

Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΚΤΥΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ  
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ  
INDUSTRIAL ETHERNET**

**ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ  
ΜΙΧΑΛΗΣ ΑΝΔΡΙΑΝΑΚΗΣ  
Α.Μ. 4362**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΔΡ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΚΥΠΡΑΚΗΣ**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2010



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΩΝ

---

Αρ.= αριθμόςΗ/Υ = Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

κ.ά. = και άλλα

και επ. = και επόμενες

κ.λ.π. = και τα λοιπά

ΕΔΕΤ = Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας

Τ.Ε.Ι = Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα

Σ.Τ.Ε.Φ. = Σχολή τεχνολογικών εφαρμογών

Τευχ. = τεύχος

Τόμ. = τόμος

ΟΕΔΒ = Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών βιβλίων

AIW = analog input word

ASCII = American Standard Code for Information Interchange

AS-i = Actuator Sensor Interface

AUI = Attachment Unit Interface

Auugn = Australian UNIX systems User Group Newsletter

BNC = Bayonet Neill-Concelman

CAN=Controller Area Network

CAT = Category

CFG = configuration

CRC = cyclic redundancy check

CSMA/CD = Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

CPU = Central Processing Unit

DC = direct current

DCOM = Distributed Component Object Model

DCS = distributed control system

DEC = Digital Equipment Corporation

DECNET = Digital Equipment Corporation network

DHCP = Dynamic Host Configuration Protocol

DNS = Domain Name System

DP (profibus) = Decentralized Peripherals

DQDB = distributed-queue dual-bus

DSL = Digital Subscriber Line

ETH-CFG = Ethernet - configuration

ETH-CTRL = Ethernet - control

FDDI = Fiber Distributed Data Interface

FMS (profibus) = Fieldbus Message Specification

FTP = File Transfer Protocol

GigE = Gigabit Ethernet

GmbH = Gesellschaft mit beschränkter Haftung

GPRS (ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ) = General packet radio service

GSM (ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ) = Global System for Mobile

HSE = High Speed Ethernet

HTTP = Hyper Text Transfer Protocol

IEC (ΕΠΙΤΡΟΠΗ)IEEE = Institute of Electrical and Electronics Engineers

Inc. = Incorporation

I/O = input/output

IP = Internet Protocol

IPTV = Internet Protocol television

ISA = international society of automation

ISP = Internet Service Provider

ITP = Industrial twisted pair

Kbps = *kilobit per second*

LAN = Local Area Networks

LED = light-emitting diode

MAN = Metropolitan Area Networks

MAU = Multistation Access Unit

Mbps = Megabit per second

MMI = Man-machine Interaction

MPI = Multi Point Interface  
NIC = Network Interface Cards  
OPC = OLE for process control  
OSI = Open System Interconnection  
PA (profibus) = profibus for process automation  
PBX = Private Branch Extension  
PC = Personal Computer  
PLC = programmable logic controller  
POP = Post Office Protocol  
PPPoE = Point-to-Point Protocol over Ethernet  
RH = relative humidity  
RTU = Remote Terminal Unit  
RX/TX = transmit/receive  
SCADA = Supervisory Control and Data Acquisition  
SF = Special function  
SMS = Short Message Service  
SMTP = Simple Mail Transfer Protocol  
SNA (Internet SNA) = Systems Network Architecture  
TCP = Transmission Control Protocol  
Telnet = Terminal Emulation  
TFTP = Trivial File Transfer Protocol  
TSAP = Transport Service Access Point  
URL = Uniform Resource Locator  
UDP = User Datagram Protocol  
VoIP = Voice over IP  
VPN = virtual private network  
WAN = Wide Area Networks  
WI-FI = Wireless Fidelity

## Περίληψη

---

Στην παρούσα διπλωματική εργασία τέθηκε σε λειτουργία εργαστηριακό θερμοκήπιο με την εφαρμογή βιομηχανικού δικτύου. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε μέσω προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Για την εποπτεία και τη διαχείριση δε, του θερμοκηπίου εξ αποστάσεως χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Labview.

Το βιομηχανικό δίκτυο που υλοποιήθηκε είναι το Industrial Ethernet, ταχύτητας 10/100Mbps. Το hardware, περιλαμβάνει ένα PLC της εταιρίας Siemens, της σειράς S7-200, έναν module επικοινωνίας Ethernet CP243-1, καλώδια, συνδέσεις και έναν προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η επικοινωνία του υπολογιστή με το PLC επιτυγχάνεται μέσω του μοντέλου OPC Server – OPC Client. Το OPC επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ υλικού και λογισμικού, διαφορετικών κατασκευαστών, και έχει δημιουργηθεί για να διευκολύνει τη συνδεσιμότητα των αυτοματισμών στις βιομηχανίες. Η επικοινωνία γίνεται μέσω των μεταβλητών -(items) στον OPC server- που συνδέονται με θέσεις μνήμης στο PLC. Το PLC εκτελεί τις διαδικασίες εκείνες που απαιτούνται ώστε το θερμοκήπιο να λειτουργεί σε αυτόματη ή χειροκίνητη λειτουργία ενημερώνοντας συγχρόνως για την τρέχουσα κατάστασή του το Labview, μέσω του opc server. Ο υπολογιστής απορροφάει τα πακέτα που στέλνει το PLC μέσω του opc server αφενός και αφετέρου εξομοιώνει τις διεργασίες που είναι επιθυμητές από το χρήστη. Ο προγραμματισμός του PLC γίνεται με το λογισμικό Simatic STEP 7 v4.0 MicroWIN το οποίο είναι εγκατεστημένο στον υπολογιστή. Οι CPU των συγκεκριμένων PLC δεν έχουν ενσωματωμένες τις λειτουργίες σύνδεσης στο δίκτυο και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές κάρτες επικοινωνίας (CP - communications processor) της εταιρείας Siemens που ονομάζονται CP 243-1 (σε κάθε PLC αντιστοιχεί μια κάρτα). Ο υπολογιστής συνδέεται με το δίκτυο μέσω της θύρας Ethernet που διαθέτει και βρίσκεται on-board στη μητρική πλακέτα.

Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στο γεγονός ότι το εποπτικό περιβάλλον στον υπολογιστή θα έπρεπε να είναι όσο το δυνατόν απλούστερο, κατανοητό και εύχρηστο, μια και ο χειρισμός του θερμοκηπίου θα γίνεται από μη εξειδικευμένους χρήστες.

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Η Ελληνική Βιομηχανία με αργά αλλά σταθερά βήματα έχει αρχίσει να χρησιμοποιεί και να εγκαθιστά σύγχρονα συστήματα ελέγχου. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές -το καλύτερο αυτόνομο εργαλείο ελέγχου- έχουν αρχίσει να αντικαθιστούν στα εργοστάσια της χώρας μας τα συμβατικά συστήματα αυτοματισμού με τα γνωστά βοηθητικά ρελέ και τους χρονοδιακόπτες. Οι εν λόγω προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές έχουν τη δυνατότητα να διασυνδέονται μεταξύ τους με σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων, πληροφοριών και διαταγών ελέγχου. Τα διασυνδεδεμένα αυτά συστήματα προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών προσφέρουν ευελιξία, διαφάνεια και αποτελεσματικό συντονισμό όλων των τμημάτων μίας εκτεταμένης βιομηχανικής διαδικασίας.

Στην περιοχή των Βιομηχανικών Δικτύων για διασύνδεση προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών και/ή βιομηχανικών υπολογιστών, έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια πολλά παρεμφερή προϊόντα τόσο από Ευρωπαϊκές όσο και από Αμερικανικές Εταιρίες Αυτοματισμού. Συνεπώς τα βιομηχανικά δίκτυα υπολογιστών σε συνδυασμό με προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (plc) θα μπορούν να εξασφαλίζουν δικτυακή απόκριση σε πραγματικό χρόνο και υψηλή αξιοπιστία λειτουργίας. Εδώ εισάγεται η έννοια των δικτύων επικοινωνίας, τα οποία χαρακτηρίζονται από τις τοπολογίες και τα πρότυπά τους.

Ειδικότερα όσον αφορά τα βιομηχανικά δίκτυα ορισμένα από τα πλεονεκτήματα απόρροια αυτής της πρακτικής διασύνδεσης είναι τα ακόλουθα:

- Σημαντική μείωση του κόστους καλωδίωσης.
- Ελάττωση του όγκου των χειριστηρίων ελέγχου χάρη στην αποκέντρωση και στη χρήση των οθονών που συντελείται.
- Μείωση των επιπρόσθετων εξαρτημάτων διασύνδεσης.
- Χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.
- Λειτουργική αξιοπιστία
- Κεντρική επεξεργασία και συγκέντρωση δεδομένων.
- Μεγαλύτερη παραγωγικότητα.

Πιο αναλυτικά, στόχος της Πτυχιακής ήταν η δημιουργία ενός βιομηχανικού δικτύου Industrial Ethernet, στο οποίο συνδέονται ένα PLC και ένας προσωπικός ηλεκτρονικός υπολογιστής για τον έλεγχο ενός θερμοκηπίου και η ανάπτυξη εφαρμογών που επιδεικνύουν την ορθή λειτουργία του όλου συστήματος. Οι μέχρι τώρα Πτυχιακές εργασίες πάνω στον δικτυακό αυτόματο έλεγχο με PLC χρησιμοποιούσαν δίκτυο Profibus. Για το λόγο αυτό «στήθηκε» ένα νέο δίκτυο με καινούριο προσωπικό υπολογιστή και ένα PLC της σειράς S7-200 της εταιρείας Siemens που υπήρχε στο εργαστήριο των Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Από την μια μεριά το PLC είναι συνδεδεμένο με ένα εργαστηριακό θερμοκήπιο διαστάσεων 120X60 cm, το οποίο στέλνει δεδομένα προς το δίκτυο παίρνοντας εντολές από τα αισθητήρια που είναι εγκατεστημένα. Από την άλλη πλευρά ο υπολογιστής επιτελεί δύο εργασίες: πρώτον λαμβάνει τα πακέτα που παράγει το PLC μέσω ενός OPC server και τα προωθεί στο περιβάλλον ελέγχου που δημιουργήθηκε στο LabView, και δεύτερον δίνει τη δυνατότητα της on-line παρακολούθησης του προγράμματος που είναι καταχωρημένο στη μνήμη του PLC.

Το θερμοκήπιο ήταν κατασκευασμένο για τοπικό έλεγχο περιλαμβάνοντας την ηλεκτρολογική εγκατάσταση και έναν πίνακα με τα απαραίτητα όργανα ενδείξεων και τοπικού χειρισμού, καθώς επίσης ήταν εξοπλισμένο με ανεμιστήρα απαγωγής υγρασίας

και εισαγωγής αέρα, αντιστάσεις θέρμανσης, ανεμιστήρα ψύξης θέρμανσης, υγραντήρα και αντλία ποτίσματος. Στον εξοπλισμό περιλαμβάνονται και αισθητήριο σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας.

Ο προγραμματισμός του PLC γίνεται με το λογισμικό Simatic STEP 7 MicroWin το οποίο είναι εγκατεστημένο στον υπολογιστή. Η CPU του συγκεκριμένου PLC δεν έχει ενσωματωμένες τις λειτουργίες σύνδεσης στο δίκτυο και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ειδική κάρτα επικοινωνίας (CP - communications processor) που ονομάζεται CP 243-1 (μια κάρτα για κάθε PLC). Ο υπολογιστής συνδέεται στο δίκτυο μέσω της θύρας Ethernet που διαθέτει και βρίσκεται on-board στη μητρική πλακέτα.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το PLC και ο υπολογιστής συνδέονται μεταξύ τους με δίκτυο (ενσύρματο) Industrial Ethernet. Με το Industrial Ethernet ένα ισχυρό δίκτυο είναι διαθέσιμο για την εξυπηρέτηση βιομηχανικών εφαρμογών, το οποίο συμφωνεί με τα standards IEEE 802.3 (ETHERNET) και 802.11 (ασύρματο LAN). Με το δίκτυο Industrial Ethernet, όπως και στο συμβατικό Ethernet, δεν διαχωρίζονται οι διάφοροι σταθμοί σε Master και Slave. Όλοι είναι ισάξιοι και έχουν τα ίδια δικαιώματα πάνω στο δίκτυο με αποτέλεσμα οποιοσδήποτε σταθμός έχει δεδομένα έτοιμα για αποστολή να τα εκπέμπει αμέσως χωρίς να περιμένει. Η πρόσβαση των σταθμών στο δίκτυο γίνεται με τη μέθοδο CSMA/CD. Τέλος, πάνω στο Industrial Ethernet εφαρμόζονται διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, όπως το TCP, το ISO Transport, το ISO-on-TCP κ.α. και προσφέρει ταχύτητες επικοινωνίας έως και 100 Mbps.

Ο τηλεέλεγχος που κάνει ο υπολογιστής στηρίζεται στο λογισμικό Labview επιτελώντας τον ρόλο Scada. Το χαρακτηριστικό στο πρόγραμμα αυτό που δημιουργήθηκε είναι ότι δεν επιτελεί μόνο το ρόλο της απεικόνισης της διαδικασίας του θερμοκηπίου, αλλά μπορεί να λειτουργήσει και σαν χειριστήριο ελέγχου για το ίδιο το θερμοκήπιο με απεικονιστικό περιβάλλον κατάλληλα διαμορφωμένο για αυτό το σκοπό. Μπορεί να απεικονίζει σε ένα ειδικά διαμορφωμένο πίνακα, όλες τις φυσικές τιμές των σημάτων των αισθητηρίων καθώς και την ημερομηνία και ώρα που ελήφθη η κάθε τιμή, καταχωρώντας τις αυτόματα σε αρχείο. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να στέλνει μηνύματα με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο για σφάλματα στον κώδικα προγραμματισμού όπως και σε περίπτωση απόκλισης των τιμών της υγρασίας και της θερμοκρασίας πέραν των φυσιολογικών ορίων. Σε αυτήν την περίπτωση, και εφόσον έχει επιλεγεί η λειτουργία καταγραφής σε αρχείο το μήνυμα θα περιλαμβάνει εκτός από τον τύπο του σφάλματος και ένα συνημμένο αρχείο με όλες τις τιμές που έχουν αποθηκευθεί μέχρι εκείνη τη στιγμή.

## 2. ΔΙΚΤΥΑ

---

### 2.1 Γενικά

Η απόσταση αποτελεί έναν παράγοντα που χαρακτηρίζει την τεχνολογία των δικτύων. Διαθέτουμε τρεις χαρακτηριστικές χονδρικά αποστάσεις που οριοθετούν τρεις τεχνολογίες δικτύων:

I) στις αποστάσεις έως δύο-τριών χιλιομέτρων αντιστοιχούν τα *Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (LAN-Local Area Networks)*,

II) στις αποστάσεις από λίγα χιλιόμετρα μέχρι και 100km αντιστοιχούν τα *μητροπολιτικά Δίκτυα*,

III) ο εξοπλισμός που κατανέμεται σε μια πόλη (MAN-Metropolitan Area Networks) και από εκεί μέχρι την άλλη άκρη του πλανήτη (ακόμα και μέσω δορυφόρων) έχουμε τα *Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (WAN-Wide Area Networks)*, όπου κατανέμονται σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες<sup>1</sup>.

Τα κυριότερα πρότυπα Τοπικών Δικτύων είναι τα δίκτυα Ethernet, Token ring, token bus, μητροπολιτικών τα FDDI<sup>2</sup> (Fibre Distributed Data Interface), DQDB<sup>3</sup> (Distributed Queue Dual Bus), και ευρείας περιοχής τα Internet SNA<sup>4</sup> (Systems Network Architecture), DECnet<sup>5</sup>, TYMNET<sup>6</sup>, κλπ.

---

<sup>1</sup> Αράπογλου Α.- Μαβόγλου Χ.- Οικονομάκος Η.- Φύτρος Κ., *Πληροφορική*, Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα 2006, σ.124

<sup>2</sup> Βασισμένα στην τεχνολογία των οπτικών ινών, τα δίκτυα FDDI μπορούν να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων πολύ γρηγορότερα και σε μεγαλύτερες αποστάσεις από ότι τα συνηθισμένα τοπικά δίκτυα. Το FDDI είναι μια τεχνολογία των 100 Megabit per second (100Mbps) η οποία χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο με timed-token για να συντονίσει τη πρόσβαση των υπολογιστών στο δίκτυο και μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 155Mbps. Βλ. επ'αυτού Heneghan H., "New configuration make FDDI more survivable, στο *Network World*, αρ. 47, τευχ. 12, Νοέμβριος 1995, σ.41.

<sup>3</sup>Το πρότυπο αυτό αναπτύχθηκε για μητροπολιτικά δίκτυα και περιέχει καλά χαρακτηριστικά απόδοσης, όπως οι ψηλές ταχύτητες, η υποστήριξη ασύγχρονης και ισόχρονης επικοινωνίας, η διπλή αρτηρία (dual bus) και τα κελιά σταθερού μήκους (αυτό σημαίνει ότι μπορεί να διαχειριστεί και μικρά αλλά και μεγάλα πακέτα). Η αρχιτεκτονική ενός DQDB MAN περιλαμβάνει γέφυρες, δρομολογητές και πύλες: Γκάργκας Ε.- Κωστούλης Δ., *Εργασία Μεταπτυχιακού Μ.Ι.Σ.* Πανεπιστημίου Μακεδονίας, αναρτήθηκε στο <http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies/diktywn/ergasies/2005/html/MANProtocol/index.htm#TOP>, προσπελάστηκε στις 20/03/2010.

<sup>4</sup> Είναι ιδιόκτητο δίκτυο αρχιτεκτονικής IBM το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε τράπεζες και άλλα χρηματοπιστωτικά δίκτυα συναλλαγών καθώς και σε πολλές κυβερνητικές υπηρεσίες: Brown L.M., «UNIX System V Data Networking Architecture», στο *Auugn*, τευχ.10, αρ.3, Ιούνιος 1989, σς. 124-134.

<sup>5</sup> Η Αμερικάνικη Εταιρεία Ψηφιακού Εξοπλισμού DEC (Digital Equipment Corporation) ανέπτυξε το πρωτόκολλο DECnet για να επιτρέψει την επικοινωνία σε υψηλή ταχύτητα ανάμεσα στους μικρό-υπολογιστές DEC κατά μήκος τοπικών και ευρέων περιοχών δικτύων. Βλ. Earls, A.R., *Images of America: Digital Equipment Corporation*, Arcadia Publishing, Portsmouth 2004, σς. 9 και επ.

<sup>6</sup> Βλ. Αγγελόπουλος Ι.Δ., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Σημειώσεις θεωρίας για το μάθημα «Δίκτυα Υπολογιστών», Τ.Ε.Ι. Πειραιά, Τμήμα Αυτοματισμού, Αθήνα, Μάρτιος 2005, σ.39.

## 2.2 Διακίνηση δεδομένων στα τοπικά δίκτυα (LANs)

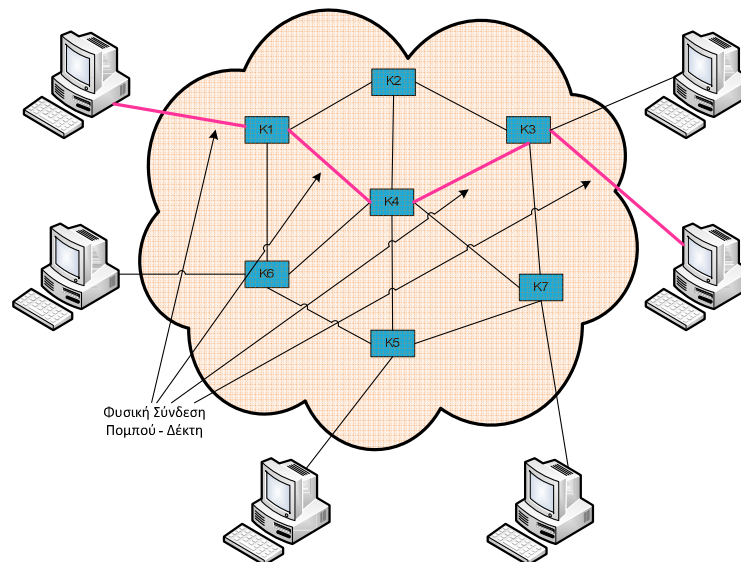
Η επικοινωνία στα LANs επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή μηνυμάτων. Τρεις είναι οι δυνατοί τρόποι με τους οποίους πραγματοποιείται μια τέτοια ανταλλαγή σε μια διασύνδεση LAN:

-Μεταγωγή κυκλωμάτων

-Μεταγωγή με μηνύματα

-Μεταγωγή με πακέτα

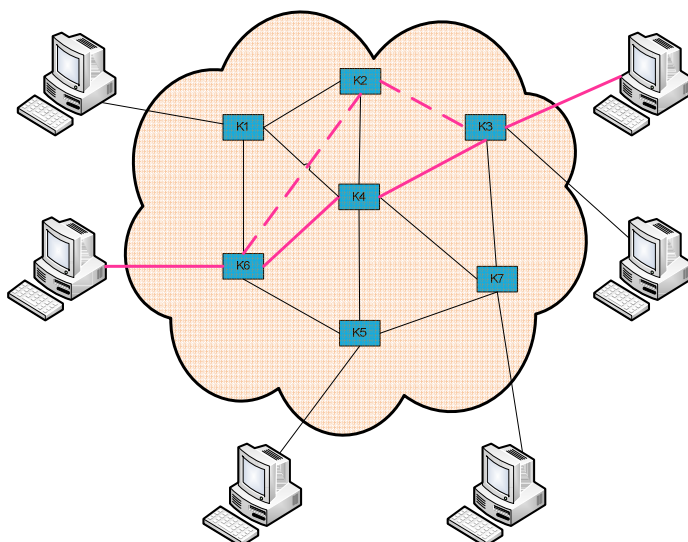
Η τεχνική «μεταγωγής του κυκλώματος», δημιουργεί έναν δρόμο μεταξύ των σταθμών που επιθυμούν να επικοινωνήσουν, πριν ακόμα αρχίσει η επικοινωνία. Η δημιουργία αυτού του δρόμου γίνεται αυτόματα πληροφορίας που μεταφέρουν τα δεδομένα προς μετάδοση. Ο δρόμος επικοινωνίας των δύο σταθμών χρησιμοποιείται αποκλειστικά από αυτούς όσο διαρκεί η επικοινωνία<sup>7</sup>.



Εικόνα 1. Επικοινωνία υπολογιστών με τη μέθοδο μεταγωγής κυκλώματος

Σύμφωνα με την τεχνική «μεταγωγής με μηνύματα», ένα μήνυμα μεταδίδεται από κόμβο σε κόμβο του τοπικού δικτύου, μέχρι να φθάσει στον προορισμό του, σύμφωνα με οδηγίες που το ίδιο μεταφέρει. Για να γίνει η μετάδοση από έναν κόμβο σε έναν άλλο κόμβο θα πρέπει ο κόμβος λήψης να μπορεί να αποθηκεύσει ολόκληρο το μήνυμα ή τα δεδομένα. Στη συνέχεια ο κόμβος λήψης αφού εξετάσει το μήνυμα για τυχόν λάθη το προωθεί στο επόμενο κόμβο μεταγωγής. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι το μήνυμα να φτάσει στον κόμβο προορισμού.

<sup>7</sup> Αρβανίτης Κ.- Κολυβάς Γ- Ούτσιος Σ., *Τεχνολογία δικτύων επικοινωνιών*, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1997, σσ. 21-26.

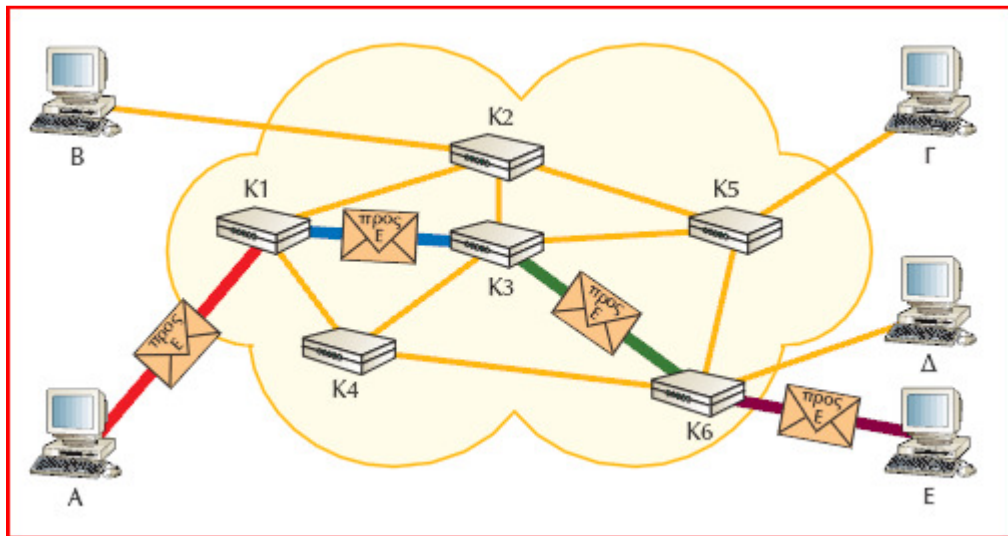


**Εικόνα 2. Επικοινωνία υπολογιστών με τη μέθοδο μεταγωγής με μηνύματα**

Στη τεχνική της «μεταγωγής με πακέτα», κάθε μήνυμα χωρίζεται σε τμήματα που ονομάζονται *πακέτα*. Το κάθε πακέτο έχει συγκεκριμένη δομή και μήκος τα οποία καθορίζονται από την αρχή. Το κάθε πακέτο αποτελείται από την κεφαλή, το σώμα και την ουρά. Στην κεφαλή περιέχονται πληροφορίες αναφορικά με το μήνυμα στο οποίο ανήκει το πακέτο, τον αριθμό των πακέτων που χωρίστηκε το μήνυμα, τον αύξοντα αριθμό πακέτου, το μήκος του πακέτου, τον τύπο του πακέτου, και πάει λέγοντας. Στο σώμα περιέχονται τα προς μετάδοση δεδομένα ενώ στην ουρά περιέχονται πληροφορίες για έλεγχο λαθών κατά τη μεταφορά του πακέτου. Διαμέσου πολύπλοκων διαδικασιών και με τη βοήθεια μετρήσεων της κυκλοφορίας στις γραμμές του δικτύου, κάθε πακέτο δρομολογείται ανεξάρτητα από τα άλλα πακέτα του ίδιου μηνύματος. Επιτυγχάνεται έτσι η ελάχιστη φόρτιση του δικτύου. Είναι λογικό ότι η τεχνική της «μεταγωγής με πακέτα», χάριν στο ότι δρομολογεί τα πακέτα το ένα ανεξάρτητα από το άλλο και χρησιμοποιεί ειδικούς αλγόριθμους για την εκλογή εναλλακτικών δρόμων δρομολόγησης, δίνει στο δίκτυο τη δυνατότητα να προσαρμόζεται δυναμικά στις μεταβαλλόμενες κυκλοφοριακές συνθήκες. Για τους προαναφερθείς λόγους και η διαθεσιμότητα του δικτύου είναι πολύ υψηλή. Το μικρό μέγεθος των πακέτων μειώνει στο ελάχιστο τις ουρές αναμονής καθώς και τις απαιτήσεις για αποθήκευση στους κόμβους. Τα πλεονεκτήματα της μεταγωγής πακέτου έναντι της μεταγωγής κυκλώματος είναι τα ακόλουθα:

- **Καλύτερη αξιοποίηση των τηλεπικοινωνιακών γραμμών.** Στη μεταγωγή κυκλώματος είναι δυνατόν να είναι δεσμευμένη η γραμμή επικοινωνίας ενώ δεν χρησιμοποιείται και έτσι η χωρητικότητά της να μένει ανεκμετάλλευτη. Στη μεταγωγή πακέτου η ίδια γραμμή επικοινωνίας χρησιμοποιείται από πακέτα διαφορετικών συνδέσεων.
- **Δυνατότητα διαφορετικού ρυθμού δεδομένων.** Στη μεταγωγή πακέτου μπορεί να γίνει μετάδοση με το μέγιστο δυνατό ρυθμό ανάλογα με τις δυνατότητες της γραμμής (π.χ. οπτική ίνα) ανάμεσα στους κόμβους.
- **Δεν γίνεται εμπλοκή κλήσεων.** Στη μεταγωγή κυκλώματος μπορεί να υπάρξει εμπλοκή κλήσεων λόγω μεγάλης κυκλοφορίας, όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα κανάλια. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στη μεταγωγή πακέτου όπου κάθε νέο πακέτο μεταδίδεται στο δίκτυο όσο μεγάλος και αν είναι ο φόρτος κίνησης.

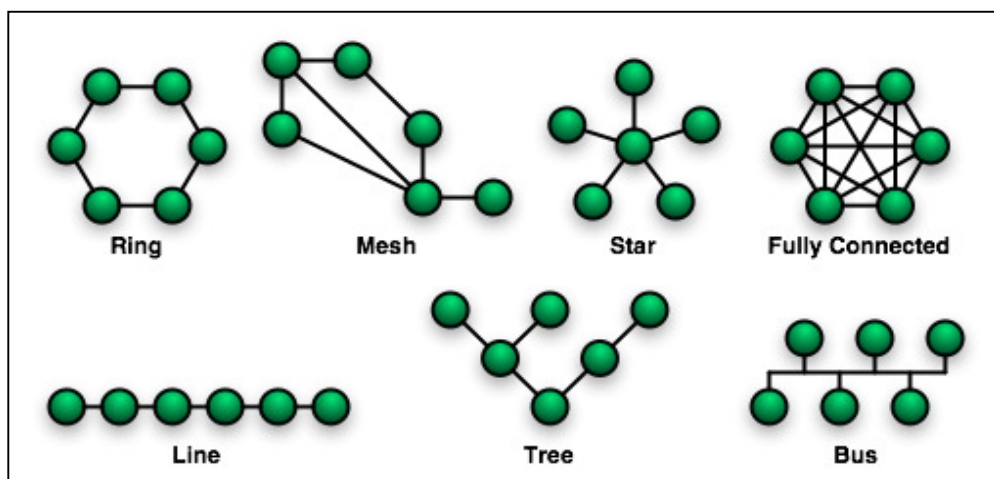
- **Δυνατότητα εφαρμογής προτεραιοτήτων.** Τα πακέτα μπορούν να χαρακτηριστούν ως μεγαλύτερης προτεραιότητας και να μεταδοθούν πρώτα, ανάλογα με την πληροφορία που μεταφέρουν (π.χ. βίντεο, ήχος)<sup>8</sup>.



Εικόνα 3. Τεχνική μεταγωγής πακέτου. Κάθε κόμβος του δικτύου, αφού λάβει ολόκληρο το πακέτο, το προωθεί στον επόμενο μέχρι να φτάσει στον προορισμό του.

### 2.3 Τοπολογίες δικτύων

Με τον όρο «τοπολογία δικτύου» εννοούμε το είδος της αρχιτεκτονικής διασύνδεσης των σταθμών, με άλλα λόγια τον τρόπο με τον οποίο αυτοί είναι φυσικά συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Στη συνέχεια της παρούσας εργασίας θα αναλύσουμε τις κυριότερες και πιο εύχρηστες τοπολογίες<sup>9</sup>.

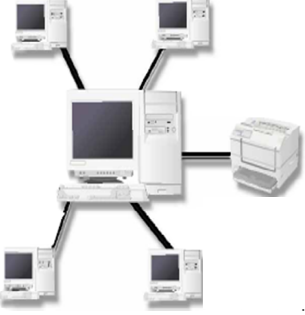


Εικόνα 4. Διαφορετικές τοπολογίες δικτύων

<sup>8</sup> Miller P. – Cummins M., *LAN Technologies Explained*, Digital Press, Woburn 2000, ιδιαίτερα σς. 4-9.

<sup>9</sup> Βλ. Norton P., *Εισαγωγή στους υπολογιστές*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2000, σσ.342, 343, 344.

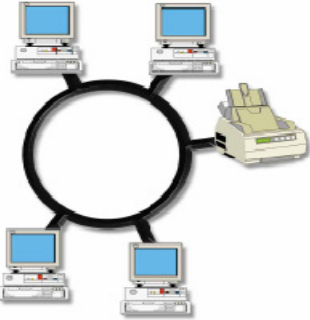
### 2.3.1 «Τοπολογία αστέρα» (STAR)

ΓΕΝΙΚΑ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<p>Η «τοπολογία αστέρα» τείνει να υποκαταστήσει τις περισσότερες μορφές τοπικών δικτύων. Όλοι οι σταθμοί εργασίας (workstations) συνδέονται με τον <b>κεντρικό κόμβο</b> του αστέρα, που συχνά είναι ένας κατανεμητής καλωδίων. Η μετάδοση από έναν οποιονδήποτε κόμβο σε κάποιον άλλο γίνεται διαμέσω του κεντρικού κόμβου. Αν υπάρξει πρόβλημα σε κάποιον περιφερειακό κόμβο, το δίκτυο συνεχίζει ομαλά τη λειτουργία του. Η απόδοση αυτής της τοπολογίας εξαρτάται από τις δυνατότητες του κεντρικού κόμβου, που σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να είναι ένας μεταγωγέας ( PBX – Private Branch extension ) με δυνατότητες μεταφοράς τόσο δεδομένων όσο και φωνής με τις τεχνικές της «μεταγωγής μηνύματος» ή της «μεταγωγής κυκλώματος».</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αυξημένη αξιοπιστία</li> <li>• Σχετικά μικρό κόστος υλοποίησης</li> <li>• Αύξηση εργονομίας και της αισθητικής του χώρου του δικτύου με παράλληλη ελάττωση του κόστους</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αν καταρρεύσει ο κεντρικός κόμβος επέρχεται πλήρης διακοπή της επικοινωνίας<sup>10</sup></li> </ul>

### 2.3.2 «Τοπολογία δακτυλίου» (RING)

ΓΕΝΙΚΑ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<p>Η «τοπολογία δακτυλίου» είναι μια σύνδεση από σημείο σε σημείο (point to point), η οποία</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υπάρχει μέγιστος χρόνος καθυστέρησης για</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αναξιόπιστο είδος σύνδεσης, μια και η</li> </ul>

<sup>10</sup> Βλ. Muller S., *Upgrading and repairing networks*, Que Corporation, Indianapolis 2002, σς.187-188 και επίσης Stephens M., «Bus, Star, Ring topologies Increase Network Options», στο *Infoworld*, τεύχ.11, αρ. 2, Ιανουάριος 1989, σ.12.

<p>δημιουργεί κλειστό κύκλωμα . Η ροή της πληροφορίας είναι πάντοτε προς μία και μόνο κατεύθυνση και ο σταθμός που θέλει να μεταδώσει σε κάποιο κόμβο του δικτύου μεταφέρει το μήνυμα με τη διεύθυνση του παραλήπτη στο γειτονικό του κόμβο ο οποίος αν είναι ο τελικός αποδέκτης , το παραλαμβάνει και το αναμεταδίδει στον επόμενο. Σε διαφορετική περίπτωση, απλώς ο κόμβος μεταδίδει το μήνυμα στον επόμενο. Τελικά το μήνυμα φτάνει στον αρχικό κόμβο ο οποίος το αποσύρει από το δακτύλιο μια και έχει πραγματοποιηθεί η παράδοση. Αν το μήνυμα χαθεί, τότε ο αρχικός κόμβος δεν θα το λάβει ποτέ πίσω και συνεπώς μπορεί να προχωρήσει στην επανεκπομπή του. Ο δακτύλιος συνήθως υλοποιείται με θωρακισμένα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων ( STP – Shielded Twisted Pair Wire ) ή με τη βοήθεια συσκευών πρόσβασης πολλαπλών συστημάτων ( MAU – Multistation Access Unit ) , όπου ο δακτύλιος υλοποιείται μέσα στη συσκευή . Μια άλλη συνηθισμένη μορφή είναι ο διπλός δακτύλιος οπτικών ινών (FDDI - Fiber Distributed Data Interface) με ταχύτητα 100 Mbits / sec .</p>	<p>την παράδοση ενός μηνύματος</p> 	<p>κατάρρευση ενός σταθμού μπορεί να παραλύσει το δίκτυο.</p>
--	--	---

### 2.3.3 «Τοπολογία αρτηρίας» (BUS)

ΓΕΝΙΚΑ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
--------	---------------	---------------

<p>Όλοι οι σταθμοί είναι συνδεδεμένοι πάνω στο μοναδικό μέσο μετάδοσης, την «αρτηρία». Κάθε σταθμός έχει μια μοναδική ταυτότητα (διεύθυνση). Έτσι ένας σταθμός για να επικοινωνήσει με κάποιον άλλο τοποθετεί τη διεύθυνση του παραλήπτη στο μήνυμα και το αποστέλλει στην αρτηρία. Οι υπόλοιποι σταθμοί «ακούνε» το μήνυμα αλλά μόνο αυτός που έχει τη διεύθυνση του παραλήπτη κάνει χρήση των δεδομένων εκτός από την περίπτωση που η διεύθυνση προσδιορίζει πολλούς παραλήπτες (broadcast &amp; multicast). Το πιο συνηθισμένο μέσο υλοποίησης της αρτηρίας είναι το ομοαξονικό καλώδιο. Η συνηθέστερη υλοποίηση δικτύου με «τοπολογία αρτηρίας» είναι το <b>Ethernet</b>. Μια γνωστή παραλλαγή είναι η τοπολογία «δένδρου»<sup>11</sup>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ευκολία υλοποίησης</li> <li>• Χαμηλό κόστος</li> <li>• Η αποσύνδεση ενός σταθμού δεν επιφέρει κανένα πρόβλημα στο δίκτυο.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η απόδοση που εξαρτάται από την τεχνική πρόσβασης στο μέσο και το είδος των δεδομένων που μεταφέρονται<sup>12</sup></li> </ul>

## 2.4 Πρότυπα Δικτύων Τοπικής Περιοχής (ΔΤΠ)

Όλα τα πρότυπα που αναπτύχθηκαν από το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE, International Institute of Electrical and Electronics Engineers)<sup>13</sup> είναι μέρος του έργου 802. Αυτά περιλαμβάνουν τα παρακάτω πρότυπα<sup>14</sup>:

IEEE 802.1: πρωτόκολλα ΔΤΠ υψηλότερου επιπέδου

IEEE 802.2: έλεγχος λογικής ζεύξης

IEEE 802.3: πολλαπλή πρόσβαση με ανίχνευση φέρουσας και αντίληψη σύγκρουσης (carrier sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD<sup>15</sup>).

<sup>11</sup> Σχετικά με τοπολογία «δένδρου» βλ. Muller S., *Upgrading and repairing network*, ό.π. σ.188-189.

<sup>12</sup> Muller S., *Upgrading and repairing networks*, ό.π. σ.186 και Stephens M., «Bus, Star, Ring topologies Increase Network Options», ό.π. σ.12.

<sup>13</sup> Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) είναι ένας διεθνής μη κερδοσκοπικός επαγγελματικός οργανισμός που αναπτύσσει πρότυπα για δίκτυα τοπικής περιοχής: βλ. επ' αυτού <http://www.ieee.org>, προσπελάστηκε στις 30/12/2009.

<sup>14</sup> Clark C. *Πλήρες εγχειρίδιο καλωδιώσεων δικτύων*, Εκδόσεις Γκιούρδας Μ., Αθήνα 2003, σ.120.

- IEEE 802.4: Αρτηρία διαύλου<sup>16</sup> (Token Bus)
- IEEE 802.5: Δακτύλιος με κουπόνι<sup>17</sup> (Token Ring)
- IEEE 802.6: Δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής<sup>18</sup> (MAN)
- IEEE 802.7: τεχνολογία ευρείας ζώνης
- IEEE 802.8: τεχνολογία οπτικών ινών
- IEEE 802.9: ολοκληρωμένες υπηρεσίες
- IEEE 802.10: ασφάλεια ΔΤΠ
- IEEE 802.11: ασύρματα ΔΤΠ
- IEEE 802.12: προτεραιότητα ζήτησης
- IEEE 802.14: καλωδιακά μόντεμ
- IEEE 802.15: ασύρματο δίκτυο προσωπικής περιοχής
- IEEE 802.16: ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση
- IEEE 802.17: δακτύλιος προσαρμοστικού πακέτου<sup>19</sup>

---

<sup>15</sup> Chan W.Ch., *Performance analysis of telecommunications and local area networks*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts 2000, σς.432 και επ.

<sup>16</sup> Το token bus είναι μια τοπολογία τοπικού δικτύου υπολογιστών που χρησιμοποιεί σαν μέσο σύνδεσης των υπολογιστών ομοαξονικό καλώδιο. Ένα ειδικό πλαίσιο δεδομένων, το κουπόνι, περνάει από υπολογιστή σε υπολογιστή. Το κουπόνι διατίθεται σε κάθε υπολογιστή για περιορισμένο χρονικό διάστημα στο οποίο ο κάτοχος του έχει δυνατότητα να εκπέμψει τα δικά του πλαίσια, αν έχει, ειδικά το αποδεσμεύει. Κάθε υπολογιστής πρέπει να γνωρίζει την διεύθυνση του επόμενου υπολογιστή που θα παραδώσει το κουπόνι και συνεπώς χρειάζεται ειδικό πρωτόκολλο δικτύου το οποίο να υποστηρίζει την λειτουργία της τοπολογίας token bus: βλ. Russell D., *The principles of Computer Networking*, Cambridge University Press, Cambridge 1989, σς. 115-118.

<sup>17</sup> Στην πράξη υλοποιείται από ένα σύνολο υπολογιστών με συνδέσεις από σε σημείο. Μειονέκτημα του είναι ότι εάν υπάρξει διακοπή στο καλώδιο ο δακτύλιος διακόπτεται. Το πρόβλημα αυτό όμως λύνεται με την χρήση κέντρου καλωδίωσης: βλ. Muller S., *Upgrading and repairing networks*, Que Corporation, Indianapolis 2002, σς. 207 και επ.

<sup>18</sup> Sadiku M.N.O., *Metropolitan Area Networks*, CRC Press Inc., Florida 2000.

<sup>19</sup> Αναφορικά με τα Πρότυπα Δικτύων Τοπικής Περιοχής βλ. ακόμα McGraw-Hill Companies, *Network Design Basics for Cabling Professionals*, McGraw-Hill, New York 2002, σς. 162-166.

## 3. ΠΡΟΤΥΠΟ OSI ΤΟΥ ISO<sup>20</sup>

### 3.1 Εισαγωγή

Παραπάνω ορίσαμε την έννοια του δικτύου δεδομένων, υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να αναλύσουμε και να περιγράψουμε ένα δίκτυο ανταλλαγής δεδομένων. Όλα τα δίκτυα παρέχουν τις ίδιες βασικές ρουτίνες για μεταφορά μηνυμάτων από τον αποστολέα στον παραλήπτη, με την έννοια του υπολογιστή. Όμως κάθε δίκτυο χρησιμοποιεί διαφορετικό υλικό και λογισμικό. Το σύνολο του λογισμικού και του υλικού πρέπει να συνεργάζονται αρμονικά για την επιτυχή μετάδοση της πληροφορίας. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι να σπάσουμε τις ρουτίνες σε μια σειρά από επίπεδα (layer), καθένα από τα οποία ορίζεται ξεχωριστά. Ένα από τα πιο διαδεδομένα μοντέλα είναι το μοντέλο αναφοράς Ανοικτής Διασύνδεσης Συστημάτων, ή μοντέλο αναφοράς OSI (OSI reference model) το οποίο διατυπώθηκε αρχικά, στο τέλος της δεκαετίας του '70, από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO) . Το μοντέλο OSI είναι μια ιεραρχική δομή επτά επιπέδων που καθορίζει τις προδιαγραφές επικοινωνίας μεταξύ δύο υπολογιστών, ορίζοντας επακριβώς τον σκοπό κάθε επιπέδου αλλά και τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα, και τυποποιήθηκε ως πρότυπο ISO 7498-1. Θεωρήθηκε ότι θα επέτρεπε τη λειτουργική συνεργασία μεταξύ ποικίλων ψηφιακών συσκευών που ήταν διαθέσιμες στην αγορά. Το μοντέλο επιτρέπει σε όλα τα στοιχεία ενός δικτύου να συλλειτουργούν, με κάθε στοιχείο να υλοποιεί ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα δικτύωσης, ανεξάρτητα από το ποιος είναι ο κατασκευαστής τους. Περί τα τέλη της δεκαετίας του 1980 ο ISO συνιστούσε την εφαρμογή του μοντέλου OSI ως κοινώς αποδεκτού υποδείγματος σχεδιασμού δικτύων. Ωστόσο εκείνη την εποχή η στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP, η οποία βασιζόταν σε ελαφρώς διαφορετική διαστρωμάτωση επιπέδων, ήταν ήδη επί πολύ καιρό σε ευρεία χρήση. Το TCP/IP ήταν θεμελιώδες για το δίκτυο ARPANET και τα άλλα δίκτυα που εξελίχθηκαν στο σημερινό Διαδίκτυο. Ως αποτέλεσμα το μοντέλο OSI παραμερίστηκε και σήμερα μόνο ένα υποσύνολό του χρησιμοποιείται ακόμη. Η επικρατούσα αντίληψη είναι ότι οι περισσότερες προδιαγραφές του είναι περίπλοκες και η πλήρης λειτουργικότητά του θα χρειαζόταν μεγάλο χρόνο κατασκευής, αν και συνεχίζουν να υπάρχουν σθεναροί υποστηρικτές του.



Εικόνα 5. Τα επτά επίπεδα του προτύπου OSI

<sup>20</sup> Kozierok Ch. M., *The TCP/IP Guide. A Comprehensive illustrated Internet Protocols Reference*, William Pollock Publisher, San Francisco 2005, σς. 87 και επ.

## 3.2 Περιγραφή του Προτύπου OSI

### 3.2.1 Το Φυσικό Επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο ορίζει όλες τις ηλεκτρικές και φυσικές προδιαγραφές της επικοινωνίας. Σ' αυτές περιλαμβάνονται οι σχηματισμοί των ακίδων, οι επιτρεπτές τάσεις, οι προδιαγραφές των καλωδίων κλπ. Συσκευές φυσικού επιπέδου είναι οι διανεμητές (hub), οι επαναλήπτες (repeaters), οι κάρτες δικτύου (card), οι προσαρμοστές (adaptor) διαύλου (bus). Οι κυριότερες λειτουργίες και υπηρεσίες του φυσικού επιπέδου είναι:

- Έναρξη και τερματισμός της ηλεκτρικής σύνδεσης μιας επικοινωνιακής συσκευής.
- Συμμετοχή σε διαδικασίες όπου οι επικοινωνιακές συσκευές εξυπηρετούν αποτελεσματικά πολλούς χρήστες (πολυπλεξία). Επιλύονται προβλήματα προτεραιότητας πρόσβασης και ελέγχου ροής δεδομένων.
- Διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση των ψηφιακών δεδομένων κατά τη μετάδοση από συσκευή σε συσκευή. Για παράδειγμα, τα ψηφιακά ηλεκτρικά σήματα μπορεί να ταξιδέψουν ως αναλογικά σε χάλκινο καλώδιο, μετά σε οπτική ίνα, μετά να μεταδοθούν από ραδιοζεύξη ή δορυφορικά, να φθάσουν πάλι αναλογικά σε χάλκινο καλώδιο και να γίνουν ψηφιακά στον παραλήπτη.

### 3.2.2 Το Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων

Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων παρέχει τα λειτουργικά και διαδικαστικά μέσα για τη μεταφορά δεδομένων από μια συσκευή ενός τοπικού δικτύου σε άλλη, αλλά και για την ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων που συμβαίνουν στο φυσικό επίπεδο. Οι μη ιεραρχημένες διευθύνσεις των συσκευών εδώ είναι οι φυσικές (π.χ. MAC διευθύνσεις), δηλαδή είναι προκαθορισμένες και αποθηκευμένες στις κάρτες δικτύου των επικοινωνούντων κόμβων από το εργοστάσιο. Το πιο γνωστό πρότυπο αυτού του επιπέδου είναι το Ethernet, για τοπικά δίκτυα. Άλλα παραδείγματα πρωτοκόλλων ζεύξης δεδομένων αποτελούν τα: HDLC και ADCCP, για συνδέσεις από-σημείο-σε-σημείο (point-to-point). 802.11, για ασύρματα τοπικά δίκτυα. Στα τοπικά δίκτυα της οικογένειας πρωτοκόλλων IEEE 802, και σε κάποια άλλα όπως το FDDI, αυτό το επίπεδο μπορεί να διαιρεθεί σε δύο μικρότερα:

- Ένα επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο κοινό μέσο, το υποεπίπεδο MAC (Media Access Control, Έλεγχος Πρόσβασης Μέσου).
- Ένα ανώτερο επίπεδο ελέγχου λογικών συνδέσεων, το υποεπίπεδο LLC (Logical Link Control, Έλεγχος Λογικών Ζεύξεων), όπου επικρατεί καθολικά το πρωτόκολλο IEEE 802.2 ανεξάρτητα από το υποκείμενο πρωτόκολλο MAC ή φυσικού επιπέδου. Στο επίπεδο αυτό λειτουργούν οι δικτυακές γέφυρες (bridge) και οι δικτυακοί διακόπτες (switch). Η συνδεσιμότητα παρέχεται μόνο για κόμβους που συνδέονται στο ίδιο κοινό μέσο (τοπικό δίκτυο ή σύνδεση από-σημείο-σε-σημείο).

### 3.2.3 Το Επίπεδο Δικτύου

Το επίπεδο δικτύου παρέχει τα λειτουργικά και διαδικαστικά μέσα για τη μεταφορά στοιχειοσειρών δεδομένων μεταβλητού μήκους από μια προέλευση σε έναν προορισμό, μέσα από ένα ή περισσότερα ενδιάμεσα δίκτυα, ενώ διατηρεί την ποιότητα εξυπηρέτησης που απαιτεί το επίπεδο μεταφοράς. Το επίπεδο δικτύου εκτελεί λειτουργίες

δρομολόγησης, με πιθανές κατατμήσεις / αποτμηματοποιήσεις, και αναφέρει σφάλματα σχετικά με την παράδοση των πακέτων. Οι δρομολογητές (routers) λειτουργούν στο επίπεδο αυτό· διακινώντας δεδομένα σε διασυνδεδεμένα δίκτυα έκαναν το Διαδίκτυο πραγματικότητα. Υπάρχουν και δικτυακοί διακόπτες που σχετίζονται με τις διευθύνσεις (IP). Εδώ υπάρχει μια λογική οργάνωση και τις τιμές των διευθύνσεων τις καθορίζει ιεραρχικά ο τεχνικός των επικοινωνιών. Το πλέον αναγνωρίσιμο παράδειγμα πρωτοκόλλου δικτύου είναι το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol, IP).

### **3.2.4 Το Επίπεδο Μεταφορών**

Το επίπεδο μεταφορών διεκπεραιώνει τη μεταφορά των δεδομένων από χρήστη σε χρήστη, απαλλάσσοντας έτσι τα ανώτερα επίπεδα από κάθε φροντίδα να προσφέρουν αξιόπιστη και μεταφορά δεδομένων από το ένα άκρο της επικοινωνίας στο άλλο. Το επίπεδο μεταφοράς ελέγχει την αξιοπιστία ενός χρησιμοποιούμενου καναλιού με έλεγχο ροής (flow control), κατάτμηση και αποτμηματοποίηση (segmentation / desegmentation), καθώς και έλεγχο σφαλμάτων (error control). Ορισμένα πρωτόκολλα καταγράφουν καταστάσεις και συνδέσεις, οπότε κρατούν λογαριασμό των πακέτων και επανεκπέμπουν αυτά που δεν παρελήφθησαν σωστά. Τα διάφορα πρωτόκολλα μορφοποιούν διαφορετικά τα εκπεμπόμενα πακέτα πληροφοριών, αλλά τα προς αποστολή δεδομένα παραλαμβάνονται αρχικά από τα ανώτερα επίπεδα. Το συνηθέστερο παράδειγμα πρωτοκόλλου μεταφοράς είναι το TCP (Transmission Control Protocol, πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης). Άλλα πρωτόκολλα μεταφοράς είναι τα UDP (User Datagram Protocol, πρωτόκολλο για ασυνδεσμική αποστολή δεδομένων, SCTP (Stream Control Transmission Protocol, πρωτόκολλο ελέγχου της ροής μετάδοσης), κλπ.

### **3.2.5 Το Επίπεδο Συνόδου**

Το επίπεδο συνόδου ελέγχει τις συνόδους (δηλαδή τις ανταλλαγές δεδομένων) μεταξύ δύο υπολογιστών, του A και του B. Ξεκινά, διαχειρίζεται και τερματίζει τη σύνδεση μεταξύ μιας τοπικής και μιας απομακρυσμένης εφαρμογής. Αντιμετωπίζει λειτουργίες FDX (full duplex, οι A και B μιλούν ταυτόχρονα από δύο κανάλια) ή HDX (half-duplex, μιλάει ο A και μετά απαντάει ο B από το ένα διαθέσιμο κανάλι), ενώ υποστηρίζει διαδικασίες αποθήκευσης κατάστασης (checkpoint), αναβολής (adjournment), τερματισμού (termination) και επανεκκίνησης (restart). Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για το ομαλό κλείσιμο της συνόδου (που είναι ιδιότητα του TCP) και επίσης για την αποθήκευση και ανάκτηση κατάστασης, λειτουργίες οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται στην στοίβα πρωτοκόλλων του Διαδικτύου.

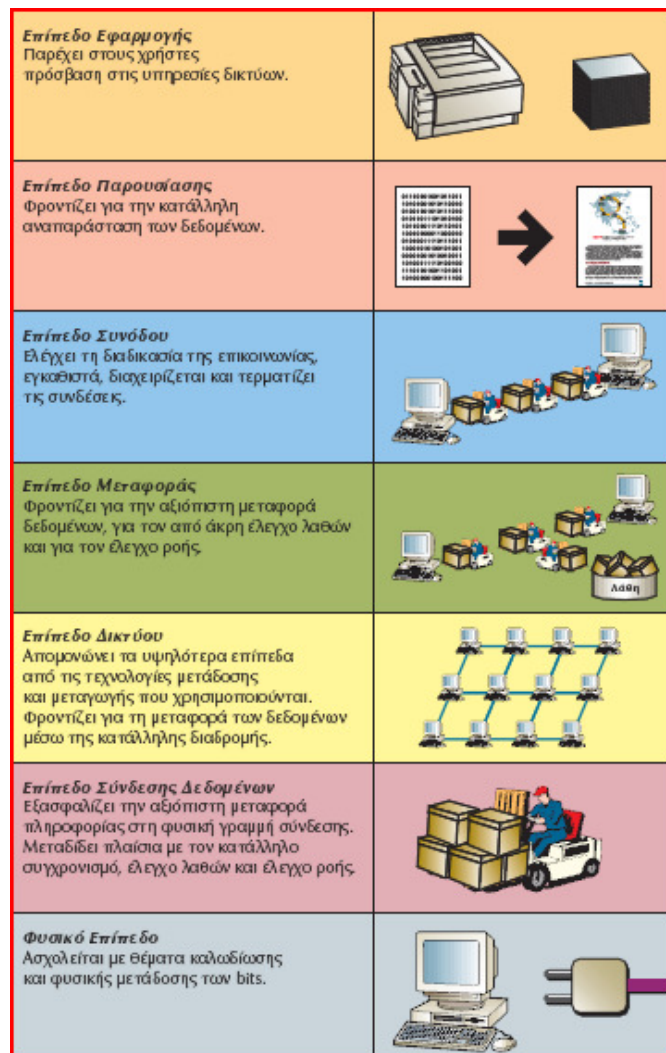
### **3.2.6 Το Επίπεδο Παρουσίασης**

Το επίπεδο παρουσίασης μετασχηματίζει τα δεδομένα σε τυπική μορφή που την αναμένει το επίπεδο εφαρμογών. Στο επίπεδο αυτό τα δεδομένα υφίστανται κρυπτογράφηση, συμπίεση, κωδικοποίηση MIME και όποια άλλη διαμόρφωση απαιτεί η μορφή δεδομένων ή ο σχεδιαστής του πρωτοκόλλου. Παραδείγματα αποτελούν η

μετατροπή αρχείων από κώδικα EBCDIC σε κώδικα ASCII και η μετατροπή της δομής των δεδομένων σε μορφή XML ή αντίστροφα (π.χ. από XML σε έγγραφο τύπου DOC).

### 3.2.7 Το Επίπεδο Εφαρμογής

Το επίπεδο εφαρμογής παρέχει στον χρήστη έναν τρόπο να προσπελάσει μέσω μιας εφαρμογής τις πληροφορίες ενός δικτύου. Αυτό το επίπεδο είναι η κύρια διασύνδεση του χρήστη με την εφαρμογή και, συνεπώς, με το δίκτυο. Στο επίπεδο αυτό γίνεται η διαχείριση των καταναμημένων εφαρμογών, η αποστολή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου κλπ. Παραδείγματα πρωτοκόλλων επιπέδου εφαρμογών αποτελούν τα Telnet, FTP, SMTP και HTTP<sup>21</sup>.



Εικόνα 6. Το μοντέλο αναφοράς OSI

<sup>21</sup> Ιωάννου Ζ.- Ψυλλίδου Ε., *Εισαγωγή στα δίκτυα δεδομένων [ISO/OSI (Μετάφραση) - Μεταγωγή - Μετάδοση - Διαμόρφωση - Πρωτόκολλα]*, Εργασία Πολυτεχνικής Σχολής Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2008, σς.22-23.

## 4. ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ LANs

### 4.1 Γενικά

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός μέσου μετάδοσης είναι δύο. Το πρώτο αφορά το γεγονός πως τα 300 Hz πχ είναι η ελάχιστη επιτρεπτή συχνότητα που μπορεί να περάσει από το μέσο μετάδοσης. Αυτό σημαίνει πως ένα σήμα μικρότερης συχνότητας (π.χ. 200Hz) δεν μπορεί να διέλθει από το μέσο μετάδοσης. Με τον ίδιο τρόπο η μέγιστη συχνότητα των 3400 Hz, υποδηλώνει πως ένα σήμα μεγαλύτερης συχνότητας, π.χ. 4500Hz δεν έχει τη δυνατότητα διέλευσης από το κανάλι.

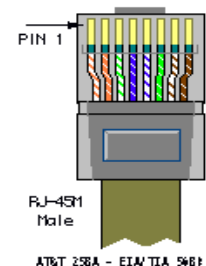
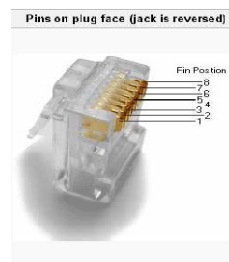
Το δεύτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα των μέσων μετάδοσης, είναι η χωρητικότητά (capacity) τους. Αυτή ορίζεται ως ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο μπορούμε να στείλουμε ή να λάβουμε δεδομένα, χωρίς να υπάρξουν σφάλματα κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Η χωρητικότητα ενός μέσου μετάδοσης είναι ανάλογη του εύρους ζώνης του, που σημαίνει ότι ένα μέσο μετάδοσης με μεγάλο εύρος ζώνης, θα έχει κατά συνέπεια και μεγάλη χωρητικότητα.

### 4.2 Συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων

Το συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων αποτελείται από ένα ζευγάρι μονωμένων χάλκινων αγωγών πλεγμένοι ο ένας γύρω από τον άλλο. Αυτή η συστροφή γίνεται για να αποφεύγονται οι ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο ή περισσότερων συνεστραμμένων ζευγών που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Αυτό μπορεί να συμβεί σε ένα καλώδιο το οποίο μεταφέρει πάνω από ένα σήματα με πολλά ζευγάρια μέσα στο ίδιο περίβλημα. Αν δεν υπήρχε η συστροφή τα προβλήματα θορύβου θα ήταν μεγάλα.

Η μετάδοση σημάτων θα μπορούσε να επιτευχθεί χωρίς πρόβλημα αν επρόκειτο να μεταφέρουμε σήματα σε αποστάσεις μικρές, μόλις λίγων χιλιομέτρων. Για μεγαλύτερες αποστάσεις όμως απαιτείται ενίσχυση. Τα κύρια πλεονεκτήματά τους, είναι το χαμηλό κόστος και η ευκολία τοποθέτησής τους. Στα μειονεκτήματά τους ανήκουν η ταχύτητα μετάδοσης και η ευαισθησία τους στο θόρυβο, (πρόβλημα που αντιμετωπίζεται εν μέρει με την προσθήκη θωράκισης που ανεβάζει όμως το κόστος).

Σήμερα κυριαρχούν τριγύρω μας οι συνδέσεις με στρογγυλό καλώδιο UTP (Unshielded Twisted Pair), το οποίο αποτελείται από 4 ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων (κατηγορία 5) για μείωση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, είτε είναι απλό πλακέ («φλατ» στην ορολογία των ηλεκτρολόγων) στην κατηγορία 3. Υπάρχει και κατηγορία 6 (Shielded Twisted Pair, STP), η οποία είναι όπως η κατηγορία 5, παρέχοντας επιπλέον θωράκιση γύρω από τα καλώδια, αλλά είναι αρκετά ακριβό και δύσκαμπτο, παρέχει όμως μεγαλύτερες ταχύτητες σε εφαρμογές όπου αυτό απαιτείται.



Εικόνα 7. Καλώδιο δικτύωσης τύπου UTP Cat5 με τους ακροδέκτες σύνδεσης



*Καλώδιο FTP*



*Καλώδιο S/STP*



*Καλώδιο S/FTP*

**ικόνα 8. Είδη καλωδίων δικτύου**

Κατά την σύνδεση των ακροδεκτών με το καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών (UTP) θα πρέπει να καταγραφεί η σειρά με την οποία συνδέονται τα καλώδια, γιατί πρέπει να τα τοποθετήσουμε με την ανάλογη σειρά στην άλλη άκρη του καλωδίου. Στο κλασικό Ethernet (10 Mbps) χρησιμοποιούνται μόνο τα τέσσερα από τα οκτώ καλώδια, αλλά μπορεί να γίνει εξαρχής η καλωδίωση να είναι έτοιμη για Fast Ethernet (100 Mbps). Η σωστή σειρά σύνδεσης των ακροδεκτών ακολουθεί ένα από τα δυο πρότυπα: το πρότυπο T568A ή το πρότυπο T568B. Στο τρόπο λειτουργίας δεν υπάρχει καμιά διαφορά μεταξύ τους. Συστήνεται όμως να διατηρείται ομοιομορφία στο πρότυπο που χρησιμοποιείται σε ένα τοπικό δίκτυο.

Οι πιο κοινοί τύποι καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών είναι οι ακόλουθοι:

- Category 1 (CAT 1) : Χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε τηλεφωνικές συνδέσεις.
- Category 3 (CAT 3) : Χρησιμοποιείται σε 10BASE-T Ethernet δίκτυα. Μπορεί να στείλει δεδομένα σε ταχύτητες έως και 10Mbps.
- Category 5 (CAT 5) : Χρησιμοποιείται κυρίως στα δίκτυα Fast Ethernet. Μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης: 100Mbps.
- Category 5e (CAT 5e) :Χρησιμοποιείται κυρίως σε δίκτυα που τρέχουν σε ταχύτητες της τάξης των 1000Mbps (1Gbps). Κατάλληλο για Gigabit Ethernet (GigE).
- Category 6 (CAT 6): Χρησιμοποιείται σε δίκτυα Gigabit Ethernet.

### **4.3 Ομοαξονικό καλώδιο**

Αποτελείται από έναν χάλκινο κεντρικό αγωγό ο οποίος περιβάλλεται από μονωτικό υλικό, το οποίο καλύπτεται από έναν κυλινδρικό αγωγό σε μορφή πλέγματος. Χαρακτηρίζεται από αντίσταση 50 Ohm με υψηλό εύρος ζώνης και ικανοποιητική αντοχή στο θόρυβο (ρυθμοί μετάδοσης 10 Mbps).

Στις μέρες μας χρησιμοποιούνται ολοένα και λιγότερο λόγω:

- α) του υψηλότερου κόστους τους και
- β) τη δυσκολία των συνδέσεων μια και απαιτούν ειδικούς κονέκτορες με αρκετά δύσκολη προσαρμογή.



Εικόνα 9 Ομοαξονικό καλώδιο RG58 - 50ohm

#### 4.4 Οπτικές ίνες

Πολλές εταιρείες PLCs χρησιμοποιούν ως μέσο μετάδοσης τις οπτικές ίνες. Ένας παλμός φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραστήσει το δυαδικό ψηφίο 1, ενώ η απουσία παλμού, το δυαδικό 0. Για να πραγματοποιηθεί μια οπτική μετάδοση απαιτούνται:

- I) η πηγή φωτός
- II) το μέσο μετάδοσης
- III) ο ανιχνευτής

Το μέσο μετάδοσης αποτελείται από μια λεπτή ίνα φτιαγμένη από γυαλί ή από τηγμένο διοξείδιο του πυριτίου. Η πηγή φωτός είναι είτε μια δίοδος LED, είτε μια δίοδος Laser οι οποίες εκπέμπουν παλμούς φωτός όταν εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση. Ο ανιχνευτής τέλος είναι μια φωτοδίοδος η οποία όταν πέσει φως πάνω της παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα. Συνδέοντας μια LED ή μια δίοδο Laser στο ένα άκρο και μια φωτοδίοδο στο άλλο, έχουμε ένα μονόδρομο σύστημα μετάδοσης δεδομένων που δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα, το μετατρέπει και το μεταδίδει με παλμούς φωτός και μετά επαναμετατρέπει την έξοδο σε ένα ηλεκτρικό σήμα στο άλλο άκρο λήψης.

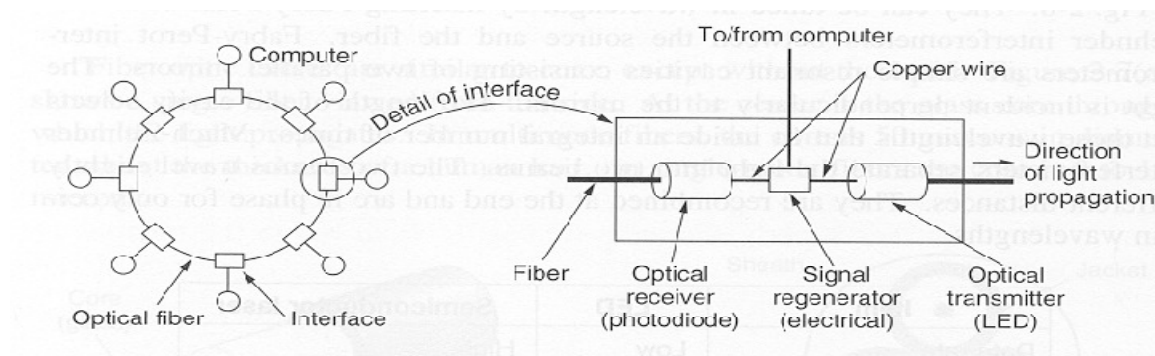
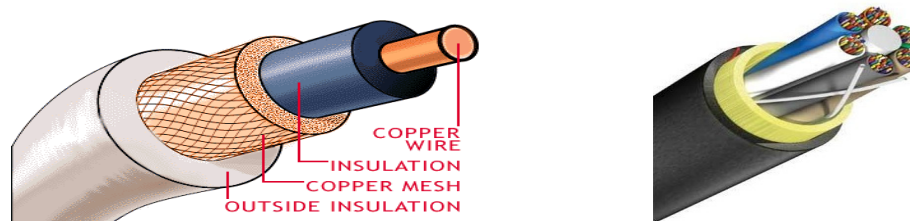
Τα **πλεονεκτήματα** της χρήσης οπτικών ινών είναι:

- α) έχουν υπερβολικά μεγάλο εύρος ζώνης με μικρή απώλεια ισχύος, συνεπώς μπορούν να καλύψουν πολύ μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των επαναληπτών.
- β) δεν επηρεάζονται από απότομες μεταβολές τάσης του δικτύου
- γ) παρουσιάζουν μεγάλες αντοχές σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και χημικά διαβρωτικά.
- δ) έχουν μικρό μέγεθος και βάρος.
- ε) παρέχουν υψηλή ασφάλεια αφού παρουσιάζουν δυσκολία στις υποκλοπές
- στ) ενισχυτικές διατάξεις (repeaters) απαιτούνται κάθε 30 χλμ σε αντίθεση με τα 5χλμ στον χαλκό.

Στα **μειονεκτήματά** τους πρέπει να αναφέρουμε το υψηλό κόστος καθώς και τη δύσκολη τεχνική συγκόλλησης και διακλάδωσης τους.

Σήμερα στον τομέα της διασύνδεσης υπολογιστικών συστημάτων έχει επικρατήσει η τάση να χρησιμοποιούνται καλώδια χαλκού συνεστραμμένων ζευγών, αφού αυτά μπορούν και ικανοποιούν αρκετές από τις απαιτήσεις των περισσότερων συμβατικών εφαρμογών<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Αρβανίτης Κ.- Κολυβάς Γ., Ούτσιος Σ., ό.π, σς. 73-75.



Εικόνα 10 Καλώδια οπτικών ινών και τρόπος μετάδοσης των σημάτων τους

## 4.5 Ασύρματα μέσα μετάδοσης

Λέγοντας ασύρματα δίκτυα εννοούμε τις περιπτώσεις που για την μεταφορά των πληροφοριών μεταξύ των υπολογιστών ή άλλων συσκευών που συνδέονται μεταξύ τους, ως φυσικό μέσο μετάδοσης χρησιμοποιούνται τα ραδιοκύματα. Για την ασύρματη δικτύωση συσκευών υπάρχουν πολλές και διαφορετικές τεχνολογίες και πρότυπα. Τέτοια είναι μεταξύ άλλων τα δίκτυα **GSM/GPRS** που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των κινητών τηλεφώνων και το πρότυπο **802.11 (b,g,n)** η τεχνολογία **Bluetooth**. Προσφέρουν μεγάλη ευελιξία και ευκολία στην εγκατάσταση, αλλά παράλληλα μειονεκτούν όσον αφορά τους χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, τη μικρότερη ασφάλεια στην διακίνηση δεδομένων, την ευαισθησία στο θόρυβο, αλλά και την μεγάλη ισχύ που απαιτείται από τους πομπούς για τη μετάδοση. Έτσι μολονότι αρχικά προορίζονταν να αντικαταστήσουν τα ενσύρματα δίκτυα σαν μια τεχνολογία αντικατάστασης, κατέληξαν να αποτελούν συμπλήρωμα των σταθερών δικτύων. Στα ασύρματα μέσα μετάδοσης ανήκουν οι επίγειες και δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις και τα συστήματα κυψελοειδούς τηλεφωνίας<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> Αρβανίτης Κ.- Κολυβάς Γ., Ούτσιος Σ., *ό.π.*, σσ. 73-75.

## 5. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ TCP/IP

---

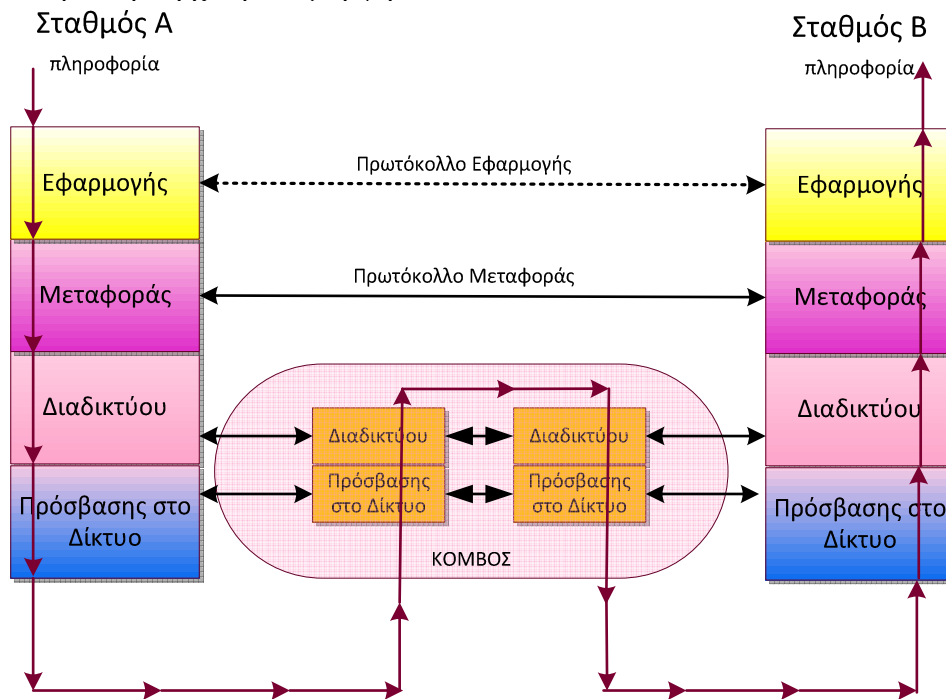
### 5.1 Γενική θεώρηση του πρωτοκόλλου TCP/IP

Το TCP/IP είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων που έχουν να κάνουν με την δικτύωση των υπολογιστών. Τα πρωτόκολλα αυτά όταν συνδυαστούν αποτελούν ότι το καλύτερο έχουν να επιδείξουν τα σύγχρονα δίκτυα υπολογιστών. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι το TCP που σημαίνει (*Transmission Control Protocol*) και το IP (*Internet Protocol*). Το πρωτόκολλο *TCP* ασχολείται με το πώς γίνεται η μετάδοση της πληροφορίας, ενώ το *IP* το τρόπο με τον οποίο γίνεται η διευθυνσιοδότηση των συσκευών στο δίκτυο.

Η σύνδεση τοπικών δικτύων μεταξύ τους αλλά και με δίκτυα ευρείας περιοχής, δημιουργεί ένα διαδίκτυο. Δεν έχουν όλοι οι υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι σ' ένα διαδίκτυο, το ίδιο λειτουργικό σύστημα. Κατά συνέπεια έρχιζε ένας τρόπος ώστε οι υπολογιστές αυτοί να μπορούν να ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες. Το πρόβλημα αυτό επέλυσε η μέθοδος που είναι γνωστή ως πρωτόκολλο IP (*Internet Protocol*). Έτσι, κάθε υπολογιστής ο οποίος διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό για την υποστήριξη αυτού του πρωτοκόλλου, μπορεί να επικοινωνεί με οποιονδήποτε άλλο υπολογιστή συμβατό με το πρωτόκολλο IP. Εξέλιξη του πρωτοκόλλου IP αποτελεί το πρωτόκολλο TCP/IP το οποίο εξασφάλισε την ακριβή μεταφορά των πληροφοριών από και προς έναν άλλο υπολογιστή. Το TCP χωρίζει τα δεδομένα σε πακέτα, τα αριθμεί και τα εμπλουτίζει με τη διεύθυνση του παραλήπτη ενώ τον υπολογιστή του παραλήπτη, εξασφαλίζει την επανένωση των δεδομένων αυτών. Το IP στέλνει τα μικρά πακέτα δεδομένων, αποφασίζοντας για το δρομολόγιο το οποίο θα ακολουθηθεί δίνοντας τη δυνατότητα σε κάθε να μπορεί να ακολουθήσει διαφορετικό δρόμο. Το internet χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας TCP/IP.

Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), δημιουργήθηκε για να καλύψει την ανάγκη ύπαρξης ενός δικτύου υπολογιστών, το οποίο θα ήταν σε θέση να λειτουργήσει, ακόμη και εάν ένα μεγάλο μέρος του, ετίθετο για κάποιο λόγο εκτός λειτουργίας. Πρόκειται για ένα μοντέλο που στηρίζεται στη λειτουργία μεταγωγής πακέτων (*packet switching*), και σε πλήρη αναλογία με το μοντέλο αναφοράς OSI αποτελείται από τέσσερα επίπεδα που φέρουν τα ονόματα επίπεδο πρόσβασης δικτύου (*network access layer*), επίπεδο διαδικτύου ή επίπεδο δικτύου (*internet layer*), επίπεδο μεταφοράς (*transport layer*), και επίπεδο εφαρμογής (*application layer*). Η μετάδοση των δεδομένων στο μοντέλο αναφοράς TCP/IP περιλαμβάνει την προσθήκη σε κάθε πακέτο δεδομένων μιας επικεφαλίδας, της οποίας οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται όπως και στο μοντέλο του OSI από το αντίστοιχο ομότιμο επίπεδο του υπολογιστή παραλήπτη. Όσον αφορά την επικοινωνία ανάμεσα στους δύο σταθμούς, αυτή πραγματοποιείται δια της χρήσης δύο ειδικών διευθύνσεων: μιας διεύθυνσης η οποία αποδίδεται σε κάθε υπολογιστή (*IP address*) και τον ταυτοποιεί με μοναδικό τρόπο ανάμεσα στους υπολογιστές του δικτύου, και μιας άλλης διεύθυνσης η οποία αποδίδεται στις εφαρμογές που εκτελούνται σε κάθε υπολογιστή. Αυτή η διεύθυνση είναι γνωστή ως αριθμός θύρας (*port number*) και είναι επίσης μοναδική για κάθε είδος εφαρμογής. Για παράδειγμα η υπηρεσία ftp (*file transfer protocol*) χρησιμοποιεί τον αριθμό θύρας 21, ενώ η υπηρεσία www (*world wide web*), χρησιμοποιεί τον αριθμό θύρας 80. Όταν το πακέτο δεδομένων φτάσει στον υπολογιστή παραλήπτη, αρχίζει κατά τα γνωστά να περνά από όλα τα επίπεδα κινούμενο όμως από κάτω προς τα πάνω, τα οποία αφαιρούν διαδοχικά τις

επικεφαλίδες που έχουν προστεθεί από τον αποστολέα του μηνύματος, έτσι ώστε αυτό τελικά να λάβει την αρχική του μορφή<sup>24</sup>.



Εικόνα 11. Η αρχιτεκτονική του μοντέλου αναφοράς TCP/IP

## 5.2 MAC Address

Η MAC Address (ή αλλιώς Hardware Address) είναι ένας 48bit αριθμός ο οποίος για κάθε κάρτα δικτύου είναι μοναδικός. Ένα είδος σειριακού αριθμού (serial number) της κάρτας. Οι αριθμοί αυτοί ορίζονται από τον κάθε κατασκευαστή καρτών<sup>25</sup> και συσκευών δικτύων, αποθηκεύεται στην συσκευή και δεν μπορεί να αλλάξει ποτέ. Εναλλακτικά, η MAC Address μπορεί να οριστεί και από τον χρήστη, ο οποίος θα πρέπει να μεριμνήσει για τη μοναδικότητα του αριθμού αυτού στο δίκτυο που θα χρησιμοποιηθεί η συσκευή<sup>26</sup>.

## 5.3 Internet Protocol και διευθυνσιοδότηση

Η MAC Address, όπως προαναφέρθηκε, μας δίνει την δυνατότητα να ορίσουμε μονοσήμαντα έναν υπολογιστή ή μία συσκευή σε ένα δίκτυο. Το πρόβλημα όμως είναι

<sup>24</sup> Kozierok Ch. M., *The TCP/IP Guide. A Comprehensive illustrated Internet Protocols Reference*, ό.π., σς. 121 και επ.

<sup>25</sup> Για να δει κανείς την MAC Address της κάρτας δικτύου του στο linux, ως root εκτελεί την εντολή *ifconfig -a*. Συνήθως η κάρτα δικτύου ονομάζεται eth0. Στην ίδια γραμμή που γράφει eth0, λίγο πιο δεξιά γράφει *HWaddr* και δίπλα έναν αριθμό. Αυτός ο αριθμός είναι η MAC Address της κάρτας. Στα Windows, από Command Prompt πληκτρολογούμε *ipconfig /all* και με αντίστοιχο τρόπο βλέπουμε το νούμερο που είναι δίπλα στην ένδειξη *Physical address*.

<sup>26</sup> Gookin D., *PCs for Dummies*, Wiley Publishing Inc., Indianapolis 2007, σς.170 και επ.

ότι αφενός είναι πολύ δύσκολο να θυμόμαστε απ' έξω μια τυχαία σειρά από αριθμούς (πχ 00:16:D4:E7:FE:A8 που απαρτίζουν τη MAC Address της κάρτας κάποιου PC) αφετέρου τις περισσότερες φορές, δεν μπορούμε ούτε να την ορίσουμε εμείς αλλά ούτε και να την αλλάξουμε αν το επιθυμούμε. Για τον λόγο αυτό, υπάρχει η IP διεύθυνση, η οποία λειτουργεί σε ένα υψηλότερο επίπεδο από αυτό της MAC Address, που είναι πιο κοντά στους χρήστες ενός δικτύου.

Η κακή ποιότητα που συνήθως χαρακτηρίζει τις οπτικοακουστικές μεταδόσεις είναι αποτέλεσμα του χαμηλού εύρους ζώνης και των καθυστερήσεων που εισάγονται για διάφορους λόγους σε διαφορετικά σημεία του διαδικτύου. Στο IP είναι δυνατή η εισαγωγή επεκτάσεων που να υποστηρίζουν πολλαπλή εκπομπή (IPv6). Οι επεκτάσεις αυτές χρησιμοποιούνται ήδη στο δίκτυο Mbone (Multicast IP backbone)<sup>27</sup>.

Η έκδοση του IP που χρησιμοποιείται ευρύτατα αυτή τη στιγμή είναι η v4. Τα τελευταία χρόνια (πριν το 2000) γίνεται προσπάθεια να διευρυνθεί η χρήση της 6<sup>ης</sup> έκδοσης. Παρόλα αυτά η χρήση της είναι ακόμα περιορισμένη. Έτσι, όταν αναφερόμαστε στον όρο IP, εννοούμε IPv4, ενώ στην περίπτωση αναφοράς στην νεότερη έκδοση λέμε ρητά IPv6. Μια διεύθυνση IPv6 έχει οκτώ ομάδες δεκαεξαδικών χαρακτήρων (οι αριθμοί 0-9 και τα γράμματα A-H) που χωρίζονται μεταξύ τους με ελληνικά ερωτηματικά (για παράδειγμα 3ffe:ffff:0000:2f3b:02aa:00ff:fe28:9c5a). Τα αρχικά μηδενικά σε μια ενότητα μπορούν να αποκρύπτονται (για παράδειγμα, 3ffe:ffff:0:2f3b:2aa:ff:fe28:9c5a). Στην παρούσα θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα η IPv4, λόγω της περιορισμένης διάδοσης του IPv6. Τις δύο εκδόσεις διέπουν αρκετά διαφορετικοί κανόνες.

Το Internet Protocol λοιπόν ορίζει ότι μία συσκευή σε ένα δίκτυο έχει μία διεύθυνση του τύπου w.z.y.x . Αυτή η διεύθυνση καθορίζεται και μπορεί να αλλάξει κατά βούληση από τον χρήστη. Όμως, όπως και με την MAC Address, η κάθε διεύθυνση IP οφείλει να είναι μοναδική σε κάθε δίκτυο.

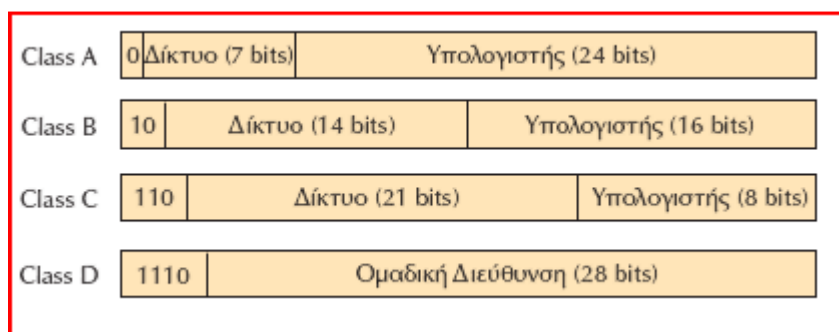
Τα w, z, y, x είναι αριθμοί των 8 bit, δηλαδή μπορούν να πάρουν τιμές από 0 έως 255. Επομένως, μία έγκυρη διεύθυνση IP είναι η 192.168.0.1 . Υπάρχουν και κάποιες εξαιρέσεις π.χ η διεύθυνση 0.0.0.0 ή η 255.255.255.255 ή η 192.168.0.0 δεν είναι έγκυρες. Ο κανόνας είναι απλός και θα εξηγηθεί παρακάτω.

Αν κρατήσουμε τον πρώτο αριθμό (w) σταθερό, τότε όλοι οι συνδυασμοί με τους εναπομείναντες αριθμούς αποτελούν ένα δίκτυο κλάσης A, ή όπως συνηθίζεται να λέγεται A-class. Αν κρατήσουμε τα w και z σταθερά έχουμε ένα δίκτυο B-class. Τέλος, αν κρατήσουμε τα w, z, y σταθερά έχουμε ένα C-class δίκτυο. Αυτοί οι χαρακτηρισμοί δίνουν και μία εικόνα του μεγέθους ενός δικτύου. Έτσι ένα C-class δίκτυο μπορεί να έχει περίπου 250 υπολογιστές, αφού μόνο το x μπορούμε να μεταβάλλουμε, ενώ ένα B-class δίκτυο μπορεί να έχει περίπου  $250 \times 250 = 62,500$  υπολογιστές, ενώ ένα A-class, πάνω από 15,000,000.

---

<sup>27</sup> Το MBONE καλείται ιδεατό δίκτυο (virtual network) επειδή χρησιμοποιεί το ίδιο φυσικό μέσο με το Internet (καλώδια, δρομολογητές κλπ). Επιτρέπει σε πακέτα πολλαπλής μετάδοσης να ταξιδεύουν μέσω δρομολογητών σημείου προς σημείο. Το λογισμικό που χρησιμοποιεί το MBONE μεταφέρει τα πακέτα πολλαπλής μετάδοσης μέσα σε πακέτα σημείου προς σημείο έτσι ώστε οι δρομολογητές να μπορούν να χειριστούν την πληροφορία. Η τεχνική αυτή ονομάζεται tunneling. Στο μέλλον, οι περισσότεροι δρομολογητές θα υποστηρίζουν πολλαπλή μετάδοση.: Πομπόρτσας Α., *Εισαγωγή στις τεχνολογίες επικοινωνιών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 1997, ιδιαίτερα σ.67.

Το τελευταίο νούμερο σε μία διεύθυνση IP<sup>28</sup>, δηλαδή το x, δεν μπορεί να είναι το 0 ή το 255. Με το 0 στο τέλος μίας διεύθυνσης συμβολίζουμε ολόκληρο το δίκτυο της κλάσης που έχουμε. Πχ η διεύθυνση 192.168.1.0 δεν μπορεί να αντιστοιχηθεί σε έναν υπολογιστή, καθώς συμβολίζει όλες τις διευθύνσεις τύπου 192.168.1.x, -το w παίρνει τιμές από 1 έως 254-. Ομοίως, το 255 στο τέλος, αντιστοιχεί σε αυτό που ονομάζεται broadcast, δηλαδή είναι μία διεύθυνση που την "διαβάζουν" όλοι οι υπολογιστές του δικτύου. Αποτελεί ένα είδος "κοινής γραμματοθυρίδας" για όλο το δίκτυό μας<sup>29</sup>.



Εικόνα 12. Κλάσεις IP διευθύνσεων

Πιο συνοπτικά για τις κλάσεις των IP διευθύνσεων θα λέγαμε:

Η κλάση A είναι για μεγάλα δίκτυα με πολλούς υπολογιστές. Για το λόγο αυτό δεσμεύονται 24 bits για το τμήμα Υπολογιστή και 7 bits για το τμήμα Δικτύου. Έτσι η κλάση A επιτρέπει την ύπαρξη 128 δικτύων με 16 εκατομμύρια υπολογιστές το καθένα.

Η κλάση B είναι για μεσαία δίκτυα. Για το τμήμα Υπολογιστή της διεύθυνσης χρησιμοποιούνται 16 bits, ενώ για το τμήμα Δικτύου 14 bits επιτρέποντας έτσι την ύπαρξη 16384 δικτύων με 65536 υπολογιστές το καθένα.

Στην κλάση C χρησιμοποιούνται μόνο 8 bits από το τμήμα υπολογιστή ενώ τα άλλα 21 χρησιμοποιούνται από το τμήμα του δικτύου. Έτσι ο αριθμός των συσκευών που μπορεί να είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο περιορίζεται στους 256, ενώ ο αριθμός των δικτύων φτάνει τα 2 εκατομμύρια.

Στην κλάση D επιτρέπεται η ύπαρξη ομαδικών διευθύνσεων (multicast) διευθύνσεων δηλαδή που απευθύνονται σε ομάδα υπολογιστών<sup>30</sup>.

<sup>28</sup> Για να δει κανείς την IP Address στα Windows, πρέπει να χρησιμοποιήσει την εντολή ipconfig από Command Prompt. Οι ίδιες εντολές χρησιμοποιούνται και για τον ορισμό διαφορετικής διεύθυνσης από αυτή που έχει ήδη οριστεί. Εδώ όμως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, γιατί αν βάλουμε μία μη έγκυρη διεύθυνση για το δίκτυό μας, μπορεί να χάσουμε την πρόσβαση στις υπόλοιπες συσκευές του δικτύου μας ή και να χάσουμε προσωρινά την πρόσβαση στο Internet.

<sup>29</sup> Κοινότητα ελεύθερου λογισμικού Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, *subnet mask*, αναρτήθηκε στο [http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP\\_Basics](http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics), προσπελάστηκε την 03/02/2010.

<sup>30</sup> Kozierek Ch. M., *The TCP/IP Guide. A Comprehensive illustrated Internet Protocols Reference*, ό.π., σς. 244 και επ.

## 5.4 Η Μάσκα δικτύου (Subnet mask)

Έστω ότι έχουμε ορίσει στον υπολογιστή μας την IP διεύθυνση 10.0.0.5. Σε ποιο δίκτυο όμως ανήκει αυτή η διεύθυνση; Στο C class 10.0.0.x ή στο μεγαλύτερο 10.0.y.x ; Ή μήπως σε κάποιο άλλο; Την απάντηση μας την δίνει η μάσκα δικτύου<sup>31</sup>, ή αλλιώς *Subnet mask*. Μία μάσκα δικτύου έχει την ίδια μορφή με τις IP διευθύνσεις (w.z.y.x) . Αν ορίσω την μάσκα 255.255.255.0 και την εφαρμόσω στην διεύθυνση 10.0.0.5, τότε συμβαίνει το εξής: Το πρώτο 255 της μάσκας, ως ο μέγιστος αποδεκτός αριθμός του πεδίου, δεν αφήνει περιθώρια τροποποίησης του πρώτου αριθμού της διεύθυνσης, δηλαδή του 10. Ομοίως και το δεύτερο 255 της μάσκας με το 0 της διεύθυνσης, καθώς και με το επόμενο 255 της μάσκας και το 0 της διεύθυνσης. Το τελευταίο όμως πεδίο της μάσκας είναι το 0. Αυτό σημαίνει ότι αφήνει τον αντίστοιχο αριθμό της διεύθυνσης, δηλαδή το 5, να πάρει ότι τιμή θέλει από το 1 έως το 254, γιατί όπως προαναφέρθηκε δεν μπορεί μία διεύθυνση να τελειώνει με 0 ή 255. Επομένως, το γεγονός ότι η μάσκα του δικτύου μας είναι η 255.255.255.0 και η διεύθυνση του υπολογιστή μας είναι η 10.0.0.5 σημαίνει ότι βρισκόμαστε σε ένα δίκτυο που οι διευθύνσεις είναι της μορφής 10.0.0.x .

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η διεύθυνση ενός υπολογιστή σε ένα δίκτυο να είναι η 192.168.1.200 με μάσκα 255.255.0.0 . Σε ένα τέτοιο δίκτυο οι υπόλοιποι υπολογιστές θα έχουν διευθύνσεις του τύπου 192.168.y.x . Το PC μας με άλλα λόγια ανήκει σε ένα δίκτυο με μεγάλη δυνατότητα διευθυνσιοδότησης. Ένα τέτοιο δίκτυο θα μπορούσε να είναι το δίκτυο όλων των υπολογιστών της Σ.Τ.Ε.Φ. του Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

Θέλοντας να δώσουμε ένα πιο σύνθετο παράδειγμα υποθέτουμε ότι η διεύθυνση είναι πάλι η 192.168.1.200, αλλά η μάσκα αυτή τη φορά είναι η 255.255.255.128. Αν κάνουμε ακέραια διαίρεση του 256 (όλες οι δυνατές τιμές από 0 έως 255) με το 128, θα πάρουμε τον αριθμό 2. Δηλαδή, αυτή η μάσκα χωρίζει ένα C-class δίκτυο (255 διευθύνσεις) σε 2 μικρότερα υποδίκτυα του πλήρους C-class. Το ένα είναι το 192.168.1.0-127 και το άλλο το 192.168.1.128-255. Αφού ο υπολογιστής μας έχει διεύθυνση 192.168.1.200, τότε ανήκει στο υποδίκτυο με διευθύνσεις από 192.168.1.128 έως 192.168.1.255 . Σε αυτό το υποδίκτυο, η διεύθυνση *μπαλαντέρ* δεν είναι πλέον η 192.168.1.0 αλλά η 192.168.1.128 και είναι αυτή που συμβολίζει ολόκληρο το δίκτυο, ενώ η διεύθυνση broadcast είναι η 192.168.1.255 . Αντίστοιχα, για το υποδίκτυο με διευθύνσεις 192.168.1.0-127 η *μπαλαντέρ* διεύθυνση είναι η 192.168.1.0 και η broadcast η 192.168.1.127<sup>32</sup>

## 5.5 Η δρομολόγηση (Routing) και προεπιλεγμένη πύλη (Default gateway)

Η δρομολόγηση (Routing), είναι η διαδικασία κατά την οποία ένας υπολογιστής ενός δικτύου A επικοινωνεί με έναν υπολογιστή ενός άλλου δικτύου B. Κάθε υπολογιστής από μόνος του είναι σε θέση να επικοινωνεί μέσω της διεύθυνσης IP με οποιονδήποτε υπολογιστή υπάρχει στο ίδιο δίκτυο με αυτόν. Για να επικοινωνήσει όμως με έναν υπολογιστή ενός άλλου δικτύου, απαιτείται η ύπαρξη ενός άλλου υπολογιστή που θα

---

<sup>31</sup> Με τις εντολές `ifconfig` (ως `root`) και `ipconfig` στο linux και στα Windows αντίστοιχα, μπορούμε να δούμε την μάσκα του δικτύου μας.

<sup>32</sup> Κοινότητα ελεύθερου λογισμικού Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, *Internet protocol και διευθυνσιοδότηση*, αναρτήθηκε στο [http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP\\_Basics](http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics), προσπελάστηκε την 03/02/2010.

παίξει τον ρόλο του ενδιάμεσου μεταξύ των δύο δικτύων. Αυτός ο υπολογιστής, (από δω και στο εξής router<sup>33</sup>), διαθέτει δύο κάρτες δικτύου. Μία για το δίκτυο A και μία για το B. Ο router δεν είναι κατ' ανάγκη ένας υπολογιστής με την μορφή ενός PC ή laptop, παρότι κάλλιστα θα μπορούσε ένα PC να παίξει τον ρόλο του router<sup>34</sup>. Τα γνωστά σε όλους μας DSL Routers, οι οποίοι εκτός από ότι είναι δρομολογητές έχουν και ενσωματωμένο DSL modem<sup>35</sup>. –το modem είναι μια συσκευή που μπορεί να δέχεται αναλογικά σήματα και να τα μετατρέπει σε ψηφιακά (διαμόρφωση) ή και το αντίστροφο (αποδιαμόρφωση)<sup>36</sup>-. Κάθε κάρτα έχει μία διεύθυνση IP που είναι έγκυρη στο δίκτυο στο οποίο ανήκει.

Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι ο router έχει την μία κάρτα (eth0) στο δίκτυο A με IP Address 192.168.0.1 και subnet mask 255.255.255.0 (δηλαδή διευθύνσεις τύπου 192.168.0.0-255) και την άλλη κάρτα (eth1) στο δίκτυο B με IP Address 10.0.0.1 και subnet mask 255.255.255.0 (δηλαδή διευθύνσεις 10.0.0.0 έως 10.0.0.255). Ο router επομένως γνωρίζει τόσο τους υπολογιστές του δικτύου A όσο και του B. Δηλαδή μπορεί να επικοινωνήσει με όλους τους υπολογιστές των δικτύων A και B.

Ας θεωρήσουμε τώρα ένας υπολογιστής του δικτύου A με διεύθυνση 192.168.0.2 θέλει να επικοινωνήσει με τον υπολογιστή του δικτύου B με διεύθυνση 10.0.0.15 . Δεν ξέρει όμως πώς θα επικοινωνήσει μαζί του, αφού ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα. Υπάρχει λοιπόν μία παράμετρος του TCP/IP που ονομάζεται *Default gateway*. Αυτή δεν είναι παρά μία διεύθυνση IP που αντιστοιχεί στον υπολογιστή που παίξει τον ρόλο του ενδιάμεσου των δύο δικτύων<sup>37</sup>.

Έτσι ο υπολογιστής του δικτύου A με IP διεύθυνση 192.168.0.2 όταν θελήσει να επικοινωνήσει με οποιαδήποτε διεύθυνση που δεν είναι της μορφής 192.168.0.x, δηλαδή δεν ανήκει στο δικό του δίκτυο, απευθύνεται στον υπολογιστή που έχει την διεύθυνση που έχει οριστεί ως *Default gateway*<sup>38</sup>. Στην περίπτωση μας, αυτός είναι ο router και έχει διεύθυνση 192.168.0.1 από την πλευρά του δικτύου A. Ο υπολογιστής λοιπόν στέλνει το μήνυμά του στον router με την σημείωση ότι πρόκειται για ένα μήνυμα που προορίζεται στον υπολογιστή με IP διεύθυνση 10.0.0.15 . Ο router αναλαμβάνει να μεταφέρει το μήνυμα από το δίκτυο A στο δίκτυο B και συγκεκριμένα στον παραλήπτη με διεύθυνση

---

<sup>33</sup> Ο Router είναι συσκευή στην οποία συνδέονται περισσότεροι του ενός ηλεκτρονικοί υπολογιστές ενός τοπικού δικτύου. Ο δρομολογητής αναλαμβάνει τη μεταβίβαση των δεδομένων από και προς τον κατάλληλο υπολογιστή του δικτύου, με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που θέτει ο διαχειριστής του, όπως διεύθυνση IP, κανόνες NAT, κ.ά. Κυριότερη πηγή άντλησης πληροφοριών της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναφορικά με τα routers αποτελεί τα ο εγχειρίδιο του Gookin D., *PCs for Dummies*, ό.π.

<sup>34</sup> Για να μπορεί να παίξει ένα PC τον ρόλο του router απαιτείται κατάλληλο λογισμικό. Το linux έχει ενσωματωμένες πλήρεις τέτοιες δυνατότητες, καθώς επίσης και οι τελευταίες εκδόσεις των Windows Workstation (2000, XP και Vista) με μειωμένες όμως λειτουργίες και δυνατότητες για τέτοιες εφαρμογές.

<sup>35</sup> Υπάρχουν routers χωρίς ενσωματωμένα modem, άλλα με μικρότερες και άλλα με μεγαλύτερες δυνατότητες και μπορούν να συνδέσουν μεταξύ τους από 2 έως δεκάδες δίκτυα και να εξυπηρετήσουν εκατομμύρια αιτήσεις ανά δευτερόλεπτο. Τα DSL routers που χρησιμοποιούμε συνδέουν δύο δίκτυα μεταξύ τους. Το ένα είναι το τοπικό δίκτυο που βρίσκεται ο υπολογιστής μας (συνήθως είναι C-class και πολλές φορές απαρτίζεται από μονάχα έναν υπολογιστή, το PC μας) και το άλλο είναι το Internet.

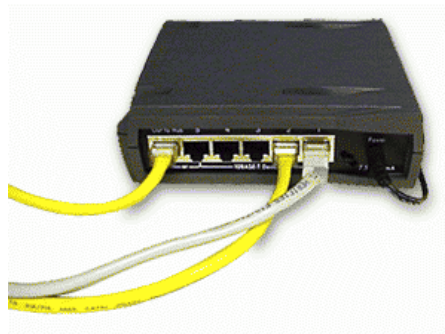
<sup>36</sup> Δεσύπηρ Ε.- Δενδρινός Μ., *Βασικές έννοιες της πληροφορικής*, Εκδόσεις Libris-Tech A.E., Αθήνα 2003, σ.92

<sup>37</sup> Ένας router μπορεί να έχει και αυτός κάτι σαν default gateway. Δηλαδή, αν δεν ξέρει άμεσα μία διεύθυνση που του ζητείται, τότε προωθεί το μήνυμα σε έναν άλλο router. Αυτό κάνουν οι DSL routers. Όλα τα αιτήματά μας προς το Internet τα προωθούν στον router του ISP (internet service provider) μας.

<sup>38</sup> Με τις εντολές `ifconfig` και `ipconfig` για Linux και Windows αντίστοιχα μπορούμε τόσο να δούμε, όσο και να ορίσουμε το Default gateway του υπολογιστή μας.

10.0.0.15 . Κατ'αυτόν τον τρόπο ο router μπορεί να γεφυρώσει δύο ή και περισσότερα δίκτυα μεταξύ τους.

Αν δεν έχουν γίνει σωστές ρυθμίσεις στον υπολογιστή μας τότε ο router δεν θα είναι σε θέση να ανταποκριθεί στην εντολή που θα λάβει. Αν παραδείγματος χάριν στο παραπάνω παράδειγμα ο υπολογιστής του δικτύου Α είχε ζητήσει την διεύθυνση 212.205.45.70 τότε θα συνέβαινε το εξής: ο router θα λάμβανε το αίτημα του υπολογιστή, θα κοιτούσε την διεύθυνση του παραλήπτη και τότε θα διαπίστωνε ότι πρόκειται για μία διεύθυνση η οποία του είναι παντελώς άγνωστη. Έτσι ο router θα επέστρεφε στον υπολογιστή ένα μήνυμα σφάλματος που θα έλεγε ότι ο παραλήπτης δεν μπορεί να βρεθεί. Επίσης, αν ο υπολογιστής που στέλνει το μήνυμα έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε ως Default gateway να έχει την τιμή 192.168.0.6 τότε ο router δεν θα λάμβανε ποτέ το αίτημα του υπολογιστή για προώθηση στον παραλήπτη του άλλου δικτύου. Για να ολοκληρωθεί η εν λόγω διαδικασία επομένως, δεν φτάνει η ύπαρξη ενός router, αλλά οφείλουμε να ρυθμίσουμε σωστά και τους υπολογιστές του δικτύου ώστε να είναι σε θέση να υποβάλλουν αιτήματα σε αυτόν<sup>39</sup>.



Σχήμα 7. DSL Router

## 5.6 Πρωτόκολλο DHCP

Όλα τα παραπάνω (IP διευθύνσεις, subnet masks, Default gateways...) μπορούν να ρυθμιστούν αυτόματα. Αυτό γίνεται με το πρωτόκολλο DHCP, (Dynamic Host Configuration Protocol). Μέσω αυτού του πρωτοκόλλου, ένας υπολογιστής του δικτύου, που ονομάζεται DHCP server, μπορεί να δέχεται αιτήματα αυτόματης διευθυνσιοδότησης από τους υπόλοιπους υπολογιστές του δικτύου. Έτσι, όχι μόνο γλιτώνουμε κόπο, αλλά πετυχαίνουμε κεντρική διαχείριση των διευθύνσεων του δικτύου μπορούμε να κάνουμε λόγω χάρη αντικατάσταση μίας IP διεύθυνσης για συγκεκριμένο μηχάνημα μέσω της MAC Address, να αποφύγουμε τυχόν λάθη όπως η απόδοση της ίδιας IP διεύθυνσης σε δύο μηχανήματα, κλπ.

Για να κατανοηθεί καλύτερα το όφελος του DHCP, ας πάρουμε το παράδειγμα μιας εταιρίας με 30 υπολογιστές σε ένα δίκτυο όπου ο router απαιτείται να αλλάξει IP διεύθυνση. Χωρίς DHCP θα έπρεπε να πάμε σε 30 υπολογιστές έναν προς έναν, να τρέξουμε την εντολή ifconfig ή ipconfig για να ορίσουμε την διεύθυνση του νέου router ως Default gateway. Με το DHCP, αλλάζουμε την ρύθμιση στον server και την επόμενη

---

<sup>39</sup> Κοινότητα ελεύθερου λογισμικού Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, *routing και default gateway*, αναρτήθηκε στο [http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP\\_Basics](http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics), προσπελάστηκε την 03/02/2010.

μέρα που θα ανοίξουν οι χρήστες τους υπολογιστές, ο DHCP server θα τους αποδώσει ως Default gateway την διεύθυνση του νέου router.

Το πρωτόκολλο DHCP υποστηρίζει και άλλες λειτουργίες για αυτόματη ρύθμιση των υπολογιστών ενός δικτύου και είναι ευρύτατα διαδεδομένο σε υπηρεσίες, σε δίκτυα με 10 υπολογιστές και πάνω, ενώ χρησιμοποιείται ευρύτατα και σε ακόμα μικρότερα δίκτυα<sup>40</sup>.

## 5.7 Οι θύρες TCP/IP (TCP/IP ports)

Θεωρούμε ότι σε ένα δίκτυο έχουμε έναν υπολογιστή A και έναν B. Ο B «τρέχει» ένα πρόγραμμα peer to peer<sup>41</sup> (πχ DC++<sup>42</sup>) και έναν Instant Messenger (όπως το MSN<sup>43</sup>). Έστω ότι ο A θέλει να στείλει ένα μήνυμα στο ICQ<sup>44</sup>. Πώς θα ξέρει το TCP/IP το μήνυμα του A προς τον B σε ποια εφαρμογή του υπολογιστή B απευθύνεται; Την απάντηση θα δώσουν οι θύρες (ports).

Κάθε υπολογιστής, εκτός από την διεύθυνση -που είναι μοναδική στο δίκτυό του- διαθέτει και μία σειρά από θύρες, που είναι αριθμημένες από το 0 έως το 65535. Κάθε μήνυμα προς αυτόν, σύμφωνα πάντα με το TCP/IP πρωτόκολλο, οφείλει να έχει, εκτός από την διεύθυνση του παραλήπτη, και τον αριθμό της θύρας. Σε κάθε υπολογιστή, κάθε δικτυακό πρόγραμμα λέμε ότι ανταποκρίνεται σε μία ή περισσότερες θύρες. Στο παράδειγμά μας, ο υπολογιστής B έστω ότι έχει ορίσει το ICQ να "ακούει" στην θύρα 5190 και το DC++ στη θύρα 411, τότε ο υπολογιστής A δεν έχει παρά να στείλει ένα μήνυμα στον B με αριθμό θύρας 5190. Έτσι, το μήνυμα θα το "ακούσει" το ICQ και όχι το DC++.

Επειδή όμως μια αυθαίρετη ταυτοποίηση από τον κάθε προγραμματιστή θα προκαλούσε σύγχυση, έχει θεσπιστεί μία λίστα από την Αρχή Ορισμού Διαδικτυακών Αριθμών με τα λεγόμενα *Well Known Port Numbers*, η οποία είναι η πλέον αποδεκτή λίστα αριθμών *ports* για κάθε εφαρμογή από τις υπάρχουσες. Τέλος, μπορεί ένας προγραμματιστής να φτιάξει ένα πρόγραμμα που να «ακούει» σε όποια πόρτα θέλει αυτός, ή να ορίσουμε ως χρήστες ένα πρόγραμμα να «ακούει» σε συγκεκριμένες θύρες της αρεσκείας του. Το πιθανότερο όμως είναι ότι στην περίπτωση αυτή κανένας δεν θα καταφέρει να επικοινωνήσει μαζί μας<sup>45</sup>.

---

<sup>40</sup> Κοινότητα ελεύθερου λογισμικού Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, *DHCP*, αναρτήθηκε στο [http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP\\_Basics](http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics), προσπελάστηκε την 03/02/2010.

<sup>41</sup> Το πρόγραμμα peer to peer είναι ένα λειτουργικό σύστημα που επιτρέπει στους χρήστες να μοιράζονται τους δικούς τους πόρους με τους άλλους χρήστες του δικτύου, όπως επίσης και οι ίδιοι να έχουν πρόσβαση σε άλλους υπολογιστές του δικτύου. Στο δίκτυο αυτό όλα τα συστήματα έχουν το ίδιο καθεστώς, με την έννοια ότι δεν υπάρχουν συστήματα σκλάβοι (slaves): π.χ. UNIX peer-to-peer λειτουργικό σύστημα με το TCP/IP πρωτόκολλο ή Windows NT και Windows για Workgroups peer-to-peer περιβάλλον που τρέχει NetBIOS/NetBEUI ή TCP/IP πρωτόκολλα επικοινωνιών: AA.VV., «Δίκτυο», στη *Δομή*, τομ. VIII, Εκδόσεις «ΔΟΜΗ», Αθήνα 2003, σς.94-96, ιδιαίτερα σ.94.

<sup>42</sup> Το DC++ είναι ένα προγράμμα για την ανταλλαγή αρχείων, αναζήτησης αρχείων βίντεο, εγγράφων, μουσικής κλπ.

<sup>43</sup> Το Instant Messenger είναι ένα πρόγραμμα που επιτρέπει την ανταλλαγή μηνυμάτων και αρχείων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των χρηστών του.

<sup>44</sup> Το ICQ είναι πρόγραμμα επικοινωνίας μέσω Internet.

<sup>45</sup> Κοινότητα ελεύθερου λογισμικού Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, *TCP/IP Ports*, αναρτήθηκε στο [http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP\\_Basics](http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics), προσπελάστηκε την 03/02/2010.

## 5.8 To DNS

Αναφερόμενοι στις προηγούμενες παραγράφους για δίκτυα, Internet, κλπ, ως διευθύνσεις χρησιμοποιούσαμε μόνο τις IP διευθύνσεις. Οι αριθμοί όμως όσο εύκολοι μπορεί να φαίνονται σε έναν υπολογιστή, τόσο δυσκολομημόνευτοι είναι για τους ανθρώπους. Για αυτό επινοήθηκε το *Domain name system*.

Το DNS είναι ένα σύστημα αντιστοίχισης μίας IP διεύθυνσης σε μία άλλη διεύθυνση με γράμματα και αριθμούς η οποία είναι για τον άνθρωπο πολύ πιο εύχρηστη.

Φυσικά έχει και αυτή τους δικούς της κανόνες τους οποίους εδώ δεν θα αναλύσουμε ιδιαίτερα καθώς όλοι λίγο πολύ είναι εξοικειωμένοι με τις *URLs*<sup>46</sup> (Uniform Resource Locator) από την εμπειρία του browsing. Γενικά, ένα όνομα ή μία διεύθυνση DNS χωρίζεται σε κάποια τμήματα που αριθμούνται από δεξιά προς τα αριστερά. Πχ το *siemens.gr* έχει ως πρώτο τμήμα το "gr". Το πρώτο τμήμα δηλώνει το είδος του ονόματος. Το gr σημαίνει ότι είναι ελληνικό ή ότι απευθύνεται σε Έλληνες. Αν ήταν uk, θα σήμαινε το αντίστοιχο για την Αγγλία και τους Άγγλους. Το com από την άλλη μεριά παραπέμπει σε εμπορικό όνομα (commercial), το org σε οργανισμούς (organisation), το gov σε κυβερνητικούς οργανισμούς (government), και πάει λέγοντας. Το δεύτερο μέρος, το "ntua" στην προκειμένη περίπτωση αποτελεί το όνομα του κατόχου του ονόματος, είτε είναι επιχείρηση, είτε οργανισμός, είτε δήμος, είτε φυσικό πρόσωπο, είτε οτιδήποτε άλλο. Το πρώτο με το δεύτερο μέρος μιας DNS διεύθυνσης ή ονόματος αποτελεί αυτό που ονομάζουμε *Registered Domain Name*. Το όνομα δηλαδή που δήλωσε ο κάτοχος του Domain όταν αγόρασε το δικαίωμα της χρήσης του από τον αρμόδιο φορέα.

Όπως και με τους routers, έτσι και οι DNS Servers μπορούν να φτιάχνουν ένα δίκτυο μεταξύ τους. Αν ένας DNS Server λάβει μία αίτηση αντιστοίχισης ενός DNS ονόματος σε IP διεύθυνση και δεν ξέρει άμεσα ο ίδιος την απάντηση, θα προωθήσει το αίτημα στον DNS Server που είναι πιθανότερο να γνωρίζει. Αν και αυτός δεν γνωρίζει, θα προωθήσει με την σειρά του το αίτημα σε κάποιον άλλο DNS Server, η διαδικασία θα συνεχιστεί μέχρι να βρεθεί κάποιος που να ξέρει και η απάντηση να γυρίσει πίσω στον υπολογιστή που έκανε αρχικά το αίτημα. Από εκεί και πέρα, ο υπολογιστής έχει την IP διεύθυνση που αντιστοιχεί στο DNS όνομα που ζήτησε ο χρήστης από εκείνο το σημείο και πέρα αναλαμβάνει ο router<sup>47, 48</sup>.

---

<sup>46</sup> Ο όρος URL (Ενιαίος Εντοπιστής Πόρων) δηλώνει μια διεύθυνση ενός πόρου του Παγκόσμιου Ιστού. Είναι παρόμοιο με το όνομα ενός αρχείου, αλλά κρατάει και επιπλέον πληροφορία σχετικά με το όνομα του εξυπηρετητή, καθώς και το είδος του πρωτοκόλλου που αυτός χρησιμοποιεί. Οι ιστοσελίδες χρησιμοποιούν τα URLs για να συνδεθούν με άλλες σελίδες.

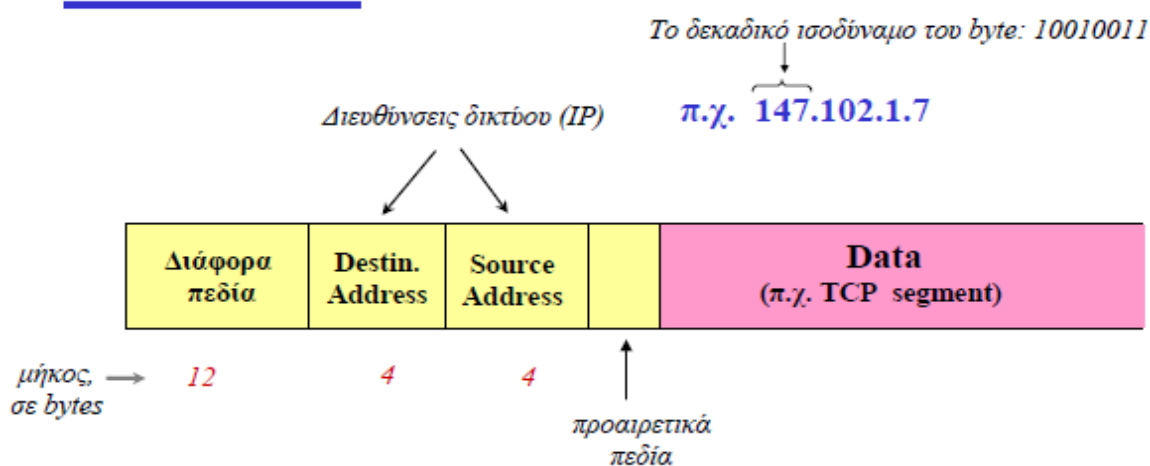
<sup>47</sup> Για να δούμε την IP διεύθυνση το Linux και τα Windows διαθέτουν το εργαλείο *nslookup* -από την εκτέλεση-.

<sup>48</sup> Κοινότητα ελεύθερου λογισμικού Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, *DNS*, αναρτήθηκε στο [http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP\\_Basics](http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics), προσπελάστηκε την 03/02/2010.

## 5.9 Η Διεύθυνση δικτύου (IP address)

Μία διεύθυνση IP (Internet protocol address), είναι ένας μοναδικός αριθμός που χρησιμοποιείται από συσκευές για τη μεταξύ τους αναγνώριση και συνεννόηση σε ένα δίκτυο υπολογιστών που χρησιμοποιεί το Internet Protocol Standard. Κάθε συσκευή που ανήκει στο δίκτυο πρέπει να έχει τη δική της μοναδική διεύθυνση. Το ίδιο ισχύει και για δρομολογητές (routers), υπολογιστές, time servers, εκτυπωτές, μηχανές για fax μέσω Internet, και ορισμένα τηλέφωνα. Μία διεύθυνση IP για έναν υπολογιστή ή άλλη συσκευή μέσα στα δίκτυα ή στο Internet είναι κάτι ανάλογο μιας διεύθυνσης κατοικίας ή ενός αριθμού τηλεφώνου. Όπως κάθε διεύθυνση κατοικίας αντιστοιχεί σε ένα και μοναδικό κτίριο, μια IP address χρησιμοποιείται για τη μοναδική αναγνώριση ενός υπολογιστή ή άλλης συσκευής που συνδέεται στο δίκτυο.

### Πακέτο IP



Εικόνα 13. Αναπαράσταση ενός πακέτου IP στο δίκτυο

### Συμπεράσματα

Στην πραγματικότητα θα χρειαζόταν χιλιάδες σελίδες για να δώσουμε μια πλήρη και διεξοδική εικόνα των χαρακτηριστικών του δικτύου TCP/IP. Θεωρώ ότι όποιος έχει κατανοήσει αυτά που γράφονται εδώ είναι σε θέση να καταλάβει τα βασικά που αφορούν τα δίκτυα TCP/IP.

Στην παρούσα εργασία επιδιώξαμε να παρουσιάσουμε τα βασικά στοιχεία τους τα οποία συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τον εντοπισμό και την αναγνώριση των περισσότερων από τα προβλήματα που εμφανίζονται σε κλασσικά δίκτυα.

## 6. ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

---

Τα βιομηχανικά δίκτυα κατατάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Το Fieldbus ή Field bus (για παράδειγμα CAN)
2. Το Ethernet
3. Τα Ασύρματα δίκτυα (όπως το Bluetooth, και ZigBee).

### 6.1 Fieldbus

Με τον όρο Fieldbus εννοούμε ένα δίκτυο για πραγματικού χρόνου κατανεμημένο έλεγχο. Είναι ένας τρόπος να συνδεθούν τα διάφορα όργανα σε κάποιο εργοστάσιο παραγωγής. Σύμφωνα με την βασισμένη στις ΗΠΑ Fieldbus Foundation, το Fieldbus είναι ένα εξολοκλήρου ψηφιακό και σειριακό, διπλής κατεύθυνσης σύστημα επικοινωνιών που διασυνδέει τον εξοπλισμού μετρήσεων με τον εξοπλισμό ελέγχου όπως αισθητήρες, ενεργοποιητές και ελεγκτές. Στο βασικό επίπεδο των δικτύων των εγκαταστάσεων, χρησιμεύει σαν ένα τοπικό δίκτυο (LAN) για όργανα που χρησιμοποιούνται στον έλεγχο διεργασιών και στις εφαρμογές αυτοματοποιημένης κατασκευής και έχει ενσωματωμένη την ικανότητα να διανέμει τις εφαρμογές ελέγχου σε ολόκληρο το δίκτυο. Επιπλέον, το Fieldbus πρέπει να είναι ένα ανοιχτό σύστημα που να υποστηρίζεται από διάφορους κατασκευαστές και όχι μόνο από μία τεχνολογία. Αν και η τεχνολογία Fieldbus υπήρχε από το 1988 με την ολοκλήρωση του προτύπου ISA S50.02, η ανάπτυξη ενός διεθνούς προτύπου διήρκεσε πολλά χρόνια. Το 1999 η επιτροπή τυποποίησης IEC SC65C/WG6 συνεδρίασε για να επιλύσει τις διαφορές των διαφόρων προτύπων για το Fieldbus. Το αποτέλεσμα αυτής της συνεδρίασης ήταν η αρχική μορφή του προτύπου IEC 61158 με οκτώ διαφορετικές ομάδες πρωτοκόλλων που ονομάζονται "τύποι" οι οποίοι είναι οι εξής:

*FOUNDATION Fieldbus H1, ControlNet, PROFIBUS, P-net, FOUNDATION Fieldbus HSE (High Speed Ethernet), Interbus, SwiftNet (πρωτόκολλο που δημιουργήθηκε για την Boeing), WordFIP.*

Με τον καιρό προστέθηκαν και άλλα πρωτόκολλα. Τέτοια είναι τα πρωτόκολλα για ασφαλή Fieldbus και πραγματικού χρόνου Ethernet-based Fieldbus. Κάποια από τα πολλά πρωτόκολλα που υπάρχουν σήμερα είναι τα εξής:

*AS – interface, CAN, CANopen, DeviceNet, SERCOS interface, Ethercat, FOUNDATION fielbus, HART protocol, Interbus, Lonworks, Modbus, Profibus, Bitbus, CompuBus, SafetyBus p.*

Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί βιομηχανικά συστήματα επικοινωνίας βασισμένα στο Ethernet, με τα περισσότερα από αυτά να έχουν επεκτάσεις για επικοινωνία πραγματικού χρόνου που έχουν τη δυνατότητα να αντικαταστήσουν τα συμβατικά fieldbuses όπως τα: *Profinet IO, Ethernet Powerlink, SERCOS III, VARAN*<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup> Κουμπλής Μ., *Πρωτόκολλα βιομηχανικών δικτύων/δικτύων αυτοματισμού*, Εργασία για το μάθημα «Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων» Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, αναρτήθηκε στο [http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metartyxiaka/technologies\\_diktywn/ergasies/2007/Industrial%20\(Automation\)%20Network%20protocols.pdf](http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metartyxiaka/technologies_diktywn/ergasies/2007/Industrial%20(Automation)%20Network%20protocols.pdf), προσπελάστηκε στις 06/03/2010, σ.8

## 6.2 Πλεονεκτήματα του Fieldbus

Ο τύπος δικτύου Fieldbus έχει πολλά πλεονεκτήματα για τους τελικούς χρήστες. Το κυριότερο από αυτά είναι το μειωμένο κόστος, το οποίο οφείλεται:

**1. στο μικρότερο αρχικό κόστος αγοράς:** Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του fieldbus είναι η μειωμένη καλωδίωση μια και κάθε στοιχείο της διεργασίας απαιτεί μόνο ένα καλώδιο να τρέχει μέχρι τον κύριο αγωγό. Συνεπώς, το κόστος της εγκατάστασης των συσκευών πεδίου (field devices) είναι πολύ μικρότερο. Το κόστος εγκατάστασης μειώνεται ακόμη περισσότερο εξ' αιτίας του ότι το fieldbus είναι ένα δίκτυο multi-drop<sup>50</sup> και όχι point-to-point (από σημείο σε σημείο). Τα δίκτυα multi-drop παρέχουν μέχρι και 5:1 μείωση στο κόστος καλωδίωσης. Η εξοικονόμηση χρημάτων με λίγα λόγια φτάνει μέχρι 50\$ για κάθε συσκευή επιπέδου. Το σύστημα fieldbus απαιτεί λιγότερη εργασία για την εγκατάσταση -σε σχέση με τα συνηθισμένα συστήματα διαύλου- και εξοικονομεί χρήματα μια και απαιτούνται λιγότερα υλικά για την εγκατάσταση.

**2. στις λιγότερες συντηρήσεις:** Από το γεγονός και μόνο ότι το πρότυπο fieldbus είναι λιγότερο περίπλοκο από τα συμβατικά πρότυπα, απορρέει ότι υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία και μικρότερη ανάγκη για συντήρηση. Οι χρήστες των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν fieldbus θα μπορούν να επιβλέπουν όλες τις συσκευές και να αναλύουν την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, κάτι που μειώνει εξαιρετικά τον χρόνο εκσφαλμάτωσης (debugging time). Αυτό επιτυγχάνεται από το ότι το fieldbus επιτρέπει να διεξάγονται διαγνωστικοί έλεγχοι online σε ξεχωριστές συσκευές πεδίου και να ρυθμίζεται από απόσταση κάθε συσκευή (remote device calibration).

**3. στις βελτιωμένες επιδόσεις του συστήματος:** Το δίκτυο τύπου Fieldbus επιτυγχάνει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ συσκευών πεδίου. Κατ' αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η συνολική επίδοση του συστήματος δεδομένου του ότι δύο συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους απευθείας χωρίς την παρεμβολή του συστήματος ελέγχου.

Ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα του Fieldbus είναι το ότι ο τελικός χρήστης δεν είναι ασχολείται καθόλου με τα επίπεδα σύνδεσης δεδομένων και εφαρμογών. Αρκεί αυτά απλά να δουλεύουν. Στον χρήστη αρκούν στοιχειώδεις γνώσεις των υπηρεσιών διαχείρισης του προτύπου για να μπορεί να ερμηνεύει πληροφορίες που οι υπηρεσίες αυτές εξάγουν σε περίπτωση σφάλματος κάπου στο σύστημα. Και όλα αυτά με τη μόνη προϋπόθεση ο χρήστης να ασχολείται με το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο χρήστη.

Παρόλα όμως τα πλεονεκτήματα του Fieldbus σε σύγκριση με το πρότυπο ρεύματος 4-20mA, έχει κι ένα μειονέκτημα. Τα σήματα ρεύματος γενικά είναι λιγότερο επιρρεπή σε ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο (κυρίως λόγω ελλιπούς θωράκισης) από τα σειριακά σήματα, όπως αυτά που χρησιμοποιεί το fieldbus<sup>51</sup>.

### 6.2.1 Τα πρότυπα του Fieldbus

Το fieldbus είναι ένα γενικότερο πρωτόκολλο στο οποίο ανήκουν κάποια εξειδικευμένα πρότυπα (standards). Σήμερα, στη βιομηχανία χρησιμοποιείται μία σωρεία

---

<sup>50</sup> Το δίκτυο πολλαπλών σημείων, συνδέει δύο ή περισσότερες τερματικές διατάξεις σε μια γραμμή επικοινωνίας. Σε αυτόν τον τύπο γραμμής επικοινωνίας, η πληροφορία είναι δυνατόν να ξεκινά από ένα σημείο και να καταλήγει σε άλλα γνωστά σημεία.

<sup>51</sup> Κουμπλής Μ., ό.π., σς.9-10.

από αυτά. Με μερικά από τα πιο ευρέως διαδεδομένα θα ασχοληθούμε στη συνέχεια της παρούσας μελέτης.

### 6.2.2 To AS-Interface

Το AS-Interface (επίσης γνωστό και ως AS-i), είναι το πιο απλό πρότυπο βιομηχανικής δικτύωσης που χρησιμοποιείται σε προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLC), διανεμημένα συστήματα ελέγχου (DCS) και βασισμένα σε Η/Υ συστήματα αυτοματισμού. Σχεδιάστηκε (κυρίως για τα χαμηλότερα επίπεδα του βιομηχανικού αυτοματισμού) με σκοπό να συνδέει δυαδικές συσκευές, όπως οι τελεστές και οι αισθητήρες, σε εφαρμογές διεργασιών χρησιμοποιώντας ένα διπλό καλώδιο. Έτσι μέσω του εν λόγω καλωδίου, μεταφέρει δεδομένα και ηλεκτρικό ρεύμα για μία μέγιστη απόσταση 100 μέτρων. Η απόσταση αυτή μπορεί να αυξηθεί μέχρι τα 200 μέτρα εάν χρησιμοποιηθούν επαναλήπτες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο εμπόριο υπάρχουν συσκευές (Ethernet links) οι οποίες επιτρέπουν σε ένα δίκτυο AS-Interface να ελέγχεται απευθείας από ένα TCP/IP δίκτυο. Αυτό, κατ'επέκταση, το καθιστά ιδανική λύση και για τα υψηλότερα επίπεδα του βιομηχανικού αυτοματισμού. Η επικοινωνία κατ' αυτόν τον τρόπο γίνεται με ψηφιακό τρόπο. Η τροφοδοσία έρχεται από ένα 24V DC τροφοδοτικό που είναι πλήρως απομονωμένο από τα σήματα δεδομένων. Τα δεδομένα από την άλλη μεριά, μορφοποιούνται κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται πολύ μεγάλη ανοχή σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Μπορεί επομένως ένα AS-Interface δίκτυο να λειτουργήσει ακόμη και σε υψηλής τάσης εγκαταστάσεις χωρίς να δημιουργεί κανένα πρόβλημα. Το δίκτυο μπορεί να αντέξει ένα ονομαστικό ρεύμα 8A και ενδεχομένως να το ξεπεράσει κιόλας με κατάλληλη σχεδίαση του δικτύου. Σε περίπτωση που υπάρχει ανάγκη για περισσότερο ρεύμα, το πρότυπο έχει τη δυνατότητα χρήσης βοηθητικού τροφοδοτικού και καλωδίου ειδικά για το σκοπό αυτό.

Το δίκτυο επιτρέπει μέχρι και 31 συσκευές σκλάβων (slave). Οι συνδεδεμένοι slaves «ερωτώνται» με τη σειρά από τη συσκευή master<sup>52</sup>. Ένα «φορτωμένο» δίκτυο προσφέρει μέγιστη χρονική απόκριση της τάξης των 5ms ανά I/O συσκευή<sup>53</sup>. Τα μηνύματα δεδομένων που ανταλλάσσονται ανάμεσα σε master και slaves, -τα λεγόμενα telegrams-, έχουν 4 bits εξόδου και αυτά είναι που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των συνδεδεμένων συσκευών (όπως για το άνοιγμα μιας βαλβίδας, για το κλείσιμο ενός διακόπτη κ.α). Ο slave απαντά αμέσως, επιστρέφοντας 4 bits σχετικά με τη λειτουργία ελέγχου, επιβεβαιώνοντας για παράδειγμα την εκπλήρωση κάποιας ενέργειας. Σε κάθε κύκλο μεταδίδονται επιπρόσθετες πληροφορίες για διαγνωστικούς σκοπούς.

Μία πρόσφατη εξέλιξη του μοντέλου αυτού αποτελεί η έκδοση 2.1. η οποία επιτρέπει το χειρισμό αναλογικών σημάτων. Επιπλέον, διπλασιάζει το μέγιστο αριθμό συσκευών slaves σε 62. Η μέγιστη χρονική απόκριση, παρόλα αυτά, διπλασιάζεται κι εκείνη στα 10ms για ένα «φορτωμένο» δίκτυο.

Είναι μία «ανοιχτή» τεχνολογία η οποία δεν είναι κατοχυρωμένη ως εμπορική που υποστηρίζεται από τις κυρίαρχες εταιρίες κατασκευής εξοπλισμού αυτοματισμού αυτή τη στιγμή. Πάνω από 10.000.000 AS-i συσκευές πεδίου έχουν εγκατασταθεί παγκοσμίως<sup>54</sup>.

<sup>52</sup> Master μπορεί να είναι ένας ελεγκτής PLC ή ένας Η/Υ.

<sup>53</sup> Λιγότερες συσκευές στο δίκτυο σημαίνει και γρηγορότεροι κύκλοι (cycle times).

<sup>54</sup> Eisenreich D.- DeMuth B., *Designing embedded Internet devices*, Elsevier Science, Burlington 2003, σς.467 και επ.

### 6.2.3 Το CAN

Το CAN (Controller Area Network) είναι ένα multicast<sup>55</sup>, πρότυπο σειριακού διαύλου διαφορικής σηματοδότησης. Αρχικά αναπτύχθηκε από την εταιρεία Robert Bosch GmbH με σκοπό τη διασύνδεση ηλεκτρονικών μονάδων ελέγχου.

Το CAN σχεδιάστηκε ως ένα πρότυπο πολύ ανθεκτικό για περιβάλλοντα με έντονο ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο με δυνατότητα αύξησης της ανθεκτικότητάς του με τη χρήση συνεστραμμένου ζεύγος καλωδίων. Παρότι αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως δίκτυο οχημάτων (vehicle network), σήμερα χρησιμοποιείται από πολλές βιομηχανικές εφαρμογές ελέγχου.

Τα μηνύματα που στέλνονται μέσα από αυτό το δίκτυο είναι μικρά (8 bytes δεδομένων το πολύ) αλλά προστατεύονται από ένα CRC-15 αλγόριθμο αντιμετώπισης σφαλμάτων ο οποίος εγγυάται ότι μέχρι και 5 «χαλασμένα» bits σε μία σειρά θα ανιχνευθούν από κάθε κόμβο στο δίκτυο. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων (bitrate) φτάνει το 1 Mbit/s για μήκος δικτύου έως 40m. Υπάρχει όμως η δυνατότητα μιας μικρής μείωσης του bitrate (π.χ. 125 kbit/s) εάν επιθυμούμε να εξασφαλίσουμε κάλυψη σε μεγαλύτερη απόσταση (π.χ. 500m).

Το δίκτυο υλοποιεί ένα αλγόριθμο προτεραιότητας. Ένα CAN μήνυμα υψηλής προτεραιότητας, για παράδειγμα, θα «καταλάβει» το δίκτυο και κάποιος κόμβος ο οποίος θα θέλει να στείλει μήνυμα χαμηλής προτεραιότητας θα το αισθανθεί αυτό, θα σταματήσει τη μετάδοση και θα περιμένει. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση «κυρίαρχων» και «υποτελών» bits.

Η δομή του πρωτοκόλλου CAN μπορεί να περιγραφεί από τα ακόλουθα επίπεδα:

- Επίπεδο εφαρμογών
- Επίπεδο αντικειμένου
- Επίπεδο μεταφοράς<sup>56</sup>
- Φυσικό επίπεδο (Physical Layer)<sup>57</sup>

---

<sup>55</sup> Με τον όρο multicast, εννοούμε τη ταυτόχρονη μετάδοση πληροφοριών σε μία ομάδα προορισμών που αποτελεί την καλύτερη στρατηγική για την παράδοση των μηνυμάτων σε κάθε κόμβο του δικτύου καθώς και τη δημιουργία αντιγράφων όταν ο κόμβος δε συμπίπτει με τον τελικό προορισμό μετάδοσης. Τα δεδομένα που αντιγράφονται προωθούνται στα συστήματα-παραλήπτες που αποτελούν μέλη ενός multicast group, με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα τμήματα του δικτύου, στα οποία περνούν πολλά αντίγραφα της ίδιας πληροφορίας. Η αντιγραφή μπορεί να γίνεται σε επίπεδο μεμονωμένων bits, μπλοκ πληροφορίας όπως τα πακέτα ή και σε επίπεδο αντικειμένων όπως έγγραφα, ηλεκτρονικά μηνύματα κ.λ.π. : Rusty Harold E., *Java™ Network Programming*, O'Reilly, Sebastopol 2000, σ.451.

<sup>56</sup> Το επίπεδο μεταφοράς αντιπροσωπεύει τον πυρήνα του πρωτοκόλλου CAN. Παραδίδει τα ληφθέντα μηνύματα στο επίπεδο αντικειμένου και αποδέχεται μηνύματα για να μεταδοθούν από το επίπεδο αντικειμένου. Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για το χρονισμό των bits, για πλαισίωση και επικύρωση μηνυμάτων, προτεραιότητα, επιβεβαίωση, ανίχνευση και απομόνωση σφαλμάτων, δρομολόγηση δεδομένων κτλ.: βλ. Eisenreich D.- DeMuth B., *Designing embedded Internet devices*, Elsevier Science, Burlington 2003, σ. 18-19.

<sup>57</sup> Το φυσικό επίπεδο καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο μεταδίδονται τα σήματα. Τα επίπεδα στάθμης (signal levels), η αναπαράσταση των bits και το μέσο μετάδοσης αποτελούν καθήκοντα του επιπέδου αυτού: βλ. Eisenreich D.- DeMuth B., *Designing embedded Internet devices*, ό.π., σ. 19 και 468.

## 6.2.4 To DeviceNet

Το DeviceNet αναπτύχθηκε αρχικά από μία Αμερικάνικη εταιρεία, την Allen-Bradley, τώρα γνωστή ως Rockwell Automation. Χρησιμοποιεί το πρότυπο CAN σαν κορμό του, πράγμα που σημαίνει ότι είναι συμβατό με το μοντέλο 7 επιπέδων του OSI<sup>58</sup>. Επιπρόσθετα, το DeviceNet καθορίζει το δικό του πρωτόκολλο για το επίπεδο εφαρμογών.

Πρόκειται για ένα σύστημα fieldbus των 8 bytes που στοχεύει σε μεσαίας κατηγορίας βιομηχανικό έλεγχο. Συνήθως συνδέει συσκευές όπως αισθητήρες, διακόπτες, σαρωτές barcode κ.α. Το μεγάλο πλεονέκτημα με το DeviceNet είναι ότι έχει τη δυνατότητα να συνδέει συσκευές με ένα και μόνο καλώδιο<sup>59</sup>.

Το DeviceNet καθορίζει το φυσικό μέσο σύνδεσης δεδομένων και το επίπεδο εφαρμογών του μοντέλου OSI. Καθορίζονται μόνο τρεις ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων στο DeviceNet (125, 250 και 500 Kbps). Χρησιμοποιεί τάση στα 24V DC με ανοχή 1% και υποστηρίζει ένα μέγιστο αριθμό 64 κόμβων σε ένα δίκτυο. Οι αποστάσεις που μπορούμε να καλύψουμε σε ένα τέτοιο δίκτυο ανάλογα με την ταχύτητα μετάδοσης κυμαίνονται από 100 – 500 μέτρα. Υποστηρίζει master/slave λειτουργία καθώς και επικοινωνία peer-to-peer, αν και οι περισσότερες συσκευές στο δίκτυο αυτό λειτουργούν ως slave. Τέλος, επιτρέπει πολλαπλούς masters στο ίδιο δίκτυο<sup>60</sup>.

## 6.2.5 To EtherCAT

Είναι ένα γρήγορο, πραγματικού χρόνου master/slave δίκτυο που βασίζεται στο Ethernet. Με το EtherCAT, το πακέτο/πλαίσιο του Ethernet δε λαμβάνεται πλέον, έπειτα μεταφράζεται και μεταφέρεται σαν δεδομένα διεργασίας σε κάθε κόμβο. Οι συσκευές slave στο EtherCAT «διαβάζουν» τα δεδομένα που απευθύνονται σε αυτές καθώς το «μήνυμα» περνά διαμέσω τους. Ομοίως, δεδομένα εισόδου από τη συσκευή περνάνε στο μήνυμα. Τα πλαίσια καθυστερούν λιγότερο από 1μs σε κάθε κόμβο, οπότε πολλοί κόμβοι (τυπικά ολόκληρο το δίκτυο) μπορούν να «ερωτηθούν» με κάθε ένα πλαίσιο/μήνυμα.

Το πρωτόκολλο του EtherCAT είναι σχεδιασμένο ειδικά για μεταφορά δεδομένων διεργασιών και μεταφέρεται απευθείας μέσα στο πλαίσιο του προτύπου του Ethernet IEEE 802.3. καθίσταται έτσι δυνατή η μετάδοση broadcast και multicast καθώς και η επικοινωνία μεταξύ συσκευών slave. Αν είναι απαραίτητη η δρομολόγηση IP, το πρωτόκολλο μπορεί να μπει μέσα σε μηνύματα UDP/IP (User Datagram Protocol)<sup>61</sup>.

Η ανταλλαγή δεδομένων διεργασίας με 1000 διανεμημένες ψηφιακές I/O συσκευές χρειάζεται περίπου 30μs. Υποστηρίζονται σε αυτό το πρωτόκολλο τοπολογία

---

<sup>58</sup> Το μοντέλο αναφοράς OSI είναι μια διαστρωματωμένη, αφηρημένη περιγραφή για τη σχεδίαση τηλεπικοινωνιακών και δικτυακών πρωτοκόλλων. Η βασική αρχή είναι ότι τα δεδομένα καθώς ταξιδεύουν μέσα σε ένα δίκτυο από τη μια συσκευή στην άλλη, περνάνε από 7 διαφορετικές χρονικές φάσεις ή αλλιώς 7 επίπεδα (layers). Είναι γνωστό και ως *μοντέλο των επτά επιπέδων*: Kozierok Ch. M., *The TCP/IP Guide. A Comprehensive illustrated Internet Protocols Reference*, ό.π., σ.87.

<sup>59</sup> Το καλώδιο αυτό περιλαμβάνει μέσα του 4 μικρότερα: Ένα για την ηλεκτρική τάση, ένα για τη γείωση και άλλα δύο για τα δεδομένα έλεγχου. Γύρω γύρω από αυτά τα καλώδια, υπάρχει ειδική θωράκιση για ανοσία σε ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο.

<sup>60</sup> Κουμπλής Μ., ό.π., σ.12.

<sup>61</sup> UDP είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο είναι χρήσιμο για διακομιστές που ασχολούνται με την απάντηση σε σύντομα ερωτήματα από ένα μεγάλο αριθμό πελατών. Συχνές δικτυακές εφαρμογές που χρησιμοποιούν το UDP περιλαμβάνουν: Trivial File Transfer Protocol (TFTP), Voice over IP (VoIP), IPTV, Domain Name System (DNS), κλπ.: Αρβανίτης Κ.- Κολυβάς Γ., Ούτσιος Σ., *ο.π.*, σσ. 240-241.

«γραμμής», «δένδρου» ή «αστέρα». Εφόσον χρησιμοποιείται το φυσικό επίπεδο 100BASE-TX Ethernet, η απόσταση μεταξύ δύο κόμβων δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη των 100m.

Μπορούν να συνδεθούν έως και 65536 συσκευές, οπότε το μέγεθος το δικτύου είναι πρακτικά σχεδόν απεριόριστο. Επιθυμώντας την ενσωμάτωση προτύπων που προϋπάρχουν όπως fieldbus (π.χ. DeviceNet, Profibus) σε δίκτυα EtherCAT, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ειδικών συσκευών (πύλες / gateways). Και άλλα βέβαια πρωτόκολλα βασισμένα στο EtherNet μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με το EtherCAT. Τα πλαίσια του Ethernet «μασκάρονται» μέσω του EtherCAT με τη μέθοδο του *tunneling*, συνήθως μέθοδος για εφαρμογές στο διαδίκτυο (π.χ. VPN, PPPoE -DSL- κτλ). Το δίκτυο EtherCAT είναι πλήρως «διαφανές» για τη συσκευή Ethernet, χωρίς να βλάπτονται τα χαρακτηριστικά real-time του δικτύου, η απόκριση με άλλα λόγια σε πραγματικό χρόνο. Όλες λοιπόν οι εφαρμογές διαδικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο περιβάλλον του EtherCAT, όπως ο ενσωματωμένος web server, e-mail, FTP κλπ<sup>62</sup>.

### 6.2.7 Το FOUNDATION Fieldbus

Το FOUNDATION Fieldbus είναι ένα ψηφιακό, σειριακό, αμφίδρομο σύστημα επικοινωνίας που χρησιμεύει ως το field-level δίκτυο σε μία εγκατάσταση αυτοματισμού. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Fieldbus Foundation και προορίζεται τόσο για εφαρμογές που κάνουν χρήση βασικού ή εξελιγμένου αναλογικού ρυθμιστικού ελέγχου, όσο και για εφαρμογές διακριτού ελέγχου. Δύο σχετικές υλοποιήσεις του FOUNDATION Fieldbus σχεδιάστηκαν για να μπορούν να ικανοποιήσουν διαφορετικές ανάγκες του αυτοματισμού διεργασιών και χρησιμοποιούν διαφορετικά μέσα μετάδοσης και διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης:

**To H1:** Αποτελεί μέχρι τώρα την πιο συνηθισμένη υλοποίηση. Λειτουργεί στα 31.25 kbit/s, συνδέεται σε συσκευές πεδίου, παρέχει επικοινωνία και ηλεκτρική ισχύ μέσω συνηθισμένης καλωδίωσης συνεστραμμένου ζεύγους.

**To HSE (High-speed Ethernet):** Λειτουργεί στα 100 Mbit/s, συνήθως συνδέει υποσυστήματα εισόδου/εξόδου, συστήματα ξενιστών (hosts), ζεύκτες, πύλες και συσκευές πεδίου χρησιμοποιώντας κανονική Ethernet καλωδίωση. Ως έχει σήμερα δεν μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια αν και γίνονται προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση.

Το FOUNDATION Fieldbus αρχικά σχεδιάστηκε ως ο αντικαταστάτης του προτύπου 4-20mA, αλλά πολλές καθυστερήσεις στην ανάπτυξη του αποτέλεσαν τροχοπέδη για την ευρεία χρήση του και επέτρεψαν την καθιέρωση στο χώρο άλλων συναφών τεχνολογιών, όπως τα Modbus, Profibus και Industrial Ethernet<sup>63</sup>.

---

<sup>62</sup> Moraes R.-Vasques F., «Probabilistic Timihg Alalysis oh the h-BBB Collision Resolution Algorirthm», στο Chávez M.L. (ed.), *Fieldbus Systems and Their Applications*, Πρακτικά του 6ου Διεθνούς Συνεδρίου IFAC (Puebla, Μεξικό 14-25 Νοεμβρίου 2005), Puebla, Mexico 2005, σς.107-114, ιδιαίτερα σς. 113-114.

<sup>63</sup> Κουμπλής Μ., ό.π., σς.13-14.

## 6.2.8 Το Interbus

Το Interbus είναι ένα σύστημα σειριακού διαύλου, το οποίο μεταδίδει δεδομένα μεταξύ συστημάτων ελέγχου (π.χ. Η/Υ, PLC, ρομποτικούς ελεγκτές κτλ.) και κατανεμημένων μονάδων I/O (modules) όπου συνδέονται αισθητήρες, διακόπτες κ.α. Αποτελεί ένα σύστημα σε τοπολογία «δακτυλίου», έτσι όλες οι συσκευές είναι ενεργά ενσωματωμένες σε μία κλειστή διαδρομή μετάδοσης. Κάθε συσκευή ενισχύει το σήμα που λαμβάνει και το στέλνει ακόμα παραπέρα (και στην περίπτωση που δεν προορίζεται γι' αυτήν). Επιτυγχάνονται έτσι μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Στο interbus, σε αντίθεση με άλλα συστήματα δικτύου, οι γραμμές προώθησης δεδομένων και επιστροφής οδηγούνται σε όλες τις συσκευές μέσω ενός μόνο καλωδίου πράγμα που σημαίνει ότι η φυσική όψη του δικτύου είναι μία «ανοικτή» δομή δένδρου (tree structure). Η κύρια αρτηρία του δικτύου, (η οποία περνά από τον master), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία υποδικτύων μέχρι και 16 επιπέδων βάθους πράγμα που προσφέρει στο δίκτυο αυτό μεγάλη συμβατότητα και προσαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Το Interbus είναι ένα master/slave σύστημα που επιτρέπει τη σύνδεση μέχρι και 512 συσκευών στα 16 επίπεδά του. Ο δακτύλιος τερματίζεται αυτόματα από την τελευταία συσκευή στο δίκτυο. Η σύνδεση από σημείο σε σημείο (point to point) εξαφανίζει την ανάγκη για χρήση αντιστάσεων τερματισμού. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ειδικά τερματικά (branch terminals) που δημιουργούν ξεχωριστούς κλάδους στο δίκτυο. Τα ζευκτικά μέσα ανάμεσα στους κλάδους του δικτύου μας επιτρέπουν να απομονώσουμε κάποιο τμήμα (υποδίκτυο) ώστε να δουλέψουμε πάνω σε αυτό χωρίς προβλήματα.

Ένα πολύ μεγάλο πλεονέκτημα στο Interbus είναι η φυσική διευθυνσιοδότηση η οποία μας απαλλάσσει από το να ρυθμίσουμε μία μοναδική διεύθυνση για κάθε συσκευή ξεχωριστά. Το σύστημα αυτόματα αναθέτει διεθύνσεις στις συσκευές ανάλογα με τη φυσική τοποθεσία τους στο δίκτυο. Αυτή η «plug-and-play» λειτουργία παρέχει μεγάλη ευκολία μια και το δίκτυο δεν «αποσυντονίζεται» κάθε φορά που συνδέεται ή αποσυνδέεται κάποια συσκευή, αλλά αντίθετα ρυθμίζεται μόνο του. Ο master μπορεί να συνδεθεί τόσο στον τοπικό δίαυλο (local bus) όσο και σε κάποιο απομακρυσμένο δίαυλο με χρήση ειδικού hardware<sup>64</sup>.

Το Interbus είναι το μόνο Fieldbus σύστημα που χρησιμοποιεί την αθροιστική μέθοδο πλαισίων (summation frame method) βάσει της οποίας χρησιμοποιεί ένα μεγάλο πλαίσιο για τα μηνύματα από όλες τις συσκευές (slaves). Επιτυγχάνεται έτσι αποτελεσματικότερη επικοινωνία αφού έχουμε αμφίδρομη επικοινωνία δεδομένων, (full-duplex operation). Στο εν λόγω μεγάλο πλαίσιο, περιλαμβάνεται η επικεφαλίδα (header), μία ειδική λέξη loop-back, καθώς και τα δεδομένα και οι πληροφορίες για την ακεραιότητα των δεδομένων (checksum). Ο χρόνος που απαιτείται για την ανταλλαγή δεδομένων με όλες τις συσκευές (ο λεγόμενος cycle time) εξαρτάται από το πλήθος των σταθμών και το μήκος των επιμέρους μηνυμάτων των σταθμών. Παρόλα αυτά, επειδή αυτό το πλαίσιο, ( summation frame), έχει ένα προκαθορισμένο μήκος, το cycle time παραμένει σταθερό. Η μέθοδος αυτή είναι που προσδίδει στο Interbus το προβλέψιμο και σταθερό cycle time «deterministic method of operation», πράγμα τόσο απαραίτητο στη βιομηχανία.

---

<sup>64</sup> Στην περίπτωση αυτή, συνήθως, κάθε συσκευή στο απομακρυσμένο δίκτυο τροφοδοτείται τοπικά. Για την τοπική διασύνδεση, το καλώδιο είναι αθωράκιστο δύο αγωγών και μεταφέρει συγχρόνως δεδομένα και τροφοδοσία.

Υπάρχουν πολλά μέσα μετάδοσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ένα Interbus σύστημα. Συνήθως είναι καλώδια χαλκού, οπτικές ίνες ή υπέρυθρες ακτίνες. Σε περίπτωση χρήσης καλωδίων χαλκού που είναι και η συνηθέστερη, χρησιμοποιείται μετάδοση διαφορικού σήματος σύμφωνα με το RS-485. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται ένα ξεχωριστό καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους για τη γραμμή προώθησης και ένα ακόμη για τη γραμμή επιστροφής. Με ταχύτητα μετάδοσης τα 500 Kbps, η σημειακή σύνδεση (point-to-point) με το RS-485 καλύπτει απόσταση 400 m μεταξύ των δύο συσκευών. Χάρη στην ενσωματωμένη λειτουργία επαναλήπτη (repeater) που υπάρχει στις εν λόγω συσκευές, μπορεί η απόσταση να φτάσει τα 13 Km.

Ανά τακτό αριθμό διαδοχικών κύκλων, μεταδίδεται ένα τμήμα των παραμετρικών δεδομένων που θέλει να στείλει ο master στους slaves. Τα παραμετρικά δεδομένα κατά αυτόν τον τρόπο χωρίζονται σε κομμάτια τα οποία αποστέλλονται με αργό ρυθμό ώστε να μην παρεμποδίζεται η μετάδοση των κρίσιμων (time-critical) δεδομένων.

Ο master του διαύλου διασφαλίζει την αξιοπιστία των δεδομένων με τη βοήθεια του προαναφερθέντος loop-back word, μία λέξη η οποία αποτελείται από ένα μοναδικό συνδυασμό bits που εκτελείται σε κάποιο υπολογίσιμο αριθμό κύκλων συστήματος. Εάν έχει επιστρέψει μετά από αυτόν το χρόνο στον buffer εισόδου (προσωρινή αποθηκευτική μνήμη) του master, ο δακτύλιος κλείνει. Η διερεύνηση λαθών των δεδομένων γίνεται με τον CRC16 αλγόριθμο<sup>65</sup>.

## 6.2.9 Το Modbus

Το Modbus είναι ένα πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας με μετάδοση half-duplex που σχεδιάστηκε το 1979 από την Schneider Automation Inc. για χρήση με τους ελεγκτές PLC. Σταδιακά, έγινε ένα αναπόσπαστο πρότυπο της βιομηχανίας και πλέον αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τρόπο σύνδεσης βιομηχανικών ηλεκτρονικών συσκευών. Χρησιμοποιείται εκτεταμένα και προτιμάται από τα υπόλοιπα πρωτόκολλα λόγω των χαρακτηριστικών του:

1. είναι «ανοικτό», ελεύθερο πρωτόκολλο
2. μπορεί να υλοποιηθεί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μερικών ημερών.
3. μεταφέρει καθαρά bits ή words (λέξεις) χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς
4. επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ πολλών συσκευών συνδεδεμένων στο ίδιο δίκτυο

Επιτρέπει επικοινωνία μεταξύ πολλών συσκευών συνδεδεμένων στο ίδιο δίκτυο. Για παράδειγμα, ένα σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας (με χρήση αισθητήρων) και μεταφέρει τα αποτελέσματα σε έναν υπολογιστή. Χρησιμοποιείται συχνά για να συνδέσει έναν επιβλέποντα υπολογιστή με έναν RTU (μονάδα απομακρυσμένου ελέγχου) σε συστήματα ελέγχου, επίβλεψης και συλλογής δεδομένων (συστήματα SCADA). Υπάρχουν δύο εκδοχές του πρωτοκόλλου, μία για σειριακή επικοινωνία και η άλλη μέσω Ethernet.

Δύο παραλλαγές υπάρχουν, με διαφορετικές αναπαραστάσεις αριθμητικών δεδομένων αλλά και μικρές διαφορές στο πρωτόκολλο: Το Modbus RTU και το Modbus ASCII. Το πρώτο είναι μία συμπαγής, δυαδική αναπαράσταση των δεδομένων ενώ το δεύτερο είναι αναγνώσιμο από τον άνθρωπο και λιγότερο «λακωνικό». Και τα δύο χρησιμοποιούν σειριακή επικοινωνία και έλεγχο ορθότητας δεδομένων (CRC)<sup>66</sup>. Κόμβοι στημένοι για το Modbus RTU δεν επικοινωνούν με κόμβους για το Modbus ASCII και αντιστρόφως. Το

---

<sup>65</sup> Κουμπλής Μ., ό.π., σς.16-17.

Modbus/TCP είναι παρόμοιο με το RTU, αλλά μεταδίδει τα δεδομένα του πρωτοκόλλου με πακέτα TCP/IP. Το Modbus/TCP είναι ένα connection-oriented πρωτόκολλο, σε αντίθεση με τα πρότυπα ASCII και RTU. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει πρώτα να υπάρξει μία σύνδεση προτού αρχίζει η διακίνηση δεδομένων. Επιπλέον επιτρέπει πολλαπλές σύγχρονες συνδέσεις στον ίδιο, αλλά και σε πολλαπλούς slaves.

Το Modbus τοποθετείται στο ανώτερο επίπεδο του μοντέλου OSI, το επίπεδο εφαρμογών. Στηρίζεται σε αρχιτεκτονική τύπου master/slave ή πελάτη/διακομιστή. Κάθε συσκευή που προορίζεται για επικοινωνία μέσω Modbus λαμβάνει μία μοναδική διεύθυνση. Οποιαδήποτε συσκευή θα μπορούσε να στείλει μία εντολή Modbus, αν και συνήθως αυτό πραγματοποιείται από μία master συσκευή το κάνει. Μια εντολή Modbus περιλαμβάνει τη διεύθυνση Modbus της συσκευής προορισμού. Μόνο αυτή η συσκευή θα αντιδράσει στην εντολή παρόλο που θα παραληφθεί κι από άλλες.

Όλες οι εντολές περιέχουν πληροφορίες ελέγχου ακεραιότητας. Οι βασικές εντολές Modbus μπορούν να διατάξουν μία RTU να αλλάξει μία τιμή σε κάποιο από τους καταχωρητές της, ή να επιστρέψει μία ή περισσότερες τιμές που περιέχονται αυτούς. Στο πρωτόκολλο αυτό, υπάρχει η δυνατότητα *broadcasting*: σύμφωνα με αυτήν ο master στέλνει το ίδιο μήνυμα σε όλους τους slaves ταυτόχρονα. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό κατά αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχουν εγγυήσεις παράδοσης. Γι' αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για μη καίρια ζητήματα όπως για παράδειγμα ο συγχρονισμός των συσκευών.

Ένα τυπικό μήνυμα Modbus έχει την ακόλουθη δομή: <διεύθυνση προορισμού> <Κωδικός λειτουργίας> <Δεδομένα> <Έλεγχος σφαλμάτων>. Υπάρχουν πολλά modem που υποστηρίζουν Modbus. Διαφορετικές υλοποιήσεις του προτύπου χρησιμοποιούν καλώδια, ασύρματη επικοινωνία, ακόμη και SMS<sup>67</sup> (Short Message Service) και GPRS<sup>68</sup> (General Packet Radio Service). χαρακτηριστικά είναι τα προβλήματα συγχρονισμού με αυτό το πρωτόκολλο.

Επειδή το Modbus σχεδιάστηκε στα τέλη του 1970, οι περισσότεροι τύποι δεδομένων περιορίζονται σε αυτούς που αναγνωρίζονταν τότε από τα PLC. Δεν υπάρχει καθορισμένος τρόπος για να βρει ένας κόμβος την περιγραφή ενός αντικειμένου δεδομένων, να καταλάβει λόγω χάρη ότι η τιμή σε κάποιο καταχωρητή αντιστοιχεί στη θερμοκρασία μεταξύ 30 και 175 βαθμών. Μια και το Modbus είναι ένα master/slave πρωτόκολλο, δεν υπάρχει τρόπος ώστε κάποια συσκευή να αναφέρει την κάθε αλλαγή δεδομένων. Γι' αυτό ο master πρέπει να ρωτάει κάθε συσκευή πεδίου διαδοχικά για να δει εάν τροποποιήθηκαν ή όχι κάποια δεδομένα, πράγμα βέβαιο που καταναλώνει εύρος ζώνης (bandwidth) και χρόνο απόκρισης στο δίκτυο σε εφαρμογές απαιτητικές σε εύρος ζώνης. Το Modbus περιορίζεται στο να διευθυνσιοδοτεί 254 συσκευές ανά δίκτυο, πράγμα που περιορίζει φυσικά τον αριθμό των συσκευών πεδίου (field devices) που συνδέονται σε κάποιον master.

Το πρωτόκολλο δεν ορίζει κάποιο συγκεκριμένο φυσικό επίπεδο γι' αυτό μπορεί να δουλέψει σε διάφορα απ' αυτά. Οι εκδοχές ASCII και RTU λειτουργούν σε δίκτυα με RS-232C<sup>69</sup>, RS-422<sup>70</sup> και RS-485<sup>71</sup>. Ακόμη, μπορεί να λειτουργήσει σε όλα τα φυσικά

---

<sup>67</sup> Υπηρεσία της κινητής τηλεφωνίας, με την οποία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αποστείλει ή να παραλάβει σύντομο γραπτό μήνυμα από άλλους χρήστες, στην οθόνη του κινητού του τηλεφώνου

<sup>68</sup> επιτρέπει την αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM. Η συγκεκριμένη υπηρεσία δεν έχει καμία απολύτως σχέση με το ακρωνύμιο «GPS», το οποίο αναφέρεται στο παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης. Το GPRS επιτρέπει τη χρήση του κινητού για τη μεταφορά δεδομένων, συνήθως από το Διαδίκτυο, γρήγορα και εύκολα, ενώ παράλληλα παρέχει το πλεονέκτημα της αδιάκοπης σύνδεσης με αυτό.

<sup>69</sup> Ένα τυποποιημένο σειριακό καλώδιο RS-232C, μεταφέρει όλα τα σήματα απευθείας από τη μια άκρη στην άλλη, χωρίς καμιά αλλαγή στους ακροδέκτες. Αυτό απλά σημαίνει ότι ο ακροδέκτης «Μετάδοσης

επίπεδα δικτύου που υποστηρίζουν TCP/IP. Για να πραγματοποιηθεί multi-drop λειτουργία του Modbus, απαιτείται ένα multi-point δίκτυο σαν το RS-485<sup>72</sup>.

### 6.2.10 To AS-Interface

Το Actuator Sensor Interface είναι ένα κατ'εξοχήν πρωτόκολλο επικοινωνίας βιομηχανικού δικτύου. Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση αισθητηρίων, ενεργοποιητών, μηχανισμών κίνησης και άλλων field devices με PLCs με ένα δισύρματο, μη θωρακισμένο καλώδιο. Καταργεί την μέχρι τώρα σύνδεση με ξεχωριστά καλώδια, συνήθως μεγάλου μήκους, και ενεργοποιεί τη σύνδεση σε ένα μόνο καλώδιο τοπικά. Αποτέλεσμα: σημαντικά χαμηλότερο κόστος, με μεγάλο βαθμό προστασίας. Επιπρόσθετα, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας AS-i είναι ότι το ίδιο το καλώδιο μεταδίδει δεδομένα και βοηθητική ισχύς προς αισθητήρες και μηχανισμούς κίνησης. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης του AS-i με ανώτερου επιπέδου βιομηχανικά δίκτυα για την επίτευξη ολοκληρωμένων λύσεων<sup>73</sup>.

### 6.2.11 To Profibus

Το Profibus (Process Field Bus) είναι το πιο διαδομένο πρωτόκολλο του Fieldbus· υπολογίζεται ότι υπάρχουν πάνω από είκοσι εκατομμύρια κόμβοι σε χρήση παγκοσμίως. Αξιοπιστία, μεγάλη ταχύτητα, ευελιξία: αυτά είναι τα χαρακτηριστικά που κάνουν το Profibus να κυριαρχεί στην παγκόσμια αγορά Fieldbus τόσο για process όσο και για production automation. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές εκδόσεις του Profibus, αναλόγως με την εφαρμογή.

1. το Profibus DP, για γρήγορη και κυκλική ανταλλαγή δεδομένων (process ή field communication)
2. το Profibus PA, για εφαρμογές υψηλής ασφάλειας και
3. το Profibus FMS, για την ανταλλαγή δεδομένων (data communication)

---

Δεδομένων (TD)» της μιας άκρης, συνδέεται στον ακροδέκτη «Μετάδοσης Δεδομένων (TD)» της άλλης άκρης.

<sup>70</sup> Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, η μετάδοση της πληροφορίας επιτυγχάνεται με διαφορική μέθοδο (κανονικό και συμπληρωματικό σήμα, σχήμα 10). Για τη λήψη της πληροφορίας χρησιμοποιείται η διαφορά των δύο σημάτων. Το σήμα που μεταδίδεται με διαφορικό τρόπο είναι πολύ ανθεκτικό σε κοινό θόρυβο (που επηρεάζει εξίσου τα δύο σήματα), διότι κατά τη λήψη, η διαφορά των σημάτων δεν αλλάζει. Κατά το πρότυπο RS-422, κάθε ένα από τα δύο συμπληρωματικά σήματα έχει στάθμη 0-5V. Η διαφορά τους όμως είναι είτε θετική είτε αρνητική, ανάλογα με το μεταδιδόμενο bit. Στην πράξη, το κύκλωμα λήψης μεταφράζει σε '0' κάθε διαφορά μεγαλύτερη από 200mV και σε '1' κάθε διαφορά μικρότερη από -200mV.

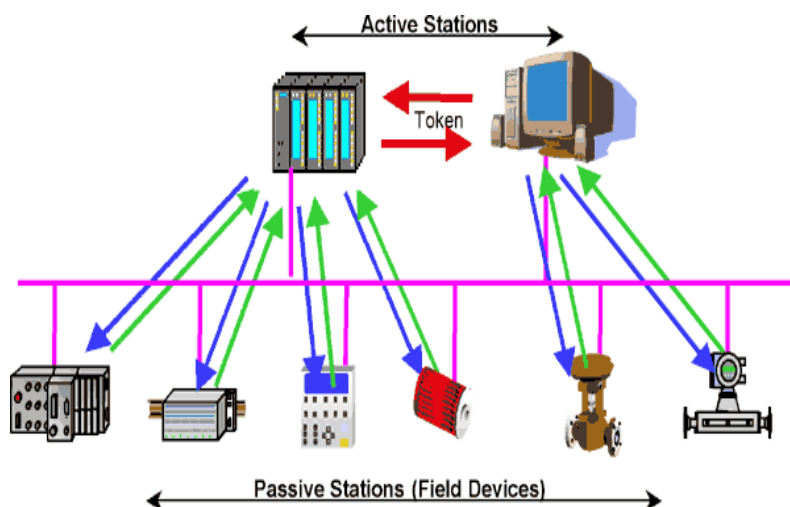
<sup>71</sup> Ορίζεται από επικοινωνία δύο συρμάτων (-7V έως +12V). Έχει αντοχή στο θόρυβο και μπορεί να υποστηρίξει επικοινωνία περισσότερων από μία συσκευών, σε αντίθεση με την RS232 που υποστηρίζει επικοινωνία με μία μόνο συσκευή.

<sup>72</sup> Dutertre B., «Formal modeling and analysis of the modbus protocol», στο Goetz E.-Shenoi S. (ed.), *Critical Infrastructure Protection*, Springer-University of Tulsa, Tulsa Oklahoma 2008, σς.189-204.

<sup>73</sup> House T. *Practical Industrial Data Networks: Elsevier IDC Technology*, Oxford 2004, σς.145 και επ.

Το Profibus DP δημιουργήθηκε για την εύκολη σύνδεση PLCs και άλλων συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές σε δίκτυο. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο πέρασμα σκυτάλης (token passing), τη δυνατότητα δηλαδή να στέλνουν κυκλικά ένας μετά τον άλλο οι σταθμοί και να λαμβάνουν πληροφορίες από το δίκτυο. Κάθε συσκευή που βρίσκεται στο δίκτυο λαμβάνει μία μοναδική διεύθυνση και αποτελεί ένα σταθμό, ο οποίος χαρακτηρίζεται είτε ως ενεργητικός είτε ως παθητικός. Ένας ενεργητικός σταθμός έχει το δικαίωμα της πρόσβασης στο δίκτυο όταν περνάει σε αυτόν μια αλληλουχία δεδομένων που ονομάζεται token. Το token δίδεται διαδοχικά στους ενεργητικούς σταθμούς με βάση την αυξανόμενη τιμή της διεύθυνσης (token rotation cycle). Οι παθητικοί σταθμοί χρησιμοποιούν το δίκτυο στην περίπτωση που κάτι τέτοιο τους ζητηθεί από τον σταθμό που διαθέτει το token.

Το PROFIBUS DP έχει σχεδιαστεί για την ανταλλαγή δεδομένων, σε υψηλές ταχύτητες, ανάμεσα σε μία κεντρική συσκευή και τις κατανεμημένες μονάδες που αυτή διαθέτει. Οι ενεργητικοί σταθμοί του δικτύου μπορεί να είναι PLCs, προσωπικοί υπολογιστές ή γενικότερα εξελιγμένες μονάδες εποπτείας και ελέγχου και ορίζονται ως «αφέντες» («master») ενώ οι μονάδες που ελέγχονται ορίζονται ως «σκλάβοι» («slaves»). Ένας master έχει πλήρη δικαιώματα πάνω στα slaves του. Η πρόσβασή του δε σε συσκευές άλλων master είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Η ταχύτητα δικτύου κυμαίνεται από 9,6 Kbps έως 12 Mbps, ενώ με τη χρήση οπτικών ινών μπορεί να επιτευχθεί επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις μέχρι 100 χιλιομέτρων. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι ο αριθμός των σταθμών του δικτύου πρέπει να είναι σχετικά μικρός. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται γραφικά η λειτουργία του δικτύου<sup>74</sup>.



Εικόνα 15. Λειτουργία των δικτύων Profibus DP

<sup>74</sup> House L.-Hill J., *Practical Industrial data Networks*, ό.π. σς.190 και επ.

## 7. ETHERNET

---

### 7.1 Γενικά

Το Ethernet είναι ένα πρότυπο δικτύου που διευκρινίζει τη μέθοδο με την οποία οι υπολογιστές και τα στοιχεία του δικτύου μπορούν να συνδεθούν φυσικά και υλικά μεταξύ τους. Πρόκειται για τώρα το πρωτεύον πρωτόκολλο δικτύων για φυσική σύνδεση και είναι αναγνωρισμένο παγκοσμίως.

Η Ethernet τεχνολογία χρησιμοποιείται, ανελλιπώς, για τις δικτυακές συνδέσεις των υπολογιστών. Μεταξύ των διαφορετικών ειδών Ethernet, ο πιο δημοφιλής τρόπος σύνδεσης είναι στα 10/100 Mbps<sup>75</sup> (megabits per second), κάνοντας χρήση του ζευγαρωτού καλωδίου χαλκού (twisted pair). Η Ethernet 100Mbps τεχνολογία είναι γνωστή και ως 100baseT ή Fast Ethernet. Οι προγενέστερες εκδοχές της τεχνολογίας Ethernet απαιτούσαν την χρήση ενός coax καλωδίου και ήταν γνωστές με την ονομασία 10base2, Thin Ethernet, 10base5 και Thick Ethernet. Μερικά 'hubs' υποστηρίζουν ακόμα και σήμερα υποδοχές ομοαξονικού τύπου καλωδίου (coax), προκειμένου να συμβιβάσουν μεταξύ τους δίκτυα τύπου twisted pair και Thin Ethernet. Η μεταγενέστερη εκδοχή του Ethernet είναι γνωστή ως Gigabit

Αφού δημιουργήσουμε την ταχύτητα του Ethernet δικτύου που επιθυμούμε είναι ανάγκη να προμηθευτούμε την ανάλογη κάρτα δικτύου (10/T για 10Mbps ή 1000/TX για 100Mbps) για κάθε υπολογιστή ή άλλο υπολογιστικό σύστημα, όπως plc, που σκοπεύουμε να εισάγουμε στο δίκτυό μας.

Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι ένωσης των καρτών Ethernet. Ο πρώτος τρόπος βασίζεται στη καλωδίωση τύπου 'coax', ενώ ο δεύτερος στη καλωδίωση τύπου 'Cat 5'. Με άλλα λόγια, ο δεύτερος τρόπος ένωσης βασίζεται στη χρήση ενός καλωδίου που μοιάζει με το τηλεφωνικό καλώδιο. Το ένα άκρο του καλωδίου συνδέεται στην κάρτα δικτύου του υπολογιστή ή στην κάρτα δικτύου ενός plc, ενώ το άλλο του άκρο σε μία από τις 'πόρτες' ενός hub, το οποίο αναλαμβάνει τη μεταβίβαση του σήματος του κάθε υπολογιστή ή plc στους υπόλοιπους υπολογιστές ή plc του δικτύου (το μέγεθος τους ποικίλει και εξαρτάται από τον αριθμό των υπολογιστών που θέλουμε να ενώσουμε<sup>76</sup>). Για τη σύνδεση των υπολογιστών, θα χρειαστούμε ένα θωρακισμένο ή μη, Cat 5 καλώδιο (patch cable). Τα άκρα του καλωδίου καταλήγουν σε RJ-45 τύπου επαφές, οι οποίες μοιάζουν στο σχήμα (και όχι στο μέγεθος) με τις RJ-11 τύπου επαφές της τηλεφωνικής καλωδίωσης. Το 10/100 Ethernet καλώδιο αποτελείται από 8 σύρματα: Τα 4 χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της πληροφορίας (data) και τα υπόλοιπα είναι γυρισμένα γύρω από τα data καλώδια για λόγους ηλεκτρικής σταθερότητας και αντίστασης στις ηλεκτρικές παρεμβολές.

**Το βιομηχανικό Ethernet (industrial Ethernet)**, έχει σχεδιαστεί -όπως αναφέρει ξεκάθαρα το όνομά του- για την βιομηχανία. Τόσο τα κομμάτια που το απαρτίζουν

---

<sup>75</sup> Όταν γράφεται Mbps, σημαίνει megabits per second, μονάδα μέτρησης ταχύτητας μεταφοράς δεδομένων, όπου 1 megabit= ένα εκατομμύριο bits. 2. Όταν γράφεται MBps, σημαίνει megabytes per second, όπου 1 megabyte= 1 εκατομμύριο bytes και συγκεκριμένα 1.024KB.

<sup>76</sup> Μπορούμε να προμηθευτούμε ένα 'hub' με τέσσερις (4), οχτώ (8), ή δέκα έξι (16) πόρτες. Στην πρώτη περίπτωση, μπορούμε να συνδέσουμε μέχρι και τέσσερις συσκευές, ενώ στη δεύτερη περίπτωση μπορούμε να συνδέσουμε μέχρι και οχτώ (8) και στη Τρίτη περίπτωση μπορούμε να συνδέσουμε μέχρι και δέκα έξι (16). Συνήθως, το κάθε 'hub' έχει μία ειδική 'πόρτα', η οποία χρησιμοποιείται για την ένωση δύο (2) hub μεταξύ τους. Η συγκεκριμένη δυνατότητα είναι χρήσιμη εάν επιθυμούμε να αυξήσουμε το μέγεθος του δικτύου. Να σημειωθεί, ότι οι περισσότεροι DSL δρομολογητές έχουν ενσωματωμένο τουλάχιστον ένα 'τετράθυρο' (4πόρτες) hub.

(CPU, κάρτες δικτύου, PC) όσο και τα παρελκόμενά τους (κοννέκτορες, καλώδια, διακόπτες) είναι συμμορφωμένα με ειδικά πρότυπα που καλύπτουν τις απαιτήσεις ασφάλειας και λειτουργικότητας ενός βιομηχανικού δικτύου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την τεχνολογία βιομηχανικού συνεστραμμένου ζεύγους καλωδίου άνευ θορύβου (industrial twisted pair – ITP) ή την τεχνολογία με απλό καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (twisted pair – TP).

Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο η εμβέλεια είναι 1,5km και σε ένα δίκτυο οπτικής ίνας είναι 4,5km. Ο αριθμός των κόμβων που μπορούν να συνδεθούν σε ένα βιομηχανικό Ethernet είναι πάνω από 1000<sup>77</sup>.

Το βιομηχανικό Ethernet μπορεί να παρέχει τα μέσα για μια σωρεία εφαρμογών, ειδικά σε διακοπτικές εφαρμογές, εφαρμογές στις οποίες απαιτούνται γρήγορες συνδέσεις και σε εφεδρικά δίκτυα. Πρόκειται για ένα κυψελωτό δίκτυο σχεδιασμένο με βάση τα πρότυπα IEEE 802.3<sup>78</sup> (Ethernet) και 802.11 a/b/g/h (wireless LAN) για βιομηχανικές εφαρμογές. Μέχρι πρόσφατα, ένα PLC συνδεόταν με μια συσκευή «σκλάβο» μέσω ενός από τα πολλά «ανοιχτά» πρωτόκολλα (Profibus, modbus CANopen κ.α.). Αυξημένη είναι η χρήση του Ethernet σαν το πρωτόκολλο του επιπέδου συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων μαζί με ένα πρωτόκολλο ανώτερου επιπέδου. Με άλλα λόγια, το Industrial Ethernet από μόνο του δε μπορεί να λειτουργήσει. Απαιτείται η χρήση ενός πρωτοκόλλου του επιπέδου μεταφοράς (όπως το TCP) για να είναι δυνατή η επικοινωνία των εφαρμογών.

Παρόλα τα προτερήματα, το industrial Ethernet παρουσιάζει και κάποια **μειονεκτήματα**. Η πρόσβαση στο δίκτυο από τους σταθμούς γίνεται με τη μέθοδο της πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος σήματος και με εντοπισμό συγκρούσεων - CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with collision detection)- . Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, όταν ένας σταθμός έχει δεδομένα προς αποστολή, ανιχνεύει πρώτα στο κανάλι για να δει αν μεταδίδει κανένας άλλος σταθμός εκείνη τη στιγμή. Αν το κανάλι είναι απασχολημένο, ο σταθμός περιμένει έως ότου το κανάλι γίνει αδρανές. Όταν ο σταθμός ανιχνεύσει αδρανές κανάλι μεταδίδει ένα πλαίσιο. Στην περίπτωση που και κάποιος άλλος σταθμός που περίμενε για αδρανές κανάλι μεταδώσει ένα πλαίσιο την ίδια στιγμή, η σύγκρουση ανιχνεύεται σχεδόν αμέσως και από τους δύο σταθμούς, η μετάδοση διακόπτεται, περιμένουν ένα τυχαίο και ακαθόριστο χρονικό διάστημα και έπειτα αρχίζει η ίδια διαδικασία εκ νέου. Αυτό φυσικά μειώνει την απόδοση του δικτύου. Παρόλα αυτά, η άμεση διακοπή της μετάδοσης σε περίπτωση ανίχνευσης σύγκρουσης εξοικονομεί και χρόνο και εύρος ζώνης. Κατά συνέπεια, το Industrial Ethernet με μια ημι-αμφίδρομη και όχι τόσο αποδοτική διεπαφή (*half-duplex interface*) είναι βασισμένο στις συγκρούσεις και η πραγματικού χρόνου μετάδοση δεδομένων δεν είναι δυνατή.

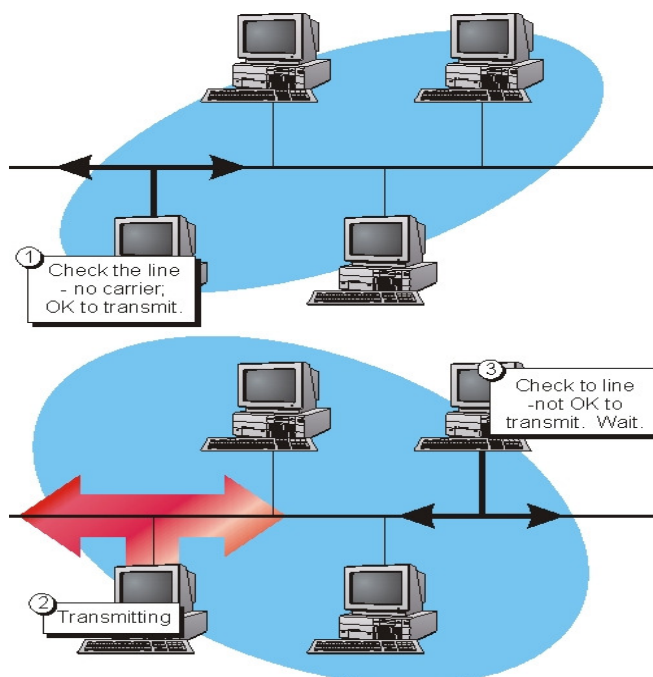
Για να ικανοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το *switched Industrial Ethernet* το οποίο επιτρέπει πλήρως αμφίδρομη επικοινωνία. Σύμφωνα με αυτό, στη θέση των *hubs* χρησιμοποιούνται *switches* τα οποία είναι ενεργές συσκευές δηλαδή που αναγνωρίζουν τις θύρες προορισμού των πακέτων και τα προωθούν προς αυτές. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν πολλοί σταθμοί μεταδίδουν ταυτόχρονα, τα πακέτα παραδίδονται χωρίς σύγκρουση αρκεί ο κάθε αποστολέας να στέλνει σε διαφορετικό προορισμό. Το *switch* λαμβάνει ένα πλαίσιο από τον σταθμό – αποστολέα και ελέγχει εάν η γραμμή λήψης του παραλήπτη είναι ελεύθερη. Όταν βεβαιωθεί ότι συμβαίνει αυτό στέλνει το πλαίσιο. Σε διαφορετική περίπτωση το αποθηκεύει στο *buffer*

---

<sup>77</sup> Berger H., *Σχεδίαση εφαρμογών αυτοματισμού με τη γλώσσα STEP7 σε STL και SCL*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2002, σ.39.

<sup>78</sup> Βλ.σ.34-35

του και περιμένει μέχρι να ελευθερωθεί η γραμμή. Εάν φθάσουν ταυτόχρονα στο *switch* πολλά πακέτα με την ίδια διεύθυνση προορισμού, αποθηκεύονται στο *buffer* και αποστέλλονται ένα ένα<sup>79</sup>.



Εικόνα 16. Λειτουργία του CSMA/CD από διάφορους σταθμούς όπου γίνεται ανίχνευση σύγκρουσης

## 7.2 Σύγκριση ανάμεσα στο industrial και στο συμβατικό Ethernet

Μολονότι και το Industrial Ethernet και το συμβατικό Ethernet είναι βασισμένο στα ίδια πρότυπα με την παραδοσιακή τεχνολογία Ethernet, η υλοποίησή τους δεν είναι πάντα ίδια. Μία ολιγόλεπτη διακοπή των επικοινωνιών σε ένα γραφείο μπορεί να θεωρηθεί ως μια δευτερεύουσα δυσχέρεια. Σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον όμως τα ίδια λεπτά μπορεί να προκαλέσουν τεράστια οικονομική απώλεια.

Κάποιες διεργασίες είναι τόσο "συμπαγείς" που αν συμβεί ένα σφάλμα σε κάποιο σημείο η μετάδοσή του γίνεται τάχιστα. Κατά συνέπεια η διαθεσιμότητα του δικτύου, είναι πρωταρχικής σημασίας και για το λόγο αυτό οι βιομηχανίες επενδύουν μεγάλα χρηματικά ποσά στον τομέα αυτόν. Η υψηλή διαθεσιμότητα επιτυγχάνεται με ανεκτικότητα σε σφάλματα (fault tolerance) και τον πλεονασμό CRC<sup>80</sup> (redundancy). Έτσι, η πρωταρχική διαφορά των δύο τύπων Ethernet που εξετάζουμε έγκειται στον εξοπλισμό τους. Ο εξοπλισμός του industrial Ethernet είναι σχεδιασμένος για να

<sup>79</sup> Χαρίσης Β., *Ανάπτυξη και δοκιμή λειτουργίας προσομοιωτή βιομηχανικού δικτύου προγραμματισμένων λογικών ηλεκτών με το υλικό εντός του βρόχου ελέγχου*, Διπλωματική εργασία για τον Τομέα Ηλεκτρονικής και Υπολογιστών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2008, σς.25,26,28,29.

<sup>80</sup> Βλ.σ.22

λειτουργεί σε δυσμενές περιβάλλον γι' αυτό τα ανεκτικά σε σφάλματα μηχανήματα (fault tolerant ή fault resilient) μπορούν να λειτουργούν σε ακραίες θερμοκρασίες και κάτω από ακραίες συνθήκες δόνησης και κρούσης. Αναφορικά με τη θερμοκρασία, και τον ισχυρισμό ότι η τοποθέτηση των μηχανημάτων σε χώρους κλιματικά ελεγχόμενους θα μπορούσε να λύσει το πρόβλημα. Πρέπει να τονίσουμε ότι αυτό, προϋποθέτει μακρές καλωδιώσεις (από τον ελεγχόμενο χώρο έως το βεβαρημένο σημείο) κάτι που εκτός των άλλων είναι αντιοικονομικό. Για παράδειγμα, ένα βιομηχανικό Ethernet switch δουλεύει αξιόπιστα σε θερμοκρασίες από 0oC έως 70oC δίνοντας τη δυνατότητα τοποθέτησής του σε δυσμενές περιβάλλον.

Επίσης, οι απαιτήσεις ενέργειας ενός βιομηχανικού περιβάλλοντος διαφέρουν από αυτές των δικτύων δεδομένων, γι' αυτό ο εξοπλισμός λειτουργεί με συνεχή τάση 24V. Άλλα στοιχεία του industrial Ethernet ανεκτικά στα σφάλματα είναι τα «περιττά» τροφοδοτικά (redundant power supplies) τα οποία διαθέτουν ακόμη και οι πιο μικροί και απλοί σταθμοί εργασίας. Για παράδειγμα, ένα καλό βιομηχανικό Ethernet switch είναι εφοδιασμένο με ενσωματωμένη είσοδο περιττής τροφοδοσίας (redundant power input) εξασφαλίζοντας έτσι πλήρη προστασία σε ολόκληρο το σύστημα. Τέλος, το δίκτυο είναι «γερού» σχεδιασμού (robust design) ώστε να εξασφαλίζονται η επιμήκυνση της ζωής του εξοπλισμού του και η μείωση του κόστους συντήρησης.

Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες σημαντικές διαφορές. Στις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές αυτοματισμού και ελέγχου το 80% της κίνησης του δικτύου είναι τοπικό: μία τοπική συσκευή επικοινωνεί με μία άλλη τοπική συσκευή χρησιμοποιώντας κατά κύριο λόγο «πολλαπλή διανομή» (multicasting – ένας αποστολέας με πολλούς παραλήπτες). Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, αυτό που προέχει για μια εφαρμογή πολλαπλής διανομής είναι η σιγουριά ότι όλοι παραλήπτες λαμβάνουν ταυτόχρονα τα δεδομένα. Από την άλλη, το παραδοσιακό Ethernet, επικεντρώνεται περισσότερο στην αποδοτικότητα του δικτύου και λιγότερο στη σύγχρονη πρόσβαση στα δεδομένα. Για να μπορεί ο εξοπλισμός του industrial Ethernet να βοηθήσει στη βελτίωση της σύγχρονης πρόσβασης στα δεδομένα πρέπει να χαρακτηρίζεται από «εξυπνάδα» (intelligence). Έτσι, υποστηρίζει τον «έλεγχο πολλαπλής διανομής», QoS<sup>81</sup> (quality of service), εικονικά τοπικά δίκτυα<sup>82</sup> (virtual LANs) και άλλες υπηρεσίες. Τέλος, οι βιομηχανικές εφαρμογές διαφέρουν από τις άλλες εφαρμογές στο ότι πολλές φορές απαιτούν ντετερμινισμό, δηλαδή υπάρχει ανώτατο χρονικό όριο που μπορεί να περιμένει ένας σταθμός πριν να μεταδώσει και επικοινωνία πραγματικού χρόνου και αυξημένη ασφάλεια. Κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση επομένως του industrial Ethernet πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν οι διαφορές αυτές<sup>83</sup>.

---

<sup>81</sup> Στο Internet και στα δίκτυα γενικότερα ονομάζουμε QoS την άποψη ότι υπηρεσίες όπως η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, ο αριθμός των σφαλμάτων και άλλα χαρακτηριστικά μπορούν να μετρηθούν, να βελτιωθούν και (σε κάποιο βαθμό) να παρασχεθεί εγγύηση για το επίπεδό τους: Park K.I., *QoS in packet networks*, Springer Scinger Science & Business Media Inc., USA 2005.

<sup>82</sup> Αντιπροσωπευτικό εικονικού δικτύου είναι τα προγράμματα VPN: συνδόμε απομακρυσμένους υπολογιστές σε ένα δίκτυο χρησιμοποιώντας όμως σαν μέσο σύνδεσης το internet και όχι τα καλώδια.

<sup>83</sup> Χαρίσης Β., ό.π., σ. 28.

## 7.2 Τεχνολογικές παραλλαγές σύμφωνα με το πρότυπο 802.3<sup>84</sup>

### Παραλλαγή 10BASE5

Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν ομοαξονικό καλώδιο 50 Ohm (πάχους 10mm) και ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 10 Mb/s με κωδικοποίηση Manchester<sup>85</sup> (ο χρόνος μετάδοσης κάθε δυαδικού ψηφίου, διαιρείται σε δύο ίσα διαστήματα). Με αυτές τις παραμέτρους το μέγιστο μήκος καλωδίου είναι 500 m. Οι σταθμοί προσαρτώνται στο καλώδιο με συνδέσεις (taps), με απόσταση πολλαπλάσιο των 2.5m μεταξύ οποιωνδήποτε δύο συνδέσεων. Με αυτό τον τρόπο οι ανακλάσεις από γειτονικές συνδέσεις δεν προστίθενται σε φάση. Στα άκρα το καλώδιο τερματίζεται στην χαρακτηριστική αντίσταση του καλωδίου για αποφυγή ανακλάσεων. Ο μέγιστος επιτρεπτός αριθμός συνδέσεων είναι 100, ενώ το μήκος του δικτύου μπορεί να επεκταθεί με την χρήση επαναληπτών. Γενικά το μέσο αυτό είναι πιο δύσχρηστο αλλά είχε το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης εμβέλειας λόγω της χαμηλότερης εξασθένησης του παχύτερου ομοαξονικού. Η χρήση του σε νέες εγκαταστάσεις έχει περιορισθεί μετά την εισαγωγή του 10BASE-T και των μεταγωγέων.

### Παραλλαγή 10BASE2

Η παραλλαγή αυτή χρησιμοποιείται σε οικονομικότερα δίκτυα. Το καλώδιο είναι λεπτότερο (5mm), φθηνότερο (εξ ου και το όνομά του Cheapernet) και πιο εύκαμπτο από αυτό του 10BASE5, ώστε να συνδέεται απ' ευθείας στο σταθμό. Στην περίπτωση αυτή, οι μονάδες του φυσικού επιπέδου βρίσκονται μέσα στον σταθμό καταργώντας έτσι την καλωδίωση του AUI (σύνδεση BNC ομοαξονικού καλωδίου) και την λογική προσαρμογής.

### Παραλλαγή 10BROAD36

Αυτές οι προδιαγραφές αφορούν μετάδοση ευρείας ζώνης και χρησιμοποιούν το ίδιο AUI όπως στην παραλλαγή 10BASE5 αλλά διαφορετικό MAU (Medium Attachment Unit). Το φυσικό μέσο αποτελείται από ομοαξονικό καλώδιο 75 Ohm. Το μέγιστο μήκος του κυρίως τμήματος δικτύου είναι 1800 m. Η αντίχρευση σύγκρουσης του 10BROAD36 διαφέρει από τα συστήματα βασικής ζώνης. Το φέρον (RF) σήμα διαμορφώνεται κατά DPSK<sup>86</sup> και καταλαμβάνει εύρος 14 MHz. Αυτός ο τύπος χρησιμοποιεί καλώδια και τεχνολογία γνωστά από την καλωδιακή τηλεόραση. Η προσάρτηση στο μέσο γίνεται με διάνοιξη οπής με ειδικό εργαλείο ώστε να διαπεραστούν η θωράκιση και το μονωτικό. Ακολούθως τοποθετείται ειδική απομάστευση (tap) που οδηγεί σε ζεύξη με το εσωτερικό καλώδιο την απομάστευση και εξωτερικά ενώνει αλλά και περικλείει τις θωρακίσεις ώστε

---

<sup>84</sup> Για μία αναλυτικότερη προσέγγιση αναφορικά με τις τεχνολογικές παραλλαγές του προτύπου 802.3 παραπέμπουμε στο εγχειρίδιο του Spurgeon Ch.E., *Ethernet. The Definitive Guide*, O'Reilly, Sebastopol 2000.

<sup>85</sup> Σε αυτή τη μορφή κωδικοποίησης, ο χρόνος μετάδοσης κάθε δυαδικού ψηφίου, διαιρείται σε δύο ίσα διαστήματα. Ένα δυαδικό ψηφίο με τιμή 1, αποστέλλεται έχοντας την υψηλή στάθμη κατά τη διάρκεια του πρώτου διαστήματος, και τη χαμηλή στάθμη κατά τη διάρκεια του δεύτερου διαστήματος. Ένα δυαδικό ψηφίο με τιμή 0, αποστέλλεται ανάποδα, δηλαδή, χρησιμοποιείται πρώτα η χαμηλή στάθμη, και μετά η υψηλή. Αυτό το σχήμα εξασφαλίζει ότι ο χρόνος μετάδοσης κάθε δυαδικού ψηφίου, έχει μια μεταβολή κατάστασης στο μέσο (δηλαδή εναλλαγή της τάσης), διευκολύνοντας τον αποδέκτη να συγχρονιστεί με τον αποστολέα.

<sup>86</sup> Τύπος διαμόρφωσης σήματος.

να αποτρέπονται διαρροές της ισχύος RF. Λόγω του πάχους του καλωδίου δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση της MAU μέσα στην κάρτα και η αποφυγή του κάθετου καλωδίου διακλάδωσης. Το πλεονέκτημα είναι η σαφώς μεγαλύτερη εμβέλεια. Πάντως ανάμεσα στις τεχνικές Broadband<sup>87</sup> και baseband<sup>88</sup> υπερτερεί η δεύτερη με πολύ μεγαλύτερο αριθμό εγκατεστημένων συστημάτων και ιδιαίτερα μετά την διάδοση των πλημνών (hubs) και μεταγωγέων (switches)<sup>89</sup>.

### Παραλλαγή 1BASE5

Αυτές οι προδιαγραφές είναι σχεδιασμένες για να παρέχουν συστήματα πολύ χαμηλού κόστους κυρίως για τοπικά δίκτυα προσωπικών υπολογιστών. Η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων είναι μόνο 1 Mb/s και το μέσο μετάδοσης αποτελείται από ζευγάρι στριμμένων χάλκινων συρμάτων. Είναι γνωστό και ως *StarLAN* διότι ακολουθεί τοπολογία «αστέρα» όπως και του 10BASE-T.

### Παραλλαγή 10BASE-T

Σε αυτό τον τύπο κάθε υπολογιστής ή τερματικό προσαρτάται στην MAU μέσω δύο μονοκατευθυντικών στριμμένων ζευγών συνήθους αθωράκιστου (Unshielded Twisted Pair) τηλεφωνικού καλωδίου κατηγορίας 5 (UTP5) προς μία πλήμνη (hub) που είναι ένας ιδιότυπος επαναλήπτης πολλών εισόδων/εξόδων. Δημιουργείται έτσι μία τοπολογία «αστέρα» αντί της κλασσικής αρτηρίας που μάλιστα μπορεί να έχει πολλά επίπεδα με μία πλήμνη η οποία τροφοδοτεί άλλες. Με την εισαγωγή μεταγωγέων περαιτέρω δυνατότητες έχουν επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια. Λόγω της πρακτικότητας, της τάσης για επέκταση, του χαμηλού κόστους και της δυνατότητας διατήρησης της τοπολογίας σε υψηλότερες ταχύτητες, η παραλλαγή αυτή έχει σταδιακά κερδίσει το προβάδισμα σε σχέση με τις υπόλοιπες<sup>90</sup>.

Τύπος Δικτύου	Μέσο Μετάδοσης	Μέθοδος Σηματοδότησης	Ρυθμός Δεδομένων	Μέγιστο μήκος τμήματος	Τοπολογία
10Base5	Ομοαξονικό 50 Ohm thick	Βασικής ζώνης	10 Mbps	500 m	Αρτηρίας
10Base2	Ομοαξονικό 50 Ohm thin (RG-58)	Βασικής ζώνης	10 Mbps	185 m	Αρτηρίας
1Base5	Αθωράκιστο συνστραμμένο (UTP)	Βασικής ζώνης	1 Mbps	250 m	Αστέρα
10BaseT	Αθωράκιστο συνστραμμένο (UTP)	Βασικής ζώνης	10 Mbps	100 m	Αστέρα
10Broad36	Ομοαξονικό 75 Ohm	Ευρυζωνική	10 Mbps	3600 m	Αρτηρίας

Εικόνα 17. Τα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3 και τα χαρακτηριστικά τους

<sup>87</sup> Τεχνική μετάδοσης δεδομένων σύμφωνα με την οποία τα δεδομένα μεταδίδονται μέσα από το επικοινωνιακό μέσο με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που διακρίνονται από το πλάτος, τη συχνότητα και τη φάση τους.

<sup>88</sup> Τεχνική μετάδοσης δεδομένων σύμφωνα με την οποία τα δεδομένα μεταδίδονται μέσα από το επικοινωνιακό μέσο με τη μορφή διακριτών παλμών ηλεκτρικού ρεύματος ή φωτός.

<sup>89</sup> Sprurgeon Ch.E., *Ethernet. The Definitive Guide*, ό.π., σ. 16-17.

<sup>90</sup> Αγγελόπουλος Ι.Δ., *Δίκτυα Υπολογιστών*, ό.π., σ.44.

## 8. ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ INTERNET

---

### 8.1 Πρωτόκολλα Internet

Μερικά από τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο Internet είναι:

-Το πρωτόκολλο **TCP** (Transmission Control Protocol): εξασφαλίζει την ακριβή μεταφορά των πληροφοριών και τη σωστή αποστολή των πληροφοριών στον παραλήπτη τους. Αναλαμβάνει ακόμα, τη συσκευασία των πληροφοριών σε πακέτα, την διευθυνσιοδότηση και αρίθμησή τους, τη δρομολόγηση των πακέτων, τον έλεγχο ροής κ.λπ..

-Το πρωτόκολλο **IP** (Internet Protocol): ασχολείται απλά για τη μεταβίβαση των πληροφοριών (πακέτα) από τον αποστολέα στον παραλήπτη.

-Το πρωτόκολλο **HTTP** (HyperText Transfer Protocol): που χρησιμοποιείται από τον Web

για την οργάνωση, επεξεργασία και παρουσίαση πληροφοριών.

-Το πρωτόκολλο **SMTP** (Simple Mail Transfer Protocol): είναι αρμόδιο για τη μεταφορά ηλεκτρονικών μηνυμάτων μεταξύ mail server και Internet.

-Το πρωτόκολλο **POP** (Post Office Protocol): στέλνει τα μηνύματα (e-mails) από το mailserver στον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη.

-Το πρωτόκολλο **FTP** (File Transfer Protocol): παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς αρχείων μεταξύ δύο υπολογιστών.

-Το πρωτόκολλο **Telnet** (Terminal Emulation): επιτρέπει τη σύνδεση και πρόσβαση σε απομακρυσμένους υπολογιστές<sup>91</sup>.

### 8.2 Διακομιστές Internet

Ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου και τις παρεχόμενες υπηρεσίες μπορούμε να έχουμε ένα ή περισσότερους διακομιστές (servers) Internet.

- **Web** server που παρέχει την υπηρεσία WWW.

- **Mail** server που υποστηρίζει το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

- **Ftp** server που αποθηκεύει αρχεία και επιτρέπει τη μεταφορά τους.

- **News** server που υποστηρίζει τις ομάδες συνομιλιών.

- **Chat** server που υποστηρίζει τις συνομιλίες κ.λπ<sup>92</sup>.

### 8.3 Φορείς Παροχής Υπηρεσιών

Οι υπηρεσίες και η σύνδεση στο Internet επιτυγχάνεται δια μέσου ενός παροχέα υπηρεσιών πρόσβασης στο Internet -Internet Service Provider (ISP). Για την αξιόπιστη λειτουργία του Internet, ο φορέας αυτός θα πρέπει να διαθέτει: διακομιστές Internet

---

<sup>91</sup> Πανουτσόπουλος Α., *Το Δίκτυο και το Διαδίκτυο στο Ε.Κ.Κ.Ε.*, Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών, Αθήνα 2003, σ.16.

<sup>92</sup> Πανουτσόπουλος Α., *ό.π.*, σ.17.

(Servers) υψηλών δυνατοτήτων, τηλεπικοινωνιακές γραμμές μεγάλου εύρους (backbones) και συσκευές Internet όπως δρομολογητές (routers) κ.λπ. κάποιοι από τους φορείς πρόσβασης στο Internet που υπάρχουν σήμερα στην Ελλάδα είναι: ΕΔΕΤ ([www.grnet.gr](http://www.grnet.gr)), FORTHnet ([www.forthnet.gr](http://www.forthnet.gr)), ΟΤΕnet ([www.otenet.gr](http://www.otenet.gr)), Hellas On Line ([www.hol.gr](http://www.hol.gr)) κ.λπ.

Κάθε χώρα έχει μερικούς φορείς παροχής υπηρεσιών Internet. Οι φορείς κάθε χώρας συνάπτουν συμφωνίες με αντίστοιχους φορείς του εξωτερικού και έτσι εξασφαλίζεται η διεθνής επικοινωνία στο Internet. Τα δίκτυα των διαφόρων διακρατικών φορέων που ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζουν το διαδίκτυο Internet.

## 9. O OPC server

---

Κυρίως για τις μεγάλες εγκαταστάσεις απαιτούνται λύσεις επιτήρησης που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής, π.χ. η σύνδεση των συστημάτων και των εξαρτημάτων διάφορων κατασκευαστών σε ένα κοινό σύστημα ελέγχου. Το διεθνές πρότυπο επικοινωνίας OPC (OLE for process control) που προέρχονται από τον τομέα της ρομποτικής, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο μια και επιτρέπει την εύκολη και αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ προϊόντων και εφαρμογών διάφορων κατασκευαστών. Οι εφαρμογές μπορούν να αφορούν τοπικά δίκτυα (LAN ή Intranet), και τότε προτιμάται η επικοινωνία να γίνεται μέσω DCOM<sup>93</sup> (Distributed Component Object Model) ή απομακρυσμένα μέσω TCP/IP. Η επιλογή βασίζεται στις ανάγκες του συστήματος. Το TCP/IP επιλέγεται όταν η επικοινωνία απλώνεται στο internet. Για την υλοποίηση της δικής μας εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε ένας OPC server της εταιρείας Siemens (PCaccess).

Το OPC δημιουργήθηκε για την αντιμετώπιση του προβλήματος των πολλών drivers, που εμφανίζεται συχνά όταν θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα σύνθετο σύστημα συνδέοντας ετερογενείς μονάδες από διάφορους κατασκευαστές. Για να κατανοήσουμε με ακρίβεια το πρόβλημα αυτό ας θεωρήσουμε το κατακευματισμένο σύστημα ελέγχου, που εικονίζεται στο σχ. α. Όπως βλέπουμε, το σύστημα αποτελείται από ένα κέντρο ελέγχου και τέσσερις συσκευές πεδίου, καθεμιά από τις οποίες χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό πρωτόκολλο επικοινωνίας (όπου A,B,C και D τα διαφορετικά πρωτόκολλα). Το κέντρο ελέγχου αποτελείται από τρεις ανεξάρτητες εφαρμογές: μια εφαρμογή επικοινωνίας με το χρήστη (man-machine interaction – MMI), μια εφαρμογή γραφικής απεικόνισης αποτελεσμάτων και μια εφαρμογή δημιουργίας αναφορών. Για να μπορεί να επικοινωνεί με όλες τις συσκευές πεδίου καθεμιά από τις εφαρμογές του κέντρου ελέγχου πρέπει υποχρεωτικά να υποστηρίζει και τα τέσσερα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

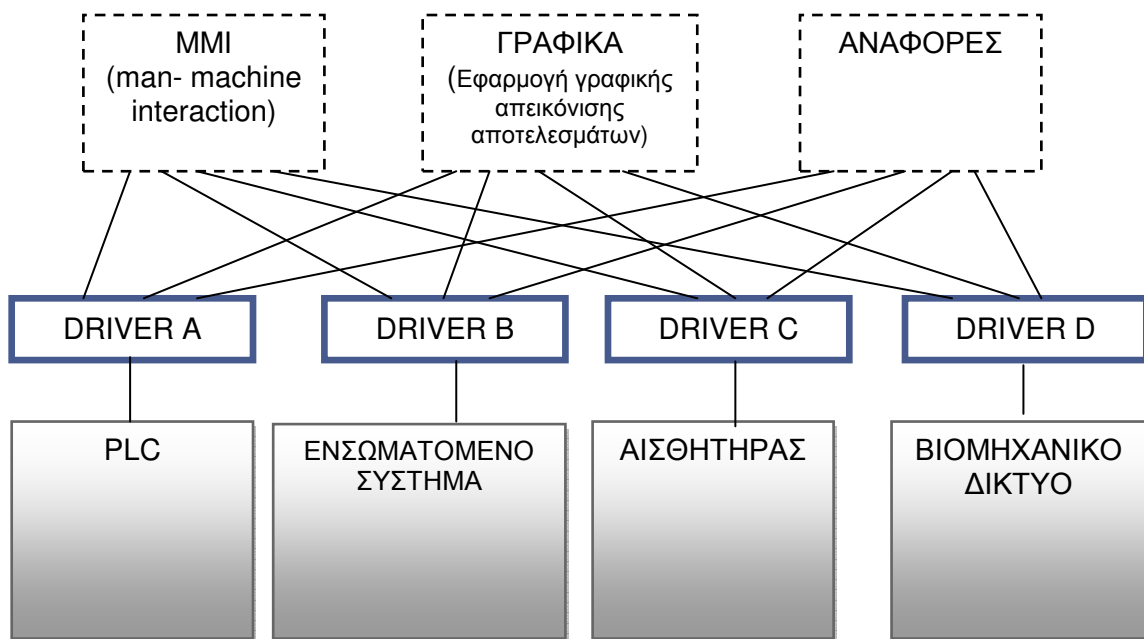
Έτσι κάθε εφαρμογή του κέντρου θα πρέπει να έχει έναν ξεχωριστό driver για κάθε είδος συσκευής πεδίου, με την οποία θέλουμε να μπορεί να επικοινωνεί. Η ανάγκη υποστήριξης όλων αυτών των drivers επομένως αυξάνει σημαντικά και την πολυπλοκότητα αλλά και το κόστος των εφαρμογών. Επιπροσθέτως η συντήρηση του λογισμικού γίνεται εξαιρετικά δύσκολη μια και κάθε φορά, που θα εμφανίζεται στην αγορά ένα νέο πρωτόκολλο επικοινωνίας (ή μια νέα έκδοση ενός ήδη υπάρχοντος πρωτοκόλλου), θα πρέπει να τροποποιούνται όλες οι εφαρμογές του κέντρου προκειμένου να μπορέσουν να το υποστηρίξουν. Ακόμη, είναι πολύ δύσκολο να εξασφαλιστεί ότι όλες οι εφαρμογές του κέντρου θα συνεργάζονται εξίσου καλά με τις συσκευές πεδίου καθώς η ποιότητα, η αποτελεσματικότητα αλλά και η συμβατότητα των διαφορετικών drivers, που υλοποιούν κάποιο πρωτόκολλο (π.χ. το πρωτόκολλο A), μπορεί να ποικίλλει από εφαρμογή σε εφαρμογή. Τέλος δεν πρέπει να αγνοήσουμε το γεγονός ότι η αρχιτεκτονική του σχ. α απαιτεί να έχει ληφθεί από τους σχεδιαστές ειδική μέριμνα για το ενδεχόμενο, που περισσότερες από μια εφαρμογές θα θέλουν να επικοινωνήσουν ταυτόχρονα με την ίδια συσκευή.

Ακόμα καλύτερα θα ήταν να υπάρχει ένας driver για κάθε συσκευή πεδίου, όπως φαίνεται στο σχ. b. Οι drivers αυτοί θα φτιάχνονταν από τους κατασκευαστές των συσκευών πεδίου και θα ήταν προσβάσιμοι από όλες τις εφαρμογές του κέντρου ελέγχου. Με άλλα λόγια θα είχαμε μια κατάσταση αντίστοιχη με αυτήν, που εφαρμόζεται στα

---

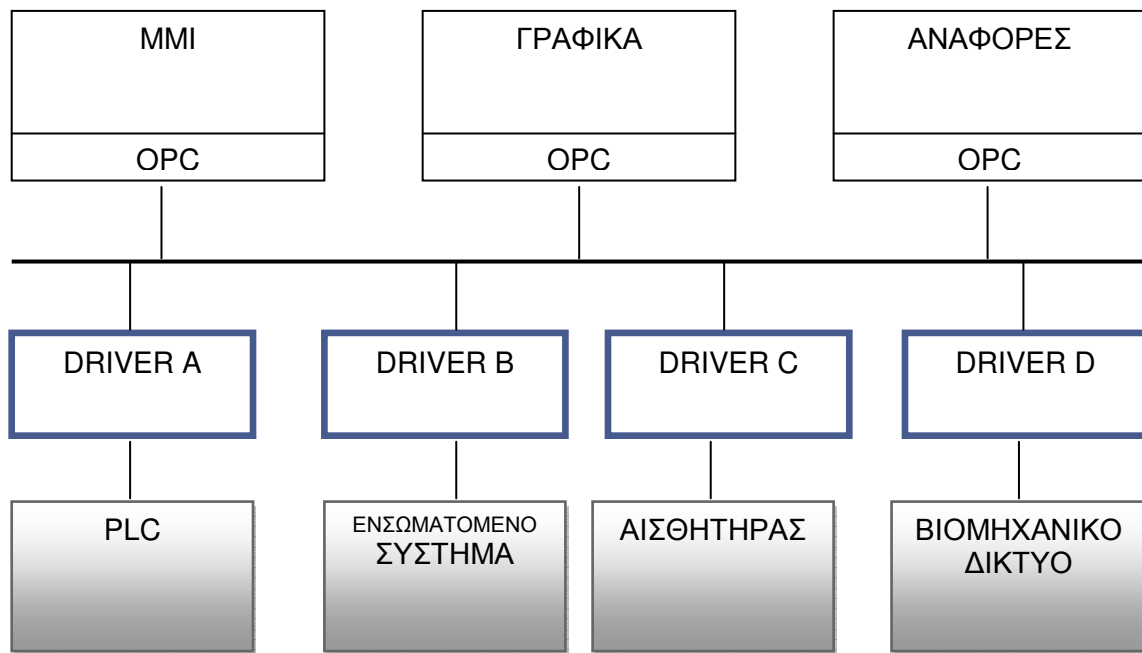
<sup>93</sup> Είναι μια τεχνολογία της Microsoft για την επικοινωνία μεταξύ στοιχείων του λογισμικού που πραγματοποιείται μέσω δικτύου υπολογιστών.

λειτουργικά συστήματα Windows για την υποστήριξη των διαφορετικών εκτυπωτών. Κάθε εκτυπωτής συνοδεύεται από έναν ειδικό driver, ο οποίος παρέχεται από τον κατασκευαστή του εκτυπωτή και ενσωματώνεται στο λειτουργικό σύστημα. Οι εφαρμογές (Word, Excel, κλπ), όταν θέλουν να εκτυπώσουν κάτι, επικοινωνούν με τον driver -και όχι κατ'ευθείαν με τον εκτυπωτή- χρησιμοποιώντας τυποποιημένους μηχανισμούς ανταλλαγής δεδομένων, που προσφέρει το λειτουργικό σύστημα. Έτσι οι εφαρμογές δεν χρειάζεται να υποστηρίζουν συγκεκριμένους τύπους εκτυπωτών αλλά μόνο τους τυποποιημένους μηχανισμούς του λειτουργικού συστήματος.



Σχήμα α. Χρήση ενός ξεχωριστού driver για κάθε συσκευή πεδίου

Το πρόβλημα της λύσης αυτής είναι ότι τα λειτουργικά συστήματα δεν προσφέρουν τυποποιημένους τρόπους ανταλλαγής δεδομένων, που να καλύπτουν τις ανάγκες ενός κατακευματισμένου συστήματος ελέγχου. Έτσι δεν είναι δυνατόν να φτιαχτούν drivers γενικού τύπου, οι οποίοι να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ικανοποιητικά από οποιαδήποτε εφαρμογή του κέντρου ελέγχου. Το OPC αποτελεί μια προσπάθεια να λυθεί το πρόβλημα αυτό εισάγοντας έναν τυποποιημένο τρόπο ανταλλαγής δεδομένων ειδικά σχεδιασμένο για εφαρμογές ελέγχου. Πιο συγκεκριμένα η δομή ενός συστήματος, που βασίζεται στο OPC, εικονίζεται στο σχ. β. Όπως βλέπουμε, το OPC λειτουργεί σαν ένας «διάυλος λογισμικού» (software bus), που επιτρέπει σε οποιαδήποτε εφαρμογή του κέντρου να επικοινωνεί με οποιαδήποτε συσκευή πεδίου.



Σχήμα b. Το σύστημα του σχήματος a υλοποιημένο με το OPC

Το OPC χρησιμοποιεί την αρχιτεκτονική «πελάτη»/«εξυπηρετητή». Οι εφαρμογές του κέντρου λειτουργούν ως «πελάτες OPC» (OPC clients) ενώ το λογισμικό, που οδηγεί τις συσκευές πεδίου, λειτουργεί ως «εξυπηρετητής OPC» (OPC server). Επομένως για να δημιουργήσουμε ένα σύστημα σαν και αυτό του σχ. b θα πρέπει αφενός να:

(α) επιλέξουμε για το κέντρο ελέγχου εφαρμογές, που να υποστηρίζουν το πρότυπο OPC από την πλευρά του πελάτη και αφετέρου

(β) προμηθευτούμε ή να φτιάξουμε έναν εξυπηρετητή OPC για κάθε συσκευή πεδίου, που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε.

Με τον τρόπο αυτό το σύστημά μας είναι απαλλαγμένο από τα προβλήματα, που αναφέραμε προηγουμένως. Ειδικότερα, η ενσωμάτωση νέων συσκευών πεδίου στο σύστημα ή η αναβάθμιση κάποιων από τις συσκευές του συστήματος δεν απαιτεί καμία τροποποίηση του λογισμικού αλλά γίνεται με απλή προσθήκη ή αναβάθμιση των αντίστοιχων εξυπηρετητών. Επιπλέον όλοι οι πελάτες κάνουν πρόσβαση στις συσκευές πεδίου με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, καθώς όλοι χρησιμοποιούν τον ίδιο «εξυπηρετητή» για να επικοινωνήσουν με κάθε συγκεκριμένη συσκευή. Τέλος το OPC επιτρέπει σε περισσότερους από έναν πελάτες να επικοινωνούν ταυτόχρονα με τον ίδιο «εξυπηρετητή» και χειρίζεται αυτόματα όλες τις τεχνικές λεπτομέρειες της ταυτόχρονης πρόσβασης στα ίδια δεδομένα.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι μολονότι το OPC αναπτύχθηκε αρχικά για να διευκολύνει την επικοινωνία ανάμεσα στο κέντρο ελέγχου και τις συσκευές πεδίου, στην πράξη έχει βρει και άλλες εφαρμογές. Έτσι, πολλά συστήματα χρησιμοποιούν το OPC για ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών του κέντρου ελέγχου ή μεταξύ διαφορετικών κέντρων ελέγχου. Στις περιπτώσεις αυτές ο εξυπηρετητής OPC δεν συνδέεται με κάποια συσκευή πεδίου αλλά με ένα πρόγραμμα λογισμικού. Υπάρχουν επίσης και συστήματα, που επιτρέπουν την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δύο ή περισσότερων εξυπηρετητών OPC χωρίς να παρεμβάλλεται πελάτης. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται «γέφυρες από εξυπηρετητή προς εξυπηρετητή» (server-to-server

bridges) και λειτουργούν ως «πελάτες» για όλους τους διαφορετικούς εξυπηρετητές, που συνδέουν.

Οι προδιαγραφές του OPC αναπτύσσονται και συντηρούνται από τον οργανισμό OPC foundation<sup>94</sup>.

Σε μια πρώτη φάση το OPC αφορούσε μόνο ανταλλαγή δεδομένων πραγματικού χρόνου (ψηφιακών και αναλογικών σημάτων). Σήμερα η λειτουργία αυτή αποτελεί ένα μόνο τμήμα του OPC, που ονομάζεται data access (πρόσβαση σε δεδομένα). Τα υπόλοιπα τμήματα του OPC αφορούν άλλα είδη ανταλλαγής πληροφοριών όπως μετάδοση συναγερμών και συμβάντων, ανάκτηση ιστορικών στοιχείων, αποστολή εντολών ελέγχου, πρόσβαση μέσω του διαδικτύου κ.λ.π. Για την υποστήριξη των διαφορετικών αυτών λειτουργιών το OPC προβλέπει διάφορα είδη «εξυπηρετητών». Έτσι έχουμε «εξυπηρετητές OPC» για πρόσβαση δεδομένων (data access OPC servers), που αποτελούν το πιο συνηθισμένο είδος και αφορούν την ανταλλαγή αναλογικών και ψηφιακών σημάτων σε πραγματικό χρόνο, «εξυπηρετητές συναγερμών και συμβάντων OPC» (OPC alarm and event servers), «εξυπηρετητές ιστορικών δεδομένων» (historical data servers) κ.ο.κ. Τη στιγμή αυτή, το OPC περιλαμβάνει 9 διαφορετικές προδιαγραφές, σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης: άλλες έχουν ήδη καθιερωθεί στην αγορά, άλλες βρίσκονται στο στάδιο της συζήτησης, άλλες ακόμα είναι στην έκδοση 1, ή στην έκδοση 2<sup>95</sup>.

---

<sup>94</sup> Σχετικά με τον ελ λόγω οργανισμό βλ. στο <http://www.opcfoundation.org>, προσπελάστηκε την 06/04/2010.

<sup>95</sup> Οικονομάκος Χ. *Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου*, αναρτήθηκε στο <http://www.aut.teihal.gr/e-class/NotesFall2008.pdf>, προσπελάστηκε στις 12/03/2010.

## 10. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLCs)

---

### 10.1. Γενικά

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές είναι υπολογιστικά συστήματα ειδικά σχεδιασμένα για χρήση στην αυτοματοποίηση βιομηχανικών διεργασιών.



Εικόνα 18 Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLCs)

### 10.2 Πλεονεκτήματα των PLC

- Το ίδιο μηχάνημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές εφαρμογές.
- Υπάρχουν αρκετοί τύποι PLC με μεγάλες δυνατότητες επέκτασης του αριθμού των εισόδων και των εξόδων τους πράγμα που επιλύει το πρόβλημα επάρκειας των επαφών των ρελαί των χρονικών, ή των διαφόρων εξωτερικών τερματικών διακοπών.
- Επιτρέπει την εύκολη επέμβαση στο σύστημα και την αλλαγή λειτουργίας του σε οποιοδήποτε στάδιο της υλοποίησης της εφαρμογής.
- Κάνει οικονομία στον χώρο (λόγο του μικρού του όγκου), στην συντήρηση (δεν υπάρχουν μηχανικές επαφές) και στην κατανάλωση ενέργειας.
- Μπορεί να συνδεθεί με περιφερειακές μονάδες, υπολογιστές ή με άλλα παρόμοια συστήματα, για έλεγχο, επιτήρηση, συντονισμό και κεντρική οργάνωση των εγκαταστάσεων.
- Η γλώσσα προγραμματισμού τους είναι περισσότερο οικεία για κάποιον που γνωρίζει από ηλεκτρολογικό σχέδιο.
- Είναι αξιόπιστα, έχουν μεγάλη ταχύτητα, χαμηλό κόστος και πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Είναι οικονομικότερα για αυτοματισμούς στους οποίους χρησιμοποιούνται περισσότερα από 10 ρελαί<sup>96</sup>.

---

<sup>96</sup> Πανταζής Ν., *Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές*, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2001, σ.21

### 10.3 PLC SIEMENS S7-200 (CPU 224 XP)

Η σειρά SIMATIC S7-200 περιλαμβάνει PLC που χρησιμοποιούνται ευρέως σε μεγάλο φάσμα εφαρμογών. Διαθέτουν συμπαγή κατασκευή, και απευθύνονται σε εφαρμογές μεσαίας και μικρής κλίμακας. Η εύκολη και απλή υλοποίηση εφαρμογών, η ευπροσάρμοστη δικτύωση, η έλλειψη ανάγκης για ανεμιστήρα και ο φιλικός προς το χρήστη χειρισμός τα καθιστούν ως την πιο βέλτιστη και εύχρηστη λύση σε πολλά προβλήματα αυτοματισμού.

### 10.4 Δικτύωση των PLCs Siemens S7-200

Όσον αφορά τη δικτύωση τα PLC της σειράς S7-200 διαθέτουν διεπαφές<sup>97</sup> σε διαφορετικές κάρτες που ονομάζονται CP (communication processor) για σύνδεση στα εξής συστήματα:

- Το *Multi point interface*: (MPI) σχεδιάστηκε για τη δικτύωση μικρού αριθμού PLC που ανταλλάσσουν πολύ μικρές ποσότητες δεδομένων. Κυρίως όμως χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των PLC με συσκευές προγραμματισμού.
- Το *AS-interface*
- Το *Profibus*
- Το *Industrial Ethernet*
- Το *Profinet*<sup>98</sup>

### 10.5 Δομή, Χαρακτηριστικά, Λειτουργία.

Η οικογένεια προϊόντων S7-200 αποτελείται από πολλές διαφορετικές κεντρικές μονάδες (CPU) και διάφορες μονάδες επέκτασης εισόδων-εξόδων. Όλα τα μοντέλα διατίθενται σε διάφορες τάσεις λειτουργίας, εισόδων και εξόδων. Το ευρύ αυτό φάσμα προϊόντων επιτρέπει την επιλογή εκείνου ακριβώς του συστήματος που απαιτείται για κάθε εφαρμογή.

Τα Simatic S7-200 μπορούν να ελέγξουν πάνω από 200 σήματα ψηφιακών εισόδων-εξόδων. Έχουν επίσης τη δυνατότητα μέτρησης και επεξεργασίας αναλογικών μεγεθών (θερμοκρασία, πίεση κ.λπ.) όπως επίσης και τη δυνατότητα μαθηματικών πράξεων και την επεξεργασία πίνακων δεδομένων. Η ταχύτητά τους φθάνει τα 0,37 μs ανά εντολή. Διαθέτουν ρολόι πραγματικού χρόνου. Μπορούν να ελέγξουν κλειστά συστήματα με ενσωματωμένη, έτοιμη εντολή PID (proportional–integral–derivative controller). Με αυτή τη λειτουργία ο χρήστης ορίζει τις επιθυμητές παραμέτρους για τις οποίες θα εκτελεστεί η υπορουτίνα που εντάσσεται στο κυρίως πρόγραμμα. Επειδή ο αλγόριθμος PID περιέχει αριθμητικές πράξεις, ο χρόνος σάρωσης αυξάνεται. Για αυτό το λόγο οι περισσότεροι κατασκευαστές ενσωματώνουν ανεξάρτητη βαθμίδα επεξεργαστή για αυτή

---

<sup>97</sup> Το σύνορο επικοινωνίας μιας οντότητας (π.χ. το κομμάτι ενός λογισμικού, μια συσκευή υλικού, ένας χρήστης, κτλ.) με το περιβάλλον της.

<sup>98</sup> Τα *AS-interface*, *Profibus*, *Industrial Ethernet*, *Profinet* έχουν ήδη αναπτυχθεί σε προηγούμενες παραγράφους της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

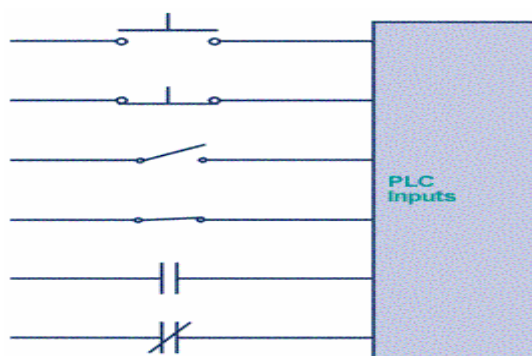
τη λειτουργία. Οι ελεγκτές αυτοί που έχουν συνεπεξεργαστή έχουν αυξημένες ικανότητες και λέγονται «υβριδικοί ελεγκτές»<sup>99</sup>

Προγραμματίζονται με το λογισμικό προγραμματισμού STEP 7 MicroWIN σε standard Windows περιβάλλον, με όλες τις χρήσιμες λειτουργίες (drag & drop, copy-paste, on line help κ.λπ.) και για τις δύσκολες εργασίες υπάρχουν ενσωματωμένα εργαλεία βοήθειας (wizards).

Εκεί όμως όπου οι δυνατότητες των Simatic S7-200 και γενικότερα των PLC παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι στον τομέα των επικοινωνιών. Μπορούν επίσης να συνδεθούν με συστήματα ενδείξεων και χειρισμών (Human Machine Interface). Συνδέονται σε πρότυπα βιομηχανικά δίκτυα. Επικοινωνούν με οποιαδήποτε συσκευή έχει τη δυνατότητα σειριακής επικοινωνίας, χάρη στο ελεύθερα παραμετροποιήσιμο σειριακό πρωτόκολλο που διαθέτουν. Και μια δυνατότητα επικοινωνίας που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις κτιριακές αλλά και βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι ότι έχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας και ελέγχου από μακριά, μέσω modem και τηλεφωνικής γραμμής ή ασύρματα ή ακόμα και μέσω κινητού τηλεφώνου.

## 10.6 Ψηφιακές εισοδοι στο PLC

Οι ψηφιακές εισοδοι ενός PLC «αντιλαμβάνονται» («ανιχνεύουν», «αναγνωρίζουν») δύο διακριτές καταστάσεις: την κατάσταση *ON* και την κατάσταση *OFF* που πάντα αντιστοιχούν στην κατάσταση του λογικού 1 και 0 αντίστοιχα και που διοχετεύονται ως πληροφορίες μέσω της διέλευσης (ή όχι) ηλεκτρικού σήματος. Στις ψηφιακές εισόδους του PLC μπορούμε να συνδέσουμε διαφόρων ειδών εξαρτήματα και υλικά (που ανήκουν στην κατηγορία των αισθητηρίων/“sensors”) όπως μπουτόν, επαφές ρελαί, διακόπτες, τερματοδιακόπτες, διακόπτες προσέγγισης (proximity switch διαφόρων τύπων - χωρητικούς, επαγωγικούς κ.λ.π.), φωτοκύτταρα και πλήθος ακόμα εξαρτήματα.



Εικόνα 19 Αναπαράσταση μονάδας PLC με είσοδο ψηφιακές εισόδους

Οι εισοδοι ενός PLC συμβολίζονται με το γράμμα I (Input). Μονοσήμαντα μια είσοδος χαρακτηρίζεται από δύο στοιχεία σε ποια οκτάδα ανήκει (byte) και στα όρια αυτής της οκτάδας σε ποια επιμέρους θέση (bit)

<sup>99</sup> King R. E., *Βιομηχανική Πληροφορική*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2004, σς.135-136.

Χαρακτηρισμός I x.y

x -Διεύθυνση byte (0 ...n, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη CPU)

y -Διεύθυνση bit (0 ...7)

Παράδειγμα

I0.0, I14.5, I20.7

Byte εισόδων: π.χ. IB 5, περιλαμβάνει τα bit 15.0 ...15.7

Word εισόδων: π.χ. IW 8, περιλαμβάνει τα byte IB8 και IB9

## 10.7 Αναλογικές εισοδοι PLC

Σε αυτή την περίπτωση έχουμε το δεύτερο “είδος” εισόδων ενός PLC διαφορετικό από αυτό των ψηφιακών εισόδων. Οι αναλογικές εισοδοι του PLC “αντιλαμβάνονται” («ανιχνεύουν», «αναγνωρίζουν») όχι δύο διακριτές καταστάσεις – όπως στην περίπτωση των ψηφιακών εισόδων – αλλά μια κατάσταση που συνεχώς μεταβάλλεται. Ένα κλασσικό παράδειγμα είναι η μέτρηση στάθμης ενός υγρού υλικού σε μια δεξαμενή. Η μεταβαλλόμενη στάθμη του υγρού “μεταφράζεται” από το αισθητήριο σε ένα αντίστοιχα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό σήμα που κυμαίνεται σε μία τυποποιημένη κλίμακα έντασης ρεύματος (π.χ. 4 έως 20 mA) ή τάσης ρεύματος (π.χ. 0-10 V) Η - ειδικού τύπου - αναλογική είσοδος του PLC (διαφορετική στην κατασκευή όπως ήδη είπαμε από την ψηφιακή) «αντιλαμβάνεται» τις διαφοροποιήσεις (αυξομειώσεις του ηλεκτρικού σήματος-ρεύματος από π.χ. 4 έως 20 mA ή τάσης π.χ. 0-10 V) και τις «μεταφράζει» σε μεταβολές (αυξομειώσεις) του φυσικού φαινομένου, δηλαδή της στάθμης του υγρού.

Τα όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω δεν πρέπει να δημιουργήσουν σύγχυση στον αναγνώστη σε σχέση με τη βασική αρχή που λέει ότι η «καρδιά», ο «εγκέφαλος» του PLC δηλαδή το ψηφιακό κύκλωμα που ονομάζεται CPU αντιλαμβάνεται πληροφορίες μόνο στη μορφή ON - OFF ή λογικού 1 ή 0. Απλά στην περίπτωση των αναλογικών σημάτων στη μονάδα των αναλογικών εισόδων υπάρχουν ειδικές ενδιάμεσες διατάξεις (ψηφιακά κυκλώματα) που ονομάζονται «Μετατροπείς Αναλογικών σε Ψηφιακά σήματα» (Analog to Digital Converters / A/D Converters) που “μεταφράζουν” το συνεχές μεταβαλλόμενο αναλογικό σήμα με κωδικοποιημένο τρόπο (με αλληλουχίες συνδυασμών 0 και 1) σε ψηφιακό, σε αυτό δηλαδή που η CPU του PLC είναι σε θέση να «αντιληφθεί». Η τιμή μετατροπής η οποία είναι ανάλογη του αναλογικού σήματος εκφράζεται σαν ένας δωδεκαψηφιος δυαδικός αριθμός (12bit binary)<sup>100</sup>.

## 10.8 Ψηφιακές έξοδοι

Οι ψηφιακές έξοδοι μπορούν να έχουν κατάσταση ON ή OFF. Σε αυτές συνδέονται και ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται τα φορτία. Η σύνδεση των φορτίων με τις εξόδους γίνεται είτε απ’ ευθείας ή (το πιο συνηθισμένο) μέσω διατάξεων ενεργοποίησης όπως ρελέ κ.λπ. Ανάλογα τον τύπο, υπάρχουν PLC τα οποία διαθέτουν εξόδους τρανζίστορ ή άλλα τα οποία διαθέτουν εξόδους ρελέ.

---

<sup>100</sup> Petruzella F. D., *Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2000, σ.44.

Οι εξόδοι ενός PLC συμβολίζονται με το γράμμα Q (Output). Μονοσήμαντα μια έξοδος χαρακτηρίζεται από δύο στοιχεία -σε ποια οκτάδα ανήκει (byte) και στα όρια αυτής της οκτάδας σε ποια επιμέρους θέση (bit)

Χαρακτηρισμός Q x.y

χ -Διεύθυνση byte (0 ...n, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη CPU)

y -Διεύθυνση bit (0 ...7)

Παράδειγμα

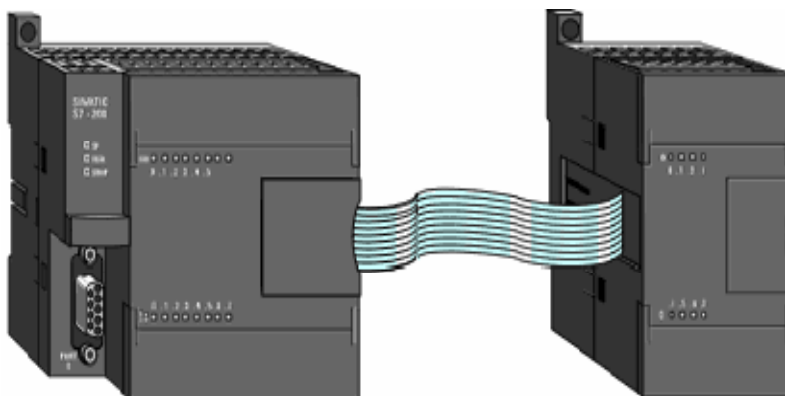
Q0.0, Q14.5, Q20.7

Byte εισόδων: π.χ. QB 5, περιλαμβάνει τα bit 15.0 ...15.7

Word εισόδων: π.χ. QW 8, περιλαμβάνει τα byte QB8 και QB9

## 10.9 Αναλογικές εξόδοι

Η κατάσταση μιας αναλογικής εξόδου μεταβάλλεται συνεχώς. Για παράδειγμα μια αναλογική έξοδος μπορεί να παρέχει ηλεκτρικό σήμα του οποίου η τάση μεταβάλλεται από 0 έως 10 V και το οποίο οδηγεί ένα αναλογικό όργανο μέτρησης π.χ. θερμοκρασίας, ταχύτητας ή βάρους. Ακόμα μέσω ενός ηλεκτροπνευματικού μετατροπέα το μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό σήμα μιας αναλογικής εξόδου μπορεί τελικά να ελέγχει π.χ. μια βαλβίδα αέρος. Κατά κανόνα συνδέονται με την ελεγχόμενη συσκευή μέσω ενός μετατροπέα<sup>101</sup> (transducer). Ο μετατροπέας παίρνει το αναλογικό σήμα και ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής, το ανιχνεύει, το μειώνει ή το μετατρέπει σε άλλο σήμα που τελικά ελέγχει τη συσκευή.



Εικόνα 20. Προγραμματιζόμενος ελεγκτής συνδεδεμένος με μονάδα επέκτασης

<sup>101</sup> Πρόκειται για συσκευή η οποία μετατρέπει ένα φυσικό μέγεθος σε ένα άλλο με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως η μετατροπή τάσης 0-10V σε ρεύμα 4-20mA.

## 10.10 Timers

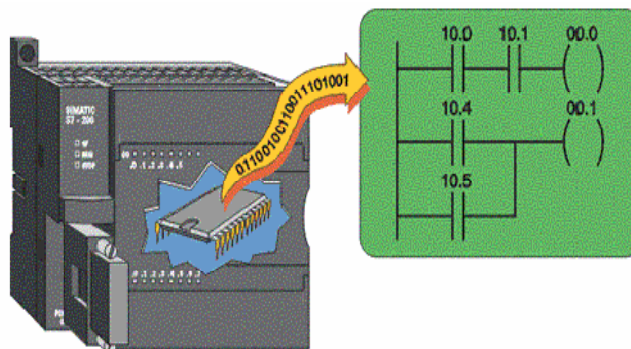
Τα πιο σημαντικά χρονικά είναι δύο: timer on και timer off.

Το χρονικό Off Delay Timer χρησιμοποιείται για να καθυστερήσει το σβήσιμο μιας εξόδου, για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα μετά τη στιγμή που η είσοδος enable απενεργοποιείται. Ο αριθμός του χρονικού Txxx καθορίζει την ανάλυσή του.

Οι εντολές TON , TONR μετρούν το χρόνο όταν η είσοδος enable είναι ενεργοποιημένη. Όταν η τρέχουσα τιμή είναι μεγαλύτερη ή ίση από την προκαθορισμένη, το Timer bit ενεργοποιείται. Η τρέχουσα τιμή ενός TON χρονικού μηδενίζεται όταν η είσοδος ενεργοποίησης απενεργοποιείται, ενώ η τιμή του χρονικού TONR συγκρατείται όταν μηδενίζεται η είσοδος. Τόσο το χρονικό TON όσο και το TONR συνεχίζουν να μετρούν και μετά την προκαθορισμένη τιμή, ενώ σταματούν στην μέγιστη τιμή που είναι η 32.767 sec.

Η εντολή TOF χρησιμοποιείται για να καθυστερήσει την απενεργοποίηση μιας εξόδου για καθορισμένο χρόνο αφότου απενεργοποιείται η είσοδος. Όταν η είσοδος enable ενεργοποιείται, άμεσα ενεργοποιείται και το Timer bit, και η τρέχουσα τιμή μηδενίζεται. Όταν η είσοδος enable μηδενίζεται, το χρονικό μετρά μέχρι ο υπολειπόμενος χρόνος να φτάσει την προκαθορισμένη τιμή. Όταν φτάσει η τιμή αυτή το Timer bit μηδενίζεται και η τρέχουσα τιμή παύει να αυξάνεται. Ωστόσο, εφόσον η είσοδος επαναενεργοποιείται προτού το χρονικό φτάσει την προκαθορισμένη τιμή, το Timer bit παραμένει ενεργοποιημένο. Η είσοδος enable πρέπει να μεταβεί από λογικό « 1 » σε « 0 » ώστε το χρονικό να ξεκινήσει να μετρά. Με την εντολή R (Reset) τα χρονικά μηδενίζονται και πιο συγκεκριμένα το Timer bit απενεργοποιείται και η τρέχουσα τιμή μηδενίζεται.

## 10.11 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)



**Εικόνα 21.** Αναπαράσταση μονάδας PLC και ο μικροεπεξεργαστής που εμπεριέχεται

Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (στα Αγγλικά Central Processing Unit – CPU) του PLC είναι ένα ψηφιακό κύκλωμα, ένας μικροεπεξεργαστής συγκεκριμένα (microprocessor) που αποτελεί τον «εγκέφαλο» του PLC.

Πρόκειται για το μέρος του PLC που υλοποιεί τη λογική και παίρνει τις αποφάσεις με βάση τις εντολές του προγράμματος και την κατάσταση των εισόδων και των εξόδων που

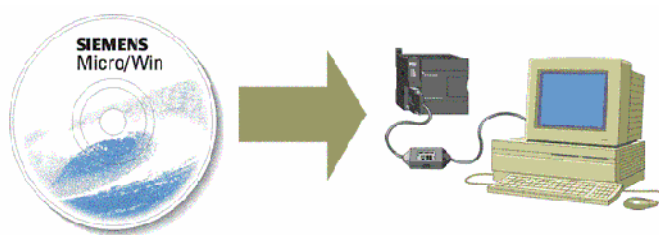
συνεχώς επιτηρεί. Στη CPU υλοποιούνται λειτουργίες αντίστοιχες με τους συνδυασμούς επαφών στα συμβατικά κυκλώματα απαριθμήσεις, χρονομετρήσεις, συγκρίσεις δεδομένων, μαθηματικές πράξεις και άλλες λειτουργίες.

## 10.12 Κύκλος PLC

Η εκτέλεση του προγράμματος του PLC, είναι μέρος μιας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας που ονομάζεται κύκλος του PLC. Ο κύκλος ξεκινά με ανίχνευση (διάβασμα) της κατάστασης των εισόδων του PLC. Στη συνέχεια και με βάση την πληροφορία αυτή εκτελείται το πρόγραμμα. Μετά το PLC εκτελεί εσωτερικές διαγνωστικές λειτουργίες και λειτουργίες επικοινωνιών. Τέλος ενημερώνεται (τροποποιείται ή παραμένει η ίδια) η κατάσταση των εξόδων και ο κύκλος ξεκινά από την αρχή. Ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος του PLC εξαρτάται από το μέγεθος του προγράμματος, το πλήθος των εισόδων και των εξόδων και επίσης από τον όγκο των επικοινωνιών που πρέπει να υλοποιηθούν.

## 10.13 Λογισμικό Προγραμματισμού

Το λογισμικό προγραμματισμού (Software) είναι το εργαλείο που χρησιμοποιούμε σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή για να δημιουργήσουμε το πρόγραμμα και να το μεταφέρουμε στο PLC όπου θα εκτελεσθεί. Το πρόγραμμα το οποίο απαιτείται για το PLC της εφαρμογής μας είναι το Step7 Micro/Win v4.0



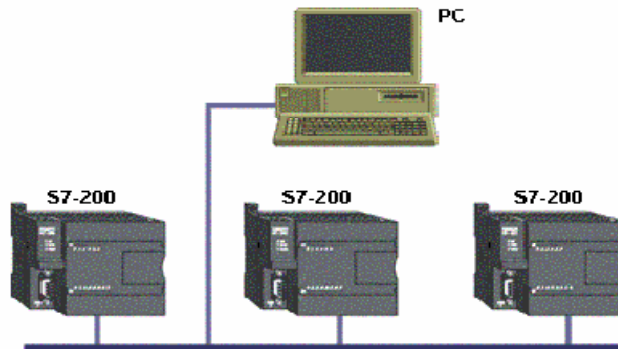
Εικόνα 22 Το λογισμικό προγραμματισμού της Siemens (STEP7 Microwin)

## 10.14 Μονάδες επέκτασης

Τα Simatic S7-200 είναι επεκτάσιμα συστήματα PLC. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να επεκτείνουμε τη βασική συσκευή προσθέτοντας μονάδες επιπλέον εισόδων-εξόδων, μονάδες επικοινωνίας ή άλλες μονάδες ειδικού τύπου (π.χ. ελέγχου σερβοκινητήρων). Η σύνδεση γίνεται μέσω καλωδιοταινίας (ribbon cable) που αφού συνδεθεί τοποθετείται μεταξύ των μονάδων που τελικά εφάπτονται προστατεύοντας έτσι την καλωδιοταινία.

## 10.15 Δικτύωση

Μπορούμε να συνδέσουμε (χωρίς τη χρήση ενισχυτή γραμμής-repeater) έως και 31 PLC σε δίκτυο με το ενσωματωμένο πρωτόκολλο, να δώσουμε διαφορετική διεύθυνση στο καθένα και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής να συνδέεται με όλα.



Εικόνα 23 Αναπαράσταση δικτύωσης προγραμματιζόμενων ελεγκτών

## 10.16 Επεξεργαστής επικοινωνίας (CP 243-1)

### 10.16.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Οι κάρτες δικτύου γνωστές και με την συντομογραφία *NIC* (Network Interface Cards) είναι από τα πιο βασικά και συνηθισμένα εξαρτήματα ενός δικτύου και όλοι σχεδόν έχουμε δει και μπορούμε να τις αναγνωρίσουμε. Συνήθως πρόκειται για εξαρτήματα που τοποθετούνται με μορφή κάρτας στο εσωτερικό ενός υπολογιστή και επιτρέπουν τη σύνδεση του στο καλωδιακό μέσο του δικτύου. Επίσης μπορεί να είναι και εξωτερικού τύπου. Η δουλειά της είναι να κωδικοποιεί και να αποκωδικοποιεί πληροφορίες σύμφωνα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας όπως επίσης και να συντελεί στην ομαλή διακίνηση των δεδομένων. Για να εξασφαλίσουμε ότι κάθε κάρτα δικτύου μπορεί να αναγνωριστεί σαν μοναδική από το δίκτυο, έχει από κατασκευή της ένα εσωτερικό αριθμό διεύθυνσης, το λεγόμενο *MAC Address*, διαφορετικός για κάθε κάρτα δικτύου. Αποτελείται από 6 αριθμούς του δεκαεξαδικού συστήματος και είναι της μορφής xx-xx-xx-xx-xx-xx. Η κατανομή των διευθύνσεων αυτών μεταξύ των κατασκευαστών – που αναφέρονται στο φυσικό επίπεδο της κάρτας – γίνεται από την επιτροπή *IEEE* (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.). Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η κάρτα industrial Ethernet *CP243-1* της Siemens η οποία συνδέεται με την μονάδα plc της σειράς *s7-200* μέσω κατάλληλης θύρας, έτσι ώστε τα δεδομένα του plc να μεταφέρονται μέσω του δικτύου στον προορισμό τους. Η κάρτα έχει από το εργοστάσιο κατασκευής της πρωτοποθετημένη την *Mac address* (ένας 48bit αριθμός) η οποία αναγράφεται σε μια ετικέτα κάτω από το κάλυμμα που βρίσκεται στο πάνω μέρος της.



Εικόνα 24. PLC S7-200 Συνδεδεμένο με τον επεξεργαστή επικοινωνίας industrial Ethernet CP243-1 μέσω ειδικού flat ribbon καλωδίου.

### 10.16.2 Βασικά χαρακτηριστικά της κάρτας CP243-1

- Η CP243-1 υποστηρίζει μέχρι και 8 κανάλια επικοινωνίας σαν *client* ή *server* με έναν ή περισσότερους *partner* επικοινωνίας.
- Με λειτουργία του CP243-1 σαν *client* (πρόσβαση *read/write*):
  - i. Ο τύπος των δεδομένων είναι πάντα *byte*
  - ii. Το τοπικό σύστημα μπορεί να δεχθεί μόνο μεταβλητές
  - iii. Οι περιοχές μνήμης που είναι προσβάσιμες σε ένα S7-200 όταν αυτό είναι διαμορφωμένο σαν *partner* είναι οι είσοδοι, οι έξοδοι, οι μεταβλητές και τα *flags*.
- Με λειτουργία του CP243-1 σαν *server* (πρόσβαση *read* ή πρόσβαση *write*):
  - 1) Ο τύπος των δεδομένων είναι *BOOL, BYTE, WORD, DWORD*
  - 2) Προσβάσιμες περιοχές μνήμης στο τοπικό σύστημα είναι είσοδοι, έξοδοι, μεταβλητές, *bits* κατάσταση και *flags*.
- Το *TSAPs*<sup>102</sup> αποτελείται από 2 *bytes*. Το πρώτο *byte* καθορίζει τη σύνδεση και το δεύτερο *byte* αποτελείται από τον υπόλοιπο αριθμό και τη θέση των μονάδων επικοινωνίας. Περιγράφει την 'θέση' της επικοινωνίας που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Περιέχει τον αριθμό του καναλιού και τη θέση της μονάδας CP 243-1 κατά την διαμόρφωση της, μέσα στο σύστημά μας.
  - 1) Εύρος τιμών τοπικού (όσο αφορά το πρώτο *Byte*) *TSAP*: 16#02, 16#10 – 16#FE.
  - 2) Εύρος τιμών απομακρυσμένου *TSAP* (όσο αφορά το πρώτο *Byte*): 16#02, 16#03, 16#10 – 16#FE.

<sup>102</sup> Για παράδειγμα *TSAP* 10.01 σημαίνει: 10 = Το πρώτο κανάλι (μέχρι 8) ο άρα ο αριθμός αυτός μπορεί να είναι από 10 έως 18 01 = τη θέση της CP κατά την διαμόρφωση του S7-200 (01 σημαίνει ότι υπάρχει μια μονάδα ανάμεσα στο PLC και την CP που χρησιμοποιείται): βλ. Siemens, *CP243-1. Communications Processor for Industrial Ethernet*, Siemens AG, Nürnberg 2004, σ.30.



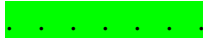
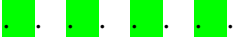
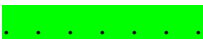

- Αν ο μηχανισμός μεθόδου σφαλμάτων, ή αλλιώς κυκλικός έλεγχος πλεονασμού *CRC* (cyclic redundancy check) δεν είναι ενεργοποιημένος τότε μπορεί να αλλαχθεί η διαμόρφωση του *CP243-1*. Όμως τότε δεν θα είναι σε θέση να αναγνωρίσει τα δεδομένα που γράφτηκαν απρόσμενα. Αυτή η μέθοδος παράγει ένα χαρακτήρα ελέγχου για όλο το πακέτο δεδομένων. Το πακέτο αυτό θεωρείται σαν μια μεγάλη συνεχής λέξη η οποία διαιρείται από ένα πολυώνυμο που έχει καθορισμένη μορφή. Το υπόλοιπο της διαίρεσης προστίθεται στο πακέτο σαν λέξη ελέγχου.
- Ρουτίνες:
  - i. *ETH\_CTRL*: Δείχνει τη γενική κατάσταση του *CP243-1* και την κατάσταση των έως και 8 μονάδων επικοινωνίας.
  - ii. *ETH\_CFG*: Καλεί τη *CP243-1* να διαβάσει τα δεδομένα που έχουν αποθηκευθεί στη μνήμη του *S7-200*.
  - iii. *ETH\_XFR*: Καλεί τη *CP243-1* να μεταφέρει δεδομένα σε ένα άλλο σύστημα *S7-200* ή να ζητήσει δεδομένα από ένα τέτοιο σύστημα.
- Μπορεί να υποστηρίζει τρεις τύπους επικοινωνίας όπου μπορούν να εφαρμοστούν καθένας χωριστά ή σε συνδυασμό:
  - a) Σύνδεση με το *STEP 7 Micro/Win 32*
  - b) Σύνδεση με επιπλέον απομακρυσμένα στοιχεία της οικογένειας *S7*
  - c) Σύνδεση με *OPC server*
- Επειδή πρόκειται για μια φυσική σύνδεση ανάμεσα στο Ethernet και τη *CPU* του *S7-200*, η *CP243-1* δεν παρέχει προστασία εναντίον εσκεμμένης ή μη πρόσβασης στην περιοχή δεδομένων, όπως επίσης δεν παρέχει τείχος προστασίας μέσω internet.
- Το καλώδιο που θα συνδεθεί είναι προτιμότερο να είναι θωρακισμένο και συνεστραμμένο με σύνθετη αντίσταση 100 Ohm, *cat5* ή *Cat5e*. Το μέγιστο μήκος καλωδίου μεταξύ μιας τερματικής συσκευής με ένα άλλο στοιχείο του δικτύου θα πρέπει να είναι μέχρι 100m όπως ορίζει το πρότυπο *IEEE802.3*. Καλό είναι να σιγουρευτούμε για την καλή συνέχεια της γείωσης του καλωδίου ώστε να μην περάσουν παρεμβολές (θόρυβος) και παραποιήσουν τα δεδομένα.

### 10.16.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά της *CP243-1*

<b>Διαστάσεις (πλάτος x ύψος x βάθος ) Βάρος</b>	71,2 x 80 x 62mm Περίπου 150gr
<b>Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων Χωρητικότητα μνήμης Flash Χωρητικότητα μνήμης SDRAM</b>	10Mbit/s και 100Mbit/s 1 Mbyte 8 Mbyte
<b>Διασύνδεση: Σύνδεση σε βιομηχανικό Ethernet (10/100Mbit/s)</b>	8 Pin RJ45 Κονέκτορας
<b>Τάση εισόδου</b>	DC +24V (-15 / +20%) = 20,4 έως 28,8V
<b>Κατανάλωση ρεύματος : Από το <i>S7-200 bus</i></b>	55mA



#### 10.16.4 Επεξήγηση των ενδείξεων (LEDs) στην πρόσοψη της κάρτας

Ένδειξη LED	Χρώμα	Περιγραφή
<i>SF</i>	Κόκκινο, συνεχόμενο 	<b>Πρόβλημα συστήματος :</b> Ανάβει όταν εντοπίζεται λάθος
	Κόκκινο, να αναβοσβήνει 	<b>Πρόβλημα συστήματος :</b> Αναβοσβήνει (περίπου κάθε sec) αν η διαμόρφωση (configuration) είναι λανθασμένη
<i>LINK</i>	Πράσινο, συνεχόμενο 	<b>Σύνδεση δια μέσου της RJ45:</b> Η σύνδεση Ethernet έχει εγκατασταθεί
<i>RX/TX</i>	Πράσινο, τρεμόσβημα 	<b>Δράση Ethernet :</b> Τα δεδομένα λαμβάνονται και στέλνονται μέσω Ethernet. Επίσης αναβοσβήνει αμέσως μόλις επιχειρήσει η CP243-1 να στείλει ένα πακέτο και το καλώδιο έχει αποσυνδεθεί
<i>RUN</i>	Πράσινο, συνεχόμενο 	Η CP243-1 είναι έτοιμη για επικοινωνία.
<i>CFG</i>	Κίτρινο, συνεχόμενο 	Ανάβει όταν το STEP 7 Micro/Win 32 υποστηρίζει ενεργά μια σύνδεση στο S7-200 CPU μέσω του CP243-1.

Καθώς η CP2431-1 ξεκινά, τη λειτουργία του, το *SF* ανάβει δύο φορές. Μετά, το led *LINK* και το *RX/TX*, αναβοσβήνει μερικές φορές. Μόλις το led *RUN* ανάψει, η *CP243-1* έχει τελειώσει με την έναρξη (booting)<sup>103</sup>.

<sup>103</sup> Siemens, *CP243-1.Communications Processor for Industrial Ethernet*, ό.π., σς.18-19

# 11. ΕΠΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SCADA

---

## 11.1 Γενικά

Στους μεγάλους βιομηχανικούς αυτοματισμούς ένας πολύ σημαντικός παράγοντας είναι ο *εποπτικός έλεγχος*. Με τον έλεγχο αυτό είναι δυνατόν εύκολα να διαπιστώνεται σε κάθε στιγμή η κατάσταση του συστήματος και να γίνονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις. Η μεγάλη εξάπλωση και ανάπτυξη των Η/Υ έδωσε την δυνατότητα δημιουργίας συστημάτων κεντρικού ελέγχου. Δηλαδή ένα μεγάλο τμήμα ή ακόμη και ολόκληρη η διεργασία παρακολούθησης του θερμοκηπίου διενεργείται μέσω ενός Η/Υ, με χρήση κατάλληλων προγραμμάτων (*software*). Οι πληροφορίες φτάνουν στον υπολογιστή μέσω των μονάδων προσαρμογής (*interfaces*), και με βάση τις οδηγίες που έχουν δοθεί, δίνονται (πάλι μέσω των *interfaces*) οι κατάλληλες εντολές.

Το σημαντικό στα συστήματα αυτά είναι ότι στην οθόνη του υπολογιστή, εμφανίζεται γραφικά η διαδικασία η οποία παρακολουθείται. Τα προγράμματα με τα οποία συλλέγονται οι πληροφορίες από τα αισθητήρια και δίνονται οι κατάλληλες εντολές μετά από την επεξεργασία των πληροφοριών, ονομάζονται *SCADA* (Supervisory Control and Data Acquisition) όπου μεταφράζεται: επίβλεψη έλεγχος και συλλογή δεδομένων. Τέτοια συστήματα έχουν δημιουργήσει πολλές γνωστές εταιρείες, όπως η Siemens και η Allen-Bradley. Σημαντικό γνώρισμα των προγραμμάτων αυτών είναι ότι δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να επέμβει και να τροποποιήσει κάποια από τις παραμέτρους του συστήματος, ενώ αυτό βρίσκεται σε λειτουργία (*real time*).

## 11.2 Πλεονεκτήματα εποπτικού ελέγχου

- *Σχηματική αναπαράσταση (object oriented graphics)*: δυνατότητα τοποθέτησης, περιστροφής, χρωματισμού, κλπ διαφόρων βαθμίδων, ώστε να δημιουργηθεί η μονάδα που πρόκειται να παρακολουθηθεί
- *Λειτουργία κίνησης (animation links)*: δυνατότητα κίνησης γραμμών ή επιφανειών για παρακολούθηση εξελικτικής διεργασίας, π.χ. για παρακολούθηση της στάθμης μιας δεξαμενής καθώς αυτή αδειάζει.
- *Βιβλιοθήκη μονάδων (Wizards)*: ύπαρξη έτοιμων μονάδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο «χτίσιμο» του συστήματος, ή δυνατότητα δημιουργίας μονάδων με σχεδιαστικό πρόγραμμα (π.χ. AutoCAD).
- Βάση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (*Real-time Database*): δυνατότητα συνεργασίας με εξωτερική βάση δεδομένων, spreadsheets, κειμενογράφους.
- Λειτουργία σε πραγματικό χρόνο και δυνατότητα αναφοράς (*Real-time and Historical Trends*): δυνατότητα λειτουργίας του συστήματος σε πραγματικό χρόνο (με άλλα λόγια παρακολούθηση της πορείας μιας μεταβολής ενώ αυτή είναι σε εξέλιξη). Δυνατότητα δημιουργίας αρχείου ή γραφήματος που να παρουσιάζει την χρονική εξέλιξη μιας μεταβολής
- Δημιουργία συστήματος συναγερμού (*Alarm capabilities*): δυνατότητα τοποθέτησης σημείων συναγερμού που να ενεργοποιούνται σε μια λανθασμένη λειτουργία. Τα

σημεία αυτά μπορούν να δίνουν οπτικό σήμα (αλλαγή χρώματος), ηχητικό σήμα, καταγραφή σε εκτυπωτή, δημιουργία αρχείου σφαλμάτων, κ.λπ.

- Κειμενογράφος εντολών (*Script editor*): δυνατότητα εγγραφής εντολών που να βελτιώνουν την λειτουργία του συστήματος (δημιουργία εντολών προγράμματος).
- Συναρτήσεις (*Script functions*): το πρόγραμμα μπορεί να χειριστεί λογικές ή μαθηματικές συναρτήσεις, συναρτήσεις που δημιουργούνται σε κειμενογράφο ή περιγράφονται από τα περιεχόμενα ενός αρχείου.
- Προστασία της δημιουργίας (*password protection*): δυνατότητα «κλειδώματος» του συστήματος που έχει σχεδιαστεί, ώστε να μην αντιγράφεται, ούτε να μπορεί κάποιος άλλος να επιδράσει σε αυτό.

Στην εφαρμογή μας η υλοποίηση του εποπτικού ελέγχου θα γίνει μέσω του λογισμικού πακέτου Labview 8.5 της National instruments. Πρόκειται για ένα προγραμματιστικό περιβάλλον της γραφικής γλώσσας 'G' όπου μέσα από αυτό δίνονται πολύ μεγάλες δυνατότητες στον προγραμματιστή για να υλοποιήσει πληθώρα εφαρμογών όπως η λήψη δεδομένων πραγματικού χρόνου, η λήψη και επεξεργασία σημάτων μέσα από μια πληθώρα καρτών που διατίθενται, ο έλεγχος συσκευών (μοτέρ, βανών, αισθητηρίων) σύνδεση με βιομηχανικά δίκτυα, η διαχείριση δεδομένων μέσω μαθηματικών συναρτήσεων και η εξαγωγή γραφημάτων, η λήψη, η καταγραφή και η επεξεργασία εικόνας κ.λπ. Στη συνέχεια θα αναλυθεί ο τρόπος διαμόρφωσης του προγράμματος, η λογική προγραμματισμού και η ανάλυση της κάθε ρουτίνας ώστε να επιτευχθεί ο απαιτούμενος έλεγχος<sup>104</sup>.

### 11.3 Λειτουργία εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων (SCADA)

Ο όρος SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) έχει καθιερωθεί στη διεθνή ορολογία των συστημάτων αυτοματισμού για να δηλώνει τα συστήματα εκείνα, που επιτρέπουν στο χειριστή μιας κατανεμημένης στο χώρο διεργασίας να συλλέγει πληροφορίες από διάφορα σημεία σε ένα κεντρικό υπολογιστή, από τον οποίο μπορεί επίσης να εκτελεί χειρισμούς ή να στέλνει εντολές ελέγχου έχοντας τη συνολική εικόνα της διαδικασίας. Τα SCADA χρησιμοποιούνται κυρίως στη βιομηχανία για την αυτοματοποίηση της παραγωγής και των σχετικών με αυτή διαδικασιών. Συστήματα SCADA χρησιμοποιούνται ακόμη στα δίκτυα των επιχειρήσεων και οργανισμών κοινής ωφελείας (δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, νερού ή φυσικού αερίου, δίκτυα αποχέτευσης), στα συστήματα αυτοματισμού πολυώροφων κτιρίων (π.χ. νοσοκομεία, ξενοδοχεία) ή άλλων μεγάλων εγκαταστάσεων (π.χ. αεροδρόμια), στα σιδηροδρομικά δίκτυα, και στη γεωργία (δίκτυα άρδευσης, αυτοματοποίηση μεγάλων γεωργικών μονάδων).

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι ενός συστήματος SCADA είναι το λογισμικό του κέντρου ελέγχου. Η ποιότητα του λογισμικού αυτού είναι καθοριστικής σημασίας για την καλή λειτουργία ολόκληρου του συστήματος. Όταν το λογισμικό του κέντρου ελέγχου είναι απαλλαγμένο από σφάλματα και δυσλειτουργίες, ανταποκρίνεται σωστά και αξιόπιστα σε οτιδήποτε μπορεί να συμβεί κατά τη λειτουργία του συστήματος Είναι εύχρηστο, ευέλικτο και μπορεί να δεχτεί όλες τις απαιτούμενες επεκτάσεις, τότε το σύστημα SCADA αποτελεί ένα πραγματικό εργαλείο, που διευκολύνει τη ζωή των

---

<sup>104</sup> Καλοβρέκτης Ι.Κ., *LABVIEW για μηχανικούς. Προγραμματισμός συστημάτων DAQ*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2007, σ.5.

χειριστών και τους επιτρέπει να εκτελούν τις διενέργειές τους πολύ πιο αποδοτικά. Αντίθετα, όταν το λογισμικό του κέντρου ελέγχου δεν έχει τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τότε το σύστημα SCADA αδυνατεί να καλύψει τις ανάγκες, για τις οποίες σχεδιάστηκε.

Τυχόν ελλείψεις ή αστοχίες στις συσκευές πεδίου, τους τοπικούς ελεγκτές ή το σύστημα επικοινωνίας μπορούν να διορθωθούν σχετικά εύκολα με απομάκρυνση των βαθμίδων, που δεν λειτουργούν ικανοποιητικά και αντικατάστασή τους από άλλες, διαφορετικής τεχνολογίας ή ανώτερης ποιότητας. Η αντικατάσταση αυτή δεν συνιστά αλλαγή συστήματος SCADA. Είναι εφικτή όμως με την προϋπόθεση ότι το υπάρχον κέντρο ελέγχου υποστηρίζει τις νέες βαθμίδες. Αντίθετα, αν το κέντρο ελέγχου δεν λειτουργεί ικανοποιητικά και πρέπει να αντικατασταθεί από άλλο, τότε δεν μιλάμε για διόρθωση ή αναβάθμιση του υπάρχοντος συστήματος αλλά για προμήθεια νέου συστήματος. Για το λόγο αυτό ο όρος SCADA χρησιμοποιείται συχνά με την έννοια του λογισμικού του κέντρου ελέγχου και όχι ολόκληρου του συστήματος.

Το κέντρο ελέγχου ενός συστήματος SCADA είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο πρόγραμμα. Χρειάζεται να διαχειρίζεται σωστά έναν όγκο πληροφοριών πραγματικού χρόνου και να τις δρομολογεί σωστά με τέτοιο τρόπο ώστε ο κάθε χρήστης του συστήματος και η κάθε μηχανή, που συνδέεται σε αυτό, να έχει την πληροφορία, που χρειάζεται, την κατάλληλη στιγμή, στη μορφή, που τη χρειάζεται. Επιπλέον, καθώς τόσο οι ανάγκες της επιχείρησης όσο και οι διαθέσιμες τεχνολογικές λύσεις μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, το λογισμικό του κέντρου ελέγχου πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτο, ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται εύκολα και ομαλά στις εκάστοτε συνθήκες. Όπως έχει διαπιστωθεί, οι απαιτήσεις από το λογισμικό των SCADA είναι πολλές φορές τόσο πολύπλοκες και ποικίλες, ώστε να αδυνατεί να τις καλύψει ένα μόνο εργαλείο, όσο πλούσιο και αν είναι αυτό. Για το λόγο αυτό ένα πρόγραμμα SCADA καθίσταται πολύτιμο στην περίπτωση που όποτε χρειάζεται να μπορεί να συνεργάζεται με άλλα προγράμματα και να ενσωματώνει στις εφαρμογές του εξειδικευμένο λογισμικό άλλων κατασκευαστών. Η αγορά ζητά κέντρα ελέγχου ανοιχτής αρχιτεκτονικής, βασισμένα σε καθιερωμένα διεθνή πρότυπα, τα οποία επιτρέπουν τη συνένωση και τη συνεργασία ανεξάρτητων μεταξύ τους προϊόντων υλικού ή λογισμικού, τα οποία ίσως και να προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές. Η σύνδεση των διαφορετικών αυτών κομματιών και η ενσωμάτωσή τους σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα πραγματοποιείται με τη βοήθεια ειδικών τεχνολογιών, γνωστές ως «τεχνολογίες ολοκλήρωσης» (integration technologies).

## **11.4 δυνατότητες των κέντρων ελέγχου των συστημάτων SCADA.**

Τα SCADA είναι συνήθως εξειδικευμένα συστήματα, που σχεδιάζονται για να εξυπηρετούν πολύ συγκεκριμένες εφαρμογές (π.χ. την αυτοματοποίηση μιας μονάδας επεξεργασίας ξύλου). Είναι σπάνιες οι περιπτώσεις, που ένα σύστημα μπορεί χωρίς να υποστεί αλλαγές ή τροποποιήσεις να εξυπηρετήσει και άλλες εφαρμογές εκτός από αυτή, για την οποία σχεδιάστηκε. Από την άλλη μεριά, το λογισμικό του κέντρου ελέγχου ενός SCADA χρειάζεται συχνά να είναι εξαιρετικά πολύπλοκο, μια και στις αρμοδιότητές του είναι το να παρακολουθεί σύνθετες διαδικασίες, να λαμβάνει υπόψη όλες τις περιπτώσεις, που μπορεί να συμβούν στην πράξη και να δίνουν στον κάθε χρήστη την πληροφορία, που χρειάζεται τη στιγμή, που τη χρειάζεται και με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να την καταλάβει και να την αξιοποιήσει. Για παράδειγμα, δεν έχει νόημα να παρουσιάζει κανείς στον υπεύθυνο ασφαλείας μιας εγκατάστασης μια ατέλειωτη σειρά από αριθμούς,

που παριστάνουν τις μετρήσεις όλων των μεταβλητών ανά πεντάλεπτο και να περιμένει από αυτόν να δει αν κάποια τιμή έχει ξεφύγει από τα όρια ασφαλούς λειτουργίας. Το ωραίο του πράγματος βρίσκεται στο γεγονός ότι ένα αυτόματο σύστημα θα πρέπει να ελέγχει τις τιμές, που μετράει και να ενημερώνει το προσωπικό μόνο όταν εντοπίσει κάποιο πρόβλημα.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των SCADA είναι ότι μπορούν να υποστηρίξουν ένα μεγάλο αριθμό από διαφορετικές συσκευές πεδίου, που συναντούνται (PLC, ενσωματωμένα συστήματα, βιομηχανικά δίκτυα, προηγμένα αισθητήρια όργανα, κ.λπ.). Οι διαφορετικές αυτές συσκευές μπορεί να έχουν ποικίλα τεχνικά χαρακτηριστικά και να χρησιμοποιούν διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Όμως ένα σύστημα SCADA πρέπει να μπορεί να τροποποιείται εύκολα ώστε να παρακολουθεί τις τεχνολογικές εξελίξεις και να προσαρμόζεται κάθε φορά στα καινούργια δεδομένα της αγοράς (νέα τεχνολογικά πρότυπα ή πρωτόκολλα επικοινωνίας, καινούργιοι κανονισμοί ασφαλείας, κ.λπ.). Κάτι πολύ σημαντικό είναι οι τροποποιήσεις και οι προσαρμογές αυτές να μπορούν να γίνονται με όσο το δυνατόν λιγότερες επεμβάσεις στον κώδικα λογισμικού του συστήματος. Μια και οι αλλαγές του λογισμικού είναι διαδικασία δαπανηρή και χρονοβόρα καθώς απαιτούν ανθρώπους με πολύ εξειδικευμένες γνώσεις και μεγάλο αριθμό δοκιμών προκειμένου να αποφευχθούν ανεπιθύμητες παρενέργειες όπως η εισαγωγή λογικών σφαλμάτων, που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στην αξιοπιστία και την ασφαλή λειτουργία του συστήματος.

Από την παραπάνω ανάλυση είναι προφανές ότι όσο καλή και αν είναι μια εφαρμογή λογισμικού (δηλαδή ένα πρόγραμμα φτιαγμένο για να λειτουργεί με ένα συγκεκριμένο τρόπο) δεν μπορεί να εξυπηρετήσει από μόνη της τις ανάγκες ενός SCADA κάποιας πολυπλοκότητας. Για να μπορεί ένα λογισμικό να χρησιμεύσει ως κέντρο ελέγχου ενός τέτοιου SCADA και ταυτόχρονα να έχει ένα λογικό κόστος, είναι πολύ σημαντικό να συγκροτείται από ανεξάρτητες μονάδες, καθεμιά από τις οποίες (α) εξυπηρετεί μια συγκεκριμένη λειτουργία, (β) μπορεί να τροποποιηθεί αλλάζοντας κάποιες παραμέτρους και όχι τον κώδικα και (γ) συνεργάζεται με τις άλλες μονάδες χρησιμοποιώντας γνωστά πρωτόκολλα και διαδικασίες<sup>105</sup>.

## 11.5 Το μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή (client – server) στα συστήματα SCADA

Με το μοντέλο client-server γίνεται κατανομή των υπηρεσιών και έτσι είναι δυνατή η εκτέλεση μιας εφαρμογής σε έναν επεξεργαστή έστω και εάν αυτός δεν έχει την δυνατότητα να εκτελέσει ολόκληρη την εφαρμογή γιατί προφανώς, εργασίες που δεν μπορεί να εκτελέσει τις δίνει για εκτέλεση σε ένα server, όπως ακριβώς μια τεχνική εταιρεία τηλεπικοινωνιών που αναλαμβάνει κάποιο έργο, διανέμει κάποιες από τις εργασίες σε πιο εξειδικευμένα επαγγέλματα.<sup>106</sup>

Αναλυτικότερα, θα λέγαμε ότι οι πιο ισχυροί από τους υπολογιστές ενός μικρού ή μεγάλου δικτύου φιλοξενούν τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων και είναι οι servers. Αυτοί ανταποκρίνονται σε αιτήσεις των εφαρμογών που εκτελούνται στους τοπικούς σταθμούς οι οποίοι ονομάζονται Clients. Οι εξυπηρετητές στέλνουν το

<sup>105</sup> Οικονομάκος Χ., ό.π., σς. 2-6.

<sup>106</sup> Παναγιωτόπουλος Π. - Δραγώνας Γ. – Σκουλάς Χ., *Τηλεπληροφορική και δίκτυα υπολογιστών*, Εκδόσεις νέων τεχνολογιών, Αθήνα 1994, σ.194

αποτέλεσμα της επεξεργασίας (αλγόριθμοι, αναζήτηση, διαγραφή) στους πελάτες. Ανάλογα δε με το είδος των εφαρμογών που διαθέτουν οι πελάτες μπορούν να προβάλλουν κατ' ευθείαν το αποτέλεσμα ή να το επεξεργαστούν τοπικά. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται συστήματα πελάτη- εξυπηρετητή (client – server)<sup>107</sup>.

---

<sup>107</sup> Γιαελής Κ. et al., ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα 1999, σ.42

## 12. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

---

### 12.1 Γενικά

Το θερμοκήπιο είναι μια στεγασμένη και περιφραγμένη κατασκευή ειδικά σχεδιασμένη για την προστασία των ευαίσθητων φυτών -από το ψύχος ή τις υψηλές θερμοκρασίες-, για αναγκαστική πρόωμη βλάστηση των φυτών κάτω από τεχνητές συνθήκες περιβάλλοντος.

Αρχικά κατασκευάζονταν από γυαλί, τα τελευταία χρόνια όμως κατασκευάζονται ως επί το πλείστον από φύλλα ή λωρίδες διάφανου πλαστικού, γεγονός που μείωσε σημαντικά το κόστος.

### 12.2 Τύποι θερμοκηπίων

*Ανάλογα με τον τύπο κατασκευής τους διακρίνονται σε:*

- **Μόνιμα θερμοκήπια**, τα οποία αποτελούνται από μια ή πολλές αψίδες, ανάλογα με την έκταση που καλύπτουν. Έχουν διαστάσεις που ποικίλουν ανάλογα με την καλλιέργεια και είναι κατασκευασμένα κυρίως από μεταλλικό σκελετό και γυαλί.
- **Κινητά θερμοκήπια**, τα οποία είναι για κατασκευές που μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να μεταφερθούν σε άλλο τεμάχιο γης. Είναι κατασκευασμένα από ξύλινο ή μεταλλικό σκελετό και καλύπτονται από διαφανές πλαστικό σε ταινίες. Μπορεί να είναι ψηλά ή πολύ χαμηλά ( ύψους 30-60 εκατοστά) και μπορούν να εφοδιαστούν με ένα σύστημα θέρμανσης.

*Ανάλογα με τη θέση τους χωρίζονται σε:*

- **Επίγεια θερμοκήπια** όπου είναι σκαμμένα στο έδαφος και έχουν γυάλινη οροφή στην επιφάνεια του εδάφους. Χρησιμοποιούνται κυρίως ως θερμοκήπια αναπαραγωγής διότι αποφεύγεται η απώλεια θερμότητας.
- **Υπέργεια θερμοκήπια**, είναι κατασκευασμένα πάνω από την επιφάνει της γης και είναι είτε μόνιμα είτε κινητά. Αποτελούν τον πιο διαδεδομένο τύπο θερμοκηπίου.
- **Επιτοίχια θερμοκήπια**, είναι τοποθετημένα σε τοίχο εκτεθειμένο προς Νότο και απαιτούν λίγη θέρμανση

*Ανάλογα με την προέλευση των καλλιεργούμενων φυτών και τον σκοπό για τον οποίο καλλιεργούνται διακρίνονται σε:*

- **Ψυχρά θερμοκήπια**, στα οποία δεν υπάρχει συμπληρωματική θέρμανση και είναι κατάλληλα για φυτά όχι τόσο ευαίσθητα στην παγωνιά, όπως τα αλπικά φυτά και όλα τα βολβώδη. Χάρη στην προφύλαξη από τον άνεμο και στη διέλευση των ηλιακών ακτινών, τα θερμοκήπια αυτά είναι σχετικά θερμότερα από το εξωτερικό περιβάλλον.
- **Εύκρατα θερμοκήπια**, πρόκειται για το εμπορικό είδος θερμοκηπίων στα οποία η ελάχιστη θερμοκρασία διατηρείται στους 7 °C. Σε αυτά μια μεγάλη κατηγορία φυτών (κυρίως λαχανικών) μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά.

- **Υποτροπικά θερμοκήπια**, στα οποία η θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από τους 13 °C-16 °C. Είναι κατάλληλα για μια μεγάλη κατηγορία ανθοκομικών φυτών.
- **Τροπικά θερμοκήπια**, στα οποία η ελάχιστη θερμοκρασία είναι πάνω από 16°C και προορίζονται για την καλλιέργεια τροπικών φυτών.
- **Θερμοκήπια αναπαραγωγής**, που περιλαμβάνουν τα θερμοσπορεία τα οποία θερμαίνονται εκ των κάτω και περιέχουν φυτόχωμα ή άμμο. Σε αυτά γίνεται η βλάστηση σπόρων και η ριζοβόληση μοσχευμάτων κάτω από ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας.
- **Θερμοκήπια εξαναγκασμού**, στα οποία τα καλλιεργούμενα φυτά, (ιδίως τα ανθοκομικά), εξαναγκάζονται μέσω υψηλότερων θερμοκρασιών και κατάλληλων καλλιεργητικών χειρισμών να ανθίσουν νωρίτερα από την κανονική τους εποχή.

### 12.3 Συνθήκες για την ευδοκίμηση των καλλιεργειών σε θερμοκήπιο

Τα θερμοκήπια είναι αποδοτικά μόνο αν τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις και αν οι παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των φυτών (φως, νερό, θερμοκρασία και διοξείδιο του άνθρακα) ρυθμίζονται μέσα σε αυτά ανάλογα με την εποχή.

**Το φως** είναι σημαντικός παράγοντας που ασκεί άμεση επίδραση στη φωτοσύνθεση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ευρέως στα θερμοκήπια μεταλλικοί σκελετοί για την αποφυγή των σκιών. Σημαντικό ρόλο παίζει και ο σωστός προσανατολισμός: με τον άξονα του θερμοκηπίου προσανατολισμένο κατά την διεύθυνση Βορρά-Νότου και τις πλευρές ανατολικά και δυτικά, οι καλλιέργειες θα έχουν το μέγιστο δυνατό ήλιο το χειμώνα και τον ελάχιστο το καλοκαίρι. Μερικές φορές τα θερμοκήπια εξοπλίζονται με λάμπες υδραργύρου για να έχουν συμπληρωματικό φωτισμό. Επίδρουν επίσης στην διαπερατότητα του ήλιου και τα υλικά κάλυψης, εξ' ου και η ευρεία χρησιμοποίηση των πλαστικών υλικών.

**Η θερμοκρασία** συμβάλλει στη δημιουργία τεχνητού κλίματος. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η διατήρηση της φυσικής θερμότητας και η ελαχιστοποίηση των απωλειών που οφείλονται στην ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον. Οι εν λόγω απώλειες που προκαλούνται από τα ρεύματα θερμού αέρα που περνούν μέσω των σχισμών του θερμοκηπίου, από την αγωγιμότητα και από την ακτινοβολία του εδάφους. Η τεχνητή θερμοκρασία επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους θέρμανσης (κυκλοφορία θερμού νερού, αερόθερμα, θερμαινόμενα υγρά) έτσι ώστε κατά τη νύχτα και σε όλες τις εποχές το φυτό να ωφελείται το ελάχιστο αναγκαίο. Το ελάχιστο αναγκαίο εκφράζεται σε θερμίδες ανά τετραγωνικό μέτρο: ποικίλει ανάλογα με τις καλλιέργειες, από 150 έως 300 θερμίδες ανά τετραγωνικό.

Η θερινή ψύξη βέβαια είναι απαραίτητη σε ορισμένες καλλιέργειες. Αυτή μπορεί να εξασφαλιστεί με την αντιπαράθεση μεγάλων ανεμιστήρων και ενός στρώματος από υγρές ίνες. Το σύστημα προκαλεί μια μετακίνηση υγρού και ψυκτικού αέρα προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου, γεγονός που χαμηλώνει την θερμοκρασία κατά 5-6 βαθμούς κελσίου. Μικρή μείωση της θερμοκρασίας μπορεί επίσης να επιτευχθεί με τη σκίαση του θερμοκηπίου με διάφορα υλικά.

**Το νερό** πρέπει να μεταφερθεί τόσο στο έδαφος για να προσληφθεί από τις ρίζες όσο και στον αέρα για να διατηρήσει ένα υψηλό υγρομετρικό ποσοστό. Το νερό παρέχεται με άρδευση μέσω του ραντίσματος (με πλαστικούς σωλήνες εφοδιασμένους με σωλήνες που ρυθμίζουν τη ροή ) ή με εκτόξευση υδρατμών. Πρέπει να εναρμονιστεί η θερμοκρασία

του αέρα με την υγρασία και να αποφεύγονται οι υπερβολές, οι οποίες ευθύνονται για ασθένειες από μύκητες και βακτήρια, οι οποίες μερικές φορές αποβαίνουν καταστρεπτικές στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Ο εξαερισμός είναι επικτός διαμέσου ανοιγμάτων στην κορυφή και στις πλευρές των θερμοκηπίων που ρυθμίζονται με το χέρι ή μηχανικά από εξωτερικά φωτοκύτταρα ή εσωτερικούς θερμοστάτες και υγροστάτες.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) είναι επίσης σημαντικό για την φωτοσύνθεση. Είναι χρήσιμο να δημιουργούνται συμπληρωματικά ρεύματα CO<sub>2</sub> ορισμένες ώρες την ημέρα (μεταξύ 6 και 9 το πρωί και 1 και 3 το απόγευμα) μετά από έλεγχο της στάθμης CO<sub>2</sub> του θερμοκηπίου. Παροχή του CO<sub>2</sub> μπορούμε να επιτύχουμε είτε μέσω της καύσης προπανίου, είτε μέσω της διάχυσης πεπιεσμένου αερίου CO<sub>2</sub><sup>108</sup>.

## 12.4 Περιγραφή της πειραματικής διάταξης

Η πειραματική διάταξη που είναι διαθέσιμη στο εργαστήριο είναι μοντέλο υπό κλίμακα ενός πραγματικού θερμοκηπίου. Στη διάταξη αυτή υπάρχουν εγκατεστημένες οι απαραίτητες συσκευές / υποσυστήματα που επιτρέπουν την ρύθμιση της θερμοκρασίας αέρα, της σχετικής υγρασίας και του φωτισμού. Η θέρμανση γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρικής αντίστασης ισχύος 1 kW και ανεμιστήρα. Ο δροσισμός του θερμοκηπίου μπορεί να γίνει σε 2 στάδια: (α) με χρήση αυτόματου παραθύρου που ανοιγοκλείνει με ηλεκτρικό μοτέρ και (β) με εξαναγκασμένη ροή αέρα μέσω πλευρικών ανεμιστήρων. Η ύγρανση επιτυγχάνεται με χρήση (ηλεκτρικού) υγραντήρα ισχύος 1 kW ο οποίος βράζει νερό το οποίο διοχετεύεται ως ατμός στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Η ξήρανση (απαγωγή περισσούς υγρασίας) μπορεί να γίνει είτε από τα παράθυρα, είτε με χρήση του απαγωγέα υγρασίας (εξαεριστήρα). Τέλος για τον τεχνητό φωτισμό υπάρχει εγκατεστημένος ένας λαμπτήρας φθορισμού. Τα αντίστοιχα αισθητήρια είναι αναλογικά τύπου 0...10 V DC για τη θερμοκρασία και την υγρασία και φωτοδιακόπτης ON-OFF για τον φωτισμό (κλειστός όταν το επίπεδο φωτισμού είναι χαμηλότερο της προρρυθμίσης).

Ο Πίνακας 1 παρακάτω παρουσιάζει τις διαθέσιμες συσκευές ελέγχου, καθώς και τη διασύνδεση εισόδων/ εξόδων με τις συσκευές αυτές.

INPUTS	Εισόδοι S7-200 PLC
I0.1	Κάτω τερματικός διακόπτης (NO)
I0.2	Άνω τερματικός διακόπτης (NO)
I0.3	Φωτοδιακόπτης ανοικτός όταν ο φωτισμός είναι κάτω από την προρρυθμίση.
AIW0	Καταγραφή θερμοκρασίας από LM35 (αναλογική είσοδος 0-10VDC)
AIW2	Καταγραφή υγρασίας από αισθητήριο EWS 280 <sup>109</sup> (αναλογική είσοδος 0-10VDC)
OUTPUTS	Εξόδοι S7-200 PLC
Q0.0	Κλείσιμο παραθύρων

<sup>108</sup> AA.VV, «Θερμοκήπιο», στο Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα, τομ.28, Πάπυρος, Αθήνα 1987, σς.39.

<sup>109</sup> Η έξοδος του αισθητηρίου είναι 4-20mA. Όταν όμως συνδεθεί στον ελεγκτή EWPC 902/R, η είσοδος ρεύματος με τη χρήση εσωτερικού μετατροπέα γίνεται έξοδος τάσης 0-10Vdc.

<b>Q0.1</b>	Άνοιγμα παραθύρων
<b>Q0.2</b>	Λαμπτήρας φθορισμού
<b>Q0.3</b>	Αντιστάσεις θέρμανσης
<b>Q0.4</b>	Ανεμιστήρας ψύξης θέρμανσης
<b>Q0.5</b>	Τρεις (3) πλευρικοί ανεμιστήρες εισαγωγής αέρα
<b>Q0.6</b>	Υγραντήρας
<b>Q0.7</b>	Εξαεριστήρας απαγωγής υγρασίας
<b>Q1.0</b>	Αντλία ποτίσματος

Σχήμα c. Αντιστοίχιση εισόδων-εξόδων του PLC με τα στοιχεία ελέγχου

## 12.5 Επιθυμητή λογική του αυτοματισμού

Για τη βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών μέσα σε ένα θερμοκήπιο απαιτείται η ρύθμιση ορισμένων μεταβλητών, ώστε αυτές να βρίσκονται πάντα μέσα σε προκαθορισμένα όρια. Οι μεταβλητές αυτές είναι: ο φωτισμός, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία αέρα. Οι περιοχές και οι χρόνοι ελέγχου των μεταβλητών, όπως αυτές ορίστηκαν από τον γεωπόνο, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>Φωτισμός</b>	Επαρκής φωτισμός για 22 ώρες τη μέρα
<b>Σχετική υγρασία</b>	40% < RH < 60%
<b>Θερμοκρασία αέρα</b>	26°C < T < 30°C

## 12.6 Ρύθμιση φωτισμού

Ο φωτοδιακόπτης που βρίσκεται τοποθετημένος στο εξωτερικό του θερμοκηπίου ανιχνεύει το φως της ημέρας, και όταν αυτό πέσει κάτω από την προρρυθμισή, κλείνει η επαφή της εξόδου του (I0.3). Για να επιτευχθεί το ζητούμενο των 22 ωρών φωτισμού (άρα 2 ωρών σκότους), ένας timer θα μετρά τον χρόνο από το κλείσιμο της επαφής του φωτοδιακόπη και μετά την παρέλευση των 2 ωρών θα ενεργοποιεί τον λαμπτήρα (Q0.2). Αυτός θα παραμένει σε λειτουργία μέχρι να ανιχνευθεί ξανά επαρκής φυσικός φωτισμός (το πρωί), οπότε και θα σβήνει.

## 12.7 Ρύθμιση της σχετικής υγρασίας

Η έξοδος του ψηφιακού ελεγκτή υγρασίας *EWPC 902/R*, ο οποίος είναι εγκατεστημένος στον πίνακα του θερμοκηπίου, είναι μία αναλογική τάση 0...10 V DC για τιμές της σχετικής υγρασίας από 0% έως 100%. Η μέτρηση της *RH* εισάγεται στο *PLC* στην είσοδο *AIW2*. Χρησιμοποιώντας block αναλογικής εισόδου, και αφού αυτό πρώτα ρυθμιστεί καταλλήλως για την ορθή απεικόνιση της σχετικής υγρασίας υλοποιούνται τα εξής:

- όταν η *RH* πέσει κάτω από το 40% θα ενεργοποιείται ο υγραντήρας (Q0.6), ο οποίος κατόπιν θα απενεργοποιείται όταν η *RH* φτάσει το 50%.

- όταν η *RH* ανέβει πάνω από το 60% θα ενεργοποιείται ο απαγωγέας υγρασίας (Q0.7), ο οποίος κατόπιν θα απενεργοποιείται όταν η *RH* πέσει πάλι στο 50%.

## 12.8 Ρύθμιση θερμοκρασίας

Η επιλογή κάποιου αισθητήρα για ένα σύστημα μέτρησης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά στην ποιότητα εξόδου που επιθυμούμε να λαμβάνουμε. Πρέπει επίσης να λαμβάνουμε υπ' όψη, το κόστος, τη διαθεσιμότητα και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Ανάλογα με την εφαρμογή, μερικές από τις κατασκευαστικές προδιαγραφές που θα πρέπει να εξετάσουμε για να επιλέξουμε τον κατάλληλο αισθητήρα είναι: α) ακρίβεια, β) σφάλμα, γ) καθυστέρηση, δ) γραμμικότητα, ε) εύρος λειτουργίας, στ) διακριτική ικανότητα, η) ευαισθησία<sup>110</sup>

Το αισθητήριο θερμοκρασίας τύπου *LM35<sup>111</sup>*, θα είναι συνδεδεμένο στην αναλογική είσοδο *AIW0* με κατάλληλο κύκλωμα προσαρμογής, το οποίο δίδει αναλογική τάση 0...10 V DC για θερμοκρασίες από 0 έως 100ο C. Χρησιμοποιώντας block αναλογικής εισόδου, και αφού αυτό πρώτα ρυθμιστεί καταλλήλως για την ορθή απεικόνιση της θερμοκρασίας, υλοποιούνται τα εξής:

- Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 26 °C θα ενεργοποιείται η ηλεκτρική αντίσταση (Q0.3) και ο ανεμιστήρας της (Q0.4), τα οποία θα σταματούν όταν η θερμοκρασία φτάσει στους 28 °C.
- Όταν η θερμοκρασία ανέβει πάνω από τους 30 °C θα ενεργοποιούνται οι πλευρικοί ανεμιστήρες (Q0.5), οι οποίοι θα σταματούν όταν η θερμοκρασία πέσει στους 28 °C.
- Οι πλευρικοί ανεμιστήρες (Q0.5) θα ενεργοποιούνται στους 32 °C και θα σταματούν όταν η θερμοκρασία πέσει στους 30 °C .
- Στους 30 °C θα ανοίγουν τα παράθυρα (Q0.1), τα οποία θα κλείνουν (Q0.0) όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 28 °C.

<sup>110</sup> Elgar P., *Αισθητήρες μέτρησης και έλεγχοι*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2003, σς. 27,29 και 31-33.

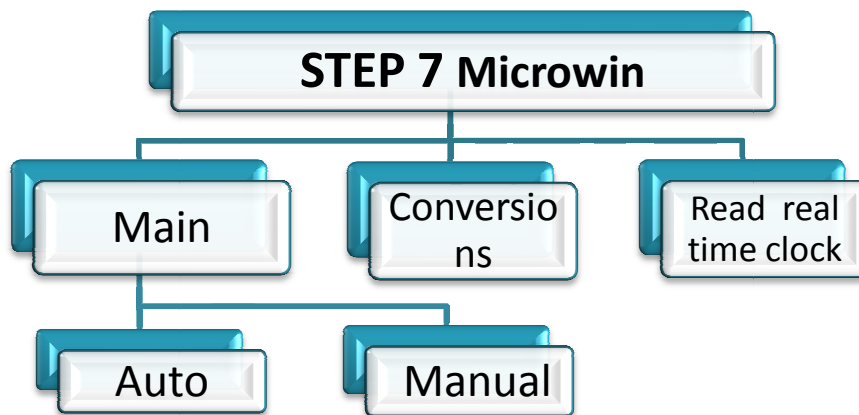
<sup>111</sup> Είναι από τα ποιο διαδεδομένα αισθητήρια για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Η πολύ καλή γραμμικότητα που παρουσιάζει, η διακριτή έξοδός του, το γεγονός ότι δε χρειάζεται βαθμονόμηση και η χαμηλή του τιμή, είναι μερικά από τα πλεονεκτήματά του.

## 13. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΤΟ STEP 7 Microwin

### 13.1 Δομή του προγράμματος

Αρχικά δημιουργήθηκε το πρόγραμμα υλοποίησης της εφαρμογής σε γλώσσα προγραμματισμού LADDER το οποίο περιλαμβάνει το κυρίως πρόγραμμα (*main*), το οποίο εκτελείται συνεχώς και που μέσα σε αυτό υπάρχουν τρεις υπορουτίνες (*subroutines*): η λειτουργία *manual*, η λειτουργία *auto* και η λειτουργία *conversions*. Συγχρόνως με την *main* λειτουργία εκτελείται και η λειτουργία *real time clock* η οποία είναι η λειτουργία ενημέρωσης του ρολογιού που εξυπηρετεί την εκκίνηση και παύση της αντλίας ποτίσματος.

Παρακάτω παρουσιάζεται η ιεραρχική δομή της ροής του προγράμματος μέσα από την οποία εκτελούνται οι διάφορες ρουτίνες. Για μεγαλύτερη κατανόηση αναλύονται η κάθε μία διεξοδικά και εξηγούνται οι λεπτομέρειες υλοποίησης της κάθε εντολής.



EP7 Microwin

### 13.2 Προγραμματισμός σε γλώσσα Ladder

Παρακάτω παρουσιάζεται το πρόγραμμα όπως αναπτύχθηκε στο περιβάλλον προγραμματισμού STEP7 Microwin.

#### 13.2.1 Main λειτουργία

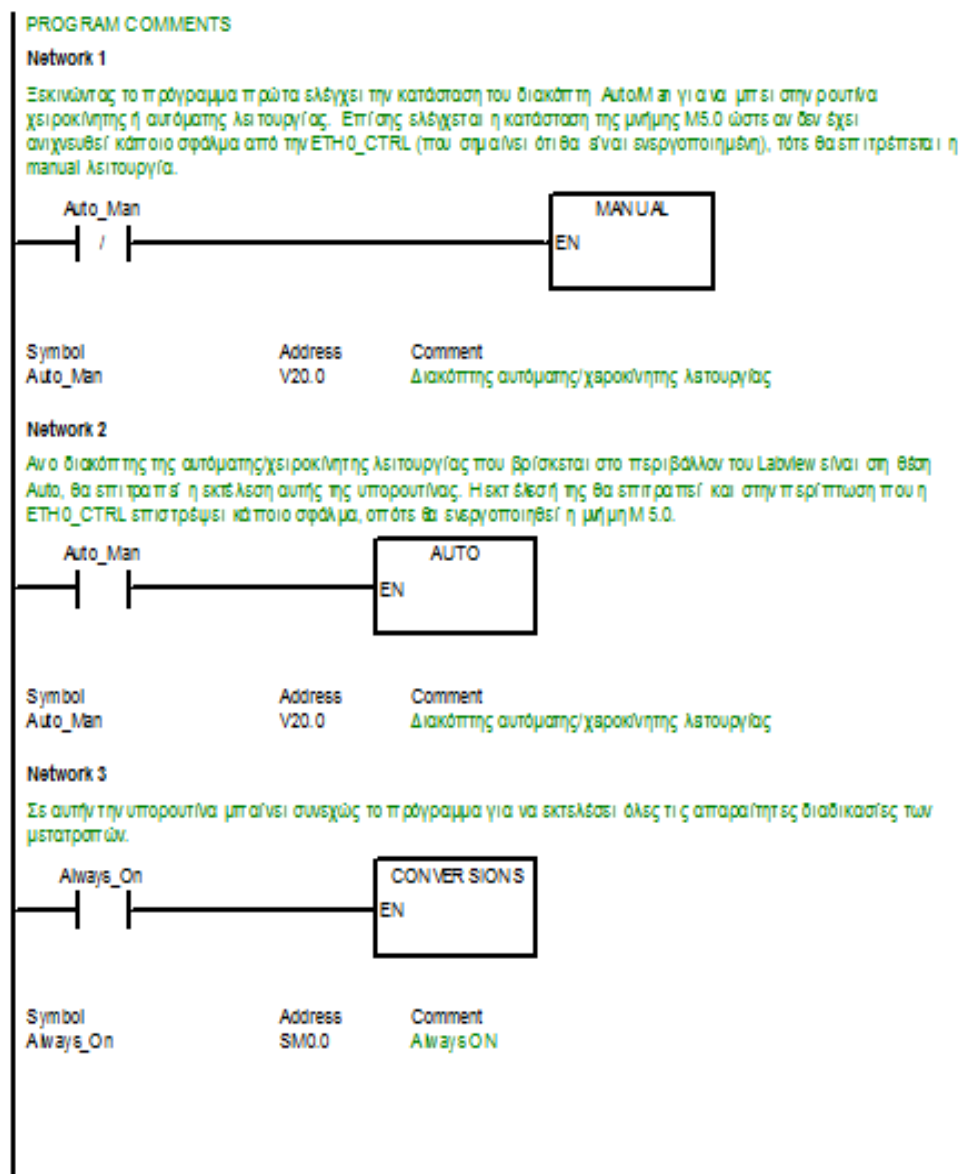
Ξεκινώντας από την *Main* λειτουργία, το πρόγραμμα 'διαβάζει' συνεχώς μέχρι ο χρήστης να επιλέξει κάποια από τις ρουτίνες *auto* ή *manual* από το Labview, οπότε και θα εκτελεστεί η αντίστοιχη επιλεγμένη ρουτίνα. Αυτό γίνεται αλλάζοντας την κατάσταση του bit που είναι συνδεδεμένο με την αντίστοιχη θέση μνήμης (V20.0) στον OPC server. Αυτή η μνήμη έχει αντιστοιχηθεί και στον OPC server αλλά και στο Labview με την λειτουργία αυτή. Για μεν τον OPC server έχουμε δώσει ένα όνομα στην V20.0 (*Auto/Man*) που να συμβαδίζει με τη λειτουργία που επιτελεί, όπως επίσης έχουμε ορίσει ότι πρόκειται για δυαδικό στοιχείο (*Boole*). Μετά την ολοκλήρωση της καταχώρισης αυτής, αυτή η μνήμη αποκτά μια διεύθυνση URL (*Uniform Resource Locator*) που είναι

μοναδική. Κατόπιν αυτή η URL που έχει δημιουργηθεί στον OPC server χρησιμοποιείται από το Labview για να αναφερθεί στην συγκεκριμένη θέση μνήμης.

Μαζί με τον έλεγχο του auto και manual σε κάθε κύκλο της *main* λειτουργίας, το πρόγραμμα εκτελεί και την ρουτίνα *conversion* και *Real time clock*, όπου η λειτουργία τους θα αναλυθεί παρακάτω.

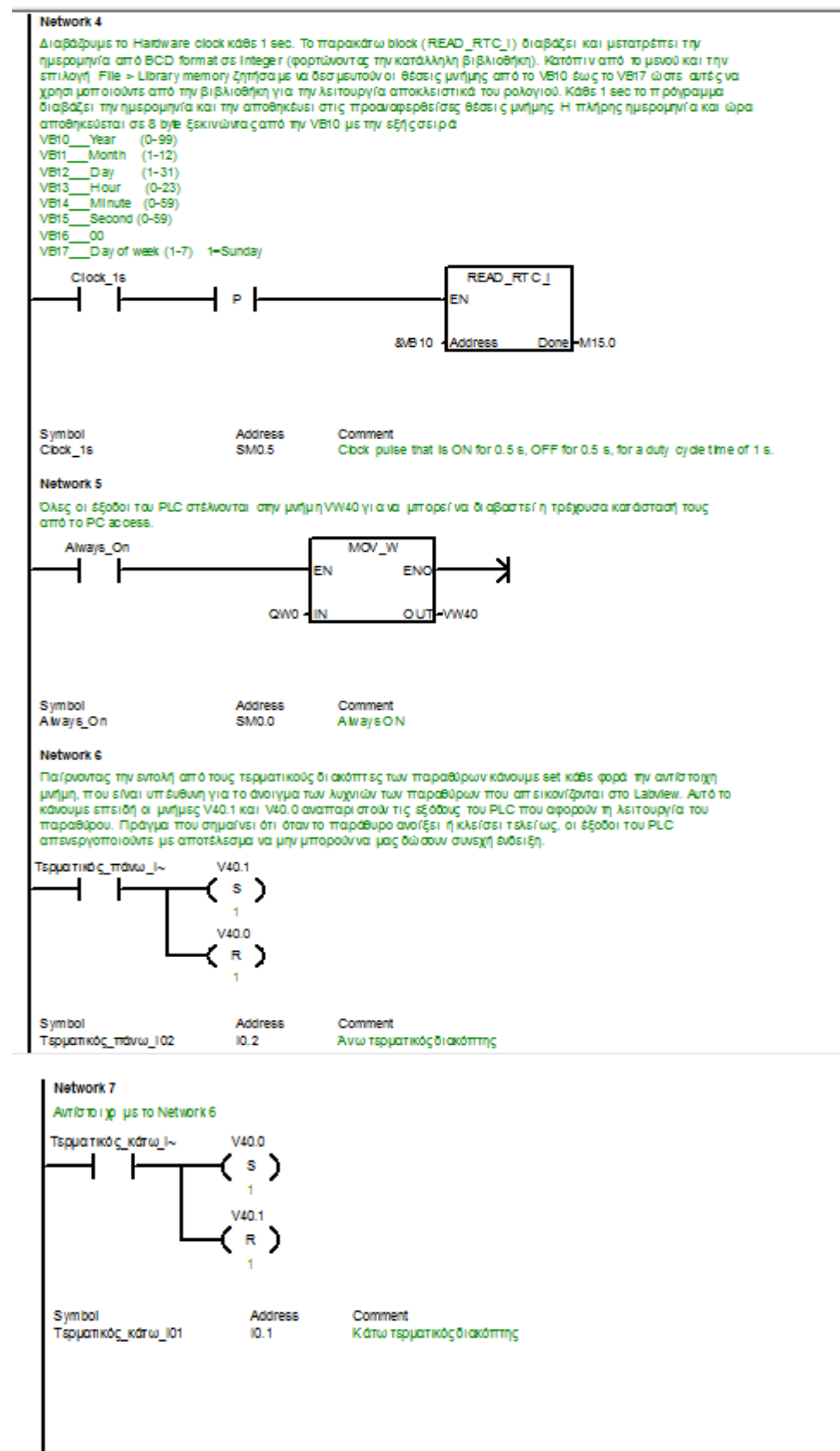
Επίσης σε κάθε κύκλο του προγράμματος (scan cycle) η τρέχουσα τιμή του ρολογιού του υπολογιστή (hardware clock) καταχωρείται στο Real time clock σε 8 byte, στις μνήμες VB10 έως VB17 με μέγεθος ενός byte η κάθε μία,. Η αναπαράσταση κάθε byte είναι όπως περιγράφεται παρακάτω.

## Main



Εικόνα 27. Main λειτουργία: Οι τρεις υπορουτίνες (subroutines) που περιέχονται στην main

## Main

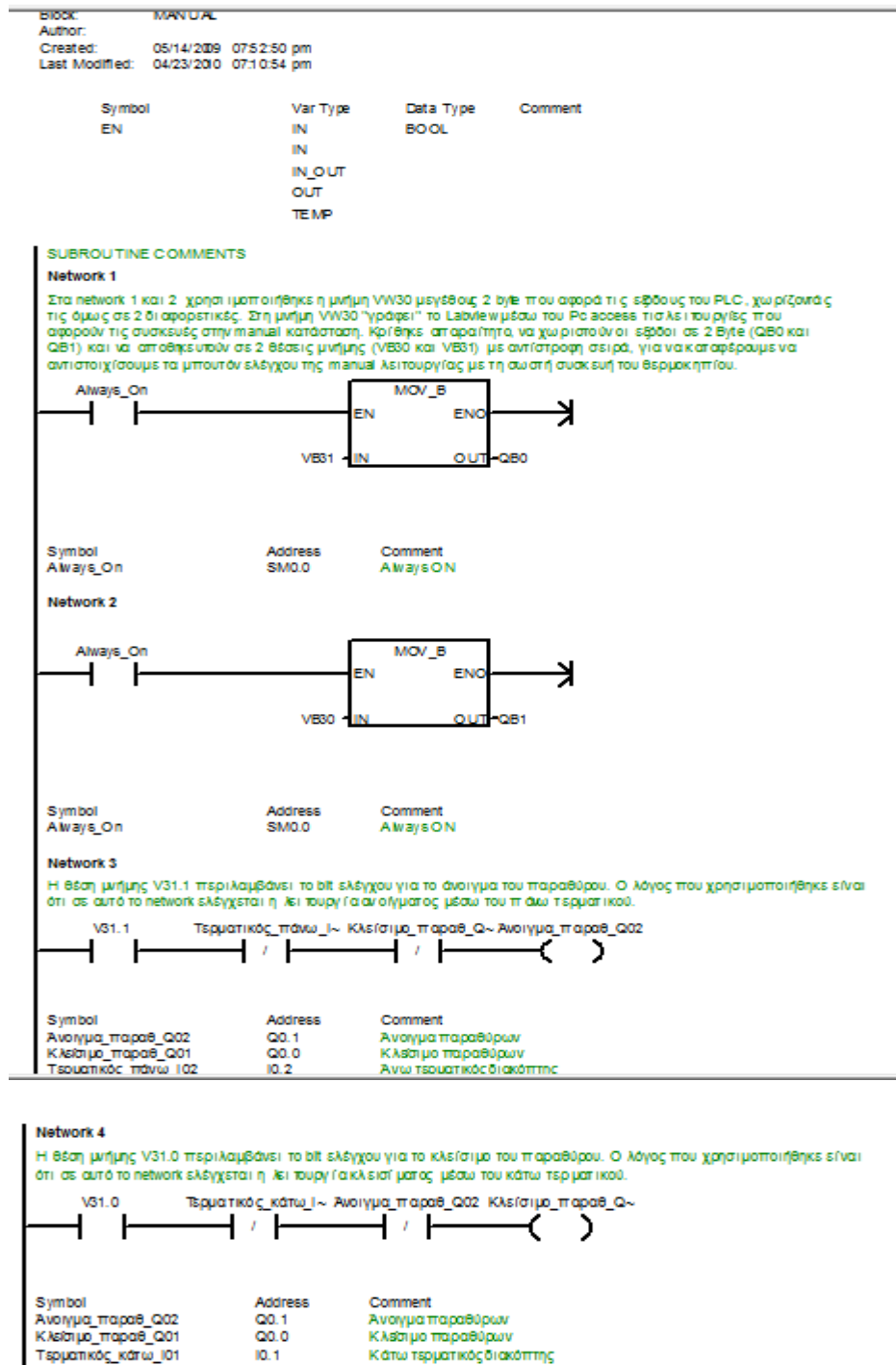


Εικόνα 28. Main λειτουργία: Λειτουργία ανανέωσης του ρολογιού για την αντλία ποτίσματος και μεταφορά των τιμών των εξόδων του PLC στην μνήμη VW40

## 13.2.2 Manual λειτουργία

Από την στιγμή που το PLC θα εκτελέσει την manual λειτουργία, μεταφέρεται η υπάρχουσα κατάσταση των εξόδων του, σε δύο θέσεις μνήμης (QB0 και QB1) μεγέθους 1 byte η κάθε μία. Αυτές οι θέσεις μνήμης όσο αφορά τον τρόπο που διαβιβάζονται στον OPC server και μετά στο Labview έχουν αντιστοιχηθεί με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω για την main λειτουργία.

### Manual



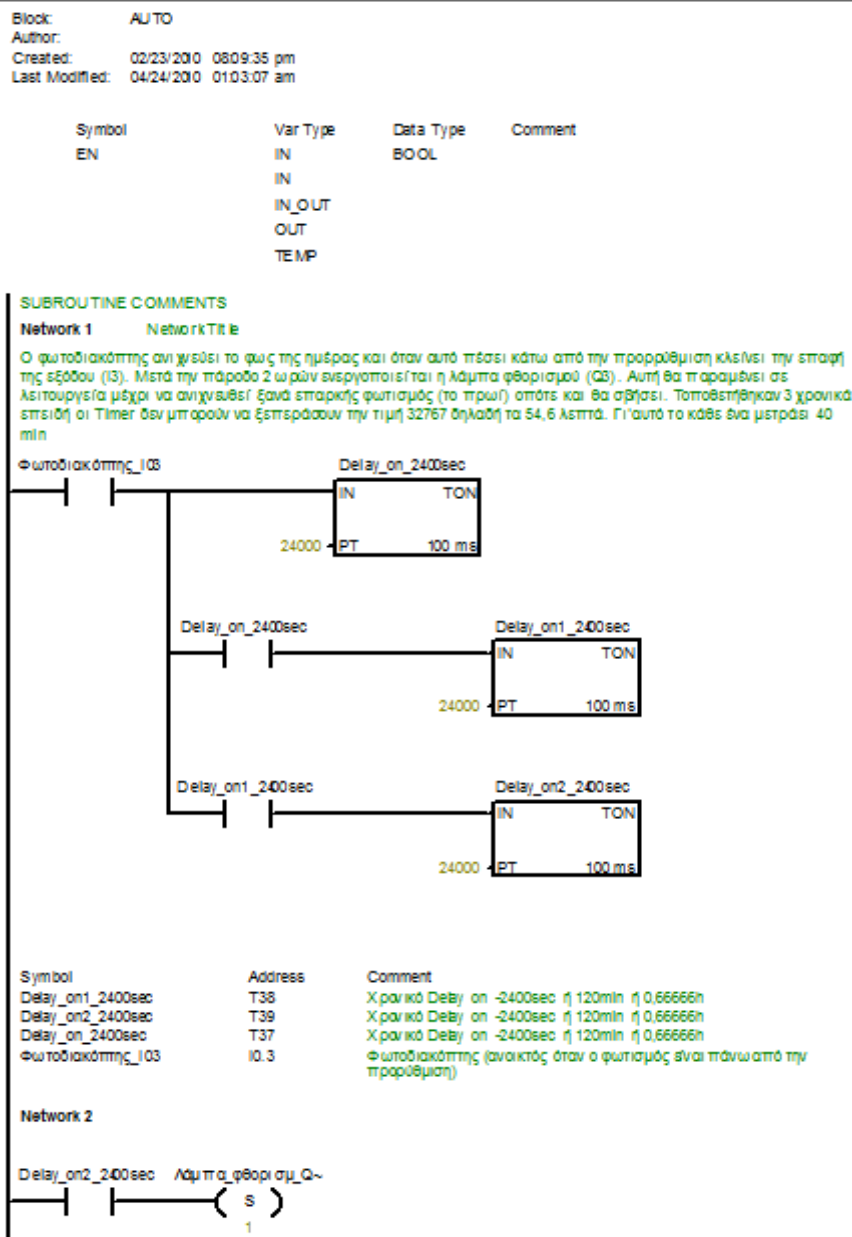
Εικόνα 29. Manual λειτουργία: Μεταφέρουμε τις τιμές των θέσεων μνήμης VB30 και VB31 που "γράφει" ο OPC server, στις εξόδους του PLC.

### 13.2.3 Auto λειτουργία

Σε αυτήν την λειτουργία έχουμε χρησιμοποιήσει τρία χρονικά ώστε να καταφέρουμε να ελέγξουμε τις λάμπες φθορισμού. Επίσης δια μέσου των συγκρίσεων ελέγχονται οι συσκευές και ανάλογα την τρέχουσα τιμή υγρασίας και θερμοκρασίας, ενεργοποιούμε ή όχι την συσκευή που απαιτείται, ώστε οι συνθήκες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου να διατηρούνται στις τιμές που επιβάλλονται από τις προδιαγραφές των φυτών που εμπεριέχει.

Τέλος, οριοθετούμε τις θέσεις μνήμης που απεικονίζουν την κατάσταση του ρολογιού, θέτοντας συγκεκριμένες τιμές στην ώρα και στα λεπτά, ώστε να ενεργοποιηθεί η αντλία ποτίσματος την στιγμή που θέλουμε και για όσο χρόνο απαιτείται. Στο πρόγραμμά μας, ελέγχοντας την ώρα και τα λεπτά, ενεργοποιούμε την αντλία κάθε μέρα.

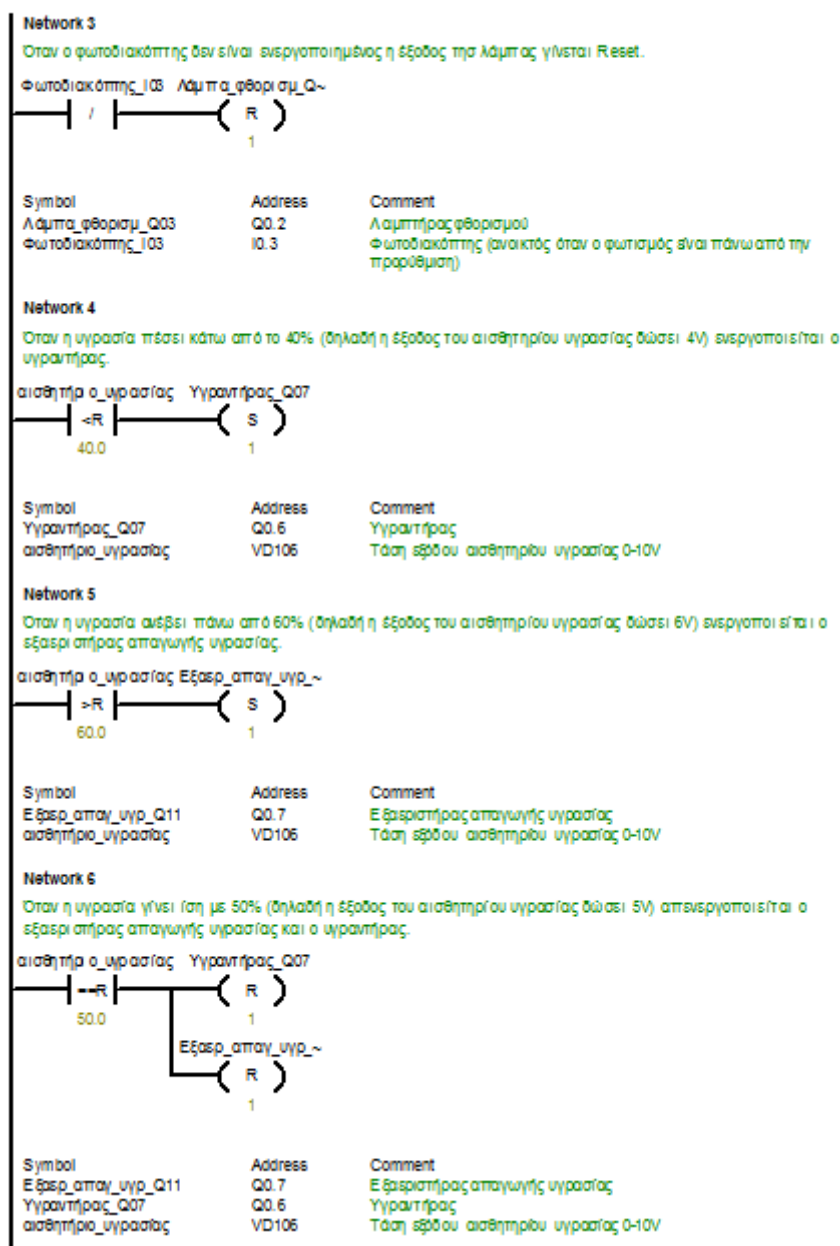
#### Auto



Εικόνα 30. Auto λειτουργία: Εισαγωγή τριών χρονικών για την εξασφάλιση του απαιτούμενου χρόνου λειτουργίας του λαμπτήρα φθορισμού

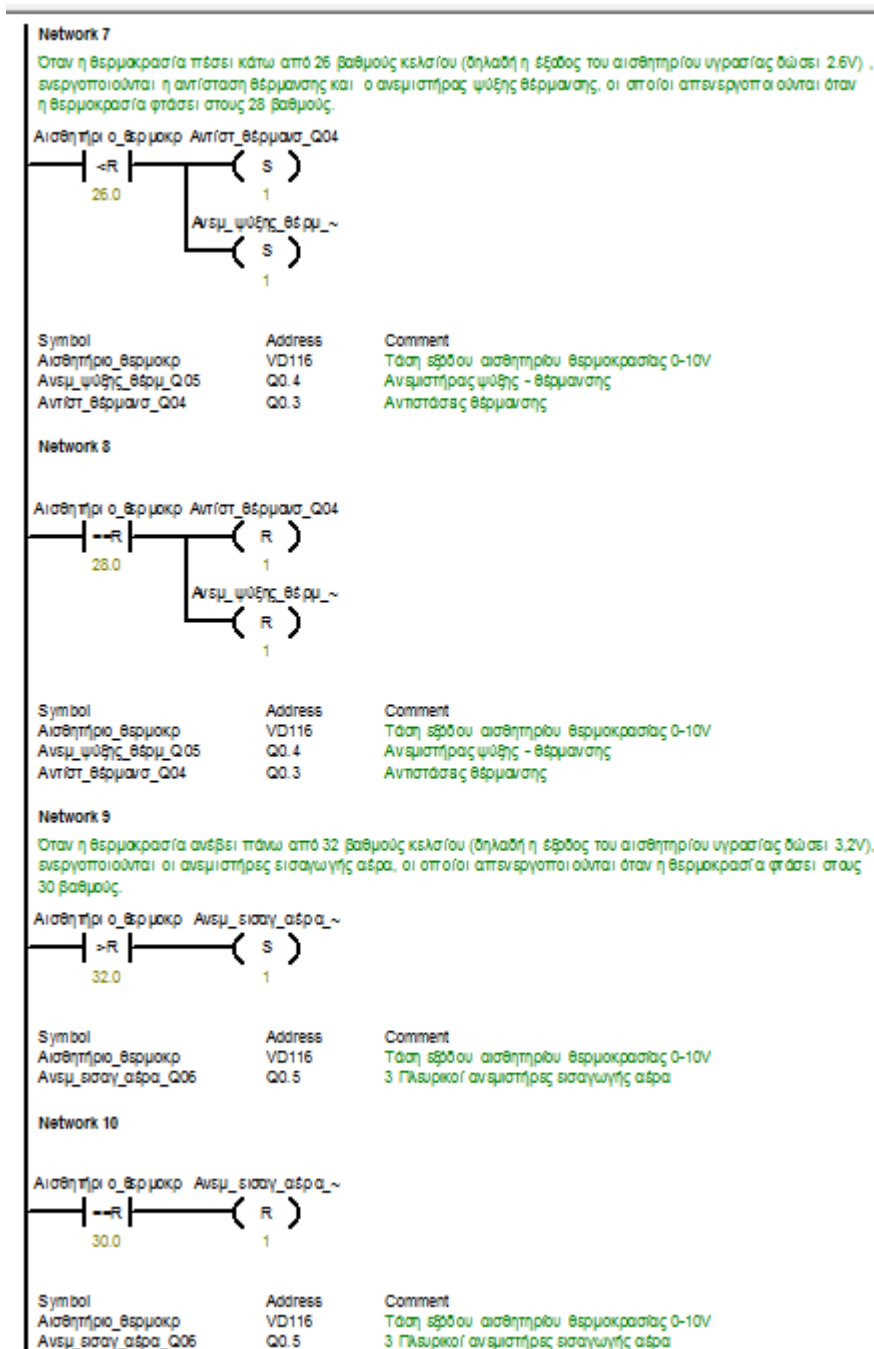
## Auto

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ / AUTO (SBR2)



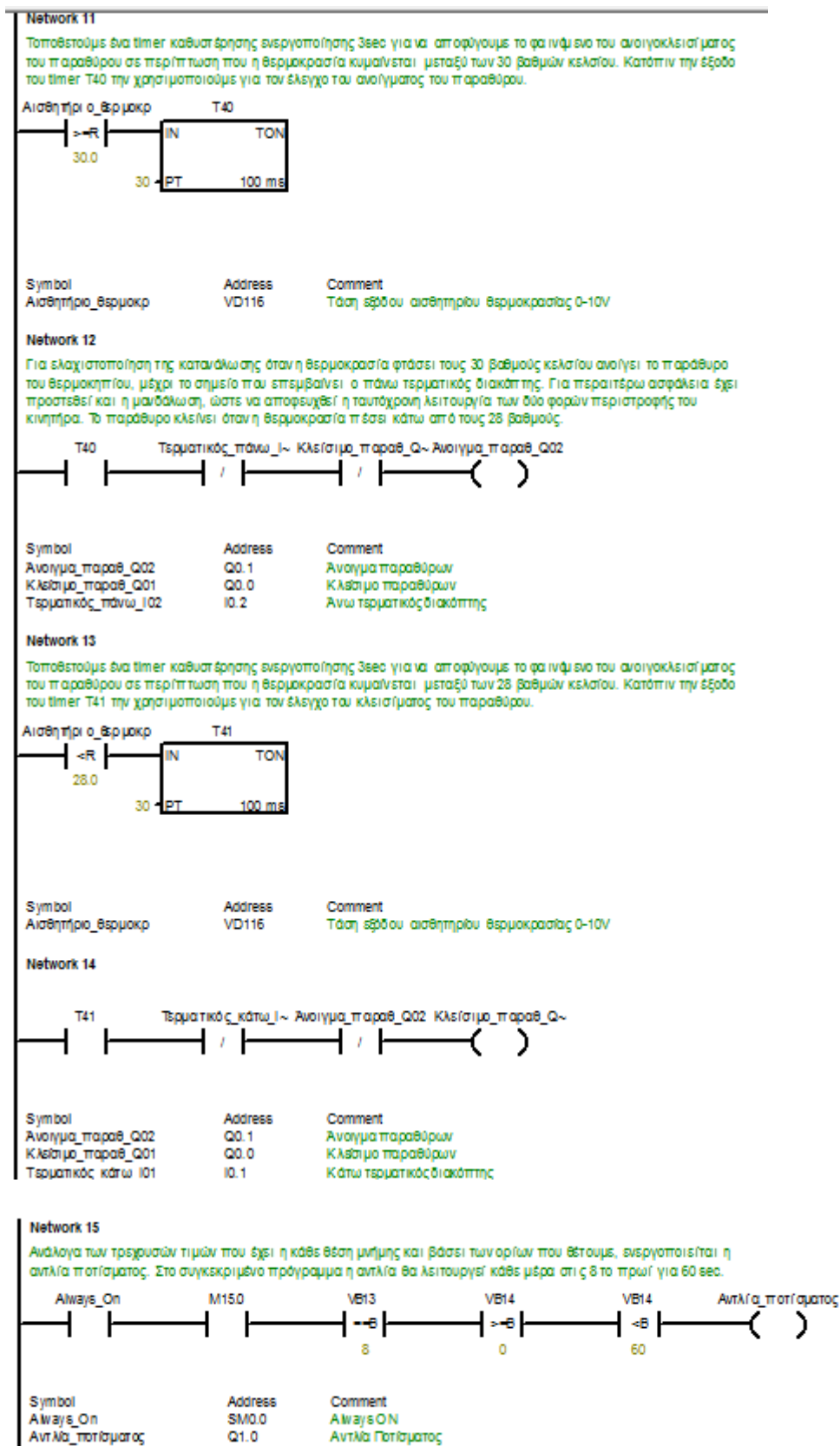
Εικόνα 31. Auto λειτουργία: Έλεγχος των εξόδων με σύγκριση της μετρούμενης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας

## Auto



Εικόνα 32. Auto λειτουργία: Έλεγχος των εξόδων με σύγκριση της μετρούμενης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας

## Auto

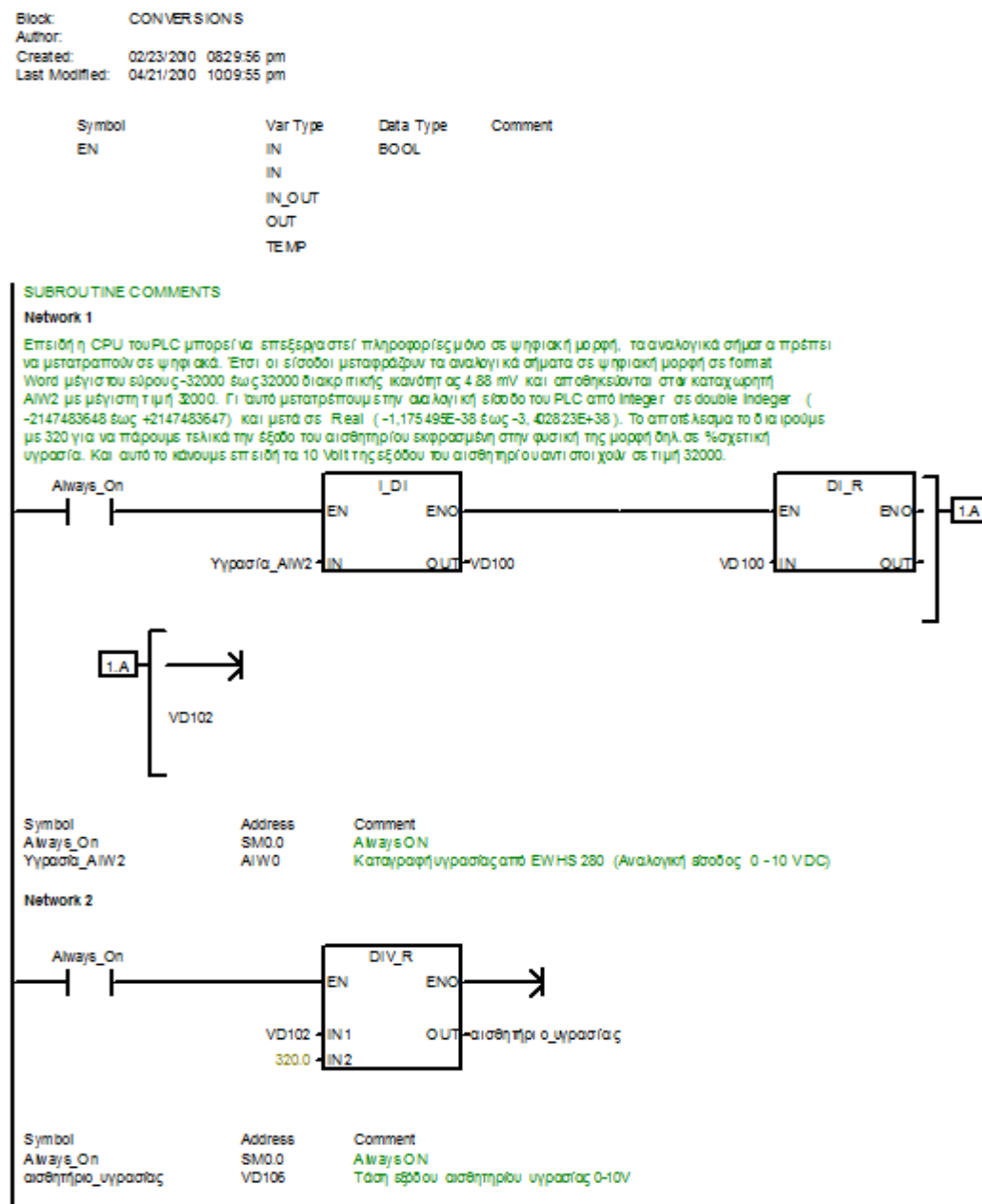


Εικόνα 33. Auto λειτουργία: Έλεγχος των εξόδων με σύγκριση της μετρούμενης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας

### 13.2.4 Λειτουργία Conversions

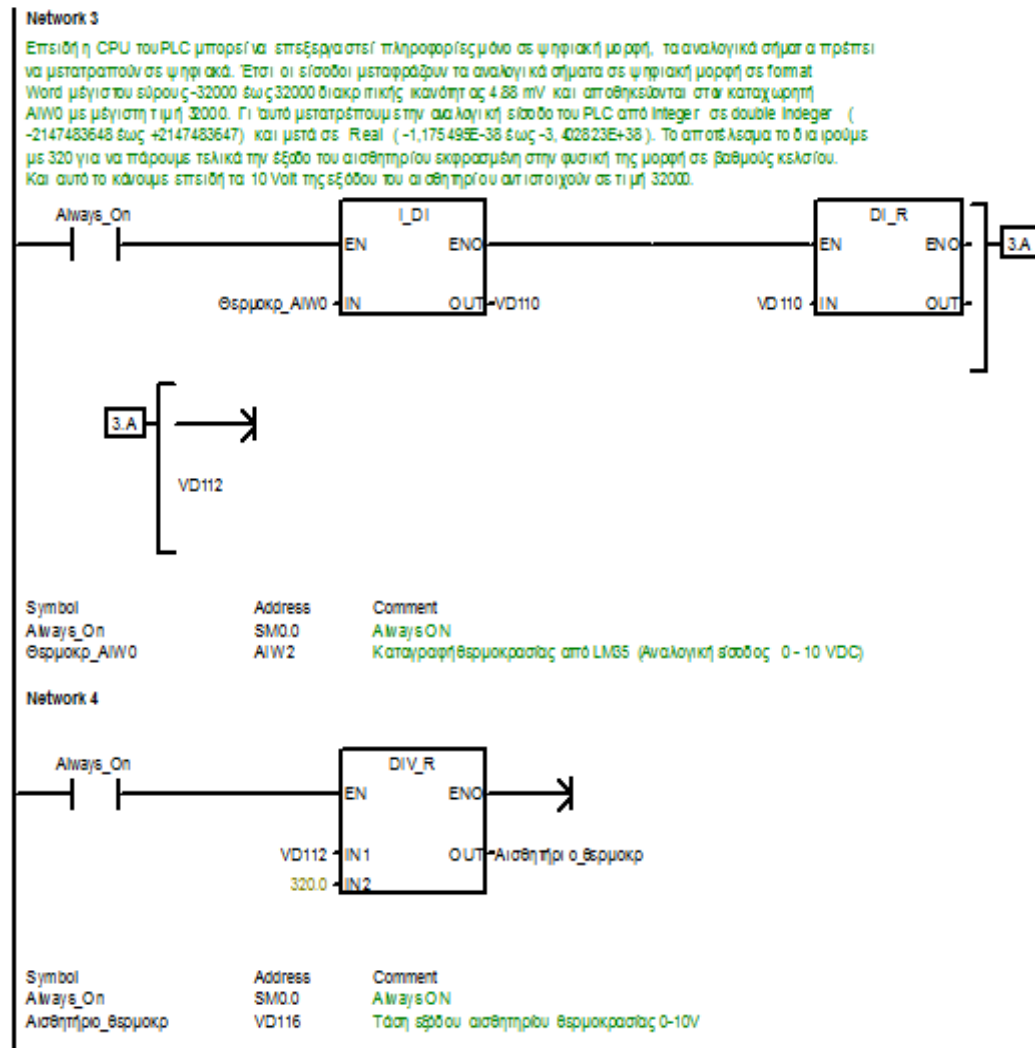
Αυτή η υπορουτίνα εκτελείται συνεχώς από το πρόγραμμα, και αυτό που κάνει είναι να μετατρέπει την τάση εξόδου των αισθητηρίων θερμοκρασίας και υγρασίας στη φυσική μορφή τους, δηλαδή σε σχετική υγρασία επί τις εκατό (RH%) και σε βαθμούς θερμοκρασίας της κλίμακας κελσίου (°C). Οι αναλογικές εισόδους του PLC που χρησιμοποιούνται για αυτόν το σκοπό είναι η AIW0 και η AIW2. Ο τύπος του αισθητηρίου θερμοκρασίας είναι το γνωστό γραμμικό αισθητήριο LM35 με αναλογική έξοδο τάσης και το αισθητήριο υγρασίας είναι το EWHS 280 της εταιρείας eliwell με αναλογική έξοδο ρεύματος 4-20mA όπου με μία μετατροπή στο κύκλωμά του ελεγκτή του παίρνουμε έξοδο τάσης εύρους 0-10V.

#### Conversions



Εικόνα 34. Λειτουργία Conversions: Μετατροπή της τιμής της υγρασίας από ψηφιακή μορφή, στο φυσικό της μέγεθος

## Conversions

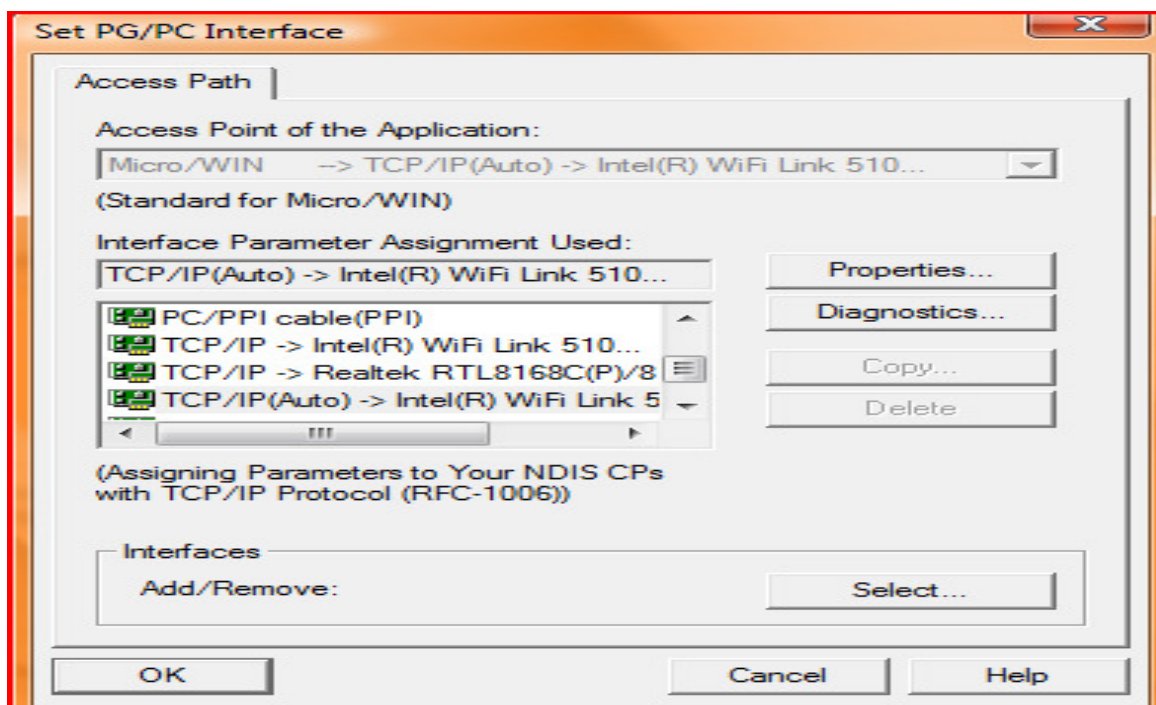


Εικόνα 35. Λειτουργία Conversions: Μετατροπή της τιμής της θερμοκρασίας από ψηφιακή μορφή, στο φυσικό της μέγεθος

## 14. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΤΗΣ CPU 224XP

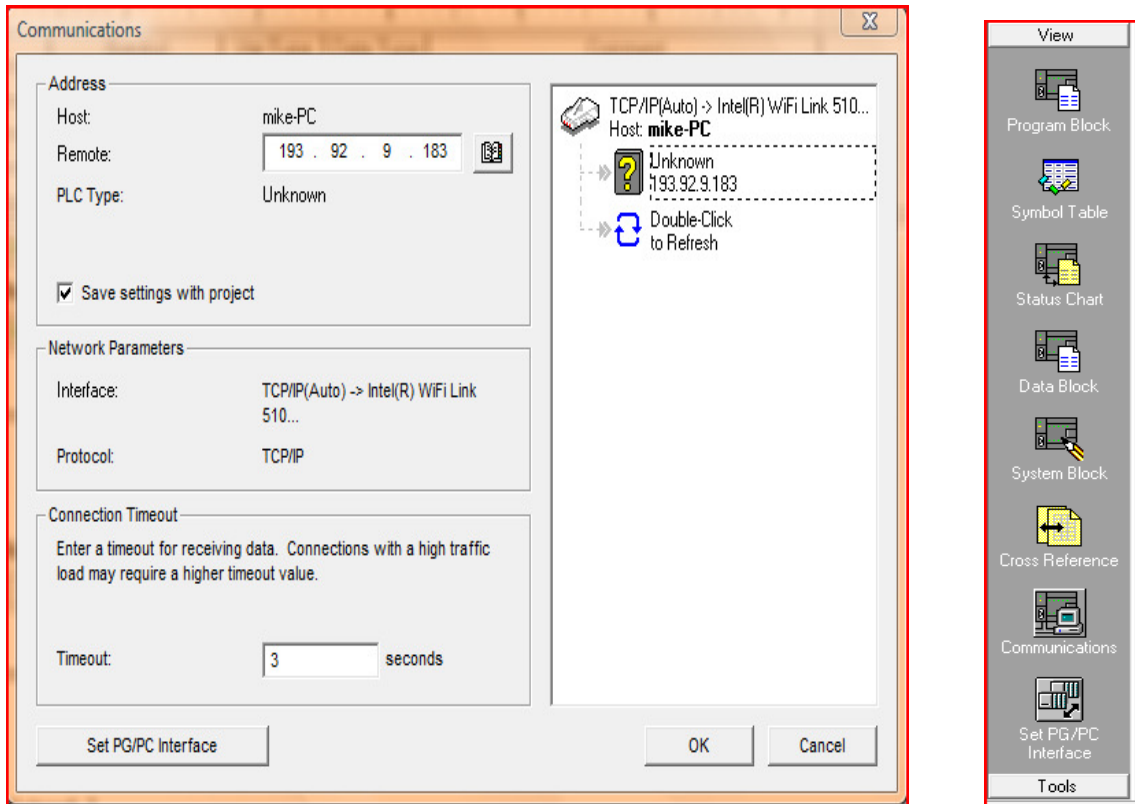
Για να γίνει η διαμόρφωση του PLC και να του δώσουμε μια συγκεκριμένη διεύθυνση IP, όπου με αυτήν θα αναγνωρίζεται από το δίκτυο, κάνουμε τα εξής<sup>113</sup>:

Βήμα	Περιγραφή
1	Συνδέουμε τη θύρα RS232 (com1 ή com2) του PLC με το καλώδιο επικοινωνίας (PPI cable) από τη μια πλευρά και από την άλλη με το PC.
2	Επιλέγουμε το <i>set PG/PC interface</i> για να ορίσουμε τον τρόπο με τον οποίο ο υπολογιστής μας θα επικοινωνήσει με το PLC. Αφού πρόκειται για επικοινωνία με καλώδιο θα επιλέξουμε <i>PC/PPI cable (PPI)</i> .
4	Γυρνάμε πίσω ξανά στην καρτέλα communication και διπλοπατάμε με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού στο σημείο <i>Double Click to Refresh</i> . Αν όλα τα βήματα έχουν γίνει σωστά το πρόγραμμα θα απεικονίσει τον τύπο του PLC.
5	Διαμορφώνουμε την μονάδα Ethernet (εξηγείται στα επόμενα βήματα) και «κατεβάζουμε» το πρόγραμμα της εφαρμογής μας (download) στο PLC. Γυρνάμε ξανά στο βήμα 2 για να επιλέξουμε πλέον το μόνιμο τρόπο επικοινωνίας που είναι μέσω δικτύου. Η δική μας επιλογή ήταν ασύρματη επικοινωνία με το ρούτερ του εργαστηρίου. Σε αυτήν την επιλογή φαίνεται η κάρτα WI-FI που διαθέτει ο υπολογιστής μας [ <i>TCP/IP (Auto) intel (R) Wi-Fi Link 510</i> ]. Κατόπιν μπορούμε να ξαναγυρίσουμε στο βήμα 4 και να βρούμε τη θέση του PLC μέσω του δικτύου πλέον.



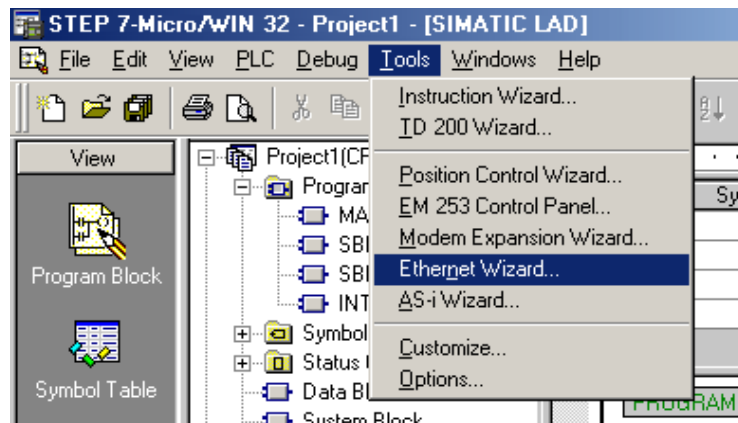
Εικόνα 36. Κάρτα εισαγωγής IP διεύθυνσης και επικύρωση της σύνδεσης μέσω TCP/IP

<sup>113</sup> Siemens, *S7-200. Programmable Controller System Manual*, Siemens AG, Nuernberg 2007, σ.224.



Εικόνα 37. Επιλογή του τύπου επικοινωνίας με το PLC

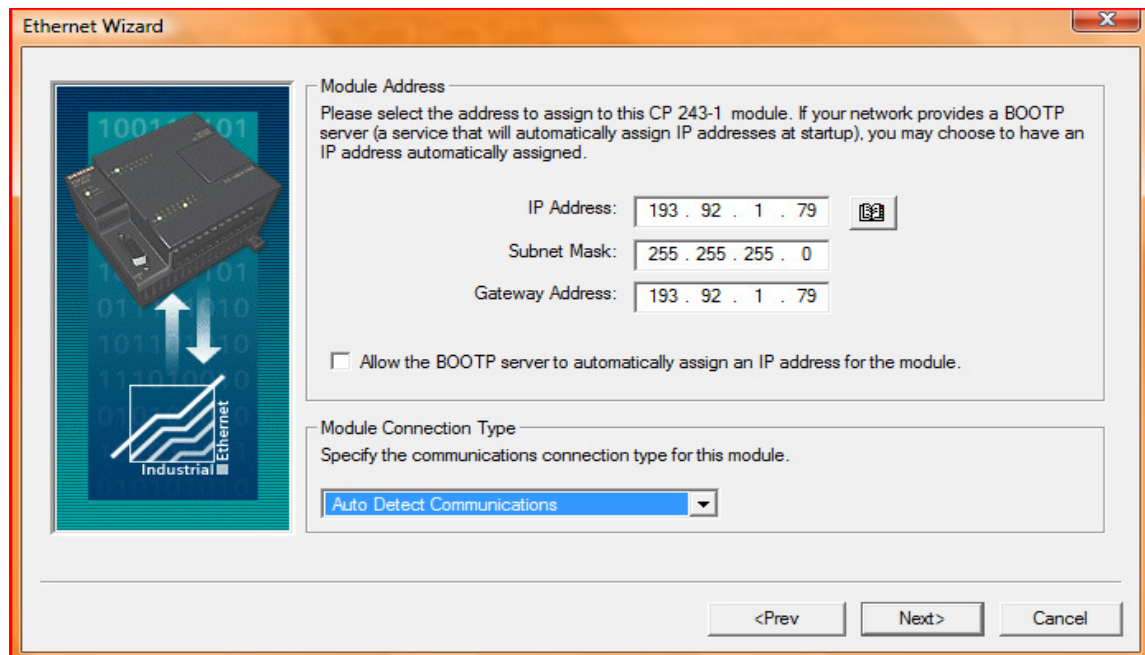
Τα παρακάτω βήματα περιγράφουν την διαμόρφωση της σύνδεσης και προγραμματισμού της CPU.



Εικόνα 38. Αναζήτηση του οδηγού για τη διαμόρφωση της Ethernet επικοινωνίας

Βήμα	Περιγραφή
1	Αφού επιλέξουμε τον τύπο του PLC της εφαρμογής μας (CPU 224 XP), επιλέγουμε από το menu : <i>Tools</i> ► <i>Ethernet Wizard</i>
2	Στο δεύτερο παράθυρο διαλόγου εμφανίζεται η θέση της μονάδας στο δίκτυο. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι η '0' με μέγιστο το 8.

<b>3</b>	Η διεύθυνση IP και η μάσκα υποδικτύου ( <i>subnet mask</i> ) εμφανίζονται στο τρίτο παράθυρο.
----------	---



**Εικόνα 39. Εισαγωγή IP, Subnet Mask, Gateway Address**

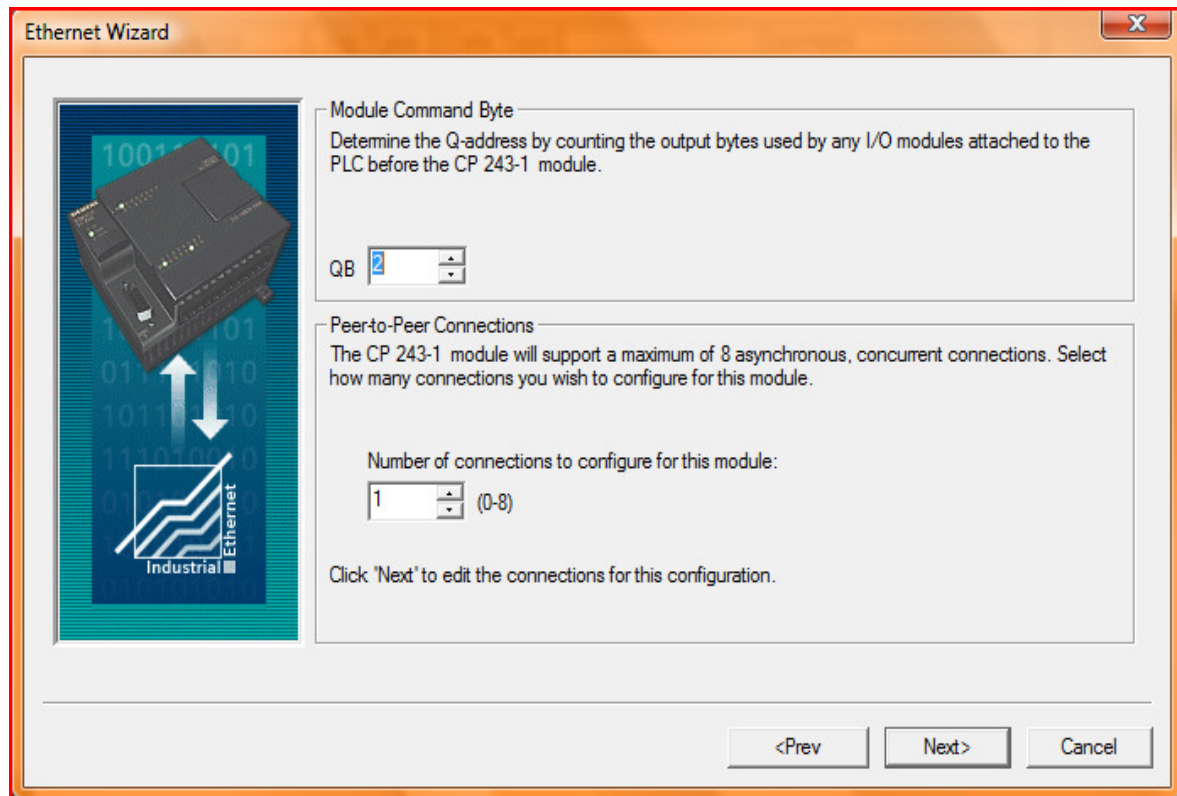
### Σημείωση 1

Η διεύθυνση IP που απεικονίζεται, είναι παράδειγμα. Οπότε σε μια άλλη εφαρμογή μπορεί να διαφέρει.

### Σημείωση 2

Η επιλογή 'allow the BOOTP server to automatically assign an IP address for the module' δεν θα πρέπει να επιλεγεί επειδή η διαμόρφωση της σύνδεσης του OPC server περιμένει μια σταθερή IP.

Βήμα	Περιγραφή
<b>4</b>	Για τον υπολογισμό του Byte ελέγχου, όλα τα bytes εξόδου (QB) που βρίσκονται πριν από την CP243-1, πρέπει να προστεθούν. Το αμέσως επόμενο byte (δεν έχει ληφθεί) θα είναι το byte ελέγχου. Π.χ. τα on board byte εξόδου που χρησιμοποιεί η CPU 224 είναι το QB0 και QB1, το αμέσως επόμενο χρησιμοποιημένο byte θα είναι το QB2. Επιπλέον, επιλέγουμε τον αριθμό των συνδέσεων για αυτή τη συσκευή. Αν επιλεγεί το «0», η μοναδική διαθέσιμη σύνδεση θα είναι η PG η οποία χρησιμοποιείται από το Micro/Win.

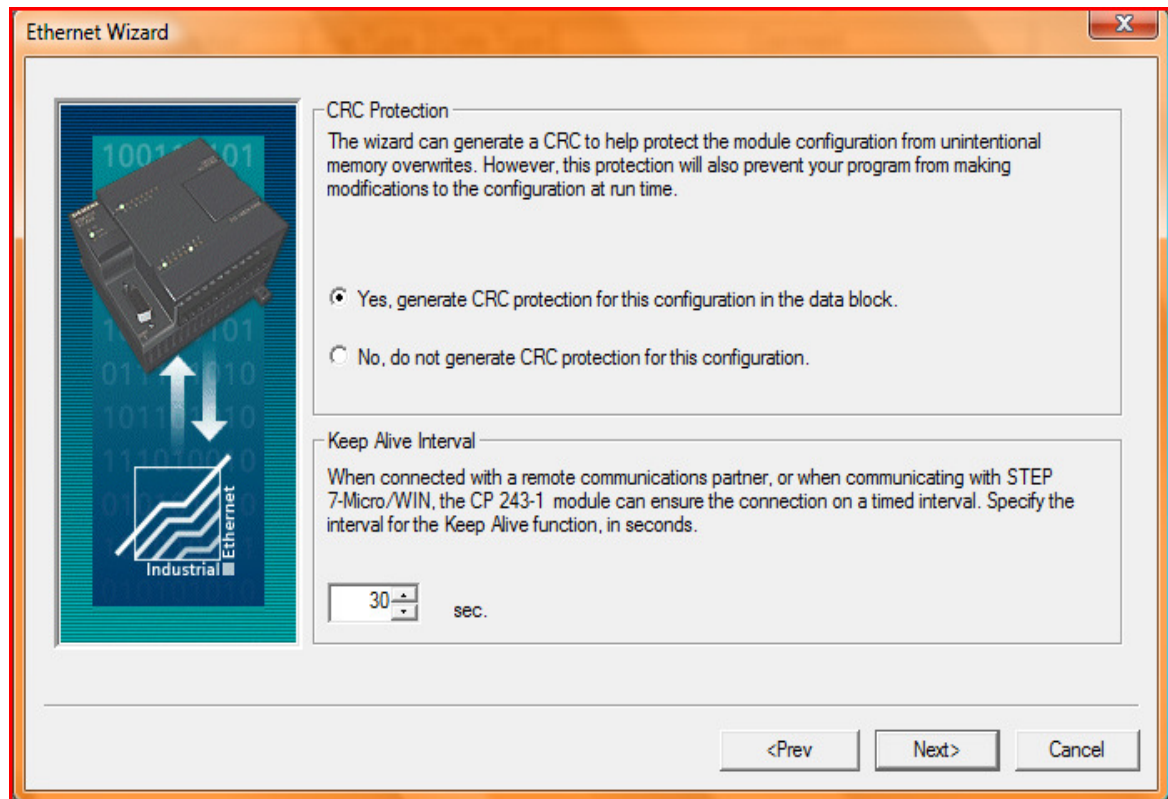


Εικόνα 40. Ορισμός byte εξόδου και αριθμού συνδεδεμένων PLC

### Σημείωση 3

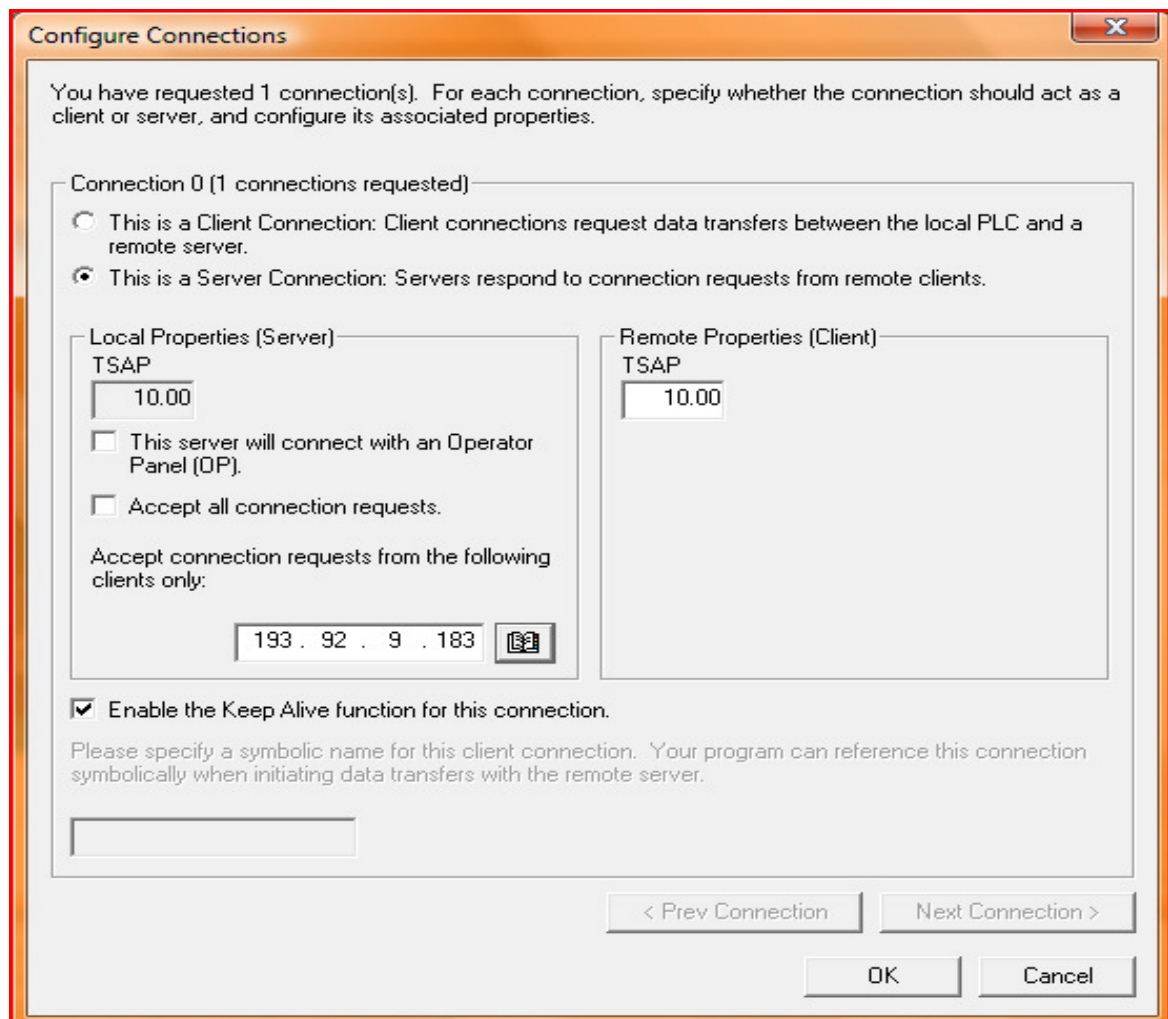
Ο αριθμός των συνδέσεων αφορά στο πόσες ταυτόχρονες συνδέσεις μπορεί το PLC να υποστηρίξει. Όταν πρόκειται να έχουμε μόνο μια σύνδεση του OPC server που να μιλάει με το PLC, τότε επιλέγουμε τον αριθμό «1». Αυτό θα μας εξασφαλίσει την μέγιστη απόδοση για τον OPC Server. Πρέπει να σημειώσουμε ότι η απόδοση του CP 243-1 μειώνεται με την αύξηση του αριθμού των ενεργών συνδέσεων. Αν οι συνδέσεις είναι πάνω από μια τότε αυτές θα πρέπει να διαμορφώνονται χωριστά.

Βήμα	Περιγραφή
5	Ενεργοποιούμε τον μηχανισμό ελέγχου σφαλμάτων (cyclic redundancy check) για να προστατεύσουμε την διαμόρφωση στην μονάδα CP243-1
6	<i>Keep Alive interval</i> είναι τα διαστήματα χρόνου όπου η CP243-1 ελέγχει την κατάσταση της σύνδεσης. Η προκαθορισμένη τιμή είναι 30 sec. Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το διάστημα, τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο χρόνος διατήρησης της σύνδεσης μεταξύ του OPC Server και της συσκευής σε περίπτωση αδράνειας. Ένας παρατεταμένος χρόνος αδράνειας μπορεί να μην είναι επιθυμητός αν έχουμε πολλές συνδέσεις. Κάθε client θα πρέπει να περιμένει αυτό το χρονικό διάστημα πριν να συνδεθεί με τη συσκευή και αφού ο τελευταίος συνδεδεμένος client έχει ολοκληρώσει την επικοινωνία του. Προτείνεται να αφήσουμε την προεπιλογή των 30sec.



Εικόνα 41. Ενεργοποίηση μηχανισμού προστασίας και χρόνο αναμονής σύνδεσης σε περίπτωση αδράνειας

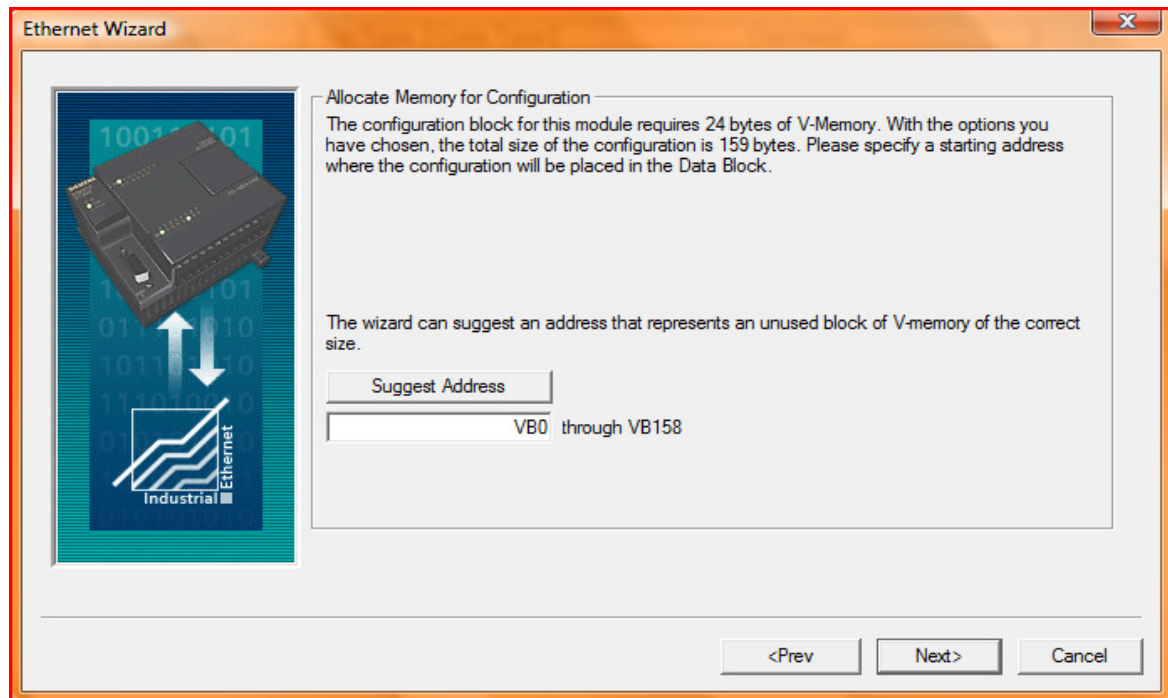
Βήμα	Περιγραφή
7	<p>Υπάρχουν δύο είδη συνδέσεων: <i>client</i> και <i>server</i>.</p> <p>-Στην <i>client</i> σύνδεση, η συσκευή είναι ο <i>client</i> και κάνει αίτηση με τους <i>servers</i> (δηλ. άλλες συσκευές). Σε μια σύνδεση <i>Server</i>, η συσκευή είναι ο <i>Server</i> και χειρίζεται αιτήματα από τους <i>clients</i> (πχ όπως τον <i>OPC Server</i> με άλλες συσκευές).</p> <p>Εμείς επιλέγουμε <i>server connection</i>. Έτσι, το <i>CP 243-1</i> θεωρείται ο <i>server</i> (<i>Local</i>) και ο <i>OPC Server</i>, το κανάλι. Το <i>Labview</i> θεωρείται <i>client</i> (<i>Remote</i>).</p> <p>Κατόπιν γράφουμε το <i>Remote TSAP</i>, ή αφήνουμε το προεπιλεγμένο. Αυτό θα είναι το <i>Local TSAP</i> στον <i>OPC Server</i>.</p> <p>Προαιρετικά: μπορούμε να αποδεχόμαστε όλες τις αιτήσεις σύνδεσης ή να περιοριστούμε σε μια συγκεκριμένη. Συνιστάται η αποδοχή όλων των αιτήσεων σύνδεσης. Αν μας ενδιαφέρει η ασφάλεια της συσκευής ή αν πρόκειται να συνδεθούμε με αυτήν μέσω <i>internet</i>, θα πρέπει να επιλέξουμε συγκεκριμένη <i>IP</i>. Επίσης ο χρήστης θα πρέπει να εξασφαλίσει ότι ο <i>OPC Server</i> τρέχει σε <i>PC</i> το οποίο έχει συγκεκριμένη διεύθυνση <i>IP</i>.</p> <p>Η επιλογή της δικής μας εφαρμογής ήταν <i>TSAP 10.00</i> για τον <i>server</i> και <i>10.00</i> για τον <i>client</i> (αφού πρόκειται για σύνδεση με ένα <i>PLC</i>).</p>



**Εικόνα 42. Επιλογή server ή client σύνδεσης, ορισμός του TSAP για την κάθε σύνδεση και της IP διεύθυνσης του υπολογιστή.**

<b>Βήμα</b>	<b>Περιγραφή</b>
<b>8</b>	Μετά που θα τελειώσουμε με την διαμόρφωση της σύνδεσης, θα πρέπει να δεσμευθεί η απαιτούμενη μνήμη για να αποφύγουμε την αντικατάσταση των δεδομένων που περιέχει η διαμόρφωση. Τα δεδομένα της διαμόρφωσης αποθηκεύονται μέσα στη V-μνήμη. Επίσης θα πρέπει να παρέχεται το σωστό μέγεθος της μνήμης το οποίο απαιτεί να είναι 159 bytes. Ο οδηγός μπορεί να εντοπίσει για μας ποια μνήμη δεν χρησιμοποιείται.
<b>9</b>	Στο επόμενο βήμα δημιουργείται μια υπορουτίνα ( <i>ETHO_CTRL</i> ) όπου είναι διαθέσιμη στο περιβάλλον προγραμματισμού.
<b>10</b>	Η υπορουτίνα ( <i>ETHO_CTRL</i> ) θα πρέπει να καλείται μία φορά σε κάθε κύκλο στην main λειτουργία, και ο ρόλος της είναι να προετοιμάζει τη λειτουργία της μονάδας επικοινωνίας (CP243-1) και να παρέχει τους κώδικες σφαλμάτων σε ότι αφορά την επικοινωνία με την μονάδα Ethernet <sup>114</sup> .

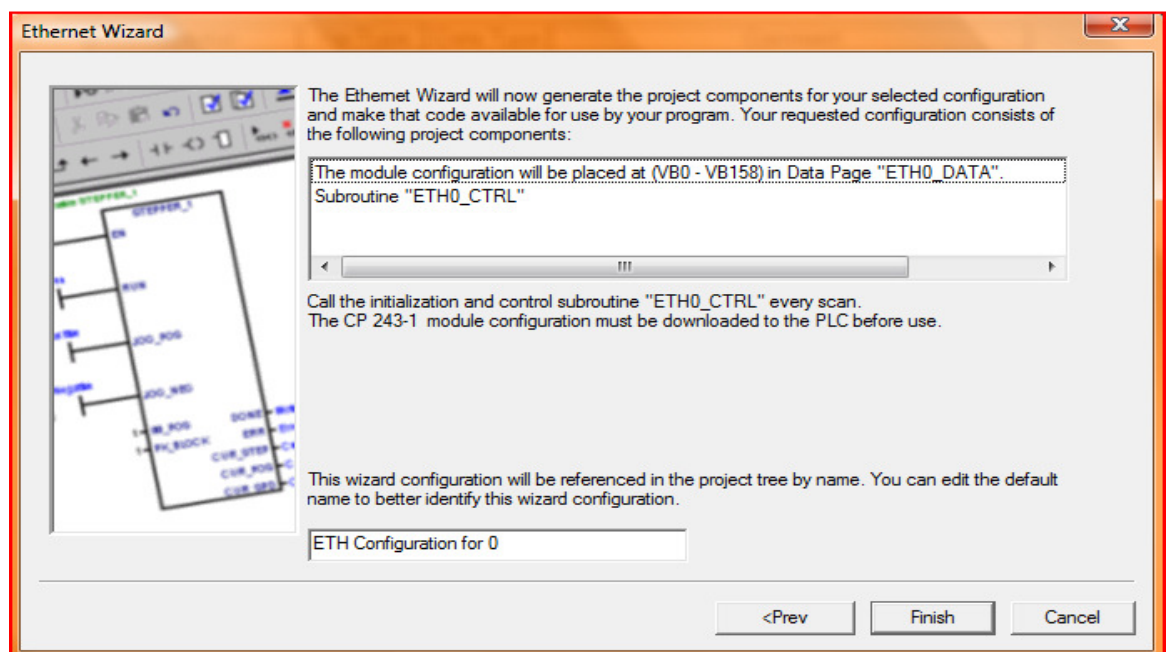
<sup>114</sup> Siemens, *S7-200. Programmable Controller System Manual*, ό.π., σ.233.



Εικόνα 43. Επιλογή μνήμης που θα δεσμευθεί για την διαμόρφωση του επεξεργαστή επικοινωνίας

#### Σημείωση 4

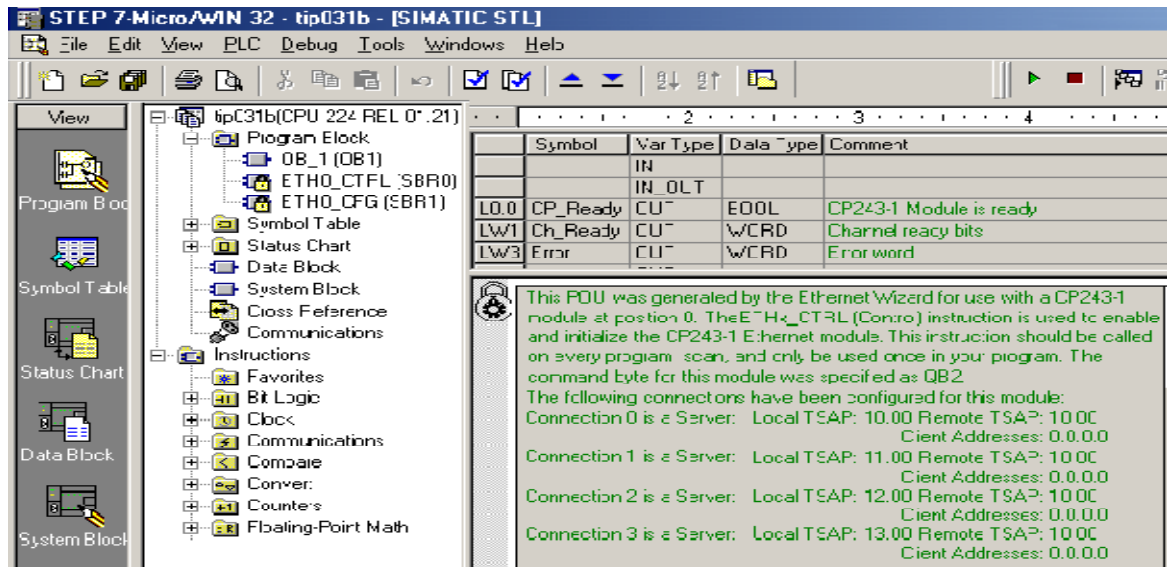
Συνιστάται, τη θέση μνήμης να την καταλαμβάνει το MicroWin. Εάν δεν έχει ενεργοποιηθεί η προστασία CRC θα πρέπει να προσέξουμε ώστε σε καμία άλλη πτυχή του προγράμματος του PLC δεν θα αντικατασταθεί η μνήμη που απαιτήθηκε για την διαμόρφωση του CP 243-1.



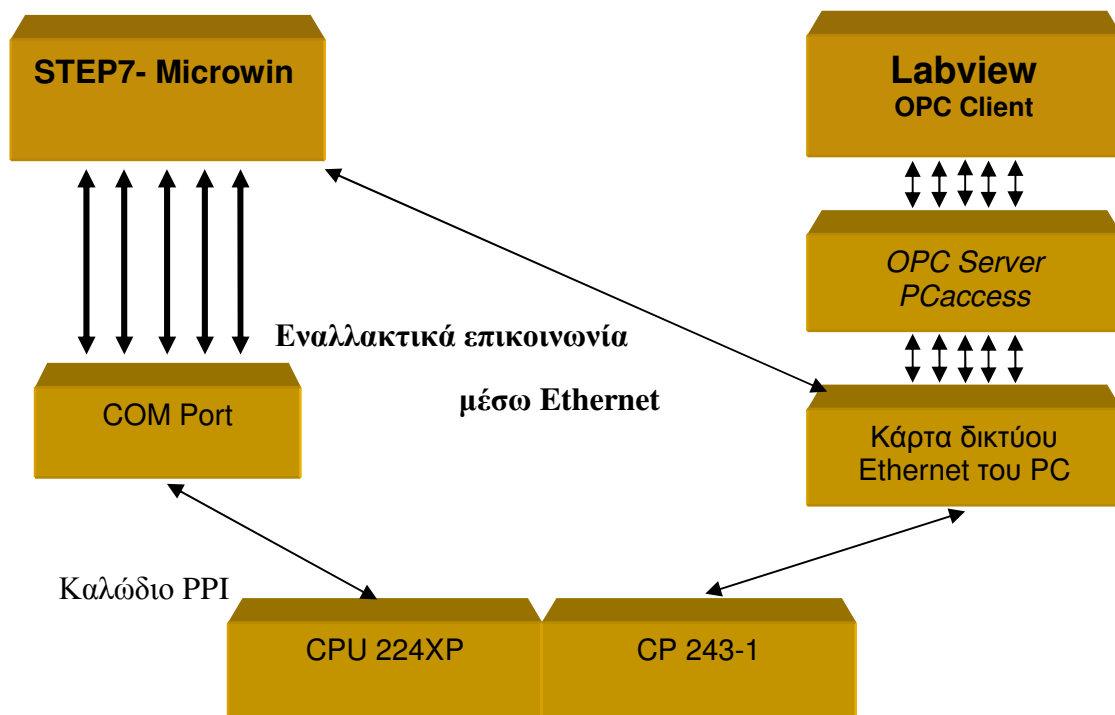
Εικόνα 44. Εδώ δημιουργείται η υπορουτίνα *ETH0\_CTRL*. Ο ρόλος της είναι να προετοιμάζει τη λειτουργία της μονάδας επικοινωνίας (CP243-1) και να παρέχει τους κώδικες σφαλμάτων.

## Σημείωση 5

Για να δούμε τις ρυθμίσεις που πραγματοποιήσαμε με τον οδηγό Ethernet πατάμε διπλό κλικ στο ETH0\_CTRL κάτω από το Program Block. Παρακάτω φαίνεται ένα δείγμα διαμόρφωσης που δημιουργήθηκε με τον Ethernet Wizard. Όπως φαίνεται και στο σχήμα, θα πρέπει να θυμόμαστε ότι το Remote TSAP είναι στον OPC Server και το Remote TSAP είναι το Local TSAP στον OPC Server.



Εικόνα 45. Δείγμα απεικόνισης της διαμόρφωσης με τέσσερις μονάδες CP 243-1 που δημιουργείται από τον Ethernet Wizard.



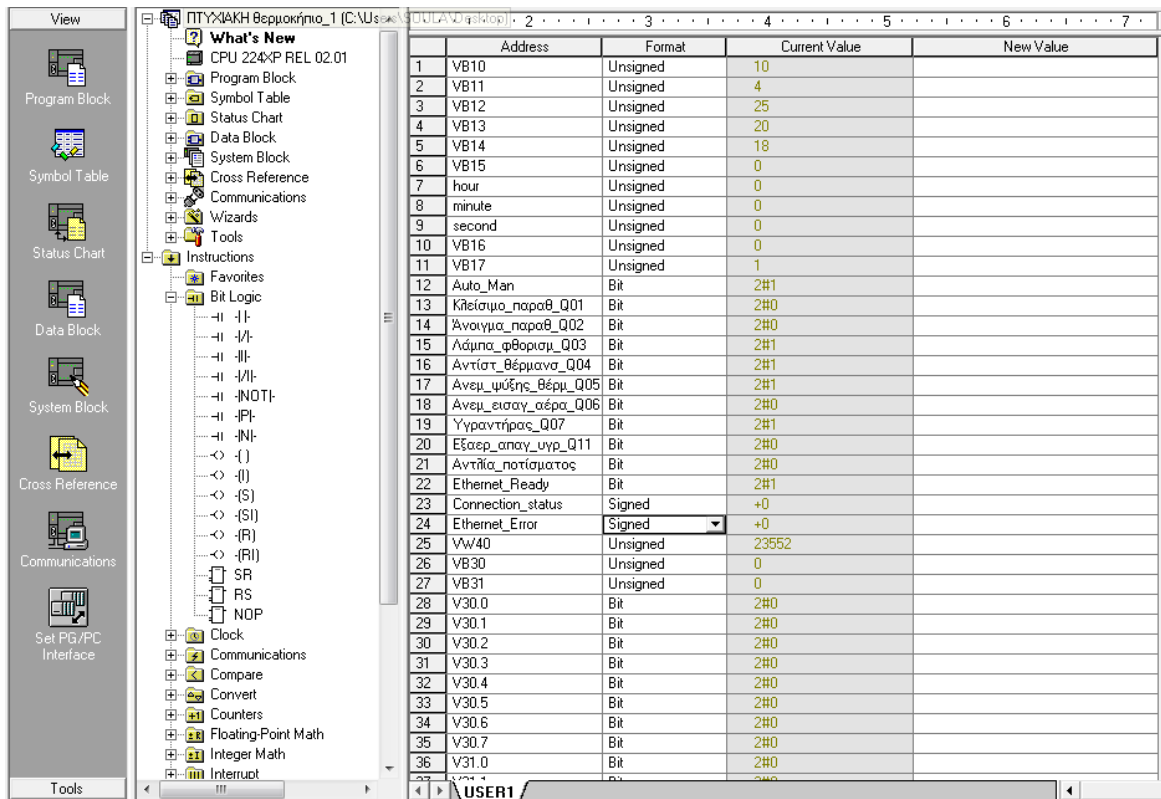
#### Σχήμα d. Διάγραμμα με τις επιλογές επικοινωνίας μέσω καλωδίου PPI και μέσω Ethernet

Για την καλύτερη εποπτεία του προγράμματος, καταχωρήθηκαν όλες οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στο “Symbol table”. Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκε για κάθε μεταβλητή ελέγχου ένα όνομα στην στήλη “symbol” που ανταποκρίνεται στην αντίστοιχη λειτουργία που επιτελεί. Αυτό το όνομα το έχουμε αντιστοιχίσει με την διεύθυνση (Address) που καταλαμβάνει στο PLC, γράφοντας και το σχετικό σχόλιο (Comment) για βοήθεια.

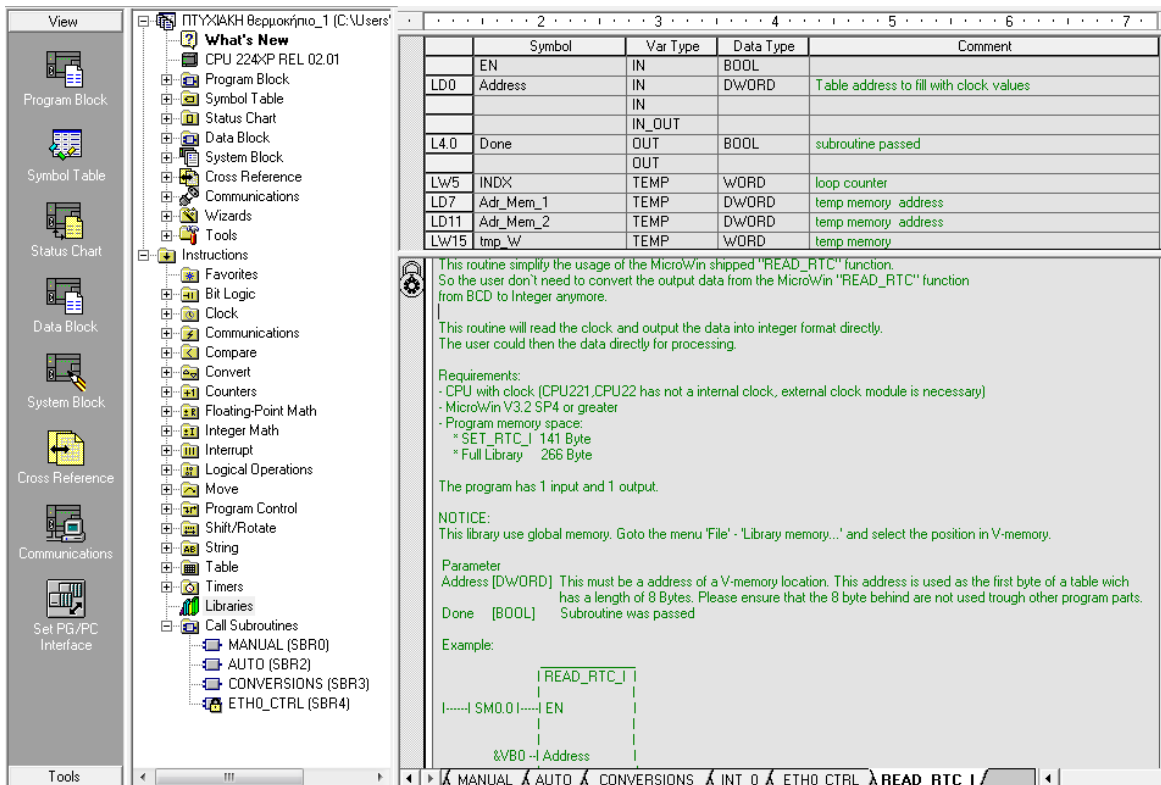
	Symbol	Address	Comment
1	Θερμοκρα_ΑΙW0	AIW2	Καταγραφή θερμοκρασίας από LM35 (Αναλογική είσοδος 0 - 10 VDC)
2	Υγρασία_ΑΙW2	AIW0	Καταγραφή υγρασίας από EWS 280 (Αναλογική είσοδος 0 - 10 VDC)
3	Τερματικός_κάτω_I01	I0.1	Κάτω τερματικός διακόπτης
4	Τερματικός_πάνω_I02	I0.2	Άνω τερματικός διακόπτης
5	Φωτοδιακόπτης_I03	I0.3	Φωτοδιακόπτης (ανοικτός όταν ο φωτισμός είναι πάνω από την προρύθμιση)
6	Auto_Man	V20.0	Διακόπτης αυτόματης/χειροκίνητης λειτουργίας
7	Κλείσιμο_παραθ_001	Q0.0	Κλείσιμο παραθύρων
8	Άνοιγμα_παραθ_002	Q0.1	Άνοιγμα παραθύρων
9	Λάμπιρας_φθορισμ_003	Q0.2	Λαμπτήρας φθορισμού
10	Αντίστ_θέρμανσ_004	Q0.3	Αντιστάσεις θέρμανσης
11	Ανεμ_ψύξης_θέρμ_005	Q0.4	Ανεμιστήρας ψύξης - θέρμανσης
12	Ανεμ_εισαγ_αέρα_006	Q0.5	3 Πλευρικοί ανεμιστήρες εισαγωγής αέρα
13	Υγραντήρας_007	Q0.6	Υγραντήρας
14	Εξασρ_απαγ_υγρ_011	Q0.7	Εξασριστήρας απαγωγής υγρασίας
15	Αντία_ποτίσματος	Q1.0	Αντία Ποτίσματος
16	Delay_on_2400sec	T37	Χρονικό Delay on -2400sec ή 120min ή 0.66666h
17	Delay_on1_2400sec	T38	Χρονικό Delay on -2400sec ή 120min ή 0.66666h
18	Delay_on2_2400sec	T39	Χρονικό Delay on -2400sec ή 120min ή 0.66666h
19	αισθητήριο_υγρασίας	VD106	Τάση εξόδου αισθητηρίου υγρασίας 0-10V
20	Αισθητήριο_θερμοκρα	VD116	Τάση εξόδου αισθητηρίου θερμοκρασίας 0-10V
21	Ethernet_Ready	M0.0	Γίνεται 1 όταν η CP243-1 είναι έτοιμη για εντολές και 0 για το αντίθετο
22	Connection_status	VW50	Έχει ένα bit για κάθε κανάλι επικοινωνίας δείχνοντας την κατάσταση του με 0 ή 1
23	Ethernet_Error	VW60	Δείχνει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η μονάδα Ethernet.
24	second	VB23	δευτερόλεπτα ρολογιού
25	minute	VB22	λεπτά ρολογιού
26	hour	VB21	ώρες ρολογιού

Εικόνα 46. Απεικόνιση του Symbol table στοSTEP7 MicroWin

Επίσης για τις ανάγκες τις εποπτείας των μεταβλητών συμπληρώθηκε ο πίνακας “status chart”. Από αυτό το πεδίο ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί δυναμικά την τρέχουσα κατάσταση της κάθε μεταβλητής η οποία είναι καταχωρημένη στον πίνακα αυτόν. Οπότε από τη μία του διατίθεται ένα εργαλείο αποσφαλμάτωσης (debugging) και από την άλλη έχει όλες τις μεταβλητές που χρησιμοποιεί στο πρόγραμμα μαζεμένες. Η καταχώρηση γίνεται ως εξής: ξεκινώντας από τη στήλη “address” ο προγραμματιστής αρκεί να γράψει την διεύθυνση της κάθε μεταβλητής, είτε με το όνομα που έχει χρησιμοποιήσει στη θέση Symbol του “symbol table”, είτε με την πραγματική διεύθυνση που έχει το PLC. Στη στήλη “Format” καθορίζουμε τον τρόπο αναπαράστασης των μεταβλητών και στη στήλη “Current Value” βλέπουμε την τιμή που περιέχεται σε εκείνη την μεταβλητή την δεδομένη χρονική στιγμή. Στη στήλη “New Value” μπορούμε να καταχωρήσουμε (force) εμείς μια τιμή με τύπο που να συμβαδίζει με το format της και να παρακολουθήσουμε έτσι την συμπεριφορά ολόκληρου του προγράμματος.



Εικόνα 47. Δεικνύει το Status chart στοSTEP7 MicroWin



Εικόνα 48. Οι παράμετροι που δημιουργήθηκαν κατά την εισαγωγή της ρουτίνας του ρολογιού

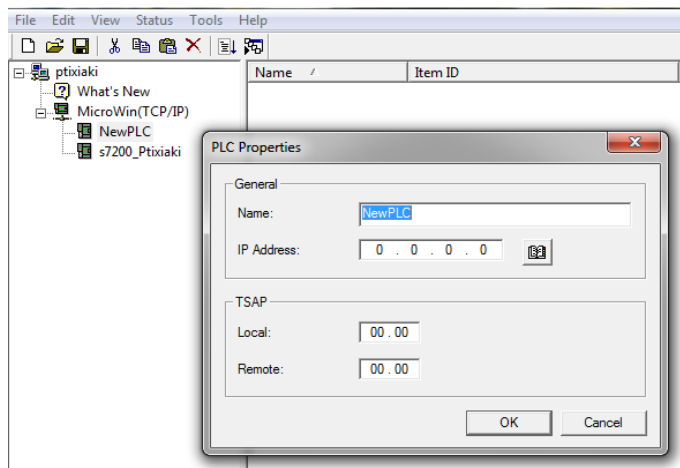
## 15. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ OPC server

### 15.1 Πρόσβαση δεδομένων

Η «πρόσβαση δεδομένων» (data access) είναι ένα χαρακτηριστικό του OPC που δίνει πρόσβαση στα δεδομένα διαδικασιών μέσω μεταβλητών. Αυτό του επιτρέπει να διαβάζει μια τιμή μιας ή περισσότερων μεταβλητών διεργασιών, να την τροποποιεί γράφοντας μια νέα τιμή, να την επιτηρεί και να ενημερώνει το χρήστη όταν συμβαίνουν αλλαγές στις τιμές. Κάθε OPC data access server διαθέτει ένα χώρο μεταβλητών όπου βρίσκονται οργανωμένες σε ιεραρχική δομή όλες οι μεταβλητές διαδικασιών με τα ονόματά τους στις οποίες έχει πρόσβαση ο server. Κάθε μεταβλητή διαδικασίας έχει μοναδικό όνομα και ο συνδυασμός τους αποκαλείται “item”<sup>116</sup>.

Ο OPC server που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη διπλωματική είναι ο “pc access” της εταιρείας Siemens. Η διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε προκειμένου να διαμορφωθεί σωστά η επικοινωνία περιγράφεται παρακάτω.

Όταν ανοίγουμε για πρώτη φορά το PAccess επιλέγουμε από το μενού File > New, από όπου φτιάχνουμε ένα Project δίνοντας το όνομα που επιθυμούμε (στην περίπτωσή μας “Ptixiaki”). Τώρα δημιουργήθηκε ένα εικονίδιο plc στο αριστερό παράθυρο με μορφή δένδρου, με όνομα MicroWin (TCP/IP) όπου ανήκει στο project “Ptixiaki”. Κατόπιν, με δεξί κλικ επιλέγουμε “New PLC”, ορίζοντας το όνομα που θα έχει η συγκεκριμένη διαμόρφωση (name), τη διεύθυνση IP του PLC που επρόκειτο να γίνει η επικοινωνία (IP address) καθώς και το TSAP (Local και Remote), το οποίο πρέπει να είναι το ίδιο με αυτό που είχαμε ορίσει στο STEP7 MicroWin. Το όνομα που δόθηκε στο PLC για την δική μας εργασία είναι το “s7200\_Ptixiaki”.

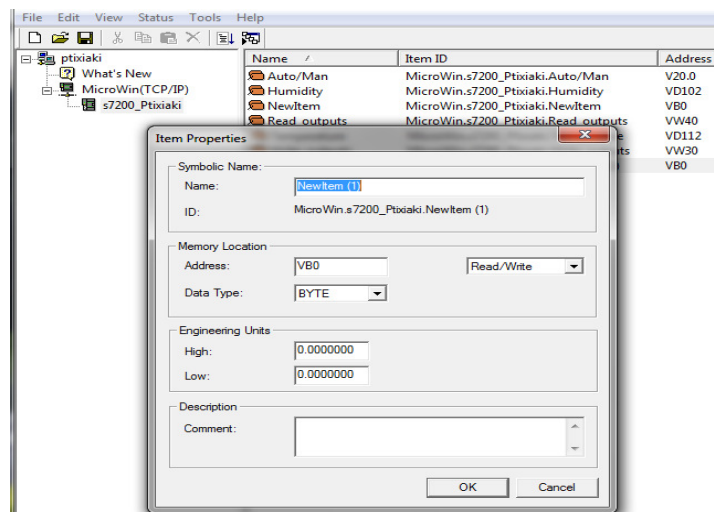


Εικόνα 49. Ρύθμιση παραμέτρων επικοινωνίας με το PLC

Το επόμενο βήμα είναι να δημιουργήσουμε τις διευθύνσεις των μεταβλητών με τις οποίες θα επικοινωνεί ο client (στην περίπτωσή μας το Labview). Με δεξί κλικ ξανά στο s7200\_Ptixiaki επιλέγουμε New > item. Αμέσως ανοίγει μια καινούργια καρτέλα που

<sup>116</sup> Siemens S7-200 Pc access manual

μας παραπέμπει στα χαρακτηριστικά που θα έχει το “item” που θα δημιουργήσουμε. Μόλις ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία ακολουθούμε την ίδια τακτική αν πρόκειται για περισσότερα “items”. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι για οποιαδήποτε αλλαγή στα “items” θα πρέπει να πατάμε το πλήκτρο “save” για να καταχωρούνται οι νέες τιμές στον OPC server.



Εικόνα 50. Εισαγωγή και ρύθμιση παραμέτρων νέας μεταβλητής (item).

Ένα server item αναπαριστά μια τιμή στον server για την οποία μπορεί να ενδιαφέρεται ο client. Θα μπορούσε να αναπαραστήσει μια συσκευή μετρήσεων (πχ αισθητήρας), ένα συγκεκριμένο στοιχείο μιας συσκευής (πχ το set-point ενός ελεγκτή) ή μια θέση μνήμης ή μεταβλητή. Στη περίπτωση μας τα server items αναπαριστούν - συνδέονται με τις μεταβλητές και με τις θέσεις μνήμης του PLC. Ένα item είναι μοναδικά αναγνωρίσιμο μέσα στον server από το item ID του. Για παράδειγμα, το item ID του server item “Write\_outputs” είναι: *MicroWin.s7200\_Ptixiaki.Write\_outputs*. Το Labview μέσω του Data socket παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία και εντολές για τη δημιουργία OPC client και την επικοινωνία με οποιονδήποτε OPC server μέσω των IDs.

Κατά τη λειτουργία ανάγνωσης το Labview μπορεί να διαβάσει δεδομένα από οποιοδήποτε item, ή group από items, που βρίσκεται μέσα σε έναν συνδεδεμένο (με το server) client. Για παράδειγμα, το item μπορεί να αναπαριστά το bit 3 του byte 10 της μνήμης του PLC (M10.3). Όταν εκτελείται η λειτουργία ανάγνωσης σε ένα item, ο server επιστρέφει πληροφορίες για το server item που είναι συσχετισμένο με το συγκεκριμένο item ID (δηλαδή θα επιστρέψει την τιμή του M10.3).

Η λειτουργία εγγραφής δεδομένων είτε σε ένα είτε σε group από items μοιάζει πολύ με την λειτουργία ανάγνωσης. Η διαφορά είναι ότι σε αυτήν την περίπτωση αυτός που στέλνει τα δεδομένα στον OPC server είναι ο client, το Labview δηλαδή στην περίπτωση μας. Έτσι, στέλνει μέσω του URL τα δεδομένα που αναφέρονται στην συγκεκριμένη ID του OPC server.

## 15.2 OPC Quality Flag Messages

Οι OPC Servers παρέχουν πρόσβαση σε πολλά server items. Για να μειωθεί η κίνηση του δικτύου μεταξύ του server και της συσκευής (PLC) που είναι συσχετισμένη με τα

server items ο OPC Server αποθηκεύει πληροφορίες για κάθε server item στην μνήμη του (cache), ανανεώνοντάς τες τόσο συχνά όσο απαιτείται για την ικανοποίηση των clients. Επειδή η διαδικασία αυτή οδηγεί τα δεδομένα στην cache και τα οποία μπορεί να μην αντιστοιχούν στις πραγματικές τιμές της συσκευής, ο server παρέχει πρόσθετες πληροφορίες για τη συγκεκριμένη τιμή της cache.

Το “Quality” είναι μία λέξη που εκφράζει το πόσο καλά η τιμή που είναι αποθηκευμένη στην cache ταιριάζει με την τιμή της συσκευής. Οι δυνατές τιμές που μπορεί να πάρει είναι: “Good”, “Bad” και “Uncertain”. Αυτές οι τιμές εκφράζονται με την αλλαγή των δύο low significant bit στο σύνολο ενός byte.

QQSSSSL

with QQ defined as follows:

- 00: Bad
- 01: Uncertain
- 10: N/A
- 11: Good

The high 8 bits of the Quality Word are available for vendor specific use.

QQ	BIT VALUE	DEFINE	DESCRIPTION
0	00SSSSL	Bad	Value is not useful for reasons indicated by the Substatus.
1	01SSSSL	Uncertain	The quality of the value is uncertain for reasons indicated by the Substatus.
2	10SSSSL	N/A	Not used by OPC
3	11SSSSL	Good	The Quality of the value is Good.

Εικόνα 51. Αναπαράσταση της ποιότητας διακίνησης δεδομένων.

## 15.3 Timestamp

Το “Timestamp” ενός server item αναπαριστά την ώρα που οι ιδιότητες “Value” και “Quality” του server item αποκτήθηκαν από τη συσκευή ή την ώρα που ο server ενημέρωσε ή επικύρωσε αυτές τις ιδιότητες στην μνήμη του.

Ο OPC Server παρέχει πρόσβαση σε αυτές τις τρεις ιδιότητες ενός server item τιμές διαμέσου ιδιοτήτων του στο Labview που είναι συνδεδεμένο με αυτό το item. Τις τιμές των ιδιοτήτων αυτών μπορούμε με να τις αποκτήσουμε με τη λειτουργία της ανάγνωσης.

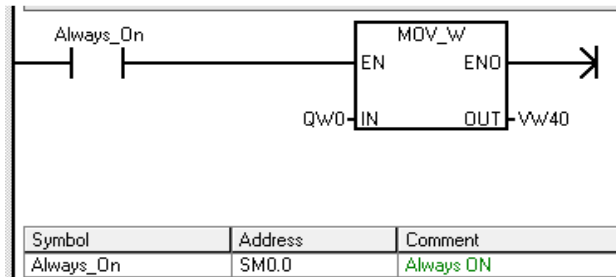
## 15.4 Τιμή “Value”

Το “Value” του server item είναι η τελευταία τιμή που αποθήκευσε ο server για το συγκεκριμένο item. Η τιμή αυτή ενημερώνεται κάθε φορά που ο server διαβάζει από τη συσκευή.

## 15.5 Ροή εντολών

### 15.5.1 Δεδομένα από το s7-200 προς το Labview

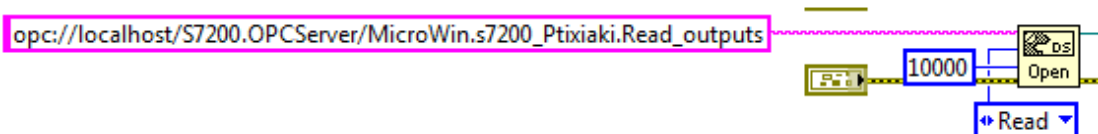
Όπως φαίνεται και από το σχήμα, η ροή των δεδομένων από το PLC προς το Labview έχει ως εξής: Αρχικά όλες οι έξοδοι (QW0) του PLC γράφονται σε μια θέση μνήμης, την VW40. Κατόπιν αυτή την θέση μνήμης τη «διαβάζει» ο OPC server και αυτός με τη σειρά του ανταποκρίνεται στις αιτήσεις του Labview (client) για αποστολή δεδομένων.



Δεδομένα από το PLC προς τον OPC server

Name	Item ID	Address	Data Type	Access	Comment
Auto/Man	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Auto/Man	V20.0	BOOL	RW	
Humidity	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Humidity	VD106	REAL	R	
Read_outputs	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Read_outputs	VW40	WORD	R	
Temperature	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Temperature	VD116	REAL	R	
Write_outputs	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Write_outputs	VW30	WORD	RW	

Δεδομένα από τον OPC server προς το Labview

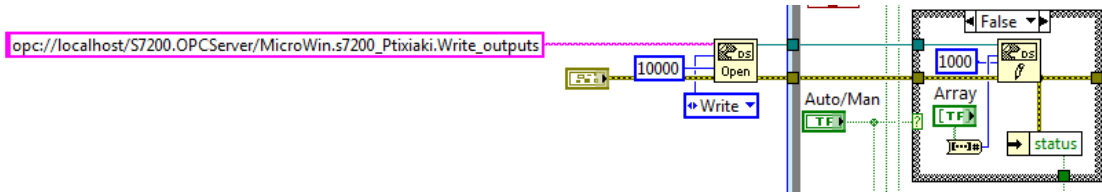


Εικόνα 52. Ροή δεδομένων από το S7200 προς το Labview

### 15.5.2 Δεδομένα από το Labview προς το s7-200

Η διαδικασία εδώ είναι η αντίστροφη της προηγούμενης. Το Labview επικοινωνεί με τον OPC server μέσω μιας διεύθυνσης URL. Αυτή η URL αποτελείται από την μοναδική ID διεύθυνση που έχει δημιουργήσει ο OPC και από το πρόθεμα *opc://localhost/S7200.OPC Server*. Με αυτήν λοιπόν την πλήρη διεύθυνση επικοινωνίας το Labview «γράφει» στον OPC την δεκαδική τιμή ενός πίνακα εύρους 9 bit όπου το κάθε ένα bit αναπαριστά το μπουτόν για τον έλεγχο των συσκευών στη manual

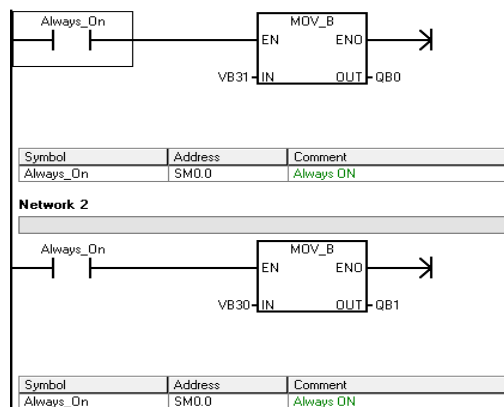
λειτουργία. Έπειτα αυτός ο αριθμός περνάει στο PLC ανταποκρινόμενο σε αιτήσεις αποστολής δεδομένων.



**Δεδομένα από το Labview προς τον OPC Server**

Name	Item ID	Address	Data Type	Access	Comment
Auto/Man	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Auto/Man	V20.0	BOOL	RW	
Humidity	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Humidity	VD106	REAL	R	
Read_outputs	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Read_outputs	VW40	WORD	R	
Temperature	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Temperature	VD116	REAL	R	
Write_outputs	MicroWin.s7200_Ptixiaki.Write_outputs	VW30	WORD	RW	

**Δεδομένα από τον OPC server προς το PLC**



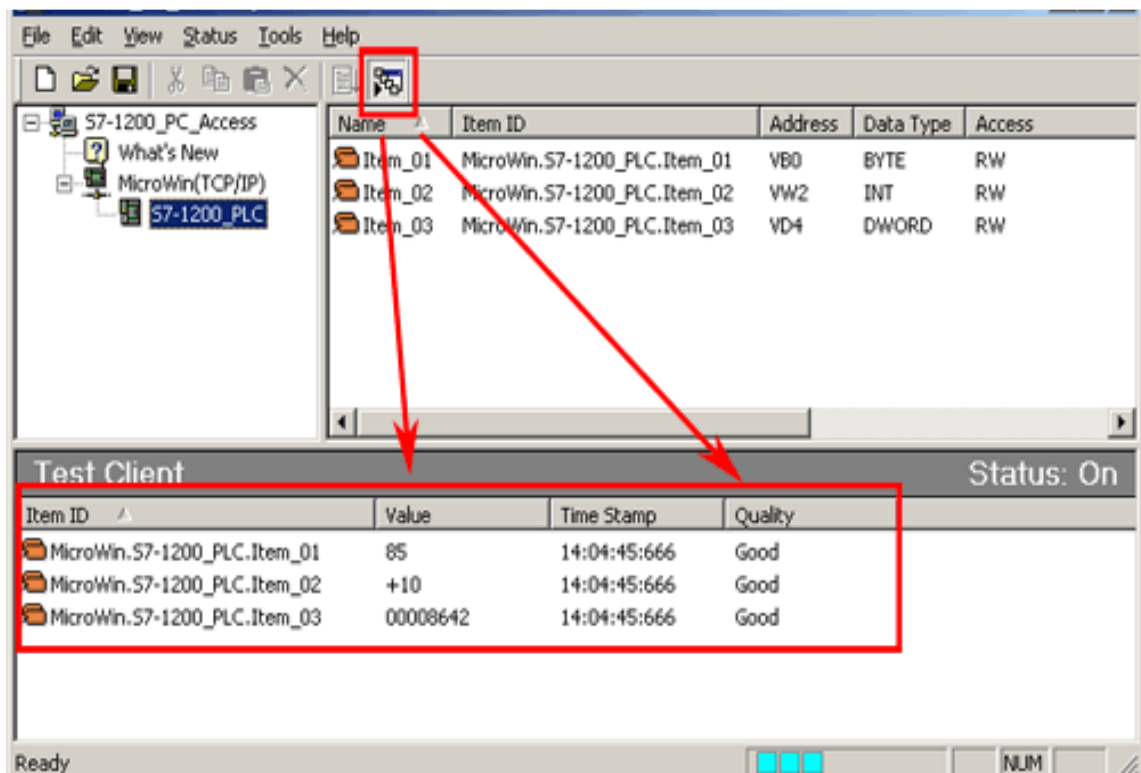
**Εικόνα 53. Ροή δεδομένων από το Labview προς το S7-200**

Οι επιλογές των τύπων των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στο PC access έγινε βάσει του πίνακα που ακολουθεί.

Data Item	Bit System	Range of Values
BYTE	8 bit	0 through 255
INT	16 bit	- 32768 through 32767
WORD	16 bit	0 through 65535
DINT	32 bit	- 2147483648 through 2147483647
DWORD	32 bit	0 through 4294967295
REAL IEEE 32-bit Floating Point	32 bit	Upper limit: $\pm 3.402823 \text{ e}+38$ Lower limit: $\pm 1.175495 \text{ e}-38$
BOOL	-	true (1), false (0)
STRING	-	1 to 254 bytes

Εικόνα 54. Εύρος και μορφή των δεδομένων που είναι διαθέσιμα στο PC access

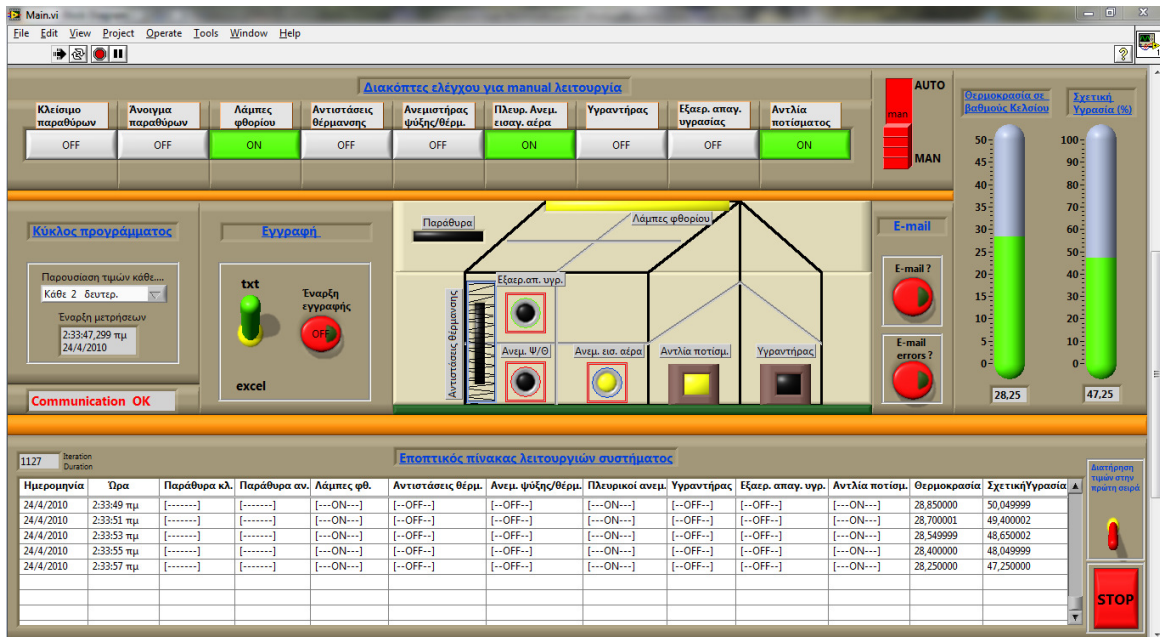
Ολοκληρώνοντας τη διαμόρφωση και παραμετροποιώντας όλα τα “items” που απαιτούνται για την επικοινωνία του PLC, μπορούμε να επιλέξουμε όλα, ή κάποιο από αυτά και να τα σύρουμε με το ποντίκι στον κενό χώρο με το όνομα “test client”. Κατόπιν επιλέγουμε την λειτουργία “test client status”. Ο OPC server ελέγχει την σωστή ποιότητα των δεδομένων και ενημερώνει ανάλογα, καθώς επίσης ανανεώνει την τιμή της κάθε μεταβλητής (value) αλλά και το χρόνο που αυτή ενημερώθηκε.



Εικόνα 55. Διεξαγωγή ελέγχου μεταβλητών στο Pc access

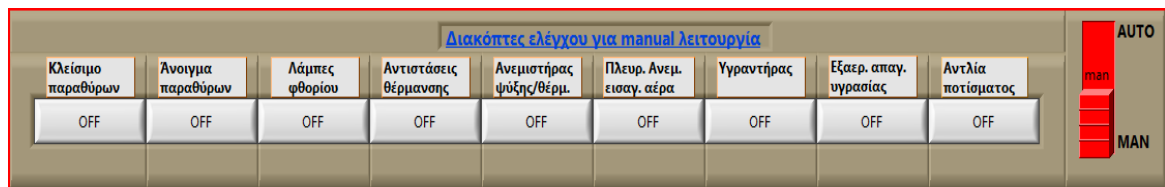
## 16. ΕΠΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Λογισμικό LABVIEW)

1. Παρακάτω παρουσιάζεται το front panel του προγράμματος Labview, που δημιουργήθηκε ώστε να παρέχονται όλες οι πληροφορίες ελέγχου, εποπτείας και διαχείρισης του θερμοκηπίου.



Εικόνα 56. Front panel λειτουργιών του συστήματος

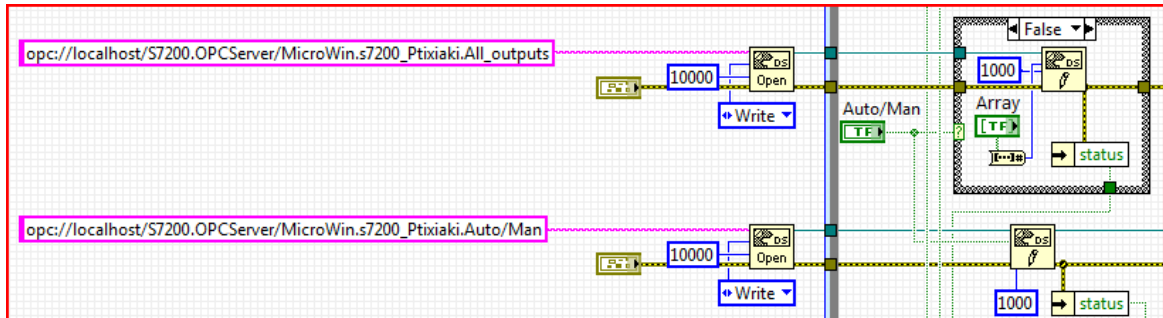
2. Αρχικά, επάνω αριστερά (και με ετικέτα *Διακόπτες ελέγχου για manual λειτουργία*) απεικονίζονται τα μπουτόν που είναι διαθέσιμα για τον χειριστή ώστε οι συσκευές να ελέγχονται κάθε μια χωριστά. Οι λειτουργίες των μπουτόν αυτών είναι διαθέσιμες μόνο όταν έχει ήδη επιλεγεί η λειτουργία *MAN* από το μεταγωγικό διακόπτη που βρίσκεται δεξιά. Σε αντίθετη περίπτωση η λειτουργία τους είναι κλειδωμένη και το πρόγραμμα εκτελείται έτσι όπως ορίζει το PLC.



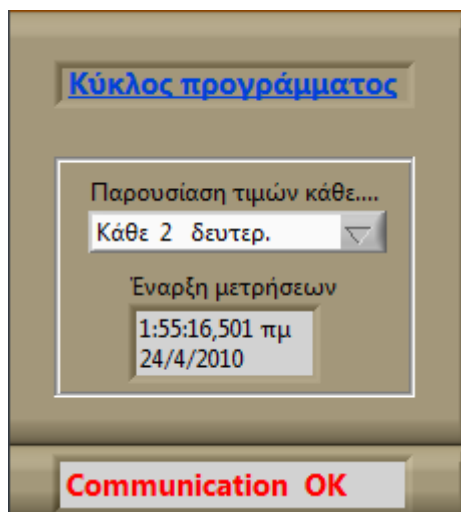
Εικόνα 57. Front panel διακοπών ελέγχου και λειτουργίας auto/man

Το αντίστοιχο block diagram δείχνει πως δημιουργούνται οι επικοινωνίες με τα δεδομένα μέσω των URLs που έχουν δημιουργηθεί στον opc server. Όταν εγκατασταθεί

η επικοινωνία, μπορούν πλέον οι διακόπτες ελέγχου (Array) και ο διακόπτης αυτόματο/χειροκίνητο (Auto/Man) να γράψουν τις τιμές τους πίσω στον opc server αφού το κανάλι επιτρέπει μόνο την εγγραφή δεδομένων (write). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι διακόπτες ελέγχου βρίσκονται μέσα σε μια συνθήκη (case) που ελέγχεται από τον διακόπτη Auto/man. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο διακόπτης είναι στην θέση man, τότε και μόνο τότε μπορούμε να έχουμε τον έλεγχο μέσω των διακοπτών.



Εικόνα 58. Block diagram διακοπτών ελέγχου και λειτουργίας auto/man

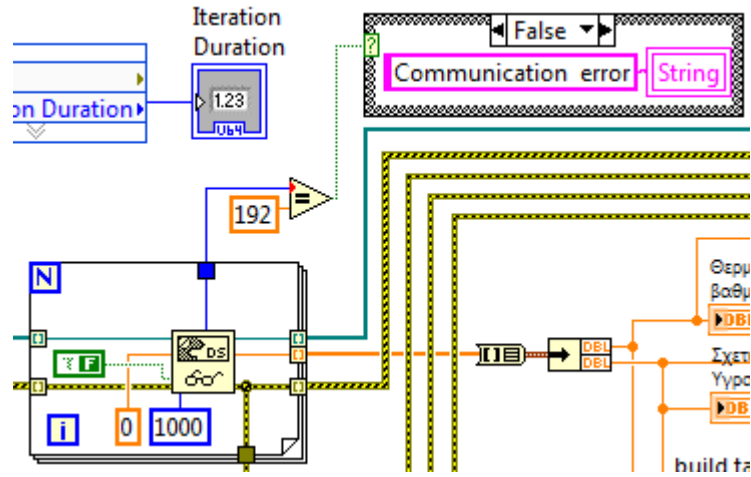


3. Στα αριστερά της μεσαίας σειράς υπάρχει η επιλογή με ένα drop down menu, κάθε πότε το πρόγραμμα θα εκτελεί έναν πλήρη κύκλο. Σε κάθε κύκλο ενημερώνει (update) τις τιμές που είναι διαθέσιμες από τις εξόδους του PLC μέσω του OPC server και τις απεικονίζει στον πίνακα λειτουργιών γράφοντάς τις με σειρά από πάνω προς τα κάτω παρουσιάζοντας την τελευταία τιμή στο τέλος. Κάτω από το drop down menu υπάρχει μια πινακίδα η οποία παρέχει τις πληροφορίες σχετικά με την ώρα και την ημερομηνία, για το πότε ο χρήστης ξεκίνησε την λειτουργία, (πότε δηλαδή πάτησε το πλήκτρο RUN). Αυτό χρησιμεύει στο ότι κατ'αυτόν τον τρόπο, ο χειριστής έχει μια εικόνα

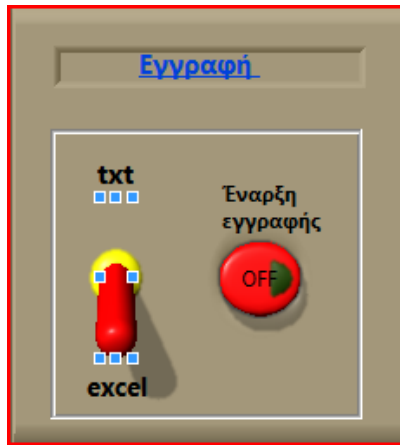
για το πόσες μετρήσεις περίπου έχουν καταγραφεί στον πίνακα, όπως επίσης και για το αν το πρόγραμμα ξεκίνησε να καταγράφει την μέρα ή την εποχή που είναι κρίσιμη για την κατάσταση των φυτών που βρίσκονται εντός του θερμοκηπίου. Ακόμα πιο κάτω και με την ένδειξη *communication OK* (επικοινωνία OK) το πρόγραμμα επιβεβαιώνει την καλή λειτουργία επικοινωνίας με το δίκτυο. Σε αντίθετη περίπτωση το μήνυμα που παρουσιάζεται είναι *communication error* (σφάλμα επικοινωνίας). Ο κωδικός σφάλματος που εμφανίζει το Labview σε περίπτωση απώλειας του δικτύου είναι ο αριθμός «192», ενώ σε αντίθετη περίπτωση είναι «0».



Εικόνα 59. Front panel και block diagram ελέγχου κύκλου λειτουργίας και απεικόνισης ώρας έναρξης



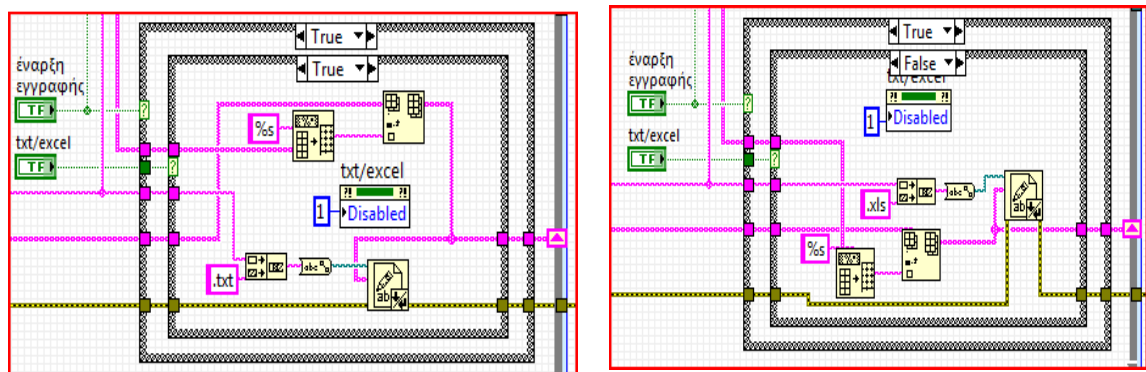
Εικόνα 60. Απολαβή του κωδικού σφάλματος και απεικόνιση του κατάλληλου μηνύματος



Εικόνα 61. Front panel επιλογής δημιουργίας αρχείου

4. Δεξιότερα υπάρχει ένας διακόπτης *txt/excel* και ένα μπουτόν *έναρξης εγγραφής*. Με αυτές τις δύο επιλογές μπορούμε να κάνουμε εγγραφή σε αρχείο κειμένου (text) ή σε κάποιο φύλλο εργασίας (excel). Η επιλογή *txt* έχει δημιουργηθεί, για να απαλλάσσει το χρήστη από την εγκατάσταση των office των windows προκειμένου να φτιάξει ένα αρχείο. Έτσι αν τα office δεν έχουν εγκατασταθεί στον υπολογιστή που «τρέχει» το Labview τότε το αρχείο που θα δημιουργηθεί θα ανοίγει με ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου που υπάρχει ήδη εγκατεστημένο στα windows.

Παρακάτω φαίνονται οι δύο ρουτίνες που δημιουργούν αρχείο δεδομένων είτε σε αρχείο κειμένου (txt), είτε σε φύλλο εργασίας (excel) ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη.



Εικόνα 62. Block diagram δημιουργίας αρχείου txt ή excel

5. Ακόμα δεξιότερα, έχει δημιουργηθεί ένα σκαρίφημα του θερμοκηπίου όπου μέσα σε αυτό έχουν τοποθετηθεί οκτώ λυχνίες ένδειξης, απεικονίζοντας κάθε μία από αυτές την τρέχουσα κατάσταση των συσκευών δια μέσου της ένδειξης on ή off.

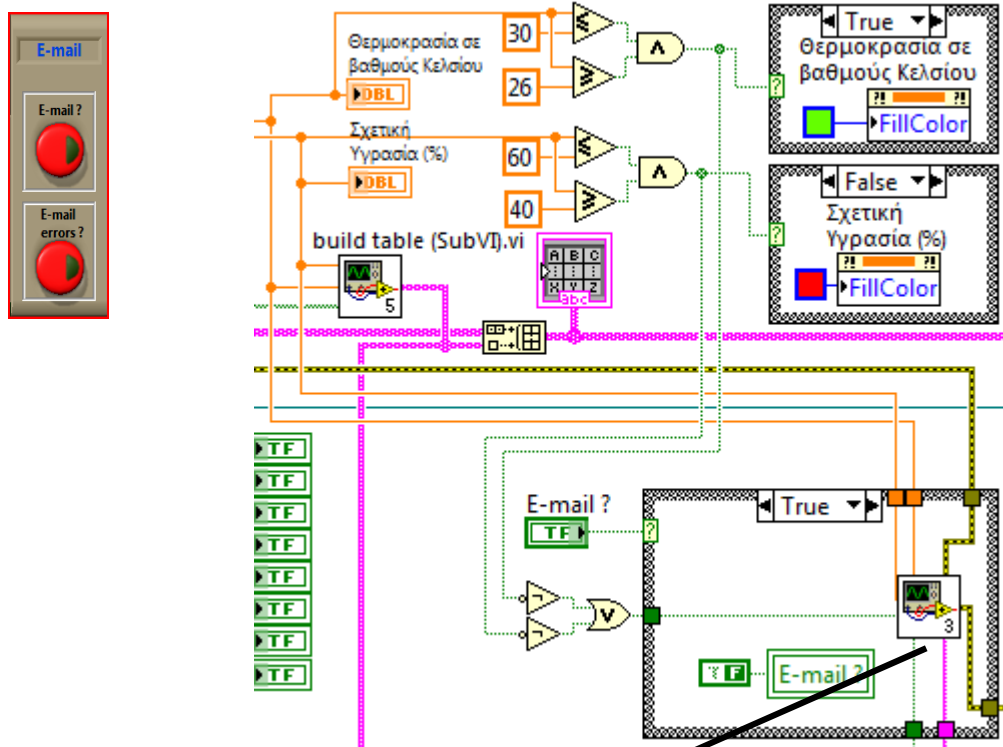


Εικόνα 63. Σκαρίφημα με τις λυχνίες ένδειξης λειτουργίας των συσκευών

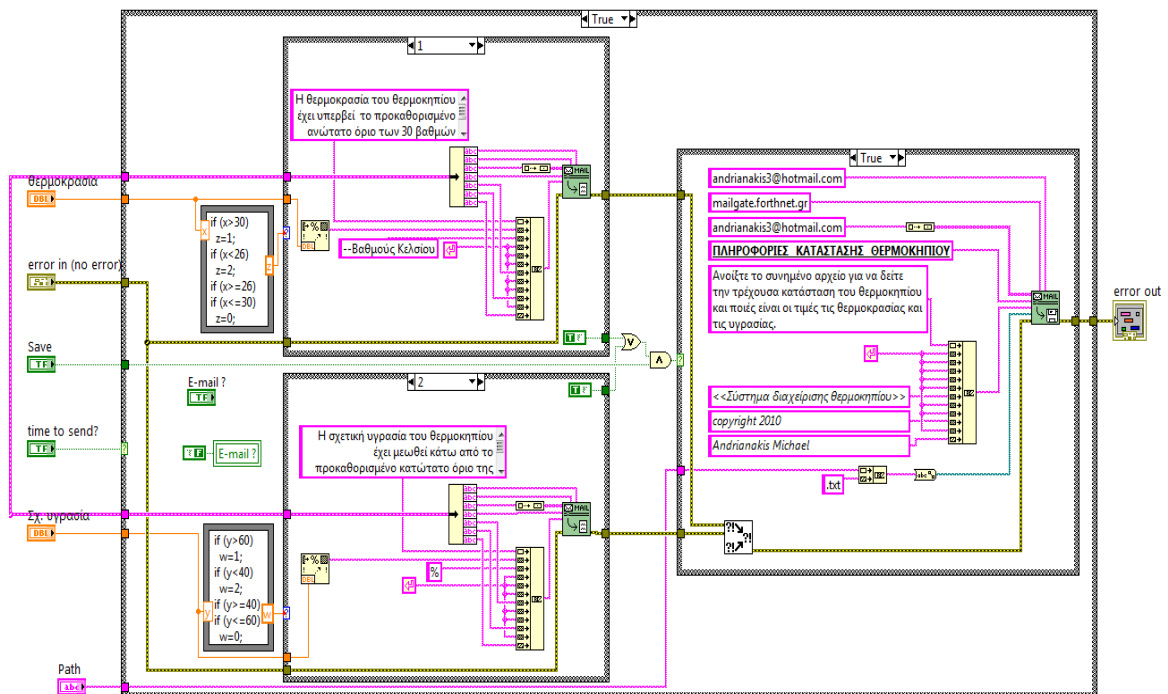
6. Δίπλα από το σκαρίφημα υπάρχουν δυο κόκκινα στρογγυλά πλήκτρα. Ο ρόλος τους είναι α) να ενημερώνουν με ηλεκτρονικό μήνυμα είτε για τις τιμές της υγρασίας ή της θερμοκρασίας αν αυτές έχουν ξεπεράσει τις προκαθορισμένες (μπουτόν *e-mail*) είτε για το αν συμβαίνει οποιοδήποτε σφάλμα στο πρόγραμμα (μπουτόν *e-mail errors*). Για όλα τα παραπάνω ο χρήστης ενημερώνεται με το αντίστοιχο μήνυμα.

Το πρόγραμμα ανιχνεύει την θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία. Η ανίχνευση γίνεται μέσω της formula node<sup>117</sup> σε κώδικα C, και ανάλογα την τιμή τους (χαμηλότερη ή υψηλότερη από την επιθυμητή), το πρόγραμμα στέλνει το ανάλογο μήνυμα στην ηλεκτρονική διεύθυνση που έχει οριστεί από τον προγραμματιστή. Σε περίπτωση που έχουν συμβεί τα παραπάνω και ο χρήστης έχει επιλέξει εκ των προτέρων την καταγραφή των τρεχουσών τιμών των συσκευών σε αρχείο, τότε το πρόγραμμα στέλνει ένα επιπλέον *e-mail* με συνημμένο το αρχείο που έχει φτιάξει ο υπολογιστής μέχρι εκείνη τη στιγμή. Αυτό σημαίνει ότι ο χειριστής έχει στη διάθεσή του, ανά πάσα ώρα, οπουδήποτε κι αν βρίσκεται την πλήρη εικόνα της κατάστασης του θερμοκηπίου.

<sup>117</sup> Είναι μια φόρμα στην οποία ο χρήστης έχει την ευχέρεια να γράψει μέσα σε αυτή κώδικα προγραμματισμού C, προσέχοντας τους κανόνες γραφής που ορίζονται για αυτή τη γλώσσα. Επίσης κάθε μεταβλητή θα πρέπει να τη δηλώσει σαν είσοδο ή έξοδο και να τις εισάγει πάνω στο πλαίσιο της formula node.



SubVi

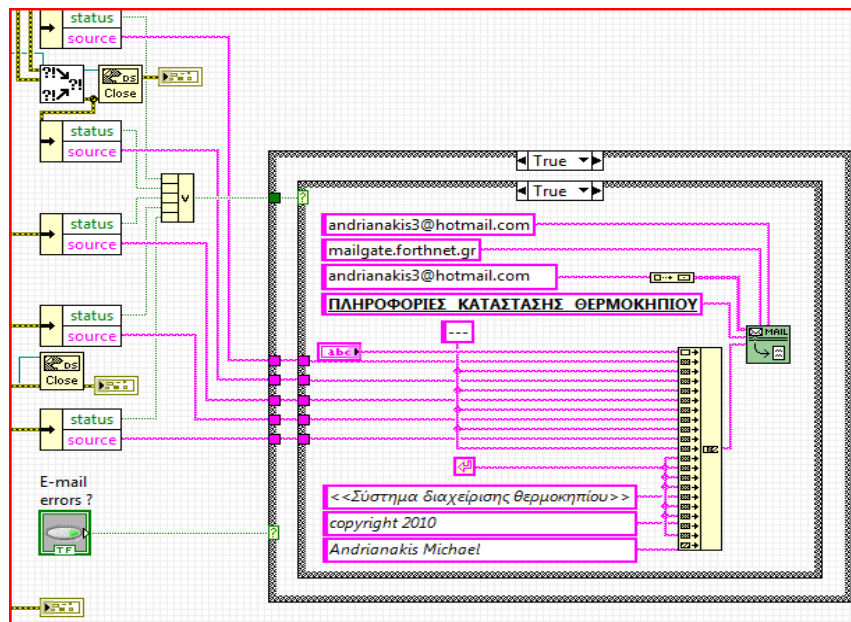


Εικόνα 64. Front panel επιλογών μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (μήνυμα κατάστασης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας όπως και μηνύματος με συνημμένο αρχείο).

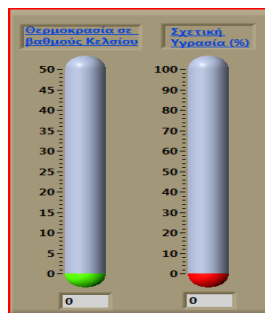
7. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε προκειμένου ο χρήστης να λαμβάνει μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σε περίπτωση σφάλματος, εφόσον επιλέξει το ανάλογο μπουτόν (*e-mail errors*). Για να επιτευχθεί η αποστολή *e-mail* θα πρέπει ο προγραμματιστής να έχει ορίσει την σχετική πύλη ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του παροχέα (*mailgate*), το *e-mail* του χρήστη ή κάποιου άλλου και το *e-mail* του παραλήπτη ή των παραληπτών.

Τα προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν για τους λόγους που αναφέρονται παρακάτω εντοπίζονται από το Labview και παρουσιάζονται τα αντίστοιχα μηνύματα θέτοντας το πρόγραμμα εκτός λειτουργίας. Όσον αφορά τα σφάλματα που μπορεί να ανιχνεύσει το πρόγραμμα είναι:

- Οποιοδήποτε σφάλμα οφείλεται σε έλλειψη ή κακή λειτουργία κάποιου Vi
- Οποιοδήποτε σφάλμα οφείλεται σε έλλειψη ή κακό προγραμματισμό.
- Οποιοδήποτε πρόβλημα οφείλεται στον παροχέα που είναι υπεύθυνος για το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (*mailgate*).
- Οποιοδήποτε εσωτερικό σφάλμα προκληθεί κατά την εκτέλεση του λογισμικού Labview.



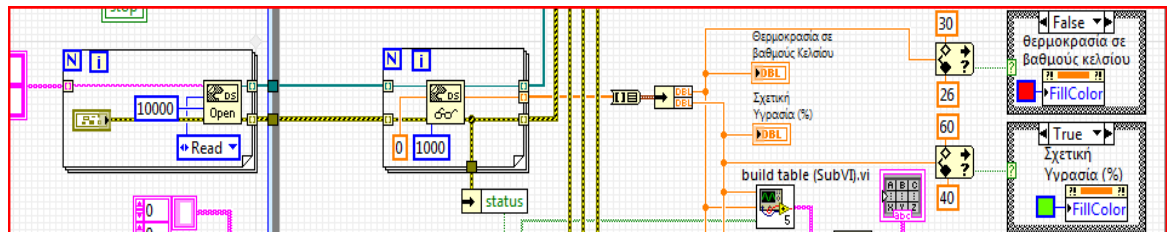
Εικόνα 65. Front panel επιλογής μηνυμάτων σφάλματος με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο



Εικόνα 66. Front panel απεικόνισης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας

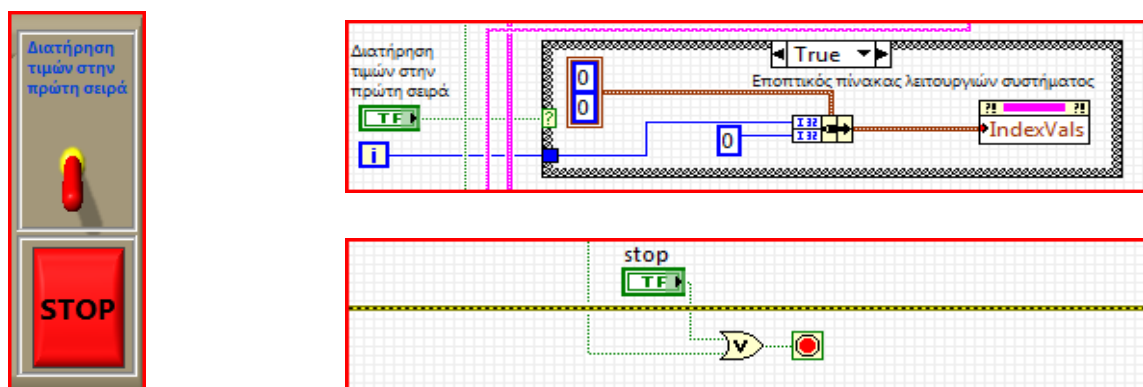
8. Στο δεξί άκρο του Front panel υπάρχουν δύο κατακόρυφες στήλες, οι οποίες απεικονίζουν τις τρέχουσες τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Αν οι εν λόγω τιμές βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα το χρώμα γεμίσματος των στηλών είναι το πράσινο. Σε αντίθετη περίπτωση, το χρώμα αλλάζει σε κόκκινο. Επίσης κάτω από την κάθε μία απ' αυτές τις στήλες υπάρχει και ψηφιακή απεικόνιση με ακρίβεια δεκάτου, για καλύτερο έλεγχο.

Στο ακόλουθο block diagram φαίνεται πως δημιουργούνται οι επικοινωνίες με τα δεδομένα μέσω των URLs που έχουν δημιουργηθεί στον opc server. Αρχικά «ανοίγουμε» ένα κανάλι επικοινωνίας, εισάγοντας τα URLs με τη μορφή μονοδιάστατου πίνακα<sup>118</sup>, τα οποία μεταφέρουν τα δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας μέσα στο κανάλι που μόλις δημιουργήσαμε, ορίζοντάς τα να είναι μόνο για ανάγνωση. Εξερχόμενα από το κανάλι, χωρίζονται σε δύο, ώστε να διαβαστούν χωριστά. Ακολούθως, συγκρίνεται η τιμή τους με τα επιθυμητά όρια θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Αν τηρούνται αυτά τα όρια, τότε το πρόγραμμα εκτελεί τις *True* ρουτίνες, δίνοντας πράσινο χρώμα στο γέμισμα των στηλών. Σε αντίθετη περίπτωση εκτελούνται οι *False* δίνοντας στο γέμισμα κόκκινο χρώμα.



Εικόνα 67. Block diagram δημιουργίας χρώματος γεμίσματος στις στήλες απεικόνισης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας

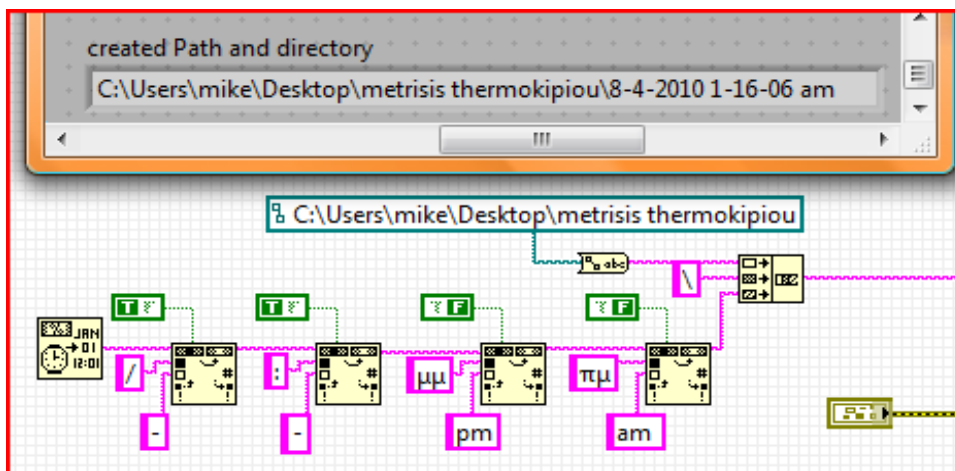
9. Στην κάτω δεξιά γωνία υπάρχει το μπουτόν stop το οποίο τερματίζει την λειτουργία του προγράμματος. Πάνω από αυτό υπάρχει ένας διακόπτης βάσει της επιλογής του οποίου ο πίνακας είναι σε θέση είτε να απεικονίζει την τρέχουσα κατάσταση του θερμοκηπίου στην πρώτη σειρά -και μόνο σε αυτή-, είτε να περιλαμβάνει όλες τις τιμές που έχουν καταγραφεί από το πρόγραμμα. Η επιλογή του εν λόγω διακόπτη έχει επίπτωση μόνο στον τρόπο απεικόνισης των δεδομένων που εμφανίζει ο πίνακας, όχι όμως και στην καταγραφή όλων των τιμών σε κάποιο αρχείο, μια και αυτή γίνεται ούτως η άλλως αρκεί να έχει προεπιλεγεί το πλήκτρο save.



Εικόνα 68. Front panel και block diagram μπουτόν τερματισμού λειτουργίας και μεταγωγικού διακόπτη επιλογής απεικόνισης τιμών του πίνακα λειτουργιών.

<sup>118</sup> Οι πίνακες «διαβάζουν» ένα δεδομένο ανά φορά, το καταχωρούν σε μια μεταβλητή, εκτελούν τους αντίστοιχους υπολογισμούς και στη συνέχεια επαναλαμβάνουν την ίδια διαδικασία μέχρι να τελειώσουν όλα τα δεδομένα: Βακάλη Α. et al., *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε προγραμματιστικό περιβάλλον*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα 2008, σ.185

10. Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα του κώδικα που δημιουργήθηκε είναι ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται τα αρχεία κατά την καταγραφή των εκάστοτε δεδομένων των συσκευών. Αναλύοντας το block diagram παρατηρούμε ότι κατά την έναρξη του προγράμματος εισάγεται μια σταθερή διαδρομή αρχείου (path<sup>119</sup>) η οποία αντιστοιχεί στην διαδρομή προς έναν φάκελο που φτιάχνει ο χρήστης (π.χ. metrisis thermokipiou). Μέσα σε αυτόν τον φάκελο δημιουργούνται τα αρχεία που περιλαμβάνουν τις μετρήσεις, έχοντας καθένα το δικό του διαφορετικό όνομα, χωρίς την οποιαδήποτε παρέμβαση. Ο τύπος του αρχείου, μαρτυρά την ημερομηνία και την ώρα που πάρθηκαν οι μετρήσεις. Αυτό που έχει να κάνει ο χρήστης είναι να φτιάξει στον υπολογιστή του εφ'άπαξ έναν φάκελο στον οποίο θα αποθηκεύονται τα αρχεία των μετρήσεων. Ένα δείγμα μετρήσεων, το block diagram και το front panel (το οποίο είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία αυτή) φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 69. Block diagram δημιουργίας διαδρομής αρχείου για την καταγραφή των μετρήσεων

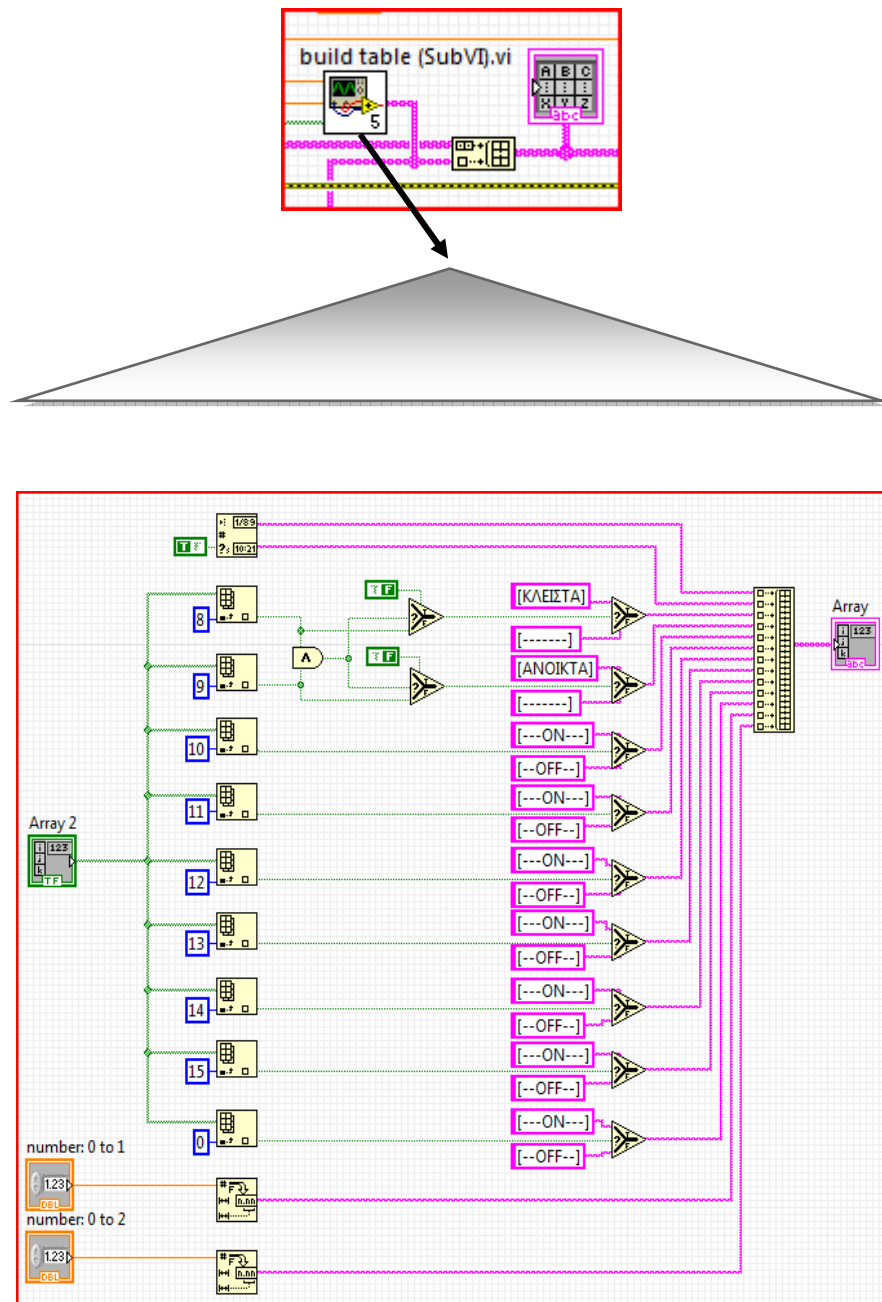
2-3-2010 1-29-21 am .txt	2/3/2010 2:29 πμ	Έγγραφο κειμένου	1 KB
2-3-2010 1-29-47 am .txt	2/3/2010 2:29 πμ	Έγγραφο κειμένου	1 KB
2-3-2010 1-30-31 am .txt	2/3/2010 2:30 πμ	Έγγραφο κειμένου	1 KB
16-2-2010 8-52-33 am.xls	16/2/2010 9:53 μμ	Microsoft Office Excel ...	1 KB
16-2-2010 8-54-36 am.xls	16/2/2010 9:54 μμ	Microsoft Office Excel ...	2 KB
16-2-2010 9_01_34 am.xls	16/2/2010 10:02 μμ	Microsoft Office Excel ...	2 KB
17-2-2010 1_20_26 pm .xls	17/2/2010 2:20 πμ	Microsoft Office Excel ...	3 KB

Εικόνα 70. Δείγματα αρχείων που περιλαμβάνονται κάποιες από τις μετρήσεις που πάρθηκαν

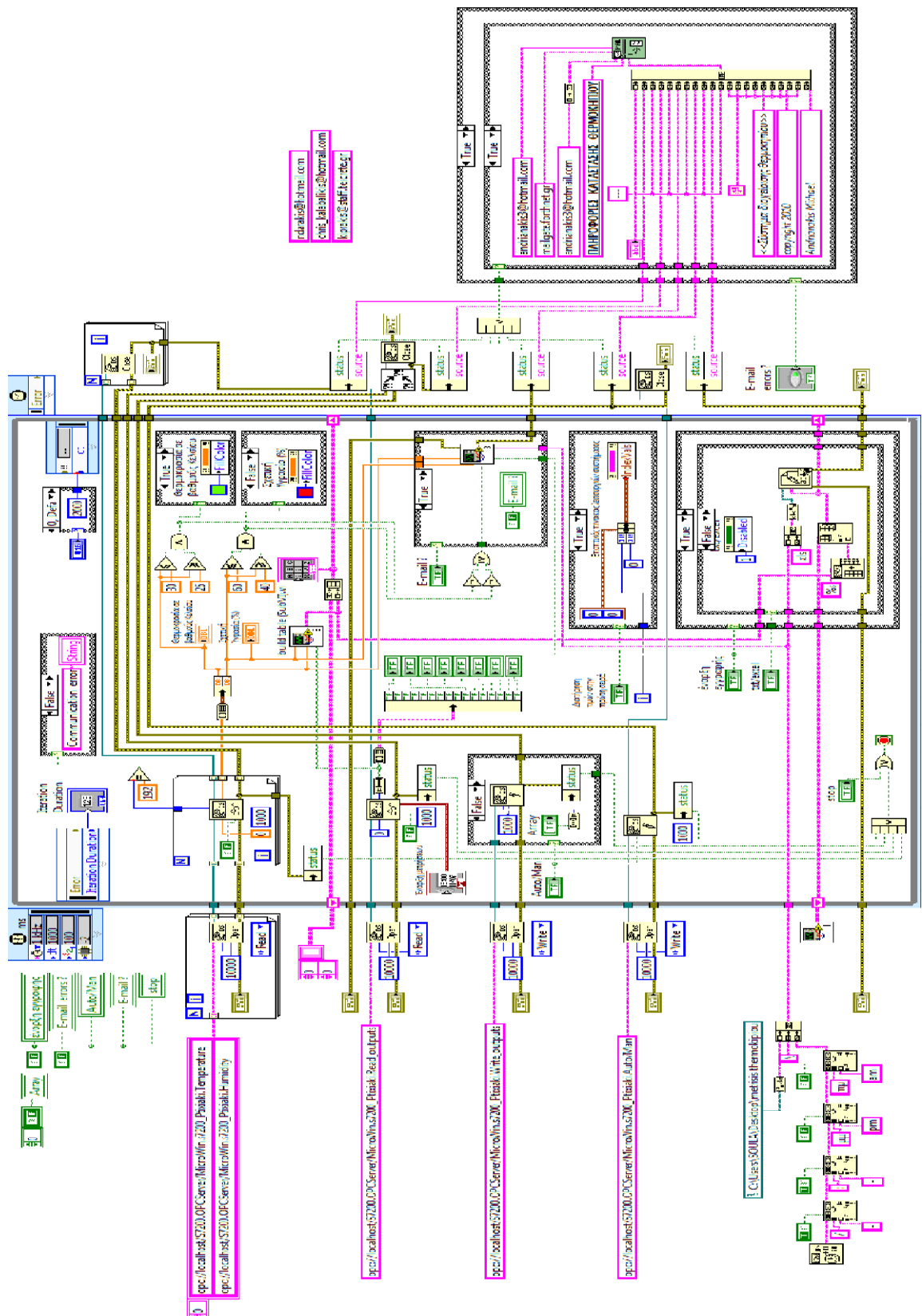
<sup>119</sup> Το Path υποδεικνύει μια τοποθεσία αρχείου ακολουθώντας την ιεραρχική δομή του καταλόγου αρχείων που εκφράζονται σε σειρά από χαρακτήρες. Το κάθε στοιχείο της διαδρομής χωρίζεται από ένα διαχωριστικό χαρακτήρα. Οι διαχωριστικοί αυτοί χαρακτήρες είναι συνήθως οι: «/», «\», «:». Το Path που δείχνει τη διαδρομή για το αρχείο που έχει δημιουργηθεί ο κώδικας του θερμοκηπίου στο Labview είναι: C:\Users\mike\Desktop\IITYXIAKH- LABVIEW



πράξεις με πίνακες είναι ευκολότερες και πιο κατανοητές. Στη συνέχεια αφού επιλέξουμε τα bit που αντιστοιχούν στις εξόδους του plc, εισάγουμε τις τιμές τους σε έναν επιλογέα, όπου ανάλογα με την κατάσταση του bit που θα δεχτεί αυτός (true ή false), εξάγει και την αντίστοιχη κατάσταση που του έχουμε θέσει ως προεπιλογή. Αυτό ισχύει για όλες τις εξόδους του plc που χρησιμοποιούμε, και τις ψηφιακές και τις αναλογικές, με τη διαφορά ότι η τιμή τους, εισάγεται στα κελιά του πίνακα λειτουργιών ως έχει. Με άλλα λόγια, για να δώσουμε ένα τυχαίο παράδειγμα, αν η θέση '0' του πίνακα εισόδου περιέχει την τιμή *False*, τότε το αντίστοιχο κελί του πίνακα λειτουργιών θα απεικονίσει την ένδειξη *[--OFF--]*, ενώ αν περιέχει την τιμή *true*, ο πίνακας λειτουργιών θα απεικονίσει *[---ON---*]. Για τη θέση οκτώ και εννέα του πίνακα εισαγωγής οι αντίστοιχες τιμές στο κελί του πίνακα λειτουργιών είναι *[ΚΛΕΙΣΤΑ]* ή *[ΑΝΟΙΚΤΑ]* και *[ΑΝΟΙΚΤΑ]* ή *[ΚΛΕΙΣΤΑ]* αντίστοιχα. Αυτά τα δύο κελιά αφορούν τη λειτουργία των παραθύρων.



**Εικόνα 74.** Block diagram συμπλήρωσης του πίνακα λειτουργιών με την τρέχουσα κατάσταση των συσκευών



Εικόνα 75. Ολοκληρωμένη άποψη του προγράμματος που δημιουργήθηκε στο Labview για την υλοποίηση έλεγχου του θερμοκηπίου. Η ροή προγράμματος σύμφωνα με το σχήμα είναι από κάτω προς τα πάνω.

## 17. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

---

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε η λειτουργία ενός θερμοκηπίου με χρήση βιομηχανικού δικτύου. Το βιομηχανικό δίκτυο που υλοποιήθηκε είναι το Industrial Ethernet, το πλέον διαδεδομένο δίκτυο που χρησιμοποιείται παγκοσμίως.

Στόχος ήταν η δημιουργία ενός βιομηχανικού δικτύου Industrial Ethernet, στο οποίο συνδέονται ένα PLC και ένας προσωπικός ηλεκτρονικός υπολογιστής για τον έλεγχο ενός θερμοκηπίου και η ανάπτυξη εφαρμογών που επιδεικνύουν την ορθή λειτουργία του όλου συστήματος. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε δίκτυο με καινούριο προσωπικό υπολογιστή και ένα PLC της σειράς S7-200 της εταιρείας Siemens που υπήρχε στο εργαστήριο των Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου του Α.Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου. Το δίκτυο αυτό δημιουργήθηκε με καλώδιο UTP Cat5 που ξεκίνησε από τον Router του εργαστηρίου μέχρι την μονάδα Ethernet CP 243-1 της Siemens. Το δίκτυο που χρησιμοποιήθηκε ήταν TCP/IP με καλώδιο συνεστραμένου ζεύγους (10Base-T) και ταχύτητας 10/100Mbps.

Από την μια μεριά το PLC είναι συνδεδεμένο με ένα εργαστηριακό θερμοκήπιο διαστάσεων, το οποίο στέλνει δεδομένα προς το δίκτυο παίρνοντας εντολές από τα αισθητήρια που είναι εγκατεστημένα και από την άλλη χρησιμοποιούμε το Labview ένα ειδικά διαμορφωμένο software, που παίζει το ρόλο του SCADA. Η επικοινωνία του PLC με το Labview γίνεται μέσω του μοντέλου OPC server – client. Το μοντέλο αυτό επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ υλικού και λογισμικού που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές. Αρχικά «στήθηκε» το δίκτυο και έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις στο PLC και στον OPC server ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία. Έπειτα από αρκετές δοκιμαστικές λειτουργίες υλοποιήθηκε το πρόγραμμα στο Labview. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα μας δίνει την δυνατότητα όχι μόνο να έχουμε τον έλεγχο και την εποπτεία του συστήματος, αλλά και να αξιολογήσουμε την επίδραση του δικτύου στην απόκριση τέτοιων συστημάτων. Με τον όρο απόκριση εννοούμε το χρόνο που χρειάζεται για να μεταδοθεί ένα πακέτο δεδομένων από ένα σταθμό σε ένα δεύτερο και να σταλεί πίσω μια απάντηση.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την απόκριση του δικτύου είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται, ο ρυθμός ανανέωσης των τιμών του OPC server και η ποσότητα των δεδομένων που ανταλλάσσονται. Έτσι καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι ρυθμοί ανανέωσης των τιμών στον OPC server, αλλά και στο Labview ήταν άμεσα εξαρτώμενοι από τον φόρτο και την κατάσταση του δικτύου την δεδομένη στιγμή. Και αυτό επιβεβαιώθηκε από το γεγονός ότι σε δοκιμές που έγιναν σε διαφορετικές ώρες της ημέρας διαπιστώθηκαν διαφορετικοί ρυθμοί ανανέωσης των τιμών.

Σαν συμπέρασμα λοιπόν από το γεγονός αυτό βγαίνει ότι η κατασκευή ενός δικτύου, τα υπολογιστικά συστήματα αλλά και τα λογισμικά πακέτα που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται άμεσα από τις απαιτήσεις τις εφαρμογής. Στην περίπτωσή μας δεν ήταν κρίσιμος ο χρόνος δειγματοληψίας, αφού οι λειτουργίες του θερμοκηπίου μπορούσαν να εκτελεστούν χωρίς πρόβλημα ακόμα και με κύκλο 2 δευτερολέπτων. Άρα η χρησιμοποίηση μια ήπιας κατασκευής τόσο από την κατασκευαστική πλευρά όσο και από την πλευρά της δυνατότητας των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν θα αποτελούσε μια

αξιόπιστη και οικονομική λύση που θα έκανε πιο εύκολα εφαρμόσιμες τέτοιου είδους κατασκευές.

Για μια εφαρμογή η οποία απαιτεί έναν ρυθμό δειγματοληψίας της τάξης μερικών δεκάδων millisecond, τότε θα έπρεπε να παρθούν άλλα μέτρα που να ικανοποιούνται τέτοιου είδους απαιτήσεις. Θα μπορούσε για παράδειγμα να χρησιμοποιηθεί δίκτυο με οπτικές ίνες αντί των καλωδίων χαλκού ή σε περίπτωση σύνδεσης με το διαδίκτυο να εξασφαλιστεί μισθωμένη γραμμή ADSL υψηλής ταχύτητας. Θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν ειδικά λογισμικά πακέτα (Real time) που εξασφαλίζουν σταθερούς ρυθμούς δειγματοληψίας. Επίσης ένας παράγοντας που παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο και που πολλές φορές δεν λαμβάνεται υπ' όψη είναι το τεχνικό προσωπικό που θα αναλάβει να υλοποιήσει μια τέτοια εφαρμογή καθώς και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν να τηρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές για τις οποίες προορίζονται.

Η εργασία που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες αυτής της πτυχιακής θα βοηθήσει γενικότερα τους επόμενους ενδιαφερόμενους που θα ασχοληθούν με κάτι παρόμοιο αφού υπάρχει πλέον η σχετική εμπειρία στο συγκεκριμένο χώρο και έχουν καταγραφεί τα προβλήματα και οι δυσκολίες, αλλά και τα προτερήματα που έχει μια τέτοια μέθοδος υλοποίησης.

Όσο αφορά την εμπειρία που αποκομίστηκε, βγήκε το συμπέρασμα ότι τα συστήματα τα οποία υλοποιούνται σε εφαρμογές βιομηχανικού αυτοματισμού έχουν εξαιρετικό ενδιαφέρον και βοηθούν στο να εξελίξουμε έναν τομέα ο οποίος είναι αστείρευτος με τρομερές δυνατότητες και απρόβλεπτες εξελίξεις στο μέλλον.

Από τα παραπάνω αντιλαμβάνεται κανείς την χρησιμότητα διασύνδεσης υπολογιστικών συστημάτων μέσω δικτύου αφού παρέχει στον χρήστη τα εργαλεία να βελτιώσει τα επίπεδα διαβίωσης και ποιότητας της δουλειάς του πράγμα που τα παλιότερα χρόνια δεν ήταν εφικτό. Το ζητούμενο είναι κάθε φορά να αξιολογούνται οι ανάγκες ώστε η χρήση δικτύων επικοινωνίας και συστημάτων SCADA να αποτελεί την ιδανική λύση στο πρόβλημα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

### ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Αγγελόπουλος Ι.Δ., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Σημειώσεις θεωρίας για το μάθημα «Δίκτυα Υπολογιστών», Τ.Ε.Ι. Πειραιά, Τμήμα Αυτοματισμού, Αθήνα, Μάρτιος 2005.
- Αράπογλου Α.- Μαβόγλου Χ.- Οικονομάκος Η.- Φύτρος Κ., *Πληροφορική*, Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα 2006.
- Αρβανίτης Κ.- Κολουβάς Γ., Ούτσιος Σ., *Τεχνολογία δικτύων επικοινωνιών*, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1997.
- ΑΑ.ΥΥ, «Θερμοκήπιο», στο *Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα*, τομ.28, Πάπυρος, Αθήνα 1987.
- ΑΑ.ΥΥ., «Δίκτυο», στη *Δομή*, τομ.VIII, Εκδόσεις «ΔΟΜΗ», Αθήνα 2003, σς.94-96.
- Βακάλη Α.- Γιαννόπουλος Η.- Ιωαννίδης Ν.- Κοιλιάς Χ.- Μάλαμας Κ.- Μανωλόπουλος Ι.- Πολίτης Π., *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε προγραμματιστικό περιβάλλον*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα 2008.
- Berger Η., *Σχεδίαση εφαρμογών αυτοματισμού με τη γλώσσα STEP7 σε STL και SCL*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2002.
- Clark C. *Πλήρες εγχειρίδιο καλωδιώσεων δικτύων*, Εκδόσεις Γκιούρδας Μ., Αθήνα 2003.
- Γιαελής Κ.- Δημητριάδης Δ.- Καλέργης Χ.- Καστανιά Α.- Κατωπόδης Ι.- Κούλας Π.- Οικονόμου Θ., *Εφαρμογές Λογισμικού*, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα 1999.
- Δεσούπη Ε.- Δενδρινός Μ., *Βασικές έννοιες της πληροφορικής*, Εκδόσεις Libris-Tech Α.Ε., Αθήνα 2003.
- Elgar P., *Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2003.
- Ιωάννου Ζ.- Ψυλλίδου Ε., *Εισαγωγή στα δίκτυα δεδομένων [ISO/OSI (Μετάφραση) - Μεταγωγή -Μετάδοση - Διαμόρφωση - Πρωτόκολλα]*, Εργασία Πολυτεχνικής Σχολής Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2008.
- Καλοβρέκτης Ι.Κ., *LABVIEW για μηχανικούς. Προγραμματισμός συστημάτων DAQ*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2007.
- King R. E., *Βιομηχανική Πληροφορική*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2004.
- Norton P., *Εισαγωγή στους υπολογιστές*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2000.
- Παναγιωτόπουλος Π. - Δραγώνας Γ. – Σκουλάς Χ., *Τηλεπληροφορική και δίκτυα υπολογιστών*, Εκδόσεις νέων τεχνολογιών, Αθήνα 1994.
- Πανουτσόπουλος Α., *Το Δίκτυο και το Διαδίκτυο στο Ε.Κ.Κ.Ε.*, Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών, Αθήνα 2003.
- Πανταζής Ν., *Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές*, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2001.

Petruzella F. D., *Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2000.

Πομπόρτσος Α., *Εισαγωγή στις τεχνολογίες επικοινωνιών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 1997.

Χαρίσης Β., *Ανάπτυξη και δοκιμή λειτουργίας προσομοιωτή βιομηχανικού δικτύου προγραμματισμένων λογικών ελεγκτών με το υλικό εντός του βρόχου ελέγχου*, Διπλωματική εργασία για τον Τομέα Ηλεκτρονικής και Υπολογιστών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2008.

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Brown L.M., «UNIX System V Data Networking Architecture», στο *Auugn*, τεύχ.10, αρ.3, Ιούνιος 1989, σς. 124-134.

Chan W.Ch., *Performance analysis of telecommunications and local area networks*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts 2000.

Dutertre B., «Formal modeling and analysis of the modbus protocol», στο Goetz E.-Shenoi S. (ed.), *Critical Infrastructure Protection*, Springer-University of Tulsa, Tulsa Oklahoma 2008, σς.189-204.

Earls, A.R., *Images of America: Digital Equipment Corporation*, Arcadia Publishing, Portsmouth 2004.

Gookin D., *PCs for Dummies*, Wiley Publishing Inc., Indianapolis 2007.

Heneghan H., «New configuration make FDDI more survivable», στο *Network World*, αρ. 47, τευχ. 12, Νοέμβριος 1995, σ.41.

House L.-Hill J., *Practical Industrial data Networks*, Elsevier-IDC Technologies, Oxford 2004.

Kozierok Ch. M., *The TCP/IP Guide. A Comprehensive illustrated Internet Protocols Reference*, William Pollock Publisher, San Francisco 2005.

Muller S., *Upgrading and repairing networks*, Que Corporation, Indianapolis 2002.

Park K.I., *QoS in packet networks*, Springer Scinger Science & Business Media Inc., USA 2005.

Russell D., *The principles of Computer Networking*, Cambridge University Press, Cambridge 1989, σς. 115-118.

Rusty Harold E., *Java™ Network Programming*, O'Reilly, Sebastopol 2000.

Sadiku M.N.O., *Metropolitan Area Networks*, CRC Press Inc., Florida 2000.

Siemens, *CP243-1.Communications Processor for Industrial Ethernet*, Siemens AG, Nürnberg 2004.

Siemens, *S7-200. Programmable Controller System Manual*, Siemens AG, Nuemberg 2007.

Spurgeon Ch.E., *Ethernet. The Definitive Guide*, O'Reilly, Sebastopol 2000.  
Stephens M., «Bus, Star, Ring topologies Increase Network Options», στο *Infoworld*, τεύχ.11, αρ. 2, Ιανουάριος 1989, σ.12.

Eisenreich D.- DeMuth B., *Designing embedded Internet devices*, Elsevier Science, Burlington 2003.

McGraw-Hill Companies, *Network Design Basics for Cabling Professionals*, McGraw-Hill, New York 2002.

Miller P. – Cummins M., *LAN Technologies Explained*, Digital Press, Woburn 2000.

Moraes R.-Vasques F., «Probabilistic Timing Analysis on the h-BBB Collision Resolution Algorithm», στο Chávez M.L. (ed.), *Fieldbus Systems and Their Applications*, Πρακτικά του 6ου Διεθνούς Συνεδρίου IFAC (Puebla, Μεξικό 14-25 Νοεμβρίου 2005), Puebla, Mexico 2005, σς.107-114.

## ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Γκάργκας Ε.-Κωστούλης Δ., *Εργασία Μεταπτυχιακού Μ.Ι.Σ. Πανεπιστημίου Μακεδονίας*, αναρτήθηκε στην ηλεκτρονική διεύθυνση [http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptychiaka/technologies\\_diktywn/ergasies/2005/html/MANProtocols/index.htm#TOP](http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptychiaka/technologies_diktywn/ergasies/2005/html/MANProtocols/index.htm#TOP), προσπελάστηκε στις 20/03/2010.

Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE), <http://www.ieee.org>, προσπελάστηκε στις 30/12/2009.

Κοινότητα ελεύθερου λογισμικού Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, *Subnet mask/ Internet protocol και διευθυνσιοδότηση/ routing και default gateway/ DHCP/ TCP/IP Ports/ DNS*, αναρτήθηκε στο [http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP\\_Basics](http://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics), προσπελάστηκε την 03/02/2010.

Κουμπλής Μ., *Πρωτόκολλα βιομηχανικών δικτύων/δικτύων αυτοματισμού*, Εργασία για το μάθημα «Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων» Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, αναρτήθηκε στην ηλεκτρονική διεύθυνση [http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptychiaka/technologies\\_diktywn/ergasies/2007/Industrial%20\(Automation\)%20Network%20protocols.pdf](http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptychiaka/technologies_diktywn/ergasies/2007/Industrial%20(Automation)%20Network%20protocols.pdf), προσπελάστηκε στις 06/03/2010.

Οικονομάκος Χ. *Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου*, αναρτήθηκε στο <http://www.aut.teihal.gr/e-class/NotesFall2008.pdf>, προσπελάστηκε στις 12/03/2010.

Οργανισμός OPC foundation, στο <http://www.opcfoundation.org>, προσπελάστηκε την 06/04/2010.