



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

«Συστήματα διαχείρισης και ελέγχου χώρου καλλιεργειών με χρήση ασύρματων αισθητήρων»

ΔΕΜΕΝΕΟΠΟΥΛΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΑΜ: Ι125

ΓΙΑΝΝΙΑΔΗ ΕΛΕΝΗ ΑΜ: Ι124

ΑΡΤΑ, 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	10
ΣΤΙΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	10
ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	11
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	11
Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ IP ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ.....	16
ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI.....	18
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ OSI	20
ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	20
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΕΥΞΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	20
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ	21
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	21
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΟΔΟΥ.....	22
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ.....	22
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	22
ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ TCP/IP	23
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ	23
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ	24
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	24
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ	27
ΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ	27
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ.....	28
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	29
ΛΟΓΙΚΕΣ ΠΥΛΕΣ.....	29
ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡΣ.....	33
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ.....	35
ΠΥΚΝΩΤΕΣ	37

<i>ΒΑΘΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ</i>	38
<i>Ο ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ</i>	38
<i>Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ</i>	40
<i>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ</i>	40
<i>ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ</i>	41
<i>ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ</i>	41
<i>ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ</i>	43
<i>ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΝΗΜΗΣ</i>	43
<i>ΔΙΑΥΛΟΙ</i>	44
<i>ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ</i>	45
<i>ΜΟΝΑΔΑ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ</i>	45
<i>ΜΟΝΑΔΑ ADC</i>	45
<i>ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΟΠΤΕΙΑΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ</i>	45
<i>ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ</i>	46
<i>ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗΣ ΠΛΑΚΕΤΑΣ ARDUINO</i>	46
<i>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΝΟΣ ARDUINO(HARDWARE)</i>	47
<i>ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ</i>	47
<i>ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ WISHIELD</i>	48
<i>ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ TI MSP430</i>	49
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ZIGBEE</i>	51
<i>ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ</i>	51
<i>ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ</i>	53
<i>ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.11</i>	54
<i>ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ IEEE 802.11</i>	55
<i>ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ IEEE 802.11</i>	55
<i>ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ</i>	55
<i>ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</i>	56
<i>Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ADHOC</i>	56
<i>ΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ MAC ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΟ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΜΕΣΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ CSMA/CD</i>	57
<i>ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ 802.11</i>	57
<i>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΙ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ 802.11</i>	58

ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 802.11b.....	58
DSSS(DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM).....	58
ΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ	59
ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 802.15.....	59
ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 802.15.4.....	60
ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 802.15.4	61
ΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ MAC ΣΤΟ 802.15.4.....	62
Η ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΠΛΑΣΙΟΥ 802.15.4	63
ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ZIGBEE XBEEPRO 802.15.4.....	64
Η ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ZIGBEE ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ZIGBEE	66
ΟΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ZIGBEE	66
ΟΙ ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ZIGBEE	67
ΤΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ZIGBEE.....	69
ΔΟΜΗ ΠΛΑΣΙΟΥ ZIGBEE ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ..73	
ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ	73
Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	74
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	74
Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΚΕΛΒΙΝ	75
Η ΑΠΟΛΥΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	76
Η ΥΓΡΑΣΙΑ	76
ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΥΡΑΣΙΑ	76
ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	77
ΣΦΑΛΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ	
ΕΝΟΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....79	
ΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΟΥΜΕ	79
Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ DALLASDS18B20	79
Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ HONEYWELLHIH-4030	80
Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ PIRPARALLAX 555-280277.....	81
Η ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΟΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	82

<i>Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ.....</i>	<i>82</i>
<i>ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ARDUINOIDE ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ</i>	<i>84</i>
<i>ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ.....</i>	<i>87</i>
<i>ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΑΣ</i>	<i>88</i>
<i>ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΑΡΟΜΟΙΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ</i>	<i>89</i>
<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</i>	<i>92</i>

ΠΙΝΑΚΑΣΕΙΚΟΝΩΝ

Εικονα 1: Τρόπος διασύνδεσης με χρήση διαύλου	12
Εικονα 2 : Τρόπος διασύνδεσης με χρήση δακτυλίου:	12
Εικονα 3: Μητροπολιτικό δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης	13
Εικονα 4: Δίκτυο WAN	13
Εικονα 5: Δρομολόγηση πακέτων	14
Εικονα 6: Αρχιτεκτονική bluetooth	15
Εικονα 7: Ασύρματο LAN	15
Εικονα 8: Ασύρματο WAN	16
Εικονα 9: Το μοντέλο αναφοράς OSI	20
Εικονα 10: Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα	27
Εικονα 11: Μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα	27
Εικονα 12: Υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα	28
Εικονα 13:Αναλογικό ολοκληρωμένο κύκλωμα	28
Εικονα 14: Πίνακας αληθείας NOT	30
Εικονα 15: Πίνακας αληθείας AND	30
Εικονα 16: Πίνακας αληθείας OR	31
Εικονα 17: Πίνακας αληθείας XOR	31
Εικονα 18: Πίνακας αληθείας NAND	32
Εικονα 19: Πίνακας αληθείας NOR	32
Εικονα 20: Ο πίνακας αληθείας XNOR	33
Εικονα 21: Ένα τρανζίστορ	33
Εικονα 22: Αρχιτεκτονική BJT τρανζίστορ	34
Εικονα 23: Η αρχιτεκτονική ενός FET τρανζίστορ	35
Εικονα 24 : Μια ωμική αντίσταση	36
Εικονα 25: Ένας πυκνωτής	37
Εικονα 26: Ο μικροεπεξεργαστής Core 2 Duo	39
Εικονα 27: Είδη μικροελεγκτών	42
Εικονα 28: Αρχιτεκτονική Princeton(Von-Neumann)	42
Εικονα 29: Αρχιτεκτονική Harvard	43
Εικονα 30: Το ArduinoUno	46
Εικονα 31: Η κάτοψη ενός WiShield	48
Εικονα 32: Το MSP430	49
Εικονα 33: Τυπικό WirelessLAN	51
Εικονα 34: Η αρχιτεκτονική του DSSS	58
Εικονα 35: Κανάλια λειτουργίας του 802.11b	59
Εικονα 36:Εικόνα 36	64
Εικονα 37 : Το Zigbee σε συγκριση με άλλα πρωτόκολλα	66
Εικονα 38: Η τοπολογία αστέρα	68
Εικονα 39: Η τοπολογία συστάδας	68
Εικονα 40: Η τοπολογία πλέγματος	69
Εικονα 41: Το πλαίσιο NWK του Zigbee	71
Εικονα 42: Ο αισθητήρας DS18B20	79
Εικονα 43: Το block διάγραμμα του DS18B20	80
Εικονα 44: Ο αισθητήρας υγρασίας HIH -430	81

Εικονα 45:Ο αισθητήρας PIRPARALLAX 555-280277	82
Εικονα 46:Το unzipped Arduino IDE	85
Εικονα 47: Επιλογή αναπτυξιακής πλακέτας Arduino	86
Εικονα 48:Επιλογές interfaceArduino	86
Εικονα 49: ArduinoservePage για μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας	88
Εικονα 50: Το κύκλωμα υλοποίησης μας	89
Εικονα 51: Κύκλωμα Arduino για μετρηση θερμοκρασιας	89
Εικονα 52: Κύκλωμα μέτρησης ανέμου	90
Εικονα 53: Κύκλωμα μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας	90

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή κο Αγγέλη Κωνσταντίνο κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και την υπομονή που έκανα κατά την διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή θα αναλύσει τα επιμέρους κομμάτια που συνιστούν ένα τελικό κύκλωμα το οποίο θα μας δώσει τη δυνατότητα να μετρήσουμε την θερμοκρασία και την υγρασία χρησιμοποιώντας ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε μερικούς γνωστούς αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας, την αναπτυξιακή πλακέτα Arduino για τους σκοπούς μας αυτούς.

Στο 1^ο κεφάλαιο κάνουμε μια σύντομη εισαγωγή στα δίκτυα, τις χρήσεις τους, τον τρόπο λειτουργίας, το μοντέλο αναφοράς OSI και τη αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου TCP/IP

Στο 2^ο κεφάλαιο θα μάθουμε τι είναι ένας μικροελεγκτής, το πώς λειτουργεί και τέλος θα αναλύσουμε τα επιμέρους κομμάτια που τον συνιστούν.

Στο 3^ο κεφάλαιο θα αναλύσουμε τον τρόπο λειτουργίας των ασύρματων δικτύων και ειδικότερα των πρωτοκόλλων 802.11 και 802.15.4 και Zigbee

Στο 4^ο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά των αισθητήρων καθώς και τα σφάλματα που παρουσιάζουν με τη χρήση τους στις μετρήσεις μας

Στο 5^ο κεφάλαιο θα αναλύσουμε τους αισθητήρες που θα χρησιμοποιήσουμε στην εφαρμογή μας, τον τρόπο εγκατάστασης του Arduino IDE και φυσικά τον τρόπο υλοποίησης αυτών με χρήση Arduino

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε ένας απο τους προηγούμενους τρείς αιώνες κυριαρχήθηκε απο μια τεχνολογία. Ο 18^{ος} αιώνας ητανε η εποχή των μεγάλων μηχανικών συστημάτων που συνόδευσαν φυσικά την Βιομηχανική Επανάσταση. Ο 19^{ος} αιώνας ηταν η εποχή της ατμομηχανής. Κατα την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα οι βασικές τεχνολογίες ήτανε η συλλογή, η επεξεργασία καθώς και η διανομή των πληροφοριών(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Μεταξύ άλλων εξελίξεων είχαμε την εγκαθίδρυση των παγκόσμιων τηλεφωνικών δικτύων, την εφεύρεση του ραδιοφώνου, της τηλεόρασης και την ανάπτυξη της βιομηχανίας των υπολογιστών. Οργανισμοί με εκατοντάδες γραφεία διάσπαρτα σε όλο το κόσμο μπορούσαν να έχουν επικοινωνία με τα πιο απομακρυσμένα μέρη τους με το πάτημα ενός κουμπιού.

Η συγχώνευση των τηλεπικοινωνιών με τους υπολογιστές είχε μεγάλη επίδραση στον τρόπο οργάνωσης των υπολογιστικών συστημάτων. Σε προσωπικό επίπεδο η δημιουργία των δικτύων έφεραν στον απλό χρήστη την ευκολία να επικοινωνεί με τα δικά του άτομα με μόνο με τη χρήση μιας απλής γραμμής ίντερνετ(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΣΤΙΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ

Πολλές εταιρείες έχουν ενα μεγάλο πλήθος υπολογιστών. Για παράδειγμα μια εταιρεία μπορεί να έχει ξεχωριστούς υπολογιστές για την παρακολούθηση της παραγωγής, τη διαχείριση των αποθηκών και την εκδοση μισθοδοσίας των εργαζομένων. Έτσι είναι ζητούμενο να υπάρξει μερισμός των πόρων και ο στόχος είναι ότι όλα τα προγράμματα, θαναι διαθέσιμα σε οποιονδήποτε στο δίκτυο, χωρίς να έχει σημασία η φυσική θέση του χρήστη και του πόρου(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Πιό απλά κάποιος μπορεί να φανταστεί ένα τέτοιο σύστημα υπολογιστών(πληροφοριακό σύστημα) το οποίο αποτελείται απο μία ή περισσότερες βάσεις δεδομένων και έναν αριθμό υπαλλήλων που έχουν πρόσβαση απο απόσταση, σε αυτούς τους υπολογιστές. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στους διακομιστές(servers) οι οποίοι βρίσκονται τοποθετημένοι σε ένα κεντρικό σημείο και συντηρούνται απο τους διαχειριστές του συστήματος.

Απο την άλλη πλευρά οι πελάτες(clients) είναι τα άτομα τα οποία βρίσκονται στα γραφεία τους και διαθέτουν απλούστερες μηχανές και μπορούν να προσπελάσουν τα απομακρυσμένα δεδομένα. Αυτή η διάταξη που μόλις περιγράψαμε ονομάζεται **μοντέλο πελάτη-διακομιστή(client-servermodel)**

Για παράδειγμα οταν ένας χρήστης προσπελάζει απο το σπίτι του μια ιστοσελίδα στον παγκόσμιο ιστό , χρησιμοποιεί και πάλι το μοντέλο αυτό με το μακρινό διακομιστή Ιστού να

είναι ο διακομιστής και τον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη να είναι ο πελάτης(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Μια απο τις χρήσεις είναι η **πρόσβαση σε απομακρυσμένες πληροφορίες**. Μπορεί να είναι είτε περιήγηση στον παγκόσμιο ιστό ή και απλώς για διασκέδαση. Οι διαθέσιμες πληροφορίες περιλαμβάνουν θέματα επιχειρήσεων, μαγειρικής, διοίκησης, ιστορίας , αναψυχής κ.α Μία άλλη σημαντική χρήση είναι η **διαπροσωπική επικοινωνία** μεταξύ των χρηστών. Στην επόχη μας άτομα διαφόρων ηλικιών περνάνε τον χρόνο τους σε δωμάτια συνομηλίας(chatrooms) και σε μέσα κοινωνικής δικτύωσης όπως είναι το Facebook, το Twitter , το Linkedink.α.

Μία τρίτη κατηγορία είναι η **διασκέδαση** που αυτή μπορεί να περιλαμβάνει τα online ηλεκτρονικά παιχνίδια όπου άτομα απο όλο τον κόσμο συνδέονται σε έναν διακομιστή(τον διακομιστή του παιχνιδιού) και προσπαθούν να πετύχουν ενα κοινό στόχο(αναβάθμιση του χαρακτήρα τους, νίκη σε μάχες μεταξύ άλλων χρηστών του παιχνιδιού) ή παιχνίδια προσομείωσης. Τέλος μια τέταρτη κατηγορία μπορεί να είναι το **ηλεκτρονικό εμπόριο** και οι **ηλεκτρονικές δημοπρασίες**(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν δύο είδη τεχνολογιών μετάδοσης που χρησιμοποιούνται ευρέως. Οι συνδέσεις εκπομπής και οι συνδέσεις απο σημείο σε σημείο. Τα δίκτυα εκπομπής έχουν μόνο ένα κανάλι επικοινωνίας το οποίο είναι κοινοχρηστο απο όλες τις μηχανές του δικτύου. Τα σύντομα μηνύματα που στέλονται απο κάθε μηχανήμα τα οποία ονομάζονται πακέτα λαμβάνονται απο όλες τις άλλες μηχανές του δικτύου. Ένα πεδίο διεύθυνσης μέσα στο πακέτο προσδιορίζει τον επιθυμητό παραλήπτη.(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Κάθε μηχανήμα μόλις λάβει το πακέτο εξετάζει αυτό το πεδίο διεύθυνσης. Αν το πακέτο προορίζεται για το μηχανήμα που το έλαβε τότε προχωρά στην επεξεργασία του. Αν όχι, τότε το πακέτο παραβλέπεται. Αυτή η κατάσταση λειτουργίας ονομάζεται εκπομπή (broadcasting) ενώ αν το σύστημα μας έχει τη δυνατότητα να προωθεί τα πακέτα προς συγκεκριμένο πλήθος μηχανών τότε η κατάσταση λειτουργίας αυτή, ονομάζεται πολυδιανομή(multicasting)

Απο την άλλη πλευρά τα δίκτυα **απο σημείο σε σημείο**(point-to-point) αποτελούνται απο πολλές συνδέσεις ανάμεσα σε ζεύγη μηχανών. Για να φτάσει ένα πακέτο στην προέλευση του στον προορισμό του, μπορεί να χρειαστεί να επισκεφτεί πρώτα μία ή πολλές ενδιάμεσες μηχανές.(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

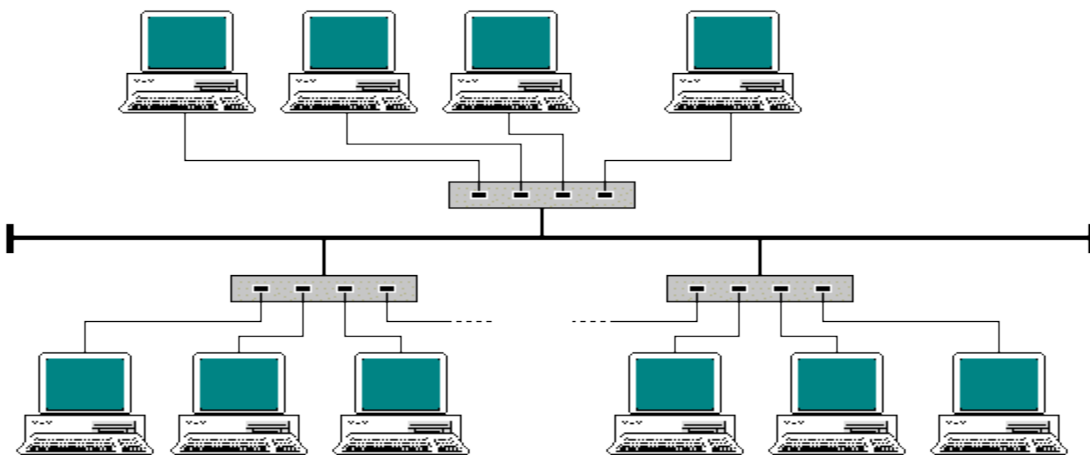
Ενα άλλο κριτήριο ταξινόμησης των δικτύων είναι η κλίμακα τους :

- Τοπικά δίκτυα
- Μητροπολιτικά δίκτυα
- Δίκτυα ευρίας περιοχής
- Ασύρματα δίκτυα

- Οικιακά δίκτυα

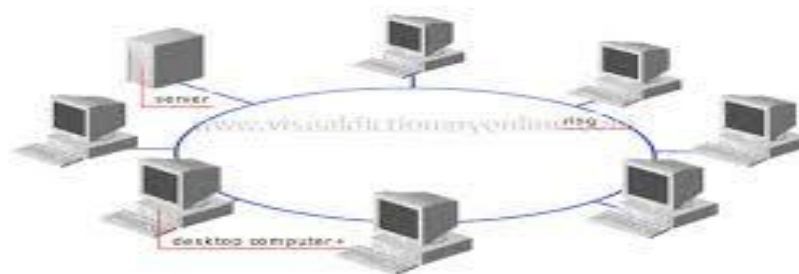
Τα **τοπικά δίκτυα** που συνήθως αποκαλούνται LAN είναι ιδιωτικά δίκτυα τα οποία βρίσκονται σε ένα μόνο κτήριο ή κτηριακό συγκρότημα. Όσο αφορά την έκτασή τους είναι μερικά χιλιόμετρα. Χρησιμοποιούνται ευρέως για την διασύνδεση προσωπικών υπολογιστών και σταθμών εργασίας σε γραφεία και εργοστάσια με σκοπό την κοινοχρησία πόρων (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Τα δίκτυα LAN μπορεί να χρησιμοποιήσουν μια τεχνολογία μετάδοσης η οποία συνίσταται σε ένα καλώδιο όπου είναι συνδεδεμένες όλες οι μηχανές μεταξύ τους. Υπάρχουν διάφορες τοπολογίες για τα δίκτυα LAN εκπομπής. Μία από αυτή είναι ένα **δίκτυο διαύλου** (Εικόνα 1) όπου ανα πάσα στιγμή μια μηχανή είναι ο κύριος (master) και του επιτρέπεται να δίνει δεδομένα. Όλες οι άλλες μηχανές πρέπει να αποφεύγουν την μετάδοση. Ένας δεύτερος τύπος συστήματος εκπομπής είναι ο δακτύλιος (Εικόνα 2).



Εικόνα 1: Τρόπος διασύνδεσης με χρήση διαύλου

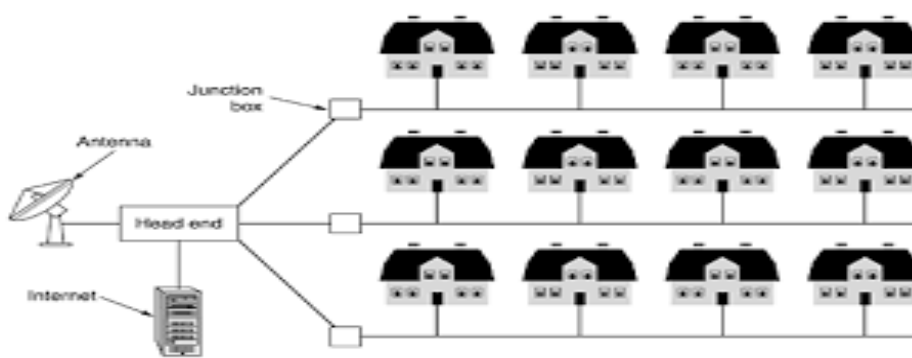
Σε κάθε δίκτυο δακτυλίου, το κάθε bit διαδίδεται μόνο του χωρίς να περιμένει για το υπόλοιπο πακέτο στο οποίο ανήκει. Συνήθως το κάθε bit μπορεί να καλύψει ολόκληρο τον δακτύλιο στο διάστημα που απαιτείται για την μετάδοση μόνο bit πριν καν μεταδοθεί ολόκληρο το πακέτο.



Εικόνα 2 : Τρόπος διασύνδεσης με χρήση δακτυλίου:

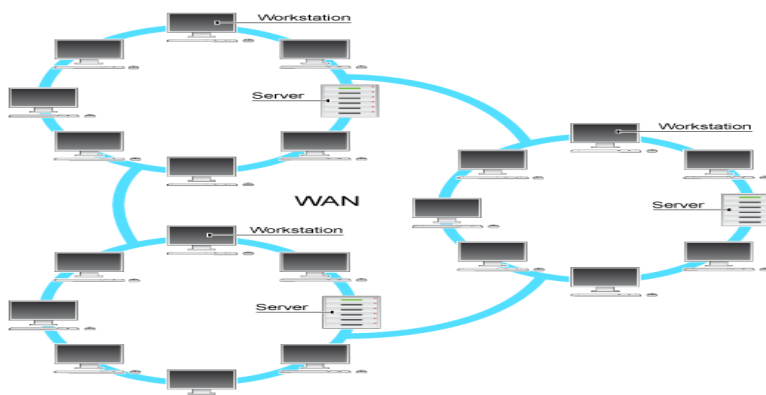
Απο την άλλη πλευρά τα μητροπολιτικά δίκτυα(metropolitanareanetworks) καλύπτουν μια ολόκληρη πόλη. Το πιο γνωστό δίκτυο τύπου MAN είναι το δίκτυο της καλωδιακής τηλεόρασης.Αυτό το σύστημα είναι μια εξέλιξη των παλαιότερων συστημάτων κεραιών που χρησιμοποιούνταν σε περιοχές με κακή τηλεοπτική λήψη απο αέρος(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Τα συστήματα αυτά στην αρχή ήταν τοπικά σχεδιασμένα και εξειδικευμένα.Απο τότε που όμως το Ιντερνετ άρχισε να προσελκύει το ενδιαφέρον του κόσμου, οι επιχειρήσεις δικτύου καλωδιακής τηλεόρασης άρχισαν να αντιλαμβάνονται οτι με ορισμένες αλλαγές, στο σύστημα θα μπορούσαν να προσφέρουν αμφίδρομες υπηρεσίες ίντερνετ σε μη χρησιμοποιούμενα τμήματα του φάσματος.Η παρακάτω εικόνα μας δείχνει την λειτουργία ενός MANδικτύου καλωδιακής τηλεόρασης(**Εικόνα 3**)



Εικόνα 3: Μητροπολιτικό δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης

Τα δίκτυα ευρείας περιοχής(wideareanetworks) έχουν έκταση σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή, όπως μια χώρα ή μια ήπειρο.(**Εικόνα 4**). Ένα δίκτυο WANπεριέχει ένα σύνολο μηχανών(υπολογιστές υπηρεσίας) που προορίζονται για την εκτέλεση των προγραμμάτων των χρηστών(hosts). Οι υπολογιστές, υπηρεσίας διασυνδέονται με ένα υποδίκτυο επικοινωνίας(communicationsubnet).Η δουλειά του υποδικτύου είναι να μεταφέρει μηνύματα ανάμεσα στους υπολογιστές υπηρεσίας(Stallings W. : "Data and Computer Communications" - 2007)

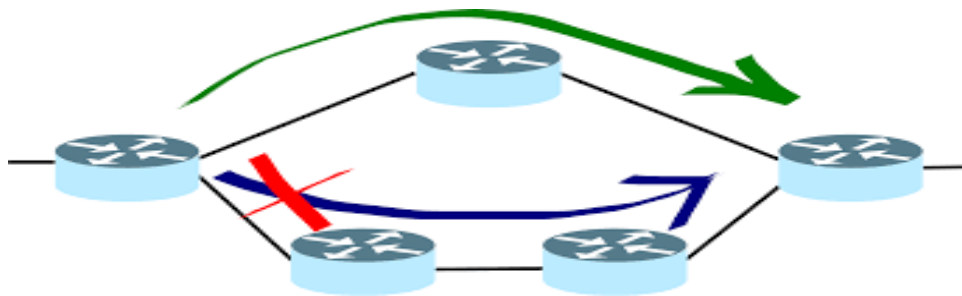


Εικόνα 4: Δίκτυο WAN

Στα περισσότερα δίκτυα ευρείας περιοχής, το υποδίκτυο αποτελείται από τις **γραμμές μετάδοσης** και τα **στοιχεία μεταγωγής**. Οι γραμμές μετάδοσης μετακινούν bits ανάμεσα στις μηχανές ενώ τα στοιχεία μεταγωγής είναι εξειδικευμένοι υπολογιστές που συνδέουν δύο ή περισσότερες γραμμές μετάδοσης. Όταν τα δεδομένα φτάνουν σε μια εισερχόμενη γραμμή το στοιχείο μεταγωγής πρέπει να επιλέξει την εξερχόμενη γραμμή στην οποία θα τα προωθήσει. Πολλές φορές οι υπολογιστές μεταγωγής ονομάζονται και **δρομολογητές (routers)**.

Στα περισσότερα WAN δίκτυα το δίκτυο περιέχει πολλές γραμμές μετάδοσης, με κάθε γραμμή να συνδέει ένα ζεύγος δρομολογητών. Αν δυο δρομολογητές που δεν μοιράζονται κάποια γραμμή μετάδοσης επιθυμούν να επικοινωνήσουν, τότε θα πρέπει να το κάνουν έμμεσα μέσω άλλων δρομολογητών (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Όταν ένα πακέτο στέλνεται από έναν δρομολογητή σε έναν άλλο, μέσω ενδιάμεσων δρομολογητών το πακέτο παραλαμβάνεται αυτούσιο σε κάθε ενδιάμεσο δρομολογητή και στη συνέχεια αποθηκεύεται εκεί μέχρι να απελευθερωθεί η απαιτούμενη γραμμή εξόδου και μετά προωθείται (**Εικόνα 5**)



Εικόνα 5: Δρομολόγηση πακέτων

Τα υποδίκτυα που είναι οργανωμένα σύμφωνα με αυτή την αρχή ονομάζονται **δίκτυα αποθήκευσης και προώθησης** ή **υποδίκτυα μεταγωγής πακέτων**. Όταν τα πακέτα έχουν το ίδιο μέγεθος αλλά και είναι και μικρά σε μήκος τότε ονομάζονται **κελιά (cells)**.

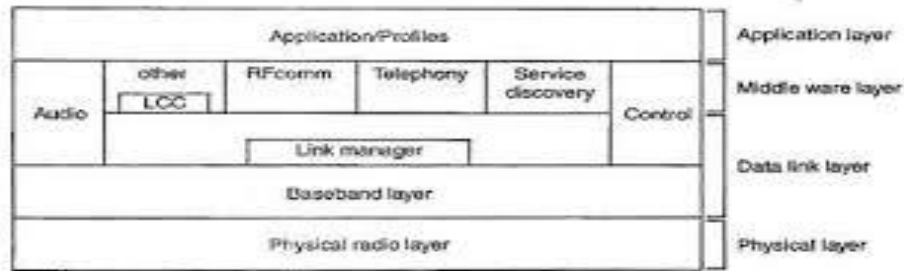
Πολύ χρήσιμο ήταν από τότε η δυνατότητα να επικοινωνεί κάποιος χωρίς την χρήση καλωδίων δηλαδή ασύρματα. Αυτό ενέπνευσε την εξέλιξη των ασύρματων δικτύων και ίσως και να είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία σύνδεσης στο δίκτυο στην εποχή μας. Ένα ασύρματο δίκτυο χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003) :

- Διασύνδεση συστήματος
- Ασύρματα LAN
- Ασύρματα WAN

Η **διασύνδεση συστήματος** αναφέρεται στην διασύνδεση των εξαρτημάτων ενός υπολογιστή με τη χρήση ραδιοκυμάτων μικρής εμβέλειας. Σχεδόν κάθε υπολογιστής διαθέτει οθόνη,

πληκτρολόγιο, ποντίκι και έναν εκτυπωτή που συνδέονται στην κεντρική μονάδα με καλώδια(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

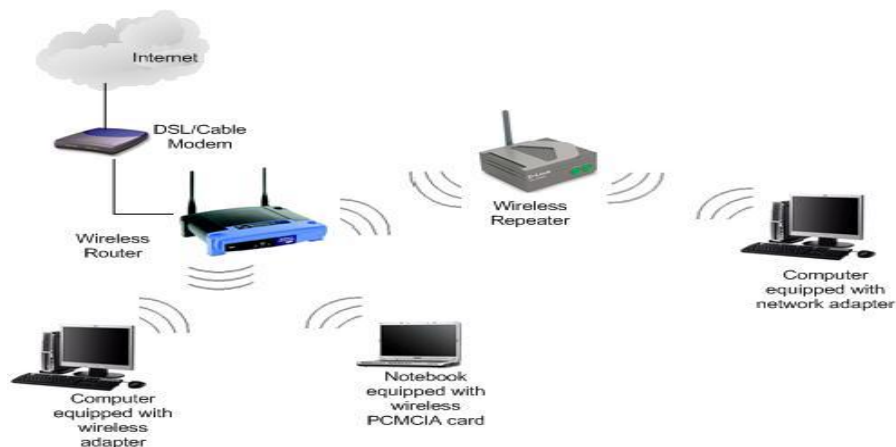
Λόγω της δυσκολίας σύνδεσης όλων αυτών των εξαρτημάτων μικρής εμβέλειας οι εταιρείες αποφάσισαν να δημιουργήσουν ένα ασύρματο δίκτυο μικρής εμβέλειας που ονομάζεται Bluetooth(**Εικόνα 6**) που εκτός από τα παραπάνω μπορεί να επιτρέψει την σύνδεση ψηφιακών καμερών ,ακουστικών και σαρωτών με την απλά μόνο, τοποθέτηση τους μέσα στην εμβεία του δικτύου



Bluetooth layers and protocol architecture

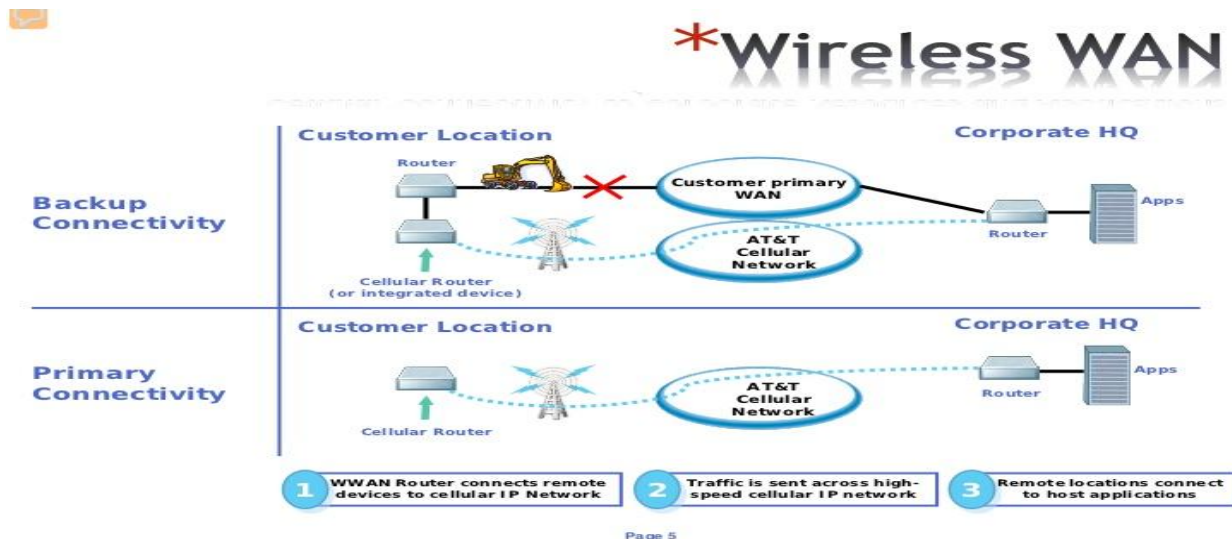
Εικόνα 6: Αρχιτεκτονική bluetooth

Το επόμενο βήμα ως προς την ασύρματη δικτύωση είναι τα ασύρματα LAN(**Εικόνα 7**).Αυτά είναι συστήματα όπου ένας υπολογιστής έχει ένα ασύρματο μόντεμ και μια κεραία μέσω των οποίων μπορεί να επικοινωνήσει με άλλα συστήματα.Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε μικρά γραφεία και σπίτια , όπου η εγκατάσταση ενός ενσύρματου δικτύου είναι για κάποιους λόγους πολύ δύσκολή ή δαπανηρή(Lemstra W., Hayes V., Groenewegen J. : "The future of WiFi: gigabit speeds and beyond" - 2009)



Εικόνα 7: Ασύρματο LAN

Τα ασύρματα WAN(Εικόνα 8) είναι παρόμοια με τα ασύρματα LAN με τη διαφορά ότι καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις αλλά η ο ρυθμός μετάδοσης biteίναι πολύ χαμηλότερος.



Εικόνα 8: Ασύρματο WAN

Τέλος όσο αφορά την **δικτύωση οικιακών υπολογιστών** μπορούμε να πούμε ότι στο μέλλον δε θα υπάρχει συσκευή που να μην μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο. Ήδη διάφορες συσκευές μπορούν να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο.(LemstraW., HayesV., GroenewegenJ. : "ThefutureofWiFi: gigabitspeedsandbeyond" - 2009)

Μερικές από αυτές μπορεί να είναι πχ οι επιτραπέζιοι υπολογιστές, οι φορητοί υπολογιστές, η τηλεόραση, DVD, φωτογραφικές μηχανές, MP3 ,τα κινητά τηλέφωνα, φούρνοι μικροκυμάτων, ψυγεία, κλιματισμός κ.α

Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΙΡΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ

Κάθε συσκευή που συνδέεται σε ένα οποιοδήποτε δίκτυο, αποκτάει μία διεύθυνση IP: μία αριθμητική διεύθυνση που είναι μοναδική για τη συγκεκριμένη **συσκευή στο συγκεκριμένο δίκτυο**.Αυτό ισχύει για οποιαδήποτε συσκευή, από τον υπολογιστή μας, το router, το κινητό, το tablet, το PlayStation, ή τον δικτυακό εκτυπωτή, μέχρι τους μεγάλους servers που φιλοξενούν ιστοσελίδες και υποστηρίζουν το Internet(TanenbaumA. : ComputerNetworks - 2003)

Στόχος της διεύθυνσης IP είναι να βεβαιώσει την αποκλειστική επικοινωνία ανάμεσα σε δύο συσκευές στο ίδιο δίκτυο.Μέχρι ενός βαθμού, μπορεί να συγκριθεί με την ταχυδρομική διεύθυνση του σπιτιού μας. Για να λάβουμε την αλληλογραφία μας, είναι σημαντικό η διεύθυνσή μας να είναι μοναδική.

Το ίδιο ισχύει και με την διεύθυνση IP του υπολογιστή, όταν θέλουμε να μπούμε σε μια σελίδα ή να κατεβάσουμε ένα αρχείο. Τα δεδομένα πρέπει να δρομολογηθούν **στη μοναδική IP** του υπολογιστή μας. Αντίστροφα, είναι εξίσου σημαντικό κάθε ιστοσελίδα να έχει μοναδική IP, μέσω του server που τη φιλοξενεί. Αν δύο ιστοσελίδες είχαν την ίδια διεύθυνση IP, θα ήταν αδύνατον να επισκεφτούμε αυτή που θέλουμε(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Η πιο γνωστή μορφή μιας διεύθυνσης IP είναι αυτή που ονομάζεται IPv4 (Internet Protocol version 4). Κάθε διεύθυνση IPv4 αποτελείται από τέσσερις ομάδες αριθμών (xxx.xxx.xxx.xxx), με την κάθε ομάδα να μπορεί να έχει μια τιμή από 0 μέχρι 255. Θεωρητικά, με αυτή τη μορφή, όλες οι διαφορετικές διευθύνσεις που θα μπορούσαν να παραχθούν, από τη 0.0.0.0 μέχρι τη 255.255.255.255 θα ήταν κάτι λιγότερο από 4.3 δισεκατομμύρια (2^{32}).

Μπορεί να ακούγονται αρκετές, αλλά με τόσους υπολογιστές, κινητά, tablets, κονσόλες, routers, web servers και λοιπές συσκευές με πρόσβαση στο Internet, οι διαθέσιμες διευθύνσεις IP έχουν εξαντληθεί από το Φεβρουάριο του 2011. Το τι σημαίνει αυτό θα το αναλύσουμε προς το τέλος του οδηγού. Για να αντιμετωπιστεί η εξάντληση των διευθύνσεων IPv4, έχει αναπτυχθεί μία νέα έκδοση του πρωτοκόλλου IP, με την ονομασία IPv6(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Θεωρητικά, για να μπαίναμε στο Google ή σε οποιαδήποτε άλλη διεύθυνση, θα έπρεπε να γράψουμε την IP της στη μπάρα των διευθύνσεων. Αυτό όμως θα δυσκόλευε σημαντικά τη χρήση του Internet. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν οι DNS ¹Servers (Domain Name System Servers). Η δουλειά τους είναι να αντιστοιχούν την διεύθυνση www.google.com στην IP 173.194.66.94, και να κάνουν το ίδιο για οποιαδήποτε κατοχυρωμένο όνομα domain στο Internet(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ IP ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Εσωτερική IP ονομάζεται η διεύθυνση που έχει μια συσκευή συνδεδεμένη ένα τοπικό δίκτυο (Local Area Network, LAN).

Τις διευθύνσεις αυτές τις διαχειρίζεται το router και έχουν τρεις πιθανές μορφές:

- 192.168.XXX.XXX
- 172.16-31.XXX.XXX
- 10.XXX.XXX.XXX

Όλες οι διευθύνσεις που ξεκινούν με τους παραπάνω αριθμούς είναι "ιδιωτικές διευθύνσεις" και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο Internet. Επίσης, η αποκλειστικότητα των διευθύνσεων αφορά μόνο κάθε συγκεκριμένο τοπικό δίκτυο. Δεν γίνεται δηλαδή δύο υπολογιστές στο ίδιο LAN να έχουν πχ τη διεύθυνση 192.168.0.5(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ IP ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Ένας υπολογιστής που συνδέεται απευθείας στο Internet με ένα μοντεμ έχει μια εξωτερική διεύθυνση IP στο ίντερνέτ. Το ίδιο συμβαίνει και με ένα router. Σε διεθνές επίπεδο, η ρυθμιστική αρχή για όλες τις εξωτερικές διευθύνσεις IP είναι ο οργανισμός **IANA**² ο οποίος τις μοιράζει, ενώ για την Ευρώπη, την Μέση Ανατολή και για ένα τμήμα της Κεντρικής Ασίας είναι ο οργανισμός **RIPENCC**³.

ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ IP ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

Όπως φαίνεται και από τα ονόματα η στατική IP **μένει στάσιμη** και δεν αλλάζει ενώ η δυναμική **αλλάζει δυναμικά**. Αν ο πάροχος έδινε στατική IP σε κάθε χρήστη που έκανε μια νέα αίτηση σε λίγα χρόνια δεν θα μπορεί να εξυπηρετείται όλη η γή με στατικές IP. Δεν είναι αρκετές ώστε να είναι όλοι οι υπολογιστές ενεργοποιημένοι ταυτόχρονα. Παράξενο; Αναλογιστείτε! Μια IP έχει την μορφή: x.x.x.x, με x στο εύρος από 0 έως 255. (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Σκεφτείτε πόσοι συνδιασμοί μπορεί να υπάρχουν και πόσους είναι ο πληθυσμός της γης. Στο σημείο αυτό αξίζει αν σημειωθεί πως αν υπάρχει τουλάχιστον δυο ίδιες IP, θα υπάρχει πρόβλημα. Λέγεται IPAddressConflict, σύγκρουση των IP και το router/δρομολογητής που εξυπηρετεί τους δυο υπολογιστές δεν θα ξέρει ποιος είναι ποιος. Οπότε πάντα έχουμε μια και μοναδική IP για κάθε υπολογιστή. Άρα, IP έχει κάθε υπολογιστής. Άλλοι στατική και άλλοι δυναμική, ανάλογα αν την χρειάζονται ή όχι για τους λόγους που ακολουθούν. Η στατική IP έχει 4 τριάδες φιξαρισμένες και δεν αλλάζουν πχ. 201.374.122.100. Ενώ, η δυναμική IP αλλάζει κάθε φορά που κάνετε restart το router (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI

Το **μοντέλο αναφοράς Ανοικτής Διασύνδεσης Συστημάτων**, ή **μοντέλο αναφοράς OSI** (αγγλ. *OSI reference model*) είναι μια διαστρωματωμένη, αφηρημένη περιγραφή για τη σχεδίαση **τηλεπικοινωνιακών και δικτυακών πρωτοκόλλων** η οποία καθορίστηκε από την πρωτοβουλία Ανοικτή Διασύνδεση Συστημάτων – OSI. Είναι γνωστό και ως **μοντέλο των επτά επιπέδων**. (Postel J.: Comments on Internet Protocol and TCP - 1977)

Το **μοντέλο OSI** υποδιαιρεί τις λειτουργίες ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου σε μια «κατακόρυφη» στοίβα από επίπεδα, για το καθένα από τα οποία μπορεί να οριστεί κάποιο πρωτόκολλο σε μία συγκεκριμένη υλοποίηση. Κάθε επίπεδο αξιοποιεί τις λειτουργίες του κατώτερου του στη στοίβα επιπέδου, ενώ στόχος του είναι να παρέχει λειτουργικότητα στο αμέσως ανώτερο επίπεδό του.

Μία συγκεκριμένη υλοποίηση του μοντέλου, με καθορισμένα πρωτόκολλα για κάθε επίπεδο, ονομάζεται **στοίβα πρωτοκόλλων** ή απλά **στοίβα**. Το κάθε πρωτόκολλο υλοποιείται είτε σε

υλικό είτε σε λογισμικό. Συνήθως τα κατώτερα επίπεδα υλοποιούνται στο υλικό ενώ τα ανώτερα σε λογισμικό.

Το μοντέλο *OSI* είναι στενά συσχετισμένο με τον κλάδο της επιστήμης υπολογιστών και τη δικτύωση υπολογιστών. Το βασικό χαρακτηριστικό του είναι η διασύνδεση μεταξύ των επιπέδων, η οποία υπαγορεύει τις προδιαγραφές της αλληλεπίδρασής τους.

Αυτό σημαίνει ότι ένα επίπεδο υλοποιημένο με κάποιο συγκεκριμένο πρωτόκολλο μπορεί να συνεργαστεί με το γειτονικό του στη στοίβα επίπεδο, το οποίο υλοποιείται με κάποιο άλλο πρωτόκολλο, υπό την προϋπόθεση ότι οι προδιαγραφές του καθενός έχουν δημοσιευθεί και έχουν γίνει αντιληπτές σωστά. Αυτές οι προδιαγραφές είναι τυπικά γνωστές ως RFC (*Requests for Comments*) και αποτελούν πρότυπα του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης ISO.

Συνήθως τα επίπεδα είναι αυστηρά διαχωρισμένα μεταξύ τους: αξιοποιούν τις υπηρεσίες του κατώτερου επιπέδου τους και προσφέρουν υπηρεσίες στο ανώτερό τους, αλλά το καθένα δεν παρεμβαίνει στις λειτουργίες του άλλου· πιθανόν να μη γνωρίζει καν γι' αυτές.

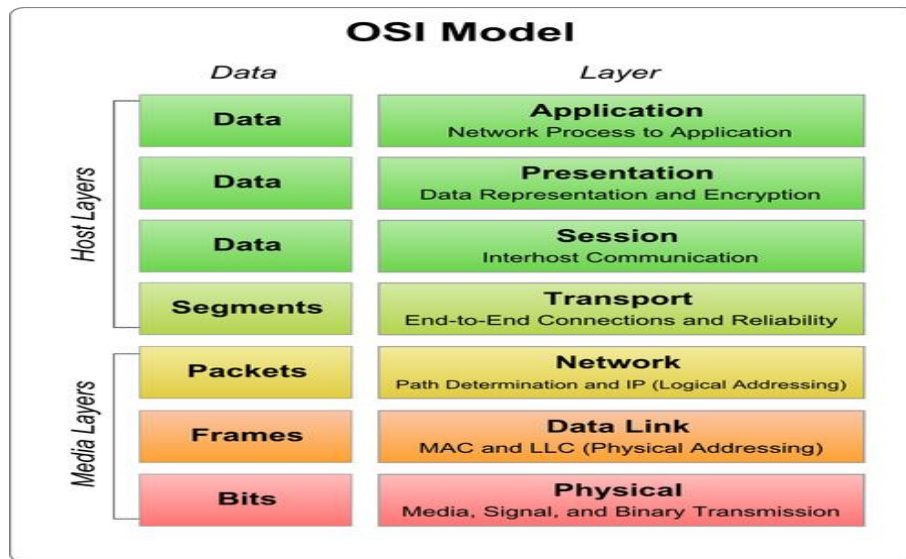
Αυτός ο λογικός διαχωρισμός των επιπέδων διευκολύνει πολύ τη μελέτη της συμπεριφοράς των πρωτοκόλλων και επιτρέπει τη σχεδίαση πολύπλοκων και αξιόπιστων στοιβών πρωτοκόλλων. Ορισμένες φορές όμως αυτή η αρχή ανεξαρτησίας των επιπέδων παραβιάζεται, για λόγους βελτιστοποίησης της απόδοσης ή αύξησης της λειτουργικότητας, με πρωτόκολλα διαφορετικών επιπέδων να συγχωνεύονται ή να παρεμβαίνουν το ένα στη λειτουργία του άλλου. (Postel J.: *Comments on Internet Protocol and TCP* - 1977)

Το μοντέλο *OSI* είναι μια ιεραρχική δομή επτά επιπέδων που καθορίζει τις προδιαγραφές επικοινωνίας μεταξύ δύο υπολογιστών, ορίζοντας επακριβώς τον σκοπό κάθε επιπέδου αλλά και τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα, και τυποποιήθηκε ως πρότυπο ISO 7498-1. Θεωρήθηκε ότι θα επέτρεπε τη λειτουργική συνεργασία μεταξύ ποικίλων ψηφιακών συσκευών που ήταν διαθέσιμες στην αγορά.

Το μοντέλο επιτρέπει σε όλα τα στοιχεία ενός δικτύου να συλλειτουργούν, με κάθε στοιχείο να υλοποιεί ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα δικτύωσης, ανεξάρτητα από το ποιος είναι ο κατασκευαστής τους. Περί τα τέλη της δεκαετίας του 1980 ο ISO συνιστούσε την εφαρμογή του μοντέλου *OSI* ως κοινώς αποδεκτού υποδείγματος σχεδιασμού δικτύων. (Postel J.: *Comments on Internet Protocol and TCP* - 1977)

Ωστόσο εκείνη την εποχή **η στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP**, η οποία βασιζόταν σε ελαφρώς διαφορετική διαστρωμάτωση επιπέδων, ήταν ήδη επί πολύ καιρό σε ευρεία χρήση. Το TCP/IP ήταν θεμελιώδες για το δίκτυο ARPANET και τα άλλα δίκτυα που εξελίχθηκαν στο σημερινό Διαδίκτυο¹. **Ως αποτέλεσμα το μοντέλο OSI παραμερίστηκε και σήμερα μόνο ένα υποσύνολό του χρησιμοποιείται ακόμη.** (Postel J.: *Comments on Internet Protocol and TCP* - 1977)

Η επικρατούσα αντίληψη είναι ότι οι περισσότερες προδιαγραφές του είναι περίπλοκες και η πλήρης λειτουργικότητά του θα χρειαζόταν μεγάλο χρόνο κατασκευής, αν και συνεχίζουν να υπάρχουν σθεναροί υποστηρικτές του. Παρακάτω φαίνεται η αρχιτεκτονική του μοντέλου(Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Το μοντέλο αναφοράς OSI

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ OSI

ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Το φυσικό επίπεδο ορίζει όλες τις ηλεκτρικές και φυσικές προδιαγραφές της επικοινωνίας. Σε 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. busadapters). Οι κυριότερες λειτουργίες και υπηρεσίες του φυσικού επιπέδου είναι (Postel J.: Comment on Internet Protocol and TCP - 1977):

- 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 ταξιδévουν ως αναλογικά σε χάλκινο καλώδιο, μετά σε οπτική ίνα, μετά να μεταδοθούν από ραδιοζεύξη ή δορυφορικά, να φθάσουν πάλι αναλογικά σε χάλκινο καλώδιο και να γίνουν ψηφιακά στον παραλήπτη.

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΕΥΞΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το επίπεδο ζεύξης 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 (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Οι μη ιεραρχημένες διευθύνσεις των συσκευών εδώ είναι οι φυσικές (MAC διευθύνσεις), δηλαδή είναι προκαθορισμένες και αποθηκευμένες στις κάρτες δικτύου των επικοινωνούντων κόμβων από το εργοστάσιο πιο γνωστό πρότυπο αυτού του επιπέδου είναι το Ethernet, για τοπικά δίκτυα. Άλλα παραδείγματα πρωτοκόλλων ζεύξης δεδομένων αποτελούν τα:

- HDLC και ADCCP, για συνδέσεις από-σημείο-σε-σημείο (αγγλ. point-to-point).
- 802.11, για ασύρματα τοπικά δίκτυα.

Στα τοπικά δίκτυα της οικογένειας πρωτοκόλλων IEEE 802, και σε κάποια άλλα όπως το FDDI, αυτό το επίπεδο μπορεί να διαιρεθεί σε δύο μικρότερα:

- Ένα επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο κοινό μέσο, το υποεπίπεδο MAC (MediaAccessControl, Έλεγχος Πρόσβασης Μέσου)
- Ένα ανώτερο επίπεδο ελέγχου λογικών συνδέσεων, το υποεπίπεδο LLC (LogicalLinkControl, Έλεγχος Λογικών Ζεύξεων), όπου επικρατεί καθολικά το πρωτόκολλο IEEE 802.2 ανεξάρτητα από το υποκείμενο πρωτόκολλο MAC ή φυσικού επιπέδου.

Στο επίπεδο αυτό λειτουργούν οι δικτυακές *γέφυρες* (bridges) και οι δικτυακοί διακόπτες (switches). Η συνδεσιμότητα παρέχεται μόνο για κόμβους που συνδέονται στο ίδιο κοινό μέσο (τοπικό δίκτυο ή σύνδεση από-σημείο-σε-σημείο).

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το *επίπεδο δικτύου* παρέχει τα λειτουργικά και διαδικαστικά μέσα για τη μεταφορά στοιχειοσειρών δεδομένων μεταβλητού μήκους από μια προέλευση σε έναν προορισμό, μέσα από ένα ή περισσότερα ενδιάμεσα δίκτυα, ενώ διατηρεί την ποιότητα εξυπηρέτησης που απαιτεί το επίπεδο μεταφοράς (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Το επίπεδο δικτύου εκτελεί λειτουργίες δρομολόγησης, με πιθανές κατατμήσεις/ αποτμηματοποιήσεις, και αναφέρει σφάλματα σχετικά με την παράδοση των πακέτων. Οι δρομολογητές (routers) λειτουργούν στο επίπεδο αυτό· διακινώντας δεδομένα σε διασυνδεδεμένα δίκτυα έκαναν το Διαδίκτυο πραγματικότητα. Υπάρχουν και δικτυακοί διακόπτες που σχετίζονται με τις διευθύνσεις IP. (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Εδώ υπάρχει μια λογική οργάνωση και τις τιμές των διευθύνσεων τις καθορίζει ιεραρχικά ο τεχνικός των επικοινωνιών. Το πλέον αναγνωρίσιμο παράδειγμα πρωτοκόλλου δικτύου είναι το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (InternetProtocol, IP).

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Το *επίπεδο μεταφοράς* 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 (flowcontrol), κατάτμηση και αποτμηματοποίηση (segmentation/desegmentation), καθώς και έλεγχο σφαλμάτων (errorcontrol).

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 (Postel J.: Comments on Internet Protocol and TCP - 1977)

Το συνηθέστερο παράδειγμα πρωτοκόλλου μεταφοράς είναι το TCP (αγγλ. TransmissionControlProtocol, πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης). Άλλα πρωτόκολλα μεταφοράς είναι τα UDP (UserDatagramProtocol, πρωτόκολλο για ασυνδεσμική αποστολή δεδομένων, SCTP (StreamControlTransmissionProtocol, πρωτόκολλο ελέγχου της ροής μετάδοσης)

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΟΔΟΥ

Το *επίπεδο συνόδου* ελέγχει τις συνόδους μεταξύ δύο υπολογιστών, του Α και του Β. Ξεκινά, διαχειρίζεται και τερματίζει τη σύνδεση μεταξύ μιας τοπικής και μιας απομακρυσμένης εφαρμογής. Αντιμετωπίζει λειτουργίες **FDX** (*full duplex*, οι Α και Β μιλούν ταυτόχρονα από δύο κανάλια) ή **HDX** (*half-duplex*, μιλάει ο Α και μετά απαντάει ο Β από το ένα διαθέσιμο κανάλι), ενώ υποστηρίζει διαδικασίες **αποθήκευσης κατάστασης**, **αναβολής**, **τερματισμού** και **επανεκκίνησης**. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για το ομαλό κλείσιμο της συνόδου και επίσης για την **αποθήκευση** και **ανάκτηση κατάστασης**, λειτουργίες οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται στην στοίβα πρωτοκόλλων του Διαδικτύου (Postel J.: Comments on Internet Protocol and TCP - 1977)

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

Το *επίπεδο παρουσίασης* μετασχηματίζει τα δεδομένα σε τυπική μορφή που την αναμένει το επίπεδο εφαρμογών. Στο επίπεδο αυτό τα δεδομένα υφίστανται κρυπτογράφηση, συμπίεση, κωδικοποίηση MIME και όποια άλλη διαμόρφωση απαιτεί η μορφή δεδομένων ή ο σχεδιαστής του πρωτοκόλλου. Παραδείγματα αποτελούν η μετατροπή αρχείων από κώδικα EBCDIC σε κώδικα ASCII και η μετατροπή της δομής των δεδομένων σε μορφή XML ή αντίστροφα (π.χ. από XML σε έγγραφο τύπου DOC).

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το *επίπεδο εφαρμογών* 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 καταναμεμένων εφαρμογών, η αποστολή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου κλπ.

Παραδείγματα πρωτοκόλλων επιπέδου εφαρμογών αποτελούν τα Telnet, FTP, SMTP και http.

ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ TCP/IP

Το TCP/IP (Αγγλικά: Transmission Control Protocol/Internet Protocol, είναι μια συλλογή πρωτοκόλλων επικοινωνίας στα οποία βασίζεται το Διαδίκτυο αλλά και μεγάλο ποσοστό των εμπορικών δικτύων. (Postel J.: Comments on Internet Protocol and TCP - 1977)

Η ονομασία TCP/IP προέρχεται από τις συντομογραφίες των δυο κυριότερων πρωτοκόλλων της συλλογής: το Transmission Control Protocol (σημασία στα ελληνικά: Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης) και το Internet Protocol (Πρωτόκολλο Διαδικτύου).

Αυτή η συλλογή πρωτοκόλλων είναι οργανωμένη σε επίπεδα (layers). Το καθένα τους απαντά σε συγκεκριμένα προβλήματα μεταφοράς δεδομένων και παρέχει μια καθορισμένη υπηρεσία στα υψηλότερα επίπεδα. Τα ανώτερα επίπεδα είναι πιο κοντά στη λογική του χρήστη και εξετάζουν πιο αφηρημένα δεδομένα. Στηρίζονται στα πρωτόκολλα των χαμηλότερων επιπέδων για την μετάφραση δεδομένων σε μορφές οι οποίες είναι δυνατόν να διαβιβαστούν με φυσικά μέσα(Postel J.: Comments on Internet Protocol and TCP - 1977)

Το μοντέλο OSI, το οποίο παραμένει έως σήμερα μόνο θεωρητικό, προτείνει την κατάταξη των πρωτοκόλλων δικτύων σε έναν οργανωμένο σωρό επτά επιπέδων. Συγκρίσεις ανάμεσα στο μοντέλο OSI και το TCP/IP δείχνουν τη σημασία των πρωτοκόλλων που περιέχονται στην συλλογή IP, από την άλλη πλευρά όμως μπορεί να προκληθεί σύγχυση, καθώς το TCP/IP αποτελείται **από μόνο τέσσερα επίπεδα**.

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ

Το στρώμα αυτό, ρόλος του οποίου είναι η διακίνηση πακέτων του επιπέδου δικτύου μεταξύ δυο οντοτήτων, δεν είναι στην ακρίβεια μέρος της σουίτας πρωτοκόλλων Διαδικτύου, διότι το IP λειτουργεί με διάφορα στρώματα συνδέσμου(Postel J.: Comments on Internet Protocol and TCP - 1977)

Η διαδικασία διαβίβασης πακέτων σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο συνδέσμου μπορεί να ελέγχεται είτε από τον οδηγό του interface, είτε το firmware ή σύνολο εξειδικευμένων κυκλωμάτων (chipsets), είτε τέλος από ένα συνδυασμό των προ-αναφερθέντων. Αυτά θα εκτελέσουν τις λειτουργίες σύνδεσης δεδομένων (data link), όπως π.χ. την πρόσθεση επικεφαλίδας (packet header) πριν την αποστολή, την ίδια τη διαβίβαση του πλαισίου (frame) με τη χρήση ενός φυσικού μέσου(Postel J.: Comments on Internet Protocol and TCP - 1977)

Για συνδέσεις μέσω μόντεμ (σε γραμμή τηλεφώνου), τα πακέτα IP μεταφέρονται συνήθως χρησιμοποιώντας το PPP. Σε ευρυζωνικές συνδέσεις (π.χ. ADSL) συναντάμε το PPPoE. Σε τοπικά δίκτυα, τα πρωτόκολλα Ethernet ή IEEE 802.11 (για ενσύρματα ή ασύρματα δίκτυα αντίστοιχα) είναι πιο κοινά. Για δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) χρησιμοποιούνται συχνά το PPP πάνω σε γραμμές T-carrier ή E-carrier, το Frame relay, το ATM ή το Packet over SONET/SDH (POS).

Το στρώμα συνδέσμου είναι επίσης το επίπεδο όπου τα πακέτα μπορούν να αναχαιτιστούν για να σταλθούν σ'ένα Εικονικό Ιδιωτικό Δίκτυο (Virtual Private Network, VPN). Σ'αυτήν την περίπτωση, τα δεδομένα του επιπέδου αυτού αντιμετωπίζονται ως δεδομένα εφαρμογής, και "ξανακατεβαίνουν" τη στοίβα πρωτοκόλλων Διαδικτύου για να σταλθούν.

Στη λαμβάνουσα πλευρά, τα δεδομένα ανεβαίνουν δυο φορές τη στοίβα (μια για το VPN και μια δεύτερη για τη δρομολόγηση). Το φυσικό επίπεδο, που αποτελείται από τα φυσικά στοιχεία του δικτύου (hubs, repeaters, καλώδια δικτύου, οπτικές ίνες, ομοαξονικά καλώδια, κάρτες δικτύων) και τις προδιαγραφές χαμηλού επιπέδου των σημάτων (τάση, συχνότητα, κλπ.), θεωρείται συχνά ως μέρος του στρώματος συνδέσμου.

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ

Ο σκοπός του στρώματος δικτύου είχε αρχικά καθοριστεί ως η μεταφορά πακέτων μέσω ενός ενιαίου δικτύου. Με την εμφάνιση πιο σύνθετων μορφών δικτύων, προστέθηκαν επιπλέον χαρακτηριστικά στο στρώμα αυτό, έτσι ώστε ο ρόλος του να είναι πια η διακίνηση δεδομένων από το δίκτυο-αποστολέα στο δίκτυο-παραλήπτη. Αυτό προϋποθέτει συνήθως τη δρομολόγηση πακέτων διαμέσου ενός δικτύου δικτύων (internetwork) ή διαδικτύου (με μικρά γράμματα).

Στην σουίτα πρωτοκόλλων Διαδικτύου, το IP μεταφέρει τα πακέτα δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Το IP μπορεί να εξυπηρετήσει διάφορα πρωτόκολλα ανωτέρων επιπέδων (upper layer protocols) - το καθένα τους προσδιορίζεται με έναν αποκλειστικό αριθμό πρωτοκόλλου: π.χ. το ICMP και το IGMP έχουν τους αριθμούς 1 και 2 αντίστοιχα. (Θεολόγου Μ. : Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών - 2007)

Μερικά πρωτόκολλα που στηρίζονται στο IP, π.χ. το ICMP (χρησιμοποιείται για την διάδοση διαγνωστικών πληροφοριών σχετικά με την μεταφορά πακέτων μέσω IP) παρουσιάζονται πάνω από το IP αλλά παρέχουν υπηρεσίες επιπέδου διαδικτύου, απεικονίζοντας έτσι την ασυμβατότητα μεταξύ του Διαδικτύου, των πρωτοκόλλων Διαδικτύου και του μοντέλου OSI.

ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Το στρώμα μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την μεταφορά μηνυμάτων, ανεξαρτήτως του υποκείμενου δικτύου, με έλεγχο σφαλμάτων (error control), κατάτμηση (fragmentation) και ρύθμιση ροής (flow control). Η μετάδοση μηνυμάτων μεταξύ δυο οντοτήτων μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως connectionoriented ή connectionless. (Θεολόγου Μ. : Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών - 2007)

Η λειτουργία του στρώματος αυτού μπορεί να συγκριθεί με αυτή οποιουδήποτε μηχανισμού/μέσου μεταφοράς, π.χ. ένα όχημα που πρέπει να εξασφαλίζει την πλήρη και ασφαλή διακίνηση του φορτίου του. Το στρώμα μεταφοράς παρέχει αυτή την υπηρεσία σύνδεσης εφαρμογών μεταξύ τους, κάνοντας χρήση θυρών (ports).

Καθώς το IP προσφέρει μόνο παράδοση όσο το δυνατόν καλύτερα (besteffortdelivery), το στρώμα μεταφοράς είναι το πρώτο επίπεδο όπου λαμβάνεται υπόψιν το θέμα της αξιοπιστίας(Θεολόγου Μ. : Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών - 2007)

Παραδείγματος χάρη, σε μια προσπάθεια αξιόπιστης μετακίνησης δεδομένων, το TCP που είναι ένα connection-oriented πρωτόκολλο, έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- τα δεδομένα έρχονται στην ίδια σειρά με την οποία στάλθηκαν ^[2]
- ελάχιστος έλεγχος σφαλμάτων
- ανεπιθύμητα αντίγραφα απορρίπτονται
- χαμένα/απορριφθέντα πακέτα ξαναστέλνονται
- έλεγχος κυκλοφοριακής συμφόρησης (congestioncontrol)

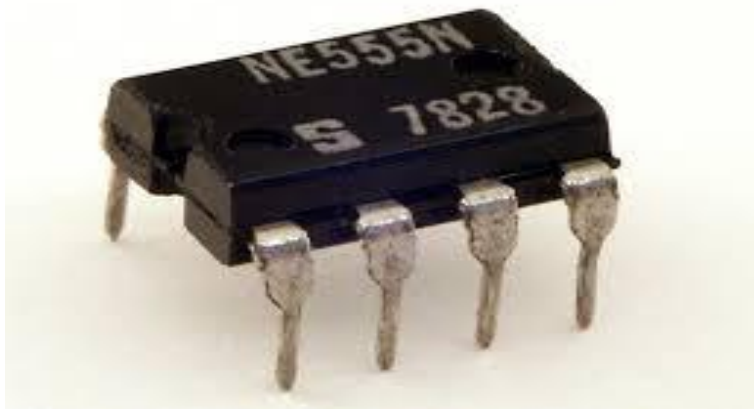
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το στρώμα εφαρμογής χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των δικτυομένων προγραμμάτων. Το πρόγραμμα παραδίδει τα δεδομένα σε μια μορφή που ορίζει το ίδιο.Εφ'όσον το TCP/IP δεν παρέχει στρώματα μεταξύ των στρωμάτων εφαρμογής και μεταφοράς, όλες οι λειτουργίες παρουσίασης και συνεδρίας πρέπει να υλοποιηθούν σ'αυτό το επίπεδο. Αυτή η διαδικασία διευκολύνεται με τη χρήση βιβλιοθηκών(Θεολόγου Μ. : Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών - 2007)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ

ΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Ένα **ολοκληρωμένο κύκλωμα** είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο έχει πολύ μικρό μέγεθος το οποίο αποτελείται από ημιαγωγικά στοιχεία καθώς και από άλλα στοιχεία όπως είναι τα τρανζίστορ, οι δίοδοι και οι αντιστάσεις. Ο σκοπός της δημιουργίας τους είναι η αύξηση της αποδοτικότητας, της αξιοπιστίας, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η ταχύτητα ενός συστήματος (Grimes C.A., Dickey E.C., and Pishko M.V.: Encyclopedia of Sensors (10-Volume Set) -2006)



Εικόνα 10: Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα

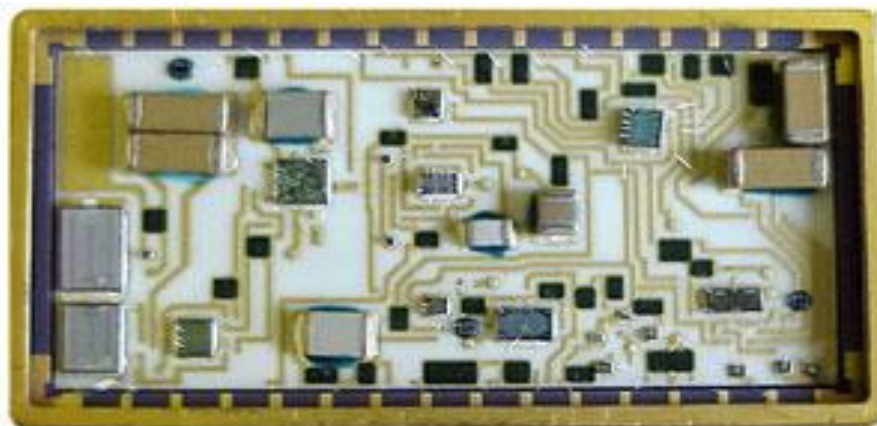
Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα χωρίζονται σε μονολιθικά και υβριδικά. Τα μονολιθικά ολοκληρωμένα κυκλώματα περιέχουν όλα τα στοιχεία τους μέσα σε ένα στρώμα ημιαγωγού (Εικόνα 11)



Εικόνα 11: Μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα

Ένα υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σμίκρυνση που αποτελείται από μεμονωμένα ημιαγωγικά και παθητικά κυκλώματα τα οποία έχουν την μορφή

διάφορων υμενίων που αποτίθενται πάνω στην επιφάνεια ενός μονωτικού υποστρώματος ή σε έναν πίνακα κυκλωμάτων(Εικόνα 12)



Εικόνα 12: Υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα

ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μπορούν να διαχωριστούν σε **αναλογικά**, **ψηφιακά** και σε **μεικτά**. Τα ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα μπορούν να περιέχουν απο ένα μέχρι δισεκατομύρια στοιχεία όπως είναι οι λογικές πύλες, τα φλιπ-φλοπ και οι πολύπλέκτες. Το μικρό μέγεθος αυτών των στοιχείων επιτρέπουν μεγάλη ταχύτητα, μικρή κατανάλωση ισχύος και μικρό κόστος κατασκευής. Ένα ψηφιακό ολοκληρωμένο κύκλωμα μπορεί να είναι ένας επεξεργαστής ή ένας μικροελεγκτής (David H. & Sarah H. : Digital Design and Computer Architecture -2012)

Τα αναλογικά ολοκληρωμένα κυκλώματα(Εικόνα 13) μπορεί να είναι αισθητήρες, κυκλώματα διαχείρισης ενέργειας και διάφορα amplifiers. Εκτελούν συναρτήσεις για να κάνουν amplification, filtering αποδιαμόρφωση και mixing. Τα μεικτά ολοκληρωμένα κυκλώματα είναι μια μίξη ψηφιακών και αναλογικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (Grimes C.A, Dickey E.C, and Pishko M.V : Encyclopedia of Sensors (10-Volume Set) -2006)



Εικόνα 13: Αναλογικό ολοκληρωμένο κύκλωμα

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το πρώτο χαρακτηριστικό των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων είναι ότι πραγματοποιεί με **ανεξάρτητο τρόπο** μια καθορισμένη λειτουργία όπου συχνά είναι πολύπλοκη ενώ οι στοιχειώδεις ηλεκτρονικές διατάξεις όπως είναι πχ οι δίοδοι και τα τρανζίστορ δε μπορούν να εκτελέσουν μόνο τους παρα μόνο σε συνεργασία με άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. (David H. & Sarah H. : Digital Design and Computer Architecture -2012)

Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι ότι η **άυξηση της λειτουργικής πολυπλοκότητας** τους σε σχέση με τις θεμελιώδεις διατάξεις δεν ακολουθείται από κάποια υποβάθμιση μιας οποιασδήποτε από τις κύριες παραμέτρους όπως είναι η ποιότητα και το κόστος.

Από την άλλη πλευρά, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα έχουν προτίμηση στα **ενεργά στοιχεία** και όχι στα παθητικά όπως είναι για παράδειγμα οι αντιστάτες. Επομένως ενδιαφερόμαστε να τοποθετήσουμε στο ίδιο τσίπ όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό στοιχείων ελάχιστης επιφάνειας (David H. & Sarah H. : Digital Design and Computer Architecture -2012)

Τέλος, τα γειτονικά στοιχεία **δεν απέχουν** μεταξύ τους πάνω από 50 με 100μm με αποτέλεσμα να μειώνουμε την επίδραση των θερμικών μεταβολών και της διασποράς των παραμέτρων.

ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΣΥΝΙΣΤΟΥΝ ΕΝΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Προηγουμένως μιλήσαμε για το τι περιέχει ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, χωρίς όμως να δώσουμε αναλυτική περιγραφή των στοιχείων αυτών. Σε αυτήν την ενότητα θα ασχοληθούμε αναλυτικά με την περιγραφή των πιο συνηθισμένων στοιχείων που βρίσκονται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (David H. & Sarah H. : Digital Design and Computer Architecture - 2012)

ΛΟΓΙΚΕΣ ΠΥΛΕΣ

Μία λογική πύλη είναι ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο πραγματοποιεί μία λογική πράξη στις εισόδους της και παράγει μία έξοδο. Οι λογικές πύλες έχουν δημιουργηθεί για να δουλεύουν στο δυαδικό σύστημα. Στα ηλεκτρονικά κυκλώματα ως λογικό 0 θεωρείται η τάση εκείνη η οποία είναι κάτω από ένα κατώφλι που έχουν ορίσει οι κατασκευαστές της λογικής πύλης (πχ 0,5V).

Αντίστοιχα το λογικό 1 αντιστοιχεί σε τάση η οποία υπερβαίνει κάποια τάση (συνήθως 5V αλλά οι τελευταίες τεχνολογίες έχουν καταφέρει να μειώσουν την τάση αυτή). Με άλλα λόγια το λογικό 0 αντιστοιχεί στην τάση γείωσης και το λογικό 1 σε τάση τροφοδοσίας. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες κατασκευής πυλών, όπως η CMOS (Jaeger, : Microelectronic Circuit Design -1997)

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ NOT

Η πύλη NOT (OXI) έχει μόνο μία είσοδο και δίνει μόνο μία έξοδο. Η λειτουργία της είναι η αντιστροφή του λογικού σήματος της εισόδου επομένως :

$$c = a' \text{ ή } c = \bar{a}$$

Ενώ ο πίνακας αληθείας της πύλης είναι(Εικόνα 14)::

A (IN)	B (OUT)
0	1
1	0

Εικονα 14: Πίνακας αληθείας NOT

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ AND

Η πύλη AND εκτελεί την λογική πράξη AND (ΚΑΙ) μεταξύ των εισόδων της. Η πράξη AND στην άλγεβρα Boole συμβολίζεται με επί (*). Για παράδειγμα εαν η πύλη έχει 2 εισόδους (a και b) και μία έξοδο (c) θα γίνει η πράξη(Jaeger,: Microelectronic Circuit Design -1997):

$$c = a * b$$

Ενώ ο πίνακας αληθείας της πύλης είναι(Εικόνα 15)::

A	B	out
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Εικονα 15:Πίνακας αληθείας AND

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ OR

Η πύλη OR εκτελεί την λογική πράξη OR (Η΄) μεταξύ των εισόδων της. Η πράξη OR στην άλγεβρα Boole συμβολίζεται με το συν (+). Για παράδειγμα εαν η πύλη έχει 2 εισόδους (a και b) και μία έξοδο (c) θα γίνει η πράξη:(Εικόνα 16):

$$c = a + b$$

Ενώ ο πίνακας αληθείας είναι :

A	B	out
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Εικόνα 16: Πίνακας αληθείας OR

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ XOR

Η πύλη **XOR** εκτελεί την λογική πράξη XOR (ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΟ Η') μεταξύ των εισόδων της. Η πράξη XOR στην άλγεβρα Boole συμβολίζεται με ένα συν μέσα σε ένα κύκλο ($\oplus$). Για παράδειγμα εάν η πύλη έχει 2 εισόδους (a και b) και μία έξοδο (c) θα γίνει η πράξη (Jaeger,: Microelectronic Circuit Design -1997):

$$c = a \oplus b = ab' + a'b$$

Ενώ ο πίνακας αληθείας είναι(Εικόνα 17):

x	y	x XOR y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

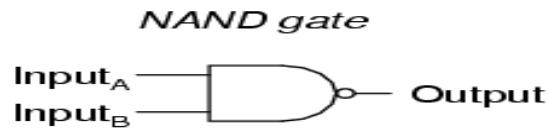
Εικόνα 17: Πίνακας αληθείας XOR

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ NAND

Η πύλη NAND (OXI-KAI) δίνει την αντίθετη έξοδο από την AND, δηλαδή δίνει λογικό 1 όταν υπάρχει τουλάχιστο ένα λογικό 0 στις εισόδους :

$$c = (a * b)'$$

Ενώ ο πίνακας αληθείας είναι(Εικόνα 18):



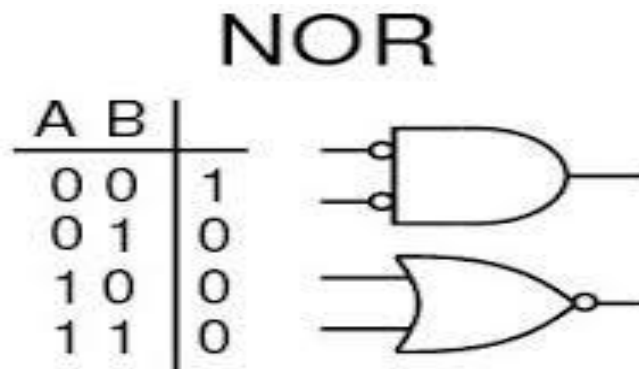
A	B	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Εικόνα 18: Πίνακας αληθείας NAND

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ NOR

Η πύλη NOR (OXI-H') δίνει την αντίθετη έξοδο από την OR, δηλαδή δίνει λογικό 1 όταν και οι δύο είσοδοι είναι 0. (Jaeger,: Microelectronic Circuit Design -1997)

Ο πίνακας καταστάσεων και το κυκλωματικό σχεδιάγραμμα είναι τα εξής(Εικόνα 19):



Εικόνα 19: Πίνακας αληθείας NOR

ΛΟΓΙΚΗ ΠΥΛΗ XNOR

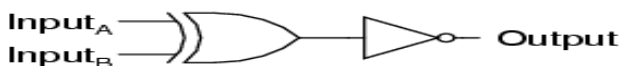
Η πύλη XNOR δίνει την αντίθετη έξοδο από την XOR, δηλαδή δίνει λογικό 1 όταν οι δύο είσοδοι είναι στην ίδια λογική στάθμη. Ο πίνακας καταστάσεων και το κυκλωματικό σχεδιάγραμμα είναι τα εξής(Εικόνα 20):

Exclusive-NOR gate



A	B	Output
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Equivalent gate circuit



Εικόνα 20: Ο πίνακας αληθείας XNOR

ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡΣ

Το τρανζίστορ (transistor), στα ελληνικά κρυσταλλοτρίοδος και παλαιότερα κρυσταλλολυχνία, είναι διάταξη ημιαγωγών στερεάς κατάστασης, η οποία βρίσκει διάφορες εφαρμογές στην ηλεκτρονική, μερικές εκ των οποίων είναι η ενίσχυση, η σταθεροποίηση τάσης, η διαμόρφωση συχνότητας, η λειτουργία ως διακόπτης και ως μεταβλητή ωμική αντίσταση (Rowe J. "Circuit Logic - Why and How" -1996)

Το τρανζίστορ μπορεί, ανάλογα με την τάση με την οποία πολώνεται, να ρυθμίζει την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος που απορροφά από συνδεδεμένη πηγή τάσης. Τα τρανζίστορ κατασκευάζονται είτε ως ξεχωριστά ηλεκτρονικά εξαρτήματα είτε ως τμήματα κάποιου ολοκληρωμένου κυκλώματος. Παρακάτω φαίνεται ένα τυπικό τρανζίστορ (Εικόνα 21):



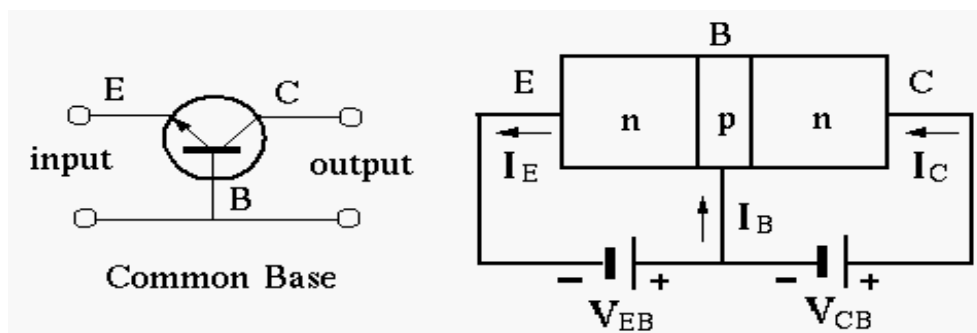
Εικόνα 21: Ένα τρανζίστορ

ΕΙΔΗ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡΣ

Διπολικό Τρανζίστορ Επαφής – BJT

Τα διπολικά τρανζίστορ επαφής (Bipolar Junction Transistor) ήταν τα πλέον διαδεδομένα τρανζίστορ στις δεκαετίες του 1960 και 1970. Ακόμα και μετά την αύξηση της χρήσης των MOSFET παρέμειναν στη κυκλοφορία κυρίως σε αναλογικά κυκλώματα όπως οι απλοί

ενισχυτές λόγω της απλότητας κατασκευής τους και της γραμμικότητας που παρουσιάζει το σήμα τους. Παρακάτω βλέπουμε την αρχιτεκτονική ενός BJT τρανζίστορ (Εικόνα 22):



Εικόνα 22: Αρχιτεκτονική BJT τρανζίστορ

Τρανζίστορ Επίδρασης Πεδίου - FET

Τα τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (αγγλικά: Field Effect Transistor) ή FET από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων είναι μια ηλεκτρονική διάταξη με τρεις ακροδέκτες η οποία περιλαμβάνει μια επαφή p-n. Η λειτουργία του βασίζεται στον έλεγχο ενός εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου με την εφαρμογή εξωτερικού δυναμικού στον έναν από τους τρεις ακροδέκτες που ονομάζεται πύλη gate (Rowe J. "Circuit Logic - Why and How" -1996)

Το πεδίο αυτό ελέγχει την αγωγιμότητα μεταξύ των άλλων δυο ακροδεκτών, που ονομάζονται απαγωγός ή εκροή ή υποδοχή (drain) και πηγή (source). Το ρεύμα που διέρχεται από αυτούς τους δύο ακροδέκτες ελέγχεται από το πεδίο αυτό και έτσι, ενώ στα διπολικά τρανζίστορ ο έλεγχος του ρεύματος στην έξοδο γίνεται με το ρεύμα βάσης, στα FETs ο έλεγχος γίνεται με το δυναμικό της πύλης. (Rowe J. "Circuit Logic - Why and How" -1996)

Επίσης, η αγωγιμότητα γίνεται με ένα τύπο φορέων (οπές ή ηλεκτρόνια) ανάλογα με την πολικότητά τους, οπότε τα τρανζίστορ αυτά χαρακτηρίζονται ως μονοπολικά (unipolar).

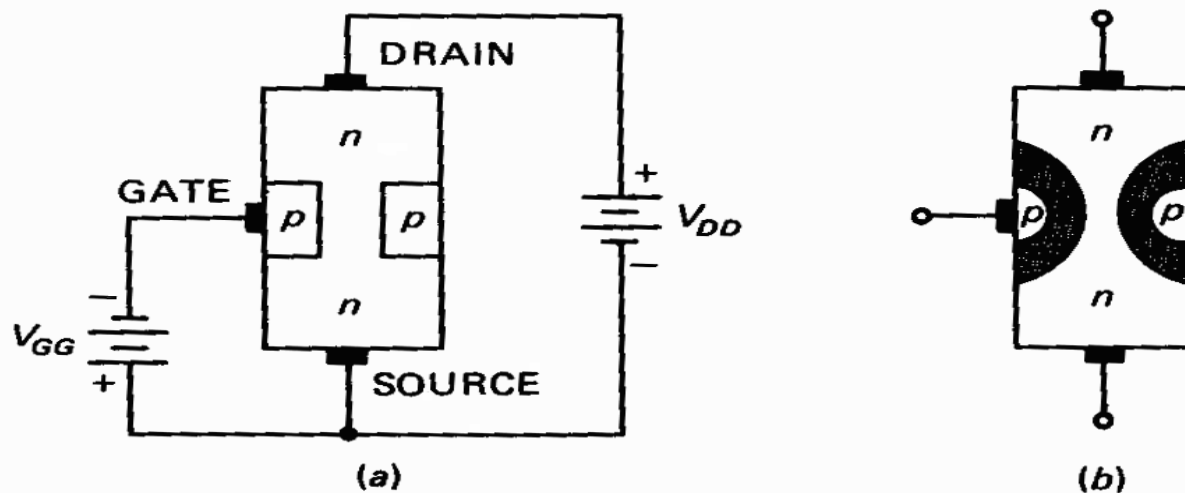
Υπάρχουν δυο τύποι FET που ονομάζονται **FET επαφής**, **JFET** (Junction FET) και **FET μονωμένης πύλης** ή **Μετάλλου-Οξειδίου-Ημιαγωγού**, (MOSFET, Metal-Oxide-Semiconductor FET). Κάθε τύπος μπορεί να κατασκευαστεί με κανάλι αγωγιμότητας ημιαγωγού τύπου n ή τύπου p, οπότε χαρακτηρίζεται αντίστοιχα ως n-καναλιού (n-channel) ή p-καναλιού (p-channel). Επιπλέον, υπάρχουν δύο κατηγορίες των παραπάνω, τα FET αραίωσης (depletion mode) και τα FET πύκνωσης enhancement mode. (Amos SW & James : Principles of Transistor Circuits. Butterworth-Heinemann -1999)

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του FET είναι ότι συχνά είναι απλούστερο να κατασκευαστεί και ότι καταλαμβάνει μικρότερο χώρο πάνω σε ένα μικροκύκλωμα (τσιπ) σε σύγκριση με ένα BJT. Έτσι, η πυκνότητα εξαρτημάτων πάνω σε ένα μόνο μικροκύκλωμα μπορεί να είναι εξαιρετικά μεγάλη και συχνά ξεπερνά τα 100.000 MOSFET ανά τσιπ. (Amos SW & James : Principles of Transistor Circuits. Butterworth-Heinemann -1999)

Μια δεύτερη πολύ σημαντική ιδιότητα είναι ότι οι διατάξεις MOS μπορούν να συνδεθούν σαν αντιστάσεις και σαν πυκνωτές ανάλογα με την χρήση που απαιτείται. Αυτό επιτρέπει την σχεδίαση συστημάτων που αποτελούνται αποκλειστικά από MOSFET και όχι από άλλα εξαρτήματα. Η εκμετάλλευση των ιδιοτήτων αυτών κάνει το MOSFET την κυρίαρχη συσκευή σε συστήματα πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (VLSI: Very Large Scale Integration).

Αντίθετα με το BJT, το FET είναι μια συσκευή φορέων πλειονότητας. Η λειτουργία του εξαρτάται από την χρήση ενός ηλεκτρικού πεδίου που εφαρμόζεται για να ελέγχει ένα ρεύμα. (Amos SW & James : Principles of Transistor Circuits. Butterworth-Heinemann -1999)

Έτσι το FET είναι μια πηγή ρεύματος που ελέγχεται από τάση, που όπως είναι γνωστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν διακόπτης και σαν ενισχυτής. Παρακάτω βλέπουμε την αρχιτεκτονική ενός FET τρανζίστορ (Εικόνα 23):



Εικόνα 23: Η αρχιτεκτονική ενός FET τρανζίστορ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

Η ηλεκτρική αντίσταση ενός αγωγού είναι η δυσκολία (αντίσταση) που παρουσιάζεται στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος δια μέσου ενός αγωγού. Η αντίθετη έννοια ονομάζεται ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οποία αναφέρεται στην ευκολία διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος. Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις μπορούν να παραλληλιστούν με την ιδέα της μηχανικής τριβής. (Amos SW & James : Principles of Transistor Circuits. Butterworth-Heinemann -1999)

Στο Διεθνές σύστημα μονάδων (SI) η μονάδα ηλεκτρικής αντίστασης μετριέται σε Ωμ (και συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα Ω), ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητας μετριέται σε μονάδα siemens (S).

Όλα τα υλικά παρουσιάζουν κάποια μορφή αντίστασης εκτός από τα υπεραγώγιμα υλικά τα οποία έχουν αντίσταση μηδέν. Η αντίσταση (R) είναι μια μονάδα η οποία ορίζεται ως το κλάσμα της τάσης του υλικού (V) προς το ρεύμα (I). Η αγωγιμότητα (G) ορίζεται ως το ανάποδο:

$$R = \frac{V}{I}, G = \frac{1}{R}$$

Για πολλά είδη υλικών και συνθήκες, τα V και I είναι έχουν άμεση και γραμμική συσχέτιση, έτσι το R και G θεωρούνται σταθερές (παρόλο που μπορούν να επηρεάζονται από άλλες παραμέτρους όπως την θερμοκρασία). Αυτή η αναλογία ονομάζεται νόμος του Ωμ και τα υλικά που ικανοποιούν αυτή τη σχέση ονομάζονται Ωμικά υλικά (Amos SW & James : Principles of Transistor Circuits. Butterworth-Heinemann -1999)

Ωμική Ηλεκτρική αντίσταση είναι το μέγεθος με το οποίο προσμετράται η δυσχέρεια στην έλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα υλικό, όταν το υλικό αυτό δε φέρει ιδιάζον σχήμα, ώστε να μην αναπτύσσονται επιπλέον ηλεκτρικές ιδιότητες οφειλόμενες σε χωρητικά ή επαγωγικά φαινόμενα. (Amos SW & James : Principles of Transistor Circuits. Butterworth-Heinemann -1999)

Η ωμική αντίσταση, μετρούμενη σε ευθύγραμμο αγωγό που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο προκαλεί η εφαρμογή μιας διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού στα άκρα του, ορίζεται ως το πηλίκο της διαφοράς δυναμικού προς την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος:

$$R = \frac{V}{I}$$

Όπου :

- **R:** Η αντίσταση που εμφανίζει το αντικείμενο (σε ohms)
- **V:** Η διαφορά δυναμικού/τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του αντικειμένου (σε volts)
- **I:** Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το αντικείμενο (σε amperes)

Παρακάτω φαίνεται μια ωμική αντίσταση (**Εικόνα 24**) :



Εικόνα 24 : Μια ωμική αντίσταση

ΠΥΚΝΩΤΕΣ

Πυκνωτής (C) ονομάζεται ένα σύστημα δύο γειτονικών αγωγών ανάμεσα στους οποίους παρεμβάλλεται μονωτικό υλικό. Αυτό το μονωτικό υλικό μπορεί να είναι αέρας, πλαστικό, μίκα κ.α. Οι δύο αγωγοί ονομάζονται οπλισμοί του πυκνωτή, ενώ το παρεμβαλλόμενο υλικό ονομάζεται διηλεκτρικό του πυκνωτή (Amos SW & James : Principles of Transistor Circuits. Butterworth-Heinemann -1999)

Βασικό χαρακτηριστικό κάθε πυκνωτή είναι η ιδιότητά του να αποθηκεύει ηλεκτρικό φορτίο, επομένως ηλεκτρική ενέργεια. Όταν ένας πυκνωτής είναι φορτισμένος, οι οπλισμοί του έχουν ηλεκτρικά φορτία κατά μέτρο ίσα και αντίθετα. Ονομάζουμε φορτίο του πυκνωτή (Q_c) το φορτίο του θετικά φορτισμένου οπλισμού του (Amos SW & James : Principles of Transistor Circuits. Butterworth-Heinemann -1999)

Μεταξύ των οπλισμών ενός φορτισμένου πυκνωτή αναπτύσσεται διαφορά δυναμικού, την οποία ονομάζουμε τάση του πυκνωτή (V_c). Το σταθερό πηλίκο του φορτίου ενός πυκνωτή προς την τάση του ονομάζεται χωρητικότητα του πυκνωτή και συμβολίζεται με το αγγλικό γράμμα C , που είναι το αρχικό γράμμα τη λέξης Capacity:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Παρακάτω βλέπουμε έναν πυκνωτή (Εικόνα 25):



Εικόνα 25: Ένας πυκνωτής

Μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας του πυκνωτή είναι το 1 Φαράντ Farad (F). Πρόκειται όμως για μεγάλη μονάδα, που σπάνια χρησιμοποιείται στην πράξη. Συνήθως χρησιμοποιούνται τα υποπολλαπλάσιά του: μικροφαράντ (μF), νανοφαράντ (nF) και πικοφαράντ (pF). Η χωρητικότητα του πυκνωτή ΔΕΝ εξαρτάται από το φορτίο Q_c , ούτε από την τάση του (V_c).

Η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι δεδομένη, ακόμα και στην περίπτωση που ο πυκνωτής είναι αφόρτιστος. Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του

και από τη φύση του διηλεκτρικού του, είναι όμως ανεξάρτητη από το υλικό των οπλισμών του. Αποδεικνύεται ότι η χωρητικότητα του επίπεδου πυκνωτή, δίνεται από τη σχέση:

$$C = \epsilon \cdot \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Όπου:

- C , η χωρητικότητα του πυκνωτή
- E , η σχετική διηλεκτρική σταθερά του υλικού
- ϵ_0 , η απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του κενού
- A , το εμβαδόν του κάθε οπλισμού
- D , η απόσταση μεταξύ των οπλισμού

ΒΑΘΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες SSI, MSI, LSI και VLSI, ανάλογα με τον αριθμό των λογικών πυλών από τα οποία αποτελούνται (Θεολόγου Μ. : Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών - 2007)

- **SSI:** Μικρής κλίμακας ολοκλήρωσης ((ολοκληρωμένα) κυκλώματα) είναι τα ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία περιλαμβάνουν μία με είκοσι λογικές πύλες. Περιέχουν τις μεμονωμένες λογικές πύλες που μπορεί να χρειάζεται ένα απλό κύκλωμα.
- **MSI:** Μεσαίας κλίμακας ολοκλήρωσης είναι τα ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία περιλαμβάνουν είκοσι με 200 λογικές πύλες. Περιέχουν λειτουργικές δομικές μονάδες ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.
- **LSI:** Μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης είναι τα ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία περιλαμβάνουν 200 με περίπου 200000 λογικές πύλες.
- **VLSI:** Πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης είναι τα ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία περιλαμβάνουν πολλές λογικές πύλες.
- **SLI:** Πάρα πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης. Σε ένα κύκλωμα τέτοιου μεγέθους περιέχονται απο 10.000 έως 100.000 τρανζίστορ και λογικές πύλες.
- **ULSI:** Εξαιρετικά μεγάλη κλίμακα ολοκλήρωσης με πάνω απο 1.000.000 τρανζίστορ. Χρησιμοποιούνται σε CPU υπολογιστών , GPU , μικροελεγκτές και FPGA.

Ο ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ

Ενας μικροεπεξεργαστής περιλαμβάνει τις περισσότερες ή όλες τις λειτουργίες μιας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (ΚΜΕ) ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC). Οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1970

και χρησιμοποιήθηκαν σε ηλεκτρονικές αριθμομηχανές(Kant K.: Architecture Programming And System Design -2007)

Η ενσωμάτωση των μικροεπεξεργαστών σε άλλες συσκευές, όπως τερματικά, εκτυπωτές κλπ, ακολούθησε σχετικά γρήγορα(Θεολόγου Μ. : Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών - 2007)

Με χρήση ενός οκτάμπιτου μικροεπεξεργαστή, κατασκευάστηκε ο πρώτος μικροϋπολογιστής γενικού σκοπού στα μέσα της δεκαετίας του 1970. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των μικροεπεξεργαστών που ακολούθησε συνδέεται με τις αυξημένες απαιτήσεις από γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου.Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένας μικροεπεξεργαστής(**Εικόνα 26**):



Εικόνα26:ΟμικροεπεξεργαστήςCore 2 Duo

Εναςσύγχρονοςμικροεπεξεργαστήςαποτελείταιαπότιςακόλουθεςμονάδες(KantK.: ArchitectureProgrammingAndSystemDesign -2007):

- **Μονάδα αποκωδικοποίησης** (Decoding Unit)
- **Αριθμητική και Λογική Μονάδα** (Arithmetic and Logical Unit, ALU): Η μονάδα στην οποία εκτελούνται μία προς μία οι αριθμητικές ή λογικές πράξεις, όπως υπαγορεύονται από τις εντολές που έχουν δοθεί στον υπολογιστή.
- **Καταχωρητές** (Registers): Μικρά κελιά μνήμης στο εσωτερικό του επεξεργαστή, που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων, καθώς αυτά υφίστανται επεξεργασία. Οι καταχωρητές διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του επεξεργαστή και τον κατασκευαστή, τόσο ως προς την οργάνωση όσο και ως προς τη χωρητικότητά τους.
- **Μονάδα ελέγχου** (Control Unit): Ελέγχει τη ροή δεδομένων από και προς την ALU, τους καταχωρητές, τη μνήμη και τις περιφερειακές μονάδες εισόδου/εξόδου.
- **Μονάδα προσκόμισης** (Fetch Unit): Μεταφέρει τις εντολές από τη μνήμη στον επεξεργαστή.
- **Μονάδα προστασίας** (Protection Unit): Εξασφαλίζει το αποδεκτό της κάθε διεργασίας που εκτελεί ο επεξεργαστής, ώστε να μη τροποποιούνται δεδομένα που δεν πρέπει ή να μην εκτελούνται μη αποδεκτές εντολές, όπως π.χ. διαίρεση αριθμού με το μηδέν.

Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ

Ο μικροελεγκτής (microcontroller) είναι ένας τύπος επεξεργαστή, ουσιαστικά μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα (από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έως παιχνίδια), ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα(Kant K.: Architecture Programming And System Design - 2007)

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα (πχ τους μικροεπεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών), δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά τα οποία διασυνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή), η οποία δεν είναι εξειδικευμένη.

Αντίθετα, στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα (μικροελεγκτές), οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση(Kant K.: Architecture Programming And System Design -2007)

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι(Kant K.: Architecture Programming And System Design -2007):

- Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιεί το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- Χαμηλό κόστος.
- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.

- Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσής τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.

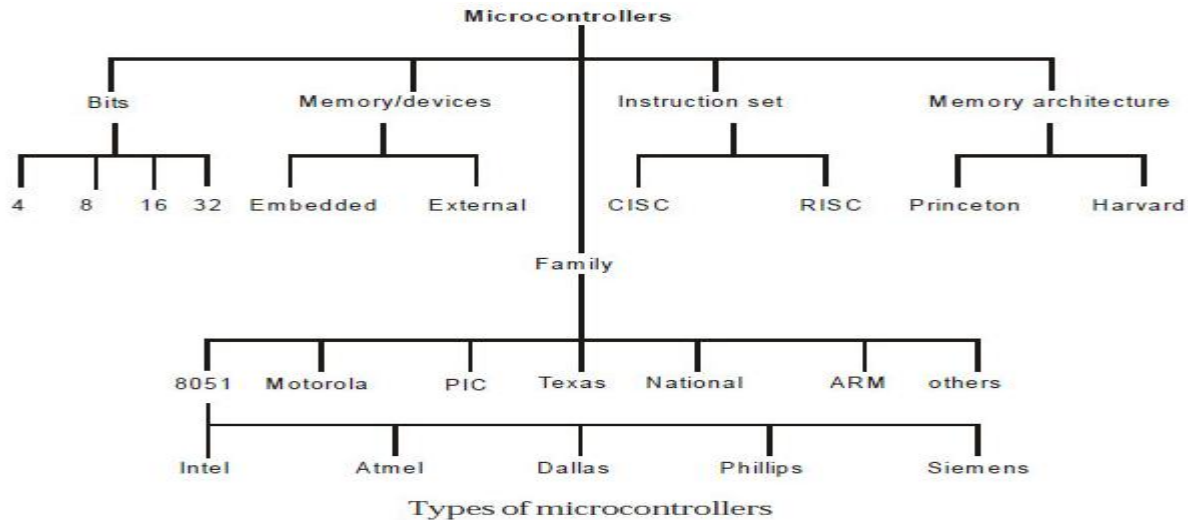
ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται ένας μικροελεγκτής, μπορεί να περιέχει και(Kant K.: Architecture Programming And System Design -2007):

- Μία ή περισσότερες ασύγχρονες **σειριακές θύρες** επικοινωνίας (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART).
- **Σύγχρονες σειριακές** θύρες επικοινωνίας (πχ I2C, SPI, Ethernet).
- **Ολόκληρα υποσυστήματα** για την άμεση υποστήριξη από υλικολογισμικό (firmware) των πιο σύνθετων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως CAN, HDLC, ISDN, ADSL.
- **Μονάδα άμεσης εκτέλεσης πράξεων κινητής υποδιαστολής** (Floating Point Processing Unit, FPU), η οποία είναι πάντοτε πιο γρήγορη από την ALU του επεξεργαστή. Τέτοιες μονάδες χαρακτηρίζουν τους μικροελεγκτές με δυνατότητες ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (Digital Signal Processing, DSP). Τα τελευταία χρόνια, με την ευρύτατη διάδοση των φορητών συσκευών ήχου και εικόνας, παρατηρείται μια τάση σύγκλισης των μικροελεγκτών με τους DSP.
- Περισσότερες από μία εισόδους για μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital converter, ADC).
- **Μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα** (Digital to Analog converter, DAC).
- **Ελεγκτή οθόνης υγρών κρυστάλλων** (Liquid Crystal Display, LCD).
- **Υποσύστημα προγραμματισμού πάνω στο κύκλωμα** (τύπου ISP).Χάρη σε αυτό το κύκλωμα, είναι δυνατός ο επαναπρογραμματισμός (αναβάθμιση λογισμικού) της εφαρμογής, συνδέοντας στη συσκευή μια εξωτερική συσκευή προγραμματισμού (συνήθως σε θύρα UART RS-232) ή ακόμη και από το διαδίκτυο. Αυτή η δυνατότητα απαιτεί την προϋπαρξη λογισμικού υποδοχής (bootstrap) μέσα στη μνήμη προγράμματος και επομένως δεν μπορεί να γίνει σε τελείως άδεια μνήμη προγράμματος.
- **Υποσύστημα προγραμματισμού** (τύπου ISP) και διάγνωσης (συνήθως είναι το καθιερωμένο πρότυπο JTAG). Χάρη σε αυτό, είναι δυνατός ο προγραμματισμός της μνήμης προγράμματος χωρίς να προαπαιτείται κάποιο πρόγραμμα υποδοχής. Γι αυτό το λόγο, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στον αρχικό προγραμματισμό, πχ κατά τη συναρμολόγηση, ή σε περίπτωση σφάλματος (bug) στο λογισμικό υποδοχής το οποίο να καθιστά αδύνατη την κανονική αναβάθμιση.

ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ

Οι μικροελεγκτές μπορούν να ταξινομηθούν με βάση το εύρος τιμών των διαύλων , την αρχιτεκτονική , την μνήμη και το εύρος των εντολών(**Εικόνα 27**):



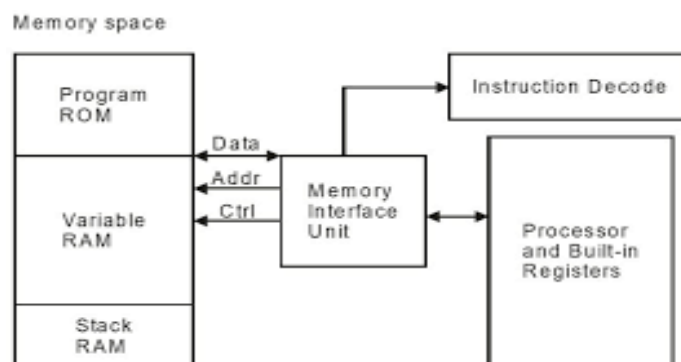
Εικόνα 26: Είδη μικροελεγκτών

Οι μικροελεγκτές χωρίζονται σε **ενσωματωμένους** και **εξωτερικής μνήμης**. Όταν ένα σύστημα περιέχει όλα τα λειτουργικά τμήματα που είναι τοποθετημένα σε ένα τσιπ τότε το σύστημα αυτό ονομάζεται ενσωματωμένος επεξεργαστής (Jaeger,: Microelectronic Circuit Design -1997)

Απο την άλλη πλευρά, όταν το σύστημα διαθέτει μονάδα μικροελεγκτή, που δεν έχει λειτουργικά τμήματα τοποθετημένα σε ένα τσιπ ονομάζεται εξωτερικής μνήμης. Το σύνολο μονάδων μνήμης είναι διασυνδεδεμένα εξωτερικά χρησιμοποιώντας ένα κύκλωμα διασύνδεσης.

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ PRINCETON(VON-NEUMANN)

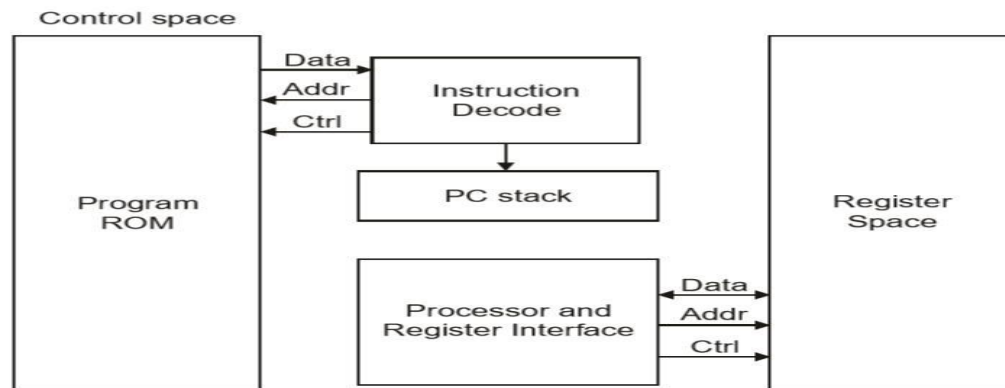
Οι μικροελεγκτές με βάση την αρχιτεκτονική Princeton, έχουν μόνο ένα δίαυλο για τα δεδομένα που χρησιμοποιείται για να μεταφέρει εντολές και δεδομένα. Οι εντολές του προγράμματος και τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα σε κοινή μνήμη. Όταν ένας μικροελεγκτής χρησιμοποιεί την κύρια μνήμη, τότε πρώτα εκτελεί την εκάστοτε εντολή, και στη συνέχεια ανακαλεί τα δεδομένα για την εκτέλεση της εντολής (Εικόνα 28):



Εικόνα 27: Αρχιτεκτονική Princeton(Von-Neumann)

APXITEKTONIKHHARVARD

Οι μικροελεγκτές με βάση την αρχιτεκτονική Harvard έχουν ξεχωριστό δίαυλο δεδομένων και δίαυλο εντολών. Αυτό επιτρέπει τις εντολές να εκτελούνται παράλληλα. Μόλις η τρέχουσα εντολή εκτελεστεί, η επόμενη εντολή είναι έτοιμη προς εκτέλεση (Εικόνα 29):



Εικόνα 28: Αρχιτεκτονική Harvard

APXITEKTONIKHRISC KAI SISC

Όταν ένας μικροελεγκτής έχει ένα σέτ εντολών που υποστηρίζει απλούστερους τρόπους εκτέλεσης αριθμητικών και λογικών εντολών μεταφοράς δεδομένων τότε είναι τύπου RISC. Εναντίως, όταν ένας μικροελεγκτής διαθέτει ένα σέτ εντολών που υποστηρίζει σύνθετες λειτουργίες για την εκτέλεση αριθμητικών και λογικών πράξεων μεταφοράς δεδομένων και όχι μόνο, είναι τύπου SISC (Jaeger,; Microelectronic Circuit Design -1997)

ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ

Ένας μικροελεγκτής συνδυάζει και άλλες μονάδες όπως (Jaeger,; Microelectronic Circuit Design -1997):

- Μονάδα χρονισμού που καθιστά δυνατό στον μικροελεγκτή να είναι ικανός να εκτελέσει εργασίες σε συγκεκριμένες περιόδους και χρονικές στιγμές
- Σειριακή θύρα I/O
- Μονάδα ADC για να μπορεί να δέχεται αναλογικά δεδομένα ως είσοδο
- Διάφορες μονάδες μνήμης
- Διαύλους που επιτρέπουν την αποδοτική μεταφορά δεδομένων μεταξύ CPU και των υπολοίπων μονάδων
- Μονάδα εποπτείας χρονισμού

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΝΗΜΗΣ

Τα βασικότερα είδη μνήμης είναι η ROM, η RAM και η EEPROM. Η RAM ή αλλιώς μνήμη μόνο για ανάγνωση είναι ένας τύπος μνήμης που χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει μόνιμα το πρόγραμμα που εκτελείται.

Η μνήμη RAM ή αλλιώς μνήμη τυχαίας προσπέλασης είναι τύπος μνήμης που χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων που δημιουργούνται και χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια λειτουργίας των μικροελεγκτών ενώ η EEPROM ή αλλιώς ηλεκτρικά διαγράψιμη και προγραμματίσιμη μνήμη μόνο για ανάγνωση είναι ένας ειδικός τύπος μνήμης. Το περιεχόμενο της μπορεί να αλλάξει κατά την διάρκεια εκτέλεσης ενός προγράμματος αλλά τα δεδομένα παραμένουν ακόμη και μετά την διακοπή του ρεύματος.

ΔΙΑΥΛΟΙ

Κατά την εκτέλεση των προγραμμάτων πρέπει να γίνει μεταφορά δεδομένων από και προς τη μνήμη. Αυτό γίνεται μέσω των αποκαλούμενων διαύλων ή αρτηριών (Busses). Γενικότερα, η επικοινωνία όλων των συσκευών του υπολογιστή γίνεται μέσω διαύλων. Ένας δίαυλος είναι στην πραγματικότητα ένα κανάλι επικοινωνίας, πάνω στο οποίο ρέει η πληροφορία μεταξύ δύο ή περισσότερων συσκευών (Jaeger, : Microelectronic Circuit Design -1997)

Πάνω σε ένα δίαυλο υπάρχουν σημεία πρόσβασης, ή χώροι στους οποίους μπορούν να συνδεθούν οι διάφορες συσκευές και να γίνουν μέλη του διαύλου, τα οποία μέλη μπορούν να στείλουν και να λάβουν πληροφορίες. Υπάρχουν τρεις τύποι διαύλων, δίαυλος διευθύνσεων, δεδομένων και ελέγχου. Οι δίαυλοι αυτοί απαρτίζονται από διάφορες γραμμές, σε κάθε μία από τις οποίες μπορεί να περάσει ένα ηλεκτρικό σήμα, που πάντα αντιστοιχεί σε ένα δυαδικό σύμβολο "0" ή "1".

Όταν η μονάδα ελέγχου θέλει να ανακαλέσει ένα δεδομένο που βρίσκεται στη μνήμη, στέλνει τη διεύθυνση αυτής της θέσης μνήμης στο δίαυλο διευθύνσεων (address bus). Ένα άμεσο αποτέλεσμα αυτού είναι ότι το μέγεθος του διαύλου διευθύνσεων καθορίζει και το μέγιστο πλήθος των θέσεων μνήμης που ο επεξεργαστής μπορεί να προσπελάσει άμεσα (Jaeger, : Microelectronic Circuit Design -1997)

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι διαύλων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σήμερα και φυσικά θα τους δούμε αναλυτικά. Σε επίπεδο επεξεργαστή όμως, οι πιο σημαντικοί δίαυλοι είναι δύο: ο δίαυλος επεξεργαστή (Processor bus) και ο δίαυλος μνήμης (memory bus) :

- **Δίαυλος επεξεργαστή (Processor Bus):** Το υψηλότερο επίπεδο διαύλου, τον οποίο χρησιμοποιεί το chipset για να διακινεί πληροφορία από και προς τον επεξεργαστή
- **Δίαυλος κρυφής μνήμης (Cache Bus):** Χρησιμοποιείται σε αρχιτεκτονικές υψηλού επιπέδου, όπως αυτή των Pentium Pro και Pentium II και είναι ειδικός δίαυλος, ο οποίος συνδέει τον επεξεργαστή με την κρυφή μνήμη. Κοινοί όμως επεξεργαστές, που χρησιμοποιούν 5ης γενιάς motherboards και chipsets, έχουν την κρυφή μνήμη συνδεδεμένη πάνω στο δίαυλο μνήμης.
- **Δίαυλος μνήμης (MemoryBus):** Είναι ένας δευτέρου επιπέδου δίαυλος, ο οποίος συνδέει το υποσύστημα της κύριας μνήμης με τον επεξεργαστή και το chipset. Σε πολλά συστήματα, ο δίαυλος μνήμης και ο δίαυλος επεξεργαστή είναι στην ουσία το ίδιο πράγμα.
- **Τοπικός δίαυλος εισόδου-εξόδου (LocalI/OBus):** Αυτός είναι ένας υψηλής ταχύτητας δίαυλος εισόδου-εξόδου, που χρησιμοποιείται για να συνδέει περιφερειακά, σημαντικά για την απόδοση του συστήματος, με την κύρια μνήμη, τον επεξεργαστή και το chipset. Για παράδειγμα, κάρτες

video, σκληροί δίσκοι, αλλά και υψηλής ταχύτητας διασυνδέσεις δικτύων, χρησιμοποιούν τέτοιου είδους διαύλο. Οι δύο πιο κοινοί δίαυλοι εισόδου-εξόδου είναι ο VLB (VESALocalBus) και ο PCI (PeripheralComponentInterconnectBus).

- **Τυπικός δίαυλος εισόδου-εξόδου (StandardI/OBus):** Ο δίαυλος αυτός είναι συνδεδεμένος στους τρεις παραπάνω διαύλους και χρησιμοποιείται για αργότερα περιφερειακά (ποντίκια, modems, κανονικές κάρτες ήχου κλπ). Επίσης, ο δίαυλος αυτός χρησιμοποιείται και για συμβατότητα με παλιότερες συσκευές. Στα περισσότερα σύγχρονα PCs ο δίαυλος αυτός είναι τύπου ISA.

ΜΟΝΑΔΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΥ

Οι μονάδες εισόδου και εξόδου μπορούν να είναι διάφορων ειδών. Η λειτουργία τους είναι να στέλνουμε δεδομένα από τις εισόδους ενός μικροελεγκτή και να τα λαμβάνουμε από την έξοδο του. Επομένως ένας μικροελεγκτής έχει θύρες εισόδου και θύρες εξόδου.

ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Εκτός από τις απλές θύρες επικοινωνίας χρειάζεται με κάποιο τρόπο να προσθέσουμε μια μονάδα που θα μας δίνει τη δυνατότητα επικοινωνίας με τον έξω κόσμο. Για να το επιτύχουμε αυτό χρειαζόμαστε να θέσουμε κάποιους κανόνες ανταλλαγής δεδομένων (ή αλλιώς πρωτόκολλα). Τα πρωτόκολλα αυτά αποτελούν την σειριακή επικοινωνία (Kant K.: Architecture Programming And System Design -2007)

ΜΟΝΑΔΑ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

Η μονάδα χρονισμού δεν είναι τίποτα άλλο από έναν μετρητή που τρέχει συνεχώς με σκοπό να γνωρίζουμε πόσο χρονικό διάστημα έχει περάσει από την μία λειτουργία στην άλλη (Kant K.: Architecture Programming And System Design -2007)

ΜΟΝΑΔΑ ADC

Η μονάδα αυτή μετατρέπει τα αναλογικά δεδομένα σε δυαδικό αριθμό με σκοπό η CPU να τα κατανοήσει (Kant K.: Architecture Programming And System Design -2007)

ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΟΠΤΕΙΑΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

Η μονάδα αυτή είναι ένας άλλος μετρητής που τρέχει συνεχώς. Όταν το πρόγραμμα μας τρέχει σωστά το πρόγραμμα επιστρέφει μηδέν κάθε φορά που μια εντολή εκτελείται σωστά. Αν κάτι πάει στραβά τότε το μηδέν δε θα γραφεί και η μονάδα αυτή θα προκαλέσει επανακίνηση στον μικροελεγκτή. Είναι πολύ χρήσιμη μονάδα καθώς ο μικροελεγκτής δεν έχει καποιο κουμπί για να τον κάνουμε εμείς χειροκίνητα επανακίνηση (Kant K.: Architecture Programming And System Design -2007)

ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗΣ ΠΛΑΚΕΤΑΣ ARDUINO

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++).

Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων σε Processing, Max/MSP, PureData, SuperCollider(Kushner D. : "The Making of Arduino" - 2011)

Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες· το διάγραμμα και πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για αυτούς που θέλουν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους. Παρακάτω βλέπουμε ένα Arduino(**Εικόνα 30**) :



Εικόνα 29: Το ArduinoUno

Υπάρχουν και άλλες αναπτυξιακές πλακέτες(θα μιλήσουμε για αυτές αργότερα) όμως το Arduino ξεχωρίζει από αυτές διότι(Kushner D. : "The Making of Arduino" - 2011) :

- Χαμηλό κόστος. Οι πλακέτες Arduino είναι πολύ φθηνές σε σχέση με άλλες πλακέτες
- Τρέχει σε διάφορα λειτουργικά συστήματα
- Έχει πολύ απλό και ξεκάθαρο προγραμματιστικό περιβάλλον
- Χρησιμοποιεί open source λογισμικό

- Μπορεί να επεκταθεί καθώς είναι ανοικτού τύπου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΝΟΣ ARDUINO(HARDWARE)

Ο μικροελεγκτής Arduino ενσωματώνει τον επεξεργαστή **ATMELATMega328P** όπως και όλα τα εξαρτήματα που είναι απαραίτητα για την τροφοδοσία και την διασύνδεση του μικροελεγκτή με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αυτά περιλαμβάνουν υποσυστήματα μνήμης, εισόδου/εξόδου, γραμμικό ρυθμιστή τάσης, έναν ταλανωτή υγρού κρυστάλλου και έναν bootloader. Η τροφοδοσία της πλακέτας γίνεται είτε με USB είτε με τροφοδοτικό των 9 Volt (Schmidt M. : "Arduino: A Quick Start Guide" -2011)

Το Arduino περιέχει **14 ακροδέκτες** (pins) . Αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εισοδοί είτε ως εξοδοί. Λειτουργούν στα 5 Volt και έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ή να δέχονται ένταση ρεύματος της τάξης των 40mA. Επιπλέον διαθέτει **5 αναλογικούς ακροδέκτες εισόδου** , που μπορούν να διαβάσουν αναλογικές τιμές και να τις μετατρέψουν σε μία τιμή από 0 έως 1023.

Επίσης , **6 από τους 14 ακροδέκτες** μπορούν να προγραμματιστούν (συγκεκριμένα οι 3,5,6,9,10,11) ως αναλογικοί εξοδοί. Τέλος κάποιοι από αυτούς τους ακροδέκτες έχουν κάποιες συγκεκριμένες λειτουργίες (Schmidt M. : "Arduino: A Quick Start Guide" -2011):

- **Σειριακή λειτουργία** : 0(RX) και 1(TX) όπου το RX είναι για λήψη δεδομένων και το TX για εκπομπή αυτών
- **Εξωτερικές διακοπές**: Είναι οι ακροδέκτες 2 και 3 που χρησιμοποιούνται σε περίπτωση χαμηλής τάσης
- **PWM**: Είναι οι ακροδέκτες 3,5,6,9,10,11
- **SPSI**: Οι ακροδέκτες 10,11,12,13
- **LED**: Ο ακροδέκτης 13 έχει ενσωματωμένο LED ώστε αν πάρει τιμή High τότε το LED ανάβει
- **I²C**: Ο ακροδέκτης 4 είναι SDA ενώ ο ακροδέκτης 5 είναι SCL.
- **AREF**
- **Reset**

Όσο αφορά την τροφοδοσία το Arduino έχει **4 ακροδέκτες**. Τον ακροδέκτη VIN που χρησιμοποιείται σε περίπτωση μη σταθερής τάσης, ο ακροδέκτης των 5 Volt , ο ακροδέκτης 3V3 και ακροδέκτες GND (Schmidt M. : "Arduino: A Quick Start Guide" -2011)

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Το Arduino έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί με ηλεκτρονικού υπολογιστή , ένα άλλο Arduino ή άλλους μικροελεγκτές. Ο **ATMega 328P** παρέχει σειριακή επικοινωνία TTL τύπου UART η οποία είναι διαθέσιμη από τους ακροδέκτες RX και TX.

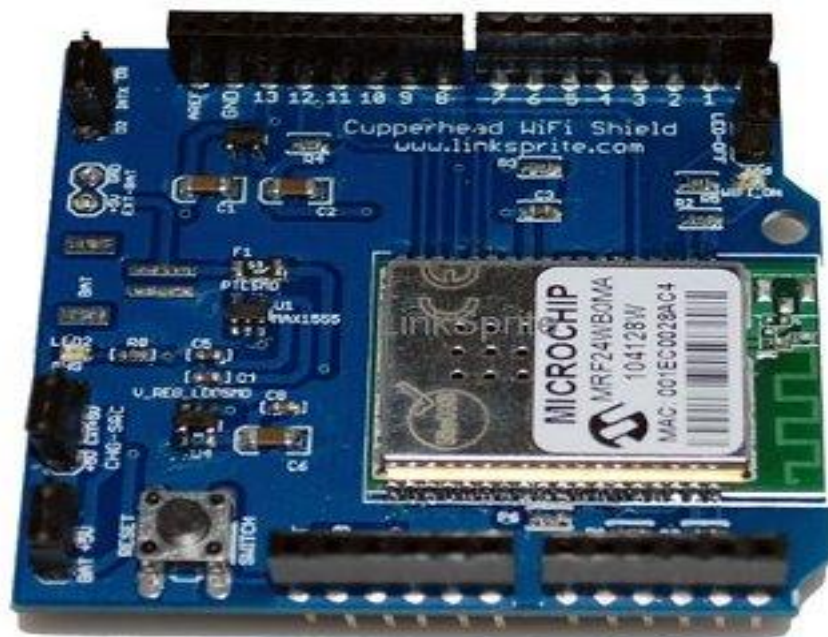
Επίσης είναι ενσωματωμένο ένα FTDI το οποίο παρέχει σειριακή επικοινωνία με ηλεκτρονικό υπολογιστή για προγραμματισμό μέσω της θύρας USB με την βοήθεια των FTDI Drivers. (Schmidt M. : "Arduino: A Quick Start Guide" -2011)

Τέλος το Arduino έχει σχεδιαστεί με τρόπο που να επιτρέπει την επαναφορά λογισμικού ενώ εκείνη τη στιγμή είναι συνδεδεμένο με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το λογισμικό Arduino χρησιμοποιεί αυτή την δυνατότητα για να μας επιτραπεί να προσθέσουμε κώδικα πατώντας απλά το κουμπί upload στο περιβάλλον ανάπτυξης (Schmidt M. : "Arduino: A Quick Start Guide" -2011)

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ WISHIELD

Το **WiShield** μας παρέχει ασύρματο πρωτόκολλο 802.11b(θα αναφερθούμε εκτενώς στα ασύρματα δίκτυα στο επόμενο κεφάλαιο) όπως και την δυνατότητα να μας διακομίζει απλές σελίδες που μπορούμε να διαμορφώσουμε το περιεχόμενό τους. (Oxer J. : "Arduino Shield list" - 2013)

Μια κάτοψη του WiShield φαίνεται παρακάτω (**Εικόνα 31**):



Εικόνα 30: Η κάτοψη ενός WiShield

Το Wishield έχει και αυτό τα δικά του χαρακτηριστικά (Oxer J. : "Arduino Shield list" - 2013) :

- Επιπρόσθετη πλακέτα για το Arduino
- Περιέχει 9 επιπρόσθετα pins
- SPI πρωτόκολλο επικοινωνίας
- Τα pin του Arduino είναι προσβάσιμα μέσω αυτής
- Πρόσβαση σε κουμπί reset
- Διαθέτει ενσωματωμένη κεραία
- Επιλογή του interrupt μέσω pin
- Ένα LED που μας δείχνει την κατάσταση σύνδεσης στο WiFi

- Μονάδα data flash

Όσο αφορά το πώς χρησιμοποιείται το κάθε pin έχουμε ότι(Ozer J. : "Arduino Shield list" - 2013) :

- Λειτουργία **SS** στο pin 10 του Arduino μας καθορίζει την slave συσκευή
- Λειτουργία **CLK** στο pin 13 του Arduino μας προσθέτει λειτουργίες χρονισμού
- Λειτουργία **MISO** στο pin 12 του Arduino όπου η συσκευή master δέχεται είσοδο ενώ η συσκευή slave παράγει την έξοδο
- Λειτουργία **MOSI** στο pin 11 του Arduino όπου η master συσκευή παράγει την έξοδο ενώ η slave μας παράγει την είσοδο
- Μονάδα **WiFi** μέσω διαύλου SPI
- Επιλογή **είδους interrupt** INT0(pin 2) και DIG8(pin 8)
- **Interrupt επιλογέας** μας επιτρέπει την επιλογή μεταξύ INT0 και DIG8
- **LED** κατάσταση WiFi στο pin 9
- **Επιλογέας jumper**
- **DataFlash** λειτουργία μέσω διαύλου SPI
- **Κουμπί reset**

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΤΙ MSP430

Το MSP430 είναι ένας μικροελεγκτής από την Texas Instruments. (Texas Instrument : "MSP430 Ultra-Low-Power Microcontroller" : Texas Instrument - 2008). Διαθέτει 16bit CPU και σχεδιάστηκε με σκοπό το μικρό κόστος ενέργειας για ενσωματωμένα συστήματα. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το MSP430 (Εικόνα 32):



Εικόνα32: TOMSP430

HCPU του έχει ταχύτητα στα

25MHz ενώ διαθέτει

6

τρόπους λειτουργίας για την ενεργοποίηση των μήχρειαζόμενων ρολογιών του με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Όπως και στους μικροελεγκτές διαθέτει και αυτό timers , ADC's, USART, SPI, I² C , συγκριτές (comparators) , operational amplifiers γιατροποίηση του σήματος , USB, DMA. Διαθέτει port εισόδου και εξόδου (Texas Instrument : "MSP430 Ultra-Low-Power Microcontroller" : Texas Instrument - 2008)

Τα pins μπορούν να συνδεθούν είτε σε κάποιο περιφερειακό είτε να χρησιμοποιηθούν σαν είσοδο γενικού σκοπού. Χωρίζονται σε 8bit groups που ονομάζονται «ports» όπου κάθε ένα από αυτά ελέγχεται από έναν 8bit καταχωρητή (Texas Instrument : "MSP430 Ultra-Low-Power Microcontroller" : Texas Instrument - 2008)

Όσο αφορά τα περιφερειακά, τους timers και το σύστημα (Texas Instrument : "MSP430 Ultra-Low-Power Microcontroller" : Texas Instrument - 2008) :

- **Μετατροπείς από αναλογικό σε ψηφιακό.** Το MSP430 περιέχει δύο είδη ADC's. Ένα successive approximation bit και έναν 16bit για Sigma Delta λειτουργίες. 12
- **Analog pool.** Επιτρέπει στον χρήστη να προγραμματίζει μια σειρά από αναλογικές συναρτήσεις με ένα μόνο setup
- **Comparator A, A+.**
- **DAC12.** Είναι μια 12bit έξοδος τάσης όπου μπορεί να προγραμματιστεί.
- **Operational Amplifiers.**
- **Sigma Delta.**
- **Basic timer.** OBT περιέχει δύο ανεξάρτητους timers των 8bit που μπορούν να γραφούν και να διαβαστούν από το λογισμικό.
- **Real time Clock**
- **16bit Timers**
- **Watchdog.** Ο watchdog μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να κάνει restart στο σύστημα σε περίπτωση που εμφανιστεί ένα πρόβλημα στο λογισμικό.
- **AES**
- **BOR.** Το BOR κύκλωμα αναγνωρίζει τις τάσεις χαμηλής ενέργειας και κάνει restart στην συσκευή.
- **DMA Controller**
- **EEM**
- **Hardware Multiplier**

Στις προηγούμενες ενότητες αναφερθήκαμε στις αναπτυξιακές πλακέτες Arduino και MSP430. Εμείς όμως για την εργασία αυτή θα χρησιμοποιήσουμε την πλακέτα Arduino οπότε η υλοποίηση και η αναφορά από εδώ και κάτω θα αφορά μόνο αυτήν την πλακέτα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ZIGBEE

ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Ως ασύρματο δίκτυο χαρακτηρίζεται το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, συνήθως τηλεφωνικό ή δίκτυο υπολογιστών, το οποίο χρησιμοποιεί, ραδιοκύματα ως φορείς πληροφορίας. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα φέροντος η οποία εξαρτάται κάθε φορά από τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται να υποστηρίξει το δίκτυο (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Η ασύρματη επικοινωνία, σε αντίθεση με την ενσύρματη, δεν χρησιμοποιεί ως μέσο μετάδοσης κάποιον τύπο καλωδίου. Σε παλαιότερες εποχές τα τηλεφωνικά δίκτυα ήταν αναλογικά, αλλά σήμερα όλα τα ασύρματα δίκτυα βασίζονται σε ψηφιακή τεχνολογία και, επομένως, κατά μία έννοια, είναι ουσιαστικώς δίκτυα υπολογιστών (Καψάλης Χ., Κωττής Π. :Κεραίες Ασύρματες Ζεύξεις - 2008)

Στα ασύρματα δίκτυα εντάσσονται τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, οι δορυφορικές επικοινωνίες, τα ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής (WWAN), τα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (WMAN), τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) και τα ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPAN). Τα τέσσερα τελευταία εξετάζονται σε αυτό το άρθρο (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Η τηλεόραση και το ραδιόφωνο, αν και ως τηλεπικοινωνιακά μέσα είναι εκ φύσεως ασύρματα στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν συμπεριλαμβάνονται στα ασύρματα δίκτυα, καθώς η μετάδοση γίνεται προς πάσα κατεύθυνση χωρίς να υπάρχει κάποιο δομημένο «δίκτυο» τηλεπικοινωνιακών κόμβων (συσκευών) με τη συνήθη έννοια. Επιπλέον, τα μεταφερόμενα δεδομένα συνήθως είναι αναλογικά και, επομένως, δεν μπορούν να θεωρηθούν δίκτυα υπολογιστών. Παρακάτω μπορούμε να δούμε ένα WLAN (Εικόνα 33) :



Εικόνα 31: Τυπικό Wireless LAN

Ραδιοκύματα ονομάζονται οι χαμηλές συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, που εκτείνονται περίπου από τα 3 KHz ως τα 300 GHz. Οι ασύρματες τηλεπικοινωνίες γίνονται συνήθως με ραδιοκύματα ευρείας εκπομπής (από τα 30 MHz ως το 1 GHz), ή μικροκύματα (από τα 2 GHz ως τα 40 GHz).

Τα ραδιοκύματα χαμηλότερων συχνοτήτων γενικά εξασθενούν σχετικά γρήγορα, αφού συγκριτικά μεταφέρουν λίγη ενέργεια, αλλά έχουν την ικανότητα να διαπερνούν τα φυσικά εμπόδια. Τα κύματα υψηλότερων συχνοτήτων διαδίδονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις, αλλά ανακλώνται ευκολότερα από φυσικά εμπόδια. (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Επίσης, όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα ενός κύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η κατευθυντικότητα του (μπορεί δηλαδή να εκπεμφθεί σε μία σχετικά στενή δέσμη αντί προς πάσα κατεύθυνση). Έτσι, μιλώντας γενικά, τα μικροκύματα είναι κατευθυντικά ενώ τα ραδιοκύματα ευρείας εκπομπής όχι. (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι διάδοσης κυμάτων για τις ασύρματες τηλεπικοινωνίες (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007):

Διάδοση εδάφους

Χαμηλές συχνότητες (ως 2 MHz), που όμως ακολουθούν την κυρτή επιφάνεια της Γης λόγω διάθλασης τους από την ατμόσφαιρα, κι έτσι καλύπτουν ικανοποιητικές αποστάσεις. Έχουν το μειονέκτημα της ταχείας εξασθένησης.

Ατμοσφαιρική διάδοση

Υψηλών συχνοτήτων, δεν εξασθενεί η ισχύς τους εύκολα, μεταδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις μέσω διαδοχικών ανακλάσεων τους από την ιονόσφαιρα στο έδαφος και τανάπαλιν - ώσπου να φτάσουν στον παραλήπτη.

Διάδοση Γραμμής Όρασης

Πολύ μεγάλες συχνότητες, που δεν ανακλώνται από τις επιφάνειες. Οι κεραίες βρίσκονται σε οπτική επαφή και το κύμα εκπέμπεται κατευθυνόμενο από τη μία στην άλλη. Πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν η διάθλαση λόγω της ατμόσφαιρας και, έτσι, αυτός ο τρόπος αποδίδει καλύτερα για επικοινωνίες μακριά από την επιφάνεια της γης.

Ανάκλαση εδάφους δύο ακτίνων

Η διάδοση από τον πομπό στο δέκτη γίνεται με δύο συνιστώσες: Απευθείας μετάδοση μέσω οπτικής επαφής και έμμεση λήψη μετά από ανάκλαση στο έδαφος. Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που η επικοινωνία γίνεται σε μικρή απόσταση και κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (π. χ. ασύρματα τοπικά δίκτυα υπολογιστών)

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Για τη μετάδοση του σήματος υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι: η εκπομπή στενής ζώνης (narrow band) και η διασπορά φάσματος (spread spectrum).

Η πρώτη είναι η παραδοσιακή μέθοδος χαμηλού κόστους, χαμηλής ασφάλειας και χαμηλής αξιοπιστίας, κατά την οποία το εύρος ζώνης του εκπεμπόμενου κύματος είναι κατά πολύ μικρότερο από την κεντρική συχνότητα σε Hz. Κάθε τεχνική στενής ζώνης συμπεριλαμβάνει και μία τυποποιημένη διαδικασία διαμόρφωσης με φέρον κύμα (AM, FM για αναλογικά δεδομένα και ASK,FSK,PSK για ψηφιακά δεδομένα).

Η δεύτερη μέθοδος είναι πιο πρόσφατη, παρέχει υψηλή αξιοπιστία και ασφάλεια σε υψηλό κόστος και βασίζεται στη διαμόρφωση της πληροφορίας προτού εκπεμφθεί με έναν κώδικα διασποράς ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα τη διασπορά του εκπεμπόμενου φάσματος σε μεγάλο εύρος ζώνης(Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007) Αυτή η διασπορά οδηγεί και σε πολλαπλασιασμό του δυνατού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων στο φυσικό επίπεδο, σύμφωνα με το θεώρημα Σάνον. Οι διάφορες μέθοδοι διασποράς φάσματος συμπεριλαμβάνουν και μία τεχνική διαμόρφωσης, η τελευταία όμως έχει επικρατήσει να ονομάζεται διαμόρφωση μόνο σε εκπομπές στενής ζώνης.

Συνήθως η διασπορά φάσματος υλοποιείται με μία από τις παρακάτω **τρεις μεθόδους**:

- **Frequency Hopping (FHSS).** Το εύρος ζώνης χωρίζεται σε υποζώνες συχνοτήτων, καθεμία από τις οποίες έχει εύρος ανάλογο μίας εκπομπής στενής ζώνης, και ο κώδικας διασποράς ουσιαστικά καθορίζει σε ποια υποζώνη θα μεταπηδά η επικοινωνία σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τόσο ο πομπός όσο και ο δέκτης θα πρέπει να συντονίζονται διαρκώς σε διαφορετική φέρουσα συχνότητα με τον ίδιο τρόπο (ο οποίος καθορίζεται από τον κώδικα) και στις ίδιες χρονικές στιγμές. Ως αποτέλεσμα κάποιος τρίτος που δε γνωρίζει τον κώδικα δεν μπορεί να υποκλέψει πληροφορία ή να παρεμβληθεί στη μετάδοση παρά ελάχιστα, αφού δε θα γνωρίζει πότε να συντονιστεί σε άλλη συχνότητα και σε ποια.
- **Direct Sequence (DSSS).** Για κάθε bit που πρόκειται να μεταδοθεί εκπέμπεται στην πραγματικότητα μία άλλη ακολουθία πολλών bit (η οποία εξαρτάται από τον κώδικα διασποράς). Ο μόνος τρόπος για να γίνει αυτό διατηρώντας τον ίδιο πραγματικό ρυθμό μετάδοσης είναι η διεύρυνση του χρησιμοποιούμενου φάσματος και η ταυτόχρονη ολική χρήση του. Το πλεονέκτημα είναι και εδώ η αυξημένη ασφάλεια, αφού ο κώδικας διασποράς κρυπτογραφεί κατά κάποιον τρόπο τα εκπεμπόμενα δεδομένα.
- **Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)**

Κατά τη μετάδοση δεδομένων εφαρμόζονται αλγόριθμοι ανίχνευσης σφαλμάτων στα ληφθέντα πλαίσια. Ανάλογα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας, μόλις ο παραλήπτης αναγνωρίσει πως το πλαίσιο που έλαβε είναι εσφαλμένο είτε ζητά να του αποσταλεί ξανά (σύνηθες σε αξιόπιστες ενσύρματες γραμμές) είτε επιχειρεί να το επιδιορθώσει (σύνηθες σε ασύρματα δίκτυα).

Στην τελευταία περίπτωση η διόρθωση είναι εφικτή με **αλγορίθμους ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων (FEC)**.

Και οι δύο μηχανισμοί υλοποιούνται με αθροίσματα ελέγχου που τοποθετεί ο αποστολέας στο τέλος του πλαισίου δεδομένων, ακολουθίες bit οι οποίες υπολογίζονται με ειδικό τρόπο και εξαρτώνται από τα εκπεμπόμενα δεδομένα.

Αυτό που μεταδίδεται είναι η κωδικολέξη, το σύνολο των δεδομένων και του αθροίσματος ελέγχου, και όχι μόνο τα αρχικά δεδομένα. Οι αλγόριθμοι ανίχνευσης (άρτια ή περιττή ισοτιμία, CRC κλπ) στον παραλήπτη εξάγουν το άθροισμα ελέγχου από τη ληφθείσα κωδικολέξη και ελέγχουν αν ισούται με αυτό που θα έπρεπε να είναι -μία τιμή υπολογιζόμενη επί τόπου από τα ληφθέντα δεδομένα με τον ίδιο τρόπο που το υπολόγισε ο αποστολέας (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Αν εντοπιστεί διαφορά σημαίνει πως υπήρξε κάποιο σφάλμα κατά τη μετάδοση. Οι αλγόριθμοι FEC επιπλέον διατηρούν μία λίστα έγκυρων κωδικολέξεων και σε περίπτωση που μία ληφθείσα κωδικολέξη είναι άκυρη αντικαθίσταται από την πιο κοντινή της κατά Hamming (δηλαδή bit προς bit) στην εν λόγω λίστα.

Υπάρχουν πρωτόκολλα που υλοποιούν τόσο FEC όσο και αλγορίθμους ανίχνευσης σφαλμάτων (συνήθως CRC), ώστε αν FEC αποτύχει να επιδιορθώσει ένα πλαίσιο να ζητηθεί επανεκπομπή του (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Μία άλλη σημαντική μέθοδος αντιμετώπισης σφαλμάτων στις ασύρματες επικοινωνίες, για τον χειρισμό των ξαφνικών ριπών θορύβου, είναι το Block Interleaving: αντί να εκπέμπονται μεμονωμένα πλαίσια με ενσωματωμένα αθροίσματα ελέγχου, πολλά διαφορετικά πλαίσια αναμειγνύονται με κάποιον προκαθορισμένο τρόπο σε επίπεδο bit και ο παραλήπτης τα αποπλέκει καταλήγοντας στα αρχικά πλαίσια. (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Έτσι, μία ριπή θορύβου διαμοιράζεται σε πολλά πλαίσια καταστρέφοντας μικρό μέρος του καθενός αντί να καταστρέψει ολοσχερώς ένα πλαίσιο. Η κατάσταση αυτή αντιμετωπίζεται με FEC.

ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.11

Το IEEE 802.11 είναι μια οικογένεια προτύπων της IEEE για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) που είχαν ως σκοπό να επεκτείνουν το 802.3 (Ethernet, το συνηθέστερο πρωτόκολλο ενσύρματης δικτύωσης υπολογιστών) στην ασύρματη περιοχή. Τα πρότυπα 802.11 είναι ευρύτερα γνωστά ως «WiFi» επειδή η WiFi Alliance, ένας οργανισμός ανεξάρτητος της IEEE, παρέχει την πιστοποίηση για τα προϊόντα που εμπίπτουν στις προδιαγραφές του 802.11. Αυτή η οικογένεια πρωτοκόλλων αποτελεί το καθιερωμένο πρότυπο της βιομηχανίας στο χώρο των

ασύρματων τοπικών δικτύων(Κανατάς Α., Κωνσταντίνου Φ., Πάντος Γ. : Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών - 2008)

Η ονομασία WiFi χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις συσκευές WLAN που βασίζονται στην προδιαγραφή IEEE 802.11 b/g/n και εκπέμπουν σε συχνότητες 2.4GHz. Ωστόσο το WiFi έχει επικρατήσει και ως όρος αναφερόμενος συνολικά στα ασύρματα τοπικά δίκτυα(Lemstra W., Hayes V., Groenewegen J. : "The future of WiFi: gigabit speeds and beyond" - 2009)

Συνήθεις εφαρμογές του είναι η παροχή ασύρματων δυνατοτήτων πρόσβασης στο Internet, τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου (VoIP) και διασύνδεσης μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών όπως τηλεοράσεις, ψηφιακές κάμερες, DVD Player και ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

Σε φορητές ηλεκτρονικές συσκευές το 802.11 βρίσκει εφαρμογές ασύρματης μετάδοσης, όπως π.χ. στη μεταφορά φωτογραφιών από ψηφιακές κάμερες σε υπολογιστές για περαιτέρω επεξεργασία και εκτύπωση, αν και σε αυτόν τον τομέα έχει υποσκελιστεί από το πρωτόκολλο Bluetooth για τα πολύ μικρότερης εμβέλειας ασύρματα προσωπικά δίκτυα.(Lemstra W., Hayes V., Groenewegen J. : "The future of WiFi: gigabit speeds and beyond" - 2009)

ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ IEEE 802.11

Τα ασύρματα δίκτυα IEEE 802.11 αποτελούνται από τις 4 παρακάτω μονάδες :

- **Σημείο πρόσβασης(AP).** Το AP είναι η μονάδα που παίζει ρόλο γέφυρας μεταξύ του ενσύρματου και του ασύρματου δικτύου
- **Σύστημα διανομής(Distributionsystem).** Τό σύστημα διανομής ενώνει τα διάφορα AP του δικτύου επιτρέποντας τους να ανταλλάσουν πλαίσια
- **Ασύρματο μέσο μετάδοσης(Wirelessmedium).** Διάφορα φυσικά στρώματα που χρησιμοποιούν είτε ραδιοσυχνότητες είτε υπέρυθρες με σκοπό τη μετάδοση των πλαισίων μεταξύ σταθμών του ασύρματου δικτύου
- **Σταθμοί(Stations).** Είναι φορητές συσκευές πχ λαπτοπ χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο.

ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ IEEE 802.11

ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ

Η βασική μονάδα κάθε 802.11 αποκαλείται BSSκαι αποτελείται από μια ομάδα σταθμών που επικοινωνούν μεταξύ τους.Τα όρια του BSS καθορίζονται από την περιοχή ραδιοκάλυψης που ονομάζεται BSA(LemstraW., HayesV., GroenewegenJ. : "ThefutureofWiFi: gigabitspeedsandbeyond" - 2009)

Η τοπολογία του 802.11 αποτελείται από στοιχεία που αλληλεπιδρούν ώστε να παρέχουν ένα ασύρματο δίκτυο που να παρέχει τη δυνατότητα μετακίνησης των σταθμών η οποία να μην γίνεται αντιληπτή από τα ανώτερα στρώματα.Ένας σταθμός είναι σε κάθε συσκευή η οποία εμπεριέχει τις λειτουργίες του 802.11, δηλαδή το επίπεδο MAC, το φυσικό στρώμα και μια διασύνδεση με το ασύρματο μέσο

- **BSS(Basicserviceset).** Το βασικό δομικό στοιχείο ενός 802.11 είναι το BSS που είναι το σύνολο όλων των σταθμών που μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους
- **IBSS(IndependentBSS).**Εδώ, δύο οι περισσότεροι σταθμοί μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους
- **ESS.** Όταν οι ανάγκες δικτύωσης ξεπερνούν τα όρια του IBSS τότε χρησιμοποιείται ένα πιο σύνθετο πρωτόκολλο που ονομάζεται ESS ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία των σταθμών μεταξύ τους.Το στοιχείο που χρησιμοποιείται για την διασύνδεση των BSSονομάζεται DSκαι η πρόσβαση στο DSγίνεται με ένα στοιχείο που ονομάζεται AP(AccessPoint).

Όσο αφορά τους **τύπους κίνησης σταθμών:**

- Απουσία μετακίνησης. Οι σταθμοί είτε δεν μετακινούνται είτε μετακινούνται μέσα σε ένα τοπικό BSS
- BSS μετακινήσεις. Αυτός ο τύπος αναφέρεται στις μετακινήσεις απο ένα BSS σε ένα άλλο BSS μέσα στο ίδιο ESS
- ESS μετακίνησης. Μετακίνηση απο BSS σε ένα αλλο BSS σε διαφορετικό ESS

ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Το 802.11 υποστηρίζει δύο τρόπους λειτουργίας:

- **Adhoc.** Εδώ, δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός σταθμός πρόσβασης ή σημείο πρόσβασης, οι κόμβοι είναι ισότιμοι και η πρόσβαση στο κοινό μέσο ρυθμίζεται απο κάποιο καταναεμημένο πρωτόκολλο
- **Με σημείο πρόσβασης.** Εδώ έχουμε έναν κεντρικό κόμβο τοπικού δικτύου που είναι συνδεμένος σε ένα ενσύρματο δίκτυο

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ADHOC

Ένα ασύρματο ad hoc δίκτυο είναι ένας αποκεντρωμένος τύπος ασύρματου δικτύου. Το δίκτυο είναι ad hoc επειδή δε βασίζεται σε κάποια προϋπάρχουσα υποδομή, όπως δρομολογητές στα ενσύρματα δίκτυα ή ασύρματα access points στα διαχειριζόμενα ασύρματα δίκτυα(Carroll, Robert T. : "Ad hoc hypothesis" - 2013).

Αντίθετα, κάθε κόμβος λαμβάνει μέρος στη δρομολόγηση προωθώντας τα δεδομένα προς τους άλλους κόμβους, κι έτσι ο καθορισμός του ποιοι κόμβοι προωθούν δεδομένα γίνεται δυναμικά με βάση τη συνδεσιμότητα του δικτύου(Carroll, Robert T. : "Ad hoc hypothesis" - 2013).

Πέρα από την κλασσική δρομολόγηση, τα ad hoc δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιήσουν την υπερχείλιση για να προωθήσουν τα δεδομένα.Τα πρώτα ασύρματα ad hoc δίκτυα ήταν τα PRNETs (δίκτυα "ραδιοφωνικών πακέτων") από τη δεκαετία του '70, υπό την αιγίδα του DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) μετά το ALOHAnet project.

Ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας των ασύρματων ad hoc δικτύων τα καθιστά κατάλληλα για ποικίλες εφαρμογές οι οποίες δε μπορούν να βασίζονται σε κεντρικούς κόμβους, και μπορούν να βελτιώσουν την ευελιξία τους σε σχέση με τα διαχειριζόμενα ασύρματα δίκτυα. Ωστόσο, έχουν

εντοπιστεί θεωρητικοί και πρακτικοί περιορισμοί στις δυνατότητες των δικτύων αυτών(Carroll, Robert T. : "Ad hoc hypothesis" - 2013)

Η γρήγορη εγκατάσταση και η ελάχιστη απαιτούμενη διαμόρφωση καθιστά τα ασύρματα ad hoc δίκτυα κατάλληλα για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, όπως φυσικές καταστροφές ή πολεμικές συρράξεις. Η παρουσία δυναμικών και προσαρμοστικών πρωτοκόλλων επιτρέπει στα ad hoc δίκτυα να σχηματίζονται γρήγορα.

Τα **ασύρματα ad hoc** δίκτυα μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω με βάση την εφαρμογή τους:

- Κινητά ad hoc δίκτυα (MANET - Mobile Ad hoc NETworks)
- Ασύρματα δίκτυα πλέγματος (WMN - Wireless Mesh Networks)
- Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN - Wireless Sensor Networks)

ΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ MAC ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΟ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΜΕΣΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ CSMA/CD

Σκοπός του υποστρώματος MAC είναι να παρέχει λειτουργίες ελέγχου πρόσβασης στο μοιραζόμενο φυσικό κανάλι όπως αυτό καθορίζεται από το πρότυπο. Το υπόστρωμα MAC του 802.11 λειτουργεί ως διεπαφή μεταξύ του φυσικού επιπέδου και της ασύρματης κάρτας δικτύου(Carroll, Robert T. : "Ad hoc hypothesis" - 2013)

Υποστηρίζει και δομημένη αλλά και adhocλειτουργία. Επίσης παρέχει κυκλικό έλεγχο(CRC) και κατακερματισμό πακέτων. Κάθε πακέτο έχει το δικό του CRC που υπολογίζεται και στη συνέχεια επισυνάπτεται στο πακέτο ώστε να εξασφαλίσει ότι τα δεδομένα δεν θα έχουν καταστραφεί κατά την μεταφορά.

Ο κατακερματισμός μας βοηθά για να μειώνουμε το μέγεθος των πακέτων που στέλνουμε. Όταν είναι να στείλουμε ένα μεγάλο πακέτο, αυτό κατακερματίζεται σε μικρότερα και έπειτα στέλνεται(Carroll, Robert T. : "Ad hoc hypothesis" - 2013).

Από την άλλη πλευρά, το CMA/CA παρακολουθεί το κανάλι πριν την έναρξη της εκπομπής. Αν εκείνη την στιγμή εκπέμπει κάποιος άλλος στο κανάλι, τότε ο πρώτος περιμένει μέχρι το κανάλι να μείνει ελεύθερο. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει οι συμμετέχοντες στο κανάλι να έχουν την ικανότητα να μπορούν να ακούν τις εκπομπές των άλλων ώστε έτσι αν μειώσουμε τις συγκρούσεις μεταξύ των άλλων πακέτων

ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ 802.11

Το 802.11 φυσικό στρώμα είναι χωρισμένο σε δύο μέρη, το στρώμα πρωτοκόλλου σύγκλισης(PLCP) και το φυσικό μέσο εξαρτήσεως(PMD) που φροντίζει για την ασύρματη

κωδικοποίηση ενώ το PLCP παρουσιάζει μια κοινή διεπαφή για το MACυπόστρωμα ώστε να επεμβαίνει σε αυτό ώστε να του παρέχει ανίχνευση φέροντος

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΙ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ 802.11

Για την εκτέλεση των λειτουργιών του υποστρώματος PLCP, το 802.11 καθορίζει τη χρήση των μηχανών καταστάσεως που κάθε μια απο αυτές εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες :

- **Ανίχνευση φέροντος:** Καθορισμός της κατάστασης του μέσου όσο αφορά το εάν είναι απασχολημένο ή αν έχουμε εισερχόμενα μηνύματα.
- **Μετάδοση :** Η αποστολή διαδοχικών byte ενός πλαισίου δεδομένων
- **Αποστολή :** Η λήψη διαδοχικών byte ενός πλαισίου δεδομένων

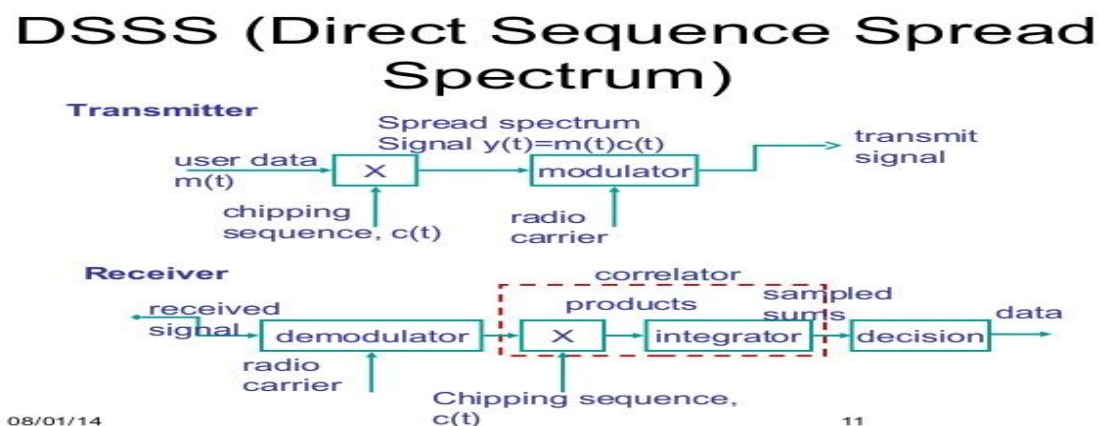
ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 802.11b

Το πρωτόκολλο 802.11b αποτελεί συμπλήρωμα στο πρότυπο 802.11. Έχει μέγιστο ρυθμό δεδομένων τα 11Mbps/s και χρησιμοποιεί CSMA/CAώς μέθοδο πρόσβασης μέσου που ορίζεται στο αρχικό πρότυπο.Επίσης είναι μια άμεση επέκταση της τεχνικής διαμόρφωσης DSSS.Τα WLANστην Ελλάδα χρησιμοποιούν την ζώνη των 2.4Ghz(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

DSSS(DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM)

Στην τεχνική αυτή το κωδικοποιημένο σήμα κωδικοποιείται κατά τη φάση με ψευδοτυχαία τμήματα θορύβου τα οποία ονομάζονται chips. Ουσιαστικά κάθε μεταδιδόμενο bitδεδομένων πολλαπλασιάζεται με αυτό το σήμα του τεχνητού θορύβου που δεν είναι τίποτε άλλο απο -1 και 1 σε συχνότητα πολύ μεγαλύτερη του αρχικού σήματος. Έτσι η ενέργεια της μετάδοσης εξαπλώνεται σε πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

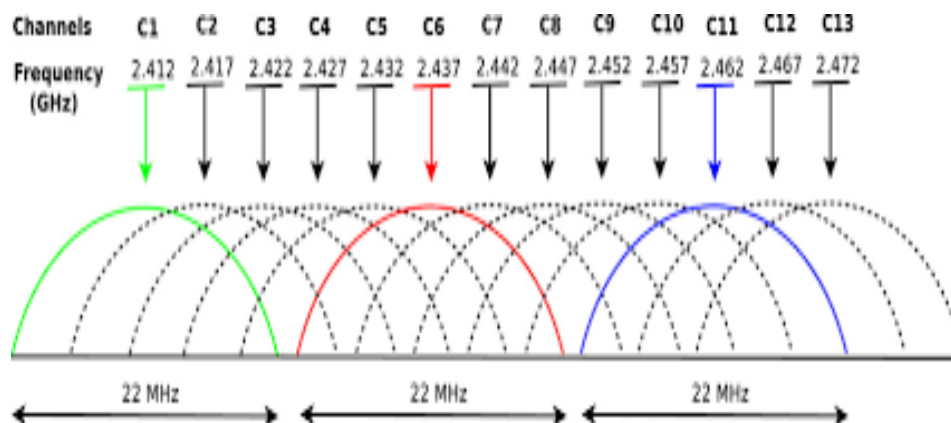
Η ακολουθία των σημάτων του ψευδοθορύβου είναι γνωστή στον πομπό και στον δέκτη και έτσι μπορεί να γίνει η αποκωδικοποίηση του σήματος.Η λειτουργία DSSSφαίνεται παρακάτω(Εικόνα 34) :



Εικόνα 32: Η αρχιτεκτονική του DSSS

ΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

Το πρωτόκολλο **802.11b** χρησιμοποιεί **14 κανάλια εύρους 22MHz** τα οποία επικαλύπτονται μεταξύ τους δίνοντας μας την δυνατότητα σε πολλούς σταθμούς να λειτουργούν ταυτόχρονα χωρίς να υπάρχουν παρεμβολές(Εικόνα 35) :



Εικόνα 33: Κανάλια λειτουργίας του 802.11b

ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 802.15

Το **IEEE 802.15** αποτελεί την 15η ομάδα εργασίας του IEEE 802 η οποία εξειδικεύεται στα WPANs. Τα κυριότερα έργα της ομάδας εργασίας είναι το 802.15.1 ή όπως είναι πιο γνωστό, Bluetooth, και το 802.15.4 πάνω στο οποίο βασίζεται το Zigbee. (Επισημαίνουμε ότι το ZigBee δεν είναι το IEEE 802.15.4)

Το Zigbee ανήκει στην κατηγορία των χαμηλής ταχύτητας ασύρματων δικτύων καθώς η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων μπορεί να φτάσει έως τα 250Kbps. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί παρομοιάζεται με αυτή του Bluetooth, αλλά θεωρείται συμπληρωματική αυτής. Ουσιαστικά όμως πρόκειται για δύο διαφορετικές τεχνολογίες που είναι προσανατολισμένες σε διαφορετικές εφαρμογές(Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007).

Το πρωτόκολλο 802.15.4 είναι προσανατολισμένο στον έλεγχο και την αυτοματοποίηση, ενώ το 802.15.1 επικεντρώνεται στη διασύνδεση μεταξύ φορητών συσκευών όπως οι φορητοί υπολογιστές, τα κινητά τηλέφωνα και γενικότερα λειτουργεί σαν αντικατάσταση μιας καλωδιακής σύνδεσης μεταξύ περιφερειακών(Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007).

Το Zigbee χρησιμοποιεί χαμηλά επίπεδα ενέργειας για τη μετάδοση της πληροφορίας και αποστέλλει τα δεδομένα σε μικρά πακέτα, ενώ το Bluetooth έχει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, υψηλότερες απαιτήσεις σε ισχύ και μεταδίδει την πληροφορία σε μεγαλύτερα

πακέτα. Τα δίκτυα με το πρωτόκολλο Zigbee μπορούν να υποστηρίξουν μεγάλο αριθμό συσκευών και μεγαλύτερες αποστάσεις σε σύγκριση με το Bluetooth.

Λόγω αυτών των λειτουργικών διαφορών, οι τεχνολογίες αυτές δεν έχουν τη δυνατότητα να επεκταθούν σε άλλες εφαρμογές. Για παράδειγμα, μια συσκευή που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Bluetooth είναι αναγκαίο να επαναφορτίζεται συχνά, ενώ μια συσκευή με το πρωτόκολλο Zigbee μπορεί να λειτουργήσει για μήνες χωρίς την αντικατάσταση των μπαταριών.

Επιπλέον, το Zigbee έχει πολύ χαμηλούς χρόνους απόκρισης και είναι ιδανικό για χρήση σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου όπου χρειάζεται άμεση δράση, σε αντίθεση με το Bluetooth για το οποίο απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι για τη δημιουργία της ζεύξης. Επομένως, η χρήση των δύο αυτών πρωτοκόλλων μπορεί να είναι παράλληλη σε ένα WPAN εφόσον προσανατολίζονται σε διαφορετικές εφαρμογές το κάθε ένα (Gislasen D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 802.15.4

Το IEEE 802.15.4 είναι ένα πρότυπο που ορίζει το φυσικό επίπεδο (physical layer) και τον έλεγχο πρόσβασης μέσου (medium access control) για μικρής εμβέλειας δίκτυα χαμηλής ταχύτητας (Low-rate personal area networks).

Δημιουργήθηκε και συνεχίζεται από την ομάδα εργασίας IEEE 802.15. Πάνω σε αυτό στηρίζεται το πρωτόκολλο ZigBee, που προσφέρει την ολοκληρωμένη λύση για δίκτυο παρέχοντας τα υπόλοιπα επίπεδα που δεν ορίζονται από το πρότυπο (Gislasen D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Το IEEE 802.15.4 σκοπεύει να προσφέρει τα πρωταρχικά χαμηλότερα επίπεδα δικτύου ενός τύπου WPAN που εστιάζεται στο χαμηλό κόστος, χαμηλή ταχύτητα και ευρέως διαδεδομένου τρόπου επικοινωνίας (σε αντίθεση με άλλες λύσεις που έχουν περισσότερο ως στόχο τον τελικό χρήστη όπως το Wi-Fi). Η έμφαση δίνεται κυρίως στο χαμηλό κόστος επικοινωνίας των κοντινών συσκευών με ελάχιστη ή και καθόλου υποδομή (Gislasen D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Το βασικό πλαίσιο περιλαμβάνει μια περιοχή επικοινωνίας εμβέλειας 10 μέτρων 6 με ρυθμό μεταφοράς 250kbps. Επιπλέον έχουν οριστεί περισσότερα του ενός φυσικά επίπεδα με χαμηλότερο ρυθμό δεδομένων των 20 και 40kbps καθώς και του πρόσφατα προστιθέμενου ρυθμού των 100kbps. Έτσι το κύριο χαρακτηριστικό του 802.15.4 είναι σημασία που δίνεται στην επίτευξη πάρα πολύ χαμηλού κατασκευαστικού και λειτουργικού κόστους και η απλή τεχνολογία χωρίς να θυσιάζεται η γενικότητα (Gislasen D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν την καταλληλότητα για χρήση σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου (realtime) με την εξασφάλιση εγγυημένων χρονικών περιθωρίων, την αποφυγή συγκρούσεων με την χρήση του CSMA/CA (πολλαπλή πρόσβαση με ανίχνευση φέροντας και αποφυγή συγκρούσεων – carriersense multiple access with collision avoidance) και την ενσωματωμένη υποστήριξη για ασφαλείς επικοινωνίες. Επιπλέον οι συσκευές περιλαμβάνουν λειτουργίες ελέγχου ισχύος όπως η ποιότητα της σύνδεσης και η ανίχνευση ενέργειας (Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 802.15.4

Το φυσικό επίπεδο παρέχει την υπηρεσία PHY data service και την PHY management service, που αλληλεπιδρά με την οντότητα διαχείρισης του φυσικού επιπέδου (Physical Layer Management Entity – PLME). Το πρότυπο 802.15.4 καθορίζει ως επιτρεπόμενη τεχνική μετάδοσης του φυσικού επιπέδου την τεχνική εξάπλωσης φάσματος συνεχούς ακολουθίας DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) με διαμόρφωση BPSK (Binary Phase Shift Keying) ή OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying)

Οι **βασικές λειτουργίες** και υπηρεσίες που υλοποιούνται από το PHY επίπεδο του 802.15.4 είναι:

- Ενεργοποίηση και Απενεργοποίηση του Πομποδέκτη (transceiver), όπου αυτός τίθεται σε μία από τις τρεις καταστάσεις: εκπομπή, λήψη και sleeping.
- Ανίχνευση Ενέργειας (Energy Detection – ED) στο τρέχον κανάλι, η οποία είναι μια εκτίμηση της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος.
- Κατανομή Εγγυημένων Χρονοθυρίδων (Guaranteed Time Slots - GTSSs)
- Έλεγχος Αδράνειας Καναλιού (Clear Channel Assessment - CCA) για πολλαπλή πρόσβαση χρησιμοποιώντας ED ή ανίχνευση φέροντος σήματος (Carrier Sense mode) ή και συνδυασμό και των δύο. Σε κατάσταση ED το μέσο θεωρείται κατειλημμένο αν ανιχνευθεί επίπεδο ενέργειας πάνω από ένα προκαθορισμένο κατώφλι (threshold), ενώ σε κατάσταση ανίχνευσης φέροντος το μέσο θεωρείται κατειλημμένο αν ανιχνευθεί σήμα με τη διαμόρφωση και τα spreading χαρακτηριστικά του προτύπου 802.15.4. Στη συνδυασμένη κατάσταση, απαιτούνται αμφότερες οι προαναφερθείσες συνθήκες να λαμβάνονται υπόψη για το αν το μέσο είναι κατειλημμένο ή όχι
- Ένδειξη Ποιότητας Ζεύξης (Link Quality Indication – LQI) για τα ληφθέντα πακέτα, όπου πραγματοποιείται αυτή η μέτρηση για κάθε πακέτο που λαμβάνεται. Η μέτρηση της ισχύος ή/και της ποιότητας μιας ζεύξης, μέσω της οποίας μεταφέρεται ένα πακέτο, γίνεται με τη χρήση του ED του λήπτη, ένα ποσοστό σήματος προς θόρυβο, ή ένα συνδυασμό αυτών. Βέβαια, ο τρόπος υπολογισμού του LQI από το 802.15.4 δεν καθορίζεται πλήρως, αφήνοντας το σχεδιαστή να εισάγει το δικό του ανάλογα με τους πόρους που διαθέτει, τις απαιτήσεις της εφαρμογής και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

- Επιλογή συχνότητας καναλιού, αφού οι ασύρματες ζεύξεις μπορούν να λειτουργήσουν σε 27 διαφορετικά κανάλια υπό το πρότυπο 802.15.4 και έτσι το φυσικό επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη μετάθεση του πομποδέκτη σε ένα συγκεκριμένο κανάλι
- Αποστολή και λήψη δεδομένων, η οποία και είναι η πιο βασική λειτουργία του φυσικού επιπέδου, εφαρμόζοντας τεχνικές διαμόρφωσης και spreading.
- Δομή των πακέτων του φυσικού επιπέδου, όπου η επικεφαλίδα συγχρονισμού SHR (SynchronizationHeader) αποτελείται από το preamble σήμα που χρησιμεύει για το συγχρονισμό και από το πεδίο που υποδηλώνει το τέλος του πεδίου συγχρονισμού SFD (StartOfFrameDelimiter), που καθορίζει το τέλος του πεδίου SHR και την αρχή του υπόλοιπου πακέτου. Η επικεφαλίδα φυσικού επιπέδου PHR (PHYHeader) αποτελείται από 8 bits και περιέχει πληροφορίες για το μήκος του πλαισίου. Το τμήμα δεδομένων του φυσικού επιπέδου (PHYPayload) είναι αυτό που ακολουθεί στο τέλος και περιλαμβάνει και το πλαίσιο MAC, το οποίο είναι μεταβλητού μήκους

ΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ MACΣΤΟ 802.15.4

Το MAC υπο-επίπεδο εξασφαλίζει τη διασύνδεση των ανώτερων επιπέδων με το φυσικό, δηλαδή είναι το επίπεδο που δρα ως διεπαφή μεταξύ του υπο-επιπέδου ελέγχου λογικής σύνδεσης (LLC) και του PHYLayer. Το πρωτόκολλο ελέγχου προσπέλασης στο μέσο παρέχει διευθυνσιοδότηση και μηχανισμούς ελέγχου προσπέλασης του καναλιού, το οποίο καθιστά δυνατή την επικοινωνία μεταξύ των τερματικών ή των κόμβων του δικτύου(Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Το υπο-επίπεδο MAC εξομοιώνει ένα δικατευθυντήριο κανάλι επικοινωνίας σε δίκτυο πολλών σημείων, όπου το κανάλι μπορεί να παρέχει υπηρεσίες μονοεκπομπής (unicast), πολυεκπομπής (multicast) ή ευρυεκπομπής (broadcast). Το MAC υπο-επίπεδο παρέχει την υπηρεσία MACdataservice και την MACmanagementservice, που διασυνδέονται με την οντότητα διαχείρισης του MAC (MACLayerManagementEntity – MLME) και την υπηρεσία πρόσβασης σημείου (ServiceAccessPoint - SAP).

Οι βασικές αρμοδιότητες που υλοποιούνται από το MAC υπο-επίπεδο του 802.15.4 είναι:

- Η διαχείριση του beacon
- Η πρόσβαση στο διαθέσιμο κανάλι
- Η διαχείριση των εγγυημένων χρονοθυρίδων (GuaranteedTimeSlots – GTS)
- Η επιβεβαίωση των μεταδιδόμενων frames
- Η αναγνώριση της μεταφοράς των frames

Το πρότυπο 802.15.4 μπορεί να λειτουργήσει είτε σε non-beacon-enabledmode είτε σε beacon-enabledmode. Στην πρώτη περίπτωση, η οποία είναι ιδανική για δίκτυα τοπολογίας αστέρα, υποστηρίζονται δίκτυα πολλαπλών βημάτων (multi-hop), όπου μια ομάδα κόμβων είναι μονίμως

ενεργή και αναμεταδίδει μηνύματα που δημιουργήθηκαν από άλλους κόμβους χαμηλής κατανάλωσης (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Στην non-beacon λειτουργία, χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος CSMA χωρίς χρονοθυρίδες (un-slotted) και δεν χρησιμοποιείται ο μηχανισμός RTS (ReadyToSend) / CTS (ClearToSend), αφού το μέγεθος των πλαισίων του 802.15.4 είναι μικρό. Υπάρχει όριο στον αριθμό των αποσύρσεων που γίνονται, για την αποφυγή αέναης απόσυρσης (backoff), στην οποία ο χρόνος απόσυρσης του CSMA αυξάνεται εκθετικά χωρίς όρια, και μόλις φτάσει στο μέγιστο αυτό όριο δημιουργείται μια αναφορά αποτυχίας πρόσβασης στο κανάλι (channelaccessfailure) από το MAC και αποστέλλεται στο ανώτερο επίπεδο της στοίβας (Tanenbaum A. : Computer Networks - 2003)

Στην άλλη περίπτωση λειτουργίας, την beacon-enabled mode, ο χρόνος του καναλιού διαιρείται σε υπερ-πλαίσια (super-flames), όπου οριοθετούνται από τους συντονιστές της ομάδας κατά την εκπομπή beacons. Στα πλαίσια μιας ομάδας, όλες οι επικοινωνίες, γίνονται κατά τη διάρκεια ενός τέτοιου υπερ-πλαισίου, η διάρκεια του οποίου ονομάζεται διάρκεια υπερ-πλαισίου (Super-frameDuration – SD).

Βέβαια, ο συντονιστής μπορεί να απενεργοποιήσει την εκπομπή των beacons και έτσι να μην χρησιμοποιήσει τη δομή του υπερ-πλαισίου. Εφόσον είναι επιθυμητό, οι αισθητήρες να έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση, στα super-flames υπάρχει ένα συνιστώμενο διάστημα εντός του οποίου ο coordinator δεν δέχεται πακέτα. Έτσι, όλες οι πληροφορίες πρέπει να μεταδοθούν στο ενεργό διάστημα ενώ ο coordinator «πέφτει για ύπνο» (sleep) όλο το υπόλοιπο διάστημα.

Συνεπώς, το super-flame αποτελείται από ένα ενεργό και ανενεργό τμήμα, όπου το πρώτο υποδιαιρείται σε σχισμές σταθερού μήκους και αποτελείται από μία περίοδο ανταγωνισμού πρόσβασης (ContentionAccessPeriod – CAP), στην οποία οι κόμβοι ανταγωνίζονται για την πρόσβαση στο μέσο χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο slottedCSMA/CA, και μία περίοδο πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό, στην οποία οι κόμβοι μεταδίδουν τα δεδομένα τους χωρίς διαμάχη και σε εγγυημένες χρονικές «σχισμές» (GuaranteedTimeSlots – GTS), τις οποίες διαθέτει και διαχειρίζεται ο PANcoordinator. Το MAC υπο-επίπεδο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Πολλαπλής Πρόσβασης με Ανίχνευση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (CarrierSenseMultipleAccesswithCollisionAvoidance – CSMA/CA) για την επιλογή της χρονικής στιγμής που θα εκπέμψει μια συσκευή ή θα τεθεί σε αναμονή για τη λήψη ενός πακέτου.

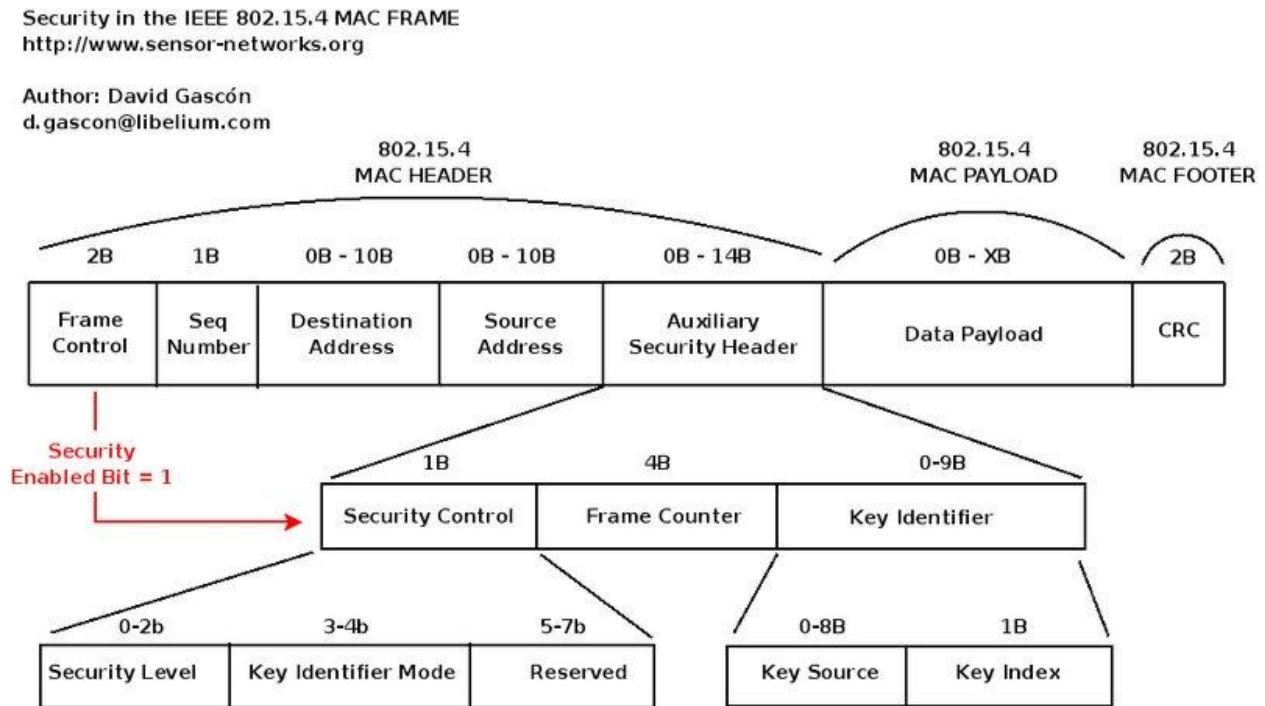
Η ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ 802.15.4

Τα πλαίσια του 802.15.4, στη γενική τους μορφή, αποτελούνται από:

- Τα bytes του φυσικού επιπέδου, που περιλαμβάνουν το 40bit προοίμιο (preamble), δηλαδή τα bits συγχρονισμού που βοηθούν το δέκτη να ξεχωρίσει το 802.15.4 πακέτο από το θορυβώδες περιβάλλον, και το μήκος πλαισίου.

- Την κεφαλίδα του MAC υπο-επιπέδου (MHR) που περιλαμβάνει το πεδίο για τον έλεγχο πλαισίου, για πληροφορίες διεύθυνσης, για παραμέτρους δικτύου και τέλος, το πεδίο για τον αριθμό ακολουθίας του πακέτου (sequencenumber)
- Το περιεχόμενο του πακέτου, δηλαδή ένα μεταβλητό datapayload.
- Το πλαίσιο τέλους του MAC υπο-επιπέδου (MFR), δηλαδή την ακολουθία ελέγχου που επιτρέπει στο δέκτη να αντληφθεί τη μεταβίβαση του πακέτου χωρίς σφάλματα (FrameCheckSequence – FCS).

Η δομή του πλαισίου φαίνεται παρακάτω(Εικόνα36) :



Εικόνα 34:Εικόνα 36

ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ZIGBEEXBEEPRO 802.15.4

Το πρωτόκολλο αυτό δημιουργήθηκε από έναν οργανισμό γνωστό ως ZigbeeAlliance που αποτελείται από μεγάλες εταιρίες και βιομηχανίες του χώρου που το υποστηρίζουν, ως ένα πρότυπο πολύ χαμηλού κόστους, πολύ χαμηλής κατανάλωσης, αμφίδρομο, ασύρματης επικοινωνίας(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Σημαντικότερες χρήσεις του θα είναι σε ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, αυτοματισμούς, εργοστασιακό έλεγχο, περιφερειακά υπολογιστών, εφαρμογές ιατρικών αισθητήρων, παιχνίδια κ.α. Το Zigbee είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα πλήθος συσκευών στο σπίτι ή το γραφείο, για παράδειγμα σε φωτισμούς, διακόπτες,

εισόδους και ηλεκτρικές συσκευές. Αυτές οι συσκευές μπορούν να αλληλεπιδράσουν χωρίς την χρήση καλωδιώσεων και μπορούν να ελεγχθούν από μία και μόνη συσκευή η οποία μπορεί να είναι ένα κινητό τηλέφωνο ή ένα τηλεχειριστήριο. Παρά το γεγονός ότι η τεχνολογία που εισάγει δεν είναι επαναστατική, προχωράει ένα βήμα παραπέρα από τις παραδοσιακές ασύρματες επικοινωνίες όπως ο απλός τηλεχειρισμός για το άνοιγμα της γκαραζόπορτας ή το άναμμα του φωτισμού(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Το σημείο που διαφοροποιείται από αυτές τις εφαρμογές είναι το γεγονός ότι το πρωτόκολλο 802.15.4 επιτρέπει την επικοινωνία δύο δρόμων μεταξύ όλων των συσκευών στις οποίες ενσωματώνεται, δηλαδή τα φώτα, τους διακόπτες, τους θερμοστάτες, τον κλιματισμό και λοιπά. Μπορεί να καλύψει μεγάλους χώρους, λόγω της αυξημένης εμβέλειάς του και μπορεί να διαχειριστεί πολλούς αισθητήρες που εκτελούν διαφορετικές εργασίες ταυτόχρονα(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Το **Zigbee έχει σχεδιαστεί για να μεταδίδει δεδομένα σε χαμηλές ταχύτητες και έτσι είναι λιγότερο ενεργοβόρο**. Ανάλογα με την εφαρμογή και τον τύπο της μπαταρίας που θα χρησιμοποιηθεί, η αυτονομία ενός συστήματος με ασύρματη δικτύωση που κάνει χρήση αυτού του πρωτοκόλλου μπορεί να φτάσει ακόμη και τα 10 χρόνια. Ένα δίκτυο βασισμένο στο Zigbee χρησιμοποιεί ψηφιακούς πομπούς για να επικοινωνήσει μεταξύ των διαφορετικών συσκευών που βρίσκονται διάσπαρτες στον χώρο(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Μία από τις 8 συσκευές πρέπει να λειτουργεί ως **συντονιστής** (coordinator) για να γνωρίζει όλους τους κόμβους του δικτύου και να διαχειρίζεται την πληροφορία που ανταλλάσσεται μεταξύ των κόμβων και του δικτύου συνολικά. Σε ένα δίκτυο Zigbee εκτός από τον συντονιστή, άλλες συσκευές δρουν ως δρομολογητές και άλλες ως οι συσκευές που αλληλεπιδρούν με τον φυσικό κόσμο.

Τα δίκτυα Zigbee μπορούν να λειτουργήσουν είτε σε λειτουργία περιοδικής εκπομπής ενός σήματος συντονισμού, είτε σε λειτουργία μη εκπομπής. Στην πρώτη περίπτωση ένα σήμα αποστέλλεται περιοδικά από το συντονιστή, το οποίο σαν επακόλουθο έχει να «ξυπνά» όλες τις συσκευές του δικτύου οι οποίες πρέπει να ενημερώσουν τον συντονιστή αν έχουν κάποιο μήνυμα να αποστείλουν(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Εάν όχι, τότε η κάθε συσκευή επιστρέφει σε κατάσταση αναμονής. Στην άλλη περίπτωση, όταν δεν υπάρχει αυτή η περιοδική εκπομπή του σήματος από τον συντονιστή, το δίκτυο το οποίο δημιουργείται είναι λιγότερο συντονισμένο, καθώς η κάθε τερματική συσκευή εκπέμπει ένα σήμα το οποίο θα πρέπει να φτάσει στο συντονιστή περνώντας από όλους τους ενδιάμεσους κόμβους του δικτύου.

Σε αυτή την περίπτωση, ο συντονιστής θα πρέπει να είναι συνεχώς σε λειτουργία για να είναι έτοιμος σε κάθε σήμα που μπορεί να ληφθεί, καταναλώνοντας έτσι μεγαλύτερα ποσά ενέργειας. Σε κάθε περίπτωση όμως, ένα δίκτυο αποτελούμενο από συσκευές που ενσωματώνουν το

πρωτόκολλο IEEE802.15.4 διατηρεί την κατανάλωση ισχύος σε χαμηλά επίπεδα διότι η πλειοψηφία των συσκευών του δικτύου παραμένουν ανενεργές για μεγάλα χρονικά διαστήματα

Σύγκριση του πρωτοκόλλου ZigBee IEEE802.15.4 με άλλα ασύρματα πρωτόκολλα, στον πίνακα παρακάτω(Εικόνα 37) :

Market Name	ZigBee™	---	Wi-Fi™	Bluetooth™
Standard	802.15.4	GSM/GPRS CDMA/1xRTT	802.11b	802.15.1
Application Focus	Monitoring & Control	Wide Area Voice & Data	Web, Email, Video	Cable Replacement
System Resources	4KB - 32KB	16MB+	1MB+	250KB+
Battery Life (days)	100 - 1,000+	1-7	.5 - 5	1 - 7
Network Size	Unlimited (2 ⁶⁴)	1	32	7
Bandwidth (KB/s)	20 - 250	64 - 128+	11,000+	720
Transmission Range (meters)	1 - 100+	1,000+	1 - 100	1 - 10+
Success Metrics	Reliability, Power, Cost	Reach, Quality	Speed, Flexibility	Cost, Convenience

Εικόνα 35: Το Zigbeese σύγκριση με άλλα πρωτόκολλα

Η ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ZIGBEE ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ZIGBEE

ΟΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ZIGBEE

Πριν αναφερθούμε στα επίπεδα του δικτύου που αφορούν το ZigBee, να αναφέρουμε απλά τους δύο τύπους συσκευών που ορίζει η προτυποποίηση IEEE 802.15.4. Η πρώτη είναι η πλήρης IEEE 802.15.4 συσκευή (FullFunctionDevice – FFD) και μπορεί να εκτελέσει **όλες τις απαιτούμενες από το δίκτυο λειτουργίες**. Μία τυπική FFD, συνήθως τροφοδοτείται από ανεξάντλητη πηγή (τροφοδοτικό AC από την ηλεκτρική εγκατάσταση).

Πρέπει να είναι συνεχώς ενεργοποιημένη και συνδεδεμένη με το ασύρματο δίκτυο. Ο δεύτερος τύπος συσκευών είναι οι συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων (ReduceFunctionDevice – RFD). Οι εργασίες που μπορούν να εκτελέσουν περιορίζονται στον έλεγχο εξωτερικών

συσκευών και διακοπών και στη δηγματοληψία αισθητήρων. Συνήθως, επειδή τροφοδοτούνται μέσω μπαταριών, είναι προγραμματισμένες να κοιμούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το πρωτόκολλο ZigBee παίρνει τους ορισμούς των συσκευών FFD και RFD του IEEE 802.15.4 και ορίζει τρεις τύπους δικών του συσκευών(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Ο Συντονιστής δικτύου (ZigBeeCoordinator), είναι μία FFD συσκευή, μοναδική ανά δίκτυο ZigBee, και είναι αυτή που το δημιουργεί. Μόλις ο Συντονιστής ορίσει το δίκτυο, αναθέτει διευθύνσεις δικτύου στις συσκευές που επιτρέπεται να συνδεθούν σε αυτό. Επίσης, διαχειρίζεται τον πίνακα δικτύωσης και δρομολογεί τα μηνύματα μεταξύ των RFD. Στη συνέχεια, έχουμε το **Τερματικό (ZigBeeEndDevice)**.

Η συσκευή αυτή, είναι ο κόμβος του δικτύου που είναι συνδεδεμένος με αισθητήρες ή εκτελεί εργασίες ελέγχου εξωτερικά συνδεδεμένων συσκευών. Το Τερματικό μπορεί να είναι είτε FFD είτε RFD. Αυτό καθορίζεται από τη φύση των εργασιών που προορίζεται να εκτελεί. Αν, για παράδειγμα, ο αισθητήρας πρέπει να δειγματοληπτείται συνέχεια, επειδή ελέγχει κάποιο κρίσιμο μέγεθος, επιλέγεται FFD.

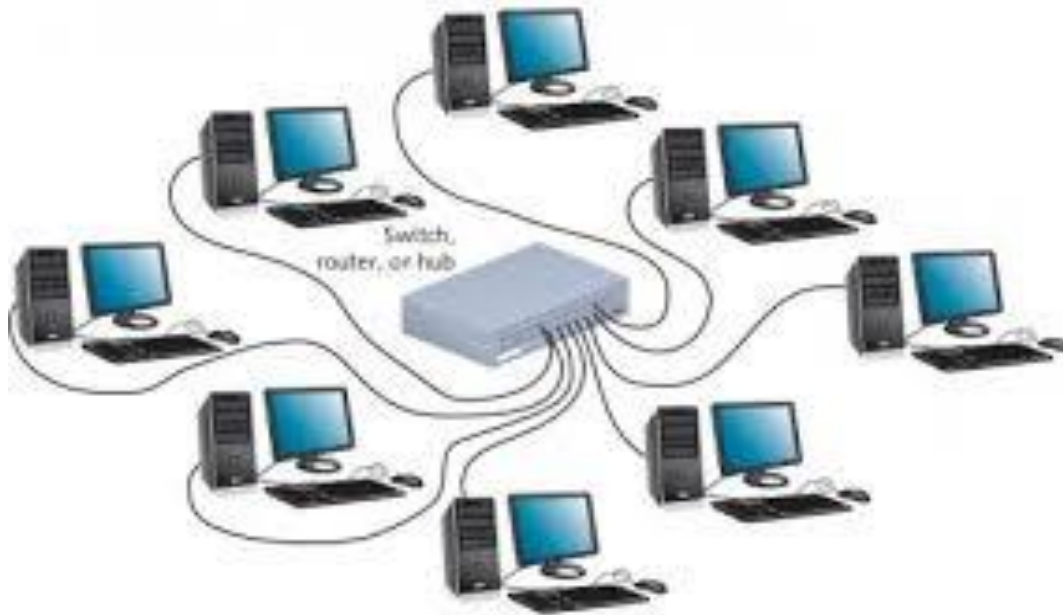
Το τρίτο είδος συσκευής του δικτύου, είναι ο **Δρομολογητής (ZigBeeRouter)** και η παρουσία του είναι προαιρετική. Ο Δρομολογητής, είναι μία FFD συσκευή, η οποία επιτρέπει να συνδεθούν στο δίκτυο περισσότεροι κόμβοι. Έτσι, με τη χρήση Δρομολογητών, είναι δυνατό να επεκτείνουμε το μέγεθος και το εύρος του δικτύου, καθώς, συσκευές που βρίσκονται εκτός της εμβέλειας του Συντονιστή, μέσω Δρομολογητών μπορούν να συνδεθούν κανονικά(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

ΟΙ ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ZIGBEE

Τοπολογία αστέρα

Η τοπολογία αστέρα περιλαμβάνει ένα συντονιστή (Coordinator) και μια ή περισσότερες τελικές συσκευές (τερματικά). Στην τοπολογία αστέρα, όλες οι τελικές συσκευές επικοινωνούν μόνο με τον Συντονιστή. Αν κάποια τελική συσκευή χρειαστεί να μεταφέρει δεδομένα σε μια άλλη τελική συσκευή, στέλνει τα δεδομένα στον Συντονιστή. Αυτός στην συνέχεια, τα προωθεί στον τελικό αποδέκτη(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Τα τερματικά, είναι φυσικά και ηλεκτρικά απομονωμένα μεταξύ τους, και ο μόνος τρόπος για να ανταλλάξουν πληροφορίες είναι μέσω του Συντονιστή. Ο Αστéρας, θεωρείται δίκτυο μονής αναπήδησης (singlehop), καθώς υπάρχει μόνο ένα επιτρεπτό μονοπάτι ανάμεσα σε οποιοδήποτε τερματικό και το Συντονιστή. Ένα σημαντικό μειονέκτημα της τοπολογίας αυτής, είναι ότι όλοι οι κόμβοι πρέπει να είναι εντός της εμβέλειας του Συντονιστή. Η τοπολογία αστέρα φαίνεται παρακάτω (**Εικόνα 38**) :



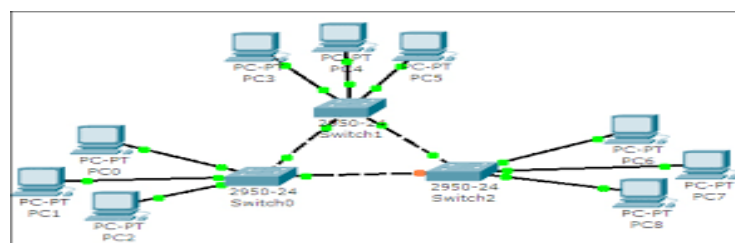
Εικόνα 36: Η τοπολογία αστέρα

Τοπολογία συστάδας

Μια άλλη τοπολογία δικτύου είναι αυτή του δέντρου συμπλεγμάτων (ClusterTree). Σε αυτή την τοπολογία, οι τελικές συσκευές μπορούν να συνδεθούν είτε στον Συντονιστή του δικτύου είτε σε κάποιο Δρομολογητή. Οι Δρομολογητές, επιτελούν δύο λειτουργίες. Μια είναι η αύξηση του μέγιστου αριθμού των συσκευών που μπορούν να υπάρχουν στο δίκτυο. Η άλλη είναι η αύξηση της φυσικής εμβέλειας του δικτύου(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Με την προσθήκη ενός Δρομολογητή, η τελική συσκευή δεν χρειάζεται να βρίσκεται εντός της εμβέλειας του Συντονιστή. Όλα τα μηνύματα σε αυτή την τοπολογία κινούνται με την 12 ιεραρχία δέντρου. Το Δέντρο, είναι ουσιαστικά πολλοί Αστέρες, όπου οι κεντρικοί κόμβοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, τα τερματικά δεν έχουν άμεση επικοινωνία μεταξύ τους, αλλά, όλα τα μηνύματα πρέπει να περάσουν από τουλάχιστον ένα Δρομολογητή ή το Συντονιστή. Η τοπολογία αυτή, θεωρείται πολλαπλών αναπηδήσεων (multihop), καθώς υπάρχουν πολλά μονοπάτια επικοινωνίας ενός κόμβου με το Συντονιστή. Παρακάτω φαίνεται η τοπολογία συστάδας(Εικόνα 39) :

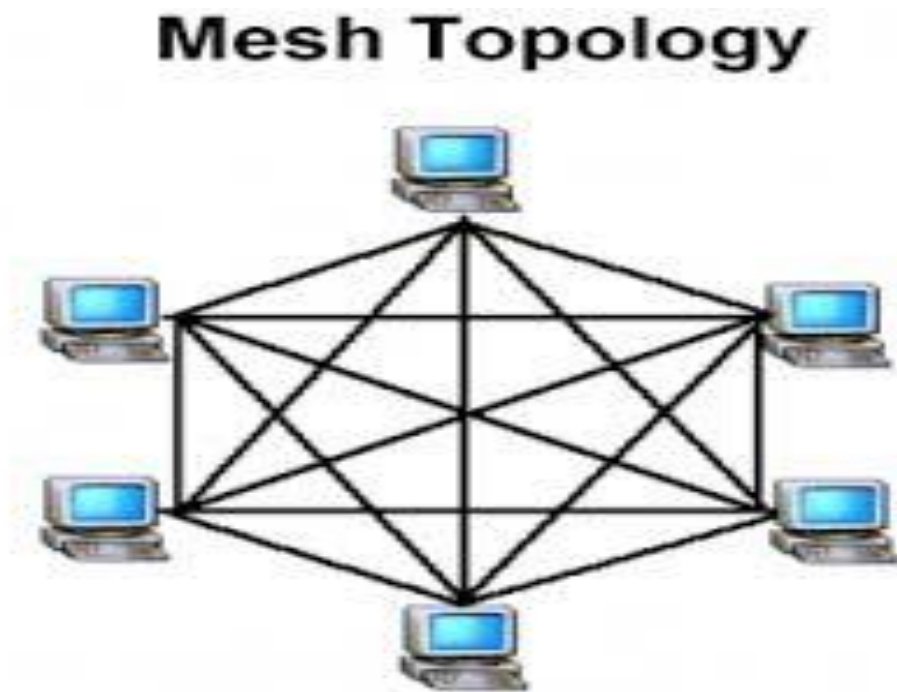


Εικόνα 37: Η τοπολογία συστάδας

Τοπλογία πλέγματος

Ένα δίκτυο πλέγματος (mesh), που αποτελεί και τη γενικότερη μορφή ενός δικτύου ZigBee, είναι παρόμοιο με αυτό του τύπου συμπλέγματος δέντρου, με τη διαφορά ότι τα FFD μπορούν να μεταβιβάσουν τα μηνύματα απευθείας σε άλλα FFD χωρίς να ακολουθηθεί η ιεραρχία δέντρου.

Για τυχόν μηνύματα που πρέπει να μεταδοθούν εκτός εμβέλειας, η πληροφορία αναπηδά από κόμβο σε κόμβο μέχρι τον τελικό προορισμό της. Ωστόσο, τα μηνύματα προς τα RFD πρέπει και πάλι να περάσουν από τη γονική συσκευή. Τα πλεονεκτήματα αυτής της τοπολογίας είναι ότι μικραίνει η καθυστέρηση στη μεταβίβαση των μηνυμάτων και υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία. Πιο κάτω βλέπουμε την τοπλογία πλέγματος(Εικόνα 40) :



Εικόνα 38: Η τοπολογία πλέγματος

ΤΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ZIGBEE

Το πρωτόκολλο Zigbee καθορίζει τα υψηλότερα επίπεδα της στοίβας πρωτοκόλλων, από το επίπεδο δικτύου και πάνω. Η στοίβα πρωτοκόλλων του ZigBee βρίσκεται στο πάνω μέρος του φυσικού επιπέδου και του MAC υπο-επιπέδου, που έχουν καθοριστεί από το πρότυπο IEEE 802.15.4

Η στοίβα πρωτοκόλλων ορίζει τα ακόλουθα επίπεδα(Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008):

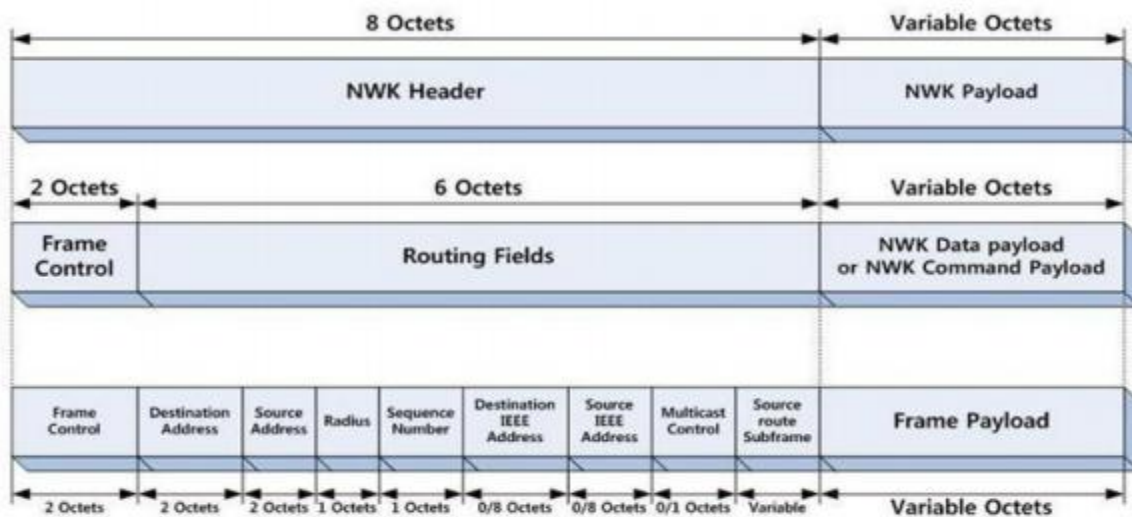
- **Η στοίβα πρωτοκόλλων ορίζει τα ακόλουθα επίπεδα.** Το NWK επίπεδο αποτελεί τη γέφυρα μεταξύ των δύο προτύπων, του 802.15.4 και του ZigBee, καθώς εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία του MAC υπο-επιπέδου και παρέχει τις κατάλληλες υπηρεσίες στο επίπεδο εφαρμογών, μέσω των μονάδων NLDE – SAP (NetworkLayerDataEntity - ServiceAccessPoint) και NLME – SAP (NetworkLayerManagementEntity - ServiceAccessPoint). Το επίπεδο αυτό περιέχει όλες τις τοπολογίες δικτύωσης, που παρέχονται από τη συγκεκριμένη τεχνολογία και είναι υπεύθυνο για την οργάνωση και παροχή δρομολόγησης σε ένα multi-hop δίκτυο, που βασίζεται στη λειτουργία του IEEE 802.15.4. Επιπλέον, αρμοδιότητα του NWK επιπέδου είναι η σωστή διατήρηση της επικοινωνίας μεταξύ των συνδεδεμένων συσκευών του δικτύου και η ανίχνευση της λειτουργίας γειτονικών δικτύων, ώστε να αποφευχθεί μια ενδεχόμενη επικάλυψη συχνότητας
- **Επίπεδο Εφαρμογής - ZigBee Application Layer (APL).** Το επίπεδο αυτό είναι το υψηλότερο και πολυπλοκότερο που ορίζει το πρότυπο και προσφέρει μια δομή για την ανάπτυξη και επικοινωνία κατανεμημένων εφαρμογών. Αποτελείται από τα Αντικείμενα Εφαρμογών (ApplicationObjects), το Αντικείμενο Συσκευής ZigBee (ZigBeeApplicationObject) και το υπο-επίπεδο Υποστήριξης Εφαρμογής (ApplicationSupportSubLayer - APS). Τα Αντικείμενα Εφαρμογών είναι οι εφαρμογές που τρέχουν σε μια συσκευή ZigBee και το Αντικείμενο Συσκευής ZigBee παρέχει τη διασύνδεση στα Αντικείμενα Εφαρμογών, που χρησιμοποιείται για την αναγνώριση άλλων συσκευών και υπηρεσιών που αυτές παρέχουν. Το υπο-επίπεδο APS είναι υπεύθυνο για τη διατήρηση των λογικών συνδέσεων μεταξύ των συσκευών επικοινωνίας με την προώθηση παράλληλα των πακέτων δεδομένων μεταξύ των συνδεδεμένων συσκευών. Ακόμη, το υπο-επίπεδο αυτό επικοινωνεί άμεσα με την υπηρεσία παροχής ασφάλειας των δεδομένων μεταφοράς και λήψης δεδομένων (SecurityServiceProvider).
- **Πλαίσιο Εργασίας Εφαρμογών - ZigBeeApplicationFramework (AF).** Το επίπεδο AF είναι το τελευταίο επίπεδο του πρωτοκόλλου ZigBee και είναι υπεύθυνο για την ύπαρξη και διαμονή όλων των αντικειμένων της εφαρμογής στο δίκτυο, που θεωρείται η λογική περιγραφή κάθε συσκευής ZigBee συνδεδεμένης στο δίκτυο και η οποία μπορεί να εκπέμπει και να λαμβάνει πακέτα δεδομένων. Αυτό το επίπεδο διαθέτει μέχρι 240 αντικείμενα εφαρμογών, οντότητες εφαρμογών καθορισμένες από το χρήστη και οι οποίες αποτελούν μέρος της εφαρμογής ZigBee

Παρακάτω θα περιγράψουμε τη δομή του πλαισίου Zigbee :

ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ZIGBEE ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ

Τα πλαίσια του ZigBee στο επίπεδο NWK, στη γενική τους μορφή, αποτελούνται από:

- Την επικεφαλίδα NWK
- Το πλαίσιο ελέγχου
- Το πεδίο διεύθυνσης
- * Το πεδίο για πληροφορία αρίθμησης
- Το ωφέλιμο φορτίο NWK



Εικόνα 39: Το πλαίσιο NWK του ZigBee

Το πεδίο της διεύθυνσης προορισμού είναι 2 octets, εξαρτάται από το multicastflagsub – field του πεδίου του πλαισίου ελέγχου και διατηρεί 16 bits της διεύθυνσης δικτύου της συσκευής προορισμού, μια broadcast διεύθυνση ή την 16 bits ταυτότητα της ομάδας της προοριζόμενης multicast ομάδας.

Το πεδίο της διεύθυνσης πηγής διατηρεί πάντα την 16 bits διεύθυνση του δικτύου της συσκευής πηγής. Το πεδίο αυτό μαζί με τον αριθμό ακολουθίας χαρακτηρίζουν μοναδικά το πλαίσιο. Το πεδίο payload πλαισίου έχει μεταβλητό μήκος και περιέχει πληροφορία με τα μεμονωμένα είδη των πλαισίων. Το πεδίο του πλαισίου ελέγχου είναι 16 bits και περιέχει πληροφορία για τον καθορισμό του είδους του πλαισίου, τη διεύθυνση, τα πεδία αρίθμησης και άλλες σημαίες ελέγχου (Gislason D. : "ZigBee Wireless Networking" -2008)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ4: ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Ο αισθητήρας ήρθε να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ του φυσικού κόσμου και των οργάνων που πρέπει να κατασκευάσει ο άνθρωπος ώστε να έχει πλήρη εικόνα του αλλά και των μεταβολών του. Το πρόβλημα είναι ότι τα όργανα που κατασκευάζει ο άνθρωπος παράγουν έξοδο σε μορφή ηλεκτρικών σημάτων, επομένως πρέπει να κατασκευάσουμε μια νέα συσκευή που να μπορεί να παρακολουθεί τις μεταβολές του φυσικού κόσμου και να παράγει μια έξοδο ηλεκτρικού σήματος ανάλογη των μεταβολών (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Ο σκοπός του αισθητήρα είναι να ανταποκριθεί σε κάποιο είδος εισόδου με φυσικές ιδιότητες και να το μετατρέψει σε ένα ηλεκτρικό σήμα που να είναι συμβατό με τα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Κάθε αισθητήρας είναι ένας μετατροπέας ενέργειας και δεν λειτουργεί αυτόνομα αλλά είναι μέρος ενός ευρύτερου συστήματος που μπορεί να ενσωματώσει ανιχνευτές, βελτιωτές σήματος, επεξεργαστές σήματος, συσκευές μνήμης καταγραφής δεδομένων αλλά και ενεργοποιητές.

ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Υπάρχουν βασικά δύο βασικά είδη αισθητήρων, ο **άμεσος** και ο **σύνθετος** (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007):

- Ο **άμεσος** μετατρέπει το ερέθισμα σε ένα ηλεκτρικό σήμα ή τροποποιεί ένα ηλεκτρικό σήμα χρησιμοποιώντας το κατάλληλο μέσο
- Ο **σύνθετος αισθητήρας** έχει ένα ή περισσότερα αισθητήρια που τοποθετούνται πριν από ένα άμεσο αισθητήρα ώστε να παράγει ηλεκτρικό σήμα

Όσο αφορά την ταξινόμηση μπορεί να είναι παθητικός ή ενεργητικός (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007) :

- Ο **παθητικός αισθητήρας** δεν χρειάζεται καμιά πρόσθετη πηγή ενέργειας και ανταποκρίνεται με το να παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα.
- Ο **ενεργητικός αισθητήρας** απαιτεί εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος για τη λειτουργία του η οποία ονομάζεται σήμα διέγερσης. Αυτό το σήμα τροποποιείται

Όσο αφορά το σύστημα αναφοράς χωρίζονται σε απόλυτους και σχετικούς (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007) :

- **Απόλυτος** είναι ο αισθητήρας που ανιχνεύει το ερέθισμα με την απόλυτη φυσική κλίμακα που είναι ανεξάρτητη από τις συνθήκες μέτρησης
- **Σχετικός** αισθητήρας παράγει ένα σήμα που σχετίζεται με κάποια ειδική περίπτωση που σε κάθε περίπτωση που δεν ανταποκρίνεται στη φυσική κλίμακα

Μία άλλη ταξινόμηση είναι όσο αφορά την **προδιαγραφή τους, το υλικό κατασκευής, τα μέσα ανίχνευσης, τα φαινόμενα μετατροπής, τα πεδία εφαρμογών και τον τύπο ερεθίσματος.**

Επίσης, υπάρχουν και άλλου είδους χαρακτηριστικά αισθητήρων που ονομάζονται «**στατιστικά**» και αναφέρονται στην κατάσταση κατα την οποία έχει επέλθει ισορροπία μεταξύ αισθητήρα και μετρούμενου ερεθίσματος. **Αυτά μπορεί να είναι το εύρος, η ακρίβεια, το σφάλμα, η ανοχή, η διακριτική ικανότητα, η ευαισθησία, βαθμονόμηση, νεκρή ζώνη, γραμμικότητα, απόκριση, ευστάθεια, υστέρηση, επαναληψιμότητα κα.**

Τέλος εκτός απο τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπάρχουν τα «**δυναμικά**» χαρακτηριστικά που περιγράφουν τη συμπεριφορά του αισθητήρα μεταξύ της στιγμής κατα την οποία το σήμα εισόδου μεταβάλλεται ως την στιγμή κατα την οποία το σήμα εξόδου θα σταθεροποιηθεί εκ νέου(Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Απο την άλλη πλευρά όμως, οι αισθητήρες μπορούν να είναι (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007):

- **Ακουστικοί**(πλάτος κύματος, φάση, πόλωση, μέτρο ταχύτητας)
- **Βιολογικός**
- **Ηλεκτρικός**(φορτίο, ρεύμα, φάσμα, αγωγιμότητα, διαπερατότητα)
- **Μαγνητικός**(μαγνητικό πεδίο, μαγνητική διακύμανση)
- **Ακτινοβολίες**(ενέργεια, ένταση)
- **Οπτικός**(πλάτος κύματος, φάση, πόλωση, δείκτης διάθλασης)
- **Μηχανικός**(θέση, επιτάχυνση, καταπόνηση, μάζα, πυκνότητα)

Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Θερμοκρασία είναι το φυσικό μέγεθος που μετρά την ενέργεια κίνησης ή ταλάντωσης της ύλης σε ατομικό επίπεδο. Η ανταλλαγή της ενέργειας αυτής, όταν πιάνουμε κάτι με το χέρι για παράδειγμα, μας δίνει την αίσθηση του ζεστού και του κρύου, με την κατάσταση μεγαλύτερης ενέργειας να αντιστοιχεί στο «ζεστό» ή «θερμό», όταν συνολικά παίρνουμε ενέργεια, και της κατάστασης μικρότερης ενέργειας, κατά την οποία αντιλαμβανόμαστε να χάνουμε συνολικά ενέργεια, να αντιστοιχεί στο «κρύο»(Maxwell, J.C. : Theory of Heat - 1871)

Η θερμοκρασία στη πράξη είναι ακριβώς το μέτρο εκείνο με το οποίο προσδιορίζεται η "θερμική κατάσταση" των διαφόρων σωμάτων, είναι δηλαδή ένα φυσικό μέγεθος που συνδέεται με την μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων ενός συστατικού, το οποίο και χαρακτηρίζει πόσο θερμό ή πόσο ψυχρό είναι αυτό(Maxwell, J.C. : Theory of Heat - 1871)

Το αίτιο που δημιουργεί το αίσθημα του θερμού ή ψυχρού είναι η θερμότητα που όταν χορηγείται (απορροφάται) ή αφαιρείται (εκλύεται) από ένα σώμα προκαλεί "μεταβολή θερμοκρασίας" (ύψωση ή υποβιβασμό). Συνεπώς θερμότητα και θερμοκρασία είναι

διαφορετικές έννοιες. Η μεν θερμότητα είναι μορφή ενέργειας, η δε θερμοκρασία ιδιότητα και μέγεθος(Maxwell, J.C. : Theory of Heat - 1871)

Η θερμοκρασία μετριέται με ειδικά όργανα που λέγονται **θερμόμετρα**, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στο φαινόμενο της διαστολής ή συστολής ως αποτέλεσμα παροχής ή αφαίρεσης της θερμότητας. Αλλά και η μεταβολή της θερμοκρασίας (ύψωση ή υποβιβασμός) είναι επίσης αποτέλεσμα της παροχής ή αφαίρεσης της θερμότητας.

Έτσι με την παρατήρηση της διαστολής ή συστολής του υδραργύρου, που χρησιμοποιείται συνήθως στα θερμόμετρα, διαπιστώνεται και η μεταβολή της θερμοκρασίας η οποία αναγνώσκεται στη κατάλληλα βαθμολογημένη σε βαθμούς θερμοκρασίας κλίμακα του θερμομέτρου(Maxwell, J.C. : Theory of Heat - 1871)

Γενικώς τα θερμόμετρα διακρίνονται σε "κοινά" ή "υδραργυρικά" και σε "θερμόμετρα οινόπνευματος" (για χαμηλότερες θερμοκρασίες). Χρησιμοποιούνται επίσης και "ηλεκτρικά θερμόμετρα" που βασίζονται στην αρχή του θερμοηλεκτρικού στοιχείου, επίσης τα "οπτικά" ή ηλεκτρικά "πυρόμετρα" καθώς και άλλα ειδικών κατηγοριών. Η βαθμολογία των θερμομέτρων γίνεται σε βαθμούς Celsius (Κελσίου) $^{\circ}\text{C}$, στο μετρικό σύστημα, και σε βαθμούς Fahrenheit (Φαρενάιτ) $^{\circ}\text{F}$, στο αγγλικό σύστημα

- Στο θερμόμετρο Κελσίου το μηδέν της κλίμακας (0°C) αντιστοιχεί στη θερμοκρασία τήξεως του πάγου, το δε 100 (100°C) στη θερμοκρασία βρασμού του ύδατος. Η ενδιάμεση αυτών απόσταση υποδιαιρείται σε 100 ίσα μέρη που καλούνται "βαθμοί Κελσίου".
- Στο θερμόμετρο Κελσίου το μηδέν της κλίμακας (0°C) αντιστοιχεί στη θερμοκρασία τήξεως του πάγου, το δε 100 (100°C) στη θερμοκρασία βρασμού του ύδατος. Η ενδιάμεση αυτών απόσταση υποδιαιρείται σε 100 ίσα μέρη που καλούνται "βαθμοί Κελσίου".

Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΚΕΛΒΙΝ

Το κέλβιν (σύμβολο: K) είναι μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.). Η αναφορά σε θερμοκρασίες στην κλίμακα Κέλβιν γίνεται όταν μια ένδειξη θερμοκρασίας συνοδεύεται με το σύμβολο «K», π.χ. θερμοκρασία 300 K (27°C). Το κέλβιν φέρεται κατά την ομώνυμη κλίμακα όπου το απόλυτο μηδέν ($-273,15^{\circ}\text{C}$ βαθμοί Κελσίου) αντιστοιχεί στο 0 K. Η θερμοκρασία 0 K είναι η χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία και λέγεται απόλυτο μηδέν. Η κλίμακα επινοήθηκε από τον Ουίλιαμ Τόμσον (William Thomson), πρώτο βαρόνο του Κέλβιν(Maxwell, J.C. : Theory of Heat- 1872).

- Η κλίμακα Κέλβιν δεν έχει αρνητικές τιμές.
- Το κέλβιν είναι η βασική μονάδα μέτρησης θερμοκρασιών σε προβλήματα που έχουν σχέση με τη θερμοδυναμική, τη ρευστομηχανική κ.ά.
- Διαφορά θερμοκρασίας κατά 1K ισοδυναμεί με διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κελσίου.

- Η κλίμακα Κέλβιν μετράει την λεγόμενη **απόλυτη θερμοκρασία**. Η διαφορά της με την κλίμακα Κελσίου είναι 273,15 βαθμοί, δηλαδή $T_K = T_C + 273.15$
- Η σχέση που συνδέει την κλίμακα Φαρενάιτ και την κλίμακα Κέλβιν είναι η εξής:

$$T_K = \frac{5}{9}(T_F - 32) + 273.15$$

Η ΑΠΟΛΥΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Κάθε θερμοκρασία που έχει ως αρχή μέτρησης το απόλυτο μηδέν της οποιας κλίμακας (Κελσίου ή Φαρενάιτ) χαρακτηρίζεται απόλυτη θερμοκρασία. Το απόλυτο μηδέν είναι η θερμοκρασία από την οποία ξεκινά η κλίμακα Κέλβιν και που προσδιορίζεται για μεν την κλίμακα Κελσίου στους $-273,15^{\circ}\text{C}$, για δε την κλίμακα Φαρενάιτ στους $-459,67^{\circ}\text{F}$. Θεωρητικά είναι η κατάσταση εκείνη στην οποία ένα υλικό δεν έχει καμία άλλη ενέργεια παρά αυτή από τις κβαντομηχανικές ταλαντώσεις των ατόμων που το αποτελούν (ενέργεια μηδενικού σημείου). Η απόλυτη θερμοκρασία **συμβολίζεται με το γράμμα T**.

Κάθε θερμοκρασία που μετριέται αρχίζοντας από το 0° της κλίμακας Κελσίου ή της κλίμακας Φαρενάιτ ονομάζεται σχετική θερμοκρασία και καλείται θετική όταν είναι υψηλότερα του μηδενός και αρνητική όταν είναι χαμηλότερα (Maxwell, J.C. : Theory of Heat- 1872)

Η *σχετική θερμοκρασία* έχει ευρύτατη χρήση τόσο στη καθημερινή ζωή του ανθρώπου όσο και στις διάφορες τεχνικές και μηχανολογικές εφαρμογές. **Συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα t**.

Η ΥΓΡΑΣΙΑ

Όπως είναι γνωστό στον ατμοσφαιρικό αέρα περιέχονται και υδρατμοί που προέρχονται από την εξάτμιση υγρών επιφανειών, κυρίως των θαλασσών. Η παρουσία αυτών των υδρατμών στον αέρα καλείται υγρασία. Η Υγρασία της ατμόσφαιρας διακρίνεται σε "απόλυτη" και σε "σχετική υγρασία" (Maxwell, J.C. : Theory of Heat- 1872)

ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ

Οι παράμετροι που καθορίζουν το μέγεθος της υγρασίας συνοψίζονται παρακάτω (Maxwell, J.C. : Theory of Heat- 1872) :

- **Απόλυτη υγρασία** ονομάζεται η αναλογία μάζας υδρατμών προς τον όγκο του αέρα ή αερίου. Συνήθως εκφράζεται σε γραμμάρια ανα κυβικό μέτρο και καθορίζει το ποσό των υδρατμών που εμπεριέχονται ένα δοσμένο όγκο υγρού ατμοσφαιρικού αέρα. Οι μεταβολές της σχετίζονται με τις αλλαγές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Για κάθε τιμή θερμοκρασίας, αέρα υπάρχει και μια αντίστοιχη μέγιστη τιμή απόλυτης θερμοκρασίας.
- **Σχετική υγρασία** εκφράζει το λόγο των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σε μια δεδομένη τιμή θερμοκρασίας και πίεσης σε σχέση με τη μέγιστη ποσότητα των υδρατμών τη οποία ο αέρας είναι ικανός να κρατήσει στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας μέχρι να επέλθει ο κορεσμός. Η σχετική υγρασία εκφράζεται σε «**επί τοίς 100 ή %**».

ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Οι αποδεκτοί ορισμοί της υγρασίας είναι τρεις και παραθέτονται παρακάτω :

- Ο αέρας που περιλαμβάνει την μέγιστη ποσότητα υδρατμών βρίσκεται στο **σημείο του κόρου** και ονομάζεται **κεκορεσμένος**.
- Η μεταβολή της αέριας κατάστασης των υδρατμών σε υγρή ή στερεά καλείται συμπίκνωση.
- Η τάση των υδρατμών στο *σημείο του κόρου* ονομάζεται **μέγιστη τάση υδρατμών**. Αυτή είναι συνάρτηση μόνο της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και αυξάνει με αυτήν.

ΣΦΑΛΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Ένα χαρακτηριστικό που συνήθως παρατηρούμε σε όλους σχεδόν τους τύπους αισθητήρων είναι ο τρόπος με τον οποίο εκφράζουμε την ακρίβεια τους. Συνήθως τους εκφράζουμε με ένα ποσοστό απόκλισης τις % ή ένα καθορισμένο εύρος τιμών. Ο λόγος που αυτές οι τιμές εμφανίζονται είναι ότι έχουμε σφάλματα στις μετρήσεις(Κανατάς Α., Κωνσταντίνου Φ., Πάντος Γ. : Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών - 2008)

Υπάρχουν δύο ειδών σφάλματα. Το **συστηματικό σφάλμα** και το **τυχαίο σφάλμα** :

- Ένα συστηματικό σφάλμα συνδέεται με το γεγονός ότι η μετρούμενη τιμή περιλαμβάνει μια απόκλιση. Συνήθως παραμένει σταθερό ή εξαρτάται με κάποιο τρόπο απο άλλες ποσότητες.
- Ένα τυχαίο σφάλμα συνδέεται με το γεγονός ότι όταν η μέτρηση επαναλαμβάνεται θα υπάρξει μια μετρούμενη τιμή σφάλματος διαφορετική απο την προηγούμενη. Είναι δηλαδή τυχαίο και δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια απο την χρησιμοποίηση των προηγούμενων τιμών του

Η διαπίστωση για το εάν μια μέτρηση είναι ακριβής, γίνεται με την επανάληψη της μέτρησης πολλές φορές. Όσο λιγότερο αποκλίνουν οι μετρούμενες τιμές , τόσο ακριβέστερο είναι το αποτέλεσμα που θα καταγράψουμε μετά ως τιμή μέτρησης(Κανατάς Α., Κωνσταντίνου Φ., Πάντος Γ. : Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών - 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τους αισθητήρες που θα χρησιμοποιήσουμε στο επόμενο κεφάλαιο για να δημιουργήσουμε ένα τηλεμετρικό σύστημα το οποίο θα μας εξάγει αποτελέσματα υγρασίας, και θερμοκρασίας πχ για ένα σύστημα καλλιέργειας. Το σύστημα αυτό δεν είναι το μοναδικό και μπορεί ο κάθε ένας να δημιουργήσει το δικό του αναλόγως τα χρήματα που διαθέτει, την ακρίβεια που χρειάζεται και τις γνώσεις του στο αντικείμενο (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" - 2007)

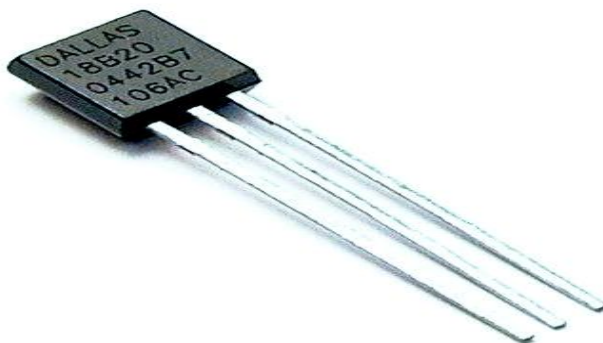
ΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΟΥΜΕ

Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ DALLASDS18B20

Το ψηφιακό θερμόμετρο DS18B20 παρέχει μετρήσεις στην κλίμακα Κελσίου εύρους 9 έως 12 bit και λειτουργία συναγερμού σε σημεία χαμηλής και υψηλής ενεργοποίησης που δεν μπορούν να μεταβληθούν και να οριστούν από τον χρήστη. Ο αισθητήρας DS18B20 επικοινωνεί μέσω δίαυλου ενός καλωδίου (1-Wire) με τον μικροελεγκτή και απαιτεί μόνο μια γραμμή δεδομένων και μια γείωση (Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" - 2007)

Μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασίες από -55 °C έως 125 °C και παρέχει ακρίβεια της τάξης των $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ στο εύρος -10 και 85 . Επιπλέον ο DS18B20 μπορεί να αποκομίσει ρεύμα από τη γραμμή δεδομένων μέσω παρασιτικού ρεύματος, άρα δεν απαιτείται εξωτερική πηγή ρεύματος. Τέλος ο κάθε DS18B20 έχει μοναδικό κώδικα 64 bit που αυτό μας επιτρέπει να λειτουργούν πολλαπλά DS18B20 στο ίδιο δίαυλο ενός καλωδίου.

Ο αισθητήρας αυτός διαθέτει 3 ακροδέκτες. Το pin 1 μας χρησιμεύει για την γείωση, το pin 2 για την είσοδο και έξοδο δεδομένων, ενώ το pin 3 είναι VDD και είναι προαιρετικός στη χρήση του. Παρακάτω φαίνεται ο αισθητήρας DS18B20 (Εικόνα 42) :

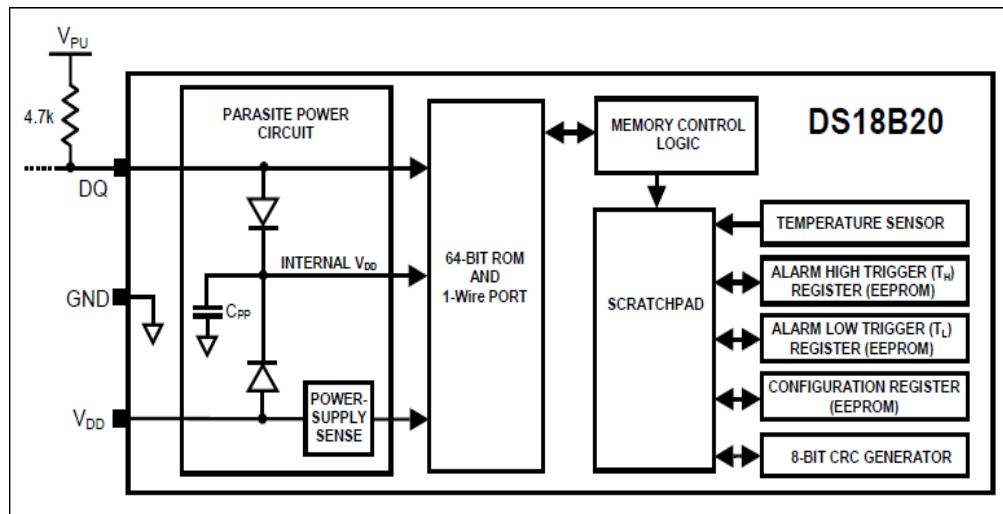


Εικόνα 40: Ο αισθητήρας DS18B20

Όσο αφορά τον τρόπο λειτουργίας του αισθητήρα DS18B20 μπορούμε να πούμε ότι :

- Το 64 bitROM έχει αποθηκευμένο το μοναδικό σειριακό αριθμό της συσκευής
- Η μνήμη περιέχει τον καταχωρητή θερμοκρασίας μεγέθους 2 bytes που προέρχεται από την ψηφιακή έξοδο του αισθητήρα θερμοκρασίας.
- Επιπλέον, η μνήμη παρέχει πρόσβαση στους καταχωρητές μεγέθους 1 byte της άνω και κάτω στάθμης για τις ρυθμίσεις ενώ ο καταχωρητής ρυθμίσεων επιτρέπει στον χρήστη να ρυθμίσει την ανάλυση σε 9, 10, 11, 12 bit κατά την ψηφιακή μετατροπή θερμοκρασίας
- Χρησιμοποιεί πρωτόκολλο δίαυλου 1-WireBusπου υλοποιεί επικοινωνία με μόνο ένα σήμα ελέγχου.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε το διάγραμμα block του αισθητήρα DS18B20(Εικόνα 43) :



Εικόνα 41: Το blockδιάγραμμα του DS18B20

Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ HONEYWELLHIH-4030

Ο αισθητήρας HIHμετράει την σχετική υγρασία και παρέχει ως έξοδο αναλογικού εύρους τάση. Χρησιμοποιεί χωρητικά και θερμοσκληρυντικά στοιχεία υψηλής ακρίβειας και ενσωματώνει ένα κύκλωμα επεξεργασίας σήματος. Βασίζεται στην ηλεκτρική χωρητικότητα. Ο αισθητήρας αποτελείται από δύο μεταλλικές πλάκες με μή αγώγιμο φιλμ φτιαγμένο από πολυμερές αναμεταξύ τους. Το φιλμ συλλέγει την υγρασία και αυτή με τη σειρά της προκαλεί μεταβολές τάσης στις πλάκες. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να μετατραπούν σε ψηφιακές ενδείξεις της υγρασίας. Ο αισθητήρας φαίνεται παρακάτω(Εικόνα 44) :



Εικόνα 42: Ο αισθητήρας υγρασίας HIH -430

Πιο αναλυτικά περιέχει χυτό θερμοσκληρυντικό περίβλημα, γραμμική απόκλιση της τάσης εξόδου ανα μονάδα σχετικής υγρασίας, χαμηλή κατανάλωση, αυξημένη ακρίβεια, χαμηλό χρόνο απόκρισης, σταθερή επιδοση και μηδαμινή ανάγκη για αναρρύθμιση, ανθεκτικότητα πάνω σε διάφορα χημικά, συμβατός με πολλούς μικροελεγκτές, τροφοδοσία μόνο 5V. Τέλος θερμοκρασία λειτουργίας από -40 έως 90 βαθμούς κελσίου(Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ PIRPARALLAX 555-280277

Ο αισθητήρας αυτός είναι μια πυροηλεκτρική συσκευή που ανιχνεύει κίνηση από τη μέτρηση των μεταβολών στα επίπεδα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπονται από τα γύρω αντικείμενα. Η κίνηση μπορεί να ανιχνευτεί βλέποντας αλλαγή στα μοτίβα της υπέρυθρης ακτινοβολίας γύρω από τον αισθητήρα. Όταν ανιχνευτεί όμως κίνηση, παράγει έξοδο υψηλής διακριτής στάθμης στο pin εξόδου. Αυτό το σήμα μπορεί να διαβαστεί από έναν μικροελεγκτή(Sohraby K., Minoli D., Znati T. : "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications" -2007)

Πιο αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του είναι :

- Ευρος ανίχνευσης έως 6 μετρα
- Εξοδος ενός bit για υψηλή και χαμηλή διακριτή τιμή
- Jumper επιλογέας
- 3 pins τύπου SIP
- Μικρό μέγεθος
- Συμβατό με πολλούς μικροελεγκτές
- Απαιτούμενη τροφοδοσία 3.3 έως 5Volt
- Θερμοκρασία λειτουργίας από 0 έως 50 βαθμούς κελσίου

Παρακάτω φαίνεται ο αισθητήρας αυτός (**Εικόνα 45**) :



Εικόνα 43:Ο αισθητήρας PIRPARALLAX 555-280277

Όσο **αφορά τα pin**έχουμε ότι το pin(-) είναι για την γείωση το pin (+) είναι για την είσοδο 3.3 έως 5 Voltσε VDCενώ το pinOUTείναι για την έξοδο προς τον μικροελεγκτή.Τέλος για τις πυροηλεκτρικές συσκευές **συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι:**

- Περιέχουν στοιχεία που κατασκευάζονται απο κρυσταλλικό υλικό που παράγει ηλεκτρικό φορτίο οταν εκτίθεται στην υπέρυθρη ακτινοβολία.
- Οι αλλαγές στο ποσό της υπέρυθρης που προσπίπτουν στο στοιχείο αλλάζουν την τάση που δημιουργείται και μετρώνται απο έναν ενισχυτή που υπάρχει στην πλακέτα.
- Η συσκευή περιέχει ένα ειδικό φίλτρο που ονομάζεται φακός Fresnel ο οποίος επικεντρώνει τα υπέρυθρα σήματα πάνω στο στοιχείο.Καθώς τα υπέρυθρα σήματα του περιβάλλοντος αλλάζουν γρήγορα, ο ενισχυτής που υπάρχει στην πλακέτα τροφοδοτεί την έξοδο για να δείξει την κίνηση.

Η ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΟΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ

Ορισμός

Γεωργία είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την καλλιέργεια του εδάφους της γης με σκοπό την παραγωγή φυτικών προϊόντων(Brady N.C.,Weil R.R : Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River -2002)

Μερικές φορές ο όρος επεκτείνεται και για τη διαδικασία της καλλιέργειας φυκιών στη θάλασσα. Στη γεωργία επίσης υπάγεται και η συλλογή και πρωτογενής επεξεργασία των προϊόντων αυτών των φυτών. Η γεωργία κατατάσσεται στην ελαφρά βιομηχανία, επειδή τα περισσότερα προϊόντα που παράγονται από αυτήν είναι προϊόντα άμεσης χρήσης από τον άνθρωπο(Brady N.C.,Weil R.R : Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River -2002)

Παράγοντες που επηρεάζουν την γεωργία είναι το κλίμα και η μορφολογία του εδάφους. Η γεωργία είναι αντικείμενο των περισσότερων κλάδων της γεωπονίας, μαζί με τη κτηνοτροφία και την αλιεία. Η γεωργική παραγωγή απασχολούσε το 2007 περίπου το ένα τρίτο των εργατών. Τα τελευταία χρόνια ο κλάδος παροχής υπηρεσιών απασχολεί τα περισσότερα άτομα

Με τη γεωργία παράγονται προϊόντα που προορίζονται για τη διατροφή των ανθρώπων, των οικόσιτων ζώων αλλά και μερικά που προορίζονται για την παραγωγή άλλων ειδών προϊόντων ως και βιοκαυσίμων, τα τελευταία χρόνια κυρίως (Brady N.C., Weil R.R : Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River -2002)

Η γεωργία θεωρείται ότι ήταν **το κλειδί για την αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού** και την ανάπτυξη του πολιτισμού, αφού η γεωργία και η κτηνοτροφία δημιούργησε πλεονάσματα τροφίμων που επέτρεψαν και την αύξηση του πληθυσμού και την εξέλιξη του πολιτισμού. Κάποιου είδους γεωργικών δραστηριοτήτων έχουν παρατηρηθεί και σε μερικά είδη μυρμηγκιών και τερμιτών αλλά μιλώντας για γεωργία, εννοούμε βασικά ανθρώπινες δραστηριότητες (Brady N.C., Weil R.R : Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River -2002)

Η ιστορία της γεωργίας πάει πίσω αρκετές χιλιάδες χρόνια και η ανάπτυξή της οδηγήθηκε και καθορίστηκε σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές διαφορές, τις κουλτούρες και την υφιστάμενη σε αυτές τεχνολογία. Ωστόσο, όλη η γεωργία βασίζεται σε τεχνικές επέκτασης και διαχείρισης εδαφών κατάλληλων για την ανάπτυξη των εξημερωμένων φυτικών ειδών.

Αυτό πολλές φορές απαιτεί μορφές άρδευσης, αποστράγγισης, οριοθέτησης και προστασίας των καλλιεργούμενων εδαφών. Στον «ανεπτυγμένο» κόσμο, η βιομηχανική γεωργία που βασίστηκε σε μεγάλης κλίμακας μονοκαλλιέργειες έγινε το κυρίαρχο σύστημα σύγχρονης γεωργίας, παρόλο που υπάρχει μια ανοδική υποστήριξη για εναλλακτικές μορφές γεωργίας (π.χ. βιολογική γεωργία).

Η σύγχρονη αγρονομία, η ανάπτυξη υβριδίων, ζιζανιοκτόνων, παρασιτοκτόνων, λιπασμάτων και άλλων τεχνολογικών βελτιώσεων έχει αυξήσει ποσοτικά τις σοδιές από τη γεωργική καλλιέργεια, αλλά ταυτόχρονα προκάλεσε ευρεία οικολογική βλάβη στο περιβάλλον και είχε αρκετά αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία (Brady N.C., Weil R.R : Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River -2002)

Η πολύ εκτεταμένη κτηνοτροφία αύξησε ομοίως την παραγωγή κρέατος, αλλά δημιούργησε προβλήματα σχετικά με τη σκληρότητα κατά των ζώων, βλάβες στην ανθρώπινη υγεία από την κατάχρηση αντιβιοτικών, αυξητικών ορμονών και άλλων χημικών από τη βιομηχανία παραγωγικής προϊόντων κρέατος (Brady N.C., Weil R.R : Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River -2002)

Οπώς πολύ απλα είδαμε η Γεωργία είναι απαραίτητη για την επιβίωση επομένως πρέπει με κάθε τρόπο να διατηρούμε ασφαλή την σωδειά , μακριά απο ζιζάνια και άλλα παράσιτα και συνάμα να

γνωρίζουμε πότε να ποτίσουμε , πότε να οργώσουμε ή τι να να πράξουμε σε περίπτωση που υπάρχει αέρας ή κάποια κακοκαιρία.

Εκτός απο αυτό, θα ήταν καλό να μπορούσαμε να αποφύγαμε τις μετακινήσεις προς τα χωράφια με σκοπό να γλιτώνουμε χρόνο στο πότισμα και να μη σπαταλούσαμε άδικα το χρόνο μας σε περίπτωση που κάποια γεωργικά προϊόντα τελικά δε χρειάζονται πότισμα ή φροντιδα τη χρονική στιγμή που εμεις τα επισκεφτήκαμε.

Με λίγα λόγια, η χρήση των αισθητήρων στην Γεωργία είναι πολύ σημαντική, κερδίζει κάθε μέρα έδαφος και ολοένα και περισσότεροι αγρότες χρησιμοποιούν αισθητήρες για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, υγρασίας και άλλων παραμέτρων για τα φυτά και τα χωράφια τους(Brady N.C.,Weil R.R : Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River -2002)

Παρακάτω θα υλοποιήσουμε ένα σύστημα τηλεμετρίας με χρήση Arduino και των αισθητήρων που μόλις αναλύσαμε και θα θεωρήσουμε ότι αυτό το σύστημα μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα χωράφι ή σε οτιδήποτε αφορά καλλιέργειες γενικότερα

Όσο αφορά τους αισθητήρες, θα χρησιμοποιήσουμε αυτούς που αναλύσαμε πρωύτερα, ενώ όσο αφορά το Arduinoθα χρειαστούμε εκτός απο αυτό ένα καλώδιο USBγια τον προγραμματισμό του, τροφοδοσία 9Voltκαι 500mAή μέσω θύρας USB, ηλεκτρονικό υπολογιστή που να υποστηρίζει το ArduinoIDE.Επίσης θα χρειαστού⁴με μια αναπτυξιακή πλακέτα WiShieldγια να μπορούμε να έχουμε ασύρματη επικοινωνία των αισθητήρων με το arduino

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ARDUINOIDEΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

Για να ξεκινήσουμε την υλοποίηση είναι απαραίτητο να εγκαταστήσουμε το ArduinoIDE και να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους που απαιτούνται για τη χρήση του.

Το ArduinoIDEδέν έρχεται έτοιμο με installerκαι πρέπει εμείς να το εγκαταστήσουμε στην επιθυμητή τοποθεσία του υπολογιστή μας(Πλεον παρέχεται installeraλλα είναι πιο σωστό να κατεβάσουμε την manualέκδοση για να έχουμε πλήρη έλεγχο στο κάνουμε εγκατάσταση κάτι).Αρχικά το κατεβάζουμε απο την σελίδα<https://www.arduino.cc/en/main/software>όπου είναι δωρεάν.

Το ArduinoIDEέρχεται σε μορφή .zip και θα πρέπει να το αποσυμπιέσουμε στον υπολογιστή μας και μετά θα πρέπει να εγκαταστήσουμε τους driversγια το FTDIChip ώστε να μπορούμε να έχουμε επικοινωνία μεταξύ του IDEκαι του Arduino μέσω σειριακής θύρας του πρωτοκόλλου STK 500. Μιά εφαρμογή που μπορεί να κάνει αποσυμπίεση είναι το WinRarπου είναι δωρεάν και μπορούμε να το κατεβάσουμε απο εδώ <http://www.rarlab.com/download.htm>

Τέλος πρέπει να εγκαταστήσουμε τις απαραίτητες C++ βιβλιοθήκες για την υλοποίηση.Οταν κάνουμε unzip το αρχείο βλέπουμε την παρακάτω εικόνα (**Εικόνα 46**) :

Name	Date modified	Type	Size
 drivers	1/9/2017 12:32 PM	File folder	
 examples	1/9/2017 12:33 PM	File folder	
 hardware	1/9/2017 12:33 PM	File folder	
 java	1/9/2017 12:38 PM	File folder	
 lib	1/9/2017 12:33 PM	File folder	
 libraries	1/9/2017 12:34 PM	File folder	
 reference	1/9/2017 12:33 PM	File folder	
 tools	1/9/2017 12:34 PM	File folder	
 tools-builder	1/9/2017 12:32 PM	File folder	
 arduino	1/9/2017 12:35 PM	Application	395 KB
 arduino.l4j	1/9/2017 12:35 PM	Configuration sett...	1 KB
 arduino_debug	1/9/2017 12:35 PM	Application	392 KB
 arduino_debug.l4j	1/9/2017 12:35 PM	Configuration sett...	1 KB
 arduino-builder	1/9/2017 12:32 PM	Application	3,192 KB
 libusb0.dll	1/9/2017 12:32 PM	Application extens...	43 KB
 msvcp100.dll	1/9/2017 12:32 PM	Application extens...	412 KB
 msvcr100.dll	1/9/2017 12:32 PM	Application extens...	753 KB
 revisions	1/9/2017 12:32 PM	Text Document	81 KB
 wrapper-manifest	1/9/2017 12:35 PM	XML Document	1 KB

Εικόνα 46: Tounzipped Arduino IDE

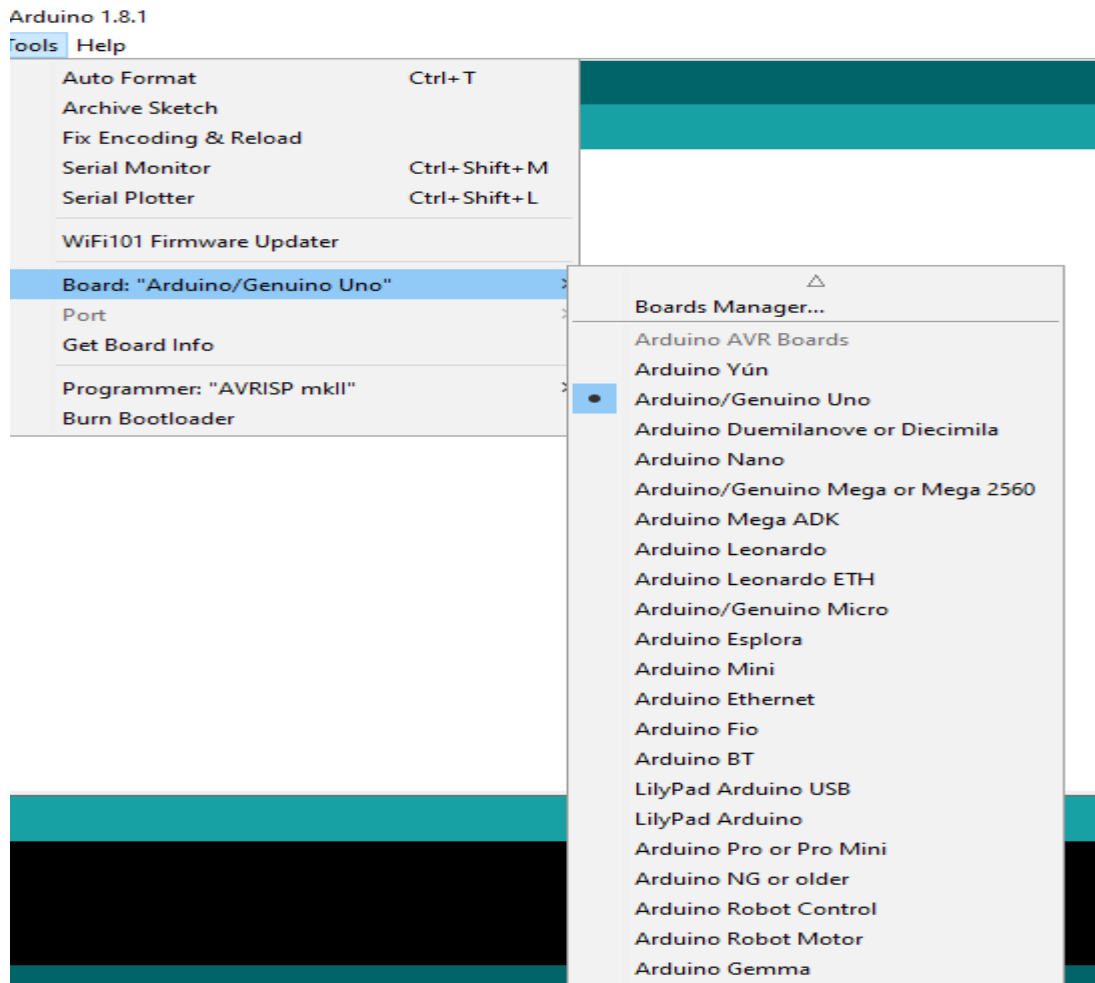
Μετακινούμε στο φάκελο `libraries` και δημιουργούμε τους φακέλους `oneWire`, `DS18B20`, `WiShield` και `Dataflash`. Έπειτα αποσυμπιέζουμε τις C++ βιβλιοθήκες όπου θα τις κατεβάσουμε από τα παρακάτω websites:

<https://github.com/asynclabs/dataflash>

<https://github.com/asynclabs/WiShield>

http://download.milesburton.com/Arduino/MaximTemperature/DallasTemperature_372Beta.zip

Κατόπιν κάνουμε κλικ στο `arduino.exe` για να αναγνωρίσει τις βιβλιοθήκες. Τώρα το Arduino είναι έτοιμο προς χρήση και θα ρυθμίσουμε τον τύπο της αναπτυξιακής πλακέτας που θα χρησιμοποιήσουμε. Πατώντας `Tools` → `Board` τον επιλέγουμε (Εικόνα 47) :



Εικόνα 44: Επιλογή αναπτυξιακής πλακέτας Arduino

Αφού ανοίξουμε το Arduino βλέπουμε το παρακάτω interface μέσα το οποίο θα δουλέψουμε την εφαρμογή μας (Εικόνα 48) :



Εικόνα 45: Επιλογές interface Arduino

Απο τις επιλογές μας ενδιαφέρουν το Verify και Upload. Με την λειτουργία Verify Compile το Arduino εκτελεί λειτουργία compile για τον κώδικα που αναπτύξαμε και αν δεν επισημάνει κάποια λάθη καθώς τον τρέξαμε δημιουργεί τα παρακάτω αρχεία

- `.cpp` που είναι ο κώδικας της εφαρμογής μας

- `cpp.erp` που είναι τα περιεχόμενα της EEPROM
- `cpp.elf` που είναι ένα `executablelinkable` αρχείο
- `cpp.hex` που είναι δεδομένα σε δεκαεξαδική μορφή προς εκτέλεση
- `cpp.o` που είναι ένα `object` αρχείο.

Μέσω της λειτουργίας `upload` το αρχείο μεταφέρεται στο Arduino σε δεκαεξαδική μορφή μέσω της θύρας USB και του πρωτοκόλλου STK 500. Επίσης για να θεωρηθεί μια εφαρμογή ότι είναι έγκυρη χρειάζεται απαραίτητα τις συναρτήσεις `setup()` και `loop()`. Η `setup()` είναι η συνάρτηση που ορίζει τις απαραίτητες αρχικοποιήσεις των παραμέτρων ενώ η `loop()` εκτελεί τον κώδικα συνεχώς.

Σε προγραμματιστικό επίπεδο η υλοποίηση αποτελείται από τρία βασικά μέρη, τις συναρτήσεις `setup`, `loop` και `servePage`. Η κάθε μια εξυπηρετεί μια άλλη λειτουργία και όλες μαζί υλοποιούν το σύνολο των λειτουργιών. Όσο αφορά την `servePage` μέσω ειδικών συνδυασμών `htmlstrings` μας παρέχει τις ιστοσελίδες που απαιτούνται.

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

Μέσω της **συνάρτησης `setup`** θα ρυθμίσουμε το `software` και το `hardware` όσο αφορά τις παραμέτρους. Πιο συγκεκριμένα, απενεργοποιούμε το `AT45DB16ID` και το `g2100` της `WiShield`. Αυτό το κάνουμε για να αποφύγουμε τις συγκρούσεις υλικού πριν φτάσουμε στην `loop`. Τέλος ενεργοποιούμε τον αισθητήρα `DS18B20` ώστε να είναι έτοιμος για να μας παρέχει μετρήσεις μέσω του διαύλου `1-Wire`.

Στην **συνάρτηση `loop`** υλοποιούμε έναν `software timer` το οποίο μας παρέχει τη δυνατότητα να μετράμε το χρόνο σε δευτερόλεπτα και έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να καθορίσουμε τα χρονικά διαστήματα στα οποία κάνουμε τις μετρήσεις και υπολογισμούς.

Θεωρούμε σαν παράδειγμα ότι κάθε 6 δευτερόλεπτα μετράμε την τιμή της θερμοκρασίας και της υγρασίας και ελέγχουμε αν ανιχνεύσαμε κίνηση. Κάθε 30 δευτερόλεπτα μέσω των μετρήσεων που κάνουμε υπολογίζουμε τη μέση θερμοκρασία και υγρασία και την ελάχιστη αλλά και την μέγιστη τιμή τους.

Κάθε λεπτό αποθηκεύουμε τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία και υγρασία στην μνήμη **EEPROM**. Τέλος μας δίνεται η δυνατότητα να διακομίστούν τα δεδομένα σε κάποια από τις δύο ιστοσελίδες (**Εικόνα 49**):

Πλοήγηση

Αρχική σελίδα

Πίνακες καταγραφής

Ωριαία μέτρηση θερμοκρασίας σε °C							
24.87	24.90	24.86	24.87	24.89	24.85	24.89	24.89
24.89	24.84	24.72	24.74	24.75	24.71	24.74	24.77
24.77	24.79	24.75	24.75	24.75	24.75	24.75	24.75
Μέγιστη: 24.90°C στις 1:00							
Ελάχιστη: 24.71°C στις 13:00							

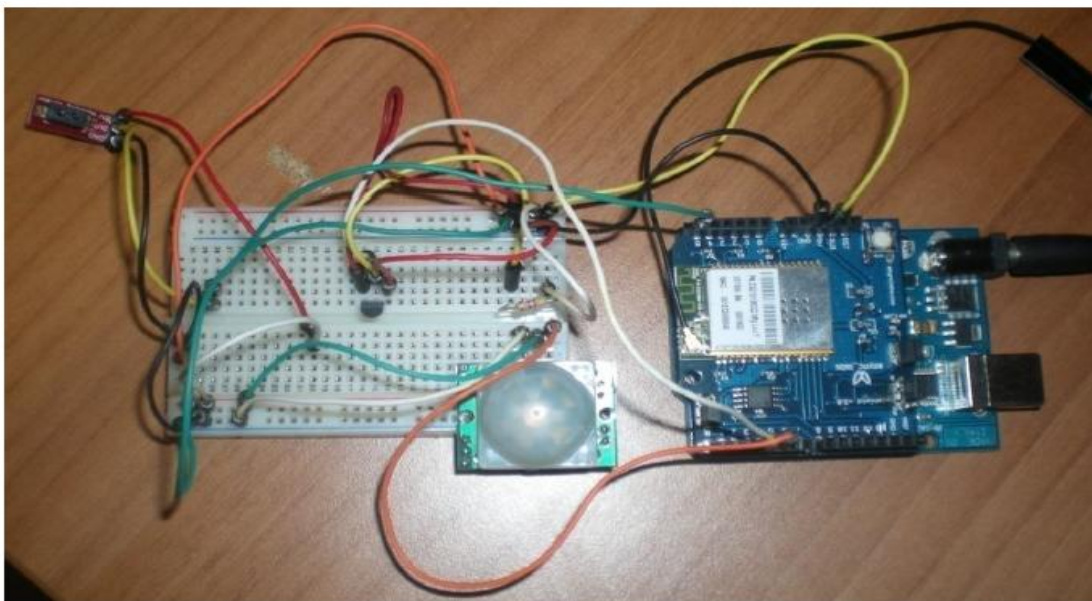
Ωριαία μέτρηση σχετικής υγρασίας σε %							
45.36	43.87	44.35	44.28	44.98	44.73	44.35	44.25
44.25	46.44	44.65	44.71	45.16	45.76	45.48	45.29
45.29	45.26	44.84	45.57	45.35	46.46	45.00	44.97
Μέγιστη: 46.46% στις 21:00							
Ελάχιστη: 43.87% στις 1:00							

Εικόνα 46:ArduinoservePageγια μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας

ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΑΣ

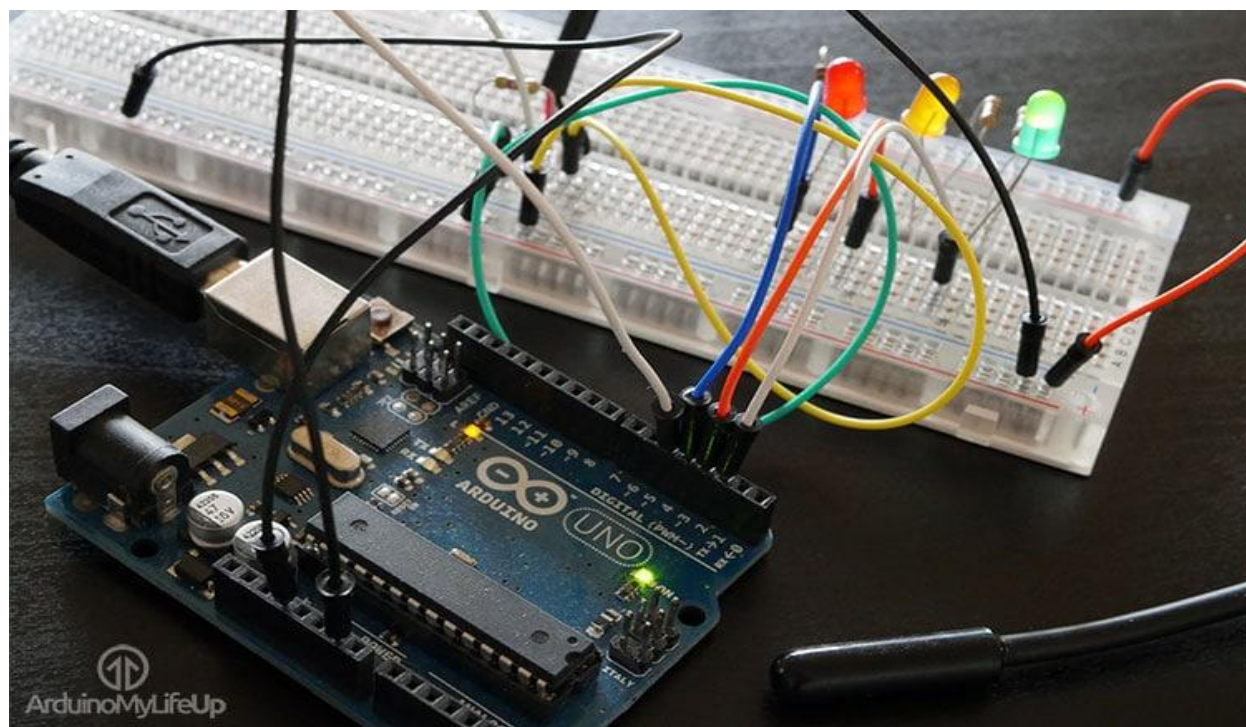
Στο δικό μας παράδειγμα κάναμε την παρακάτω συνδεσμολογία(Εικόνα 50) ενώ χρησιμοποιήσαμε τα παρακάτω :

- Παροχή τάσης 5 Voltστον pin 5Vτου Arduino
- Γείωση μέσω του GNDτου Arduino
- Σύνδεση του αισθητήραDallasDS18B20 στο ψηφιακό pin 4 του Arduino
- Σύνδεση του αισθητήρα HoneyWellHIH-4030 στο αναλογικό pin 5 του Arduino
- Σύνδεση του αισθητήρα PIRParallax 555-280227 στο ψηφιακό 5 του Arduino
- Τοποθέτηση αντίστασης 4.7 Kω μεταξύ του pin 4 εξόδου του DS18B20
- Προσαρμογή της WiShield στο Arduino
- Παροχή τάσης ρεύματος 9 Volts

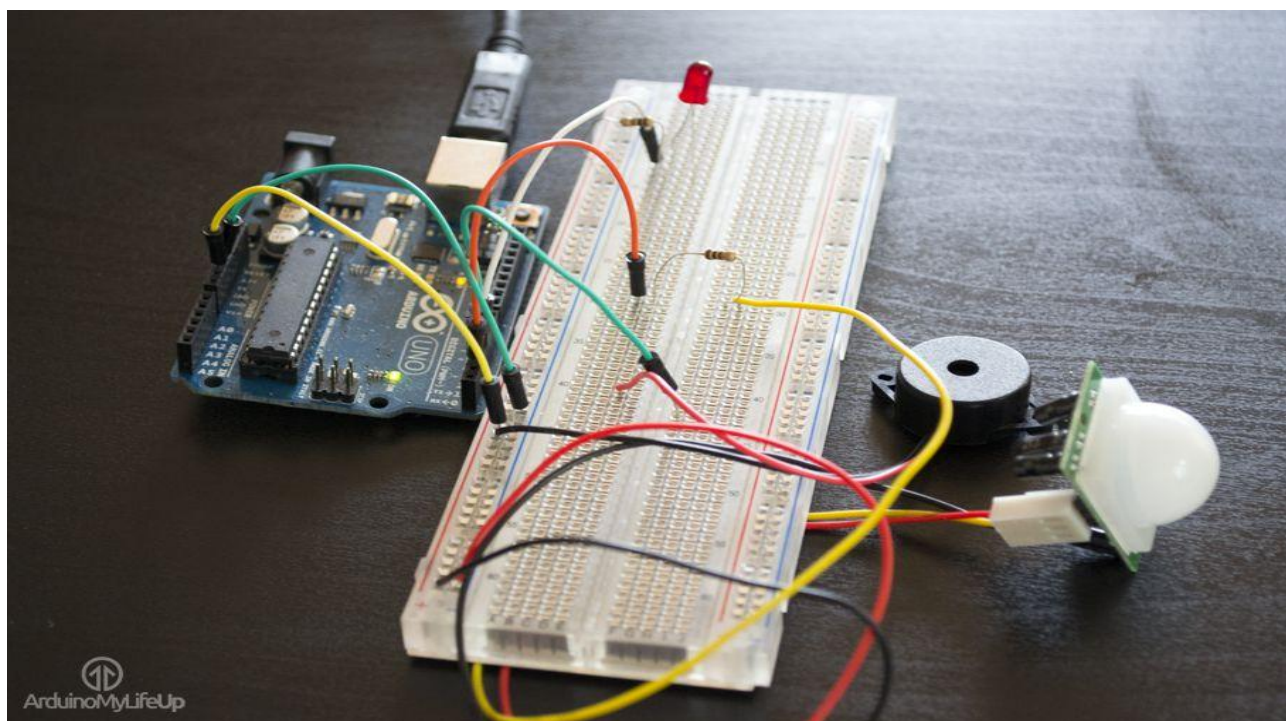


Εικονα 47: Το κύκλωμα υλοποίησης μας

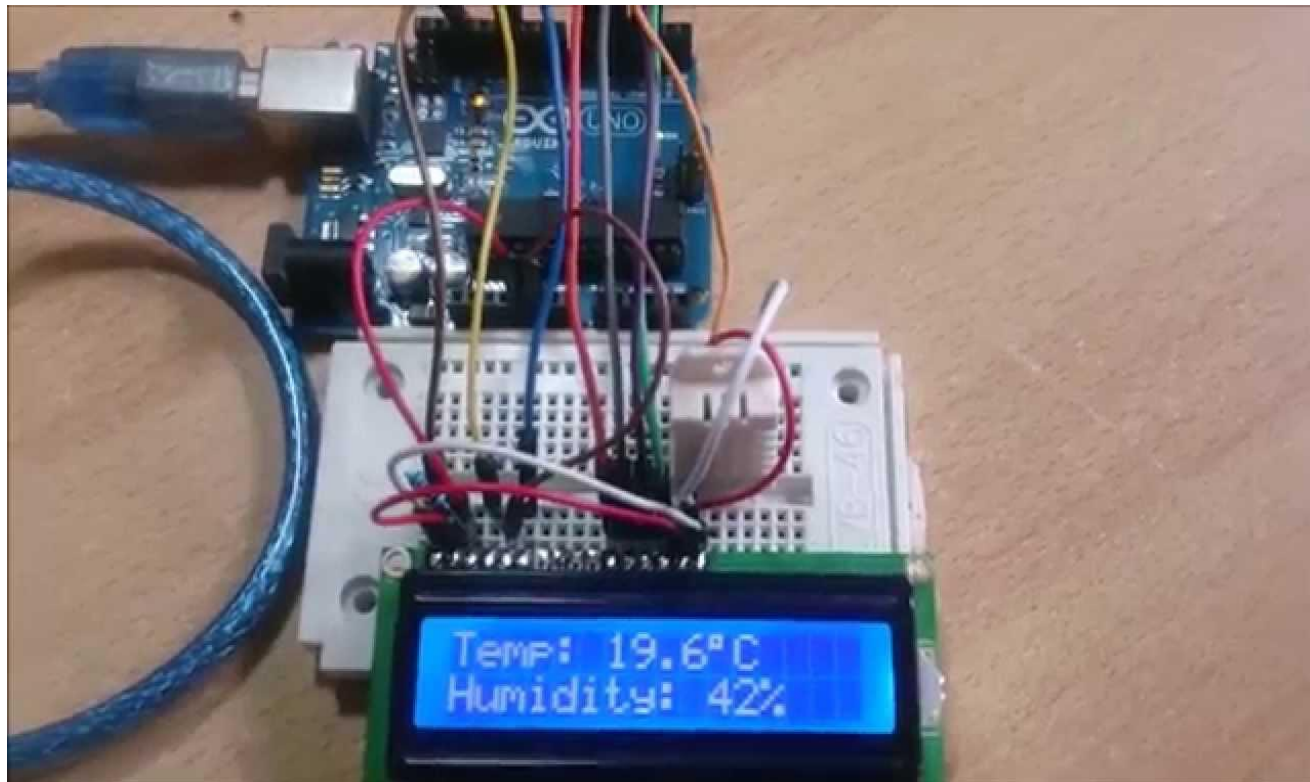
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΑΡΟΜΟΙΩΝ ΚΥΚΩΛΜΑΤΩΝ



Εικονα 48: Κύκλωμα Arduino για μετρηση θερμοκρασιας



Εικονα 49: Κύκλωμα μέτρησης ανέμου



Εικονα 50: Κύκλωμα μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 'ZigBee Wireless Networking' by Drew Gislason, Newnes Publications, 2008.
- Χ. Καψάλης, Π. Κωττής (2008), Κεραίες Ασύρματες Ζεύξεις, Εκδόσεις Τζιόλα
- Μ. Θεολόγου, Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών (2007), Εκδόσεις Τζιόλα.
- Α. Κανατάς, Φ. Κωνσταντίνου, Γ. Πάντος (2008), Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- K. Sohraby, D. Minoli, T. Znati, "Wireless sensor networks: Technology, Protocols, and Applications", Wiley-Interscience, 2007.
- B. Sinopoli, C. Sharp, L. Shanato, S. Schaffert, S. Sastry, "Distributed Control Applications within Sensor Networks", UC Berkley
- Artz, D.: "Digital Steganography," IEEE Internet Computing, vol. 5, pp. 75-80, 2001.
- Diffie, W., and Hellman, M.E.: "Exhaustive Cryptanalysis of the NBS Data Encryption Standard," Computer, vol. 10, pp. 74-84, June 1977.
- Carroll, Robert T. (2012-02-23), "Ad hoc hypothesis", The Skeptic's Dictionary, John Wiley & Sons, retrieved 2013-05-27
- Maxwell, J.C. (1872). Theory of Heat, third edition, Longmans, Green, London, pages 57,32,155-158.
- Roberts, J.K., Miller, A.R. (1928/1960), pp. 321–322.
- Middleton, W.E.K. (1966), pp. 89–105.
- Wireless Network Industry Report". Retrieved 8 July 2008.
- Dean Tamara (2010). Network+ Guide to Networks (5th ed.). Boston: Cengage Learning
- "Atmel's Self-Programming Flash Microcontrollers" (PDF). 2012-01-24. Retrieved 2008-10-25. by Odd Jostein Svendsli 2003
- Gilby, Christian (2012-12-02). "What Wave of 802.11ac is Right for You?". Aruba Networks. Retrieved 2014-01-11.
- Fleishman, Glenn (December 7, 2009). "The future of WiFi: gigabit speeds and beyond"
- Buchdahl, H.A. (1966), pp. 137–138.
- "What is Water Vapor". Retrieved 2012-08-28.
- Lide, David (2005). CRC Handbook of Chemistry and Physics (85 ed.). CRC Press. pp. 15–25
- The OSI Model's Seven Layers Defined and Functions Explained". Microsoft Support. Retrieved 2014-12-28.
- Jon Postel, Comments on Internet Protocol and TCP, (1977), Section 3.3.3.2
- Stallings, William (1 January 2007). "Data and Computer Communications". Prentice Hall. ISBN 0-13-243310-9. Retrieved 12 September 2016 –
- Robert M. Metcalfe and David R. Boggs, Ethernet: Distributed Packet Switching or Local Computer Networks, (1976)

- "Resolution 3: SI unit of thermodynamic temperature (kelvin)". Resolutions of the 13th CGPM. Bureau International des Poids et Mesures. 1967. Retrieved 2008-02-06.
- "Rules and style conventions for expressing values of quantities". SI Brochure, 8th edition. Bureau International des Poids et Mesures. 1967. pp. Section 5.3.3. Retrieved 2015-12-13.
- Glossary of Meteorology (2009). "Polar easterlies". American Meteorological Society. Retrieved 2009-04-15.
- Electric power substations engineering by John Douglas McDonald, p 18-37
- Safety and health in agriculture. International Labour Organization. 1999. pp. 77 - Retrieved 13 September 2010.
- David Kushner (2011-10-26). "The Making of Arduino". IEEE Spectrum.
- "The arduino source code". The Arduino source code.
- Schmidt, M. ["Arduino: A Quick Start Guide"], Pragmatic Bookshelf, January 22, 2011, Pg. 201
- "Programming Arduino Getting Started with Sketches". McGraw-Hill. Nov 8, 2011. Retrieved 2013-03-28.
- Jonathan Oxer. "Arduino Shield list". Retrieved 5 Nov 2013.
- M. Kretschmar and S. Welsby (2005), Capacitive and Inductive Displacement Sensors, in Sensor Technology Handbook, J. Wilson editor, Newnes: Burlington, MA.
- C. A. Grimes, E. C. Dickey, and M. V. Pishko (2006), Encyclopedia of Sensors (10-Volume Set), American Scientific Publishers.