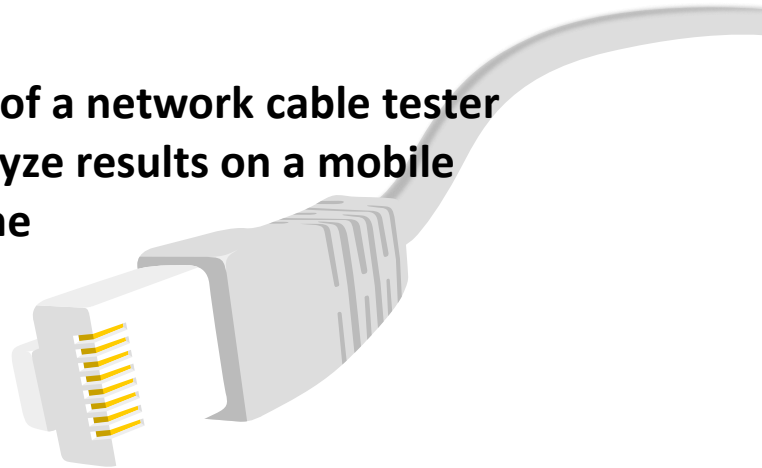


**Σχεδίαση και κατασκευή συσκευής
ελέγχου καλωδιώσεων δικτύου
(UTP, FTP) με ανάλυση των
αποτελεσμάτων σε κινητό τηλέφωνο**

**Design and implementation of a network cable tester
(UTP, FTP) capable of analyze results on a mobile
phone**



Πτυχιακή εργασία του:

Καλλιοντζή Δημητρίου
ΚΑΣ: 510035

Επιβλέπων:

Γιακουμής Άγγελος
Καθηγητής Εφαρμογών

ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ: 15187M

Θεσσαλονίκη, 2018

Ημερομηνία ανάληψης: 10/3/2017

Ημερομηνία περάτωσης: 20/9/2018

Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή ενός οργάνου ελέγχου καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών δικτύωσης, με δυνατότητα αποστολής των δεδομένων ελέγχου που πραγματοποιεί σε κινητό τηλέφωνο. Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών υπάρχουν σχεδόν σε κάθε ενσύρματο δίκτυο υπολογιστών που κατασκευάστηκε τα τελευταία 25 χρόνια. Όργανα τέτοιου τύπου χρησιμοποιούνται ευρέως από μηχανικούς και τεχνικούς δικτύων υπολογιστών, κατά την εγκατάσταση καλωδίωσης ενός νέου δικτύου ή την αντιμετώπιση προβλημάτων σε υπάρχοντα δίκτυα.

Στα πρώτα τέσσερα κεφάλαια γίνεται αναφορά στις βασικές έννοιες των δικτύων υπολογιστών, τα διαφορετικά είδη και πρωτόκολλα δικτύων καθώς και τις συσκευές που χρησιμοποιούνται σε αυτά. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μία ιστορική αναδρομή στην τεχνολογική εξέλιξη των δικτύων και των καλωδιώσεων έως ότου καθιερωθεί το γνωστό πρότυπο Ethernet και η χρήση καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών μέσω δομημένης καλωδίωσης. Στη συνέχεια αναλύονται τα διάφορα είδη καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών που χρησιμοποιούνται στο πρότυπο Ethernet και ο τρόπος λειτουργίας τους, ενώ στο έκτο κεφάλαιο αναλύονται οι κατηγορίες οργάνων ελέγχου τέτοιων καλωδίων.

Στα τελευταία κεφάλαια αναλύονται ο σχεδιασμός του κυκλώματος και της πλακέτας, ο προγραμματισμός του κυκλώματος και της εφαρμογής για κινητό τηλέφωνο και ο τρόπος λειτουργίας των ηλεκτρονικών υλικών που επιλέχθηκαν. Τέλος παρατίθεται ένα κεφάλαιο με προτάσεις βελτίωσης της συσκευής που κατασκευάστηκε.

Abstract

The aim of the thesis is the design and implementation of a twisted-pair cable tester, capable of sending results to a mobile phone. Twisted-pair cables exist in almost every wired computer network built over the last 25 years. This type of testers is widely used by computer network engineers and technicians, when installing a new network structured cabling or troubleshooting existing networks.

The first four chapters are referred to the basic concepts of computer networks, different types and protocols of networks and the devices used in them. In the fifth chapter there is a historical review of the technological evolution of networks and wiring until the establishment of the Ethernet standard and the use of twisted pair cables through structured cabling. The various types of twisted pair cables used in the Ethernet standard and how they work are then analyzed, while the sixth chapter analyzes the categories of control devices for such cables.

Last chapters analyze circuit and board design, circuit and mobile application programming, and how electronic materials are selected. Finally, there is a chapter with suggestions for improving the device that was built.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| Κεφάλαιο 1. Βασικές Έννοιες Δικτύων | 12 |
| 1.1 Τι είναι Δίκτυο Υπολογιστών | 12 |
| 1.2 Μεταγωγή Δεδομένων στα Δίκτυα..... | 13 |
| 1.3 Μοντέλο Δικτύωσης TCP/IP..... | 14 |
| 1.3.1 Ορισμός του όρου «Μοντέλο Δικτύωσης»..... | 14 |
| 1.3.2 Ιστορική αναδρομή μέχρι την καθιέρωση του TCP/IP | 14 |
| 1.3.3 Το μοντέλο OSI ως σημείο αναφοράς | 15 |
| 1.3.4 Ανάλυση του TCP/IP και σύγκριση με το OSI..... | 18 |
| 1.4 Data Encapsulation (Ενθυλάκωση)..... | 21 |
| Κεφάλαιο 2. Ταξινομήσεις Δικτύων | 23 |
| 2.1 Μέσα Μετάδοσης Δικτύων | 23 |
| 2.1.1 Ενσύρματη ή Καλωδιακή μετάδοση..... | 23 |
| 2.1.2 Ασύρματη μετάδοση..... | 23 |
| 2.2 Είδη Συνδέσεων Δικτύων..... | 24 |
| 2.2.1 Σύνδεση POINT to POINT..... | 24 |
| 2.2.2 Σύνδεση Multipoint (Multidrop)..... | 25 |
| 2.3 Κατηγορίες Δικτύων με βάση την γεωγραφική περιοχή κάλυψης | 25 |
| 2.3.1 Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Local Area Networks - LANs)..... | 25 |
| 2.3.2 Δίκτυα Μητροπολιτικής Περιοχής (Metropolitan Area Networks – MANs)..... | 26 |
| 2.3.3 Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks – WANs)..... | 26 |
| 2.3.4 Ασύρματα Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Wireless Local Area Networks - WLANs)..... | 26 |
| 2.4 Τοπολογίες Δικτύων | 26 |
| 2.4.1 Τοπολογία Διαύλου (Bus Network) | 26 |
| 2.4.2 Τοπολογία Δακτυλίου (Ring Network)..... | 27 |
| 2.4.3 Τοπολογία Πλέγματος (Mesh Network) | 27 |
| 2.4.4 Τοπολογία Αστέρα (Star Network) | 28 |
| 2.4.5 Τοπολογία Δένδρου (Tree Network)..... | 28 |
| 2.4.6 Υβριδική Τοπολογία (Hybrid Topology)..... | 29 |
| Κεφάλαιο 3. Τοπικά Δίκτυα Ethernet | 30 |
| 3.1 Πρότυπο Υποδομής Ethernet | 30 |

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| 3.1.1 | <i>Ethernet IEEE 802.3 Frame Format (Δομή Πλαισίου)</i> | 30 |
| 3.1.2 | <i>Ethernet Addressing (Διευθυνσιοδότηση Ethernet)</i> | 31 |
| 3.1.3 | <i>Ημιαμφίδρομη και Πλήρως Αμφίδρομη Ethernet Επικοινωνία</i> | 32 |
| 3.2 | <i>Ethernet LANs</i> | 33 |
| 3.3 | <i>Συσκευές Διασύνδεσης Δικτύων Ethernet</i> | 34 |
| 3.3.1 | <i>HUB (Πλήμνη)</i> | 34 |
| 3.3.2 | <i>Repeater (Επαναληπτής)</i> | 35 |
| 3.3.3 | <i>Bridge (Γέφυρα)</i> | 35 |
| 3.3.4 | <i>Switch (Μεταγωγέας)</i> | 36 |
| 3.3.5 | <i>Router (Δρομολογητής)</i> | 37 |
| 3.3.6 | <i>Network Interface Controller (Ελεγκτής Διασύνδεσης Δικτύου)</i> | 37 |
| Κεφάλαιο 4. | Δομημένη Καλωδίωση Δικτύων | 39 |
| 4.1 | Τι είναι η Δομημένη Καλωδίωση | 39 |
| 4.1.1 | <i>Ενεργός Εξοπλισμός</i> | 39 |
| 4.1.2 | <i>Παθητικός Εξοπλισμός</i> | 40 |
| 4.1.3 | <i>Διασυνδέσεις</i> | 41 |
| 4.1.4 | <i>Διαχείριση</i> | 41 |
| 4.2 | Η τυποποίηση EIA/TIA 568 | 41 |
| 4.2.1 | <i>Κατακόρυφη Καλωδίωση (αγγλ. Backbone Cabling)</i> | 42 |
| 4.2.2 | <i>Οριζόντια Καλωδίωση (αγγλ. Horizontal Cabling)</i> | 43 |
| Κεφάλαιο 5. | Καλώδια & Πρότυπα Ethernet | 44 |
| 5.1 | Ιστορική Αναδρομή των Ενσύρματων Δικτύων | 44 |
| 5.2 | Η Ανάπτυξη της Σύγχρονης Τεχνολογίας Καλωδιώσεων..... | 46 |
| 5.2.1 | <i>Thick Ethernet – 10Base5</i> | 46 |
| 5.2.2 | <i>Thin Ethernet – 10Base2</i> | 47 |
| 5.2.3 | <i>Token Ring & IBM data connector</i> | 48 |
| 5.3 | Η Καθιέρωση των UTP Καλωδίων & του Ethernet BaseT..... | 48 |
| 5.4 | Κατηγορίες Καλωδίων Συνεστραμμένου Ζεύγους (Twisted Pair) | 51 |
| 5.4.1 | <i>Καλώδια UTP – Unshielded Twisted Pair</i> | 51 |
| 5.4.2 | <i>Καλώδια STP – Shielded Twisted Pair</i> | 51 |
| 5.4.3 | <i>Καλώδια FTP – Foiled Twisted Pair</i> | 52 |
| 5.4.4 | <i>Καλώδια S/FTP, S/STP</i> | 52 |
| 5.4.5 | <i>Ονοματολογία Twisted Pair καλωδίων σύμφωνα με το ISO/IEC 11801:2002</i> ... 53 | |
| 5.4.6 | <i>Πίνακας χαρακτηριστικών όλων των κατηγοριών UTP καλωδίων</i> | 54 |
| 5.5 | Ηλεκτρομαγνητικές Παρεμβολές και Αντιμετώπιση | 55 |
| 5.5.1 | <i>Οι λόγοι που τα ζεύγη είναι συνεστραμμένα (Twisted Pair)</i> | 55 |

| | | |
|--------------------|--|-----------|
| 5.5.2 | Μειώνοντας την εκπομπή EMI | 55 |
| 5.6 | Υλικά Κατασκευής και Βύσματα RJ45..... | 56 |
| 5.6.1 | Υλικά κατασκευής καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών..... | 56 |
| 5.6.2 | Σύνδεσμοι RJ45..... | 57 |
| 5.6.3 | GG45 & ARJ45 βύσματα | 58 |
| 5.7 | Συνδεσμολογία Ethernet | 59 |
| 5.7.1 | Πρότυπα EIA/TIA 568A/568B και χρωματικός κώδικας | 59 |
| 5.7.2 | Straight-Through καλώδια | 61 |
| 5.7.3 | Crossover καλώδια | 64 |
| 5.7.4 | MDI, MDI-X και Auto MDI-X | 66 |
| 5.7.5 | Rollover καλώδια | 68 |
| Κεφάλαιο 6. | Όργανα και Εργαλεία Δικτύων..... | 69 |
| 6.1 | Εργαλεία Κατασκευής Καλωδίων UTP..... | 69 |
| 6.2 | Δοκιμαστές Καλωδίων Δικτύου | 71 |
| 6.2.1 | Cable Certification testers..... | 72 |
| 6.2.2 | Cable Qualification Testers | 72 |
| 6.2.3 | Cable Verification Testers | 73 |
| 6.2.4 | Tone Generator and Probe Kits..... | 74 |
| Κεφάλαιο 7. | Σχεδίαση και Υλικά Κυκλώματος..... | 75 |
| 7.1 | Εισαγωγή..... | 75 |
| 7.2 | Μπλοκ Διάγραμμα Κυκλώματος..... | 76 |
| 7.3 | AVR Μικροελεγκτής..... | 77 |
| 7.3.1 | Τι είναι ένας μικροελεγκτής | 77 |
| 7.3.2 | Μικροελεγκτές AVR και ATmega328p..... | 78 |
| 7.4 | Καταχωρητής Ολίσθησης (Shift Register)..... | 82 |
| 7.4.1 | Καταχωρητής (register) ως στοιχείο μνήμης | 82 |
| 7.4.2 | Κατηγορίες καταχωρητών ολίσθησης | 82 |
| 7.4.3 | Shift Register 74HC595 | 83 |
| 7.5 | Οθόνη Υγρών Κρυστάλλων (LCD)..... | 85 |
| 7.5.1 | Πως λειτουργεί μία οθόνη υγρών κρυστάλλων | 85 |
| 7.5.2 | LCD Module 16x2 | 85 |
| 7.6 | Bluetooth Module..... | 87 |
| 7.6.1 | Τι είναι το Bluetooth..... | 87 |
| 7.6.2 | Serial Port Bluetooth Modules HC-05 και AT-09..... | 87 |
| 7.7 | Τροφοδοσία Κυκλώματος..... | 89 |
| 7.7.1 | Σταθεροποιητές τάσης | 89 |

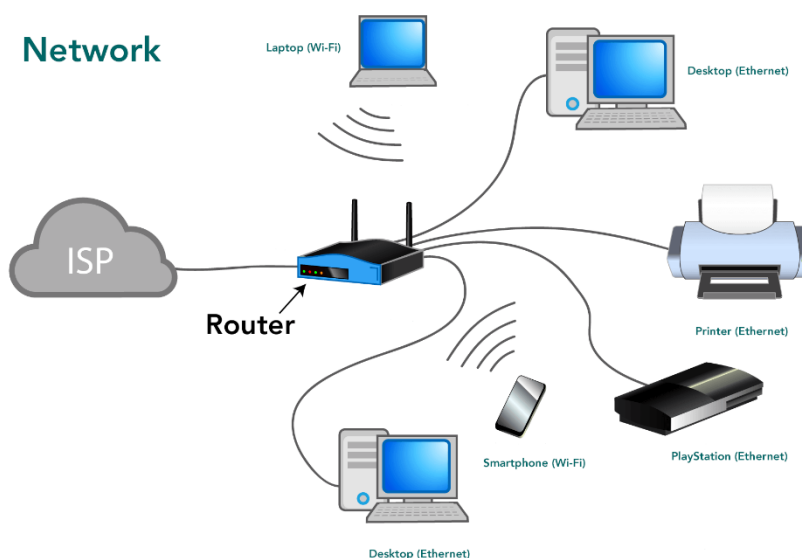
| | | |
|---------------------|--|------------|
| 7.7.2 | Σταθεροποιητές L7805CV, LM2940CT και αυτονομία..... | 91 |
| 7.8 | Ολοκληρωμένο Σχηματικό Κυκλώματος | 93 |
| 7.9 | Σχεδιασμός Πλακέτας Κυκλώματος..... | 94 |
| 7.10 | Φωτογραφία Τελικού Αποτελέσματος Πλακέτας..... | 99 |
| Κεφάλαιο 8. | Προγραμματισμός ATmega328P & Bluetooth Module | 100 |
| 8.1 | Εγκατάσταση Arduino Bootloader στον 328P | 100 |
| 8.1.1 | Arduino Boards | 100 |
| 8.1.2 | Arduino UNO ως ISP Programmer | 101 |
| 8.2 | Κώδικας Προγραμματισμού Μικροελεγκτή | 108 |
| 8.2.1 | Δήλωση βιβλιοθηκών και μεταβλητών | 108 |
| 8.2.2 | Void setup | 109 |
| 8.2.3 | Void loop και τρόπος λειτουργίας προγράμματος | 110 |
| 8.3 | Προγραμματισμός Bluetooth module με AT commands | 116 |
| 8.3.1 | Προγραμματισμός HC-05..... | 116 |
| 8.3.2 | Προγραμματισμός AT-09..... | 117 |
| 8.4 | Προσομοίωση Κυκλώματος..... | 119 |
| 8.5 | Διάγραμμα Ροής Προγράμματος..... | 121 |
| Κεφάλαιο 9. | Android Εφαρμογή..... | 122 |
| 9.1 | Λειτουργικό Σύστημα Android και Ανάπτυξη Εφαρμογών | 122 |
| 9.1.1 | Android OS..... | 122 |
| 9.1.2 | Ανάπτυξη Android Εφαρμογών | 122 |
| 9.1.3 | MIT App Inventor 2 | 123 |
| 9.2 | Σχεδιασμός Εφαρμογής F/UTP Tester..... | 124 |
| 9.2.1 | Η διαδικασία αποστολής δεδομένων από το BT module..... | 124 |
| 9.2.2 | Εφαρμογή για το HC-05 BT 2.0..... | 125 |
| 9.2.3 | Εφαρμογή για το AT-09 BLE..... | 128 |
| Κεφάλαιο 10. | Βελτιώσεις και Παρατηρήσεις..... | 133 |
| 10.1 | Χρήση Διαφορετικού Μικροελεγκτή | 133 |
| 10.2 | Οθόνες και Πρωτόκολλο I ² C..... | 134 |
| 10.2.1 | Σύνδεση οθόνης LCD χρησιμοποιώντας το I ² C..... | 134 |
| 10.2.2 | LCD & OLED modules | 135 |
| 10.3 | Βελτίωση Τροφοδοσίας & Αυτονομίας..... | 136 |
| 10.3.1 | Αλκαλικές μπαταρίες AA | 136 |
| 10.3.2 | Μπαταρίες λιθίου..... | 137 |
| 10.4 | Προσθήκη Λειτουργιών και Δυνατοτήτων..... | 140 |
| 10.4.1 | Έλεγχος τηλεφωνικών καλωδίων RJ11..... | 140 |

| | | |
|--|--|------------|
| 10.4.2 | Δυνατότητα ελέγχου γείωσης S/FTP καλωδίων..... | 140 |
| 10.4.3 | Βελτίωση σχεδιασμού κυκλώματος και πλακέτας..... | 141 |
| 10.4.4 | Δυνατότητα μέτρησης μήκους καλωδίου (TDR)..... | 141 |
| 10.4.5 | Δυνατότητα «Network Ethernet Analyzer» | 142 |
| Βιβλιογραφία & Ηλεκτρονικές Πηγές | | 143 |
| | Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία..... | 143 |
| | Ελληνική Βιβλιογραφία | 143 |
| | Ηλεκτρονικές Πηγές..... | 144 |
| Φύλλα Δεδομένων | | 150 |
| Βιβλιοθήκες Προγραμματισμού & Λογισμικού..... | | 151 |

Κεφάλαιο 1. Βασικές Έννοιες Δικτύων

1.1 Τι είναι Δίκτυο Υπολογιστών

Δίκτυο υπολογιστών (Computer Network) είναι ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα από αυτόνομους ή μη αυτόνομους διασυνδεδεμένους υπολογιστές. Οι υπολογιστές θεωρούνται διασυνδεδεμένοι όταν είναι σε θέση να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους και αυτόνομοι όταν δεν είναι δυνατό κάποιος υπολογιστής να ελέγξει τη λειτουργία κάποιου άλλου. Με τον όρο «υπολογιστής» εννοείται κάθε ψηφιακή ηλεκτρονική συσκευή γενικής χρήσης όπως περιφερειακή συσκευή ηλεκτρονικού υπολογιστή, συσκευή διακίνησης δεδομένων ή πληροφοριών, φορητή ηλεκτρονική συσκευή ή οποιαδήποτε συσκευή έχει τη δυνατότητα διασύνδεσης σε δίκτυο. Γενικότερα ένα δίκτυο υπολογιστών ή τηλεπληροφορικής είναι ένα σύστημα επικοινωνιών το οποίο διαθέτει συσκευές τηλεπικοινωνιών, τηλεπικοινωνιακούς κόμβους και φυσικά μέσα μετάδοσης της πληροφορίας (πχ. καλώδια).



Εικόνα 1.1 Παράδειγμα Δικτύου Υπολογιστών

1.2 Μεταγωγή Δεδομένων στα Δίκτυα

Προκειμένου να προωθηθεί μια πληροφορία από μία συσκευή ενός δικτύου σε μία άλλη, είναι απαραίτητη η κατάλληλη δρομολόγησή της μέσα στο δίκτυο.

Τα σύγχρονα δίκτυα χρησιμοποιούν δύο βασικά είδη μεταγωγής δεδομένων:

- **Μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switching)**

Στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος, όπως το κλασικό τηλεφωνικό δίκτυο, για την επικοινωνία δυο τερματικών είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός κυκλώματος πριν γίνει οποιαδήποτε ανταλλαγή πληροφορίας ανάμεσα στα τερματικά και έπειτα όλη η πληροφορία που ανταλλάσσεται ανάμεσα στα τερματικά ακολουθεί την ίδια διαδρομή, δηλαδή μεταδίδεται πάνω από τις ίδιες ζεύξεις, και φτάνει στον προορισμό με την ίδια σειρά που μεταδόθηκε. Το κύκλωμα είναι μια αποκλειστική σύνδεση από άκρο σε άκρο ανάμεσα στα δυο τερματικά, δηλαδή το δίκτυο πρέπει πρώτα να δεσμεύσει πόρους για το κύκλωμα σε κάθε ενδιάμεση ζεύξη. Επιπλέον, για όσο χρόνο διαρκεί η επικοινωνία των δυο τερματικών, οι πόροι αυτοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλα κυκλώματα, ακόμα και κατά τη διάρκεια των περιόδων σιγής που τα τερματικά δεν ανταλλάσσουν πληροφορίες. Πρακτικά δηλαδή δεσμεύεται εύρος ζώνης (bandwidth) από άκρο σε άκρο, οπότε μια ζεύξη μπορεί να υποστηρίξει μέχρι n κυκλώματα με εύρος ζώνης $1/n$ το καθένα.

Το πλεονέκτημα της μεταγωγής κυκλώματος είναι η μετάδοση πληροφορίας με εγγυημένη ταχύτητα πάνω από το δίκτυο γιατί οι απαραίτητοι πόροι έχουν δεσμευτεί εκ των προτέρων και γενικά οι εγγυήσεις ποιότητα σε όλα τα χαρακτηριστικά της επικοινωνίας (μικρή και σταθερή καθυστέρηση, μηδαμινές απώλειες, προστασία από απότομο τερματισμό της επικοινωνίας). Ωστόσο, η μεταγωγή κυκλώματος θεωρείται λιγότερο αποδοτική από τη μεταγωγή πακέτου.

- **Μεταγωγή πακέτου (Packet Switching)**

Σε όλα τα σύγχρονα δίκτυα, τα τερματικά ανταλλάσσουν ψηφιακά δεδομένα υπό τη μορφή μικρότερων τμημάτων που λέγονται πακέτα. Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων τα πακέτα είναι αυτοδύναμα, δηλαδή φέρουν όλη την πληροφορία που είναι απαραίτητη για τη δρομολόγησή τους στο δίκτυο (κυρίως διεύθυνση παραλήπτη και αποστολέα), μαζί με το ωφέλιμο φορτίο τους. Τα πακέτα μεταφέρονται μέσα στο δίκτυο μέσω των ζεύξεων επικοινωνίας και των ενδιάμεσων κόμβων. Υπάρχουν δυο είδη ενδιάμεσων κόμβων, οι δρομολογητές (routers) και οι μεταγωγείς (switches). Και οι δυο τύποι χρησιμοποιούν τη μεταγωγή αποθήκευσης και προώθησης (store and forward transmission), δηλαδή παραλαμβάνουν τα εισερχόμενα πακέτα από μια ζεύξη, αποφασίζουν σε ποια εξερχόμενη ζεύξη θα τα προωθήσουν.

1.3 Μοντέλο Δικτύωσης TCP/IP

1.3.1 Ορισμός του όρου «Μοντέλο Δικτύωσης»

Ως μοντέλο δικτύωσης (networking model), το οποίο αποκαλείται και αρχιτεκτονική δικτύου (networking architecture), ορίζουμε ένα σύνολο από πρωτοκόλλα, κανόνες και προϋποθέσεις που καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας ενός δικτύου υπολογιστών. Κάποιο πρωτόκολλο για παράδειγμα μπορεί να καθορίζει τους λογικούς κανόνες που πρέπει να ακολουθούν οι συσκευές για να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ τους, κάποιο άλλο μπορεί να ορίζει τα επίπεδα τάσης και ρεύματος σε ένα συγκεκριμένο καλώδιο για να είναι δυνατό να σταλθούν δεδομένα. Ένας κανόνας θα μπορούσε να θέτει τις ελάχιστες προϋποθέσεις που πρέπει να έχουν τα φυσικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην δικτύωση κλπ.

Επομένως όταν μία εταιρεία κατασκευάζει μία συσκευή με δυνατότητες δικτύωσης, ακολουθεί τα πρωτόκολλα και τις προϋποθέσεις κάποιου ευρέως γνωστού μοντέλου δικτύωσης, έτσι ώστε οι συσκευές της να μπορούν να γίνουν μέρος ενός δικτύου υπολογιστών και να μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ή με άλλες συσκευές διαφορετικών κατασκευαστών.

1.3.2 Ιστορική αναδρομή μέχρι την καθιέρωση του TCP/IP

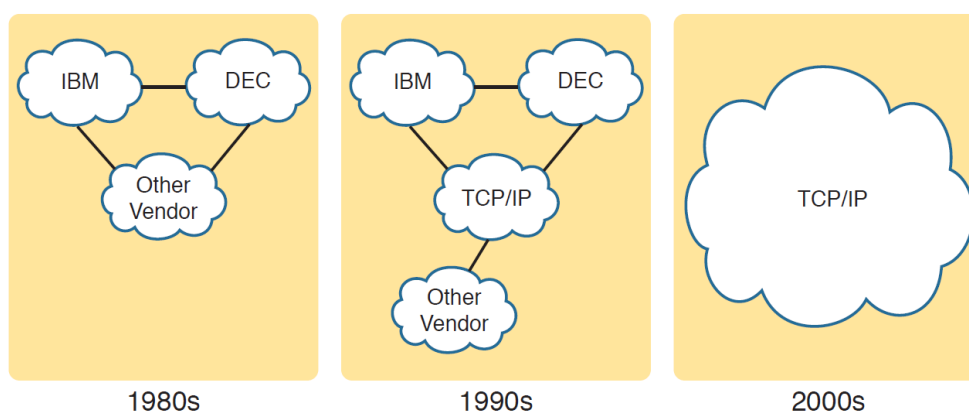
Σήμερα, στον κόσμο της δικτύωσης υπολογιστών χρησιμοποιείται ένα μοντέλο δικτύωσης, το TCP/IP. Ωστόσο τα πρωτόκολλα δικτύωσης δεν υπήρχαν από πάντα, συμπεριλαμβανομένου του TCP/IP. Οι βιομηχανίες κατασκευής υπολογιστών δημιούργησαν τα πρώτα μοντέλα δικτύωσης και τα ενσωμάτωσαν στις συσκευές τους, το αποτέλεσμα ήταν να μπορούν να δικτυωθούν μόνο συσκευές που ανήκουν στην ίδια κατασκευαστική εταιρεία. Για παράδειγμα η IBM παρουσίασε το δικό της μοντέλο δικτύωσης το 1974 που ονομαζόταν Systems Network Architecture (SNA). Άλλοι κατασκευαστές δημιούργησαν επίσης τα δικά τους ιδιόκτητα μοντέλα. Το αποτέλεσμα λοιπόν ήταν ότι αν μία εταιρεία αγόραζε ηλεκτρονικούς υπολογιστές από τρεις διαφορετικούς προμηθευτές, θα έπρεπε να δημιουργήσει τρία διαφορετικά δίκτυα βασισμένα στο αντίστοιχο μοντέλο του κάθε κατασκευαστή. Στη συνέχεια για να καταφέρουν να επικοινωνήσουν αυτά τα δίκτυα μεταξύ τους ήταν ακόμα πιο πολύπλοκο.

Αν και τα ιδιόκτητα μοντέλα δικτύωσης που όριζαν οι κατασκευαστές δούλευαν ικανοποιητικά, έχοντας ένα ανοιχτό μοντέλο δικτύωσης ουδέτερου κατασκευαστή θα βοηθούσε τον ανταγωνισμό και θα περιόριζε την πολυπλοκότητα. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO, International Organization for Standardization) ανέλαβε το καθήκον να δημιουργήσει ένα τέτοιο μοντέλο, ξεκινώντας ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Ξεκίνησε λοιπόν η δημιουργία του **Open Systems Interconnection (OSI)**, ένα μοντέλο δικτύωσης με σκοπό να τυποποιήσει τα πρωτόκολλα δικτύωσης έτσι ώστε να επιτρέπεται η επικοινωνία μεταξύ όλων των υπολογιστών που υπάρχουν στον κόσμο.

Μία λιγότερο επίσημη προσπάθεια δημιουργίας ενός ανοικτού μοντέλου δικτύωσης προέκυψε από σύμβαση του Υπουργείου Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών. Ερευνητές από διάφορα πανεπιστήμια προσφέρθηκαν εθελοντικά να βοηθήσουν στην περαιτέρω ανάπτυξη των πρωτοκόλλων της αρχικής εργασίας που έγινε για το Υπουργείο Άμυνας. Αυτές οι προσπάθειες είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ανταγωνιστικού ανοικτού δικτυακού μοντέλου που ονομάστηκε **Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)**.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90 οι εταιρείες άρχισαν να στήνουν τα δίκτυά τους σύμφωνα με τα μοντέλα OSI ή TCP/IP ή και τα δύο. Τελικά στο τέλος της δεκαετίας του '90 το TCP/IP επικράτησε έναντι του OSI. Το μοντέλο OSI, του οποίου η ανάπτυξη καθυστέρησε λόγω της βραδύτερης επίσημης διαδικασίας τυποποίησης δεν πέτυχε ποτέ στην αγορά. Το TCP/IP, το μοντέλο δικτύωσης που δημιουργήθηκε αρχικά, σχεδόν εξ ολοκλήρου από μια ομάδα εθελοντών, έχει καταστεί το πιο παραγωγικό μοντέλο δικτύου.

Σήμερα το μοντέλο TCP/IP κυριαρχεί στην δικτύωση υπολογιστών. Τα ιδιόκτητα μοντέλα δικτύωσης συνεχίζουν να υπάρχουν αλλά έχουν απορριφθεί ως επί το πλείστον υπέρ του TCP/IP.



Εικόνα 1.2 Ιστορική εξέλιξη: Από τα ιδιόκτητα μοντέλα δικτύωσης στο TCP/IP

1.3.3 Το μοντέλο OSI ως σημείο αναφοράς

Αρχικά πολύ πίστευαν ότι το δικτυακό μοντέλο OSI θα επικρατήσει και θα γίνει το κύριο μοντέλο δικτύωσης υπολογιστών. Εάν αυτό είχε συμβεί κάθε υπολογιστής στον κόσμο θα

το χρησιμοποιούσε αντί για το TCP/IP. Ωστόσο το OSI δεν επικράτησε και στην πραγματικότητα δεν υφίσταται σαν δικτυακό μοντέλο σήμερα. Παρόλα αυτά η ορολογία του μοντέλου OSI χρησιμοποιείται από πολλούς κατασκευαστές και έγγραφα πρωτοκόλλων ως σημείο αναφοράς και σύγκρισης με διαφορετικά δικτυακά μοντέλα. Έτσι αν και κανένας υπολογιστής σήμερα δε θα χρειαστεί να το χρησιμοποιήσει, για να κατανοήσει κάποιος την μοντέρνα ορολογία των δικτύων, πρέπει πρώτα να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του OSI.

Το OSI χρησιμοποιεί διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική, χωρίζεται δηλαδή σε επτά επίπεδα (στρώματα ή αγγλ. layers) για να είναι πιο κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του. Κάθε στρώμα περιλαμβάνει πρωτόκολλα και πρότυπα που αφορούν συγκεκριμένες λειτουργίες.

Τα επτά στρώματα του μοντέλου παρουσιάζονται στην συνέχεια ξεκινώντας απ' το κατώτερο.

- **Επίπεδο 7: Εφαρμογών**

Το «επίπεδο εφαρμογών» (αγγλ. **Application Layer**) 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 κατανεμημένων εφαρμογών, η αποστολή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, η εμφάνιση μια ιστοσελίδας μέσω περιηγητή ιστού κλπ.

- **Επίπεδο 6: Παρουσίασης**

Το "επίπεδο παρουσίασης" (αγγλ. **Presentation Layer**) μετασχηματίζει τα δεδομένα σε τυπική μορφή που την αναμένει το επίπεδο εφαρμογών. Στο επίπεδο αυτό τα δεδομένα υφίστανται κρυπτογράφηση, συμπίεση, κωδικοποίηση και όποια άλλη διαμόρφωση απαιτεί η μορφή δεδομένων ή ο σχεδιαστής του πρωτοκόλλου.

- **Επίπεδο 5: Συνόδου**

Το «επίπεδο συνόδου» (αγγλ. **Session Layer**) ελέγχει τις συνόδους (δηλαδή τις ανταλλαγές δεδομένων) μεταξύ δύο υπολογιστών, του Α και του Β. Ξεκινά, διαχειρίζεται και τερματίζει τη σύνδεση μεταξύ μιας τοπικής και μιας απομακρυσμένης εφαρμογής. 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.

- **Επίπεδο 4: Μεταφοράς**

Το «επίπεδο μεταφοράς» (αγγλ. **Transport Layer**) διεκπεραιώνει τη μεταφορά των δεδομένων από χρήστη σε χρήστη, απαλλάσσοντας έτσι τα ανώτερα επίπεδα από κάθε φροντίδα να προσφέρουν αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων από το ένα άκρο της επικοινωνίας στο άλλο. Το επίπεδο μεταφοράς ελέγχει την αξιοπιστία ενός χρησιμοποιούμενου καναλιού με έλεγχο ροής (αγγλ. flow control), κατάτμηση και αποτμηματοποίηση (αγγλ. segmentation / desegmentation), καθώς και έλεγχο σφαλμάτων

(αγγλ. 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. Τα συνηθέστερα παραδείγματα πρωτοκόλλων μεταφοράς είναι τα TCP και UDP.

- **Επίπεδο 3: Δικτύου**

Το «επίπεδο δικτύου» (αγγλ. **Network Layer**) 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 (αγγλ. routers) λειτουργούν στο επίπεδο αυτό, διακινώντας δεδομένα σε διασυνδεδεμένα δίκτυα έκαναν το Διαδίκτυο πραγματικότητα. Το πλέον αναγνωρίσιμο παράδειγμα πρωτοκόλλου δικτύου είναι το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (αγγλ. Internet Protocol, IP).

- **Επίπεδο 2: Ζεύξης Δεδομένων**

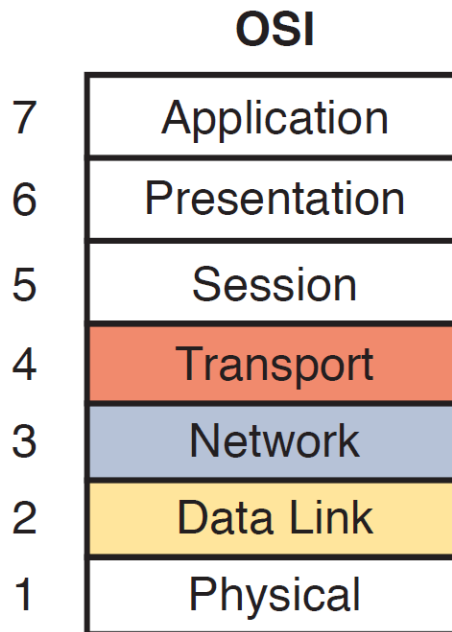
Το «επίπεδο ζεύξης» (αγγλ. **Data Link Layer**) δεδομένων παρέχει τα λειτουργικά και διαδικαστικά μέσα για τη μεταφορά δεδομένων από μια συσκευή ενός τοπικού δικτύου σε άλλη, αλλά και για την ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων που συμβαίνουν στο φυσικό επίπεδο. Οι μη ιεραρχημένες διευθύνσεις των συσκευών 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.

- **Επίπεδο 1: Φυσικό**

Το «φυσικό επίπεδο» (αγγλ. **Physical Layer**) 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, οι επαναλήπτες (αγγλ. repeaters), οι κάρτες δικτύου, οι προσαρμοστές διαύλου (αγγλ. bus adapters) κτλ. 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 ραδιοκύματα ή δορυφορικά, να φθάσουν πάλι αναλογικά σε χάλκινο καλώδιο και να γίνουν ψηφιακά στον παραλήπτη.



Εικόνα 1.3 Τα επτά επίπεδα του OSI

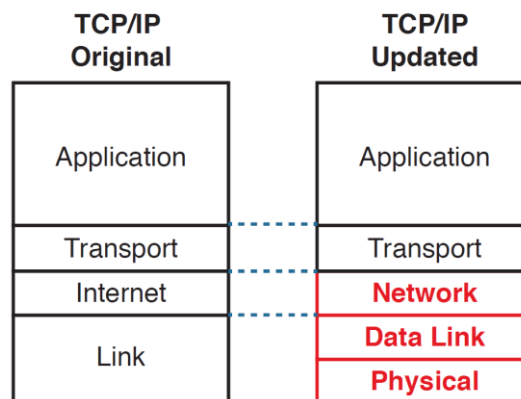
1.3.4 Ανάλυση του TCP/IP και σύγκριση με το OSI

Το μοντέλο TCP/IP είναι μια οικογένεια πρωτοκόλλων, με τα δύο βασικότερα, το TCP και το IP να δίνουν το όνομά του. Για να ορίσει ένα πρωτόκολλο το TCP/IP χρησιμοποιεί έγγραφα που ονομάζονται RFC. Τα RFC ή *Request For Comments* είναι έγγραφα που συντάσσονται από μηχανικούς και επιστήμονες της πληροφορικής οι οποίοι ασχολούνται με την ανάπτυξη του TCP/IP και του Internet γενικότερα. Σε αυτά περιγράφονται αλλαγές, επισημάνσεις, νέες δυνατότητες ή διορθώσεις. Τα έγγραφα αυτά κατατίθενται στον οργανισμό IETF (Internet Engineering Task Force) όπου ακολουθεί σχολιασμός και συζήτηση. Κάποιες από τις αλλαγές που προτείνονται τελικά ενσωματώνονται σε επόμενες εκδόσεις του πρωτοκόλλου. Η δομή και λειτουργία του περιγράφεται στα έγγραφα RFC1122 και RFC1123. Το TCP/IP αποφεύγει επίσης την επανάληψη εργασιών που έχουν ήδη γίνει από κάποια άλλη οργάνωση προτύπων ή κοινοπραξία κατασκευαστών με απλή παραπομπή σε πρότυπα ή πρωτόκολλα που δημιουργήθηκαν από αυτές τις ομάδες. Για παράδειγμα, το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE, Institute of Electrical and Electronic Engineers) ορίζει Ethernet LANs. Το μοντέλο TCP / IP δεν καθορίζει το Ethernet σε RFC, αλλά αναφέρεται στο IEEE Ethernet ως επιλογή.

Το TCP/IP χρησιμοποιεί διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική, όπως και το μοντέλο OSI. Κάθε στρώμα περιλαμβάνει πρωτόκολλα και πρότυπα που αφορούν συγκεκριμένες λειτουργίες. Το TCP/IP έχει δύο εναλλακτικά μοντέλα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 1.4**.

Το μοντέλο στα αριστερά δείχνει το αρχικό μοντέλο TCP/IP που παρατίθεται στο RFC 1122, το οποίο χωρίζεται σε τέσσερα επίπεδα. Τα δύο πρώτα επίπεδα, «Εφαρμογής» και «Μεταφοράς» (Application, Transport) επικεντρώνονται περισσότερο στις εφαρμογές που χρειάζονται αποστολή και λήψη δεδομένων. Το κάτω στρώμα «Διεπαφή Δικτύου» (Link) επικεντρώνεται στον τρόπο μετάδοσης των δυαδικών δεδομένων, ενώ το στρώμα του «Διαδικτύου» (Internet) εστιάζει στην παράδοση δεδομένων σε ολόκληρη τη διαδρομή από τον αρχικό υπολογιστή αποστολής στον υπολογιστή τελικού προορισμού.

Το μοντέλο στα δεξιά δείχνει το πιο διαδεδομένο μοντέλο που χρησιμοποιούμε σήμερα όταν μιλάμε για TCP/IP και χωρίζεται σε πέντε επίπεδα. Διευρύνει το κατώτερο στρώμα «Διεπαφή Δικτύου» του αρχικού μοντέλου σε δύο ξεχωριστά στρώματα: «Ζεύξης Δεδομένων» (Data Link) και «Φυσικό» (Physical). Επίσης συνήθως χρησιμοποιείται και ο όρος «Δίκτυο» (Network) αντί για «Διαδίκτυο» (Internet) για το αντίστοιχο στρώμα.



Εικόνα 1.4 Οι δύο παραλλαγές του μοντέλου δικτύωσης TCP/IP

- **Επίπεδο 1: Πρόσβασης (Διεπαφής) Δικτύου**

Το «επίπεδο πρόσβασης δικτύου» (αγγλ. **Link Layer**) πρέπει να παρέχει λειτουργίες τέτοιες ώστε να μπορεί να στέλνει πακέτα IP στο δίκτυο χρησιμοποιώντας κάποιο πρωτόκολλο.

- **Επίπεδο 2: Διαδικτύου**

Στο TCP/IP, το βασικό πρωτόκολλο του επιπέδου Διαδικτύου (αγγλ. **Internet Layer**) είναι το IP το οποίο προσφέρει μόνο υπηρεσίες χωρίς σύνδεση. Αυτό σημαίνει ότι τα πακέτα IP δρομολογούνται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο μέσα στο δίκτυο και η παράδοση τους στο επίπεδο Διαδικτύου του παραλήπτη δεν είναι σίγουρα αξιόπιστη. Τα πακέτα μπορεί να φτάσουν με διαφορετική σειρά, με λάθη, ή το ίδιο πακέτο παραπάνω από μια φορές. Τα προβλήματα αυτά πρέπει να διορθωθούν σε ανώτερα επίπεδα.

- **Επίπεδο 3: Μεταφοράς**

Στο «επίπεδο μεταφοράς» (αγγλ. **Transport Layer**) παρέχονται υπηρεσίες τόσο προσανατολισμένες στη σύνδεση (connection oriented) όσο και χωρίς σύνδεση (connectionless). Οι υπηρεσίες με σύνδεση υποστηρίζονται από το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης TCP (Transmission Control Protocol). Για να πραγματοποιηθούν, πρέπει να γίνει μια αρχική επικοινωνία αποστολέα – παραλήπτη και να συμφωνηθεί ο τρόπος μεταφοράς των δεδομένων. Αποκαθίσταται έτσι μια λογική σύνδεση για όση ώρα κρατάει η μετάδοση. Οι συνδέσεις αυτές χαρακτηρίζονται από αξιοπιστία καθώς διαθέτουν δυνατότητα ελέγχου δεδομένων και διόρθωσης σφαλμάτων ενώ τα μηνύματα έχουν αρίθμηση προκειμένου να γίνει επανασύνδεση τους με τη σωστή σειρά. Οι υπηρεσίες χωρίς σύνδεση (ασυνδεσμικές) υποστηρίζονται από το πρωτόκολλο αυτοδύναμων πακέτων χρήστη UDP (User Datagram Protocol). Δεν παρέχουν αξιοπιστία ούτε υπάρχει η έννοια της λογικής σύνδεσης. Είναι όμως απλούστερες, χωρίς καθυστερήσεις και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από συσκευές χωρίς ιδιαίτερη υπολογιστική ισχύ.

- **Επίπεδο 4: Εφαρμογής**

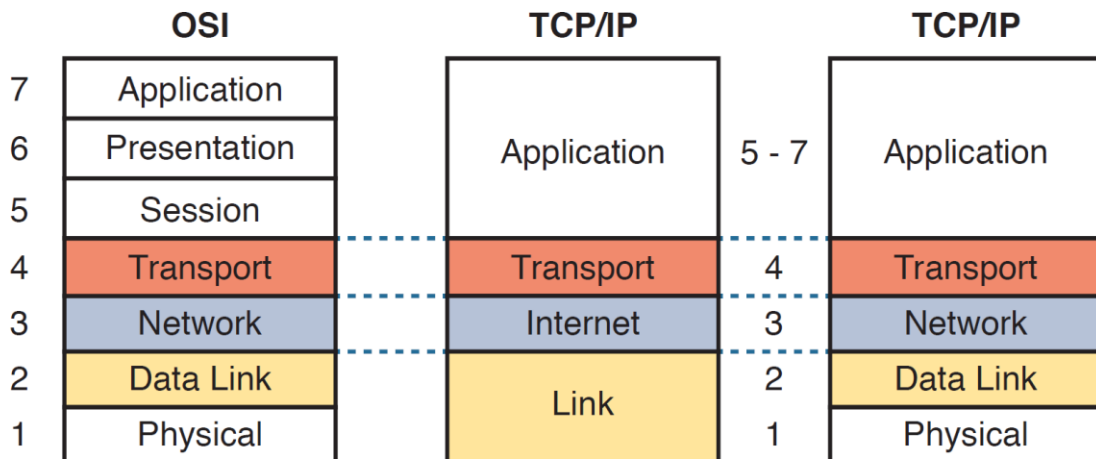
Το «επίπεδο εφαρμογής» (αγγλ. **Application Layer**) Περιλαμβάνει πρωτόκολλα που αναφέρονται σε υπηρεσίες τελικού χρήστη: Το HTTP για τη μεταφορά ιστοσελίδων, το FTP για τη μεταφορά αρχείων, το TELNET για απομακρυσμένη σύνδεση τερματικού, τα SMTP/POP3/IMAP για ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και πολλά ακόμα.

Υπάρχει σε γενικές γραμμές μια αντιστοιχία μεταξύ των επιπέδων του TCP/IP και του OSI αλλά όχι απόλυτη.

Η αντιστοίχιση των επιπέδων του TCP/IP με το OSI είναι η εξής:

- **Εφαρμογής (Application)** – Αντιστοιχεί στα επίπεδα Εφαρμογής, Παρουσίασης και Συνόδου (Application, Presentation & Session) του OSI

- **Μεταφοράς (Transport)** – Αντιστοιχεί στο επίπεδο Μεταφοράς (Transport) του OSI
- **Διαδικτύου (Internet)** – Αντιστοιχεί στο επίπεδο Δικτύου (Network) του OSI
- **Ζεύξης Δεδομένων ή Φυσικό Μέσο (Data Link & Physical)** – Αντιστοιχεί στα επίπεδα Φυσικό και Ζεύξης Δεδομένων (Data Link & Physical) του OSI



Εικόνα 1.5 Σύγκριση μοντέλου OSI με τις δύο παραλλαγές του TCP/IP

1.4 Data Encapsulation (Ενθυλάκωση)

Ο όρος Data Encapsulation χρησιμοποιείται για να εξηγήσει πως κάθε επίπεδο του TCP/IP μοντέλου προσθέτει τις δικές του πληροφορίες, με τη μορφή επικεφαλίδας (Header) στα δεδομένα που έχει λάβει από το ανώτερο επίπεδο. Καθώς το TCP/IP είναι διαστρωματωμένο πρωτόκολλο το κάθε επίπεδο δημιουργεί μια επικεφαλίδα που περιέχει πληροφορίες απαραίτητες για το αντίστοιχο επίπεδο της άλλης μεριάς. Η επικεφαλίδα περιέχει ουσιαστικά πληροφορίες ελέγχου για να μπορεί να γίνει σωστά η ανασύνθεση των δεδομένων στην άλλη μεριά. Τα δεδομένα μεταφέρονται σε μικρά κομμάτια (packet frames).

Η διαδικασία μέσω της οποίας ένας υπολογιστής στέλνει δεδομένα σύμφωνα με το μοντέλο TCP/IP γίνεται σε πέντε βήματα. Τα πρώτα τέσσερα βήματα αφορούν την ενθυλάκωση που εκτελείται από τα τέσσερα επίπεδα του TCP/IP και το τελευταίο βήμα είναι η πραγματική φυσική μετάδοση των δεδομένων από τον υπολογιστή. Στην πραγματικότητα, αν χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο TCP/IP πέντε επιπέδων, ένα βήμα αντιστοιχεί σε κάθε επίπεδο.

Τα βήματα συνοψίζονται στην ακόλουθη λίστα:

Βήμα 1^ο: Στο επίπεδο Εφαρμογής (Application), δημιουργούνται και ενθυλακώνονται με τις απαραίτητες επικεφαλίδες τα δεδομένα που χρειάζεται να μεταδοθούν.

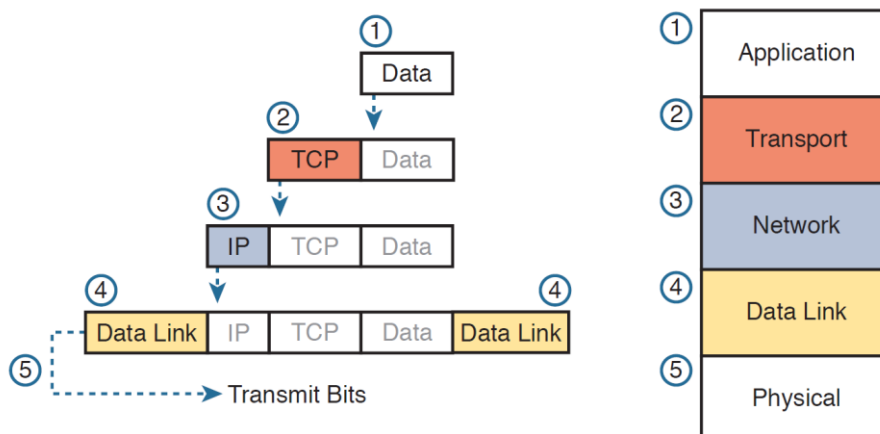
Βήμα 2^ο: Στο επίπεδο Μεταφοράς (Transport), ενθυλακώνονται τα δεδομένα που λήφθηκαν από το επίπεδο Εφαρμογής, και σε αυτά προστίθεται μια επικεφαλίδα που ορίζει το πρωτόκολλο μετάδοσης, συνήθως TCP ή UDP Header.

Βήμα 3^ο: Αντίστοιχα στο επίπεδο Δικτύου (Network), ενθυλακώνονται τα δεδομένα που λήφθηκαν από το επίπεδο Μεταφοράς και σε αυτά προστίθεται επικεφαλίδα με διεύθυνση IP. Το IP Header ορίζει τις διευθύνσεις IP που αναγνωρίζονται μοναδικά από κάθε υπολογιστή.

Βήμα 4^ο: Στο επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link) ενθυλακώνονται τα δεδομένα που λήφθηκαν με επικεφαλίδα (header) αλλά και ακολουθία (ουρά) ελέγχου σφαλμάτων (trailer).

Βήμα 5^ο: Στο τελευταίο επίπεδο το οποίο περιλαμβάνει το Φυσικό Μέσο (Physical) τα δυαδικά ψηφία που απαρτίζουν το πλαίσιο μετατρέπονται σε σήματα κατάλληλα για το φυσικό μέσο

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (**Εικόνα 1.6**) φαίνεται η διαδικασία των πέντε βημάτων:



Εικόνα 1.6 Τα πέντε βήματα του Data Encapsulation στο TCP/IP

Κεφάλαιο 2. Ταξινομήσεις Δικτύων

Τα δίκτυα ταξινομούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Οι κατηγορίες αυτών των χαρακτηριστικών είναι οι εξής:

- Μέσο μετάδοσης
- Είδος σύνδεσης
- Γεωγραφική κάλυψη
- Είδος τοπολογίας

2.1 Μέσα Μετάδοσης Δικτύων

2.1.1 Ενσύρματη ή Καλωδιακή μετάδοση

Η ενσύρματη μετάδοση περιλαμβάνει εναέριες, επίγειες και υπόγειες συνδέσεις με καλώδια χαλκού, οπτικές ίνες και ζεύξεις. Τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, μέχρι που έκαναν την εμφάνισή τους τα επίγεια και δορυφορικά μικροκυματικά συστήματα μετάδοσης.

2.1.2 Ασύρματη μετάδοση

Οι ασύρματες ζεύξεις είναι ένας από τους σημαντικότερους τρόπους μετάδοσης, ο οποίος αναπτύχθηκε, αρχικά, για μετάδοση φωνής και τηλεοπτικών σημάτων, ενώ σήμερα χρησιμοποιείται και για την μετάδοση δεδομένων, ιδιαίτερα μέσω μικροκυματικών και δορυφορικών συνδέσεων.

Το βασικότερο πλεονέκτημα, που παρουσιάζουν τα ασύρματα μέσα μετάδοσης, είναι η έλλειψη εξάρτησής τους από τα υλικά μέσα, αφού δεν χρειάζεται η φυσική/υλική σύνδεση πομπού και δέκτη, επειδή ως μέσο μετάδοσης χρησιμοποιείται ο ελεύθερος χώρος. Πρέπει, όμως, να τονισθεί, ότι να μεν η χρησιμοποίηση του ελεύθερου χώρου τους προσδίδει ένα

σημαντικό πλεονέκτημα, είναι, όμως, και πηγή ορισμένων αρκετά σημαντικών αδυναμιών και μειονεκτημάτων. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται η μεγάλη ισχύς, που απαιτούν οι πομποί για τη μετάδοση, η ευαισθησία στο θόρυβο και ο χαμηλός βαθμός ασφάλειας, που παρέχεται, αφού ο οποιοσδήποτε μπορεί να λαμβάνει τα εκπεμπόμενα σήματα χρησιμοποιώντας απλά μία κεραία και ένα δέκτη.

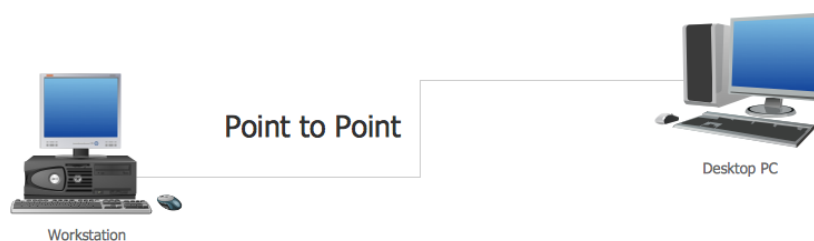
Στα ασύρματα μέσα μετάδοσης, η εκπομπή του σήματος γίνεται σε δεδομένη συχνότητα ή σε σύνολο συχνοτήτων. Επειδή το φάσμα συχνοτήτων είναι περιορισμένο και, επομένως, οι συχνότητες αποτελούν σπάνιο εθνικό πόρο, για να γίνει εκπομπή σε κάποια συχνότητα, θα πρέπει πρώτα η συχνότητα να έχει ανατεθεί από τις αρμόδιες αρχές στον φορέα, που θα κάνει χρήση της. Η μετάδοση και η λήψη των μεταδιδόμενων σημάτων γίνεται από ειδικές κεραίες, οι οποίες συνδέονται με τον σταθμό λήψης και μετάδοσης. Στην περίπτωση, που το σήμα μεταδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις, τότε μπορεί να ληφθεί από οποιαδήποτε κεραία (παραδείγμα το ραδιόφωνο, η τηλεόραση και τα συστήματα κυψελοειδούς τηλεφωνίας).

Στα ασύρματα μέσα μετάδοσης ανήκουν οι επίγειες και δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις και τα συστήματα κυψελοειδούς τηλεφωνίας.

2.2 Είδη Συνδέσεων Δικτύων

2.2.1 Σύνδεση POINT to POINT

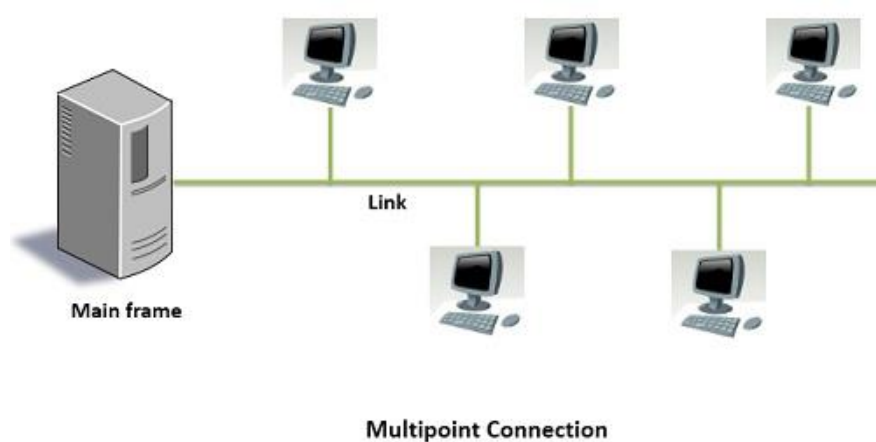
Είναι η απλούστερη σύνδεση μεταξύ δύο τερματικών/υπολογιστικών σημείων (Workstations/Computers) και επιτυγχάνεται με μια απ' ευθείας σύνδεση. Στην περίπτωση αυτή μια πόρτα εισόδου-εξόδου (I/O port) ενός και μόνο τερματικού (ή υπολογιστή) είναι συνδεδεμένη είτε μόνιμα με αφιερωμένη γραμμή, είτε παροδικά μέσω του επιλεγμένου τηλεφωνικού δικτύου, με μια αντίστοιχη πόρτα εισόδου-εξόδου ενός άλλου υπολογιστή (ή τερματικού).



Εικόνα 2.1 Point to Point σύνδεση

2.2.2 Σύνδεση Multipoint (Multidrop)

Αν έχουμε αρκετά τερματικά τα οποία πρέπει να συνδεθούν με έναν Η/Υ, σύμφωνα με τον προηγούμενο τρόπο θα διαθέταμε πολλαπλές POINT to POINT συνδέσεις. Επειδή αυτή η μέθοδος προϋποθέτει πρόσθετη επένδυση σε πόρτες εισόδου-εξόδου, στην πράξη εφαρμόζεται η μέθοδος της Multipoint σύνδεσης, όπου σε μια πόρτα του υπολογιστή συνδέονται περισσότερα του ενός τερματικά. Για Multipoint συνδέσεις απαιτούνται ειδικά πρωτόκολλα και έξυπνα τερματικά. Τα πλεονεκτήματα αυτής της σύνδεσης ως προς την προηγούμενη είναι αρκετά, καθώς απαιτούνται πολύ λιγότερες πόρτες (I/O ports).



Εικόνα 2.2 Multipoint Σύνδεση

2.3 Κατηγορίες Δικτύων με βάση την γεωγραφική περιοχή κάλυψης

2.3.1 Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Local Area Networks - LANs)

Τα δίκτυα αυτά αποτελούνται από συσκευές σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Σε αυτό το περιβάλλον επιτρέπεται οι συσκευές να μοιράζονται μηχανήματα, λογισμικό και δεδομένα δίνοντας την αίσθηση στον χρήστη ενός διαφανούς συστήματος. Το πρότυπο IEEE 802.3, γνωστό και σαν Ethernet, αποτελεί τον πιο δημοφιλή τύπο ενσύρματου τοπικού δικτύου και θα αναλυθεί περισσότερο στο επόμενο κεφάλαιο.

2.3.2 Δίκτυα Μητροπολιτικής Περιοχής (Metropolitan Area Networks – MANs)

Σε αυτή την περίπτωση οι δικτυακές συσκευές βρίσκονται σε απόσταση μερικών 10άδων ή 100άδων χιλιομέτρων. Οι τεχνολογίες διασύνδεσης και διαχείρισης σε αυτή την περίπτωση είναι ποιο σύνθετες.

2.3.3 Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks – WANs)

Σε αυτή την περίπτωση οι δικτυακές συσκευές μπορεί να βρίσκονται σε οποιαδήποτε απόσταση μεταξύ τους, κάνοντας χρήση εναλλακτικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων για την σύνδεση, καθώς ακόμα και δικτύων τοπικής περιοχής για την τελική πρόσβαση.

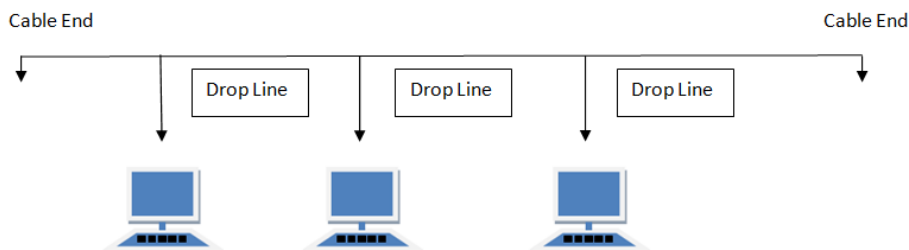
2.3.4 Ασύρματα Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Wireless Local Area Networks - WLANs)

Τα δίκτυα αυτά χαρακτηρίζονται από την χρήση ασύρματου μέσου για την διασύνδεση των συσκευών, δίνοντας στον χρήστη την δυνατότητα να κινείται στον χώρο και να είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο. Η απαιτούμενη υποδομή είναι απλούστερη και επιτρέπει την δυναμική ανάπτυξη τέτοιων δικτύων ανάλογα με την ζήτηση και την χρήση. Από την άλλη πλευρά τα συστήματα αυτά απαιτούν ιδιαίτερη διαχείριση λόγω των απωλειών και αλλοιώσεων του ασύρματου σήματος. Ευρέως διαδεδομένο πρότυπο ασύρματου τοπικού δικτύου είναι το IEEE 802.11, γνωστό και ως Wi-Fi.

2.4 Τοπολογίες Δικτύων

2.4.1 Τοπολογία Διαύλου (Bus Network)

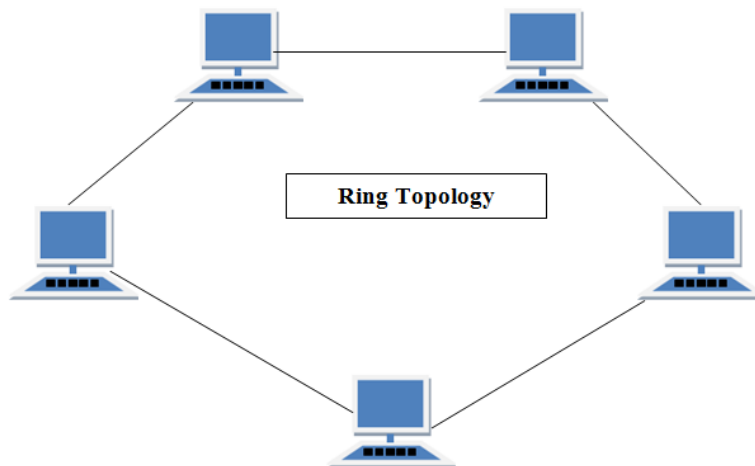
Σε δίκτυο που χρησιμοποιεί τοπολογία διαύλου, όλες οι δικτυακές συσκευές συνδέονται σε ένα κοινό μέσο μετάδοσης, συνήθως ένα καλώδιο μέσω κοινής διεπαφής. Το καλώδιο στο οποίο συνδέονται όλες οι συσκευές έχει μόνο δύο τερματικά σημεία στα δύο άκρα του. Σε αυτή την τοπολογία τα δεδομένα μεταδίδονται μόνο προς μια κατεύθυνση.



Εικόνα 2.3 Τοπολογία Διαύλου (Bus Network)

2.4.2 Τοπολογία Δακτυλίου (Ring Network)

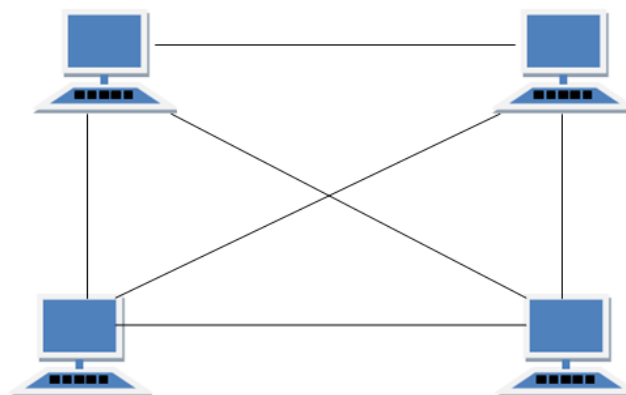
Σε δίκτυο που ακολουθεί την τοπολογία δακτυλίου οι συσκευές συνδέονται η μια μετά την άλλη σε κλειστό βρόχο, σχηματίζεται έτσι ένας δακτύλιος και κάθε συσκευή έχει δυο γειτονικές συσκευές. Κάθε σήμα που στέλνεται από μια συσκευή λαμβάνεται από όλες ακολουθώντας την φορά μετάδοσης στον δακτύλιο. Στην περίπτωση που ένας σύνδεσμος αποσυνδεθεί από το δίκτυο παύει και η λειτουργία του.



Εικόνα 2.4 Τοπολογία Δακτυλίου (Ring Network)

2.4.3 Τοπολογία Πλέγματος (Mesh Network)

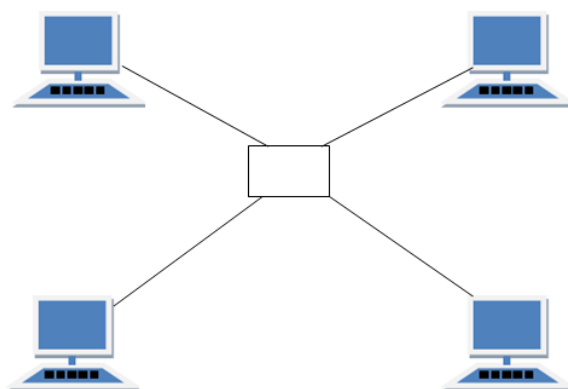
Η τοπολογία πλέγματος επιτρέπει την απευθείας και ανεξάρτητη σύνδεση συσκευών μεταξύ τους. Κάθε συσκευή δηλαδή συνδέεται με όλες τις υπόλοιπες συσκευές του δικτύου με POINT to POINT σύνδεση. Η τοπολογία πλέγματος έχει $n(n-1)/2$ συνδέσμους, για τη σύνδεση n συσκευών.



Εικόνα 2.5 Τοπολογία Πλέγματος (Mesh Network)

2.4.4 Τοπολογία Αστέρα (Star Network)

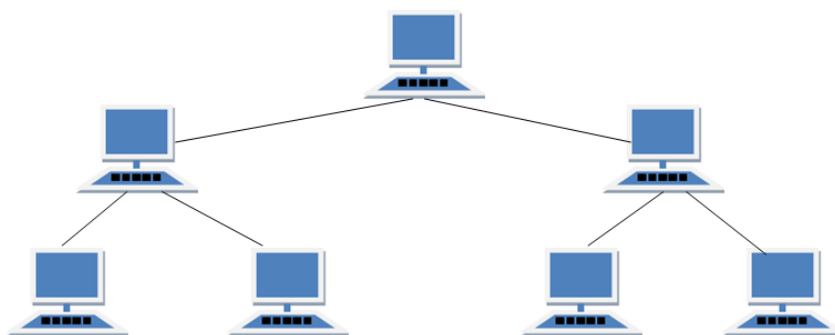
Σε δίκτυο τοπολογίας αστέρα όλες οι συσκευές συνδέονται σε ένα κεντρικό σημείο. Το κεντρικό σημείο αναλαμβάνει να προωθήσει σήματα που λαμβάνει προς άλλη ή άλλες συσκευές. Παρότι το κεντρικό σημείο είναι ιδανικό για τον έλεγχο της κίνησης σε ένα τέτοιο δίκτυο, η κατάρρευσή του οδηγεί αυτόματα και στην κατάρρευση όλου του δικτύου.



Εικόνα 2.6 Τοπολογία Αστέρα (Star Network)

2.4.5 Τοπολογία Δένδρου (Tree Network)

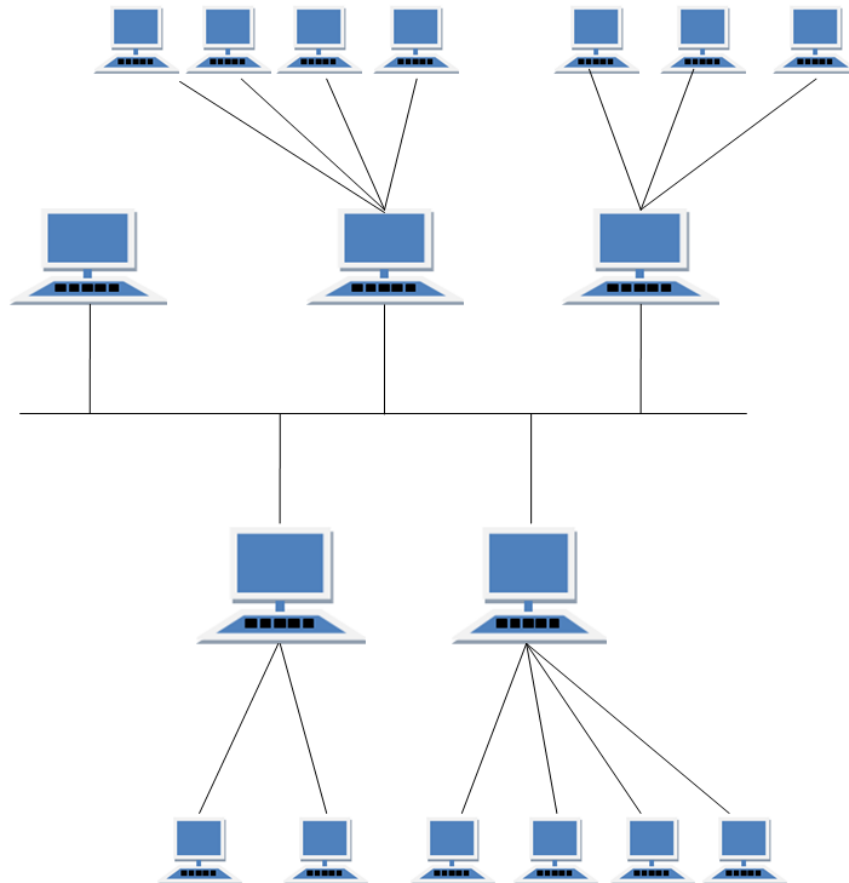
Στην τοπολογία δένδρου υπάρχει μία κεντρική συσκευή και όλες οι υπόλοιπες συσκευές είναι συνδεδεμένες σε αυτή σχηματίζοντας μια ιεραρχία. Για τον λόγο αυτό ονομάζεται και ιεραρχική τοπολογία (hierarchical topology). Η ιεραρχία συσκευών θα πρέπει να έχει τουλάχιστον τρία επίπεδα.



Εικόνα 2.7 Τοπολογία Δένδρου (Tree Network)

2.4.6 Υβριδική Τοπολογία (Hybrid Topology)

Σε μια υβριδική τοπολογία δικτύου μπορούν να συνδυαστούν δύο ή περισσότερες από τις βασικές τοπολογίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, με αποτέλεσμα το δίκτυο που προκύπτει να μην εντάσσεται σε κάποια από αυτές. Ένα παράδειγμα συνδυασμού βασικών τοπολογιών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8 Παράδειγμα Υβριδικής Τοπολογίας (Hybrid Topology)

Κεφάλαιο 3. Τοπικά Δίκτυα Ethernet

3.1 Πρότυπο Υποδομής Ethernet

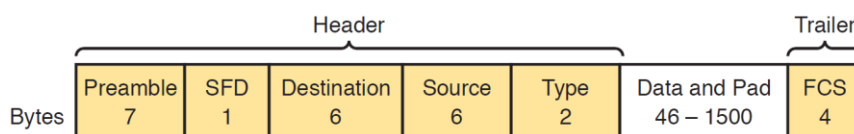
Ο όρος Ethernet αναφέρεται σε ένα σύνολο τυποποιήσεων και συστάσεων οι οποίες προσδιορίζουν τον τρόπο λειτουργίας του Φυσικού επιπέδου (αγγλ. Physical) και του επιπέδου Ζεύξης Δεδομένων (αγγλ. Data Link) σε ένα ενσύρματο τοπικό δίκτυο. Το Ethernet είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο ενσύρματης τοπικής δικτύωσης υπολογιστών. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Xerox κατά τη δεκαετία του '70 και έγινε δημοφιλές αφότου η Digital Equipment Corporation και η Intel, από κοινού με τη Xerox, προχώρησαν στην προτυποποίησή του το 1980. Το 1985 το Ethernet έγινε αποδεκτό επίσημα από τον οργανισμό IEEE ως το πρότυπο **802.3** για ενσύρματα τοπικά δίκτυα (LAN).

Ένα δίκτυο Ethernet για την μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο **CSMA-CD** (Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection). Στην τεχνική μετάδοσης CSMA-CD, οι κόμβοι του δικτύου πριν αποστείλουν κάποια δεδομένα, ελέγχουν (ανίχνευση σήματος) αν στο μέσο μετάδοσης κυκλοφορεί κάποιο άλλο μήνυμα. Αν μεταδίδονται δεδομένα και υπάρχει σήμα στο καλώδιο, τότε ο κόμβος ελέγχει πάλι το μέσο μετάδοσης μετά από κάποιο μικρό χρονικό διάστημα. Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρι να ελευθερωθεί η γραμμή, οπότε στέλνονται τα δεδομένα. Επιπλέον υπάρχει μηχανισμός ελέγχου των συγκρούσεων (collisions), ώστε να γίνεται επανεκπομπή των δεδομένων όταν συμβεί κάποια σύγκρουση.

3.1.1 Ethernet IEEE 802.3 Frame Format (Δομή Πλαισίου)

Το Ethernet, IEEE 802.3 προσδιορίζει τις δομές των πλαισίων (αγγλ. Frame formats) που αναπτύσσονται στο φυσικό επίπεδο του προτύπου OSI. Κάθε πλαίσιο αρχίζει με μια ακολουθία συγχρονισμού (αγγλ. preamble) των 7 bytes περιέχει την δυαδική ακολουθία 10101010. Η ακολουθία αυτή δημιουργείται από τον ελεγκτή. Η κωδικοποίηση, κατά Manchester, αυτής της ακολουθίας παράγει έναν τετραγωνικό παλμό των 10MHz διάρκειας 5.6μsec, διάρκειας ικανής να επιτρέψει τον συγχρονισμό των ρολογιών του δέκτη και του πομπού. Κατόπιν ακολουθεί το byte αρχής πλαισίου (αγγλ. start of frame delimiter - SFD)

που περιέχει το 10101011 για να ορίσει την αρχή του ίδιου του πλαισίου. Το πλαίσιο περιέχει δύο διευθύνσεις, μία για τον προορισμό μεγέθους 6 bytes (αγγλ. Destination) και μία για την πηγή (αγγλ. Source) επίσης μεγέθους 6 bytes. Στη συνέχεια ορίζεται ο τύπος του πρωτοκόλλου που παρατίθεται μέσα στο πλαίσιο (IPV4, IPV6) και έτσι ολοκληρώνεται η επικεφαλίδα του πλαισίου (Ethernet Header). Στην ουρά του πλαισίου (αγγλ. Trailer) υπάρχει μια ακολουθία ελέγχου πιθανών σφαλμάτων που έγιναν κατά την μετάδοση, έτσι ώστε να ενημερωθεί ο ελεγκτής διασύνδεσης δικτύου (αγγλ. Network Interface Controller – NIC). Ανάμεσα στην Επικεφαλίδα και την Ουρά του πλαισίου, μπαίνουν τα ενθυλακωμένα δεδομένα με ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος 46 bytes και μέγιστο 1500 bytes. Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (**Εικόνα 3.1**) φαίνεται η δομή πλαισίου Ethernet με περιγραφή και μέγεθος κάθε πεδίου.



| Field | Bytes | Description |
|-----------------------------|---------|--|
| Preamble | 7 | Synchronization. |
| Start Frame Delimiter (SFD) | 1 | Signifies that the next byte begins the Destination MAC Address field. |
| Destination MAC Address | 6 | Identifies the intended recipient of this frame. |
| Source MAC Address | 6 | Identifies the sender of this frame. |
| Type | 2 | Defines the type of protocol listed inside the frame; today, most likely identifies IP version 4 (IPv4) or IP version 6 (IPv6). |
| Data and Pad* | 46–1500 | Holds data from a higher layer, typically an L3PDU (usually an IPv4 or IPv6 packet). The sender adds padding to meet the minimum length requirement for this field (46 bytes). |
| Frame Check Sequence (FCS) | 4 | Provides a method for the receiving NIC to determine whether the frame experienced transmission errors. |

Εικόνα 3.1 Δομή Πλαισίου Ethernet

3.1.2 Ethernet Addressing (Διευθυνσιοδότηση Ethernet)

Οι διευθύνσεις πομπού και δέκτη έχουν πολύ μεγάλη σημασία στον τρόπο λειτουργίας ενός Ethernet τοπικού δικτύου. Ο τρόπος που λειτουργούν είναι εύκολα κατανοητός: Ο πομπός βάζει την δική του διεύθυνση στο πεδίο διεύθυνσης και στο πεδίο προορισμού την διεύθυνση της συσκευής που θέλει να μεταφέρει δεδομένα. Ο πομπός εκπέμπει το πλαίσιο που δημιούργησε, αναμένοντας ότι το Ethernet LAN θα το μεταφέρει στην σωστή διεύθυνση.

Οι Ethernet διευθύνσεις, επίσης αποκαλούνται Διευθύνσεις **MAC** (Media Access Control addresses) είναι δυαδικά ψηφία με μήκος 48-bit. Για πρακτικούς λόγους όμως, οι περισσότεροι υπολογιστές εμφανίζουν τις MAC διευθύνσεις τους ως 12-ψηφία δεκαεξαδικά ψηφία.

Οι περισσότερες MAC διευθύνσεις αντιπροσωπεύουν έναν μόνο ελεγκτή διασύνδεσης δικτύου ή μόνο μία θύρα Ethernet. Γι' αυτό τον λόγο αποκαλούνται Unicast διευθύνσεις, όρος που προέρχεται από την αγγλική λέξη unique (μοναδικός). Επομένως για να λειτουργήσει ένα τέτοιο σύστημα διευθυνσιοδότησης είναι απαραίτητο κάθε διεύθυνση MAC να είναι μοναδική.

3.1.3 Ημιαμφίδρομη και Πλήρως Αμφίδρομη Ethernet Επικοινωνία

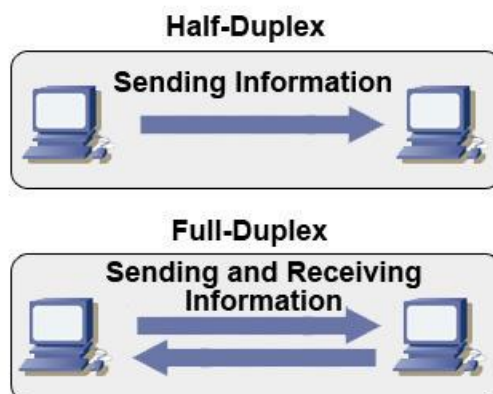
Στις τηλεπικοινωνίες ένα σύστημα αμφίδρομης επικοινωνίας επιτρέπει στις συσκευές μίας POINT to POINT σύνδεσης, να επικοινωνούν μεταξύ τους και προς τις δύο κατευθύνσεις. Οι τύποι αμφίδρομης επικοινωνίας που υπάρχουν σε περιβάλλοντα Ethernet είναι:

- **Half-Duplex (Ημιαμφίδρομη)**

Κατά την ημιαμφίδρομη επικοινωνία μία Ethernet θύρα μπορεί να στείλει δεδομένα μόνο όταν δεν λαμβάνει, με άλλα λόγια δε μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει ταυτόχρονα. Τα HUBs (κεφ. 3.3.1) λειτουργούν με ημιαμφίδρομη επικοινωνία για να αποφεύγονται οι συγκρούσεις δεδομένων(αγγλ. Collisions). Δεδομένου ότι τα HUBs είναι σπάνια στα σύγχρονα δίκτυα LAN, το σύστημα Half-Duplex δεν χρησιμοποιείται πλέον ευρέως στα δίκτυα Ethernet.

- **Full-Duplex (Πλήρως Αμφίδρομη)**

Στην πλήρως αμφίδρομη επικοινωνία όλοι οι κόμβοι ενός δικτύου Ethernet μπορούν ταυτόχρονα να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα. Δεν υπάρχουν συγκρούσεις δεδομένων κατά τη λειτουργία αυτού του συστήματος. Απαραίτητη προϋπόθεση για Full-duplex λειτουργία είναι να υποστηρίζεται το σύστημα από όλους τους κόμβους και τις συσκευές του δικτύου.



Εικόνα 3.2 Half-Duplex & Full-Duplex

3.2 Ethernet LANs

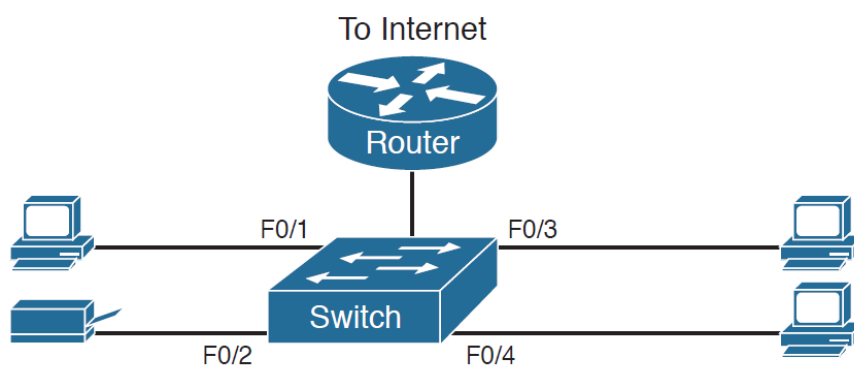
Το Ethernet LAN είναι η πιο διαδεδομένη ενσύρματη τεχνολογία δικτύου στον κόσμο, χρησιμοποιείται ευρέως σε σπίτια, γραφεία, μικρές και μεγάλες επιχειρήσεις και οπουδήποτε υπάρχει ανάγκη δημιουργίας ενός τοπικού δικτύου υπολογιστών.

Τα Τοπικά Δίκτυα (LAN – Local Area Network) χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα τον σκοπό που εξυπηρετούν και το μέγεθός τους.

- **SOHO LANs (Small Offices/Home Offices)**

Με τον όρο SOHO LANs αναφερόμαστε σε δίκτυα που ικανοποιούν τις ανάγκες δικτύωσης μιας μικρής επιχείρησης ή ενός γραφείου. Για τη δημιουργία ενός τέτοιου δικτύου χρειάζεται αρχικά ένας Μεταγωγέας Ethernet (αγγλ. Ethernet LAN Switch) ο οποίος θα παράσχει όσες πόρτες εξόδου χρειάζονται για τα καλώδια σύνδεσης του δικτύου. Ένα Ethernet δίκτυο χρησιμοποιεί Ethernet καλώδια που χωρίζονται σε πολλές διαφορετικές κατηγορίες και ακολουθούν τα αντίστοιχα πρότυπα και προϋποθέσεις του πρωτοκόλλου Ethernet.

Στην **Εικόνα 3.2** φαίνεται το σχεδιάγραμμα ενός SOHO Τοπικού Δικτύου το οποίο αποτελείται από ένα Ethernet Switch, πέντε καλώδια, τρεις ηλεκτρονικούς υπολογιστές, έναν εκτυπωτή και έναν Δρομολογητή (αγγλ. Router). Ο Δρομολογητής συνδέει το LAN σε ένα WAN (Wide Area Network), που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το Διαδίκτυο (αγγλ. Internet).

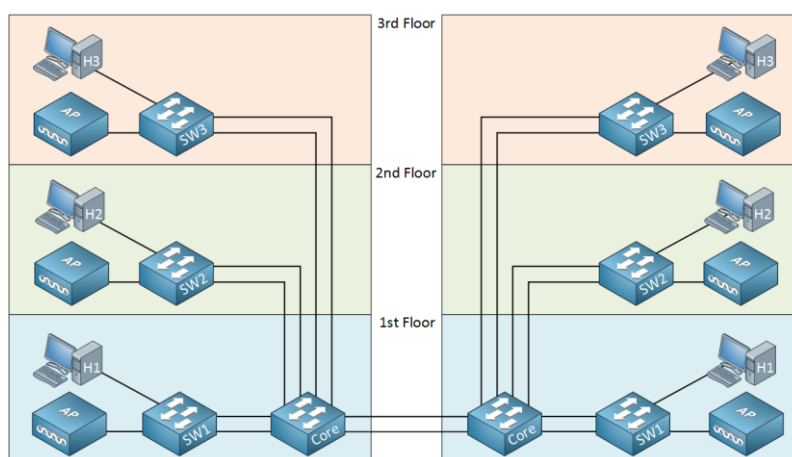


Εικόνα 3.2 Παράδειγμα ενός SOHO LAN βασισμένο μόνο στο Ethernet

Ενώ στο παραπάνω σχεδιάγραμμα βλέπουμε ένα απλό Ethernet LAN, τα περισσότερα SOHO LANs χρησιμοποιούν ολοκληρωμένες συσκευές δικτύωσης που μπορεί να συνδυάζουν τον Router και το Switch σε μία μεμονωμένη συσκευή. Αυτές οι συσκευές υποστηρίζουν πολλές φορές και τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης, ωστόσο το πρωτόκολλο Ethernet (802.3), ορίζει μόνο την ενσύρματη τεχνολογία δικτύου. Φυσικά μπορεί να δημιουργηθεί ένα δίκτυο που να υποστηρίζει και ενσύρματη Ethernet τεχνολογία και ασύρματη τεχνολογία δικτύωσης. Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless LAN) καθορίζονται από πρότυπα του οργανισμού IEEE που ξεκινούν με 802.11 και χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για να στείλουν δεδομένα σε κάθε κόμβο του δικτύου.

- **Enterprise LANs (Επιχειρηματικά Δίκτυα)**

Τα δίκτυα υπολογιστών μεγάλων επιχειρήσεων και οργανισμών (Enterprise LANs), έχουν παρόμοιες ανάγκες εξοπλισμού με τα SOHO LANs αλλά σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα. Για παράδειγμα σε ένα μεγάλο εταιρικό κτίριο μπορεί να υπάρχουν ένα ή περισσότερα κατάλληλα διαμορφωμένα δωμάτια που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον δικτυακό εξοπλισμό και τα υπολογιστικά συστήματα, και δομημένη δικτυακή καλωδίωση που παρέχει τις απαραίτητες εξόδους πορτών σε κάθε όροφο.

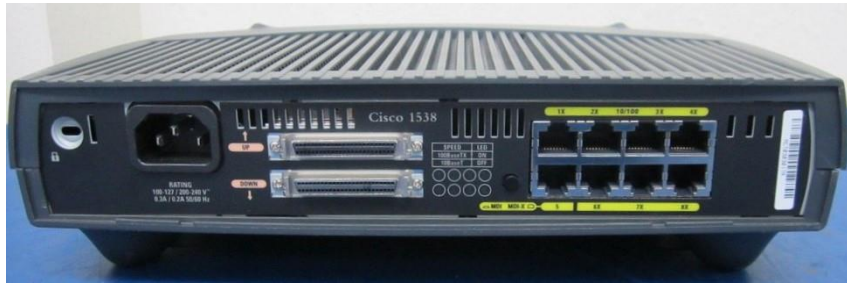


Εικόνα 3.3 Παράδειγμα ενός Enterprise LAN

3.3 Συσκευές Διασύνδεσης Δικτύων Ethernet

3.3.1 HUB (Πλήμνη)

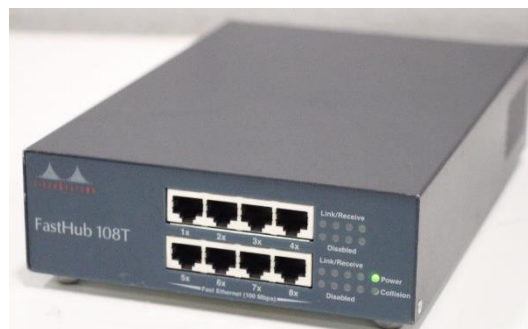
Μία Πλήμνη (χρησιμοποιούνται και οι όροι διακλαδωτής, συγκεντρωτής) λειτουργεί συνήθως στο πρώτο επίπεδο του προτύπου OSI (φυσικό επίπεδο/physical layer) και προσφέρει απλά κάποιο κοινό σημείο σύνδεσης των κόμβων του δικτύου (τοπολογία αστέρα), παρέχοντας ένα αριθμό θυρών σύνδεσης. Επίσης τέτοιες συσκευές έχουν την δυνατότητα να συνδέονται μεταξύ τους και να επεκτείνουν το δίκτυο.



Εικόνα 3.4 Ethernet Hub 8 θυρών

3.3.2 Repeater (Επαναληπτής)

Συσκευή που ουσιαστικά αναμεταδίδει (αναζωογονεί) το σήμα που κυκλοφορεί στο μέσο μετάδοσης και μας δίνει την δυνατότητα ένωσης δύο τμημάτων του μέσου μετάδοσης. Συνεπώς οι επαναλήπτες είναι χρήσιμοι σε περιπτώσεις επέκτασης του Τοπικού Δικτύου. Στο δίκτυο η λειτουργία του επαναλήπτη δεν γίνεται αντιληπτή από τους άλλους κόμβους του δικτύου (διαφανής λειτουργία). Και αυτές οι συσκευές αναφέρονται στο πρώτο επίπεδο του πρότυπου OSI (φυσικό επίπεδο) και συχνά έχουν ενσωματωμένες τις λειτουργίες του HUB (HUB/Repeater), με πολλές θύρες σύνδεσης (όταν κάποιο σήμα λαμβάνεται από μία θύρα αναμεταδίδεται σε όλες τις άλλες).



Εικόνα 3.5 Ethernet HUB/Repeater

3.3.3 Bridge (Γέφυρα)

Κόμβος (γέφυρα) του δικτύου που συνδέει σε δύο διαφορετικά δίκτυα (ίδια ή με διαφορετικές τεχνολογίες, φιλοσοφίες και τοπολογίες). Είναι τα σημεία μεταπήδησης από ένα δίκτυο ένα άλλο, που βρίσκονται σε κοντινή ή μακρινή απόσταση (από LAN σε LAN ή από LAN σε διεθνές – WAN). Λειτουργούν στα δύο πρώτα επίπεδα του πρότυπου OSI (physical & data link) και κάνουν χρήση των φυσικών διευθύνσεων του υλικού (MAC address – Media Access Control). Η διαφορά του Bridge από το HUB και το Repeater είναι ότι αποθηκεύει τα πλαίσια της πληροφορίας και στην συνέχεια στα προωθεί, κάνοντας κάποια στοιχειώδη σχετική επεξεργασία. Στην ουσία αναγνωρίζουν για ποιο δίκτυο προορίζονται τα δεδομένα και αναλαμβάνουν τις διαδικασίες μεταπήδησης. Χρησιμοποιούνται για την διαίρεση κάποιου μεγάλου δικτύου ή για την ένωση τοπικών

δικτύων που ήδη λειτουργούν. Με το πέρασμα των χρόνων η δυνατότητα γεφύρωσης ενσωματώθηκε στους δρομολογητές (Routers) και δεν χρησιμοποιούνται σήμερα.



Εικόνα 3.6 Ethernet Bridge

3.3.4 Switch (Μεταγωγέας)

Πρόκειται ουσιαστικά για συγκεντρωτές/διακλαδωτές (πολλές θύρες σύνδεσης), οι οποίοι λειτουργούν και σαν γέφυρες (Bridges) για να ενώσουν (ή διαχωρίσουν) πολλά διαφορετικά τοπικά δίκτυα. Σε αντίθεση με τα HUBs, τα Switches δημιουργούν πίνακες προώθησης όπως και οι γέφυρες και σε περίπτωση που δύο σταθμοί θέλουν να επικοινωνήσουν και βρίσκονται σε διαφορετικές πόρτες του Switch, το Switch εξετάζει τον πίνακα προώθησης για να βρει τη διεύθυνση MAC προορισμού και σε ποια θύρα να το προωθήσει. Έτσι αφού βρεθεί η καταχώρηση θα σταλθεί το πακέτο στην κατάλληλη πόρτα. Με αυτόν τον τρόπο το Switch μειώνει την κίνηση - συγκρούσεις και αυξάνει την επίδοση του δικτύου, αυξάνοντας ουσιαστικά το διαθέσιμο εύρος ζώνης των σταθμών εργασίας. Χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη Τοπικών Δικτύων που καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις, για την ένωση ομάδων υποδικτύων (που βρίσκονται για παράδειγμα σε διαφορετικά κτίρια) με κάποιο κεντρικό δίκτυο κορμού (backbone). Επιπλέον έχουν δυνατότητες ομαδοποίησης των κόμβων σε διαφορετικά νοητά υποδίκτυα (Virtual LANs). Επίσης έχουν την δυνατότητα να συνδέονται μεταξύ τους, ενώ σήμερα υπάρχουν μεταγωγείς που αναφέρονται και στο τρίτο επίπεδο του OSI (Δικτύου), προσφέροντας αυξημένες δυνατότητες ελέγχου, δρομολόγησης και ανάπτυξης ενός δικτύου.



Εικόνα 3.6 Layer 3 Ethernet Switches

3.3.5 Router (Δρομολογητής)

Οι δρομολογητές που εκτός από Routers ονομάζονται και Gateways, όταν συνδέουν το Τοπικό Δίκτυο με Δίκτυο Ευρείας Εμβέλειας κάνουν φαινομενικά την ίδια δουλειά με τα Bridges. Έχουν όμως πιο σύνθετη λειτουργία προσφέροντας αυξημένες δυνατότητες δρομολόγησης και διαχείρισης της κυκλοφορίας των δεδομένων. Γενικότερα προσφέρουν υπηρεσίες διασύνδεσης, τόσο σε τοπικά δίκτυα, όσο και στα δίκτυα ευρείας ή αστικής εμβέλειας, αναζητώντας συχνά την βέλτιστη διαδρομή. Χρησιμοποιούνται σε μεγάλα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, όπου υπάρχουν αυξημένες ανάγκες ελέγχου και ανάπτυξης και δυνατότητες εναλλακτικών διαδρομών, που μπορούν να τις ακολουθήσουν τα δεδομένα προκειμένου να φτάσουν στον προορισμό τους. Λειτουργούν έως το τρίτο επίπεδο του πρότυπου OSI (physical, data link & network layers). Αυτό σημαίνει ότι είναι σε θέση να αναγνωρίσουν το πρωτόκολλο επικοινωνίας και λειτουργίας κάθε δικτύου. Έχουν την δυνατότητα επιλογής της βέλτιστης διαδρομής και είναι σε θέση κάνουν έλεγχο προσπέλασης και διαθεσιμότητας κάποιας διαδρομής. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι δρομολόγησης (πρωτόκολλα/αλγόριθμοι) που συνήθως στηρίζονται στις πληροφορίες που καταχωρούνται στον δρομολογητή (διευθύνσεις, τοπολογίες, προτεραιότητες, κατάλογοι πρόσβασης ή μη κλπ.) και σε στοιχεία που συλλέγονται κατά την διάρκεια της λειτουργίας του Router. Γνωστά πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι τα RIP, OSPF και BGP.



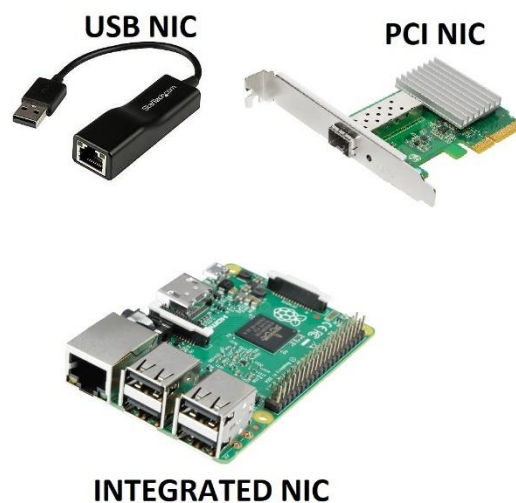
Εικόνα 3.7 Ethernet Router

3.3.6 Network Interface Controller (Ελεγκτής Διασύνδεσης Δικτύου)

Ένας ελεγκτής διασύνδεσης δικτύου (αγγλ. Network Interface Controller – NIC) ευρέως γνωστός και ως κάρτα δικτύου, αποτελεί ένα στοιχείο υλικού (αγγλ. Hardware) που συνδέει έναν υπολογιστή σε ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών. Μία κάρτα δικτύου ανήκει στο πρώτο (φυσικό) και το δεύτερο επίπεδο (Ζεύξης Δεδομένων) του μοντέλου OSI. Κάθε κάρτα δικτύου έχει μία μοναδική διεύθυνση MAC η οποία είναι αποθηκευμένη σε μνήμη μόνο για

ανάγνωση (ROM) ενσωματωμένη πάνω της και αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για σύνδεση σε ένα Ethernet δίκτυο.

Κάρτες δικτύου υπάρχουν σε πολλές μορφές ανάλογα τον σκοπό που εξυπηρετούν. Κάποιες βασικές κατηγορίες είναι: PCI κάρτες οι οποίες συνδέονται στον PCI δίαυλο ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, USB κάρτες και ενσωματωμένες κάρτες σε ένα ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα όπως η μητρική ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι Ethernet κάρτες διαθέτουν μία ή περισσότερες RJ45 υποδοχές για να είναι δυνατή η σύνδεσή τους με τις συσκευές που προαναφέρθηκαν. Φυσικά υπάρχουν και ελεγκτές διασύνδεσης διαφορετικών τεχνολογιών δικτύωσης, όπως ασύρματης δικτύωσης (802.11).



Εικόνα 3.8 Ethernet κάρτες δικτύου

Κεφάλαιο 4. Δομημένη Καλωδίωση Δικτύων

4.1 Τι είναι η Δομημένη Καλωδίωση

Σήμερα λόγω των αυξημένων απαιτήσεων υποστήριξης δικτυακών εφαρμογών, έχει δημιουργηθεί η ανάγκη ανάπτυξης ιδιαίτερων υποδομών καλωδίωσης στις εγκαταστάσεις των κτιρίων. Οι σύγχρονες τεχνολογίες τοπικών δικτύων υπολογιστών αλλά και δικτύων φωνής, για να αποδώσουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και ποιοτική επικοινωνία, απαιτούν ιδιαίτερη δικτυακή δομή, η οποία πρέπει να στηρίζεται σε συγκεκριμένα πρότυπα.

Για πολλά χρόνια η καλωδίωση που εξυπηρετούσε τις ανάγκες μετάδοσης δεδομένων γινόταν ξεχωριστά από αυτές της καλωδίωσης για την μεταφορά φωνής. Όμως η ενσωμάτωση συστημάτων υψηλής τεχνολογίας σε όλους τους χώρους έκανε την ανάγκη ενός τυποποιημένου τρόπου καλωδίωσης μεγαλύτερη. Για αυτό τον λόγο η ανάπτυξη ενός τέτοιου είδους καλωδίωσης θα πρέπει περιλαμβάνεται στον αρχικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων. Η υποδομή αυτή περιλαμβάνει την απαραίτητη καλωδίωση και την αναγκαία ηλεκτρολογική υποδομή (παθητικός εξοπλισμός) που θα χρησιμοποιήσουν οι τηλεπικοινωνιακές συσκευές (ενεργός εξοπλισμός) για να συνδέσουν υπολογιστές, τηλεφωνικά κέντρα, τηλεφωνικές συσκευές, κάμερες κτλ.

Δομημένη καλωδίωση λοιπόν σημαίνει ότι η δικτυακή υποδομή αναπτύσσεται βάσει συγκεκριμένων standards, χρησιμοποιώντας ειδικές προδιαγραφές υλοποίησης και διαθέτει αρθρωτή ιεραρχική δομή. Η δικτυακή υποδομή που θα προκύψει από την υλοποίηση μιας δομημένης καλωδίωσης απαρτίζεται από συγκεκριμένα υποσυστήματα:

1. τον **ενεργό εξοπλισμό**,
2. τον **παθητικό εξοπλισμό**,
3. τις **διασυνδέσεις** μεταξύ ενεργού και παθητικού εξοπλισμού και
4. το **υποσύστημα διαχείρισης**

4.1.1 Ενεργός Εξοπλισμός

Όπως λέει και η ονομασία του πρόκειται για τις συσκευές που χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση των τερματικών διατάξεων. Ο ενεργός εξοπλισμός αφορά τις διάφορες

τηλεπικοινωνιακές συσκευές, οι οποίες αναλαμβάνουν την υλοποίηση δικτύων ψηφιακών δεδομένων (δίκτυα υπολογιστών), υπηρεσιών εικόνας και ήχου (τηλεφωνικά δίκτυα, video servers κλπ.), απλές συνδέσεις συσκευών και συστημάτων ασφαλείας και ελέγχου με τελικό στόχο την ανάπτυξη συγκεκριμένων εφαρμογών και υπηρεσιών.

4.1.2 Παθητικός Εξοπλισμός

Ο όρος «παθητικός εξοπλισμός» αναφέρεται κυρίως στην **καλωδιακή υποδομή** και στους διάφορους **τερματισμούς** αυτής.

Η καλωδιακή υποδομή διακρίνεται σε:

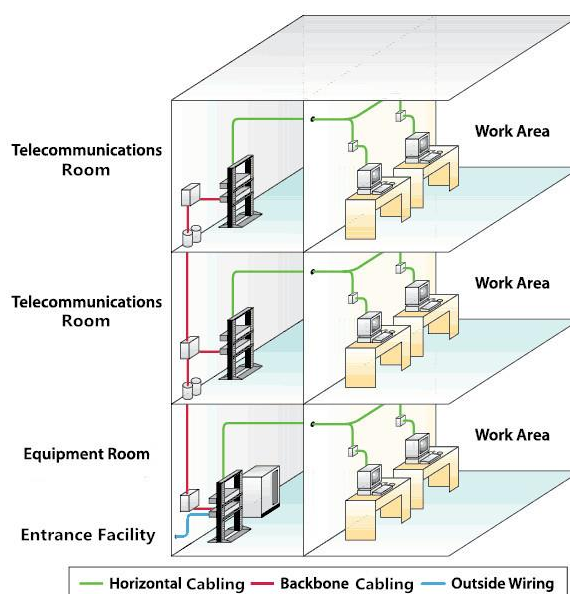
- **Καλωδίωση Κορμού ή Κατακόρυφη Καλωδίωση (αγγλ. Backbone Cabling)**
- **Οριζόντια Καλωδίωση (αγγλ. Horizontal Cabling)**

Συνήθως η καλωδιακή υποδομή δεν επιδέχεται αλλαγές (θεωρείται παγιωμένη).

Οι διάφοροι **τερματισμοί** διακρίνονται σε:

- **Τερματισμούς θέσεων εργασίας** (υποδοχές / παροχές / πρίζες) και σε
- **Τερματισμούς κατανομών** (σημεία σύνδεση / διανομής)

Οι τερματισμοί είναι δυνατόν να αλλάξουν και οι θέσεις εργασίας (όπου υπάρχουν τερματικές συσκευές όπως για παράδειγμα υπολογιστές, τηλεφωνικές συσκευές, συναγερμούς ασφαλείας, ανιχνευτές καπνού κλπ.) συνδέονται ακτινωτά με τους καταναμητές (τοπολογία αστέρα).



Εικόνα 4.1 Σχεδιάγραμμα καλωδιακής υποδομής

4.1.3 Διασυνδέσεις

Οι διασυνδέσεις αναφέρονται στα διάφορα καλώδια σύνδεσης, σε τύπους ακροδεκτών παροχών / υποδοχών και περιγράφει ποικίλες συνδεσμολογίες που έχουν να κάνουν με την σύζευξη του ενεργού εξοπλισμού και των τερματικών διατάξεων που υπάρχουν στις θέσεις εργασίας με την υπάρχουσα καλωδιακή υποδομή.

4.1.4 Διαχείριση

Τέλος το υποσύστημα διαχείρισης περιλαμβάνει διαδικασίες συντήρησης, επέκτασης και ελέγχου όλης της δικτυακής υποδομής που αφορά τόσο στον ενεργό όσο και στον παθητικό εξοπλισμό. Σε μεγάλους οργανισμούς και επιχειρήσεις, υπάρχει ειδικό τμήμα που αναλαμβάνει αυτή την διαχείριση (Κέντρα Διαχείρισης Δικτύων – Network Operation Center) και διαθέτουν ειδικές υπηρεσίες υποστήριξης των χρηστών του δικτύου (Help Desk).

4.2 Η τυποποίηση EIA/TIA 568

Η περισσότερο διαδεδομένη τυποποίηση για την κατασκευή δομημένων καλωδιώσεων στα κτίρια για την λειτουργία δικτύων φωνής και δεδομένων και γενικότερα για την κοινή αντιμετώπιση της υποδομής δικτυακών εγκαταστάσεων, είναι η **EIA/TIA 568 Commercial Building Telecommunication Wiring Standard** όπως αυτή προτάθηκε από την επιτροπή EIA/TIA (Electronic Industry Association / Telecommunication Industry Association) τον Δεκέμβριο του 1990. Η τυποποίηση αυτή αφορά στο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο ενός κτιρίου (ή συγκροτήματος κτιρίων) από την εισαγωγή του δικτύου πόλεως (για παράδειγμα το Διαδίκτυο ή το επιλεγόμενο δίκτυο τηλεπικοινωνιακού οργανισμού) έως και την παροχή των τερματικών διατάξεων (πρίζες), αλλά και το καλωδιακό σύστημα μεταξύ κτιρίων. Περιγράφει δε με μεγάλη σαφήνεια την τοπολογία ανάπτυξης, προσδιορίζει τις αποδεκτές αποστάσεις, προτείνει συγκεκριμένους τύπους καλωδίων και αναφέρεται διεξοδικά σε παροχές/υποδοχές (πρίζες, αγγλ. outlets), σε συνδέσμους (αγγλ. connectors), σε μετατροπείς (αγγλ. adaptors), σε συνδεσμολογίες ακροδεκτών (αγγλ. Pin outs) κλπ., ώστε να διασφαλιστεί πλήρως η λειτουργικότητα και ο έλεγχος του καλωδιακού συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατόν στην ίδια παροχή/υποδοχή να συνδεθεί οποιοδήποτε τερματική διάταξη ήχου, εικόνας και ψηφιακών δεδομένων με απόλυτη συμβατότητα χωρίς να απαιτηθεί ειδική καλωδίωση, χωρίς να περιορίζεται η δυνατότητα αλλαγής του είδους της τερματικής διάταξης και κυρίως χωρίς να επηρεάζεται από τις μεταβολές στους χώρους μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού όταν αυτό απαιτηθεί.

Η δομημένη καλωδίωση, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της τυποποίησης EIA/TIA 568, αναπτύσσεται ιεραρχικά ξεκινώντας από την καλωδίωση κορμού (Backbone Network ή Κάθετο/Κατακόρυφο Δίκτυο), η οποία ενώνει τις επιμέρους οριζόντιες καλωδιώσεις σε διάφορα σημεία όπου υπάρχουν καταναμητές, αναφέρεται στον τρόπο υλοποίησης της

οριζόντιας καλωδιακής υποδομής, που ασχολείται με τις καλωδιώσεις σε ορόφους και σε μεμονωμένα κτίρια, περιγράφει την ανάπτυξη των κατανεμητών, που είναι τα σημεία κατάληξης και διανομής της οριζόντιας καλωδίωσης, περιγράφει συστηματικά τον τρόπο σύνδεσης των διαφόρων θέσεων εργασίας (connectors, υποδοχές) και προτείνει το τρόπο διαχείρισης του δικτύου. Η τυποποίηση EIA/TIA 568 προσφέρει τα κατάλληλα τεχνικά και λειτουργικά κριτήρια για την πλήρη διασύνδεση και την αρμονική συνεργασία ξεχωριστών δικτύων καθώς και διαφορετικών υπολογιστικών και τηλεφωνικών συστημάτων που πρόκειται να εγκατασταθούν σε αυτό.

Η τυποποίηση EIA/TIA 568 διασφαλίζει:

- Ανεξαρτησία εφαρμογών/υπηρεσιών/συσκευών
- Επεκτασιμότητα και ευελιξία
- Υποστήριξη μελλοντικών υπηρεσιών
- Μικρότερο διαχρονικά κόστος υλοποίησης
- Διαδικασίες πιστοποίησης της δικτυακής υποδομής
- Ευκολία σε μελλοντικές παρεμβάσεις στα κτίρια (αναβαθμισιμότητα)

Εκτός της τυποποίησης υπάρχουν και άλλα σχετικά standards τα οποία αποβλέπουν στην εξασφάλιση της μεγαλύτερης δυνατής ωφέλειας από ένα σύστημα δομημένης καλωδίωσης. Η τυποποίηση ANSI/TIA/EIA-569 “Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces”, προτείνει προδιαγραφές για δωμάτια, χώρους και διαδρομές μέσω των οποίων εγκαθίσταται τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός. Ένα άλλο σχετικό standard είναι το ANSI/TIA/EIA-606, “Administration Standard for the Telecommunications Infrastructure of Commercial Buildings”, το οποίο παρέχει προδιαγραφές για την χρωματική κωδικοποίηση, το χαρακτηρισμό και την τεκμηρίωση ενός εγκατεστημένου συστήματος καλωδίωσης.

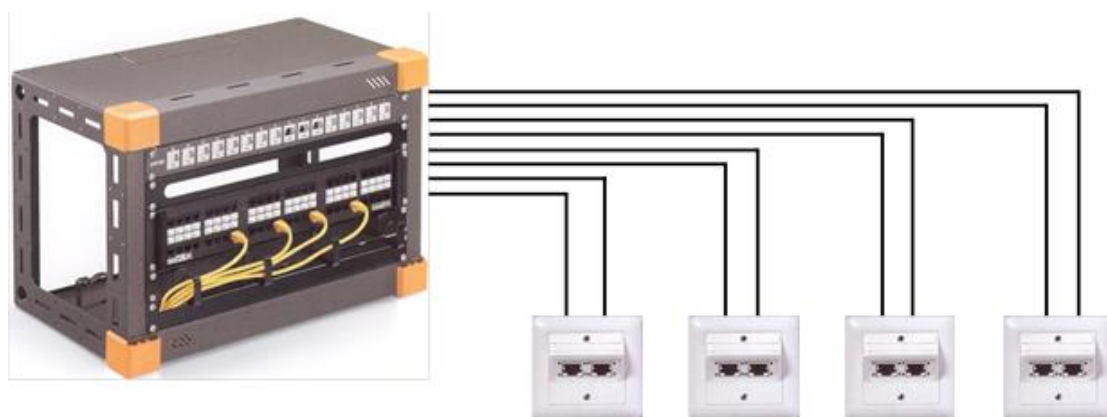
4.2.1 Κατακόρυφη Καλωδίωση (αγγλ. Backbone Cabling)

Η κατακόρυφη καλωδίωση ή καλωδίωση κορμού συνδέει τα διάφορα οριζόντια τοπικά δίκτυα (ορόφων ή κτιρίων) μεταξύ τους καθώς και με τα εξωτερικά δίκτυα όπως το Διαδίκτυο. Αποτελείται από το απαραίτητο καλωδιακό σύστημα, τους κατανεμητές όπου γίνονται οι τερματισμοί και τις διανομές των καλωδίων. Οι κατανεμητές είναι τα σημεία σύνδεσης των υποσυστημάτων της κατακόρυφης καλωδίωσης και αποτελούν τα σημεία κατάληξης των καλωδιώσεων από τις τερματικές παροχές των οριζοντίων δικτύων. Πρόκειται για χώρους φιλοξενίας παθητικού εξοπλισμού συγκέντρωσης καλωδίων και διανομής, αλλά και του ενεργού εξοπλισμού (switches, routers, patch panels κλπ.) τοποθετημένα μέσα σε ειδικές καμπίνες. Η επιλογή της θέσης κάθε κατανεμητή έχει άμεση σχέση με το μήκος των καλωδίων, την ευκολία πρόσβασης, τις δομές των καλωδίων και την μελλοντική επέκταση της δομημένης καλωδίωσης. Η ανάπτυξη κατακόρυφης καλωδίωσης

είναι ιεραρχική. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένας κεντρικός καταναμητής ο οποίος συνδέει ιεραρχικά τους καταναμητές των διαφόρων υποσυστημάτων του δικτύου. Αν για παράδειγμα η δομημένη καλωδίωση αναπτύσσεται σ' ένα πολυώροφο κτίριο, τότε στον κεντρικό καταναμητή του κτιρίου καταλήγουν οι ενδιάμεσοι καταναμητές κάθε ορόφου (στους οποίους καταλήγουν με την σειρά τους οι διάφορες παροχές κάθε ορόφου). Αν τώρα το πολυώροφο κτίριο ανήκει σε συγκρότημα κτιρίων (campus) τότε οι κεντρικοί καταναμητές κάθε κτιρίου (που λέγονται πλέον ενδιάμεσοι), συνδέονται με τον κεντρικό καταναμητή του συγκροτήματος.

4.2.2 Οριζόντια Καλωδίωση (αγγλ. Horizontal Cabling)

Η οριζόντια καλωδίωση αφορά στην καλωδίωση που γίνεται σε κάθε όροφο ενός κτιρίου. Η δικτυακή υποδομή ξεκινά από τα βύσματα των παροχών κάθε τερματισμού θέσης εργασίας και καταλήγει (ακτινωτά) στον καταναμητή του ορόφου για να συνδεθεί με το την κατακόρυφη καλωδίωση. Αποτελείται από την αντίστοιχη καλωδίωση και τους τερματισμούς των παροχών (για παράδειγμα επιτοίχιες UTP πρίζες). Στην τοποθέτηση των καλωδίων θα πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα στην κλίση των καλωδίων, ιδιαίτερα στα σημεία σύνδεσης, ώστε να αποφεύγεται η καταπόνηση αυτών. Η όδευση των καλωδίων γίνεται μέσα από κατάλληλα πλαστικά ή μεταλλικά κανάλια, τα οποία στερεώνονται στους τοίχους ή στην οροφή ανάλογα με την διαμόρφωση των χώρων, με ικανούς μηχανισμούς στήριξης. Για κάθε κανάλι θα πρέπει να προβλέπεται χώρος για μελλοντική εγκατάσταση καλωδίων (50% πλέον του αριθμού που πρόκειται να εγκατασταθεί άμεσα). Για τις απαραίτητες συνδέσεις στην δομημένη καλωδίωση χρησιμοποιούνται καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους (UTP) ή οπτικές ίνες, τα οποία θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 4.2 Καταναμητής (αριστερά) τερματισμοί παροχής (δεξιά)

Κεφάλαιο 5. Καλώδια & Πρότυπα Ethernet

5.1 Ιστορική Αναδρομή των Ενσύρματων Δικτύων

Έχουμε την τάση να θεωρούμε την ψηφιακή επικοινωνία ως πρόσφατη τεχνολογία, αλλά το 1844 ένας Αμερικάνος εφευρέτης με όνομα Samuel Morse έστειλε ένα μήνυμα από την Ουάσιγκτον στην Βαλτιμόρη (60 χιλιόμετρα απόσταση) χρησιμοποιώντας την νέα εφεύρεσή του τον «Τηλέγραφο» (αγγλ. «**The Telegraph**»). Ο τηλεγράφος μπορεί να φαίνεται πολύ πρώιμη τεχνολογία σε σχέση με τα σύγχρονα δίκτυα υπολογιστών αλλά οι βασικές αρχές παραμένουν ίδιες. Ο τηλεγράφος είναι μια διάταξη με την οποία γραπτά σημεία μεταδίδονται από τον ένα σταθμό στον άλλο με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος.

Κάθε τηλεγραφικό σύστημα αποτελείται από:

- την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι ηλεκτρική στήλη, γεννήτρια ή συσσωρευτής,
- το μηχάνημα - πομπό για την παραγωγή διακοπτόμενου ηλεκτρικού ρεύματος,
- τη γραμμή για τη μεταβίβαση του ρεύματος από τον ένα σταθμό στον άλλο και
- το μηχάνημα - δέκτη για τη λήψη των διακοπτόμενων ρευμάτων και τη μετατροπή τους σε γραπτά, ηχητικά ή οπτικά σημεία.

Ο κώδικας του Morse (αγγλ. **Morse Code**) είναι ένας τύπος δυαδικού συστήματος που χρησιμοποιεί κουκίδες και παύλες σε διαφορετικές ακολουθίες, οι οποίες αναπαριστούν γράμματα και αριθμούς. Τα σύγχρονα δίκτυα δεδομένων χρησιμοποιούν τα «0» και «1» (δυαδικά ψηφία) για να επιτύχουν το ίδιο αποτέλεσμα. Η μεγάλη διαφορά είναι ότι ενώ οι χειριστές των τηλεγράφων στο μέσου του 19^{ου} αιώνα μπορούσαν να μεταδώσουν 2 ή 3 κουκίδες και παύσεις ανά δευτερόλεπτο, οι σύγχρονοι υπολογιστές επικοινωνούν με ταχύτητες άνω του 1 Gigabit, δηλαδή 1.000.000.000 ξεχωριστά «1» και «0».

Λίγο μετά τον τηλεγράφο του Morse, ο Γάλλος εφευρέτης Emile Baudot κατασκεύασε μία συσκευή τηλεγράφου η οποία χρησιμοποιούσε πληκτρολόγιο τύπου γραφομηχανής για την σύνταξη των μηνυμάτων προς αποστολή. Αυτό επέτρεψε σε οποιονδήποτε να στείλει και να λάβει μηνύματα μέσω τηλεγράφου. Ο Baudot χρησιμοποίησε έναν διαφορετικό τύπο κώδικα (αγγλ. **Baudot Code**) για το σύστημά του, επειδή ο κώδικας Morse δεν προσφέρεται για αυτοματοποίηση, λόγω του μη ομοιόμορφου μήκους και μεγέθους των δυαδικών ψηφίων που απαιτούνται για κάθε γράμμα. Πρόκειται για έναν κώδικα πέντε δυαδικών ψηφίων για να αναπαριστά κάθε χαρακτήρα. Αυτός ο κώδικας έδινε λοιπόν μόνο 32

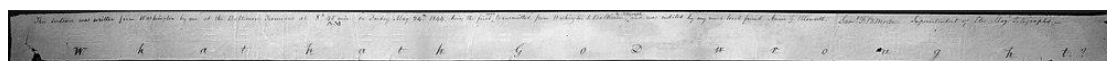
πιθανούς συνδυασμούς (00000 έως 11111 = 32). Σαφώς δεν ήταν αρκετοί για 26 γράμματα και 10 ψηφία, αλλά αντιμετώπισε αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιώντας δύο «χαρακτήρες μετατόπισης» για αριθμούς και γράμματα (παρόμοια λειτουργία με το πλήκτρο «Shift» στα σύγχρονα πληκτρολόγια), σύμβολα και σημεία στίξης. Μέχρι και σήμερα ο ρυθμός μετάδοσης των σειριακών επικοινωνιών εξακολουθεί να χρησιμοποιεί ως μονάδα μέτρησης το λεγόμενο «**Baud Rate**».

Στην συσκευή που κατασκεύασε ο Baudot, έγιναν βελτιώσεις από τον Άγγλο εφευρέτη Donald Murray. Ο Murray πούλησε τα δικαιώματα της συσκευής του στην εταιρεία τηλεγραφικών συστημάτων Western Union, η οποία αντικατέστησε όλους τους τηλέγραφους τύπου Morse με τους νέους ενονομαζόμενους ως Τηλέτυπα (αγγλ. **Teletypewriter**).

Παρά τη μεγάλη επιτυχία του ο κώδικας Baudot, χωρητικότητας 5 ψηφίων (5-bit Code), μπορούσε να χρησιμοποιήσει μόνο κεφαλαία γράμματα. Οπότε έπρεπε να αντικατασταθεί με κάτι άλλο που θα επέτρεπε τη χρήση περισσότερων αλφαριθμητικών χαρακτήρων. Το 1966, μια ομάδα αμερικανικών εταιρειών επικοινωνιών συνεργάστηκαν με σκοπό την δημιουργία ενός νέου κώδικα. Ο κώδικας που δημιουργήσαν είναι γνωστός ως «Αμερικανικός Πρότυπος Κώδικας για Ανταλλαγή Πληροφοριών» (αγγλ. **American Standard Code for Information Interchange – ASCII**). Πρόκειται για έναν κώδικα που χρησιμοποιεί 7 bits με αποτέλεσμα να μπορεί να αναπαραστήσει 128 διαφορετικούς χαρακτήρες. Ο κώδικας ASCII έγινε αμέσως αποδεκτός από τις εταιρείες υπολογιστών και επικοινωνιών παγκοσμίως εκτός από την IBM που αποφάσισε να φτιάξει δικό της.

Η έκδοση του αντίστοιχου κώδικα της IBM με όνομα **Extended Binary Coded Decimal Interchange Code** ή **EBCDIC**. Ο EBCDIC κώδικας χρησιμοποιούσε 8 bits και μπορούσε να αναπαραστήσει 256 διαφορετικούς χαρακτήρες. Η IBM χρησιμοποίησε τον κώδικα στην μεσαία κατηγορία υπολογιστές αλλά τελικά τον εγκατέλειψε και υιοθέτησε στους υπολογιστές της τον ASCII αφού τον επέκτεινε από 7 bits σε 8 έτσι ώστε να υποστηρίζει 256 χαρακτήρες. Η έκδοση αυτή του ASCII ονομάστηκε «Extended ASCII».

Αν και ο τηλέγραφος και ο τηλέτυπος ήταν πρόδρομοι των δικτύων υπολογιστών, μόλις τα τελευταία 30 χρόνια υπήρξε ραγδαία ανάπτυξη σε αυτό τον τομέα. Η ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών σε συνεχώς αυξανόμενες ταχύτητες, οδήγησε στην ανάπτυξη όλο και γρηγορότερου δικτυακού εξοπλισμού και υψηλών προδιαγραφών καλωδίων και υλικού διασύνδεσης.



Εικόνα 5.1 Το τηλεγράφημα που έστειλε ο Morse από την Ουάσιγκτον στη Βαλτιμόρη

5.2 Η Ανάπτυξη της Σύγχρονης Τεχνολογίας Καλωδιώσεων

5.2.1 Thick Ethernet – 10Base5

Το πρότυπο Ethernet, όπως αναφέρθηκε συνοπτικά και στο Κεφάλαιο 3, αναπτύχθηκε από την εταιρεία Xerox στα μέσα της δεκαετίας του '70 και το 1979 μετά από συνεργασία της Xerox με την DEC και την Intel τυποποίησαν το σύστημα Ethernet για ευρεία χρήση. Το 1980 οι τρεις εταιρείες δημοσίευσαν το πρώτο σύνολο προδιαγραφών για το Ethernet με όνομα «Ethernet Blue Book», γνωστό και ως «DIX standard» από τα αρχικά των ονομασιών των εταιρειών. Πρόκειται για ένα σύστημα που υποστήριζε ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων έως 10Mbps (10Mbps = 10 εκατομμύρια δυαδικών ψηφίων «1» και «0» το δευτερόλεπτο) και χρησιμοποιούσε ένα μεγάλο **ομοαξονικό καλώδιο** στην κατακόρυφη καλωδίωση ενός κτηρίου, πάνω στο οποίο συνδέονταν μικρότερα ομοαξονικά καλώδια ανά 2.5 μέτρα (Transceivers) για τη σύνδεση των σταθμών εργασίας. Τα ομοαξονικά καλώδια αποτελούνται από μία κεντρική μονωμένη χάλκινη ίνα, έναν αγωγό συνήθως πλέγματος (αγγλ. Copper mesh) ο οποίος περιβάλλει την ίνα και το εξωτερικό περίβλημα, το οποίο περικλείει τα δύο παραπάνω στοιχεία. Το μεγάλο ομοαξονικό καλώδιο, το οποίο ήταν συνήθως κίτρινο χρώμα, έγινε γνωστό με την ονομασία «**Thick Ethernet**» ή «**10Base5**». Ο αριθμός «10» αναφέρεται στην ταχύτητα του συστήματος (10Mbps), η λέξη «Base» στο είδος λειτουργίας της μετάδοσης δεδομένων, «Base Band system» το οποίο χρησιμοποιεί όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης (αγγλ. Bandwidth) για κάθε μετάδοση δεδομένων (αντιθέτως τα Broad Band συστήματα διαιρούν το bandwidth σε ξεχωριστά κανάλια για ταυτόχρονη χρήση) και ο αριθμός «5» αναφέρεται στο μέγιστο μήκος καλωδίου που μπορεί να υποστηρίξει το σύστημα, σε αυτή την περίπτωση 500 μέτρα. Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τη λειτουργία ενός Thick Ethernet τοπικού δικτύου είναι:

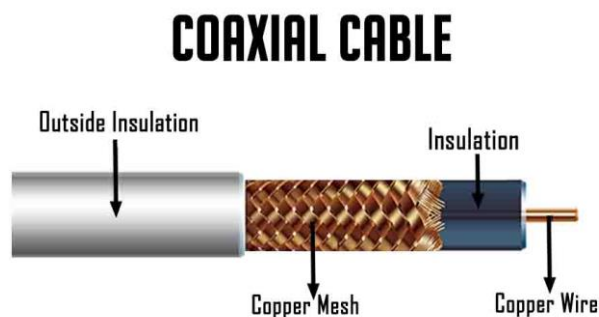
- **Thick ομοαξονικό καλώδιο:** Το καλώδιο της κατακόρυφης καλωδίωσης. Τα χαρακτηριστικά του είναι: διάμετρος 1cm, σύνθετη αντίσταση 50Ω, γείωση, σχετικά άκαμπτο.
- **Transceiver:** Εξάρτημα το οποίο συνδέεται με το Thick Ομοαξονικό καλώδιο. Μπορούν να συνδεθούν μέχρι 100 με απόσταση μεταξύ τους 2.5m.
- **AUI καλώδιο:** Είναι το καλώδιο με το οποίο συνδέεται ο Transceiver με το σταθμό εργασίας. Το συγκεκριμένο καλώδιο έχει 15 σύρματα και τα δύο άκρα του έχουν υποδοχές με 15pin το καθένα
- **Terminator:** Ο Terminator είναι αντίσταση η οποία τοποθετείται στα άκρα του ομοαξονικού καλωδίου. Σκοπός της είναι η απόσβεση στατικών κυμάτων που δημιουργούνται πάνω στο ομοαξονικό καλώδιο. Η τιμή αυτής της αντίστασης θα πρέπει να είναι ίση με την τιμή αντίστασης του καλωδίου.

- **NIC (Network Interface Card) ή Κάρτα Δικτύου:** Κάθε συσκευή που πρέπει να συνδεθεί στο δίκτυο, πρέπει να διαθέτει και κατάλληλη κάρτα δικτύου.

5.2.2 Thin Ethernet – 10Base2

Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) δημοσίευσε το 1983 το επίσημο πρότυπο Ethernet IEEE 802.3. Το 1985 αναπτύχθηκε η δεύτερη έκδοση (IEEE 802.3a) γνωστή και ως «**Thin Ethernet**» ή **10Base2**. Σε αυτή την έκδοση το μέγιστο μήκος είναι 185 μέτρα, αν και το «2» στην ονομασία 10Base2 υποδηλώνει ότι μπορεί να είναι 200 μέτρα και η ταχύτητα 10Mbps. Το Thin Ethernet βασίζεται επίσης σε ομοαξονικό καλώδιο για την κατακόρυφη καλωδίωση και χρησιμοποιεί τοπολογία διαύλου (Bus). Το βασικότερο πλεονέκτημα του 10Base2 σε σχέση με το 10Base5 είναι το αρκετά μικρότερο κόστος του. Τα μειονεκτήματά του είναι: μικρότερο επιτρεπτό μήκος, μεγαλύτερη ευαισθησία σε θορύβους, μικρότερος αριθμός υποστηριζόμενων τερματικών σταθμών. Ο εξοπλισμός που απαιτείται για ένα Thin Ethernet δίκτυο είναι:

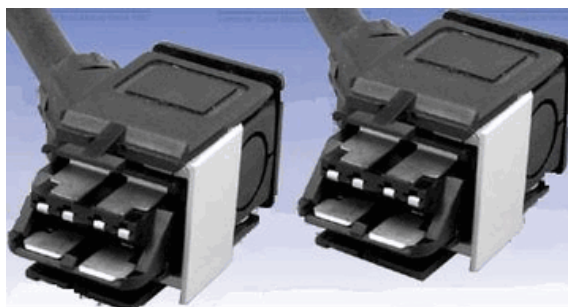
- **10Base2 ομοαξονικό καλώδιο:** Εύκαμπτο καλώδιο με αντίσταση 50Ω και γείωση. Οποιαδήποτε καμπή πρέπει να έχει ακτίνα στροφής το λιγότερο 5cm.
- **BNC-T Connectors:** Συνδετήρες σε σχήμα «T». Σκοπός τους είναι η σύνδεση ξεχωριστών τμημάτων του ομοαξονικού καλωδίου.
- **Terminator:** Όπως και στο Thick Ethernet ο Terminator είναι μια αντίσταση των 50Ω συνδεδεμένη στα άκρα του 10Base2 καλωδίου με σκοπό την απόσβεση στατικών κυμάτων.
- **NIC (Network Interface Card) ή Κάρτα Δικτύου**



Εικόνα 5.2 Ομοαξονικό Καλώδιο (αγγλ. Coaxial Cable)

5.2.3 Token Ring & IBM data connector

Το 1984 η IBM παρουσίασε το Token Ring. Πρόκειται για μία τεχνολογία τοπικού δικτύου (LAN) δακτυλίου. Οι υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι σε ένα δίκτυο δακτυλίου (αγγλ. Ring) χρησιμοποιούν ένα ειδικό σύντομο μήνυμα που λέγεται σκυτάλη (αγγλ. Token) για να συντονίζει τη χρήση του δακτυλίου. Μόνο μία σκυτάλη υπάρχει στο δακτύλιο οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή. Για να στείλει δεδομένα ένας υπολογιστής, πρέπει να περιμένει να φτάσει σε αυτόν η σκυτάλη, να μεταδώσει ένα ακριβώς πλαίσιο, και μετά να μεταδώσει σε τη σκυτάλη στον επόμενο υπολογιστή. Όταν κανένας υπολογιστής δεν έχει δεδομένα να στείλει, η σκυτάλη κάνει κύκλους γύρω από το δακτύλιο με μεγάλη ταχύτητα. Επομένως αν ένας υπολογιστής υποστεί βλάβη, αχρηστεύεται όλο το δίκτυο. Το Token Ring δίκτυο μπορούσε να μεταδώσει δεδομένα με ταχύτητα 4Mbps. Για τη σύνδεση των υπολογιστών χρησιμοποιούσε ένα παχύ καλώδιο με θωράκιση και 2 ζεύγη μικρότερων καλωδίων στο εσωτερικό του (αγγλ. 2-pair shielded cable). Στα άκρα του υπήρχαν ειδικά βύσματα τεσσάρων πόλων (αγγλ. 4-pole connectors). Το καλώδιο αυτό ονομάστηκε IBM data connector ή IDC και μπορούσε να υποστηρίξει μετάδοση δεδομένων με συχνότητα έως και 20MHz ενώ μια νεότερη έκδοση του IDC υποστήριζε συχνότητες των 100MHz.



Εικόνα 5.3 IBM Data Connector

5.3 Η Καθιέρωση των UTP Καλωδίων & του Ethernet BaseT

Μέχρι το 1984 υπήρχαν πολλοί διαφορετικοί τύποι δικτύου, οι πιο δημοφιλείς αναφέρθηκαν παραπάνω, και χρησιμοποιούσαν διαφορετικούς τύπους καλωδίων και συνδέσμων. Έτσι κατέστη σαφές ότι χρειάζεται ένα κοινό πρότυπο για την τηλεπικοινωνιακή καλωδίωση. Το 1985 ο Σύνδεσμος Βιομηχανιών Επικοινωνιών Υπολογιστών (αγγλ. Computer Communications Industry Association - CCIA) ζήτησε από την EIA (Electronic Industries Association) να αναπτύξει ένα πρότυπο καλωδίωσης το οποίο θα ορίζει ένα γενικό τηλεπικοινωνιακό καλωδιακό σύστημα και θα υποστηρίζει τις συσκευές όλων των κατασκευαστών υπολογιστών. Στην ουσία αυτό θα ήταν ένα σύστημα καλωδίωσης που θα υποστήριζε όλα τα υπάρχοντα και μελλοντικά συστήματα δικτύωσης

πάνω από μία κοινή τοπολογία χρησιμοποιώντας ένα κοινό μέσο και κοινές συνδέσεις. Έτσι καθιερώθηκαν τα **καλώδια αθωράκιστου συνεστραμμένου ζεύγους** (αγγλ. Unshielded Twisted Pair - **UTP**) σαν μέσο μετάδοσης.

Μέχρι το 1987 αρκετοί κατασκευαστές είχαν αναπτύξει εξοπλισμό Ethernet που μπορούσε να χρησιμοποιήσει τηλεφωνικό καλώδιο συνεστραμμένου (ή σύστροφου) ζεύγους (το οποίο έως το 1985 χρησιμοποιούσε αποκλειστικά η Bell Company για καλωδίωση τηλεφωνίας). Το 1990 η IEEE παρουσίασε το πρότυπο **Ethernet 802.3i 10BaseT**, το οποίο επέτρεπε τη χρήση συσκευών όπως hubs και switches. Το «T» αναφέρεται στον τύπο καλωδίου, δηλαδή Twisted Pair και το 10 στην ταχύτητα, 10Mbps. Το 1991, η EIA μαζί με την TIA δημοσίευσαν τελικά το πρώτο πρότυπο τηλεπικοινωνιακής καλωδίωσης EIA/TIA 568 (Κεφάλαιο 4) και δημιουργήθηκε το δομημένο καλωδιακό σύστημα. Αρχικά βασίστηκε σε UTP καλώδιο κατηγορίας 3 (UTP Category 3) με bandwidth 16MHz και μόλις ένα μήνα αργότερα δημοσιεύτηκε ένα συμπληρωματικό τεχνικό δελτίο (Technical Systems Bulletin [TSB-36]) το οποίο τυποποιούσε υψηλότερων προδιαγραφών UTP καλώδια κατηγορίας 4 και 5. Οι προδιαγραφές αυτές διευκρίνισαν τα χαρακτηριστικά απόδοσης του καλωδίου Cat 4 για συχνότητες μεταφοράς δεδομένων μέχρι 20MHz και του Cat 5 μέχρι 100MHz. Το εύρος ζώνης των 100MHz που διέθετε το Cat 5 UTP καλώδιο ήταν άφθονο για τις ανάγκες των δικτύων εκείνης της εποχής και αρκετό για μελλοντική ανάπτυξη. Λίγα χρόνια αργότερα, με τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για ταχύτερη μεταφορά δεδομένων και την ανάπτυξη νέων γρηγορότερων προτύπων Ethernet και δικτυακού εξοπλισμού, το Cat 5 έφτασε στα όριά του και αναπτύχθηκαν νέα υψηλότερων προδιαγραφών UTP καλώδια. Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα LAN καλύπτονται από πιο σύγχρονα UTP πρότυπα όπως τα Cat6, Cat7, Cat8 που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Το UTP καλώδιο είναι φθηνότερο και ευκολότερο στην εγκατάσταση από άλλου τύπου καλωδίωσης, παρόλα αυτά αρκετά ευαίσθητο στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Σήμερα καμία εταιρεία ή οργανισμός δεν θα σκεφτόταν να χρησιμοποιήσει διαφορετικό πρότυπο δικτύωσης εκτός του Ethernet για το ενσύρματο τοπικό της δίκτυο (LAN).

Στην παρακάτω λίστα αναφέρονται συνοπτικά τα σημαντικότερα γεγονότα της σύγχρονης ανάπτυξης καλωδίωσης δικτύων δεδομένων.

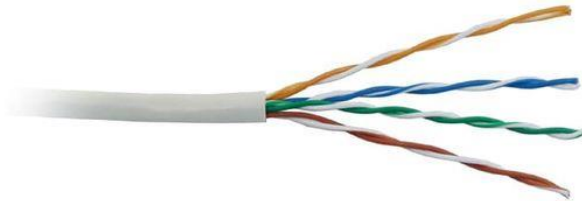
- 1983 – IEEE 802.3 Ethernet standard.
- 1984 – Η IBM παρουσιάζει το Token Ring (4Mbps).
- 1985 – IEEE 802.3a Thin Ethernet standard, 10Base2.
- 1985 – IEEE 802.3b Ethernet standard 10Broad36, 10Mbps broad band.
- 1987 – IEEE 802.3d Fiber Optic Inter-Repeater Link (FOIRL) (Ethernet με οπτικές ίνες) & IEEE 802.3e 1Mbps Ethernet με καλώδια σύστροφου ζεύγους.
- 1990 - IEEE 802.3i Ethernet standard, 10BaseT.
- 1991 – Ιούλιος - EIA/TIA 568 standard για δομημένη καλωδίωση κτιρίων.
- 1991 – Αύγουστος - EIA/TIA TSB 36 υψηλότερων προδιαγραφών καλώδια Cat 4 & Cat 5.
- 1992 – Αύγουστος - EIA/TIA TSB 40 υψηλότερων προδιαγραφών εξοπλισμός διασύνδεσης.

- 1993 – IEEE 802.3j Ethernet standard 10BaseFL, Ethernet οπτικών ινών έως 2 χιλιόμετρα.
- 1994 – Ιανουάριος - EIA/TIA TSB 40A – συμπεριλαμβάνει λεπτομέρειες UTP καλωδίων και βυσμάτων.
- 1994 – Ιανουάριος - EIA/TIA 568A – Αναθεωρημένη έκδοση της EIA/TIA568 που συμπεριλαμβάνει τα TSB 36, TSB 40A και άλλες τροποποιήσεις.
- 1995 – IEEE 802.3u Fast Ethernet standards 100BaseTX (Cat 5 2 ζευγών), 100BaseT4 (τεσσάρων ζευγών Cat 3), 100BaseFX.1997 - IEEE 802.3x Full duplex Ethernet standard.
- 1997 – IEEE 802.3y 100BaseT2 Fast Ethernet standard (100Mbs, δύο ζευγών Cat 3).
- 1998 – IEEE 802.3z 1000Base-X Gbit/s Ethernet standard (1Gbit/s, με οπτικές ίνες).
- 1999 – IEEE 802.3ab 1000BASE-T Gbit/s Ethernet standard (1 Gbit/s, Cat5 και αργότερα Cat 5e και Cat 6)
- 2001 – Cat 5e standard - ANSI/TIA/EIA-568-B.2.
- 2002 – Cat 6 standard - ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1.
- 2002 – IEEE 802.3ae 10 Gigabit Ethernet Standard over fiber (10 Gbit/s με οπτικές ίνες).
- 2006 – IEEE 802.3an 10GBASE-T, 10 Gigabit Ethernet Standard over twisted pair (10 Gbit/s με UTP Cat 6 & Cat 6a αργότερα).
- 2006 – IEEE 802.3aq 10GBASE-LRM, 10 Gigabit Ethernet Standard over multimode fiber. (10 Gbit/s με πολύτροπη οπτική ίνα).
- 2008 – Cat 6A standards - ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10.
- 2008 – Class EA & FA standards - Τροπολογία 1 του ISO/IEC 11801, 2^η έκδοση.
- 2010 – IEEE 802.3ba, 40Gbit/s & 100Gbit/s Ethernet Standard με πολύτροπες και μονότροπες οπτικές ίνες.
- 2014 –ANSI/TIA 568-C.2-1 τυποποιεί τα Cat 8.1 & Cat 8.2.
- 2016 – Ιούνιος - IEEE 802.3bq 25G/40Base-T, 25Gbit/s& 40Gbit/s με UTP καλώδια 4 ζευγών έως 30 μέτρα (Cat 8).
- 2016 – Σεπτέμβριος – IEEE 802.3bz 2.5GBASE-T & 5GBASE-T με Cat 5/Cat 6 καλώδια.
- 2017 – IEEE 802.3bs 200Gbe & 400Gbe, 200Gbit/s και 400Gbit/s Ethernet standard με μονότροπες και πολύτροπες οπτικές ίνες.

5.4 Κατηγορίες Καλωδίων Συνεστραμμένου Ζεύγους (Twisted Pair)

5.4.1 Καλώδια UTP – Unshielded Twisted Pair

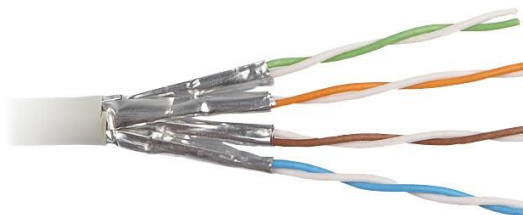
Τα καλώδια UTP-Unshielded Twisted Pair είναι αθωράκιστα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών και χρησιμοποιούνται κατά κόρον τόσο για μετάδοση φωνής, όσο και για μετάδοση δεδομένων. Αποτελούνται από 2 ως 1800 ζευγάρια αγωγών τα οποία περιβάλλονται από πλαστικό μανδύα. Τα UTP καλώδια χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά, την απόδοση και τη χρησιμότητά τους. Τα πιο συνηθισμένα UTP καλώδια που συναντάμε στα περισσότερα τοπικά δίκτυα αποτελούνται από 4 ζευγάρια αγωγών.



Εικόνα 5.4 Καλώδιο UTP

5.4.2 Καλώδια STP – Shielded Twisted Pair

Τα καλώδια STP - Shielded Twisted Pair είναι θωρακισμένα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών. Οι κατασκευαστές θωρακίζουν κάθε ζευγάρι του καλωδίου με φύλλο αλουμινίου κατάφεραν να ελαχιστοποιήσουν την ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή (EMI). Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση των αλληλεπιδράσεων των καλωδίων σε ένα σύστημα, αλλά πρέπει πάντα η θωράκιση να γειώνεται από τον εγκαταστάτη, όπως καθορίζεται αυστηρά από το πρότυπο.



Εικόνα 5.5 Καλώδιο STP

5.4.3 Καλώδια FTP – Foiled Twisted Pair

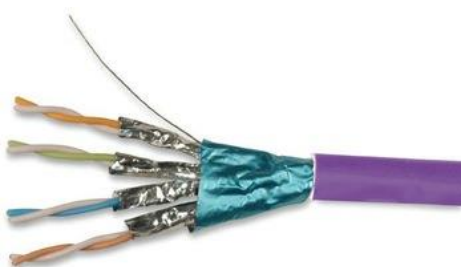
Τα FTP - Foiled Twisted Pair είναι καλώδια συνεστραμμένων ζευγών θωρακισμένα με τη χρήση αλουμινίου. Αποτελούνται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμμένων αγωγών καλυπτόμενων από μονωτικό περίβλημα. Κάτω από το εξωτερικό περίβλημα υπάρχει ένα φύλλο αλουμινίου για τη θωράκιση του καλωδίου. Σε επαφή με το περίβλημα αλουμινίου υπάρχει γυμνό καλώδιο από συνεστραμμένες ίνες, το οποίο πραγματοποιεί τη γείωση του φύλλου αλουμινίου και καλείται καλώδιο γείωσης.



Εικόνα 5.6 Καλώδιο FTP

5.4.4 Καλώδια S/FTP, S/STP

Υπάρχουν ακόμα και άλλοι τύποι θωρακισμένων καλωδίων, στους οποίους χρησιμοποιείται συνδυασμός των παραπάνω θωρακίσεων ή θωράκιση σε κάθε ζεύγος. Παραδείγματα τέτοιων καλωδίων είναι το S/FTP (Shielded/Foiled Twisted Pair), το οποίο χρησιμοποιεί και τα δύο είδη θωρακίσεων και το S/STP (Screened/Shielded Twisted Pair), το οποίο χρησιμοποιεί θωράκιση πλέγματος συνολικά και θωράκιση αλουμινίου σε κάθε ζεύγος.



Εικόνα 5.7 Καλώδιο S/STP

5.4.5 Ονοματολογία Twisted Pair καλωδίων σύμφωνα με το ISO/IEC 11801:2002

Τα Twisted Pair καλώδια όπως αναφέρθηκε, πολλές φορές φέρουν θωράκιση η οποία είναι ένα λεπτό μεταλλικό φύλλο, με σκοπό να ελαχιστοποιήσουν τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (EMI). Η θωράκιση παρέχει ένα ηλεκτρικά αγώγιμο φράγμα με σκοπό την εξασθένηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο εξωτερικό της. Μπορεί να εφαρμοστεί σε μεμονωμένα ζεύγη ή στο σύνολο των ζευγαριών. Παραπάνω αναφέρθηκαν τα Twisted Pair καλώδια με ονοματολογία που είναι ευρέως γνωστή στην αγορά, το **ISO/IEC 11801:2002 (Annex E)** όμως προσπάθησε να τυποποιήσει διεθνώς τους διάφορους χαρακτηρισμούς θωρακισμένων καλωδίων χρησιμοποιώντας τους συνδυασμούς τριών γραμμάτων:

- **U** – Unshielded (Χωρίς θωράκιση)
- **F** – Foil Shielding (Θωράκιση όλων των ζευγαριών με ένα φύλλο κάτω από τη μόνωση ή ανά δυάδες ή τετράδες)
- **S** – Braided Shielding (Πλεγμένη θωράκιση κάτω από τη μόνωση)

Συνηθισμένοι τύποι θωρακισμένων καλωδίων σύμφωνα με το ISO/IEC 11801:2002 είναι:

Μεμονωμένη θωράκιση (U/FTP):

Μεμονωμένη θωράκιση για ένα ή περισσότερα συνεστραμμένα ζεύγη. Ευρέως γνωστά ονόματα: pair in metal foil, Shielded Twisted Pair – STP, Screened Twisted Pair. Αυτού του είδους η θωράκιση προστατεύει το καλώδιο από τις εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές καθώς και από τις παρεμβολές των γειτονικών ζευγαριών (crosstalk).

Συνολική θωράκιση (F/UTP, S/UTP και SF/UTP):

Πρόκειται για θωράκιση που προστατεύει όλα τα ζεύγη καλωδίων μαζί, καθώς βρίσκεται κάτω από το μονωτικό υλικό του καλωδίου. Μπορεί να είναι ένα αλουμινένιο φύλλο ή θωράκιση πλέγματος (αγγλ. Braiding). Αυτός ο τύπος θωράκισης προστατεύει το καλώδιο από εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Ευρέως γνωστά ονόματα: Foiled Twisted Pair – FTP, Shielded Twisted Pair, Screened Twisted Pair.

Μεμονωμένη και συνολική θωράκιση (F/FTP, S/FTP και SF/FTP):

Καλώδια που συνδυάζουν μεμονωμένη και συνολική θωράκιση. Αυτός ο τύπος θωράκισης προστατεύει το καλώδιο και από τις εξωτερικές παρεμβολές και από τις παρεμβολές μεταξύ των ζευγαριών. Ευρέως γνωστά ονόματα: Fully Shielded Twisted Pair – F/STP, Screened Foiled Twisted Pair – S/FTP, Screened Shielded Twisted Pair – S/STP.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1) συγκρίνεται η κοινή ονοματολογία που χρησιμοποιούν οι βιομηχανίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε καλωδίου με το ISO/IEC 11801.

| Βιομηχανικές Συνομογραφίες | Ονομασία ISO/IEC 11801 | Θωράκιση καλωδίου | Θωράκιση ζευγαριών |
|----------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|
| UTP | U/UTP | Καμία | Καμία |
| STP, ScTP, PiMF | U/FTP | Καμία | Foil |
| STP, ScTP | S/UTP | Braiding | Καμία |
| SSTP, SFTP, STP PiMF | S/FTP | Braiding | Foil |
| SSTP, SFTP | SF/FTP | Braiding and Foil | Foil |
| SFTP, S-FTP, STP | SF/UTP | Braiding and Foil | Καμία |
| FTP, STP, ScTP | F/UTP | Foil | Καμία |
| FFTP | F/FTP | Foil | Foil |

Πίνακας 5.1 Κοινές ονομασίες καλωδίων και ονομασίες ISO/IEC 11801

5.4.6 Πίνακας χαρακτηριστικών όλων των κατηγοριών UTP καλωδίων

| Κατηγορία UTP | Τυπικό είδος | Bandwidth | Μέγιστο Μήκος | Συνηθισμένες Εφαρμογές |
|--------------------------|--------------------|-----------|---------------|---------------------------------------|
| Level 1 CAT 1 | - | 0.4MHz | - | Τηλεφωνικές συνδέσεις |
| Level 2 CAT 2 | - | 4MHz | - | Token Ring |
| CAT 3 | UTP (2-pair) | 16MHz | 100μ | Token Ring & Ethernet 10 BaseT |
| CAT 4 | UTP (2-pair) | 20MHz | 100μ | Token Ring 16Mbit/s |
| CAT 5 | UTP | 100MHz | 100μ | Ethernet 100BASE-TX & 1000BASE-T |
| CAT 5e | UTP | 100MHz | 100μ | Ethernet 100BASE-TX & 1000BASE-T |
| CAT 6 | UTP | 250MHz | 100μ | Ethernet 1000BASE-T & 10GBASE-T (55μ) |
| CAT 6A | UTP F/UTP U/FTP | 500MHz | 100μ | Ethernet 1000BASE-T & 10GBASE-T (55μ) |
| CAT 7* | S/FTP F/FTP | 600MHz | 100μ | Ethernet 10GBASE-T & 40GBASE-T (50μ) |
| CAT 7A* | S/FTP F/FTP | 1000MHz | 100μ | Ethernet 10GBASE-T & 40GBASE-T (50μ) |
| CAT 8/8.1 | F/UTP U/FTP | 2000MHz | 30μ | Ethernet 25GBASE-T & 40GBASE-T |
| Cat 8.2 | S/FTP F/FTP | 2000MHz | 30μ | Ethernet 25GBASE-T & 40GBASE-T |

Πίνακας 5.2 Κατηγορίες και χαρακτηριστικά Twisted Pair καλωδίων

*Τα UTP καλώδια κατηγορίας 7 (Cat 7/7A) δεν αναγνωρίζονται από την EIA/TIA.

5.5 Ηλεκτρομαγνητικές Παρεμβολές και Αντιμετώπιση

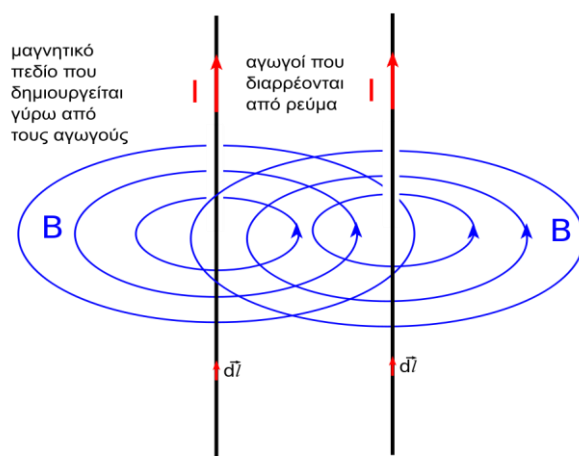
5.5.1 Οι λόγοι που τα ζεύγη είναι συνεστραμμένα (Twisted Pair)

Υπάρχουν δύο κύριοι λόγοι που τα καλώδια δικτύων δεδομένων είναι συνεστραμμένα και έχουν να κάνουν με την ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή **EMI** (Electromagnetic Interference). Ο πρώτος λόγος είναι ότι η συστροφή των ζευγών μειώνει την εξερχόμενη ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή και ο δεύτερος λόγος ότι η συστροφή μεταξύ τους μειώνει σημαντικά την εισερχόμενη ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή. Και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά είναι πολύ σημαντικά ειδικά όταν διαφορετικά καλώδια βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους σε μεγάλες αποστάσεις.

5.5.2 Μειώνοντας την εκπομπή EMI

Κάθε σήμα ή ηλεκτρικό ρεύμα που μεταδίδεται μέσω ενός καλωδίου εκπέμπει σε κάποιο βαθμό EMI που μπορεί να επηρεάσει τα γειτονικά καλώδια – γνωστό και ως Crosstalk. Αυτή η εκπομπή μπορεί να αντιμετωπιστεί με πρόσθετη θωράκιση του καλωδίου αλλά υπάρχει και η μέθοδος του Alexander Graham Bell για να μειωθεί η επίδραση του «Crosstalk».

Η μέθοδος Graham Bell ήταν να χρησιμοποιήσει δύο ξεχωριστά καλώδια: το ένα θα στέλνει το αρχικό σήμα και το άλλο το ακριβές αντίστροφο του σήματος. Με αυτή τη μέθοδο και τα δύο καλώδια εκπέμπουν το ακριβές αντίστροφο EMI το ένα από το άλλο με αποτέλεσμα να αλληλοεξουδετερώνονται. Αυτού του είδους τα καλώδια ονομάζονται συνεστραμμένου ζεύγους. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει την χρήση καλωδίων δεδομένων χωρίς θωράκιση όπως τα Unshielded Twisted Pair υπό προϋποθέσεις μειώνοντας το κόστος. Αν το περιβάλλον ή οι προδιαγραφές του καλωδίου απαιτούν επιπλέον θωράκιση, χρησιμοποιείται κάποιο από τα είδη που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 5.4.



Εικόνα 5.8 Μαγνητικά πεδία από ένα συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίου

5.6 Υλικά Κατασκευής και Βύσματα RJ45

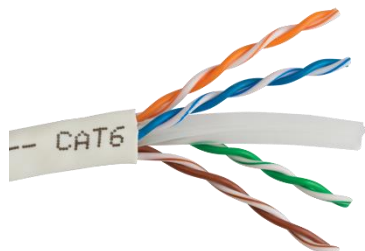
5.6.1 Υλικά κατασκευής καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται σήμερα περισσότερο στα τοπικά δίκτυα (LAN) είναι κατηγορίας 5, 5e, 6 και 6a. Αυτά είναι φτιαγμένα από τέσσερα ζεύγη συνεστραμμένων μονωμένων μεταλλικών ινών που περιβάλλονται από ένα κοινό μονωτικό υλικό (μανδύας) και την ανάλογη θωράκιση αν πρόκειται για FTP,STP κτλ.

Οι μεταλλικές **ίνες** αποτελούνται από έναν χάλκινο αγωγό μονής δέσμης και διαμέτρου 0.4mm έως 0.65mm (22-26 AWG) καλυμμένο με πλαστικό μονωτικό υλικό η κάθε μία ξεχωριστά. Οι ίνες είναι ανά δύο περιπλεγμένες μεταξύ τους σχηματίζοντας έτσι ένα **ζεύγος**. Τέσσερα ζεύγη περιπλεγμένα μεταξύ τους (στην περίπτωση των Cat 5 και Cat 6) σχηματίζουν το εσωτερικό μέρος του καλωδίου που ονομάζεται **δέσμη**. Ο **μανδύας** που περιβάλλει την δέσμη κατασκευάζεται συνήθως από PVC (ελλ. πολυβινυλοχλωρίδιο), PE (ελλ. πολυαιθυλένιο) ή πολυαμίδιο. Το υλικό κατασκευής τυχόν **θωράκισης** των καλωδίων, είτε μεμονωμένη, πλέγματος ή ολική συνήθως είναι αλουμίνιο. Όταν το καλώδιο έχει θωράκιση περιλαμβάνει στη δομή του και ένα λεπτό σύρμα που χρησιμεύει σαν γείωση και απαιτεί θωρακισμένο βύσμα πάνω στο οποίο συνδέεται το καλώδιο γείωσης.

Εκτός από τα βασικά μέλη μπορεί να υπάρχουν και άλλα που δομικά υποστηρίζουν τις μηχανικές ιδιότητες του καλωδίου

- Συνθετικές ίνες που γεμίζουν τα κενά μεταξύ των μεταλλικών ινών
- Πλαστικός διαχωριστής (αγγλ. plastic separator) εσωτερικά του καλωδίου που συγκρατεί τη δομή του και διαχωρίζει τα ζεύγη. (Cat 6)
- Συνθετική νάιλον ίνα μεταξύ μανδύα και θωράκισης που χρησιμεύει στην απογύμνωση του καλωδίου από τον μανδύα αν τραβηχτεί στην αντίθετη κατεύθυνση.



Εικόνα 5.9 UTP Cat 6 με πλαστικό διαχωριστή

5.6.2 Σύνδεσμοι RJ45

Σήμερα για τους τερματισμούς των καλωδίων σε Ethernet δίκτυα το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο βύσμα είναι το RJ45. Το ακρώνυμο «RJ» αναφέρεται στον όρο Registered Jack. Το RJ είναι μια τυποποιημένη διεπαφή τηλεπικοινωνιακού δικτύου για τη σύνδεση δικτυακού εξοπλισμό δεδομένων και φωνής. Η «RJ» πλατφόρμα αναπτύχθηκε αρχικά για να αντικαταστήσει τα παλιότερα ακριβά και ογκώδη βύσματα τηλεφωνικής σύνδεσης.

Οι RJ45 σύνδεσμοι έχουν δύο «γένη». Τα «αρσενικά» βύσματα (αγγλ. plugs) χρησιμοποιούνται ως τερματισμοί καλωδίων σύνδεσης όπως ένα UTP καλώδιο και οι «θηλυκού» γένους υποδοχείς ή πρίζες (αγγλ. jacks ή sockets) που χρησιμοποιούνται σε πρίζες τοίχου, patch panels και φυσικά στον δικτυακό εξοπλισμό όπως κάρτες δικτύου, switches, routers κτλ.

Πρόκειται για αρθρωτούς συνδέσμους (αγγλ. modular connectors) που συνδέονται μεταξύ τους. Καθώς ένα βύσμα εισάγεται σε μία υποδοχή, μία πλαστική γλωττίδα (κλιπ) ασφαλίζει το βύσμα στην υποδοχή ώστε να μην μπορεί να βγει. Για να αφαιρεθεί το βύσμα η γλωττίδα ασφάλισης πρέπει να πιεστεί προς τα κάτω για να ελευθερωθεί από την υποδοχή. Ο τυπικός τρόπος εγκατάστασης με την προεξοχή της υποδοχής (το σημείο που μπαίνει η γλωττίδα ασφάλισης) προς τα κάτω.

Οι αρθρωτοί σύνδεσμοι (αγγλ. modular connectors) γενικότερα χρησιμοποιούν ένα είδος ονομασίας που ορίζεται από δύο αριθμούς. Ο πρώτος αριθμός αντιπροσωπεύει τον μέγιστο αριθμό διαθέσιμων θέσεων επαφών (αγγλ. contact positions) και ο δεύτερος τον αριθμό των εγκατεστημένων επαφών (αγγλ. installed contacts). Ο πρώτος αριθμός ακολουθείται από το γράμμα «P» για «contact positions» και ο δεύτερος από το γράμμα «C» για «installed contacts». Για παράδειγμα ένας «6P2C» σύνδεσμος έχει έξι θέσεις και δύο εγκατεστημένες επαφές. Εναλλακτικές ονομασίες παραλείπουν γράμματα και χρησιμοποιούν σύμβολα, για παράδειγμα «6x2» ή «6/2». Στα σύγχρονα Ethernet δίκτυα χρησιμοποιούνται «8P8C» - RJ45 καθώς τα UTP καλώδια μετά την κατηγορία 5 αποτελούνται από τέσσερα ζεύγη ινών. Παλιότερα καλώδια όπως της κατηγορίας 3 χρησιμοποιούσαν «8P4C» βύσματα ή «4P4C» - RJ9. Πολλές φορές λανθασμένα ταυτίζεται η ονομασία «RJ45» με την «8P8C». Ένας RJ45 σύνδεσμος είναι και 8P8C αλλά ένας 8P8C σύνδεσμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά πρότυπα, με διαφορετικές προδιαγραφές, μεγέθη και συνδεσμολογία όπως τα RJ61 για πολλαπλές τηλεφωνικές συνδέσεις.



Εικόνα 5.10 Σύνδεσμος 8P8C – RJ45

Οι RJ45 σύνδεσμοι διατίθενται σε διαφορετικές εκδόσεις ανάλογα με το είδος του καλωδίου που θα χρησιμοποιηθούν. Σε ένα FTP καλώδιο για παράδειγμα που είναι απαραίτητη η γείωση του καλωδίου θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν θωρακισμένοι σύνδεσμοι με κατάλληλη υποδοχή για τη σύνδεση της γείωσης. Το πρότυπο IEC 60603 ορίζει τις διαστάσεις και τις προδιαγραφές κατασκευής 8P8C συνδέσμων για χρήση σε δομημένη καλωδίωση δικτύων δεδομένων έτσι ώστε να υποστηρίζουν το bandwidth του αντίστοιχου καλωδίου.



Εικόνα 5.11 Θωρακισμένος 8P8C σύνδεσμος για σύνδεση STP καλωδίου

5.6.3 GG45 & ARJ45 βύσματα

Το **GG45** βύσμα είναι μια παραλλαγή του RJ45. Τα δύο βύσματα είναι πλήρως συμβατά μεταξύ τους. Το ακρώνυμο «GG» προέρχεται από τη λέξη «Giga Gate» και ο αριθμός «45» ορίζει την συμβατότητά του με το RJ45. Το πρότυπο GG45 τυποποιήθηκε το 2001 ως IEC 60603-7-7 και αργότερα επιλέχθηκε ως παγκόσμιο πρότυπο για καλώδια κατηγορίας 7 (Cat 7) στο πλαίσιο του ISO-11801 και είναι ικανό να υποστηρίξει τις υψηλές συχνότητες λειτουργίας των καλωδίων Cat 7 & Cat 8 (600 – 2000 MHz). Το GG45 διαθέτει 4 πρόσθετες επαφές (μία σε κάθε γωνία του). Όταν συνδεθεί ένα Cat 7/7A καλώδιο στο GG45 το πρώτο και το τελευταίο ζευγάρι του συνδέονται στις επαφές στα άκρα του, τα υπόλοιπα δύο ζευγάρια συνδέονται κανονικά στα άκρα του 8P8C που βρίσκεται στο μέσο του. Επιπλέον διαθέτει έναν διακόπτη εντός της υποδοχής που ενεργοποιεί τις εναλλακτικές θέσεις επαφής. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται το «crosstalk» εντός της υποδοχής που συνδέεται. Αν πρόκειται να συνδεθεί ένα Cat 6 καλώδιο σε GG45 βύσμα, χρησιμοποιούνται κανονικά οι 8 επαφές του 8P8C καθώς δεν είναι απαραίτητες οι εξωτερικές σε χαμηλότερες συχνότητες.

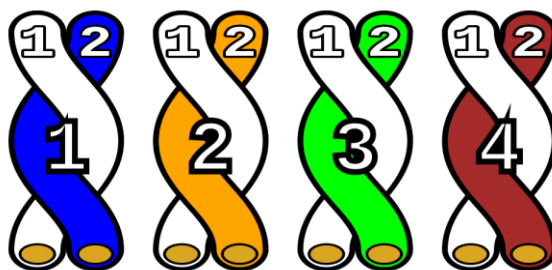
Μία διαφορετική παραλλαγή του RJ45 είναι το **ARJ45** (Augmented Registered Jack 45). Το ARJ45 είναι κατασκευασμένο να υποστηρίξει συχνότητες από 600 έως 5000 MHz. Διαθέτει στο εσωτερικό του ένα σύστημα κλουβιών Faraday ικανό να ελαττώσει το «crosstalk» στα 35 dB. Κατασκευάζεται σε δύο διαφορετικές εκδόσεις, την ARJ45 HS που είναι ένα 8P8C βύσμα και την ARJ45 HD με 12 επαφές και λειτουργία παρόμοια με το GG45.

5.7 Συνδεσμολογία Ethernet

5.7.1 Πρότυπα EIA/TIA 568A/568B και χρωματικός κώδικας

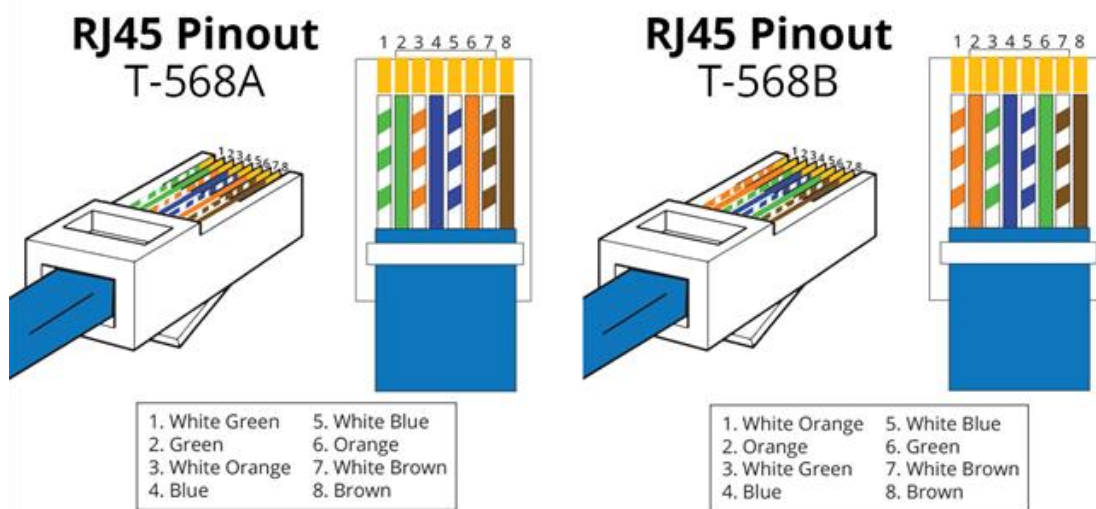
Όπως αναφέρθηκε στην καλωδίωση ενός σύγχρονου Ethernet δικτύου χρησιμοποιούνται καλώδια συνεστραμμένων ζευγών με τερματισμούς βυσμάτων 8P8C – RJ45. Κάθε μία από τις οκτώ ίνες του καλωδίου είναι καλυμμένη με μόνωση διαφορετικού χρώματος. Οι ίνες είναι ανά δύο περιπλεγμένες και σχηματίζουν τέσσερα ζεύγη. Τα ζεύγη αποτελούνται από μια έγχρωμη και μια λευκή ίνα. Για αποφυγή λάθους, οι λευκές ίνες έχουν εν μέρος το χρώμα της αντίστοιχης ίνας, σχηματίζοντας έτσι τους συνδυασμούς:

- ο λευκό – μπλε
- ο λευκό – πορτοκαλί
- ο λευκό – πράσινο
- ο λευκό – καφέ

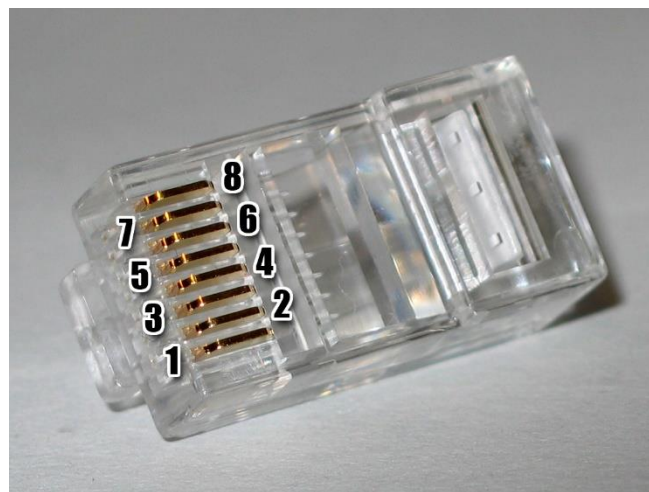


Εικόνα 5.12 Τα χρώματα των τεσσάρων ζευγών

Αναλόγως την σειρά τοποθέτησης των ινών στο βύσμα 8 θέσεων, κάθε ίνα αναλαμβάνει διαφορετικό ρόλο που αφορά την μεταφορά σημάτων ή τάσης. Ο τρόπος συνδεσμολογίας του καλωδίου στο βύσμα RJ45 ορίζεται από το πρότυπο EIA/TIA 568 δομημένης καλωδίωσης. Υπάρχουν δύο διαφορετικά πρότυπα συνδεσμολογίας. Το πρώτο προσδιορίστηκε από την EIA/TIA το 1995 στην έκδοση T568A που αντικαταστάθηκε το 2002 από την νεότερη έκδοση T568B η οποία ανανεώνεται μέχρι σήμερα. Και τα δύο πρότυπα χρησιμοποιούνται από τους εγκαταστάτες δικτύων. Τα δύο πρότυπα έχουν μικρές διαφορές αλλά δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά στο ίδιο δίκτυο. Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 5.13, Εικόνα 5.14) φαίνονται η σειρά συνδεσμολογίας των ινών στις δύο διαφορετικές εκδόσεις του T568 και η αρίθμηση των επαφών ενός βύσματος RJ45 (την ίδια αρίθμηση ακολουθεί και η υποδοχή).



Εικόνα 5.13 Πρότυπα καλωδίωσης T-568A & T-568B



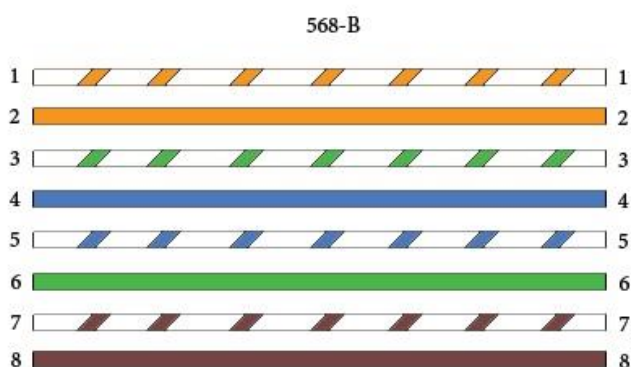
Εικόνα 5.14 Αρίθμηση επαφών RJ45

Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 5.13** οι διαφορές συνδεσμολογίας μεταξύ T568-A και T568-B είναι στα ζευγάρια 2 (λευκό – πράσινο) και 3 (λευκό – πορτοκαλί).

5.7.2 Straight-Through καλώδια

Ο όρος «straight-through» αναφέρεται στα καλώδια τα οποία κάθε επαφή του ενός βύσματος του καλωδίου αντιστοιχεί στην ίδια επαφή του άλλου. Για παράδειγμα αν ένα UTP καλώδιο είναι συνδεδεμένο σύμφωνα με το πρότυπο T568-B η επαφή «1» του ενός βύσματος RJ45 ενώνεται με την λευκή/πορτοκαλί ίνα του καλωδίου με την επαφή «1» του RJ45 βύσματος στο άλλο άκρο του, η επαφή «2» του ενός ενώνεται με την αντίστοιχη του άλλου με την πορτοκαλί ίνα κλπ. (αντίστοιχα γίνονται και οι συνδέσεις με το πρότυπο T568-A).

Τα straight-through καλώδια χρησιμοποιούνται σε ένα Ethernet δίκτυο για τη σύνδεση ηλεκτρονικών υπολογιστών, εκτυπωτών και άλλων δικτυακών συσκευών στα routers, switches και hubs.











Εικόνα 5.16 Συνδεσμολογία ενός straight T568-B καλωδίου



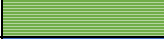





Ο ρόλος κάθε ίνας σε ένα straight-through καλώδιο εξαρτάται από δύο παράγοντες:

1. Το πρότυπο συνδεσμολογίας (T568-A ή T568-B).
2. Το πρότυπο Ethernet στο οποίο βασίζεται το δίκτυο που είναι συνδεδεμένο το καλώδιο.

Για παράδειγμα στα Ethernet πρότυπα 10BASE-T και 100BASE-T κάποιες από τις ίνες ενώ είναι συνδεδεμένες στις επαφές του RJ45 δεν χρησιμοποιούνται κατά την μεταφορά δεδομένων έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλώδιο Cat 3 ή Cat 4 δύο ζευγών, αφήνοντας 4 επαφές κενές στο 8P8C βύσμα. Στους επόμενους δύο πίνακες (Πίνακας 5.3 & Πίνακας 5.4) περιγράφονται οι λειτουργίες της κάθε ίνας σύμφωνα με το πρότυπο συνδεσμολογίας και το πρότυπο Ethernet. Παρόλο που στα δύο πρότυπα διαφορετικά χρώματα ινών μπορεί να έχουν διαφορετικό ρόλο, στις επαφές των τερματισμών RJ45 και των δύο καλωδίων οι λειτουργίες παραμένουν ίδιες και ακολουθούν την ίδια σειρά.

| T568-A | | | |
|------------|---|-----------------------|------------|
| Επαφή RJ45 | Χρώμα ίνας | Ethernet | |
| | | 10BASE-T 100BASE-T | 1000BASE-T |
| 1 |  | Transmit+ | BI_DA+ |
| 2 |  | Transmit- | BI_DA- |
| 3 |  | Receive+ | BI_DB+ |
| 4 |  | Unused | BI_DC+ |
| 5 |  | Unused | BI_DC- |
| 6 |  | Receive- | BI_DB- |
| 7 |  | Unused | BI_DD+ |
| 8 |  | Unused | BI_DD- |

Πίνακας 5.3 Λειτουργίες ινών T568-A UTP καλωδίου

| T568-B | | | |
|------------|---|-----------------------|------------|
| Επαφή RJ45 | Χρώμα ίνας | Ethernet | |
| | | 10BASE-T 100BASE-T | 1000BASE-T |
| 1 |  | Transmit+ | BI_DA+ |
| 2 |  | Transmit- | BI_DA- |
| 3 |  | Receive+ | BI_DB+ |
| 4 |  | Unused | BI_DC+ |
| 5 |  | Unused | BI_DC- |
| 6 |  | Receive- | BI_DB- |
| 7 |  | Unused | BI_DD+ |
| 8 |  | Unused | BI_DD- |

Πίνακας 5.4 Λειτουργίες ινών T568-B UTP καλωδίου

Παράρτημα όρων

Transmit +/-: Σήματα που μεταδίδονται κανονικά και αντίστροφα (TX+, TX-).

Receive +/-: Σήματα που λαμβάνονται κανονικά και αντίστροφα (RX+, RX-).

Unused: Ίνες που δεν χρησιμοποιούνται.

BI: Αμφίδρομα σήματα (μεταδίδουν και λαμβάνουν ταυτόχρονα) (αγγλ. bidirectional).

DA, DB, DC, DD +/-: Data A, Data, B, Data C, Data D. Κανονικά και αντίστροφα σήματα.

Τα πρότυπα Ethernet 10/100/1000BASE-T χρησιμοποιούν **Full-Duplex** τρόπο μετάδοσης δεδομένων. Ένα καλώδιο δηλαδή μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει δεδομένα την ίδια στιγμή κι έτσι το «συνολικό bandwidth» είναι διπλάσιο του ονόματος του προτύπου. Για παράδειγμα το 1000 BASE-T ορίζει ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων 1000Mbps, αυτό στην πραγματικότητα σημαίνει ότι μπορεί να στέλνει 1000Mbps και να λαμβάνει 1000Mbps την ίδια στιγμή.

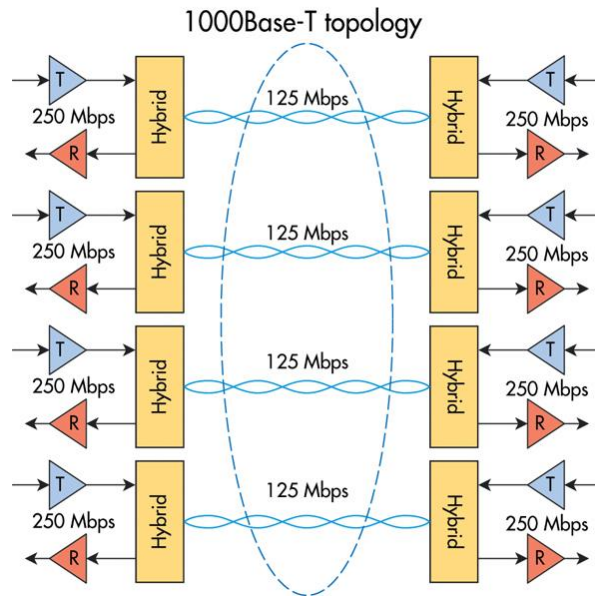
Τα **10/100 BASE-T** χρησιμοποιούν ένα ζεύγος του καλωδίου για αποστολή δεδομένων και ένα ζεύγος για λήψη δεδομένων. Το ζεύγος που χρησιμοποιείται για αποστολή στέλνει δεδομένα με ταχύτητα 10Mbps και 100Mbps αντίστοιχα και το άλλο ζεύγος μπορεί να κάνει λήψη δεδομένων ταυτόχρονα με τις ίδιες ταχύτητες.

Στο **1000 BASE-T** (IEEE 802.3ab) χρησιμοποιούνται και τα τέσσερα ζεύγη ενός καλωδίου για να επιτευχθεί Full-Duplex μεταφορά δεδομένων ταχύτητα 1000Mbps. Στην περίπτωση αυτή όμως τα ζεύγη δουλεύουν αμφίδρομα. Κάθε ζεύγος μπορεί την ίδια χρονική στιγμή να πραγματοποιήσει ταυτόχρονη λήψη και αποστολή δεδομένων με ταχύτητα 250Mbps για την κάθε μία, με άλλα λόγια κάθε ένα του καλωδίου στέλνει δεδομένα με ταχύτητα 125Mbps και ταυτόχρονα λαμβάνει δεδομένα με 125Mbps. Έτσι το «συνολικό bandwidth» του καλωδίου είναι: $4 \times 250\text{Mbps}$ ή $8 \times 125\text{Mbps} = 2000\text{Mbps}$. Για να πραγματοποιηθεί full-duplex μετάδοση σε μία μόνο ίνα χρησιμοποιείται η μέθοδος «ακύρωσης ηχούς» (αγγλ. **echo cancellation**). Κατά τη μέθοδο του «echo cancellation», με απλά λόγια, αν ο αποστολέας στέλνει ένα ηλεκτρικό σήμα με τιμές τάσης $[+1V, +1V, +1V, -1V]$ και την ίδια χρονική στιγμή ο ίδιος αποστολέας λαμβάνει ηλεκτρικό σήμα με τιμές $[+2V, 0V, +2V, -2V]$, αφαιρώντας τις δυο τιμές μπορεί να υπολογίσει τις τιμές τάσης που εφαρμόζονται αυτή τη χρονική στιγμή στο άλλο άκρο του καλωδίου.

$[Τάση\ σήματος\ λήψης] - [Τάση\ σήματος\ αποστολής] = [Τάση\ που\ εφαρμόζεται\ στο\ άλλο\ άκρο] \rightarrow [+2V, 0V, +2V, -2V] - [+1V, +1V, +1V, -1V] = [+1V, -1V, +1V, -1V]$

Το «echo cancellation» αναλαμβάνουν ηλεκτρικά κυκλώματα που βρίσκονται στους υπολογιστές, switches και routers και ονομάζονται «hybrids». Το «hybrid» είναι ένας κατευθυντικός ζεύκτης (αγγλ. directional coupler) που διαχωρίζει τα εισερχόμενα και εξερχόμενα σήματα.

Λίγο μετά την εμφάνιση του 1000 BASE-T η TIA/EIA δημιούργησε το **1000 BASE-TX** (TIA/EIA-854). Το 1000 BASE-TX πρότυπο χρησιμοποιεί μόνο δύο ζευγάρια του καλωδίου, ένα για αποστολή και ένα για λήψη όπως και τα 10/100 BASE-T. Ο απλοποιημένος σχεδιασμός του είχε σκοπό την μείωση του κόστους του δικτυακού εξοπλισμού καθώς δεν απαιτούσε ηλεκτρονικά κυκλώματα αμφίδρομης μεταφοράς για κάθε καλώδιο. Παρόλα αυτά απέτυχε εμπορικά επειδή ήταν απαραίτητη η χρήση καλωδίων Cat 6 ή ανώτερης κατηγορίας και ταυτόχρονα οι τιμές του 1000BASE-T εξοπλισμού μειώθηκαν πολύ γρήγορα.



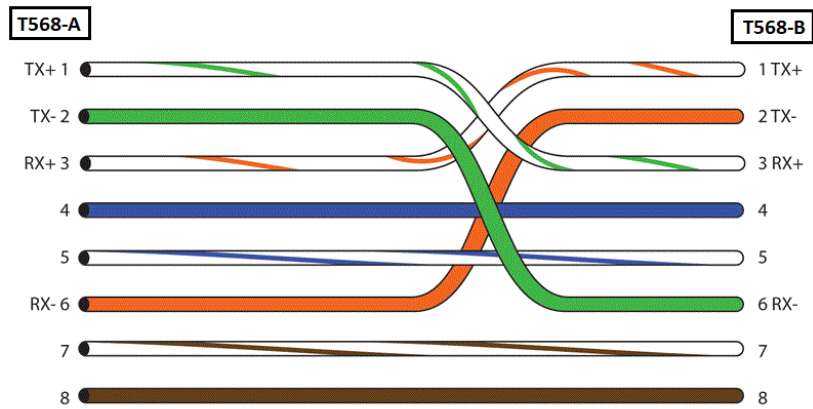
Εικόνα 5.17 Bidirectional λειτουργία καλωδίου στο 1000BASE-T

5.7.3 Crossover καλώδια

Τα crossover καλώδια ακολουθούν μια αρκετά διαφορετική συνδεσμολογία από τα straight που επίσης περιλαμβάνεται στα πρότυπα T568-A και T568-B. Στα crossover καλώδια οι ίνες που μεταδίδουν σήματα (TX+, TX-) και οι ίνες που λαμβάνουν σήματα (RX+, RX-) από το ένα βύσμα του καλωδίου διασταυρώνονται μεταξύ στο άλλο βύσμα κρατώντας όμως την ίδια πολικότητα. Δηλαδή η RX+ επαφή στο πρώτο βύσμα καταλήγει στην TX+ επαφή στο δεύτερο, η TX- στην RX- κλπ. Όπως και στα straight καλώδια έτσι και στα crossover για 10/100 BASE-T Ethernet χρησιμοποιούνται δύο ζευγάρια ενώ για 1000 BASE-T ή γρηγορότερο πρότυπο είναι απαραίτητα και τα τέσσερα ζευγάρια σε συνδεσμολογία cross. Τα crossover καλώδια χρησιμοποιούνταν για τη σύνδεση υπολογιστή με υπολογιστή, switch με switch και router με router.

- **10/100 BASE-T Crossover**

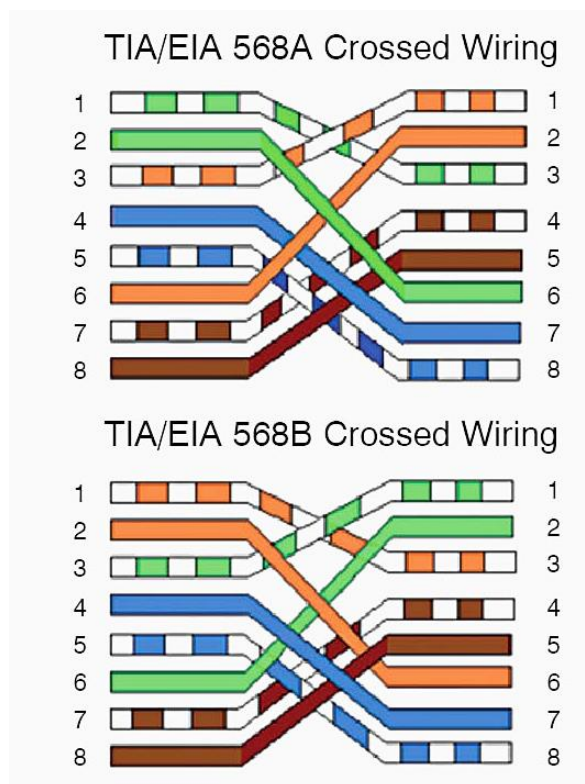
Ένα cross καλώδιο για Ethernet 10/100 BASE-T ακολουθεί στον έναν τερματισμό του T568-A συνδεσμολογία και στον άλλον T568-B συνδεσμολογία. Με αυτό τον τρόπο διασταυρώνονται οι επαφές TX με τις επαφές RX ίδιας πολικότητας στους υποδοχείς που θα συνδεθούν. Τα υπόλοιπα δύο ζεύγη (μπλε – λευκό & καφέ – λευκό) δεν είναι απαραίτητο να ακολουθήσουν cross συνδεσμολογία καθώς δεν χρησιμοποιούνται στο 10/100 BASE-T cross και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και καλώδια χωρίς τα επιπλέον ζεύγη.



Εικόνα 5.18 Crossover συνδεσμολογία για 10/100 BASE-T Ethernet

- **1000 BASE-T Crossover**

Όπως και στα straight καλώδια έτσι και στα crossover που χρησιμοποιούνται σε 1000 BASE-T δίκτυα γίνεται χρήση τεσσάρων ζευγών. Η συνδεσμολογία για κάθε πρότυπο (T-568-A/T568-B) φαίνεται στην Εικόνα 5.19.

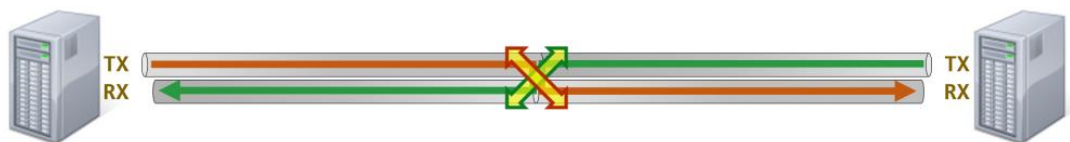


Εικόνα 5.19 Cross συνδεσμολογίες για 1000 BASE-T

5.7.4 MDI, MDI-X και Auto MDI-X

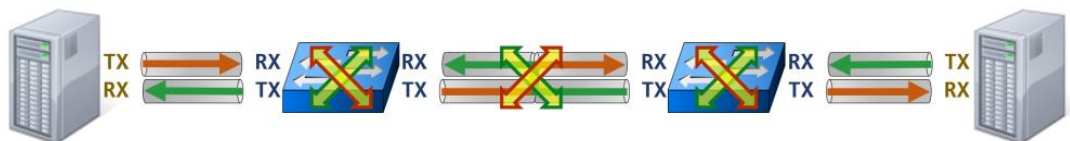
Ο τρόπος κατασκευής μιας διεπαφής δικτύου (αγγλ. ethernet interface) καθορίζει ποιες επαφές της διεπαφής (η οποία καταλήγει σε υποδοχέα RJ45) θα στέλνουν δεδομένα (TX) και ποιες θα λαμβάνουν δεδομένα (RX). Μία κάρτα δικτύου Ethernet 10/100Mbps για παράδειγμα που στέλνει δεδομένα από τις επαφές 1 (TX+) και 2 (TX-) του RJ45 και λαμβάνει δεδομένα από τις επαφές 3 (RX+) και 6 (RX-) ονομάζεται **MDI** (Medium Dependent Interface) NIC ενώ μία κάρτα που λειτουργεί αντίστροφα [1 (RX+), 2 (RX-), 3 (TX+), 6 (TX-)] ονομάζεται **MDI-X** (Media Dependent Interface Crossover) NIC.

Ένας υπολογιστής χρησιμοποιεί MDI κάρτες δικτύου που σημαίνει ότι πάντα στέλνει δεδομένα από τα pins 1 και 2 και πάντα λαμβάνει από τα 3 και 6. Για να συνδεθούν δύο υπολογιστές λοιπόν χωρίς να συγκρούονται τα δεδομένα τους (αγγλ. collision) πρέπει να χρησιμοποιηθεί **Crossover** καλώδιο.



Εικόνα 5.20 Σύνδεση δύο υπολογιστών με crossover καλώδιο

Αντιθέτως ένα Switch χρησιμοποιεί MDI-X διεπαφή καθώς είναι μια συσκευή που φτιάχτηκε για να διευκολύνει την επικοινωνία υπολογιστών. Για να συνδεθεί ένας υπολογιστής σε ένα switch (MDI → MDI-X) χρειάζεται **Straight-Through** καλώδιο. Φυσικά για τη σύνδεση Switch με Switch (MDI-X → MDI-X) χρησιμοποιείται Crossover καλώδιο.

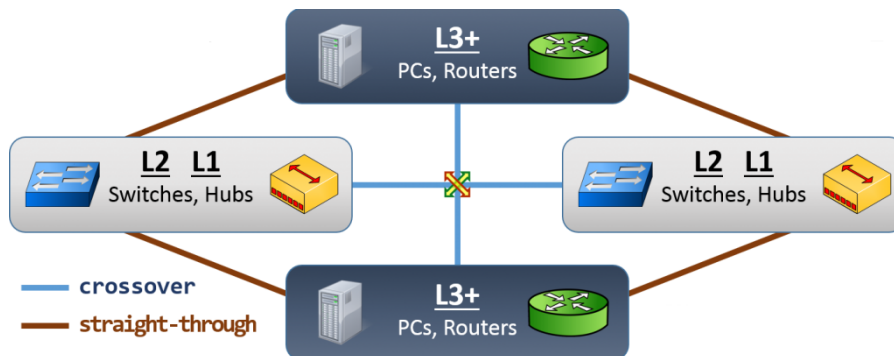


Εικόνα 5.21 Συνδέσεις PC με switch (straight) και switch με switch (cross)

Συνοπτικά:

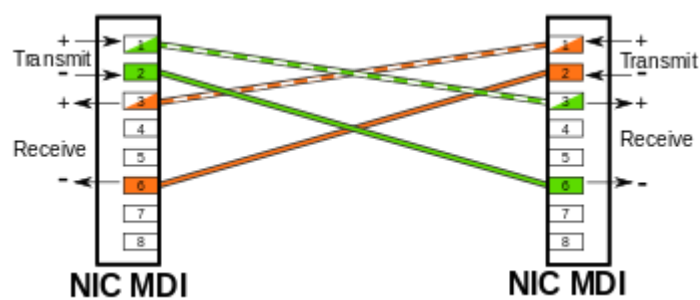
- Συσκευές που ανήκουν στο πρώτο και δεύτερο επίπεδο (L1 Physical και L2 Data Link) του μοντέλου OSI, όπως τα Switches και τα Hubs, συνδέονται μεταξύ τους με **crossover** καλώδιο.
- Συσκευές που ανήκουν στο τρίτο επίπεδο (L3 Network) του μοντέλου OSI, όπως υπολογιστές με NIC και Routers, συνδέονται μεταξύ τους με **crossover** καλώδιο.

- Συσκευές πρώτου, δευτέρου επιπέδου OSI συνδέονται με συσκευές τρίτου επιπέδου OSI με **straight** καλώδιο.



Εικόνα 5.22 Είδος συνδεσμολογίας καλωδίου ανάλογα τις συσκευές

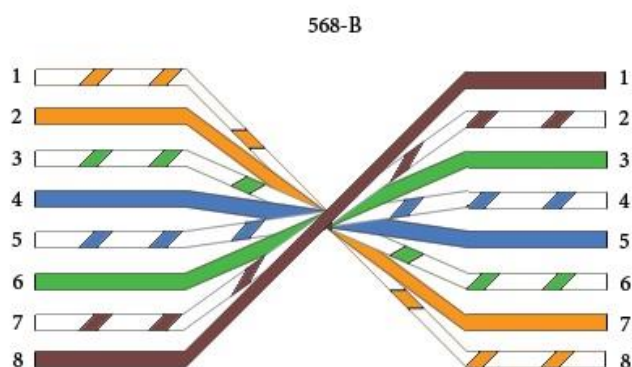
Σήμερα δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί cross ή straight καλώδιο ανάλογα τις συσκευές που πρέπει να συνδεθούν σε ένα δίκτυο, καθώς η Ethernet διεπαφή που ενσωματώνουν οι συσκευές μπορεί να διασταυρώνει τις RX και TX επαφές αυτόματα. Με την εμφάνιση του Ethernet 1000 BASE-T η Hewlett-Packard ανέπτυξε το **Auto MDI-X**. Το Auto MDI-X ανιχνεύει αυτόματα τον απαιτούμενο τύπο συνδεσμολογίας καλωδίου και ρυθμίζει κατάλληλα τη σύνδεση καταργώντας την ανάγκη για καλώδια crossover.



Εικόνα 5.23 Cross συνδεσμολογία μεταξύ δύο MDI καρτών δικτύου

5.7.5 Rollover καλώδια

Τα rollover καλώδια (γνωστά και ως «Yost cables») δε χρησιμοποιούνται για συνδέσεις σε Ethernet δίκτυα αλλά για τη σύνδεση ενός υπολογιστή με την «console» πόρτα ενός router, switch ή modem με σκοπό τον προγραμματισμό τους. Δεν προορίζονται δηλαδή για την μεταφορά δεδομένων, αλλά για τη δημιουργία μιας διεπαφής με την συσκευή. Ονομάστηκε rollover επειδή οι ίνες στο ένα άκρο του είναι ακριβώς ανάποδα με τις ίνες στο άλλο άκρο του και χρησιμοποιεί τέσσερα ζεύγη. Αυτά τα καλώδια είναι συνήθως πλακέ και γαλάζια.



Εικόνα 5.24 Συνδεσμολογία rollover καλωδίου



Εικόνα 5.25 RJ45 rollover καλώδιο

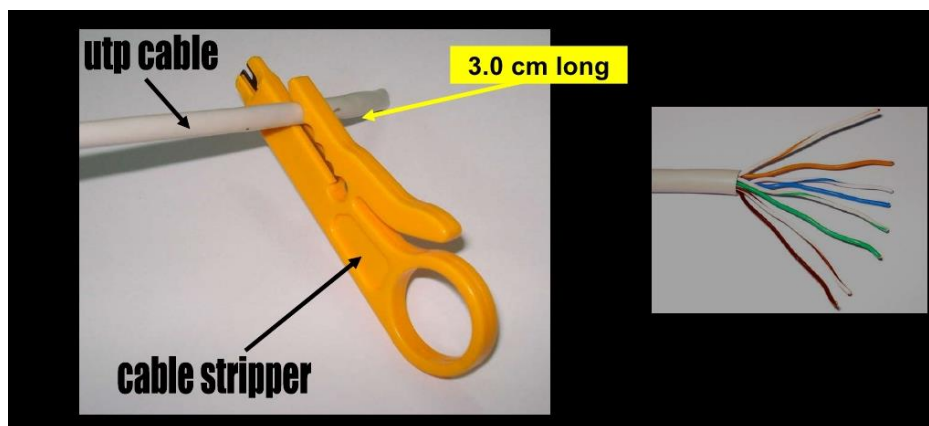
Κεφάλαιο 6. Όργανα και Εργαλεία Δικτύων

6.1 Εργαλεία Κατασκευής Καλωδίων UTP

Η σύνδεση ενός καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών με 8P8C βύσματα στα άκρα του γίνεται με τη χρήση των παρακάτω ειδικών εργαλείων:

- **Απογυμνωτής UTP καλωδίων (αγγλ. UTP cable stripper)**

Χρησιμοποιείται για την αφαίρεση της εξωτερικής μόνωσης του καλωδίου έτσι ώστε να απελευθερωθούν τα ζεύγη του. Αν το καλώδιο περιλαμβάνει θωράκιση, μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα με τη χρήση κόφτη, ψαλιδιού ή ακόμα και με το χέρι. Η αφαίρεση της μόνωσης γίνεται συνήθως σε μήκος τριών εκατοστών σε κάθε άκρο, έτσι ώστε να απελευθερωθούν τα ζεύγη και να είναι δυνατό να ξετυλιχτούν με το χέρι.

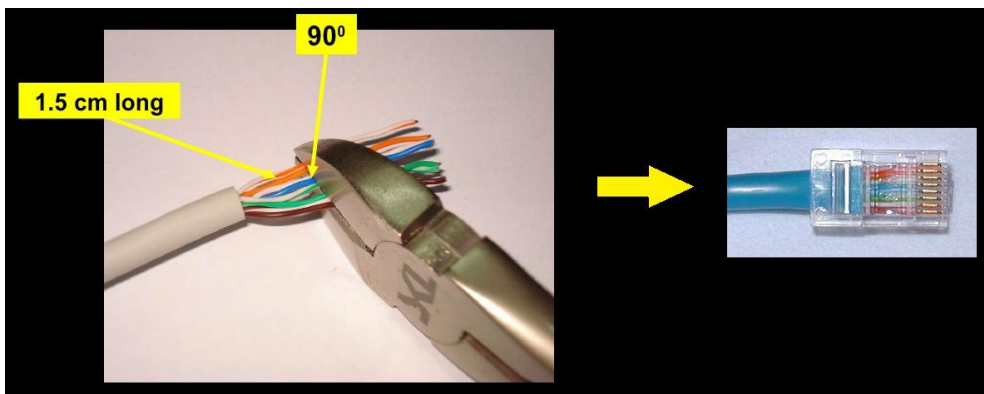


Εικόνα 6.1 Απογύμνωση καλωδίου UTP

- **Πρέσα ακροδεκτών 8P8C – RJ45 (αγγλ. RJ45 Crimping tool)**

Η πρέσα ακροδεκτών είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση δύο μετάλλων παραμορφώνοντας το ένα ή και τα δύο με τρόπο τέτοιο που τα αναγκάζει να συγκρατούν το ένα το άλλο. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας ονομάζεται πτύχωση (αγγλ. crimping) και γι' αυτό το λόγο λέγεται Crimping tool. Οι RJ45 – 8P8C ακροδέκτες είναι κατασκευασμένοι κατάλληλα ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρέσα ακροδεκτών για τη σύνδεσή τους σε ένα UTP καλώδιο.

Μετά την αφαίρεση της εξωτερικής μόνωσης και την τοποθέτηση των ινών σε σωστή σειρά ανάλογα το είδος του καλωδίου που πρέπει να κατασκευαστεί (Straight – 568A, Straight – 568B, Cross – 568B κλπ.), τοποθετούνται οι ίνες στο κατάλληλα διαμορφωμένο εσωτερικό του 8P8C συνδέσμου, αφού πρώτα κοπούν και έχουν όλες 1.5 εκατοστά μήκος.

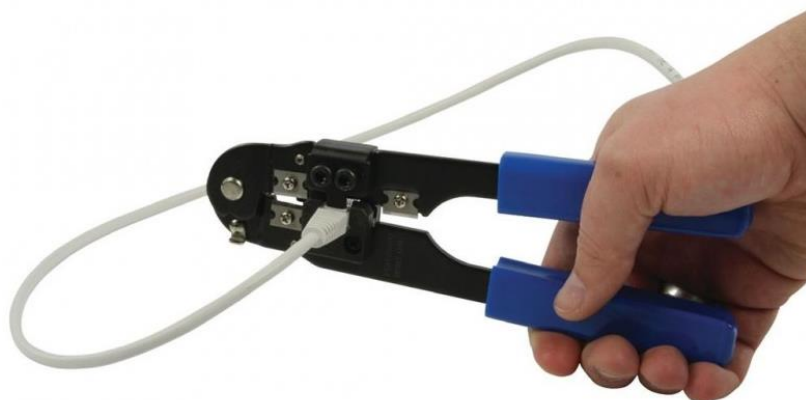


Εικόνα 6.2 Τοποθέτηση ινών στο RJ45



Εικόνα 6.3 Πρέσα ακροδεκτών 8P & 6P

Όταν όλα τα καλώδια βρίσκονται στο βύσμα όπως φαίνεται στην **Εικόνα 6.2**, το επόμενο βήμα είναι να τοποθετηθεί στην 8P υποδοχή της πρέσας ακροδεκτών και να γίνει η πτύχωση των ινών με τις επαφές του. Μετά την τοποθέτηση ακροδεκτών και στα δύο άκρα του, το καλώδιο είναι έτοιμο για χρήση.



Εικόνα 6.4 Χρήση πρέσας RJ45

6.2 Δοκιμαστές Καλωδίων Δικτύου

Οι δοκιμαστές καλωδίων δικτύου (αγγλ. **Network Cable Testers**) είναι ειδικά όργανα που χρησιμοποιούνται για την εξακρίβωση των χαρακτηριστικών ενός καινούργιου καλωδίου που θα συνδεθεί σε ένα δίκτυο ή την αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων που μπορεί να έχουν τα ήδη υπάρχοντα καλώδια. Οι συνηθισμένες δοκιμές που πραγματοποιούν τέτοια όργανα περιλαμβάνουν τον τρόπο συνδεσμολογίας (Straight, Cross, Rollover κλπ.), την εξασθένηση του σήματος (αγγλ. attenuation), το μήκος, την τιμή της αντίστασης και πολλές άλλες. Καθώς τα δίκτυα και οι καλωδιακές υποδομές εξελίσσονται, τα νέα Ethernet πρότυπα που καθορίζουν οι οργανισμοί TIA, ISO και IEEE παρέχουν κατευθυντήριες οδηγίες για την καλωδιακή εγκατάσταση, τις δοκιμές, την αντιμετώπιση προβλημάτων και την πιστοποίηση καλωδίων δικτύου. Από το 10BASE-T έως το 40BASE-T Ethernet υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις στην υλοποίηση των τεχνολογιών μετάδοσης δεδομένων. Η δοκιμή καλωδίων δικτύου παρέχει ένα επίπεδο βεβαιότητας ότι η εγκατεστημένη καλωδίωση παρέχει την επιθυμητή δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων που απαιτεί το πρότυπο που υποστηρίζει.

Τα όργανα δοκιμής καλωδίων διαφέρουν στις λειτουργίες που υποστηρίζουν, τις επιδόσεις τους, το πεδίο που χρησιμοποιούνται και φυσικά την τιμή. Αναλόγως τις δυνατότητες που έχουν τα όργανα μπορούν να ταξινομηθούν ιεραρχικά σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

Certification testers, **Qualification testers** και **Verification testers**

Μία διαφορετική κατηγορία οργάνων είναι τα **tone and probe kits** που βασίζουν την λειτουργία τους σε γεννήτρια σήματος για τον εντοπισμό εγκατεστημένων καλωδίων.

6.2.1 Cable Certification testers

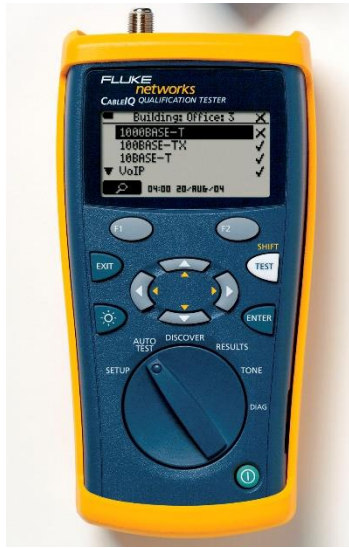
Τα όργανα πιστοποίησης (αγγλ. certification testers) είναι τα μόνα εργαλεία που μπορούν να εξακριβώσουν αν μία δομημένη καλωδίωση ακολουθεί τα πρότυπα και τις απαιτήσεις που ορίζει ο κάθε οργανισμός (TIA, ISO, IEC). Έχουν τη δυνατότητα να αναγνωρίζουν αν ένα καλώδιο συμμορφώνεται με μία κατηγορία καλωδίου που ορίζεται από την TIA ή μια κλάση που ορίζεται από τον οργανισμό ISO. Για παράδειγμα ένα καλώδιο κατηγορίας 6 (Cat 6) και κλάσης A (Cat 6A). Η πιστοποίηση που δίνει ένα τέτοιο όργανο είναι το τελικό βήμα μετά την κατασκευή μιας δομημένης καλωδίωσης για να εξακριβωθεί αν μπορεί ανταπεξέλθει στα πρότυπα για τα οποία προορίζεται. Το αποτέλεσμα που δίνουν είναι της μορφής «Pass» ή «Fail».



Εικόνα 6.6 Cable Certification Tester

6.2.2 Cable Qualification Testers

Τα qualification testers πληρούν τις ανάγκες των τεχνικών δικτύων που δεν εγκαθιστούν νέες καλωδιώσεις, αλλά πρέπει να αντιμετωπίσουν προβλήματα των ήδη λειτουργικών δικτύων. Οι qualification δοκιμαστές εκτελούν δοκιμές οι οποίες θα εξακριβώσουν αν μια υπάρχουσα καλωδίωση μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ενός πρωτοκόλλου όπως 100BASE-T, VoIP κλπ. Αυτά τα όργανα επιτρέπουν στον τεχνικό να απομονώσει από το δίκτυο καλώδια που δεν ανταποκρίνονται στις ανάγκες του πρωτοκόλλου. Περιλαμβάνουν όλες τις δυνατότητες των Verification δοκιμαστών αλλά είναι πιο ακριβή επειδή μπορούν να εκτελέσουν δοκιμές εκτίμησης του bandwidth των καλωδίων και εντοπίζουν ελαττώματα που το επηρεάζουν.



Εικόνα 6.6 Cable qualification tester

6.2.3 Cable Verification Testers

Τα όργανα επαλήθευσης (αγγλ. verification testers) εκτελούν βασικές δοκιμές που περιλαμβάνουν τον έλεγχο συνέχειας ενός καλωδίου, αν είναι δηλαδή όλες οι επαφές του RJ45 συνδεδεμένες με τις ίνες ή αν το καλώδιο είναι κομμένο σε κάποιο σημείο, και δίνουν την δυνατότητα επαλήθευσης της αντιστοίχισης των ζευγών στους ακροδέκτες του καλωδίου προβάλλοντας τον χάρτη διασύνδεσης των ινών. Πολλές φορές περιλαμβάνουν πρόσθετα χαρακτηριστικά όπως ανακλασίμετρο (Time Domain Reflectometer – TDR) το οποίο χρησιμοποιείται για την μέτρηση του συνολικού μήκους ενός καλωδίου ή την απόσταση από μία ασυνέχεια. Αυτές οι συσκευές δεν μπορούν να δώσουν καμία πληροφορία που αφορά το bandwidth ή την ταχύτητα δεδομένων ενός καλωδίου. Υπάρχουν σε αναλογικές και ψηφιακές εκδόσεις.



Εικόνα 6.7 Αναλογικό Cable Verification Tester

6.2.4 Tone Generator and Probe Kits

Τα tone generator and probe kits γνωστά ως ανιχνευτές καλωδίων με γεννήτρια ακουστικού σήματος, χρησιμοποιούνται από τεχνικούς για την εγκατάσταση και συντήρηση καλωδίων επικοινωνίας δικτύων δεδομένων ή φωνής (σύστροφου ζεύγους ή ομοαξονικά). Μια τέτοια συσκευή αποτελείται συνήθως από δύο μέρη: τη μονάδα που περιλαμβάνει την γεννήτρια ακουστικού σήματος (αγγλ. tone generator module) η οποία τοποθετείται στο ένα άκρο του καλωδίου, και τον ανιχνευτή σήματος (αγγλ. probe) ο οποίος όταν εντοπίσει το σήμα αναπαράγει έναν ήχο. Αυτό δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εντοπίσει που καταλήγει η άλλη άκρη ενός καλωδίου όταν αυτό βρίσκεται ανάμεσα σε πλήθος διαφορετικών καλωδίων καθώς και να ελέγξει την συνέχειά του. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο ολόκληρου του καλωδίου ή επιμέρους ζευγαριών και ινών ανάλογα τις δυνατότητες που διαθέτουν. Τα tone & probe kits υπάρχουν διαθέσιμα σε αναλογικές και υβριδικές (αναλογικές/ψηφιακές) εκδόσεις. Πολλές φορές ενσωματώνονται σε verification και qualification δοκιμαστές καλωδίων.



Εικόνα 6.8 Tone and probe kit

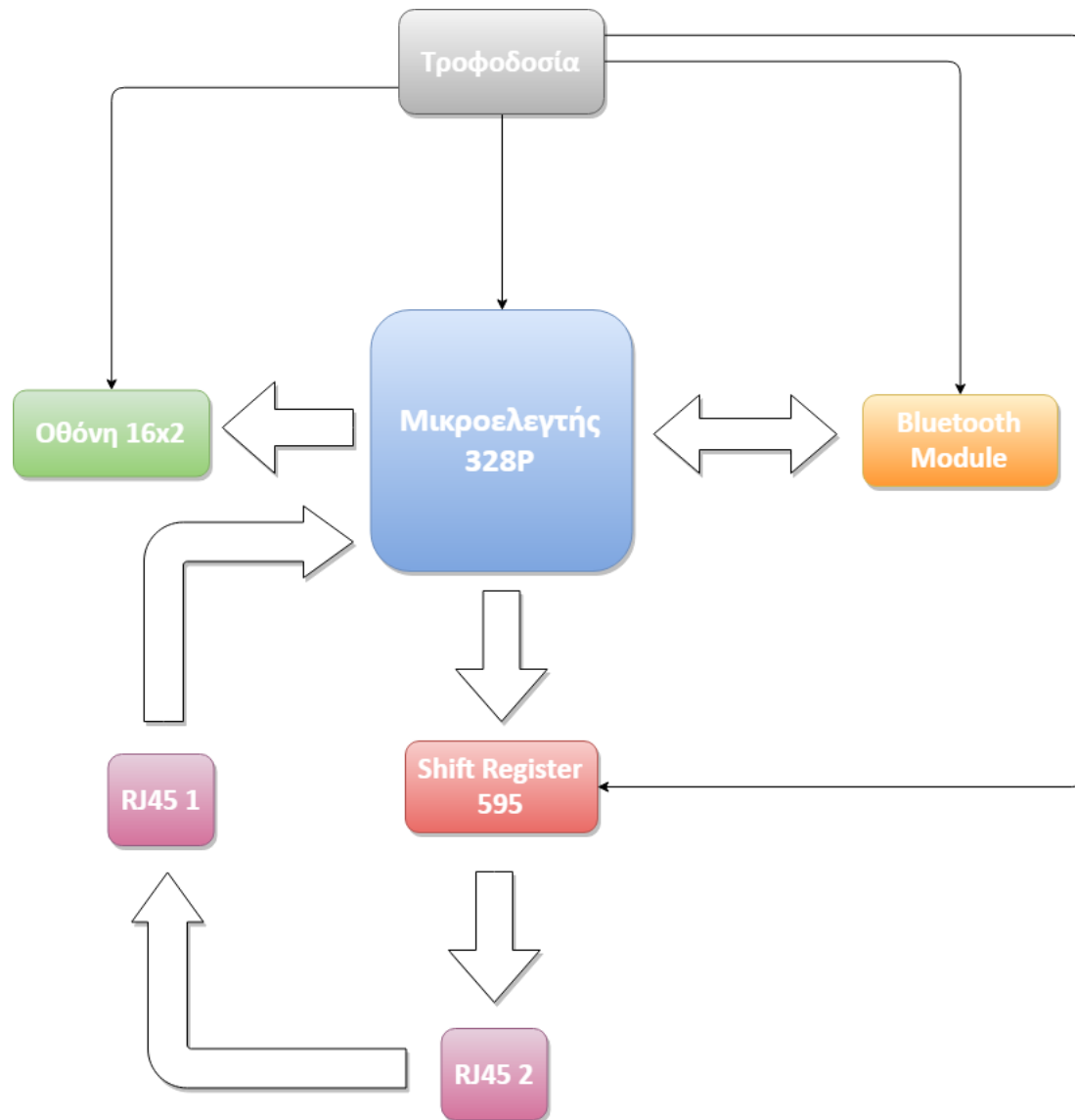
Κεφάλαιο 7. Σχεδίαση και Υλικά Κυκλώματος

7.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν ο σχεδιασμός του κυκλώματος και η επιλογή υλικών που έγιναν για την κατασκευή του UTP/FTP/STP Tester. Πρόκειται για μία συσκευή που ανήκει στην κατηγορία των Cable Verification Testers και έχει δυνατότητες ελέγχου ενός καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών με RJ45 συνδέσμους, ως προς την συνέχειά του, τον τρόπο συνδεσμολογίας του (straight, cross, roll) και το σύνολο των συνδεδεμένων ζευγαριών που διαθέτει. Οι πληροφορίες αυτές προβάλλονται σε μία LCD οθόνη που βρίσκεται ενσωματωμένη στην συσκευή. Επίσης υπάρχει δυνατότητα αποστολής των πληροφοριών μέσω Bluetooth σε Android κινητό χρησιμοποιώντας την εφαρμογή που δημιουργήθηκε γι' αυτό τον σκοπό. Πρόκειται για ένα ψηφιακό Tester και η λειτουργία του βασίζεται στον AVR μικροελεγκτή που ενσωματώνει. Στην παρακάτω λίστα αναφέρονται όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κυκλώματος.

- Αλκαλική μπαταρία 9V
- Σταθεροποιητής τάσης LDO LM2940CT - 5V 1A
- Μικροελεγκτής 8-bit ATmega328P-PU
- Καταχωρητής ολίσθησης 8-bit 74HC595
- AT-09 Bluetooth 4.0 BLE Module
- 16x2 Liquid Crystal Display module
- Ταλαντωτής κρυστάλλου 16MHz
- Αντιστάσεις, δίκτυα αντιστάσεων, μεταβλητές αντιστάσεις διαφόρων μεγεθών
- Πυκνωτές κεραμικοί, ηλεκτρολυτικοί, τανταλίου διαφόρων μεγεθών
- Δίοδος εκπομπής φωτός (LED)
- RJ45 υποδοχείς
- Tact switch, rocker switch

7.2 Μπλοκ Διάγραμμα Κυκλώματος



Διάγραμμα 7.1 Μπλοκ διάγραμμα κυκλώματος UTP Tester

7.3 AVR Μικροελεγκτής

7.3.1 Τι είναι ένας μικροελεγκτής

Ένας μικροελεγκτής είναι ένα μικρό υπολογιστικό κύκλωμα, σχεδιασμένο σε ένα και μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Όπως κάθε υπολογιστικό κύκλωμα περιέχει μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας (μικροεπεξεργαστή), έναν αριθμό καταχωρητών, κυκλώματα μνήμης και κυκλώματα ελέγχου εξωτερικών συσκευών. Κάθε μικροελεγκτής λοιπόν είναι ικανός να ανταλλάξει σήματα με εξωτερικές συσκευές, να εκτελέσει πράξεις ανάμεσα σε μεταβλητές και να καταχωρήσει τιμές στη προσωρινή του μνήμη (RAM).

Βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται συνήθως ένας μικροελεγκτής είναι τα παρακάτω:

- **Μικροεπεξεργαστής**
Το ολοκληρωμένο κύκλωμα που αποτελεί τον μικροεπεξεργαστή περιέχει την Λογική και Αριθμητική Μονάδα (ALU), τους στοιχειώδεις καταχωρητές (registers), την πολύ υψηλής ταχύτητας προσωρινή μνήμη RAM (cache memory) και κάποιες φορές τον ελεγκτή μνήμης (memory controller).
- **Κύκλωμα συνδετικής λογικής (αγγλ. glue logic)**
Αποτελεί μια ειδική μορφή ψηφιακών κυκλωμάτων, τα οποία επιτρέπουν τη σύνδεση διαφορετικών τύπων λογικών κυκλωμάτων, όπως για παράδειγμα τη σύνδεση των εξωτερικών μνημών και των άλλων περιφερειακών παράλληλης σύνδεσης στην αρτηρία δεδομένων (αγγλ. bus) του επεξεργαστή.
- **Μνήμη προγράμματος (FLASH, EEPROM κλπ.)**
Η μνήμη προγράμματος περιέχει το λογισμικό του μικροελεγκτή που έχει συνταχθεί από τον χρήστη και καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας του. Το περιεχόμενο της δε σβήνεται όταν διακοπεί η τροφοδοσία του μικροελεγκτή. Σε κάποια μοντέλα, είναι δυνατό το κλείδωμα αυτής της μνήμης, μετά την εγγραφή της, ώστε να προστατευτεί το περιεχόμενό της από αντιγραφή.
- **Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (αγγλ. Random Access Memory – RAM)**
Η μνήμη τυχαίας προσπέλασης RAM χρησιμοποιείται για προσωρινή αποθήκευση τιμών και μεταβλητών. Αυτές γράφονται κάτω από τον έλεγχο του προγράμματος που βρίσκεται στην μνήμη προγράμματος και καθορίζει τη λειτουργία του μικροελεγκτή. Όταν αφαιρεθεί η τροφοδοσία, τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στη RAM διαγράφονται.
- **Είσοδοι – Έξοδοι (I/O)**
Οι μικροελεγκτές ενσωματώνουν διάφορα περιφερειακά εισόδου, εξόδου. Συνήθη τέτοια περιφερικά είναι ψηφιακές ή αναλογικές είσοδοι/έξοδοι, μετρητές,

διεπαφές επικοινωνίας UART, I2C, USB, μετατροπείς A/D, αναλογικοί συγκριτές, γεννήτριες PWM.

- **Ταλαντωτής (clock)**

Πολλοί μικροελεγκτές φέρουν ενσωματωμένο ταλαντωτή (quartz timing crystal, resonator ή RC κύκλωμα) με δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης της συχνότητας. Ο ταλαντωτής παρέχει παλμούς χρονισμού που συγχρονίζουν τη λειτουργία του μικροελεγκτή.

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές αρχιτεκτονικές κατασκευής μικροελεγκτών από διαφορετικές κατασκευάστριες εταιρείες. Ευρέως γνωστοί μικροελεγκτές είναι της σειράς PIC της Microchip, οι AVR της ATMEL και οι 8051 από Intel, Atmel, Dallas κ.α. Για το κύκλωμα του UTP Tester χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής **ATmega328P-PU** που αρχικά δημιουργήθηκε από την Atmel (το 2016 η Microchip εξαγόρασε την Atmel).

7.3.2 Μικροελεγκτές AVR και ATmega328p

Οι μικροελεγκτές AVR χρησιμοποιούν τροποποιημένη Αρχιτεκτονική Harvard 8-bit RISC (Reduced Instruction Set Computers) και αναπτύχθηκαν πρώτη φορά από την Atmel το 1996. Οι μικροελεγκτές της οικογένειας AVR χρησιμοποιούν FLASH μνήμη για την αποθήκευση του προγράμματος. Υπάρχουν διάφορα είδη AVR μικροελεγκτών με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες που χωρίζονται σε υποκατηγορίες. Οι περισσότεροι AVR είναι 8-bit αλλά υπάρχουν και εκδόσεις των 32-bit όπως ο AVR32. Οι μικροελεγκτές AVR ταξινομούνται σε τέσσερις ομάδες οι οποίες είναι: tinyAVR, megaAVR, XMEGA και 32-bit AVR.

Ο **ATmega328P-PU** που χρησιμοποιήθηκε στο κύκλωμα ανήκει στην οικογένεια Atmel **megaAVR** και την υποκατηγορία **picoPower**. Πρόκειται για έναν 8-bit CMOS μικροελεγκτή βασισμένο στην αρχιτεκτονική RISC που διαθέτει 32kB ISP flash memory για την αποθήκευση του προγράμματος, 1kB EEPROM, 2kB SRAM, 23 I/O για διάφορες λειτουργίες, 32 καταχωρητές γενικού σκοπού, 3 timers/counters, USART, σειριακή διεπαφή, SPI, 10-bit A/D μετατροπέα σημάτων και προγραμματιζόμενο Watchdog Timer με εσωτερικό ταλαντωτή. Η τάση λειτουργίας του είναι 1.8V - 5.5V και είναι ικανός να αποδώσει 20 MIPS (Million Instructions Per Second) σε συχνότητα 20MHz (1MIPS ανά MHz). Κατασκευάζεται σε τέσσερα διαφορετικά «pin configurations - packages» τα οποία είναι: 28-pin PDIP, 28-PIN MLF, 32-pin TQFP, 32-PIN MLF. Στο κύκλωμα χρησιμοποιήθηκε το **28-pin PDIP**.

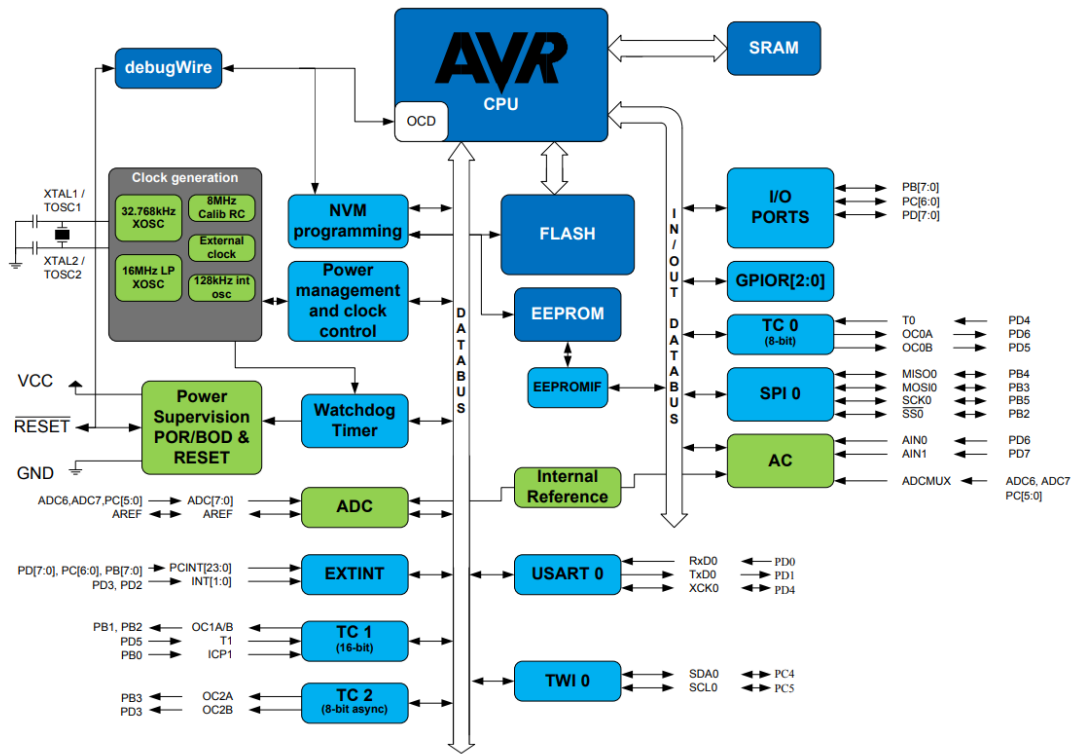
Οι λόγοι που επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής είναι οι εξής: χαμηλό κόστος, ευρεία διάθεση στα ελληνικά καταστήματα, συμβατότητα με την πλακέτα «ανοικτού κώδικα» Arduino και με τον bootloader του Arduino, μεγάλη διαδικτυακή κοινότητα υποστήριξης και διαθέσιμες διαδικτυακές πηγές λόγω του Arduino και τέλος τα χαρακτηριστικά που διαθέτει είναι ικανά να καλύψουν τις ανάγκες του κυκλώματος.



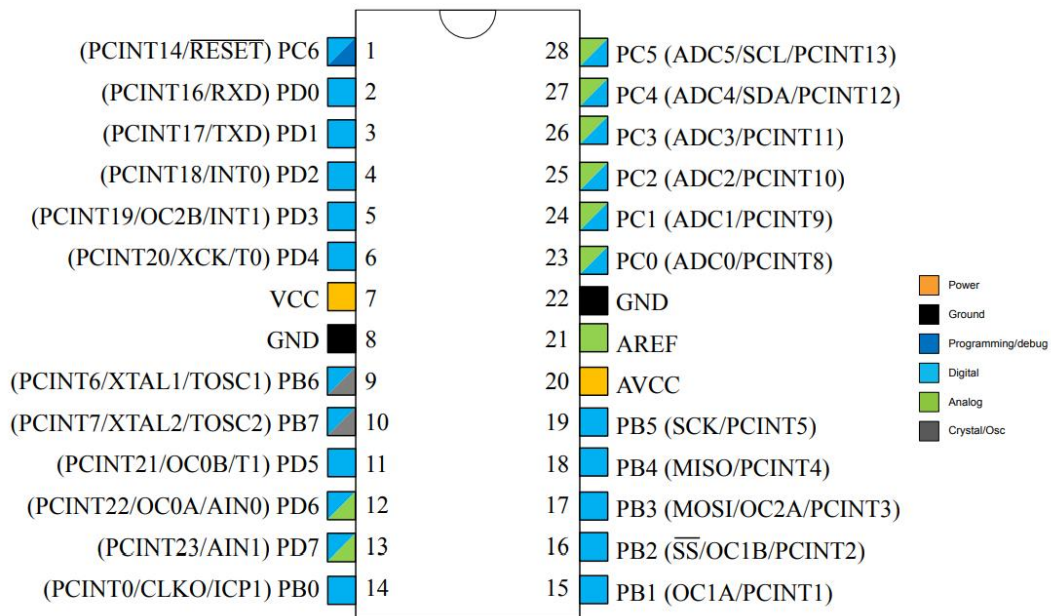
Εικόνα 7.1 Μικροελεγκτής ATmega328P-PU

| Χαρακτηριστικά | ATmega328P |
|---------------------------|---------------|
| Pin Count | 28 |
| Flash (Bytes) | 32K |
| SRAM (Bytes) | 2K |
| EEPROM (Bytes) | 1K |
| General Purpose I/O Lines | 23 |
| SPI | 2 |
| TWI (I2C) | 1 |
| USART | 1 |
| ADC | 10-bit 15kSPS |
| ADC Channels | 8 |
| 8-bit Timer/Counters | 2 |
| 16-bit Timer/Counters | 1 |

Πίνακας 7.1 Σύνοψη χαρακτηριστικών του ATmega328P



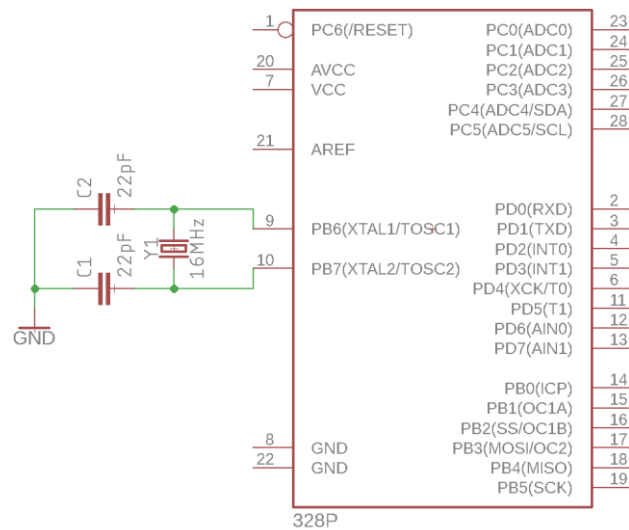
Εικόνα 7.2 Μπλοκ διάγραμμα του εσωτερικού κυκλώματος του ATmega328P



Εικόνα 7.3 Pin-out configuration του ATmega328P

Ο ΑΤmega328P διαθέτει εσωτερικό RC ταλαντωτή των 8 MHz (clock) για την παραγωγή παλμού χρονισμού όπως φαίνεται και στο μπλοκ διάγραμμα του εσωτερικού του στην **Εικόνα 7.2**. Ο εσωτερικός του ταλαντωτής διαθέτει χαμηλή ακρίβεια της τάξης +/-10% σύμφωνα με το datasheet αλλά παρόλα αυτά δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης εξωτερικού ταλαντωτή στα pins 9 και 10 (**Εικόνα 7.3** – PB6-XTAL1/PB7-XTAL2). Ο εξωτερικός ταλαντωτής μπορεί να είναι τύπου κρυστάλλου (αγγλ. quartz crystal oscillator) ή ceramic resonator. Για το κύκλωμα χρησιμοποιήθηκε **Crystal Oscillator 16MHz** με ακρίβεια +/-50ppm (=0.005%) σε συνδυασμό με δύο κεραμικούς πυκνωτές χωρητικότητας 22pF απαραίτητους για την λειτουργία του.

Στο παρακάτω σχηματικό (**Εικόνα 7.4**) φαίνεται το κύκλωμα σύνδεσης του ταλαντωτή με τον μικροελεγκτή.



Εικόνα 7.4 Σύνδεση εξωτερικού ταλαντωτή κρυστάλλου στον 328P



Εικόνα 7.5 16MHz Crystal oscillator

7.4 Καταχωρητής Ολίσθησης (Shift Register)

7.4.1 Καταχωρητής (register) ως στοιχείο μνήμης

Ένας καταχωρητής (αγγλ. register) είναι ένα κύκλωμα που χρησιμοποιείται για αποθήκευση πληροφοριών. Οι καταχωρητές είναι μια αλληλουχία από **flip-flops** (τα Flip Flop είναι ακολουθιακά κυκλώματα, οι έξοδοι των οποίων ανταποκρίνονται στις εισόδους όταν εφαρμόζονται παλμοί συγχρονισμού) που μοιράζονται το ίδιο ρολόι χρονισμού. Ένα flip-flop μπορεί να αποθηκεύσει 1 bit πληροφορίας. Ένας καταχωρητής των n bit μπορεί να αποθηκεύσει n bit πληροφορία και κατασκευάζεται από μια ομάδα από n flip-flops και πύλες για τον έλεγχο της μεταφοράς πληροφορίας από και προς τον καταχωρητή.

Υπάρχουν δύο βασικά είδη καταχωρητών:

- Ο **στατικός καταχωρητής**, ο οποίος αποτελείται από ανεξάρτητα flip-flops στα οποία μπορεί να αποθηκευτεί μία πληροφορία και να λαμβάνεται όταν χρειαστεί.
- Ο **καταχωρητής ολίσθησης (Shift register)**, το περιεχόμενο του οποίου ολισθαίνει κατά μία θέση σε κάθε εφαρμογή του παλμού.

7.4.2 Κατηγορίες καταχωρητών ολίσθησης

Στον καταχωρητή ολίσθησης (αγγλ. shift register) η έξοδος του κάθε flip-flop τροφοδοτεί την είσοδο του γειτονικού του. Έτσι τα δεδομένα του καταχωρητή ολισθαίνουν από κάθε flip-flop στο γειτονικό του με κάθε παλμό ρολογιού.

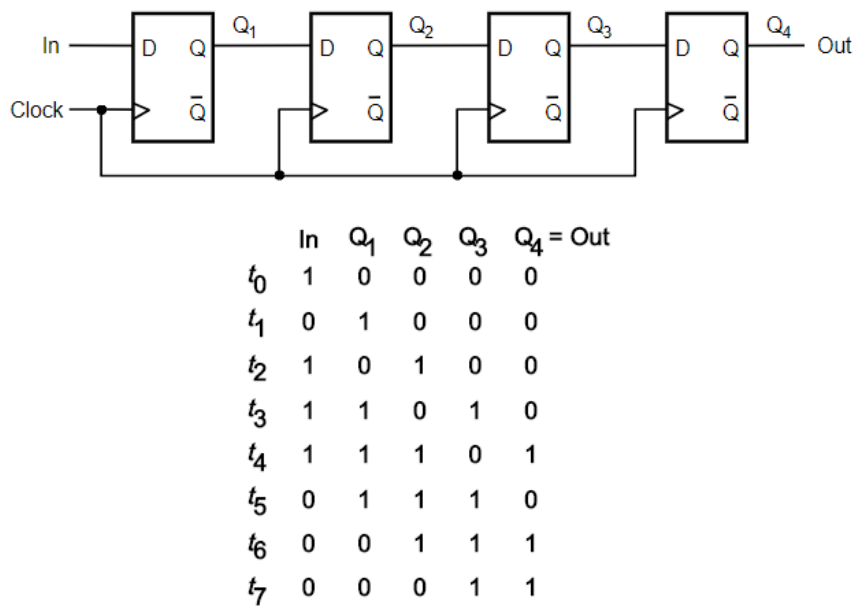
Ανάλογα με την κατεύθυνση ολίσθησης, ο καταχωρητής ονομάζεται **καταχωρητής δεξιάς ολίσθησης** αν μετακινεί τα δεδομένα προς τα δεξιά ή **καταχωρητής αριστερής ολίσθησης** αν μετακινεί τα δεδομένα προς τα αριστερά.

Αν η έξοδος του τελευταίου flip-flop είναι συνδεδεμένη στην είσοδο του πρώτου, τότε ο καταχωρητής ονομάζεται **καταχωρητής κυκλικής ολίσθησης**. Αν έχει τη δυνατότητα να μετακινεί το περιεχόμενο είτε δεξιά είτε αριστερά ονομάζεται **αμφίδρομος καταχωρητής ολίσθησης**.

Ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης των δεδομένων εισόδου και τον τρόπο εξόδου των περιεχομένων ενός καταχωρητή ολίσθησης μπορεί να καταταχθεί σε τέσσερις κατηγορίες:

- Σειριακής εισόδου – Σειριακής εξόδου (serial-in, serial-out: **SISO**)
- Σειριακής εισόδου – Παράλληλης εξόδου (serial-in, parallel-out: **SIPO**)
- Παράλληλης εισόδου – Παράλληλης εξόδου (parallel-in, serial-out: **PISO**)
- Παράλληλης εισόδου – Παράλληλης εξόδου (parallel-in, parallel-out: **PIPO**)

Ένα παράδειγμα του τρόπου λειτουργίας ενός απλού καταχωρητή σειριακής εξόδου παρουσιάζεται στην **Εικόνα 7.6**. Ο οριζόντιος άξονας του πίνακα δείχνει την είσοδο (In) και τις εξόδους (Q1, Q2, Q3, Q4) και ο κάθετος αντιπροσωπεύει τις χρονικές στιγμές για κάθε παλμό του ρολογιού.



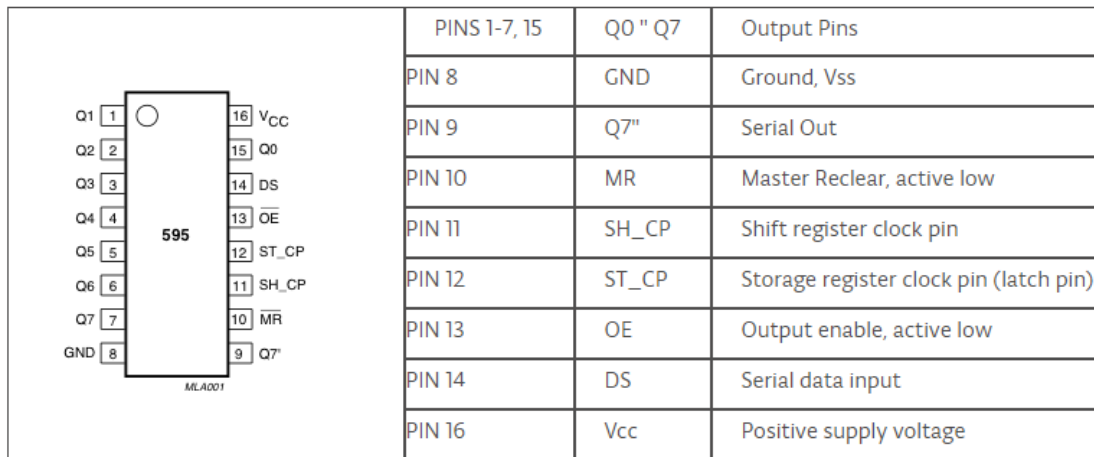
Εικόνα 7.6 Παράδειγμα διακίνησης δεδομένων απλού καταχωρητή ολίσθησης

7.4.3 Shift Register 74HC595

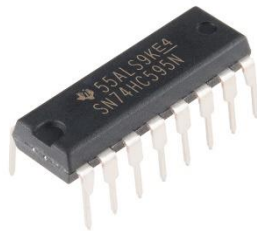
Στο κύκλωμα του UTP Tester χρησιμοποιήθηκε ο καταχωρητής ολίσθησης SN74HC595N με σκοπό να αυξηθούν οι έξοδοι του ATmega328P καθώς δεν ήταν αρκετές για τις ανάγκες του κυκλώματος. Ο 74HC595 είναι ένα 8-bit SIPO (serial in – parallel out) shift register. Χρησιμοποιώντας μόνο 3 pins από τον μικροελεγκτή μπορεί να ελέγξει 8 εξόδους (8-bit) και είναι ιδανικός για τη σύνδεση ενός RJ45 – 8P8C υποδοχέα.

Ο 74HC595 έχει μία είσοδο για σειριακά δεδομένα (**DS**) και 8 εξόδους (**Q₀...Q₇**) για παράλληλη έξοδο δεδομένων. Επιπλέον έχει μια σειριακή έξοδο (**Q₇**) που χρησιμοποιείται για την σύνδεση περισσότερων καταχωρητών ολίσθησης σε σειρά. Διαθέτει 2 pins εισόδου παλμού (clock inputs), την **SH_CP** (Shift register clock pin) και την **ST_CP** (Storage register clock pin - latch pin). Σε κάθε ανοδικό παλμό του pin SH_CP αποθηκεύονται τα σειριακά δεδομένα στους καταχωρητές, σε κάθε ανοδικό παλμό του ακροδέκτη ST_CP μεταφέρονται στις παράλληλες εξόδους οι τιμές των καταχωρητών. Όταν ταξινομηθεί ολόκληρο το byte (8-bits) που λαμβάνει ο shift register από την είσοδό του (DS) ξεχωριστά σε κάθε μία από τις 8 εξόδους του, τότε εμφανίζονται και οι 8 τιμές ταυτόχρονα στα Q₀...Q₇. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η παράλληλη έξοδος του καταχωρητή.

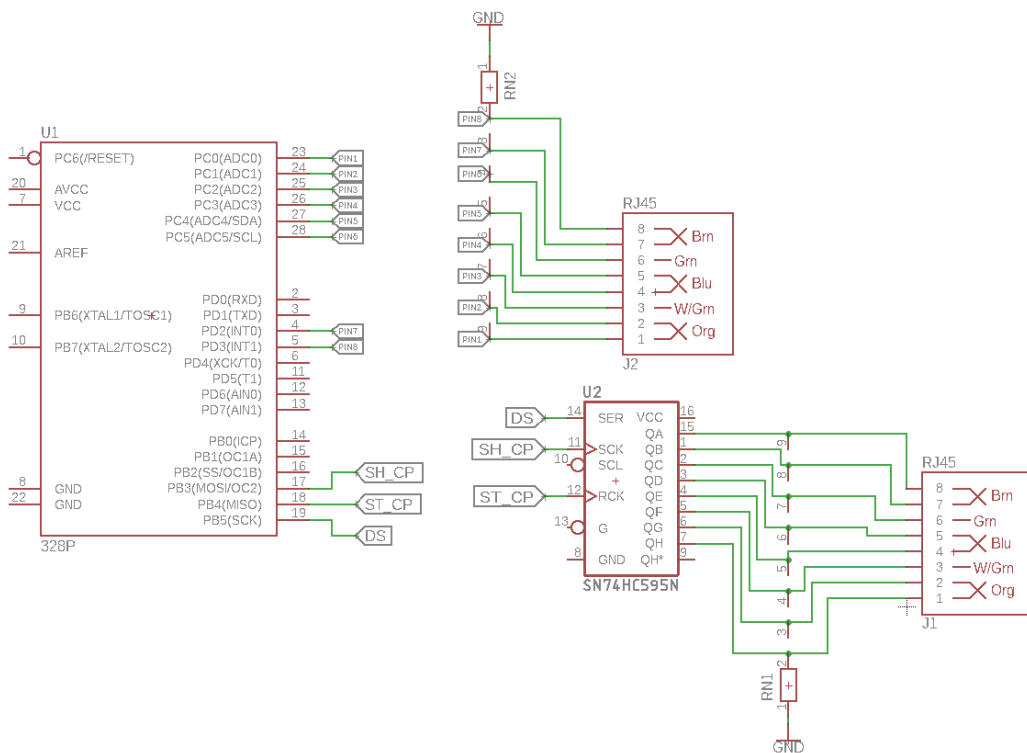
Με 8 εξόδους από το 74HC595 χρησιμοποιώντας μόνο 3 pins, υπάρχουν πλέον διαθέσιμα I/O pins στον μικροελεγκτή για τη σύνδεση του δεύτερου RJ-45 – 8P8C και της οθόνης. Στην **Εικόνα 7.10** φαίνεται το σχηματικό σύνδεσης του SN74HC95 με τον μικροελεγκτή και τους δύο RJ45 – 8P8C συνδέσμους. Επειδή το 74HC595 κατασκευάζεται από διαφορετικές εταιρίες, η ονοματολογία των pins μπορεί να διαφέρει αλλά η λειτουργία του μένει ίδια.



Εικόνα 7.8 Διάγραμμα των pins του 74HC595



Εικόνα 7.9 16-pin SN74HC595 shift register



Εικόνα 7.10 Σύνδεση shift register και RJ45 στον 328P

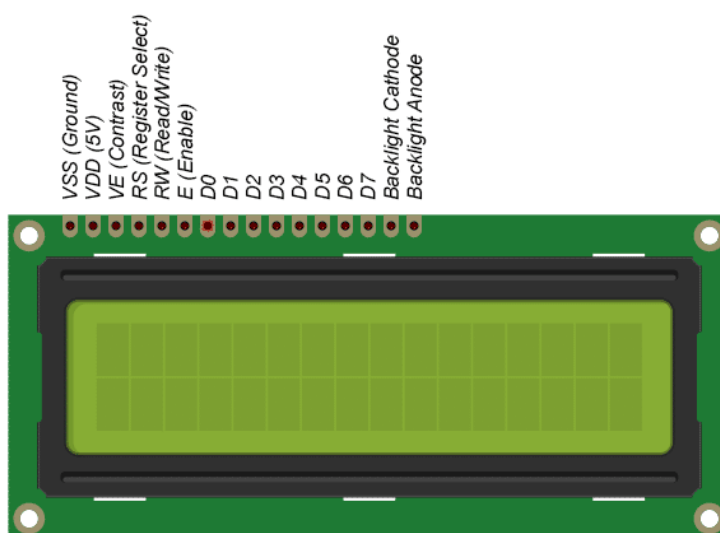
7.5 Οθόνη Υγρών Κρυστάλλων (LCD)

7.5.1 Πως λειτουργεί μία οθόνη υγρών κρυστάλλων

Μία οθόνη υγρών κρυστάλλων (αγγλ. LCD – Liquid Crystal Display) είναι ο συνδυασμός δύο φίλτρων πόλωσης και μίας διάταξης υγρών κρυστάλλων. Ένας υγρός κρύσταλλος είναι μία ελεγχόμενη από ηλεκτρικό πεδίο διάταξη, η οποία μπορεί να αλλάζει ή να μη αλλάζει την πόλωση του φωτός που περνά μέσα απ' αυτό. Επειδή η διάταξη αυτή δεν παράγει μόνη της φως, χρησιμοποιείται ανάκλαση φωτισμού (αγγλ. backlight) που παράγεται από λαμπτήρες φθορισμού ή LEDs και κατευθύνεται προς τους υγρούς κρυστάλλους.

7.5.2 LCD Module 16x2

Για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων του ελέγχου που εκτελεί το UTP Tester χρησιμοποιήθηκε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων 16x2 η οποία χρησιμοποιεί τον Hitachi HD44780 LCD controller. Ο controller περιλαμβάνει ένα σύνολο ASCII χαρακτήρων και μερικά σύμβολα που μπορούν εμφανιστούν στην οθόνη. Η ονομασία LCD 16x2 σημαίνει ότι μπορεί να απεικονίσει 16 χαρακτήρες σε κάθε γραμμή, από τις δύο γραμμές που διαθέτει. Στην συγκεκριμένη οθόνη οι χαρακτήρες απεικονίζονται με ανάλυση 5x7 pixels ο καθένας. Διαθέτει διεπαφή σύνδεσης των 16 pins τα οποία αναλύονται στην **Εικόνα 7.11**.

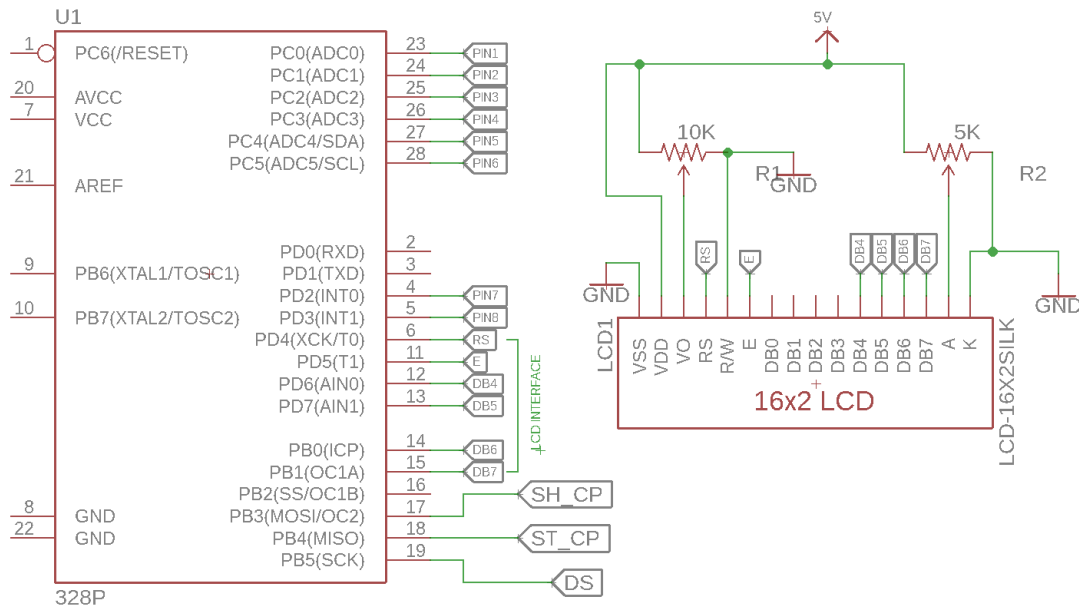


Εικόνα 7.11 Διάγραμμα των pins ενός 16x2 LCD module

Η συγκεκριμένη οθόνη μπορεί να «ελεγχθεί» από τον μικροελεγκτή με δύο τρόπους: 4-bit mode και 8-bit mode. Σε 4-bit mode χρειάζεται 6 I/O pins από τον μικροελεγκτή ενώ σε 8-bit mode 11. Στο κύκλωμα συνδέθηκε σε 4-bit mode καθώς δεν είναι απαραίτητο το 8-bit. Στο pin «VE (Contrast)» συνδέθηκε 10KΩ ποτενσιόμετρο για να είναι δυνατή η σωστή ρύθμιση της αντίθεσης της οθόνης και στο pin «Backlight Anode» ποτενσιόμετρο 5KΩ για ρύθμιση της φωτεινότητας του backlight. Η τάση λειτουργίας της είναι 5V.



Εικόνα 7.12 16x2 LCD module σε λειτουργία



Εικόνα 7.13 Σύνδεση LCD module με μικροελεγκτή και τροφοδοσία

7.6 Bluetooth Module

7.6.1 Τι είναι το Bluetooth

Το Bluetooth είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας μικρής εμβέλειας που επιτρέπει σε συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές και περιφερειακά να μεταδίδουν ή να λαμβάνουν δεδομένα ή ήχο ασύρματα σε μικρή απόσταση. Τα σήματα μεταξύ των ψηφιακών αυτών συσκευών μεταφέρονται μέσω μικροκυμάτων.

Το Bluetooth αναπτύχθηκε το 1994 με σκοπό να αντικαταστήσει τα καλώδια για μεταφορά δεδομένων. Χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα 2.4GHz με το πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης υπολογιστών 802.11 b/g/n γνωστό και ως Wi-Fi. Δημιουργεί ασύρματο δίκτυο ακτίνας από 1 έως 120 μέτρα ανάλογα την έκδοση του πρωτοκόλλου και την ισχύ της συσκευής. Το Bluetooth χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια και κοστίζει φθηνότερα από το Wi-Fi όμως η εμβέλεια και οι ταχύτητες μετάδοσης που μπορεί να αποδώσει είναι κατά πολύ μικρότερες. Η μικρότερη ισχύς του το καθιστά επίσης λιγότερο επιρρεπής στο να προκαλεί παρεμβολές σε άλλες ασύρματες συσκευές της ίδιας ζώνης ραδιοσυχνότητας των 2.4GHz.

Το Bluetooth με την πάροδο των ετών αναπτύσσεται ως προς την εμβέλεια, την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, την ασφάλεια σύνδεσης και την μείωση κατανάλωσης ενέργειας. Οι διάφορες εκδόσεις του Bluetooth κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: **Bluetooth Classic** (Bluetooth 1.0, 2.0 & 3.0) και **Bluetooth Low Energy - BLE** (Bluetooth 4.0 & 5.0). Το BLE μειώνει σημαντικά την κατανάλωση του Bluetooth αυξάνοντας ταυτόχρονα την εμβέλεια και την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων στην έκδοση 5.0.

7.6.2 Serial Port Bluetooth Modules HC-05 και AT-09

Το UTP Tester που κατασκευάστηκε έχει τη δυνατότητα αποστολής των πληροφοριών ελέγχου που πραγματοποιεί με Bluetooth. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός SPP (Serial Port Protocol) Bluetooth Module. Τα SPP Bluetooth Modules είναι αυτόνομα κυκλώματα που δίνουν την δυνατότητα σειριακής επικοινωνίας του Bluetooth με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή ή έναν μικροελεγκτή. Υπάρχουν σε εκδόσεις **master device** (scanner), **slave device** (advertiser) ή και τα δύο με τη δυνατότητα επιλογής.

Στο κύκλωμα χρησιμοποιήθηκε αρχικά το HC-05 Bluetooth 2.0 Module και αντικαταστάθηκε στη συνέχεια με το AT-09 Bluetooth 4.0 BLE Module για μείωση της κατανάλωσης και αύξηση της αυτονομίας της μπαταρίας. Και τα δύο μπορούν να λειτουργήσουν ως master ή slave και έχουν ακριβώς ίδιες συνδεσμολογίες και τάση λειτουργίας. Για την σειριακή τους σύνδεση υποστηρίζουν ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (baud rate) 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400 και 460800 bps. Η σειριακή σύνδεση με τον μικροελεγκτή έγινε στα 9600 bps. Με την κατάλληλη συνδεσμολογία τα Bluetooth modules μπορούν να εισέλθουν σε λειτουργία προγραμματισμού (order-response work mode) και να προγραμματιστούν με διάφορα AT commands. Με τη χρήση AT-commands μπορούν να αλλάξουν το όνομα, ο κωδικός το baud rate κλπ.

- **HC-05 Bluetooth V2.0 EDR module**

[Χαρακτηριστικά]

Bluetooth 2.0 EDR

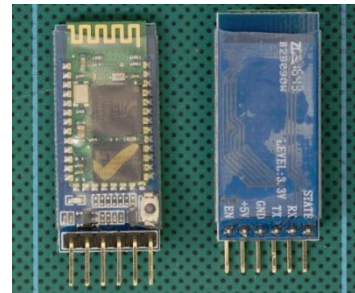
CSR BC417 CMOS single chip Bluetooth system

Default baud rate for AT mode is 38400

Default baud rate for communication is 9600

Master or Slave

Τάση τροφοδοσίας 3.6 – 6V



Εικόνα 7.14 HC-05 module

- **AT-09 Bluetooth V4.0 BLE module**

[Χαρακτηριστικά]

Bluetooth 4.0 BLE

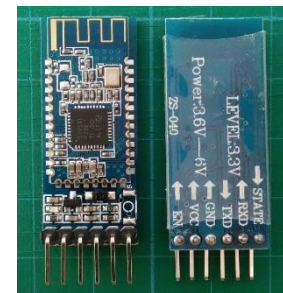
CC2541 SOC

Default baud rate for AT mode is 9600

Default baud rate for communication is 9600

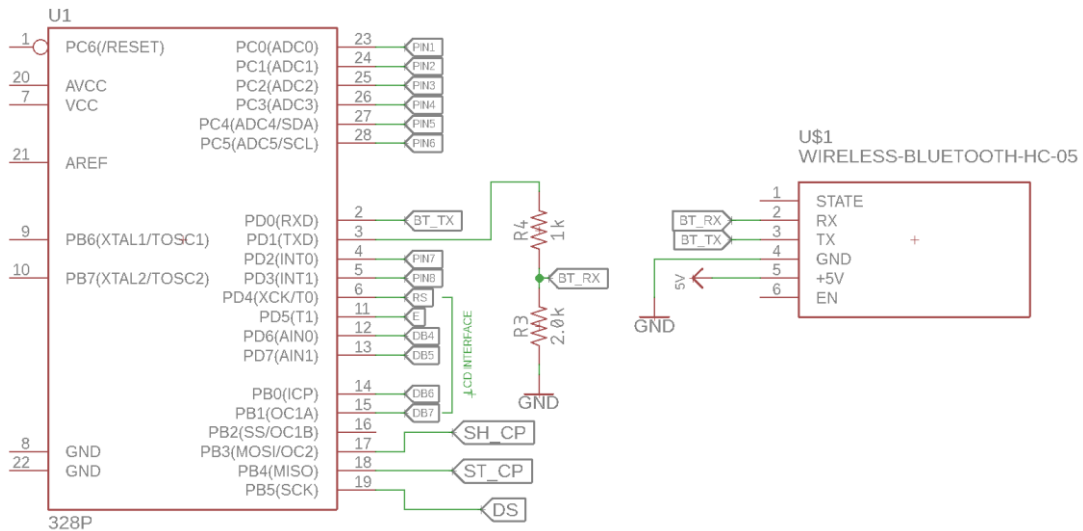
Master or Slave

Τάση τροφοδοσίας 3.6 – 6V



Εικόνα 7.15 AT-09 module

Για τη σύνδεση με τον μικροελεγκτή ATmega328p αρκεί να διασταυρωθούν (cross wiring) τα TXD/RXD pins του Bluetooth module με τα TXD/RXD pins του UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) interface του μικροελεγκτή. Επιπλέον χρησιμοποιείται ένας διαιρέτης τάσης στο RXD του Bluetooth module για να μειωθεί η τάση εξόδου του pin TXD του 328P σε ανεκτό επίπεδο για το module.



Εικόνα 7.16 Σύνδεση UART μικροελεγκτή με το BT module

7.7 Τροφοδοσία Κυκλώματος

Το κύκλωμα χρησιμοποιεί ως πηγή μια αλκαλική μπαταρία 9V τύπου 6LR61. Επειδή τα 9V ξεπερνούν τα όρια λειτουργίας των υλικών, η μπαταρία συνδέθηκε σε έναν σταθεροποιητή τάσης (αγγλ. voltage regulator) 5V μέσω του οποίου τροφοδοτούνται όλα τα υλικά με 5V. Οι τιμές τάσης λειτουργίας όλων των υλικών είναι οι εξής:

Μικροελεγκτής ATmega328P: 1.8-5.5V

SN74HC595 Shift Register: 2V για συχνότητα ρολογιού έως 5MHz, 4.5V έως 25MHz, 6V έως 29MHz

LCD 16x2 module: 5V

Bluetooth module: 3.6-6V

Επομένως με 5V μπορεί να τροφοδοτηθεί το κύκλωμα απροβλημάτιστα.

7.7.1 Σταθεροποιητές τάσης

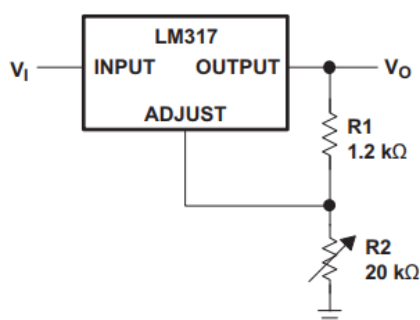
Ένας σταθεροποιητής τάσης (αγγλ. linear voltage regulator) είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που παρέχει σταθερή DC τάση εξόδου ανεξάρτητα από τις μεταβολές της τάσης εισόδου και του ρεύματος εξόδου. Δέχεται ως είσοδο ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών τάσης και παράγει μία σταθερή τάση εξόδου. Η απόδοση ενός σταθεροποιητή εξαρτάται από δύο παραμέτρους:

- **Σταθεροποίηση γραμμής (αγγλ. line regulation):** Εκφράζει την ποσοστιαία μεταβολή της τάσης εξόδου για μία συγκεκριμένη μεταβολή της τάσης εισόδου.
- **Σταθεροποίηση φορτίου (αγγλ. load regulation):** Εκφράζει την ποσοστιαία μεταβολή της τάσης εξόδου για μία συγκεκριμένη μεταβολή του ρεύματος εξόδου.

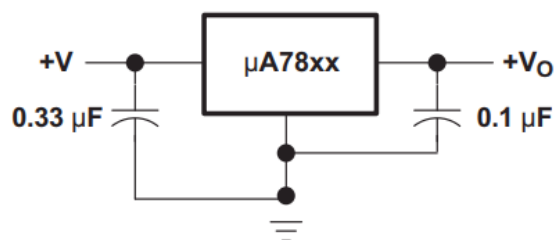
Υπάρχουν σταθεροποιητές σταθερής εξόδου (αγγλ. **fixed regulators**) που μπορούν να αποδώσουν στην έξοδό του μια συγκεκριμένη τάση ανάλογα τα χαρακτηριστικά τους και σταθεροποιητές μεταβλητής εξόδου (αγγλ. **adjustable regulators**) οι οποίοι δίνουν τη δυνατότητα ρύθμισης της τάσης εξόδου με την προσθήκη ενός εξωτερικού διαιρέτη τάσης.

Το μειονέκτημα των σταθεροποιητών είναι ότι η τάση εισόδου πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τάση εξόδου. Η υποχρεωτική αυτή διαφορά τάσης εισόδου – εξόδου ονομάζεται **dropout voltage**. Για παράδειγμα ο γνωστός σταθεροποιητής LM7805 παράγει τάση εξόδου 5V και προϋποθέτει τάση εισόδου μεγαλύτερη από 7V και μικρότερη από 35V σύμφωνα με τα φύλλα δεδομένων των κατασκευαστών. Αυτό σημαίνει ότι η υποχρεωτική τάση εισόδου-εξόδου (dropout voltage) του είναι 2V. Υπάρχουν παρόλα αυτά σταθεροποιητές με μικρότερο dropout voltage, όπως ο LM2940CT που χρησιμοποιήθηκε στο κύκλωμα, και αναφέρονται ως Low Dropout regulators ή **LDO regulators**.

Ένα άλλο μειονέκτημα των σταθεροποιητών τάσης είναι ότι μπορούν να υπερθερμανθούν ευκολά και μπορεί να χρειάζονται σύστημα απαγωγής θερμότητας (ψήκτρα). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ρεύμα εισόδου είναι ίσο με το ρεύμα εξόδου, και καθώς η τάση εισόδου είναι μεγαλύτερη από την τάση εξόδου, η ισχύς εισόδου θα είναι μεγαλύτερη από την ισχύ εξόδου. Η επιπλέον ισχύς [$P = (V_{in} - V_{out}) \cdot I$] μετατρέπεται σε θερμότητα. Επιπλέον περισσότεροι σταθεροποιητές περιέχουν κυκλώματα προστασίας υπερφόρτωσης και υπερθέρμανσης.



α) LM317 Adjustable regulator



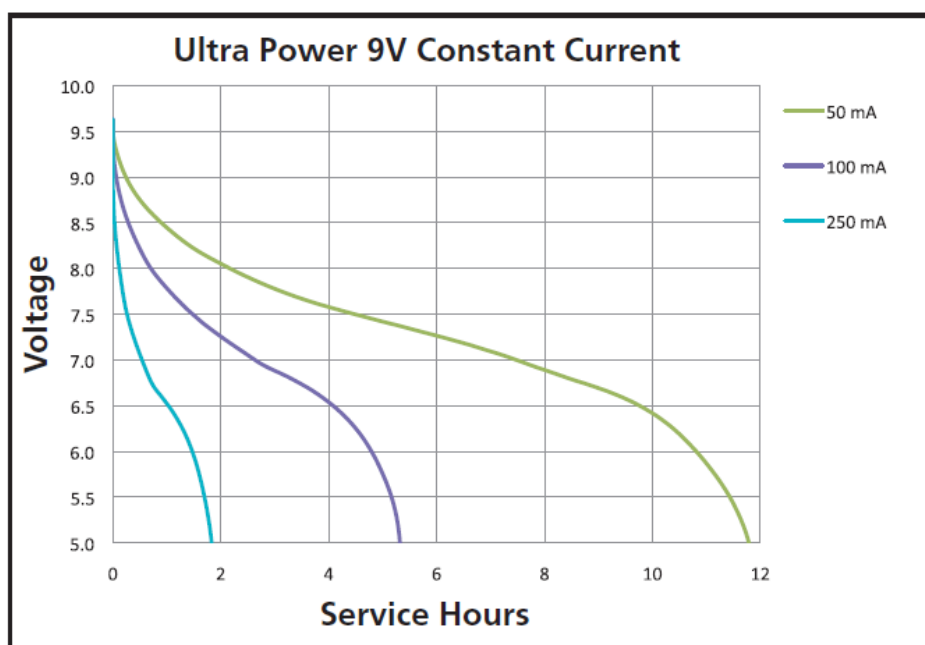
β) 78xx Fixed regulator

Εικόνα 7.17 α) Adjustable Regulator LM317 β) Fixed regulator 78xx

7.7.2 Σταθεροποιητές L7805CV, LM2940CT και αυτονομία

Για την μετατροπή των 9V της μπαταρίας σε 5V αρχικά χρησιμοποιήθηκε ο σταθεροποιητής τάσης **L7805CV**. Ο L7805CV παράγει τάση εξόδου 5V σταθερά για τάση εισόδου από 7V έως 35V (dropout voltage 2V) και ένταση ρεύματος έως 1.5A.

Το κύκλωμα του UTP Tester αποφορτίζει την μπαταρία με ένταση ρεύματος 100mA - 120mA με το **HC-05 BT module** και με 60mA - 80mA με το **AT-09 BLE module**. Καθώς η μπαταρία αποφορτίζεται μειώνεται η τάση που μπορεί να αποδώσει στα άκρα της. Όταν λοιπόν η τάση της μπαταρίας μειωθεί κάτω από 7V, ο L7805CV σταματάει να παράγει τάση εξόδου 5V καθώς φτάνει στα όρια του DO του (2V). Το αποτέλεσμα είναι ότι το κύκλωμα σταματάει να λειτουργεί σωστά έχοντας καταναλώσει μόνο τη μισή σχεδόν χωρητικότητα της μπαταρίας. Γι' αυτό το λόγο αντικαταστάθηκε με τον LDO σταθεροποιητή **LM2940CT**. Ο LM2940CT παράγει τάση εξόδου 5V, ένταση ρεύματος έως 1A και το dropout voltage του είναι μόλις 1.25V. Μπορεί δηλαδή με τάση εισόδου από 6.25V να παράγει την επιθυμητή έξοδο. Αυτό επιτρέπει την εκμετάλλευσή μεγαλύτερου ποσοστού της χωρητικότητας της μπαταρίας αυξάνοντας την αυτονομία της συσκευής. Στον **Πίνακα 7.2** γίνεται η σύγκριση της αυτονομίας της συσκευής ανάλογα τον σταθεροποιητή και το Bluetooth module που χρησιμοποιείται σύμφωνα με το σχεδιάγραμμα αποφόρτισης της μπαταρίας από τα φύλλα δεδομένων της (**Εικόνα 7.18**).



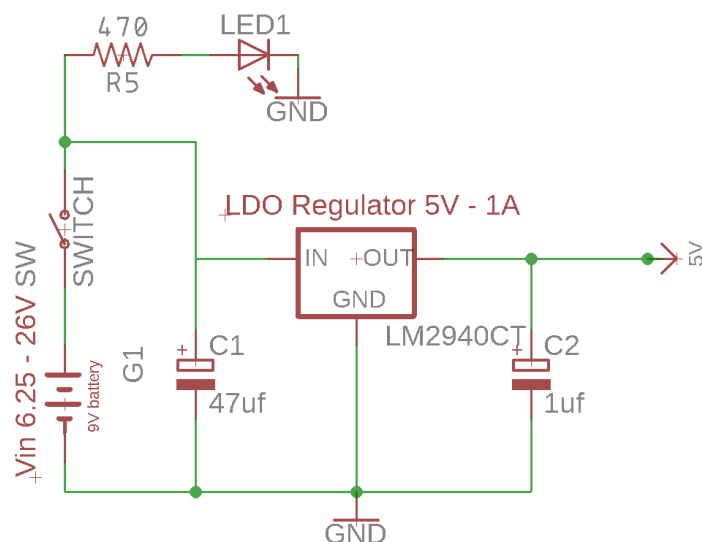
Εικόνα 7.18 Πτώση τάσης της μπαταρίας Duracell Ultra Power 9V κατά την αποφόρτιση

| Regulator | Dropout | Vin [MIN - MAX] | BT Module | Κατανάλωση συσκευής | Αυτονομία συσκευής |
|-----------|---------|-----------------|--------------|---------------------|--------------------|
| L7805CV | 2V | 7V-35V | HC-05 BT 2.0 | 100mA-120mA | ~2 hours |
| | | | AT-09 BLE | 60mA-80mA | ~3 hours |
| LM2940CT | 1.25V | 6.25V-25V | HC-05 BT 2.0 | 100mA-120mA | ~5.5 hours |
| | | | AT-09 BLE | 60mA-80mA | ~6.5 hours |

Πίνακας 7.2 Σύγκριση αυτονομίας ανάλογα τον σταθεροποιητή και το BT module

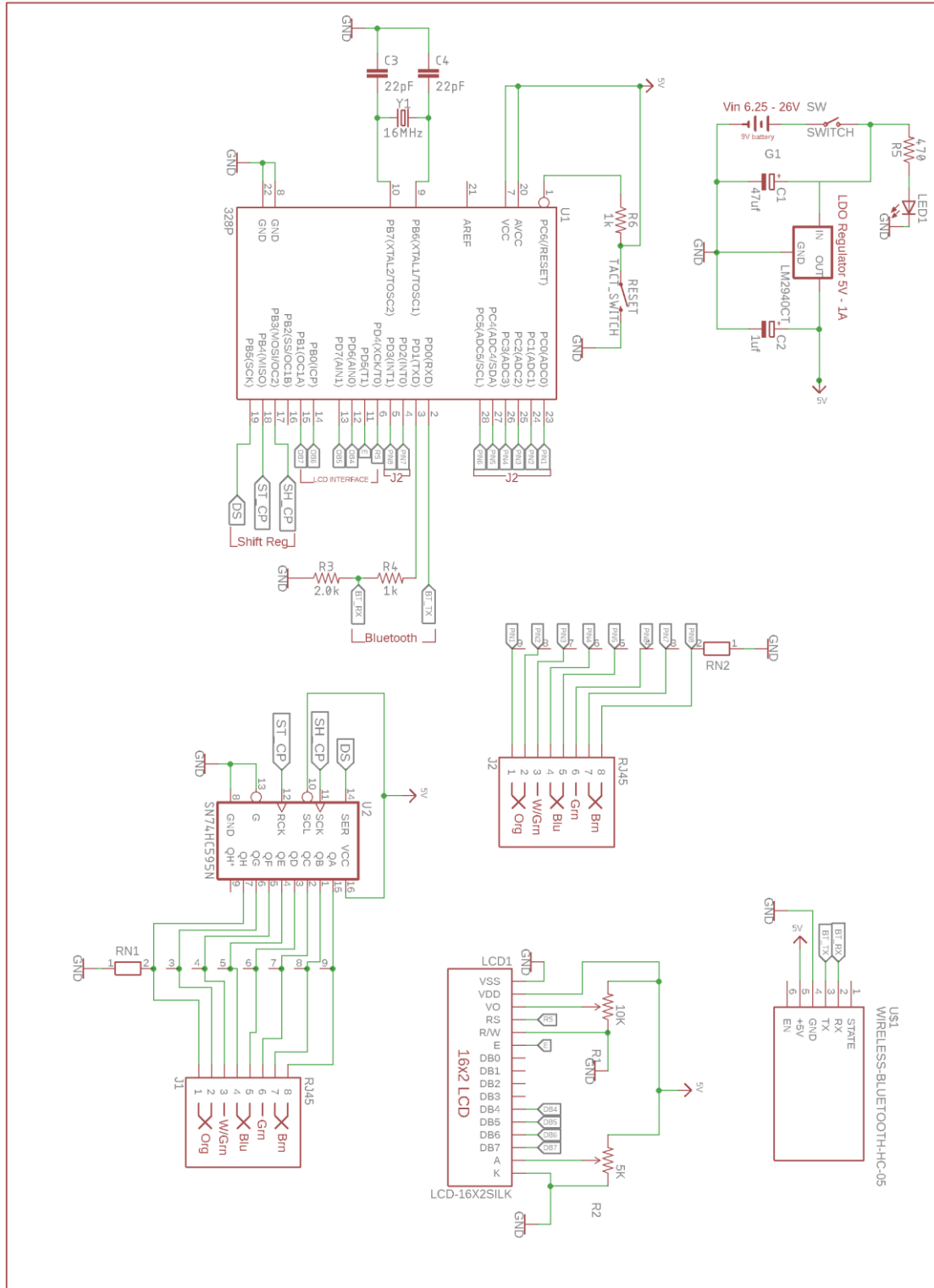
Στην είσοδο και την έξοδο του σταθεροποιητή LM2940CT μπορούν να τοποθετηθούν προαιρετικά δύο πυκνωτές. Ο πυκνωτής εισόδου χρησιμεύει στην εξομάλυνση της τάσης εισόδου (ειδικά όταν ο σταθεροποιητής βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τα φίλτρα εξομάλυνσης της πηγής) και ο πυκνωτής εισόδου βοηθάει στην σταθερότητα και την απόκριση της τάσης που παράγει ο σταθεροποιητής. Στο κύκλωμα χρησιμοποιήθηκε ένας ηλεκτρολυτικός πυκνωτής 47μF ως πυκνωτής εισόδου και ένα πυκνωτής τανταλίου 1μF ως πυκνωτής εξόδου.

Στην μπαταρία έχει τοποθετηθεί σε σειρά ένας διακόπτης που ελέγχει την τροφοδοσία της συσκευής και ένα LED λειτουργίας. Επειδή το LED τροφοδοτείται από την μπαταρία και όχι από την σταθεροποιημένη τάση του regulator χρησιμεύει και ως ένδειξη μπαταρίας. Καθώς μειώνεται η τάση της μπαταρίας κατά την εκφόρτισή της μειώνεται και η φωτεινότητα του LED. Όταν η τάση της μπαταρίας πέσει κάτω από 6.25V το LED παραμένει αναμμένο με μειωμένη φωτεινότητα αλλά το κύκλωμα δεν τροφοδοτείται σωστά και απαιτείται αλλαγή μπαταρίας.



Εικόνα 7.19 Σχηματικό κυκλώματος του LM2940CT

7.8 Ολοκληρωμένο Σχηματικό Κυκλώματος



Εικόνα 7.20 Ολόκληρο το σχηματικό σχέδιο κυκλώματος του UTP Tester

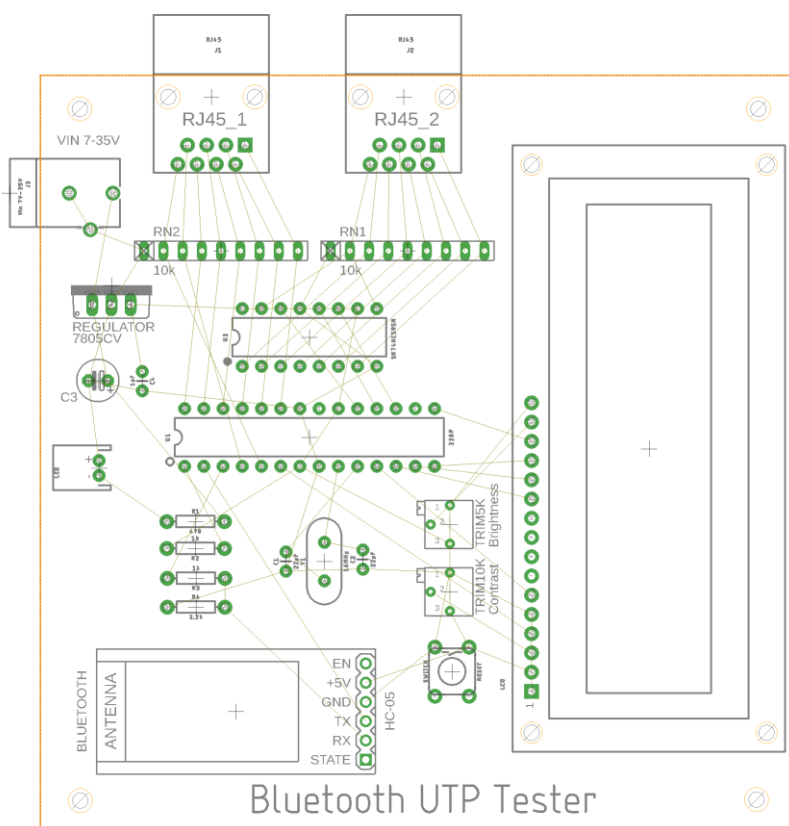
7.9 Σχεδιασμός Πλακέτας Κυκλώματος

Ο σχεδιασμός της πλακέτας του τυπωμένου κυκλώματος (αγγλ. PCB - Printed Circuit Board) όπως και όλα τα σχηματικά σχέδια που παρουσιάστηκαν σε αυτό το κεφάλαιο έγιναν με τη χρήση του προγράμματος EAGLE έκδοσης 9.0.1.

Για να είναι δυνατή η τοποθέτηση της πλακέτας σε κουτί έγιναν δύο τροποποιήσεις στο αρχικό κύκλωμα. Τοποθετήθηκε ένα connector τύπου Barrel Jack 2.1mm στην θέση της μπαταρίας έτσι ώστε το κύκλωμα να μπορεί να τροφοδοτηθεί και από τροφοδοτικά πρίζας AC. Επίσης στη θέση του LED τοποθετήθηκε μία υποδοχή για Molex τύπου JST PH 2mm ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί το LED επάνω στο κουτί της συσκευής ή να αφαιρεθεί σε περίπτωση υψηλής τάσης τροφοδοσίας.

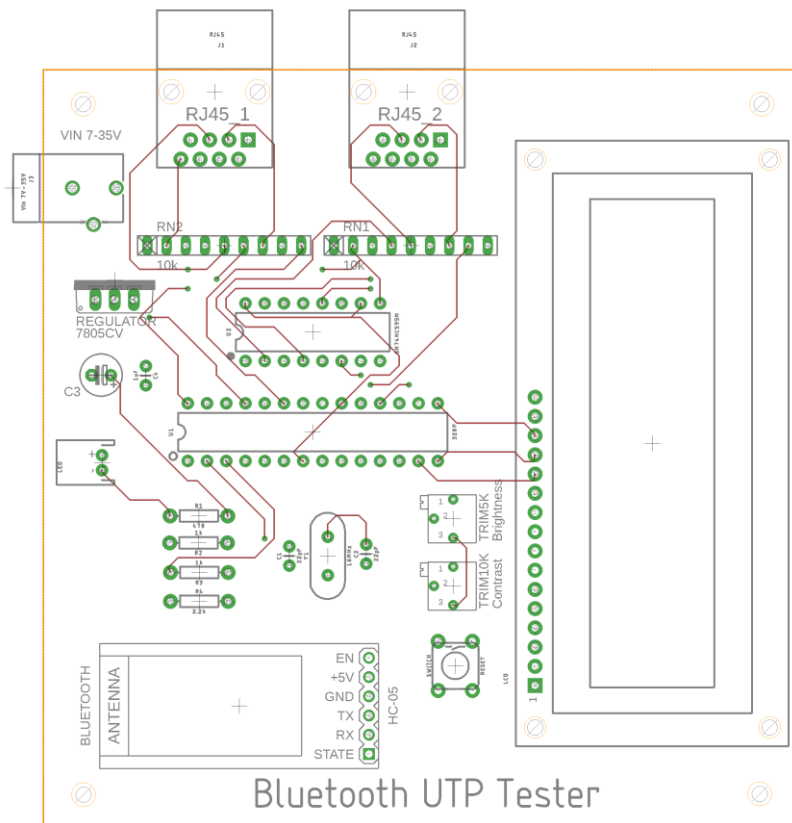
Με την ολοκλήρωση του σχηματικού, το EAGLE παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού πλακέτας ολοκληρωμένου κυκλώματος. Στο «generate board» mode του προγράμματος εμφανίζονται όλα τα υλικά συνδεδεμένα μεταξύ του με απλές ελαστικές γραμμές σύμφωνα πάντα με το σχηματικό.

Επιλέχθηκε μέγεθος πλακέτας 100mm x 100mm και τοποθετήθηκαν σε αυτή όλα τα υλικά όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7.21**. Επιπλέον προστέθηκαν τρύπες στις γωνίες της πλακέτας, απαραίτητες για την στήριξή της με βίδες.

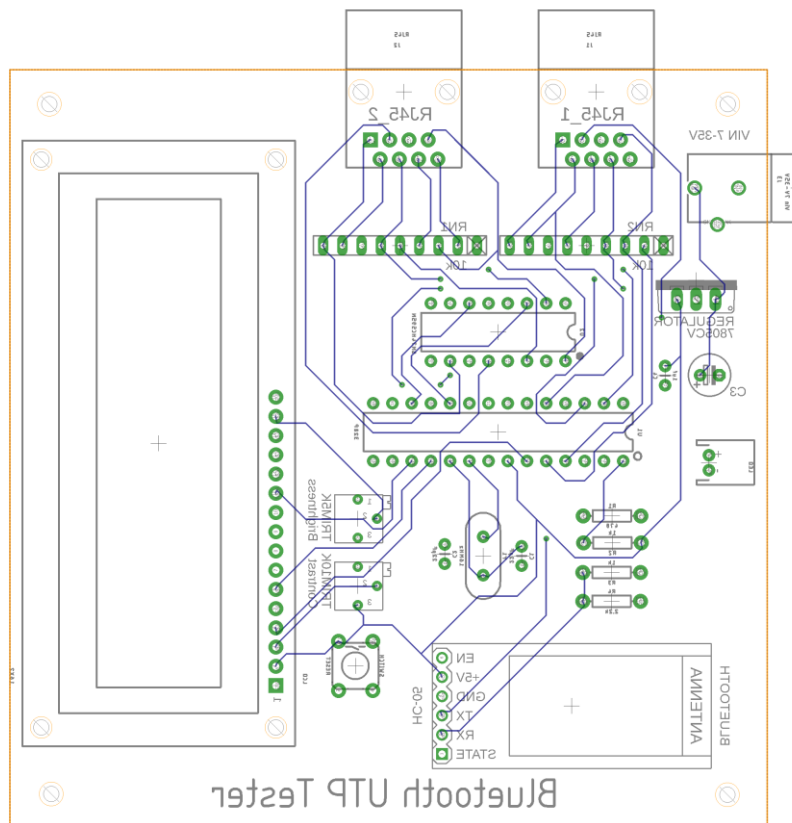


Εικόνα 7.21 Τοποθέτηση όλων των υλικών στο σχεδιάγραμμα της πλακέτας

Στη συνέχεια με τη βοήθεια του Autorouter (εργαλείο που σχεδιάζει αυτόματα τις χαλκοδιαδρομές ένωσης των υλικών) του προγράμματος δημιουργήθηκε το προσχέδιο των χαλκοδιαδρομών σύνδεσης σε κάθε μεριά της πλακέτας (dual layer PCB) και τα απαραίτητα VIAs. Τα VIAs - Vertical Interconnect Access είναι μικρές τρύπες στην πλακέτα οι οποίες φέρνουν σε επαφή την πάνω όψη της (αγγλ. top layer) με την κάτω όψη της (αγγλ. bottom layer) δημιουργώντας συνδέσεις όπου χρειάζεται. Μετά από αρκετές χειροκίνητες τροποποιήσεις προέκυψε το παρακάτω αποτέλεσμα στις δύο όψεις της πλακέτας. **Εικόνα 7.22 – Top layer, Εικόνα 7.23 – Bottom layer**



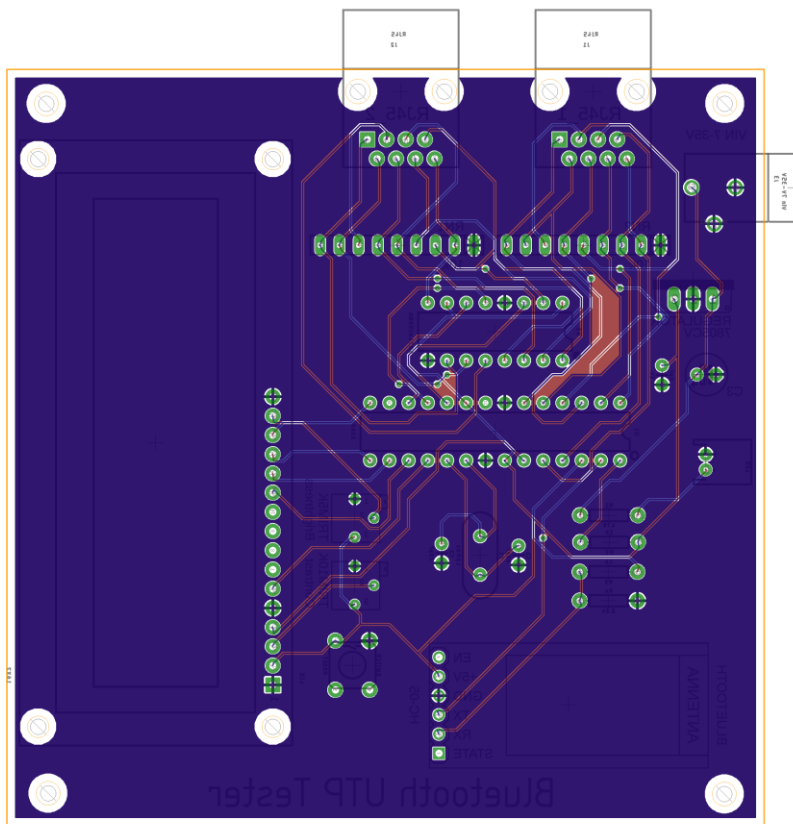
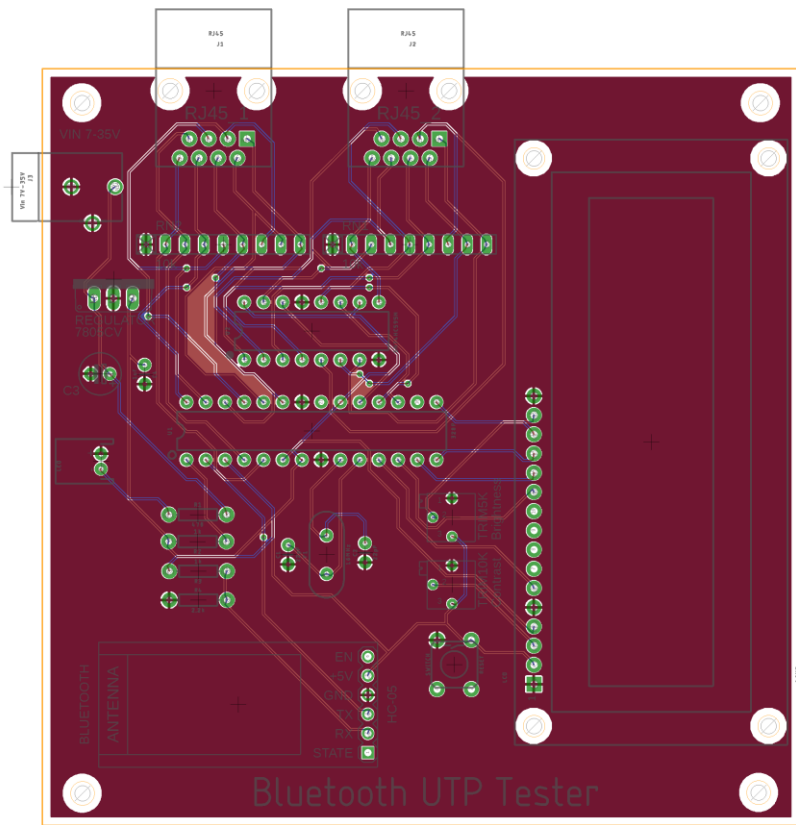
Εικόνα 7.22 Χαλκοδιαδρομές και VIAs της πάνω όψης



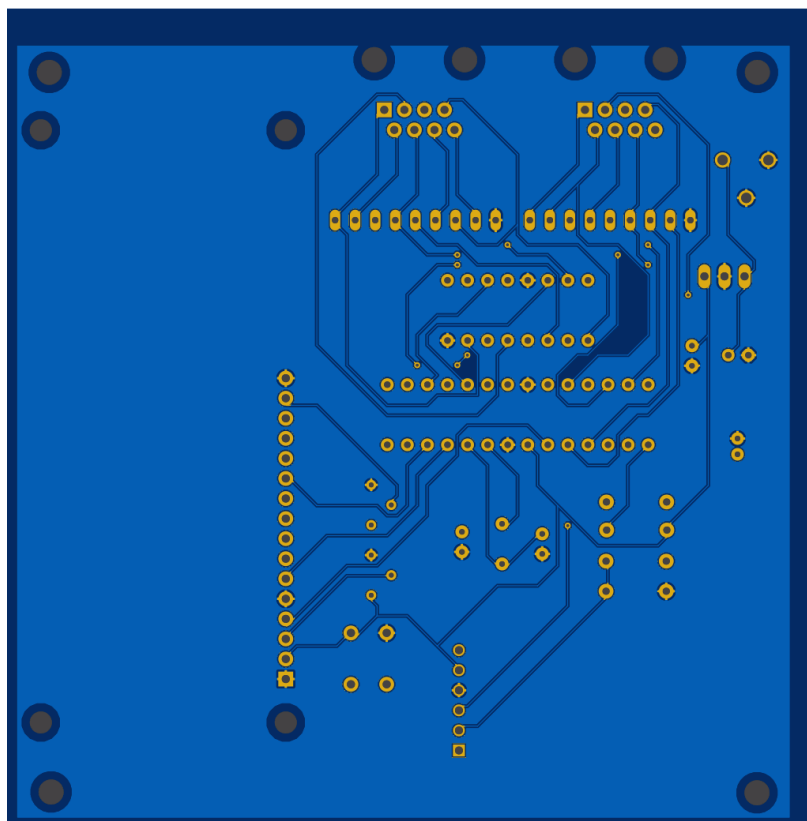
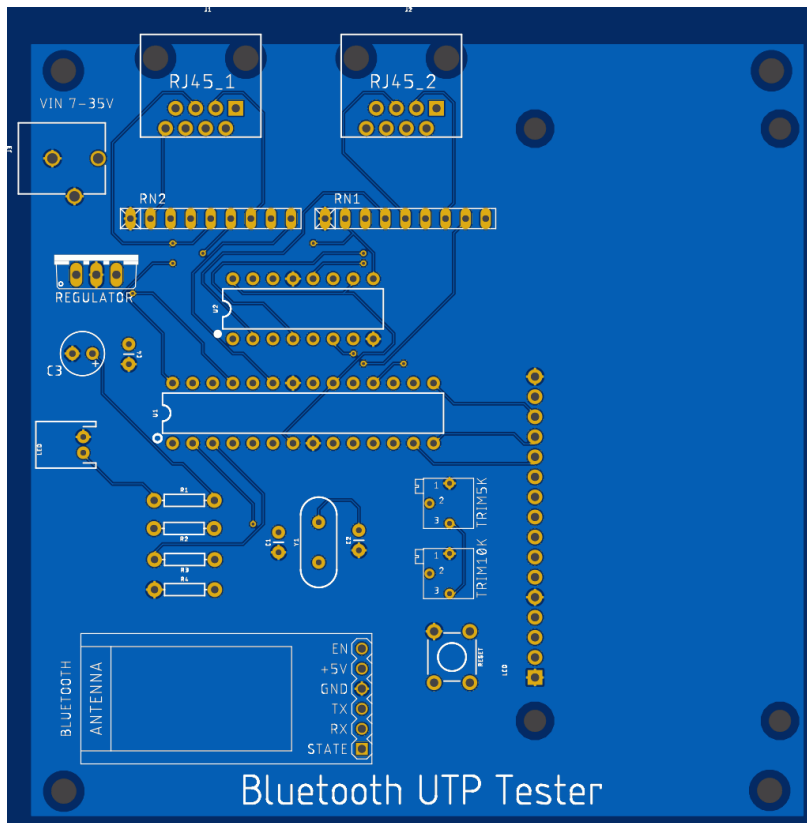
Εικόνα 7.23 Χαλκοδιαδρομές και VIAs της κάτω όψης

Για την γείωση των ηλεκτρονικών υλικών του κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε κοινό «επίπεδο γείωσης – ground plane» και στις δύο όψεις της πλακέτας μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τις περιττές συνδέσεις χαλκού στην γείωση της πηγής. Το τελικό αποτέλεσμα του σχεδιασμού της πλακέτας στο EAGLE παρουσιάζεται στην **Εικόνα 7.24**.

Τελευταίο βήμα ήταν η εξαγωγή των αρχείων «Gerber» από το EAGLE. Ο όρος «Gerber» αναφέρεται σε έναν ανοιχτού κώδικα τύπου αρχείων δισδιάστατων ψηφιακών εικόνων. Τα Gerber files παρέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την κατασκευή ενός PCB όπως μέγεθος, χαλκοδιαδρομές, διάμετρος τρυπών και οτιδήποτε άλλο είναι απαραίτητο για να κατασκευαστεί μία πλακέτα όπως ακριβώς σχεδιάστηκε. Τα αρχεία αυτά στάλθηκαν στην κινέζικη βιομηχανία κατασκευής πλακετών τυπωμένων κυκλωμάτων *JLPCB* (<https://jlcpcb.com>) στην οποία ανατέθηκε η κατασκευή της πλακέτας. Η **Εικόνα 7.25** δείχνει το τελικό αποτέλεσμα του PCB όπως φαίνεται στον on-line Gerber Viewer της ιστοσελίδας <https://gerber-viewer.easyeda.com> χρησιμοποιώντας όλα τα Gerber files που δημιούργησε το EAGLE.

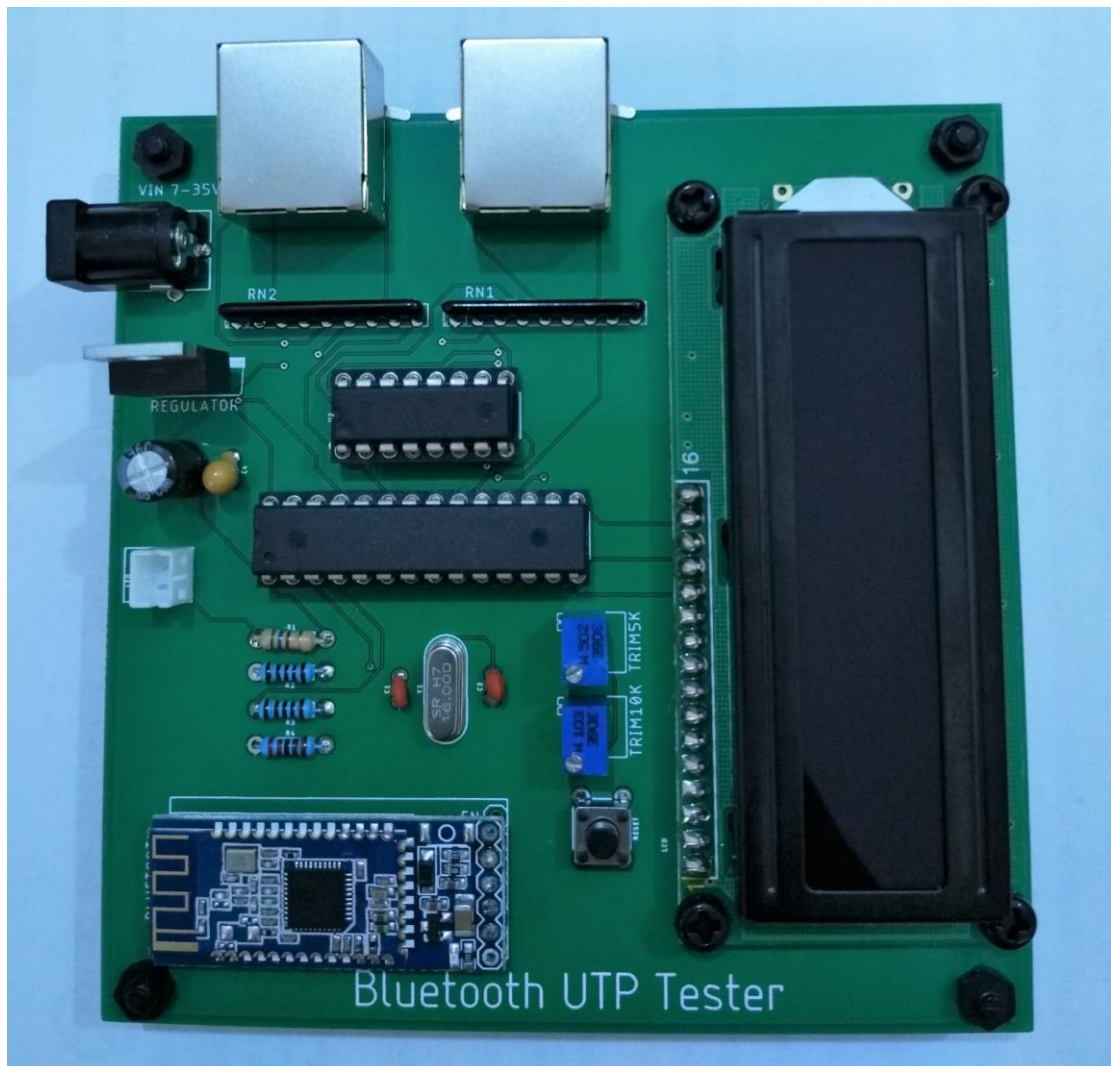


Εικόνα 7.24 Τελικό αποτέλεσμα πλακέτας (top ground plane-κόκκινο, bot ground plane-μπλε)



Εικόνα 7.25 Πλακέτα από Gerber Viewer

7.10 Φωτογραφία Τελικού Αποτελέσματος Πλακέτας



Εικόνα 7.26 Φωτογραφία PCB μετά την κόλληση όλων των υλικών του κυκλώματος

Κεφάλαιο 8. Προγραμματισμός ATmega328P & Bluetooth Module

8.1 Εγκατάσταση Arduino Bootloader στον 328P

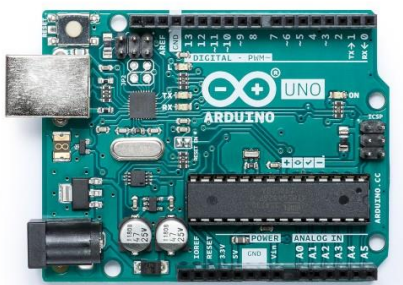
8.1.1 Arduino Boards

Η ονομασία Arduino αναφέρεται σε ένα οικοσύστημα υλικού και λογισμικού ανοιχτού κώδικα (αγγλ. open-source hardware and software) που αναπτύσσεται από την Ιταλική εταιρεία Arduino. Το «project Arduino» ξεκίνησε στο Interaction Design Institute Ivrea (IDII) στην πόλη Ivrea της Ιταλίας, προκειμένου να κατασκευαστεί μία συσκευή ελέγχου προγραμμάτων διαδραστικών σχεδίων για φοιτητές που θα κόστιζε λιγότερο από τις ήδη υπάρχουσες λύσεις. Οι ιδρυτές Massimo Banzì και David Cueartielles ξεκίνησαν να παράγουν πλακέτες σε ένα εργοστάσιο στην Ivrea οι οποίες ήταν τα πρώτα Arduino boards. Το Arduino project είναι μια διακλάδωση της πλατφόρμας λογισμικού ανοιχτού κώδικα «Wiring» (τροποποιημένη C++) και μιας μητρικής πλακέτας ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο ή αποσπώμενο μικροελεγκτή (με τον κατάλληλο bootloader), ενσωματωμένο κύκλωμα τροφοδοσίας, τις διαθέσιμες I/O εισόδους-εξόδους και άλλα βοηθητικά κυκλώματα που καθιστούν εύκολη τη χρήση και τον προγραμματισμό της πλακέτας.

Από την ίδρυση του «Arduino Project» μέχρι σήμερα έχουν δημιουργηθεί πολλές νέες πλακέτες ανάπτυξης με διαφορετικές δυνατότητες και διάφορες βιβλιοθήκες λογισμικού για τον προγραμματισμό τους.

Για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή ATmega328P καθώς και τον προγραμματισμό του Bluetooth module με AT commands χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα **Arduino UNO Rev3**. Το Arduino UNO είναι μία πλακέτα ανάπτυξης που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega328P-PU, ίδιο μοντέλο δηλαδή με αυτό που επιλέχθηκε για το κύκλωμα, επομένως έχει και τα

ίδια χαρακτηριστικά. Αποτελείται από 14 ψηφιακές εισόδους-εξόδους (6 με δυνατότητα PWM), 6 αναλογικές εισόδους, εξωτερικό κρύσταλλο 16MHz για clock, θύρα USB για προγραμματισμό και τροφοδοσία, barrel jack βύσμα τροφοδοσίας 7-12V, ICSP header, κουμπί RESET και διαθέτει εξόδους τροφοδοσίας 5V και 3.3V.



Εικόνα 8.1 *Arduino UNO Rev3 board*

8.1.2 Arduino UNO ως ISP Programmer

Οι μικροελεγκτές συνήθως προγραμματίζονται μέσω ενός εξωτερικού programmer ή Stand-alone in-system programmer (ISP). Ο programmer είναι μία συσκευή στην οποία συνδέεται ο μικροελεγκτής και παρέχει διεπαφή σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή (πχ. serial ή USB). Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να εγκαταστήσει στον μικροελεγκτή το πρόγραμμα που επιθυμεί μέσω του κατάλληλου λογισμικού ανάπτυξης – IDE (Integrated Development Environment) το οποίο μετατρέπει το πρόγραμμα σε «γλώσσα μηχανής». Οι μικροελεγκτές είναι δυνατό να προγραμματιστούν χωρίς τη χρήση ειδικού εξοπλισμού, αν έχουν εγκατεστημένο ένα κατάλληλα διαμορφωμένο λογισμικό (firmware) στη μνήμη τους. Αυτό το λογισμικό ονομάζεται bootloader και επιτρέπει τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή μέσω ενός Η/Υ χρησιμοποιώντας κατάλληλα διαμορφωμένο καλώδιο.



Εικόνα 8.2 *AVRISP MKII programmer*

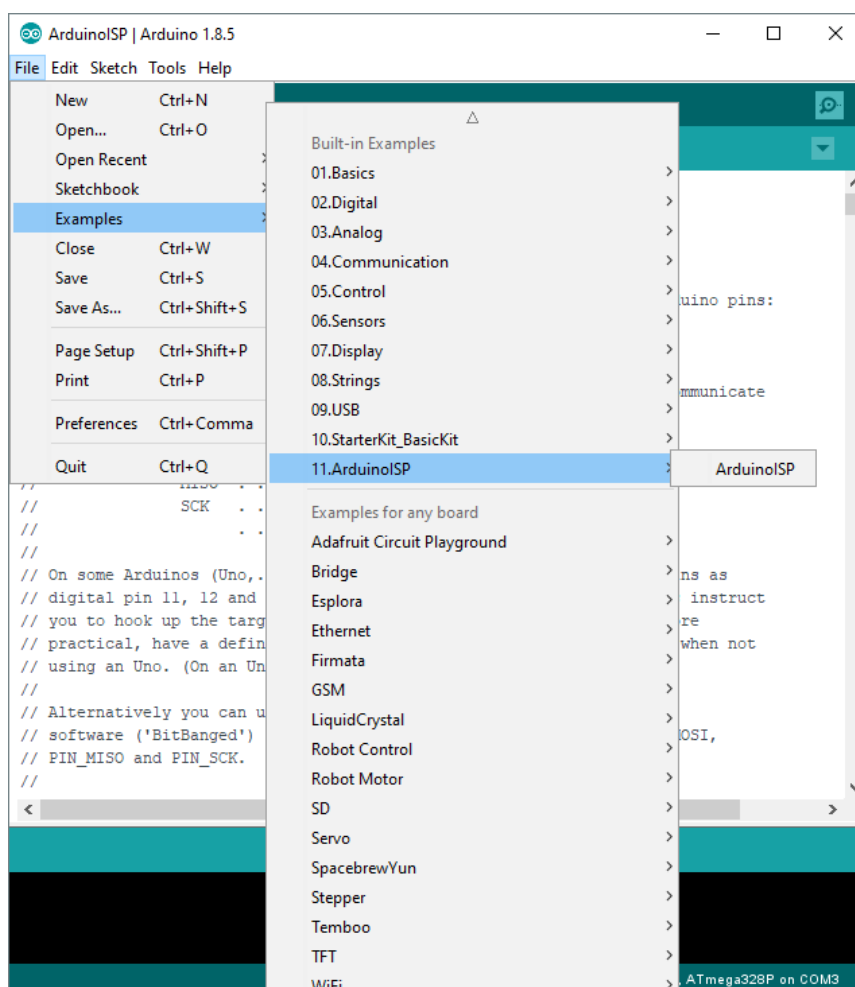
Το Arduino UNO board παρέχει τη δυνατότητα λειτουργίας ως ISP programmer μέσω του Arduino IDE. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εγκατασταθεί ο «Arduino UNO Bootloader» (ο bootloader που βρίσκεται εγκατεστημένος στον 328P του Arduino UNO board) σε έναν ATmega328P ή διαφορετικοί bootloaders σε διάφορους AVR μικροελεγκτές.

Το Arduino IDE ενσωματώνει τον κώδικα του προγράμματος που πρέπει να εγκατασταθεί στο Arduino UNO, ώστε να μπορεί να εισάγει τον Arduino bootloader σε έναν ATmega328. Ο bootloader έχει μέγεθος 2 KB και εγκαθίσταται στη μνήμη flash του μικροελεγκτή.

Η εγκατάσταση του bootloader γίνεται σε δύο βήματα:

Βήμα 1^ο: Εγκατάσταση του «ArduinoISP» κώδικα στο Arduino UNO Board

- Σύνδεση του UNO board μέσω USB στον Η/Υ.
- Άνοιγμα του Arduino IDE και εμφάνιση του κώδικα «Arduino ISP» που ενσωματώνει File → Examples → 11. ArduinoISP → ArduinoISP (Εικόνα 8.3).



Εικόνα 8.3 Arduino ISP example από το IDE

- «Ανέβασμα» του κώδικα στο Arduino board με το κουμπί Upload του IDE (Εικόνα 8.4).



```
ArduinoISP | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help
Upload
ArduinoISP
// ArduinoISP
// Copyright (c) 2008-2011 Randall Bohn
// If you require a license, see
// http://www.opensource.org/licenses/bsd-license.php
//
// This sketch turns the Arduino into a AVRISP using the following Arduino pins:
//
// Pin 10 is used to reset the target microcontroller.
//
// By default, the hardware SPI pins MISO, MOSI and SCK are used to communicate
// with the target. On all Arduinos, these pins can be found
// on the ICSP/SPI header:
//
//
//           MISO  . . 5V (!) Avoid this pin on Due, Zero...
//           SCK   . . MOSI
//           . . . GND
//
// On some Arduinos (Uno,...), pins MOSI, MISO and SCK are the same pins as
// digital pin 11, 12 and 13, respectively. That is why many tutorials instruct
// you to hook up the target to these pins. If you find this wiring more
// practical, have a define USE_OLD_STYLE_WIRING. This will work even when not
// using an Uno. (On an Uno this is not needed).
//
// Alternatively you can use any other digital pin by configuring
// software ('BitBanged') SPI and having appropriate defines for PIN_MOSI,
// PIN_MISO and PIN_SCK.
//
Done uploading.
Sketch uses 4420 bytes (13%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 483 bytes (23%) of dynamic memory, leaving 1565 bytes for local variables.
Arduino/Genuino Uno on COM3
```

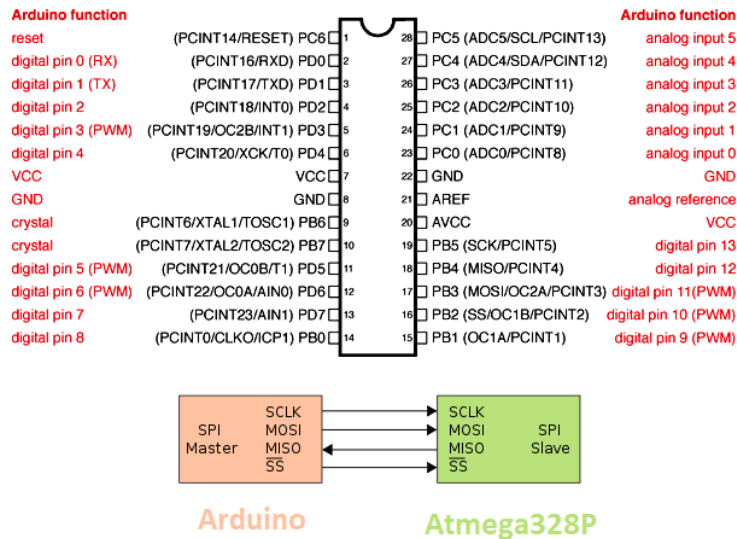
Εικόνα 8.4 Εγκατάσταση του κώδικα στο UNO board

Βήμα 2^ο: «Γράψιμο» bootloader στον ATmega328P

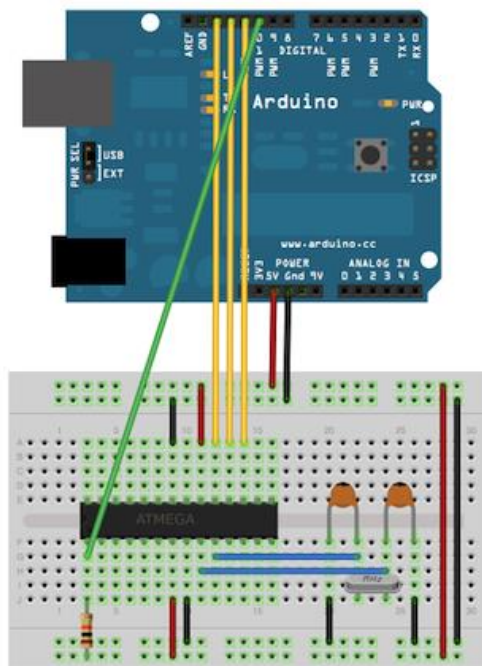
- Σύνδεση του μικροελεγκτή με το Arduino board χρησιμοποιώντας τα ICSP pins από το καθένα δημιουργώντας ένα είδος «σύγχρονης σειριακής επικοινωνίας» (αγγλ. synchronous serial communication) που ονομάζεται SPI – Serial Peripheral Interface.

Ο όρος ICSP – in-circuit serial programming, αναφέρεται στην δυνατότητα που φέρουν πολλοί μικροελέγκτες, όπως και ο 328P να μπορούν να προγραμματιστούν ενώ είναι μέρος ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος. Τα ICSP pins του 328P που χρησιμοποιούνται στην συγκεκριμένη σύνδεση είναι 19 (SCK), 18 (MISO), 17 (MOSI),

1 (RESET) και τα digital pin 10 (SS), digital pin 11 (MOSI), digital pin 12 (MISO), digital pin 13 (SCK). Στην **Εικόνα 8.5** φαίνονται οι αντιστοιχίσεις της ονοματολογίας των pins του Arduino με του 328 και η διεπαφή SPI που δημιουργείται. Στην **Εικόνα 8.6** παρουσιάζεται γραφικά η συνδεσμολογία του 328P με το Arduino. Το Arduino board παρέχει 5V για τις ανάγκες τροφοδοσίας του μικροελεγκτή. Προαιρετικά έχουν τοποθετηθεί εξωτερικός κρύσταλλος χρονισμού και πυκνωτές στον 328P, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το εσωτερικό του clock με τις κατάλληλες ρυθμίσεις στο IDE.



Εικόνα 8.5 Αντιστοιχίσεις pins Arduino – 328P και SPI σύνδεση



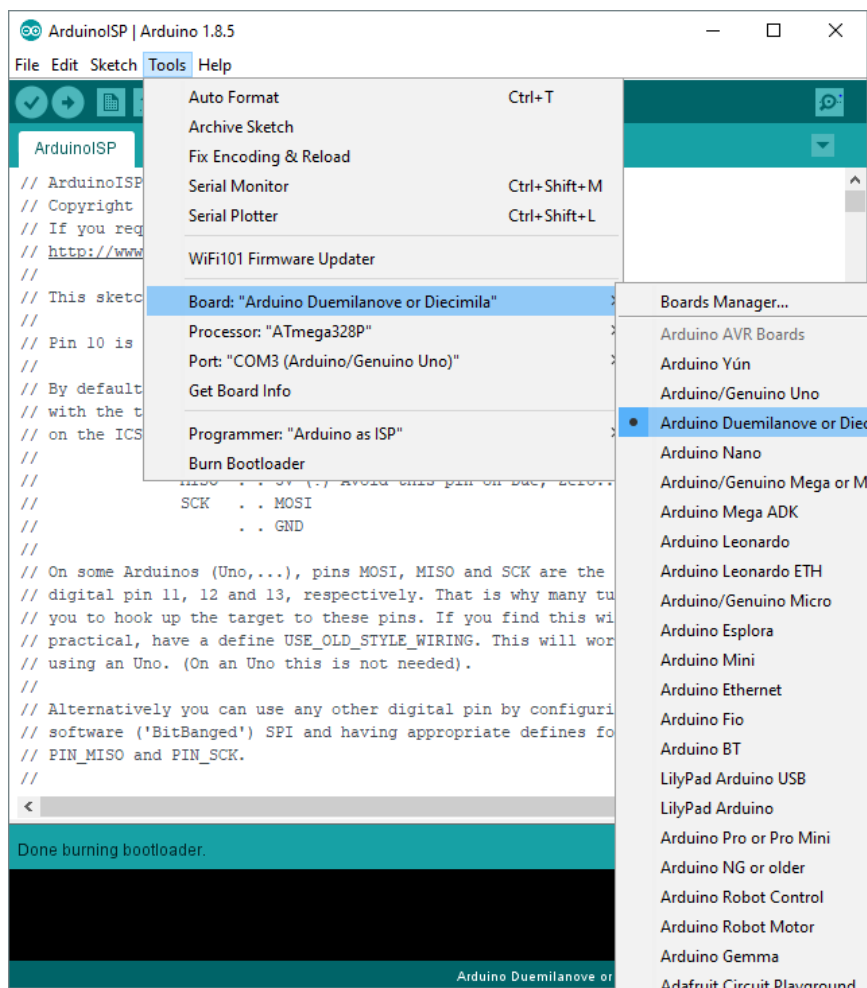
Εικόνα 8.6 Συνδεσμολογία Arduino – 328P

- Όταν γίνουν οι παραπάνω συνδέσεις, χρειάζονται ακόμη δύο τελευταίες ρυθμίσεις στο Arduino IDE πριν το «γράψιμο» του bootloader.

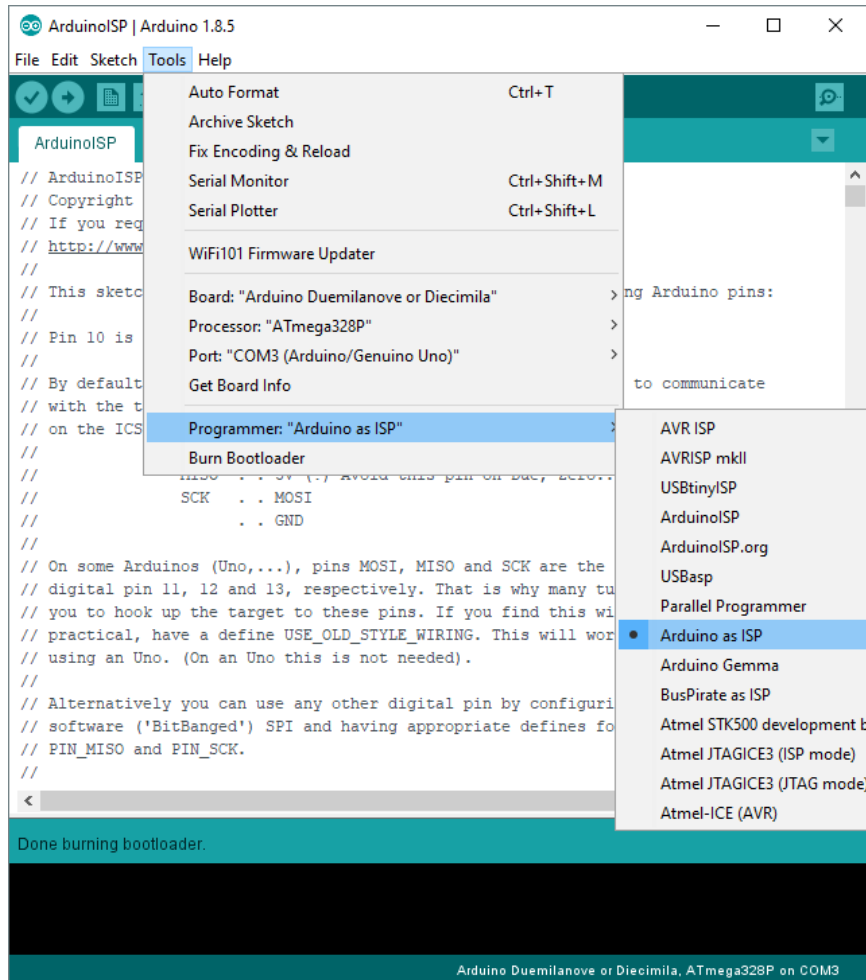
Από την γραμμή μενού:

Tools → Board → Arduino Duemilanove or Diecimila (Εικόνα 8.7).

Tools → Programmer → Arduino as ISP (Εικόνα 8.8).



Εικόνα 8.7 Ρύθμιση board

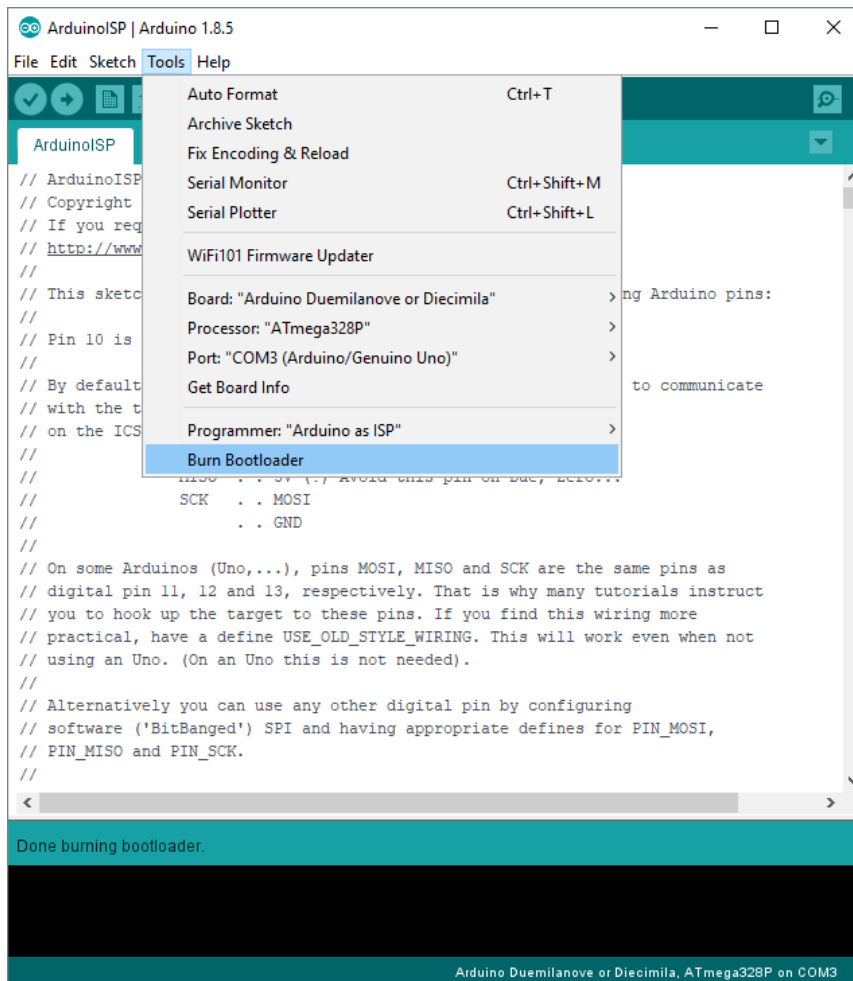


Εικόνα 8.8 Ρύθμιση programmer

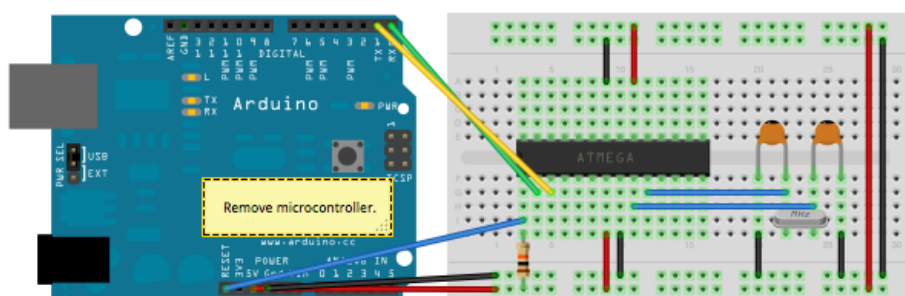
Πλέον το IDE έχει τις κατάλληλες ρυθμίσεις για να γίνει η εγκατάσταση του bootloader στον 328P. Με το πάτημα Burn Bootloader από το μενού Tools ξεκινάει η εγκατάσταση. Αν γίνει με επιτυχία το IDE εμφανίζει το μήνυμα «Done burning bootloader».

Tools → Burn Bootloader (Εικόνα 8.9)

Μετά την εγκατάσταση του «Arduino Bootloader», ο μικροελεγκτής μπορεί να προγραμματιστεί μέσω του Arduino IDE αυτόνομα. Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι η χρήση του FTDI ολοκληρωμένου που ενσωματώνει το Arduino UNO board. Το FTDI είναι ένας μετατροπέας USB σε serial που επιτρέπει την επικοινωνία του UNO board με τον Η/Υ. Αφαιρώντας τον μικροελεγκτή του UNO board, το FTDI «απελευθερώνεται» και συνδέοντας τα pins 2 (RXD) και 3 (TXD) του δεύτερου 328P στα αντίστοιχα RX και TX στο UNO board, δημιουργείται μία διεπαφή σύνδεσης USB – serial μεταξύ του μικροελεγκτή και του Η/Υ. Η συνδεσμολογία παρουσιάζεται «γραφικά» στην **Εικόνα 8.10**. Με αυτόν τον τρόπο έγινε ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή του UTP Tester μέσω του Arduino IDE.



Εικόνα 8.9 Γράψιμο bootloader



Εικόνα 8.10 Συνδεσμολογία 328P - FTDI

8.2 Κώδικας Προγραμματισμού Μικροελεγκτή

Η συγγραφή του κώδικα έγινε στη προγραμματιστική γλώσσα Arduino (τροποποιημένη C/C++) και μεταγλωττίστηκε (αγγλ. compile) σε «γλώσσα μηχανής» από τον ενσωματωμένο compiler του Arduino IDE 1.8.5. Για τον έλεγχο του LCD module από τον μικροελεγκτή προστέθηκε στον κώδικα η βιβλιοθήκη «LiquidCrystal» που βρίσκεται ενσωματωμένη στο Arduino IDE. Η «LiquidCrystal» περιέχει ένα σύνολο από προγραμματιστικές ρουτίνες (αγγλ. modules) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα για τη διευκόλυνση του προγραμματισμού και τη μείωση του μεγέθους του προγράμματος.

Ο κώδικας χωρίζεται σε τρία μέρη:

- **Δήλωση βιβλιοθηκών και μεταβλητών**
- **Void Setup**
- **Void Loop**

8.2.1 Δήλωση βιβλιοθηκών και μεταβλητών

Αρχικά προστέθηκε στο πρόγραμμα η βιβλιοθήκη *LiquidCrystal.h*. Στη συνέχεια δηλωθήκαν οι απαραίτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα. Για να γίνει η αντιστοίχιση μίας μεταβλητής με ένα I/O εισόδου – εξόδου του μικροελεγκτή χρησιμοποιείται ο πίνακας αντιστοίχισης των pins του ATmega328P με τα pins του Arduino UNO board (Εικόνα 8.5). Για παράδειγμα, το LCD module συνδέεται στα pins [6, 11, 12, 13, 14, 15] του 328P τα αντίστοιχα pins από τον πίνακα αντιστοιχίσεων που θα δηλωθούν στο πρόγραμμα είναι τα [4, 5, 6, 7, 8, 9].

```
1. #include <LiquidCrystal.h>           // Δήλωση βιβλιοθήκης
2. LiquidCrystal lcd(4, 5, 6, 7, 8, 9); // Αντιστοίχιση των pins για οδήγηση
3.                                     // του LCD module
4.
5. int latchPin = 12; // Μεταβλητές και pins που θα χρησιμοποιηθούν
6. int clockPin = 11; // για την οδήγηση του Shift Register
7. int dataPin = 13; // SN74HC595
8. byte pinOut = 0;
9.
10. int RJ1 = 0; // Μεταβλητές ελέγχου του RJ45
11. int RJ2 = 0; // που είναι συνδεδεμένο
12. int RJ3 = 0; // με το Shift Register
13. int RJ4 = 0;
14. int RJ5 = 0;
15. int RJ6 = 0;
16. int RJ7 = 0;
17. int RJ8 = 0;
18.
19. int verify = 0; // Μεταβλητές και πίνακας για έλεγχο
20. int array[7]; // και εμφάνιση του είδους καλωδίου
21. int output = 0;
```

```

22. int RJ01 = 14; // Μεταβλητές ελέγχου του RJ45
23. int RJ02 = 15; // που είναι συνδεδεμένο
24. int RJ03 = 16; // απευθείας στα pins του 328P
25. int RJ04 = 17;
26. int RJ05 = 18;
27. int RJ06 = 19;
28. int RJ07 = 2;
29. int RJ08 = 3;
30.
31. String readString; // Δήλωση συμβολοσειράς και μεταβλητής
32. char c; //χαρακτήρα, για ανάγνωση UART και αποστολή στο Bluetooth

```

8.2.2 Void setup

Το δεύτερο μέρος του προγράμματος είναι το Void setup () και τρέχει μόνο μία φορά μετά την ενεργοποίηση του κυκλώματος. Ο μόνος τρόπος για να γίνει ξανά η «ανάγνωση» του από τον μικροελεγκτή είναι η επανεκκίνηση του κυκλώματος ή το πάτημα του button RESET το οποίο επανεκινεί το πρόγραμμα από την αρχή.

Σε αυτό δίνεται η εντολή έναρξης επικοινωνίας με την οθόνη, ρυθμίζεται ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων που χρησιμοποιείται στην επικοινωνία UART-BT module (9600 baud) και γίνεται αντιστοίχιση και ρύθμιση (σε είσοδο ή έξοδο) των pins του μικροελεγκτή που χρησιμοποιούνται από το shift register και το RJ45 με την εντολή «pinMode». Η «pinMode» ορίζεται από δύο παραμέτρους: τον αριθμό του pin (του Arduino board) και το «mode» με το οποίο θα λειτουργεί το pin.

Οι αριθμοί στους οποίους αντιστοιχεί το κάθε pin είναι 0 έως 13 για τα [Digital pin 0 έως Digital pin 13], και 14 έως 19 ή A0 έως A5 για τα [Analog/Digital pin 0 έως Analog/Digital 5] (Εικόνα 8.5).

Τα «modes» που υποστηρίζουν τα pins είναι:

- **INPUT:** Το pin γίνεται είσοδος.
- **OUTPUT:** Το pin γίνεται έξοδος.
- **INPUT_PULLUP:** Τα digital pins γίνονται είσοδοι και ενεργοποιείται η pullup αντίσταση που ενσωματώνει ο 328P σε κάθε pin.

Η σύνταξη της pinMode είναι: pinMode(pin,mode). Για παράδειγμα η εντολή pinMode(14, INPUT) ορίζει το Analog/Digital pin 0 ως ψηφιακή είσοδο.

```

1. void setup() {
2.   lcd.begin(16, 2);      // Έναρξη επικοινωνίας με LCD και ορισμός σειρών/γραμμών
3.   lcd.setCursor(0, 0);  // Cursor του LCD στη θέση 0,0
4.
5.   lcd.print("Bluetooth U/FTP");    // Εμφάνιση μηνύματος
6.   lcd.setCursor(1, 1);            // έναρξης λειτουργίας
7.   lcd.print("Cable Tester");      // της συσκευής
8.
9.   delay(3000);
10.  lcd.clear();                  // Καθαρισμός οθόνης
11.
12.  pinMode(0, INPUT_PULLUP);     // Ενεργοποίηση pullup αντίστασης στο RXD για
13.                                 // προστασία του BT module
14.
15.  Serial.begin(9600);          // Ρύθμιση Baud rate στα 9600
16.
17.  pinMode(latchPin, OUTPUT);     // Ορισμός των digital pins σύνδεσης
18.  pinMode(dataPin, OUTPUT);      // με το shift register ως έξοδοι
19.  pinMode(clockPin, OUTPUT);     // dataPin→DS, clockPin→SH_CP,
20.                                 // latchPin→ST_CP
21.
22.  pinOut = 0;
23.  pinMode(RJ01, INPUT);          // Ορισμός των Digital pins σύνδεσης
24.  pinMode(RJ02, INPUT);          // μικροελεγκτή RJ45 ως είσοδοι
25.  pinMode(RJ03, INPUT);
26.  pinMode(RJ04, INPUT);
27.  pinMode(RJ05, INPUT);
28.  pinMode(RJ06, INPUT);
29.  pinMode(RJ07, INPUT);
30.  pinMode(RJ08, INPUT);
31. }

```

8.2.3 Void loop και τρόπος λειτουργίας προγράμματος

Το Void loop αποτελεί το κύριο μέρος του προγράμματος και επαναλαμβάνεται συνεχώς μετά την εκτέλεση του Void setup. Στο void loop επιτυγχάνεται ο έλεγχος συνέχειας ενός UTP καλωδίου που είναι συνδεδεμένο στα RJ45 της συσκευής, ο τρόπος συνδεσμολογίας του καθώς και η αποστολή των αποτελεσμάτων ελέγχου μέσω του UART στο Bluetooth χρησιμοποιώντας τις δομές επανάληψης «if», «for» και «while».

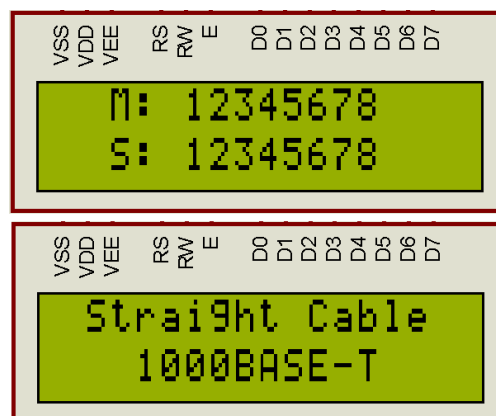
Αν συνδεθεί στην συσκευή ένα καλώδιο straight-through 4 ζευγών, «βραχυκυκλώνονται» όλες οι έξοδοι του Shift-register [Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8] με τις εισόδους του μικροελεγκτή [14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 3] αντίστοιχα. Όταν λοιπόν η έξοδος Q0 του shift register βρίσκεται σε λογική κατάσταση «1» (HIGH), αντίστοιχα θέτει την είσοδο 14 του μικροελεγκτή σε λογική κατάσταση «1», αν η Q1 είναι «1» τότε και στην 15 εισάγεται «1» κλπ. Οι έξοδοι του shift register μπαίνουν σε κατάσταση HIGH μία-μία σε σειρά σε κάθε παλμό του ρολογιού, δηλαδή τη χρονική στιγμή t_1 η Q0 θα είναι «1» και όλες οι υπόλοιπες «0», τη χρονική στιγμή t_2 η Q2 θα είναι «1» και όλες οι υπόλοιπες «0» κλπ. Αυτό συνεχίζεται μέχρι να γίνει κάθε έξοδος του shift register μία φορά «1». Όταν ολοκληρωθεί ο κύκλος, ξεκινάει ξανά η ίδια διαδικασία. Με αυτό τον τρόπο το πρόγραμμα μπορεί να ελέγξει τη συνέχεια, τον τρόπο συνδεσμολογίας και τον αριθμό ζευγών ενός καλωδίου. Κατά τη διάρκεια του ελέγχου το πρόγραμμα εμφανίζει το αποτέλεσμα στην οθόνη έως ότου

συμπληρωθεί ο χάρτης συνδεσμολογίας του καλωδίου. Μετά την ολοκλήρωση του χάρτη εμφανίζεται το είδος του καλωδίου στην οθόνη και στέλνει μέσω του UART μία μεταβλητή χαρακτήρα στο Bluetooth που θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια από την Android εφαρμογή για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων στην οθόνη της Android συσκευής.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τρία παραδείγματα ελέγχου ενός straight καλωδίου 4 ζευγών (Πίνακας 8.1), ενός cross καλωδίου 2 ζευγών (Πίνακας 8.2) και ενός «κομμένου» καλωδίου (Πίνακας 8.3) και ο τρόπος που εμφανίζονται τα αποτελέσματα στην οθόνη.

| STRAIGHT - THROUGH - 4 ΖΕΥΓΗ | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| t1 | | t2 | | t3 | | t4 | |
| Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P |
| Q0 = HIGH | 14 = HIGH | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = HIGH | Q0 = LOW | 14 = LOW |
| Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = HIGH | 15 = HIGH | Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW |
| Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = HIGH | 16 = HIGH | Q2 = LOW | 16 = LOW |
| Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = HIGH | 17 = HIGH |
| Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW |
| Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW |
| Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW |
| Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW |
| t5 | | t6 | | t7 | | t8 | |
| Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P |
| Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW |
| Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW |
| Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW |
| Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW |
| Q4 = HIGH | 18 = HIGH | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW |
| Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = HIGH | 19 = HIGH | Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW |
| Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = HIGH | 2 = HIGH | Q6 = LOW | 2 = LOW |
| Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = HIGH | 3 = HIGH |

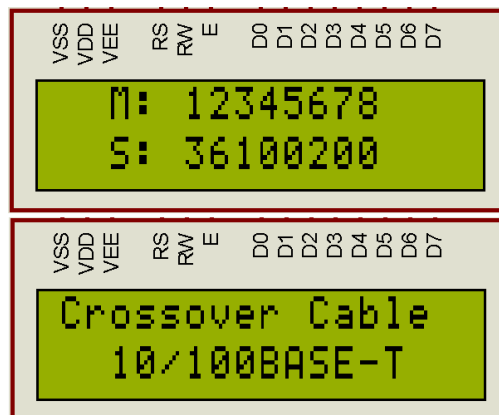
Πίνακας 8.1 Διαδικασία ελέγχου straight καλωδίου 4 ζευγών



Εικόνα 8.11 Εμφάνιση χάρτη συνδεσμολογίας και είδους straight καλωδίου

| CROSS - OVER - 2 ΖΕΥΓΗ | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|----------|
| t1 | | t2 | | t3 | | t4 | |
| Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P |
| Q0 = HIGH | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = HIGH | Q0 = LOW | 14 = LOW |
| Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = HIGH | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW |
| Q2 = LOW | 16 = HIGH | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = HIGH | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW |
| Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = HIGH | 17 = LOW |
| Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW |
| Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = HIGH | Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW |
| Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW |
| Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW |
| t5 | | t6 | | t7 | | t8 | |
| Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P |
| Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW |
| Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = HIGH | Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW |
| Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW |
| Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW |
| Q4 = HIGH | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW |
| Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = HIGH | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW |
| Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = HIGH | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW |
| Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = HIGH | 3 = LOW |

Πίνακας 8.2 Διαδικασία ελέγχου cross καλωδίου 2 ζευγών

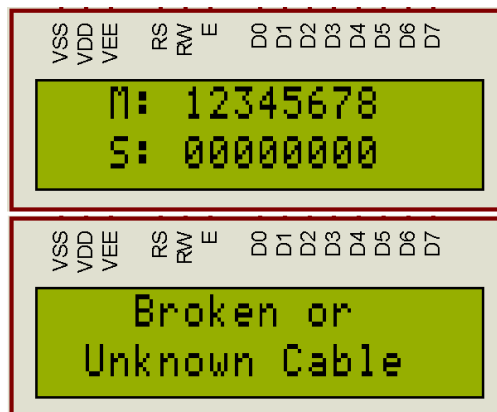


Εικόνα 8.12 Εμφάνιση χάρτη συνδεσμολογίας και είδους cross καλωδίου*

*Με τους όρους 1000BASE-T και 10/100BASE-T εννοείται ότι το καλώδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δίκτυο Ethernet 10/100BASE-T αν είναι δύο ζευγών και σε δίκτυο Ethernet 1000BASE-T αν είναι τεσσάρων ζευγών. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι το καλώδιο είναι απαραίτητα κατάλληλο γι' αυτά τα δίκτυα καθώς το UTP Tester που κατασκευάστηκε ανήκει στην κατηγορία των «Verification Testers» και δεν έχει τη δυνατότητα ελέγχου bandwidth. Με άλλα λόγια αυτοί οι όροι αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των ζευγών του καλωδίου που απαιτούνται από τα διαδεδομένα πρωτόκολλα 10/100/1000BASE-T.

| "Κομμένο καλώδιο" | | | | | | | |
|-------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| t1 | | t2 | | t3 | | t4 | |
| Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P |
| Q0 = HIGH | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW |
| Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = HIGH | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW |
| Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = HIGH | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW |
| Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = HIGH | 17 = LOW |
| Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW |
| Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW |
| Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW |
| Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW |
| t5 | | t6 | | t7 | | t8 | |
| Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P | Sh.Register | 328P |
| Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW | Q0 = LOW | 14 = LOW |
| Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW | Q1 = LOW | 15 = LOW |
| Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW | Q2 = LOW | 16 = LOW |
| Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW | Q3 = LOW | 17 = LOW |
| Q4 = HIGH | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW | Q4 = LOW | 18 = LOW |
| Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = HIGH | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW | Q5 = LOW | 19 = LOW |
| Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW | Q6 = HIGH | 2 = LOW | Q6 = LOW | 2 = LOW |
| Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = LOW | 3 = LOW | Q7 = HIGH | 3 = LOW |

Πίνακας 8.3 Διαδικασία ελέγχου «κομμένου» καλωδίου



Εικόνα 8.13 Εμφάνιση χάρτη συνδεσμολογίας μηνύματος χαλασμένου καλωδίου

Παρακάτω παρατίθεται το κύριο πρόγραμμα `void loop()`.

```

1. void loop() {
2.     lcd.clear();
3.     lcd.print(" M: "); // M: για master, S: για slave
4.     lcd.setCursor(0, 1); // Εμφανίζεται στην αρχή κάθε σειράς
5.     lcd.print(" S: "); // του Wire Map
6.     output = 0;
7.     for (output = 0; output <= 7; output++) { // Δομή επανάληψης for που
8.         delay(250); // ελέγχει ποια pins είναι
9.         pinOut = 0; // βραχυκυκλωμένα
10.        bitSet(pinOut, output);
11.        digitalWrite(latchPin, LOW); // Έλεγχος παλμού στο ST_CP
12.        shiftOut(dataPin, clockPin, LSBFIRST, pinOut); // one bit at a time leftmost
13.        digitalWrite(latchPin, HIGH);
14.        int RJ1 = digitalRead(RJ01); // Καταχώρηση λογικής κατάστασης
15.        int RJ2 = digitalRead(RJ02); // των pins του 328
16.        int RJ3 = digitalRead(RJ03); // σε μεταβλητές
17.        int RJ4 = digitalRead(RJ04);
18.        int RJ5 = digitalRead(RJ05);
19.        int RJ6 = digitalRead(RJ06);
20.        int RJ7 = digitalRead(RJ07);
21.        int RJ8 = digitalRead(RJ08);
22.        if (RJ1 == 1) { // if ελέγχου
23.            verify = 1; // λογικής κατάστασης
24.        } else { // των pins
25.            if (RJ2 == 1) {
26.                verify = 2;
27.            } else {
28.                if (RJ3 == 1) {
29.                    verify = 3;
30.                } else {
31.                    if (RJ4 == 1) {
32.                        verify = 4;
33.                    } else {
34.                        if (RJ5 == 1) {
35.                            verify = 5;
36.                        } else {
37.                            if (RJ6 == 1) {
38.                                verify = 6;
39.                            } else {
40.                                if (RJ7 == 1) {
41.                                    verify = 7;
42.                                } else {
43.                                    if (RJ8 == 1) {
44.                                        verify = 8;
45.                                    } else {}
46.                                }
47.                            }
48.                        }
49.                    }
50.                }
51.            }
52.        }
53.        lcd.setCursor(output + 5, 0); // Εμφάνιση Wire Map κατά τη διάρκεια
54.        lcd.print(output + 1); // του ελέγχου λογικής κατάστασης
55.        lcd.setCursor(output + 5, 1);
56.        lcd.print(verify);
57.        delay(200);
58.        array[output] = verify;
59.        if (output == 7) //ολοκλήρωση wiremap
60.        {
61.            delay(200);
62.            lcd.clear(); // [Straight Cable] //1000BASE-T
63.            if (array[0] == 1 && array[1] == 2 && array[2] == 3 && array[3] == 4 &&
                array[4] == 5 && array[5] == 6 && array[6] == 7 && array[7] == 8)

```

```

64. {
65.     lcd.setCursor(1, 0);
66.     lcd.print("Straight Cable"); // Εμφάνιση μηνύματος στο LCD
67.     lcd.setCursor(3, 1);
68.     lcd.print("100BASE-T");
69.     Serial.write("straight1000"); // Καταχώρηση μεταβλητής στο serial
70.     } //10/100BASE-T
71.     else if (array[0] == 1 && array[1] == 2 && array[2] == 3 && array[3] ==
0 && array[4] == 0 && array[5] == 6 && array[6] == 0 && array[7] == 0) {
72.         lcd.setCursor(1, 0);
73.         lcd.print("Straight Cable");
74.         lcd.setCursor(2, 1);
75.         lcd.print("10/100BASE-T");
76.         Serial.write("straight100");
77.         } // [Rollover Cable] //100BASE-T
78.         else if (array[0] == 8 && array[1] == 7 && array[2] == 6 && array[3] ==
5 && array[4] == 4 && array[5] == 3 && array[6] == 2 && array[7] == 1) {
79.             lcd.setCursor(1, 0);
80.             lcd.print("Rollover Cable");
81.             lcd.setCursor(3, 1);
82.             lcd.print("100BASE-T");
83.             Serial.write("roll1000");
84.             } //10/100BASE-T
85.             else if (array[0] == 6 && array[1] == 3 && array[2] == 2 && array[3] ==
0 && array[4] == 0 && array[5] == 1 && array[6] == 0 && array[7] == 0) {
86.                 lcd.setCursor(1, 0);
87.                 lcd.print("Rollover Cable");
88.                 lcd.setCursor(2, 1);
89.                 lcd.print("10/100BASE-T");
90.                 Serial.write("roll100");
91.                 } // [Crossover Cable] //100BASE-T
92.                 else if (array[0] == 3 && array[1] == 6 && array[2] == 1 && array[3] ==
7 && array[4] == 8 && array[5] == 2 && array[6] == 4 && array[7] == 5) {
93.                     lcd.print("Crossover Cable");
94.                     lcd.setCursor(3, 1);
95.                     lcd.print("100BASE-T");
96.                     Serial.write("cross1000");
97.                     } //10/100BASE-T or worse
98.                     else if (array[0] == 3 && array[1] == 6 && array[2] == 1 && array[3] ==
0 || array[3] == 4 && array[4] == 0 || array[4] == 5 && array[5] == 2 && array[6]
== 0 || array[6] == 7 && array[7] == 0 || array[7] == 8) {
99.                         lcd.print("Crossover Cable");
100.                         lcd.setCursor(2, 1);
101.                         lcd.print("10/100BASE-T");
102.                         Serial.write("cross100");
103.                         } //Broken wire or unknown cable type
104.                         else {
105.                             lcd.setCursor(3, 0);
106.                             lcd.print("Broken or");
107.                             lcd.setCursor(1, 1);
108.                             lcd.print("Unknown Cable");
109.                             Serial.write("broken");
110.                         }
111.                     }
112.                 verify = 0; // μηδενίζεται η μεταβλητή verify
113.             } //end for (out)
114.             delay(2000);
115.             for (int x = 0; x < 7; x++) { // μηδενίζεται ο πίνακας array[]
116.                 array[x] = 0;
117.             } //bluetooth
118.             while (Serial.available()) { // Δομή επανάληψης while
119.                 delay(3); // διαβάζει το serial αν είναι διαθέσιμο
120.                 c = Serial.read();
121.                 readString += c;

```

```

122.         } // end while
123.         if (readString.length() > 0) { // Δομή επανάληψης if
124.             Serial.write(c);           // «στέλνει» στο serial
125.             readString = "";
126.         } // end if
127.     }

```

8.3 Προγραμματισμός Bluetooth module με AT commands

Ο προγραμματισμός των Bluetooth modules με AT commands πραγματοποιήθηκε με το Arduino UNO Board. Για τον προγραμματισμό τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί και FTDI (serial σε USB) καλώδιο με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού.

8.3.1 Προγραμματισμός HC-05

Στο HC-05 Bluetooth module έγινε αλλαγή του ονόματος που εμφανίζει η συσκευή για τον εντοπισμό της από άλλες Bluetooth συσκευές και ο κωδικός ασφαλείας (PIN) που απαιτείται για να επιτευχθεί η σύνδεση. Το όνομα που χρησιμοποιήθηκε είναι «UTP Tester» και το PIN «510035».

Αρχικά φορτώνεται στο Arduino ένα «κενό» πρόγραμμα, στη συνέχεια γίνεται η σύνδεση του module με το Arduino Board ως εξής:

BT RX → Arduino RXD

BT TX → Arduino TXD

BT VCC → 5V

BT EN → 5V

BT GND → GND

Η συνδεσμολογία παρουσιάζεται γραφικά στην **Εικόνα 8.13**. Το σχέδιο του κυκλώματος έγινε με το πρόγραμμα **Fritzing 0.9.3b**.

Για να εισέλθει το module σε AT mode πρέπει πριν τροφοδοτηθεί να είναι πατημένο το button που ενσωματώνει. Όταν συνδεθεί στην τροφοδοσία, με την απελευθέρωση του button εισέρχεται σε AT mode.

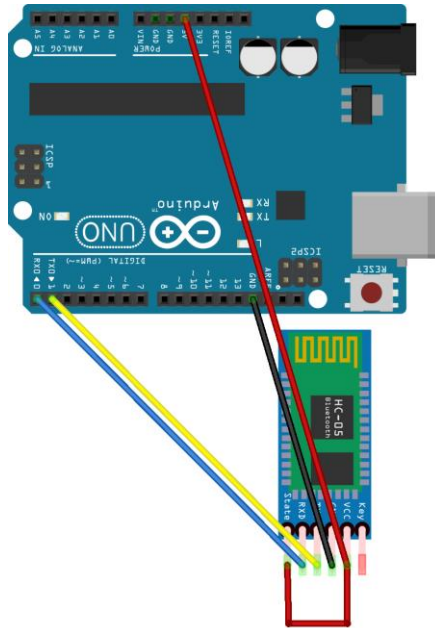
Έπειτα με το άνοιγμα του Serial monitor του Arduino IDE και τη ρύθμιση baud rate στα 38400 bps (default baud rate στο AT mode του HC-05) μπορεί να προγραμματιστεί με AT commands κατευθείαν από το monitor.

Τα commands που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

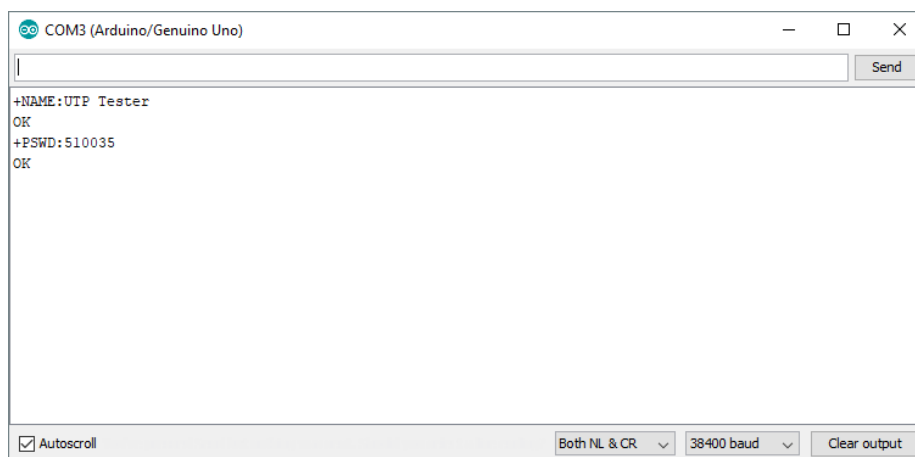
AT+NAME=UTP Tester (αλλαγή ονόματος σε «UTP Tester»)

AT+PSWD=510035 (αλλαγή PIN σε «510035»)

Τα AT commands προέρχονται από τα φύλλα δεδομένων της συσκευής.



Εικόνα 8.13 Συνδεσμολογία HC-05 με UNO Board



Εικόνα 8.14 Μηνύματα εξόδου στο Serial Monitor μετά την εισαγωγή των AT commands

8.3.2 Προγραμματισμός AT-09

Όπως και στο HC-05 έτσι και στο AT-09 BLE module έγινε αλλαγή του ονόματος και του PIN. Το AT-09 απαιτεί μια πιο πολύπλοκη διαδικασία για τον προγραμματισμό του καθώς δεν μπορεί να επικοινωνήσει σε AT mode απευθείας στα RXD και TXD του Arduino. Το όνομα που χρησιμοποιήθηκε για το AT-09 είναι «UTP Tester BLE» και το PIN «510035». Πρώτα πρέπει να συνδεθεί το module με το Arduino όπως παρουσιάζεται στην **Εικόνα 8.16**.

BT RX → Arduino Digital Pin 2

BT TX → Arduino Digital Pin 3

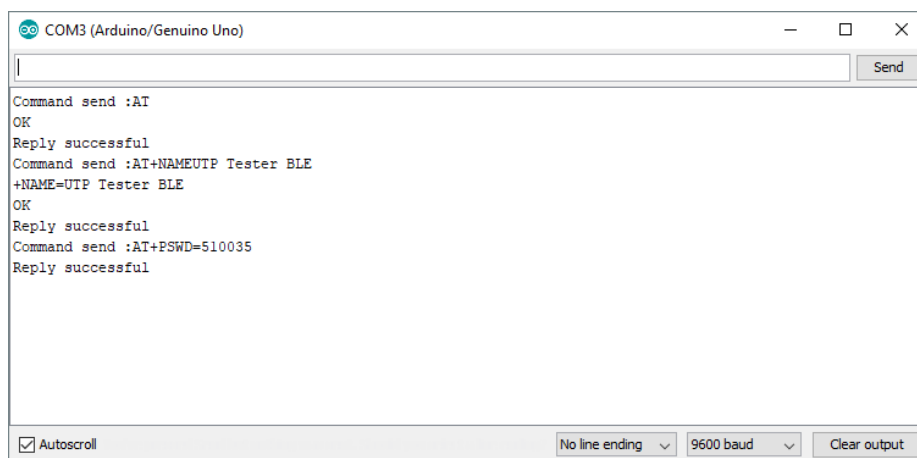
BT VCC → 5V

BT GND → GND

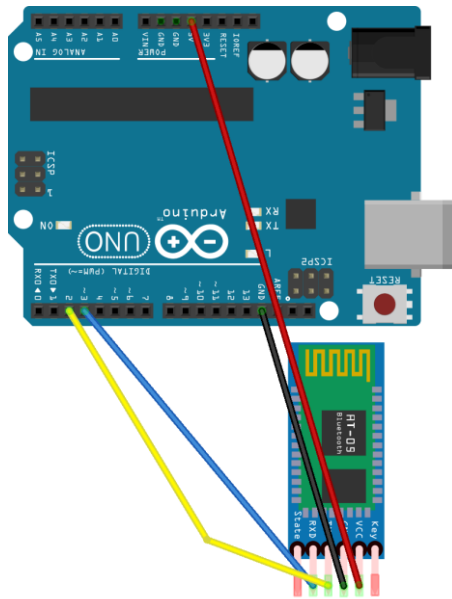
Για τη σύνδεση των RX και TX του module μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά οποιαδήποτε από τα digital pins του Arduino εκτός από τα TXD και RXD. Τα TXD και RXD του Arduino πρέπει να είναι «απελευθερωμένα» για να χρησιμοποιηθούν από τον IDE για το ανέβασμα του προγράμματος στον μικροελεγκτή που απαιτείται για την αποστολή των AT commands στο module. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί την βιβλιοθήκη SoftwareSerial η οποία επιτρέπει την μετατροπή οποιουδήποτε ζευγαριού digital pins του Arduino σε σειριακή διεπαφή. Η βιβλιοθήκη περιλαμβάνεται στο Arduino IDE.

Ο κώδικας που εγκαταστάθηκε στο UNO Board για την αποστολή AT commands:

```
1. #include <SoftwareSerial.h> // Δήλωση βιβλιοθήκης
2. SoftwareSerial mySerial(2, 3); // μετατροπή pins σε RX, TX
3. void setup() {
4.   mySerial.begin(9600); //Default Baud rate του AT-09
5.   Serial.begin(9600);
6.   sendCommand("AT"); // Command δοκιμής επιτυχημένης σύνδεσης
7.   sendCommand("AT+NAMEUTP Tester BLE"); // Command αλλαγής ονόματος
8.   sendCommand("AT+PSWD=510035"); // Commands αλλαγής password
9. }
10. void sendCommand(const char * command) { //Συνάρτηση που στέλνει τα
11.   Serial.print("Command send :"); // AT commands στο serial
12.   Serial.println(command); // και λαμβάνει μήνυμα επιταχυμένης ή
13.   mySerial.println(command); // αποτυχημένης αποστολής
14.   delay(100); // (καλείται στο void setup)
15.   char reply[100];
16.   int i = 0;
17.   while (mySerial.available()) { // Δομή επανάληψης που ελέγχει και
18.     reply[i] = mySerial.read(); // αποθηκεύει τα
19.     i += 1; // περιεχόμενα του serial
20.   }
21.   reply[i] = '\0'; // Εμφάνιση μηνύματος επιτυχημένης
22.   Serial.print(reply); // αποστολής AT command
23.   Serial.println("Reply successful");
24. }
25. void loop() {}
```



Εικόνα 8.15 Μηνύματα εξόδου στο Serial Monitor μετά την αποστολή των AT commands

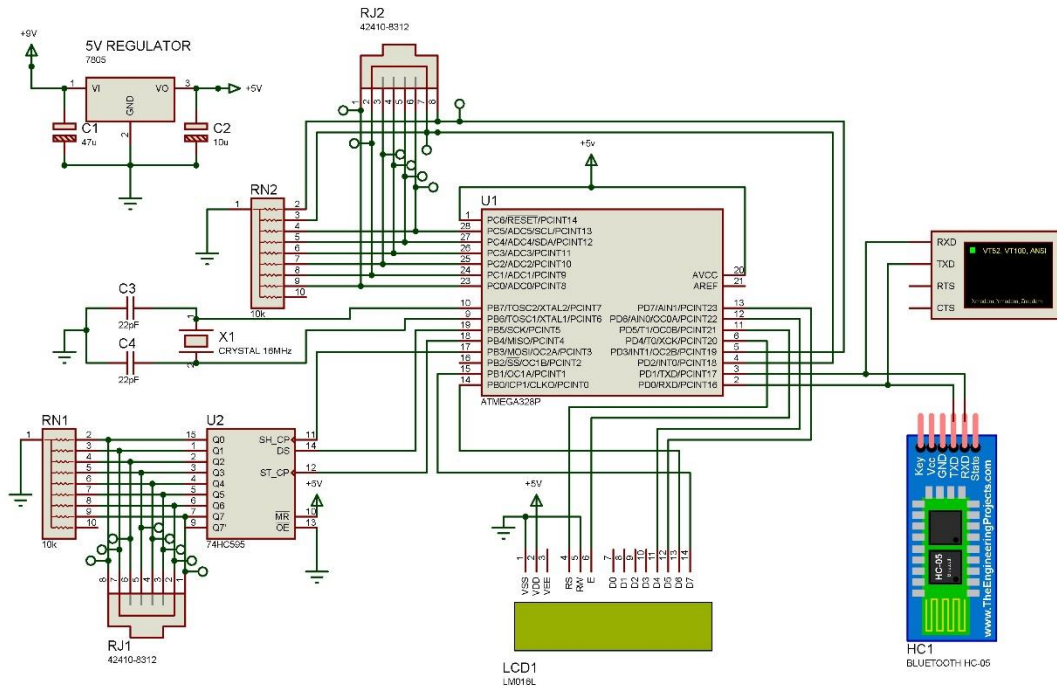


Εικόνα 8.16 Συνδεσμολογία AT-09 με UNO Board

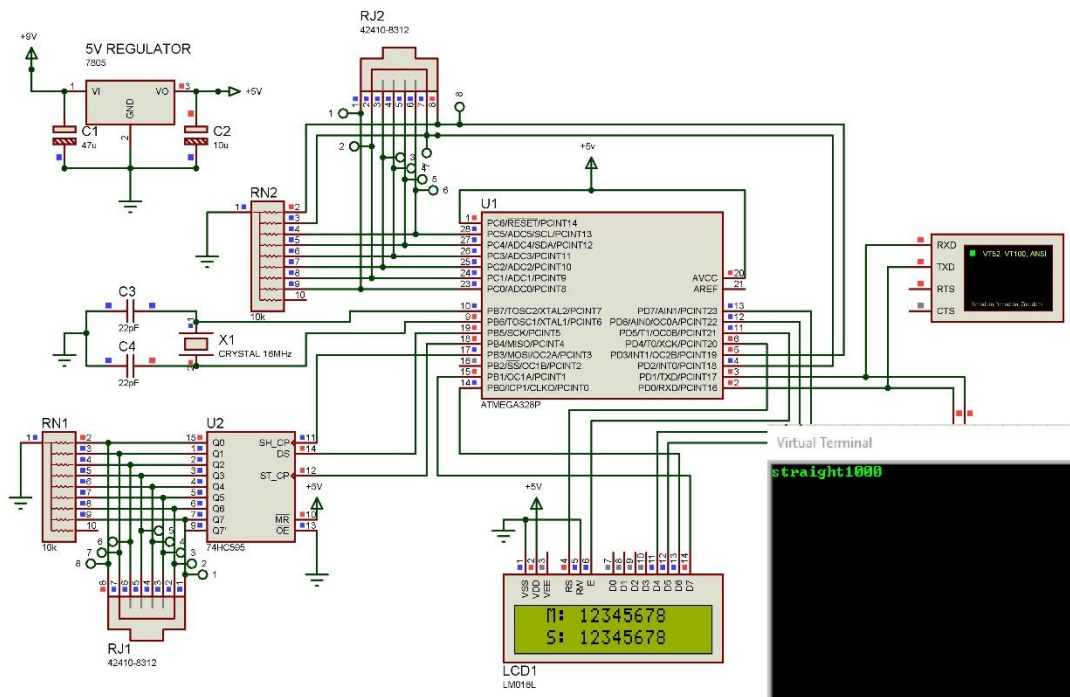
8.4 Προσομοίωση Κυκλώματος

Για την δοκιμή της σωστής λειτουργίας του κώδικα το κύκλωμα προσομοιώθηκε με το πρόγραμμα **Proteus 8 Professional**. Το Proteus δίνει τη δυνατότητα να εγκατασταθεί στον εικονικό ATmega328P το «hex» (μεταγλωττισμένος κώδικας σε γλώσσα μηχανής) αρχείο του προγράμματος. Το hex file εξάγεται από το Arduino IDE επιλέγοντας από την γραμμή μενού Sketch → Export Compiled Binary. Επιπλέον το Proteus παρέχει λειτουργία «Virtual Terminal» κατά την οποία εμφανίζεται σε ένα τερματικό η έξοδος του UART του μικροελεγκτή.

Στην **Εικόνα 8.17** παρουσιάζεται το σχηματικό του κυκλώματος που σχεδιάστηκε στο Proteus και στην **Εικόνα 8.18** το κύκλωμα σε λειτουργία προσομοίωσης με Virtual Terminal στην έξοδο της σειριακής διεπαφής.

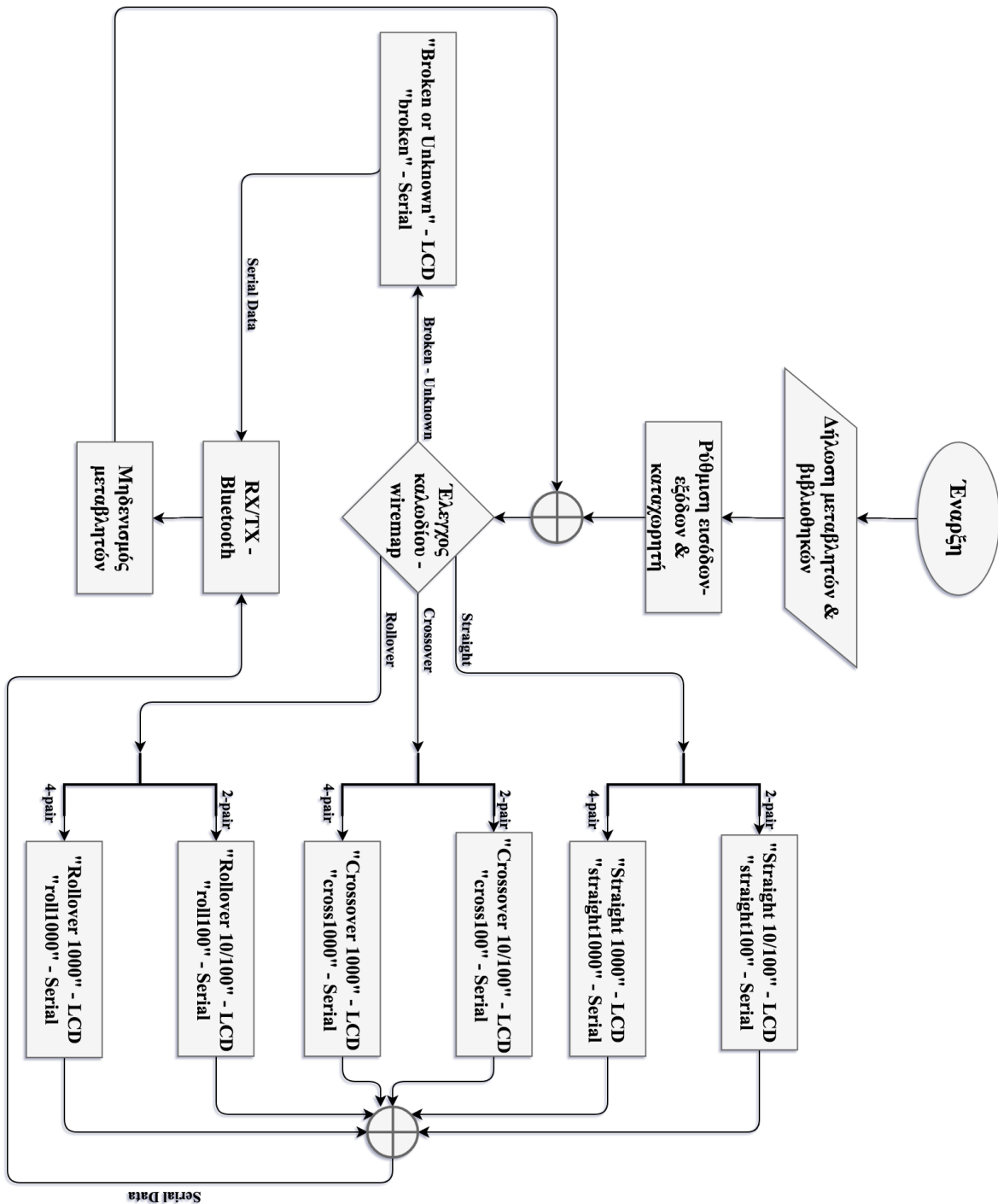


Εικόνα 8.17 Σχηματικό κυκλώματος στο Proteus



Εικόνα 8.18 Προσομοίωση κυκλώματος με straight καλώδιο

8.5 Διάγραμμα Ροής Προγράμματος



Διάγραμμα 8.1 Διάγραμμα ροής προγράμματος μικροελεγκτή

Κεφάλαιο 9. Android Εφαρμογή

9.1 Λειτουργικό Σύστημα Android και Ανάπτυξη Εφαρμογών

9.1.1 Android OS

Το Android είναι ένα λειτουργικό σύστημα (αγγλ. Operating System – OS) αρχικά σχεδιασμένο για φορητές συσκευές με οθόνη αφής όπως smartphones, tablets κλπ. Το Android αναπτύσσεται από την Google LLC, είναι ανοιχτού κώδικα σύμφωνα με την άδεια λογισμικού Apache License και βασίζεται στον Linux Kernel. Στο πλαίσιο αυτό επιτρέπεται σε τρίτους κατασκευαστές να ενσωματώσουν δικό τους κώδικα στο Android OS χρησιμοποιώντας τις εργαλειοθήκες της Google. Σήμερα διαφορετικές εκδόσεις του Android μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε πλήθος άλλων συσκευών όπως smart TVs, κονσόλες, σταθερούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές κλπ.

9.1.2 Ανάπτυξη Android Εφαρμογών

Οι εφαρμογές (αγγλ. applications – apps) για Android OS οι οποίες επεκτείνουν τη λειτουργικότητα των συσκευών, γράφονται χρησιμοποιώντας ένα σύνολο εργαλείων ανάπτυξης λογισμικού Android (Android software development kit – SDK) και συχνά με τη γλώσσα προγραμματισμού Java ή συνδυασμού της Java με C/C++. Άλλες γλώσσες προγραμματισμού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάπτυξη εφαρμογών Android είναι η γλώσσα Go και η Kotlin.

Το SDK περιλαμβάνει ένα πλήρες σύνολο εργαλείων ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένου ενός debugger, βιβλιοθήκες, προσομοιωτή ακουστικών, παραδείγματα κώδικα και έγγραφα με οδηγίες και παραδείγματα. Αρχικά το υποστηριζόμενο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) της Google ήταν το Eclipse χρησιμοποιώντας το πρόσθετο εργαλείων ανάπτυξης Android (ADT). Αργότερα η Google παρουσίασε το Android Studio ως πρωταρχικό IDE για ανάπτυξη εφαρμογών.

Επιπλέον υπάρχουν διαθέσιμα διαφορετικά εργαλεία ανάπτυξης όπως το NDK (Native Development Kit) της Google το οποίο χρησιμοποιεί γλώσσα C/C++ για ανάπτυξη εφαρμογών και επεκτάσεων και το App Inventor το οποίο προσφέρει ένα οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού βασισμένο σε γλώσσα C. Το App Inventor είναι μια

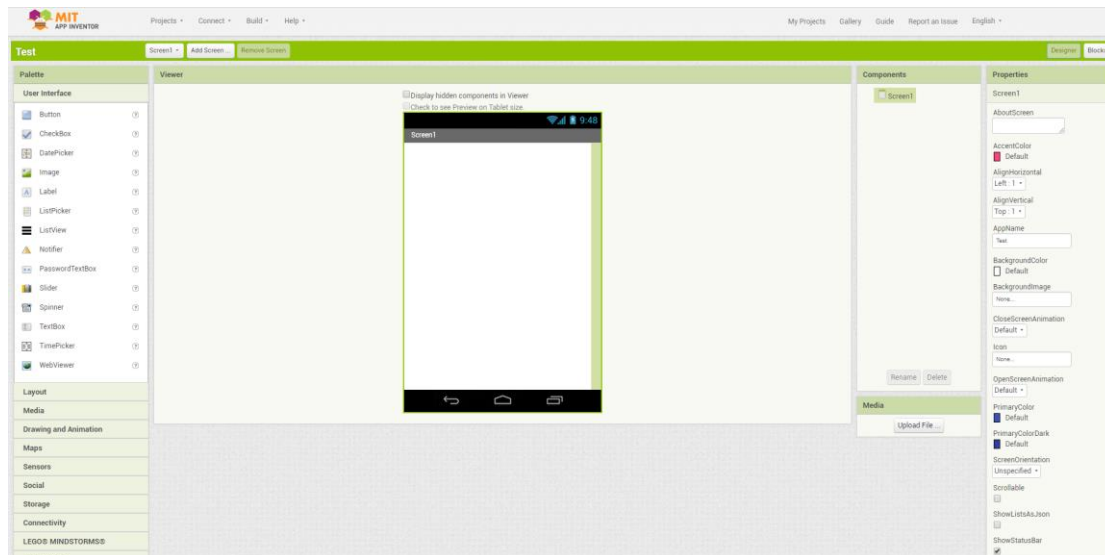
εφαρμογή ανοιχτού κώδικα η οποία αρχικά δημιουργήθηκε από την Google και σήμερα αναπτύσσεται από το MIT (Massachusetts Institute of Technology) με ονομασία **MIT App Inventor**.

9.1.3 MIT App Inventor 2

Το MIT App Inventor είναι ένα ελεύθερο ανοικτού κώδικα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού. Το περιβάλλον του είναι κατάλληλα σχεδιασμένο για αρχάριους στον προγραμματισμό χρήστες και επιτρέπει την γρήγορη δημιουργία Android εφαρμογών. Χρησιμοποιεί γραφικό περιβάλλον το οποίο επιτρέπει στον χρήστη τη μετακίνηση έτοιμων οπτικών αντικειμένων (αγγλ. drag-and-drop) για την δημιουργία του interface της εφαρμογής και τον προγραμματισμό της.

Το App Inventor διατίθεται ως διαδικτυακή εφαρμογή (αγγλ. cloud based app) και ως εφαρμογή για Android OS. Επιπλέον διαθέτει έναν προσομοιωτή για την δοκιμή της εφαρμογής σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, συμβατό με Windows, GNU/Linux και Mac OS λειτουργικά συστήματα.

Η δημιουργία της εφαρμογής επικοινωνίας του UTP Tester με Android συσκευή, πραγματοποιήθηκε με την cloud based έκδοση του MIT App Inventor 2.



Εικόνα 9.1 Αρχική σελίδα της cloud based εφαρμογής App Inventor 2

9.2 Σχεδιασμός Εφαρμογής F/UTP Tester

9.2.1 Η διαδικασία αποστολής δεδομένων από το BT module

Κάθε φορά που το πρόγραμμα του μικροελεγκτή ολοκληρώνει τον χάρτη συνδεσμολογίας ενός καλωδίου εμφανίζει στην οθόνη το είδος του. Ταυτόχρονα με την εμφάνιση των αποτελεσμάτων στην οθόνη «γράφει» στο serial μια συνθηματική μεταβλητή χαρακτήρα, αναλόγως το αποτέλεσμα ελέγχου, την οποία λαμβάνει το Bluetooth module και με τη σειρά του την αποστέλλει ασύρματα στον Bluetooth δέκτη με τον οποίο βρίσκεται συνδεδεμένο (αγγλ. paired). Οι συνθηματικές αυτές μεταβλητές «μεταφράζονται» μέσω της εφαρμογής και στη συνέχεια εμφανίζεται στην οθόνη της Android συσκευής ο χάρτης συνδεσμολογίας και το είδος του καλωδίου.

Οι αντιστοιχίσεις των μεταβλητών χαρακτήρα με το είδος του καλωδίου απ' το οποίο προέρχονται παρουσιάζονται στον **Πίνακα 9.1**.

| Μεταβλητές από το Serial | Είδος καλωδίου |
|--------------------------|-------------------------------|
| broken | Άγνωστο ή κομμένο καλώδιο |
| straight100 | Straight-Through 10/100BASE-T |
| straight1000 | Straight-Through 1000BASE-T |
| cross100 | Crossover 10/100BASE-T |
| cross1000 | Crossover 1000BASE-T |
| roll100 | Rollover 10/100BASE-T* |
| roll1000 | Rollover 1000BASE-T* |

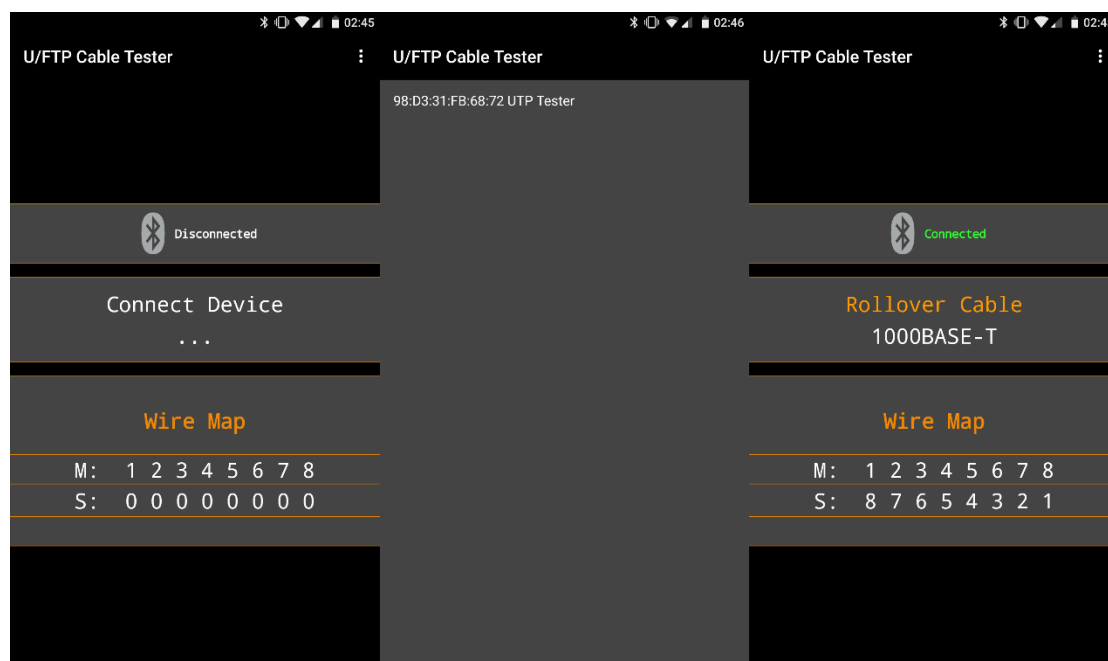
Πίνακας 9.1 Αντιστοιχίσεις μεταβλητών χαρακτήρα – καλωδίων

*Η ονομασία Rollover 10/100/1000BASE-T δεν υφίσταται καθώς το Rollover δεν είναι Ethernet καλώδιο. Χρησιμοποιείται παρόλα αυτά για να δηλώσει το σύνολο των ζευγών του καλωδίου και επειδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα Ethernet δίκτυο αν αυτό υποστηρίζει Auto MDI-X.

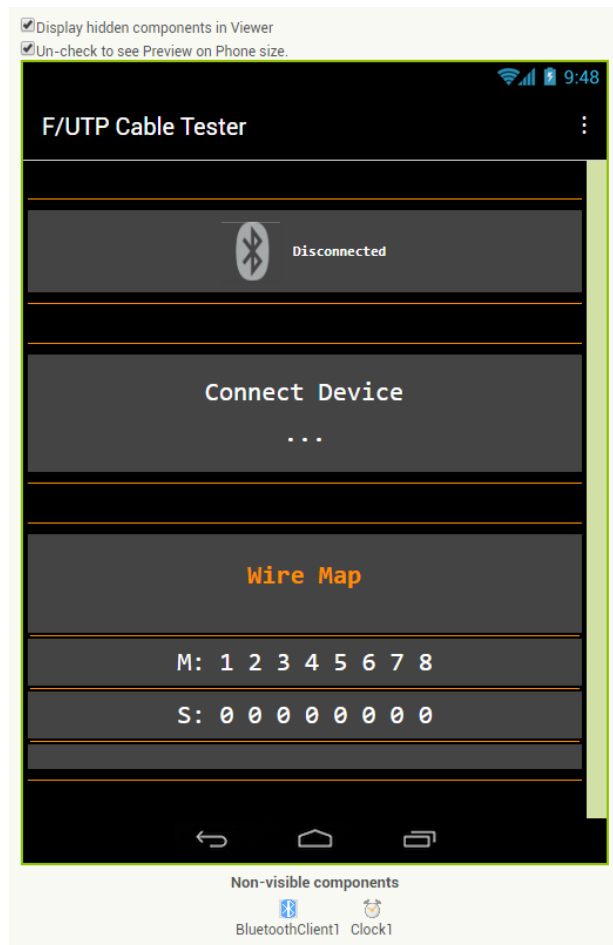
9.2.2 Εφαρμογή για το HC-05 BT 2.0

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός της διεπαφής χρήστη (αγγλ. user interface) της εφαρμογής στο «Designer mode» του MIT App Inventor 2. Το designer παρέχει μία παλέτα εργαλείων βασικού σχεδιασμού του interface με αρκετές παραμετροποιήσεις. Επιπλέον στο designer mode μπορεί να γίνει εισαγωγή στην εφαρμογή διαφόρων εργαλείων που επιτρέπουν την επικοινωνία και την πρόσβασή της σε διάφορες λειτουργίες της Android συσκευής, όπως ο αποθηκευτικός χώρος, το διαδίκτυο, οι αισθητήρες της κλπ. Για την εφαρμογή του UTP Tester είναι απαραίτητη η πρόσβαση στο Bluetooth και επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του Bluetooth Client. Το Bluetooth Client περιλαμβάνει ένα σύνολο εντολών διασύνδεσης και ελέγχου του Bluetooth chip της συσκευής. Επίσης χρησιμοποιήθηκε το component clock το οποίο διαβάζει το ρολόι της Android συσκευής και χρησιμεύει στην έναρξη του κώδικα. Την εμφάνιση των διαθέσιμων Bluetooth συσκευών αναλαμβάνει το Listpicker button σε συνδυασμό με το Bluetooth Client. Όταν ολοκληρώθηκε το user interface έγινε ο προγραμματισμός της εφαρμογής στο «Blocks mode». Τα «blocks» είναι οπτικές εντολές προγραμματισμού βασισμένες σε γλώσσα C/C++.

Παρακάτω παρουσιάζονται στιγμιότυπα από κινητό Android με την εφαρμογή σε λειτουργία (Εικόνα 9.2). Στην Εικόνα 9.3 φαίνεται ο σχεδιασμός της εφαρμογής στο Designer mode και στις: Εικόνα 9.4 και Εικόνα 9.5 ο προγραμματισμός της εφαρμογής με σχολιασμό, στο Blocks mode.



Εικόνα 9.2 Screenshots της εφαρμογής από κινητό Android



Εικόνα 9.3 Σχεδιασμός και components εφαρμογής



Εικόνα 9.4 Α' μέρος των blocks του κώδικα

```

initialize global check to " " Δήλωση μεταβλητής για σύγκριση
when Clock1.Timer Εάν το Bluetooth λάβει δεδομένα αποθηκεύονται στην μεταβλητή check
do
  if BluetoothClient1.isConnected and call BluetoothClient1.BytesAvailableToReceive > 0
  then
    set global check to call BluetoothClient1.ReceiveText
    numberOfBytes call BluetoothClient1.BytesAvailableToReceive
  if compare texts get global check = "straight1000"
  then
    set Cable_Type.Text to "Straight Cable"
    set Cable_Type.TextColor to
    set Cable_Speed.Text to "1000BASE-T"
    set Cable_Speed.TextColor to
    set Rec_wiring.Text to "S: 1 2 3 4 5 6 7 8"
  if compare texts get global check = "straight100"
  then
    set Cable_Type.Text to "Straight Cable"
    set Cable_Type.TextColor to
    set Cable_Speed.Text to "10/100BASE-T"
    set Cable_Speed.TextColor to
    set Rec_wiring.Text to "S: 1 2 3 0 0 6 0 0"
  if compare texts get global check = "cross1000"
  then
    set Cable_Type.Text to "Crossover Cable"
    set Cable_Type.TextColor to
    set Cable_Speed.Text to "1000BASE-T"
    set Cable_Speed.TextColor to
    set Rec_wiring.Text to "S: 3 6 1 7 8 2 4 5"
  if compare texts get global check = "cross100"
  then
    set Cable_Type.Text to "Crossover Cable"
    set Cable_Type.TextColor to
    set Cable_Speed.Text to "10/100BASE-T"
    set Cable_Speed.TextColor to
    set Rec_wiring.Text to "S: 3 6 1 0 0 2 0 0"
  if compare texts get global check = "roll1000"
  then
    set Cable_Type.Text to "Rollover Cable"
    set Cable_Type.TextColor to
    set Cable_Speed.Text to "1000BASE-T"
    set Cable_Speed.TextColor to
    set Rec_wiring.Text to "S: 8 7 6 5 4 3 2 1"
  if compare texts get global check = "roll100"
  then
    set Cable_Type.Text to "Rollover Cable"
    set Cable_Type.TextColor to
    set Cable_Speed.Text to "10/100BASE-T"
    set Cable_Speed.TextColor to
    set Rec_wiring.Text to "S: 6 3 2 0 0 1 0 0"
  if compare texts get global check = "broken"
  then
    set Cable_Type.Text to "Unknown or"
    set Cable_Type.TextColor to
    set Cable_Speed.Text to "Broken Cable"
    set Cable_Speed.TextColor to
    set Rec_wiring.Text to "S: 0 0 0 0 0 0 0 0"

```

Σε όλες τις παρακάτω δομές if γίνεται σύγκριση της "check" που λήφθηκε από το BT με τις προκαθορισμένες συνηματικές μεταβλητές. Αν η check είναι ίση με κάποια από αυτές εμφανίζονται στην οθόνη τα αντίστοιχα αποτελέσματα

Εικόνα 9.5 Β' μέρος των blocks του κώδικα

9.2.3 Εφαρμογή για το AT-09 BLE

Το Bluetooth Low Energy λειτουργεί με αρκετά διαφορετικό τρόπο από το Bluetooth Classic. Το BLE έχει σχεδιαστεί για εφαρμογές μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας και αυτό το επιτυγχάνει στέλνοντας μικρά πακέτα δεδομένων ανά διαστήματα. Αντίθετα το Bluetooth Classic διατηρεί συνεχή σύνδεση με τον πομπό/δέκτη στέλνοντας πακέτα δεδομένων συνεχόμενα.

Λόγω του διαφορετικού τρόπου λειτουργίας του BLE με το BT Classic το AT-09 module δεν είναι συμβατό με την εφαρμογή που αναπτύχθηκε για το HC-05 και δημιουργήθηκε διαφορετική εφαρμογή, συμβατή με BLE modules.

Το λειτουργικό Android ξεκίνησε την υποστήριξη της τεχνολογίας BLE μετά την έκδοση 5.0, αλλά ακόμη και συσκευές με νεότερη έκδοση Android αδυνατούν να συνδεθούν ή να εντοπίσουν BLE συσκευές μέσω του ενσωματωμένου Bluetooth σαρωτή (αγγλ. BT scanner) του Android. Η εφαρμογή που δημιουργήθηκε για το AT-09 περιλαμβάνει BLE scanner που επιτρέπει τη σύνδεση μεταξύ module – κινητού κατευθείαν μέσα από την εφαρμογή.

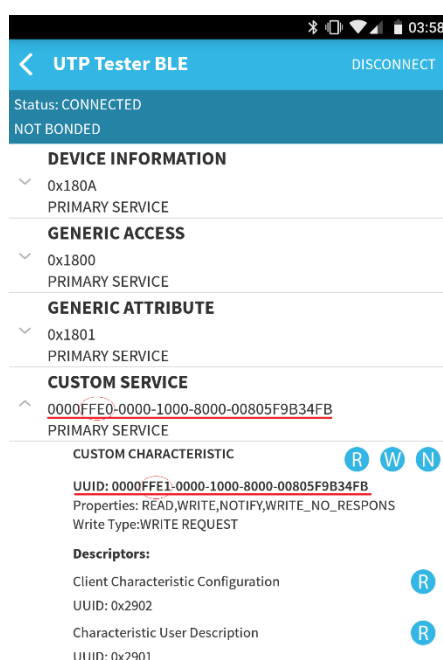
Αρχικά έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις με AT commands στο AT-09 για τη σωστή λειτουργία του ως πομπός. Για την αποστολή των commands στο module χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος που περιγράφεται στο κεφάλαιο 8.3.2.

AT+CHAR0xFFE1 → Το module μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει δεδομένα (Custom Characteristic UUID).

AT+UUID0xFFE0 → ID αναγνώρισης του Module (Custom Service UUID).

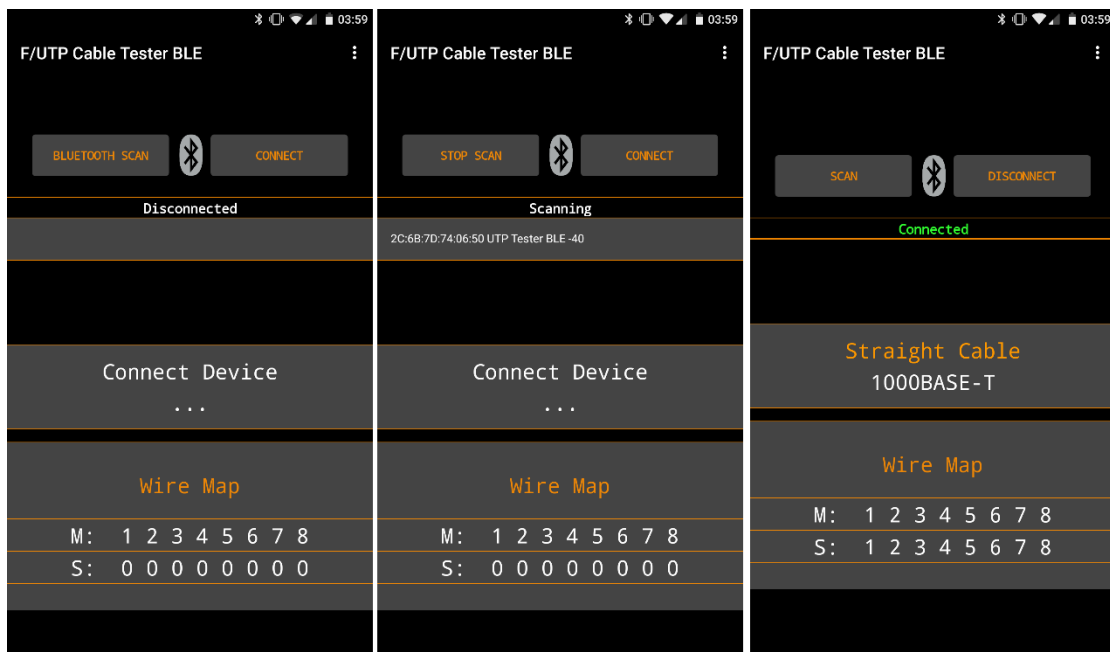
AT+ROLE0 → Ρύθμιση του module ως peripheral (slave).

Στη συνέχεια με τη χρήση της Android εφαρμογής *BLE Scanner* - (www.bluepixeltech.com) γίνεται εξακρίβωση και εντοπισμός των ολοκληρωμένων ID (24bit) του module, απαραίτητα για την εφαρμογή.

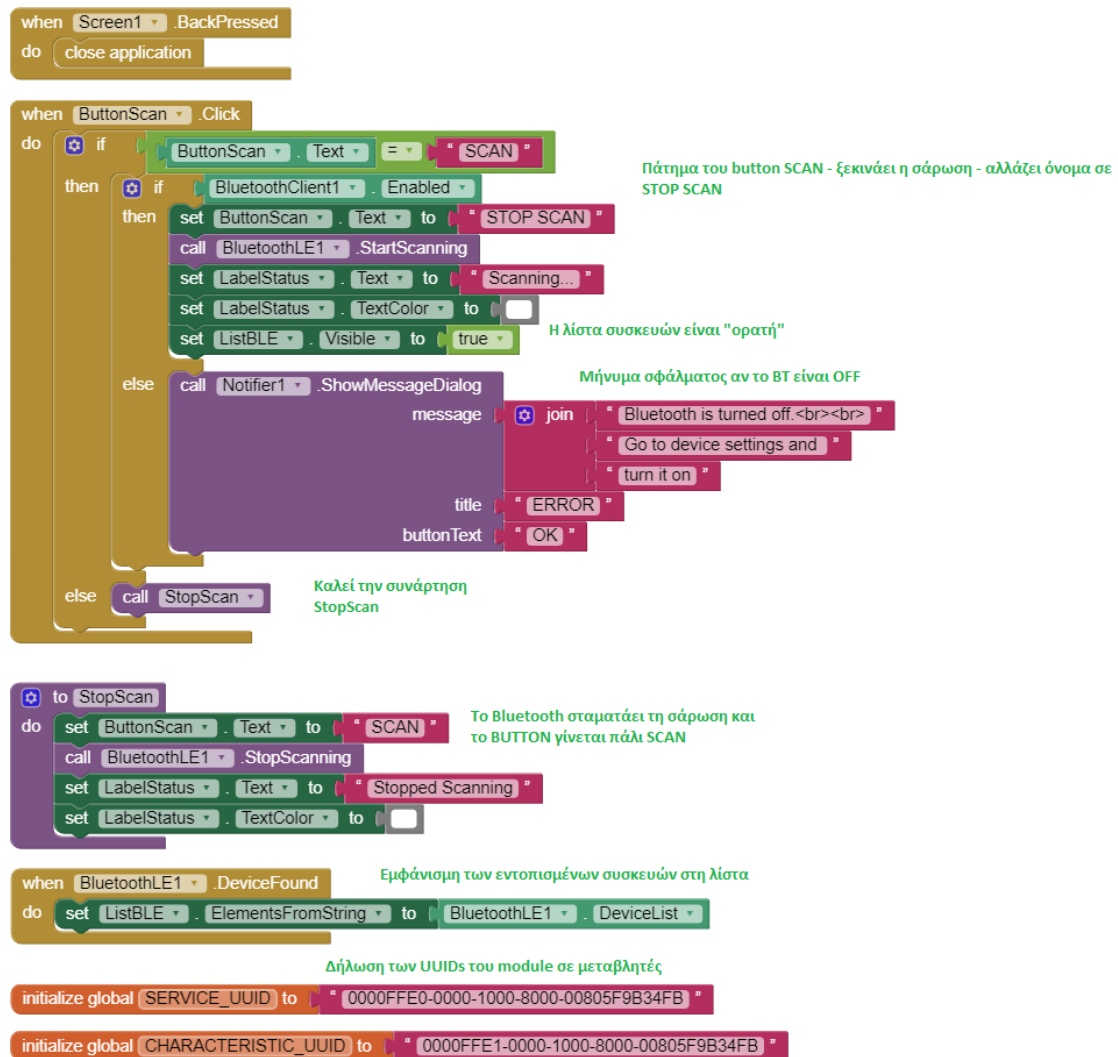


Εικόνα 9.6 UUIDs του AT-09

Ως Bluetooth client στην εφαρμογή χρησιμοποιείται το BluetoothLE extension από τα εξωτερικά πρόσθετα του MIT App Inventor. Ο BLE scanner αποτελείται από δύο buttons δύο καταστάσεων SCAN/STOP SCAN και CONNECT/DISCONNECT, ένα μήνυμα εμφάνισης της τρέχουσας κατάστασης [Scanning, Stopped scanning, Connecting, Connected, Disconnected], μία λίστα εμφάνισης διαθέσιμων BLE συσκευών, και έναν Notifier ο οποίος εμφανίζει μηνύματα σφάλματος αν το BT είναι απενεργοποιημένο ή πατηθεί το button CONNECT χωρίς επιλογή συσκευής. Ο τρόπος εμφάνισης των εισερχόμενων μεταβλητών γίνεται όπως και στην εφαρμογή του HC-05. Παρακάτω παρουσιάζονται στιγμιότυπα της εφαρμογής (Εικόνα 9.7) και ο κώδικάς της με σχολιασμό (Εικόνα 9.8, Εικόνα 9.9, Εικόνα 9.10).



Εικόνα 9.7 Screenshots της BLE εφαρμογής από κινητό Android



Εικόνα 9.8 Α' μέρος των blocks του κώδικα

```

when ButtonConnect .Click
do
  if ButtonConnect .Text = "CONNECT"
  then
    if ListBLE .SelectionIndex > 0
    then
      call StopScan
      call BluetoothLE1 .Connect
      index ListBLE .SelectionIndex
      set LabelStatus .Text to "Connecting..."
      set LabelStatus .TextColor to [white]
    else
      call Notifier1 .ShowMessageDialog
      message join "No BLE device has been selected<br>" "Make a selection and try again."
      title "ERROR"
      buttonText "OK"
    else
      call BluetoothLE1 .UnregisterForValues
      service_uuid get global SERVICE_UUID
      characteristic_uuid get global CHARACTERISTIC_UUID
      call BluetoothLE1 .Disconnect
  end if
end do

when BluetoothLE1 .Connected
do
  set LabelStatus .Text to "Connected"
  set LabelStatus .TextColor to [green]
  set ListBLE .Visible to false
  set ButtonConnect .Text to "DISCONNECT"
  call BluetoothLE1 .RegisterForStrings
  serviceUuid get global SERVICE_UUID
  characteristicUuid get global CHARACTERISTIC_UUID
  utf16 false
end do

when BluetoothLE1 .Disconnected
do
  set LabelStatus .Text to "Disconnected"
  set LabelStatus .TextColor to [white]
  set ButtonConnect .Text to "CONNECT"
  set Cable_type .Text to "Connect Device"
  set Cable_rate .Text to "..."
  set Rec_Wiring .Text to "S: 00000000"
end do

```

Με το πάτημα του Button Connect, η εφαρμογή συνδέεται με την επιλεγμένη συσκευή από τη λίστα

Μήνυμα σφάλματος αν πατηθεί το Connect χωρίς να γίνει επιλογή συσκευής

Αποδέσμευση από τα UUIDs του AT-09 αν γίνει αποσύνδεση

Με τη σύνδεση του AT-09, αποκρύπτεται η λίστα, αλλάζει το όνομα του Connect button σε Disconnect και δηλώνονται τα UUIDs του AT-09 για λήψη μεταβλητών χαρακτήρα

Αν το BT αποσυνδεθεί εμφανίζεται η αρχική οθόνη και καθαρίζει το Wire Map

Εικόνα 9.9 Β' μέρος των blocks του κώδικα

```

when BluetoothLE1 .StringsReceived
  serviceUuid  characteristicUuid  stringValue
do
  if is a list? thing
  then
    for each item in list
    do
      if get item = "broken"
      then
        set Cable_type .Text to "Unknown or "
        set Cable_type .TextColor to 
        set Cable_rate .Text to "Broken Cable"
        set Cable_rate .TextColor to 
        set Rec_Wiring .Text to "S: 0 0 0 0 0 0 0"

      if get item = "straight1000"
      then
        set Cable_type .Text to "Straight Cable"
        set Cable_type .TextColor to 
        set Cable_rate .Text to "1000BASE-T"
        set Cable_rate .TextColor to 
        set Rec_Wiring .Text to "S: 1 2 3 4 5 6 7 8"

      if get item = "straight100"
      then
        set Cable_type .Text to "Straight Cable"
        set Cable_type .TextColor to 
        set Cable_rate .Text to "10/100BASE-T"
        set Cable_rate .TextColor to 
        set Rec_Wiring .Text to "S: 1 2 3 0 0 6 0 0"

      if get item = "cross1000"
      then
        set Cable_type .Text to "Crossover Cable"
        set Cable_type .TextColor to 
        set Cable_rate .Text to "1000BASE-T"
        set Cable_rate .TextColor to 
        set Rec_Wiring .Text to "S: 3 6 1 7 8 2 4 5"

      if get item = "cross100"
      then
        set Cable_type .Text to "Crossover Cable"
        set Cable_type .TextColor to 
        set Cable_rate .Text to "10/100BASE-T"
        set Cable_rate .TextColor to 
        set Rec_Wiring .Text to "S: 3 6 1 0 0 2 0 0"

      if get item = "roll1000"
      then
        set Cable_type .Text to "Rollover Cable"
        set Cable_type .TextColor to 
        set Cable_rate .Text to "1000BASE-T"
        set Cable_rate .TextColor to 
        set Rec_Wiring .Text to "S: 8 7 6 5 4 3 2 1"

      if get item = "roll100"
      then
        set Cable_type .Text to "Rollover Cable"
        set Cable_type .TextColor to 
        set Cable_rate .Text to "10/100BASE-T"
        set Cable_rate .TextColor to 
        set Rec_Wiring .Text to "S: 6 3 2 0 0 1 0 0"
  
```

Όταν λαμβάνονται δεδομένα από το BT, δηλώνονται στην μεταβλητή item

Οι παρακάτω δομές if λειτουργούν όμοια με την προηγούμενη εφαρμογή

Εικόνα 9.10 Γ' μέρος των blocks του κώδικα

Κεφάλαιο 10. Βελτιώσεις και Παρατηρήσεις

Το UTP Tester που κατασκευάστηκε σε αυτή την εργασία μπορεί να υλοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους και διαφορετικά υλικά με σκοπό την βελτίωση των χαρακτηριστικών και των δυνατοτήτων του, την αύξηση της αυτονομίας του, και τη μείωση του μεγέθους και του κόστους κατασκευής του. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν και θα αναλυθούν μερικές προτάσεις που αφορούν τις βελτιώσεις που αναφέρθηκαν.

10.1 Χρήση Διαφορετικού Μικροελεγκτή

Τα χαρακτηριστικά του ATmega328P-PU που χρησιμοποιήθηκε στο κύκλωμα είναι υπερβολικά για τις ανάγκες της συσκευής. Ο 328P διαθέτει 32KB μνήμης προγράμματος από τα οποία χρησιμοποιούνται μόνο τα 6.5KB από το πρόγραμμα που εγκαταστάθηκε. Γι' αυτό το λόγο μπορεί να αντικατασταθεί με κάποιον φθηνότερο όπως τον **ATmega168** (16KB flash memory) ή τον **ATmega8** (8KB flash memory). Αυτοί οι μικροελεγκτές διαθέτουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τον 328P και ίδιο αριθμό pins με την σημαντικότερη διαφορά τους να είναι το μέγεθος της μνήμης προγράμματος. Για να χρησιμοποιηθούν στο κύκλωμα του UTP Tester απαιτούνται τροποποιήσεις στο πρόγραμμα αλλά όχι στις συνδέσεις του κυκλώματος καθώς και οι τρεις ενσωματώνουν τις ίδιες λειτουργίες στα ίδια pins (ίδιο pin mapping) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην πλακέτα που σχεδιάστηκε.

Επίσης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποιος μικροελεγκτής από την οικογένεια ATTiny με την προϋπόθεση να διαθέτει 8KB μνήμης προγράμματος όπως ο **ATTiny861-20PU**. Ο 861-20PU παρόλο που διαθέτει 8KB flash memory έχει 20 pins και λιγότερες εισόδους-εξόδους. Επομένως θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα ένας PISO shift register (για παράδειγμα ο **CD4021**) για να αυξηθούν οι είσοδοι του μικροελεγκτή σε συνδυασμό με τον SIPO 74HC595 που αυξάνει τις εξόδους.

Όλοι οι μικροελεγκτές που αναφέρθηκαν μπορούν να προγραμματιστούν με το Arduino IDE και το Arduino UNO Board ως ISP Programmer.

10.2 Οθόνες και Πρωτόκολλο I²C

10.2.1 Σύνδεση οθόνης LCD χρησιμοποιώντας το I²C

Το 16x2 LCD module της συσκευής χρησιμοποιεί 6 I/O pins του μικροελεγκτή για τη δημιουργία της κατάλληλης διεπαφής επικοινωνίας. Εναλλακτικά θα μπορούσε να συνδεθεί με τον μικροελεγκτή χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επικοινωνίας I²C μειώνοντας τις απαραίτητες συνδέσεις σε 2. Το I²C ή Inter-Integrated Circuit είναι ένας σειριακός δίαυλος που δημιουργήθηκε από τη Philips και χρησιμοποιείται για την σύνδεση περιφερειακών μικρής ταχύτητας σε μητρικές πλακέτες, ενσωματωμένα συστήματα (αγγλ. embedded systems), κινητά τηλέφωνα ή άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Αυτό το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί δύο σήματα για να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ δύο συσκευών, το Data Signal – SDA και το Clock Signal – SCL περιορίζοντας τις συνδέσεις μεταξύ συσκευής και μικροελεγκτή σε δύο καλώδια. Στον 328P για παράδειγμα η επικοινωνία του I²C διαύλου μπορεί να πραγματοποιηθεί στα pins 27 (SCL) και 28 (SDA).

Για τη σύνδεση μιας συσκευής με πολλαπλές εξόδους στο I²C bus είναι απαραίτητο ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που λειτουργεί ως I²C Port Expander. Για το 16x2 LCD module του UTP Tester θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το ολοκληρωμένο **PC8574** το οποίο διαθέτει 8 I/O digital bits που είναι αρκετά για τις συνδέσεις της οθόνης. Επίσης υπάρχουν διαθέσιμα modules με ενσωματωμένο I²C expander και ποτενσιόμετρο για ρύθμιση της αντίθεσης της οθόνης (**Εικόνα 10.1**). Με τη χρήση του I²C για τη σύνδεση της οθόνης απελευθερώνονται I/O pins του μικροελεγκτή με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιος με λιγότερα pins.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του πρωτοκόλλου είναι ότι μπορούν να συνδεθούν πολλαπλές συσκευές στον δίαυλο και να ελέγχονται η κάθε μια ξεχωριστά. Θα ήταν δυνατό δηλαδή στα SDA/SCL pins του 328P να συνδεθούν 2 διαφορετικές 16x2 οθόνες οι οποίες θα έδιναν διαφορετικές πληροφορίες.

Τέλος μέσω του I²C θα ήταν δυνατή η αυξομείωση ή η απενεργοποίηση της φωτεινότητας της οθόνης μέσω της Android εφαρμογής με τον κατάλληλο προγραμματισμό με σκοπό την μείωση κατανάλωσης της μπαταρίας. Η λειτουργία αυτή είναι εφικτή και χωρίς το I²C, αλλά απαιτείται ένα PWM pin από τον 328P το οποίο δεν είναι διαθέσιμο. Γι' αυτό το λόγο τοποθετήθηκε ποτενσιόμετρο.



Εικόνα 10.1 Πίσω μέρος 16x2 LCD module με ενσωματωμένο I²C expander

10.2.2 LCD & OLED modules

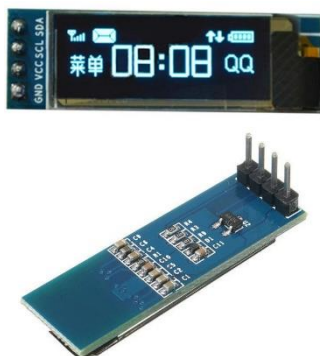
Το 16x2 LCD module διαθέτει μόνο 2 γραμμές για την εμφάνιση πληροφοριών και η συσκευή προγραμματίστηκε ώστε να γίνεται εναλλαγή στα δεδομένα που εμφανίζονται. Πρώτα δηλαδή εμφανίζεται το wire map και όταν ολοκληρωθεί, εμφανίζεται το είδος του καλωδίου. Αυτός ο τρόπος δεν είναι βολικός επειδή αν ο χρήστης δεν προλάβει να δει το είδος του καλωδίου θα πρέπει να περιμένει να ολοκληρωθεί ξανά η διαδικασία. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος η 16x2 οθόνη μπορεί να αντικατασταθεί με μία μεγαλύτερη LCD οθόνη για παράδειγμα 20x4. Χρησιμοποιώντας ένα **20x4 LCD module** (4 γραμμές – 20 χαρακτήρες σε κάθε γραμμή) θα ήταν εφικτό να εμφανίζονται ταυτόχρονα το είδος του καλωδίου στις 2 πρώτες γραμμές και το wire map στις δύο επόμενες και η ονομασία του καλωδίου να παραμένει στην οθόνη έως ότου αποσυνδεθεί το καλώδιο ή συνδεθεί κάποιο διαφορετικό. Τα 20x4 LCD modules έχουν την ίδια συνδεσμολογία με τα 16x2 και μπορούν να χρησιμοποιήσουν I²C πρωτόκολλο όμως κοστίζουν περισσότερο και καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια.



Εικόνα 10.2 20x4 LCD Display module

Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποια **OLED - Organic Light-Emitting Diode** οθόνη. Οι οθόνες με τεχνολογία OLED χρησιμοποιούν υλικά οργανικών ενώσεων τα οποία εκπέμπουν φως όταν εφαρμόζεται σε αυτά τάση. Με αυτό τον τρόπο δεν χρειάζονται backlight όπως οι LCD οθόνες και έχουν μειωμένη κατανάλωση ενέργειας. Τα OLED display modules είναι μικρότερα από τα LCD και διαθέτουν πολύ μεγαλύτερη ανάλυση που επιτρέπει τη χρήση διαφορετικών γραμματοσειρών και μεγεθών χαρακτήρων. Συνήθως ενσωματώνουν I²C ή SPI (Κεφάλαιο 8.1.2) πρωτόκολλο για τη σύνδεσή τους με τον μικροελεγκτή.

Με τη χρήση ενός OLED module θα μειωνόταν αρκετά το μέγεθος της πλακέτας και τα pins που απαιτούνται από τον μικροελεγκτή, θα εμφανίζονταν περισσότερα δεδομένα ταυτόχρονα και θα μειωνόταν η κατανάλωση του κυκλώματος.



Εικόνα 10.3 0.91" 128x32 OLED Display module

10.3 Βελτίωση Τροφοδοσίας & Αυτονομίας

10.3.1 Αλκαλικές μπαταρίες AA

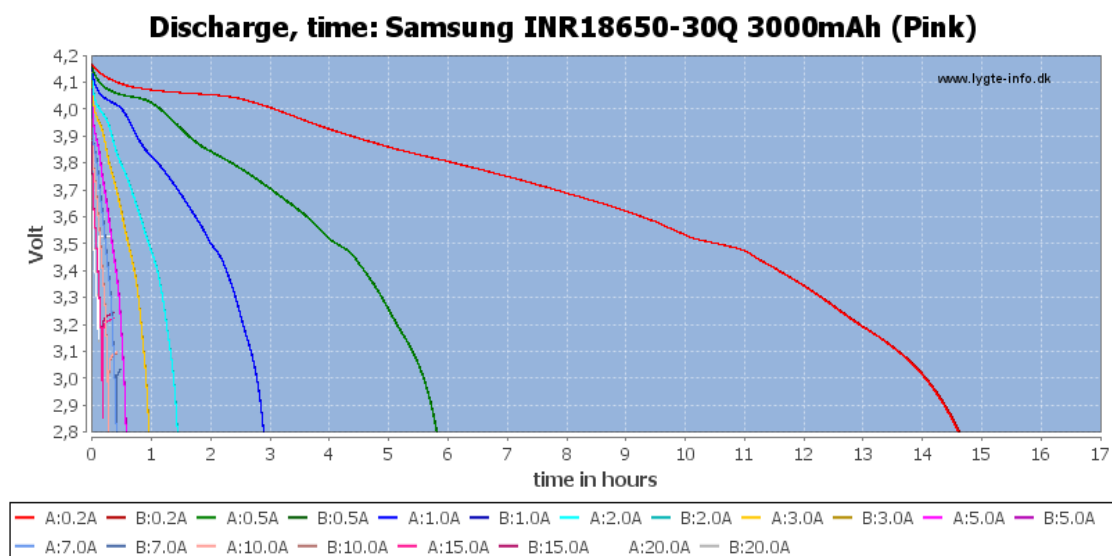
Οι μπαταρίες τύπου 6LR61 9V που επιλέχθηκαν για την τροφοδοσία του κυκλώματος διαθέτουν πολύ περιορισμένη χωρητικότητα, έως 500mAh, και σε συνδυασμό με την σπατάλη ενέργειας λόγω της σταθεροποίησης της τάσης στα 5V, το UTP Tester έχει αρκετά μικρή αυτονομία. Με τον όρο Ah – Amp Hour ή αμπερώρια εννοείται το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να αποδώσει μία μπαταρία σε διάρκεια μίας ώρας. Για παράδειγμα μία μπαταρία 1000 mAh (ή 1Ah) μπορεί θεωρητικά να τροφοδοτεί ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με 1000 mA για μία ώρα ή με 500 mA για 2 ώρες κλπ. Βέβαια η διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας εξαρτάται και από άλλους παράγοντες εκτός από την ονομαστική της χωρητικότητα όπως ο ρυθμός αποφόρτισης της και η θερμοκρασία λειτουργίας. Όπως φαίνεται και στο σχεδιάγραμμα του **Κεφαλαίου 7.6.2** σε μία μπαταρία 6LR61 η διάρκεια ζωής μειώνεται μη γραμμικά όσο αυξάνεται ο ρυθμός αποφόρτισης.

Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μπαταρίες τύπου AA οι οποίες προσφέρουν αρκετά μεγαλύτερες χωρητικότητες. Οι **AA** μπαταρίες υπάρχουν διαθέσιμες με χωρητικότητες έως 3000mAh, όμως η τάση τους είναι μόλις **1.5V**. Για να επιτευχθεί η ιδανική τάση για τη λειτουργία του UTP Tester θα πρέπει να συνδεθούν 5 ή 6 AA μπαταρίες σε σειρά δημιουργώντας έτσι ένα «battery pack» το οποίο διαθέτει 7.5V για 5 μπαταρίες και 9V για 6. Συνδέοντας μπαταρίες ίδιας τάσης και ίδια χωρητικότητας σε σειρά η συνολική τάση εξόδου ισούται με το άθροισμα της τάσης κάθε μπαταρίας που μπαίνει σε σειρά ενώ η συνολική χωρητικότητα παραμένει ίδια με αυτή μίας και μόνο μπαταρίας, αντίθετα συνδέοντας μπαταρίες παράλληλα η τάση παραμένει ίδια και η χωρητικότητα ισούται με το άθροισμα της χωρητικότητας όλων των μπαταριών που βρίσκονται παράλληλα. Επομένως η χρήση 5 AA μπαταριών ($5 \times 1.5V = 7.5V$) ή 6 AA μπαταριών ($6 \times 1.5V = 9V$) σε σειρά θα πρόσφερε στο κύκλωμα αρκετά μεγαλύτερη αυτονομία από την 9V μονή μπαταρία αλλά θα αύξανε το βάρος και το μέγεθος της συσκευής.

10.3.2 Μπαταρίες λιθίου

Αντί για αλκαλικές μπαταρίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου. Οι πιο διαδεδομένες κατηγορίες μπαταριών λιθίου είναι οι εξής: Lithium-ion ή Li-ion, Lithium-Polymer ή Li-po και Lithium Iron Phosphate ή LiFePO₄. Οι διαφορετικές αυτές κατηγορίες αφορούν τα υλικά κατασκευής και τις ιδιότητες των μπαταριών. Τα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με τις αλκαλικές μπαταρίες είναι: μεγαλύτερη χωρητικότητα, πολύ μεγαλύτερα όρια ρεύματος αποφόρτισης, μπορούν να επαναφορτιστούν και είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Το κυριότερο μειονέκτημά τους είναι η επικινδυνότητα τους αν χρησιμοποιηθούν λανθασμένα. Αν γίνει φόρτιση μίας μπαταρίας λιθίου πάνω από τα επιτρεπτά όρια ή αποφόρτιση κάτω από τα επιτρεπτά όρια ενδέχεται να αναφλεγεί ή να εκραγεί. Για τον λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με κυκλώματα προστασίας φόρτισης-αποφόρτισης.

Η πιο διαδεδομένη κατηγορία **Li-ion** μπαταριών είναι οι τύπου 18650. Οι 18650 έχουν μήκος περίπου 6.5cm και διάμετρο 1.8cm, διατίθενται σε διάφορες χωρητικότητες από 2000 έως 4000mAh και η ονομαστική τους τάση είναι 3.6-3.7V. Τοποθετώντας δύο 18650 «cells» σε σειρά δημιουργείται ένα «battery pack» με τάση 7.4V ικανό να τροφοδοτήσει το UTP Tester. Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας δύο μπαταρίες **Samsung INR18650-30Q 3000mAh** (Εικόνα 10.5) σε σειρά το UTP Tester μπορεί να λειτουργεί συνεχόμενα για περισσότερο από 13 ώρες σύμφωνα την καμπύλη αποφόρτισης της μπαταρίας (Εικόνα 10.4 – κόκκινη καμπύλη για αποφόρτιση με 200mA). Μέχρι δηλαδή η τάση στο κάθε «cell» φτάσει κάτω από 3.1V και η τάση εξόδου του «battery pack» πέσει στο όριο του σταθεροποιητή LM2940CT-5V η οποία είναι 6.25V. Με τη χρήση μπαταριών λιθίου για την τροφοδοσία του κυκλώματος είναι εφικτό η συσκευή να γίνει επαναφορτιζόμενη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ενός κυκλώματος φόρτισης και προστασίας των μπαταριών. Τέτοιου είδους κυκλώματα υπάρχουν διαθέσιμα σε μορφή μικρών πλακετών ή μπορούν να σχεδιαστούν και ενσωματωθούν στην πλακέτα του UTP Tester. Επιπλέον θα ήταν δυνατό να ελέγχεται η υπολειπόμενη ενέργεια της μπαταρίας και να εμφανίζεται στην Android εφαρμογή με χρήση των PWM εισόδων του μικροελεγκτή.



Εικόνα 10.4 Καμπύλη αποφόρτισης μπαταρίας Samsung INR18650-30Q 3000mAh



Εικόνα 10.5 Μπαταρίες Samsung 18650 3.7V 3000mAh

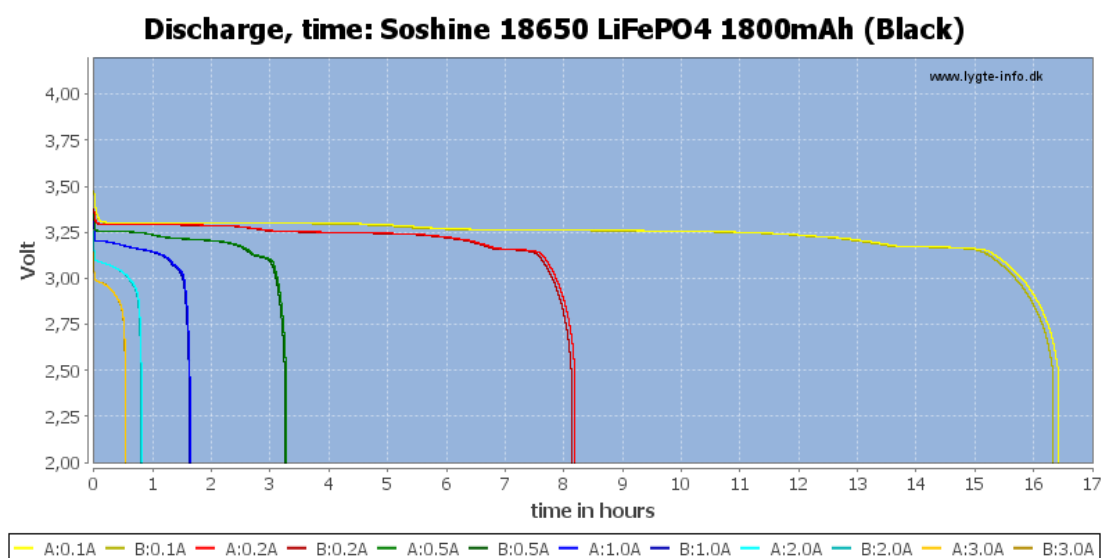
Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία **Li-Po** μπαταρία 2S – 7.4V. Οι Li-Po μπαταρίες υπάρχουν διαθέσιμες σε μεγάλος εύρος χωρητικότητας που ξεκινούν από 100mAh και μπορεί να ξεπερνούν τα 8000mAh. Οι μπαταρίες αυτές έχουν σχήμα ορθογώνιο – πλακέ, πολύ μικρός βάρος και τα μεγέθη τους ποικίλουν αναλόγως την χωρητικότητα και την τάση τους. Κάθε «cell» μιας Li-Po μπαταρίας έχει ονομαστική 3.7V, όπως και στις Li-Ion. Με τον όρο «2S» εννοείται ότι μια Li-Po μπαταρία διαθέτει 2 «cells» και τη τάση λειτουργίας της είναι 7.4V. Αντίστοιχα υπάρχουν μπαταρίες τύπου 1S – 3.7V, 3S – 11.1V κλπ. Οι Li-Po μπαταρίες δεν ενδείκνυνται για χρήση σε σειρά ή παράλληλα. Όπως και με τις 18650 μπορούν να χρησιμοποιηθούν με κύκλωμα φόρτισης – προστασίας, κάνοντας την συσκευή επαναφορτιζόμενη. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των Li-Po είναι το υψηλό κόστος τους, ειδικά για μεγάλες χωρητικότητες.



Εικόνα 10.6 Gens ace Li-Po μπαταρία 2S – 7.4V 5000mAh

Σε αντίθεση με τις Li-Po και τις Li-Ion, οι **LiFePO4** μπαταρίες έχουν ονομαστική τάση λειτουργίας 3.2V αντί για 3.7V ανά «cell». Με 3.2V για κάθε μπαταρία μια συστοιχία 2 μπαταριών σε σειρά θα απέδιδε 6.4V, τάση κοντά στα όρια του σταθεροποιητή. Οι LiFePO4 μπαταρίες υπάρχουν διαθέσιμες σε τύπο **18650**, όμως η χωρητικότητά τους είναι αρκετά μικρότερη από αυτή των Li-Ion 18650 (έως 1800mAh). Το πλεονέκτημά τους σε σχέση με τις προηγούμενες είναι ότι η τάση στα άκρα τους παραμένει σχεδόν σταθερή κατά την αποφόρτισή τους (3.5V – 3.1V). Αυτό το χαρακτηριστικό κάνει εφικτή τη χρήση μιας συστοιχίας μπαταριών LiFePO4 6.4V για την τροφοδοσία του UTP Tester.

Έχοντας σταθερή τάση κατά την αποφόρτιση της μπαταρίας, ένας αποδοτικότερος τρόπος χρήσης τους θα ήταν η τροφοδοσία του κυκλώματος απευθείας από τη μπαταρία χωρίς τη χρήση σταθεροποιητή τάσης, αποφεύγοντας με αυτό τον τρόπο την σπατάλη ενέργειας κατά την μείωση-σταθεροποίηση της τάσης. Για να είναι αυτό εφικτό πρέπει να τροποποιηθεί το κύκλωμα ώστε να λειτουργεί με τροφοδοσία **3.5V έως 3.2V**. Ο 328P μπορεί να λειτουργήσει σε αυτή την τάση, όχι όμως το AT-09 BLE module που χρειάζεται τάση τροφοδοσίας μεγαλύτερη από 3.5V, το LCD module 5V και το Shift Register περίπου 4.5V για συχνότητα ρολογιού έως 25Mhz. Επομένως πρέπει να αντικατασταθεί το 5V 16x2 LCD module με ένα 3.3V 16x2 LCD module. Τα 3.3V HD44780 LCD modules έχουν όρια επιτρεπόμενης τάσης λειτουργίας από 3.1V έως 3.5V και είναι ιδανικά για ένα τέτοιο κύκλωμα. Αντί για το AT-09 μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ATWINC3400-MR210CA BLE module της Microchip με όρια τροφοδοσίας από 3V έως 4.2V. Τέλος θα πρέπει να αφαιρεθεί ο 16Mhz κρύσταλλος και να τοποθετηθεί κρύσταλλος μικρότερης συχνότητας ή να ενεργοποιηθεί το εσωτερικό ρολόι 8Mhz του 328P για να λειτουργεί το 74HC595 shift register σωστά, μειώνοντας ταυτόχρονα τη συνολική κατανάλωση του κυκλώματος.

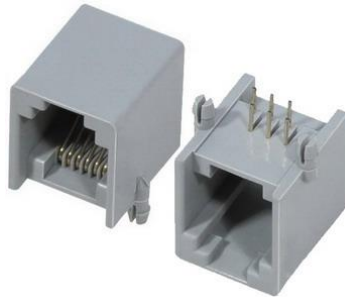


Εικόνα 10.7 Καμπύλη αποφόρτισης μπαταρίας Soshine 18650 LiFePO4 1800mAh

10.4 Προσθήκη Λειτουργιών και Δυνατοτήτων

10.4.1 Έλεγχος τηλεφωνικών καλωδίων RJ11

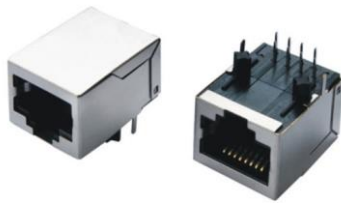
Τα περισσότερα Cable Verification Testers διαθέτουν τη δυνατότητα ελέγχου καλωδίων σύνδεσης τηλεφώνων/modem εκτός από UTP καλώδια. Με τις κατάλληλες αλλαγές στον προγραμματισμό και την προσθήκη δύο RJ11 6P4C ή 6P6C (**Εικόνα 10.8**) υποδοχέων στον σχεδιασμό του κυκλώματος μπορεί να προστεθεί αυτή η λειτουργία στο UTP Tester.



Εικόνα 10.8 RJ11 6P6C υποδοχείς για PCB

10.4.2 Δυνατότητα ελέγχου γείωσης S/FTP καλωδίων

Ένα επιπλέον αρκετά χρήσιμο χαρακτηριστικό που διαθέτουν πολλά Cable Verification Testers είναι ο έλεγχος της γείωσης των FTP και STP καλωδίων. Οι RJ45 υποδοχείς (**Εικόνα 10.9**) που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του UTP Tester είναι θωρακισμένοι και κατάλληλοι για σύνδεση θωρακισμένου RJ45 βύσματος (Κεφάλαιο 5.6.2) με δυνατότητα σύνδεσης της θωράκισής τους στην πλακέτα, παρόλα αυτά δεν είναι συνδεδεμένη στην πλακέτα. Ο έλεγχος γείωσης ενός S/FTP καλωδίου μπορεί να προστεθεί ως δυνατότητα στο UTP Tester με τις εξής αλλαγές: Σύνδεση των pins θωράκισης των RJ45 στο κύκλωμα, εφαρμογή τάσης στα pins θωράκισης του ενός RJ45, σύνδεση των pins του δεύτερου σε μία είσοδο του μικροελεγκτή. Με αυτή την τροποποίηση συνδέοντας ένα FTP καλώδιο με «γείωση» στα RJ45 βραχυκυκλώνεται η τάση που εφαρμόζεται στο ένα RJ45 με το pin εισόδου του μικροελεγκτή και γίνεται δυνατός ο έλεγχος συνέχειας της γείωσης του καλωδίου. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η αλλαγή θα πρέπει να ελευθερωθεί ένα pin από τον μικροελεγκτή με κάποιον από τους τρόπους που αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο.



Εικόνα 10.9 RJ45 8P8C υποδοχείς με θωράκιση για PCB

10.4.3 Βελτίωση σχεδιασμού κυκλώματος και πλακέτας

Το μέγεθος της πλακέτας που επιλέχθηκε (100x100mm) είναι αρκετά μεγάλο για το σύνολο των υλικών που βρίσκονται σε αυτή. Με κατάλληλη τοποθέτηση των υλικών και χειροκίνητο σχεδιασμό των χαλκοδιαδρομών και των VIAs είναι εφικτό να μειωθεί αρκετά το μέγεθός της.

Ένα άλλο χρήσιμο χαρακτηριστικό των Cable Verification Testers είναι ότι συνήθως το δεύτερο RJ45 έχει τη δυνατότητα αφαίρεσής του από το κύριο σώμα της συσκευής. Αυτό δίνει τη δυνατότητα ελέγχου καλωδίων που βρίσκονται εγκατεστημένα σε μία δομημένη καλωδίωση συνδέοντας τη συσκευή με ένα straight καλώδιο στην μια RJ45 πρίζα και το αφαιρούμενο κομμάτι στην πρίζα που βρίσκεται το άλλο άκρο της καλωδίωσης που χρειάζεται έλεγχο, η οποία μπορεί να βρίσκεται σε άλλο δωμάτιο ή όροφο. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η αλλαγή στο UTP Tester πρέπει να γίνουν αρκετές αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας του κυκλώματος και σχεδιασμός δύο διαφορετικών πλακετών (Master RJ45 – Slave RJ45).

10.4.4 Δυνατότητα μέτρησης μήκους καλωδίου (TDR)

Το TDR – Time Domain Reflectometer (ελλ. ανακλασίμετρο) είναι ένα είδος ηλεκτρονικού οργάνου που χρησιμοποιεί την τεχνική «Time Domain Reflectometry» και μπορεί να προσδιορίσει το συνολικό μήκος ενός καλωδίου ή την απόσταση από το σημείο που υπάρχει κάποια ασυνέχεια. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί μία γεννήτρια συχνοτήτων η οποία στέλνει έναν παλμό στο καλώδιο, όταν το ανακλώμενο σήμα επιστρέψει στην γεννήτρια ανάλογα το σχήμα, τη φάση και τον χρόνο επιστροφής του σήματος μπορεί να προσδιοριστεί το μήκος του καλωδίου. Πολλοί δοκιμαστές καλωδίων δικτύου ενσωματώνουν τη δυνατότητα μέτρησης με TDR, αλλά η σχεδίαση ενός τέτοιου κυκλώματος είναι αρκετά πολύπλοκη.

Ένα UTP καλώδιο έχει την ίδια χωρητικότητα ανά μέτρο (περίπου 50pf για ένα CAT5), έτσι τοποθετώντας μια αντίσταση στο ένα άκρο του δημιουργείται ένα RC κύκλωμα. Εισάγοντας έναν παλμό με πολύ μικρό χρόνο ανόδου στο άλλο άκρο του και μετρώντας τον χρόνο φόρτισης μπορεί θεωρητικά να υπολογιστεί το μήκος του καλωδίου χρησιμοποιώντας τις

εξισώσεις σταθεράς χρόνου RC κυκλωμάτων. Για την μέτρηση του χρόνου φόρτισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιος PIC μικροελεγκτής που ενσωματώνει **CTMU** – Charge Time Measurement Unit. Με την διαδικασία αυτή δεν δημιουργείται ένα TDR κύκλωμα φυσικά αλλά ένα τρόπος μέτρησης του μήκους καλωδίων χωρίς ασυνέχεια με μικρή ακρίβεια.

10.4.5 Δυνατότητα «Network Ethernet Analyzer»

Ένα Network Ethernet Analyzer είναι μία συσκευή με δυνατότητα σύνδεσης σε ένα Ethernet δίκτυο με σκοπό την συλλογή χρήσιμων πληροφοριών και ελέγχου σωστής λειτουργίας. Για να συνδεθεί μία συσκευή σε ένα Ethernet δίκτυο απαραίτητη προϋπόθεση είναι να διαθέτει διεύθυνση MAC. Για την προσθήκη μοναδικής MAC Address σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα chip με ενσωματωμένο Ethernet controller όπως το **ENC424J600** της Microchip ή το **W5500** της WIZnet. Υπάρχουν διαθέσιμα έτοιμα «modules» (**Εικόνα 10.10**) βασισμένα σε αυτούς τους Ethernet Controllers τα οποία μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν σε ένα PCB και διαθέτουν ενσωματωμένο RJ45.

Με τη χρήση ενός τέτοιου module και τον κατάλληλο προγραμματισμό του μικροελεγκτή το UTP Tester θα μπορούσε να συνδεθεί σε ένα δίκτυο λαμβάνοντας διεύθυνση IP. Επιπροσθέτως θα ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί «ring», HTTP, DNS και DHCP test στο δίκτυο και να αντληθούν πληροφορίες από τα CDP και LLDP πρωτόκολλα μέσω του Ethernet Controller. Τα **CDP** (Cisco Discovery Protocol) και **LLDP** (Link Layer Discovery Protocol) πρωτόκολλα λειτουργούν στο δεύτερο επίπεδο του OSI (Data Link) και χρησιμοποιούνται για την κοινοποίηση πληροφοριών ανάμεσα σε άμεσα συνδεδεμένες συσκευές σε ένα Ethernet δίκτυο. Αυτές οι πληροφορίες αφορούν την IP, το VLAN που μπορεί να βρίσκεται συνδεδεμένη η συσκευή, την ταχύτητα του Ethernet πρωτοκόλλου, το hostname της συσκευής κλπ.



Εικόνα 10.10 WIZnet 5500 Ethernet module

Βιβλιογραφία & Ηλεκτρονικές Πηγές

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Todd Lammle, *“CCNA Routing and Switching COMPLETE STUDY GUIDE”*, 2nd Ed, Sybex, John Wiley & Son s, Inc., Indianapolis, Indiana, USA, 2016
2. Wendel Odom, *“Official Cert Guide CCENT/CCNA ICDN1 100-105”*, Cisco Press, 800 East 96th Street Indianapolis, USA, 2016
3. Wendel Odom, *“Official Cert Guide CCNA Routing and Switching ICDN2 200-105”*, Cisco Press, 800 East 96th Street Indianapolis, USA, 2016
4. Jack Purdum, *“Beginning C for Arduino, Learn C Programming for the Arduino and Compatible Microcontrollers”*, Apress, Springer Science+Business Media, LLC., 233 Spring Street, New York, USA, 2012

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Μανώλης Καγιάς, *“Δίκτυα Υπολογιστών – Το Ανεπίσημο Βοήθημα”*, Χανιά, ελεύθερη διανομή Web Edition, υπό τους όρους της άδειας creative commons, διαθέσιμο από την τοποθεσία: <http://diktia.chania-lug.gr>, 2017
2. Μανώλης Καγιάς, *“Δίκτυα Υπολογιστών II – Το Ανεπίσημο Βοήθημα”*, 2nd Ed, Χανιά, ελεύθερη διανομή Web Edition, υπό τους όρους της άδειας creative commons, διαθέσιμο από την τοποθεσία: <http://diktia.chania-lug.gr>, 2010
3. Παναγιώτης Ε. Φουληράς, *“Ανάπτυξη και Διαχείριση Δικτύων Υπολογιστών”*, ελεύθερη διανομή Web Edition, υπό τους όρους της άδειας creative commons, διαθέσιμο από την τοποθεσία: <https://www.kallipos.gr> Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, 2015

Ηλεκτρονικές Πηγές

1. <https://www.arduino.cc> – Η επίσημη ιστοσελίδα της πλατφόρμας Arduino στην οποία υπάρχουν πληροφορίες, οδηγοί και παραδείγματα που αφορούν τα Arduino boards και την προγραμματιστική γλώσσα Arduino.

[Άρθρα και οδηγοί που χρησιμοποιήθηκαν στην συγγραφή της εργασίας και του κώδικα]

- <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoToBreadboard>
- <https://www.arduino.cc/en/Main/Standalone>
- <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoISP>
- <https://www.arduino.cc/en/Hacking/Bootloader?from=Tutorial.Bootloader>
- <https://www.arduino.cc/en/Reference/Libraries>
- <https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/>
- <https://www.arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystal>
- <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ShiftOut>
- <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ShiftIn>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/sketch/loop/>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/language/variables/data-types/void/>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/control-structure/if/>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/control-structure/while/>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/control-structure/for/>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/language/variables/data-types/boolean/>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/boolean-operators/>
- <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoBT>
- <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoZeroPowerConsumption>

2. <https://en.wikipedia.org> – Διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια ελεύθερου περιεχομένου.

[Άρθρα που χρησιμοποιήθηκαν στην συγγραφή της εργασίας]

- https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_network
- https://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunications_network
- https://en.wikipedia.org/wiki/Networking_hardware
- https://en.wikipedia.org/wiki/Data_transmission
- https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_protocol_suite
- <https://en.wikipedia.org/wiki/OSI>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Encapsulation_\(networking\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Encapsulation_(networking))

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet>
 - https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Local_area_network
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Structured_cabling
 - <https://en.wikipedia.org/wiki/TIA/EIA-568>
 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Twisted_pair#Unshielded_twisted_pair_\(UTP\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Twisted_pair#Unshielded_twisted_pair_(UTP))
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet_over_twisted_pair
 - https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_11801
 - <https://en.wikipedia.org/wiki/ARJ45>
 - <https://en.wikipedia.org/wiki/TERA>
 - <https://en.wikipedia.org/wiki/GG45>
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Medium-dependent_interface
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Rollover_cable
 - https://en.wikipedia.org/wiki/AVR_microcontrollers
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Shift_register
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal_display
 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Voltage_regulator
 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Android_\(operating_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system))
 - https://en.wikipedia.org/wiki/App_Inventor_for_Android
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_polymer_battery
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_iron_phosphate_battery
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Time-domain_reflectometry
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Link_Layer_Discovery_Protocol
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Cisco_Discovery_Protocol
3. <https://www.cisco.com> – Η ιστοσελίδα της εταιρίας σχεδιασμού και κατασκευής διαδικτυακού εξοπλισμού και λογισμικού Cisco. Σε αυτήν περιλαμβάνονται οδηγοί, πληροφορίες και φύλλα δεδομένων που αφορούν τα δίκτυα υπολογιστών και τον δικτυακό εξοπλισμό Cisco.

[Άρθρα, οδηγοί και φύλλα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην συγγραφή της εργασίας]

- <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/voice/voiceport/configuration/15-mt/vp-15-mt-book/vp-cfg-echo-canc.pdf>
- <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/routers/7000-series-routers/12223-14.html>
- <https://www.cisco.com/c/en/us/tech/lan-switching/ethernet/index.html>

- https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/video/cds/cde/installation/guide/CDE_Inst_all_Book/Connectors.pdf
 - <https://community.cisco.com/t5/network-architecture-documents/how-to-use-time-domain-reflectometer-tdr/ta-p/3119327>
4. Σημειώσεις των μαθημάτων που διδάσκονται στο Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, *Μικροελεγκτές I* και *Μικροελεγκτές II*, των καθηγητών Γιακουμής Άγγελος και Καζακόπουλος Αριστοτέλης. Οι σημειώσεις υπάρχουν διαθέσιμες στην ιστοσελίδα <https://moodle.teithe.gr>.
 5. http://users.sch.gr/jabatzo/files/yliko/live%20ebooks/diktya_ypolog_G_2018_final/index.html – Ιστοσελίδα με πληροφορίες και υλικό, του καθηγητή Αμπατζόγλου Ιωάννη, που αφορά το μάθημα *Τεχνολογία Δικτύων και Επικοινωνιών*, το οποίο διδάσκεται στην Γ' τάξη Επαγγελματικών Λυκείων.
 6. <http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/intro.html> – Ιστοσελίδα εκπαιδευτικού σκοπού η οποία αφορά την Αρχιτεκτονική δικτύων.
 7. http://hermes.di.uoa.gr/exe_activities/diktia/index.html – Ιστοσελίδα εκπαιδευτικού σκοπού του Πανεπιστημίου Αθηνών που αφορά τα δίκτυα, το διαδίκτυο και τις ιστοσελίδες.
 8. https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/1763/2/00_master_document.pdf – Εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος *Δίκτυα Η/Υ* το οποίο διδάσκεται στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής. Των καθηγητών: Χειλάς Κωνσταντίνος, Βακαλούδης Αλέξανδρος και Πολίτης Αναστάσιος.
 9. <https://www.studytonight.com/computer-networks/network-topology-types> – Ιστοσελίδα σεμιναρίων και «online courses» που αφορούν τον προγραμματισμό, τα δίκτυα υπολογιστών την ανάπτυξη ιστοσελίδων κλπ.
 10. <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/ethernet-ieee-802-3/data-frames-structure-format.php> – Άρθρο δημοσιευμένο στην ιστοσελίδα www.electronics-notes.com με θέμα “Ethernet IEEE 802.3 Frame Format/Structure”.

11. <http://www.datacottage.com/nch/cablinghist.htm> – Άρθρο δημοσιευμένο στην ιστοσελίδα <http://www.datacottage.com> με θέμα “*The History of Network Cabling*”.
12. <https://www.flukenetworks.com> – Εταιρεία κατασκευής ηλεκτρονικών οργάνων ελέγχου δικτύου του ομίλου Fluke Corporation. Στην ιστοσελίδα της υπάρχουν άρθρα που αφορούν τα σύγχρονα δίκτυα και τα όργανα ελέγχου δικτύων υπολογιστών.

[Άρθρα που χρησιμοποιήθηκαν στην συγγραφή της εργασίας]

- <https://www.flukenetworks.com/knowledge-base/applicationstandards-articles-copper/category-8-cabling-fact-sheet> – Άρθρο δημοσιευμένο στην ιστοσελίδα www.flukenetworks.com με θέμα “Category 8 Cabling Fact Sheet”. Δημοσιεύθηκε από τον Wayne Allen το 2017.
 - <https://www.flukenetworks.com/Expertise/Learn-About/Cable-Testing> - Άρθρο με θέμα “*Network Cable Testers*”.
13. <https://pdfs.semanticscholar.org/f0cb/444f94af2afcd3b9b4449cce863cfa248dc.pdf> – Άρθρο με θέμα “*A 125-MHz Mixed-Signal Echo Canceller for Gigabit Ethernet on Copper Wire*”, 2001, των Tai-Cheng Lee και Behzad Razavi, μελών του οργανισμού IEEE. Το άρθρο δημοσιεύτηκε στην ιστοσελίδα <https://ieeexplore.ieee.org> του οργανισμού IEEE στην οποία υπάρχουν διάφορα τεχνικά άρθρα.
 14. <https://www.practicalnetworking.net/stand-alone/ethernet-wiring/> – Άρθρο με θέμα “*Ethernet Wiring*” του Ed Harmoush, δημοσιευμένο το 2015.
 15. <https://www.hackster.io/Andreaberri/cable-tester-rj45-ethernet-4d5094> – Παρουσίαση κυκλώματος και κώδικα UTP Tester κατασκευασμένο με Arduino στην ιστοσελίδα που αφορά ηλεκτρονικές κατασκευές και προγραμματισμού www.hackster.io. Σε αυτό το κύκλωμα βασίστηκε το UTP Tester της εργασίας.
 16. <http://www.ieee802.org/3/ab/public/feb98/ddmdix1.pdf> – Παρουσίαση με θέμα το *Auto MDI* σε ένα 100BASE-T δίκτυο. Του Daniel Dove για λογαριασμό της HP Networks. 1998

24. [https://lygte-info.dk/review/batteries2012/Soshine%2018650%20LiFePO4%201800mAh%20\(Black\)%20UK.html](https://lygte-info.dk/review/batteries2012/Soshine%2018650%20LiFePO4%201800mAh%20(Black)%20UK.html) – Άρθρο ανάλυσης και επισκόπησης των τεχνικών χαρακτηριστικών των μπαταριών Soshine 18650 LiFePO4 δημοσιευμένο στην ιστοσελίδα ανάλυσης φακών και μπαταριών <https://lygte-info.dk>.
25. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/CTMU%2001375a.pdf> – Άρθρο που αφορά τον τρόπο λειτουργίας της τεχνολογίας CTMU που ενσωματώνεται στους μικροελεγκτές τύπου PIC της εταιρείας Microchip. Microchip Technology Inc., 2011.
26. Φύλλα δεδομένων χαρακτηριστικών των μικροελεγκτών ATmega8, ATmega168 και ATtiny861 της εταιρείας Microchip.
- ATmega8 – http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf
 - Atmega168 – http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-9365-Automotive-Microcontrollers-ATmega88-ATmega168_Datasheet.pdf
 - ATtiny861 – http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2588-8-bit-AVR-Microcontrollers-tinyAVR-ATtiny261-ATtiny461-ATtiny861_Datasheet.pdf
27. <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/ADM1602K-NSA-FBS-3.3v.pdf> – Φύλλα δεδομένων χαρακτηριστικών του ADM1602K-NSA-FBS/3.3V LCD module, της εταιρείας XIAMEN AMOTEC DISPLAY CO., LTD.
28. https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Shields/W5500_datasheet_v1.0_2_1.pdf – Φύλλα δεδομένων χαρακτηριστικών του Ethernet Controller W5500 της εταιρείας WIZnet.
29. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39935b.pdf> – Φύλλα δεδομένων χαρακτηριστικών του Ethernet Controller ENC424J600 της εταιρείας Microchip.

Φύλλα Δεδομένων

- **Microchip AVR Microcontroller ATmega 328/P**
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega328_P%20AVR%20MCU%20with%20picoPower%20Technology%20Data%20Sheet%2040001984A.pdf
- **Texas Instruments SNx4HC595 8-Bit Shift Registers**
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hc595.pdf>
- **STMicroelectronics L78 Positive voltage regulator ICs**
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/l78.pdf>
- **Texas Instruments LM2940x 1-A Low Dropout Regulator**
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2940c.pdf>
- **Hitachi HD44780 Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver**
<https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- **LCD Module 1602A-1**
<https://www.openhacks.com/uploadsproductos/eone-1602a1.pdf>
- **JNHuaMao Technology Company Bluetooth V2.1 module**
https://elty.pl/pl/p/file/77db2c6886a1ccafdaa6b563928c949c/bluetooth_en.pdf
- **JNHuaMao Technology Company Bluetooth 4.0 BLE module**
http://fab.cba.mit.edu/classes/863.15/doc/tutorials/programming/bluetooth/bluetooth40_en.pdf
- **DURACELL Ultra power 9V 6LR61 Alkaline battery**
<http://www.farnell.com/datasheets/1842389.pdf>

Βιβλιοθήκες Προγραμματισμού & Λογισμικού

- **Βιβλιοθήκες Arduino IDE**
<https://github.com/arduino-libraries/LiquidCrystal> – Liquid Crystal Library for Arduino
<https://github.com/PaulStoffregen/SoftwareSerial> – Software Serial Library for Arduino
- **Βιβλιοθήκες EAGLE**
<https://github.com/sparkfun/SparkFun-Eagle-Libraries> – SparkFun's Public Eagle PCB Footprints using Eagle 6.0+ <http://sparkfun.com>
- **Βιβλιοθήκες Proteus Professional**
<https://www.theengineeringprojects.com/2015/12/arduino-library-proteus-simulation.html> – Arduino Library for Proteus
<https://www.theengineeringprojects.com/2016/03/bluetooth-library-for-proteus.html> – Bluetooth Library for Proteus

