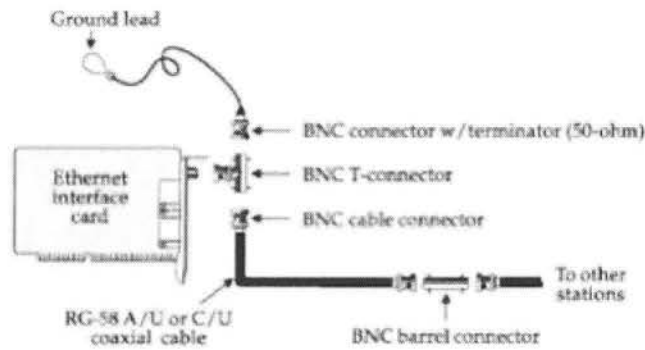
Το δικτυακό σύστημα Ethernet δημιουργήθηκε το 1970 στα εργαστήρια της Xerox, ενώ το πρώτο πρότυπό του αναπτύχθηκε το 1980 από τις DEC, Intel και Xerox. Το πρότυπο αυτό ονομάστηκε DIX Ethernet από τα αρχικά των τριών εταιριών. Αργότερα το IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) θέσπισε το ελαφρώς παραλλαγμένο πρότυπο «802.3». Επειδή το πρότυπο αυτό έγινε γρήγορα δημοφιλές, ενώ παράλληλα αναγνωρίστηκε και σαν ISO (International Organization of Standardization), είναι πλέον πολύ δύσκολο να βρεθεί προμηθευτής, κατασκευαστής ή δημοσίευμα που να μην αναφέρεται στο πρότυπο IEEE 802.3 ως Ethernet. Λόγω της αδόκιμης αυτής πρακτικής ταύτισης, καθώς και της επικράτησης του IEEE 802.3, στο δοκίμιο αυτό ο όρος Ethernet θα αναφέρεται στο εν λόγω πρότυπο.

Τα δίκτυα Ethernet υλοποιούνται σε τοπολογία διαύλου με ομοαξονικό καλώδιο, ή σε τοπολογία αστέρα με καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους



Σχ. 4.4: Συνδεσμολογίες δικτύων Ethernet

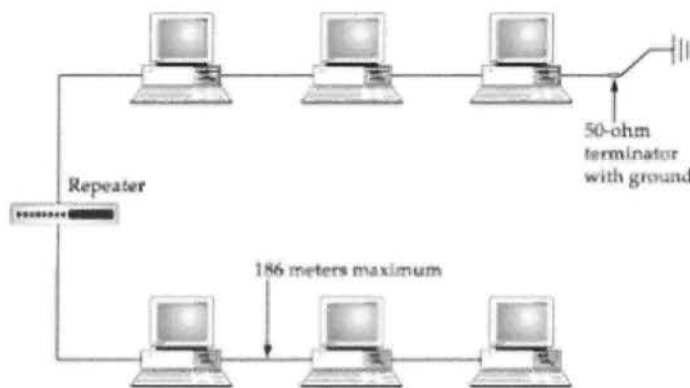
Στην τοπολογία διαύλου οι συσκευές συνδέονται σε μορφή αλυσίδας, συνδέοντας ένα καλώδιο μεταξύ δύο συνεχόμενων συσκευών. Τα καλώδια αυτά σχηματίζουν ένα μακρύ εικονικό καλώδιο που ονομάζεται κορμός (trunk).



Σχ. 4.5: Τρόπος δημιουργίας «κορμού» με ομοαξονικό καλώδιο

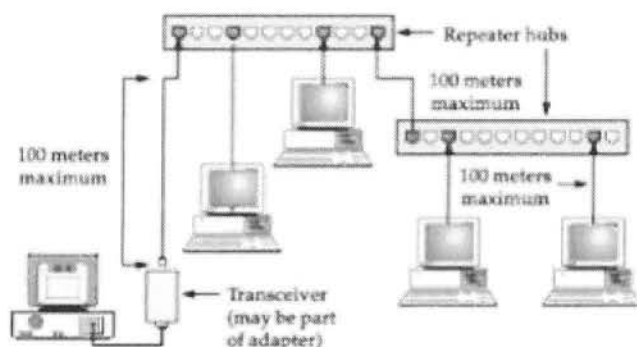
Στην τοπολογία αστέρα οι συσκευές συνδέονται όλες σε μια κεντρική συσκευή που ονομάζεται hub, μέσω του οποίου διακινούνται όλα τα δεδομένα. Πολλά hubs μπορούν να συνδεθούν σε μορφή καταρράκτη για την επέκταση του δικτύου.

Τα δίκτυα Ethernet με ομοαξονικό καλώδιο μπορούν να λειτουργήσουν σε ταχύτητες μεταγωγής δεδομένων μέχρι 10Mbit/sec, ενώ με τη χρήση κατάλληλης ποιότητας καλωδίου, επιτρέπουν μήκος μεταξύ δύο συσκευών μέχρι 500m, με μέγιστο μήκος κορμού όμως τα 2500m. Αντίθετα τα δίκτυα καλωδίου συνεστραμμένου ζεύγους, που είναι πλέον και τα πιο δημοφιλή, επιτρέπουν ταχύτητες μέχρι 100Mbit/sec, περιορίζοντας όμως το μήκος του καλωδίου μεταξύ συσκευής και hub στα 100m. Βέβαια τα προβλήματα επιμήκυνσης λύνονται πολύ εύκολα με τη βοήθεια των repeaters. Οι repeaters είναι συσκευές που όπως είναι προφανές επαναλαμβάνουν το εξασθετισμένο από την αντίσταση των καλωδίων σήμα.



Σχ. 4.6: Χρήση των repeaters σε δίκτυο με ομοαξονικό καλώδιο

Στην περίπτωση των καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους, τα hubs λειτουργούν συνήθως και ως repeaters.



Σχ.4.7: Συνδεσμολογία δικτύων με καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους και χρήση των hubs ως repeaters

4.7 Ethernet και βιομηχανία

Από τις προδιαγραφές και την ευχρηστία σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος του Ethernet, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα δίκτυα Ethernet προσφέρουν υψηλές ταχύτητες και αξιοπιστία. Παράλληλα προσφέρουν κάλυψη όλης την έκταση του βιομηχανικού οργανισμού με ένα ενιαίο πλέον δίκτυο, αφού το Ethernet χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σε δίκτυα διοικητικού επιπέδου. Το τελευταίο είναι εξαιρετικά σημαντικό, γιατί συνδέει άμεσα τα επίπεδα της διοίκησης και της παραγωγής του οργανισμού, όσον αφορά τη διακίνηση της πληροφορίας. Όλα τα παραπάνω έχουν οδηγήσει τους μεγαλύτερες βιομηχανίες στην υιοθέτηση του Ethernet στα επίπεδα της εποπτείας και του ελέγχου. Από τα μισά του 2000 ήδη η General Motors εγκατέλειψε το DeviceNet για χάρη του Ethernet ενώ το Φεβρουάριο του 2002 η Shell Oil ανακοίνωσε ότι θα επενδύσει 12 εκατομμύρια δολάρια για την αναβάθμιση των αυτοματισμών της στις εγκαταστάσεις του Τέξας με νέες λύσεις βασισμένες στο βιομηχανικό Ethernet, για να αναφέρουμε μερικά παραδείγματα. Ακόμη σύμφωνα με μια έρευνα της Frost & Sullivan που διεξήχθη κατά το έτος 2000, το Ethernet θα καταλάβει το 23% της αγοράς της διεργασιακής παραγωγής και το 13% της παραγωγής διακριτών εργασιών μέχρι το 2006.

Ακολουθώντας το ρεύμα του Ethernet, οι κατασκευαστές PLCs, που είναι και οι κατά τεκμήριον συσκευές των DCS συστημάτων, άρχισαν να κατασκευάζουν συσκευές με θύρες και λειτουργικότητα Ethernet. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε το προϊόν EDAS της Texas Instruments. Παράλληλα, επειδή το κόστος αντικατάστασης των PLCs είναι μεγάλο και χρονοβόρο, έχουν εμφανιστεί στην αγορά προϊόντα Serial to Ethernet, δηλαδή συσκευές που μετατρέπουν τη σειριακή έξοδο που διαθέτουν τα παλαιότερα PLCs σε Ethernet. Οι συσκευές αυτές είναι οικονομικές και εύκολες στην εγκατάσταση, προσφέροντας λύσεις σε προβλήματα αναβάθμισης σε Ethernet. Το πρότυπο του βιομηχανικού Ethernet ονομάστηκε Ethernet/IP (όπου IP σημαίνει Industrial Protocol – Βιομηχανικό πρότυπο) και είναι λειτουργικά όμοιο με το 802.3 συνεχίζοντας να υλοποιείται με συνδυασμούς κοινών προϊόντων Ethernet 802.3 του εμπορίου. Σε επίπεδο λογισμικού όμως, το οποίο αποκλειστικά και μόνο αφορά τα συστήματα SCADA, το Ethernet/IP και το κοινό Ethernet 802.3 των PCs διαφέρει μόνο στην χρήση του πρωτοκόλλου CIP (Control and Information Protocol). Το πρωτόκολλο

αυτό λειτουργεί στην κορυφή του συστήματος, «πάνω» από τα πρότυπα πρωτόκολλα TCP (Transmission Control Protocol) και UDP (User Datagram Protocol) του 802.3, ώστε να προσφέρει ένα κοινό τρόπο ανταλλαγής δεδομένων για τις εφαρμογές. Επιπλέον, το CIP βασίζεται στα πρότυπα των παλαιότερα ευρέως χρησιμοποιημένων DeviceNet και ControlNet και είναι συμβατό με αυτά. Αυτό σημαίνει ότι επιλέγοντας ένα προϊόν Ethernet/IP, επιλέγετε ταυτόχρονα και ένα προϊόν με δυνατότητες CIP, και κατ' επέκτασιν με δυνατότητες DeviceNet και ControlNet. Αυτό βέβαια δεν είναι περιοριστικό, καθώς η υλοποίηση ενός SCADA συστήματος μπορεί να βασιστεί εξ' ολοκλήρου στα πρωτόκολλα TCP/IP και UDP, διατηρώντας απλά τη συμβατότητα με τα CIP συστήματα. Τέλος με την πρόσφατη εισαγωγή της τεχνολογίας των switches και της full duplex επικοινωνίας στα δίκτυα Ethernet, η πιθανότητα της διένεξης δεδομένων έχει πλέον θεωρητικά μηδενιστεί, προσφέροντας ασφαλή μεταγωγή δεδομένων με μηδαμινή πιθανότητα απώλειας

Συμπερασματικά από τα παραπάνω μπορούμε να ασφάλεια να αποφανθούμε ότι η χρήση του Ethernet και κατ' επέκτασιν των πρωτοκόλλων του, αποτελεί μονόδρομο για την υλοποίηση ενός σύγχρονου λειτουργικού και χαμηλού κόστους εποπτικού συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ(PLC)

5.1 Εισαγωγή

Η εξέλιξη των αυτοματισμών, όπως ήταν φυσικό, ακολούθησε την πορεία εξέλιξης της τεχνολογίας. Οι πρώτοι αυτοματισμοί ήταν καθαρά μηχανικοί, όλοι οι έλεγχοι δηλαδή καθοριζόταν από την κίνηση γραναζιών και μοχλών. Το μεγάλο άλμα στους αυτοματισμούς έγινε με τη χρήση του ηλεκτρισμού. Το κύριο εξάρτημα των ηλεκτρολογικών αυτοματισμών είναι ο ηλεκτρονόμος.

Από τη δεκαετία του '60 ήδη οι μηχανικοί άρχισαν να σκέφτονται τρόπους για να αξιοποιήσουν τις καταπληκτικές δυνατότητες των υπολογιστών στη βιομηχανία. Από τις πρώτες εφαρμογές των υπολογιστών στη βιομηχανία ήταν οι αυτόματες εργαλειομηχανές (τόρνοι, φρέζες κ.λπ.), οι οποίες μέχρι τότε χρησιμοποιούσαν κυρίως μηχανολογικούς και λιγότερο ηλεκτρολογικούς αυτοματισμούς. Η επιτυχημένη αυτή εφαρμογή οδήγησε τους μηχανικούς να αρχίσουν να σκέφτονται την αντικατάσταση όλων των αυτοματισμών ενός εργοστασίου από ένα υπολογιστή. Μέχρι όμως την δεκαετία του '80 αυτό ήταν αδύνατο, διότι ο υπολογιστής ήταν μια πανάκριβη και δύσκολη στην χρήση της συσκευή. Η βιομηχανία μέχρι και τη δεκαετία του '80 μπορούμε να πούμε ότι χρησιμοποιούσε ελάχιστα τα ηλεκτρονικά. Το 90% και πλέον των αυτοματισμών καταλάμβαναν οι αυτοματισμοί με ηλεκτρονόμους. Τα ηλεκτρονικά χρησιμοποιούνταν κυρίως για κάποιες "ευφυείς" εργασίες, και οι πλακέτες αυτές τοποθετούνταν μέσα στους πίνακες των ηλεκτρονόμων.

Στις αρχές της δεκαετίας του '80 οι εταιρείες παραγωγής ηλεκτρολογικού υλικού εμφανίζουν στους μηχανικούς και τεχνικούς της βιομηχανίας ένα νέο προϊόν αυτοματισμού, το οποίο ονόμασαν PLC. Η πλήρης ονομασία αυτής της νέας συσκευής είναι Programmable Logic Controller (Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής). Οι εταιρείες δεν χρησιμοποίησαν αρχικά στην αγορά την πλήρη ονομασία, μιλώντας απλά για PLC, πράγμα που ίσως έγινε έντεχνα για να μην τρομάξουν το τεχνικό κατεστημένο της Βιομηχανίας.

Το PLC δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας μικροϋπολογιστής, κατάλληλα προσαρμοσμένος ώστε να χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αυτοματισμών. Τα PLC προορίζονταν να αντικαταστήσουν τον κλασικό πίνακα αυτοματισμού με τους ηλεκτρονόμους.

Με τον τρόπο αυτό η είσοδος του PLC στην βιομηχανία υπήρξε επιτυχής και ομαλή και πλέον ο κλασικός αυτοματισμός με ηλεκτρονόμους τείνει να εκλείψει. Όλες οι καινούργιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν PLC.

5.2. Τι είναι ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.

Στον κλασικό αυτοματισμό της καλωδιωμένης λογικής (τον αυτοματισμό με ηλεκτρονόμους) τα στάδια εργασίας από το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός αυτοματισμού μέχρι το σημείο της πλήρους λειτουργίας είναι τα εξής:

- Περιγραφή τους αυτοματισμού.
- Ανάπτυξη του λειτουργικού σχεδίου του αυτοματισμού.
- Ανάπτυξη του σχεδίου εφαρμογής του πίνακα (σχέδιο καλωδίωσης).
- Κατασκευή του πίνακα της εγκατάστασης.
- Εγκατάσταση και σύνδεση στους ακροδέκτες (κλέμες) του πίνακα των αισθητήρων που δίνουν τις πληροφορίες (εντολές) και των συσκευών (αποδεκτών) που εκτελούν τις εργασίες.
- Δοκιμή λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Πλήρης λειτουργία του αυτοματισμού.

Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC) είναι μια ειδική συσκευή, η οποία έρχεται να αντικαταστήσει στον πίνακα του κλασικού αυτοματισμού όλους τους βοηθητικούς ηλεκτρονόμους, τα χρονικά και τους απαριθμητές. Αντί για την κατασκευή ενός πίνακα με πολύπλοκες συνδεσμολογίες μεταξύ των παραπάνω υλικών, που έχουμε στον κλασικό αυτοματισμό, με την χρήση του PLC η λειτουργία του αυτοματισμού προγραμματίζεται μέσω μιας ειδικής συσκευής (προγραμματιστή) ή μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού. Τα στάδια εργασίας για το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός αυτοματισμού στην προγραμματιζόμενη λογική είναι τα εξής:

- Περιγραφή τους αυτοματισμού.
- Ανάπτυξη του σχεδίου εφαρμογής του πίνακα (σχέδιο καλωδίωσης).
- Κατασκευή του πίνακα της εγκατάστασης.
- Ανάπτυξη του προγράμματος λειτουργίας του αυτοματισμού και εισαγωγή του προγράμματος στο PLC μέσω του προγραμματιστή.
- Εγκατάσταση και σύνδεση στους ακροδέκτες (κλέμες) του πίνακα των αισθητήρων που δίνουν τις πληροφορίες (είσοδοι) και των συσκευών (αποδεκτών) που εκτελούν τις εργασίες (έξοδοι).
- Δοκιμή λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Πλήρης λειτουργία του αυτοματισμού.

Παρατηρούμε ότι τα στάδια, τα οποία αλλάζουν στις εργασίες σχεδιασμού και κατασκευής ενός αυτοματισμού, όταν χρησιμοποιούμε την προγραμματιζόμενη λογική, είναι τα 2, 3 και 4. Αντί για την κατασκευή ενός πίνακα, με πλήθος υλικών και πολύπλοκες καλωδιώσεις, έχουμε την κατασκευή ενός πίνακα με ελάχιστα υλικά, απλές καλωδιώσεις και τον προγραμματισμό του PLC. Ο χρόνος, που απαιτείται για τον προγραμματισμό του PLC και την κατασκευή του μικρού και απλού πίνακα αυτοματισμού, είναι πολύ μικρός σε σχέση με τον χρόνο, που απαιτείται για τη μελέτη και την κατασκευή του

αντίστοιχου πολύπλοκου πίνακα κλασικού αυτοματισμού. Αυτό όμως δεν είναι και το μοναδικό πλεονέκτημα που προκύπτει από την εφαρμογή των PLC.

5.2.1 Πλεονεκτήματα των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

Τα πρώτα μεγάλα πλεονεκτήματα των PLC αφορούν τους κατασκευαστές εξοπλισμού αυτοματισμών και πινάκων αυτοματισμού και ήδη τα έχουμε αναφέρει:

1. Το κόστος κατασκευής ενός PLC είναι σημαντικά μικρότερο από το κόστος παραγωγής ενός μεγάλου αριθμού βοηθητικών ηλεκτρονόμων, χρονικών και απαριθμητών.
2. Ο χρόνος κατασκευής του αυτοματισμού είναι μηδαμινός σε σχέση με την κατασκευή ενός κλασικού πίνακα αυτοματισμού.

Υπάρχουν όμως πολλά πλεονεκτήματα που έχουν σχέση με τον τελικό χρήστη, τις βιομηχανίες δηλαδή που εφαρμόζουν τους αυτοματισμούς, και είναι αυτά που μας ενδιαφέρουν περισσότερο. Κατά σειρά σπουδαιότητας αναφέρουμε:

- Τα PLC ελαχιστοποιούν το κόστος συντήρησης του πίνακα αυτοματισμού. Το κόστος αυτό αναλύεται ως εξής: Συχνότητα βλαβών, χρόνος εντοπισμού μιας βλάβης και αποκατάστασης της. Δηλαδή, όταν υπάρχει μια βλάβη στον πίνακα μιας εγκατάστασης κλασικού αυτοματισμού, υπάρχει καθυστέρηση στην παραγωγή μέχρι να εντοπιστεί η βλάβη. Αφού εντοπιστεί, πρέπει να έχουμε διαθέσιμο το κατάλληλο ανταλλακτικό στην αποθήκη, γιατί διαφορετικά θα υπάρξει σημαντική καθυστέρηση, αφού θα χρειαστεί να γίνει η σχετική παραγγελία και η προμήθεια. Στον αυτοματισμό με PLC δεν υπάρχει ουσιαστικό θέμα βλάβης εσωτερικά στον πίνακα της εγκατάστασης.
- Τα PLC είναι ευέλικτα στην τροποποίηση της λειτουργίας του αυτοματισμού. Δηλαδή, αν υποθέσουμε ότι θέλουμε να κάνουμε μια αλλαγή στον αυτοματισμό, αυτή μπορεί να γίνει μέσα σε λίγα λεπτά, αρκεί μόνο να αλλάξουμε το πρόγραμμα. Σε ένα πίνακα κλασικού αυτοματισμού, τέτοιου είδους αλλαγές είναι πράγμα πολύ δύσκολο και χρονοβόρο.
- Ο αυτοματισμός με PLC επεκτείνεται πολύ εύκολα. Αυτό γίνεται είτε απλά αλλάζοντας το πρόγραμμα, είτε με την τοποθέτηση νέων μονάδων εισόδων και εξόδων. Κάθε επέκταση στον κλασικό αυτοματισμό είναι πολύ δύσκολη.
- Ο αυτοματισμός με PLC μας παρέχει καταπληκτικές δυνατότητες. Μπορούμε να δημιουργούμε πολύ εύκολα πολύπλοκες και έξυπνες επεξεργασίες, οι οποίες στον κλασικό αυτοματισμό είναι εξαιρετικά δύσκολο να υλοποιηθούν.
- Σε μια εγκατάσταση, που χρησιμοποιεί αυτοματισμούς με PLC, σήμερα παρέχονται δυνατότητες σύνδεσης με κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, σύνδεσης με το σύστημα αποθήκης, λογιστηρίου κ.λπ.
- Το PLC καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο σε σχέση με τον αντίστοιχο πίνακα κλασικού αυτοματισμού.

Βλέπουμε ότι από τη χρήση των PLC προκύπτουν μόνο πλεονεκτήματα. Υπάρχουν άραγε μειονεκτήματα; Θα μπορούσαμε ίσως να θεωρήσουμε μειονέκτημα την έλλειψη επαρκούς ενημέρωσης των τεχνικών όλων των βαθμίδων, ειδικά στην Ελλάδα, πράγμα το οποίο δυσκολεύει και δημιουργεί προβλήματα στην εφαρμογή των PLC.

Η τελική ερώτηση, που προκύπτει, είναι: Πόσο κοστίζουν τελικά τα PLC; συμφέρει να χρησιμοποιούμε σε κάθε εγκατάσταση PLC; Η απάντηση είναι ότι οι τιμές πέφτουν καθημερινά και οι εταιρείες βγάζουν συνεχώς νέα μοντέλα που κάνουν για όλων των επιπέδων τις εφαρμογές. Παρόλα αυτά δεν συμφέρει ακόμη η χρήση του PLC, όταν έχουμε πολλούς κινητήρες (πολλούς ηλεκτρονόμους ισχύος) και απλό αυτοματισμό (λίγους βοηθητικούς ηλεκτρονόμους, χρονικά και απαριθμητές). Όμως είναι σίγουρο ότι η χρήση βοηθητικών ηλεκτρονόμων και άλλων κλασικών υλικών αυτοματισμού έχει περιορισθεί και θα περιορίζεται συνεχώς.

5.2.2 Η δομή ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Στην αγορά υπάρχουν σήμερα εκατοντάδες μοντέλα PLC κατασκευασμένα από πλήθος διαφορετικών εταιρειών. Γενικά, σε ένα PLC μπορούμε να διακρίνουμε τα παρακάτω μέρη:

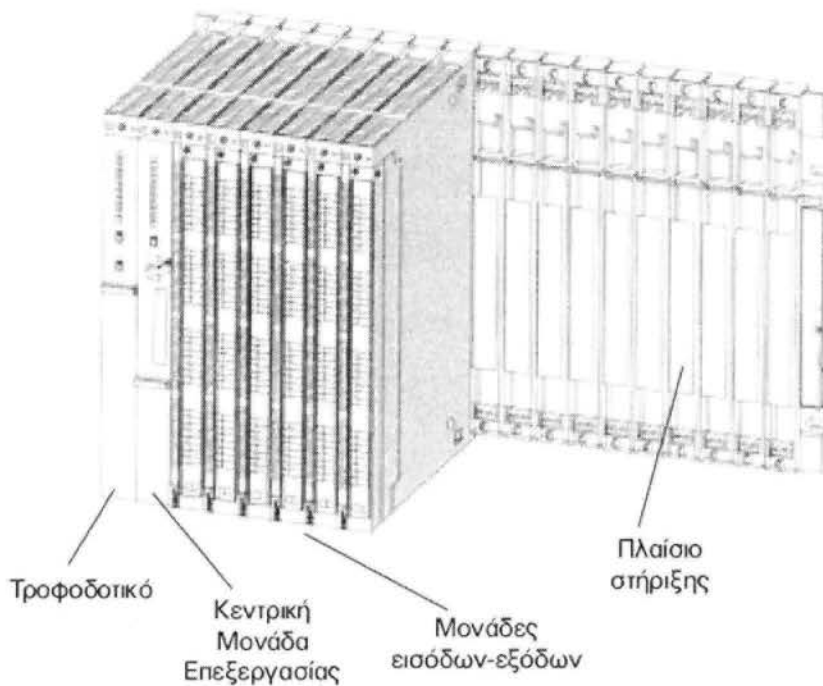
- Την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit, CPU), που αποτελεί και την καρδιά ή μάλλον τον εγκέφαλο του PLC.
- Τη μονάδα τροφοδοσίας
- Τις μονάδες εισόδων - εξόδων (I/O modules)

Η κεντρική μονάδα, η μονάδα τροφοδοσίας και οι μονάδες εισόδων - εξόδων αποτελούν την κύρια μονάδα αυτοματισμού, δηλαδή το κύριο μέρος του PLC. Σε πολλά μοντέλα, κυρίως στα μικρά μοντέλα των εταιρειών, οι τρεις παραπάνω μονάδες βρίσκονται ενσωματωμένες σε μια συσκευή.

Εκτός από την κεντρική μονάδα αυτοματισμού, σε ένα PLC είναι ακόμη απαραίτητα:

- Το πλαίσιο (ή τα πλαίσια) για την τοποθέτηση των μονάδων και των τυχόν επεκτάσεών τους.
- Η συσκευή προγραμματισμού (προγραμματιστής, programmer) για τον προγραμματισμό του PLC.

Ο προγραμματιστής είναι μια συσκευή τελείως ξεχωριστή από την μονάδα αυτοματισμού. Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή του προγράμματος στο PLC και την παρακολούθηση της εξέλιξης του αυτοματισμού μέσα από την οθόνη, που διαθέτει. Με ένα μόνο προγραμματιστή μπορούμε να χειριζόμαστε όλες τις μονάδες PLC μιας αυτοματοποιημένης εγκατάστασης (της ίδιας εταιρείας εννοείται).



Σχ.5.1: Δομή ενός PLC.

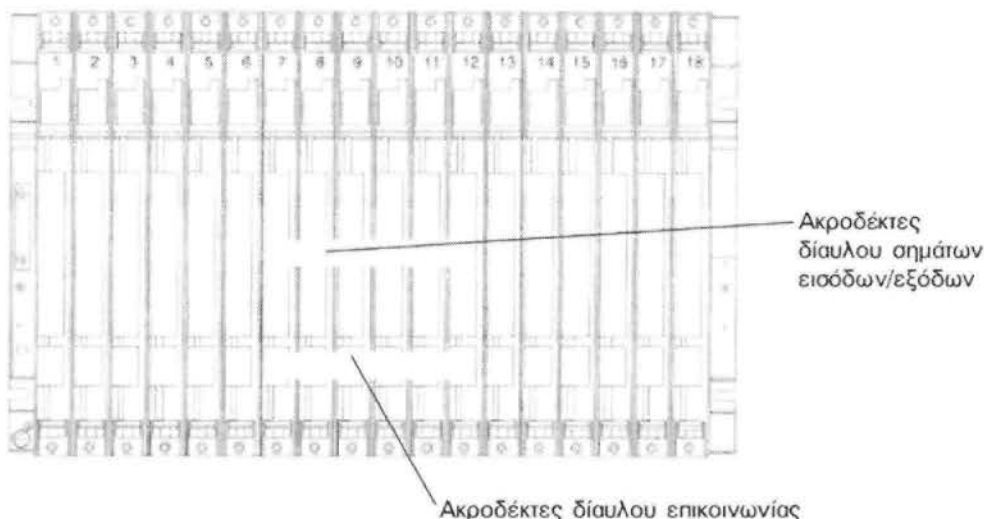
Στη συνέχεια θα δούμε με λεπτομέρεια τις μονάδες ενός PLC.

Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων.

Οι μονάδες ενός μεγάλου PLC τοποθετούνται σε ένα κεντρικό πλαίσιο. Στο πλαίσιο αυτό είναι ενσωματωμένο ένα σύστημα αγωγών (σύστημα ζυγών) μέσω των οποίων επικοινωνούν οι διάφορες μονάδες με την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.

Αν οι θέσεις του κεντρικού πλαισίου, που διατίθεται, δεν επαρκούν για να τοποθετηθούν οι μονάδες εισόδων και εξόδων που απαιτούνται σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή, τότε χρησιμοποιούνται ένα ή περισσότερα πλαίσια επέκτασης για την τοποθέτηση των πρόσθετων μονάδων. Κάθε πλαίσιο επέκτασης διασυνδέεται με το κεντρικό πλαίσιο ή με άλλα πλαίσια επέκτασης μέσω ειδικής μονάδας διασύνδεσης και καλωδίου. Κάθε εταιρεία και το κάθε μοντέλο έχει το δικό του σύστημα πλαισίου.

Στο Σχ.5.2 δείχνεται ένα πλαίσιο στήριξης PLC.



Σχ.5.2: Πλαίσιο στήριξης PLC

Μονάδα τροφοδοσίας.

Η μονάδα τροφοδοσίας ενός PLC έχει σκοπό να δημιουργήσει από την τάση του δικτύου τροφοδοσίας τις απαραίτητες εσωτερικές τάσεις, που απαιτούνται για την τροφοδοσία των ηλεκτρονικών στοιχείων (τρανζίστορ, ολοκληρωμένα κυκλώματα κ.λπ.) του PLC. Οι τυπικές εσωτερικές τάσεις των PLC είναι συνήθως: DC 5 V, DC 9 V, DC 24 V.

Σε ορισμένα μοντέλα PLC, όταν το PLC δεν τροφοδοτείται από το δίκτυο, η μονάδα τροφοδοσίας διατηρεί το περιεχόμενο της μνήμης του PLC με την βοήθεια μιας μπαταρίας (συνήθως λιθίου), που διαθέτει. Σε άλλα μοντέλα PLC η παραπάνω μπαταρία βρίσκεται στην Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.

Χρειάζεται προσοχή ώστε να μην προκαλέσουμε υπερφόρτιση της μονάδας τροφοδοσίας. Για τον σκοπό αυτό συμβουλευόμαστε τα τεχνικά φυλλάδια της εταιρείας κατασκευής του PLC.

Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.

Είναι η βασική μονάδα του PLC, η οποία είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία του αυτοματισμού. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας είναι στην ουσία ένας μικροϋπολογιστής και διακρίνουμε σ' αυτήν όλα τα κύρια μέρη ενός μικροϋπολογιστή, δηλαδή τον μικροεπεξεργαστή και τη μνήμη.

Ο μικροεπεξεργαστής είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο αποτελεί τον εγκέφαλο κάθε μικροϋπολογιστή. Οι μικροεπεξεργαστές εξελίσσονται με ταχύτερους ρυθμούς, το όνομά τους δίνει συνήθως και το όνομα στο μοντέλο του μικροϋπολογιστή (π.χ. λέμε PC 386, 486, Pentium κ.λπ.). Στα PLC πολύ λίγο μας ενδιαφέρει να ξέρουμε ποιον μικροεπεξεργαστή χρησιμοποιεί η κεντρική μονάδα, αν και πολλές φορές μπορούμε να το διαβάσουμε στα χαρακτηριστικά που δίνουν οι εταιρείες. Ο μικροεπεξεργαστής για

το PLC είναι ο κύριος υπεύθυνος για όλες τις λειτουργίες του.

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

Μνήμη RAM. Η μνήμη RAM (Random Access Memory, μνήμη τυχαίας προσπέλασης) είναι εκείνη στην οποία μπορούμε να γράφουμε και να σβήνουμε, και η οποία σβήνει μόλις λείψει η ηλεκτρική τροφοδοσία της. Στη μνήμη RAM η κεντρική μονάδα αποθηκεύει μια σειρά από πληροφορίες σε ξεχωριστές περιοχές εργασίας. Μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής περιοχές:

- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται οι καταστάσεις των εισόδων και των εξόδων. Η περιοχή αυτή ονομάζεται για τις εισόδους *εικόνα εισόδων* και για τις εξόδους *εικόνα εξόδων*.
- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται οι ενδιάμεσες πληροφορίες, που αφορούν τη λειτουργία του αυτοματισμού.
- Περιοχή μνήμης των χρονικών.
- Περιοχή μνήμης των απαριθμητών.
- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται τα προγράμματα του χρήστη, δηλαδή τα προγράμματα που λειτουργούν ένα συγκεκριμένο αυτοματισμό.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Η μνήμη RAM σβήνει μόλις σταματήσει η τροφοδοσία της. Όμως το πρόγραμμα που λειτουργεί τον αυτοματισμό πρέπει να παραμένει αναλλοίωτο στη μνήμη και αφού κλείσουμε την τροφοδοσία του PLC. Γι' αυτό το λόγο η μνήμη RAM παραμένει πάντα σε τροφοδοσία μέσω μιας μπαταρίας (συνήθως λιθίου).

Μνήμη EEPROM. Τα διάφορα PLC δεν χρησιμοποιούν μόνο τον παραπάνω τρόπο, της πάντα τροφοδοτούμενης μνήμης RAM, για να διατηρήσουν το πρόγραμμα στη μνήμη. Ένας πιο ασφαλής τρόπος είναι η χρήση της μνήμης EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), μνήμης η οποία προγραμματίζεται και σβήνει ηλεκτρικά. Πρόκειται για μνήμη που δε σβήνει, όταν μείνει χωρίς τροφοδοσία, στην οποία μπορούμε να γράφουμε, να σβήνουμε και να ξαναγράφουμε μέσω ειδικού μηχανήματος. Σε πολλά PLC η EEPROM χρησιμοποιείται σαν κασέτα για την εύκολη αλλαγή του τρόπου λειτουργίας του αυτοματισμού από ένα απλό χειριστή. Δηλαδή έχουμε γραμμένο το εναλλακτικό πρόγραμμα σε ένα chip EEPROM και απλά αλλάζουμε την ηλεκτρονική πλακέτα του PLC, όταν θέλουμε να αλλάξουμε το πρόγραμμα λειτουργίας του αυτοματισμού.

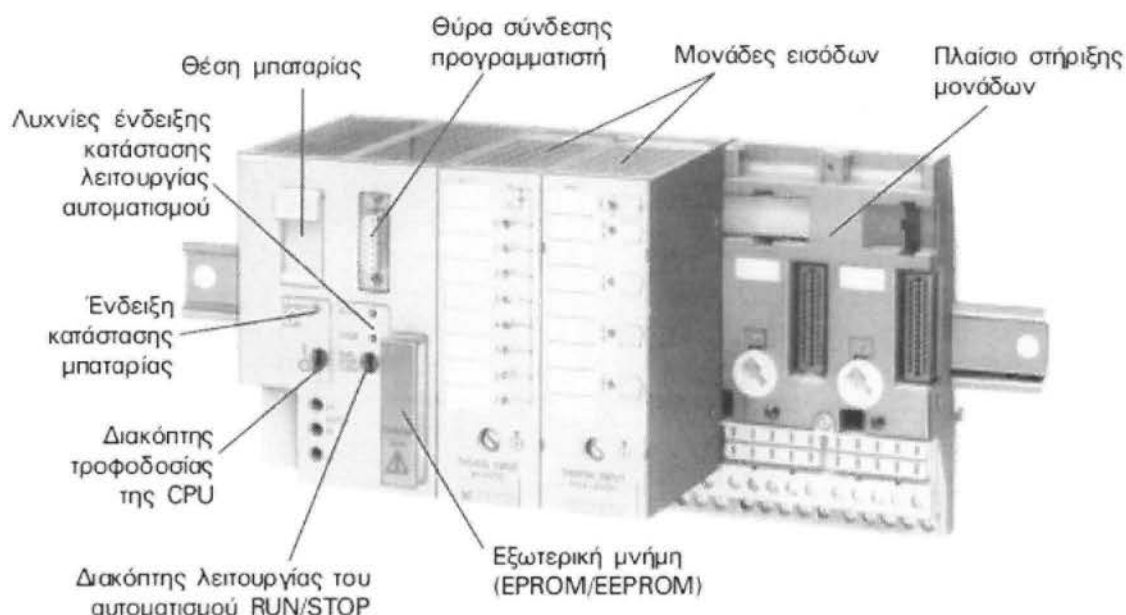
Μνήμη ROM. Στη μνήμη ROM ο κατασκευαστής του PLC αποθηκεύει το λειτουργικό σύστημα του PLC, δηλαδή τις οδηγίες (το πρόγραμμα) για όλες τις βασικές λειτουργίες που είναι απαραίτητες για να δουλέψει το PLC.

Εξωτερικά σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας συνήθως υπάρχουν (Σχ.5.3):

- Θέση σύνδεσης (ειδικός κονέκτορας) της συσκευής προγραμματισμού.
- Θέση σύνδεσης επεκτάσεων.
- Διακόπτης δύο θέσεων (συνήθως) ο οποίος θέτει το PLC σε κατάσταση RUN ή

STOP, δηλαδή σε κατάσταση λειτουργίας του αυτοματισμού (RUN) ή όχι (STOP).

- Λυχνίες ένδειξης, όπως: λυχνία ένδειξης ότι το PLC είναι σε τροφοδοσία, λυχνία ένδειξης ότι το PLC είναι σε κατάσταση RUN (λειτουργεί ο αυτοματισμός), λυχνία ένδειξης ότι το PLC είναι σε κατάσταση STOP (δεν λειτουργεί ο αυτοματισμός) και λυχνία που δείχνει, εάν έχει πρόβλημα η μπαταρία του PLC.



Σχ.5.3: Κεντρική μονάδα επεξεργασίας και μονάδες εισόδων ενός PLC.

Μονάδες εισόδων - εξόδων.

Οι μονάδες των εισόδων και των εξόδων αποτελούν τις μονάδες επικοινωνίας της κεντρικής μονάδας με τον έξω κόσμο, δηλαδή με τους αισθητήρες, τους διακόπτες και τα μπουτόνς, που δίνουν τις πληροφορίες (εντολές), καθώς και με τους ηλεκτρονόμους ισχύος των κινητήρων, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, ενδεικτικές λυχνίες και γενικά τους αποδέκτες που εκτελούν τις εντολές του αυτοματισμού.

Η κεντρική μονάδα μπορεί να δεχτεί ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου χαμηλής τάσης και πολύ μικρού ρεύματος. Η τάση που δέχεται η κεντρική μονάδα είναι συνήθως 0Volt για το λογικό 0 και 5Volt για το λογικό 1. Το ρεύμα εισόδου καθώς και το ρεύμα εξόδου δεν μπορεί να περάσει τα μερικά mA. Οι μονάδες εισόδων και εξόδων αναλαμβάνουν να προσαρμόσουν τα σήματα εισόδου και εξόδου, που έχουμε στον αυτοματισμό, με τα σήματα που μπορεί να δεχτεί η κεντρική μονάδα, τόσο από άποψη τάσεων όσο και από άποψη ρευμάτων.

Η προσαρμογή αυτή γίνεται με τη χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων ισχύος, δηλαδή τρανζίστορ ισχύος, θυρίστορ και triac, είτε ακόμη με τη χρήση κατάλληλων μικροηλεκτρονικών.

Κάθε σύστημα PLC καταλήγει πάντα σε ακροδέκτες (κλέμες). Οι ακροδέκτες

αυτοί ανήκουν στις μονάδες εισόδων και εξόδων του PLC. Στους ακροδέκτες εισόδων καταλήγουν οι αγωγοί που έρχονται από αισθητήρες (τερματικούς διακόπτες, πιεζοστάτες, κ.λπ.), διακόπτες, μπουτόνς κ.λπ. Στους ακροδέκτες εξόδων καταλήγουν οι αγωγοί που τροφοδοτούν πηνία ηλεκτρονόμων ισχύος, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, λυχνίες ένδειξης και λοιπούς αποδέκτες.

Στους διαφόρους τύπους των PLC οι μονάδες εισόδων και εξόδων αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο. Γενικά ισχύουν τα παρακάτω:

- Μία μονάδα εισόδων ή εξόδων μπορεί να λειτουργεί με συνεχή τάση ή με εναλλασσόμενη τάση. Τυπικές τάσεις που συναντούμε στα PLC είναι: DC 24V, 48V, 60V και AC 24V, 48V, 115V, 230V, με συνηθέστερες τις DC 24V και AC 115V και 230V.
- Η τάση αυτή δεν παρέχεται συνήθως από τη μονάδα τροφοδοσίας του PLC. Πρέπει να τη δημιουργήσουμε εμείς με άλλη τροφοδοτική μονάδα.
- Τα κυκλώματα και οι τάσεις των εισόδων είναι τελείως ανεξάρτητα από τα κυκλώματα και τις τάσεις των εξόδων. Επομένως η τάση για τις εισόδους μπορεί να είναι διαφορετική από την τάση για τις εξόδους. Αν η τάση εξόδων είναι η ίδια με την τάση των εισόδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο τροφοδοτικό (για τάσεις DC), ή μετασχηματιστής χειρισμού (για τάσεις AC) για τις εισόδους και τις εξόδους.
- Η τάση εισόδων (δηλαδή η τάση που θα φθάσει σε μια είσοδο, όταν ενεργοποιηθεί ο αντίστοιχος αισθητήρας) διαχωρίζεται συνήθως γαλβανικά από το υπόλοιπο εσωτερικό κύκλωμα του PLC. Τα ίδια ισχύουν και για τις εξόδους. Αν σε κάποιες μονάδες εισόδων ή εξόδων δεν έχουμε γαλβανική απομόνωση πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα το θέμα των γειώσεων.

5.2.3 Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές της αγοράς.

Η κατάσταση που έχει διαμορφωθεί σήμερα στην αγορά από τις εταιρείες, που κατασκευάζουν PLC, είναι η εξής:

Περίπτωση 1 - τα **Modular PLC** (συνήθως τα μεγάλα PLC, **Σχ.5.4**)

Σ'αυτή την περίπτωση το PLC πωλείται σε modular μορφή, δηλαδή κομμάτι-κομμάτι. Τα βασικά κομμάτια ενός τέτοιου PLC είναι:

- Η μονάδα τροφοδοσίας.
- Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας, η οποία έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει ένα ανώτατο αριθμό εισόδων και εξόδων. Π.χ. το PLCSIMATICS7-300 (CPU 316) της SIEMENS μπορεί να οδηγήσει μέχρι 1024 ψηφιακές εισόδους και εξόδους (συνολικά).
- Οι μονάδες εισόδων και εξόδων. Στα modular PLC πωλούνται και αυτές σε κομμάτια μονάδες. Κάθε μονάδα εισόδων (ή εξόδων) μπορεί να έχει 4, 8, 16 ή 32 εισόδους (ή εξόδους). Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να επιλέγουμε μία μονάδα

εισόδων ή εξόδων η οποία να έχει τα τεχνικά χαρακτηριστικά που επιθυμούμε. Γίνεται κατανοητό ότι σε ένα modular PLC μπορούμε να έχουμε μονάδες εισόδων ή εξόδων που να λειτουργούν σε διαφορετικές τάσεις τροφοδοσίας.

Περίπτωση 2 - Συμπαγή PLC (μικρά συνήθως, Σχ.5.5)

Όλες οι εταιρείες διαθέτουν και μικρά PLC, στα οποία όλες οι μονάδες τους (τροφοδοσίας, κεντρική μονάδα και μονάδες εισόδων - εξόδων) είναι ενσωματωμένες σε μια συσκευή. Σ' αυτού του είδους τα PLC εισοδοί και έξοδοι είναι συνήθως μέχρι 20 και όλες οι εισοδοί (ή έξοδοι) έχουν τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά.

Το σημείο που πρέπει κάποιος να προσέξει σχετικά με τις εισόδους και εξόδους είναι ότι κάθε είσοδος ή έξοδος είναι για το PLC ακριβώς καθορισμένη, δηλαδή έχει καθορισμένο όνομα με το οποίο αναφέρεται και στο πρόγραμμα. Στα συμπαγή PLC σε κάθε ακροδέκτη αναγράφεται το όνομα της εισόδου ή της εξόδου. Στα modular PLC υπάρχει σαφές σύστημα με το οποίο αναγνωρίζουμε το όνομα της εισόδου (ή εξόδου) σε κάθε ακροδέκτη μιας μονάδας εισόδων (ή εξόδων).

5.2.4 Αρχή λειτουργίας ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

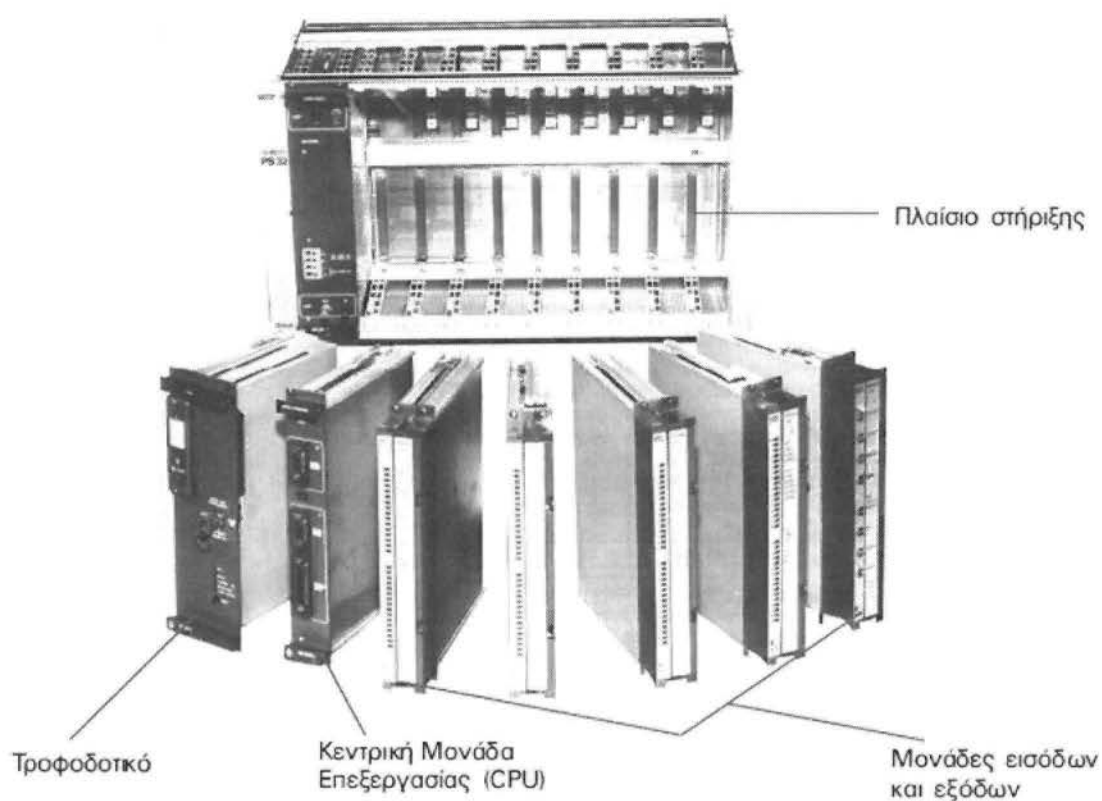
Ας υποθέσουμε ότι ένα PLC βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας του αυτοματισμού (RUN). Τα βήματα που ακολουθεί κατά τη λειτουργία του είναι τα εξής:

Βήμα 1ο. Στην αρχή ο μικροεπεξεργαστής διαβάζει τις εισόδους. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε είσοδο ελέγχει αν έχει υψηλή τάση (λογικό 1) ή χαμηλή τάση (λογικό 0). Η τιμή 0 ή 1 για κάθε είσοδο αποθηκεύεται σε μια ειδική περιοχή μνήμης η οποία ονομάζεται εικόνα εισόδων. Την εικόνα εισόδων μπορείτε να τη φανταστείτε σαν ένα πίνακα, όπου ο μικροεπεξεργαστής σημειώνει τις τιμές, που διάβασε. Π.χ. είσοδος I1=1, I2=0, I3=0 κ.ο.κ.

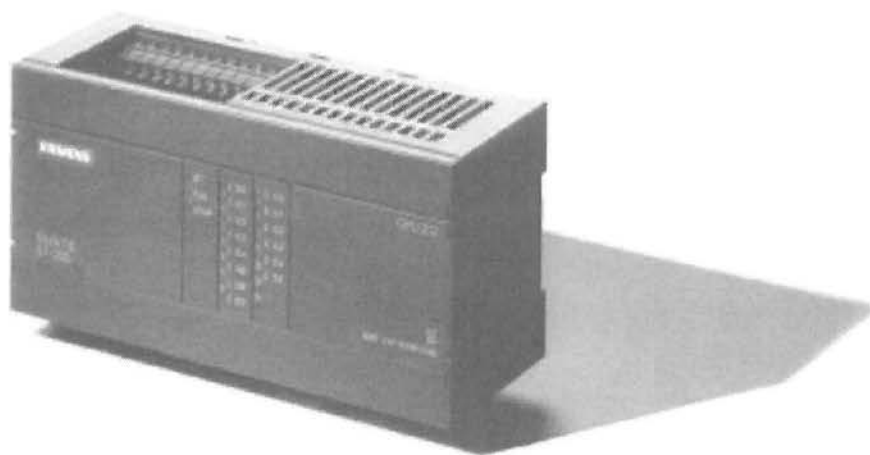
Βήμα 2ο. Στη συνέχεια ο μικροεπεξεργαστής χρησιμοποιώντας σαν δεδομένα τις τιμές των εισόδων, που διάβασε, εκτελεί τις εντολές του προγράμματος, το οποίο λειτουργεί τον αυτοματισμό. Το πρόγραμμα αυτό στην ουσία περιέχει μια σειρά από λογικές πράξεις. Η εκτέλεση του προγράμματος θα δώσει αποτελέσματα για τις εξόδους. Τα αποτελέσματα αυτά αποθηκεύονται στην ειδική περιοχή της μνήμης που ονομάζεται εικόνα εξόδων. Όπως η εικόνα εισόδων, η εικόνα εξόδων περιέχει την τιμή (0 ή 1) για κάθε έξοδο, π.χ. Q1=1, Q2=1, Q3=0 κ.ο.κ. Σημειώνουμε ότι οι τιμές αυτές προκύπτουν από την εκτέλεση των λογικών πράξεων του προγράμματος.

Βήμα 3ο. Στη συνέχεια ο μικροεπεξεργαστής αποδίδει τις τιμές της εικόνας εξόδων στις εξόδους. Αυτό σημαίνει ότι θα δοθεί υψηλή τάση σε όποια έξοδο έχει 1 και θα δοθεί χαμηλή τάση σε όποια έξοδο έχει 0.

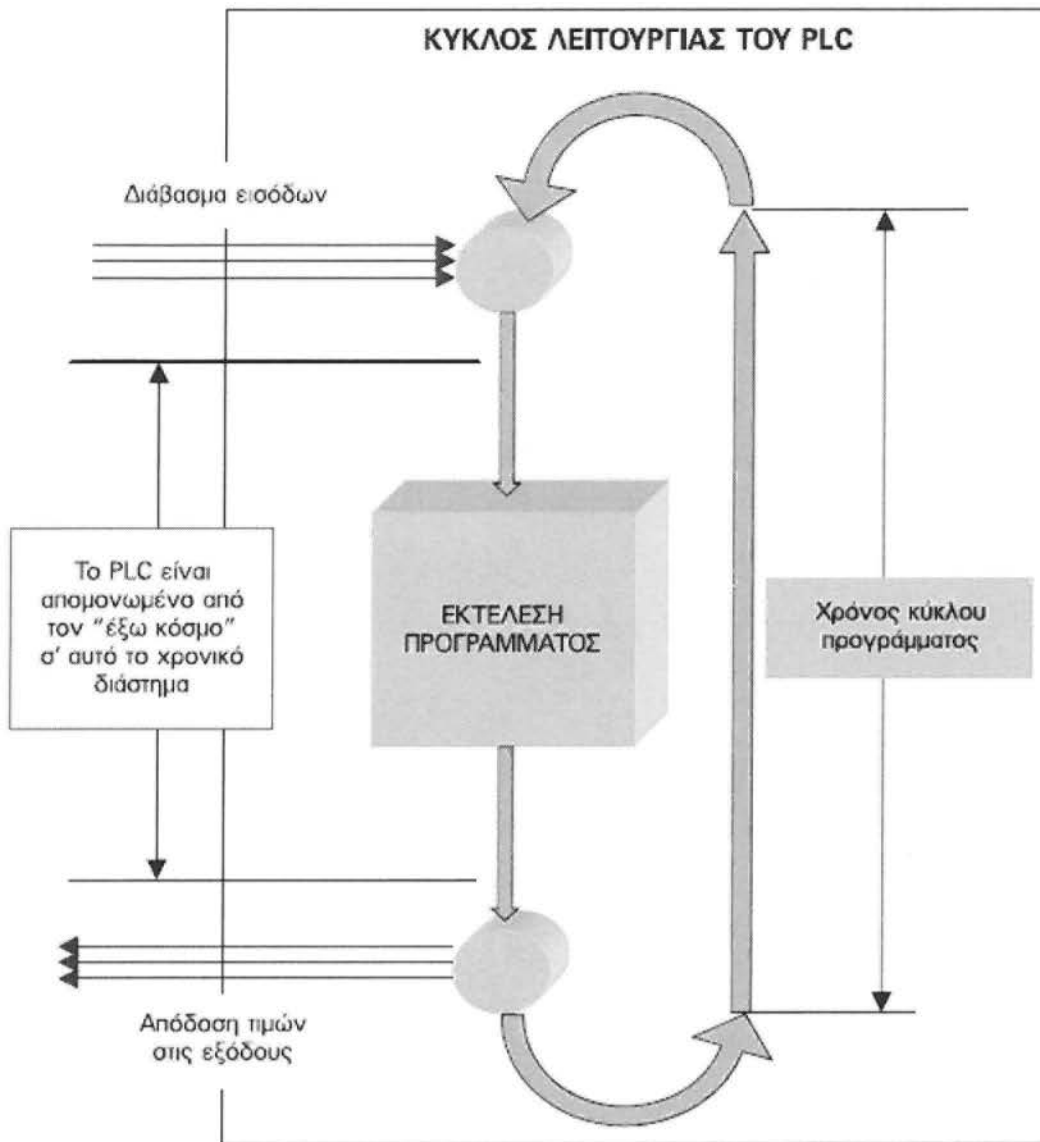
Με τη συμπλήρωση του 3ου βήματος συμπληρώνεται ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας και η διαδικασία ξαναρχίζει από την αρχή. Ο κύκλος λειτουργίας εκτελείται συνεχώς όσο το PLC βρίσκεται σε κατάσταση RUN. Δηλαδή ένα PLC εκτελεί συνεχώς τα βήματα του κύκλου λειτουργίας.



Σχ. 5.4: Modular PLC. Αποτελείται από ανεξάρτητες μονάδες οι οποίες προσαρμόζονται στο πλαίσιο στήριξης.



Σχ. 5.5: Συμπαγές PLC. Περιλαμβάνει τροφοδοτικό, κεντρική μονάδα επεξεργασίας, εισόδους και εξόδους, όλα ενσωματωμένα σε μια ενιαία συσκευή.



Σχ.5.6: Κύκλος λειτουργίας PLC.

Ο χρόνος που χρειάζεται για να εκτελέσει το PLC ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας ονομάζεται **χρόνος κύκλου** και εξαρτάται από τη ταχύτητα του μικροεπεξεργαστή του PLC, αλλά και από τον αριθμό και το είδος των εντολών του προγράμματος. Δηλαδή στο ίδιο PLC για ένα μεγαλύτερο πρόγραμμα έχουμε μεγαλύτερο χρόνο κύκλου. Ο χρόνος κύκλου αποτελεί και ένα μέτρο σύγκρισης μεταξύ των PLC. Για να μπορούν να συγκριθούν τα PLC ως προς τη ταχύτητα εκτέλεσης ενός προγράμματος, ορίζουμε το μέσο χρόνο κύκλου, σαν το χρόνο κύκλου ενός προγράμματος που περιλαμβάνει 1 Kbyte δυαδικές εντολές. Πάντως στη χειρότερη περίπτωση και σε ένα αργό PLC, ο χρόνος κύκλου δεν ξεπερνά μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου.

Σε αυτό το σημείο θα ήταν καλό να τονισθεί η ουσιαστική διαφορά στη λειτουργία ενός αυτοματισμού με PLC από ένα κλασικό αυτοματισμό με ηλεκτρονόμους.

Στην περίπτωση του κλασικού αυτοματισμού, όταν έχουμε αλλαγή της κατάστασης ενός διακόπτη εισόδου, η αλλαγή αυτή προκαλεί εκείνη τη στιγμή διαδοχικές αλλαγές στα στοιχεία του κυκλώματος που τροφοδοτούνται από το συγκεκριμένο διακόπτη. Έχουμε δηλαδή διαδικασία που συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο.

Αν μελετήσουμε τον κύκλο λειτουργία του PLC, θα δούμε ότι το PLC δεν βλέπει συνεχώς τον *έξω κόσμο* (την εξωτερική εγκατάσταση), παρά μόνο κατά τα χρονικά διαστήματα που διαβάζει τις εισόδους και αποδίδει τιμές στις εξόδους. Στον υπόλοιπο χρόνο του κύκλου, το PLC είναι ένας υπολογιστής ο οποίος εκτελεί πράξεις (λογικές βέβαια ή και αριθμητικές) απομονωμένο από τον έξω κόσμο. Για να γίνει αυτό κατανοητό υποθέστε ότι αλλάζει η κατάσταση μιας εισόδου, κατά την διάρκεια του χρόνου κατά τον οποίον εκτελούνται οι εντολές προγράμματος. Στην περίπτωση αυτή στο τέλος του κύκλου το PLC θα δώσει αποτελέσματα στις εξόδους, στα οποία δεν θα έχει ληφθεί υπόψη η αλλαγή στην κατάσταση της συγκεκριμένης εισόδου. Αυτό γιατί το PLC θα ενημερώσει την εικόνα των εισόδων για την αλλαγή στην κατάσταση της συγκεκριμένης εισόδου στην αρχή του επόμενου κύκλου επεξεργασίας του προγράμματος. Το PLC θα δώσει αποτελέσματα στις εξόδους, στα οποία θα έχει ληφθεί υπόψη η αλλαγή στην κατάσταση της παραπάνω εισόδου στο τέλος του επόμενου κύκλου επεξεργασίας του προγράμματος. Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη θα έλεγε κάποιος ότι τελικά το PLC ανταποκρίνεται πολύ καθυστερημένα στις αλλαγές μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας. Όμως, αυτό δεν είναι η πραγματικότητα, αφού ο χρόνος πραγματοποίησης ενός κύκλου προγράμματος από ένα PLC είναι πάρα πολύ μικρός, το πολύ 300ms σε πολύπλοκες εγκαταστάσεις αυτοματισμού.

5.3. Προγραμματισμός ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Το βασικότερο κομμάτι σε ένα σύστημα αυτοματισμού με PLC δεν είναι το υλικό μέρος αλλά το λογισμικό, δηλαδή το πρόγραμμα που υλοποιεί τον επιθυμητό αυτοματισμό. Το πρόγραμμα αναπτύσσεται σε μια γλώσσα προγραμματισμού. Δυστυχώς στα PLC δεν υπήρξε τυποποίηση σε κανέναν τομέα, λόγω του ανταγωνισμού των εταιρειών, ούτε βέβαια στο θέμα των γλωσσών προγραμματισμού. Δηλαδή δεν υπάρχουν γλώσσες προγραμματισμού για PLC που να ισχύουν ανεξάρτητα από εταιρεία, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στον προγραμματισμό των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Παρόλα αυτά οι γλώσσες των PLC των διάφορων εταιρειών μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, έτσι που να μπορούμε να μιλάμε σήμερα για μια τυποποίηση της αγοράς.

5.3.1 Γλώσσες προγραμματισμού των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

Τρεις είναι σήμερα οι κυριότερες κατηγορίες γλωσσών προγραμματισμού για PLC, τις οποίες συναντούμε με μικρές διαφορές στα PLC όλων των εταιρειών:

1. Γλώσσα LADDER ή γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών.

Είναι η πρώτη γλώσσα που αναπτύχθηκε ιστορικά. Η γλώσσα Ladder στην ουσία επιτρέπει τη μεταφορά του ηλεκτρολογικού σχεδίου, μέσω της συσκευής προγραμματισμού στο PLC. Με τη γλώσσα αυτή η εκπαίδευση των τεχνικών, που ήταν συνηθισμένοι στον κλασικό αυτοματισμό, γινόταν εύκολα και γρήγορα, αφού δεν άλλαζε ουσιαστικά την εργασία σχεδιασμού του αυτοματισμού. Η γλώσσα LADDER χρησιμοποιεί όχι την Ευρωπαϊκή προτυποποίηση στο σχεδιασμό των ηλεκτρικών επαφών, αλλά την Αμερικάνικη. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι τα πρώτα PLC αναπτύχθηκαν στην Αμερική. Όμως στη συνέχεια ο τρόπος αυτός σχεδιασμού βόλεψε και έτσι διατηρήθηκε και από τις Ευρωπαϊκές εταιρείες, με αποτέλεσμα σήμερα να είναι πλέον καθιερωμένος.

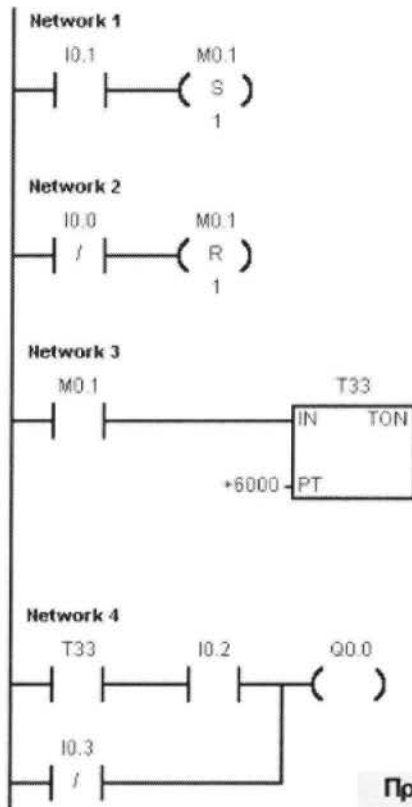
2. Γλώσσα λίστα εντολών (Statement List, STL) ή γλώσσα λογικών εντολών

Η γλώσσα αυτή αναπτύχθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με τη γλώσσα LADDER, αν και οι εταιρείες έδειξαν στην αρχή δισταγμό στο να την προωθήσουν, ώστε να μην αιφνιδιάσουν τεχνικό κατεστημένο της βιομηχανίας. Η γλώσσα αυτή δημιουργεί λίστα προ-γράμματος με εντολές, οι οποίες αντιστοιχούν στις λογικές πύλες (AND, OR, NOT κ.λπ.). Στην αρχή η γλώσσα λίστα εντολών ήταν πολύ φτωχή και περιοριζόταν μόνο στις βασικές λογικές εντολές, οι οποίες αντιστοιχούσαν αμέσως στις γραφικές εντολές της γλώσσας LADDER. Σήμερα οι γλώσσες αυτές έχουν εξελιχθεί πάρα πολύ και συναντά κανείς σε αυτές στοιχεία από τις γλώσσες των υπολογιστών και κυρίως των γλωσσών Assembly. Ο προγραμματισμός σε λίστα εντολών απαιτεί από τον ηλεκτρολόγο να έχει έστω στοιχειώδεις γνώσεις προγραμματισμού.

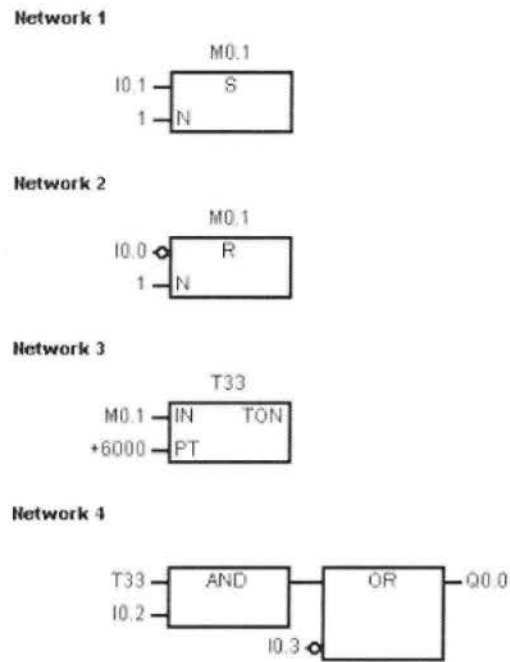
3. Γλώσσα λογικών γραφικών ή λογικού διαγράμματος

Η γλώσσα αυτή είναι επίσης γραφική, αλλά αντί του ηλεκτρολογικού σχεδίου του αυτοματισμού, χρησιμοποιεί το αντίστοιχο λογικό κύκλωμα. Η γλώσσα αυτή είναι νεότερη και δεν χρησιμοποιείται από όλες τις εταιρείες.

Πρόγραμμα σε γλώσσα LADDER



Πρόγραμμα σε γλώσσα λογικών γραφικών



Πρόγραμμα σε γλώσσα λίστα εντολών

```

NETWORK 1
LD  IO.1
S   MO.1, 1

NETWORK 2
LDN IO.0
R   MO.1, 1

NETWORK 3
LD  M0.1
TON T33, +6000

NETWORK 4
LD  T33
A   IO.2
ON  IO.3
=   Q0.0
    
```

Σχ.5.7: Γλώσσες προγραμματισμού PLC.

5.3.2 Συσκευές προγραμματισμού των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.

Αφού συντάξουμε το πρόγραμμα στο χαρτί σε οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού, πρέπει να το εισάγουμε στο PLC. Αυτό συνήθως γίνεται μέσω μιας συσκευής προγραμματισμού, ενός προγραμματιστή, που συνδέεται με το PLC. Ορισμένα μικρά PLC προγραμματίζονται με τη βοήθεια ενός αριθμού πλήκτρων που είναι ενσωματωμένα επάνω στη συσκευή του PLC και δε χρειάζονται συσκευή προγραμματισμού

Μια συσκευή προγραμματισμού μπορεί να είναι μιας από τις παρακάτω μορφές:

1) Ειδικός προγραμματιστής χειρός.

Κάθε PLC συνοδεύεται από μια ειδική συσκευή προγραμματιστή, η οποία είναι συνήθως χειρός, δηλαδή φορητή. Αυτές οι συσκευές προγραμματισμού διαθέτουν μια μικρή οθόνη υγρών κρυστάλλων και τυποποιημένα πλήκτρα προγραμματισμού. Συνήθως οι ειδικοί προγραμματιστές μπορούν να προγραμματίσουν τα PLC μόνο σε γλώσσα λίστα εντολών. Υπάρχουν όμως και προγραμματιστές με τους οποίους μπορούμε να προγραμματίσουμε και σε κάποια από τις γραφικές γλώσσες. Για να προγραμματίσουμε το PLC πρέπει να το συνδέσουμε με τον προγραμματιστή. Η σύνδεση πραγματοποιείται μέσω της ειδικής θύρας που υπάρχει στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του PLC. Αφού πληκτρολογήσουμε το πρόγραμμα, το μεταφέρουμε στη μνήμη του PLC. Όταν ολοκληρώσουμε τη διαδικασία αυτή, ο προγραμματιστής μπορεί να αποσυνδεθεί. Ο τρόπος χειρισμού του προγραμματιστή είναι τελείως ειδικός για κάθε PLC. Οι προγραμματιστές των διαφόρων εταιριών δεν μοιάζουν πολύ μεταξύ τους και αυτό είναι μια δυσκολία στην εκμάθηση του προγραμματισμού ενός νέου PLC.



Σχ. 5.8: Προγραμματιστής χειρός PLC.

Οι προγραμματιστές χειρός σήμερα διαθέτουν και άλλες δυνατότητες, όπως για παράδειγμα:

- Μπορούν να συνδεθούν με εκτυπωτή, για να εκτυπώσουμε το πρόγραμμα.
- Μπορούν να συνδεθούν με προσωπικό υπολογιστή (PC) με όσα πλεονεκτήματα μπορεί αυτό να έχει, π.χ. μπορούμε να αποθηκεύσουμε σε δισκέτα το πρόγραμμα, να κάνουμε εκτύπωση του προγράμματος κ.λπ.
- Μπορούν να συνδεθούν με ειδική συσκευή προγραμματισμού EEPROM, με την οποία μπορούμε να θέτουμε το πρόγραμμα σε πλακέτες EEPROM.
- Ακόμη με τον προγραμματιστή μπορούμε να ελέγχουμε την λειτουργία του προγράμματος-αυτοματισμού και να κάνουμε ανίχνευση βλαβών. Αυτή η δυνατότητα είναι ίσως το σημαντικότερο πλεονέκτημα του προγραμματιστή χειρός, γιατί μπορεί να μεταφερθεί σε οποιαδήποτε εγκατάσταση PLC, να συνδεθεί στο PLC και να ψάξουμε για βλάβες στη λειτουργία του αυτοματισμού.



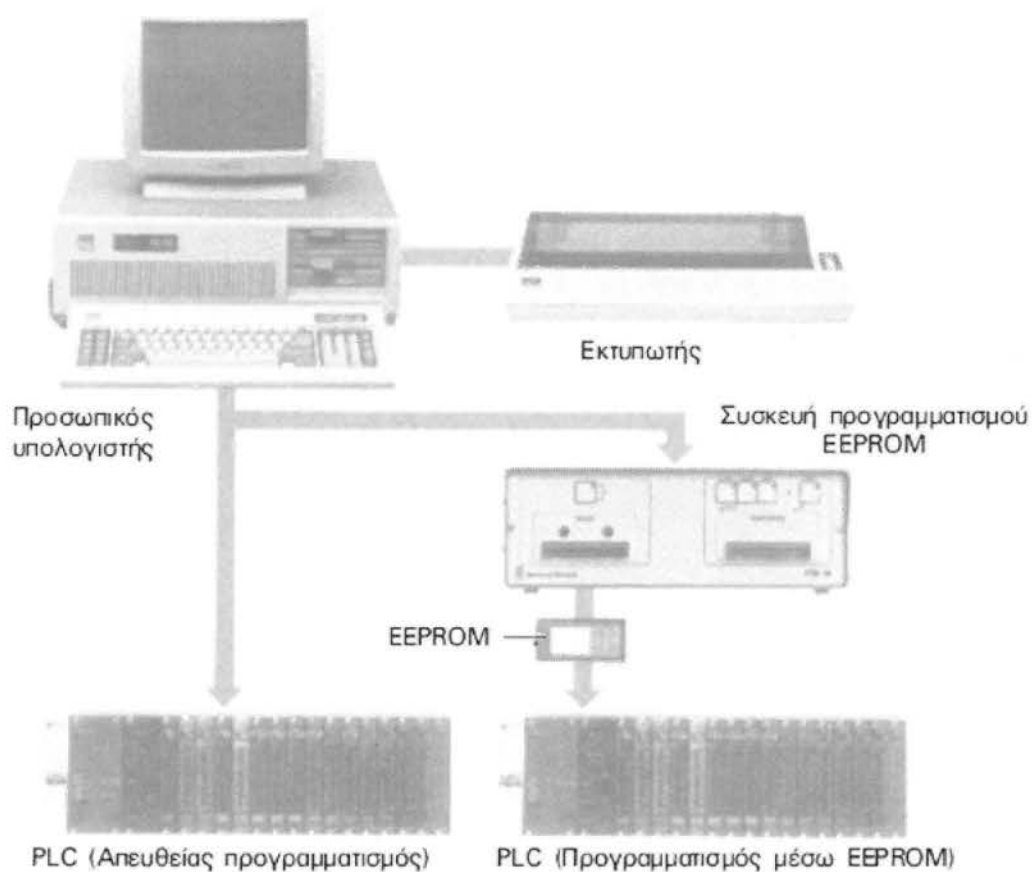
Σχ.5.9: Έλεγχος βλαβών σε εγκατάσταση αυτοματισμού με PLC.

2) Προσωπικός υπολογιστής (PC) και χρήση ειδικού λογισμικού.

Ο πιο εύκολος τρόπος προγραμματισμού ενός PLC σήμερα είναι μέσω ενός προσωπικού υπολογιστή (PC). Με την χρήση ειδικού λογισμικού, το οποίο δίνεται από την εταιρεία, το PC μετατρέπεται σε προγραμματιστή. Για τη σύνδεση του PC με το PLC ή με την συσκευή προγραμματισμού EEPROM χρειάζεται ειδική κάρτα σύνδεσης (interface), η οποία τοποθετείται στο PC. Ο προγραμματισμός μέσω PC είναι πολύ ευκολότερος από τον προγραμματισμό με τον ειδικό προγραμματιστή χειρός, ειδικά για κάποιον που είναι εξοικειωμένος με την χρήση του PC. Ο προγραμματισμός στις γραφικές γλώσσες γίνεται με τρόπο ιδανικό στην οθόνη του PC.

Τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα είναι ότι:

- Μπορούμε να αποθηκεύουμε και να αρχειοθετούμε τα προγράμματά μας.
- Μπορούμε να τυπώνουμε τα προγράμματα.



Σχ.5.10: Προγραμματισμός PLC με την βοήθεια προσωπικού υπολογιστή.

3) Ειδικές συσκευές προγραμματισμού.

Εκτός από τις δύο μορφές που προαναφέραμε, υπάρχουν κάποιες ειδικές συσκευές με τις οποίες ο προγραμματισμός, κυρίως στις γραφικές γλώσσες γίνεται πολύ εύκολα. Μία τέτοια συσκευή είναι η φωτεινή πένα (lightpen). Πρόκειται για μια συσκευή η οποία περιλαμβάνει μια οθόνη, επάνω στην οποία σχεδιάζουμε με μια ειδική φωτεινή πένα(lightpen)(Σχ.5.11).



Σχ.5.11: Προγραμματισμός PLC με φωτεινή πένα (LightPen).

5.3.3 Τρόπος ανάπτυξης ενός συστήματος αυτοματισμού με τη χρήση προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Είδαμε ότι αρχικά οι εταιρείες παραγωγής PLC προσπάθησαν να μη διαταράξουν τον τρόπο σχεδιασμού των αυτοματισμών, δηλαδή όλες οι γλώσσες προγραμματισμού στηρίχθηκαν στην ανάπτυξη του προγράμματος από το υπάρχον σχέδιο του κλασικού αυτοματισμού της καλωδιωμένης λογικής. Αντί να προχωρήσουμε στην κατασκευή της πολύπλοκης καλωδίωσης του πίνακα, προχωρούσαμε στον προγραμματισμό του PLC, μετατρέποντας στην ουσία το κλασικό σχέδιο σε πρόγραμμα. Όλες οι γλώσσες προγραμματισμού, είτε επρόκειτο για τη γλώσσα λίστα εντολών είτε για τις γραφικές, είχαν προσαρμοστεί σε αυτό το μοντέλο. Με την πάροδο του χρόνου οι γλώσσες προγραμματισμού εξελίχθηκαν, απομακρύνονται όλο και περισσότερο από το μοντέλο του ηλεκτρολογικού σχεδίου και πλησιάζουν τις ανώτερες γλώσσες προγραμματισμού. Για παράδειγμα οι εντολές ελέγχου και διακλάδωσης (π.χ. IF., GO TO.) και υποπρογραμμάτων (π.χ. GO SUB., CALL. κ.λπ.) είναι από τις σημαντικότερες εντολές στις ανώτερες γλώσσες προγραμματισμού. Τέτοιου είδους εντολές δεν υπήρχαν αρχικά στις γλώσσες των PLC. Σιγά-σιγά όμως αρχίζουν να εμφανίζονται πολλές τέτοιες εντολές στις νεότερες εκδόσεις όλων των γλωσσών. Η εξέλιξη αυτή έχει αρχίσει να αλλάζει τον τρόπο σχεδιασμού και ανάπτυξης των αυτοματισμών με PLC. Ήδη υπάρχει μια κατηγορία νέων σχεδιαστών αυτοματισμού, οι οποίοι δουλεύουν περισσότερο σαν προγραμματιστές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Αυτό το κεφάλαιο αναφέρεται στα χαρακτηριστικά των υπολογιστών και του λογισμικού που χρησιμοποιούνται στη σημερινή βιομηχανία. Ο λόγος που χρειάζεται αναφορά, είναι διότι και το υλικό αλλά και το λογισμικό διαφέρουν αρκετά από τα εμπορικά αντίστοιχά τους, προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες της βιομηχανίας που θα εγκατασταθούν όσον αφορά τις συνθήκες που επικρατούν αλλά και τις απαιτήσεις που υπάρχουν. Ταυτόχρονα θα γίνουν και περιληπτικές αναφορές στα πιο γνωστά μοντέλα που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή στις βιομηχανίες.

6.1 Υπολογιστές στην παραγωγή

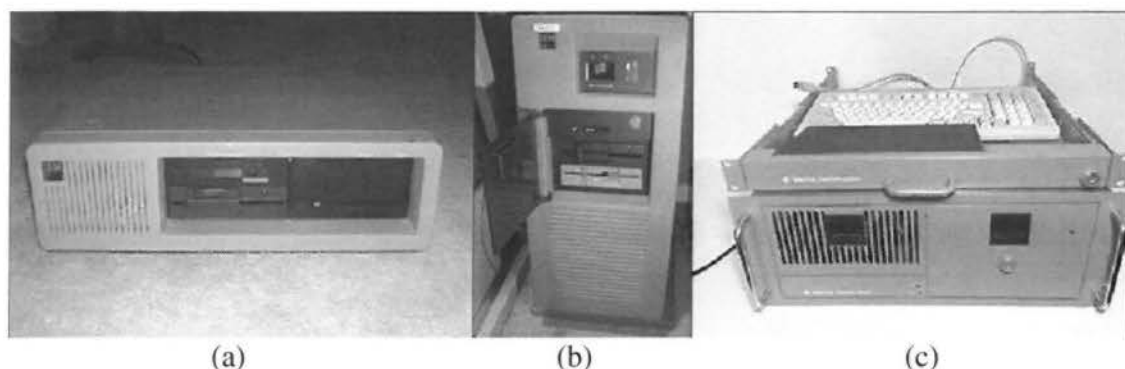
6.1.1 Ιστορική αναδρομή

Ο πρώτος Η/Υ για βιομηχανική χρήση είχε παραχθεί από την IBM και ήταν ο 5531 (Σχ.6.1a), το 1984. Τα χαρακτηριστικά του 5531 ήταν 128KB ή 256KB μνήμης με δυνατότητα επέκτασης, επεξεργαστής AMD 8088(5MHz) και είχε δυνατότητα για να συνδεθεί έγχρωμη οθόνη μέσω κάρτας γραφικών CGA(Color Graphics Adapter). Επίσης είχε 2 floppy drives, ένα για 5^{1/4} διπλής όψεως και ένα για 3^{1/2}, χωρητικότητας 1.2mbyte και 720kbyte αντίστοιχως.

Ακολούθησε ο 7531(Σχ.6.1b) το 1985, ενώ εκείνη την περίοδο έκανε την εμφάνιση της στην αγορά και η Industrial Computer Source, όπου έδωσε και την δική της πρόταση με τον 6531(Σχ.6.1c), που ήταν κατασκευή για rack, βασιζόμενος σε κλώνο της μητρικής κάρτας(motherboard) που χρησιμοποιούσαν τότε οι IBM.

Ο 7531 της IBM είχε επεξεργαστή 80286 στα 6MHz(με τα επόμενα μοντέλα να έχουν 286 στα 8Mhz), 512KByte μνήμη (επεκτάσιμη) και για κάρτα γραφικών είτε CGA είτε EGA(Enhanced Graphics Adapter). Επίσης είχε floppy drive 5^{1/4} διπλής όψεως(1,2MByte) και μέχρι και 2 σκληρούς δίσκους στα 20MByte έκαστος.

Αντίστοιχα, ο 6531 είχε τον 8088 στα 4,7MHz, 128KBRam και 10MByte σκληρό δίσκο.



Σχ. 6.1:(a) IBM 5531 (b) IBM 7531 (c) ICS 6531

6.1.2 Γενικά

Οι Η/Υ για βιομηχανική χρήση είναι συνήθως βασισμένοι σε επεξεργαστές με x86 αρχιτεκτονική και χρησιμοποιούνται συνήθως για έλεγχο διαδικασιών καθώς και για απόκτηση δεδομένων (process control/data acquisition).

Υπάρχουν περιπτώσεις βέβαια που ένας τέτοιος Η/Υ είναι μέρος μιας διάταξης host-target, όπου ο Host έχει εγκατεστημένο το περιβάλλον επικοινωνίας με τον χρήστη, ενώ ο target Η/Υ έχει το real-time σύστημα που επεξεργάζεται τα δεδομένα.

Ανάλογα με τις ανάγκες του λογισμικού μπορούν να εγκατασταθούν κάρτες επέκτασης για να παρέχουν πχ αναλογική και ψηφιακή είσοδο/έξοδο ή διεπαφή για συγκεκριμένο μηχάνημα κτλ.

Οι Η/Υ βιομηχανικής χρήσης συνήθως διαφέρουν από τους οικιακούς στα παρακάτω :

- σταθερότητα στη λειτουργία
- συμβατότητα και
- επεκτασιμότητα

και ως αποτέλεσμα αυτών, κατασκευάζονται σε πολύ μικρότερες ποσότητες από αυτές των οικιακών αλλά έχουν και μεγαλύτερο κόστος, σε σχέση με τα ίδιας δυναμικότητας οικιακά μοντέλα.

Μια υποκατηγορία αυτών είναι τα **Panel-PCs** (Σχ. 6.2). Στα **Panel-PCs** περιλαμβάνεται και μια οθόνη (συνήθως **LCD**) αφής, η οποία είναι εγκατεστημένη μέσα στην κατασκευή μαζί με τα υπόλοιπα στοιχεία (μητρική κάρτα κτλ.). Συνήθως κατασκευάζονται για να είναι αδιάβροχα και ανθεκτικά σε μεγάλες θερμοκρασίες.

Άλλη μία αρκετά μεγάλη υποκατηγορία είναι **οι ενσωματωμένοι υπολογιστές (Embedded Computers)**. Ο ενσωματωμένος υπολογιστής είναι ένας υπολογιστής μέσα σε μια άλλη συσκευή, που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση μιας προκαθορισμένης εφαρμογής ή ενός συνόλου προγραμμάτων. Παραδείγματα αυτών περιλαμβάνουν τους υπολογιστές στα αυτοκίνητα, σε ένα κινητό τηλέφωνο, σε μία κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών ή ακόμα και τα δίκτυα επεξεργαστών που ελέγχουν ένα σύγχρονο αεροπλάνο. Συνήθως βασίζονται σε μικροελεγκτές αλλά οι πιο σύνθετες κατασκευές τους στηρίζονται σε μικροεπεξεργαστές με εξωτερικά κυκλώματα για υποστήριξη μνήμης και

περιφερειακών.



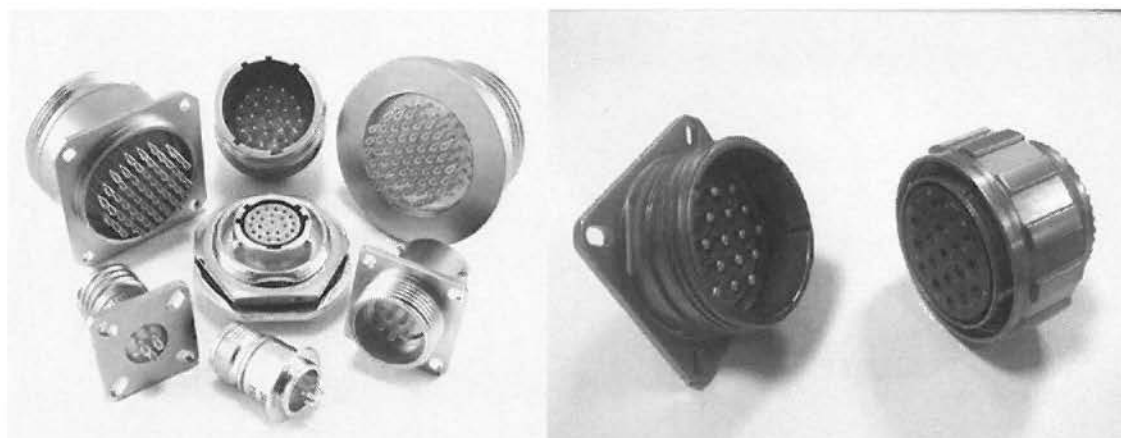
Σχ. 6.2: Παράδειγμα ενός EmbeddedPC(αριστερά) και ενός Panel-PC(δεξιά)

6.1.3 Χαρακτηριστικά Η/Υ βιομηχανικής χρήσης (υλικό) .

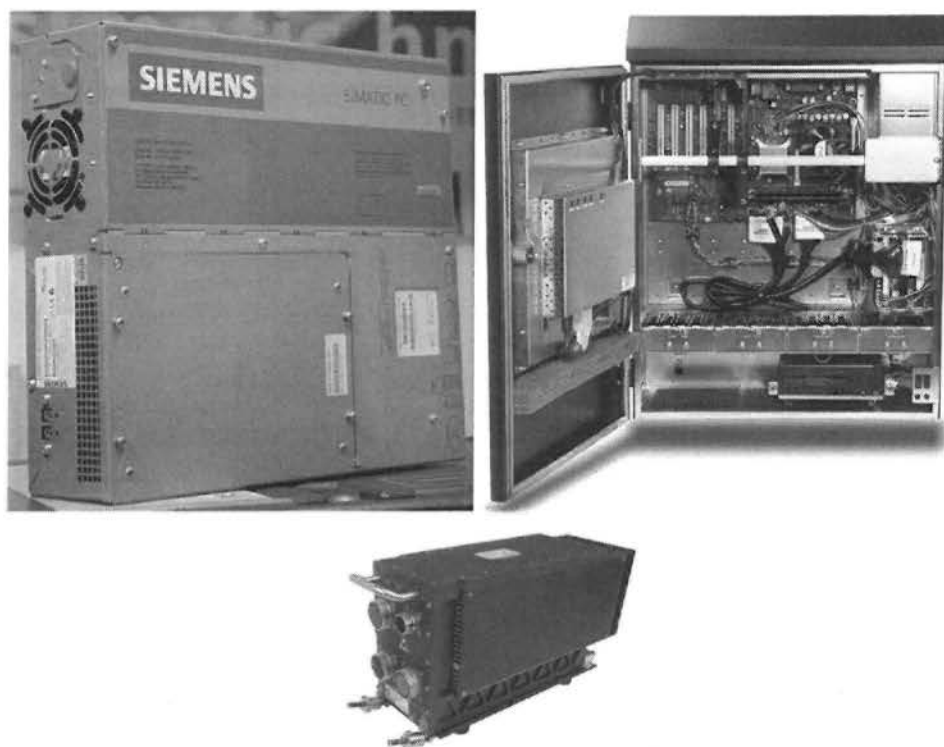
Θεωρητικά , όλοι οι υπολογιστές αυτής της κατηγορίας έχουν κατασκευασθεί με την φιλοσοφία του να εγκατασταθούν με τέτοιο τρόπο στη βιομηχανία, ώστε να παρέχουν τις υπηρεσίες τους αδιάλειπτα και χωρίς να επηρεάζονται από τις σκληρές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον τους. Να τονισθεί ότι τα ίδια τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται τα ηλεκτρονικά μέρη τους, συνήθως είναι κατασκευασμένα για να αντέχουν σε πολύ υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες, απ'οτι τα αντίστοιχα για εμπορική χρήση.

Έτσι λοιπόν τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών των υπολογιστών είναι τα:

- Κατασκευή του κουτιού από ανθεκτικότερο μέταλλο, σε σχέση με τα οικιακά αντίστοιχα τους
- Δυνατότητα εγκατάστασης σε επιτοίχια ή μη καμπίνα (rackmounting)
- Πρόσθετη ψύξη μέσω αέρα ή με χρήση εναλλακτικών μεθόδων(υδρόψυξη ή επαγωγική)
- Κατασκευή για ενισχυμένο φιλτράρισμα από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και για στεγανοποίηση.
- Κατασκευή για ενισχυμένη προστασία από σκόνη, νερό ή πχ. για βύθιση σε υγρά
- Καλώδια με ακροδέκτες τύπου MIL-SPEC ή Circular-MIL(Σχ. 6.3)
- Ενισχυμένη τροφοδοσία.
- Ελεγχόμενη πρόσβαση στα στοιχεία ελέγχου μέσω θυρών ασφαλείας και στις μονάδες εισόδου/εξόδου μέσω χρήση καλυμμάτων ασφαλείας.
- Συμπερίληψη χρονικού μετρητή(watchdogtimer) για αυτόματη επανεκκίνηση συστήματος σε περίπτωση κλειδώματος του λειτουργικού συστήματος



Σχ. 6.3: Ακροφύσια τύπου MIL-SPEC και Circular-MIL αντίστοιχα

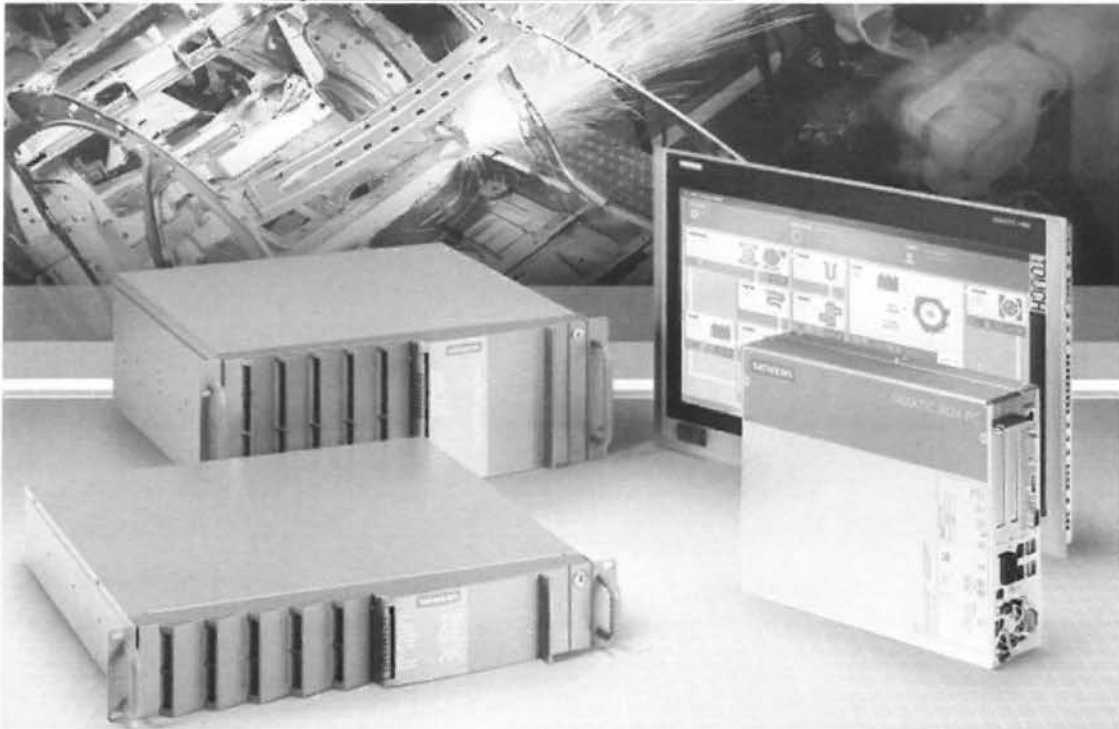


*Σχ. 6.4: Πάνω αριστερά: Η/Υ κατασκευασμένος με ενισχυμένο μέταλλο στο κουτί.
Πάνω δεξιά : Η/Υ τοποθετημένος σε επιτοίχιο rack
Κάτω : Η/Υ κατασκευασμένος για υποβρύχια χρήση*

6.1.4 Υπολογιστές στη σύγχρονη βιομηχανία.

Παρακάτω θα αναφέρουμε τις 5 πιο γνωστές εταιρίες που εξοπλίζουν τις σημερινές βιομηχανίες με υπολογιστικές μονάδες.

- Siemens (<http://www.automation.siemens.com/>)



(αριστερά: rackmount / δεξιά: Panel-PC / desktop)

Η Siemens χρησιμοποιεί Intel επεξεργαστές (τελευταίας γενιάς) και προτείνει τα συστήματά της με λειτουργικά συστήματα της Microsoft.

- Amplicon (<http://www.amplicon.com/>)



(πάνω αριστερά: rackmount / κάτω αριστερά: Panel-PC / δεξιά: Desktop)

Η Amplicon επίσης χρησιμοποιεί Intel επεξεργαστές (4^{ης} γενιάς καθώς και για ελάχιστες απαιτήσεις όπως Intel Atom), όπως και λειτουργικά συστήματα της Microsoft

- ICP Global (<http://icpglobal.com.au/>)



(πάνω: rackmount / κάτω : Panel-PC)

Η ICPGlobal χρησιμοποιεί Intel επεξεργαστές (κυρίως Atom αλλά και 4^{ης} γενιάς) και δίνει δυνατότητα για επιλογή λειτουργικού συστήματος, ανάμεσα σε QNX, Linux αλλά και Microsoft.

- Arista (<http://www.aristaipc.com/>)



(πάνω αριστερά : Panel-PC / δεξιά: rackmount / κάτω : wallmount)

Η Arista χρησιμοποιεί κυρίως Intel επεξεργαστές (πιο πολύ 3^{ης} γενιάς) και λειτουργικά συστήματα της Microsoft

- Laversab Industrial Computers (<http://laversab.com/>)



Η LaverSab χρησιμοποιεί Intel , ARM αλλά και Samsung επεξεργαστές και λειτουργικά συστήματα όπως Windows αλλά και Linux.

6.2 Λογισμικό Βιομηχανικών Εφαρμογών

Σε αυτό το σημείο θα αναλύσουμε το λογισμικό το οποίο εγκαθίσταται στα μηχανήματα που περιγράφηκαν παραπάνω, το οποίο χρησιμοποιείται από τις βιομηχανίες για να μπορούν να έχουν τα οφέλη του αυτοματισμού. Ο όρος αυτοματισμός αναφέρεται στον αυτόματο χειρισμό των τμημάτων στα διάφορα στάδια της διαδικασίας παραγωγής. Για να μπορέσει μια βιομηχανία να έχει αυτοματισμό στο μέγιστο βαθμό, θα πρέπει να επιλέξει αξιόπιστο πακέτο λογισμικού και υλικού. Παρακάτω θα δούμε τα πιο γνωστά λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου που χρησιμοποιούνται για να εγκατασταθεί το λογισμικό που θα κάνει την ουσιαστική συλλογή και επεξεργασία πληροφοριών.

6.2.1 Λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου (RTOS) και συστήματα γενικής χρήσης (General Purpose Systems).

Όπως είδαμε και στο 3ο κεφάλαιο (3.1.2), λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου είναι τα ειδικά λειτουργικά συστήματα που χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις χρόνου σχετικά με τη λειτουργία του επεξεργαστή ή με τη ροή των δεδομένων. Έτσι, τα λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου χρησιμοποιούνται συχνά για τον έλεγχο συσκευών από μια αποκλειστική εφαρμογή (dedicated application). Όπως είναι φυσικό, αυτά τα συστήματα τα συναντάμε συχνά σε βιομηχανικές εφαρμογές. Τα συστήματα πραγματικού χρόνου συλλέγουν εξωτερικά δεδομένα χρησιμοποιώντας αισθητήρες (πχ. ένα σύστημα πραγματικού χρόνου που ελέγχει το πότισμα σε ένα θερμοκήπιο, συλλέγει τα δεδομένα από θερμομέτρα κτλ.). Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για να ξεκινήσει μια εξωτερική διαδικασία (πχ. πότισμα του θερμοκηπίου) η οποία τελικά θα τροποποιήσει τις εξόδους του αισθητήρα. Παραδείγματα λειτουργικών συστημάτων πραγματικού χρόνου είναι QNX, Jaluna-1, Chorus OS, Lynx OS, Windows CE, .NET και VxWorks AE.

Υπάρχουν δύο ειδών λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου, τα **σκληρά** και τα **μαλακά**. Ένα **σκληρό** σύστημα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε κρίσιμες εργασίες να ολοκληρώνονται στην ώρα τους. Από την άλλη πλευρά, ένα **μαλακό** σύστημα πραγματικού χρόνου είναι ένα σύστημα που οι κρίσιμες εργασίες παίρνουν την προτεραιότητα άλλων, που δεν είναι κρίσιμες. Το παραπάνω ισχύει μέχρι η εργασία να

ολοκληρωθεί.

Το *σύστημα γενικής χρήσης* (*GeneralPurposeSystems*) είναι αυτό που επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να εργάζονται την ίδια στιγμή, με τον κάθε χρήστη να μπορεί να εκτελεί πολλές και διαφορετικές μεταξύ τους εργασίες. Συνήθως, τα συστήματα γενικής χρήσης εγκαθίστανται μαζί με ένα *γραφικό περιβάλλον χρήστη* το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να κάνουν διάφορες εργασίες χρησιμοποιώντας μια απλή συσκευή όπως πχ. ποντίκι. Επιπρόσθετα, κάθε σύστημα είναι εξοπλισμένο με διάφορες «βασικές» εφαρμογές όπως επεξεργαστές κειμένου, υπολογιστικά φύλλα ή ακόμα και αναπαραγωγή CD. Παραδείγματα συστημάτων γενικής χρήσης είναι τα Linux, Microsoft Windows, Solaris και OpenBSD.

6.2.2 Παραδείγματα λειτουργικών συστημάτων πραγματικού χρόνου (RTOS)

- *QNX Neutrino (QNS Software Systems)*

Το QNX είναι ένα πολύ «κομψό» σύστημα το οποίο εγκαθίσταται εύκολα και γρήγορα. Τα βασικά κομμάτια του συστήματος (*system modules*) μπορούν να εγκατασταθούν σε λιγότερο από 5"! Επιπρόσθετα, κρίσιμα στοιχεία όπως κάρτες δικτύου και συσκευές αποθήκευσης εντοπίζονται αυτόματα. Το σύστημα μπορεί να παραμετροποιηθεί από εργαλεία που βρίσκονται στο γραφικό περιβάλλον χρήστη, τα οποία είναι ιδιαίτερα εύκολα στη χρήση.

Το QNX έχει αρχιτεκτονική *client-server*, αποτελούμενο από έναν μικρο-πυρήνα (*microkernel*) που περιέχει μόνο τις απολύτως απαραίτητες υπηρεσίες του λειτουργικού συστήματος καθώς και συνεργαζόμενες διεργασίες με προστατευόμενο χώρο μνήμης, όπου μπορούν να σταματήσουν και να ξεκινήσουν δυναμικά. Ένα παράδειγμα αυτών των διεργασιών είναι ο *filesystem manager*. Επίσης, το σύστημα παρέχει εξαιρετική υποστήριξη για νήματα, τα οποία είναι κρίσιμο στοιχείο για κάθε αξιοπρεπές λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου. Το περιβάλλον προγραμματισμού εφαρμογών (API) του QNX είναι αρκετά πλούσιο. Το API εστιάζει στην επικοινωνία μέσω μηνυμάτων (*σήματα και μηνυμάτων*) μιας και το QNX είναι αρχιτεκτονικής βασισμένης σε μηνύματα. Σε ένα QNX σύστημα κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε τον *Voyager Web Browser*, σαν φυλλομετρητή διαδικτύου ή τον πιο γνωστό *Mozilla Web Browser*. Ένα QNX σύστημα μπορεί να παρέχει υπηρεσίες διαδικτύου, εγκαθιστώντας έναν *Apache Web server*, όπου είναι ιδιαίτερα αξιόπιστο εργαλείο. Επίσης παρέχονται και άλλα εργαλεία και πρωτόκολλα για δίκτυα, όπως και για αναπαραγωγή πολυμέσων.

Το QNX έρχεται με έναν αριθμό από εργαλεία τα οποία διευκολύνουν τη δημιουργία GUI εφαρμογών, όπου εν τέλει είναι ιδιαίτερα σημαντικό για πολλές ενσωματωμένες εφαρμογές (*embedded applications* πχ. αυτόματες ταμειακές μηχανές). Το *Photon Application Builder* παρέχει ένα GUI για κατασκευή εφαρμογών GUI, όπου συνδυάζεται με τον *gcc μεταγλωττιστή* για C/C++ (από το δέντρο των εργαλείων GNU). Τέλος, μαζί με το QNX παρέχεται και ικανοποιητικό εγχειρίδιο συστήματος και να τονισθεί ότι είναι δωρεάν για χρήση.

- *VxWorks AE*

Το *VxWorks RTOS* από την *Wind River Systems*, μπορεί να εγκατασταθεί χωρίς

κανένα πρόβλημα, από τη στιγμή που είναι διαθέσιμα όλα τα σειριακά κλειδιά εγκατάστασης. Η παραμετροποίηση του συστήματος όμως δεν είναι κάποια εύκολη διαδικασία, διότι δεν υπάρχουν επαρκή εγχειρίδια χρήσης όπως και πληροφορίες. Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του VxWorksΑΕ είναι τα *protectiondomains*, όπου ουσιαστικά είναι έναν *logicalresource* «χώρο» όπου ορίζει ένα περιβάλλον εκτέλεσης : κάθε *protectiondomain* υπάρχει στο δικό του χώρο διευθύνσεων και ανάλογα την παραμετροποίηση μπορεί να είναι ή και να μην είναι ορατό από άλλα *domains*. Εν ολίγοις, το σύστημα δεν παρέχει ένα μόνο απλό χώρο διευθύνσεων, αλλά πολλά εικονικά τμήματα διευθύνσεων, όπου μπορούν να εκτελούνται οι εφαρμογές. Κάθε *protectiondomain* μπορεί να αποτελείται από σχεδόν άπειρα *threads*, που χρησιμοποιούνται για να υποδιαιρούν τις αντίστοιχες διεργασίες.

Το VxWorks έχει ένα πολύ πλούσιο API, όπου είναι περισσότερο χρήσιμο όταν κάποιος χρειάζεται περισσότερο παραδοσιακές τεχνικές συγχρονισμού (πχ . σημαφόροι). Το VxWorks παρέχει όλα τις στάνταρντ TCP/IP παροχές δικτύου , ρυθμισμένες για εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Επίσης το *NetworkProtocolToolkit* που έχει δίνει δυνατότητα για εύκολη εγκατάσταση και προσαρμογή προγραμμάτων οδήγησης δικτύου. Το *TornadoTools* περιβάλλον ανάπτυξης δίνει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να επιταχύνουν τη παραμετροποίηση, ανάπτυξη αλλά και *debugging* των εφαρμογών του VxWorks (όπου είναι σχεδιασμένες για λειτουργία σε *protectiondomains*).

- **Windows CE**

Το Windows CE .NET της Microsoft έχουν εύκολη διαδικασία εγκατάστασης , αλλά η παραμετροποίηση συστήματος δεν είναι εξίσου εύκολη. Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα σε έναν Windows 200x Server αλλά και ως stand-alone σύστημα(κάτι που σαν επιλογή δίνει και το QNX, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να εγκατασταθεί μέσα και σε ένα Linux box). Το σύστημα έχει αρκετές δυνατότητες επεκτασιμότητας και μπορεί να εκτελέσει μέχρι και 32.000 διεργασίες, παρέχοντας αρκετά καλή υποστήριξη για προγραμματισμό με νήματα. Παρόλα αυτά, εάν κάποιος προγραμματιστής έχει συνηθίσει σε συστήματα τα POSIX, τότε καλό θα είναι να αποφύγει τα Windows CE (πχ δεν υπάρχουν *signals*, αλλά *eventflags*). Έχουν σχεδόν άριστη υποστήριξη για διαδίκτυο , όπως και αρκετές εφαρμογές για πολυμέσα.

Το *PlatformBuilder* είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης για κατασκευή προσαρμοσμένης πλατφόρμας (*custom embedded platform*) βασισμένη στο Windows CE λειτουργικό σύστημα. Το *PlatformBuilder* έρχεται με όλα τα απαραίτητα εργαλεία ανάπτυξης για να μπορεί ο χρήστης να σχεδιάσει, δημιουργήσει, κατασκευάσει και δοκιμάσει μια Windows CE πλατφόρμα. Επιπρόσθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το *VisualStudio .NET* όπως και η *eMbedded VisualC++* , προκειμένου να κατασκευαστούν εφαρμογές μέσα στην πλατφόρμα. Τέλος, τα αντίστοιχα εγχειρίδια συστήματος είναι αρκετά ικανοποιητικά.

- **Linux**

Υπάρχουν αρκετά λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου βασισμένα σε Linux όπως είναι το ELDS , PTLinux/Free, Embedix Linux, TimeSys Linux κτλ. Οι περισσότερες από τις παραπάνω διανομές έχουν σχεδόν τα ίδια προβλήματα με αυτά που

έχουν οι συνηθισμένες διανομές Linux. Για παράδειγμα, τις περισσότερες φορές δεν υπάρχει επαγγελματική υποστήριξη, αλλά περισσότερο δίνονται λύσεις μέσω forums και αντιστοίχων communities, όπως και αρκετές φορές δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες στα εγχειρίδια των συστημάτων.

6.2.3 Παραδείγματα λειτουργικών συστημάτων γενικής χρήσης για βιομηχανικές εφαρμογές

- **Solaris**

Το Solaris από τη Sun Microsystems είναι ένα επεκτάσιμο και ασφαλές λειτουργικό σύστημα, όπου μπορεί να λειτουργήσει με Inter και Sparc επεξεργαστές. Λόγω της μακροχρόνιας υποστήριξης που παρέχει η Sun στους x64 επεξεργαστές, η απόδοση που έχει το Solaris είναι σε πραγματικά υψηλά επίπεδα.

Το Solaris είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται σε νέο υλικό/πλατφόρμες, να ενσωματώνει νέα χαρακτηριστικά και να αναδιαμορφώνεται χωρίς να χρειάζεται επανεκκίνηση. Ο πυρήνας του Solaris είναι δυναμικός και αποτελείται από το βασικό σύστημα που είναι πάντα στη μνήμη, με υπηρεσίες φορτωμένες ξεχωριστά από τον πυρήνα, ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Το Solaris εγκαθίσταται μαζί με έναν αριθμό από εργαλεία όπως Star-Office, Java Technology, όπως και αρκετά εργαλεία ανοικτού κώδικα (opensource tools). Τέλος, το Solaris είναι αρκετά φθινό σε σχέση με άλλα συστήματα και αρκετά αξιόπιστο, οπότε αποτελεί μια από τις πρώτες επιλογές για ένα βιομηχανικό περιβάλλον.

- **BSD (Berkley Software Distribution)**

Το OpenBSD λειτουργικό σύστημα είναι τύπου Unix δωρεάν λειτουργικό σύστημα, με πολλές πλατφόρμες λειτουργίας. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο με έμφαση στην ασφάλεια, την τυποποίηση και την φορητότητα του. Το NetBSD είναι ένα δωρεάν, ασφαλές και φορητό τύπου Unix λειτουργικό σύστημα, διαθέσιμο για πολλές πλατφόρμες, από 64-bit Alpha Servers έως οικιακά συστήματα, φορητές και ενσωματωμένες (embedded) συσκευές. Ο «καθαρός» σχεδιασμός του και οι προηγμένες λειτουργίες του, το κάνουν εξαιρετικό στην χρήση σε περιβάλλοντα παραγωγής αλλά και σχεδιασμού. Τέλος, το FreeBSD είναι ένα προηγμένο λειτουργικό σύστημα για x86 Συμβατές, DEC Alpha, IA-64, PC-98 και Ultra-Spark αρχιτεκτονικές. Παραγόμενο από BSD-Uinx, έχει αναπτυχθεί και συντηρείται από μια μεγάλη ομάδα ατόμων. Προσφέρει ανεπτυγμένες λειτουργίες και δυνατότητες δικτύωσης, ασφάλειας, απόδοσης και συμβατότητας που ακόμα και σήμερα λείπουν από πολλά γνωστά, εμπορικά διαθέσιμα λειτουργικά συστήματα.

Σε αυτή την κατηγορία θα μπορούσαν να προστεθούν και τα προϊόντα της Microsoft, τα οποία ήδη χρησιμοποιούνται ευρέως. Το ζήτημα όμως είναι ότι ακόμα μέχρι και σήμερα το κοινό αρνητικό όλων των συστημάτων της Microsoft είναι η αστάθεια τους, σε αντίθεση με τα παραπάνω που κοστίζουν πολύ χαμηλότερα και είναι

πολύ πιο σταθερά· χαρακτηριστικά που είναι πολύ σημαντικά για μία βιομηχανία.

6.2.4 Εφαρμογές για χρήση στη βιομηχανία.

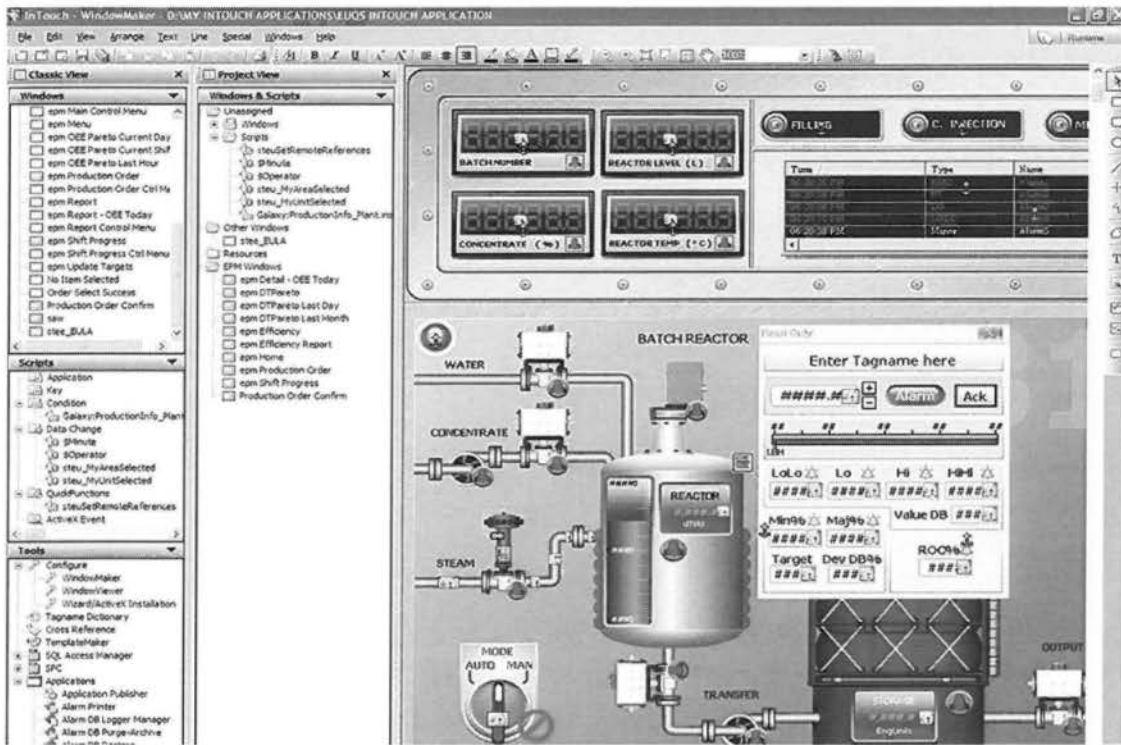
Η κατηγορία του βιομηχανικού λογισμικού περιλαμβάνει και τις εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί στις πλατφόρμες που περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες και χρησιμοποιούνται για έλεγχο διαδικασιών και υλικού και τη συλλογή πληροφοριών ,όπως και για τον σχεδιασμό/προσομοίωση.

Παρακάτω θα δούμε μερικά από τα πιο γνωστά λογισμικά για βιομηχανική χρήση που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή·κατά κύριο λόγο στις βιομηχανίες.

- Wonderware (InTouch)

Για τα τελευταία 25 χρόνια θεωρείται η No.1 πρόταση για λογισμικό τύπου HMI(Human-Machine Interface), παρέχοντας ιδιαίτερη ευκολία στη χρήση,επεκτασιμότητα και παραμετροποίηση ανάλογα με τις ανάγκες του εργοστασίου.Ο σχεδιασμός των εφαρμογών γίνεται σε περιβάλλον Windows, αλλά ο χειρισμός τους μπορεί να γίνει ακόμα και απο συσκευές με λειτουργικό MacOS , Android , IOS κτλ. (αρκεί να υποστηρίζουν HTML5 στον web browser τους).Οι εφαρμογές κατασκευάζονται μέσω ενός GUI το οποίο επιτρέπει στο χρήστη είτε να χρησιμοποιήσει πλήρως γραφικό περιβάλλον(σχεδιάζοντας ουσιαστικά την εφαρμογή) , είτε τη γλώσσα προγραμματισμού που υπάρχει στο πακέτο.



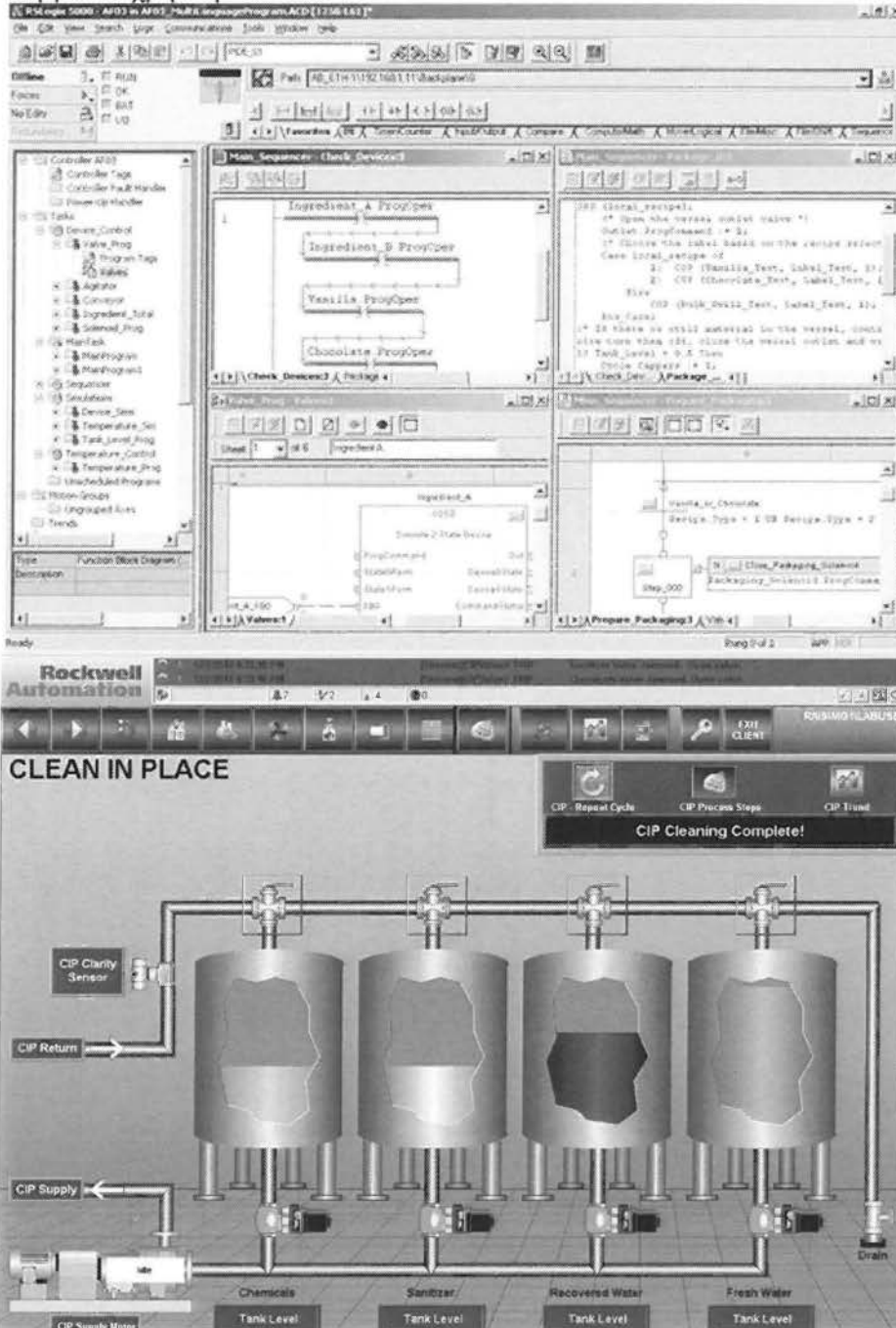


📶 InTouch Access Anywhere. 📶



- Rockwell AB (RSView)

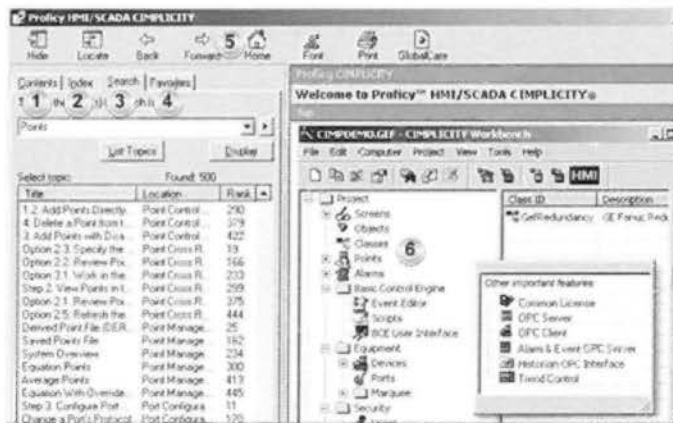
Η επόμενη πρόταση έρχεται από τη Rockwell με το RSView32. Το RSView32 ήταν το πρώτο πρόγραμμα που επέτρεπε τη χρήση ελεγκτηρίων ActiveX, αυξάνοντας έτσι κατά πολύ τις επιλογές του χρήστη για το σχεδιασμό της πλατφόρμας. Επίσης ένα δεύτερο προτέρημα του είναι ότι έχει εγκατεστημένη εσωτερικά τη Microsoft Visual Basic for Applications (VBA), κάτι που κάνει την παραμετροποίηση των projects ακόμα πιο εύκολη για το χρήστη.

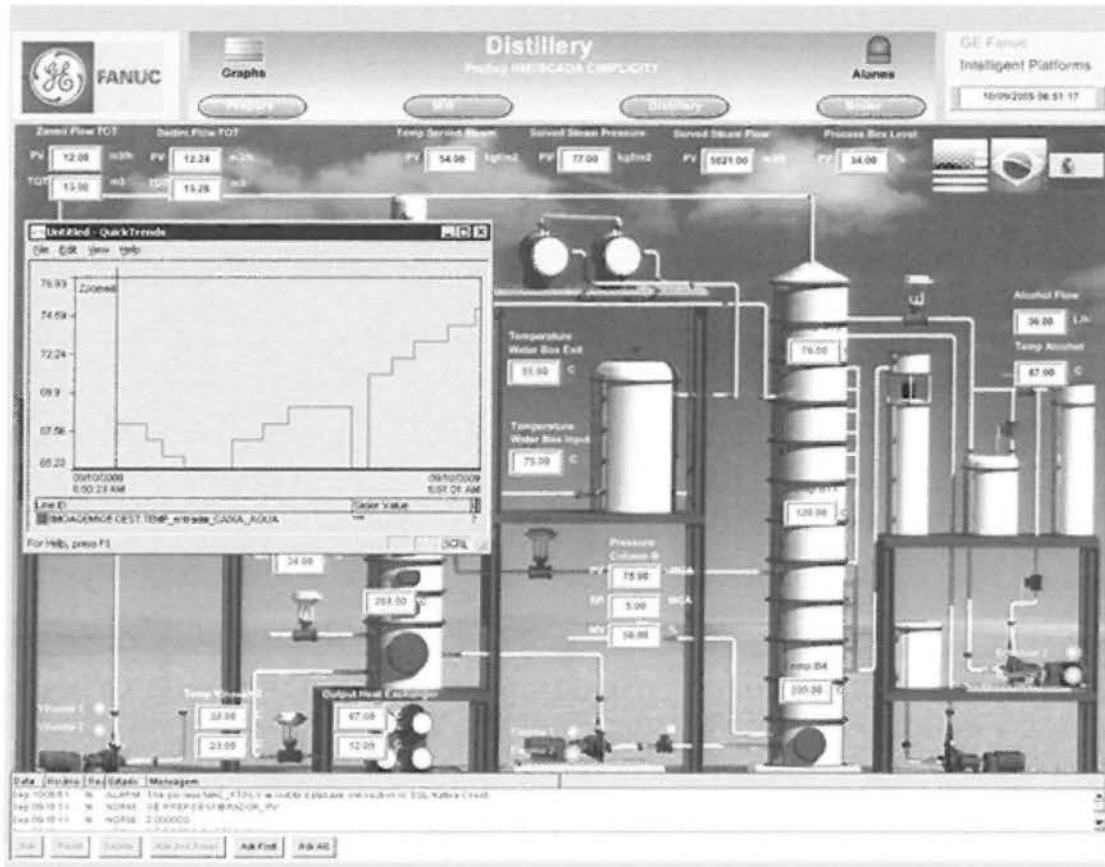
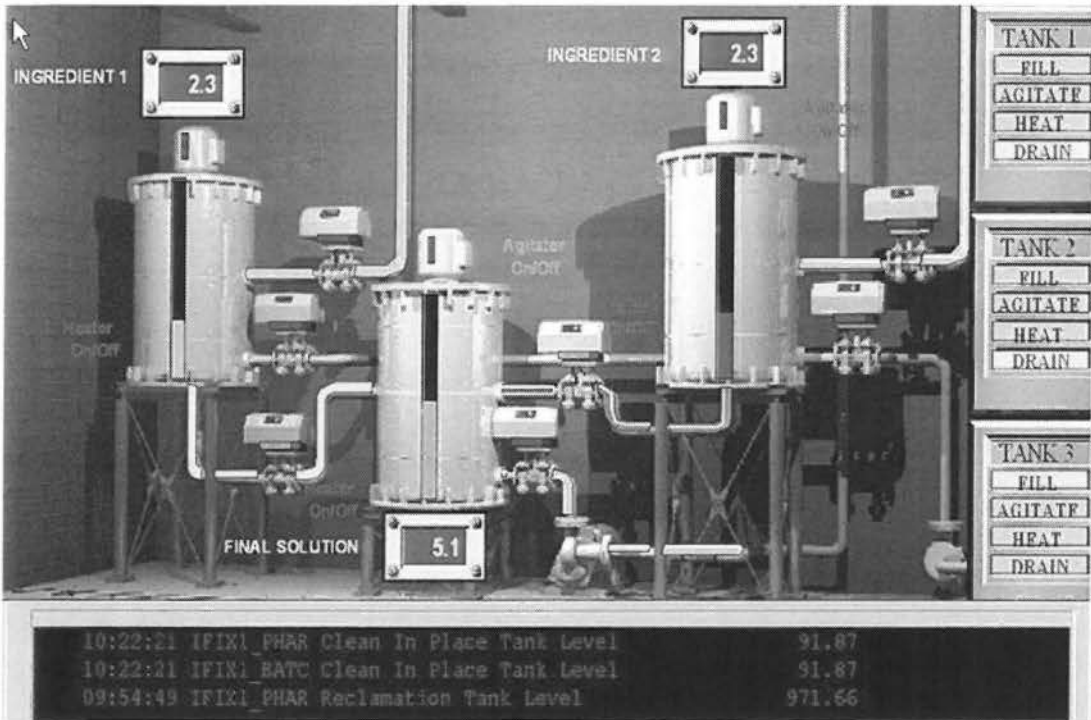




- GE (Cimplicity)

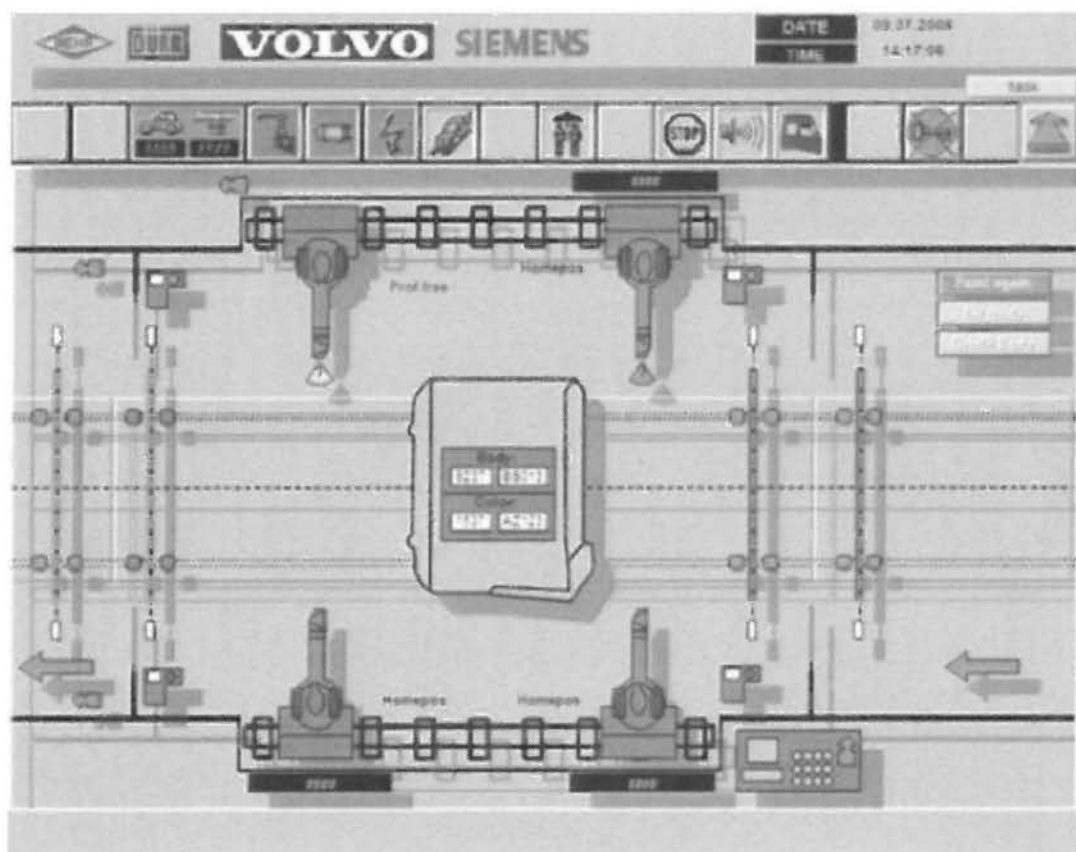
Το CIMPLICITY είναι ένα λογισμικό οπτικοποίησης και ελέγχου που επιτρέπει στον χρήστη την οπτικοποίηση των εργασιών, τον έλεγχο αυτοματοποίησης και την παροχή αξιόπιστων πληροφοριών για τις υψηλότερου επιπέδου εφαρμογές ανάλυσης. Η τελευταία έκδοση του CIMPLICITY μεταξύ άλλων επιτρέπει στο χρήστη το .NET scripting, σχεδιασμό με workflows και νέο γραφικό περιβάλλον σχεδιασμού, με αποτέλεσμα ο χρήστης αλλά και ο σχεδιαστής να μπορούν να ελέγξουν την κάθε λεπτομέρεια του περιβάλλοντος, των μηχανημάτων και των πόρων του συστήματος τους με ακρίβεια.

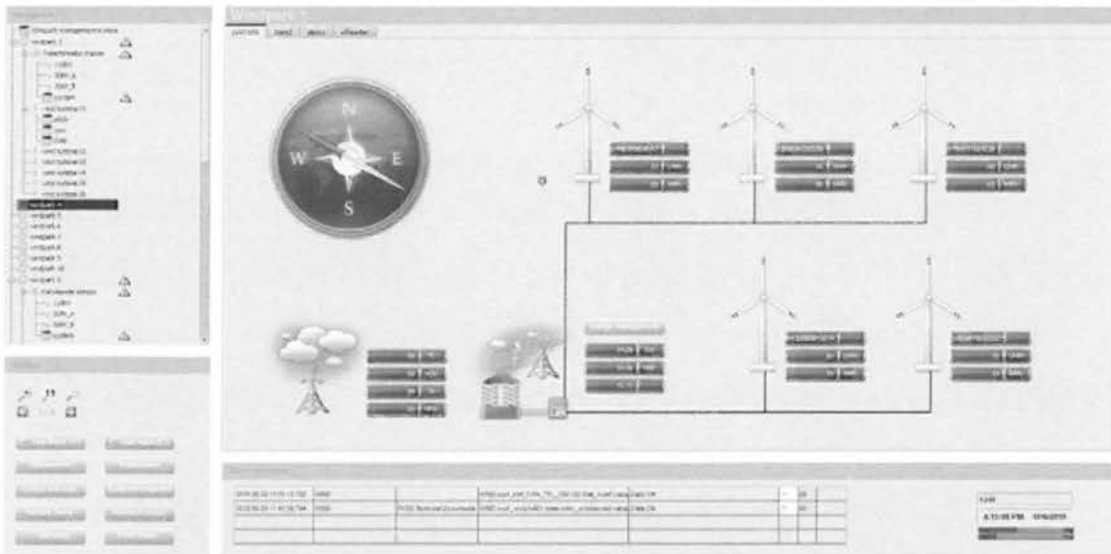




- Siemens (WinCC)

Το WinCC της Siemens είναι ένα λογισμικό σχεδιασμένο μη βασισμένο στην τεχνολογία και τη βιομηχανία, όντας σπονδυλωτό(modular) και επεκτάσιμο με κάθε δυνατό τρόπο. Μπορεί να εξυπηρετήσει από απλές αλλά απαιτητικές εφαρμογές ενός χρήστη(single user) έως και σύνθετες για πολλούς χρήστες ή ακόμα και καταναμημένα συστήματα με πολλούς διακομιστές και χρήστες, καθώς και μέσω internet οπτικοποίηση του εργοστασίου. Επίσης να αναφερθεί ότι υπάρχει μέχρι και η δυνατότητα ενεργοποίησης λειτουργίας με την χρήση οθονών αφής (2 finger multi-touch gestures).





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΕΛΕΓΧΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

7.1 Εισαγωγή (WinCCFlexible 2008)

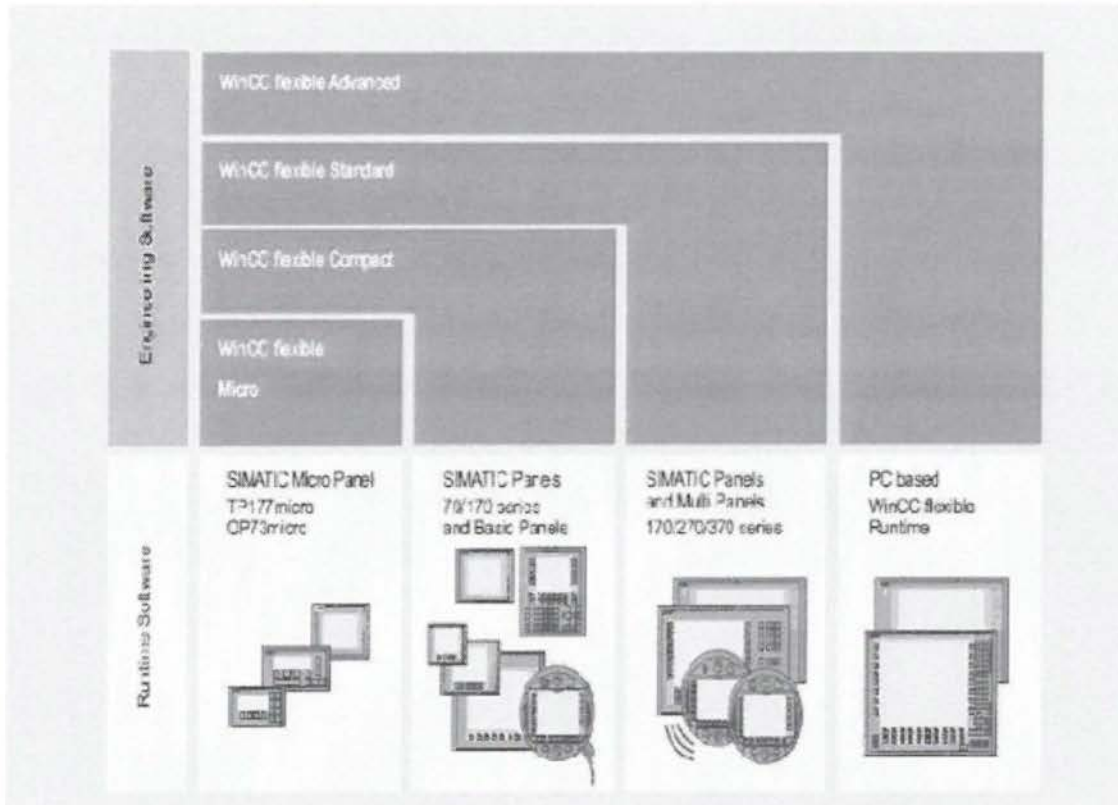
Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθούν κάποια παραδείγματα εφαρμογών βιομηχανίας , χρησιμοποιώντας ένα από τα λογισμικά που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο : το **WinCC** της Siemens.

Παρακάτω θα γίνει μια εισαγωγή στο λογισμικό και θα δούμε κάποιες από τις βασικές λειτουργίες του, όπως και τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν για την κατασκευή των εφαρμογών. Η έκδοση του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε ήταν το WinCCFlexible 2008.

7.1.1 Παρουσίαση του WinCCFlexible

Το WinCC προσφέρει μια σειρά από συστήματα μηχανικής τα οποία είναι ιδανικά προσαρμοσμένα στα αντίστοιχα project που θέλουμε να δημιουργήσουμε ή μπορεί να προσαρμοστεί από το χρήστη. Κάθε έκδοση υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα HMI συστημάτων και λειτουργιών, με την οποία η "Standard" έκδοση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ρυθμίσετε HMI συσκευές από τη "Micro" έκδοση. Μπορούμε πάντα να στραφούμε σε μια υψηλότερη έκδοση μέσω Powerpack.

Το WinCC είναι διαθέσιμο και στις εξής εκδόσεις:

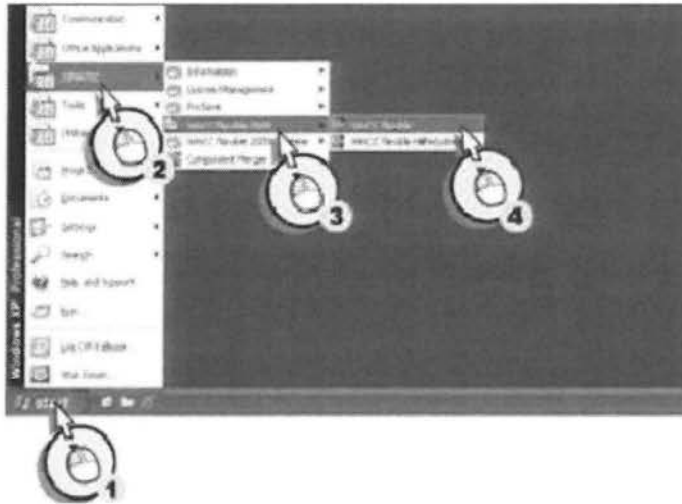


Το software WinCC flexible HMI δημιουργήθηκε για σχεδιασμό σε γλώσσα προγραμματισμού με ακριβή χαρακτηριστικά και υψηλή απόδοση.

Μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες που υποστηρίζονται από την επιλεγμένη συσκευή HMI. Για να ξεκινήσουμε το WinCC flexible, κάνουμε κλικ στο εικονίδιο στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή ή το επιλέγουμε από μενού Έναρξη(Start) των Windows.

Το WinCC flexible επιτρέπει ένα μόνο project να είναι ανοικτό ανά πάσα στιγμή. Μπορούμε να λειτουργούμε ταυτόχρονα διάφορα projects, με το άνοιγμα του WinCC flexible όσες φορές χρειάζεται. Επίσης το WinCC flexible μας επιτρέπει να διαμορφώσουμε πολλές συσκευές HMI (οθόνες) στο ίδιο project.

Το περιβάλλον εργασίας WinCC flexible αποτελείται από διάφορα στοιχεία (elements). Μερικά από τα στοιχεία συνεργάζονται με ειδικούς editors που σημαίνει ότι δεν είναι ορατοί εάν ο αντίστοιχος editor δεν είναι ενεργός.

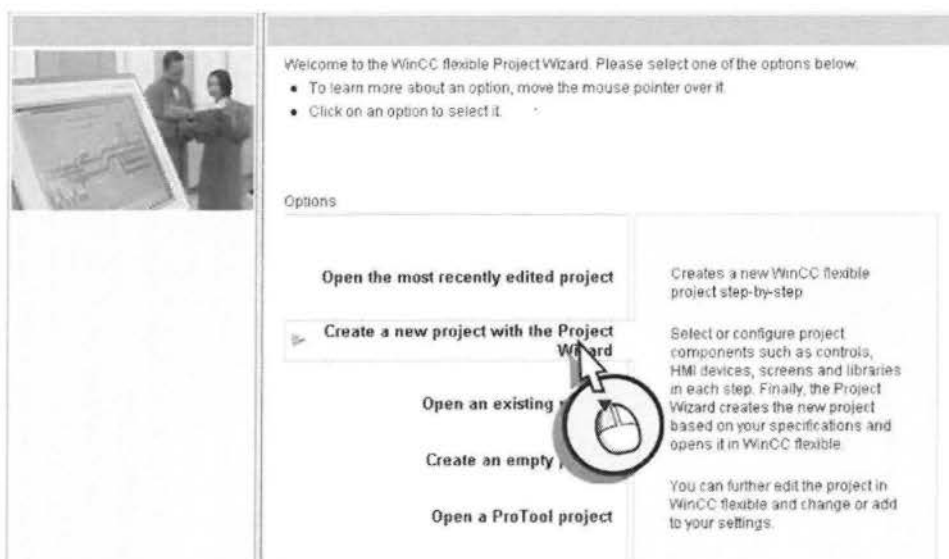


7.1.2 Ξεκινώντας με το WinCC flexible.

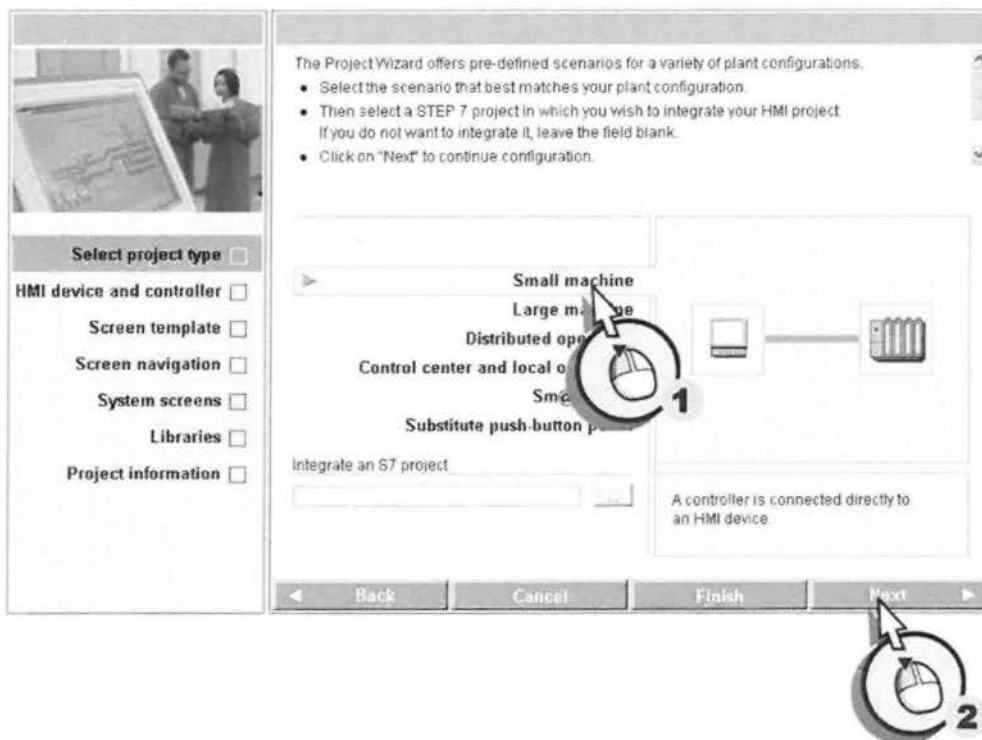
Η βάση για τη ρύθμιση της user interface είναι το project. Δημιουργούμε και διαμορφώνουμε όλα τα αντικείμενα του project που είναι αναγκαία για τη λειτουργία και την παρακολούθηση του συστήματος.

- Οθόνες (Screens), να απεικονίζουν και να διαχειρίζονται το σύστημα..
- Ετικέτες (Tags), για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ της συσκευής HMI και συστήματος.
- Συναγερμοί (Alarms), για να δείχνει την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος στην HMI συσκευή.

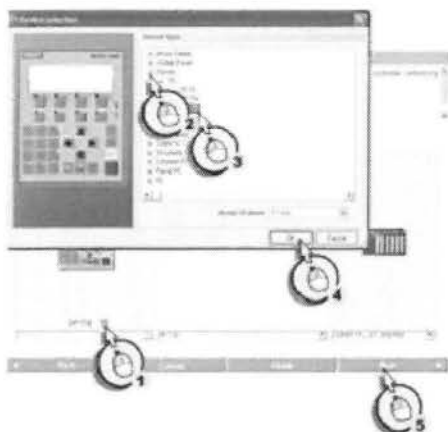
7.1.3 Δημιουργώντας ένα νέο project



Για να λειτουργήσει το σύστημα μόνο μία συσκευή HMI και μια μονάδα ελέγχου είναι απαραίτητη. Ως εκ τούτου, επιλέγουμε "Small Machine":



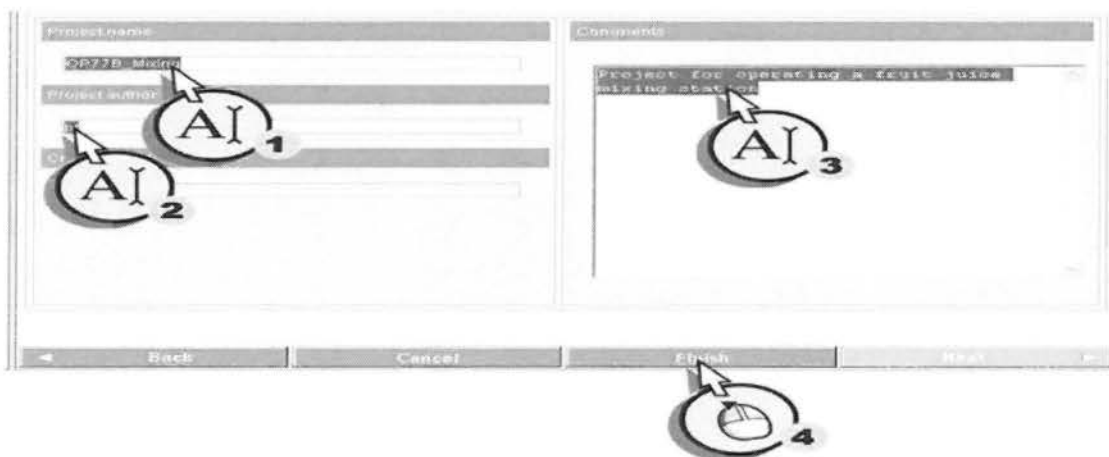
Επιλέγουμε την συσκευή HMI που απαιτείται στο project.



Κάνουμε κλικ στο "Next" για να εφαρμοστούν οι standard settings που προβλέπονται στις σελίδες "Screen Templates."

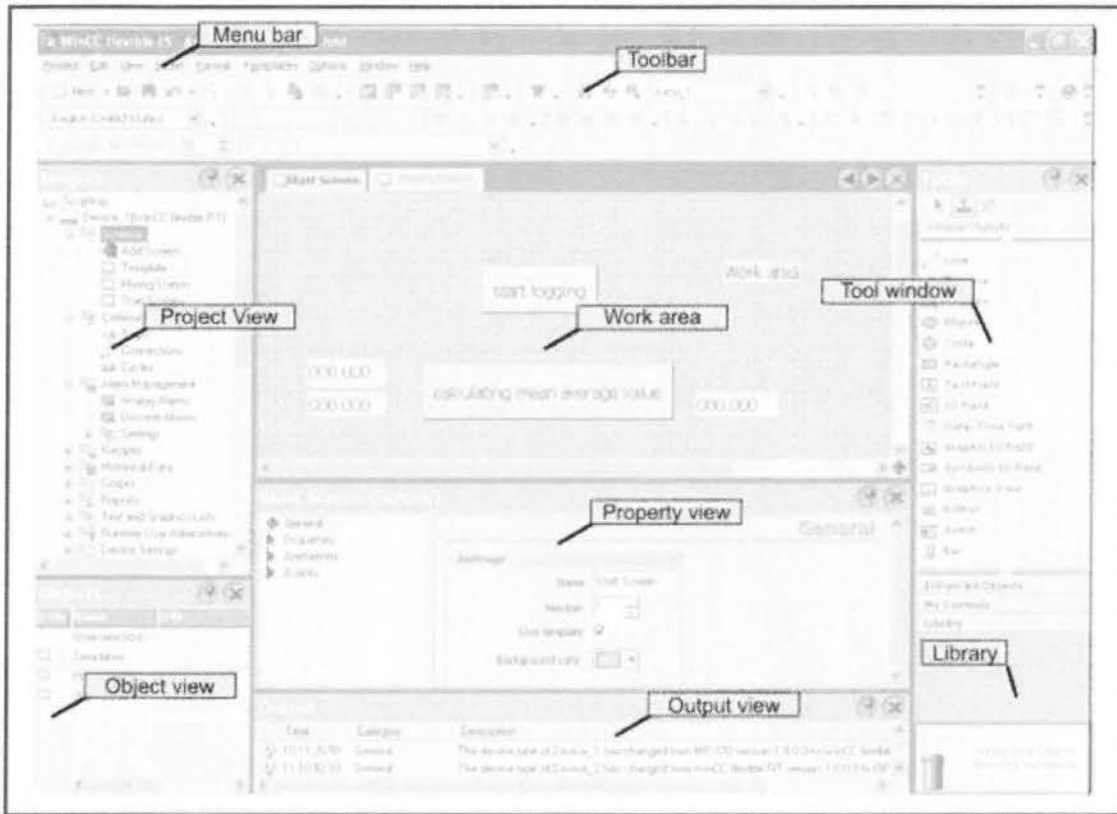
Κάνουμε κλικ στο "Next" για να εφαρμοστούν οι standard settings που προβλέπονται στις σελίδες "Libraries" pages.

Στη συνέχεια, εισάγουμε πληροφορίες για το project μας:



7.1.4 Βασικά στοιχεία του WinCC Flexible

Το WinCC Flexible αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

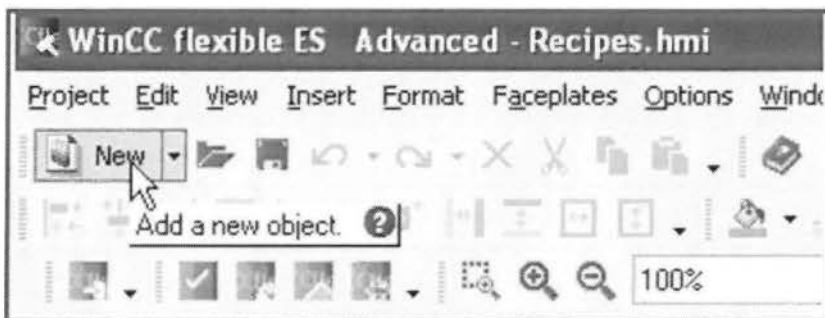


7.1.5 Menus και Toolbars

Μπορούμε να έχουμε πρόσβαση όλων των λειτουργιών που παρέχονται στο WinCC μέσω μενού και toolbars. Όταν ο δείκτης του ποντικιού μετακινείται πάνω από μια λειτουργία, εμφανίζεται μια επεξήγηση του εργαλείου.

Τα μενού και οι toolbars παρέχουν πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες που χρειάζονται για τη ρύθμιση της HMI συσκευής. Όταν ο αντίστοιχος editor ενεργοποιείται, menu commands και toolbars εμφανίζονται στον editor.

Όταν ο δείκτης του ποντικιού μετακινείται πάνω από μια εντολή, το αντίστοιχο tooltip εμφανίζεται.



7.1.6 Τοποθέτηση Toolbars

Τα μενού και οι toolbars, είναι τυποποιημένα, τοποθετημένα στο άνω άκρο της οθόνης κατά τη δημιουργία ενός νέου Project. Η θέση των μενού και των toolbars καθορίζεται από το χρήστη. Αν μετακινήσουμε τις toolbars χρησιμοποιώντας το ποντίκι, θα επανέλθουν στο τελευταίο «Save» όταν γίνει επανεκκίνηση του WinCC Flexible .

Τα μενού που διαθέτει το WinCC Flexible απεικονίζονται παρακάτω:

<i>Menu</i>	<i>Brief description</i>
Project	Contains commands for project management
"Edit"	Contains commands for using the clipboard and search functions.
"View"	Contains commands for opening and closing individual elements as well as for zoom and layer settings. You can reopen a closed element using the "View" menu.
"Paste"	Contains commands for pasting new objects
"Format"	Contains commands for arranging and formatting screen objects.
"Faceplates"	Contains commands for creating and editing faceplates.
"Tools"	Contains commands for changing the user interface language and configuring the basic settings in WinCC flexible, for example
"View"	Contains commands for managing multiple views in the working area, e.g. for switching between views.
"Help"	Contains commands for calling help functions.

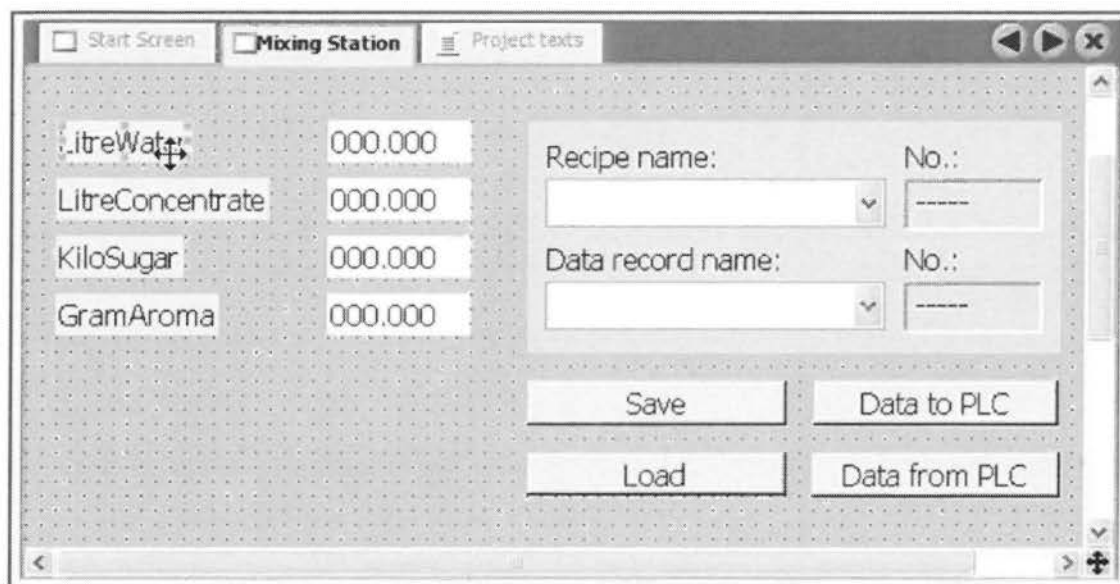
Οι toolbars παρέχουν γρήγορη πρόσβαση, σε σημαντικές λειτουργίες που χρησιμοποιούνται συχνά. Τα ακόλουθα configuration options της toolbar είναι διαθέσιμα:

- Add and remove buttons
- The change of position

7.1.7 Επιφάνεια εργασίας (Working Area)

Τα αντικείμενα (objects) του project επεξεργάζονται στην επιφάνεια εργασίας. Όλα τα στοιχεία του WinCC διευθετούνται στο εξωτερικό άκρο της επιφάνεια εργασίας. Με την απόκρυψη της επιφάνειας εργασίας, μπορούμε να οργανώσουμε και να ρυθμίσουμε, για παράδειγμα, να μετακινήσουμε ή να αποκρύψουμε οποιαδήποτε από τα στοιχεία που ταιριάζει στις απαιτήσεις μας.

Η επιφάνεια εργασίας (work area) χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των δεδομένων του Project, είτε σε μορφή πίνακα, π.χ. τις labels, ή σε γραφική μορφή, π.χ. μια display controller (tags or graphic format).



Κάθε editor έχει ανοίξει σε ξεχωριστή καρτέλα ελέγχου (tab control) στην επιφάνεια εργασίας. Στην περίπτωση των graphic editors, κάθε στοιχείο εμφανίζεται σε ξεχωριστή tab control. Μόνο μία tab είναι ενεργή όταν πολλοί editors είναι ανοικτοί ταυτόχρονα. Για την μετακίνηση σε άλλο πρόγραμμα editor, κάνουμε κλικ στην αντίστοιχη tab. Μπορούμε να ανοίξουμε ταυτόχρονα μέχρι και 20 editors.

7.1.8 Project View

Με το Project View έχουμε πρόσβαση στα δεδομένα του project. Όλα τα στοιχεία με δυνατότητα επεξεργασίας που υποστηρίζονται από την επιλεγμένη συσκευή HMI απεικονίζονται, και ιδίως οι συσκευές HMI και οι editors.

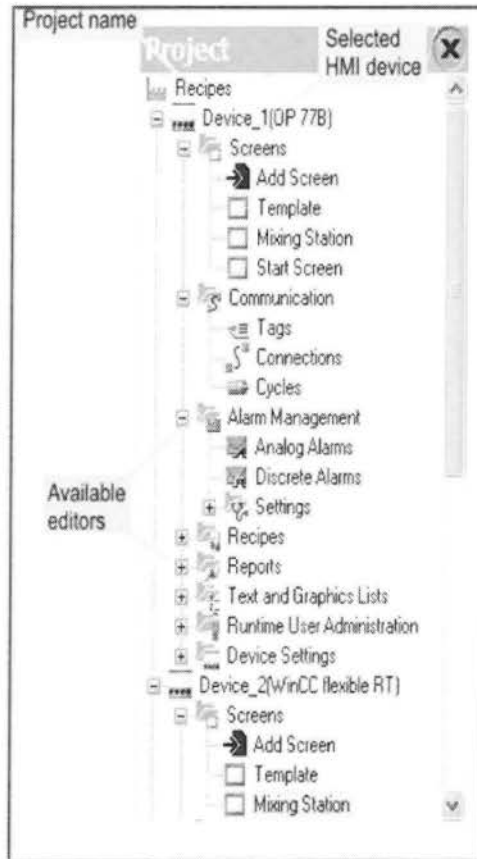
Τα δεδομένα του Project (Project data) είναι διαθέσιμα στο "Project View". Όλα τα στοιχεία με δυνατότητα επεξεργασίας του Project, που υποστηρίζονται από την επιλεγμένη συσκευή HMI εμφανίζονται, και ιδίως οι συσκευές HMI και οι Editors. Σε κάθε Editor έχει ανατεθεί ένα σύμβολο το οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για τον προσδιορισμό των αντίστοιχων αντικειμένων.

Το Project View εμφανίζει τη δομή του project ιεραρχικά:

- Project
- HMI συσκευή
- Envelope
- Objects

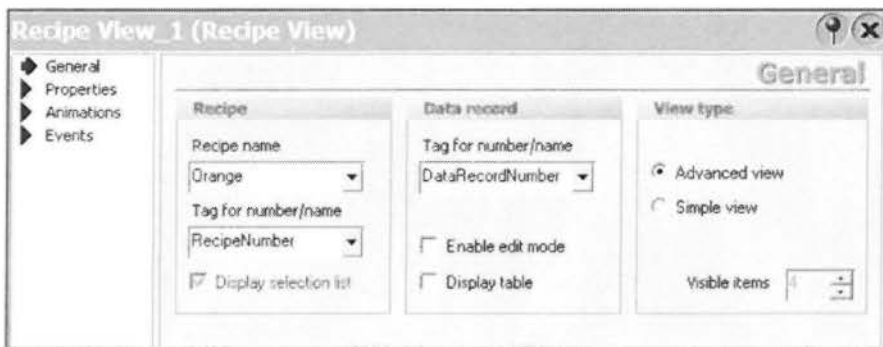
Το Project View χρησιμοποιείται για να δημιουργήσουμε και να ανοίξουμε objects για επεξεργασία. Μπορούμε να οργανώσουμε τα αντικείμενα του Project σε φακέλους για να δημιουργηθεί μια δομή. Ο χειρισμός του Project View είναι παρόμοιος με το χειρισμό του Windows Explorer. Το shortcut menu, το οποίο αποτελείται από τις πιο σημαντικές εντολές, είναι διαθέσιμο για όλα τα αντικείμενα.

Τα στοιχεία του Graphic Editor εμφανίζονται στο Project View και Object View. Στοιχεία του tabular editor εμφανίζονται μόνο στην Object View.



7.1.9 PropertyView

Το Property View χρησιμοποιείται για να επεξεργαστούμε τις ιδιότητες (properties) του αντικειμένου, π.χ. το χρώμα των αντικειμένων στην οθόνη, που επιλέγεται στην επιφάνεια εργασίας και είναι διαθέσιμο μόνο σε συγκεκριμένους editors.. Το περιεχόμενο του «Property View» βασίζεται στο επιλεγμένο αντικείμενο.



Το «Property View» δείχνει τις ιδιότητες του επιλεγμένου αντικειμένου σε κατηγορίες. Η αλλαγή τιμών τίθεται σε ισχύ αμέσως μετά την έξοδο από το input field. Οι invalid entries επισημαίνονται με έγχρωμο φόντο. Μια tooltip θα εμφανιστεί για να σας βοηθήσει να διορθώσετε την entry.

Παράδειγμα

Η ιδιότητα του αντικειμένου "height" συνδέεται λογικά με μια «Byte» μεταβλητή. Αυτός ο τύπος Tag έχει μια περιοχή τιμών 0 - 255. Όταν εισάγουμε μια τιμή "300" στο " height " κουτί του " Property View ", η τιμή που επισημάνθηκε είναι με έγχρωμο φόντο, όταν βγούμε από το κουτί.

7.1.10 Library (Βιβλιοθήκη)

Η «Library» είναι ένα στοιχείο του toolbox view. Η «Library» παρέχει πρόσβαση στα πρότυπα των αντικειμένων στην οθόνη. Μπορούμε πάντα να προσθέσουμε αντικείμενα στην οθόνη και έτσι να αυξήσουμε την αποτελεσματικότητα του προγραμματισμού, είτε με πολλαπλή χρήση ή επαναχρησιμοποίηση του πρότυπου αντικειμένου(standard object).

Η βιβλιοθήκη είναι η κεντρική βάση δεδομένων για την αποθήκευση αντικειμένων που χρησιμοποιούνται συχνά, όπως τα video objects και τα labels. (Screen objects and tags).Θα χρειαστεί να ρυθμίσουμε το αντικείμενο που αποθηκεύεται στη βιβλιοθήκη μόνο μία φορά. Μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε ξανά στη συνέχεια όσες φορές θέλουμε. Μπορούμε πάντα να προσθέσουμε αντικείμενα στην οθόνη και έτσι να αυξήσουμε την αποτελεσματικότητα του προγραμματισμού, είτε με πολλαπλή χρήση ή επαναχρησιμοποίηση του πρότυπου αντικειμένου.

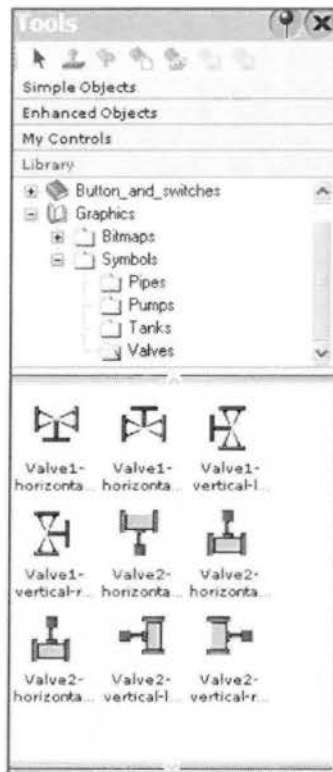
Στοιχεία που μπορείτε να αποθηκεύσετε σε μια βιβλιοθήκη:

- Objects Screen
- Functions και scripts
- Faceplates
- Texts
- Alarms
- Edit images
- Logs
- Tags

Το WinCC διακρίνει μεταξύ των global και των project libraries:

- Global library

Η Globallibrary δεν είναι συνδεδεμένη με το project στη βάση δεδομένων. Είναι αποθηκευμένη σε ένα αρχείο στο WinCC στο installationdirectory. Η global library είναι διαθέσιμη για όλα τα projects.

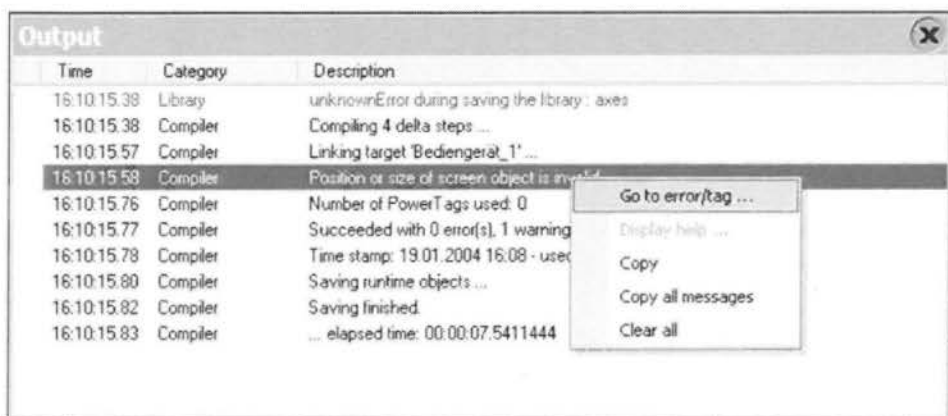


- Project library

Η Projectlibrary είναι αποθηκευμένη με τα δεδομένα του Project στη βάση δεδομένων και είναι διαθέσιμη μόνο στο πλαίσιο του Project για το οποίο δημιουργήθηκε. Μπορούμε να δημιουργήσουμε φακέλους και στις δύο βιβλιοθήκες για τη δημιουργία μιας structure για τα objects που περιέχονται. Επιπλέον, μπορούμε να αντιγράψουμε στοιχεία από μια Projectlibrary σε μια Globallibrary . Μπορούμε να ανταλλάξουμε τη βιβλιοθήκη από την ToolboxView σε ένα ξεχωριστό παράθυρο. Για να γίνει αυτό, επιλέγουμε τη ToolboxView εντολή από το shortcutmenu της Projectlibrary. Επιλέγουμε αυτήν την εντολή ξανά για να αποκαταστήσουμε τη βιβλιοθήκη στο ToolboxView.

7.1.11 OutputWindow

Το Outputwindow απεικονίζει το σύστημα παραγωγής συναγερωμών(productionssystemalerts), για παράδειγμα, σε μια δοκιμαστική λειτουργία του Project. Επίσης εμφανίζει events που δημιουργούνται από το σύστημα, για παράδειγμα, σε μια δοκιμαστική λειτουργία του project.



Το Outputview απεικονίζει events του συστήματος. Αυτές οι κατηγορίες ορίζουν τις αντίστοιχες ενότητες WinCC που έχει δημιουργήσει μία σειρά events του συστήματος. Για παράδειγμα, τα events του συστήματος για την Generator κατηγορία δημιουργούνται κατά τη διάρκεια του checkofconsistency.

Για να ταξινομήσουμε τα events του συστήματος, κάνουμε κλικ στην επικεφαλίδα της αντίστοιχης στήλης. Το αναδυόμενο μενού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μετάβαση σε μια τοποθεσία ενός error ή ενός label, και να αντιγράψουμε ή να διαγράψουμε event του συστήματος.

Το Outputview εμφανίζει όλα τα events του συστήματος της τελευταίας ενέργειας. Μια νέα ενέργεια αντικαθιστά όλα τα προηγούμενα events του συστήματος. Μπορούμε να ανακτήσουμε ακόμα τα παλιά events συστήματος από ένα ξεχωριστό αρχείο Log.

7.1.12 ObjectView

Το ObjectView δείχνει όλα τα στοιχεία στην περιοχή που επιλέγονται από το "ProjectView". Οι φάκελοι ή οι επιλεγμένοι Editors στο ProjectView, εμφανίζουν το περιεχόμενο τους στο ObjectView. Το ObjectView συνήθως εμφανίζεται κάτω από το ProjectView.

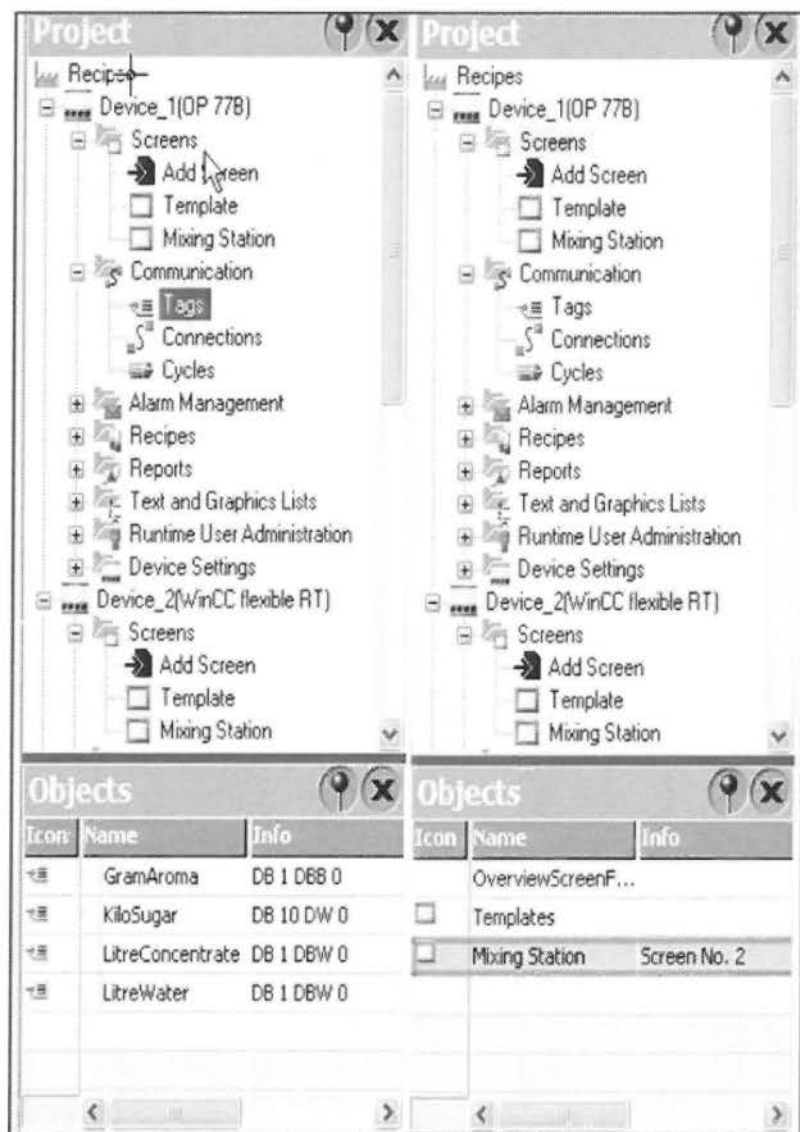
Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει τον τρόπο της επιλογής ProjectView και αν αυτό επηρεάζει την εμφάνιση του ObjectView:

Κάνουμε διπλό κλικ σε κάποιο object στο ObjectView για να ανοίξουμε τον αντίστοιχο editor. Οι Drag-and-drop λειτουργίες είναι διαθέσιμες για όλα τα object που εμφανίζονται στο objectwindow.

Ως παραδείγματα, τα ακόλουθα υποστηρίζονται με drag-and-drop ενέργειες:

- Η μετακίνηση μιας μεταβλητής σε μια εικόνα στην επιφάνεια εργασίας: Δημιουργεί ένα I/Ofield που συνδέεται με τις Tags.
- Η μετακίνηση μιας Tag σε ένα υπάρχον I / Ofield : Δημιουργεί μια λογική σχέση μεταξύ της μεταβλητής και του I / Ofield.

- Η μετακίνηση μιας εικόνας σε μια άλλη εικόνα στην επιφάνεια εργασίας: Δημιουργεί ένα button για την αλλαγή screen η οποία συνδέεται με την imageprocessing.

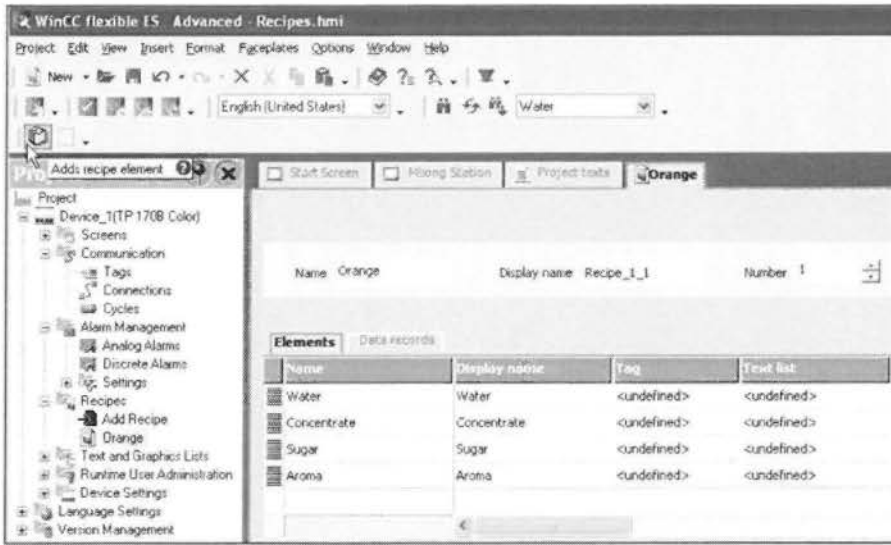


Τα μεγάλα ονόματα αντικείμενων συντομεύονται στο ObjectView. Μετά τη μετακίνηση του δείκτη του ποντικιού στο αντικείμενο, το πλήρες όνομα εμφανίζεται ως Tooltip.

Όταν ένας μεγάλος αριθμός των αντικειμένων είναι διαθέσιμος, γρήγορα εντοπίζουμε το αντικείμενο που θέλουμε πληκτρολογώντας απλώς το πρώτο γράμμα του αντικειμένου.

7.1.13 Τοποθέτηση editor-specific operating elements

Ο Editor για ειδικά στοιχεία που λειτουργούν είναι ορατός μόνο στην ενεργή επιφάνεια εργασίας του αντίστοιχου Editor.



Ο Special Editor of functional elements περιλαμβάνει:

- Toolbars
- Toolbox view
- Menu command

7.1.14 Placement (Τοποθέτηση)

Η προκαθορισμένη (default) θέση του editor είναι στη δεξιά πλευρά ή κάτω από τις υπάρχουσες toolbars.

Η προεπιλεγμένη θέση του editor είναι στο περιθώριο της οθόνης στην δεξιά πλευρά. Οι ειδικές εντολές του Editor βρίσκονται στα Editormenu. Οι positions του Editor και οι informationservice θα αποκατασταθούν την επόμενη φορά που θα ξεκινήσουμε το WinCC αν έχουμε κάνει αναδιάταξη αυτών σε προηγούμενη session για να ταιριάζουν στις απαιτήσεις μας.

7.1.15 Δουλεύοντας με windows και toolbars







Το WinCC επιτρέπει να προσαρμόζουμε τη layout των frames και των toolbars. Μπορούμε να αποκρύψουμε ορισμένα πλαίσια που δεν χρησιμοποιούνται συχνά

προκειμένου να διευρυνθεί η επιφάνεια εργασίας.

Το μενού " View " μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποκαταστήσει την defaultlayoutframes και των toolbars.

7.1.16 OperatingElementsAvailable

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα στοιχεία λειτουργίας (operatingelement) των frames και των toolbars και πως χρησιμοποιούνται.

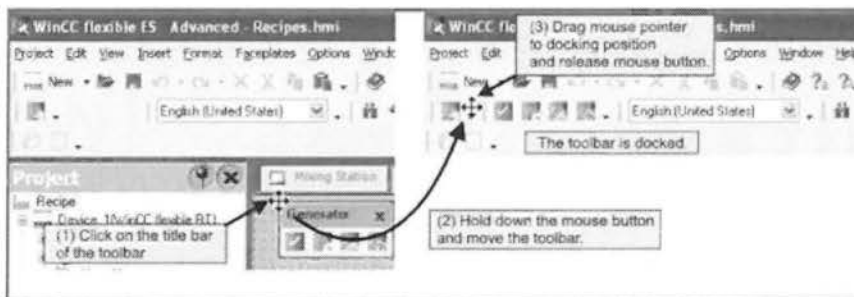
Operating element	Purpose	Where used
	Closes a frame or toolbar	Frames and toolbars (movable)
	Moves and docks frames and toolbars using drag-and-drop	Frames and toolbars (movable)
	Moves a toolbar by means of drag-and-drop	Toolbar (docked)
	Adds or deletes toolbar icons	Toolbar (docked)
	Activates the auto-hide mode for a window	Frame (docked)
	Disables auto-hide mode for a frame	Frame (docked)

7.1.17 Dockingframes ή toolbars

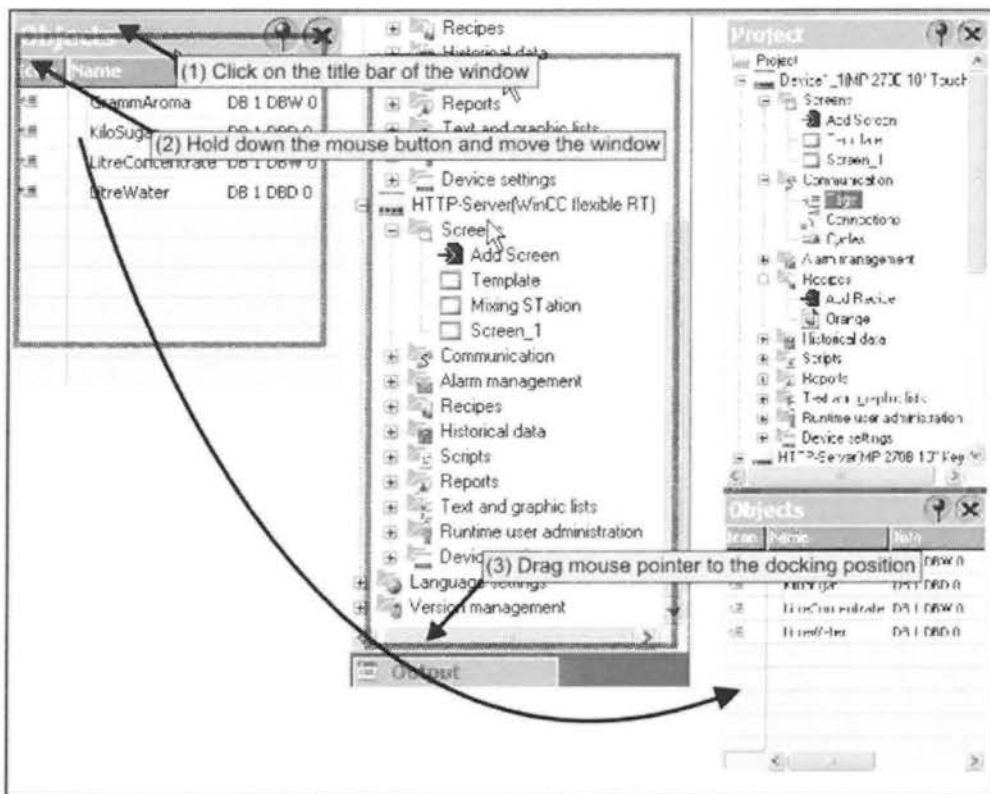
Το Docking αναφέρεται στην ολοκλήρωση ενός παράθυρου στην επιφάνεια εργασίας του WinCC. Μπορούμε να αποκρύψουμε αυτόματα τα boxes (πλαίσια), προκειμένου να αυξηθεί η επιφάνεια εργασίας.

Ένα παράθυρο μπορεί να αναδιπλώνεται σε ένα box στις ακόλουθες θέσεις:

- Άνω άκρο
- Δεξιά άκρη
- Κάτω άκρο
- Αριστερό άκρο



Μπορούμε να εισάγουμε μια toolbar επάνω σε οποιαδήποτε υπάρχουσα toolbar.



7.1.18 Συνδυασμός frames

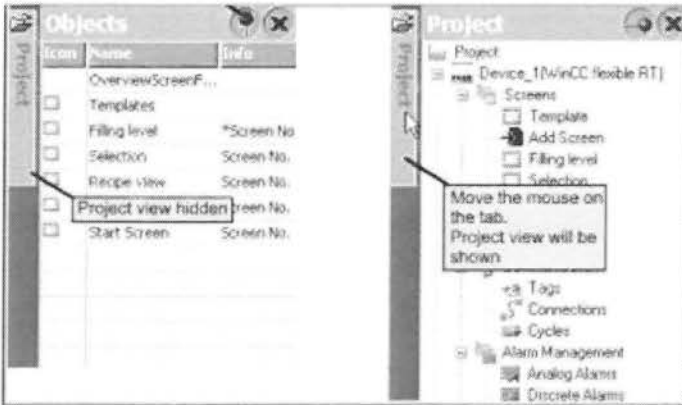
Μπορούμε να συνδυάσουμε ένα πλαίσιο (frame) με ένα άλλο πλαίσιο. Κάθε πλαίσιο αντιπροσωπεύεται στο combinedframe από μια ξεχωριστή tab. Για να αλλάξουμε σε ένα διαφορετικό context, κάνουμε κλικ στην κατάλληλη tab.

7.1.19 Δουλεύοντας με το ποντίκι

Στο WinnCC εργαζόμαστε κυρίως με το ποντίκι. Οι σημαντικότερη λειτουργία (operating functions) στο context (πλαίσιο) αυτό είναι η drag-and-drop και η κλήση των εντολών από το context menu.

7.1.20 Αυτόματη απόκρυψη windows

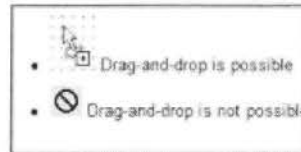
Μπορούμε να αποκρύψουμε αυτόματα τα παράθυρα που συχνά δεν μας χρειάζονται. Αυτό θα αυξήσει την επιφάνεια εργασίας. Για να επαναφέρουμε το παράθυρο στην οθόνη, κάνουμε κλικ στη titlebar.



7.1.21 Drag-and-drop

Η λειτουργία Drag-and-drop κάνει την ρύθμιση ευκολότερη. Για παράδειγμα, όταν κάνουμε drag-and-drop μια μεταβλητή από το ObjectView σε μια εικόνα επεξεργασίας (imageprocessing), το σύστημα δημιουργεί αυτόματα ένα I / Ofield που είναι λογικά συνδεδεμένο με τη μεταβλητή. Για να διαμορφώσουμε μια αλλαγή στην οθόνη, κάνουμε draganddrop την απαιτούμενη imageprocessing επάνω στην imageprocessing που εμφανίζεται στην επιφάνεια εργασίας. Αυτό δημιουργεί ένα button διαμόρφωσης και περιέχει μια αντίστοιχη λειτουργία αλλαγής οθόνης.

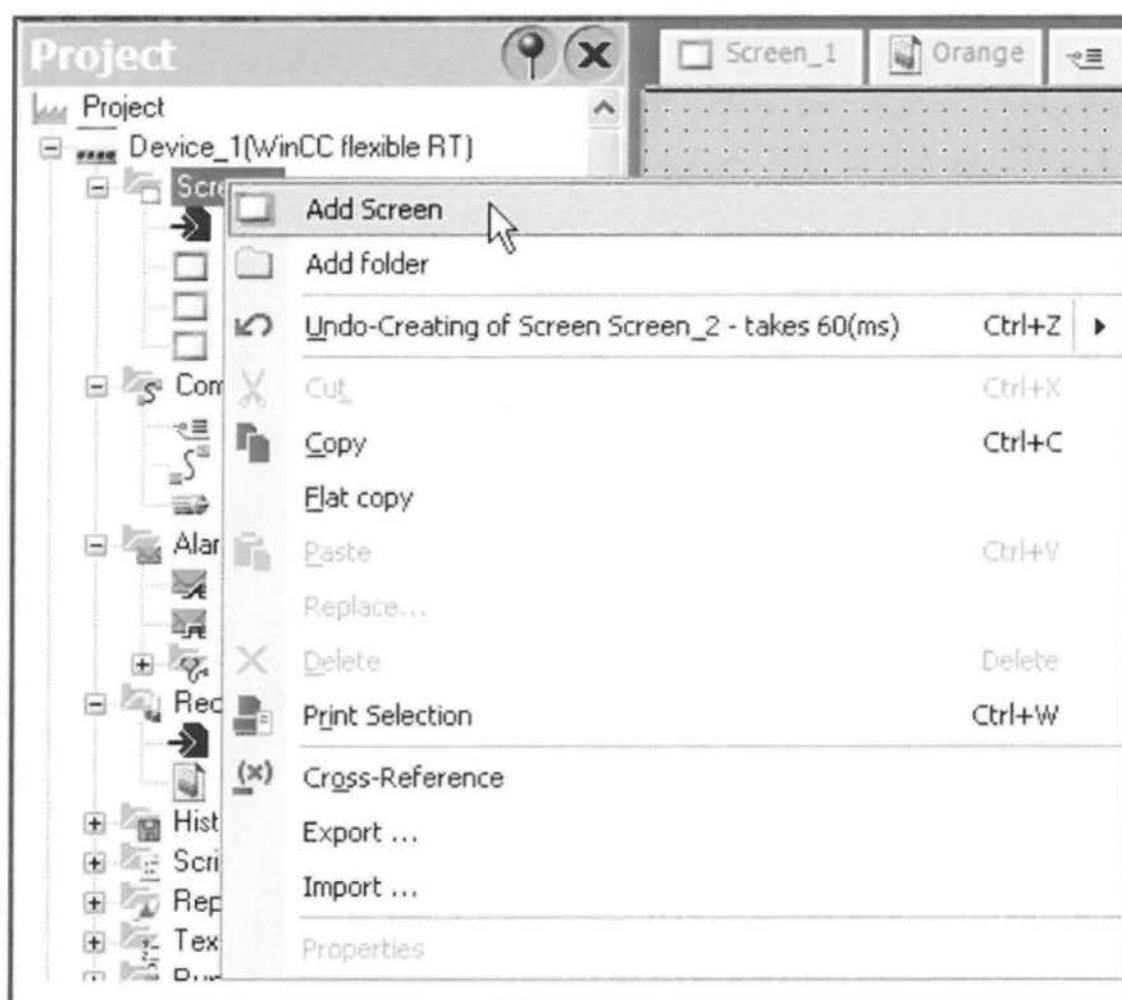
Η λειτουργία drag-and-drop είναι διαθέσιμη για όλα τα αντικείμενα του "ProjectView" και "ObjectView". Ο δείκτης του ποντικιού δείχνει αν η λειτουργία drag-and-drop υποστηρίζεται στον προορισμό ή όχι:



7.1.22 Shortcutmenu

Στο WinCC, μπορούμε να κάνουμε δεξί κλικ σε οποιοδήποτε αντικείμενο για να ανοίξουμε ένα contextmenu. Το μενού εμφανίζει τις εντολές που μπορούμε να εκτελέσουμε στη δεδομένη κατάσταση.

Function	Effect
Left-click	Activates any object or executes an action such as a menu command or drag-and-drop.
Right-click	Opens a shortcut menu
Double-click with the left mouse button	Starts an editor in the Project View or Object View or opens a folder.
<Left mouse button+drag-and-drop>	Generates a copy of the object in the "Project View".
<CTRL+left mouse button>	Selects a number of individual objects from the "Object view" one after the other.
<SHIFT+left mouse button>	Selects all objects within the rectangle lasso you have drawn with the mouse in the "Object view."



7.1.23 Λειτουργία Πληκτρολογίου

Το WinCC παρέχει μια σειρά από hotkeys που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να εκτελέσουμε συχνά απαιτούμενες εντολές του μενού. Το μενού εμφανίζει το κατά

πόσον ένα πλήκτρο άμεσης πρόσβασης (hotkey) είναι διαθέσιμο για τη σχετική εντολή ή όχι.

Το WinCCενσωματώνει επίσης όλα τα τυποποιημέναhotkeys που παρέχονται από τα Windows.

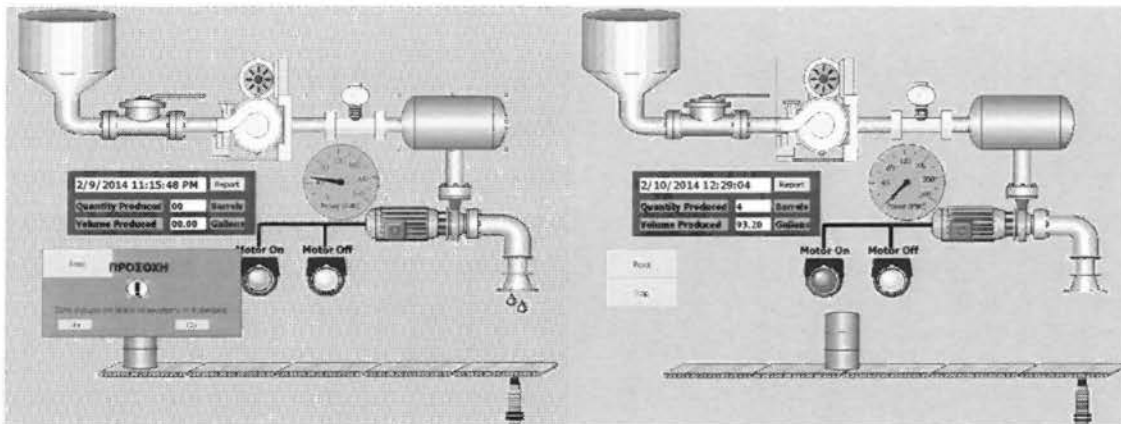
Ο πίνακας δείχνει τα πιο σημαντικάhotkeys για χρήση σε WinCC

Hotkeys	Effect
<Ctrl+Tab>/<Ctrl+Shift+Tab>	Activates the next/previous tab control in the working area.
<Ctrl+F4>	Closes the active view in the working area.
<Ctrl+C>	Copies a selected object to the clipboard.
<Ctrl+X>	Cuts an object and copies it to the clipboard.
<Ctrl+V>	Inserts the object stored in the clipboard.
<Ctrl+F>	Opens the "Find and Replace" dialog box.
<Ctrl+A>	Selects all objects in the active area.
<ESC>	Cancels an action.

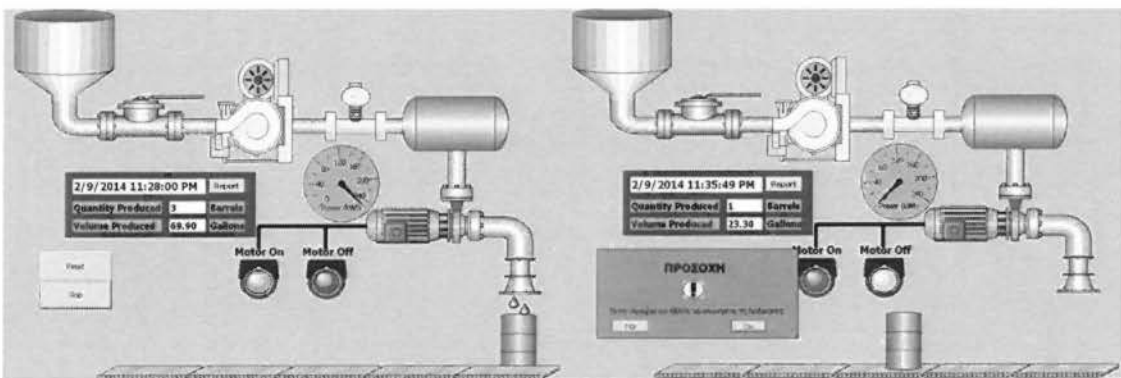
7.2 Εφαρμογές

7.2.1 Εφαρμογή 1

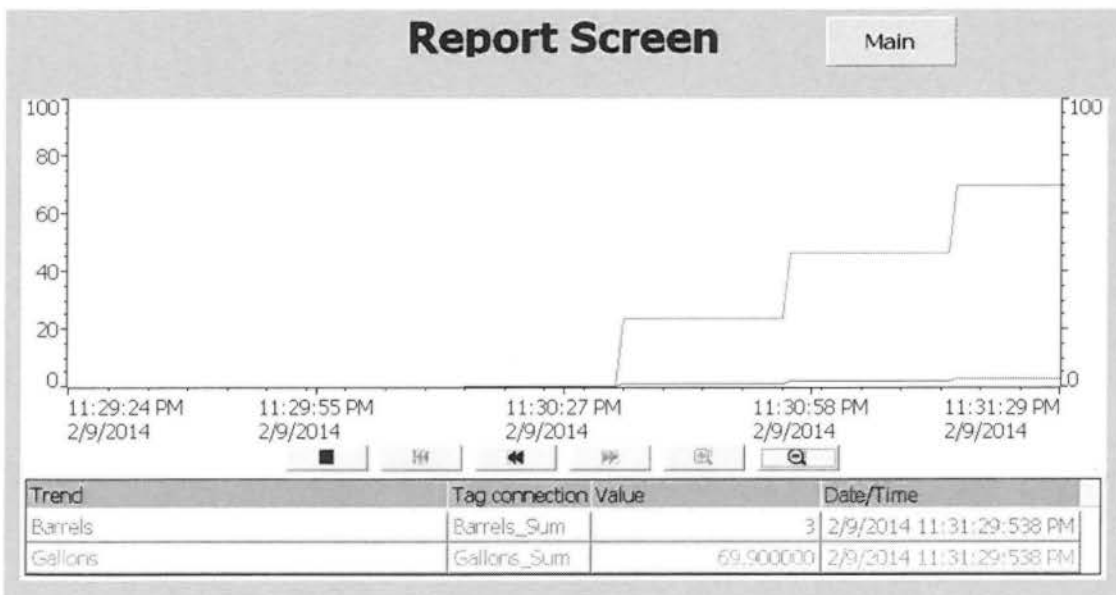
Στην παρούσα εφαρμογή ακολουθείται το εξής σενάριο. Μία μεταφορική ταινία μεταφέρει συνεχώς και αδιαλείπτως άδεια βαρέλια μπροστά από έναν ειδικό σωλήνα πλήρωσης με σκοπό να γεμίσει με κάποιο επιθυμητό υλικό (πχ πετρέλαιο). Η έναρξη είναι αυτόματη και η παύση της λειτουργίας της μεταφορικής ταινίας ελέγχεται μέσα από το κουμπί **Stop**. Η επιθυμητή θέση όπου πραγματοποιείται η πλήρωση των βαρελιών, ανιχνεύεται από έναν οριακό διακόπτη ο οποίος μόλις ενεργοποιηθεί δίνει εντολή να ξεκινήσει η διαδικασία του γεμίσματος που διαρκεί 1,5 δευτερόλεπτο. Αμέσως μετά το κάθε βαρέλι απομακρύνεται από τη μεταφορική ταινία χωρίς κάποια ειδική σήμανση. Όταν πατηθεί το κουμπί **Stop** τότε το πρόβλημα δεν αρχικοποιείται, αλλά το βαρέλι που είναι εκείνη τη στιγμή πάνω στη μεταφορική ταινία ακινητοποιείται. Η αρχικοποίηση επιτυγχάνεται πατώντας το **Reset** και αφού δοθεί και η σχετική επιβεβαίωση. Ο πίνακας που υπάρχει αριστερά, ενημερώνει για τον αριθμό των βαρελιών που έχουν παραχθεί αλλά και τον όγκο (σε γαλόνια) του υλικού που έχει χρησιμοποιηθεί. Επίσης έχει προστεθεί και μια 2^η εικόνα η οποία περιέχει ένα γράφημα των παραπάνω τιμών σε σχέση με το χρόνο. Η εναλλαγή ανάμεσα στις 2 εικόνες γίνεται με τα κουμπιά **Report** και **Main**.



(αριστερά: Το workspace με όλα τα objects/ δεξιά: Το interface με το simulation ενεργό)



(αριστερά: Κατάσταση που γεμίζει το βαρέλι/δεξιά: Εμφάνιση messagebox με faceplate)



(2^η οθόνη με γραφική αναπαράσταση και αναφορά)

Τα internaltagsπου δημιουργήθηκαν φαίνονται παρακάτω:

Project_1\Device_1\Scripts\BarrelMove			
Name	Display name	Connection	Data type
Barrel_Move		<Internal tag>	Byte
Barrels_Sum		<Internal tag>	Int
Button_Reset		<Internal tag>	Bool
Button_Stop		<Internal tag>	Bool
Gallons_Sum		<Internal tag>	Float
Led_Green		<Internal tag>	Bool
Led_Red		<Internal tag>	Bool
Power_Tag		<Internal tag>	Int
Sensor_State		<Internal tag>	Bool

Τα *Led_Green*, *Led_Red* είναι για το οπτικό κομμάτι της εφαρμογής, καθώς ανάλογα με την τιμή τους "φωτίζονται" τα αντίστοιχα leds. Λόγω του ότι το WinCC απο τα default libraries δεν έχει animated objects , χρησιμοποιήθηκε το ακόλουθο τεχνασμα:

Χρησιμοποιήθηκαν 2 ξεχωριστά models, με το ένα να είναι του led ολόκληρου(μαζί με το μαυρο frame) και το 2ο να είναι του φωτιζόμενου μέρους του led μόνο. Το ένα μπήκε πάνω από το άλλο και μέσω των Properties τους , ρυθμίσαμε το 2ο model να είναι πάντα πάνω απο το 1ο αλλά σε απόκρυψη , και να εμφανίζεται μόνο όταν το αντίστοιχο Boolean tag γίνει true. Έτσι λοιπόν δημιουργήσαμε το παραπάνω effect και η ίδια μέθοδος θα ακολουθηθεί και στα άλλα 2 παραδείγματα (για leds, buttons , switches κτλ.)



Το 1^ο και το 2^ο model αντίστοιχα.

Επίσης , λόγω του ότι για λόγους ασφαλείας έχουν αφαιρεθεί τα message boxes απο το WinCC , για να μπορέσουμε να πετύχουμε αυτό το effect, χρησιμοποιήσαμε την μέθοδο των faceplates.

Ουσιαστικά τα faceplates είναι objects ενωμένα μεταξύ τους, όπου συμπεριφέρονται σαν ένα object μόνο. Με δεξί click του ποντικού πάνω στο αντικείμενο που θέλουμε (στην περίπτωση μας το κουμπί Reset) μεταφερόμαστε σε μια 2η οθόνη όπου μπορούμε να προσθέσουμε ο,τι στοιχείο θέλουμε (εδώ μπήκαν 2 κουμπιά ακόμα , ένα rectangle, ένα text και ένα graphics object) και με την κατάλληλη ρύθμιση τους μπορούμε να πετύχουμε το message box effect. Πιο συγκεκριμένα, με το που πατιέται το **Reset**, το tag *Face_Tag* γίνεται 1 και το κουμπί reset χάνει το visibility του , ενώ όλα τα άλλα γίνονται visible. Εάν επιλεγεί το **Οχι** γίνεται ακριβώς η αντίστροφη διαδικασία, χωρίς να αλλαχθεί κάτι στο main πρόγραμμα, ενώ εάν επιλεγεί το **Ναι** , αφενός γίνεται η

αντίστροφη διαδικασία για να επανέλθουμε στην προηγούμενη κατάσταση οπτικά, αφετέρου ενεργοποιείται το event με όνομα *Face_Click* , το οποίο αντιστοιχεί σε event του faceplate στο main παράθυρο. Έτσι λοιπόν, το παραπάνω event οδηγεί στην εκτέλεση της υπορουτίνας *BarrelMove* από την αρχή, αρχικοποιώντας τη θέση του βαρελιού, όπως περιγράφεται στο σενάριο.

Τα *Gallons_Sum* και *Barrels_Sum* είναι για να εμφανίζουν τα αποτελέσματα στα αντίστοιχα I/O Field Objects που υπάρχουν , ενώ το *Power_Tag* είναι για να δείχνει την ταχύτητα το Gauge Object.

Τέλος, τα *Sensor_State* και *Button_Stop* χρησιμοποιούνται στον κώδικα για να τροποποιήσουν τη λειτουργία της εφαρμογής ανάλογα (ουσιαστικά το *Sensor_State* δεν είναι απαραίτητο, καθώς στον κώδικα, το βαρέλι ούτως ή άλλως θα σταματήσει στην σωστή θέση, αλλά είναι το tag , που εφόσον αυτή η εφαρμογή καταλήξει σε κανονικό περιβάλλον, θα ανέβει όταν δώσει σήμα ο αισθητήρας μέσω του PLC, ώστε να σταματήσει η πλατφόρμα και να ξεκινήσει η διαδικασία του φορτώματος).

Με το που ξεκινάει η εφαρμογή, εκτελείται η υπορουτίνα *BarrelMove*.

Μια τελευταία παρατήρηση είναι ότι από τη VBScript γλώσσα που έχει το WinCC , λείπουν και συναρτήσεις όπως *sleep* κτλ, επίσης για λόγους ασφαλείας (γενικότερα η Siemens κατασκεύασε το πρόγραμμα με τη λογική όταν εκτελείται μία υπορουτίνα, να μην επιτρέπεται να εκτελεστεί παράλληλα με αυτό ένα 2ο , όπως και προσπάθησε να ελαχιστοποιήσει όσο γίνεται τις μεθόδους για να «παγώνει» μία υπορουτίνα).

Έτσι λοιπόν για να γίνει μια τεχνητή καθυστέρηση (προκειμένου οπτικά να μπορούμε να δούμε τα στάδια) , χρησιμοποιήθηκε το τέχνασμα με την συνάρτηση *Now*, όπου δείχνει το timestamp εκείνη τη χρονική στιγμή.

BarrelMove:

```
Dim delay_start
Led_Green=True           'ένδειξη ότι αρχίζει να λειτουργεί ο κινητήρας.
Led_Red=False

delay_start=Now
Power_Tag=250           'οπτική ένδειξη της ισχύος του κινητήρα
Do
    Led_Red=False
Loop Until Now-delay_start >= 3/24/3600    'καθυστέρηση 3" για να γεμίσει το βαρέλι
Barrels_Sum=Barrels_Sum+1                'εφόσον γεμίσει, ενημέρωση του πίνακα τιμών
Gallons_Sum=Barrels_Sum*23.3
Sensor_State=False                       'reset του αισθητήρα για το βαρέλι, προκειμένου να έρθει καινούριο
BarrelMove                                'επανάληψη της διαδικασίας
```

FillBarrel:

```
Dim k,i,delay_start,delay_stop
Power_Tag=0
Led_Green=False        'Αρχικοποίηση Tags που ελέγχουν τα leds
Led_Red=True
Button_Stop=False      'Αρχικοποίηση του Tag για το emergency stop
Barrel_Move=0          'Αρχικοποίηση της θέσης του βαρελιού στο interface μας.

For i=0 To 10           'Εκκίνηση του animation από τη θέση 0 εώς τη 10 με ~1sec καθυστέρηση ανάμεσα στα frames
    delay_start=Now     'αρχικοποίηση του delay
```

```

Do
    k=0
    Loop Until Now-delay_start>=1/24/3600      'εκτέλεση του delay για ~1 sec
    IfButton_Stop=TrueThenExitFor             'εάν χειπατηθεί το κουμπί STOP τότε έξοδος απο τη
                                              'ρουτίνα - σταματάει να κινείται το βαρέλι
                                              'ειδάλλως το βαρέλι κινείται κανονικά.
    Barrel_Move=i+1
Next

If Button_Stop=False Then
    Sensor_State=True                          'όταν το βαρέλι φτάσει στη θέση του , το αντίστοιχο Tag ενεργοποιείται
    FillBarrel                                 'εκτέλεση διαδικασίας γεμίσματος του βαρελιού
EndIf

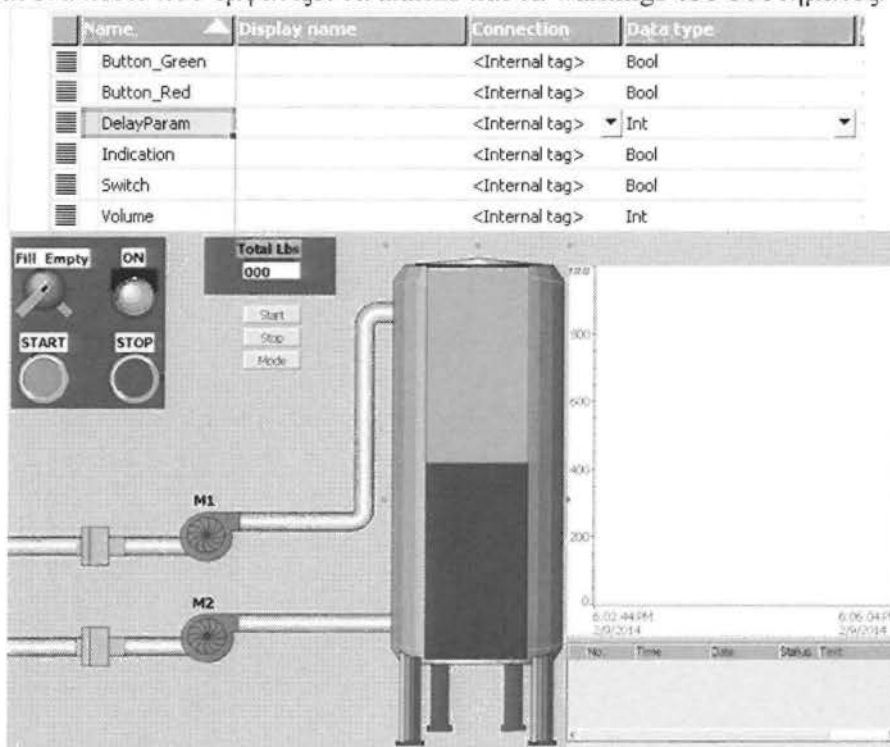
```

7.2.2 Εφαρμογή 2

Σε αυτή την εφαρμογή, το σενάριο είναι αρκετά πιο απλό απο το προηγούμενο. Μια δεξαμενή γεμίζει με ένα υγρό μέσω ενός σωλήνα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με μια αντλία για αυτή ακριβώς την εργασία. Ταυτόχρονα υπάρχει και ένας δεύτερος σωλήνας που είναι και αυτός συνδεδεμένος με μια αντλία, έτσι ώστε να μπορεί να τραβήξει το υγρό μέσα απο τη δεξαμενή, αφότου τελειώσει οποιοδήποτε είδους κατεργασία μέσα στη δεξαμενή.

Ο έλεγχος γίνεται μέσω ενός πίνακα (τα button objects προσομοιώνουν τη λειτουργία των κουμπιών του πίνακα) , ενώ η άντληση δεν μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με τη τροφοδοσία.

Στην ίδια εικόνα υπάρχει ένα object που εμφανίζει ένα γράφημα (όγκος προς χρόνο) , ένα object που εμφανίζει το συνολικό όγκο υγρού που βρίσκεται στη δεξαμενή, καθώς και ένα πεδίο που εμφανίζει τα alarms και τα warnings του συστήματος.

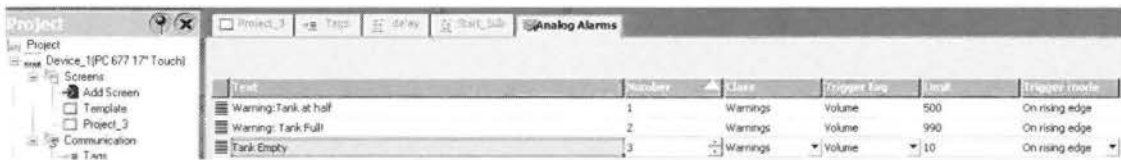


Πάνω: InternalTags του παραδείγματος / Κάτω : Το workspace με όλα τα objects

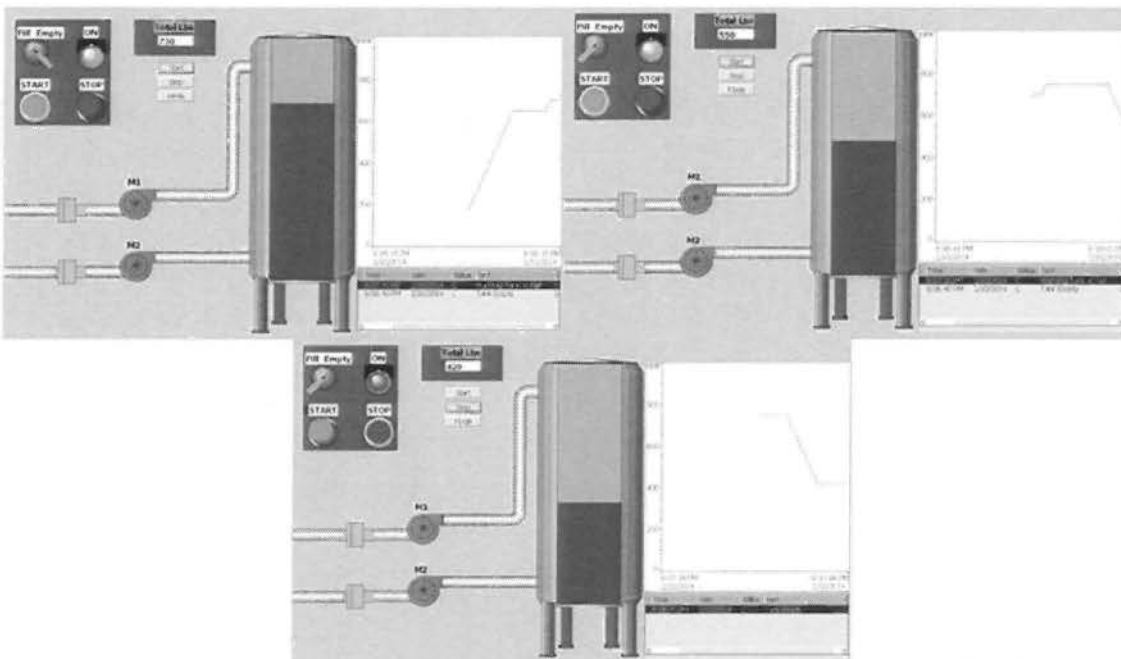
Τα internal tags που χρησιμοποιήθηκαν για το led ήταν το Indication, για τα κουμπιά τα Button_Green και Button_Red για το διακόπτη το Switch, με τον τρόπο που περιγράφηκε στο προηγούμενο παράδειγμα.

Το Volume tag είναι για να δείχνει το πόσο γεμάτη είναι η δεξαμενή , μέσω του Bar Object που έχει μπει απο πάνω απο το γραφικό αυτής. Ταυτόχρονα όμως δίνει σήμα και στα Analog Alarms, ανάλογα με την τιμή του, ώστε να εμφανισθεί το αντίστοιχο μήνυμα στο Alarm object.

Η σύνδεση γίνεται όπως φαίνεται παρακάτω :



Level	Number	Class	Trigger tag	Limit	Trigger mode
Warning: Tank at half	1	Warnings	Volume	500	On rising edge
Warning: Tank Full	2	Warnings	Volume	990	On rising edge
Tank Empty	3	Warnings	Volume	10	On rising edge



Αριστερά : Κατάσταση που γεμίζει τη δεξαμενή / Δεξιά : Κατάσταση που αδειάζει τη δεξαμενή / Κάτω: Κατάσταση που είναι σταματημένα όλα.

Όσον αφορά τον κώδικα υπάρχει η κύρια υπορουτίνα που είναι η Start_Sub και αυτή τη φορά, προκειμένου να έχουμε και μεταβλητή καθυστέρηση, αλλά και πιο "καθαρό" κώδικα, η καθυστέρηση γράφτηκε σε ξεχωριστή υπορουτίνα με όνομα delay, έχοντας και για παράμετρο το tag DelayParam.

Start Sub:

```
SetBit(Button_Green)      'αρχικοποίηση των tags για την εμφάνιση
SetBit(Indication)        'των κουμπιών και του led
ResetBit(Button_Red)
```

```

SelectCaseSwitch                                     'Λειτουργία ανάλογα με το mode που έχει επιλεγθεί
  CaseFalse                                           'Εαν το switch είναι 0, τότε έχουμε το Fill
    While (Button_Red=False) And (Volume<1000)
      Volume=Volume+10
      delay(0.5)                                       'delay 0.5sec μέσω της subroutine delay
    Wend
  Case True                                           'ειδήλως έχουμε το Empty
    While (Button_Red=False) And (Volume>0)
      Volume=Volume-10
      delay(0.5)
    Wend
End Select

```

delay:

```

Dim DelayStart,DelayEnd,i                             'δήλωση μεταβλητών
DelayStart=Now                                        'έναρξη μέτρησης χρόνου
DelayEnd=DelayStart + (DelayParam/24/3600)           'διάρκεια καθυστέρησης που ορίζεται απο τη μεταβλητή Delayparam
Do                                                    'εκτέλεση της καθυστέρησης
  i=i+1
Loop Until Now>DelayEnd

```

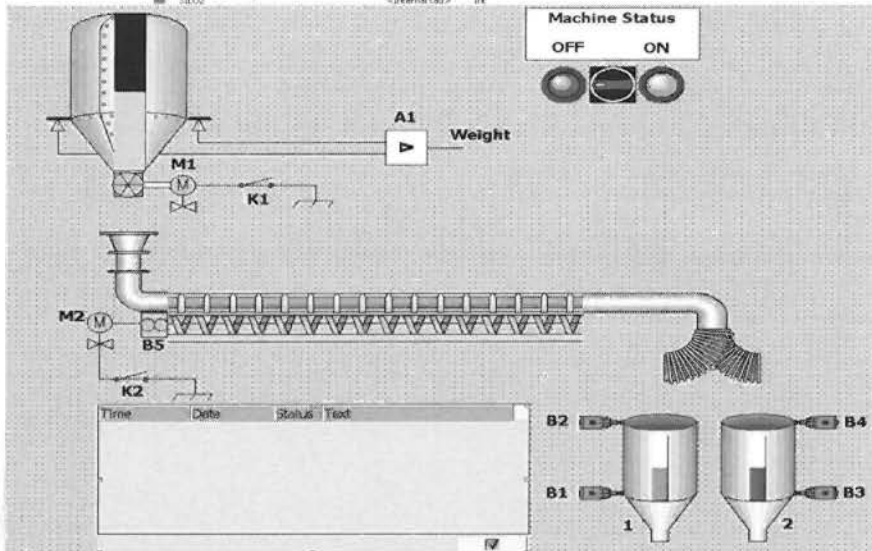
7.2.3 Εφαρμογή 3

Στην παρούσα εφαρμογή, η διαδικασία περιλαμβάνει τη μεταφορά στερεώδους κοκκώδους υλικού από ένα σιλό αποθήκευσης σε δύο άλλα σιλό παραγωγής από τα οποία γίνεται η διανομή. Αφού περάσει από μία περιστροφική βαλβίδα εκκένωσης στη βάση του σιλό αποθήκευσης, το προϊόν μετακινείται με ένα μεταφορέα "έλικας του Αρχιμήδη" στην κορυφή των σιλό παραγωγής, όπου ένας κεκλιμένος αγωγός εκφόρτωσης καθορίζει ποιο σιλό θα γεμίσει πρώτο. Ένα διαφορετικό στάδιο της διαδικασίας καθορίζει την απομάκρυνση του προϊόντος από τα σιλό παραγωγής. Κάθε κινητήρας, έχει το σχετικό αυτόματο διακόπτη για τη λειτουργία του. Το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης του μεταφορέα εφοδιάζεται με έναν αισθητήρα ταχύτητας για την ανίχνευση της περιστροφής ορθής φοράς. Ο συνολικός έλεγχος γίνεται μέσα από ένα διακόπτη ON - OFF. Επίσης υπάρχουν στα δύο σιλό παραγωγής αισθητήρες υψηλής και χαμηλής στάθμης (**B1-B4**).

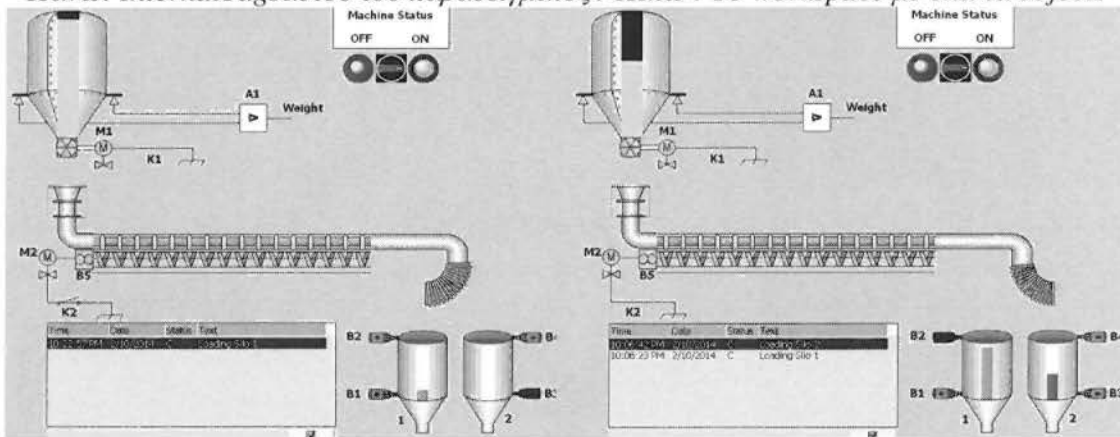
Οι προδιαγραφές λειτουργίας του αυτοματισμού είναι οι εξής:

1. Η διαδικασία ξεκινάει με την περιστροφή του διακόπτη στη θέση ON και μπορεί να σταματήσει άμεσα θέτοντας το διακόπτη στη θέση OFF. Η παύση έχει ως αποτέλεσμα την εκκένωση των δύο σιλό παραγωγής.
2. Ξεκινάει η λειτουργία του μεταφορέα (**K2**) και επομένως ο αισθητήρας ταχύτητας (**B5**) δίνει θετικό σήμα.
3. Με τη λήψη αυτού του σήματος αυτού, ενεργοποιείται ο κινητήρας της βαλβίδας (**K1**) και αρχίζει η εκκένωση του προϊόντος.
4. Όταν γεμίσει το σιλό 1 τότε ο αγωγός εκφόρτωσης μετατοπίζεται στο σιλό 2.
5. Όταν γεμίσει και το σιλό 2 τότε σταματούν οι κινητήρες του μεταφορέα και της βαλβίδας εκκένωσης.

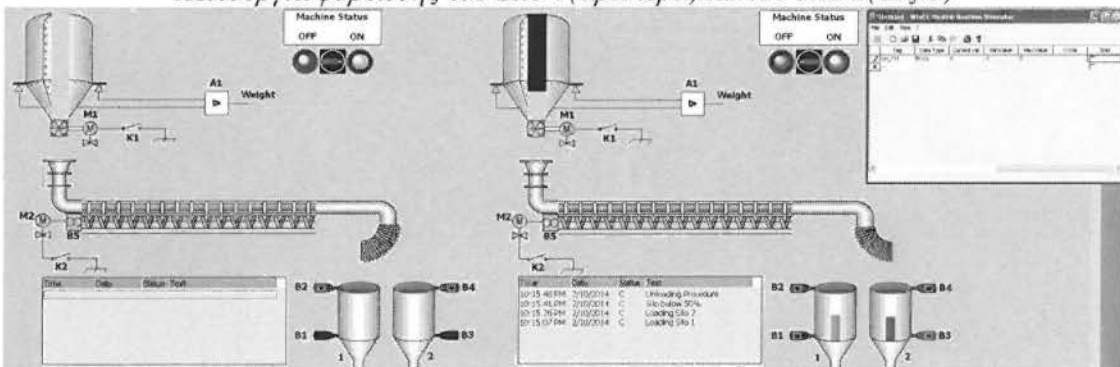
Object	Object Name	Group/Conn	Val & Type
A1	<Internal tag>		Ink
B1	<Internal tag>		Bool
B2	<Internal tag>		Bool
B3	<Internal tag>		Bool
B4	<Internal tag>		Bool
B5	<Internal tag>		Bool
Func	<Internal tag>		Bool
K1	<Internal tag>		Bool
K2	<Internal tag>		Bool
LoadOut	<Internal tag>		Bool
On_Off	<Internal tag>		Bool
SIL01	<Internal tag>		Ink
SIL02	<Internal tag>		Ink



Πάνω: InternalTagsαντού του παραδείγματος / Κάτω : Το workspace με όλα τα objects



Λειτουργία φόρτωσης του Silo 1(αριστερά)και του Silo 2(δεξιά)



Αριστερά: Εκκίνηση φόρτωσης / Δεξιά: Λειτουργία εκκένωσης των silos

Η υλοποίηση έχει γίνει με τον ακόλουθο τρόπο :

- Όταν ξεκινάει το πρόγραμμα , εκτελεί την υπορουτίνα *Init_Sensors*, η οποία αρχικοποιεί τους αισθητήρες και τους διακόπτες και προχωράει στην υπορουτίνα *Mac_On* η οποία απλά ξεκινάει όλη τη διαδικασία, με την *Start_Platform*
- Η *Start_Platform* ξεκινάει την κίνηση της έλικας για να μπορεί να μεταφερθεί το προϊόν και προχωράει στην *Load_Material*.
- Η *Load_Material* ελέγχει μέσω του αισθητήρα βάρους της δεξαμενής εάν υπάρχει υλικό προς μεταφορά και εάνναι, ενεργοποιείται ο κινητήρας της βαλβίδας της και ξεκινάει η εκκένωση του προϊόντος.

Η εκκένωση του προϊόντος γίνεται μόνο εαν καλύπτονται οι ακόλουθες συνθήκες

- 1) Υπάρχει υλικό στη δεξαμενή ($A1 > 0$)
 - 2) Η βαλβίδα είναι ανοικτή ($K1 = \text{True}$)
 - 3) Ο διακόπτης είναι στη θέση ON και
 - 4) Δεν έχουν γεμίσει και τα 2 Silos ($B4 = \text{False}$)
- Μόλις πέσει το υλικό στο 1ο Silo, ο αισθητήρας **B1** γίνεται False και συνεχίζει η διαδικασία εως ώτου το Silo1 γεμίσει , οπου γίνεται True ο αισθητήρας **B2** .
 - Μόλις $B2 = \text{True}$, τότε ξεκινάει η υπορουτίνα *Switch* για να αλλάξει τον αγωγό διοχέτευσης απο το Silo 1 στο Silo 2 .Επειτα συνεχίζει με το γέμισμα του 2ου Silo οπου θέτει False το **B3** και μόλις ολοκληρωθεί θέτει True τον **B4**. Μόλις $B4 = \text{True}$ τότε σταματάει το γέμισμα , όπως και οι κινητήρες για την κίνηση και την εκκένωση του προϊόντος - το πρόγραμμα σταματάει εκεί.Εάν όμως καθ'όλη τη διάρκεια της διαδικασίας του γεμίσματος, ο διακόπτης γυρίσει στο Off, τότε σταματάει το γέμισμα (βγαίνει απο το Do While loop) και αφού σταματήσει η μεταφορά και η εκκένωση του προϊόντος, εκτελείται η υπορουτίνα *Empty_Silos*.
 - Στην *Empty_Silos*,αδειάζει πρώτα το 1ο Silo και μετά το 2ο , αρχικοποιώντας πάλι τους αισθητήρες **B1,B2,B3,B4** και το πρόγραμμα σταματάει εκεί. Εάν επίσης καθ'όλη τη διαδικασία του γεμίσματος, τελειώσει το υλικό, σταματάει το γέμισμα και οι αντίστοιχοι κινητήρες και το πρόγραμμα τελειώνει εκεί .

Όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα, έτσι και εδώ έχει δημιουργηθεί η υπορουτίνα *Delay*, για να έχουμε τις απαραίτητες καθυστερήσεις.

Init Sensors:

```
ResetBit(K1)
ResetBit(LoadOut)
SetBit(B1)
SetBit(B3)
A1=3000
SILO1=0
SILO2=0
SetBit(On_Off)
ResetBit(LoadOut)
```


Mac_On

Mac On:

Start_Platform

Start Platform:

SetBit(B5)

SetBit(K2)

Load_Material

Load Material:

If A1>0 Then SetBit(K1)

Do While (K1=True) And (A1>0) And (B4=False) And (On_Off=True)

A1=A1-40

Delay(0.1)

If (SILO1<800)Then

ResetBit(B1)

SILO1=SILO1+40

Delay(0.05)

End If

If SILO1>=800 Then SetBit(B2)

If B2=True Then Switch

If (SILO2<800) And (B2=True) Then

ResetBit(B3)

SILO2=SILO2+40

Delay(0.05)

End If

If SILO2>=800 Then SetBit(B4)

Loop

ResetBit(K1)

ResetBit(K2)

ResetBit(B5)

If On_Off=False Then Empty_Silos

Switch:

If B2=True Then SetBit(LoadOut)

Empty Silos:

ResetBit(B2)

Do While (SILO1>0)

SILO1=SILO1-80

Delay(0.01)

Loop

SetBit(B1)

ResetBit(B4)

Do While (SILO2>0)

SILO2=SILO2-80

Delay(0.01)

Loop

SetBit(B3)

Βιβλιογραφία

- Κίνγκ Ρ.Ε:
"Βιομηχανικός Έλεγχος"
Παπασωτηρίου, Αθήνα 1996.
- H. Grabowski, R. Anderl:
CAD-systems and their interface with CAM
1984
- Franz Pleschak:
CIM Management
1991
- S. Kalpakjian - S. Schmid:
Manufacturing engineering and technology
2006
- Jean-Baptiste Waldner:
Principles of Computer-Integrated Manufacturing
1992
- Harmon R.W:
"Advanced Process Control"
McGraw Hill, 1981.
- Olsson G.-Piani G:
"Computer Systems for Automation and Control"
1992.
- Boyer, Stuart A. :
"SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition"
1993.
- Caruso, Jeff:
"Ethernet goes industrial"
Network World LAN Newsletter,2000
- Caruso, Jeff:
"Industrial-strength Ethernet"
Network World High Speed LANs Newsletter 2001
- Ρουμπής Σ.:
"Αυτοματισμός με PLC"
1987
- Murthy and Manimaran:
"Resource Management in Real-time Systems and Networks"
The MIT Press, 2001
- Liu:
"Real-time systems"
Prentice-Hall, 2000
- Gambier:
Real-time Control Systems: A Tutorial
2004

- K. Clements - W. Jeffcoat:
The PLC Workbook
1995

Ιστότοποι

- West A. - Anderson I. - Cai Jim Y. :
SCADA Technology
- <http://members.iinet.net.au/~ianw/archive/x4371.htm>
- <http://www.automation.siemens.com/>
- <http://en.wikipedia.org/>