

Πρόλογος

Είμαστε σε μια εποχή μετασχηματισμού της τεχνολογίας. Οι περισσότερες διατάξεις ηλεκτρονικών συσκευών, θα είναι σύντομα προσβάσιμες μέσω διαδικτύου με το λογισμικό να καθορίζει τη συμπεριφορά του συστήματος, όχι μόνο στους υπολογιστές και τα κινητά τηλέφωνα, αλλά σχεδόν σε όλες τις μορφές των ηλεκτρονικών. Οι περισσότερες διατάξεις ηλεκτρονικών γίνονται ενσωματωμένα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών και αυτή η μετάβαση θα είναι σημαντική.

Αυτή την τάση μπορεί κανείς να τη δει ξεκάθαρα σε ένα ευρύ φάσμα τύπων προϊόντων, όπου οι περισσότερες νέες σειρές προϊόντων λανσάζονται βασίζονται σε επεξεργαστές και ολοκληρωμένα κυκλώματα που επιτρέπουν την σύνδεση στο Internet.

Εξετάστε τα ακόλουθα παραδείγματα:

- **Ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης.** Οι πιο ανταγωνιστικές και καινοτόμες κατηγορίες καταναλωτικών ηλεκτρονικών ειδών, όπως για παράδειγμα, υψηλής ευκρίνειας τηλεοράσεις, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών και συσκευές αναπαραγωγής πολυμέσων, είναι όλα σχεδιασμένα με επεξεργαστές και ολοκληρωμένα κυκλώματα που έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης στο Internet.

- **Τηλεφωνία.** Από τα κινητά τηλέφωνα που έχουν σχεδιαστεί κυρίως για να συνδέονται με κυψελοειδή δίκτυα, μέχρι VoIP (Voice over Internet Protocol) τηλεφωνία που επιτρέπουν όχι μόνο τις φωνητικές κλήσεις, αλλά και άμεσα μηνύματα, βιντεοκλήσεις, και την ενσωμάτωση με τις επαφές των κοινωνικών δικτύων.

- **Πληροφοριακά Συστήματα Οχημάτων.** Στις μέρες μας τα αυτοκίνητα διαθέτουν σύγχρονα ενσωματωμένα συστήματα πληροφοριών και σημαντικές εφαρμογές, όπως η πλοήγηση με GPS (Global Positioning System), πίσω κάμερες παρκαρίσματος, τηλεφωνικές επικοινωνίες, αναπαραγωγή βίντεο και όλα αυτά με ένα ολοκληρωμένο τρόπο.

Για τους προγραμματιστές ενσωματωμένων συστημάτων, οι συνέπειες αυτής της τάσης είναι πολύ σημαντική. Πάνω απ' όλα, θα υπάρξουν πολύ περισσότερα ενσωματωμένα συστήματα υπολογιστών από ό,τι έχουν υπάρξει στο παρελθόν. Οι εξειδικευμένοι σχεδιαστές και προγραμματιστές θα έχουν σταθερή απασχόληση. Από τεχνική άποψη, η φύση των ενσωματωμένων συστημάτων σχεδιασμού αλλάζει ώστε να ανταποκριθεί στο μεγάλο πλήθος των συστημάτων που είναι διασυνδεδεμένα. Η συντριπτική πλειοψηφία των ενσωματωμένων προγραμματιστές έχουν εκπαιδευτεί σε 8-bit μικροελεγκτές, η τεχνολογία έχει σαφώς προχωρήσει.

Σε αυτή την εργασία, θα διερευνήσουμε το σχεδιασμό των σύγχρονων ενσωματωμένων συστημάτων πληροφορικής και να μάθουμε τις αρχές και τις δεξιότητες που απαιτούνται για να αναπτύξουμε σωστά και αποτελεσματικά.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Δημήτριο Πυρομάλη. Η εμπιστοσύνη του, η καθοδήγηση και ο πολύτιμος χρόνος που αφιέρωσε ήταν τα πιο σημαντικά συστατικά, για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας με επιτυχία.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες και απέραντη ευγνωμοσύνη θα θέλαμε να εκφράσουμε για τους αγαπημένους μας γονείς, οι οποίοι μας υποστήριξαν και μας συμπαρασταθήκαν όλα αυτά τα χρόνια για την αποπεράτωση των σπουδών μας. Τα λόγια είναι περιττά τους αγαπάμε πολύ.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους καθηγητές μας, που όλα αυτά τα χρόνια αγωνίστηκαν για να μας μεταδώσουν γνώσεις και μόρφωση. Απώτερος σκοπός των κόπων τους, να μας καλύτερους, ικανότερους και να μας προετοίμασαν κατάλληλα για την αγορά εργασίας και την ζωή γενικότερα.

Περίληψη

Στην εν λόγω πτυχιακή εργασία σκοπεύουμε:

- Να μελετήσουμε την διεθνή βιβλιογραφία για την εξέλιξη των ενσωματωμένων συστημάτων για την διασύνδεση με το διαδίκτυο.
- Να διερευνήσουμε τις απαιτήσεις σχεδίασης ενός ενσωματωμένου ηλεκτρικού συστήματος διασύνδεσης με το διαδίκτυο και με αισθητήρες και ενεργοποιητές.
- Να σχεδιάσουμε και να υλοποιήσουμε πρωτότυπο σύστημα μετρήσεων και έλεγχου παραμέτρων από αισθητήρες και να διασυνδέσουμε τα συστήματα αυτά ασύρματα μεταξύ τους.

Περιεχόμενα

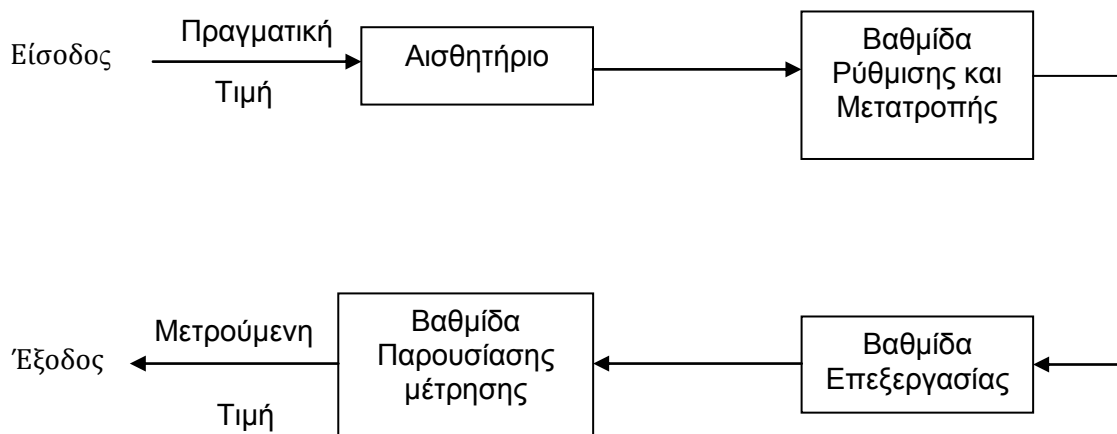
Περιεχόμενα.....	9
Εισαγωγή.....	11
A. Ψηφιακά Συστήματα Μετρήσεων.....	11
B. Συστήματα Ελέγχου	12
B.1. Ορισμός των Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου.....	13
B.1.1 Ανοιχτό Σύστημα Ελέγχου.....	14
B.1.2 Κλειστό Σύστημα Ελέγχου (με βρόγχος ανάδρασης)	15
Γ. Αισθητήρες Μετρήσεων.....	17
Γ.1. Είδη και Χαρακτηριστικά Αισθητήρων.....	18
Κεφάλαιο 1.....	21
1. Ενσωματωμένα Συστήματα.....	21
1.1 Τι είναι τα Ενσωματωμένα συστήματα ;.....	21
1.2 Ενσωματωμένα Συστήματα Πραγματικού Χρόνου (Real Time).....	22
1.3 Ιδιότητες των Ενσωματωμένων Συστημάτων	23
Κεφάλαιο 2.....	25
2. Βασικά Στοιχεία Υπολογιστικού Συστήματος.....	25
2.1. Στοιχεία Υπολογιστή	25
2.2. Σετ Εντολών CISC – RISC.....	26
2.3. Τύποι Μνήμης	27
2.4. Αρχιτεκτονικές Επικοινωνίας με τη Μνήμη	27
2.5. Μικροεπεξεργαστές και Μικροελεγκτές	29
2.5.1. Μικροεπεξεργαστές (Microprocessors)	29
2.5.2. Μικροελεγκτές (Microcontrollers).....	29
2.5.3 Συνήθη Υποσυστήματα Μικροελεγκτών.....	31
Κεφάλαιο 3.....	33
3. Διαδεδομένες Κατηγορίες Μικροελεγκτών.....	33
3.1 Ο MPS430 της Texas Instruments.....	34
3.2 Ο PIC της Microchip	37
3.2.1 Ο 8-bit PIC στις μέρες μας	37
3.2.2 Ο PIC16F84A	39
3.3 Η οικογένεια AVR της ATMEL.....	41
3.3.1. Ο ATMEGA328P της οικογένειας AVR.....	42
3.4 Ο 8051 μικροελεγκτής	44
Κεφάλαιο 4.....	49
4. Μεθοδολογία Ανάπτυξης για Ενσωματωμένα Συστήματα.....	49
4.1 Γλώσσα Assembly.....	51
4.2 Γλώσσα C/C++.....	53
4.2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά της C++	53
4.2.2 Το σύστημα της C++.....	54
Κεφάλαιο 5.....	57
5. Μοντελοποίηση Ενσωματωμένων Συστημάτων.....	57
5.1 Τι είναι Μοντελοποίηση	57
5.2 Μοντελοποίηση στο Χαρτί.....	58
5.3 Μοντελοποίηση με Γενικά Εργαλεία (π.χ. MATLAB)	59
5.4 Μοντελοποίηση με Προγράμματα (π.χ. C, Java).....	60
5.5 Από Μοντέλο σε Ολοκληρωμένο Σύστημα – Σχεδιαστικές Ροές.....	61

5.6 Χρήση Εργαλείων CAD	63
5.7. Μοντελοποίηση για Επιβεβαίωση Λειτουργίας: Testbench	64
Κεφάλαιο 6.....	65
6. Internet of Things - IoT	65
6.1 Ο Ορισμός του IoT.....	67
6.2 Τάσεις και Στοιχεία του IoT.....	69
6.3 Cloud ή Cloud Computing	70
6.3.1 Τύποι Cloud.....	71
6.3.2 Προσβασιμότητα και χρήση του Cloud.....	72
6.3.3 Cloud και IoT	73
Κεφάλαιο 7.....	77
7. Πρωτόκολλα και Δίκτυα για τα Ενσωματωμένα Συστήματα.....	77
7.1. Τοπολογίες δικτύων.	79
7.2. IPv6 (Internet Protocol version 6).....	81
7.2.1 Χαρακτηριστικά του IPv6.....	82
7.2.2 Αρχιτεκτονική IPv6 από προγραμματιστικής άποψης	84
7.2.3 TCP/UDP Ports	85
7.2.4. Μοντέλο Client – Server και Sockets	86
7.2.5. Το παράδειγμα client-server σε γλώσσα C.....	89
7.3. 6LoWPAN	92
7.3.1. Contiki.....	94
7.3.2. Παραδείγματα Κώδικα σε Wireless Embedded Devices.....	97
7.4. Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων.....	99
7.4.1. ZigBee	100
7.4.2. DASH 7	102
7.4.3. Bluetooth.....	102
7.4.4. RFID (Radio Frequency Identification)	104
7.4.5. NFC (Near Field Communication)	105
Κεφάλαιο 8.....	107
8. Εφαρμογες.....	107
8.1 Εφαρμογές για τον άνθρωπο	107
8.2 Εφαρμογές Σπιτιού	111
8.3 Εφαρμογές Πόλης	114
8.4 Εφαρμογές στη Βιομηχανία και το Περιβάλλον.....	117
Κεφάλαιο 9.....	121
9. Νομοθεσία (Στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων).....	121
Επίλογος.....	135
Το Μέλλον των Ενσωματωμένων Συστημάτων	135
Συντομογραφίες	137
Βιβλιογραφία	147
Χρήσιμοι Σύνδεσμοι στο διαδίκτυο	151

Εισαγωγή

Α. Ψηφιακά Συστήματα Μετρήσεων

Σαν μέτρηση του φυσικού μεγέθους θεωρούμε τη σύγκριση του μεγέθους αυτού με ένα άλλο ομοειδές το οποίο λαμβάνουμε σαν μονάδα. Στόχος των μετρήσεων είναι η ακριβής γνώση των μεγεθών που σχετίζονται με ένα φυσικό μέγεθος και σε ορισμένες περιπτώσεις η εξέλιξη των φυσικών μεγεθών με το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδικές μετρητικές διατάξεις, τα αισθητήρια, τα οποία συνδυασμένα με κατάλληλες βαθμίδες ρύθμισης, μετατροπής και επεξεργασίας των δεδομένων εκτελούν τις επιθυμητές μετρήσεις. Σκοπός ενός τέτοιου συστήματος μετρήσεων είναι να παρουσιάζει στον παρατηρητή την αριθμητική τιμή που ανταποκρίνεται στη μεταβλητή που μελετάται.



Σχήμα Α. Δομή Τυπικού Συστήματος Μέτρησης

Στην πρώτη βαθμίδα συναντάμε το αισθητήριο, που είναι το βασικό στοιχείο σε μια μετρητική αλυσίδα και το οποίο μετατρέπει πραγματικές φυσικές παραμέτρους, όπως π.χ. πίεση, θερμοκρασία και ροή σε ισοδύναμα ηλεκτρικά σήματα. Στην συνέχεια έχουμε την βαθμίδα μετατροπής η οποία λαμβάνει την έξοδο του αισθητηρίου τη ενισχύει και την μετατρέπει σε μορφή κατάλληλη προς επεξεργασία μέσω του μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC). Έπειτα η έξοδος της βαθμίδας μετατροπής του σήματος σε ψηφιακή μορφή εισέρχεται στην βαθμίδα επεξεργασίας όπου το σήμα υφίσταται την απαραίτητη μαθηματική επεξεργασία. Αν χρειάζεται η βαθμίδα του μετατροπέα DAC επαναφέρει το σήμα σε αναλογική μορφή. Στο παρακάτω κεφάλαιο θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στους μετατροπείς ADC και DAC. Η επόμενη και τελευταία βαθμίδα είναι η βαθμίδα παρουσίασης μέτρησης και διανομής δεδομένων η οποία απεικονίζει την μετρούμενη τιμή σε μορφή αναγνωρίσιμη από τον παρατηρητή.

Β. Συστήματα Ελέγχου

Τα συστήματα ελέγχου αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης μας κοινωνίας. Πολλές εφαρμογές είναι παντού γύρω μας. Η προώθηση στους πυραύλους, οι δορυφόροι που απογειώνεται και μπαίνουν σε τροχιά γύρω από τη γη, όπως επίσης και τα αεροπλάνα (Εικόνα Β). Αυτοκαθοδηγούμενα οχήματα για παράδοση υλικών σε βιομηχανικούς χώρους, οι γραμμές παραγωγής στα εργοστάσια. Αυτά είναι μόνο μερικά παραδείγματα από τα αυτόματα συστήματα ελέγχου που μπορούμε να δημιουργήσουμε.



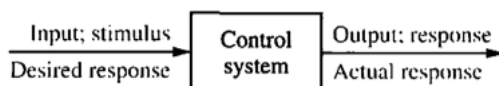
Εικόνα Β. Συστήματα Ελέγχου Σε Αεροπλάνο

Δεν είμαστε οι μόνοι δημιουργοί τέτοιων συστημάτων, τέτοια συστήματα υπάρχουν και στη φύση. Στο σώμα μας, υπάρχουν πολυάριθμα τέτοια συστήματα ελέγχου, όπως το πάγκρεας, το οποίο ρυθμίζει το σάκχαρο στο αίμα μας. Στην εποχή μας, που η αδρεναλίνη μας αυξάνεται μαζί με τον καρδιακό ρυθμό, δημιουργεί περισσότερο οξυγόνο για να παραδοθεί στα κύτταρα μας. Τα μάτια μας ακολουθούν ένα κινούμενο αντικείμενο για να διατηρήσουν οπτική επαφή, τα χέρια μας γραπώνουν το αντικείμενο και το τοποθετούν ακριβώς σε μία προκαθορισμένη θέση.

Ακόμη και ο μη φυσικός κόσμος φαίνεται να ρυθμίζεται αυτόματα και υπάκουη σε αυτό τον κανόνα. Ένα μοντέλο που επαληθεύει τον αυτόματο έλεγχο, είναι οι επιδόσεις των φοιτητών. Η είσοδος για το μοντέλο είναι η διαθεσιμότητα σε χρόνο για μελέτη του φοιτητή, και η έξοδος είναι ο βαθμός τους. Το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να πρόβλεψη το χρόνο που απαιτείται για να αυξηθεί ο βαθμός, εάν μια ξαφνική αύξηση στο χρόνο της μελέτης είναι διαθέσιμη. Χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο, μπορείτε να διαπιστώσετε κατά πόσο αξίζει τον κόπο η μελέτη την τελευταία στιγμή.

Β.1. Ορισμός των Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου

Ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου αποτελείται από τα υποσυστήματα και διαδικασίες συναρμολογημένα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε σκοπός τους να είναι μια συγκριμένη τιμή εξόδου και έχοντας μια επιθυμητή απόδοση, δίνοντας στο σύστημα μια καθορισμένη είσοδο. Το σχήμα Β.1 δείχνει ένα σύστημα ελέγχου στην απλούστερη μορφή του, όπου ένα ερέθισμα στην είσοδο, αντιπροσωπεύει μια επιθυμητή απόκριση στην έξοδο.



Σχήμα Β.1. Περιγραφή Απλοποιημένου Συστήματος Ελέγχου.

Πλεονεκτήματα των Συστημάτων Ελέγχου

Με τα συστήματα αυτόματου ελέγχου μπορούμε να μετακινήσουμε μεγάλο εξοπλισμό με ακρίβεια που διαφορετικά θα ήταν αδύνατο (π.χ. ανελκυστήρας). Οι τεράστιες κεραίες μπορούν να σημαδέψουν με ακρίβεια προς το απώτατο του σύμπαντος για να λάβουν εξασθενημένα ραδιοκύματα. Ο έλεγχος αυτών των κεραιών με το ανθρώπινο χέρι θα ήταν αδύνατη. Λόγω των συστημάτων ελέγχου, οι ανελκυστήρες μας μεταφέρουν γρήγορα στον προορισμό μας, γρήγορα και με ασφάλεια. Μόνοι μας δεν θα μπορούσε να παρέχουμε την δύναμη και την ταχύτητα που απαιτείται για το φορτίο. Ο κινητήρας παρέχει την δύναμη που απαιτείται, και τα συστήματα ελέγχου ρυθμίζουν τη θέση και την ταχύτητα.

Οι βασικότεροι λόγοι που φτιάχνουμε συστήματα ελέγχου:

- ✓ Ενίσχυση δυνάμεως
- ✓ Τηλεχειρισμός.
- ✓ Ευκολία στον τρόπο εισαγωγής δεδομένων.
- ✓ Εξομάλυνση των διαταραχών.

Τα ρομπότ που σχεδιάστηκαν από τις αρχές ύπαρξης των συστημάτων ελέγχου, μπορούν να αντικαταστήσουν την ανθρώπινη παρουσία. Τα συστήματα ελέγχου είναι επίσης χρήσιμα σε απομακρυσμένες ή και επικίνδυνες περιοχές. Για παράδειγμα, ένας τηλεκατευθυνόμενο ρομποτικός βραχίονα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να πάρει υλικό σε ραδιενεργό περιβάλλον ή να εξουδετερώσει έναν εκρηκτικό μηχανισμό.

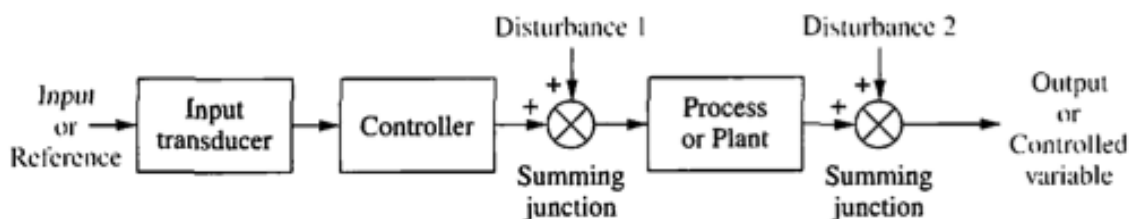
Συστήματα ελέγχου μπορούμε επίσης να συναντήσουμε στην καθημερινότητα μας, για να μας παρέχουν εύκολο τρόπο ζωής. Για παράδειγμα, ο θερμοστάτης των καλοριφέρ, η είσοδος είναι μια επιθυμητή θερμοκρασία και η έξοδος είναι η θερμότητα. Έτσι, μια συγκεκριμένη θερμοκρασία στην είσοδο, αποδίδει μία επιθυμητή θερμική απόδοση στην έξοδο.

Ένα άλλο πλεονέκτημα των συστημάτων ελέγχου είναι η δυνατότητα τους να εξομαλύνουν τις διαταραχές. Συνήθως, έχουμε τον έλεγχο των μεταβλητών εισόδων, όπως η θερμοκρασία σε θερμικά συστήματα, η θέση και η ταχύτητα σε μηχανικά συστήματα και την τάση, ρεύμα, συχνότητα στα ηλεκτρικά. Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να δώσει τη

σωστή έξοδο, ακόμη και αν συμβεί μια διαταραχή. Για παράδειγμα, σε ένα σύστημα κεραίας που περιστρέφεται με κινητήρα για την αλλαγή κατεύθυνση. Αν ο άνεμος αναγκάσει την κεραία να χάσει την σωστή θέση της από την επιθυμητή θέση, τότε το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να ανιχνεύσει αυτή τη διαταραχή (ή σφάλμα) και να διορθώσει τη θέση της κεραίας. Προφανώς, η είσοδος του συστήματος δεν θα αλλάξει για να γίνει η διόρθωση. Κατά συνέπεια, το ίδιο το σύστημα πρέπει να μετρήσει το μέγεθος της διαταραχής και να επανατοποθετηθεί την κεραία στην σωστή θέση.

B.1.1 Ανοιχτό Σύστημα Ελέγχου

Ένα σύστημα ελέγχου ανοιχτού βρόγχου φαίνεται στο Σχήμα B1.1. Ξεκινάει με ένα υποσύστημα που ονομάζεται μετατροπέας εισόδου, ο οποίος μετατρέπει σε κατάλληλη μορφή το σήμα εισόδου για τον ελεγκτή. Ο ελεγκτής είναι αυτός που οδηγεί τη διαδικασία. Η είσοδος του αποκαλείται επιθυμητή είσοδος αναφοράς, ενώ η έξοδος του ελεγχόμενου μεταβλητή. Η έξοδος από όλο το μπλοκ διάγραμμα ελεγχόμενη έξοδος και τα υπόλοιπα σήματα (1 και 2) είναι διαταραχές. Για παράδειγμα, ένα ελεγχόμενο σύστημα μπορεί να είναι ένας φούρνος ή σύστημα κλιματισμού, όπου η μεταβλητή έξοδος είναι η θερμοκρασία, η είσοδος είναι η επιθυμητή τιμή που του δίνουμε και ο ελεγκτής που ανεβάζει ή κατεβάζει στρόφες, θερμική ενέργεια, κλπ.



Σχήμα B.1.1 Μπλοκ Διάγραμμα από Σύστημα Ελέγχου Ανοιχτού Βρόγχου.

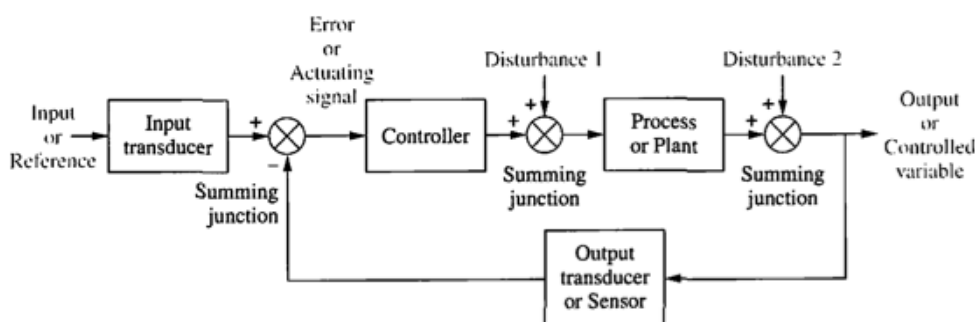
Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ανοικτού συστήματος ελέγχου είναι ότι δεν μπορούν να αντισταθμίσουν τις τυχόν διαταραχές που προστίθενται στο σύστημα (Disturbance 1 -2 , Σχήμα B.1.1) Για παράδειγμα, εάν ο ελεγκτής είναι ένας ενισχυτής και Disturbance 1 είναι θόρυβος, τότε κάθε θόρυβος ενισχύεται και προστίθεται στο αρχικό σήμα, αθροίζοντας όλα αυτά τα σήματα θα οδηγηθούν στην έξοδο. Το σύστημα δεν μπορεί να καταλάβει και να διορθώσει αυτές τις διαταραχές (ή θόρυβο), που εμφανίζονται στην έξοδο.

Τα συστήματα έλεγχου ανοιχτού βρόγχου, δεν διορθώνει τις διαταραχές που εμφανίζονται στο σύστημα, άπλα οδηγεί την εντολή από την είσοδο, μέσω του ελεγχόμενου συστήματος στην έξοδο. Για παράδειγμα, οι τοστιέρες είναι ανοικτού συστήματα ελέγχου, όπου και δεν μπορεί να καταλάβει τα καμένα τοστ. Η ελεγχόμενη μεταβλητή εξόδου στην τοστιέρα είναι το χρώμα του τοστ. Η συσκευή έχει σχεδιαστεί με την παραδοχή ότι το τοστ θα ψήνεται με την παρεχόμενη θερμότητα, που το ζητάμε. Η τοστιέρα δεν μπορεί να καταλάβει το χρώμα του τοστ ή αν το ψωμάκι είναι από σίκαλη, λευκό ή προζύμι αλλά και ούτε πάχος της φέτας.

B.1.2 Κλειστό Σύστημα Ελέγχου (με βρόγχος ανάδρασης)

Τα μειονεκτήματα του ανοικτού συστήματος ελέγχου, δηλαδή η ευαισθησία σε διαταραχές και η αδυναμία διορθώσεώς τους, μπορούν να ξεπεραστούν στα κλειστά συστήματα ελέγχου. Η γενική αρχιτεκτονική ενός τέτοιου συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα B.1.2.

Ο μετατροπέας εισόδου μετατρέπει την επιθυμητή τιμή, σε κατάλληλη κατάλληλα σήματα που καταλαβαίνει ο ελεγκτής. Ένα αισθητήριο ή μετατροπέας ADC (Analogue to Digital Converter) μετρά την απόκριση στην έξοδο και μεταφέρει μέσω του βρόγχου ανάδρασης στην είσοδο. Σε αυτό το σημείο γίνεται η σύγκριση της απόκρισης στην έξοδο με την επιθυμητή τιμή εισόδου και ο ελεγκτής αναλαμβάνει να επαναφέρει στην επιθυμητή κατάσταση λειτουργίας το σύστημα.



Σχήμα B.1.2 Μπλοκ Διάγραμμα από Σύστημα Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου (με ανάδραση).

Για παράδειγμα το κλιματιστικό που έχουμε στο σπίτι, η θερμοκρασία του χώρου μετατρέπεται σε κατάλληλα ηλεκτρικά σήματα, που καταλαβαίνει το σύστημα, γίνεται σύγκριση της επιθυμητής θερμοκρασίας με την πραγματική, ο ελεγκτής είναι αυτός που λέει στο σύστημα πως θα αποκριθεί για την επίτευξη της επιθυμητής κατάστασης, (δούλεψε περισσότερο ή λιγότερο αντίστοιχα).

Τα συστήματα κλειστού τύπου επαναφέρουν το σύστημα στην επιθυμητή λειτουργία, πρώτα μετρούν την απόκριση στην έξοδο, στην συνέχεια επιστρέφουν τη μέτρηση μέσω του βρόγχου ανάδρασης και συγκρίνουν αυτή την τιμή με την επιθυμητή είσοδο. Εάν υπάρχει οποιαδήποτε διαφορά μεταξύ των δύο αποκρίσεων, ο ελεγκτής μέσω της ενεργοποίησης κατάλληλων σημάτων ζητάει από το σύστημα να κάνει τη διόρθωση. Εάν δεν υπάρχει καμία διαφορά και το σύστημα στην έξοδο έχει την επιθυμητή απόκριση, τότε η διαδικασία οδηγείτε ως έχει χωρίς αλλαγές.

Τα κλειστά συστήματα ελέγχου έχουν προφανή πλεονεκτήματα, έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια από ό,τι τα ανοικτού βρόχου. Είναι λιγότερο ευαίσθητα στο θόρυβο, τις διαταραχές και τις αλλαγές στο περιβάλλον. Μια αναπάντεχη διαταραχή στο σύστημα ή ένα σφάλμα μπορεί να ανιχνευθεί και να ελεγχθεί πολύ πιο εύκολα. Στα κλειστά συστήματα έχουμε μεγαλύτερη ευελιξία στην προσαρμογή της απολαβής (ενίσχυσης) στο βρόχο ή και τον επανασχεδιασμό του ελεγκτή. Από την άλλη πλευρά, τα κλειστού βρόχου είναι πολύπλοκα και ακριβά.

Η τοστιέρα ως ένα καλό παράδειγμα συστήματος ανοικτού βρόχου, με το σχεδιασμό που έχει σήμερα είναι απλή και ανέξοδη. Μια τοστιέρα κλειστού βρόχου θα ήταν πολύ πιο περίπλοκη και ακριβή, δεδομένου ότι θα έπρεπε να πάρει μέτρηση για το είδος του ψωμιού, την υγρασία αλλά και το πάχος της φέτας. Έτσι, ο μηχανικός συστημάτων ελέγχου πριν από την σχεδιάσει θα πρέπει να αποφασίσει αν θέλει ένα σύστημα με χαμηλό κόστος και απλό στην σχεδιάσει ή ένα σύστημα που θα έχει μεγάλη ακρίβεια, θα είναι περισσότερο πολύπλοκο και θα έχει υψηλότερο κόστος. Οπότε και η επιλογή γίνεται ανάλογα με της εφαρμογής.

Εν κατακλείδι, τα συστήματα που εκτελούν μέτρηση στην έξοδο και γίνεται έλεγχος με την επιθυμητή είσοδο ονομάζεται σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου. Τα συστήματα που δεν έχουν αυτή τη δυνατότητα της μέτρησης και της διόρθωσης ονομάζονται συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόχου.

Γ. Αισθητήρες Μετρήσεων

Σε πολλές περιπτώσεις οι ηλεκτρονικές συσκευές χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο (δηλαδή την καθοδήγηση) φυσικών, χημικών, μηχανικών και γενικότερα τεχνολογικών διαδικασιών, από το αυτόματο άναμμα ενός λαμπτήρα όταν νυχτώνει μέχρι την αυτόματη ανάμιξη και επεξεργασία χημικών ουσιών σε ένα εργοστάσιο. Αυτό είναι και η ουσία της έννοιας του αυτοματισμού, η καθοδήγηση συστημάτων από ηλεκτρονικά συστήματα χωρίς την απαίτηση ανθρώπινης παρέμβασης.

Η πορεία μίας διαδικασίας μπορεί να γίνει γνωστή από κάποιο φυσικό μέγεθος που σχετίζεται με το αποτέλεσμα της. Για παράδειγμα, μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη διαδικασία θέρμανσης ενός προϊόντος μετρώντας τη θερμοκρασία του.

Οι μετρήσεις των φυσικών μεγεθών γίνονται με τη βοήθεια αισθητήρων ή αλλιώς αισθητηρίων (Σχήμα Γ). Αυτά είναι διατάξεις που διαθέτουν κάποια κατάλληλη ιδιότητα, η οποία μεταβάλλεται ως συνάρτηση του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Έτσι η μέτρηση της ιδιότητας του αισθητήρα επιτρέπει τον άμεσο ποσοτικό υπολογισμό της τιμής του φυσικού μεγέθους. Η μελέτη και εφαρμογή στην πράξη των αισθητήρων αποτελεί αντικείμενο της Οργανολογίας.



Σχήμα Γ. Διάφοροι τύποι Αισθητήρων.

Γ.1. Είδη και Χαρακτηριστικά Αισθητήρων

Συχνά οι αισθητήρες δεν δίδουν στην έξοδό τους κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα. Τότε απαιτείται η χρήση ενός επιπρόσθετου ηλεκτρονικού κυκλώματος, το οποίο να λαμβάνει την έξοδο του αισθητήρα και να τη μετατρέπει σε κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των επόμενων βαθμίδων. Το κύκλωμα αυτό ονομάζεται κύκλωμα ρύθμισης σήματος (signal conditioning circuit), κύκλωμα ελέγχου (control circuit) ή εξωτερική μονάδα (outer ή external module). Για παράδειγμα, υπάρχουν αισθητήρες στάθμης που μετρούν το χρόνο που απαιτείται για να ανακλαστεί ένα υπερηχητικό κύμα από τη μετρούμενη επιφάνεια και να επιστρέψει στο σημείο από όπου εκπέμφθηκε. Σε αυτούς πρέπει να υπάρχει κατάλληλο κύκλωμα για τη μετατροπή των τιμών χρόνου σε ανάλογες τιμές τάσης.

Οι αισθητήρες που απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία για να λειτουργήσουν ονομάζονται ενεργοί. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας γραμμικής μετατόπισης LVDT πρέπει να τροφοδοτείται από κατάλληλη εναλλασσόμενη τάση. Οι αισθητήρες που δημιουργούν μόνοι τους μία τάση και δε χρειάζονται εξωτερική τροφοδοσία ονομάζονται παθητικοί. Τέτοιοι είναι για παράδειγμα οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι, που όταν πιεστούν αναπτύσσουν στα άκρα τους ηλεκτρική τάση.

Τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων συγκροτούν τις προδιαγραφές τους (specifications) και είναι πολλά. Παρότι οι ποικίλοι αισθητήρες που υπάρχουν σήμερα στηρίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας, έχουν κοινά τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

Γραμμικότητα

Ο κάθε αισθητήρας διαθέτει ένα χαρακτηριστικό ή ιδιότητα, του οποίου η τιμή μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται η φυσική ποσότητα που μετρά ο αισθητήρας. Είναι επιθυμητό οι μεταβολές της φυσικής ποσότητας να προκαλούν αυστηρά ανάλογες μεταβολές της ιδιότητας του αισθητήρα. Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται γραμμικότητα (linearity) και είναι ιδιαίτερης σημασίας. Εάν ο αισθητήρας δεν είναι γραμμικός, τότε η αντιστοίχιση των τιμών του μετρημένου μεγέθους με τις τιμές εξόδου του αισθητήρα γίνεται με βάση την καμπύλη «βαθμονόμησης». Η μη-γραμμικότητα είναι συχνά εγγενής ιδιότητα του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αισθητήρας και εν γένει είναι αδύνατο να μηδενιστεί.

Ευαισθησία

Η ευαισθησία (sensitivity) εκφράζει πόσο υψηλό σήμα εξόδου αποδίδει ο αισθητήρας για κάθε μονάδα του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Έτσι, εάν ένας αισθητήρας θερμοκρασίας έχει ευαισθησία 1 mV/oC, συνεπάγεται ότι παράγει έξοδο ίση με 1 mV για κάθε βαθμό της μετρούμενης θερμοκρασίας και προφανώς είναι πιο ευαίσθητος από έναν άλλο αισθητήρα με ευαισθησία 0.5 mV/oC, ο οποίος για κάθε θερμοκρασία παράγει ως έξοδο τη μισή τάση.

Διακριτική Ικανότητα

Η διακριτική ικανότητα (resolution) εκφράζει τη μικρότερη μεταβολή του φυσικού μεγέθους που μπορεί να ανιχνεύσει ο αισθητήρας και να μεταβάλλει την έξοδό του ανάλογα. Για παράδειγμα, ένα θερμόμετρο με διακριτική ικανότητα 0.1 °C σημαίνει ότι μπορεί να διακρίνει μεταξύ δύο θερμοκρασιών που απέχουν 0.1 °C, δηλαδή να παράγει εξόδους ελαφρά διαφορετικής τιμής.

Ακρίβεια

Η ακρίβεια (accuracy) ισούται με το σφάλμα που εγγενώς περιέχει η τιμή που αποδίδει ο αισθητήρας στην έξοδο, δηλώνει δηλαδή την αβεβαιότητα που υπάρχει στην τιμή της εξόδου. Μπορεί να εκφράζεται σε απόλυτες τιμές (για παράδειγμα ± 0.05 °C) ή επί τοις εκατό (για παράδειγμα 1%). Στην πρώτη περίπτωση η ανακρίβεια είναι σταθερή και ανεξάρτητη της τιμής του μετρούμενου φυσικού μεγέθους, ενώ στην άλλη περίπτωση η ανακρίβεια είναι ανάλογη της παραπάνω τιμής.

Εύρος Τιμών Εισόδου

Το εύρος τιμών εισόδου (full-scale input, FSI) ορίζει σε ποια πλαίσια του μετρούμενου φυσικού μεγέθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας. Για παράδειγμα, υπάρχουν πολλοί αισθητήρες θερμοκρασίας (θερμοζεύγη, θερμίστορ, θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις) αλλά δεν ενδείκνυνται όλοι για τη μέτρηση θερμοκρασιών της τάξης των 1000 °C. Η γνώση του εύρους τιμών εισόδου μας επιτρέπει να επιλέξουμε τον κατάλληλο αισθητήρα που ταιριάζει στις ανάγκες της εφαρμογής.

Εύρος Τιμών Εξόδου

Το εύρος τιμών εξόδου (full-scale output, FSO) ορίζει τη μορφή (δηλαδή τις τιμές) που μπορεί να λαμβάνει η τάση ή το ρεύμα εξόδου ενός αισθητήρα. Οι αισθητήρες διατίθενται εν γένει σε παραλλαγές με διάφορα εύρη τιμών εξόδου, ώστε να μπορεί ο χρήστης να επιλέξει τη μορφή που ταιριάζει περισσότερο στα κυκλώματα που θα παραλάβουν το σήμα εξόδου (για παράδειγμα σε ένα μετατροπέα A/D). Το εύρος τιμών εξόδου καθορίζεται συχνά από ένα κύκλωμα ρύθμισης σήματος, το οποίο συνδέεται μόνιμα με τον αισθητήρα.

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι η θερμοκρασία αποτελεί τον συνηθέστερο παράγοντα που αλλοιώνει τις προδιαγραφές των αισθητήρων. Η επίδραση της θερμοκρασίας στους αισθητήρες μπορεί να είναι γνωστή και συχνά υπάρχει τρόπος αντιστάθμισής της (compensation) με κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα ρύθμισης σήματος. Για την περιγραφή της επίδρασης αυτής ορίζονται διάφορα μεγέθη, όπως η ολίσθηση του σημείου μηδενός λόγω θερμοκρασίας (temperature zero shift), η ευαισθησία στη θερμοκρασία (temperature sensitivity) και η μεταβολή της ευαισθησίας λόγω θερμοκρασίας (thermal sensitivity shift).

Κεφάλαιο 1

1. Ενσωματωμένα Συστήματα

Ζούμε στη εποχή της επανάστασης της πληροφορίας, με τους υπολογιστές να έχουν εκπληκτική υπολογιστική ισχύ, για κάθε μας χρήση. Οι υπολογιστές βρίσκουν το δρόμο για λύση, σε κάθε μας δραστηριότητα. Μερικοί σχεδιάζονται να είναι όσο το δυνατό ισχυρότεροι, χωρίς να υπολογίζουν το κόστος, για απαιτητικές εφαρμογές στη βιομηχανία και την έρευνα. Άλλοι έχουν σχεδιαστεί για το σπίτι και το γραφείο, λιγότερο ισχυροί αλλά και μικρό κόστος. Υπάρχει και μια ακόμη κατηγορία υπολογιστών που γνωρίζουν λιγότεροι και δεν φαίνεται. Αυτό το είδος των υπολογιστών έχει σχεδιαστεί ενσωματωμένο στη συσκευή, με σκοπό την παροχή ελέγχου. Αυτοί οι μικροί υπολογιστές είναι κρυμμένοι, από την άποψη ότι ο χρήστης συχνά δεν γνωρίζει την ύπαρξη τους. Αυτή η συσκευή είναι που ονομάζεται ενσωματωμένο σύστημα (embedded system), και η εργασία μιλάει για αυτή την τεχνολογία. Ο έλεγχος των λειτουργιών στα ενσωματωμένα συστήματα γίνεται από τους μικροελεγκτές (micro-controllers).

1.1 Τι είναι τα Ενσωματωμένα συστήματα ;

Η βασική ιδέα ενός ενσωματωμένου συστήματος είναι απλή. Αν πάρουμε οποιοδήποτε προϊόν μηχανικής που χρειάζεται έλεγχο, και ενσωματώσουμε ένα υπολογιστή στο εν λόγω προϊόν για να διενεργεί τον έλεγχο, τότε έχουμε ένα ενσωματωμένο σύστημα.

Ένα ενσωματωμένο σύστημα μπορεί να οριστεί ως:

«Ένα σύστημα που η κύρια του λειτουργία δεν είναι οι υπολογισμοί, αλλά ο έλεγχος από έναν υπολογιστή που είναι ενσωματωμένο μέσα σε αυτό.»

Στις μέρες μας, τα ενσωματωμένα συστήματα είναι παντού, στο σπίτι, το γραφείο, το εργοστάσιο, το αυτοκίνητο ή και το νοσοκομείο. Στον Πίνακα 1.1 θα δείτε ορισμένα παραδείγματα που είναι πιθανό να συναντήσετε ενσωματωμένα συστήματα. Μπορεί πολλές από τις παρακάτω συσκευές να είναι διαφορετικές, όλες βασίζονται στις ίδιες αρχές όσον αφορά τα χαρακτηριστικά τους, όπως τα ενσωματωμένα συστήματα.

ΣΠΙΤΙ	ΓΡΑΦΕΙΟ	ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ
Πλυντήριο Ρούχων	Φωτοτυπικό	Κλιματιστικό
Ψυγείο	Εκτυπωτής	Κεντρικό Κλείδωμα
Συναγερμός	Σκάνερ	ABS
Κεντρική Θέρμανση	ΦΑΕ	Ηχοσύστημα
Φουρνάκι Μικροκυμάτων		

Πίνακας 1.1 Παραδείγματα με Ενσωματωμένα Συστήματα από την καθημερινότητα.

Η συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών δεν γνωρίζουν ότι οι συσκευές που χρησιμοποιούν ελέγχονται από ένα ή περισσότερα ενσωματωμένους υπολογιστές. Πράγματι, αν έβλεπαν ποτέ το εσωτερικό ενός υπολογιστή θα αναγνωρίσει μόλις και μετά βίας ως τέτοιο. Οι περισσότεροι άνθρωποι αναγνωρίζουν τους υπολογιστές από την οθόνη τους, το πληκτρολόγιο, μονάδες δίσκου και ούτω καθεξής. Οι ενσωματωμένοι υπολογιστές δεν έχουν τίποτα από αυτά. Το μέσο σπίτι περιέχει ίσως μια ντουζίνα υπολογιστές, ακόμη και αν δεν έχετε ένα PC (Personal Computer).

Από άποψη προγραμματισμού, τα ενσωματωμένα συστήματα έχουν μια σειρά από σημαντικές διαφορές από τις συμβατικές "desktop" εφαρμογές (οι εφαρμογές που συναντάμε στους επιτραπέζιους υπολογιστές). Για παράδειγμα, οι περισσότερες desktop εφαρμογές ασχολούνται με έλεγχο και τρόπο συμπεριφοράς των I/O (Inputs/Outputs) συσκευών, ενός δίσκου αποθήκευσης, της οθόνης γραφικών, ενός πληκτρολογίου, του ποντικιού, τις κάρτα ήχου ή και της διασύνδεσης στο δίκτυο. Αυτές οι συσκευές γενικά υποστηρίζονται καλά από το λειτουργικό σύστημα. Ο προγραμματιστής εφαρμογών δεν χρειάζεται να δίνει μεγάλη προσοχή σε αυτά.

Από την άλλη πλευρά, τα ενσωματωμένα συστήματα εμπεριέχουν συχνά μια ευρύτερη ποικιλία συσκευών εισόδου/εξόδου από ότι ένας desktop υπολογιστής. Ένα τέτοιο σύστημα στη διεπαφή του με το χρήστη μπορεί να περιλαμβάνει μια ποικιλία από I/O, με τη μορφή διακοπτών (Switches), κουμπιών (Buttons) και διάφορα είδη των οθονών. Μπορεί να έχει ένα ή περισσότερα κανάλια επικοινωνίας, είτε ασύγχρονη σειριακή ή θύρες δικτύου. Μπορεί η εφαρμογή μας να κάνει συλλογή δεδομένων από διάφορα αισθητήρια, και να είναι απαραίτητη η χρήση μετατροπέων ADC (Analogue to Digital Converter) και DAC (Digital to Analogue Converter). Αυτά τα περιφερειακά έχουν σπάνια υποστήριξη από το λειτουργικό σύστημα. Συνήθως, οι προγραμματιστές ενσωματωμένων συστημάτων ασχολούνται άμεσα με το περιφερειακά που θέλουν να χρησιμοποιήσουν.

1.2 Ενσωματωμένα Συστήματα Πραγματικού Χρόνου (Real Time)

Η βασική ιδέα στα συστήματα πραγματικού χρόνου είναι ότι περιμένουμε να ανταποκριθούν στο περιβάλλον τους, την κατάλληλη χρονική στιγμή. Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι σε πραγματικό χρόνο σημαίνει παρά πολύ γρήγορα. Αυτό είναι λάθος. Σε πραγματικό χρόνο σημαίνει αρκετά γρήγορα στο περιβάλλον στο οποίο το σύστημα λειτουργεί. Αν μιλάμε για τον υπολογιστή που τρέχει στη μηχανή του αυτοκινήτου μας, αυτό είναι πραγματικά γρήγορο, πρέπει να λάβει αποφάσεις για την ροή του καύσιμου, του χρονισμού ανάφλεξης, κάθε φορά που ο κινητήρας κάνει μια περιστροφή.

Από την άλλη πλευρά, θεωρήστε ότι έχουμε ένα διυλιστήριο χημικό που ελέγχεται από έναν ή περισσότερους υπολογιστές. Το υπολογιστικό σύστημα είναι υπεύθυνο να ελέγχει την διαδικασία και δυσλειτουργίες. Αλλά οι χημικές διεργασίες έχουν μια σταθερά χρόνου από μερικά δευτερόλεπτα έως κάποια λεπτά. Το σύστημα του υπολογιστή θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταποκριθεί σε οποιαδήποτε δυσλειτουργία σε επαρκή χρόνο, ώστε να αποφευχθεί μια καταστροφή. Αλλά ας υποθέσουμε ότι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (που ελέγχει την διεργασία) ήταν στη μέση μια εκτύπωσης μιας εκτενής έκθεσης σχετικά με την παραγωγή της περασμένης εβδομάδας όταν και συμβαίνει η βλάβη. Πόσο σύντομα θα είναι σε θέση να ανταποκριθεί στην πιθανή έκτακτη ανάγκη;

Η ουσία του πραγματικού χρόνου στους υπολογιστές, δεν είναι μόνο ότι ανταποκρίνονται αρκετά γρήγορα στο περιβάλλον τους, αλλά τόσο γρήγορα όσο και αξιόπιστα. Ο ελεγκτής ενός χημικού εργοστασίου πρέπει να είναι σε θέση να ανιχνεύσει και αποκριθεί σε μη φυσιολογικές συνθήκες σε επαρκή χρόνο για να αποφευχθεί μια καταστροφή. Αν δεν το κάνει, έχει αποτύχει.

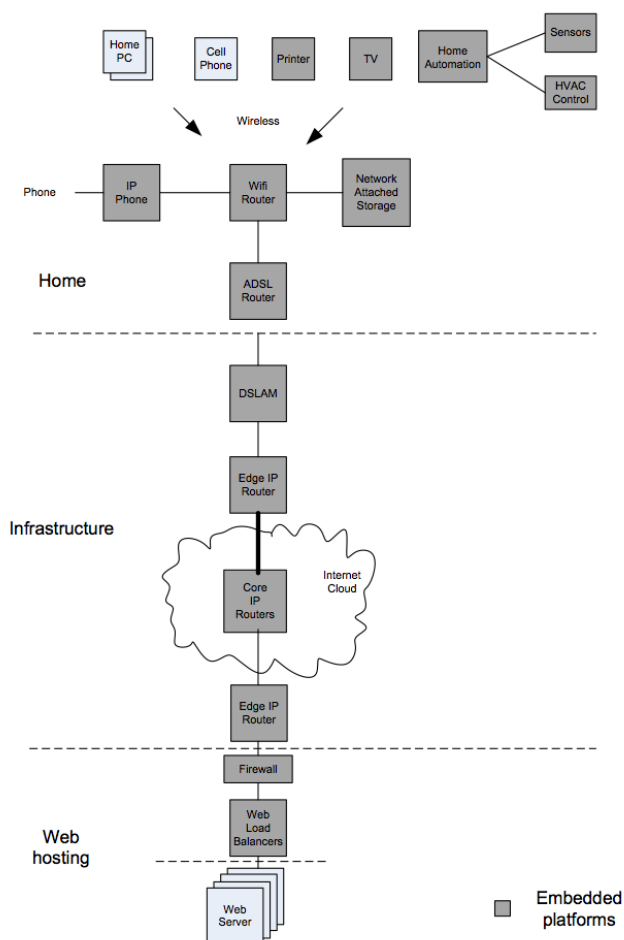
Έτσι, η τέχνη του προγραμματισμού και σχεδιασμού των συστημάτων πραγματικού χρόνου, είναι ένα περιβάλλον όπου η αξιοπιστία συναντά τους χρονικούς περιορισμούς αντίδρασης σε ασύγχρονα τυχαία γεγονότα. Καταλαβαίνουμε ότι είναι αρκετά σύνθετο, ο πραγματικός χρόνος σε ένα σύστημα και πόσο γρήγορα θα αποκρίνεται, Όπως υπάρχει και ειδική θεωρία για το σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων.

1.3 Ιδιότητες των Ενσωματωμένων Συστημάτων

Με ένα τέτοιο ευρύ φάσμα από υπολογιστικές πλατφόρμες, με ποικιλία από επιδόσεις και διαφορετικές δυνατότητες σε I/O, σε αυτή την ενότητα θα ορίσουμε κάποια βασικά χαρακτηριστικά των ενσωματωμένων συστημάτων.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό όλων των ενσωματωμένων συστημάτων είναι ότι έχουν σχεδιαστεί για να εκτελούν μια συγκεκριμένη εργασία ή λειτουργία. Το λογισμικό που αναπτύσσετε για την εκάστοτε πλατφόρμα είναι συγκεκριμένο για τη λειτουργία συνολικά της συσκευής. Σε πολλές περιπτώσεις, οι υπολογιστικές δυνατότητες της συσκευής δεν είναι ορατές στον τελικό χρήστη, η λειτουργία που παρέχει η συσκευή είναι αυτό που έχει σημασία. Σε αντίθεση με το ταχέως αναπτυσσόμενο οικοσύστημα εφαρμογών (applications) και την ανάπτυξη τους για έξυπνα κινητά τηλέφωνα (smart phones), οι τελικοί χρήστες αυτών των συσκευών, γενικά δεν εγκαθιστούν πολλές εφαρμογές στα κινητά τους τηλέφωνα (αν και έχουν πολυάριθμες εφαρμογές, για να αναβαθμίσουν τις δυνατότητες του λογισμικού).

Τα ενσωματωμένα συστήματα μπορεί να τα συναντήσουμε σε ένα μεγάλο πλήθος από συσκευές και προϊόντα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.3, πολλές καταναλωτικές συσκευές είναι ενσωματωμένες με υπολογιστικά συστήματα, όπως τηλεόραση μέσω ίντερνετ (Internet TV), συσκευή αναπαραγωγής βίντεο (Blue-ray Player), κονσόλες παιχνιδιών, κινητά τηλέφωνα, οι εκτυπωτές είναι μερικά μόνο από τις συσκευές που χαρακτηρίζονται από ένα αρκετά υψηλό επίπεδο απόδοσης.



Σχήμα 1.3 Γενική ροή διασυνδέσεις των συσκευών στο διαδίκτυο

Από την πλευρά των επικοινωνιών, οι συσκευές στις μέρες μας, έχουν αναπτυχθεί σε υποδομή, σε κάθε επίπεδο. Σκεφτείτε την ποικιλία των συσκευών που εργάζονται από κοινού για να έχουμε πρόσβαση στο διαδίκτυο (Internet). Για παράδειγμα, όταν επισκεπτόμαστε έναν ιστότοπο, η συσκευή μας δημιουργεί πακέτα TCP/IP* που αποστέλλονται ασύρματα. Τα πακέτα τα παραλαμβάνει ασύρματα το modem/router (μόντεμ/δρομολογητής) που είναι συνδεδεμένος ευρυζωνικά στο διαδίκτυο. Τα πακέτα μόλις εγκαταλείψουν το modem ταξιδεύουν κατά μήκος της υποδομής του διαδικτύου. Από την πλευρά υποδομής, τα πακέτα θα πρέπει να δρομολογηθούν μέσα τους ψηφιακούς πολυπλέκτες/αποπλέκτες (DSLAM) του παρόχου (Internet Provider) που μας δίνει πρόσβαση στο διαδίκτυο. Τα πακέτα στη συνέχεια καταλήγουν στον διακομιστή (Web Server), οπού περνούν μέσα από το τοίχος προστασίας (firewall). [Βλ. Σχήμα 1.3]

Μία άλλη εφαρμογή των ενσωματωμένων συστημάτων ελέγχου είναι στην αυτοματοποιημένη γραμμή παραγωγής των εμπορευμάτων. Οι βιομηχανικές εφαρμογές απαιτούν ένα ευρύ φάσμα από στοιχεία ελέγχου, με υπολογιστικές ικανότητες, συμπεριλαμβανομένων κινητήρων, ενεργοποιητών, αισθητήριων, προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLC), ρομποτικά, και πάνελ ελέγχου με διεπαφές για το χρήστη (User Interface).

Στο τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, οι δυνατότητες που προσφέρονται αυξάνονται με επιθετικό ρυθμό. Το ανέκαθεν απλό σύστημα αναπαραγωγής πολυμέσων (ραδιόφωνο, cd, dvd, mp3) και απλή δυνατότητα πλοήγησης, έχει μετεξελιχθεί σε μια έξυπνη και πολύ σημαντική πλατφόρμα. Προσφέρει ρεαλιστική τρισδιάστατη πλοήγηση, ενώ είστε συνδεδεμένοι στο Internet, προσφέροντας δυνατότητες ροής πολυμέσων (streaming media), υπηρεσίες τοποθεσίας, ζωντανή ενημέρωση χαρτών, και διάγνωση από απόσταση την κατάσταση του αυτοκινήτου. Επιπλέον, στο τομέας υποστήριξης του οδηγού (driver assistance) γίνεται ολοένα και σημαντικότερη, με συστήματα όπως είναι η αποφυγή σύγκρουσης, προειδοποίηση τροχιάς του αυτοκινήτου, ενδείξεις ετοιμότητα του οδηγού, νυχτερινή όραση, την αναγνώριση αντικειμένων/πεζών και προειδοποίηση για την αποφυγή σύγκρουσης.

Αυτά είναι μόνο μερικά παραδείγματα από τους πολλούς και ποικίλους ρόλους που μπορούν να διαδραματίσουν τα ενσωματωμένα υπολογιστικά συστήματα. Το συνολικό φάσμα καλύπτει μια τεράστια δυναμική περιοχή όσον αφορά τις επιδόσεις, την ισχύ, τη συνδεσιμότητα και τα μοντέλα που χρησιμοποιούμε. Ωστόσο, η τάση είναι προς υψηλότερες απαιτήσεις υπολογιστικής δύναμης και μεγαλύτερη συνδεσιμότητα για περισσότερα ενσωματωμένα συστήματα.

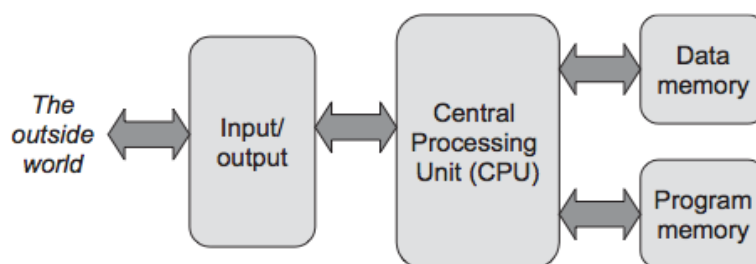
Κεφάλαιο 2

2. Βασικά Στοιχεία Υπολογιστικού Συστήματος

Όταν σχεδιάζουμε ενσωματωμένα συστήματα, συνήθως πρέπει να κατανοήσουμε με λεπτομέρεια τα χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου υπολογιστή που εργαζόμαστε. Σε αντίθεση με κάποιον που εργάζεται σε ένα επιτραπέζιο υπολογιστή, που χρησιμοποιεί τον Word (επεξεργαστή κειμένου) ή CAD (πρόγραμμα σχεδίασης με την βοήθεια υπολογιστή), όπου οι εσωτερικές λειτουργίες δεν είναι εμφανείς στο χρήστη. Μια σύντομη εισαγωγή σε ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά του υπολογιστή, θα είναι χρήσιμη για την συνέχεια.

2.1. Στοιχεία Υπολογιστή

Τα βασικά στοιχεία ενός οποιοδήποτε υπολογιστικού συστήματος μπορούμε να τα δούμε και στο Σχήμα 2.1. Ο υπολογιστής θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτελεί αριθμητικές και λογικές πράξεις, αυτή η λειτουργία πραγματοποιείται από την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU). Η λειτουργία του, επιτυγχάνεται ακολουθώντας μια σειρά από εντολές, που ονομάζεται πρόγραμμα, το οποίο είναι αποθηκευμένο στη Μνήμη (Memory). Κάθε μια από αυτές τις εντολές, εκτελεί μια πολύ απλή λειτουργία. Ωστόσο, επειδή οι υπολογιστές τρέχουν σε μεγάλες ταχύτητες, το συνολικό αποτέλεσμα είναι μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Επίσης, Αριθμητική Λογική Μονάδα (ALU) ονομάζεται το μέρος στην CPU, στο μέρος το οποίο διενεργούνται όλες οι αριθμητικές και λογικές πράξεις.



Σχήμα 2.1. Βασικά Στοιχεία Υπολογιστικού Συστήματος

Για να έχουν οποιαδήποτε χρήση τα συστήματά μας, θα πρέπει να επικοινωνούν με τον φυσικό κόσμο, αυτό γίνεται μέσω Εισόδων/Εξόδων (Inputs/Outputs). Στους προσωπικούς υπολογιστές η επικοινωνία με τον άνθρωπο επιτυγχάνεται μέσω της οθόνης, πληκτρολογίου και εκτυπωτή. Ενώ στο ενσωματωμένο σύστημα η επικοινωνία είναι κυρίως με το περιβάλλον οπότε και γίνεται η αλληλεπίδραση μέσω των αισθητηρίων και των ενεργοποιητών.

Η επανάσταση στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που λαμβάνει χώρα στις μέρες μας, δεν οφείλεται μονάχα στη μεγάλη υπολογιστή ισχύ που είναι διαθέσιμη, αλλά και στη εξίσου σημαντική ικανότητα να αποθηκεύουμε τα δεδομένα και να έχουμε πρόσβαση σε αυτά.

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν δυο βασικά τύποι μνήμων. Ο ένας τύπος μνήμης είναι αυτός στον οποίο είναι αποθηκευμένο το πρόγραμμα που θα εκτελέσει ο υπολογιστής. Αυτή η μνήμη είναι μόνιμη (ROM) και το πρόγραμμα συγκρατείται επ' αόριστο, είτε τροφοδοτείται με τάση είτε όχι. Ο άλλος τύπος μνήμης χρησιμοποιείται για προσωρινή αποθήκευση (RAM) και χρησιμοποιείται μόνο για όσο τρέχει το κύριο πρόγραμμα. Σε αυτό τον τύπο μνήμης δεν αποθηκεύονται δεδομένα μόνιμα και καθαρίζει σε κάθε τερματισμό λειτουργίας του συστήματος μας.

Τέλος, υπάρχουν και οι διάδρομοι επικοινωνίας που μεταφέρουν δεδομένα μεταξύ των μπλοκ (cpu, memory, inputs/outputs) όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.1 με τα βέλη.

2.2. Σετ Εντολών CISC – RISC

Κάθε κεντρική μονάδα επεξεργαστή έχει ένα σετ εντολών που αναγνωρίζει και βάση αυτού ανταποκρίνεται σε όλα τα προγράμματα που είναι ενσωματωμένα με τον ένα ή τον άλλο τρόπο. Θέλουμε όλοι οι υπολογιστές να εκτελούν τον κώδικα όσο το δυνατό γρηγορότερα, αλλά το πως θα επιτευχθεί αυτό, δεν έχει πάντα προφανή λύση.

Μια προσέγγιση είναι να σχεδιάσουμε συστήματα με πολύπλοκους επεξεργαστές, οι οποίοι διαθέτουν τεράστιο ρεπερτόριο εντολών και έτοιμο για Κάθε προβλέψιμη λειτουργία. Αυτοί ονομάζονται CISC (Complex Instruction Set Computer=) προσέγγιση, έχουν μεγάλο ρεπερτόριο εντολών και μεγάλη εξειδίκευση. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα σχεδιασμού που απαιτείται για την υλοποίηση, τείνει το σύστημα σε αργή λειτουργία. Ένα χαρακτηριστικό της CISC προσέγγισης είναι ότι οι εντολές έχουν διαφορετικό επίπεδο πολυπλοκότητας. Απλές εντολές μπορούν να εκτελεστούν γρήγορα, αλλά όταν έχουμε περισσότερο σύνθετές τότε θα χρειαστεί περισσότερος χρόνος.

Μια άλλη προσέγγιση είναι να κρατήσει το CPU πολύ απλό και περιορισμένο σετ εντολών. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε RISC (Reduced Instruction Set Computer) προσέγγιση. Το ρεπερτόριο εντολών και συνολικά ο σχεδιασμός παραμένει απλός. Αυτό μας επιτρέπει γρήγορη λειτουργία. Ένα χαρακτηριστικό αυτής της προσέγγισης είναι ότι σε μια εντολή συμπεριλαμβάνετε όλοι την απαιτούμενη πληροφορία για εκτέλεση (δεδομένα, διευθύνσεις, ενέργεια προς εκτέλεση). Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της απλότητας αυτής είναι ότι σχεδόν όλες οι εντολές εκτελούνται στο ίδιο χρονικό διάστημα.

2.3. Τύποι Μνήμης

Παραδοσιακά, οι τεχνολογία στις μνήμες έχει χωριστή σε 2 κατηγορίες:

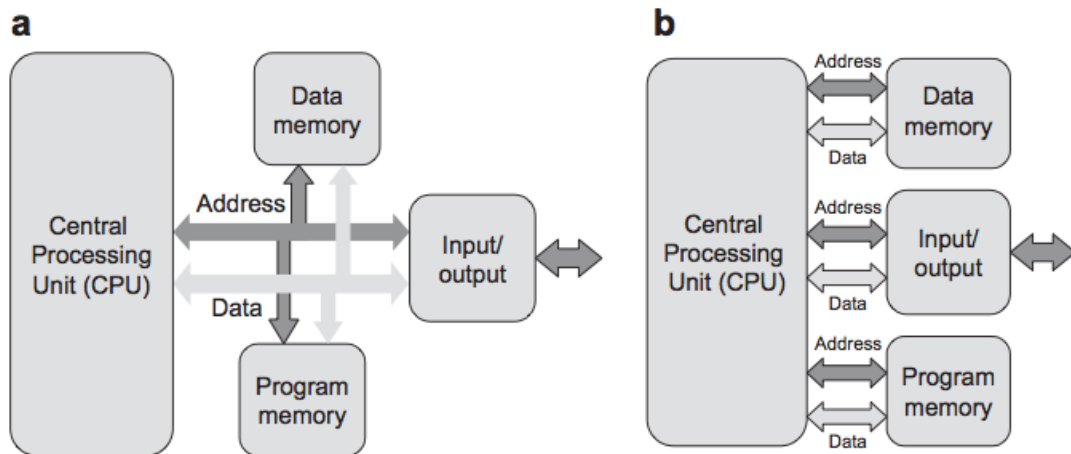
- Προσωρινή. Αυτές είναι οι μνήμες που λειτουργούν για όσο διάστημα τροφοδοτούνται με τάση (το σύστημα μας είναι ενεργοποιημένο). Χάνει τις αποθηκευμένες τιμές, όταν απενεργοποιήσουμε το σύστημα. Χρησιμοποιείται ως μνήμη για προσωρινή αποθήκευση δεδομένων. Γενικά, αυτό το είδος μνήμης χρησιμοποιεί απλή τεχνολογία ημιαγωγών και είναι εύκολο να γράψουμε δεδομένα. Αποκαλείται RAM (Random Access Memory) ή πιο περιγραφικά απλά «μνήμη».
- Μόνιμη. Αυτό το είδος μνήμης κρατάει αποθηκευμένες τις τιμές ακόμη και αν δεν τροφοδοτείται από τάση (όταν το σύστημα μας είναι απενεργοποιημένο). Σε ένα επιτραπέζιο υπολογιστή αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με το σκληρό δίσκο. Στα ενσωματωμένα συστήματα επιτυγχάνεται με ημιαγωγούς μνήμης που μπορούν να κρατήσουν τις τιμές δεδομένων ακόμη και όταν είναι απενεργοποιημένα. Αυτό το είδος μνήμης απαιτεί πιο προηγμένη τεχνολογία ημιαγωγών. Σε γενικές γραμμές, σε αυτό το είδος μνήμης είναι πιο δύσκολο να γράψεις δεδομένα, από άποψη χρόνου και πολυπλοκότητας στη διαδικασία έγγραφης. Οι μνήμες αυτές χρησιμοποιούνται στην αποθήκευση των προγραμμάτων του υπολογιστή και για ιστορικούς λόγους έχουν το όνομα ROM (Read Only Memory) ή το πιο περιγραφικό «μνήμη προγράμματος».

2.4. Αρχιτεκτονικές Επικοινωνίας με τη Μνήμη

Η επικοινωνία μεταξύ μνήμης, cpu και εισόδων/εξόδων, επιτυγχάνεται μέσω των διαδρόμων. Τα κυκλώματα έχουν δυο τύπους διαδρόμων ένα για τα δεδομένα (data bus) και ένα για τις διευθύνσεις (address bus). Οπότε και όλα τα στοιχεία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους, με αυτό το σετ των διαδρόμων, που είναι απαραίτητα για την αλληλεπίδραση τους.

Ένας απλός τρόπος για να επιτευχθεί αυτό που περιγράψαμε είναι φαίνεται στο Σχήμα 2.4(a) και ονομάζεται η *Αρχιτεκτονική του Von Neumann* (Φον Νόιμαν), από τον εφευρέτη. Σε αυτή τη δομή ο υπολογιστής έχει ένα μόνο ένα δίαυλο διευθύνσεων και δεδομένων. Μέσω του ίδιου διαύλου επικοινωνεί ο επεξεργαστής με την προσωρινή μνήμη αποθήκευσης (RAM ή Data Memory) αλλά και τον αποθηκευτικό χώρο του υπολογιστή (ROM ή Program Memory). Επίσης οι εισοδοί/έξοδοι έχουν απευθείας πρόσβαση στις μνήμες, ακόμη και αν είναι απασχολημένος ο επεξεργαστής.

Η εναλλακτική λύση για τη δομή του Neumann είναι αυτή που βλέπουμε στο Σχήμα 2.4(b). Οι μνήμες (Data και Program) έχουν ανεξάρτητο δίαυλο δεδομένων και διευθύνσεων για την επικοινωνία με τη CPU. Όπως και οι εισοδοί/έξοδοι έχουν το δικό τους σετ από διαδρόμους. Επειδή αυτή η δομή εφευρέθηκε στο πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ, πήρε το ίδιο το όνομα και ονομάζεται *Αρχιτεκτονική του Harvard*.



Σχήμα 2.4. Αρχιτεκτονική στην επικοινωνία με τις Μνήμες **(a)** Von Neumann **(b)** Harvard

Η δομή του Von Neumann είναι απλή, λογική και δίνει ένα συγκεκριμένο τύπο ευελιξίας. Η περιοχή διευθυνσιοδοτήσεων μνήμης μπορεί εύκολα να χωριστεί σε δυο κομμάτια, για μνήμη προγράμματος και δεδομένων αντίστοιχα. Παρόλα αυτά, έχει δυο μειονεκτήματα. Το πρώτο είναι «ένα μέγεθος για όλα» προσέγγιση, δηλαδή χρησιμοποιεί το ίδιο δίαυλο δεδομένων για όλες τις περιοχές μνήμης. Μπορεί κάποια να χρησιμοποιείται για μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων (οπότε και θέλουμε γρήγορο δίαυλο), ενώ άλλη για μικρό (θα μας αρκούσε και ένας χαμηλής ταχύτητας). Η δεύτερη αδυναμία που έχει αυτή η προσέγγιση είναι ότι όλα είναι κοινά. Εάν κάποιος χρησιμοποιεί το δίαυλο, άλλος δεν μπορεί. Επομένως όταν η cpu επικοινωνεί με την προσωρινή μνήμη, ή άλλη είναι αδρανής και αντίστροφα.

Στην προσέγγιση του Harvard έχουμε μεγαλύτερη ευελιξία στο μέγεθος των διαδρόμων, αλλά έχουμε αναπόφευκτα και περισσότερο πολύπλοκα συστήματα. Με την προσωρινή και μόνιμη μνήμη, να έχουν τους δικούς τους διαδρόμους δεδομένων και διευθύνσεων. Μπορούν να έχουν διαφορετικό μέγεθος ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, καθώς και ταυτόχρονη πρόσβαση. Από την αρνητική πλευρά, αυτή η αρχιτεκτονική αναγκάζει στη διάκριση των μνήμων, ακόμη και όταν αυτό δεν είναι επιθυμητό.

2.5. Μικροεπεξεργαστές και Μικροελεγκτές

2.5.1. Μικροεπεξεργαστές (Microprocessors)

Οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές εμφανιστήκαν στις αρχές τις δεκαετίας του 1970. Ένας μικροεπεξεργαστής περιλαμβάνει τις περισσότερες ή όλες τις λειτουργίες μιας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (ΚΜΕ ή CPU) ενός υπολογιστή σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC-Integrated Circuit). Για πρώτη φορά, είχαμε σημαντική επεξεργαστική ισχύ σε αρκετά χαμηλό κόστος και συγκριτικά μικρό χώρο. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν σε ηλεκτρονικές αριθμομηχανές. Σταδιακά όμως, οι μικροεπεξεργαστές έγιναν πιο αυτόνομοι, για παράδειγμα, συμπεριλάμβαναν διάφορους τύπους μνήμης στο ίδιο τσιπ (chip) με τον επεξεργαστή. Την ίδια στιγμή, η CPU έγινε πιο ισχυρή, πιο γρήγορη και να προχώρησε ταχέως από 8-bit σε 16-bit και 32-bit συσκευές.



Εικόνα 2.5.1. Ο Πρώτος Μικροεπεξεργαστής (Intel 4004)

Η ανάπτυξη του μικροεπεξεργαστή οδήγησε ευθέως σε εφαρμογές όπως ο προσωπικός υπολογιστής (PC). Έτσι οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές έχουν συχνότητα ρολογιού που κυμαίνεται από εκατοντάδες megahertz (MHz) έως αρκετά gigahertz (GHz). Παράλληλα, αυξήθηκε η πολυπλοκότητα και ο αριθμός των τρανζίστορ που αποτελούν ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα. Ο ρυθμός αύξησης των τρανζίστορ περιγράφεται από τον νόμο του Μουρ (Moore's Law), που ισχύει μέχρι σήμερα και προβλέπει τον διπλασιασμό του αριθμού των τρανζίστορ, που ενσωματώνονται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, κάθε 18 μήνες.

2.5.2. Μικροελεγκτές (Microcontrollers)

Ο μικροελεγκτής 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.

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές 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 μικροελεγκτές για ενσωματωμένα συστήματα, έχουμε 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.

Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

- 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, 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.
- Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους είναι απαντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard, η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων (πχ οι σειρές AVR από την Atmel και PIC από την Microchip). Στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται η ενιαία διάταξη μνήμης τύπου Von Neumann.

2.5.3 Συνήθη Υποσυστήματα Μικροελεγκτών

Στον μικροεπεξεργαστή, το ολοκληρωμένο κύκλωμα που τον αποτελεί περιέχει μόνο την Λογική και Αριθμητική Μονάδα (ALU), στοιχειώδεις καταχωρητές (registers), προσωρινή μνήμη RAM πολύ υψηλής ταχύτητας (cache memory) και, κάποιες φορές, τον ελεγκτή μνήμης (memory controller). Όμως, για τη λειτουργία ενός πλήρους ενσωματωμένου υπολογιστικού συστήματος, απαιτούνται πολλά εξωτερικά υποσυστήματα και περιφερειακά.

Τέτοια είναι:

- Κύκλωμα συνδετικής λογικής (glue logic) για τη σύνδεση των εξωτερικών μνημών και άλλων περιφερειακών παράλληλης σύνδεσης στην αρτηρία δεδομένων (bus) του επεξεργαστή.
- Μνήμη προγράμματος (τύπου ROM, FLASH, EPROM κλπ) η οποία περιέχει το λογισμικό του συστήματος. Σε κάποια μοντέλα, είναι δυνατό το κλείδωμα αυτής της μνήμης, μετά την εγγραφή της, ώστε να προστατευτεί το περιεχόμενό της από αντιγραφή.
- Μόνιμη μνήμη αποθήκευσης παραμέτρων λειτουργίας (τύπου EEPROM ή NVRAM) η οποία να μπορεί να γράφεται τον πυρήνα του μικροελεγκτή. Αυτή η μνήμη έχει, έναντι της FLASH, το πλεονέκτημα της δυνατότητας διαγραφής και εγγραφής οποιουδήποτε μεμονωμένου byte.
- Κύκλωμα αρχικοποίησης (reset).
- Διαχειριστή αιτήσεων διακοπής (interrupt request controller) από τα περιφερειακά.
- Κύκλωμα επιτήρησης τροφοδοσίας (brown-out detection) το οποίο παρακολουθεί την τροφοδοσία και αρχικοποιεί ολόκληρο το σύστημα όταν αυτή πέσει κάτω από τα ανεκτά όρια, προλαμβάνοντας έτσι την αλλοίωση των δεδομένων.
- Κύκλωμα επιτήρησης λειτουργίας (watchdog timer) το οποίο αρχικοποιεί το σύστημα, αν αυτό εμφανίσει σημάδια δυσλειτουργίας λόγω κολλήματος (hang).
- Τοπικό ταλαντωτή για την παροχή παλμών χρονισμού (clock).
- Έναν ή περισσότερους χρονιστές-απαριθμητές υψηλής ταχύτητας (hardware timer-counter) για τη δημιουργία καθυστερήσεων, μέτρηση διάρκειας γεγονότων, απαρίθμηση γεγονότων και άλλων λειτουργιών ακριβούς χρονισμού.
- Ρολόι πραγματικού χρόνου (Real Time Clock, RTC) το οποίο τροφοδοτείται από ανεξάρτητη μπαταρία και γι αυτό πρέπει να έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.
- Σειρά ανεξάρτητων ψηφιακών εισόδων και εξόδων (Parallel Input-Output, PIO).

Κεφάλαιο 3

3. Διαδεδομένες Κατηγορίες Μικροελεγκτών

Λόγω του ισχυρότατου ανταγωνισμού αλλά και της τάσης ενσωμάτωσης των μικροελεγκτών σε κάθε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή, η βιομηχανία μικροελεγκτών έχει καταλήξει στην παραγωγή ανταγωνιστικών μοντέλων μαζικής παραγωγής καθώς και μικροελεγκτών για πιο εξειδικευμένες εφαρμογές.

Έτσι διακρίνονται οι εξής κυρίως κατηγορίες:

Μικροελεγκτές (καμιά φορά 4-bit αλλά συνήθως 8-bit) πολύ χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με πολύ μικρό αριθμό ακροδεκτών (ακόμη και λιγότερους από 8). Σχεδιάζονται με έμφαση στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος και την αυτάρκεια, ώστε να χρειάζονται ελάχιστα ή και καθόλου εξωτερικά εξαρτήματα και να μη μπορεί να αντιγραφεί εύκολα το εσωτερικό λογισμικό τους. Απουσιάζει η δυνατότητα επέκτασης της μνήμης τους. Μερικά μοντέλα είναι ευρέως γνωστά στους ερασιτέχνες ηλεκτρονικούς, όπως π.χ. οι περισσότεροι μικροελεγκτές των σειρών PIC (Microchip), AVR (Atmel) και 8051 (Intel, Atmel, Dallas κ.).

Μικροελεγκτές (συνήθως 8-bit αλλά και 16 ή 32-bit) χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες UART, I2C, SPI ή CAN, μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό. Στους κατασκευαστές της Άπω Ανατολής (Ιαπωνία, Κορέα), συνηθίζεται η ενσωμάτωση ελεγκτών οθόνης υγρών κρυστάλλων και πληκτρολογίου. Μερικές φορές παρέχουν δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους.

Μικροελεγκτές (κυρίως 32-bit) μέσου κόστους, γενικής χρήσης, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Χαρακτηρίζονται από έμφαση στην ταχύτητα εκτέλεσης εντολών, υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής ή εξωτερικής μνήμης προγράμματος (FLASH) και RAM. Στο χώρο αυτό έχουν ισχυρή παρουσία οι αρχιτεκτονικές με υψηλή μεταφερισιμότητα λογισμικού (portability) από τον ένα στον άλλο κατασκευαστή. Πχ μεταξύ των μικροελεγκτών τύπου ARM ή MIPS, το σύνολο των βασικών εντολών που αναγνωρίζει η ALU είναι ακριβώς το ίδιο, μειώνοντας έτσι τις μεγάλες αλλαγές στο λογισμικό, όταν στο μέλλον ο πελάτης υιοθετήσει ένα μικροελεγκτή άλλου κατασκευαστή (αρκεί, φυσικά, να υποστηρίξει κι αυτός το σύνολο εντολών ARM ή MIPS, αντίστοιχα).

Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών, οι οποίοι ενσωματώνουν συνήθως κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο υλοποιείται πάντοτε σε hardware. Τέτοιοι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως τα μόντεμ.

Η μεγάλη μερίδα πωλήσεων των μικροελεγκτών εξακολουθεί να αφορά αυτούς των 8-bit, καθώς είναι η κατηγορία με το χαμηλότερο κόστος και το μικρότερο μέγεθος λογισμικού για το ίδιο αποτέλεσμα, ιδίως επειδή οι σύγχρονες οικογένειες μικροελεγκτών 8-bit έχουν πολύ βελτιωμένες επιδόσεις σε σχέση με το παρελθόν.

3.1 Ο MSP430 της Texas Instruments

Ο MSP430 κατασκευάστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990, έχει ένα απλό 16-bit επεξεργαστή με την αρχιτεκτονική του Harvard (ή και Princeton Architecture) και είναι σχεδιασμένος για χαμηλής ισχύος εφαρμογές. Η CPU χρησιμοποιεί μειωμένο σετ εντολών (RISC), αυτό είναι και το πλεονέκτημα του.



Εικόνα 3.1. Οικογένεια των Μικροελεγκτών MSP430 της

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του είναι ότι έχει σχεδιαστεί με μεταγλωττιστές (Compilers), που σημαίνει ότι μπορεί να προγραμματιστεί σε γλώσσα C, είναι σημαντικό γιατί ένας μεταγλωττιστής μπορεί να παράγει συμπαγή και αποτελεσματικό κώδικα.

Ο MSP430 είναι ο απλούστερος στο χαρτοφυλάκιο της TI, τα πιο ισχυρά αδέλφια του είναι ο TMS470 (32/16-bit ARM7) και ο C2000 (με ενσωματωμένο ψηφιακό επεξεργαστή σήματος).

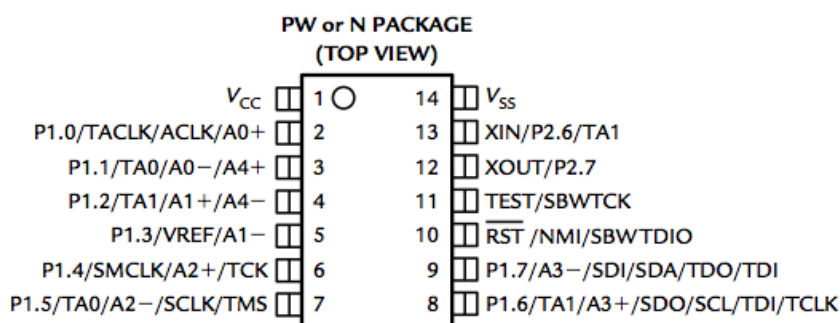
Αρκετά χαρακτηριστικά που κάνουν κατάλληλο το MSP430 είναι και τα παρακάτω:

- Ο επεξεργαστής είναι μικρός και αποτελεσματικός, με μεγάλο πλήθος καταχωρητών.
- Είναι εξαιρετικά εύκολο να μπει σε κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης (ισχύος). Δεν χρειάζονται ειδικές οδηγίες, άπλα ελέγχεται από bit στο καταχωρητή κατάστασης και μπορεί να επιστρέψει αυτόματα με μια διακοπή συμβάντος (interrupt).
- Υπάρχουν διάφορα επίπεδα χαμηλής κατανάλωσης ανάλογος το είδος της εφαρμογής.
- Ένα ευρύ πλήθος περιφερειακών είναι διαθέσιμο, πολλά από τα οποία μπορούν να τρέξουν χωρίς την χρήση της Κ.Μ.Ε. για αρκετό χρόνο.
- Μπορούν να οδηγήσουν οθόνες υγρών κρυστάλλων, που πολλές φορητές συσκευές περιλαμβάνουν.
- Υπάρχει ευρεία επιλογή ρολογιών. Τυπικά, στα 32KHz που χρησιμοποιείται για να “ξυπνάει” περιοδικά η συσκευή. Το κύκλωμα μπορεί να επανέλθει σε λιγότερο από 1sec. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να επανέλθει γρήγορα, να εκτελέσει τα καθήκοντα του και να επιστρέψει σε κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης.

Σήμερα είναι διαθέσιμες 4 οικογένειες του MSP430. Οι διαφοροποιήσεις είναι στο τύπο μνήμης, στους ακροδέκτες, στον τύπο των μετρήσεων που είναι εξειδικευμένοι, στα περιφερειακά που μπορούν να υποστηρίξουν.

MSP430F2003-F2013

Μια πολύ δημοφιλής έκδοση που χρησιμοποιείται και για εκπαιδευτικούς σκοπούς είναι ο MPS430F2003 και F2013. Είναι διαθέσιμο σε ένα 14-pin dual-in-line πακέτο. Το πιο προφανές χαρακτηριστικό (Σχήμα 3.1.1) είναι ότι όλοι οι ακροδέκτες έχουν πολλές λειτουργίες. Αυτό είναι χαρακτηριστικό όλων των συγχρόνων μικροελεγκτών, γιατί το πυρίτιο που είναι κατασκευασμένο μπορεί να είναι φθηνό, οι άλλα οι ακροδέκτες (pins) όχι και τόσο. Στόχος είναι να ενταχθούν όσο το δυνατό περισσότερες λειτουργίες σε μικρότερο πακέτο. Παρακάτω βλέπουμε μια περιγραφή των λειτουργιών για κάθε ακροδέκτη.



Σχήμα 3.1.1. Λειτουργίες Ακροδεκτών (pin-outs) του MSP430F2003-2013

V_{CC} - V_{SS} είναι τροφοδοσία και γείωση.

P1.0-P1.7, P2.6 και **P2.7** ψηφιακές εισοδοι/έξοδοι.

TACLK, TA0 και **TA1**. Το TACLK μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως είσοδο ρολογιού, ενώ TA0 και TA1 μπορεί να είναι εισοδοι ή έξοδοι και να χρησιμοποιηθούν ανάλογος την εφαρμογή.

A0± - A4± είναι εισοδοι στον ADC (αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα). **VREF** είναι η τάση αναφοράς για τον μετατροπέα.

ACLK και **SMCLK** είναι έξοδοι για το σήμα ρολογιού του μικροελεγκτή του. Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν ένα ρολόι σε εξωτερικά στοιχεία ή για διαγνωστικούς σκοπούς.

SCLK, SDO και **SCL** χρησιμοποιούνται για την σειριακή διασύνδεση, η οποία επικοινωνεί με εξωτερικές συσκευές χρησιμοποιώντας τη σειριακή περιφερειακή διασύνδεση (SPI) ή μεταξύ των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (I2C).

XIN και **XOUT** είναι οι συνδέσεις για ένα κρύσταλλο, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν ακριβή και σταθερή συχνότητα ρολογιού.

RST είναι ένα σήμα reset(επαναφορά συστήματος).

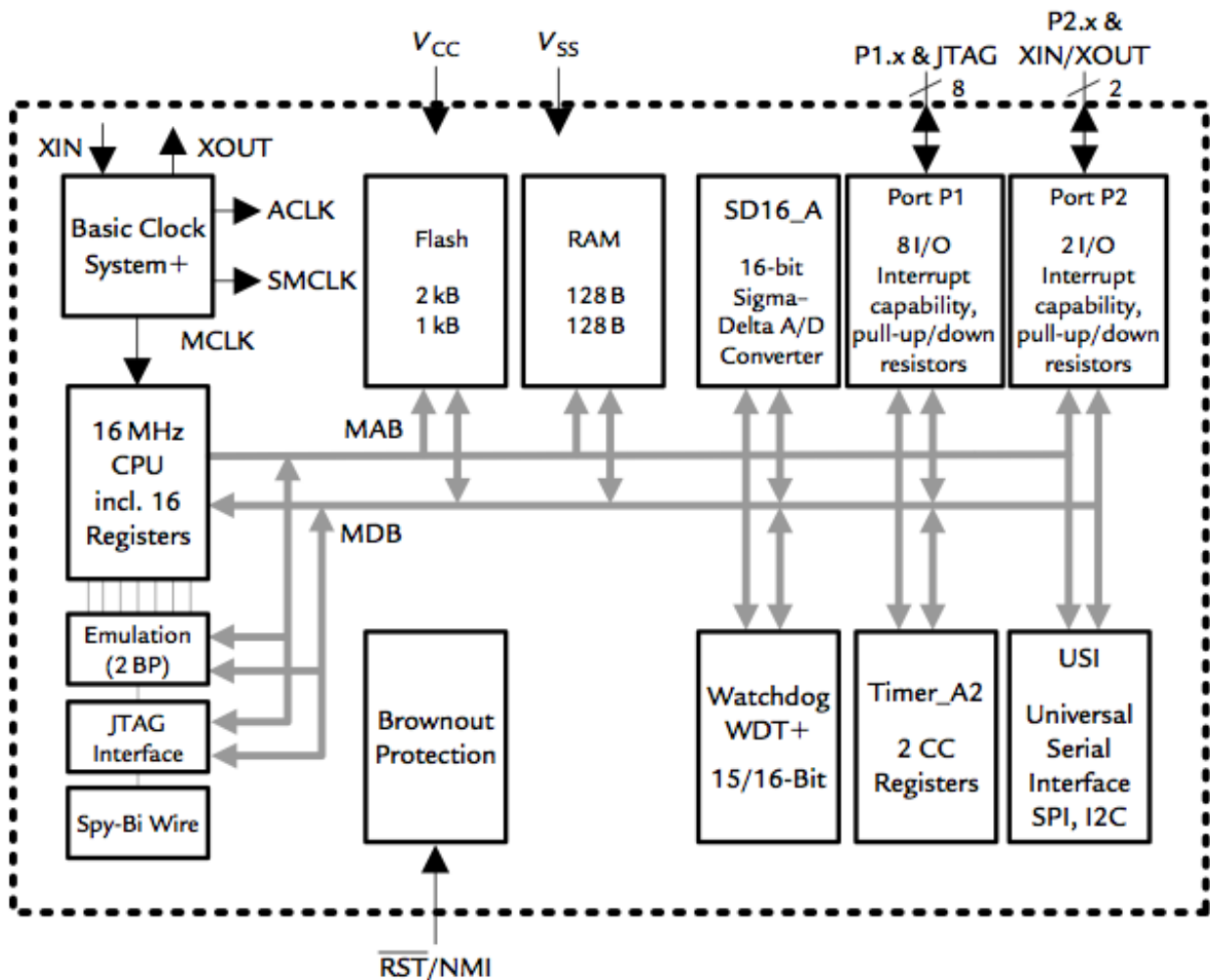
NMI είναι εξωτερική διακοπή, που επιτρέπει ένα εξωτερικό σήμα να διακόψει την κανονική ροή του προγράμματος.

TCK, TMS, TCLK, TDI, TDO και **TEST** χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό και τον εντοπισμό σφαλμάτων στη συσκευή.

SBWTCK SBWDIO εναλλακτική λύση για το προγραμματισμό και εντοπισμό σφαλμάτων.

Μια άλλη παρατήρηση είναι ότι μια λειτουργία μπορεί να την βρεις σε περισσότερους από ένα ακροδέκτες.

Παρακάτω ακολουθεί και η εσωτερική όψη του μικροελεγκτή:



Σχήμα 3.1.2. Εσωτερικό Μπλοκ Διάγραμμα του MSP430F2003-2013

Αριστερά είναι η **CPU** και το ρόλοι του μικροελεγκτή. **JTAG** και **Spy-Bi Wire** είναι τα μπλοκ στην σύνδεση με τον υπολογιστή για το προγραμματισμό και τον εντοπισμό σφαλμάτων. **MAB** (memory address bus) και **MDB** (memory data bus) είναι οι διάδρομοι επικοινωνίας μεταξύ των μπλοκ εσωτερικά του κυκλώματος. Επίσης έχει **flash** και **ram** μνήμη. Το **Brownout Protection** λειτουργεί όταν η τροφοδοσία έρθει σε επικίνδυνες για το κύκλωμα ζώνες. Τα έξι υπόλοιπα μπλοκ δείχνουν τις δυνατότητες διασύνδεσης που έχει η συσκευή (σε άλλα μοντέλα είναι πολύ περισσότερα).

3.2 Ο PIC της Microchip

Ο PIC είχε αρχικά σχεδιαστεί από την εταιρεία General Instruments. Η παραγωγή του είχε προσανατολισμό σε απλές εφαρμογές ελέγχου, από εκεί προέκυψε και το όνομα Peripheral Interface Controller. Στα τέλη της δεκαετίας παράγεται ο PIC 1650 και 1655 επεξεργαστής. Αν και ήταν σχετικά αργό, εν τούτης περιείχε κάποια πολύ σημαντικά και καινοτόμα χαρακτηριστικά. Η απλή CPU με δομή τύπου RISC, με ένα απλό καταχωρητή εργασίας και 30 μόνο εντολές. Οι ακροδέκτες του Ολοκληρωμένου μπορούσαν να δουλέψουν με μεγαλύτερα ρεύματα στις εισόδους/εξόδους. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι που έγιναν και σήμα κατατεθέν για τον PIC – απλότητα, χαμηλό κόστος, υψηλή ταχύτητα και ανεξάρτητο.

Σε πολλές περιπτώσεις οι μικροελεγκτές PIC βρισκόταν μπροστά από τον ανταγωνισμό. Παρά την εξελίξει μετά από τόσα χρόνια ακόμη, συναντάμε χαρακτηριστικά του παλιού γενικού μικροελεγκτή της Instruments. Σε αντίθεση με τους ανταγωνιστές της, η Microchip ανέπτυξε εργαλεία απλά στην χρήση, με χαμηλό κόστος ή και δωρεάν. Επιπλέον, για μεγάλο χρονικό διάστημα έμεινε σταθερά εδραιωμένη στο 8-bit κόσμο.

3.2.1 Ο 8-bit PIC στις μέρες μας

Υπάρχουν εκατοντάδες διαφορετικές συσκευές, προσφέρονται σε διαφορετικές συσκευασίες, για διαφορετικές εφαρμογές. Τα κοινά χαρακτηριστικά όλων αυτών, όλοι έχουν 8-bit PIC, είναι χαμηλού κόστους, αυτόνομα συστήματα, RISC, αρχιτεκτονικής Harvard, έχουν ένα συσσωρευτή (accumulator), με δυνατότητα επαναφοράς.

Στις μέρες μας, η Microchip προσφέρει 8-bit μικροελεγκτές με τέσσερα διαφορετικά προθέματα, 10-, 12-, 16- και 18-, για παράδειγμα 10F200. Κάθε σειρά (series) προσδιορίζεται από τα δυο πρώτα ψηφία του κωδικού της συσκευής. Ο αλφαβητικός χαρακτήρας που ακολουθεί, προσδιορίζει την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία.

Το «C» σημαίνει τεχνολογία CMOS, πού σημαίνει Complementary Metal Oxide Semiconductor, η κορυφαία τεχνολογία για εφαρμογές λογικής χαμηλές σε κατανάλωση.

Το «F» υποδηλώνει την ενσωμάτωση τεχνολογίας flash μνήμης (χρησιμοποιώντας πάλι CMOS για το πυρήνα).

Ένα «A» μετά τον αριθμό υποδηλώνει αναβαθμισμένη συσκευή τεχνολογικά.

Ενώ θα ήταν λογικό να περιμένουμε ότι η ταξινόμηση τις κάθε σειράς θα γινόταν με την αρχιτεκτονική, στην πραγματικότητα είναι πιο χρήσιμο να γίνεται όπως και παρακάτω (Σχήμα 3.2.1.α.), χρησιμοποιώντας την ορολογία το μικροτσίπ.

Family	Example devices	Instruction word size	Stack size (words)	Number of instructions	Interrupt vectors
Baseline	10F200, 12F508, 16F57	12 bit	2	33	None
Mid range	12F609, 16F84A, 16F631, 16F873A	14 bit	8	35	1
High Performance	18F242, 18F2420	16 bit	32	75, including hardware multiply	2 (prioritised)

Σχήμα 3.2.1.α. Οικογένεια PIC 8-bit

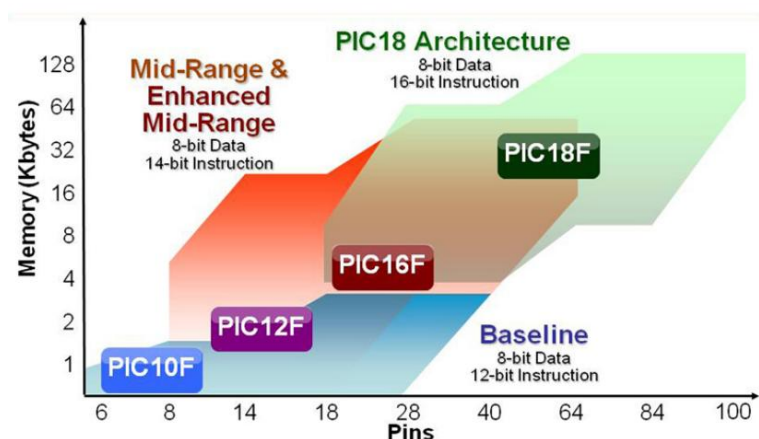
Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, μια σειρά μικροελεγκτών μπορεί να εμπίπτει σε περισσότερες από μια οικογένειες. Για παράδειγμα, μερικοί μικροελεγκτές της σειράς 12 είναι στη βασική (Baseline) αλλά και στην ενδιάμεση (Mid range). Αυτό είναι που στρεβλώνει λίγο τα πράγματα αλλά πρέπει να μάθουμε να ζούμε με αυτό, αν και θα μας δυσκολεύει λιγάκι.

Baseline Family

Η σειρά αυτή είναι ιδανική για εφαρμογές μικρές σε όγκο και το μέγεθος του ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι μικροσκοπικό. Παρά το μικρό το μικρό τους μέγεθος και την απλή αρχιτεκτονική, οι μικροελεγκτές αυτής της σειράς φέρουν μερικές πολύ σημαντικές δυνατότητες. Για παράδειγμα, συμπεριλαμβάνουν ADC (Analogue to Digital Converter) και EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) μνήμη. Η Baseline περιλαμβάνει όλες τις σειρές 10 και μερικές από τη 12. Υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για αυτού του μεγέθους τα ολοκληρωμένα.

Mid-range Family

Αυτή η οικογένεια περιέχει πολλές απλές αλλά σημαντικές αναβαθμίσεις, σε σύγκριση με την προηγούμενη οικογένεια. Η ενσωμάτωση διακοπής (Interrupt) και το μέγεθος της στοίβας είναι αυξημένο. Το ρεπερτόριο εντολών έχει μια μικρή επέκταση από της βασικής οικογένειας. Η εισαγωγή των διακοπών επιτρέπει την διασύνδεση με μεγαλύτερο πλήθος αλλά και πιο εξελιγμένων περιφερειακών. Η Mid-range περιλαμβάνει όλοι τη σειρά 16 και μερικά από τη 12. Έχει αναπτυχθεί μεγάλη ποικιλία, με πολλά διαφορετικά περιφερειακά και τεχνικές βελτιώσεις. Διαθέτουν πολύ κάλες μνήμες είναι ισχυροί και πολύ ευέλικτη.



Σχήμα 3.2.1. Οι οικογένειες των PIC μικροελεγκτών

High-performance Family

Σε αυτή την οικογένεια της Microchip συναντάμε τους πιο εξελιγμένους επεξεργαστές. Το ρεπερτόριο των εντολών έχει αυξηθεί σημαντικά (στις 75 εντολές) και έχει σχεδιαστεί με σκοπό να διευκολύνει την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού C. Ορισμένες εκδόσεις έχουν διευρυμένο σετ εντολών και δυο διανύσματα διακοπών, στα οποία μπορεί να δοθεί και προτεραιότητα.

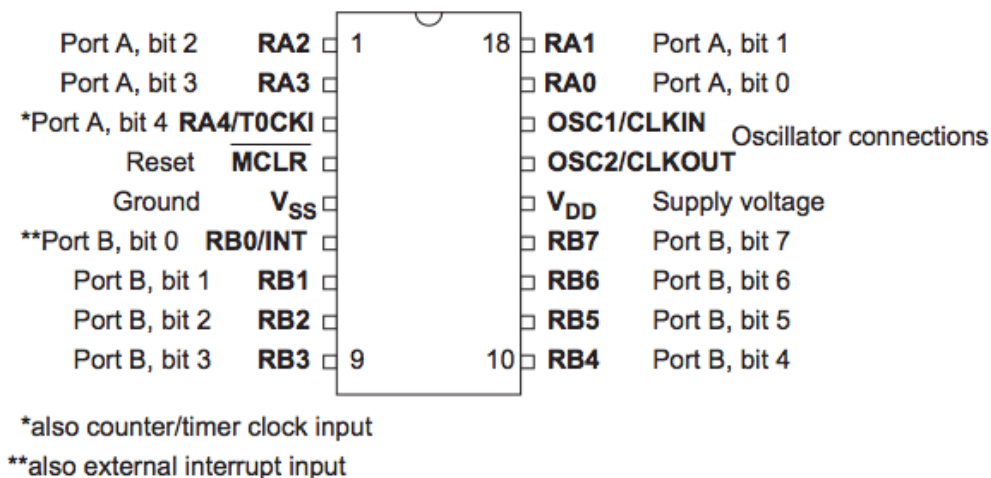
3.2.2 Ο PIC16F84A

Ένας πολύ δημοφιλής ελεγκτής είναι ο PIC16F84, χρησιμοποιείται ευρέως και ανήκει στην ενδιάμεση κατηγορία. Η mid-range οικογένεια να αναφέρουμε ότι μεγαλώνει με ταχείς ρυθμούς και μεγάλη ποικιλομορφία. Επομένως η οικογένεια εδώ έχει μια πιο διευρυμένη σημασία. Πάρο όλα αυτά όλοι έχουν ίδιους πυρήνες και ίδια σετ εντολών.



Εικόνα 3.2.2.α. Ο μικροελεγκτής PIC16F84A

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα έχει 18 ακροδέκτες, οπότε και δεν έχουμε μεγάλη πίεση στο να στριμώξουμε πολλές λειτουργίες σε μερικούς μόνο ακροδέκτες. Ο πυρήνας του είναι χρονισμένος στα 20 MHz. Έχει 3 είδη μνήμης (RAM, EEPROM, Program Memory). Από επιπλέον χαρακτηριστικά έχει 2 εισόδους/εξόδους και μετρητή (timer). Η απλότητα του τον κάνει εξαιρετική επιλογή, για εισαγωγική συσκευή. Είναι διαθέσιμος σε διαφορετικά περιβλήματα, με διαφορετικές ανοχές σε θερμοκρασίες, αλλά υπάρχουν επιλογές σε ταχύτητες ρολογιού. Στον PIC16F84A υπάρχει έκδοση με 4 MHz.



Σχήμα 3.2.2.β. Λειτουργίες Ακροδεκτών

V_{dd}-V_{SS} είναι τροφοδοσία και γείωση.

RB0-RB7 & RA0-RA3 είσοδοι/έξοδοι.

OSC1-2 είσοδος/έξοδος ταλαντωτή.

CLKIN-OUT είσοδος/έξοδος ρολογιού.

MCLR (master clear) ακροδέκτης reset.

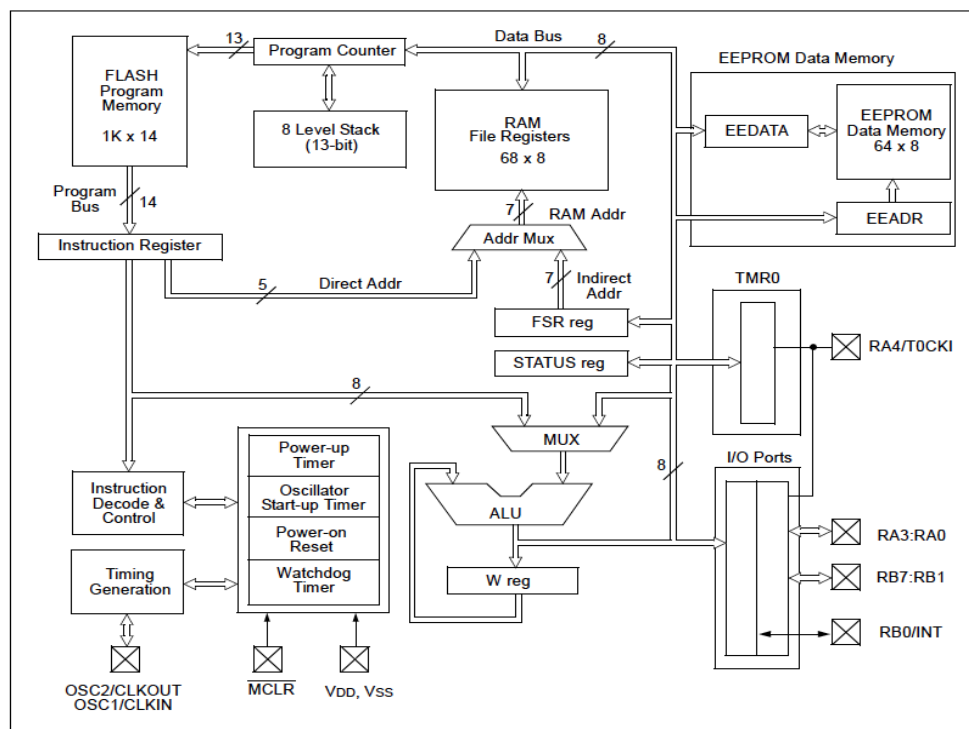
T0CKI είσοδος για μετρητή/χρονιστή.

INT εξωτερική διακοπή.

Device number	Number of pins*	Clock speed	Memory (K = Kbytes, i.e. 1024 bytes)	Peripherals/special features
16F84A	18	DC to 20 MHz	1K program memory, 68 bytes RAM, 64 bytes EEPROM	1 8 bit timer, 1 5 bit parallel port, 1 8 bit parallel port, ICSP
16LF84A	18	DC to 20 MHz	as above	as above, with extended supply voltage range
16F84A 04	18	DC to 4 MHz	as above	as above
16F884	40	DC to 20 MHz	4K program memory, 256 bytes RAM, 256 bytes EEPROM	5 parallel ports, 3 counter/timers, enhanced capture/compare/PWM module,
16F887	40	DC to 20 MHz	8K program memory, 368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM	2 serial communication modules, 14 10 bit ADC channels, 2 analog comparators, nanoWatt technology, software selectable oscillator block, ICSP

Σχήμα 3.2.2.γ. Μερική Οικογένεια PIC σειρά 16

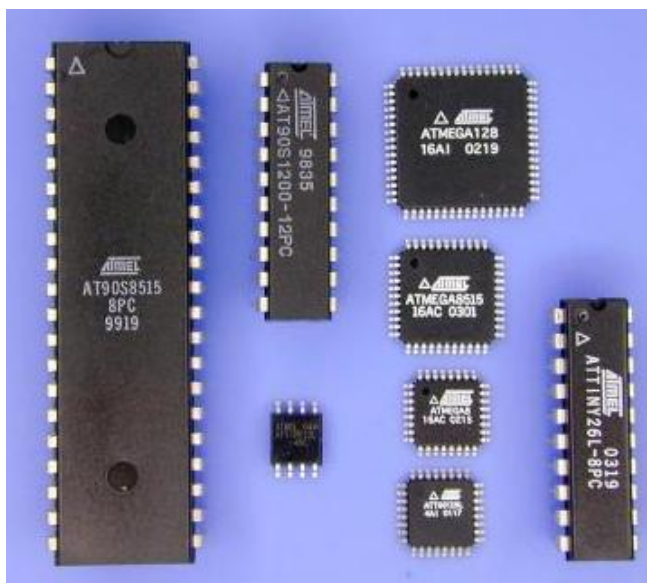
Γενικά η mid-range οικογένεια είναι πολύ μεγάλη, αυξάνεται συνεχώς με νέες εκδόσεις και έχει μεγάλη ποικιλομορφία. Πάρο όλα αυτά παραμένει πιστή στην ιδέα ότι όλοι οι οικογένεια έχει τον ίδιο πυρήνα και το ίδιο σετ εντολών. Η διαφορετικότητα τους είναι στα περιφερειακά τους, στα περιβλήματα με διαφορετικό πλήθος ακροδεκτών και τα χαρακτηριστικά τους. Ένα παράδειγμα στο Σχήμα 3.2.5 της διαφορετικότητας στην ίδια κατηγορία.



Σχήμα 3.2.2.δ. Μπλοκ διάγραμμα PIC 16F84A

3.3 Η οικογένεια AVR της ATMEL

Το 1996 η εταιρεία ημιαγωγών, Atmel, κυκλοφόρησε ένα νέο προϊόν που ονομάστηκε AVR. Ο AVR είναι ένα chip μικροελεγκτή σχεδιασμένο από το μηδέν, με ρεπερτόριο εντολών για τον πυρήνα τύπου RISC. Αυτό ο καινοτόμος μικροελεγκτής χρησιμοποιείται για πρώτη φορά μνήμη τύπου flash, που σημαίνει ότι μπορούσε εύκολα να αναπρογραμματιστεί με νέο λογισμικό. Ο AVR περιλάμβανε επίσης καινοτομίες γύρω από το πλήθος των I/O, τις δυνατότητες που το είχε το chip που ήταν περισσότερες από τις συνηθισμένες για εκείνη την εποχή.



Εικόνα 3.3. Η οικογένεια μικροελεγκτών AVR της ATMEL

Μετά τον πρώτο 8-bit μικροελεγκτή AVR που κυκλοφόρησε το 1996, υπήρξε μια σταθερή πορεία σε ανάπτυξη καινούργιων AVR, ο καθένας πιο γρήγορος και πιο ικανός από το άλλο. Στις μέρες μας υπάρχει μια οικογένεια 32-bit επεξεργαστών AVR για χρήση σε πολύ απαιτητικές εφαρμογές.

Η οικογένεια AVR έχει μερικά βασικά χαρακτηριστικά:

- Κοινή οικογένεια επεξεργαστών με συμβατότητα μεταξύ τους σε όλο το φάσμα, επειδή χρησιμοποιούν ίδιο πυρήνα αρχιτεκτονικής RISC.
- Η συμβατότητα σε κώδικα που έχουν μεταξύ τους τα chip, επιτρέπει στο σχεδιαστή να βρει το σωστό μοντέλο, με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά και το ανάλογο κόστος. Όλες οι μάρκες AVR έχουν τον ίδιο πυρήνα μικροεπεξεργαστή, αλλά κάθε τσιπ της σειράς διαθέτει διαφορετικό σύνολο από πόρτες επικοινωνίας, εύρος περιφερειακών συσκευών που υποστηρίζει, διαφορετικό μέγεθος σε flash και μνήμη RAM. Η μεγάλη γκάμα των προϊόντων, επιτρέπει στο σχεδιαστή να επιλέξει το τσιπ το οποίο είναι κατάλληλο για τις ανάγκες του. Αυτό είναι πολύ σημαντικό κατά το σχεδιασμό των εμπορικών προϊόντων: ο αριθμός και το κόστος των εξαρτημάτων είναι συχνά βασικό κριτήριο στην επιτυχία ή αποτυχία ενός καταναλωτικού προϊόντος.
- Οι μικροελεγκτές ενστερνίζονται το σετ εντολών τύπου RISC, κάνει πολύ καλή χρήση του κάθε κύκλου ρολογιού, που τους επιτρέπει να ξεπεράσουν άλλες αρχιτεκτονικές που

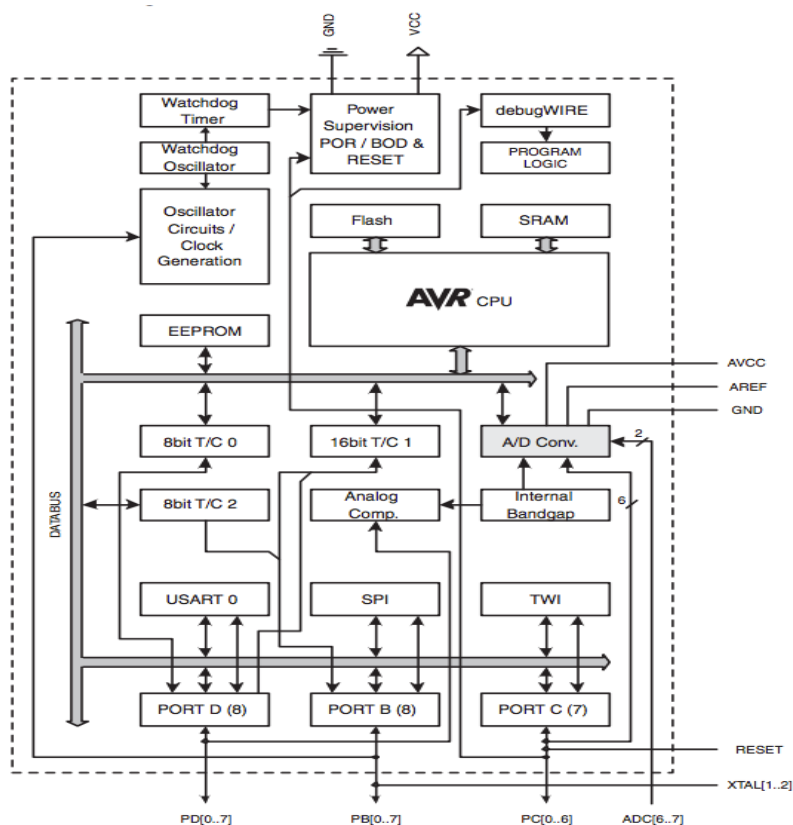
τρέχουν με την ίδια ταχύτητα ρολογιού. Φυσικά, δεδομένου ότι δεν έχουν όλες οι εφαρμογές ανάγκη από υψηλές ταχύτητες, άλλες περισσότερο και άλλες λιγότερο, παρόλα αυτά αν γίνει θέμα είναι μια πολύ καλή επιλογή.

Η AVR οικογένεια έχει κατάληξη να είναι από τους πιο δημοφιλής και πιο ικανούς μικροελεγκτές γενικού σκοπού και έχοντας εξέχουσα θέση στην κατηγορία χαμηλούς κόστους. Επίσης συγκρίνεται ευνοϊκά με άλλων εταιρειών μικροελεγκτές στην ενδιάμεση κατηγορίας (mid-range).

Κάθε τέτοια συσκευή ενσωματώνει επεξεργαστή, μνήμες flash και RAM. Έχει πόρτες εισόδου/εξόδου, χρονιστή, σειριακή θύρα επικοινωνίας (serial port), αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα (ADC) και ενδεχόμενος usb θύρα. Όσο ανεβαίνουμε σε κατηγορίες συμπεριλαμβάνονται περισσότερες δυνατότητες και αλλάζουν τα μεγέθη σε μνήμες ή περιβλήματα και ακροδέκτες.

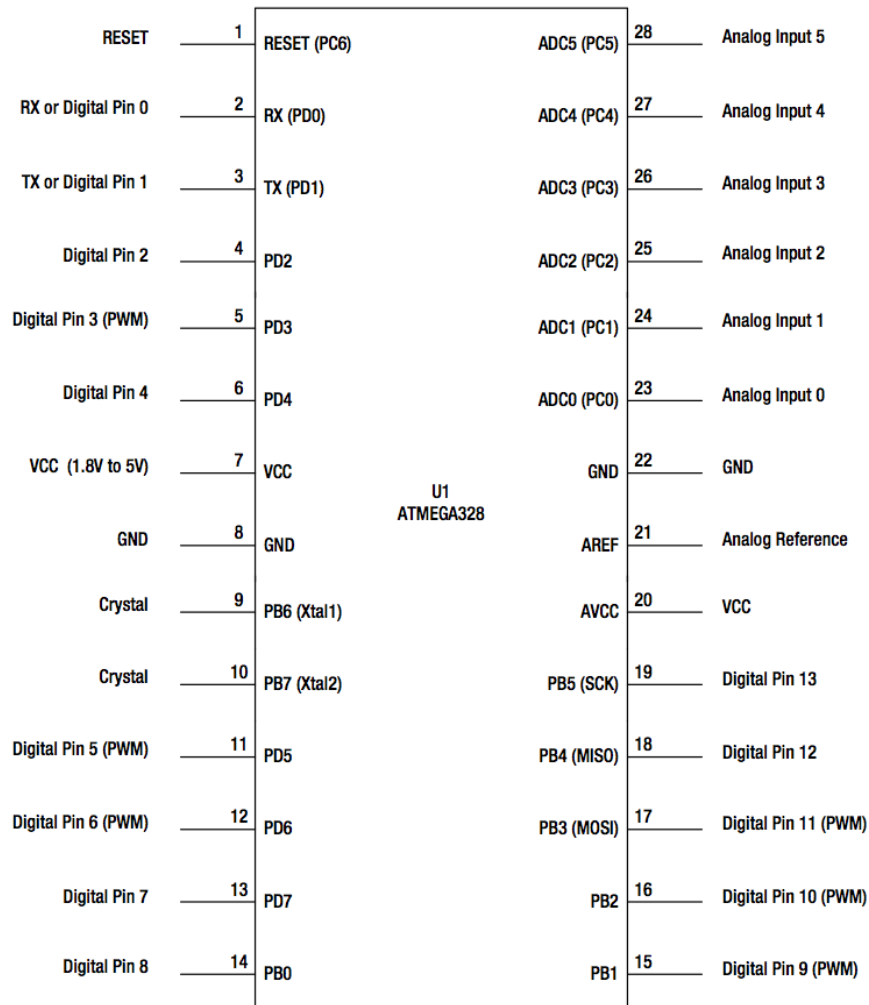
3.3.1. Ο ATMEGA328P της οικογένειας AVR

Είναι έλα μικροελεγκτής υψηλής απόδοσης, με 8-bit επεξεργαστή βασισμένο σε RISC. Η flash μνήμη του έχει μέγεθος 32 Kbytes, 1Kbytes EEPROM και 2Kbytes SRAM. 23 γραμμές εισόδου/εξόδου γενικού σκοπού και χρονισμός του είναι στα 20MHz. Τέλος το σκάφος του αποτελείται από 28 ακροδέκτες. Η εφαρμογές που έχει αυτός ο μικροελεγκτής είναι σπίτια και κτίρια, επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικό αυτοματισμό καθώς και στο έλεγχο με αισθητήρες. Παρακάτω στα Σχήματα 3.3.1.α και 3.3.2.β παρουσιάζονται το μπλοκ διάγραμμα και οι έξοδοι ακροδεκτών του .



Σχήμα 3.3.1.α. Μπλοκ Διάγραμμα του ATMEGA328

Παρακάτω σχεδιάγραμμα παρατηρούμε το είσοδο reset, για επαναφορά του συστήματος. Ψηφιακές και αναλογικές εισόδους. Analog Reference είναι η είσοδος του αναλογικό σήματος για τον μετατροπέα (ADC).



Σχήμα 3.3.1.β. Έξοδοι Ακροδεκτών στον ATMEGA328

3.4 Ο 8051 μικροελεγκτής

Ο επεξεργαστής της Intel 8051 είναι στην ουσία ένας μικροελεγκτής, ο οποίος δημιουργήθηκε από την Intel το 1980 για τη χρήση του σε ενσωματωμένα συστήματα. Ήταν πολύ δημοφιλής από το 1980 μέχρι τις αρχές του 1990, αλλά σήμερα έχει κατά πολύ ξεπεραστεί εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης καινούργιων επεξεργαστών, οι οποίοι έχουν παρόμοιες αλλά και περισσότερες δυνατότητες από τον 8051.

Η οικογένεια της Intel 8051 σχεδιάστηκε αρχικά χρησιμοποιώντας την τεχνολογία NMOS, αργότερα πέρασε στη τεχνολογία CMOS, η οποία αναγνωρίζεται στα τσιπάκια με το γράμμα "C" στο όνομά τους π.χ. 80C51. Η CMOS χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια από την NMOS - κάτι που έκανε τους επεξεργαστές αυτούς να είναι συμβατοί με συσκευές που χρησιμοποιούν μπαταρία.



Εικόνα 3.4. Ο 8051 της Intel

Ο 8051 είναι ένας στοιχειώδης μικροϋπολογιστής αναπτυγμένος σε ένα chip (one-chip microcomputer) των 40 ακροδεκτών. Τα κύρια στοιχεία που έχει πάνω του ο 8051 είναι η μονάδα επεξεργασίας δεδομένων, η μονάδα ελέγχου (στα συστήματα μικροϋπολογιστών αυτές οι δύο μονάδες μαζί αποτελούν τον μικροεπεξεργαστή), η εσωτερική μνήμη RAM, για προσωρινή αποθήκευση δεδομένων, και η εσωτερική μνήμη ROM ή EPROM, για μόνιμη αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων (πίνακες ανάγνωσης δεδομένων). Προς τον έξω κόσμο παρέχει τέσσερις παράλληλες πόρτες των 8 bits για σύνδεση με εξωτερικές συσκευές.

Υπάρχουν και οι μνήμες PROM (Programmable Read Only Memory) που προγραμματίζονται από εμάς, όμως μόνο μία φορά, με τη χρήση ειδικών συσκευών. Αν το περιεχόμενο μιας μνήμης PROM μπορεί να σβηστεί από εμάς με κάποιο τρόπο, όπως είναι η έκθεσή της σε υπεριώδες φως, και μετά αυτή να ξανά προγραμματιστεί, η μνήμη ονομάζεται EPROM (Erasable PROM). Μια μνήμη PROM που μπορεί να σβηστεί με την εφαρμογή κατάλληλης ηλεκτρικής τάσης, χωρίς να εκτεθεί σε υπεριώδες φως, ονομάζεται EEPROM (Electrically Erasable PROM). Τέλος, υπάρχουν και οι μνήμες Flash που αποτελούν μια φθηνή εναλλακτική λύση στη θέση των μνημών PROM και EPROM.

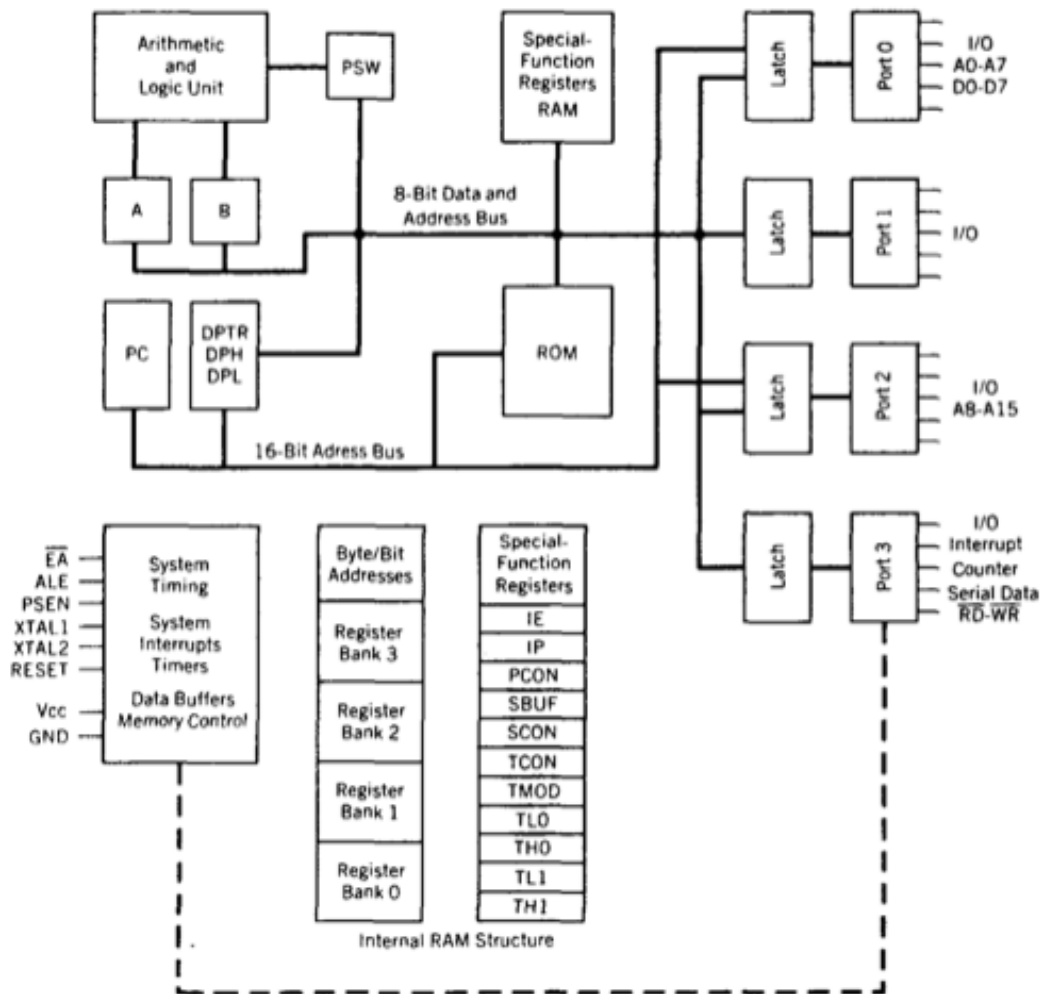
Τα εσωτερικά στοιχεία του 8051 συνδέονται μεταξύ τους με τον εσωτερικό δίαυλο δεδομένων (εσωτερικό data bus), τον εσωτερικό δίαυλο διευθύνσεων (εσωτερικό address bus) και τον εσωτερικό δίαυλο ελέγχου (εσωτερικό control bus). Ένας δίαυλος αποτελείται από έναν αριθμό από παράλληλους αγωγούς-γραμμές μέσω των οποίων μεταφέρονται παράλληλα, δηλ. όλα μαζί ταυτόχρονα, τα ψηφία (bits) ενός αριθμού του δυαδικού συστήματος αρίθμησης. Οι δίαυλοι δεδομένων και διευθύνσεων είναι «εμφανείς» σχηματισμοί παράλληλων γραμμών, ενώ ο δίαυλος ελέγχου είναι απλώς ένας αριθμός γραμμών που μεταφέρουν σήματα (bits) ελέγχου. Ο 8051 έχει επίσης τη δυνατότητα σύνδεσης και με εξωτερικές μνήμες ROM και RAM, αν δεν επαρκούν οι εσωτερικές. Η σύνδεση γίνεται με τη βοήθεια του εξωτερικού διαύλου δεδομένων, του εξωτερικού διαύλου διευθύνσεων και του εξωτερικού διαύλου ελέγχου (γραμμών ελέγχου). Στη συνέχεια του βιβλίου, όταν θα λέμε ROM θα εννοούμε και EPROM ή EEPROM ή μνήμη flash, που όλες χρησιμοποιούνται για αποθήκευση προγραμμάτων, δηλ. κώδικα (code memory).

Κατά την εκτέλεση των εντολών ενός προγράμματος, ο μικροελεγκτής μεταβαίνει από κατάσταση σε κατάσταση στα αρνητικά μέτωπα της παλμοσειράς του **ρολογιού** του. Το κύκλωμα ρολογιού του 8051 βρίσκεται στο εσωτερικό του, αλλά για τη λειτουργία του απαιτείται η σύνδεση με το chip του 8051 κατάλληλου εξωτερικού κρυστάλλου που ρυθμίζει και τη συχνότητα του ρολογιού. Η συχνότητα ρολογιού f για τον 8051 είναι μερικά MHz. Μια τυπική τιμή της είναι τα 12 MHz.

Ο χρήστης χρησιμοποιεί τον 8051 για να εγγράψει κάποια στιγμή στη μνήμη του EPROM (εσωτερική ή εξωτερική) ένα πρόγραμμα που θα τρέχει συνεχώς, ώστε αυτός να κάνει μια συγκεκριμένη δουλειά, π. χ. να ελέγχει τη λειτουργία ενός πλυντηρίου. Η εγγραφή του προγράμματος αυτού στη μνήμη EPROM ονομάζεται προγραμματισμός της μνήμης EPROM και γίνεται με τη βοήθεια ειδικών συσκευών, που ονομάζονται προγραμματιστές μνημών EPROM ή προγραμματιστές chips μικροεπεξεργαστών / μικροελεγκτών. Η απαιτούμενη τάση τροφοδοσίας του 8051, ώστε αυτός να λειτουργεί και να εκτελεί το αποθηκευμένο πρόγραμμά του, είναι +5 Volt. Με τη διακοπή της τροφοδοσίας δεν χάνεται το αποθηκευμένο στη μνήμη EPROM πρόγραμμα. Όμως, για τον προγραμματισμό της μνήμης του EPROM, απαιτούνται και εφαρμόζονται στον 8051 και ηλεκτρικές τάσεις υψηλότερες των +5 Volt.

Το πρόγραμμα που τρέχει ο 8051 είναι γραμμένο στη **γλώσσα μηχανής** του ως διαδοχή bytes, τα οποία κωδικοποιούν τις εντολές του. Επειδή το να μάθουμε να προγραμματίζουμε τον 8051, και κάθε επεξεργαστή, σε γλώσσα μηχανής χρησιμοποιώντας bytes είναι βασανιστικό, δόθηκε στις εντολές της γλώσσας μηχανής μια συμβολική μορφή, η οποία χρησιμοποιεί συντμήσεις λέξεων της Αγγλικής γλώσσας. Έτσι προέκυψε η **συμβολική γλώσσα** ή **γλώσσα assembly** του 8051. Αυτήν πραγματευόμαστε στο παρόν βιβλίο. Η γλώσσα μηχανής και η γλώσσα assembly είναι δύο μορφές της ίδιας γλώσσας. Δεν είναι δύο διαφορετικές γλώσσες.

Ακολουθεί στο Σχήμα 3.4.1 το μπλοκ διάγραμμα και οι έξοδοι ακροδεκτών στο 3.4.2.



Σχήμα 3.4.1. Μπλοκ Διάγραμμα 8051

Παρατηρούμε 4 εισόδους/εξόδους (I/O), μετρητή προγράμματος (Program Counter), αριθμητική και λογική μονάδα (Arithmetic Logic Unit), ROM και RAM μνήμη, κύκλωμα ρολογιού (clock circuit).

Τα χαρακτηριστικά του είναι τα ακόλουθα:

- 8-bit CPU με καταχωρητή A (Accumulator) και B.
- 16-bit μετρητή προγράμματος (PC) και δείκτη δεδομένων (DPTR – Data Pointer).
- 8-bit δείκτη στοίβας (Stack Pointer).
- Εσωτερική μνήμη ROM 4Kbytes.
- Εσωτερική μνήμη RAM 128bytes.
- 2 εξωτερικές και 3 εσωτερικές διακοπές.
- Ταλαντωτή και Ρολόι χρονισμού.
- Δυο 16-bit μετρητές/χρονιστές T0 και T1.

Port 1 Bit 0	1	P1.0	Vcc	40	+ 5V
Port 1 Bit 1	2	P1.1	(AD0)P0.0	39	Port 0 Bit 0 (Address/Data 0)
Port 1 Bit 2	3	P1.2	(AD1)P0.1	38	Port 0 Bit 1 (Address/Data 1)
Port 1 Bit 3	4	P1.3	(AD2)P0.2	37	Port 0 Bit 2 (Address/Data 2)
Port 1 Bit 4	5	P1.4	(AD3)P0.3	36	Port 0 Bit 3 (Address/Data 3)
Port 1 Bit 5	6	P1.5	(AD4)P0.4	35	Port 0 Bit 4 (Address/Data 4)
Port 1 Bit 6	7	P1.6	(AD5)P0.5	34	Port 0 Bit 5 (Address/Data 5)
Port 1 Bit 7	8	P1.7	(AD6)P0.6	33	Port 0 Bit 6 (Address/Data 6)
Reset Input	9	RST	(AD7)P0.7	32	Port 0 Bit 7 (Address/Data 7)
Port 3 Bit 0 (Receive Data)	10	P3.0(RXD)	(Vpp)/EA	31	External Enable (EPROM Programming Voltage)
Port 3 Bit 1 (XMIT Data)	11	P3.1(TXD)	(PROG)ALE	30	Address Latch Enable (EPROM Program Pulse)
Port 3 Bit 2 (Interrupt 0)	12	P3.2(INT0)	PSEN	29	Program Store Enable
Port 3 Bit 3 (Interrupt 1)	13	P3.3(INT1)	(A15)P2.7	28	Port 2 Bit 7 (Address 15)
Port 3 Bit 4 (Timer 0 Input)	14	P3.4(T0)	(A14)P2.6	27	Port 2 Bit 6 (Address 14)
Port 3 Bit 5 (Timer 1 Input)	15	P3.5(T1)	(A13)P2.5	26	Port 2 Bit 5 (Address 13)
Port 3 Bit 6 (Write Strobe)	16	P3.6(WR)	(A12)P2.4	25	Port 2 Bit 4 (Address 12)
Port 3 Bit 7 (Read Strobe)	17	P3.7(RD)	(A11)P2.3	24	Port 2 Bit 3 (Address 11)
Crystal Input 2	18	XTAL2	(A10)P2.2	23	Port 2 Bit 2 (Address 10)
Crystal Input 1	19	XTAL1	(A9)P2.1	22	Port 2 Bit 1 (Address 9)
Ground	20	Vss	(A8)P2.0	21	Port 2 Bit 0 (Address 8)

Σχήμα 3.4.2. Έξοδοι Ακροδεκτών του 8051

Η εφαρμογές που έχει ο 8051 είναι πάρα πολλές και συνεχίζει να χρησιμοποιείται για διάφορους λόγους. Αρχικά η συσκευή είναι πολύ φθηνή που από οικονομικής πλευράς διαλέγεις την βέλτιστη λύση για την εκάστοτε εφαρμογή. Στους νέους μικροελεγκτές πρέπει να εκπαιδεύσεις στα νέα χαρακτηριστικά και στα προγράμματα που τα απαρτίζουν, που πολλές φορές κοστίζει πολύ παραπάνω από όσο πρέπει σε χρόνο και σε χρήμα.

Κάποιες συνηθισμένες εφαρμογές που μπορούμε να τα συναντήσουμε είναι:

- Σε πληκτρολόγια
- Οθόνες
- Μετρητές Παλμών
- ADConvert και DAConverter επικοινωνίες
- Πολλαπλή είσοδο διακοπών

Κεφάλαιο 4

4. Μεθοδολογία Ανάπτυξης για Ενσωματωμένα Συστήματα

Παρότι δεν υπάρχει «τυπικός τρόπος» ανάπτυξης ενσωματωμένων συστημάτων, υπάρχουν κάποιες γενικές αρχές. Συστήματα τα οποία βασίζονται στην απόλυτη εκμετάλλευση πόρων από μικρής υπολογιστικής ισχύος μικροελεγκτές (π.χ. 8-bit) συχνά αναπτύσσονται σε γλώσσες assembly. Η προσέγγιση αυτή γίνεται όλο και σπανιότερη διότι ακόμη και σε 8-bit μικροελεγκτές υπάρχουν compilers που κάνουν πάρα πολύ καλή δουλειά, και επιτρέπουν την ανάπτυξη σε υψηλές γλώσσες προγραμματισμού όπως η C. Όσο περισσότερο ισχυρός είναι ο χρησιμοποιούμενος επεξεργαστής τόσο η ανάπτυξη μοιάζει με αυτήν σε συμβατικές αρχιτεκτονικές. Οι διεργασίες τρέχουν υποβοηθούμενες από λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου, και η δυνατότητα συντήρησης και εξέλιξης του κώδικα οδηγεί ακόμη και σε ανάπτυξη με γλώσσες όπως η C++ ή η Java. Επειδή όμως σε κάποιες από αυτές τις περιπτώσεις ο κώδικας δεν έχει ιδιαίτερα καλά χαρακτηριστικά όπως καλή ταχύτητα και κατανάλωση ισχύος, κρίσιμα μέρη του προγράμματος συνεχίζουν να αναπτύσσονται σε γλώσσες όπως C και assembly. Αυθαίρετο παράδειγμα είναι ότι ενδεχόμενα σε ένα κινητό τηλέφωνο η διεπαφή με τον χρήστη μπορεί να είναι σε Java αλλά ένα φίλτρο που κάνει αναίρεση ήχους και θορύβου να είναι αναπτυγμένα σε C.

Εν γένει τα περιβάλλοντα ανάπτυξης δίνουν ολοκληρωμένες λύσεις για συγκεκριμένη κατηγορία επεξεργαστών. Αυτό περιλαμβάνει τόσο τα περιβάλλοντα λογισμικού όσο και την υποστήριξη του υπό ανάπτυξη συστήματος με προσομοιωτές και εντός κυκλώματος προσομοιωτές. Τα περιβάλλοντα ανάπτυξης περιλαμβάνουν:

- **Cross compilers:** οι cross compilers λειτουργούν όπως και οι compilers αλλά βγάζουν κώδικα assembly για διαφορετική αρχιτεκτονική από αυτήν στην οποία τρέχουν οι ίδιοι. Για παράδειγμα μπορεί να έχουμε έναν C compiler που να τρέχει σε αρχιτεκτονική Intel x86 (π.χ. σε PC) και ο οποίος βγάζει κώδικα για αρχιτεκτονική Atmel AVR.
- **Cross assemblers:** Ίδια με τους cross compilers αλλά παίρνουν σαν είσοδο γλώσσα assembly αρχιτεκτονικής άλλης από αυτήν στην οποία τρέχουν και βγάζουν εκτελέσιμο κώδικα αντίστοιχο με αυτόν της assembly που δέχονται. Για παράδειγμα, όταν σε προσωπικό υπολογιστή PC τρέχουμε assembler για αρχιτεκτονική MIPS, αυτός είναι cross assembler.
- **Εντός κυκλώματος προσομοιωτές (in-circuit emulators).** Είναι προσομοιωτές που όχι μόνο δίνουν μία λειτουργική προσομοίωση ενός επεξεργαστή αλλά και αναπαράγουν τα χαρακτηριστικά του σε επίπεδο ακροδεκτών, δίνουν δηλαδή σε ένα συνδετήρα (connector) τα λειτουργικά χαρακτηριστικά κάποιου επεξεργαστή (π.χ. Intel 8086) αλλά με τις επί πλέον ιδιότητες του να βλέπει το σύστημα ανάπτυξης θέματα λειτουργίας όπως τα περιεχόμενα των καταχωρητών και της μνήμης. Επί πλέον ο χρήστης μπορεί να εισάγει στον κώδικα σημεία παρακολούθησης (breakpoints) να δημιουργήσει σήματα αντίστοιχα εξωτερικών σημάτων (όπως διακοπές – interrupts) και να αλλάξει κάποια στοιχεία, π.χ. περιεχόμενα καταχωρητών. Οι εντός κυκλώματος καταχωρητές δεν λειτουργούν πάντοτε στην ίδια μέγιστη ταχύτητα όπως οι επεξεργαστές που προσομοιώνουν.

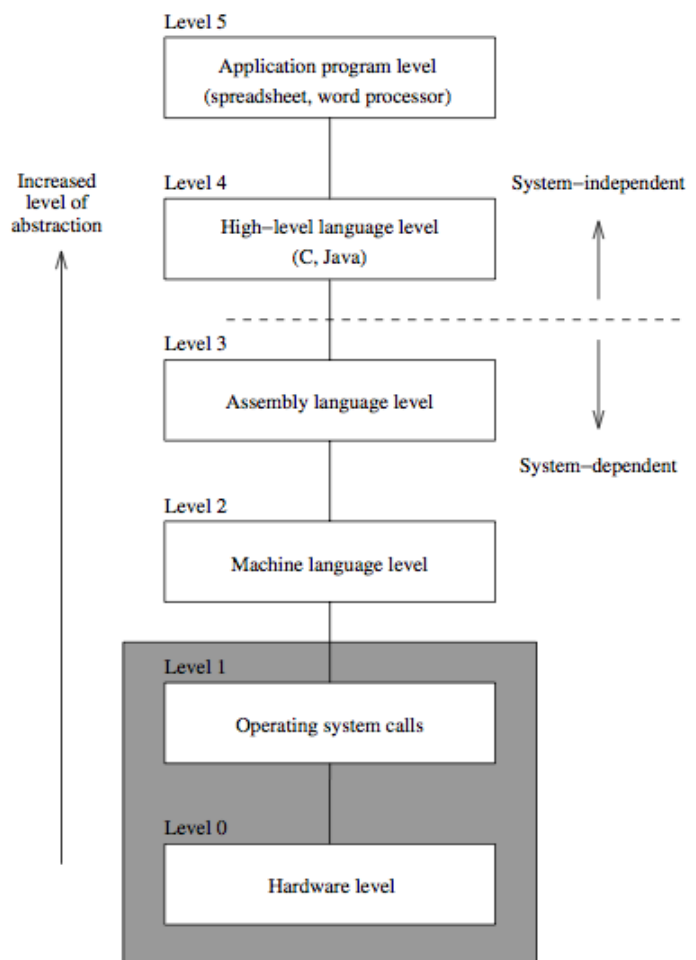
Το Σχήμα 4 δείχνει μια ιεραρχία επιπέδων για το πως οι χρήστες αλληλεπιδρούν με τα υπολογιστικά συστήματα. Στο κορυφή της ιεραρχίας αυτής, βρίσκεται ο χρήστης που αλληλεπιδρά μέσω των εφαρμογών ή της διεπαφής (User Interface) του υπολογιστικού συστήματος. Εδώ ο χρήστης έχει μόνο μια στοιχειώδη γνώση για την χρήση του συστήματος.

Στο επόμενο επίπεδο συναντάμε τις γλώσσες υψηλού επιπέδου όπως είναι η C και Java. Ένας χρήστης που αλληλεπιδρά σε αυτό το επίπεδο, θα πρέπει να έχει λεπτομερή γνώση για ανάπτυξη προγραμμάτων. Αυτοί συνήθως είναι οι προγραμματιστές εφαρμογών. Οι οποίοι όμως δεν έχουν γνώση για λεπτομέρειες εσωτερικά του συστήματος.

Τα επίπεδα 4 και 5 είναι ανεξάρτητα του συστήματος, δηλαδή συνήθως μπορούν να τρέξουν ανεξάρτητα των επεξεργαστή η την χρησιμοποιούμενη πλατφόρμα. Οι μεταγλωττιστές (Compilers) κάνουν αυτή την δουλειά για τον χρήστη, πολύ εύκολη υπόθεση. Αντιθέτως, στα παρακάτω επίπεδα η ανάπτυξη λογισμικού είναι εξαρτώμενη από το σύστημα.

Στο επίπεδο 3 είναι γλώσσα προγραμματισμού Assembly και χαρακτηρίζεται ως χαμηλού επιπέδου προγραμματισμός, γιατί κάθε εντολή εκτελεί ένα πολύ χαμηλό επίπεδο εργασίας, σε σχέση με τις υψηλού επιπέδου. Κατά συνέπεια η εκτέλεση μια ίδιας εργασίας, σε αυτό το επίπεδο, ο κώδικας έχει πολύ μεγαλύτερη έκταση. Η Assembly γλώσσα είναι εγγενής με τον επεξεργαστή του συστήματος. Δηλαδή το ίδιο πρόγραμμα δεν μπορεί να εκτελεστεί από διαφορετικούς επεξεργαστές. Αυτό συμβαίνει επειδή ο εκάστοτε προγραμματισμός στη γλώσσα Assembly απαιτεί να έχει γνώσεις για την αρχιτεκτονική του επεξεργαστή, την οργάνωση της μνήμης και ούτω καθεξής.

Η γλώσσα μηχανής (Machine language) είναι στενός συγγενής της γλώσσας Assembly. Τυπικά υπάρχει μια σχέση αντιστοιχίας στις εντολές μεταξύ των δυο αυτών γλωσσών. Ο επεξεργαστής καταλαβαίνει μόνο εντολές σε γλώσσα μηχανής, δηλαδή συμβολοσειρές (Strings) από 0 και 1. Αν και χαμηλού επιπέδου είναι πολύ ασφαλή και δεν θα σας προδώσει ποτέ.



Σχήμα 4. Ιεραρχία επιπέδων στην επικοινωνία χρήστη με υπολογιστικό σύστημα.

4.1 Γλώσσα Assembly

Η γλώσσα Assembly είναι στενά συνδεδεμένη και εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του επεξεργαστή καθώς και από το σετ εντολών του. Θα θυμόμαστε ότι έχουμε 2 τύπους από επεξεργαστές τους CISC και τους RISC.

Ο κώδικας της γλώσσας αυτής θα πρέπει να επεξεργάζεται, ώστε να μετατρέπεται σε γλώσσα μηχανής. Τη γλώσσα μηχανής είναι που καταλαβαίνει το σύστημα. Το πρόγραμμα που κάνει αυτή τη μεταφράσει ονομάζεται Assembler.

Η παραπάνω δυσκολία ξεπεράστηκε με το να χρησιμοποιείται για κάθε μία εντολή της γλώσσας μηχανής ένα συμβολικό όνομα, προερχόμενο από την αγγλική γλώσσα. Οι εντολές του 8051, γραμμένες με αυτά τα συμβολικά ονόματα, συνιστούν τη συμβολική γλώσσα ή γλώσσα assembly του 8051. Ενώ στις γλώσσες ανωτέρου επιπέδου (π. χ. BASIC, C κ.λπ.) κάθε εντολή αυτών αντιστοιχεί σε αρκετές έως πολλές εντολές της γλώσσας μηχανής, οι εντολές της γλώσσας assembly αντιστοιχούν μία προς μία με τις εντολές της γλώσσας μηχανής. Πρόκειται για την ίδια γλώσσα, αλλά σε μορφή πολύ κατανοητή και εύχρηστη από τον χρήστη.

Στη γλώσσα assembly, η εντολή που μεταφέρει στον συσσωρευτή A το περιεχόμενο του καταχωρητή R0 γράφεται ως MOV A,R0. Επίσης, η εντολή πρόσθεσης στον A του περιεχομένου της θέσης μνήμης RAM που έχει διεύθυνση 29H γράφεται ως ADD A,29H. Η ευκολία που μας παρέχει η χρήση της γλώσσας assembly είναι εμφανής.

Εμείς θα γράφουμε ένα πρόγραμμα στη γλώσσα assembly, χρησιμοποιώντας έναν κειμενογράφο (editor), το δίνουμε ως είσοδο στον συμβολομεταφραστή ή assembler, και αυτός μας παρέχει το ίδιο πρόγραμμα μεταφρασμένο σε γλώσσα μηχανής. Σε μια πρακτική εφαρμογή, το πρόγραμμα μηχανής θα το αποθηκεύουμε στη μνήμη EPROM χρησιμοποιώντας κατάλληλο προγραμματιστή (programmer) για το chip του 8051.

Παράδειγμα

Το παρακάτω παράδειγμα είναι σε γλώσσα assembly του 8051 και υπολογίζει το πλήρες άθροισμα των απολύτων τιμών των περιεχομένων των θέσεων του μπλοκ θέσεων μνήμης RAM από τη διεύθυνση 38H μέχρι και τη διεύθυνση 51H και το αποθηκεύει στον καταχωρητή DPTR.

Πρόκειται για πρόγραμμα επαναληπτικής διαδικασίας, η οποία θα εκτελεστεί 51H-38H+1=19H+1=1AH φορές. Σε κάθε επανάληψη, ένα δεδομένο θα εξετάζεται αν είναι θετικό ή αρνητικό. Αν είναι αρνητικό, θα σχηματίζεται το αντίθετό του (δηλ. θα παίρνεται το συμπλήρωμά του ως προς 2) και θα προστίθεται στο 8-bit μερικό άθροισμα που θα το αποθηκεύουμε κάπου (π. χ. στον καταχωρητή R5). Αν το δεδομένο είναι θετικό, θα το προσθέτουμε απ' ευθείας στο μερικό άθροισμα. Ένας άλλος καταχωρητής, π. χ. ο R4, θα συσσωρεύει τα κρατούμενα που θα προκύπτουν από τις προσθέσεις.

Το πρόγραμμα ακολουθεί:

```

MOV R0,#38H      ;Ο R0 θα δείχνει μέσα στο μπλοκ μνήμης.
MOV R2,#1AH      ;Μετρητής επαναλήψεων.
MOV R5,#00H      ;Θα κρατά το 8-bit μερικό άθροισμα.
MOV R4,#00H      ;Θα συσσωρεύει τα κρατούμενα.
LOOP: MOV A,@R0
JNB ACC.7,NEXT    ;Αν το MSB του συσσωρευτή A είναι 0, πήγαινε
CPL A            ;στη NEXT.
INC A            ;Όταν είναι A<0, στον A σχηματίζεται το
NEXT: ADD A,R5    ;  $\Sigma_2(A) = \Sigma_1(A) + 1 = -A = |A|$ .
JNC OXICY
INC R4
OXICY: MOV R5,A
INC R0
DJNZ R2,LOOP
MOV DPL,R5
MOV DPH,R4
SJMP $

```

Παρατηρήσεις:

- 1) Η εντολή JNB ACC.7, NEXT γράφεται και ως JNB E7H, NEXT.
- 2) Πριν γράψουμε το πρόγραμμα έπρεπε να ελέγξουμε αν το πλήρες άθροισμα **χωράει** να γραφεί στον DPTR. Εδώ η μεγαλύτερη τιμή του αθροίσματος προκύπτει όταν όλοι οι αριθμοί έχουν τιμή -128, οπότε η απόλυτη τιμή τους είναι ίση με 128 και τότε το άθροισμα έχει τιμή $1AH \cdot 128 = (1 \cdot 16^1 + 10 \cdot 16^0) \cdot 128 = 3328 < 65535$. Επομένως, αυτό μπορεί να γραφεί με 16 bits, οπότε χωράει στον καταχωρητή DPRT.
- 3) Στη θέση των καταχωρητών R4 και R5 θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν απ' ευθείας οι καταχωρητές DPH και DPL, αντίστοιχα.

Σημείωση: Σε ένα πρόγραμμα γλώσσας assembly, ότι ακολουθεί το σύμβολο ; είναι σχόλιο και αγνοείται από τον assembler.

4.2 Γλώσσα C/C++

Περίπου το 1972 ο Dennis Ritchie στα εργαστήρια Bell, με αφετηρία την Β επινοεί την γλώσσα προγραμματισμού C με σκοπό να ξαναγράψει το Λειτουργικό Σύστημα Unix. Βασική καινοτομία στην γλώσσα C υπήρξε η ανάπτυξη και χρήση νέων τύπων δεδομένων.

Ο στόχος της δημιουργίας της γλώσσας επέβαλλε τον εφοδιασμό της γλώσσας με εργαλεία, που θα επέτρεπαν τον προγραμματισμό σε επίπεδο μηχανής.

Η απλότητα της γλώσσας C και η αποτελεσματικότητα, όσον αφορά το χρόνο εκτέλεσης προγραμμάτων, κατέστησε την γλώσσα C σαν την πιο δυναμική γλώσσα προγραμματισμού. Αρχικά θεωρήθηκε σαν η γλώσσα προγραμματισμού λειτουργικών συστημάτων, γρήγορα όμως έγινε αντιληπτό ότι, είναι μια γενικής χρήσεως γλώσσα προγραμματισμού και γνώρισε τεράστια επιτυχία σε εφαρμογές πάσης φύσεως (από εμπορικές μέχρι εξελιγμένες επιστημονικές εφαρμογές). Αντικατέστησε σε πολλές περιπτώσεις τον επίπονο προγραμματισμό σε συμβολική γλώσσα προγραμματισμού (Assembly). Αρχικά τα πρώτα standards της C αποτέλεσαν τα προσδιοριζόμενα στο βασικό βιβλίο "The C Programming Language" των Brian Kernigham και Dennis Ritchie, που εκδόθηκε το 1978. Το 1983 συστάθηκε επιτροπή για ANSI standards της γλώσσας C, που ανακοίνωσε τα αποτελέσματα της το 1989.

Το 1980 επινοείται από τον Bjarne Stroustrup η γλώσσα C++. Η C++ διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά της C και επιπλέον προσφέρει την δυνατότητα ανάπτυξης προγραμμάτων με αντικειμενοστρεφή προγραμματισμό (Object Oriented Programming)

4.2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά της C++

Σαν γενικά χαρακτηριστικά της C++ μπορούμε να εντοπίσουμε:

1) Η C++ είναι μια επέκταση της C.

Κάθε πρόγραμμα της C κατά κανόνα μπορεί να μεταγλωττιστεί στην C++, (με εξαίρεση μερικών μη ουσιαστικών τροποποιήσεων). Επομένως η C++ έχει τα γενικά χαρακτηριστικά της C όπως:

- a) Συνδυάζει ιδιότητες γλωσσών υψηλού επιπέδου (ορίζονται συναρτήσεις για πολύπλοκες δραστηριότητες) και χαμηλού επιπέδου (προσπέλαση σε bits, bytes, addresses, ports).
- b) Είναι δομημένη γλώσσα προγραμματισμού. Οι εντολές προσδιορίζονται σε μπλοκ (με τοπικές μεταβλητές), διατίθενται εντολές ανακυκλώσεων (do, while) και επιτρέπονται εσοχές (idents) κατά την γραφή των εντολών του προγράμματος.
- c) Δεν είναι κατά μπλοκ δομημένη γλώσσα προγραμματισμού (όχι block structure). Δεν επιτρέπει ορισμό μιας συνάρτησης μέσα σε μια άλλη.

2) Η C++ υποστηρίζει Αντικειμενοστρεφή Προγραμματισμό (Object Oriented Programming). Δηλαδή διαθέτει χαρακτηριστικά του αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού όπως:

- a) Η ενθυλάκωση (encapsulation). Τα δεδομένα μαζί με συναρτήσεις που τα αφορούν δένονται σε αντικείμενα (objects). Τα μέλη των αντικειμένων (δεδομένα ή συναρτήσεις) μπορεί να αποκρύβονται από εξωτερικές επιδράσεις.
 - b) Ο πολυμορφισμός (polymorphism), Διαφορετικές δράσεις (συναρτήσεις) αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο (έχουν το ίδιο όνομα).
 - c) Η κληρονομικότητα (Inheritance) Αντικείμενα, που δημιουργούνται με βάση άλλα αντικείμενα, "κληρονομούν" (διαθέτουν) τα δεδομένα και τις συναρτήσεις των αντικειμένων από τα οποία δημιουργούνται
- 3) Η C++ προσφέρεται για δημιουργία μεγάλων και πολύπλοκων προγραμμάτων.
Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι, η C++ χρησιμοποιείται σε δημιουργία Λειτουργικών Συστημάτων (Operating systems), Διερμηνευτών (Interpreters), Μεταγλωττιστών (Compilers), Επεξεργαστών κειμένου (Word Processors), Συστημάτων διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (DBMS), Πακέτων επεξεργασίας λογιστικών φύλλων (Spreadsheets) κ.α.

4.2.2 Το σύστημα της C++

Οι εντολές που δίνουμε είναι συμβολικά ονόματα κάποιων "οδηγιών" προς το μηχάνημα. Οι οδηγίες αυτές υποκρύπτουν ενότητες εντολών (ονομάζονται προγράμματα ή ρουτίνες), που έχουν γραφεί από ειδικούς με στόχο να ερμηνεύουν και εκτελούν τις συμβολικές εντολές μας.

Οι εντολές πλέον δεν είναι από το Λειτουργικό Σύστημα, αλλά από ένα προκαθορισμένο σύνολο συμβολικών εντολών μιας γλώσσας προγραμματισμού και με μια αυστηρά προκαθορισμένη σύνταξη (που αφορά την γλώσσα.). Ο προγραμματιστής βοηθούμενος από το Λειτουργικό Σύστημα δημιουργεί "ενότητες εντολών" (προγράμματα) σε αποθηκευτικές περιοχές "μνήμης".

Ειδικά προγράμματα (που έχουν γραφεί από τους επινοητές της γλώσσας προγραμματισμού), οι μεταγλωττιστές (compilers) αναλαμβάνουν, (όταν τα καλέσουμε προς εκτέλεση από το Λειτουργικό Σύστημα) να μεταφράσουν (μεταγλωττίσουν) τα "πηγαία προγράμματα" σε ενδιάμεσα προγράμματα, από τα οποία τελικά θα δημιουργηθούν εκτελέσιμα προγράμματα (executable programs). Ο προγραμματιστής για την δημιουργία του πηγαίου προγράμματος χρησιμοποιεί κάποιο πρόγραμμα, που ονομάζεται συντάκτης κειμένου (editor).

Το πηγαίο πρόγραμμα που είναι κατανοητό στον προγραμματιστή, δημιουργείται σε αρχείο που έχει την κατάληξη .cpp και στη συνέχεια μεταφράζεται (μεταγλωττίζεται) σε "γλώσσα μηχανής". Την μεταγλώττιση του πηγαίου προγράμματος εκτελεί το εκτελέσιμο πρόγραμμα του συστήματος της C++, που ονομάζεται μεταγλωττιστής (compiler). Φυσικά αυτό γίνεται, αν καλέσουμε από το λειτουργικό σύστημα τον μεταγλωττιστή προκειμένου να

επιληφθεί της μεταγλώττισης ενός ή περισσότερων πηγαίων αρχείων προγραμμάτων της C++.

Constants, Strings, Identifiers, Operators, Separators, Key words

Οι χαρακτήρες ή λέξεις που αναγνωρίζει ο μεταγλωττιστής (compiler) και δημιουργεί με βάση αυτές κώδικα στο αντικείμενο αρχείο (object file). Οι στοιχειώδεις μεταγλωττίσιμες λέξεις διακρίνονται σε σταθερές (constants), συμβολοσειρές (strings), αναγνωριστές (identifiers), τελεστές (operators), διαχωριστές (separators) και λέξεις κλειδιά (key words).

Οι **σταθερές (constants)** είναι η συμβολική παράσταση ενός αριθμού. Οι αριθμοί χαρακτηρίζονται από τύπο (type). Ο τύπος εκφράζει το μέγεθος μνήμης (σε bytes) που θα τοποθετεί ο αριθμός και την εσωτερική παράσταση του αριθμού στην μνήμη.

Οι **συμβολοσειρές (strings)** είναι ενότητες από χαρακτήρες που χρησιμοποιούμε στο πρόγραμμα μας. Είναι ακολουθίες χαρακτήρων εγκλωβιζόμενες σε ζεύγη διπλών αποστρόφων π.χ. "αυτό είναι ένα string".

Οι **αναγνωριστές (identifiers)** είναι συμβολικά ονόματα που εκφράζουν:

- μεταβλητές (variables), θέσεις μνήμης όπου αποθηκεύονται τιμές κάποιου τύπου δεδομένων,
- μεταβλητές (ή και δείκτες) διευθύνσεων (pointers) (θέσεις μνήμης όπου αποθηκεύονται διευθύνσεις,
- συναρτήσεις (functions), εκφράζουν διευθύνσεις μνήμης όπου αρχίζουν ενότητες από εκτελέσιμες εντολές,
- πίνακες (arrays), διευθύνσεις μνήμης από τις οποίες αρχίζει η αποθήκευση ομοειδών δεδομένων,
- σύνθετους τύπους δεδομένων, εκφράζουν οργάνωση των δεδομένων σε ενώσεις (unions), κλάσεις (klases) και δομές (structures),
- απαριθμήσεις (enumerations), εκφράζουν διάφορες αντιστοιχίες ακεραίων με συμβολικά ονόματα).

Τα συμβολικά ονόματα συγκροτούνται από μη περιορισμένο πλήθος χαρακτήρων που περιλαμβάνουν γράμματα ή ψηφία ή τον χαρακτήρα υπογράμμιση (underscore). Οι περισσότεροι compilers δέχονται περίπου τους 31 πρώτους χαρακτήρες σαν σημαντικούς.

Μια σημείωση είναι ότι στη C++ (όπως και στην C) γίνεται διάκριση των πεζών γραμμάτων από τα κεφαλαία. Είναι διαφορετικοί μεταξύ τους οι αναγνωριστές (identifiers): test, Test και TEST, αν χρησιμοποιηθούν σε ένα πρόγραμμα. Επίσης, τα συμβολικά ονόματα που χρησιμοποιούμε στο πρόγραμμα μας πρέπει να είναι διαφορετικά από τις λέξεις κλειδιά (βλέπε στη συνέχεια για λέξεις κλειδιά).

Οι **τελεστές (operators)** είναι σύμβολα τα οποία χρησιμοποιούμε για να επιτελούμε διάφορες πράξεις, πχ για τον πολλαπλασιασμό χρησιμοποιούμε το σύμβολο * (άστρο) ,για την διαίρεση το / και για την πρόσθεση το +. Η C++ διαθέτει ένα πλούσιο ρεπερτόριο εντολών με το οποίο θα ασχοληθούμε διεξοδικότερα στο κεφάλαιο περί τελεστών και παραστάσεων.

Οι **διαχωριστές (separators ή punctuators)** ή **προσδιοριστές (specifiers)** είναι σύμβολα που χρησιμοποιούμε για να δηλώσουμε κάποια πληροφορία στο πρόγραμμα μας.

; : , = # * [] () { } " ...

Λέξεις κλειδιά (key words) είναι δεσμευμένες λέξεις από την C++ που χρησιμοποιούμε στο πρόγραμμα μας για κάποιο συγκεκριμένο σκοπό, πχ για να εκφράσουμε μια εντολή, που ελέγχει την σειρά που εκτελούνται οι εντολές, η για να δηλώσουμε τον τρόπο συγκρότησης ενός σύνθετου τύπου δεδομένων κ.α

Κάποιες λέξεις κλειδιά είναι:

break case if catch while new void
this goto true char for sizeof class

Ένα μικρό παράδειγμα βλέπουμε παρακάτω , ένα απλό πρόγραμμα που αυξάνει την τιμή στην PORTB κατά μια μονάδα.

```

/*****
Example1.
Introductory Example of C Programming, with PIC 18 Series Microcontroller.
8-bit value output by Port B is continuously incremented.
Files c018i.o and p18f2420.lib are included by the Linker Script.
TJW 21.10.05                                     Tested 23.10.05
*****/

//Include 18F2420 header file, for all processor-specific declarations
#include <p18f2420.h>

unsigned char counter;    //specify counter as unsigned character

void main (void)         //main function starts here
{
    TRISB = 0;            // initialise all bits of PORTB as output
    counter = 1;          //counter value is initialised to 1

    while (1)
    {
        PORTB = counter;    // Move 'counter' value to Port B
        counter = counter + 1; //Increment counter
    }
}

```

Εικόνα 4.2.2. Παράδειγμα προγράμματος σε γλώσσα C.

Κεφάλαιο 5

5. Μοντελοποίηση Ενσωματωμένων Συστημάτων

Η μοντελοποίηση είναι η πλέον σημαντική διαδικασία στην ανάπτυξη συστημάτων γενικά, ακόμη και συστημάτων λογισμικού. Με αυτό το σκεπτικό δεν είναι ειδικό θέμα της ανάπτυξης ενσωματωμένων συστημάτων. Σε ενσωματωμένα συστήματα η μοντελοποίηση ενέχει επί πλέον περιορισμούς επειδή τίθεται θέμα απεικόνισης της τελικής λύσης σε συστήματα με συγκεκριμένους πόρους. Για παράδειγμα, ένα σύστημα λογισμικού μπορεί να υλοποιήσει δυναμικές δομές δεδομένων, καθότι με υποστήριξη ιδεατής μνήμης η κατάληψη μεγαλύτερης μνήμης είναι διαδικασία διαφανής στον προγραμματιστή, και σε μεγάλο βαθμό υποστηριζόμενη από μεταφραστές, λειτουργικό σύστημα, κλπ. Εάν όμως επιθυμούμε να υλοποιήσουμε κάτι αντίστοιχο σε ένα ενσωματωμένο σύστημα με επεξεργαστή 8-bits με μικρό χώρο διευθύνσεων και μνήμη (τυπικά 64KBytes), οι αντίστοιχες δομές που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να είναι άμεσα ορισμένες (π.χ. πως θα ορίσουμε την στοίβα μας ώστε να μην έχουμε πρόβλημα ακόμη και στις χειρότερες συνθήκες).

5.1 Τι είναι Μοντελοποίηση

Μοντελοποίηση είναι η διαδικασία δημιουργίας ενός προτύπου (μοντέλου) του συστήματος που θέλουμε να υλοποιήσουμε. Το πρότυπο αυτό μπορεί να είναι εκφρασμένο σε μεγαλύτερη ή μικρότερη λεπτομέρεια, αλλά σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι επαρκές για τα επόμενα βήματα της σχεδιαστικής διαδικασίας ούτως ώστε να οδηγηθούμε σε πλήρως λειτουργικά ολοκληρωμένα συστήματα.

Όπως θα δούμε στο κεφάλαιο αυτό η μοντελοποίηση μπορεί να είναι σε μία ευρεία κλίμακα από μεθόδους, π.χ. στο χαρτί, με γλώσσες προγραμματισμού, με γλώσσες περιγραφής υλικού, κλπ. Η κατά περίπτωση επιλογή είναι καθαρά θέμα του μηχανικού και είναι από τα πλέον δημιουργικά μέρη της διαδικασίας σχεδιασμού. Ο λόγος είναι πως κατ' αρχήν η μοντελοποίηση είναι μία ανοιχτή διαδικασία στην οποία οι εκάστοτε περιορισμοί και προτεραιότητες διαφέρουν από περίπτωση σε περίπτωση. Για παράδειγμα, όσο και αν φαίνεται παράξενο, ένας επεξεργαστής 4-Bit μπορεί να κάνει αριθμητικές πράξεις ακριβείας π.χ. 128-Bit, αρκεί αυτές να είναι αρκετά λίγες ώστε να μπορούν να ολοκληρωθούν έγκαιρα. Και όμως, αυτό ακριβώς συμβαίνει στις αριθμομηχανές χειρός (calculators), οι οποίες μετατρέπουν ένα χωρικό πρόβλημα (αυτό του υπολογισμού πράξεων μεγάλης ακρίβειας) σε χρονικό πρόβλημα, δηλαδή στον υπολογισμό των αποτελεσμάτων σαν διεργασία δημιουργίας ενός ψηφίου κάθε φορά. Αυτή όμως η επιλογή που επηρεάζει π.χ. το κόστος των αριθμομηχανών και άρα την διείσδυσή τους στην καθημερινότητά μας τελικά ανάγεται σε κάποιο (ή κάποιους) μηχανικούς που μοντελοποίησαν την διαδικασία της αριθμητικής μεγάλης ακρίβειας μέσα από πράξεις μικρής ακρίβειας. Για να προχωρήσουμε το ίδιο παράδειγμα ένα βήμα περισσότερο, συνήθως οι αριθμομηχανές κάνουν πράξεις σε δυαδικά παραστημένους δεκαδικούς αριθμούς (BDC – Binary Coded Decimal), και εδώ βλέπουμε πως η ακρίβεια 4-Bits των επεξεργαστών ταιριάζει απόλυτα με την πράξη επί δυαδικά παραστημένων δεκαδικών αριθμών. Στο παράδειγμα αυτό δώσαμε την απάντηση στο

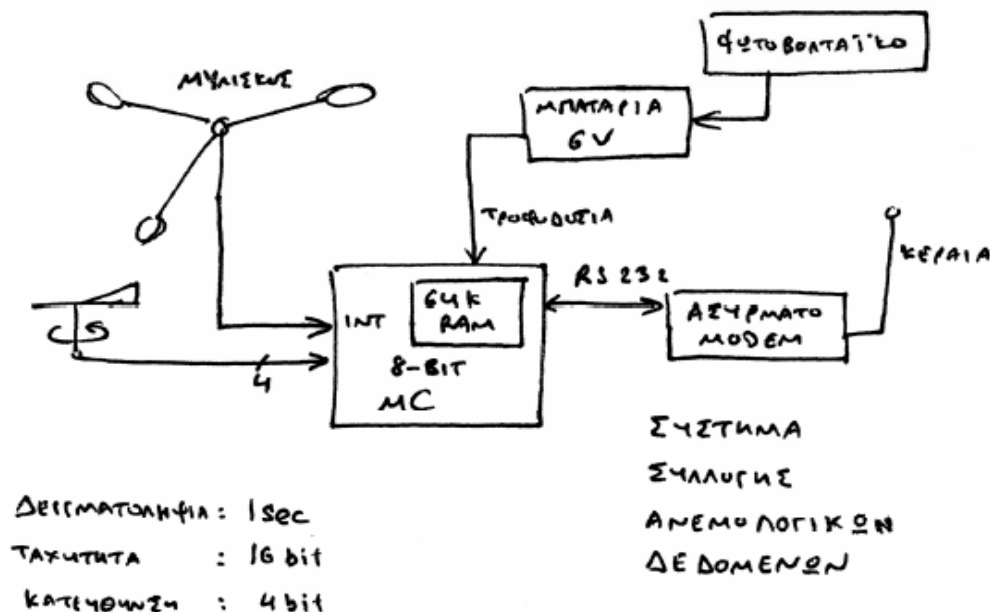
ερώτημα «πώς θα σχεδιάσουμε μία φθηνή αριθμομηχανή τεσσάρων πράξεων με δέκα δεκαδικά ψηφία ακρίβειας;». Η απάντηση που δώσαμε είναι τα βασικά στοιχεία του μοντέλου, δηλαδή πως αναπαριστούμε την πληροφορία και πως την απεικονίζουμε σε ένα εξαιρετικά φθηνό και μικρό μικροεπεξεργαστή. Με την παραπάνω γνώση ένας μηχανικός θα μπορούσε να προχωρήσει σε πιο λεπτομερειακή σχεδίαση, η οποία μπορεί να θεωρηθεί σαν περαιτέρω επέκταση του αρχικού μοντέλου.

Η μοντελοποίηση μπορεί να είναι τελείως αφαιρετική (π.χ. σε ένα λευκό χαρτί, με καταγραφή μόνο κάποιων βασικών ιδεών για το σύστημα) ή τελείως συγκεκριμένη (π.χ. με γλώσσα περιγραφής υλικού). Δεν υπάρχει χρυσός κανόνας για το πως να προχωρήσουμε, αφού η αφαιρετική μέθοδος μπορεί να οδηγήσει σε μη υλοποιήσιμα συστήματα, ενώ η τελείως συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να είναι κακή επειδή δεν έγινε επαρκής διερεύνηση του προβλήματος (π.χ. διαστασιοποίηση προβλήματος, κατάλληλοι αλγόριθμοι, κλπ.). Σαν γενικό απόφθεγμα προτείνεται τουλάχιστον μία προσέγγιση που να είναι επαρκώς φορμαλιστική και αρκετά υψηλού επιπέδου ώστε να επιτρέπει διερεύνηση του προβλήματος κάτω από το πρίσμα διαφορετικών αλγορίθμων υλοποίησης, διαφορετικών σχεδιαστικών επιλογών, κλπ. Τέτοια μέθοδος μπορεί ενδεικτικά να είναι η MATLAB, η Python, η PERL ή ακόμη και ένα spreadsheet .xls, προσεγγίσεις οι οποίες προφανώς δεν είναι ισοδύναμες μεταξύ τους.

5.2 Μοντελοποίηση στο Χαρτί

Μοντελοποίηση στο χαρτί είναι η ad hoc (δηλαδή χωρίς κάποιον κανόνα) διαδικασία με την οποία πολλές φορές παίρνουμε ένα λευκό χαρτί και «σχεδιάζουμε» ένα σύστημα. Πάρα πολλά συστήματα έχουν σχεδιαστεί με αυτόν τον τρόπο, όταν ειδικοί σε ένα αντικείμενο εκφράζουν με συνοπτικό τρόπο τα γενικά λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος. Επίσης πολλά συστήματα χαρακτηρίζονται με αυτόν τον τρόπο (π.χ. clean slate design δηλαδή σχεδίαση σε καθαρό πίνακα). Γενικά αυτό είναι μία πολυτέλεια που δεν έχουν οι μηχανικοί συχνά διότι θέματα συμβατότητας με υφιστάμενα συστήματα, σχεδιαστικοί περιορισμοί, εξωγενείς παράγοντες (π.χ. κάποιο παιχνίδι να είναι στην αγορά πριν τις γιορτές), κλπ. Συχνά επιβάλλουν λύσεις με κριτήρια διαφορετικά από τους καθαρά τεχνολογικούς περιορισμούς. Συνεχίζοντας το παράδειγμα των κινητών τηλεφώνων, η συμβατότητα στην διεπαφή με τον χρήστη σε σχέση με προηγούμενα μοντέλα της εταιρίας είναι συχνά προκαθορισμένη προδιαγραφή και επομένως σε κάποιες τουλάχιστον διαστάσεις της σχεδίασης ένα κινητό τηλέφωνο δεν μπορεί να σχεδιαστεί σε λευκό χαρτί.

Η μοντελοποίηση στο χαρτί γενικά θέλει προσοχή διότι ένας άπειρος μηχανικός μπορεί εύκολα να υποτιμήσει κάποια διάσταση μίας σχεδίασης. Για παράδειγμα, αν σχεδιάσουμε ένα φορητό ενσωματωμένο σύστημα για την διεργασία X μπορεί η απαιτούμενη υπολογιστική ισχύς να οδηγεί σε χρόνο αυτονομίας απαράδεκτα μικρό. Σε αυτή την περίπτωση δεν είναι πρόβλημα ότι το μοντέλο είναι λάθος αλλά ότι είναι ελλιπές. Από την άλλη μεριά η μοντελοποίηση στο χαρτί συχνά δίνει μία καλή ιδέα για ένα σύστημα και τα κεντρικά του μέρη, και παρότι δεν υποκαθιστά αναλυτικές προδιαγραφές για ένα σύστημα μπορεί να αποτελέσει βάση για αυτές.



Σχήμα 5.2. Μοντελοποίηση στο χαρτί ενός ανεμόμετρου

Στην Εικόνα 3.1 βλέπουμε μία παραλλαγή από το ανεμόμετρο του Κεφ. 1 σε γραφική μοντελοποίηση στο χαρτί. Συγκρίνοντας με τις προδιαγραφές του ανεμομέτρου εκείνου βλέπουμε πως το σύστημα της Εικ. 3.1 έχει κάποια επί πλέον στοιχεία (π.χ. περιγραφή του τρόπου τροφοδοσίας, περιγραφή του τρόπου μεταγωγής των δεδομένων με ασύρματο modem), αλλά του λείπουν κάποια άλλα (π.χ. τι εύρος ανέμων μετράει), ενώ υπάρχει σημαντική επικάλυψη σε κάποιες από τις λειτουργικές περιγραφές. Η ουσία όμως του τωρινού παραδείγματος είναι ότι οποιοσδήποτε ηλεκτρονικός μηχανικός μπορεί να δει το σχήμα της Εικ. 3.1 και να σχεδιάσει ένα τέτοιο σύστημα, «συμπληρώνοντας» τα κενά στην πληρότητα της περιγραφής.

Μοντελοποίηση στο χαρτί δεν σημαίνει απαραίτητα block diagram ενός συστήματος. Μπορεί να είναι η σύλληψη της βασικής ιδέας ενός συστήματος. Για παράδειγμα, αν έχουμε κάποια ιδέα για ένα διαφορετικό τρόπο οδήγησης μίας οθόνης προβολής video θα μπορούσε η μοντελοποίηση στο χαρτί να είναι ένα διάγραμμα χρονισμού, απαλλαγμένο από περιορισμούς υλοποίησης.

5.3 Μοντελοποίηση με Γενικά Εργαλεία (π.χ. MATLAB)

Ένα από τα προβλήματα που δύσκολα λύνονται είναι το πως θα μοντελοποιήσουμε ένα σύστημα με τρόπο που να κάνουμε σαν μηχανικοί καλύτερα την δουλειά μας στο να αναλύσουμε εναλλακτικές λύσεις πριν δεσμευθούμε σε μία από αυτές. Η μοντελοποίηση στο χαρτί κρύβει παγίδες γιατί δεν μπορούμε να διαστασιοποιήσουμε ένα σύστημα με σαφή τρόπο, δεν μπορούμε να αναλύσουμε το χρονικό και το χωρικό κόστος διαφορετικών αλγορίθμων υλοποίησης και δεν μπορούμε να δούμε, σε μη λειτουργική μορφή έστω, ολοκληρωμένο ένα σύστημα. Στο άλλο άκρο η μοντελοποίηση με γλώσσες περιγραφής υλικού μας δίνει «εκτελέσιμες προδιαγραφές», δηλαδή ένα μοντέλο το οποίο μέσα από την διαδικασία της σύνθεσης μπορεί να υλοποιηθεί πλήρως σε κάποια τεχνολογία (π.χ. VLSI, FPGA).

Το κενό αυτό καλύπτουν εργαλεία όπως η MATLAB, αλλά και γλώσσες όπως η Python, PERL, κλπ., ή κόμη και spreadsheet όπως το Excel.

Οι εναλλακτικές αυτές μέθοδοι δεν είναι ισοδύναμες μεταξύ τους, αλλά αναφέρονται μαζί σαν τρόποι για να μελετήσει κανείς κάποιο πρόβλημα σε πολύ ψηλό επίπεδο. Ειδικά η MATLAB είναι πολύ χρήσιμο εργαλείο διότι με μεγάλη λίστα υποστηριζόμενων βιβλιοθηκών μπορεί κανείς να «δοκιμάσει» διαφορετικές λύσεις και να τις δει από λειτουργικής άποψης. Στο κεφάλαιο 5 υπάρχει ανάλυση για το πως υπολογίζουμε το Mandelbrot Set. Η μαθηματική αυτή δομή συχνά υπολογίζεται με αριθμητική κινητής υποδιαστολής επειδή αναφέρεται σε πραγματικούς αριθμούς στο μιγαδικό επίπεδο και στην περιοχή $([-2,2], [-2,2]j)$. Η απεικόνιση αυτή όμως είναι υπερβολικά σπάταλη σε πόρους και δεν ενδείκνυται για υλοποίηση σε ενσωματωμένα συστήματα. Η μελέτη του πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αριθμητική σταθερής υποδιαστολής για το συγκεκριμένο πρόβλημα αφορά κατ' αρχήν μαθηματικά με χαρτί και μολύβι, και αφού δούμε τι δομές είναι κατάλληλες μπορούμε να κάνουμε την μοντελοποίηση σε MATLAB.

Η εκτεταμένη χρήση spreadsheets όταν κάνουμε μοντελοποίηση είναι καλή ιδέα, ειδικά όταν θέλουμε να διερευνούμε διαφορετικές σχεδιαστικές εκδοχές (σενάρια). Για παράδειγμα, αν έχουμε ένα σύστημα με αυστηρή προδιαγραφή ενεργειακής κατανάλωσης 5watt και το σύστημα αυτό έχει 4-5 βασικά υποσυστήματα (οθόνη, επεξεργαστή, υποσύστημα εισόδου, σκληρό δίσκο, ασύρματη επικοινωνία με το περιβάλλον) και δεκάδες μικρότερα υποσυστήματα, η διαχείριση της κατανάλωσης ισχύος απαιτεί να έχουμε την καλύτερη δυνατή εκτίμηση για κάθε υποσύστημα και να γνωρίζουμε τις επιπτώσεις της σε επίπεδο συστήματος. Αυτό σημαίνει πως ένα spreadsheet δεν είναι μόνο ένα εργαλείο για να κάνει τις προσθέσεις ώστε να δούμε αν είμαστε εντός ή εκτός προδιαγραφών, αλλά είναι ένα εργαλείο για να κάνουμε την στρατηγική της κατανομής της ισχύος στα διάφορα υποσυστήματα, μειώνοντας στην ανάγκη κάποια λειτουργικότητα ώστε να πετύχουμε καλή απόδοση σε επίπεδο συστήματος (π.χ. να έχουμε μικρότερη φωτεινότητα ή μικρότερη ανάλυση στην οθόνη ώστε να έχουμε καλύτερη εμβέλεια στο ασύρματο μέρος).

5.4 Μοντελοποίηση με Προγράμματα (π.χ. C, Java)

Οποιαδήποτε υψηλή γλώσσα προγραμματισμού είναι χρήσιμη σαν εργαλείο μοντελοποίησης στο βαθμό στον οποίο μας επιτρέπει να εξετάσουμε εναλλακτικά σενάρια (π.χ. αλγορίθμους υλοποίησης), να αναλύσουμε το πρόβλημα ποσοτικά (π.χ. βήματα/επαναλήψεις βρόχων που χρειάζονται για επίλυση του προβλήματος) και να συγκρίνουμε εναλλακτικές λύσεις (π.χ. ακρίβεια αποτελεσμάτων με αριθμητική 12 bit σε σχέση με κάποιο άλλο σύστημα που έχει ακρίβεια 32 bit). Οι συγκρίσεις αυτές είναι απαραίτητες ώστε να πάρουμε αποφάσεις γνωρίζοντας που ωφελούμαστε και πόσο από κάποια παρέμβαση, καθώς επίσης και κατά πόσον μία παρέμβαση είναι κρίσιμη ή όχι για μία σχεδίαση.

Καλή γνώση δομημένου προγραμματισμού είναι απαραίτητη για σχεδίαση ενσωματωμένων συστημάτων τόσο διότι χρειάζεται στην μοντελοποίηση ενός συστήματος όσο και διότι η ανάπτυξη ενσωματωμένων συστημάτων σήμερα γίνεται με τέτοιες γλώσσες και εργαλεία (σπάνια χρησιμοποιείται η γλώσσα assembly).

5.5 Από Μοντέλο σε Ολοκληρωμένο Σύστημα – Σχεδιαστικές Ροές

Η διαδικασία της μοντελοποίησης είναι ένα σκαλοπάτι για να φθάσει κανείς στο τελικό σύστημα, το πιο σημαντικό ίσως, αλλά από μόνη της δεν φθάνει. Το τελικό ζητούμενο είναι ένα ολοκληρωμένο μικροηλεκτρονικό σύστημα. Για αυτό χρησιμοποιούμε τις λεγόμενες σχεδιαστικές ροές. Αυτές δεν είναι τίποτα άλλο από μία αλληλουχία διαδικασιών με την χρήση εργαλείων Computer Aided Design (CAD) ώστε τελικά να έχουμε την ολοκληρωμένη σχεδίαση. Στην Εικ. 3.4 βλέπουμε δύο σχεδιαστικές ροές.

Η πρώτη σχεδιαστική ροή περιλαμβάνει μοντελοποίηση σε MATLAB και προσομοίωσή επί ολοκλήρου τού συστήματος με Simulink. Κατόπιν γίνεται εξαγωγή σε VHDL και μπορεί να υπάρχει πάλι προσομοίωση, με Modelsim. Κατόπιν γίνεται η σύνθεση, δηλαδή η μετατροπή από συμπεριφερικά (behavioral) ή δομικά (structural) μοντέλα σε μία αναπαράσταση λογικών στοιχείων και της διασύνδεσης αυτών. Οι αναπαραστάσεις αυτές γενικά ονομάζονται netlist, δηλαδή λίστες διασυνδέσεων, αλλά netlist δεν είναι κάτι το μοναδικό σαν αναπαράσταση (π.χ. τα netlists του Spice δεν είναι ίδια με τα netlists xnf της Xilinx). Μετά και από αυτό το βήμα μπορεί να γίνει προσομοίωση με Modelsim. Τελικό βήμα είναι η φυσική σχεδίαση, δηλαδή η τοποθέτηση των λογικών στοιχείων στους πόρους της τελικής τεχνολογίας (π.χ. FPGA, VLSI, κλπ.), που στο παράδειγμά μας είναι αναδιατασσόμενη λογική της εταιρίας Xilinx. Για να είμαστε σίγουροι πως η τελική σχεδίαση είναι σωστή, από το τελικό αρχείο εξάγουμε ένα άλλο σε υψηλή γλώσσα (π.χ. VHDL, Verilog) που δεν είναι δυνατόν να το καταλάβει ένας άνθρωπος αλλά είναι δυνατόν να προσομοιωθεί με Modelsim. Εάν υπάρχουν προβλήματα η σχεδίαση επαναλαμβάνεται. Στην δεύτερη σχεδιαστική ροή η μοντελοποίηση γίνεται με C/C++ και η σχεδίαση γίνεται με VHDL (behavioral στο παράδειγμα αλλά μπορεί να είναι συνδυασμός behavioral και structural). Τα υπόλοιπα βήματα είναι παρόμοια με την πρώτη σχεδιαστική ροή.

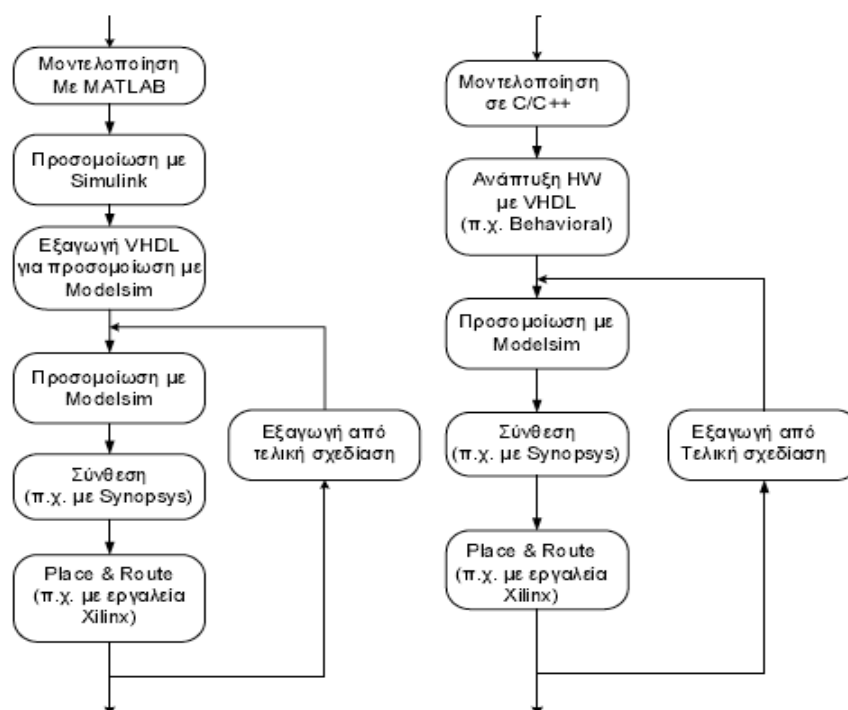
Οι δύο σχεδιαστικές ροές αυτές έχουν πολλά κοινά στοιχεία με την έννοια ότι ξεκινούν από ένα μοντέλο και καταλήγουν σε μία τελική σχεδίαση (π.χ. για αναδιατασσόμενη λογική). Και οι δύο ροές περιλαμβάνουν βήματα όπως η προσομοίωση σε λογικό επίπεδο και μάλιστα με το ίδιο εργαλείο (Modelsim), σύνθεση (και στις δύο ροές με Synopsys) και τοποθέτηση και διασύνδεση των τελικών λογικών κομματιών (Place and Route) με εργαλεία της Xilinx. Από αυτή την άποψη μπορούμε να πούμε πως είναι παρόμοιες. Στην πραγματικότητα όμως έχουν σημαντικές διαφορές. Στην πρώτη σχεδιαστική ροή η μοντελοποίηση με MATLAB και ταυτόχρονη προσομοίωση με Simulink επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος που πάμε να λύσουμε. Η εξαγωγή VHDL ουσιαστικά παρακάμπτει το βήμα της σχεδίασης του συστήματος από τον μηχανικό με την αντίστοιχη ωφέλεια στην παραγωγικότητα. Η παραγωγικότητα όμως αυτή δεν έρχεται δωρεάν: ο κώδικας VHDL δεν είναι δυνατόν να αλλαχθεί από τον χρήστη, ούτε καν να γίνει κατανοητός. Αυτό σημαίνει πως δεν επιδέχεται βελτιστοποιήσεις σε σχεδιαστικό επίπεδο. Έρευνα του Εργαστηρίου Μικροεπεξεργαστών και Υλικού του Πολυτεχνείου Κρήτης (με τεχνολογία 2006) δείχνει πως σε ταχύτητα αλλά και σε χώρο που καταλαμβάνει μία τέτοια σχεδίαση η πρώτη σχεδιαστική ροή μπορεί να έχει την μισή ταχύτητα και διπλάσια λογική από την δεύτερη σχεδιαστική ροή. Μάλιστα δε σε μία περίπτωση που μνήμη είχε αυτόματα υλοποιηθεί με λογική η πρώτη σχεδιαστική ροή οδήγησε σε 35 φορές μεγαλύτερο κύκλωμα σε σχέση με την δεύτερη σχεδιαστική ροή. Η δεύτερη σχεδιαστική ροή έχει το μειονέκτημα ότι η μετατροπή από C σε VHDL δεν είναι αυτόματη (παρότι υπάρχουν και τέτοια εργαλεία όπως η Handel C ή η System C), και έτσι είναι πιο χρονοβόρα και πρέπει να δοκιμαστεί πολύ προσεκτικά για σωστή λειτουργία (βλ. ενότητα 3.15 για testbenches). Το κύριο πλεονέκτημα της δεύτερης σχεδιαστικής ροής έναντι

του μειονεκτήματος της παραγωγικότητας του σχεδιαστή είναι η δυνατότητα παρέμβασης σε όλα τα στάδια της σχεδίασης με αντίστοιχες βελτιστοποιήσεις σε λογική πολυπλοκότητα και ταχύτητα.

Είναι σημαντικό να κατανοεί κάθε μηχανικός τι σχεδιαστική ροή χρησιμοποιεί, και από ποιο βήμα αφαίρεσης σε ποιο τελικό παραδοτέο οδηγεί αυτή. Υπάρχουν πάρα πολλές δεκάδες σχεδιαστικές ροές που αφορούν διαφοροποιήσεις, όπως:

- διαφορετικές τεχνολογίες (π.χ. σχεδίαση τυπωμένων κυκλωμάτων, σχεδίαση VLSI, σχεδίαση μικροηλεκτρομηχανικών διατάξεων MEMS).
- διαφορετικές προσεγγίσεις στην ίδια τεχνολογία (π.χ. σχεδίαση VLSI μπορεί να είναι είτε full custom είτε semi custom με standard cells και με διαφορετική σχεδιαστική ροή η κάθε μία).
- διαφορετικά μέρη ενός συστήματος (π.χ. λογική σχεδίαση, κυκλωματική ανάλυση για κατανάλωση ενέργειας, θερμική ανάλυση).
- διαφορετικούς κατασκευαστές και παρόχους τεχνολογίας (π.χ. σχεδίαση FPGA με εργαλεία από Xilinx, ALTERA, ATMEL, Lucent, κλπ.).

Γενικά καλό είναι να μελετάμε την σχεδιαστική ροή που θα χρησιμοποιήσουμε σε ένα έργο και να έχουμε ευχέρεια με όλα τα εργαλεία που αυτή απαιτεί. Η εμπειρία δείχνει πως συχνά παρακάμπτονται εργαλεία στα οποία ο σχεδιαστής δεν έχει μεγάλη ευχέρεια, με πολύ αρνητικές συνέπειες (π.χ. πλημμελή προσομοίωση και ανακάλυψη λαθών όταν είναι πολύ αργά).



Σχήμα 5.5 Σχεδιαστικές Ροές

5.6 Χρήση Εργαλείων CAD

Η έννοια του εργαλείου CAD είναι ιδιαίτερα παρανοημένη. Στην προηγούμενη ενότητα δώσαμε παραδείγματα από συγκεκριμένα εργαλεία CAD που κυκλοφορούν στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Θα ήταν αδύνατο να αρχίσουμε να απαριθμούμε εργαλεία, αλλά μπορούμε να επισημάνουμε μερικές γενικές αρχές.

Τα εργαλεία CAD δεν είναι απαραίτητο να έχουν γραφική είσοδο/έξοδο. Για παράδειγμα ο προσομοιωτής κυκλωμάτων Spice είναι ένα εργαλείο που κατ' αρχήν τρέχει σαν εντολή, δηλαδή από το command line. Για δική μας ευκολία υπάρχουν εκδόσεις που δέχονται γραφική αναπαράσταση των κυκλωμάτων και δίνουν σε γραφική μορφή τις κυματομορφές (π.χ. pSpice), αλλά αυτό δεν αλλάζει την βασική δομή του εργαλείου, δηλαδή την προσομοίωση ενός κυκλώματος που περιγράφεται με ένα netlist μορφής ASCII.

Εργαλεία CAD δεν είναι μόνο όσα πωλούνται σαν τέτοια από εταιρίες. Είναι οτιδήποτε αυτοματοποιεί μέρος της σχεδιαστικής διαδικασίας. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να σχεδιάσουμε το τυπωμένο κύκλωμα για ένα σύστημα με εξαρτήματα που έχουν πάρα πολλούς ακροδέκτες (π.χ. 560) τότε το να συνδέουμε σε ένα γραφικό περιβάλλον τόσα σύρματα είναι χρονοβόρο. Μπορούμε να κάνουμε δύο Excel spreadsheets (xls) στα οποία να έχουμε στο μεν ένα στήλες με τον αριθμό κάθε ακροδέκτη και το όνομα του σήματος στο οποίο αντιστοιχεί, και στο άλλο να έχουμε στήλες για το σήμα της FPGA (με το όνομα του) που αντιστοιχεί σε κάποιο σήμα της σχεδιάσής μας. Διαφορετικά μοντέλα κάθε οικογένειας έχουν εν γένει τα ίδια σήματα αλλά σε άλλους ακροδέκτες, κάτι που ισχύει ακόμη και για τροφοδοσία και γείωση. Η δημιουργία απλών αναφορών (reports) από το Excel είναι ακριβώς ένα netlist που δείχνει σε φυσικό επίπεδο την διασύνδεση ακροδεκτών με σήματα. Με αυτόν τον τρόπο χρειάζεται μία μόνο φορά να κάνουμε την είσοδο στην βιβλιοθήκη για κάθε διαφορετικό εξάρτημα και μία φορά για κάθε σχεδίαση. Η αλλαγή εξαρτήματος είναι πλέον απλή διαδικασία, με το να δημιουργήσουμε την κατάλληλη αναφορά και να την εισάγουμε σαν netlist στο εργαλείο για σχεδίαση τυπωμένου κυκλώματος.

Το να γράψουμε εμείς εργαλεία CAD είναι πολύ συνηθισμένο. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να σχεδιάσουμε έναν full lookahead adder, μπορούμε από τις εξισώσεις να δημιουργήσουμε ένα πρόγραμμα (σε C/C++, PERL, Python, κλπ.) που να δημιουργεί ένα netlist πυλών, και μάλιστα για ευκολία αυτές μπορεί να έχουν απεριόριστο fan-in και fan-out. Κατόπιν, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα δεύτερο πρόγραμμα που μετατρέπει τις πύλες με απεριόριστο fan-in και fan-out σε πραγματικές πύλες δύο ή τριών εισόδων που εν γένει υπάρχουν σε βιβλιοθήκες. Η έξοδος του προγράμματος αυτού είναι το netlist του κυκλώματός μας που κατόπιν μπορούμε να εισάγουμε σε κάποιο εργαλείο για σύνθεση (προσέχοντας το format να είναι σωστό βέβαια).

Σε παλαιότερες εποχές οι σχεδιαστές hardware είχαν μεγάλη ευχέρεια στο να γράφουν εργαλεία CAD με προγράμματα που είχε το λειτουργικό σύστημα Unix (συνήθως sed/awk). Πιο πρόσφατα, γλώσσες όπως η PERL ή η Python βελτιώνουν περισσότερο τις δυνατότητες να αναπτυχθεί κάποιο εξειδικευμένο εργαλείο σε μικρό χρονικό διάστημα.

5.7. Μοντελοποίηση για Επιβεβαίωση Λειτουργίας: Testbench

Ένας από τους μεγαλύτερους πονοκεφάλους για τους μηχανικούς και τους σχεδιαστές συστημάτων είναι: Πώς ξέρουμε ότι το σύστημά μας δουλεύει; Η εκθετική έκρηξη όλων των πιθανών καταστάσεων στις οποίες μπορεί δυνητικά να βρεθεί το σύστημα αποκλείει πλήρη έλεγχο επί όλων των καταστάσεων. Αν για παράδειγμα έχουμε ένα απλό κύκλωμα πρόσθεσης δύο αριθμών 32-Bit έκαστος και θέλουμε να το δοκιμάσουμε σε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς εισόδων, απλή αριθμητική δείχνει πως αν δοκιμάζουμε μία καινούργια είσοδο για κάθε 1nsec η δοκιμή θα πάρει περίπου 585 χρόνια! Αν το κύκλωμα κάνει και αφαίρεση τότε ο χρόνος διπλασιάζεται σε περίπου 1170 χρόνια. Είναι σαφές και από το απλό αυτό παράδειγμα ότι χρειάζεται μία καλύτερη στρατηγική, που όμως δεν επιτρέπεται να αφήνει αστοχίες. Το περίφημο «λάθος της διαίρεσης» του επεξεργαστή Intel Pentium κόστισε στην εταιρία 500 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ για να το διορθώσει. Σε πολλές περιπτώσεις που αφορούν ανθρώπινες ζωές, π.χ. ηλεκτρονικά αεροσκαφών, ένα λάθος μπορεί να μην έχει κόστος που αποτιμάται σε χρήματα αλλά σε απώλεια ζωής.

Πρέπει λοιπόν να βρούμε το σύνολο εκείνο των δοκιμαστικών εισόδων μαζί με τις επιθυμητές εξόδους για κάθε περίπτωση, και οι οποίες μας επιτρέπουν να θεωρήσουμε πως το σύστημά μας δουλεύει, μέσα από μία προσεκτικά διαλεγμένη σειρά δοκιμών. Τις δοκιμές αυτές συνήθως τις ονομάζουμε testbench, και ο όρος μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε λειτουργικά θέματα του συστήματός μας (δουλεύει/δεν δουλεύει) όσο και σε θέματα απόδοσης (πληροί τις προδιαγραφές του ή όχι).

Σαν κανόνας, το testbench έχει νόημα να δημιουργείται κατά την διάρκεια της μοντελοποίησης ενός συστήματος, αλλά όχι με τα ίδια εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την σχεδίαση αυτού, και κατά προτίμηση όχι καν από την ίδια ομάδα μηχανικών. Ο λόγος είναι πως υπάρχει κίνδυνος ένα σύστημα να σχεδιαστεί πιστά ως προς το μοντέλο μέσα από μία σχεδιαστική ροή που υλοποιεί αυτό, αλλά το ίδιο το μοντέλο έχει κάποιο σφάλμα. Έτσι, αν χρησιμοποιήσουμε MATLAB για να μοντελοποιήσουμε ένα υποσύστημα και μετά το υλοποιήσουμε με την σχεδιαστική ροή MATLAB – Simulink – VHDL – Synthesis – Place and Route, τότε το σύστημα από λειτουργικής τουλάχιστον απόψεως πρέπει να είναι ισοδύναμο με το αρχικό μοντέλο, και τίθεται το ερώτημα κατά πόσο το ίδιο το μοντέλο είναι σωστό.

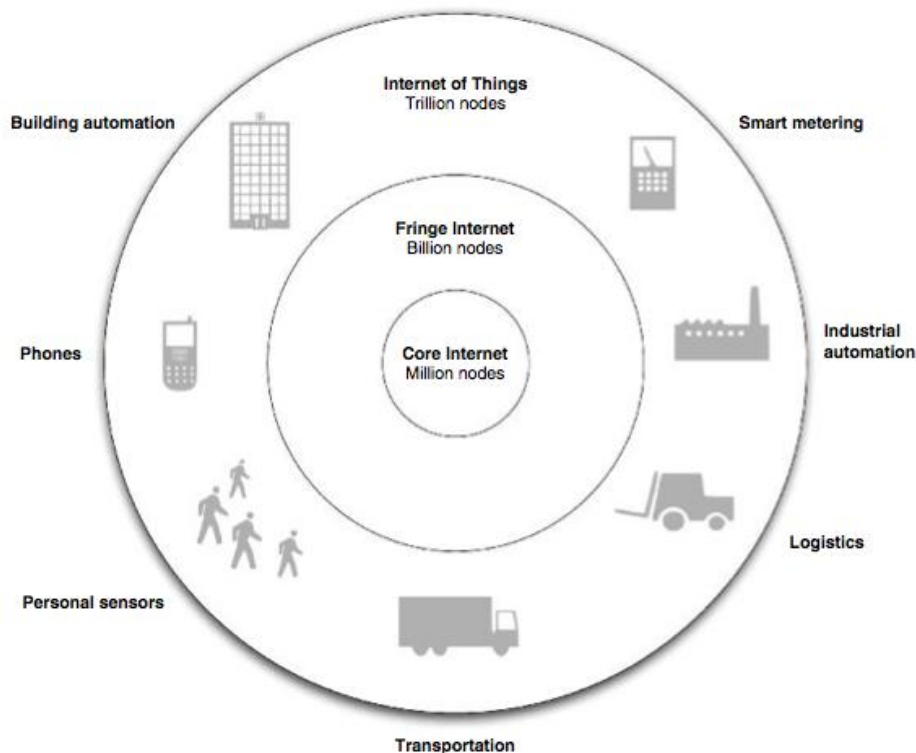
Επίσης σαν κανόνας ένα testbench είναι καλό να δημιουργείται με αρχικά στοιχεία και επιθυμητή έξοδο που παράγονται από ένα υπολογιστικό μοντέλο, ούτως ώστε να παρακάμπτεται τόσο η πιθανότητα ανθρώπινου λάθους (π.χ. από αντιγραφή) όσο και ο εγγενής περιορισμός τού πόσα πολλά δεδομένα μπορεί να παράξει και να ελέγξει ένας άνθρωπος σε σχέση με μία μηχανή.

Δεν είναι καθόλου σαφές, ακόμη και σε έμπειρους μηχανικούς, πότε ένα testbench είναι επαρκώς πλήρες. Αυτό έχει να κάνει τόσο με την φιλοσοφία του ίδιου/της ίδιας του/της μηχανικού (πόσο συντηρητικός/συντηρητική είναι) όσο και με τις εγγενείς πολυπλοκότητες του συστήματος. Υπάρχουν μεγάλα βιομηχανικά συστήματα που έχουν μεγάλα κομμάτια του κώδικά τους που όχι μόνο δεν έχουν δοκιμαστεί από την κατασκευάστρια εταιρία, αλλά και δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στην πράξη μετά την πώλησή τους ως προϊόντα και με χρόνο ζωής που ανάγεται σε δεκαετίες.

Κεφάλαιο 6

6. Internet of Things - IoT

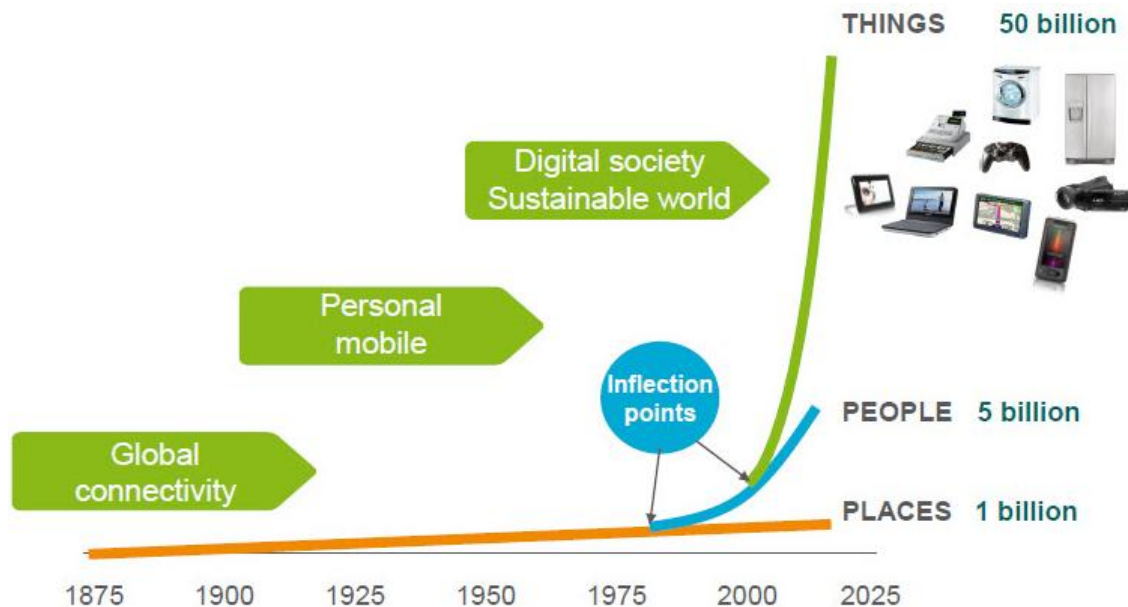
Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι μια έννοια στην οποία ο εικονικός κόσμος της τεχνολογίας των πληροφοριών συνεργάζεται άψογα με τον πραγματικό κόσμο των πραγμάτων. Ο πραγματικός κόσμος γίνεται πιο προσιτός μέσω των υπολογιστών και στις επιχειρήσεις οι διαδικτυακές συσκευές σε καθημερινά σενάρια. Ωστόσο, το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι περισσότερα από ένα επαγγελματικό εργαλείο για πιο αποδοτικές και αποτελεσματικές διαδικασίες, θα μας επιτρέψει σε ένα πιο βολικό τρόπο ζωής.



Σχήμα 6.α. Γενική Περιγραφή IoT

Το διαδίκτυο των πραγμάτων είναι μια μελλοντική κατάσταση, κατά την οποία καθημερινά αντικείμενα – όπως κινητά τηλέφωνα, αυτοκίνητα, οικιακές συσκευές, ρούχα, ακόμη και τρόφιμα – θα συνδέονται ασύρματα στο διαδίκτυο μέσω έξυπνων μικροκυκλωμάτων και θα μπορούν να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Σήμερα, ο μέσος άνθρωπος διαθέτει τουλάχιστον 2 αντικείμενα που συνδέονται με το διαδίκτυο, έως το 2015, ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί σε 7, με 25 δισεκατομμύρια συσκευές συνδεδεμένες ασύρματα παγκοσμίως. Έως το 2020, ο αριθμός αυτός μπορεί να διπλασιαστεί, φτάνοντας τα 50 δισεκατομμύρια. Αυτό σημαίνει μια πιθανή μελλοντική κατάσταση όπου θα

συνδέονται πολλά καθημερινά πράγματα. Για παράδειγμα, εάν ένας καθηγητής πανεπιστημίου ακυρώσει μια πρωινή διάλεξη λόγω ασθένειας, τα ξυπνητήρια των φοιτητών και οι καφετιέρες θα μπορούσαν να ρυθμιστούν αυτόματα, χαρίζοντάς τους μία επιπλέον ώρα ύπνου. Εάν ένα ηλικιωμένο άτομο ξεχάσει να πάρει ένα σημαντικό χάπι, θα μπορούσε να σταλεί ένα προειδοποιητικό μήνυμα σε κοντινό μέλος της οικογένειας, ή ακόμα και σε τοπικό κέντρο έκτακτης ανάγκης, έτσι ώστε κάποιος να μπορέσει να περάσει για ελέγξει την κατάσταση.



Σχήμα 6.β. Τάσεις στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Χάρη στις πρόσφατες εξελίξεις της μικροτεχνίας και μείωση του κόστους για RFID (Radio Frequency Identification), δίκτυα αισθητήρων, NFC (Near Field Communication), ασύρματης επικοινωνίας, τεχνολογίες και εφαρμογές, το Ίντερνετ των πραγμάτων ξαφνικά έγινε πιο προσιτό για τη βιομηχανία και τον τελικό χρήστη. Η ανίχνευση της κατάστασης των πραγμάτων μέσω αισθητήρων, σε συνδυασμό με τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων, επιτρέπει στην άμεση ανταπόκριση στις αλλαγές του πραγματικού κόσμου. Τα διαδραστικά δίκτυα των πραγμάτων, που ανταποκρίνονται στο περιβάλλον τους, δίνουν τεράστιες δυνατότητες στους πολίτες, τους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις.

Η τεχνολογία RFID έχει ολοένα και μεγαλύτερη διείσδυση σε εφαρμογές, πέρα από τις αλυσίδες εφοδιασμού, τις αποθήκες και τα καταστήματα λιανικής πώλησης. Η τεχνολογία των αισθητήρων έχει επίσης εγκριθεί στον τομέα της μεταποίησης και του εφοδιασμού, προκειμένου να ελέγχουν τις διαδικασίες και την ποιότητα των προϊόντων.

Έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται, για ομάδες εργασίας όπως για παράδειγμα η Open Geospatial Consortium (OGC). Οι οποίοι οικοδομούν ένα πλαίσιο ανοικτών προτύπων, για την αξιοποίηση διασυνδεδεμένων αισθητήρων και συστημάτων αισθητήρων όλων των τύπων, περιλαμβανομένων αισθητήρων στάθμης, παρακολούθηση της ρύπανση του αέρα, μετρητές άγχους, φορητά καρδιοσυχνόμετρα, κάμερες και δορυφορικοί συσκευές απεικόνισης της γης.

Η άφιξη του NFC και RFID τεχνολογίας στην αγορά των καταναλωτών (π.χ., Nabaztag.com, Touchatag.com) μαζί με τη διαθεσιμότητα των κινητών του Διαδικτύου (π.χ., η Apple iPhone, HTC Touch) και κλιμακούμενη υποδομή ανταλλαγής πληροφοριών (π.χ., Twitter.com) ανοίγει ένα τεράστιο χώρο για καινοτομίες από τους τελικούς χρήστες. Οι άνθρωποι και τα πράγματα έρχονται όλο ένα και πιο κοντά. Μια ανοικτή και ολιστική προσέγγιση ενός δικτύου προϊόντων και ανθρώπων πρέπει ακόμα να αναπτυχθεί.

6.1 Ο Ορισμός του IoT

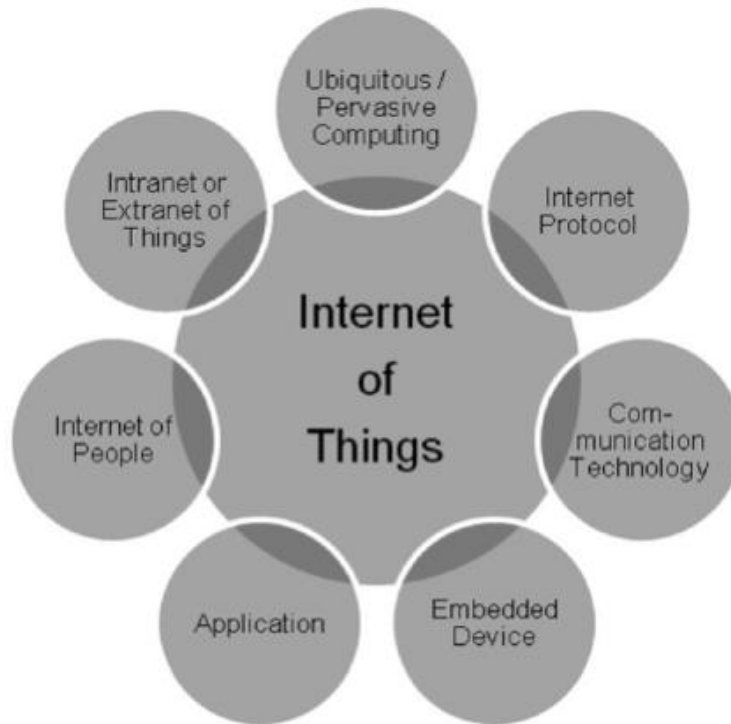
Ο όρος Ίντερνεντ των πραγμάτων δεν σαφή και καθορισμένη έννοια. Ως εκ τούτου έχει χρησιμοποιηθεί ποικιλότροπος ως έννοια στον τομέα της επιστημονικής έρευνας, στις στρατηγικές μάρκετινγκ αλλά και τις πωλήσεις. Μέχρι σήμερα εξακολουθεί να είναι δύσκολο να καταλήξουμε σε ένα σαφή προσδιορισμό της έννοιας του. Ένας ορισμός που έχει πρόσφατα διατυπωθεί στο Strategic Research Agenda του Cluster of European Research Projects για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (CERP-IoT 2009) είναι ο παρακάτω:

«Το Ίντερνεντ των πραγμάτων (Internet of Things) αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στο μέλλον του Διαδίκτυο και θα μπορούσε να οριστεί ως ένα δυναμικό παγκόσμιο δίκτυο υποδομών, με δυνατότητες αυτορυθμίσεων που βασίζονται σε πρότυπα και πρωτόκολλα επικοινωνίας, όπου φυσικά και εικονικά «πράγματα» έχουν ταυτότητες, φυσικές ιδιότητες, εικονική προσωπικότητες, χρησιμοποιούν ευφυείς διεπαφές και είναι ενσωματωμένα στα δίκτυα πληροφοριών. Στο Ίντερνεντ των πραγμάτων, «πράγματα» αναμένεται να συμμετέχουν ενεργά στις επιχειρήσεις, την πληροφόρηση και τις κοινωνικές διαδικασίες, όπου θα μπορούν να αλληλεπιδρούν, να επικοινωνούν μεταξύ τους αλλά και το περιβάλλον, ανταλλάσσοντας δεδομένων και πληροφορίες που συλλέξαν από το περιβάλλον τους, ενώ θα αντιδρούν αυτόνομα στα γεγονότα του «πραγματικού/φυσικού κόσμου» και θα επηρεάζουν τις διεργασίες που τρέχουν, η ενεργοποίηση και η δημιουργία υπηρεσιών, θα γίνεται με ή χωρίς άμεση ανθρώπινη παρέμβαση. Διεπαφές με μορφή υπηρεσιών που διευκολύνουν την αλληλεπίδραση με αυτά τα «έξυπνα πράγματα» μέσω του Διαδικτύου, που μπορούν αλλάζουν την κατάστασή τους και τις πληροφορίες που συνδέονται με αυτά, λαμβάνοντας όμως υπόψη την ασφάλεια και τα θέματα της ιδιωτικής ζωής.»

Μια άλλη προσέγγιση για το Ίντερνεντ των αντικειμένων είναι να εξετάσουμε την δεν είναι ή τουλάχιστον όχι αποκλειστικά. Τέτοια συζήτηση είχε ξεκινήσει ο Tomas Sánchez López (Sánchez López 2010), ο ίδιο θεωρεί ότι δεν είναι μόνο:

- Οι απανταχού υπολογιστές, δεν χρειάζεται απαραίτητα η παγκόσμια υποδομή του Ίντερνεντ.
- Το Ίντερνεντ Πρωτόκολλο (IP), πολλά αντικείμενα στο ίντερνεντ των πραγμάτων δεν μπορούν να τρέξουν ένα τέτοιο πρωτόκολλο.
- Μια μόνο τεχνολογία επικοινωνίας, καθώς αντιπροσωπεύει ένα μικρό κομμάτι.
- Μια ενσωματωμένη συσκευή, όπως RFID ετικέτες ή ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, μπορεί να είναι ένα μέρος, αλλά όχι από μόνα τους.

Με αυτές τις διαφοροποιήσεις και με μερικές μονό από τις ερμηνείες που του δίνουν, καταλαβαίνουμε ότι είναι μια ευρύτερη έννοια. Ωστόσο όλοι οι τομείς έρευνας που έχουν αναφερθεί για Ίντερνετ των πραγμάτων συμπίπτουν εν μέρει με το Σχήμα 6.1 που ακολουθεί.

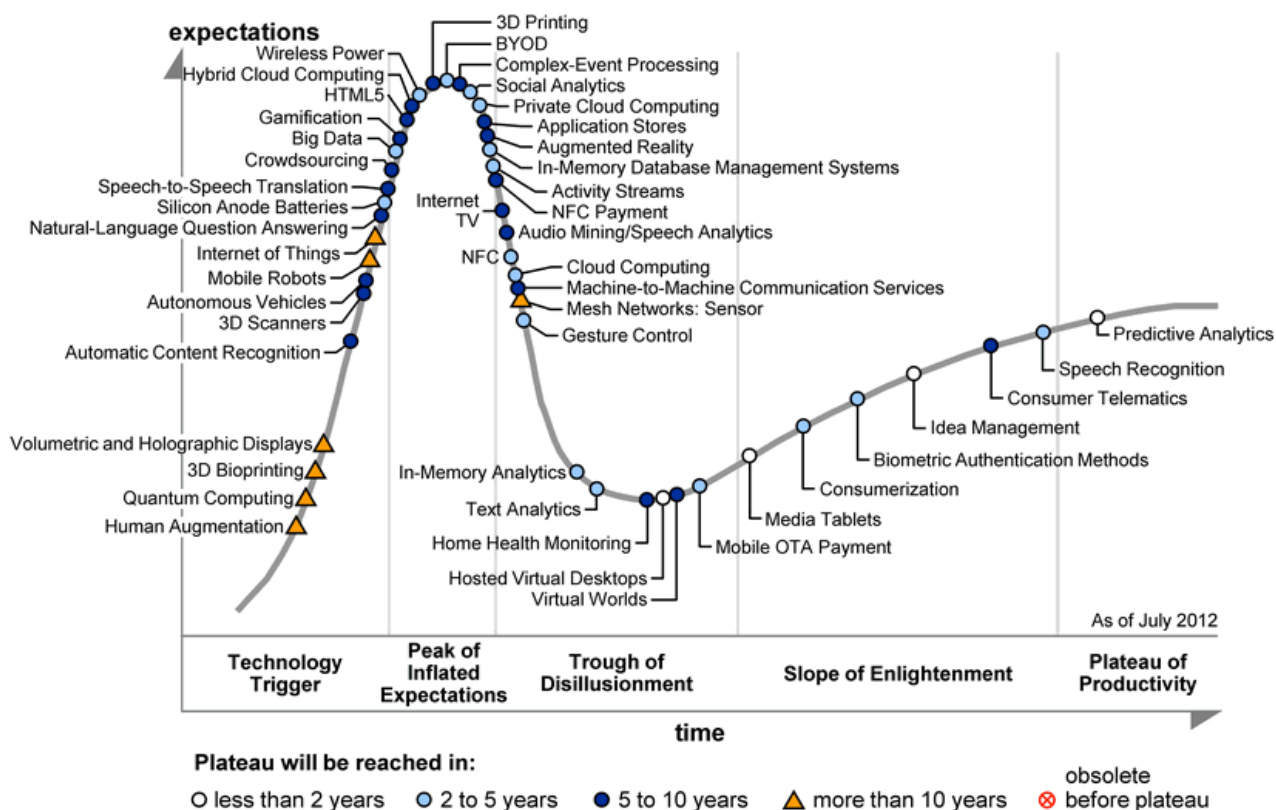


Σχήμα 6.1. Οι διάφοροι τομείς έρευνας του *Internet of Things*

Ότι το Ίντερνετ των πραγμάτων είναι στενά συνδεδεμένα με περισσότερα του ενός πράγματα. Αυτά είναι ο άνθρωπος, οι εφαρμογές, τα ενσωματωμένα συστήματα, τα πρωτόκολλα του διαδικτύου, τα μικρής κλίμακας ή τοπικά δίκτυα, τα υπολογιστικά συστήματα και οι επικοινωνίες.

6.2 Τάσεις και Στοιχεία του IoT

Το διαδίκτυο των πραγμάτων έχει αναγνωριστεί ως μια από τις πιο αναδυόμενες τεχνολογίες στο τομέα της πληροφορικής, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6.2, παρουσιάζονται οι αναδυόμενες τεχνολογίες που αναμένουμε τα επόμενα χρόνια στην αγορά. Έχει προβλεφθεί ότι για το IoT, θα χρειαστούν περισσότερο από 10 χρόνια για να υιοθετηθεί πλήρως από την αγορά.

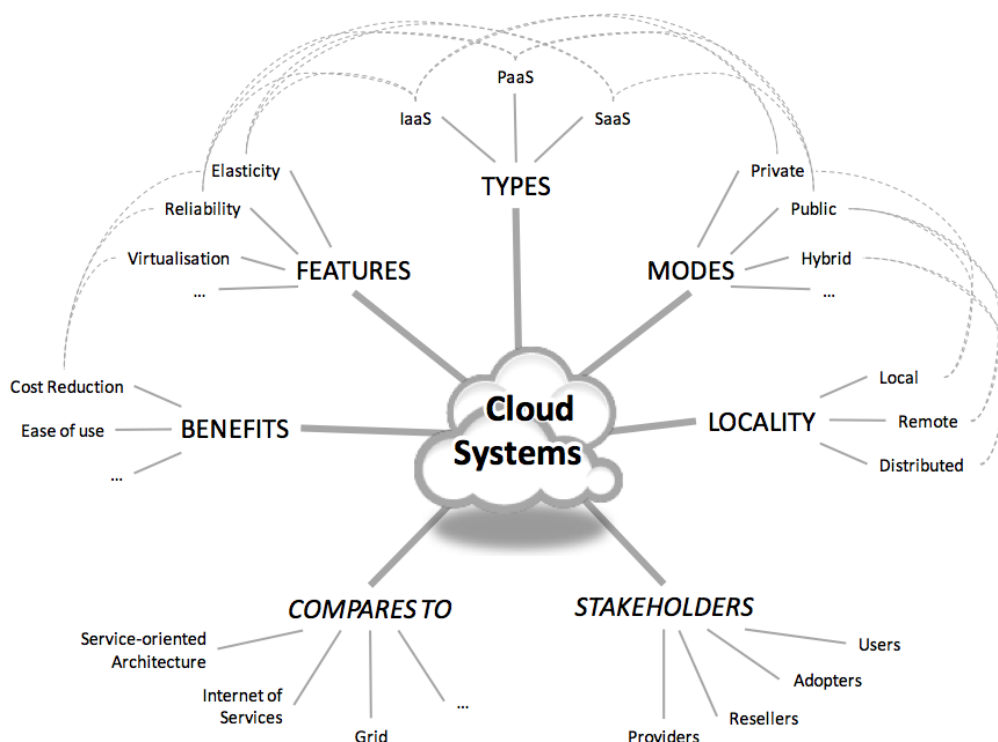


Σχήμα 6.2. Αναδυόμενες Τεχνολογίες Αύγουστος 2012(Gartner.com)

Μια Ταξινόμηση που θα μας βοηθούσε να καθορίσουμε τα στοιχεία που απαιτούνται για το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι τα παρακάτω τρία. Ένα στοιχείο σίγουρα είναι υλικό εξοπλισμός (Hardware), δηλαδή οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές, τα ενσωματωμένα σύστημα επικοινωνιών. Το επόμενο στοιχείο που είναι απαραίτητο είναι η συλλογή, αποθήκευση, η επεξεργασία των δεδομένων, τα υπολογιστικά εργαλεία γενικά (Middleware). Τελευταίο χαρακτηριστικό είναι η απεικόνιση (ή παρουσίαση - Presentation) των στοιχείων και καταστάσεων, που θα πρέπει να είναι ευρέως προσβάσιμα από διαφορετικές πλατφόρμες.

6.3 Cloud ή Cloud Computing

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί και ερμηνείες για το «Cloud» ή το «Cloud Computing». Ο έννοια του ορίζεται ανάλογα το πεδίο χρήσης. Εμείς θα δούμε ένα γενικό ορισμό και το συνδυασμό του με το Διαδίκτυο των πραγμάτων.



Σχήμα 6.3. Ενδεικτικός χάρτης από τις πτυχές που συγκροτούν το σύστημα Cloud.

Ένας ευρύτερος τρόπος που μπορούμε να ορίσουμε είναι ο παρακάτω:

Το Cloud ή Cloud Computing αποτελεί μια νέα προσέγγιση στο χώρο των καταναμημένων συστημάτων η οποία όμως χρησιμοποιεί και τεχνολογίες που προϋπήρχαν. Σκοπός του είναι η παροχή υπηρεσιών πόρων όπως, η υπολογιστική ισχύ και η αποθηκευτική ικανότητα δυνατότητα, στους χρήστες του συστήματος. Σχετικά με τον ορισμό της έννοιας έχουν γίνει πολλές προσπάθειες οι οποίες όμως δεν καλύπτουν όλες τις πτυχές του συστήματος με αποτέλεσμα την γενίκευση της έννοιας με τέτοιων τρόπο που να θεωρείται κάθε σύστημα το οποίο επιτρέπει ανάθεση υπολογιστικών και αποθηκευτικών υπηρεσιών εξωτερικά.

Με άλλα λόγια, τα Clouds είναι κυρίως πλατφόρμες που επιτρέπουν την εκτέλεση διάφορων μορφών εργασιών, σε συστήματα με πολλούς πόρους. Πρόκειται για μία τεχνολογία που χρησιμοποιεί το διαδίκτυο και κεντρικούς απομακρυσμένους εξυπηρετητές (servers) για τη διατήρηση μεγάλου όγκου δεδομένων και εφαρμογών.

Επιτρέπει στους καταναλωτές και στις επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν εφαρμογές χωρίς να χρειάζονται εγκατάσταση αλλά και να έχουν πρόσβαση σε όλα τους τα αρχεία οποιαδήποτε στιγμή και σε οποιοδήποτε μέρος και αν βρίσκονται έχοντας μόνο έναν υπολογιστή συνδεδεμένο στο διαδίκτυο. Με άλλα λόγια, το cloud ή cloud computing προσφέρει την Πληροφορική Τεχνολογία (Information Technology) ως υπηρεσία (IT-as-a-Service). Αντί να δημιουργήσει κανείς ολόκληρη τεχνολογική υποδομή για να φιλοξενεί βάσεις δεδομένων και λογισμικά, τρίτοι αναλαμβάνουν τη συγκεκριμένη φιλοξενία σε μεγάλες εκτάσεις με servers.

6.3.1 Τύποι Cloud

Πάροχοι Cloud συνήθως επικεντρώνονται σε ένα είδος λειτουργικότητας. Τέτοιες κατηγορίες είναι: Υποδομή, πλατφόρμα ή εφαρμογών ως υπηρεσία, αν και δεν υπάρχει και κανένας περιορισμός για να προσφέρουν πολλούς τύπους ταυτόχρονα, η οποία μπορεί συχνά να παρατηρηθεί σε PaaS (Platform as a Service), πολλοί πάροχοι που προσφέρουν επιπλέον εφαρμογές, όπως το Google App Engine σε συνδυασμό με το Google Docs.

Ορισμένες πεδία εφαρμογών αλληλοεπικαλύπτονται και είναι επομένως δύσκολο να διακριθούν. Ως ένα παράδειγμα, οι πλατφόρμες τυπικά πρέπει να παρέχουν πρόσβαση σε πόρους έμμεσα, και συνεπώς είναι μερικές φορές συγχέονται με τις υποδομές.

Η λίστα που ακολουθεί προσδιορίζει τα βασικά είδη των Clouds (επί του παρόντος σε χρήση):

(Cloud) Infrastructure as Service (IaaS) που αναφέρεται επίσης ως σύννεφα πόρων, την παροχή πόρων σαν υπηρεσία για τον χρήστη. Με άλλα λόγια, παρέχουν ουσιαστικά ενισχυμένες δυνατότητες εικονικοποίησης (virtualization). Ως εκ τούτου, διαφορετικοί πόροι μπορούν να παρέχονται μέσω μιας διεπαφής της υπηρεσίας (δεδομένα και αποθήκευση). Αυτού το είδος το σύννεφο ασχολείται με τη αξιόπιστη πρόσβαση στα δεδομένα, σε δυναμικά μεγέθη πληροφορίας με ποιοτικά αποτελέσματα.

Παραδείγματα: Amazon S3, SQL Azure.

Compute Clouds, παρέχουν πρόσβαση σε υπολογιστικούς πόρους (π.χ. CPUs). Μέχρι στιγμής όμως, το χαμηλό επίπεδο πόρων δεν μπορεί πραγματικά να το αξιοποιήσει, προς δικό του όφελος, έτσι ώστε να εκτίθενται ως μέρος ενός «εικονικού περιβάλλοντος».

Παραδείγματα: Amazon EC2, Zimory, Elastichosts.

(Cloud) Platform as a Service (PaaS) παρέχει υπολογιστικούς πόρους μέσω μιας πλατφόρμας πάνω στην οποία εφαρμογές και οι υπηρεσίες μπορούν να αναπτυχθούν και να φιλοξενηθούν. Το PaaS κάνει συνήθως χρήση ειδικών APIs για τον έλεγχο της συμπεριφοράς ενός server hosting engine, που εκτελεί και αναπαράγει σύμφωνα με τα αιτήματα των χρηστών. Όπως κάθε πάροχος εκθέτει το δικό του API σύμφωνα με τις αντίστοιχες βασικές

ικανότητες του συστήματος, έτσι και οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί για ένα συγκεκριμένο πάροχο, δεν μπορεί να μετακινηθεί σε άλλο πάροχο υπηρεσιών σύννεφου.

Παραδείγματα: Force.com, το Google App Engine, Windows Azure (Platform).

(Clouds) Software as a Service (SaaS) επίσης μερικές φορές αναφέρεται ως Υπηρεσία. Τα Σύννεφα Εφαρμογών ως υπηρεσία προσφέρουν εφαρμογές με συγκεκριμένες δυνατότητες και διαδικασίες. Χρησιμοποιούν τις δυνατότητες του cloud, δηλαδή χρησιμοποιούν υποδομή PaaS ή IaaS για να λειτουργήσουν, αντί να παρέχουν οι ίδιοι δυνατότητες τέτοιες. Συχνά, το λογισμικό της εφαρμογής προσφέρεται μέσα σε ένα σύννεφο.

Παραδείγματα: Google Docs, Salesforce CRM, SAP Business by Design.]

6.3.2 Προσβασιμότητα και χρήση του Cloud

Παρόμοια με P/I/SaaS, τα σύννεφα μπορούν να φιλοξενήσουν και να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς, ανάλογα με την περίπτωση χρήσης. Μέχρι στιγμής, υπήρχε μια τάση τα σύννεφα να εξελιχθούν κυρίως ιδιωτικά και για εσωτερικές λύσεις (private clouds), για τη διαχείριση των τοπικών υποδομών και συνολικά την εξυπηρέτηση των χρηστών. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η διαθεσιμότητα των δεδομένων στο σύνολο των χρηστών. Αυτό αύξησε τη παραγωγικότητα και την ευκολία στη χρήση. Η Φυσική εξέλιξη είναι τα δημοσία σύννεφα ανάλογα και του σκοπούς που εξυπηρετούν και πλέον που η τεχνολογία είναι αρκετά ώριμοι να υποστηριχθούν με ασφάλεια τα υβριδικά. Δηλαδή ο συνδυασμός δημόσιου και ιδιωτικού, με έλεγχο στην προσβασιμότητα, κατά περίπτωση.

Μπορούμε συνεπώς διακρίνει τους ακόλουθους τύπους:

Οι **Private Clouds** τυπικά ανήκει στη επιχείρηση και είναι ένα ιδιωτικό ή μισθωμένα σύννεφο. Οι λειτουργίες δεν είναι άμεσα εκτεθειμένες στον πελάτη, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις, μερικά χαρακτηριστικά από τις υπηρεσίες cloud μπορεί να προσφέρονται - αυτό είναι παρόμοιο με (Cloud) SaaS από την άποψη του πελάτη.

Παράδειγμα: eBay.

Public Clouds. Οι επιχειρήσεις προσφέρουν τις λειτουργίες του σύννεφου, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν από όλους. Παρέχουν τις υπηρεσίες σε χρήστες εκτός της εταιρείας. Παρέχει στο χρήστη την ικανότητά να αξιοποιήσει τις δυνατότητες του cloud για δικούς του σκοπούς, επίσης, επιτρέπει σε επιχειρήσεις να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες cloud, μειώνοντας έτσι το κόστος και την προσπάθεια για τη δημιουργία της δικής τους υποδομής. Όπως σημειώνεται ότι οι τύποι σύννεφου, το πεδίο εφαρμογής και λειτουργιών μπορεί να διαφέρουν κατά πολύ.

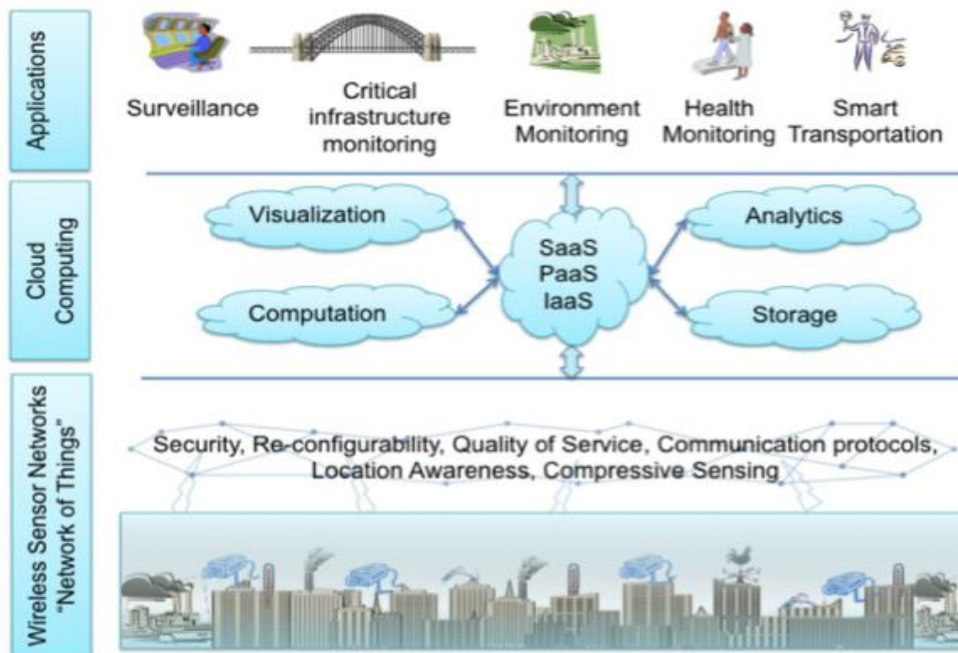
Παράδειγμα: Amazon, Google Apps, Windows Azure.

Hybrid Clouds. Αν και τα δημόσια clouds επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν υποδομές δωρεάν από τους πάροχους, σε ορισμένες περίπτωση χάνουν τον έλεγχο από σημαντικές πληροφορίες ή ευαίσθητα δεδομένα. Αυτό δεν είναι πάντα επιθυμητό από την εκάστοτε επιχείρηση. Υβριδικά σύννεφα αποτελούνται ένα μίγμα λειτουργίας των ιδιωτικών και δημόσιων υποδομών cloud, έτσι ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο της μείωσης του κόστους μέσω της εξωτερικής ανάθεσης, διατηρώντας ταυτόχρονα τον επιθυμητό βαθμό ιδιωτικότητας. Για παράδειγμα τα ευαίσθητα δεδομένα χρησιμοποιούν το ιδιωτικό τοπικό σύννεφο.

6.3.3 Cloud και IoT

Υπάρχει μια διαφωνία για το αν το Διαδίκτυο των πραγμάτων συνδέεται με τα συστήματα Cloud σε όλες της περιπτώσεις. Ενώ το Διαδίκτυο των πραγμάτων ασχολείται με θέματα που σχετίζονται με την ελαστικότητα, την αξιοπιστία και διαχείριση των δεδομένων, ταυτόχρονα υπάρχει η παραδοχή ότι οι πόροι στο σύννεφο είναι αυτοί που υπολογίζουν, φιλοξενούν και διαχειρίζονται τα δεδομένα. Με αυτό τον τρόπο το σύννεφο στο Διαδίκτυο των πραγμάτων αναπαριστάτε με μια εικονική πλατφόρμα επεξεργασίας.

Τα σύννεφα μπορούν να προσφέρουν ζωτικής σημασίας υποστήριξη στο διαδίκτυο των πραγμάτων, μπορούν να ασχοληθούν ευέλικτα με μεγάλη ποσότητα δεδομένων που προέρχονται από ποικιλία αισθητήρων και πραγμάτων. Συνολικά, το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορούν να επωφελούνται από τα συστήματα Cloud, αλλά δεν υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ των δύο. Ωστόσο, υπάρχουν σημεία επαφής που δεν πρέπει να αγνοηθούν. Η διαχείριση των δεδομένων και οι διεπαφές μεταξύ των αισθητήρων και των συστημάτων cloud δείχνουν ομοιότητες.



Σχήμα 6.3.3. Η τοποθέτηση του Cloud στο κέντρο του οικοσυστήματος.

Το όραμα του Διαδικτύου των πραγμάτων μπορεί να το δει κανείς από δύο οπτικές γωνίες, η πρώτη οπτική γωνία είναι το διαδίκτυο και η δεύτερη τα πράγματα. Η αρχιτεκτονική του διαδικτύου περιλαμβάνει τις διαδικτυακές υπηρεσίες ως κύριο σκοπό, ενώ τα δεδομένα συλλέγονται από τα αντικείμενα. Από την οπτική γωνία των αντικειμένων, ο κύριος ρόλος τους είναι να είναι έξυπνα. Στο Σχήμα 6.3.3. φαίνεται μια γενική άποψη του πλαισίου που ενσωματώνει τις έξυπνες συσκευές με το διαδίκτυο. Προκειμένου να αξιοποιηθεί πλήρως οι δυνατότητες του cloud computing, το σύννεφο πρέπει να τοποθετηθεί στο κέντρο του πλαισίου αυτού, όπου είναι και το πιο βιώσιμο. Αυτό όχι μόνο δίνει ευελιξία στη διαίρεση των δαπανών με λογικό τρόπο, αλλά είναι επίσης εξαιρετικά επεκτάσιμο.

Οι πάροχοι υπηρεσιών μετρήσεων μπορούν να ενταχθούν στο δίκτυο και να προσφέρουν τα δεδομένα τους, χρησιμοποιώντας το σύννεφο αποθήκευσης. Οι προγραμματιστές μπορούν να παρέχουν εργαλεία λογισμικό. Οι ειδικοί τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να παρέχουν την μεθοδολογία για την χρήση της πληροφορίας σε γνώση, ενώ οι σχεδιαστές γραφικών να προσφέρουν εργαλεία και σχέδια για ολοκλήρωση των συστημάτων. Το cloud computing μπορεί να προσφέρει αυτές τις υπηρεσίες, όπως υποδομές, πλατφόρμες και λογισμικό όπου εξαρτάται από την ανθρώπινη δημιουργικότητα. Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του Διαδικτύου των πραγμάτων μπορεί να γίνει σε διάφορα πεδία εφαρμογών. Εντούτοις, η ανάπτυξη εφαρμογών για το IoT χρησιμοποιώντας χαμηλού επιπέδου μοντέλα προγραμματισμού Cloud και διασυνδέσεων είναι πολύπλοκη. Για να ξεπεραστεί αυτός ο περιορισμός, χρειαζόμαστε μια IoT εφαρμογή ειδικού πλαισίου για την ταχεία δημιουργία εφαρμογών και η τοποθέτησή τους σε Cloud υποδομές.

Κάποια απλά παραδείγματα υπηρεσιών cloud για IoT είναι τα παρακάτω:

Το open.sen.se (<http://open.sen.se>), το οποίο είναι μια ανοιχτή πλατφόρμα συννέφου για το διαδίκτυο των πραγμάτων. Οπού μπορούμε να αποθηκεύσουμε δεδομένα ή να τα τραβήξουμε. Μπορούμε να προωθήσουμε σε άλλες υπηρεσίες ή μέσα. Στα δεδομένα και στοιχεία που έχουμε σώσει μπορούμε να κάνουμε υπολογισμούς και πράξεις, να βγάλουμε μέσους όρους ή να κρατήσουμε ιστορικό μετρήσεων,



Είναι ένας τρόπος οπού ο άνθρωπος, οι συσκευές, το ίντερνετ και το περιβάλλον, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Ένας άλλος ιστοσελίδα που προσφέρει υπηρεσίες σύννεφου για το διαδίκτυο των πραγμάτων, σε επαγγελματίες, ερασιτέχνες αλλά και χομπίστες είναι το everything (<http://www.everything.com>).



Με μια μεγάλη ποικιλία από εργαλεία όπως αποθήκευση δεδομένων, ελέγχους πρόσβασης, υπολογιστικές ικανότητες, άλλα και πολλά έτοιμα APIs (Application Programming Interfaces), μπορούν να βρουν αμέτρητες εφαρμογές σε αντικείμενα τα φυσικού κόσμου.

Κεφάλαιο 7

7. Πρωτόκολλα και Δίκτυα για τα Ενσωματωμένα Συστήματα

Το μοντέλο OSI (Open Systems Interconnection) είναι μια ιεραρχική δομή επτά επιπέδων που καθορίζει τις προδιαγραφές επικοινωνίας μεταξύ δύο υπολογιστών, ορίζοντας επακριβώς τον σκοπό κάθε επιπέδου αλλά και τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα, και τυποποιήθηκε ως πρότυπο ISO 7498-1. Θεωρήθηκε ότι θα επέτρεπε τη λειτουργική συνεργασία μεταξύ ποικίλων ψηφιακών συσκευών που ήταν διαθέσιμες στην αγορά. Το μοντέλο επιτρέπει σε όλα τα στοιχεία ενός δικτύου να συλλειτουργούν, με κάθε στοιχείο να υλοποιεί ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα δικτύωσης, ανεξάρτητα από το ποιος είναι ο κατασκευαστής τους. Περί τα τέλη της δεκαετίας του 1980 ο ISO συνιστούσε την εφαρμογή του μοντέλου OSI ως κοινώς αποδεκτού υποδείγματος σχεδιασμού δικτύων.

Ωστόσο εκείνη την εποχή η στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP, η οποία βασιζόταν σε ελαφρώς διαφορετική διαστρωμάτωση επιπέδων, ήταν ήδη επί πολύ καιρό σε ευρεία χρήση. Το TCP/IP ήταν θεμελιώδες για το δίκτυο ARPANET και τα άλλα δίκτυα που εξελίχθηκαν στο σημερινό Διαδίκτυο. Ως αποτέλεσμα το μοντέλο OSI παραμερίστηκε και σήμερα μόνο ένα υποσύνολό του χρησιμοποιείται ακόμη. Η επικρατούσα αντίληψη είναι ότι οι περισσότερες προδιαγραφές του είναι περίπλοκες και η πλήρης λειτουργικότητά του θα χρειαζόταν μεγάλο χρόνο κατασκευής, αν και συνεχίζουν να υπάρχουν σθεναροί υποστηρικτές του.

OSI (Open Source Interconnection) 7 Layer Model

Layer	Application/Example	Central Device/ Protocols	DOD4 Model
Application (7) Serves as the window for users and application processes to access the network services.	End User layer Program that opens what was sent or creates what is to be sent Resource sharing • Remote file access • Remote printer access • Directory services • Network management	User Applications SMTP	G A T E W A Y Process
Presentation (6) Formats the data to be presented to the Application layer. It can be viewed as the "Translator" for the network.	Syntax layer encrypt & decrypt (if needed) Character code translation • Data conversion • Data compression • Data encryption • Character Set Translation	JPEG/ASCII EBDIC/TIFF/GIF PICT	
Session (5) Allows session establishment between processes running on different stations.	Synch & send to ports (logical ports) Session establishment, maintenance and termination • Session support - perform security, name recognition, logging, etc.	Logical Ports RPC/SQL/NFS NetBIOS names	
Transport (4) Ensures that messages are delivered error-free, in sequence, and with no losses or duplications.	TCP Host to Host, Flow Control Message segmentation • Message acknowledgement • Message traffic control • Session multiplexing	PACKET F I L T E R I N G TCP/SPX/UDP	Host to Host
Network (3) Controls the operations of the subnet, deciding which physical path the data takes.	Packets ("letter", contains IP address) Routing • Subnet traffic control • Frame fragmentation • Logical-physical address mapping • Subnet usage accounting		Internet
Data Link (2) Provides error-free transfer of data frames from one node to another over the Physical layer.	Frames ("envelopes", contains MAC address) [NIC card — Switch — NIC card] (end to end) Establishes & terminates the logical link between nodes • Frame traffic control • Frame sequencing • Frame acknowledgment • Frame delimiting • Frame error checking • Media access control	Switch Bridge WAP PPP/SLIP	Can be used on all layers Network
Physical (1) Concerned with the transmission and reception of the unstructured raw bit stream over the physical medium.	Physical structure Cables, hubs, etc. Data Encoding • Physical medium attachment • Transmission technique - Baseband or Broadband • Physical medium transmission Bits & Volts	Hub Land Based Layers	

Σχήμα 7. Τα 7 επίπεδα του μοντέλου του OSI

Μια συνοπτική περιγραφή των επτά επιπέδων του Μοντέλου Αναφοράς OSI, δίνεται στη συνέχεια, αρχίζοντας από το φυσικό επίπεδο.

Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer):

Είναι το πρώτο επίπεδο της αρχιτεκτονικής και είναι υπεύθυνο για τη διαφανή μετάδοση ακατέργαστων δυαδικών ψηφίων μέσω της φυσικής διασύνδεσης των στοιχείων του δικτύου. Παρέχει τα μηχανικά, ηλεκτρικά, λειτουργικά και διαδικαστικά μέσα για την ενεργοποίηση, υποστήριξη και απενεργοποίηση της φυσικής διασύνδεσης, για τη μετάδοση δυαδικών ψηφίων, μεταξύ δύο συστημάτων (πιο συγκεκριμένα μεταξύ δύο οντοτήτων γραμμής δεδομένων).

Το Επίπεδο Γραμμής Δεδομένων (Data-Link Layer):

Το επίπεδο αυτό παρέχει τα λειτουργικά και διαδικαστικά μέσα για την εγκατάσταση, υποστήριξη, και απόλυση συνδέσεων γραμμής δεδομένων, μεταξύ οντοτήτων επιπέδου δικτύου. Επίσης είναι υπεύθυνο για τη Μεταφορά Δεδομένων Εξυπηρέτησης (SDUs) επιπέδου γραμμής. Μια σύνδεση γραμμής δεδομένων δημιουργείται πάνω από μια ή περισσότερες φυσικές συνδέσεις. Βασικό τμήμα του επιπέδου γραμμής αποτελούν οι διαδικασίες αναγνώρισης και διόρθωσης λαθών που μπορούν να συμβούν στο φυσικό επίπεδο.

Το Επίπεδο Δικτύου (Network Layer):

Το επίπεδο δικτύου παρέχει υπηρεσίες για την εγκατάσταση, την υποστήριξη και τον τερματισμό συνδέσεων δικτύου, καθώς επίσης και την ανταλλαγή Μονάδων Δεδομένων Εξυπηρέτησης Δικτύου (NSDUs) μεταξύ οντοτήτων μεταφοράς.

Το Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer):

Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για τη διαφανή μεταφορά δεδομένων μεταξύ των οντοτήτων συνόδου. Παρέχει έναν αξιόπιστο μηχανισμό για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διεργασιών σε διαφορετικά συστήματα. Ικανοποιεί τις ανάγκες για την παράδοση των μονάδων δεδομένων χωρίς λάθη και με τη σωστή σειρά. Θεωρείται ως το ανώτερο από τα "κατώτερα" πρωτόκολλα. Η θεώρηση αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι ο βασικός προσανατολισμός του επιπέδου μεταφοράς, και των επιπέδων που βρίσκονται κάτω από αυτό, είναι η μετάδοση των δεδομένων μεταξύ των συστημάτων, μέσω του επικοινωνιακού δικτύου. Αντίθετα, πάνω από το επίπεδο μεταφοράς οι υπηρεσίες που παρέχονται από τα ανώτερα επίπεδα είναι προσανατολισμένες προς τις εφαρμογές και τις απαιτήσεις του χρήστη. Τα πρωτόκολλα που καθορίζονται στο επίπεδο μεταφοράς έχουν την έννοια του "τελικού σημείου - προς - τελικό σημείο" (end - to - end). Τα "τελικά σημεία" ορίζονται σε αντιστοιχία με οντότητες του επιπέδου μεταφοράς.

Το Επίπεδο Συνόδου (Session Layer):

Το επίπεδο συνόδου παρέχει το μηχανισμό για τον έλεγχο του διαλόγου μεταξύ δύο οντοτήτων του επιπέδου παρουσίασης. Παρέχει τα μέσα ώστε δύο οντότητες του επιπέδου παρουσίασης να εγκαταστήσουν και να χρησιμοποιήσουν μια σύνδεση, η οποία ονομάζεται "σύννοδος" (session).

Το Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation Layer):

Το επίπεδο παρουσίασης ασχολείται με την παρουσίαση της πληροφορίας (συντακτικό) στις οντότητες του επιπέδου εφαρμογής. Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η μετάφραση της πληροφορίας, έτσι ώστε να εξασφαλίζει ότι τα τελικά συστήματα θα επικοινωνούν με επιτυχία, ακόμη και αν χρησιμοποιούν διαφορετικές παρουσιάσεις για την πληροφορία. Η παρουσίαση της πληροφορίας περιλαμβάνει την παρουσίαση των δεδομένων που μεταφέρονται μεταξύ δύο οντοτήτων εφαρμογής και την παρουσίαση της δομής των δεδομένων, στην οποία αναφέρονται οι οντότητες εφαρμογής κατά την επικοινωνία τους.

Το Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer):

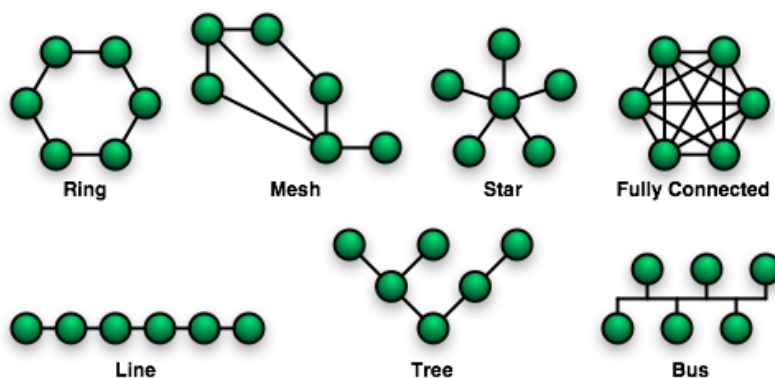
Το επίπεδο εφαρμογής είναι το σύνορο μεταξύ του περιβάλλοντος των ανοικτών συστημάτων και των διεργασιών εφαρμογής που χρησιμοποιεί το περιβάλλον αυτό για την ανταλλαγή δεδομένων. Αποτελεί το στοιχείο εκείνο του ανοικτού συστήματος, που εκτελεί την επεξεργασία της πληροφορίας για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Τα πρωτόκολλα (και οι υπηρεσίες) του επιπέδου αυτού είναι πολλά και ποικίλα, λόγω της ανάγκης υποστήριξης του ευρέως φάσματος των δυνατών εφαρμογών.

Όλες οι λειτουργίες που δεν εκτελούνται από τα κατώτερα επίπεδα, περιέχονται στο επίπεδο εφαρμογής και μπορούν να εκτελούνται είτε από προγράμματα, είτε από τους αντίστοιχους χειριστές. Η βασική διαφοροποίηση σε σχέση με τα προηγούμενα επίπεδα βρίσκεται στο γεγονός ότι το επίπεδο εφαρμογής δεν παρέχει υπηρεσίες σε κάποιο ανώτερο επίπεδο, αλλά σε διεργασίες εφαρμογών που βρίσκονται εκτός της αρχιτεκτονικής του μοντέλου OSI. Έτσι οι υπηρεσίες του επιπέδου αυτού δεν αντιστοιχίζονται σε κάποια "σημεία πρόσβασης για εξυπηρέτηση" (SAPs).

7.1. Τοπολογίες δικτύων.

Τοπολογία δικτύου ονομάζεται η μορφή της σύνδεσης μεταξύ των κόμβων ενός δικτύου. Οι τοπολογίες είναι είτε φυσικές είτε λογικές. Τα κυριότερα είδη τοπολογιών είναι η γραμμική, η τύπου διαύλου, δακτυλίου, αστέρα, η κατακεντρωμένη, η πλήρως κατακεντρωμένη και η τύπου δένδρου. Η επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών και γενικότερα η κοινή χρήση των πόρων τους είναι εφικτή μόνο όταν αυτοί είναι συνδεδεμένοι. Στα περισσότερα σύγχρονα δίκτυα οι υπολογιστές είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους με καλώδια.

Ωστόσο, στη διασύνδεση ενός πλήθους υπολογιστών δεν παίζουν ρόλο μόνο τα καλώδια. Οι διαφορετικοί τύποι καλωδίων, καρτών δικτύου, λειτουργικών συστημάτων καθώς και πολλών άλλων στοιχείων δικτύωσης απαιτούν και διαφορετικούς τρόπους διευθέτησης του δικτύου, ή αλλιώς, απαιτούν διαφορετικές δικτυακές τοπολογίες. Για τη σωστή διευθέτηση μιας τοπολογίας απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Και αυτό γιατί μια συγκεκριμένη τοπολογία μπορεί να προσδιορίζει τον τύπο της καλωδίωσης που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί, τον τρόπο με τον οποίο τα διάφορα καλώδια θα περνούν μέσα από τα ταβάνια, τοίχους και πατώματα, τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των υπολογιστών καθώς και πολλά άλλα λειτουργικά στοιχεία. Όλα αυτά θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά τη διευθέτηση της τοπολογίας, γιατί προσδιορίζουν σε μεγάλο βαθμό το επίπεδο της απόδοσης ολόκληρου του δικτύου.



Σχήμα 7.1. Τοπολογίες Δικτύων

Γενικά υπάρχουν τα τέσσερις βασικές κατηγορίες : Διαύλου, Αστεριού, Δακτυλίου, Δέντρου. Στα ασύρματα δίκτυα και ειδικότερα στο Διαδίκτυο των πραγμάτων, η συχνότερες μορφές που συναντάμε στην δικτύωση της βάσης με τους αισθητήρες, είναι η τοπολογία mesh (Πλεκτή τοπολογία) και η star (τοπολογία Αστέρα).

Τοπολογία Αστέρα (Star Network)

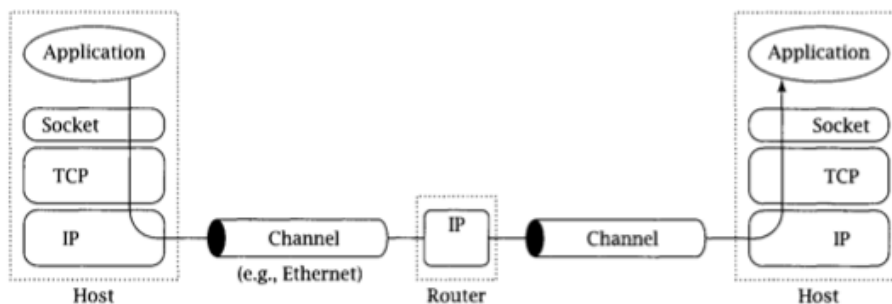
Στην τοπολογία αστέρα όλοι οι σταθμοί εργασίας συνδέονται άμεσα με έναν κεντρικό υπολογιστή, τον εξυπηρετητή (Server) ή κάποια δικτυακή συσκευή όπως π.χ. έναν δρομολογητή (router) ή hub, μέσω του οποίου ανταλλάσσουν δεδομένα. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι πως το δίκτυο δεν εξαρτάται από την κατάσταση του κάθε σταθμού εργασίας αλλά μόνο από την κατάσταση της κεντρικής μονάδας στην οποία συνδέονται όλα τα μέλη. Το μειονέκτημα είναι πως στην περίπτωση δυσλειτουργίας της κεντρικής μονάδας η επικοινωνία διακόπτεται πλήρως. Αυτό βέβαια μπορεί να αντιμετωπιστεί με την εγκατάσταση περισσότερων κεντρικών μονάδων έτσι ώστε σε περίπτωση δυσλειτουργίας της μίας να συνεχίζει η άλλη.

Πλεκτή Τοπολογία (Mesh Network)

Η πλεκτή τοπολογία χωρίζεται στην πλήρως πλεκτή (full mesh) και μερικώς πλεκτή (partial mesh). Στην πλήρως πλεκτή κάθε σταθμός εργασίας συνδέεται απευθείας με όλους τους υπόλοιπους σταθμούς, επικοινωνεί δηλαδή άμεσα με κάθε έναν από αυτούς. Στην μερικώς πλεκτή κάποιοι σταθμοί επικοινωνούν άμεσα με όλους ή μερικούς από τους υπόλοιπους ενώ κάποιοι άλλοι μόνο με τους γειτονικούς. Το πλεονέκτημα εδώ είναι πως ακόμα και σε περίπτωση μερικής καταστροφής του μέσου υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας δύο σταθμών μέσω εναλλακτικών διαδρομών. Το μειονέκτημα είναι η περιττή καλωδίωση και το κόστος στην περίπτωση που το μέσο είναι το καλώδιο.

7.2. IPv6 (Internet Protocol version 6)

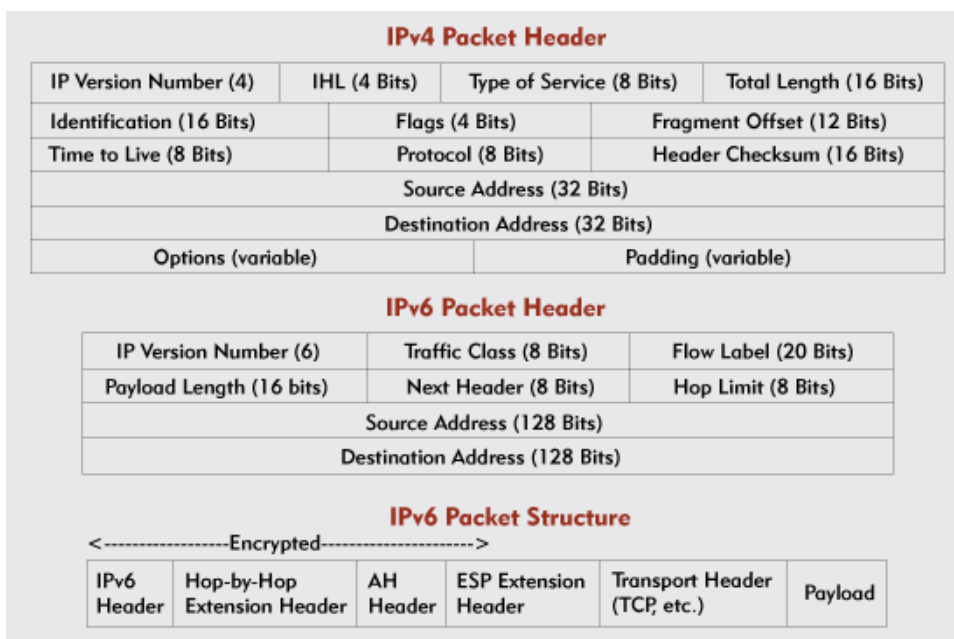
Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol), αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνίας για τη μετάδοση δεδομενογραμμάτων (datagrams), δηλαδή πακέτων δεδομένων, σε ένα διαδίκτυο. Το Πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων ανάμεσα στα διάφορα δίκτυα, ανεξάρτητα από την υποδομή τους, και αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο πάνω στο οποίο είναι βασισμένο το Διαδίκτυο.



Σχήμα 7.2.α. Τυπικό TCP/IP δίκτυο.

Το Πρωτόκολλο IP, ανήκει στο Επίπεδο Διαδικτύου, στο Μοντέλο Διαστρωμάτωσης TCP/IP. Καθορίζει τη μορφή των πακέτων που στέλνονται μέσω ενός διαδικτύου, καθώς και τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για την προώθηση των πακέτων από έναν υπολογιστή προς έναν τελικό προορισμό μέσω ενός ή περισσότερων δρομολογητών. Για αυτούς τους σκοπούς, το IP, χρησιμοποιεί συγκεκριμένες μεθόδους διευθυνσιοδότησης και δομές για την ενθυλάκωση των πακέτων δεδομένων.

Το IPv6 (Internet Protocol version 6) είναι η πιο πρόσφατη αναθεώρηση του πρωτοκόλλου Internet (IP), του βασικού πρωτοκόλλου επικοινωνίας πάνω στο οποίο έχει χτιστεί ολόκληρο το διαδίκτυο. Πρόκειται να αντικαταστήσει το παλιότερο IPv4, το οποίο χρησιμοποιεί μέχρι σήμερα (2013) η συντριπτική κυκλοφορία στο διαδίκτυο.



Σχήμα 7.2.β. IPv4 σε σύγκριση με IPv6

7.2.1 Χαρακτηριστικά του IPv6

Η παρακάτω λίστα συνοψίζει τα νέα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου IPv6:

- Νέα μορφή της επικεφαλίδας.
- Μεγάλος χώρος διευθύνσεων.
- Επεκτασιμότητα.
- Νέο πρωτόκολλο για την επικοινωνία με γειτονικούς κόμβους.
- Υποστήριξη IPSec.
- Καλύτερη υποστήριξη στην παράδοση με προτεραιότητα.

Επικεφαλίδα

Η επικεφαλίδα IPv6 έχει νέα απλή μορφή που έχει σχεδιαστεί για να ελαχιστοποιήσει τις διεργασίες. Αυτό επιτυγχάνεται με της κεφαλίδες επέκτασης που τοποθετούνται μετά την βασικό πακέτο IPv6, έχουν μετακινηθεί στο τέλος και είναι προαιρετικά. Με τη μορφή που έχει η επικεφαλίδα IPv6 είναι πιο αποτελεσματική σε επεξεργασία από τους ενδιάμεσους δρομολογητές. Το IPv6 είναι συμβατό με το IPv4.

Διευθύνσεις

Το IPv6 διαθέτει 128-bit (16-byte) διευθύνσεις πηγής και προορισμού. Ο μεγάλος όγκος διευθύνσεων επιτρέπει την κατανομή σε πολλαπλά επίπεδα και υποδίκτυα. Αρκούν για τις μελλοντικές ανάγκες και δεν είναι απαραίτητες πια τεχνικές όπως η NAT (Network Address Translation).

```
IPv6 Address:          2001:770:18:2::1:1
32-bit:    0x 20010770 00180002 00000000 00010001
16-bit:    0x 2001 0770 0018 0002 0000 0000 0001 0001
8-bit:     0x 20 01 07 70 00 18 00 02 00 00 00 00 00 01 00 01
```

Σχήμα 7.2.1. Διάφοροι τρόποι έκφρασης της 128 bit IPv6 διεύθυνσης.

Επεκτασιμότητα

Το πρωτόκολλο IPv6 έχει 2 κεφαλίδες, την κυρίως και τις κεφαλίδες επεκτάσεις. Με αυτό τον τρόπο μπορεί εύκολα να διευρύνει τις δυνατότητες που έχει.

Νέο πρωτόκολλο Neighbour Discovery

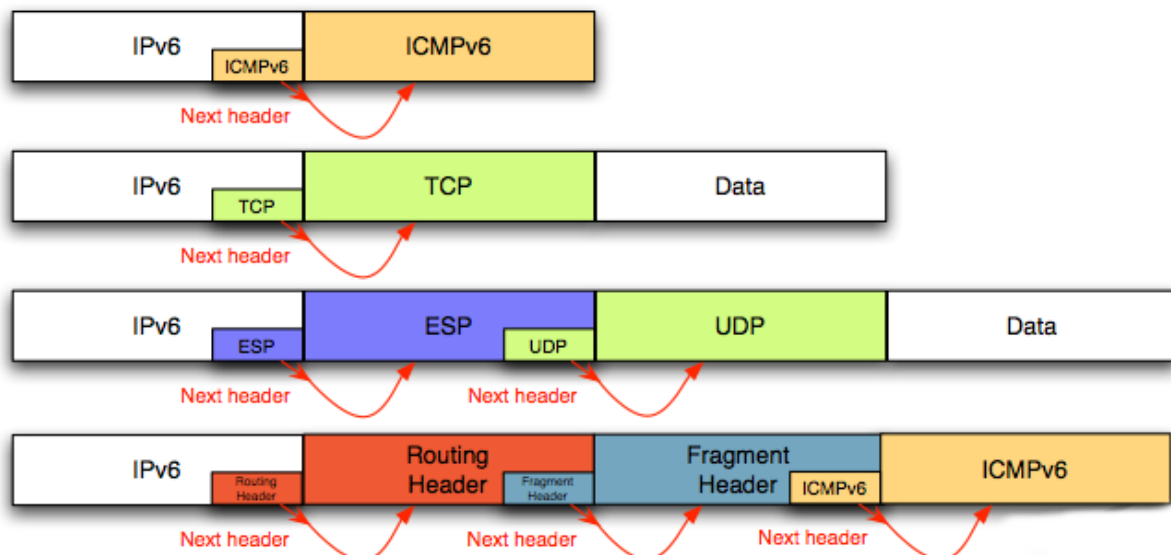
Το νέο αυτό πρωτόκολλο έρχεται με καινούργια αναβαθμισμένη έκδοση ICMPv6 (Internet Control Message Protocol for IPv6) που διαχειρίζεται σωστά την αλληλεπίδραση με τους γειτονικούς κόμβους. Με την έλευση σου αντικαταστάθηκαν μια σειρά από μηχανισμοί που λειτουργούσαν στο πρωτόκολλο IPv4 όπως το ARP (Address Resolution Protocol), ICMPV4 Router Discovery και ICMPV4 Redirect messages.

IPsec (Internet Protocol Security)

Η υποστήριξη αυτό του πρωτόκολλο παρέχει προστασία στο δίκτυο και κάνει εύκολη την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών μέσω του IPv6. Αποτελείται από δυο κεφαλίδες επεκτάσεις (AH – Authentication header και ESP – Encapsulating Security Payload) και πρωτόκολλο που διαπραγματεύεται τις ρυθμίσεις ασφαλείας.

Καλύτερη διαχείριση στην παράδοση με προτεραιότητα

Νέα πεδία στην κεφαλίδα του IPv6 καθορίζουν στη κίνηση των πακέτων, πως θα γίνεται χειρισμός και την αναγνώριση τους. Η κυκλοφορία με προτεραιότητες χρησιμοποιούν ένα πεδίο Traffic Class, το οποίο καθορίζει μια τιμή DSCP ακριβώς όπως στο IPv4, ένα πεδίο Flow Label που επιτρέπει στους δρομολογητές να τα εντοπίσουν και να το χειριστούν αντίστοιχα.



Σχήμα 7.2.1. Κεφαλίδες επεκτάσεις στο IPv6

7.2.2 Αρχιτεκτονική IPv6 από προγραμματιστικής άποψης

Από προγραμματιστική άποψη το IPv4 και το IPv6 είναι το ίδιο. Έχουμε ίδιες IP διευθύνσεις (με διαφορά στο μέγεθος: 32 bit για IPv4 και 128 bit αντίστοιχα) για την δρομολόγηση στους κόμβους και TCP/UDP (User Datagram Protocol) αριθμό θύρας για την αναγνώριση της υπηρεσίας από τους κόμβους.

Μερικά από πράγματα που πρέπει να γνωρίζουμε είναι τα παρακάτω:

- Και στις δυο περιπτώσεις οι χρήστες συνήθως χρησιμοποιούν DNS (Domain Name System) ονόματα, αντί για IP διευθύνσεις, για να συνδεθούν σε κάπου. Για παράδειγμα οι χρήστες χρησιμοποιούν: <http://www.in.gr> αντί για <http://10.4.9.15/>.
- Οι διευθύνσεις στο IPv4 εκφράζονται με δεκαδικούς αριθμούς και χωρίζονται με τελείες, όπως για παράδειγμα 192.168.1.0. Ενώ οι διευθύνσεις IPv6 εκφράζονται στο δεκαεξαδικό (Hexadecimal) σύστημα και χωρίζονται με άνω κάτω τελεία “ : ” δηλαδή 3ffe:a52b:ffff:0:0:0:0:1. Δυο συνεχόμενες άνω κάτω τελείες σημαίνει ότι έχουμε διαρκή μηδενικά. Δηλαδή ο προηγούμενος δεκαεξαδικός μπορεί να γραφεί και 3ffe:a52b:ffff::1.

IPv4:	193.1.219.90
IPv4-mapped-IPv6:	::ffff:193.1.219.90
IPv6 (hex):	::ffff:c101:db5a
IPv6 (full):	0000:0000:0000:0000:0000:ffff:c101:db5a

Σχήμα 7.2.2. Σύγκριση IPv4 διεύθυνσης με IPv6

- Για να αποφεύγονται τα λάθη με τον αριθμό θύρας που ακολουθεί με άνω κάτω τελεία, οι δεκαεξαδικές διευθύνσεις εσωκλείονται σε αγκύλες “[]”, μια διεύθυνση στο διαδίκτυο εκφρασμένη σε δεκαεξαδικό μπορεί να είναι η παρακάτω [http:// \[3ffe:501:ffff ::1\]:80/](http://[3ffe:501:ffff::1]:80/). Αλλά και πάλι να μην ξεχνάμε ότι χρησιμοποιούνται τα DNS ονόματα.
- Στο IPv4, ένας κόμβος συνήθως έχει μια και μοναδική διεύθυνση που σχετίζεται με αυτόν. Από την άλλη πλευρά στην IPv6 είναι σύνηθες να έχουμε σε έναν κόμβο πολλαπλές διευθύνσεις IP, οι οποίες ανατίθενται στη διεπαφή και όχι στο κόμβο. Οι διεπαφές μπορούν να έχουν πολλαπλές IPv6 διευθύνσεις.
- Στο IPv4 υπάρχουν 3 μοντέλα επικοινωνίας: unicast, broadcast και multicast. Στη “unicast”, η επικοινωνία είναι ένας με έναν, στη “broadcast” είναι ένας με πολλούς σε ένα συγκεκριμένο μέσω μετάδοσης και το “multicast” είναι ένας προς πολλούς (ένα σύνολο από κόμβους). Στο IPv6 η “broadcast” επικοινωνία έχει καταργηθεί και έχει ενσωματωθεί στη “multicast”. Για παράδειγμα αν θέλουμε να στείλουμε ένα πακέτο προς πολλούς κόμβους από ένα φυσικό μέσω χρησιμοποιούμε συγκεκριμένη διεύθυνση που είναι δεσμευμένη για αυτό το σκοπό (η οποία είναι ff02::1). Επίσης στο IPv6 έχουμε πια “anycast” σαν καινούργιο επικοινωνιακό μοντέλο που σημαίνει ότι η πηγή μπορεί να επιλέξει πολλαπλούς προορισμούς από διαφορετικούς κόμβους.

7.2.3 TCP/UDP Ports

Τα TCP - *Transmission Control Protocol* και UDP - *User Datagram Protocol* είναι δυο βασικά πρωτόκολλα του διαδικτύου και χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ δυο υπολογιστών. Κάθε TCP και UDP πακέτο εκτός από τα δεδομένα περιλαμβάνει μία κεφαλίδα στην οποία αναγράφονται τα χαρακτηριστικά του πακέτου. Ανάμεσα σε αυτά μπορεί κανείς να εντοπίσει την πόρτα (Port) του αποστολέα, από την οποία ξεκίνησε το πακέτο, και την πόρτα του παραλήπτη, στην οποία κατευθύνεται. Μόλις το πακέτο παραδοθεί στην κατάλληλη πόρτα του παραλήπτη, τότε το παραλαμβάνει η αντίστοιχη εφαρμογή και χρησιμοποιεί τα δεδομένα που βρίσκονται μέσα σε αυτό.

Ο οργανισμός IANA - *Internet Assigned Numbers Authority* έχει καθορίσει την χρήση για την οποία προορίζεται κάθε πόρτα, δηλαδή με άλλα λόγια το πρόγραμμα που θα είναι συνδεδεμένο με αυτή και θα την χρησιμοποιεί.

Οι πόρτες που χρησιμοποιεί ένας υπολογιστής είναι συνολικά 65536 (2^{16}) και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

- 1) Well Know Ports
- 2) Registered Ports
- 3) Dynamic ή Private Ports

Κάποια παραδείγματα, για γνωστά προγράμματα και τον αριθμό πόρτας που χρησιμοποιούν είναι και τα παρακάτω. Για πλήρη λίστα μπορείτε να απευθυνθείτε στην ιστοσελίδα της IANA.

Port	Περιγραφή	Κατάσταση
20	FTP – data port	Official
21	FTP – control port	Official
23	Telnet protocol	Official
25	SMTP	Official
80	HTTP	Official
194	IRC	Official
443	HTTPS	Official
993	IMAP 4 over SSL	Official
995	POP over SSL	Official
3306	MySQL Database system	Official
3333	Network Caller ID server	Unofficial
4664	Google Desktop Search	Unofficial
4662	eMule	Unofficial

Οι αναγράφονται μετά την διεύθυνση IP με άνω κάτω τέλεια. π.χ. <http://192.168.1.1:903>

7.2.4. Μοντέλο Client – Server και Sockets

Το ευρύτερα διαδεδομένο μοντέλο ανάπτυξης δικτυακών εφαρμογών είναι το μοντέλο του πελάτη - εξυπηρετητή (client - server). Ο εξυπηρετητής είναι μια διεργασία, η οποία εκτελείται σε έναν υπολογιστή και αναμένει να συνδεθεί σε αυτήν κάποιο πρόγραμμα – ο πελάτης, όπως ονομάζεται -, για να του παράσχει υπηρεσίες. Ένα τυπικό σενάριο που ακολουθείται συνήθως, είναι το εξής :

- Η διεργασία - εξυπηρετητής αρχίζει να εκτελείται σε κάποιον υπολογιστή. Μετά την αρχικοποίηση της, πέφτει σε “λήθαργο”, αναμένοντας μία διεργασία - πελάτη να επικοινωνήσει μαζί της και να της ζητήσει κάποια υπηρεσία.

- Μία διεργασία - πελάτης αρχίζει να εκτελείται, είτε στο ίδιο σύστημα, είτε σε κάποιο απομακρυσμένο, το οποίο συνδέεται με τον υπολογιστή στον οποίο “τρέχει” ο εξυπηρετητής μέσω δικτύου. Η διεργασία πελάτη στέλνει μια αίτηση, μέσω του δικτύου, στον εξυπηρετητή, ζητώντας του κάποιου είδους υπηρεσία (π.χ. μεταφορά αρχείου, απομακρυσμένη εκτύπωση, ανάγνωση και αποστολή mail και άλλες).

- Ταυτόχρονα με την εξυπηρέτηση κάποιου πελάτη, ο server έχει την δυνατότητα να δέχεται και αιτήσεις άλλων πελατών προς εξυπηρέτηση. Όταν ο εξυπηρετητής τελειώσει με όλους τους πελάτες, τότε ξαναπέφτει σε “λήθαργο”, περιμένοντας για μια καινούργια αίτηση και η διαδικασία ξαναρχίζει από την αρχή.

Ορίζουμε ως σύνδεση, τον επικοινωνιακό δίαυλο μεταξύ δύο διεργασιών. Την σύνδεση μπορούμε να την θεωρήσουμε ως μία πεντάδα, που περιγράφεται ως εξής :

Πρωτόκολλο.
Τοπική-διεύθυνση.
Τοπική-διεργασία.
Απομακρυσμένη-διεύθυνση.
Απομακρυσμένη-διεργασία.

Το πρωτόκολλο αναφέρεται στο σύνολο των κανόνων που διέπουν την επικοινωνία. Η τοπική-διεύθυνση και απομακρυσμένη-διεύθυνση, προσδιορίζουν την ταυτότητα των υποδικτύων και των υπολογιστών, στους οποίους εκτελούνται οι επικοινωνούσες διεργασίες. Η τοπική-διεργασία και απομακρυσμένη-διεργασία, προσδιορίζουν την ταυτότητα των διεργασιών που θα επικοινωνούν, καθώς σε έναν υπολογιστή, μπορούν να εκτελούνται περισσότερες της μιας διεργασίες. Κάθε μία από αυτές τις διεργασίες που εκτελούνται στον ίδιο host και που χρειάζονται επικοινωνία μέσω δικτύου, λαμβάνει έναν 16-bit ακέραιο αριθμό, ο οποίος αναπαριστά την θύρα (port number) της διεργασίας και κατ' επέκταση, της υπηρεσίας.

Ορίζουμε, επίσης ως μισή σύνδεση - half association, είτε το σύνολο πρωτόκολλο, τοπική-διεύθυνση, τοπική-διεργασία, είτε το σύνολο πρωτόκολλο, απομακρυσμένη-διεύθυνση, απομακρυσμένη-διεργασία. Η μισή σύνδεση ονομάζεται αλλιώς και socket.

Socket είναι το ένα άκρο, από έναν επικοινωνιακό δίαυλο διπλής κατεύθυνσης, μεταξύ δύο προγραμμάτων που εκτελούνται στο δίκτυο. Περιλαμβάνει το πρωτόκολλο, την διεύθυνση και τον αριθμό θύρας του άκρου. Socket έχουμε όταν υπάρχουν 3 πράγματα:

1. IP Address
2. Transport Protocol (TCP ή UDP)
3. Port Number

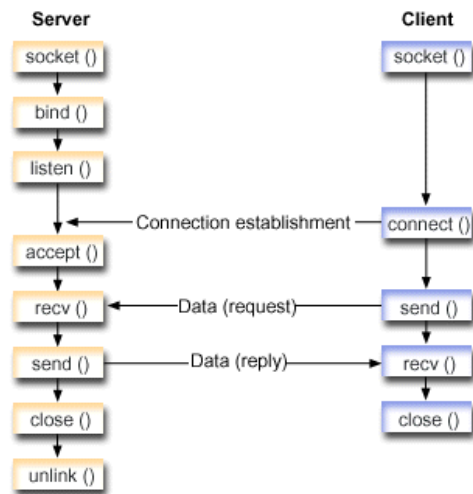
π.χ. (192.1.1.2, TCP, port 1030) αυτό είναι socket.

Η έκδοση 4.1cBSD του Unix (1982), για τους υπολογιστές VAX, απ' το πανεπιστήμιο του Berkeley, πρωτοεισήγαγε το socket interface σαν μια μέθοδο επικοινωνίας απομακρυσμένων διεργασιών. Είχαν αρχικά υλοποιηθεί στην γλώσσα C του Unix, αλλά η απήχηση που γνώρισαν, επέβαλε την μεταφορά τους τόσο σε άλλα λειτουργικά συστήματα (π.χ. Winsock library για τα Microsoft Windows), όσο και σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού (π.χ. Java).

Κάθε πρόγραμμα διαβάζει από και γράφει σε ένα socket, με τρόπο παρόμοιο της εγγραφής και ανάγνωσης αρχείων του file system. Υπάρχουν δύο είδη sockets :

- Το πρώτο ονομάζεται TCP (Transmission Control Protocol) socket και είναι μια υπηρεσία προσανατολισμένη στην σύνδεση (connection-oriented service). Μπορούμε να το θεωρήσουμε ανάλογο της τηλεφωνικής υπηρεσίας, στην οποία, μετά την εγκαθίδρυση μιας σύνδεσης μεταξύ δύο συνομιλητών, αυτή χρησιμοποιείται μέχρι το πέρας της συζητήσεως τους.
- Το άλλο είδος ονομάζεται UDP (Unreliable Datagram Protocol) socket και είναι μια υπηρεσία χωρίς σύνδεση (connectionless service). Το ανάλογο, σε αυτήν την περίπτωση, είναι το ταχυδρομείο : μπορούμε να στείλουμε πολλά πακέτα στον ίδιο παραλήπτη, αλλά δεν είναι σίγουρο ότι όλα θα ακολουθήσουν την ίδια διαδρομή (... σύνδεση) για να φτάσουν στον προορισμό τους.

Μία ακόμη σημαντική διαφορά, μεταξύ των παραπάνω δύο ειδών, είναι ότι τα TCP sockets εξασφαλίζουν μια αξιόπιστη μεταφορά της πληροφορίας : ότι αποστέλλεται από το ένα άκρο είναι σίγουρο ότι θα φτάσει στο άλλο. Στο UDP socket όμως δεν συμβαίνει αυτό. Είναι στην ευθύνη του αποστολέα να ελέγξει ότι αυτό που έστειλε, το έλαβε τελικά ο παραλήπτης και δεν χάθηκε στον δρόμο. Από την άλλη, η σύνδεση με TCP socket απαιτεί την ανταλλαγή τριών “πακέτων χειραψίας” (handshake packets) και είναι πιο χρονοβόρα στην αρχικοποίηση της από την αντίστοιχη με UDP datagrams. Οι προηγούμενες δύο διαφορές καθορίζουν τελικά και την χρήση των δύο αυτών ειδών.



Σχήμα 7.2.4. Διαδικασία σύνδεσης Client-Server.

Διαδικασία σύνδεσης Client-Server

Socket ():	Δημιουργία άκρου σύνδεσης.
Bind ():	Δίνουμε όνομα στη στο socket.
Listen ():	Ανακοινώνουμε την ετοιμότητα για δημιουργία σύνδεσης.
Accept ():	Αποδοχή της αίτησης για σύνδεση.
Connect ():	Πραγματοποίηση της σύνδεσης.
Send ():	Αποστολή δεδομένων μέσω της σύνδεσης.
Receive ():	Αποδοχή δεδομένων μέσω της σύνδεσης.
Close ():	Διακοπή της σύνδεσης.

7.2.5. Το παράδειγμα client-server σε γλώσσα C

Μερικές βασικές βιβλιοθήκες, που πρέπει να περιλαμβάνουμε όταν προγραμματίζουμε:

```
#include <stdio.h> /* for printf() and fprintf() */
#include <sys/types.h> /* for Socket data types */
#include <sys/socket.h> /* for socket(), connect(), send(), and recv() */
#include <netinet/in.h> /* for IP Socket data types */
#include <arpa/inet.h> /* for sockaddr_in and inet_addr() */
#include <stdlib.h> /* for atoi() */
#include <string.h> /* for memset() */
#include <unistd.h> /* for close() */
#include <netinet/in.h> /* for void error (char *msg) */
```

Το παράδειγμα σύνδεσης client-server και η ανταλλαγή δεδομένων που είδαμε παραπάνω μπορούμε να το χωρίσουμε στα παρακάτω βήματα για να γίνει ευκολότερα κατανοητό. Να τονίσουμε ότι πρέπει να γράφει πρόγραμμα στο client άλλα και στο server. Παρακάτω ξεκινάμε με client και συνεχίζουμε με τον προγραμματισμό του server.

Client Setup.

```
#define BUFSIZE 32
void Die(char *mess) { perror(mess); exit(1); }
```

Creating the socket.

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    int sock;
    struct sockaddr_in echoserver;
    char buffer[BUFSIZE];
    unsigned int echolen;
    int received = 0;

    if (argc != 4) {
        fprintf(stderr, "USAGE: TCPecho <server_ip> <word> <port>\n");
        exit(1);
    }

    /* Create the TCP socket */

    if ((sock = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP)) < 0) {
        Die("Failed to create socket");
    }
}
```

Send / Receive data.

```
/* Send the word to the server */
echolen = strlen(argv[2]);
if (send(sock, argv[2], echolen, 0) != echolen) {
    Die("Mismatch in number of sent bytes");
}
/* Receive the word back from the server */
fprintf(stdout, "Received: ");
while (received < echolen) {
    int bytes = 0;
    if ((bytes = recv(sock, buffer, BUFSIZE-1, 0)) < 1) {
        Die("Failed to receive bytes from server");
    }
    received += bytes;
    buffer[bytes] = '\0';          /* Assure null terminated string
    */
    fprintf(stdout, buffer);
}
```

Close.

```
fprintf(stdout, "\n");
close(sock);
exit(0);
}
```

Στο server τώρα θα κάνουμε τις αντίστοιχες ενέργειες,

Configuring the server socket

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    int serversock, clientsock;
    struct sockaddr_in echoserver, echoclient;

    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "USAGE: echoserver <port>\n");
        exit(1);
    }
    /* Create the TCP socket */
    if ((serversock = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP)) < 0) {
        Die("Failed to create socket");
    }
    /* Construct the server sockaddr_in structure */
    memset(&echoserver, 0, sizeof(echoserver));          /* Clear struct */
    echoserver.sin_family = AF_INET;                     /* Internet/IP */
    echoserver.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);      /* Incoming addr */
    echoserver.sin_port = htons(atoi(argv[1]));        /* server port */
}
```

Binding and listening

```
/* Bind the server socket */
if (bind(serversock, (struct sockaddr *) &echoserver,
        sizeof(echoserver)) < 0) {
    Die("Failed to bind the server socket");
}
/* Listen on the server socket */
if (listen(serversock, MAXPENDING) < 0) {
    Die("Failed to listen on server socket");
}
```

Socket factory

```
/* Run until cancelled */
while (1) {
    unsigned int clientlen = sizeof(echoclient);
    /* Wait for client connection */
    if ((clientsock =
        accept(serversock, (struct sockaddr *) &echoclient, &clientlen)) < 0)
    {Die("Failed to accept client connection");
    }
    fprintf(stdout, "Client connected: %s\n", inet_ntoa(echoclient.sin_addr));
    HandleClient(clientsock);
}
```

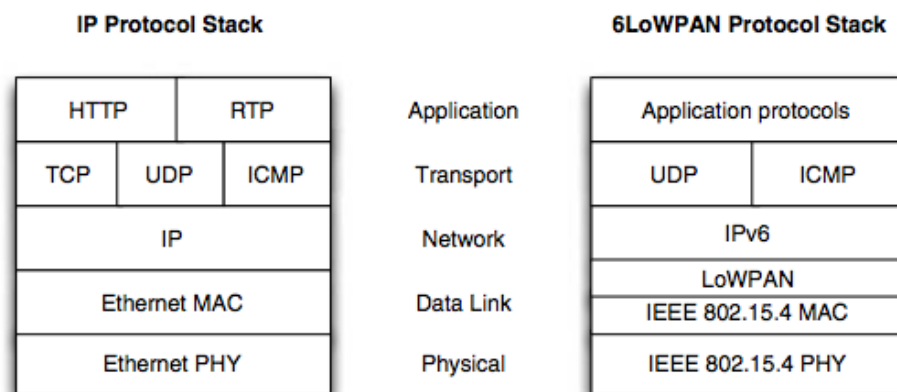
7.3. 6LoWPAN

Το ακρωνύμιο του 6LoWPAN σημαίνει Internet Protocol Version 6 over Low power Wireless Personal Area Networks. Υπάρχουν μια σειρά από λόγους που το κάνουν πολύ δημοφιλή στη χρήση του, σε ασύρματα ενσωματωμένα συστήματα. Αναπτύχθηκε με σκοπό απλούστευση την λειτουργικότητα του IPv6 και λαμβάνοντας υπόψη την φύση των ασύρματων δικτύων.

Τα οφέλη της χρήσης του Internet Protocol στις εφαρμογές και ενσωματώσεις του στο IoT περιλαμβάνουν:

- Συσκευές που υποστηρίζουν το Internet Protocol είναι εύκολο να συνδεθούν στα IP δίκτυα, χωρίς πύλες μεταφράσεις και proxies.
- IP δίκτυα επιτρέπουν την χρήση της υπάρχουσας υποδομής.
- Τεχνολογίες βασισμένες στο Internet Protocol είναι γνώστες εδώ και δεκαετίες, τις γνωρίζουμε πολύ καλά και δουλεύουν σωστά σε μεγάλες κλίμακες.
- Η IP τεχνολογία χαρακτηρίζεται από ανοιχτό και ελεύθερο τρόπο, με τα πρότυπα στις διαδικασίες και τα έγγραφα να είναι διαθέσιμα σε όλους.
- Έτοιμα εργαλεία IP για την διαχείριση, ανάθεση και διάγνωση των δικτύων που είναι βασισμένα στο Internet Protocol.

Μέχρι πρόσφατα μόνο ισχυρές φορητές συσκευές και δίκτυα είχαν την δυνατότητα να συμμετέχουν στο διαδίκτυο. Η επικοινωνία με τα παραδοσιακά δίκτυα απαιτεί πολλά πρωτόκολλα και συνήθως λειτουργικό σύστημα.

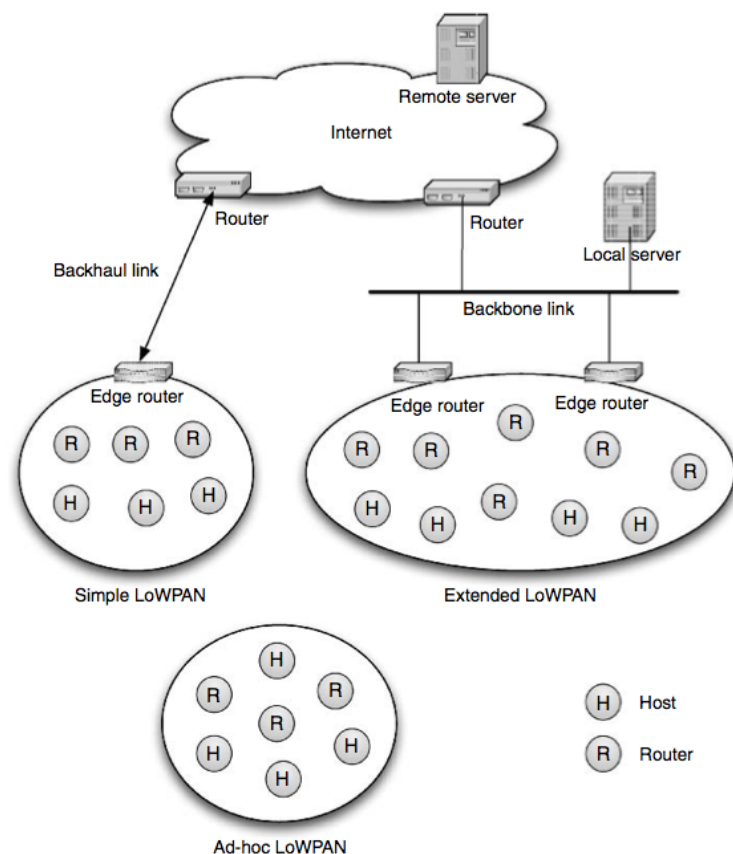


Σχήμα 7.3.α. Διάφορες μεταξύ IP και 6LoWPAN στοιβάς.

Το 6LoWPAN ήρθε να λύσει τις δυσκολίες που είχαν τα ενσωματωμένα συστήματα του να μπορούν να συνδεθούν και ωφεληθούν της υποδομή του διαδικτύου, χωρίς να αλλοιώσουν τα χαρακτηριστικά τους (χαμηλού κόστους, χαμηλή κατανάλωση ισχύος και σε μικρές κατασκευές). Τα χαρακτηριστικά του IPv6 σχεδιασμού έκανε ακόμη ευκολότερο αυτό το σκοπό, απλές επικεφαλίδες με ιεραρχικό μοντέλο διευθυνσιοδότησης, ήταν ιδανικό για χρήση ασύρματα δίκτυα ενσωματωμένων συστημάτων.

Η χρήση του 6LoWPAN είναι ιδανική σε εφαρμογές:

- που οι φορητές συσκευές θα πρέπει να επικοινωνούν με υπηρεσίες βασισμένες στο διαδίκτυο,
- χαμηλής ισχύος ετερογενή δίκτυα θα πρέπει να συνδεθούν μεταξύ τους,
- το δίκτυο πρέπει να είναι ανοιχτό και επεκτάσιμο για νέες χρήσεις,



Σχήμα 7.3.β. Η αρχιτεκτονική του 6LoWPAN.

7.3.1. Contiki

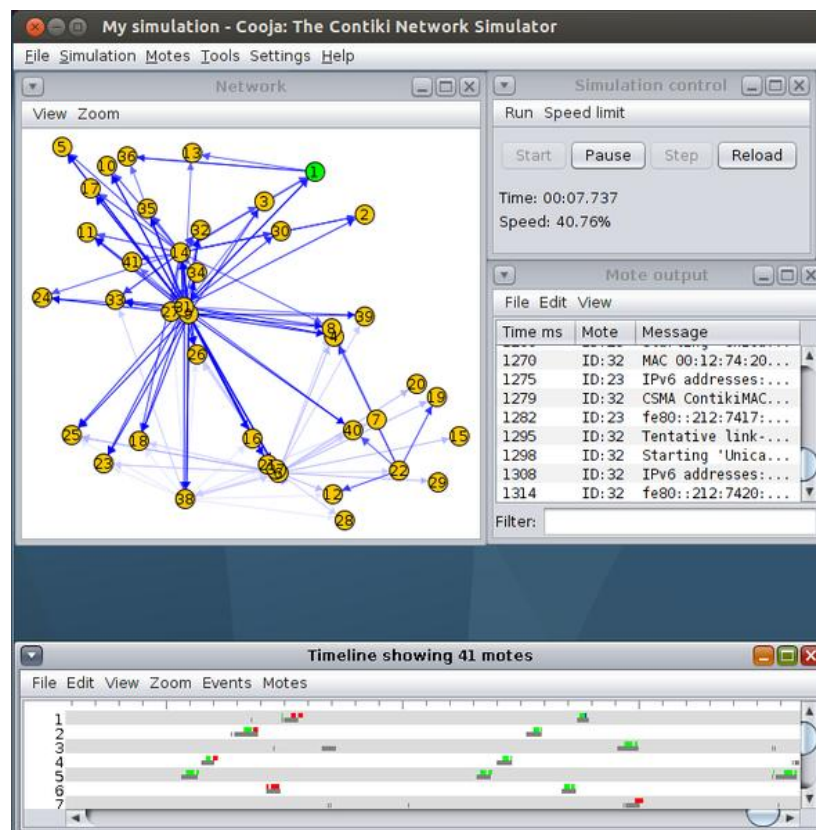
Το Contiki είναι ένα ανοιχτού κώδικα (Open Source) λειτουργικό σύστημα για δίκτυα, με περιορισμένη χρήση μνήμης στα συστήματα και με ιδιαίτερη έμφαση στα χαμηλής ισχύος ασύρματα δίκτυα. Παραδείγματα όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Contiki περιλαμβάνει: συστήματα φωτισμού δρόμων, παρακολούθηση ηχορύπανσης σε πόλεις, συστήματα συναγερμών ή ακόμη για την μέτρηση της ρύπανσης στην ατμόσφαιρα.

Ένα τυπικό σύστημα Contiki έχει μνήμη μερικά kilo-Bytes, η κατανάλωση ενέργειας του είναι μερικά milli-Watts, η επεξεργαστική ισχύ κάποια mega-Hertz και το εύρος (Bandwidth) επικοινωνίας είναι της τάξης κάποιων εκατοντάδων kilo-bits/second.

Μπορεί να τρέξει 3 μηχανισμούς δικτύωσης και δρομολόγησης αυτοί είναι:

- uIP TCP/IP stack
- uIPv6
- IPv6 με RPL (routing protocol for low-power lossy IPv6 networks) πρωτόκολλο δρομολόγησης και 6LoWPAN κεφαλίδες.

Το Contiki περιλαμβάνει προσομοιωτή δίκτυο και ονομάζεται Cooja, το οποίο μπορεί και προσομοιώνει τους κόμβους από το δίκτυο. Επίσης, μια πλήρη εγκατάσταση του Contiki μπορεί να μας δώσει της παρακάτω δυνατότητες: multitasking kernel, telnet client, web server, TCP/IP networking (IPv6), virtual network computing.



Σχήμα 7.3.1. Προσομοίωση δικτύου από κόμβους με το Cooja.

Ακολουθεί παράδειγμα (για να δούμε πως είναι ένα πρόγραμμα) που είναι τρέχει σε Contiki λειτουργικό σύστημα για 6LoWPAN δίκτυο, γραμμένο σε γλώσσα C. Το παρακάτω πρόγραμμα ανοίγει μια σύνδεση UDP (User Datagram Protocol) broadcast και στέλνει ένα πακέτο κάθε 5 δευτερόλεπτα.

```
#include "contiki.h"
#include "contiki-net.h"

/* All Contiki programs must have a process, and we declare it here.*/

PROCESS(example_program_process, "Example process");

/* To make the program send a packet once every second, we use an event timer (etimer). */

static struct etimer timer;

/* Here we implement the process. The process is run whenever an event occurs, and the parameters "ev" and "data" will be set to the event type and any data that may be passed along with the event.*/

PROCESS_THREAD(example_program_process, ev, data)
{
    /* Declare the UDP connection. Note that this *MUST* be declared static, or otherwise the contents may be destroyed. The reason for this is that the process runs as a protothread, and protothreads do not support stack variables. */

    static struct uip_udp_conn *c;

    /* A process thread starts with PROCESS_BEGIN() and ends with PROCESS_END().*/

    PROCESS_BEGIN();

    /* We create the UDP connection to port 4321. We don't want to attach any special data to the connection, so we pass it a NULL parameter. */

    c = uip_broadcast_new(HTONS(4321), NULL);

    /* Loop for ever. */

    while(1) {

        /* We set a timer that wakes us up once every second. */

        etimer_set(&timer, CLOCK_SECOND);
        PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(etimer_expired(&timer));

        /* Now, this is a the tricky bit: in order for us to send a UDP packet, we must call upon the uIP TCP/IP stack process to call us. (uIP works under the Hollywood principle: "Don't call us, we'll call you".) We use the function tcpip_poll_udp() to tell uIP to call us, and then we wait for the uIP event to come. */

        tcpip_poll_udp(c);
        PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(ev == tcpip_event);

        /* We can now send our packet.*/

        uip_send("Hello", 5);

        /* We're done now, so we'll just loop again.*/

    }

    /* The process ends here. Even though our program sits in a while(1) loop, we must put the PROCESS_END() at the end of the process, or else the program won't compile.*/

    PROCESS_END(); }


```

Το επόμενο παράδειγμα στέλνει ένα πακέτο κάθε δευτερόλεπτο (μόνο κώδικας).

```
#include "contiki.h"
#include "contiki-net.h"

PROCESS(example_program_process, "Example process");
static struct etimer timer;

PROCESS_THREAD(example_program_process, ev, data)
{
    static struct uip_udp_conn *c;
    PROCESS_BEGIN();
    c = udp_broadcast_new(HTONS(4321), NULL);

    while(1) {
        etimer_set(&timer, CLOCK_SECOND);
        PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(etimer_expired(&timer));

        tcpip_poll_udp(c);
        PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(ev == tcpip_event);

        uip_send("Hello", 5);
    }
    PROCESS_END();
}
```

Ένα ακόμη παράδειγμα που εκτελεί διαγνωστικούς ελέγχους.

```
#include "contiki-net.h"
#include "webserver-nogui.h"

static const struct uip_eth_addr ethaddr = {{0x00,0x06,0x98,0x01,0x02,0x29}};
/*-----*/
PROCESS(test_process, "Test");
PROCESS(test_tcpip_process, "tcp/ip test");
AUTOSTART_PROCESSES(&test_process, &test_tcpip_process, &webserver_nogui_process);
/*-----*/
PROCESS_THREAD(test_process, ev, data)
{
    uip_ip6addr_t ip6addr;
    static struct etimer etimer;

    PROCESS_BEGIN();

    uip_ip6addr(&ip6addr, 0xfc00,0,0,0,0,0,0x232);
    uip_sethostaddr(&ip6addr);
    uip_setethaddr(ethaddr);

    uip_ip6addr(&ip6addr, 0xfc00,0,0,0,0,0,0x231);

    tcp_connect(&ip6addr, HTONS(7), NULL);

    while(1) {
        PROCESS_WAIT_EVENT();
    }
    PROCESS_END();
}
/*-----*/
PROCESS_THREAD(test_tcpip_process, ev, data)
{
    PROCESS_BEGIN();

    tcp_listen(HTONS(800));

    while(1) {
        PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(ev == tcpip_event);
        if(uip_newdata()) {
            ((char *)uip_appdata)[uip_datalen()] = 0;
            printf("New uIP data: '%s'\n", uip_appdata);
        }
        PROCESS_END();
    }
}
/*-----*/
```


7.3.2. Παραδείγματα Κώδικα σε Wireless Embedded Devices

Πιο συγκεκριμένα τα παραδείγματα είναι γραμμένα για το kit της Texas Instruments to CC-6LoWPAN. Επίσης με λίγες μικρό αλλαγές στο κώδικα είναι συμβατός σε περισσότερες πλατφόρμες. Ακολουθούν παραδείγματα για το πως αρχικοποιούμε, πως στέλνουμε/λαμβάνουμε δεδομένα από ένα ασύρματο κόμβο και ένα παράδειγμα πλήρους προγράμματος.

Η αρχικοποίηση (Initialization)

```
void main(void)
{
    hw_init();
    socket_init();
    while(1) run_application();
}

int8_t application_state = -1;
uint8_t application_key[16] = { /*16 bytes of key data*/ };
void run_application(void)
{
    if (application_state == -1)
    {
        net_key_set(application_key);
        net_start(NW_INFRA); /*encrypted infra client mode*/    application_state = 0;
    }
    else    normal_operation();
}
```

Λήψη Δεδομένων (Receiving Data)

```
int8_t application_socket = -1;
uint8_t rx_buffer[32];
void normal_operation(void)
{
    int16_t length;
    address_t src_address;
    application_socket = socket_open(PROTOCOL_UDP);
    socket_bind(application_socket, 61620); /*listen port 61620*/
    while(1)
    {
        length = socket_read(application_socket,
                               &src_address,
                               rx_buffer, sizeof(rx_buffer));
        if (length > 0)
        {
            printf("Received %d bytes.\n", length);
        }
    }
}
```

Αποστολή Δεδομένων (Sending Data)

```

int8_t application_socket = -1;
char tx_buffer[] = "Hello!";
uint8_t peer_address[16] = { /*destination IPv6 address*/ };
void normal_operation(void)
{
    address_t dst_address;
    int8_t i;
    application_socket = socket_open(PROTOCOL_UDP);
    dst_address.port = 61620;
    dst_address.type = ADDR_IPV6;
    for (i=0; i<16; i++)
    {
        dst_address.address = peer_address[i];
    }
    while(1)
    {
        socket_sendto(application_socket,
            dst_address,
            tx_buffer, sizeof(tx_buffer));
        sleep(5); /*or applicable system call to wait for 5 seconds*/
    }
}

```

Παράδειγμα μιας Εφαρμογής (Example Application)

```

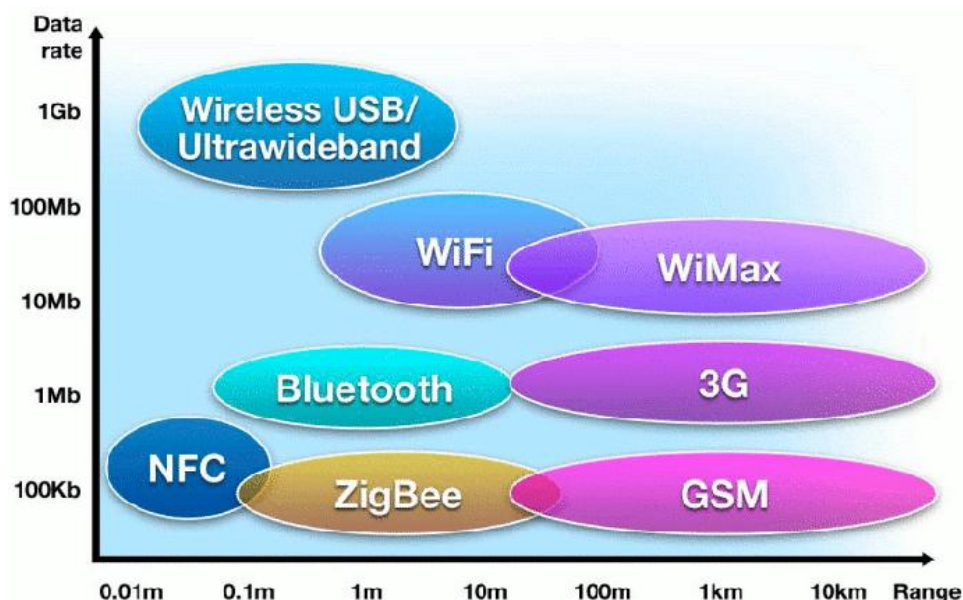
void normal_operation(void)
{
    address_t src_address;
    peer_address.type = ADDR_NONE;
    application_socket = socket_open(PROTOCOL_UDP);
    socket_bind(application_socket, 61620); /*listen port 61620*/
    while(1)
    { while(no_timeout)
        { length = socket_read(application_socket,
            &src_address,
            app_buffer, sizeof(app_buffer));

            if (length > 0)
            { printf("Received %d bytes.\n", length);
                if (peer_address.type == ADDR_NONE)
                { memcpy(&peer_address, &src_address,      sizeof(address_t));
                }
            }
        }
        if (peer_address.type != ADDR_NONE)
        { /*store measurement data and get length*/
            length = do_measurement(app_buffer, sizeof(app_buffer));
            if (length > 0)
            { socket_sendto(application_socket,
                peer_address,
                app_buffer, length);
            }
        }
        set_timeout(5); /*or applicable system call to set timeout to 5 seconds*/
    }
}

```

7.4. Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (ΑΔΑ / Wireless Sensor Network - WSN) αποτελείται από διασκορπισμένους αυτόνομους αισθητήρες για την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντολογικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, ο ήχος, η ατμοσφαιρική πίεση κτλ και μέσω συνεργασίας να μεταφέρει τα δεδομένα μέσω του δικτύου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Τα πιο μοντέρνα δίκτυα είναι ικανά και να δίνουν αλλά και να δέχονται πληροφορίες πράγμα που τους επιτρέπει να ελέγχουν την δραστηριότητα των αισθητήρων. Το κίνητρο για την ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων με αισθητήρες ήταν οι στρατιωτικές εφαρμογές όπως η παρακολούθηση των πεδίων μάχης. Σήμερα τέτοια δίκτυα χρησιμοποιούνται σε πολλές καταναλωτικές και βιομηχανικές εφαρμογές, η παρακολούθηση και ο έλεγχος της βιομηχανικής παραγωγής, την παρακολούθηση των μηχανημάτων υγείας και πολλά άλλα.



Σχήμα 7.4. Μερικές ασύρματες τεχνολογίες, με απόσταση κάλυψης και ρυθμό μεταφοράς

Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από κόμβους - από μερικές σε αρκετές εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες, όπου κάθε κόμβος συνδέεται σε έναν (ή κάποιες φορές σε αρκετούς) αισθητήρες. Κάθε τέτοιος κόμβος του δικτύου αισθητήρων έχει χαρακτηριστικά μερικά κομμάτια: ένα ραδιοπομποδέκτη με μια εσωτερική κεραία ή μια σύνδεση με μια εξωτερική κεραία, έναν μικροελεγκτή, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για την διασύνδεση με τους αισθητήρες και μια πηγή ενέργειας, συνήθως μια μπαταρία ή μια ενσωματωμένη μορφή συγκομιδής ενέργειας. Ένας αισθητήριος κόμβος μπορεί να ποικίλει σε μέγεθος από εκείνο ενός κουτιού παπουτσιών μέχρι το μέγεθος ενός κόκκου σκόνης, αν και λειτουργικοί <<κόκκοι>> πραγματικά μικροσκοπικών διαστάσεων δεν έχουν ακόμα δημιουργηθεί. Το κόστος των αισθητήριων κόμβων ποικίλει, ξεκινώντας από μερικά και φτάνοντας σε εκατοντάδες δολάρια, αναλόγως την πολυπλοκότητα των μεμονωμένων αισθητήριων κόμβων. Οι περιορισμοί σε μέγεθος και κόστος έχουν ως αποτέλεσμα αντίστοιχους περιορισμούς σε πόρους όπως ενέργεια, μνήμη, υπολογιστική ταχύτητα και στο εύρος ζώνης των επικοινωνιών. Η τοπολογία των αισθητήρων μπορεί να διαφέρει από ένα δίκτυο

τοπολογίας αστέρος σε ένα αναπτυγμένο ασύρματο δίκτυο πλέγματος multi-hop. Η πολλαπλασιαστική τεχνική μεταξύ των λυκίσκων του δικτύου μπορεί να είναι η δρομολόγηση ή ο καταιγισμός διακίνησης.

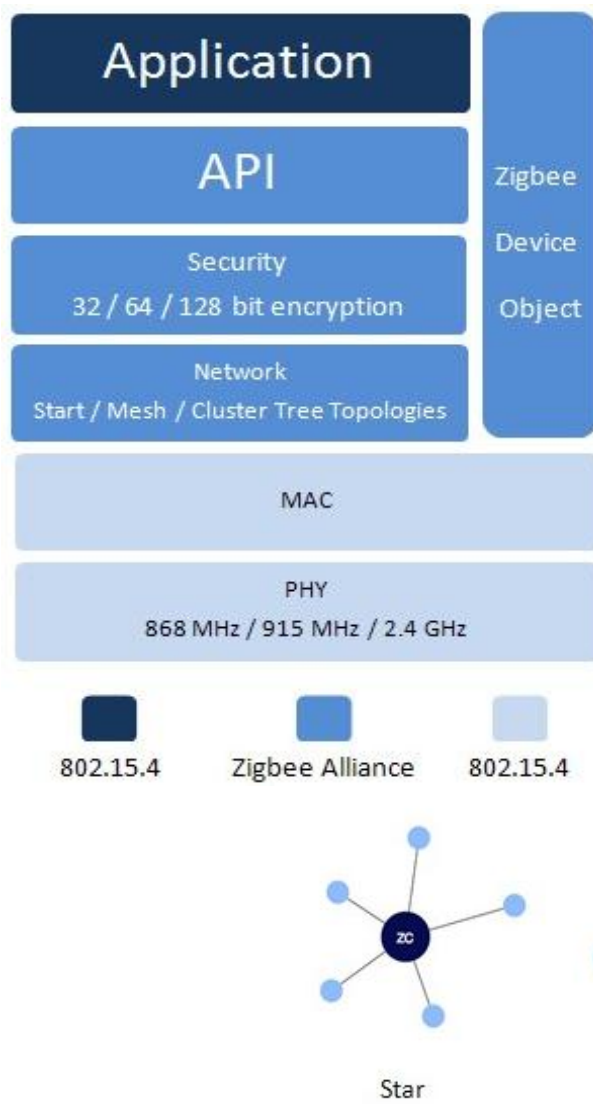
7.4.1. ZigBee

Όταν μιλάμε για το σχεδιασμό WPAN δικτύων, έχουμε τρεις παραδοχές που είναι αντιφατικές: χαμηλό, μέσο και υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Δεν είναι πάντα επιθυμία μας ότι σε μικρής εμβέλειας επικοινωνίες να έχουν χαμηλή ή υψηλή ταχύτητα στη ροή μετάδοσης δεδομένων, διότι οι εφαρμογές απαιτούν διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Έτσι Bluetooth μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει μέσο ρυθμό δεδομένων, ενώ το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 σίγουρα χαμηλό υποψήφιος ρυθμός δεδομένων.

Το ZigBee είναι η αρχιτεκτονική που αναπτύχθηκε πάνω από το IEEE 802.15.4 πρότυπο και εκμεταλλεύεται πλήρως ισχυρό φυσικό στρώμα επικοινωνίας. IEEE 802.15.4 και ZigBee Alliance συνεχίζουν να συνεργάζονται στενά για να εξασφαλίσουν μια ολοκληρωμένη και πλήρης λύση για την εξειδικευμένη αγορά των ασύρματων δικτύων από αισθητήρες. Το ZigBee παρέχει υπηρεσίες όπως ασφάλεια, ανεύρεσης και των προφίλ.

Τα ποσοστά δεδομένα και λειτουργίες που είναι διαθέσιμες στην αρχική έκδοση είναι:

- Μεταφορά δεδομένων 20 - 250 Kbps.
- Υποστηρίζει τοπολογίες αστέρα (Star), πλεκτή (Mesh), δέντρου (Tree).
- Διευθύνσεις βραχυπρόθεσμες 16 bits ή κανονικές (64 bits) MAC διευθύνσεις.
- Υποστήριξη απλής πρόσβασης στο μέσο ή με εγγυήσεις.
- Μεταφορές δεδομένων με αναφορές.
- Ένδειξη ποιότητας σύνδεσης (Link Quality Indication)
- Πολύ επίπεδη ασφάλεια (Multilevel Security).



Σχήμα 7.4.1. Το ZigBee και η διαφορές του από 802.15.4 στις τοπολογίες (κάτω), στα στρώματα επικοινωνίας (αριστερά).

7.4.2. DASH 7

Το DASH 7 είναι και αυτό ένα πρότυπο δικτύωσης για τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Έχει και αυτό χαμηλή κατανάλωση, απαιτεί λίγους πόρους και έχερται να καλύψει και να ξεπεράσει τις δυνατότητες που είχαμε με το ZigBee. Μερικά από τα χαρακτηριστικά του πρώτυπου είναι τα παρακάτω:

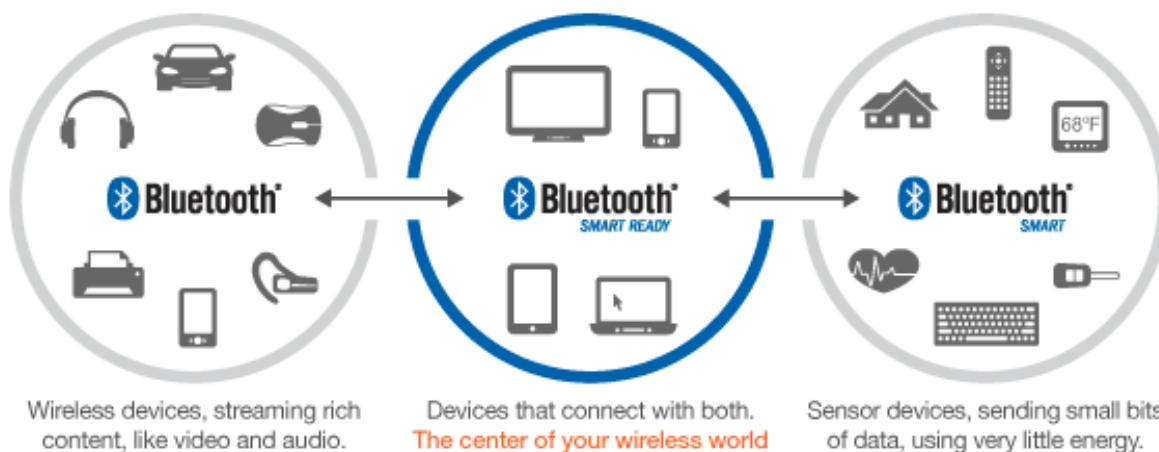
- Λειτουργεί στη συχνότητα 433.92MHz (είναι διαθέσιμη παγκόσμιος).
- Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων μπορεί να είναι από 28kbps μέχρι 200kbps.
- Η κατανάλωση είναι μέχρι 10 φορές λιγότερη από ότι αυτή στο ZigBee.
- Η ασύρματη εμβέλεια που έχουμε με το DASH 7 είναι από 10 μέτρα μέχρι 10 χιλιόμετρα.
- Υποστηρίζει IPv6, P2P Messaging.
- Ασφάλεια 128-bit AES (Advanced Encryption Standard)



Σχήμα 7.4.2. Χαρακτηριστικά του DASH 7 σε σχέση με άλλα πρωτόκολλα.

7.4.3. Bluetooth

Το Bluetooth είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα υπολογιστών (Wireless Personal Area Networks, WPAN). Πρόκειται για μια ασύρματη τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία μικρών αποστάσεων, η οποία μπορεί να μεταδώσει σήματα μέσω μικροκυμάτων σε ψηφιακές συσκευές. Επομένως το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο παρέχει προτυποποιημένη, ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα σε PDA, κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές, προσωπικοί υπολογιστές, εκτυπωτές, καθώς και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή ψηφιακές κάμερες, μέσω μιας ασφαλούς, φθηνής και παγκοσμίως διαθέσιμης χωρίς ειδική άδεια ραδιοσυχνότητας μικρής εμβέλειας. Από τεχνικής άποψης το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης σε φυσικό επίπεδο.



Σχήμα 7.4.3. Η εξέλιξη του Bluetooth

Οι προδιαγραφές του Bluetooth καθορίζουν την «ασύρματη» τεχνολογία χαμηλού κόστους και χαμηλής ισχύος, που εξαλείφει τα καλώδια μεταξύ των κινητών συσκευών και επιτρέπει τη διασύνδεσή τους. Το Bluetooth λειτουργεί στο «αδέσμευτο» φάσμα συχνοτήτων των 2,4 GHz, ώστε οι συσκευές που το ενσωματώνουν να μπορούν να λειτουργήσουν απροβλημάτιστα σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη. Για να περιοριστούν στο ελάχιστο οι παρεμβολές από παρεμφερείς συσκευές, το Bluetooth εκμεταλλεύεται την αμφίδρομη επικοινωνία και τη μέθοδο μετάδοσης με διασπορά φάσματος Frequency Hopping (έως και 1600 εναλλαγές συχνότητας ανά δευτερόλεπτο). Από φυσική άποψη επίσης το Bluetooth λειτουργεί περίπου στα 2.4 GHz, προδιαγράφει τρία επίπεδα ισχύος της εκπομπής από τα οποία εξαρτάται και η εμβέλεια επικοινωνίας (πάντα μικρότερη των 10 μέτρων σε PAN), ενώ η τακτική αλλαγή της συχνότητας εκπομπής λόγω της αξιοποίησης του FHSS καθορίζεται ψευδοτυχαία από έναν κεντρικό κόμβο, τον Master.

Το Bluetooth επιτρέπει τις απευθείας συνδέσεις από συσκευή προς συσκευή (point to point), καθώς και την ταυτόχρονη σύνδεση έως και 7 συσκευών με τη χρήση μιας μοναδικής συχνότητας. Τις προδιαγραφές της συγκεκριμένης τεχνολογίας ανέπτυξε και υποστηρίζει το Bluetooth Special Interest Group, ενώ η τελευταία «δημόσια» έκδοσή τους είναι η 1.1, η οποία ενσωματώνεται πλέον στις περισσότερες συμβατές συσκευές μέσω κατάλληλων πομποδεκτών και καρτών δικτύου. Ένα πρόβλημα των προδιαγραφών του Bluetooth είναι ότι, λόγω της μετάδοσης στην ελεύθερη ζώνη συχνοτήτων των 2,4 GHz, οι συσκευές που το υποστηρίζουν αδυνατούν να χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα τα περισσότερα πρωτόκολλα της οικογένειας IEEE 802.11, καθώς τότε θα υπήρχαν σοβαρά προβλήματα παρεμβολών.

Bluetooth 4.0

Το Bluetooth 4.0 είναι η τελευταία έκδοση της ασύρματης τεχνολογίας, συμπεριλαμβάνεται είδη σε αρκετές ηλεκτρονικές συσκευές και ηλεκτρονικά περιφερειακά. Οι βελτιώσεις που περιλαμβάνει αυτή η έκδοση είναι δραστικά χαμηλή κατανάλωση ρεύματος, μέσω μιας μεθόδου με παλμούς, που κρατά συνδεδεμένες τις συσκευές χωρίς την ανάγκη για συνεχή ροή πληροφοριών.

Bluetooth Smart

Το Bluetooth Smart αποτελεί μια νέα γενιά του Bluetooth 4.0. Συσκευές με αισθητήρες όπως μετρητές καρδιακού ρυθμού και βηματόμετρα που λειτουργούν με μικρές μπαταρίες, ο σκοπός που σχεδιάστηκαν είναι να συλλέγουν συγκεκριμένες πληροφορίες. Αυτές οι συσκευές συνήθως έχουν ένα δίαυλο επικοινωνίας και μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο με την βάση.

Bluetooth Smart Ready

Το Bluetooth Smart Ready είναι όλες εκείνες οι συσκευές που μπορούν να επικοινωνήσουν με όλα τα υπόλοιπα πρότυπα και ενσωματώνουν δυο κεραίες. Μια για smart και η άλλη για το 4.0. Ένα παράδειγμα είναι ότι τα smart-phone θα μπορούν να συνδέονται με το hands-free (Bluetooth 4.0) αλλά και με τους έξυπνους αισθητήρες (Bluetooth smart).

7.4.4. RFID (Radio Frequency Identification)

Το RFID είναι τα αρχικά του όρου Radio Frequency Identification, η απόδοση του στα ελληνικά ορίζεται ως «ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων». Τα συστήματα RFID αποτελούν ένα υποσύνολο των Συστημάτων Αυτόματου Προσδιορισμού (Automatic Identification Systems). Ειδικότερα λειτουργεί ως γενικός όρος των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για να προσδιορίσουν αυτόματα ανθρώπους ή αντικείμενα και αποτελεί την τεχνολογική εξέλιξη των ραβδωτών κωδίκων (Εικόνα 7.4.4).



Εικόνα 7.4.4. Μια RFID ετικέτα.

Τα συστήματα RFID απαρτίζονται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο είναι οι πομποδέκτες (transponders) που συχνά αναφέρονται και ως ετικέτες RFID (RFID tags). Οι ετικέτες RFID είναι μικρά chips που αποτελούνται από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει μνήμη ώστε να αποθηκεύει δεδομένα- πληροφορίες, και μία κεραία. Το μέγεθός τους μπορεί να είναι τόσο μικρό όσο το μισό ενός κόκκου άμμου ($1/3$ του χιλιοστού), ανάλογα με το τύπο τις ετικέτας. Το δεύτερο μέρος είναι οι αναγνώστες ή αισθητήρες (readers), οι οποίοι ανακτούν τα δεδομένα από τις ετικέτες RFID. Οι αναγνώστες RFID έχουν ενσωματωμένα μια κεραία και μια μονάδα ελέγχου.

Η λειτουργία των συστημάτων RFID είναι απλή και βασίζεται στη δυναμική και αμφίδρομη επικοινωνία των ετικετών και των αναγνώστων. Όταν οι ετικέτες RFID βρεθούν στην εμβέλεια της κεραίας του αναγνώστη, η μονάδα ελέγχου επικοινωνεί με ραδιοκύματα με την κεραία των ετικετών RFID. Οι ετικέτες RFID ενεργοποιούνται με τη σειρά τους και επιστρέφουν τα αναζητούμενα δεδομένα στους αναγνώστες. Στη συνέχεια παρεμβαίνει ένα ενδιάμεσο λογισμικό, το οποίο κατανοεί τις πληροφορίες, οι οποίες αποστέλλονται από τη μονάδα ελέγχου του αναγνώστη. Ο αναγνώστης τις μεταφέρει στο εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα.

7.4.5. NFC (Near Field Communication)

Η επικοινωνία κοντινού πεδίου (near field communication, NFC) αποτελεί μια πρότυπη τεχνολογία συνδεσιμότητα, η οποία διαδίδεται και εξελίσσεται ραγδαία με κύριο σκοπό τη λύση αρκετών προβλημάτων, σύγχρονων αλλά και μελλοντικών. Το NFC βασίζεται στην χρήση της υπάρχουσας τεχνολογίας RFID. Είναι μια μικρής εμβέλειας ασύρματη τεχνολογία, η οποία λειτουργεί στη συχνότητα των 13,56 MHz και μεταφέρει δεδομένα με ρυθμό έως και 424 kbps και έχει γίνει γνωστή κυρίως μέσω της χρήσης της από τα κινητά τελευταίας γενιάς (smartphones). Η λειτουργία της βασίζεται στην επαφή ή στην προσέγγιση, σε απόσταση περίπου τεσσάρων με πέντε εκατοστών, της συσκευής που περιέχει το τσιπ NFC, σε κάποια άλλη συσκευή που περιλαμβάνει τον κατάλληλο αισθητήρα.



Εικόνα 7.4.5.α. Παραδείγματα χρήσης της τεχνολογίας NFC

Η τεχνολογία NFC μπορεί να παρέχει υπηρεσίες στους χρήστες, όπως στις παρακάτω ενδεικτικές περιπτώσεις:

- Έλεγχος πρόσβασης.
- Ηλεκτρονικές συναλλαγές.
- Ανταλλαγή και συλλογή πληροφοριών.
- Νομιμότητα.
- Πληρωμές.
- Μεταφορές/Διαβιβάσεις.
- Πιστοποιήσεις.

Το NFC ορίζει τρεις κατηγορίες λειτουργίας:

- Λειτουργία γρήγορης ανάγνωσης/εγγραφής (read/write mode, 48 Byte-9KB).
- Λειτουργία Peer-to-Peer μέσω σύνδεσης δύο συσκευών ομότιμης σχέσης.
- Λειτουργία NFC καρτών εξομοίωσης που επιτρέπει στη συσκευή να συμπεριφέρεται στα πρότυπα μιας smartcard (μπρελόκ, αυτοκόλλητα, έξυπνες κάρτες με διαφορετική χωρητικότητα) .



Εικόνα 7.4.5.β. *NFC ετικέτες*

Το NFC είναι μία τεχνολογία σαν την ασύρματη επικοινωνία αλλά λειτουργεί σε πολύ μικρότερες αποστάσεις περίπου 4 εκατοστά. Πάντα υπάρχει ένας αποστολέας και ένας δέκτης. Ο αποστολέας ενεργά δημιουργεί ένα πεδίο ραδιοσυχνότητας όπου μπορεί να τροφοδοτήσει έναν παθητικό στόχο. Επιτρέπει την γρήγορη ανάγνωση και εγγραφή δεδομένων. Εκτός από τα κινητά υπάρχουν και NFC κάρτες σε μορφή έξυπνων καρτών με διαφορετική χωρητικότητα ανάλογα με την χρήση. Το NFC μπορεί να βρίσκεται σε 3 διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας. Η πρώτη είναι η Read/Write όπου η μια συσκευή είναι Active και η άλλη Passive και επιτρέπει τις εφαρμογές να μεταδώσουν και να λάβουν δεδομένα. Η δεύτερη είναι η Card emulation όπου επιτρέπει τις NFC συσκευές να συμπεριφέρονται σαν έξυπνη κάρτα. Και τέλος η τελευταία είναι η Peer to Peer όπου ορίζεται για επικοινωνία από συσκευή σε συσκευή σε επίπεδο σύνδεσης.

Κεφάλαιο 8

8. Εφαρμογες

Υπάρχουν διάφορα πεδία εφαρμογών που θα επηρεαστούν από την αναδυόμενη αγορά του IoT. Οι εφαρμογές μπορούν να ταξινομηθούν με βάση του τύπου δίκτυου που χρησιμοποιούν, την κάλυψη, την κλίμακα, την επαναληψιμότητα, την συμμετοχή των χρηστών και τον αντίκτυπο τους. Έτσι κάποιες από τις κατηγορίες είναι:

1. Προσωπική ενός ατόμου δηλαδή, για παράδειγμα στο σώμα μας, αυτή που μπορεί να φορεθεί (wearable smart devices).
2. Οικιακή, οι έξυπνες ηλεκτρονικές συσκευές που μπορούμε να συναντήσουμε και να έχουν εφαρμογή στο σπίτι μας.
3. Κοινωνίας, εφαρμογές που μπορούν να έχουν εφαρμογές σε κλίμακας μια πόλης (όπως για παράδειγμα στις μεταφορές)
4. Βιομηχανία και περιβάλλον, από εμπορικές εφαρμογές για την καλύτερη ποιότητα προϊόντων άλλα και καλύτερη διαχείριση τις διαδικασίας εφοδιασμού των προϊόντων, μέχρι συσκευές για περιβαλλοντικές μετρήσεις.

Οι κατηγορίες μπορεί να είναι περισσότερες, μπορεί να ταξινομηθούν με διαφορετικά χαρακτηριστικά, όπως και πολλές από τις εφαρμογές μπορούν να ενταχθούν σε περισσότερες από μια κατηγορίες.

8.1 Εφαρμογές για τον άνθρωπο

Είναι όλες εκείνες οι εφαρμογές που σκοπό έχουν στην εξυπηρέτηση ή πληροφόρηση ενός άτομο. Τέτοιες στο διαδίκτυο μπορεί να βρει κανείς εκατοντάδες, υπάρχουν από ερασιτεχνικές μέχρι εμπορικές εφαρμογές, όλες τους πολλά υποσχόμενες. Τέτοιες είναι ατομικές ζυγαριές βάρους με σύνδεση wi-fi, μετρητές καρδιακών παλμών, αισθητήρες πτώσης για κράνος, ρούχα που ελέγχουν την υγεία του ατόμου που τα φοράει, έξυπνα ρολόγια και ότι μπορεί να φανταστεί κανείς. Παρακάτω θα δούμε δυο ενδεικτικά παραδείγματα ενσωματωμένων συστημάτων που συνδέονται στο διαδίκτυο και μπορούν να χαρίσουν νέα χαρακτηριστικά χειρισμού και πληροφόρησης. Η πρώτη εφαρμογή είναι για τους ποδηλάτες που δίνει νέα χαρακτηριστικά και πληροφόρηση στους κατόχους. Η δεύτερη εφαρμογή που βλέπουμε είναι ένα ψηφιακό θερμόμετρο αυτιού. Οι δυο αυτές εφαρμογές προορίζονται να βγουν στο εμπόριο πολύ σύντομα.

Helios Bars – Transform any bike into a smart bike

Το helios bars είναι ένα έξυπνο τιμόνι ποδηλάτου. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα βρίσκεται στο εσωτερικό του τιμονιού και ενσωματώνει τεχνολογίες όπως Bluetooth 4.0, GPS, δέχεται κάρτα τηλεφώνου sim και έχει φωτεινές ενδείξεις. Ο ενσωματωμένος φωτισμός ανταποκρίνεται στην συμπεριφορά οδήγησης, μπορεί να συνδεθεί με το smart-phone και να κρατήσει αρχείο/στατιστικά για όλες τις βόλτες που κάναμε, να μας πλοήγησε σε ένα προορισμό μέσω των λυχνιών led και να μας πληροφορήσει στο κινητό για τον ακριβή εντοπισμό της θέσης του ποδηλάτου.



500
LUMEN
BRIGHTNESS


WEATHER PROOF


GPS


BLUETOOTH 4.0

7
HOURS
BATTERY

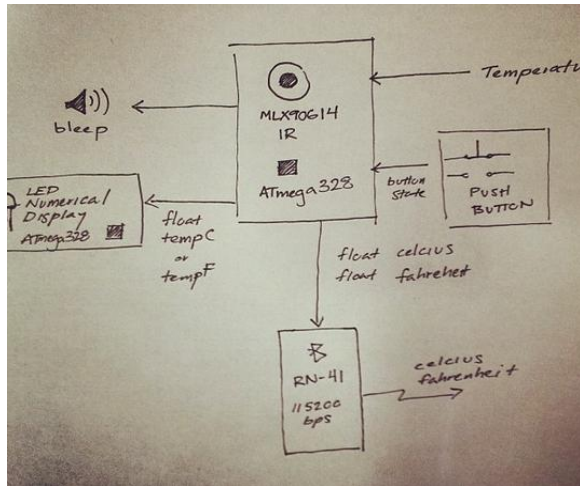
Εικόνα 8.1.α. Το τιμόνι ποδηλάτου Helios και οι δυνατότητες του.

Κάποια έξυπνα χαρακτηριστικά του τιμονιού είναι και τα παρακάτω:

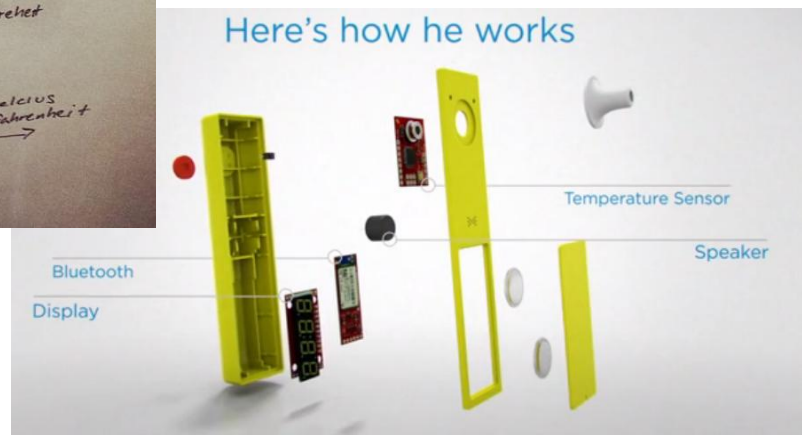
- Φωτισμός που αντιλαμβάνεται ποτέ είμαστε κοντά στο ποδήλατο.
- Όταν αλλάζουμε κατεύθυνση το κάνει γνωστό με τις λυχνίες στο πίσω μέρος.
- GPS για τον εντοπισμό της θέσης του ποδήλατου σε περίπτωση κλοπής.
- Τα πίσω leds χρωματίζονται ανάλογα της ταχύτητας του ποδηλάτου.
- Turn by turn Navigation, οι leds λυχνίες μας ειδοποιούν όταν φτάσουμε σε στροφή που πρέπει να στρίψουμε.

Tony Tempa – Ear Thermometer

Το Tony Tempa μετρά τη θερμοκρασία του σώματος σας, με την λήψη μιας μέτρησης από το αυτί σας. Δείχνει αμέσως τα αποτελέσματα σε μια led σε βαθμούς Κελσίου ή Φαρενάιτ. Το θερμόμετρο μπορεί και συγχρονίζει αυτόματα μέσω Bluetooth κινητό σας τηλέφωνο.



Σχήμα 8.1.γ. Σχεδιάγραμμα κατά την φάση της ανάπτυξης (Αριστερά), πως δουλεύει (Κάτω).



Το σχήμα παραπάνω δείχνει τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της εν λόγω ηλεκτρονικής συσκευής. Τέτοια είναι ηχείο για έχουμε ακουστική ενημερώσει, διακόπτη για κάνουμε λήψη της μέτρησης, Bluetooth επικοινωνία για συγχρονισμό με smart-phone αισθητήρα θερμοκρασίας και το led display για οπτική ένδειξη της θερμοκρασίας πάνω στη συσκευή.

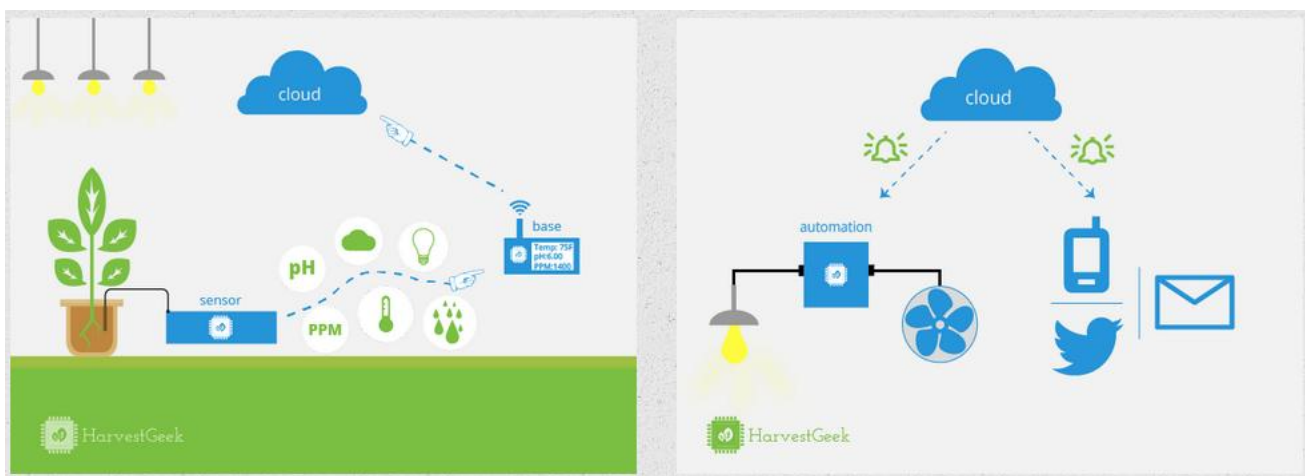


8.2 Εφαρμογές Σπιτιού

Σε αυτή την ενότητα είναι όλες εκείνες οι λύσεις που μας παρέχονται σε μια οικία γενικότερα, τόσο εντός όσο και στο περιβάλλον του χώρου. Κάνουν την καθημερινότητα μας ευκολότερη στο χειρισμό, στον έλεγχο αλλά και την πληροφόρηση που έχουμε ανά πάσα στιγμή από τις ηλεκτρονικές συσκευές, για την κατάσταση του σπιτιού. Τέτοιες εφαρμογές που σύνταμε σε έξυπνα σπίτια είναι ο φωτισμός, η θερμοκρασία, ο συναγερμός, έξυπνες οικιακές ηλεκτρικές συσκευές καθώς και κλειδαριές, σε όλες αυτές τις εφαρμογές, που είναι μόνο μερικές από αυτές που υπάρχουν διαθέσιμες στο εμπόριο, μπορούμε να πληροφορηθούμε από απόσταση (μέσω διαδικτύου), να αλλάξουμε την κατάσταση τους, να ενεργοποιήσουμε ή να απενεργοποιήσουμε όποια αυτές θέλουμε.

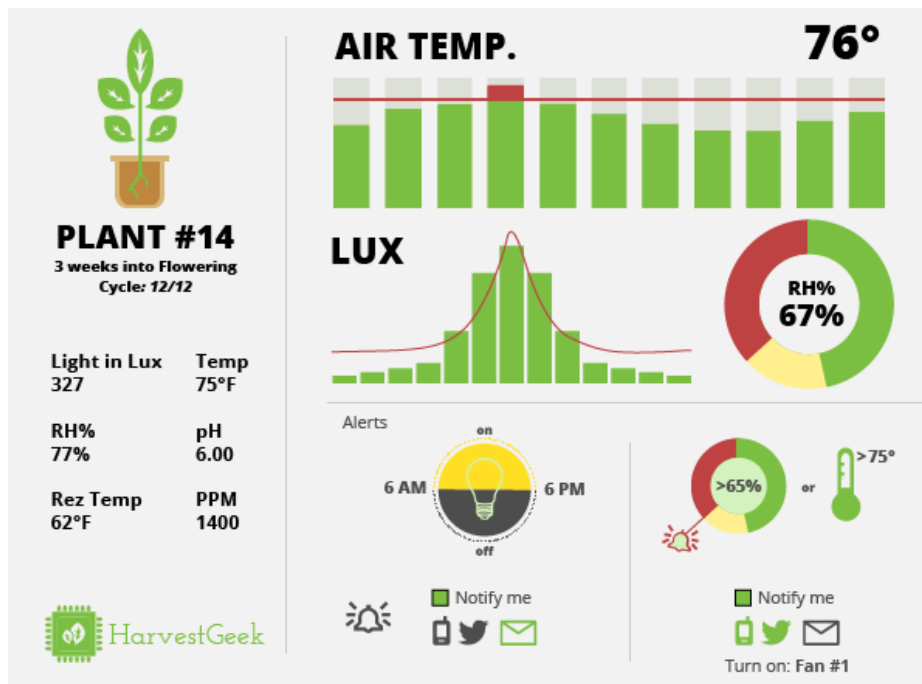
HarvestGeek – Brains For Your Garnden

Το HarvestGeek είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, που σκοπό έχει να παρακολουθεί τις συνθήκες που επικρατούν στον χώρο καλλιέργειας. Το σύστημα αυτό μπορεί να έχει ευρύ φάσμα εφαρμογών (σε κήπους, θερμοκήπια, υδροπονικά σύστημα) και το σημαντικό είναι ότι είναι επεκτάσιμο για μεγάλης κλίμακας εφαρμογές (μέχρι και 26 αισθητήρες ανά σταθμό βάσης).



Σχήμα 8.2.α. Σχεδιάγραμμα για το πως λειτουργεί το HarvestGeek.

HarvestGeek αποτελείται από τα αισθητήρια, από το σταθμό βάση (που διαχειρίζεται όλα τα περιφερειακά και συλλέγει τις μετρήσεις), έχει λειτουργία cloud (από μπορεί και αποθηκεύει μετρήσεις και ανάλυση των δεδομένων) και λειτουργίες αυτοματισμού. Με αυτό τρόπο μπορεί να γίνει σωστά η καλλιέργεια με τις κατάλληλες ειδοποιήσεις και αντίστοιχους αυτοματισμούς (π.χ. πότισμα, αέρα, φως). Στην καρδιά της βάσης βρίσκεται ένα arduino.



Σχήμα 8.2.β. Σχεδιάγραμμα από την ανάλυση που έχουμε μέσω cloud, για τα δεδομένα και τους συναγερμούς που μπορούμε να ενεργοποιήσουμε.

Η λειτουργία είναι απλή, η πλατφόρμα cloud συλλέγει δεδομένα από το σταθμό βάσης, από τους αυτοματισμούς και τους αισθητήρες. Το σύστημα συνδέεται σε μια ανοιχτή θύρα ethernet στο router. Η βάση μπορεί να μετρήσει θερμοκρασία, υγρασία και φωτεινότητα. Οι αισθητές που τοποθετούνται δίπλα στα φυτά μπορούν να πάρουν μια σειρά από επιπλέον μετρήσεις όπως pH, οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Επίσης, ανάλογα με την καλλιέργεια μας το σύστημα μπορεί να ενσωματώνει μια σειρά από αυτοματισμούς, που μπορεί να είναι ανεμιστήρες, κλιματισμός, αντλίες και φώτα. Όλα αυτά μπορούν να ενεργοποιούνται αυτόματα από ένα σήμα από το cloud, μετά από την ανάλυση των δεδομένων που έχει συλλέξει.



Εικόνες 8.2.γ. Φωτογραφίες από το σύστημα HarvestGeek, το αισθητήριο SensorStation (Αριστερά), εφαρμογή σε καλλιέργεια (Κέντρο), η βάση BaseStation (Δεξιά).

Το σύστημα αναπτύσσεται σε ανοιχτή πλατφόρμα, η άδεια του είναι ελεύθερη, το υλικό και λογισμικό είναι διαθέσιμο στο επίσημο ιστότοπο.

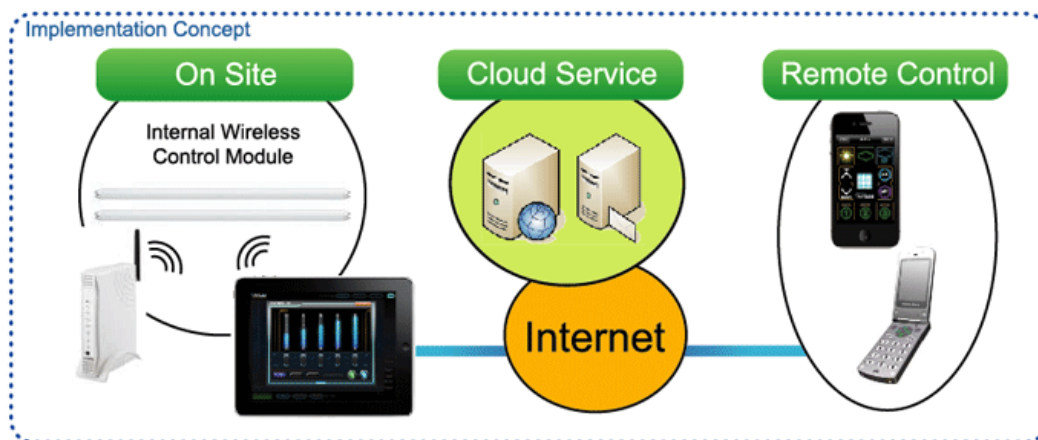
NetLED – Network LED Control System

Το NetLed είναι ένα έξυπνο σύστημα φωτισμού. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία ασύρματης σύνδεσης wi-fi, μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο και να έχουμε απομακρυσμένο έλεγχο της λειτουργίας τους. Το σύστημα φωτισμό αποτελείται από φωτοσώληνες LED, με 8 επίπεδα φωτισμού, που σημαίνει ότι μπορούμε να πετύχουμε μείωση στην κατανάλωση ενέργειας ως και 90% από τις υπάρχουσες λύσεις.



Εικόνα 8.2.δ. Φωτοσώληνας τεχνολογίας LED με wi-fi κεραία.

Στο παρακάτω Σχήμα 8.2.ε. περιγράφεται η λειτουργία του ελέγχου φωτισμού μέσω δικτύων. Ο έλεγχος στο φωτισμό μέσω δικτύου μπορεί να γίνει τοπικά, όταν είμαστε στο χώρο αλλά και απομακρυσμένα, όταν είμαστε μακριά. Μπορεί να γίνει ενεργοποίηση/απενεργοποίηση αλλά και η ρύθμιση στην ένταση της φωτεινότητας. Επίσης υπηρεσίες σύννεφου μπορούν να κρατούν δεδομένα για την κατανάλωση, την κατάσταση αλλά και ειδικά σενάρια για το πότε θα ανάβουν ή όχι.



Σχήμα 8.2.ε. Σχεδιάγραμμα λειτουργίας του συστήματος.

8.3 Εφαρμογές Πόλης

Σε κλίμακα πόλης οι εφαρμογές έχουν ένα προσανατολισμό, για την καλύτερη ζωή των πολιτών της σε αυτή. Οι εφαρμογές των ενσωματωμένων συστημάτων στο διαδίκτυο, έχουν να κάνουν κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν, την ποιότητα του αέρα που αναπνέουμε, τα επίπεδα θορύβου, την συλλογή των σκουπιδιών, μετρητές κινήσεις ανθρώπων και αυτοκινήτων, έξυπνες πινακίδες και πολλά ακόμη που προσαρμόζονται με τις τάσεις τις κοινωνίας.

Intellistreets Lights

Το Intellistreets είναι ένα έξυπνο σύστημα οδικού φωτισμού LED, δουλεύει αυτόνομα, παρακολουθεί την κίνηση, προβάλλει μηνύματα, παίρνει μετρήσεις από το περιβάλλον, εξοικονομεί ενέργεια. Αυτό το σύστημα φωτισμού θα ξεκινήσει πιλοτικά σε κάποιες πολιτείες της Αμερικής και είδη έχει εγκατασταθεί στο Michigan από το 2011.

Οι κολόνες φωτισμού συνδέονται μεταξύ τους ασύρματα με MESH τοπολογία, για την επικοινωνία τους, αλλά και την ροή πληροφορίας προς την βάση. Οι κολόνες μέσω των αισθητήρων που διαθέτουν ξέρουν ποια ώρα ακριβώς πρέπει να ανάψουν, ποτέ να εξοικονομήσουν ενέργεια (δεν υπάρχει κίνηση στους δρόμους) και τότε να σβήσουν επειδή ξημέρωσε. Επίσης διαθέτουν ηχείο από όπου και μπορούν να αναπαράγουν μουσική, ηχητικά μηνύματα και διαφημίσεις. Ακόμη ενσωματώνουν οθόνη LED όπου μπορεί να παρέχει πληροφορίες για την κίνηση στους δρόμους, διαφημιστικά μηνύματα και έκτακτες πληροφορίες.

Η παραμετροποίηση που μπορεί να γίνει σε αυτό το σύστημα είναι μεγάλη και η εταιρεία διαθέτει και πολλές εξειδικευμένες λύσεις. Δηλαδή, μπορεί να ενσωματώσει αισθητήρες σεισμού, μολύνσεις, διαρροής αερίου στην ατμόσφαιρα και άλλα τέτοια. Αντίστοιχα όταν κάποιο από αυτά τα σενάρια λάβει μέρος, τότε το σύστημα να ανταποκριθεί αντίστοιχα (με ηχητική ειδοποίηση, προβολή μηνύματος στις οθόνες ή να στείλει τα κατάλληλα σήματα στους ειδικούς φορείς).

Παρακάτω στο Σχήμα 8.3.α βλέπουμε μια άποψη του έξυπνου συστήματος φωτισμού, με μια γενική περιγραφή των δυνατοτήτων που μπορεί να έχει το σύστημα. Μας δείχνει και μια σειρά από προαιρετικό εξοπλισμό που μπορεί να έχει το σύστημα, όπως για παράδειγμα αισθητήρας στάθμης νερού (που μπορεί εύκολα να μας προειδοποίηση για μια επερχόμενη πλημμύρα), οι οθόνες, κάμερες και η λίστα είναι μεγάλη.

enevo – Smart Waste Sensors

Μια άλλη εφαρμογή που σύνταμε σε κλίμακα πόλης είναι το enevo. Συνδυάζει όλα όσα είπαμε μέχρι στιγμής, δηλαδή αισθητήρια, ενσωματωμένα σύστημα και διαδίκτυο. Το enevo είναι μια συσκευή που σκοπό έχει να κάνει την συγκομιδή των σκουπιδιών στις πόλεις πιο αποτελεσματική. Είναι ένα έξυπνος αισθητήρας που τοποθετείται στους κάδους σκουπιδιών και σκοπός τους είναι να ελέγχει την στάθμη των απορριμμάτων.



Σχήμα 8.3.β. Η τοποθέτηση μέσα σε κάδο (αριστερά), ο έξυπνος αισθητήρας enevo (δέξια).

Πριν αναφέρομαι κάποια από τα τεχνικά χαρακτηριστικά, να πούμε ότι τα οφέλη μπορεί να είναι πολλά. Η αποκομιδή των σκουπιδιών μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική, γλιτώνοντας χρόνο και χρήμα. Η συλλογή τους μπορεί να γίνει σε μικρότερο χρονικό διάστημα και τα οχήματα να εξοικονομούν καύσιμα. Η ιδέα είναι απλή, το σύστημα ελέγχει την στάθμη σε σκουπίδια που έχουν οι κάδοι, και η συλλογή γίνεται μόνο από αυτούς που πρέπει. Η εξοικονόμηση που μπορεί να έχουμε σε χρήματα, μας λένε, ότι μπορεί είναι μεταξύ 20%-40%.



Σχήμα 8.3.γ. Η συλλογή σκουπιδιών γίνεται μόνο από τους κάδους που είναι γεμάτοι.

Για να καταλάβουμε το πως λειτουργούν όλα όσα αναφέραμε παραπάνω, θα δούμε τι περιλαμβάνει το *enevo*. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά μια τέτοια συσκευής, είναι τα παρακάτω:

- Μπαταρία λιθίου, που εγγυάται την απρόσκοπτη λειτουργία της συσκευής.
- Κεραία τηλεφωνικού δικτύου 2G/3G, για την επικοινωνία και ροή πληροφοριών προς την βάση.
- Ultrasonic Sonar (σόναρ υπερήχων) αισθητήριο, που ελέγχει με το πλέον ασφαλή την στάθμη μέσα στο κάδο, ανεξάρτητα του τι σκουπίδια είναι (χαρτί, πλαστικό, αλουμίνιο ή κάποιο υγρό).

Επιπλέον:

- Αισθητήρα κίνησης, που να καταλάβει αν μετακινηθεί ο κάδος σε διαφορετική θέση.
- Αισθητήρα θερμοκρασίας, που μπορεί να καταλάβει και να ειδοποίηση σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Ένα σχεδιάγραμμα τις λειτουργίας του συστήματος βλέπουμε στο επόμενο σχήμα. Η συσκευή συλλέγει μετρήσεις από τον κάδο και στη συνέχεια στέλνει αυτά τα δεδομένα στη βάση. Εκεί η εταιρεία παρέχει στους πελάτες μια πλατφόρμα στο διαδίκτυο, που κάνει εύκολο τον χειρισμό και την επεξεργασία των δεδομένων. Υπηρεσίες cloud, μπορούν να επεξεργάζονται αλλά και να κρατούν ιστορικό για τα δεδομένα. Στην συνέχεια αφού μάθουμε ποιοι κάδοι χρειάζονται άδειασμα, χαράσσετε στο χάρτη η συντομότερη πορεία και βγαίνει το απορριμματοφόρο για την αποκομιδή των σκουπιδιών.



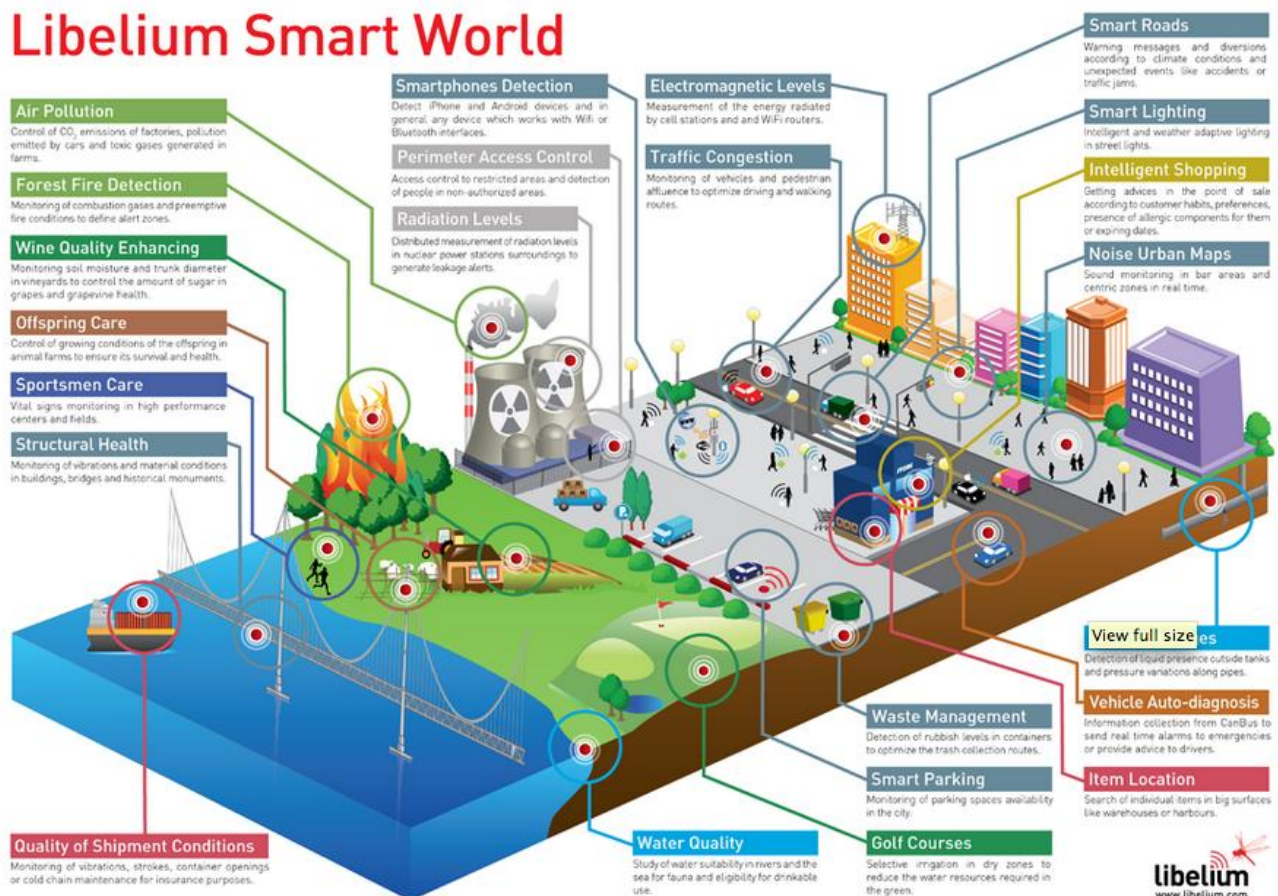
Σχήμα 8.3.δ. Ο τρόπος που λειτουργεί το *enevo*.

8.4 Εφαρμογές στη Βιομηχανία και το Περιβάλλον

Οι εφαρμογές σε αυτή την κατηγορία είναι πολλές, όπως και τα οφέλη για τους πολίτες ή τους καταναλωτές. Η βιομηχανία μπορεί να μειώσει το κόστος, να παρέχει καλύτερες και πιο αξιόπιστες υπηρεσίες προς τους πολίτες αυτού του κόσμου. Υπάρχει μια μεγάλη γκάμα οπών και μπορούμε να συναντήσουμε τέτοια έξυπνα ενσωματωμένα συστήματα που διασυνδέονται στο δίκτυο. Τέτοιες εφαρμογές μπορεί να είναι :

- Οι συνθήκες μεταφοράς εμπορευμάτων στην ναυτιλία
- Η μόλυνση στον αέρα που αναπνέουμε και τη θάλασσα.
- Έγκυρη ειδοποίηση για πυρκαγιές.
- Έξυπνο παρκάρισμα των αυτοκινήτων αλλά και έλεγχος της κυκλοφοριακή συμφόρησης.
- Αισθητήρες που θα ελέγχουν την ποιότητα των κατασκευών στο πέρας του χρόνου.
- Στις καλλιέργειες ή γενικότερα στο πρωτογενή τομέα με έξυπνα σύστημα έλεγχου της παραγωγής.

Libelium Smart World



Σχήμα 8.4.1. Μια γενική άποψη των εφαρμογών στο περιβάλλον και την βιομηχανία.

libelium – Sensor Application for a Smarter World

Η Libelium είναι μια εταιρεία που διαθέτει μια μεγάλης συλλογή από αισθητήρες για το διαδίκτυο των πραγμάτων και δίνει λύσεις για την επομένη τεχνολογική επανάσταση. Η γκάμα ξεκινά από αυτοματισμούς, έλεγχο στην βιομηχανία, περιβάλλον, γεωργία, έξυπνες πόλεις και η λίστα με τις λύσεις είναι μεγάλη.



Εικόνα 8.4.2. Waspote Plug & Sense (αριστερά), Meshlium (κέντρο), Waspote (δεξιά)

Οι λύσεις που προσφέρει αφορούν πλατφόρμες για λήψη μετρήσεων και σύνδεση με το διαδίκτυο και μεγάλη γκάμα από αισθητήρια για πλήθος μετρήσεων. Οι δυνατότητες και η επεκτασιμότητα που έχουν τα συστήματα της Libelium δεν έχουν όρια. Στην Εικόνα 8.4.2 μπορούμε να δούμε τις λύσεις που προσφέρει και παρακάτω τις λειτουργίες του ειδικότερα.

Το **Waspote** είναι μια συσκευή πλατφόρμα για συλλογή δεδομένων από αισθητήρια. Η συγκεκριμένη συσκευή είναι προσανατολισμένη κυρίως για προγραμματιστές και ανάπτυξη. Υποστηρίζει διάφορα πρωτόκολλα (ZigBee, Bluetooth, GPRS) και μπορεί να λάβει δεδομένα από έως και 12km μακριά. Έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και αδρανοποιείται για εξοικονόμηση ενέργειας. Μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 50 διαφορετικούς αισθητήρες της εταιρείας, οι οποίοι είναι διαθέσιμη και συνοδεύονται με τα κατάλληλα API (Application Programming Interface), τα οποία είναι open source.

Το **Waspote Plug & Sense** είναι μια σειρά ίδια με την προηγούμενη, αλλά πλέον περιλαμβάνει αδιάβροχο περίβλημα, υποδοχές έτοιμες να δεχτούν τα αισθητήρια, μπορεί να δεχτεί ηλιακό πάνελ για αυτόνομη λειτουργία, από όπου και μπορούμε να φορτώσουμε το λογισμικό του. Έχει σχεδιαστεί εστί ώστε να είναι εύκολο στην τοποθέτηση, στην εγκατάσταση αλλά και την συντήρηση. Οι προγραμματιστές που αναπτύσσουν προγράμματα, πλέον δεν χρειάζεται να ασχοληθούν με ηλεκτρονικά και συνδέσεις, γιατί όλα είναι έτοιμα. Με αποτέλεσμα να μπορούν να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη του λογισμικού για την πλατφόρμα.

Το **Meshlium** είναι ένα Linux Router που λειτουργεί ως πύλη για την σύνδεση των Waspote και το δίκτυο αισθητήρων με το διαδίκτυο. Περιέχει Κεραίες για σύνδεση wi-fi 2,4GHz & 5GHz, 3G/GPRS, Bluetooth ZigBee. Επίσης μπορεί να ενσωματώσει σύστημα GPS, αν το απαιτεί η εφαρμογή. Για τροφοδοσία μπορεί να δεχτεί μπαταρία και φωτοβολταϊκό πάνελ. Το περίβλημα του είναι ανθεκτικό και μπορεί να τοποθετηθεί σε εξωτερικούς χώρους. Η συσκευή συνοδεύεται από μια web εφαρμογή από και όπου μπορούμε να ρυθμίσουμε εύκολα ή να αποθηκεύσουμε να τα δεδομένα που συλλέγουν ή αισθητήρες.

Παρακάτω στην επομένη Εικόνα 8.4.3 βλέπουμε μερικά από τα αισθητήρια που χρησιμοποιούν οι συσκευές Waspote. Με τη σειρά και από πάνω προς τα κάτω, το πρώτο είναι ένα αισθητήριο φωτεινότητας, ακολουθεί δεύτερο ένα αισθητήριο που μετρά υγρασία και θερμοκρασία, στη συνέχεια ένα αισθητήριο υπερήχων και τέλος



Εικόνα 8.4.3. Αισθητήρια για το Waspote Plug & Sense.

Κεφάλαιο 9

9. Νομοθεσία (Στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων)

P7_TA(2010)0207

**Ψήφισμα _του_Ευρωπαϊκού_Κοινοβουλίου_της_15ης_Ιουνίου_2010_σχετικά_με_το
_Διαδίκτυο_των_πραγμάτων_(2009/2224(INI))
(2011/C 236 E/04)**

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο,

- έχοντας υπόψη την ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών, της 18ης Ιουνίου 2009, σχετικά με το Διαδίκτυο των πραγμάτων – Ένα σχέδιο δράσης για την Ευρώπη (COM(2009)0278),
- έχοντας υπόψη το πρόγραμμα εργασίας που υπεβλήθη από την ισπανική προεδρία της ΕΕ την 27η Νοεμβρίου 2009, και συγκεκριμένα το στόχο που αφορά τη μελλοντική ανάπτυξη του Διαδικτύου,
- έχοντας υπόψη την ανακοίνωση της Επιτροπής, της 28ης Ιανουαρίου 2009, με τίτλο «Επενδύοντας σήμερα για την Ευρώπη του αύριο» (COM(2009)0036),
- έχοντας υπόψη τη σύσταση της Επιτροπής σχετικά με την εφαρμογή των αρχών για το σεβασμό της ιδιωτικής ζωής και την προστασία των προσωπικών δεδομένων στις εφαρμογές που υποστηρίζονται από ραδιοσυχνική αναγνώριση (C(2009)3200),
- έχοντας υπόψη την οδηγία 95/46/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 24ης Οκτωβρίου 1995 για την προστασία των φυσικών προσώπων έναντι της επεξεργασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα και για την ελεύθερη κυκλοφορία των δεδομένων αυτών,
- έχοντας υπόψη την οδηγία 2002/58/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 12ης Ιουλίου 2002, σχετικά με την επεξεργασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα και την προστασία της ιδιωτικής ζωής στον τομέα των ηλεκτρονικών επικοινωνιών,
- έχοντας υπόψη το ευρωπαϊκό σχέδιο για την ανάκαμψη της οικονομίας για μια ταχύτερη επιστροφή στην οικονομική ανάπτυξη (COM(2008)0800),
- έχοντας υπόψη την έκθεση της Επιτροπής Βιομηχανίας, Έρευνας και Ενέργειας σχετικά με ένα νέο ψηφιακό θεματολόγιο για την Ευρώπη: 2015.eu ,

- έχοντας υπόψη το άρθρο 48 του Κανονισμού του
 - έχοντας υπόψη την έκθεση της Επιτροπής Βιομηχανίας, Έρευνας και Ενέργειας και τις γνωμοδοτήσεις της Επιτροπής Διεθνούς Εμπορίου, της Επιτροπής Εσωτερικής Αγοράς και Προστασίας των Καταναλωτών, της Επιτροπής Νομικών Θεμάτων (Α7-0154/2010),
- A. επισημαίνοντας ότι η ταχεία ανάπτυξη του Διαδικτύου κατά τα τελευταία 25 έτη και των προοπτικών, είτε πρόκειται για τη διάδοση, χάρη στην επέκταση του ευρυζωνικού δικτύου, είτε για νέες εφαρμογές,
- B. επισημαίνοντας ότι για να είναι το Διαδίκτυο των πραγμάτων σε θέση να ανταποκριθεί στις προσδοκίες της κοινωνίας και των πολιτών, καθώς και ότι χρειάζεται έρευνα προκειμένου να κατανοήσουμε ποιες είναι αυτές οι προσδοκίες και σε ποιες περιπτώσεις οι ευαισθησίες και η ανησυχία για την προστασία της προσωπικής ζωής και των προσωπικών πληροφοριών ενδέχεται να παρακωλύουν τις εφαρμογές,
- Γ. επισημαίνοντας τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν οι τεχνολογίες των πληροφοριών και των επικοινωνιών (ΤΠΕ) για την προώθηση της κοινωνικής εξέλιξης, της οικονομικής ανάπτυξης και την τόνωση της έρευνας, της καινοτομίας και της δημιουργικότητας των ευρωπαϊκών δημοσίων και ιδιωτικών φορέων,
- Δ. επισημαίνοντας ότι η Ένωση πρέπει να εφοδιαστεί με ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς για την οριοθέτηση και την ενίσχυση των κανόνων για τη διακυβέρνηση του συστήματος, την εμπιστευτικότητα, την ασφάλεια των πληροφοριών, την ηθική διαχείριση, το σεβασμό της ιδιωτικής ζωής, τη συλλογή και την αποθήκευση των προσωπικών δεδομένων καθώς και την ενημέρωση των καταναλωτών,
- Ε. επισημαίνοντας ότι ο όρος «Διαδίκτυο των πραγμάτων» αναφέρεται στη γενική έννοια των αντικειμένων (τόσο των ηλεκτρονικών τεχνουργημάτων όσο και των αντικειμένων καθημερινής χρήσης) που μπορούν να αναγνωσθούν, να αναγνωρισθούν, να προσπελασθούν, να εντοπισθούν ή/και να ελεγχθούν από απόσταση μέσω του Διαδικτύου,
- ΣΤ. επισημαίνοντας την προσδοκώμενη ταχεία εξέλιξη του Διαδικτύου των πραγμάτων κατά τα προσεχή έτη, γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη ασφαλούς, διαφανούς και πολυμερούς διακυβέρνησης,
- Ζ. λαμβάνοντας υπόψη ότι το Διαδίκτυο του μέλλοντος θα υπερβαίνει τα σημερινά παραδοσιακά όρια του εικονικού κόσμου, μέσω της σύνδεσής του με τον κόσμο των υλικών αντικειμένων,
- Η. επισημαίνοντας τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας της ραδιοσυχνικής αναγνώρισης (RFID) και άλλων τεχνολογιών που σχετίζονται με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, έναντι των ραβδοκωδίκων και των μαγνητικών ταινιών, αλλά και πολύ περισσότερες εφαρμογές, που μπορούν να διασυνδεθούν με άλλα δίκτυα, όπως αυτά της κινητής τηλεφωνίας, και να αναπτυχθούν περαιτέρω όταν θα έχει δημιουργηθεί η διασύνδεση με

αισθητήρες για τη μέτρηση στοιχείων, όπως ο γεωεντοπισμός (π.χ. το δορυφορικό σύστημα Galileo), η θερμοκρασία, η φωτεινότητα, η πίεση ή οι δυνάμεις επιτάχυνσης, επισημαίνοντας ότι η διάδοση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων RFID σε μεγάλη κλίμακα θα έπρεπε να μειώσει σημαντικά το κόστος μονάδας καθώς και το κόστος των αντίστοιχων συσκευών ανάγνωσης,

- Θ. επισημαίνοντας ότι η τεχνολογία RFID μπορεί να θεωρηθεί ότι δρα καταλυτικά και επιταχύνει την οικονομική ανάπτυξη της βιομηχανίας πληροφορίας και επικοινωνιών,
- Ι. εκτιμώντας ότι οι ήδη χρησιμοποιούμενες εφαρμογές RFID και άλλων τεχνολογιών σχετικών με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, στους τομείς της παραγωγής, της επιμελητείας και της αλυσίδας εφοδιασμού, προσφέρουν πλεονεκτήματα όσον αφορά τον εντοπισμό και την ιχνηλασιμότητα των προϊόντων, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζουν αξιόλογο δυναμικό ανάπτυξης και σε άλλους τομείς, όπως της υγείας, των μεταφορών και της ενεργειακής αποδοτικότητας, του περιβάλλοντος και του λιανικού εμπορίου, καθώς και στην καταπολέμηση της παραχάραξης,
- ΙΑ. επισημαίνοντας ότι, όπως συμβαίνει με όλα τα συστήματα «ηλεκτρονικής υγείας», ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η υλοποίηση συστημάτων που βασίζονται στις τεχνολογίες RFID απαιτούν την άμεση συμμετοχή των επαγγελματιών της υγειονομικής περίθαλψης, των ασθενών και σχετικών επιτροπών (προστασίας προσωπικών δεδομένων και ηθικών ζητημάτων, για παράδειγμα),
- ΙΒ. επισημαίνοντας ότι οι τεχνολογίες RFID μπορούν να βοηθήσουν στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και μπορούν να προσφέρουν συστήματα υπολογισμού του άνθρακα σε επίπεδο προϊόντος,
- ΙΓ. λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα που η τεχνολογία RFID και άλλες τεχνολογίες σχετικές με το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορούν να προσφέρουν στους πολίτες σε θέματα ποιότητας της ζωής, ασφάλειας και ευημερίας, υπό την προϋπόθεση της ορθής διαχείρισης των θεμάτων που συνδέονται με την προστασία της ιδιωτικής ζωής και των προσωπικών δεδομένων,
- ΙΔ. επισημαίνοντας ότι υπάρχει ανάγκη για βιώσιμα, ενεργειακά αποδοτικά πρότυπα επικοινωνίας που θα επικεντρώνονται στην ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής και θα χρησιμοποιούν συμβατά ή ταυτόσημα πρωτόκολλα σε διαφορετικές συχνότητες,
- ΙΕ. λαμβάνοντας υπόψη ότι όλα τα αντικείμενα της καθημερινής ζωής μας (κάρτα συγκοινωνιών, ρούχα, κινητό τηλέφωνο, αυτοκίνητο) θα μπορούσαν τελικά να εφοδιασθούν με ολοκληρωμένο κύκλωμα RFID, το οποίο θα αποκτήσει πολύ γρήγορα μείζονα οικονομική σημασία, δεδομένων των πολλαπλών εφαρμογών του,
- ΙΣΤ. επισημαίνοντας ότι το Διαδίκτυο των πραγμάτων θα επιτρέψει να τεθούν σε δίκτυο δισεκατομμύρια μηχανές, που θα είναι ικανές να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν μέσω ασύρματων τεχνολογιών, συνδυασμένων με πρωτόκολλα λογικής και φυσικής προσπέλασης, λαμβάνοντας υπόψη ότι το Διαδίκτυο των πραγμάτων θα πρέπει να επιτρέπει, μέσω συστημάτων ηλεκτρονικής αναγνώρισης και ασύρματων φορητών συσκευών, την άμεση και ασφαλή αναγνώριση ψηφιακών οντοτήτων και υλικών

αντικειμένων, προκειμένου να μπορεί να γίνεται ανάκτηση, αποθήκευση, διαβίβαση και συνεχής επεξεργασία των σχετικών δεδομένων,

- ΙΖ. επισημαίνοντας τις τεχνολογικές προκλήσεις που παρουσιάζει η σμίκρυνση των προϊόντων του Διαδικτύου των πραγμάτων, όπως η ενσωμάτωση της ηλεκτρονικής, των αισθητήρων και του συστήματος τροφοδοσίας και μετάδοσης μέσω RFID σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα μεγέθους λίγων χιλιοστών,
- ΙΗ. λαμβάνοντας υπόψη ότι το μέλλον μας επιφυλάσσει ακόμη πιο διαφοροποιημένες εφαρμογές των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων RFID, ωστόσο η συγκεκριμένη τεχνολογία θέτει νέα προβλήματα σε σχέση με την προστασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, κυρίως εξαιτίας του γεγονότος ότι αυτά τα ολοκληρωμένα κυκλώματα είναι τελείως ή σχεδόν τελείως αόρατα,
- ΙΘ. επισημαίνοντας ότι τα πρότυπα της βιομηχανίας είναι πολύ σημαντικά, ότι η τυποποίηση της τεχνολογίας RFID πρέπει να ωριμάσει, καθώς και ότι η εντολή για τα πρότυπα των τεχνολογιών της RFID, που ανατέθηκε από κοινού στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) και το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) (ευρωπαϊκοί οργανισμοί τυποποίησης) το 2009, θα συμβάλει στη δημιουργία περισσότερο καινοτόμων προϊόντων και υπηρεσιών με χρήση των τεχνολογιών της RFID,
- Κ. επισημαίνοντας την ιδιαίτερη σημασία της ευαισθητοποίησης των ευρωπαίων πολιτών στις νέες τεχνολογίες και τις εφαρμογές τους, περιλαμβανομένων των κοινωνικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεών τους, και της προώθησης του ψηφιακού γραμματισμού και των ηλεκτρονικών δεξιοτήτων μεταξύ των καταναλωτών,
- ΚΑ. επισημαίνοντας ότι η ανάπτυξη του Διαδικτύου των πραγμάτων πρέπει να είναι προσβάσιμη για όλους τους πολίτες της ΕΕ και να υποστηρίζεται από αποτελεσματικές πολιτικές που στοχεύουν στην κάλυψη του ψηφιακού χάσματος στο εσωτερικό της ΕΕ, παρέχοντας σε περισσότερους πολίτες ηλεκτρονικές δεξιότητες και γνώση του ψηφιακού τους περιβάλλοντος,
- ΚΒ. επισημαίνοντας ότι τα οφέλη των τεχνολογιών που σχετίζονται με το Διαδίκτυο των πραγμάτων πρέπει να ενισχυθούν μέσω της αποτελεσματικής προστασίας, η οποία αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό κάθε εξέλιξης που εγκυμονεί κινδύνους για την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων και για την εμπιστοσύνη των πολιτών σε εκείνους που κατέχουν πληροφορίες για αυτούς,
- ΚΓ. λαμβάνοντας υπόψη ότι οι κοινωνικές συνέπειες της ανάπτυξης του Διαδικτύου των πραγμάτων είναι άγνωστες και ενδέχεται να διευρύνουν το σημερινό ή να δημιουργήσουν ένα νέο ψηφιακό χάσμα,
1. εκφράζει την ικανοποίησή του για την ανακοίνωση της Επιτροπής και εγκρίνει, κατ' αρχήν, τις κατευθύνσεις του σχεδίου δράσης για την προώθηση του Διαδικτύου των πραγμάτων·
 2. έχει την άποψη ότι η διάδοση του Ίντερνετ των πραγμάτων θα επιτρέψει την βελτίωση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των προσώπων και των πραγμάτων και μεταξύ των ίδιων

των πραγμάτων που μπορεί να αποφέρει τεράστια οφέλη στους πολίτες της ΕΕ, με την προϋπόθεση ότι θα γίνουν σεβαστές η ασφάλεια, η προστασία των δεδομένων και η ιδιωτική ζωή·

3. συμμερίζεται την ιδιαίτερη προσοχή που αποδίδει η Επιτροπή στην ασφάλεια, την προστασία των προσωπικών δεδομένων και την ιδιωτική ζωή των πολιτών, καθώς και την διακυβέρνηση του Διαδικτύου των πραγμάτων, διότι ο σεβασμός της ιδιωτικής ζωής και η προστασία των προσωπικών δεδομένων, αλλά και ο ανοιχτός χαρακτήρας και η διαλειτουργικότητα, αποτελούν τον μοναδικό τρόπο να αποκτήσει το Διαδίκτυο των πραγμάτων ευρύτερη κοινωνική αποδοχή· ζητεί από την Επιτροπή να ενθαρρύνει όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο να αντιμετωπίσουν τις απειλές που σχετίζονται με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο· καλεί εν προκειμένω την Επιτροπή να ενθαρρύνει τα κράτη μέλη να εφαρμόσουν όλες τις υπάρχουσες διεθνείς διατάξεις ασφαλείας στον κυβερνοχώρο, περιλαμβανομένης της σύμβασης του Συμβουλίου της Ευρώπης για το έγκλημα στον κυβερνοχώρο.
4. πιστεύει ακράδαντα ότι η προστασία της ιδιωτικής ζωής συνιστά βασική αξία και ότι όλοι οι χρήστες πρέπει να έχουν έλεγχο επί των προσωπικών τους δεδομένων· ζητεί ως εκ τούτου την προσαρμογή της οδηγίας για την προστασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα στο τρέχον ψηφιακό περιβάλλον·
5. εκτιμά το γεγονός ότι η Επιτροπή αντιδρά έγκαιρα στις νέες εξελίξεις στον εν λόγω τομέα, δίδοντας έτσι τη δυνατότητα στο πολιτικό σύστημα να θεσπίσει κανόνες σε πρώιμο στάδιο·
6. τονίζει ότι προϋπόθεση για την προώθηση της τεχνολογίας αποτελεί η εισαγωγή νομικών διατάξεων που θα ενισχύσουν τον σεβασμό για τις θεμελιώδεις αξίες και την προστασία των προσωπικών δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής·
7. τονίζει ότι τα ζητήματα που άπτονται της ασφάλειας και της προστασίας της ιδιωτικής ζωής πρέπει να αντιμετωπισθούν μέσω των επικείμενων προτύπων που πρέπει να καθορίσουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ασφαλείας που θα εξασφαλίζουν την εμπιστευτικότητα, την ακεραιότητα και τη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών·
8. καλεί την Επιτροπή να συντονίσει το έργο της σε ό,τι αφορά το Διαδίκτυο των πραγμάτων με το γενικότερο έργο της σε ό,τι αφορά την ψηφιακή ατζέντα·
9. καλεί την Επιτροπή να διενεργήσει αξιολόγηση των επιπτώσεων της χρήσης της τρέχουσας υποδομής δικτύου του «Ίντερνετ » για τις εφαρμογές και τον υλικοτεχνικό εξοπλισμό του Διαδικτύου των πραγμάτων, σε σχέση με τη συμφόρηση του δικτύου και την ασφάλεια των δεδομένων, προκειμένου να εξακριβωθεί εάν οι εφαρμογές και ο εξοπλισμός του Διαδικτύου των πραγμάτων είναι συμβατές και κατάλληλες·
10. εκτιμά ότι, κατά τα προσεχή έτη, η ανάπτυξη του Διαδικτύου των πραγμάτων και των σχετικών με αυτό εφαρμογών θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην καθημερινή ζωή των ευρωπαίων πολιτών και τις συνήθειές τους, επιφέροντας ευρύ φάσμα οικονομικών και κοινωνικών αλλαγών·
11. εκτιμά ότι είναι αναγκαίο να δομηθεί ένα Διαδίκτυο των πραγμάτων χωρίς αποκλεισμούς, αποφεύγοντας εξ αρχής τον κίνδυνο, τόσο σε επίπεδο κρατών μελών

όσο και σε περιφερειακό επίπεδο, μιας άνισης ανάπτυξης, διάδοσης και χρήσης των τεχνολογιών του Διαδικτύου των πραγμάτων· επισημαίνει ότι η ανακοίνωση της Επιτροπής δεν λαμβάνει επαρκώς υπόψη τα ζητήματα αυτά, τα οποία θα ήταν καλύτερο να αντιμετωπισθούν προτού το Διαδίκτυο των πραγμάτων εξελιχθεί περαιτέρω·

12. καλεί την Επιτροπή να λάβει υπόψη τις λιγότερο αναπτυγμένες περιφέρειες της Ένωσης κατά τον σχεδιασμό των ΤΠΕ και του Διαδικτύου των πραγμάτων· καλεί τα κράτη μέλη να εξασφαλίσουν κεφάλαια για την εξασφάλιση της συγχρηματοδότησης στην εφαρμογή των εν λόγω τεχνολογιών και άλλων έργων στον τομέα των ΤΠΕ στις περιφέρειες αυτές, προκειμένου να διασφαλίσουν τη συμμετοχή τους και να αποτρέψουν τον αποκλεισμό τους από κοινές ευρωπαϊκές προσπάθειες·
13. υπογραμμίζει ότι η χρήση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων RFID μπορεί μεν να είναι αποτελεσματική στην καταπολέμηση των απομιμήσεων, των απαγωγών βρεφών από μαιευτήρια και την αναγνώριση ζώων, καθώς και σε μια σειρά άλλων περιπτώσεων, αλλά μπορεί επίσης να αποδειχτεί επικίνδυνη και να θέσει ζητήματα δεοντολογίας για τους πολίτες και την κοινωνία, σε σχέση με τα οποία πρέπει να διαμορφωθούν οι κατάλληλες προφυλάξεις·
14. τονίζει τη σημασία της μελέτης των κοινωνικών, ηθικών και πολιτισμικών συνεπειών του Διαδικτύου των πραγμάτων, ενόψει της ενδεχόμενης εκτεταμένης πολιτισμικής μεταμόρφωσης που θα προκαλέσουν αυτές οι τεχνολογίες· εκτιμά, συνεπώς, ότι είναι σημαντικό η κοινωνικοοικονομική έρευνα και ο πολιτικός διάλογος σχετικά με το Διαδίκτυο των πραγμάτων να συμβαδίζουν με την πρόοδο της τεχνολογικής έρευνας και καλεί την Επιτροπή να συστήσει επιτροπή εμπειρογνομόνων η οποία να αξιολογήσει σε βάθος τις πτυχές αυτές και να προτείνει ένα ηθικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των σχετικών τεχνολογιών και εφαρμογών·
15. παρατηρεί ότι η τεχνολογία της RFID και άλλες τεχνολογίες που συνδέονται με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την έξυπνη σήμανση των προϊόντων και των καταναλωτικών αγαθών, και για συστήματα επικοινωνίας μεταξύ πραγμάτων και ανθρώπων, μπορούν να χρησιμοποιούνται παντού και είναι ουσιαστικά αόρατες και αθόρυβες· ζητεί, κατά συνέπεια, η τεχνολογία αυτή να αποτελέσει αντικείμενο προσεκτικότερης αξιολόγησης από πλευράς της Επιτροπής, η οποία να καλύπτει, συγκεκριμένα:
 - τις επιπτώσεις των ραδιοσυχνοτήτων και άλλων μέσων που διευκολύνουν τις τεχνολογίες αναγνώρισης στην υγεία·
 - τις επιπτώσεις στο περιβάλλον των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και της ανακύκλωσής τους·
 - την ιδιωτική ζωή και την εμπιστοσύνη των χρηστών·
 - τους αυξημένους κινδύνους ασφαλείας στον κυβερνοχώρο·
 - την παρουσία έξυπνων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων σε συγκεκριμένα προϊόντα·

- το δικαίωμα στη σίγαση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που παρέχει εξουσία και έλεγχο στους χρήστες·
- τις εγγυήσεις για τους πολίτες, όσον αφορά την προστασία κατά τη συλλογή και την επεξεργασία των προσωπικών δεδομένων·
- την ανάπτυξη μιας πρόσθετης δομής και υποδομής δικτύου για τις εφαρμογές και τον υλικοτεχνικό εξοπλισμό του Διαδικτύου των πραγμάτων·
- τη διασφάλιση της καλύτερης δυνατής προστασίας για τους πολίτες και τις επιχειρήσεις της ΕΕ από κάθε είδους επιγραμμική επίθεση στον κυβερνοχώρο·
- τις επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στα ζώα, και ιδίως στα πτηνά, στις πόλεις·
- την εναρμόνιση των περιφερειακών προτύπων·
- την ανάπτυξη ανοιχτών τεχνολογικών προτύπων και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων συστημάτων·

καθώς και, ενδεχομένως, κάποια ειδική νομοθεσία σε ευρωπαϊκό επίπεδο·

16. τονίζει ότι οι καταναλωτές έχουν το δικαίωμα της προστασίας της ιδιωτικής ζωής μέσω προαιρετικής συμμετοχής ή/και της εκ κατασκευής προστασίας της ιδιωτικής ζωής, ιδίως με τη χρήση της αυτόματης απενεργοποίησης των ετικετών στο σημείο πώλησης, εκτός εάν οι καταναλωτές συμφωνήσουν ρητά για το αντίθετο· σημειώνει, στο πλαίσιο αυτό, τη γνώμη του Ευρωπαϊκού Επόπτη Προστασίας Δεδομένων, τονίζει ότι, κατά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη των τεχνολογιών που σχετίζονται με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, το νωρίτερο δυνατό, τα ζητήματα που αφορούν την προστασία της ιδιωτικής ζωής και την ασφάλεια· υπογραμμίζει ότι οι εφαρμογές της τεχνολογίας της RFID πρέπει να λειτουργούν σύμφωνα με τους κανόνες περί σεβασμού της ιδιωτικής ζωής και προστασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, που περιλαμβάνονται στα άρθρα 7 και 8 του Χάρτη των Θεμελιωδών Δικαιωμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης· καλεί την Επιτροπή να κάνει σεβαστό το δικαίωμα των πολιτών να επιλέγουν προϊόντα που δεν είναι εφοδιασμένα με τεχνολογίες του Διαδικτύου των πραγμάτων, ή να μπορούν να τα αποσυνδέουν ανά πάσα στιγμή από το δικτυακό περιβάλλον τους·
17. σημειώνει ότι ενώ οι παθητικές τεχνολογίες RFID έχουν περιορισμένο εύρος, οι ενεργητικές συσκευές RFID μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις· τονίζει ότι εν προκειμένω πρέπει να θεσπισθούν σαφείς κατευθυντήριες γραμμές για κάθε μεμονωμένο τύπο τεχνολογίας RFID·
18. ζητεί από την Επιτροπή να διευκρινίσει σε ποιον ανήκουν τα δεδομένα που συλλέγονται και ερμηνεύονται αυτομάτως και ποιος τα ελέγχει·

19. καλεί τους κατασκευαστές να διασφαλίσουν το δικαίωμα τ στη σίγαση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων κάνοντας τις συσκευές RFID αφαιρέσιμες ή άλλως εύκολα απενεργοποιήσιμες από τον καταναλωτή μετά την αγορά· τονίζει ότι οι καταναλωτές πρέπει να ενημερώνονται για την παρουσία παθητικών ή ενεργητικών συσκευών RFID, την εμβέλεια ανάγνωσής τους, το είδος των δεδομένων που διαβιβάζονται -είτε προς είτε από τη συσκευή- και τη χρήση των δεδομένων αυτών, καθώς και ότι οι πληροφορίες αυτές πρέπει να αναγράφονται ευκρινώς στις συσκευασίες και να επεξηγούνται με περισσότερες λεπτομέρειες στα πληροφοριακά φυλλάδια·
20. καλεί τους φορείς εκμετάλλευσης εφαρμογών RFID να λάβουν όλα τα εύλογα μέτρα, προκειμένου να διασφαλίσουν ότι τα δεδομένα δεν σχετίζονται με αναγνωρισμένο ή αναγνωρίσιμο φυσικό πρόσωπο με οποιαδήποτε μέσα που ενδεχομένως χρησιμοποιούνται είτε από τον φορέα εκμετάλλευσης εφαρμογών RFID είτε από άλλο πρόσωπο, εκτός εάν η επεξεργασία αυτών των δεδομένων είναι συμβατή προς τις ισχύουσες αρχές και τους νομικούς κανόνες περί προστασίας δεδομένων·
21. υπογραμμίζει ότι, στο βαθμό που τα ολοκληρωμένα κυκλώματα στα προς λιανική πώληση προϊόντα δεν προβλέπεται να έχουν εφαρμογές πέρα από το σημείο πώλησης, θα πρέπει να είναι δυνατόν να ενσωματώνονται σε αυτά, κατά την κατασκευή τους, τεχνικές διατάξεις που να διασφαλίζουν την απενεργοποίησή τους και, με τον τρόπο αυτό, να περιορίζουν τη διατήρηση των δεδομένων·
22. θεωρεί ότι πρέπει να δίνεται στους καταναλωτές η δυνατότητα να επιλέξουν εάν θα συμμετάσχουν ή όχι στο Διαδίκτυο των πραγμάτων, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας αυτοεξαίρεσης από μεμονωμένες τεχνολογίες του Διαδικτύου των πραγμάτων χωρίς την απενεργοποίηση άλλων εφαρμογών ή μίας ολόκληρης συσκευής·
23. τονίζει την ανάγκη κάθε τεχνολογία στο πλαίσιο του Διαδικτύου των πραγμάτων να περιλαμβάνει τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια των συσκευών και τα πλέον ασφαλή συστήματα μετάδοσης προκειμένου να αποφεύγεται η εξαπάτηση και να επιτρέπεται η κατάλληλη επαλήθευση της ταυτότητας και εξουσιοδότηση των συσκευών· επισημαίνει τις δυνατότητες εξαπάτησης όσον αφορά την ταυτότητα των χρηστών και των προϊόντων, μέσω της κλωνοποίησης των ετικετών του Διαδικτύου των πραγμάτων ή της υποκλοπής των δεδομένων που ανταλλάσσονται· καλεί, συνεπώς, την Επιτροπή να εξασφαλίσει την ανάπτυξη ενός διαφανούς συστήματος Διαδικτύου των πραγμάτων που θα λαμβάνει υπόψη, ιδίως, τα εξής:
 - σαφής αναφορά της παρουσίας μέσων διευκόλυνσης του εντοπισμού και της ανιχνευσιμότητας·
 - μέτρα ασφαλείας που διασφαλίζουν ότι μόνο οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα·

- παροχή δυνατότητας στους καταναλωτές και στις απονέμουσες αρχές να ελέγχουν την αναγνωσιμότητα των δεδομένων και τη λειτουργία του συστήματος·
- 24. εκτιμά ως θέμα προτεραιότητας να δημιουργηθεί ένα συνολικό κανονιστικό πλαίσιο και να οριστούν συγκεκριμένες προθεσμίες σε ευρωπαϊκό επίπεδο για την προώθηση και τη διευκόλυνση των δημόσιων και των ιδιωτικών επενδύσεων όσον αφορά το Διαδίκτυο των πραγμάτων και τα ευφυή δίκτυα που είναι αναγκαία για την υποστήριξη της ανάπτυξης των νέων τεχνολογιών·
- 25. επισημαίνει ότι, ενώ οι τεχνολογίες της RFID είναι σημαντικές, και άλλες τεχνολογίες αποτελούν επίσης τμήμα του Διαδικτύου των πραγμάτων· τονίζει ότι η έρευνα σε σχέση με ζητήματα χρηματοδότησης και διακυβέρνησης πρέπει να κατευθυνθεί και προς τις τεχνολογίες αυτές·
- 26. καλεί την Επιτροπή να εξετάσει τη χρήση των εφαρμογών του Διαδικτύου των πραγμάτων για την προώθηση διαφόρων πρωτοβουλιών της ΕΕ που είναι σε εξέλιξη, όπως οι «ΤΠΕ για ενεργειακή απόδοση», οι «έξυπνοι μετρητές», η «ενεργειακή σήμανση», η «ενεργειακή απόδοση των κτιρίων», η «προστασία από παραποιημένα φαρμακευτικά και άλλα προϊόντα», κτλ·
- 27. καλεί την Επιτροπή να παρακολουθεί πιθανές νέες απειλές που θέτει ο ευπρόσβλητος χαρακτήρας των στενά διασυνδεδεμένων συστημάτων·
- 28. καλεί την Επιτροπή να καταβάλει περαιτέρω προσπάθειες για να διασφαλίσει ότι οι τεχνολογίες που συνδέονται με το Διαδίκτυο των πραγμάτων περιλαμβάνουν απαιτήσεις χρήστη (π.χ. επιλογή απενεργοποίησης της ανιχνευσιμότητας) και σεβασμό των ατομικών δικαιωμάτων και ελευθεριών· υπενθυμίζει στο πλαίσιο αυτό τον καθοριστικό ρόλο που διαδραματίζει ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας Δικτύων και Πληροφοριών (ENISA) για την ασφάλεια των δικτύων και των πληροφοριών και, κατά συνέπεια, του Διαδικτύου των πραγμάτων, γεγονός που θα επιτρέψει την ενίσχυση της αποδοχής και της εμπιστοσύνης από την πλευρά των καταναλωτών·
- 29. φρονεί ότι η ανάπτυξη νέων εφαρμογών και η ίδια η λειτουργία και το επιχειρηματικό δυναμικό του Διαδικτύου των πραγμάτων θα εξαρτηθούν από την εμπιστοσύνη που θα επιδείξουν οι ευρωπαίοι καταναλωτές στο σύστημα αυτό, και επισημαίνει το γεγονός ότι εμπιστοσύνη υπάρχει όταν αίρονται οι αμφιβολίες σχετικά με πιθανές απειλές για την προστασία της ιδιωτικής ζωής και την υγεία·
- 30. τονίζει ότι αυτή η εμπιστοσύνη πρέπει να βασίζεται σε ένα σαφές νομικό πλαίσιο το οποίο θα περιλαμβάνει κανόνες που θα διέπουν τον έλεγχο, τη συλλογή, την επεξεργασία και τη χρήση των δεδομένων που συλλέγονται και μεταδίδονται μέσω του Διαδικτύου των πραγμάτων, καθώς και τους τύπους συναίνεσης που απαιτούνται από τους καταναλωτές·
- 31. θεωρεί ότι το Διαδίκτυο των πραγμάτων περιλαμβάνει πολλά οφέλη για τα άτομα με αναπηρίες και μπορεί να αποτελέσει μέσο κάλυψης των αναγκών ενός γηράσκοντος πληθυσμού, παρέχοντας χρήσιμες υπηρεσίες περίθαλψης· επισημαίνει εν προκειμένω

ότι με τη βοήθεια αυτής της τεχνολογίας, οι τυφλοί και τα άτομα με προβλήματα όρασης μπορούν να αντιλαμβάνονται καλύτερα το περιβάλλον τους μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών βοηθημάτων· τονίζει, ωστόσο, ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα για να διασφαλισθεί η προστασία της ιδιωτικής ζωής, η εύκολη εγκατάσταση και λειτουργία, καθώς και η διάθεση πληροφοριών στους καταναλωτές σχετικά με τις υπηρεσίες αυτές·

32. τονίζει ότι είναι αναγκαία η διαφάνεια των οικονομικών επιπτώσεων για τον χρήστη σε σχέση, για παράδειγμα, με την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από την εφαρμογή και τη χρήση των πραγμάτων·
33. θεωρεί ότι τα έργα που αφορούν το Διαδίκτυο των πραγμάτων και τις ΤΠΕ απαιτούν εν γένει ευρείες εκστρατείες πληροφόρησης για να εξηγηθεί στους πολίτες ο σκοπός της υλοποίησής τους· τονίζει ότι η ενημέρωση και η εκπαίδευση της κοινωνίας, όσον αφορά τις δυνητικές χρήσεις και τα σαφή οφέλη που προσφέρουν τεχνολογίες όπως η RFID, έχουν καίρια σημασία για την αποφυγή της παρερμηνείας τους, που θα είχε ως συνέπεια τη μη υποστήριξή τους από τους πολίτες· τονίζει ότι, προκειμένου να αξιοποιηθεί πλήρως το Διαδίκτυο των πραγμάτων, τόσο για ατομικό όσο και για συλλογικό όφελος, οι χρήστες πρέπει να διαθέτουν τις κατάλληλες δεξιότητες ώστε να μπορούν να κατανοήσουν αυτές τις νέες τεχνολογίες και πρέπει να έχουν κίνητρα και να είναι σε θέση να τις χρησιμοποιήσουν κατάλληλα·
34. επισημαίνει ότι το Διαδίκτυο των πραγμάτων θα οδηγήσει σε μια συλλογή πραγματικά τεράστιων όγκων δεδομένων· εν προκειμένω, καλεί την Επιτροπή να υποβάλει πρόταση για την προσαρμογή της οδηγίας περί της προστασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα με σκοπό να εξετασθεί το ζήτημα των δεδομένων που συλλέγονται και μεταδίδονται μέσω του Διαδικτύου των πραγμάτων·
35. θεωρεί ότι πρέπει να υιοθετηθεί μια γενική αρχή σύμφωνα με την οποία ο σχεδιασμός των τεχνολογιών του Διαδικτύου των πραγμάτων θα πρέπει να αποσκοπεί αποκλειστικά στη συγκέντρωση και χρησιμοποίηση του απολύτως ελάχιστου όγκου δεδομένων που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία τους, ενώ θα πρέπει να αποτρέπεται η συγκέντρωση τυχόν συμπληρωματικών δεδομένων·
36. ζητεί ένα σημαντικό μέρος των δεδομένων που ανταλλάσσονται μέσω του Διαδικτύου των πραγμάτων να καθίσταται ανώνυμο προτού μεταδοθεί, προκειμένου να διασφαλίζεται η προστασία της ιδιωτικής ζωής·
37. υπενθυμίζει στην Επιτροπή ότι άλλα μέρη του κόσμου, και συγκεκριμένα η Ασία, αναπτύσσονται ταχύτερα στον τομέα αυτόν, και ότι είναι συνεπώς σκόπιμο να υιοθετηθεί μια δυναμική προσέγγιση και να διασφαλιστεί η στενή συνεργασία με τον υπόλοιπο κόσμο κατά την επεξεργασία κανόνων για το πολιτικό σύστημα και τη θέσπιση των τεχνικών προτύπων για το Διαδίκτυο των πραγμάτων·
38. υπογραμμίζει ότι, προκειμένου να ανακάμψει η ευρωπαϊκή οικονομία, είναι σκόπιμο να γίνουν επενδύσεις στις νέες τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών, ώστε να τονωθεί η οικονομική ανάπτυξη χάρη στη διευκόλυνση της πρόσβασης διαρκώς

περισσότερων ευρωπαϊκών πολιτών και ευρωπαϊκών επιχειρήσεων σε νέα συστήματα και νέες εφαρμογές· επισημαίνει ότι η Ευρώπη πρέπει να βρίσκεται στην αιχμή της εξέλιξης των τεχνολογιών του Διαδικτύου· προτείνει τον διπλασιασμό του προϋπολογισμού της έρευνας για τις ΤΠΕ στην ΕΕ και τον τετραπλασιασμό του προϋπολογισμού στήριξης των ΤΠΕ στις επόμενες δημοσιονομικές προοπτικές·

39. υπογραμμίζει ότι η έρευνα θα διαδραματίσει βασικό ρόλο στη δημιουργία ανταγωνισμού μεταξύ των παρόχων της υπολογιστικής ισχύος που απαιτείται ούτως ώστε οι εφαρμογές του Διαδικτύου των πραγμάτων να λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο·
40. καλεί την Επιτροπή να διατηρήσει και να αυξήσει τη χρηματοδότηση των ερευνητικών προγραμμάτων του έβδομου προγράμματος πλαισίου στον τομέα του Διαδικτύου των πραγμάτων, ώστε να ενισχυθεί η ευρωπαϊκή πτυχή των ΤΠΕ, και εγκρίνει τη χρησιμοποίηση του προγράμματος πλαισίου για την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα (PIC) για την προώθηση της διάδοσής του· ειδικότερα, ζητεί την ανάπτυξη πιλοτικών έργων που μπορούν να έχουν άμεσα θετικά αποτελέσματα στην καθημερινή ζωή των ευρωπαϊκών πολιτών στους τομείς της ηλεκτρονικής υγείας, της ηλεκτρονικής μάθησης, του ηλεκτρονικού εμπορίου, της ηλεκτρονικής προσβασιμότητας και της ενεργειακής απόδοσης)· ανησυχεί, ωστόσο, για το γραφειοκρατικό βάρος που σχετίζεται με το πρόγραμμα πλαίσιο και καλεί την Επιτροπή να το εξαλείψει, αναδιοργανώνοντας τις διαδικασίες του ΠΠ και δημιουργώντας ένα συμβούλιο χρηστών·
41. εκτιμά ότι το Διαδίκτυο των πραγμάτων διαθέτει σημαντικό δυναμικό στο επίπεδο της ανάπτυξης της οικονομίας και της παραγωγής, της βελτίωσης της ποιότητας των υπηρεσιών και της βελτίωσης των επιχειρηματικών αλυσίδων εφοδιασμού και διανομής, της διαχείρισης αποθήκης και της δημιουργίας νέων δυνατοτήτων στο επίπεδο της απασχόλησης και των επιχειρηματικών ευκαιριών·
42. καλεί την Επιτροπή να προβεί σε αξιολόγηση του όποιου αντικτύπου αναμένεται να έχει η στρατηγική που προτείνει επί της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας των ευρωπαϊκών επιχειρήσεων στην διεθνή αγορά·
43. κρίνει ότι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων δύναται να συμβάλει στη διευκόλυνση των εμπορικών ροών μεταξύ ΕΕ και τρίτων χωρών, μέσω της διεύρυνσης των αγορών και της εξασφάλισης ποιοτικών εχεγγύων για τα προϊόντα που αποτελούν αντικείμενο εμπορίου·
44. τονίζει ότι οι τεχνολογίες της RFID θα επιτρέψουν, αφενός, στις ευρωπαϊκές βιομηχανίες να ελέγχουν τον όγκο των αγαθών που κυκλοφορούν (δηλαδή να παράγουν μόνο εφόσον είναι αναγκαίο, πράγμα που έχει ως συνέπεια και την προστασία του περιβάλλοντος) και θα προσφέρουν, αφετέρου, ένα αποτελεσματικό μέσο καταπολέμησης της πειρατείας και της παραποίησης, καθώς θα διασφαλίζεται η ανίχνευση των εν λόγω αγαθών·

45. εκτιμά ότι, χάρη στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών στις παραγωγικές διαδικασίες, θα αυξηθεί η απόδοση των πόρων και η ανταγωνιστικότητα των καταναλωτικών αγαθών στην αγορά·
46. τονίζει ότι χρειάζεται εντατικός διεθνής διάλογος και κοινά σχέδια δράσης όσον αφορά το Διαδίκτυο των πραγμάτων· καλεί την Επιτροπή να εξετάσει τις επιπτώσεις του Διαδικτύου των πραγμάτων στο διεθνές εμπόριο·
47. εγκρίνει την πρόθεση της Επιτροπής να συνεχίσει να εποπτεύει και να αξιολογεί την ανάγκη πρόσθετων εναρμονισμένων φασμάτων όσον αφορά ειδικές χρήσεις του Διαδικτύου των πραγμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τα διαφορετικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των διαφόρων ζωνών ηλεκτρομαγνητικών συχνοτήτων και καλεί, συνεπώς, την Επιτροπή, κατά τη χάραξη των στόχων συντονισμού και εναρμόνισης της Ένωσης μέσω των πολυετών προγραμμάτων πολιτικής ραδιοφάσματος, να λάβει υπόψη τις ανάγκες του Διαδικτύου των πραγμάτων· τονίζει ότι αυτού του είδους τα φάσματα πρέπει να παραμείνουν δημόσια και ότι η χρήση τους πρέπει να ρυθμίζεται κατά τέτοιον τρόπο ώστε να συμβάλλει στην ενθάρρυνση και στη χρηματοδότηση περαιτέρω τεχνολογικής έρευνας και ανάπτυξης στον εν λόγω τομέα· πιστεύει ότι το μη αδειοδοτημένο φάσμα πρέπει να χρησιμεύσει, μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών και υπηρεσιών (ασύρματης δικτύωσης), ως μέσο διευκόλυνσης της καινοτομίας·
48. τονίζει τον κίνδυνο νομικής αβεβαιότητας στην περίπτωση των νεφελοειδών υπολογιστικών συστημάτων·
49. πιστεύει ότι η συμμετοχή σε όλα τα πολιτικά επίπεδα (ΕΕ, εθνικό και περιφερειακό) αποτελεί ουσιαστική προϋπόθεση για την αποτελεσματική ανάπτυξη και υποστήριξη του Διαδικτύου των πραγμάτων· υπογραμμίζει τον ουσιαστικό ρόλο που θα διαδραματίσουν οι περιφερειακές και τοπικές αρχές στην ανάπτυξη του Διαδικτύου των πραγμάτων, ώστε αυτό να υπερβεί την αποκλειστικώς ιδιωτική πλευρά του· υπενθυμίζει επίσης ότι οι τοπικές αρχές θα μπορούν να κάνουν ευρεία χρήση, όπως, παραδείγματος χάρη, στην οργάνωση των δημόσιων μεταφορών, τη συλλογή των απορριμμάτων, τον υπολογισμό των επιπέδων ρύπανσης και τη διαχείριση της κυκλοφορίας· καλεί την Επιτροπή να προβεί σε διαβουλεύσεις, σε όλα τα πολιτικά επίπεδα, στο πλαίσιο του έργου της σχετικά με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, σε πνεύμα πολυεπίπεδης διακυβέρνησης·
50. επισημαίνει ότι οι πληροφορίες που παρέχονται μέσω των τεχνολογιών του Διαδικτύου των πραγμάτων πρέπει να είναι ανιχνεύσιμες, επαληθεύσιμες και να επιδέχονται διόρθωση, σε περίπτωση βλάβης ενός συστήματος που βασίζεται σε αυτό· τονίζει ότι, καθώς οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνονται σε συστήματα ασφαλείας, όπως ο έλεγχος της κυκλοφορίας ή η ρύθμιση της θερμοκρασίας, η λανθασμένη πληροφόρηση μπορεί να θέσει σε κίνδυνο ζωές·
51. τονίζει ότι οι νέες τεχνολογίες διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στην απλοποίηση των αλυσίδων μεταφορών, τη βελτίωση της ποιότητας και της αποδοτικότητας των μεταφορών, την υποστήριξη της ανάπτυξης έξυπνων συστημάτων μεταφοράς και τη δημιουργία πράσινων διαδρόμων, και ότι οι τεχνολογίες RFID μπορούν να προσφέρουν

καινοτόμους τρόπους ανάπτυξης επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, αυξάνοντας παράλληλα την ικανοποίηση των πελατών·

52. εκτιμά ότι η χρησιμοποίηση του Διαδικτύου των πραγμάτων στη φύση μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη πράσινων τεχνολογιών, με τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και, ως εκ τούτου, την καλύτερη προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και τη βελτίωση της σχέσης μεταξύ των ΤΠΕ και του περιβάλλοντος·
53. ζητεί από την Επιτροπή να καταβάλει κάθε προσπάθεια προκειμένου να ορισθούν σε διεθνές επίπεδο κοινοί κανόνες όσον αφορά την τυποποίηση της τεχνολογίας της RFID και άλλων τεχνολογιών του Διαδικτύου των πραγμάτων και των εφαρμογών τους, με σκοπό τη διευκόλυνση της διαλειτουργικότητας και τη διαμόρφωση μιας ανοικτής, διαφανούς και τεχνολογικά ουδέτερης υποδομής· τονίζει ότι, χωρίς σαφή και αναγνωρισμένα πρότυπα, όπως το TCP5/IP6 στον κόσμο του Διαδικτύου, η επέκταση του Διαδικτύου των πραγμάτων πέραν των εφαρμογών RFID δεν μπορεί να λάβει παγκόσμιο χαρακτήρα·
54. υποστηρίζει την πρόταση να εγκριθεί, το συντομότερο δυνατό, η έκδοση 6 του πρωτοκόλλου Διαδίκτυο (IPv6), με βάση την οποία θα πραγματοποιηθούν στο μέλλον η ανάπτυξη και απλοποίηση του Διαδικτύου·
55. εκφράζει την ικανοποίησή του για την πρόθεση της Επιτροπής να παρουσιάσει, εντός του 2010, μια ανακοίνωση σχετικά με την ασφάλεια, το σεβασμό της ιδιωτικής ζωής και την εμπιστοσύνη στην κοινωνία της πληροφορίας· υπογραμμίζει την ιδιαίτερη σημασία της ανακοίνωσης αυτής και των προτεινόμενων μέτρων προκειμένου να ενισχυθούν οι κανόνες που αφορούν τα θέματα της ασφάλειας των πληροφοριών, της ιδιωτικής ζωής και της προστασίας των προσωπικών δεδομένων· καλεί την Επιτροπή να ενθαρρύνει την ενεργό συμμετοχή όλων των σχετικών ενδιαφερόμενων μερών, όπου περιλαμβάνονται ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας Δικτύων και Πληροφοριών (ENISA) και ο Ευρωπαίος Επόπτης Προστασίας Δεδομένων·
56. πιστεύει πως είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι όλα τα θεμελιώδη δικαιώματα, και όχι μόνο ο σεβασμός της ιδιωτικής ζωής, θα προστατεύονται κατά τη διαδικασία ανάπτυξης του Διαδικτύου των πραγμάτων·
57. θεωρεί ότι η Επιτροπή πρέπει να προβεί σε συστάσεις όσον αφορά τα καθήκοντα και τις αρμοδιότητες των δημοσίων διοικητικών και νομοθετικών οργάνων και των υπηρεσιών επιβολής του νόμου, σε σχέση με το Διαδίκτυο των πραγμάτων·
58. ζητεί από την Επιτροπή να μεριμνήσει επιμελώς για την ορθή εφαρμογή των ρυθμίσεων που έχουν ήδη εγκριθεί επί του θέματος σε ευρωπαϊκό επίπεδο και να παρουσιάσει, μέχρι το τέλος του έτους, ένα χρονοδιάγραμμα ως προς τις κατευθύνσεις που σκοπεύει να προτείνει σε επίπεδο ΕΕ για την ενίσχυση της ασφάλειας του Διαδικτύου των πραγμάτων και των εφαρμογών της RFID·

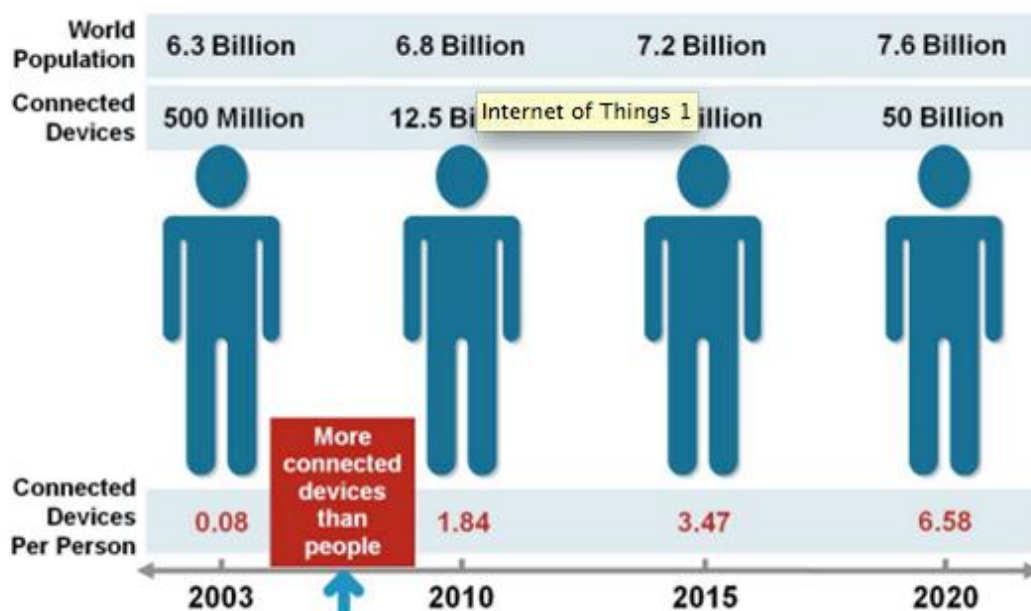
59. ζητεί από την Επιτροπή να ξεκινήσει κοινωνικό διάλογο όσον αφορά το Διαδίκτυο των πραγμάτων και να παράσχει πληροφορίες σχετικά με τις θετικές και τις αρνητικές επιπτώσεις των νέων τεχνολογιών στην καθημερινή ζωή· καλεί την Επιτροπή να ξεκινήσει διαβουλεύσεις με την ευρωπαϊκή βιομηχανία και να την ενθαρρύνει να διαδραματίσει ηγετικό ρόλο στον σχεδιασμό και την πρόταση καινοτόμων, τυποποιημένων και διαλειτουργικών τεχνολογιών·
60. καλεί την Επιτροπή να εντάξει τις μικρές και μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις (ΜΜΕ) στο σχέδιο δράσης για το Διαδίκτυο των πραγμάτων·
61. καλεί επίσης την Επιτροπή να το ενημερώνει τακτικά σχετικά με την εξέλιξη του διαλόγου που διεξάγεται με τους φορείς του τομέα και με τα ενδιαφερόμενα μέρη, καθώς και σχετικά με τις πρωτοβουλίες που σκοπεύει να αναλάβει·
62. θεωρεί ότι η Επιτροπή οφείλει να εξετάσει την πιθανότητα περαιτέρω μείωσης του κόστους της περιαγωγής για δεδομένα·
63. τονίζει ότι η διακυβέρνηση του Διαδικτύου των πραγμάτων πρέπει να διατηρεί τον διοικητικό φόρτο σε ένα ελάχιστο επίπεδο και να εντάσσει όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων και ζητεί, κατά συνέπεια, συγκεκριμένες και επαρκείς ρυθμίσεις σε επίπεδο ΕΕ·
64. καλεί την Επιτροπή να συμβάλει ενεργώς στον προσδιορισμό και στον καθορισμό αρχών και κανόνων για τη διακυβέρνηση του Διαδικτύου των πραγμάτων με τους εμπορικούς εταίρους της σε διεθνή φόρουμ, όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου·
65. ζητεί από την Επιτροπή να διευκρινίσει τις πτυχές της διακυβέρνησης του Διαδικτύου που πιστεύει ότι πρέπει να υπαχθούν σε ρύθμιση σήμερα σε σχέση με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, καθώς και το σύστημα μέσω του οποίου μπορεί να διασφαλισθεί το γενικό δημόσιο συμφέρον·
66. ζητεί συνεπώς από την Επιτροπή να αναλύσει τα προβλήματα που συνδέονται με τη διακυβέρνηση του Διαδικτύου των πραγμάτων με τη βοήθεια των φορέων εκμετάλλευσης του τομέα· θεωρεί επίσης απαραίτητη την ανάλυση των πτυχών που αφορούν τα συστήματα ασφαλείας ασύρματων δικτύων Wi-Fi·
67. αναθέτει στον Πρόεδρό του να διαβιβάσει το παρόν ψήφισμα στο Συμβούλιο, στην Επιτροπή, καθώς και στα κοινοβούλια και τις κυβερνήσεις των κρατών μελών.

Επίλογος

Το Μέλλον των Ενσωματωμένων Συστημάτων

Στη πτυχιακή μας εργασία έχουμε επικεντρωθεί σε ενσωματωμένα συστήματα, όπως είναι στις μέρες μας. Ωστόσο, όπως συμβαίνει με όλους τους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας, οι μηχανικοί πρέπει να κοιτάζουν προς το μέλλον, ώστε τα προϊόντα και οι τεχνολογίες που σχεδιάζουν, να έχουν διάρκεια.

Με τον ίδιο τρόπο που περιμένουμε το παιδί να μιλήσουν για πρώτη φορά, στο μέλλον, θα περιμένουμε να πράγματα να συνδεθούν στο Ίντερνετ. Η ανάπτυξη είναι ραγδαία και οι εκτιμήσεις ποικίλουν σημαντικά. Η GSMA (Group Speciale Mobile Association) εκτιμά 24 δισεκατομμύρια διασυνδεόμενες συσκευές, ενώ Cisco και Ericsson πιστεύει θα φτάσουμε 50δισ.



Πηγή: Cisco IBSG, Απρίλιος 2011

Οι διασυνδεόμενοι αισθητήρες, κάμερες και πολύπλοκα περιφερειακά ανθίζουν παντού γύρω μας. Οι προγραμματιστές και ευφυείς άνθρωποι αντιλαμβάνονται καινούργιους τρόπους που μπορούμε να αλληλεπιδρούμε μαζί τους, στην καθημερινότητα μας.

Όλοι η αυτή η ανάπτυξη πρέπει να γίνει προσεκτικά και πάντα με προστασία της ιδιωτικής ζωής του ανθρώπου. Τέλος, σε αυτό το στίβο της ραγδαία ανάπτυξης του Διαδικτύου των πραγμάτων πολύ καινούργιοι θα αναδειχθούν και πολύ παλιοί που θα σβήσουν.

Συντομογραφίες

6LoWPAN – IPv6 Low Power Wireless Personal Area Networks

ACA – Assisting Cargo Agent

ACEA – European Automobile Manufacturers Association

ACID – Atomicity, Consistency, Isolation, Durability

AJAX – Asynchronous JavaScript and XML

ALE – Application Level Events

API – Application Programming Interface

AR – Augmented Reality

ASAM – Association for Standardisation of Automation and Measurement Systems

B2B – Business-to-Business

B2C – Business-to-Consumer

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH

BMS – Building Management Systems

BOL – Beginning of Life BPEL – Business Process Execution Language

BPMN – Business Process Modelling Notation

CAN – Controller Area Network

CBS – Cost Benefit Sharing

CERP – Cluster of European Research Projects on the Internet of Things

CH – Cluster Head

COBRA – Common Object Request Broker Architecture

CO-LLABS – Community-Based Living Labs

COM – Component Object Model

CPG – Consumer Packaged Goods

CPU – Central Processing Unit

CRC – Collaborative Research Centre

CRM – Customer Relationship Management

DCOM – Distributed Component Object Model

DFG – German Research Foundation

DiY – Do-it-Yourself

DiYSE – DiY Smart Experiences

DLNA – Digital Living Network Alliance

DNS – Domain Name Service

DoD – Department of Defense

DOGMA – Developing Ontology Grounded Methods and Applications framework

DOGMA-MESS – DOGMA Meaning Evolution Support System

DPWS – Device Profile for Web Services

DSRC – Dedicated Short Range Communications

EAN – Electronic Article Number

EANCOM – EAN Communication

EASE – Ecological Approach to Smart Environments

ebXML – Electronic Business Extensible Markup Language

ECM – Enterprise Content Management

ECR – Efficient Consumer Response

EDI – Electronic Data Interchange

EDIFACT – Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport

EEML – Extended Environments Markup Language

EnoLL – European Network of Living Labs

EOL – End of Life

EPC – Electronic Product Code

EPCIS – Electronic Product Code Information Service

ERP – Enterprise Resource Planning

ESSI – European Semantic Systems Initiative

ETSI – European Telecommunications Standards Institute

EURIDICE – European Inter-Disciplinary Research on Intelligent Cargo for Efficient, safe and environment-friendly logistics

FIFO – First In, First Out

FIPA – Foundation for Intelligent Physical Agents

FOSSTRAK – Free and Open Source Software for Track and Trace

FSF – Free Software Foundation

GEF – Graphical Editing Framework

GNSS – Global Navigation Satellite System

GPRS – General Packet Radio Service

GPS – Global Positioning System

GRAI – Global Returnable Asset Identifier

GSM – Global System for Mobile Communications

GUI – Graphical User Interface

HAL – Hardware Abstraction Layer

HF – High Frequency

HTML – HyperText Markup Language

HTTP – HyperText Transfer Protocol

I/O – Input/Output

IC – Integrated Circuit

ICT – Information and Communication Technology

ID – Identifier

IDE – Integrated Development Environment

IERC – Internet of Things Research Cluster

IETF – Internet Engineering Task Force

IFC – Industry Foundation Classes

IFTF – Institute for the Future

IMSAS – Institute for Microsensors, -actuators and -systems

IOT – Internet of Things

IoT IS – Internet of Things Information Service

IP – Internet Protocol

IPv6 – Internet Protocol version 6

IRTF – Internet Research Task Force

ISO – International Organization for Standardization

IT – Information Technology

ITEA2 – Information Technology for European Advancement, period 2

ITS – Intelligent Transport Systems

ITU-T – International Telecommunication Union - Telecommunication Standardi-
sation
Sector

IWT – Agency for Innovation by Science and Technology (Belgium)

J2SE – Java 2 Platform, Standard Edition

JADE – JavaAgentDEvelopment framework

JSON – JavaScript Object Notation

KB – Knowledge Base

LCD – Liquid Cristal Display

LED – Light-Emitting Diode

LOD – Linked Open Data

LTE – Long Term Evolution

M2M – Machine-to-Machine

MAC – Medium Access Control

MANET – Mobile Ad-hoc NETworks

MAS – Multi-Agent Systems

MIDI – Musical Instrument Digital Interface

MIT – Massachusetts Institute of Technology

MOL – Middle of Life

NFC – Near Field Communication

NIP – Non-Internet Protocol

NJMF – Norwegian Iron and Metal Workers Union

OBU – On-Board Unit

OCA – Operational Cargo Agent

ONS – Object Name Service

OOS – Out of Stock

ORiN – Open Robot Resource Interface for the Network

OSGi – Open Services Gateway initiative

ORPHEUS – Object Recognition and Positioning Hosted European Service

OS – Open Source

OS – Operating System

OSGi – Open Service Gateway initiative

OWL – Web Ontology Language

OWL-S – Web Ontology Language for Web Services

P2P – Peer-to-Peer

PaaS – Product as a Service

PbH – Power by the Hour

PBL – Performance-based Logistics

PD – Participatory Design

PDT – Personal Data Terminals

PEID – Product Embedded Information Device

PLCS – Product Life Cycle Support

PLM – Product Lifecycle Management

PMI – PROMISE Messaging Interface

PuSH – PubSubHubbub

QoS – Quality of Service

R&D – Research and Development

RDF – Resource Description Framework

RDFa – Resource Description Framework in attributes

REST – Representational State Transfer

RFC – Remote Function Call

RFD – Reduced Functionality Devices

RFID – Radio Frequency Identification

ROI – Return on Investment

ROLL – Routing Over Low power and Lossy networks

RTI – Returnable Transport Items

RTP – Real Time Protocol

RTSP – Real Time Streaming Protocol

SAC – Social Access Controller

SCM – Supply Chain Management

SDO – Sensor Data Ontology

SGTIN – Serialised Global Trade Identification Number

SHO – Sensor Hierarchy Ontology

SHOE – Simple HTML Ontology Extension

SMD – Service Mapping Description

SME – Small and Medium-sized Enterprises

SOA – Service Oriented Architecture

SOAP – Simple Object Access Protocol SOC – Service-Oriented Computing

SPARQL – SPARQL Protocol and RDF Query Language

SPI – Serial Peripheral Interface

SQL – Structured Query Language SSCC – Serial Shipping Container Code

SUMO – Suggested Upper Merged Ontology

SWS – Semantic Web Services

SWSF – Semantic Web Services Framework

TCP – Transmission Control Protocol

TDS – Tag Data Standard

TDT – Tag Data Translation

UCD – User-centered Design

UCSD – University of California San Diego

UDDI – Universal Description, Discovery and Integration

UHF – Ultra High Frequency

UI – User Interface

UML – Unified Modelling Language

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

UPnP – Universal Plug-and-Play

URI – Uniform Resource Identifier

URL – Uniform Resource Locator

URN – Uniform Resource Name

USB – Universal Serial Bus

UWB – Ultra Wide Band

UDP – User Datagram Protocol

VSP – Virtual Service Point

W3C – World Wide Web Consortium

WIMP – Window, Icon, Menu, Pointing device

WMS – Warehouse Management System

WoT – Web of Things

WS – Web Services

WSAN – Wireless Sensor and Actuator Network

WSDL – Web Service Definition Language

WSMO – Web Service Modeling Ontology

WSMX – Web Service Execution Environment

WSN – Wireless Sensor Network

WWAI – World Wide Article Information

WWW – World Wide Web

XML – Extensible Markup Language

XMPP – Extensible Messaging and Presence Protocol

XOL – Ontology Exchange Language

ZBD - ZigBee Bridge Device

ZC - ZigBee Coordinator

ZCL - ZigBee Cluster Library

ZCP - ZigBee Compliant Platform

ZDO - ZigBee Device Object

ZDP - ZigBee Device Profile

ZED - ZigBee End Device

ZR - ZigBee Router

ZR - ZigBee Router

ZSE - ZigBee Smart Energy

Βιβλιογραφία

- **Control Systems Engineering** Sixth Edition – Norman S. Nise
- **MSP430 MICROCONTROLLER BASICS** (John Davies - Newnes)
- **PIC Microcontrollers – 50 Projects for beginners and Experts** (Bert van Dam - elektor)
- **Ο μικροελεγκτής 8051** (Χρήστος Καραϊσκος – Σύγχρονη Εκδοτική)
- **Introduction to Assembly Language Programming – For Pentium and RISC Processors** SECOND EDITION (Sirvarama P. Dandamudi - Springer)
- **Internet of Things – Strategic Research Roadmap** (Antoine de Saint-Exupery)
- **Architecting the Internet of Things – Springer** (Dieter Uckelmann – Mark Harrison – Florian Michahelles)
- **Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions** (Jayavardhana Gubbi, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic, Marimuthu Palaniswami)
- **Practical AVR Microcontrollers Games, Gadgets, and Home Automation with the Microcontroller Used in the Arduino – tia** (Alan Trevennor)
- **Modern Embedded Computing – Designing Connected, Pervasive, Media- Rich Systems** (Peter Barry, Patrick Crowley)
- **Designing Embedded Systems With PIC Microcontrollers – Principles and Applications** (Tim Wilmshurst)
- **Συστήματα Συλλογής Πληροφοριών και Μετρήσεων** (Ιωάννης Α. Καλομηρου – 2^η έκδοση 2005)
- **Linux for Embedded and Real Time Application**
- **ΗΡΥ 401 Ενσωματωμένα Συστήματα Μικροεπεξεργαστών** (Έκδοση 1.1 Σεπτέμβριος 2006) Απόστολος Δόλλας
- **Comer, S. Internetworking with TCP/IP** (Prentice-Hall)
- **The Future Of Cloud Computing – Opportunities For European Cloud Computing Beyond 2010** (Public Version 1.0 – European Commission)
- **6LoWPAN – THE WIRELESS EMBEDDED INTERNET** WILEY (Zach Shelby – Carsten Bormann)

- **ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary** (Sinem Coleri Ergen Σεπτέμβριος 2004)
- **Understanding IPv6 – Covers Windows 8 and Windows Server 2012** 3rd Edition
Microsoft (Joseph Davies)
- **IPv6 Network –Programming** ELSEVIER DIGITAL PRESS (Jun-ichiro-itojun Hagino)
- [http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/seminaria/common/networks/osi.htm#Τα επίπεδα του Μοντέλου Αναφοράς OSI/ISO](http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/seminaria/common/networks/osi.htm#Τα_επίπεδα_του_Μοντέλου_Αναφοράς_OSI_ISO)
- **Introduction to Sockets Programming in C using TCP/IP** (Eleftherios Kosmas –May 2012)

Σύνδεσμοι στο Διαδίκτυο που αντλήσαμε περιεχόμενο

- http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AC%CF%82_OSI
- [http://el.wikipedia.org/wiki/Internet Protocol](http://el.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol)
- http://www.ipv6taskforce.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=520
- <http://el.wikipedia.org/wiki/IPv6>
- <http://el.wikipedia.org/wiki/RFID>
- <http://www.ridehelios.com/>
- <http://www.bleepbleeps.com/>
- <http://www.harvestgeek.com/>
- <http://www.netled.jp/e/>
- <http://intellistreets.com/>
- <http://www.enevo.com/>
- <http://www.libelium.com/>
- <http://www.internetofthings.fi/>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE 802.15.4](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4)

- <http://www.medialab.ntua.gr/education/MultimediaTechnology/JavaNotes/files/11.2%20Sockets.pdf>
- http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%AC%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%BF%CF%82_%CF%84%CF%89%CE%BD_TCP_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_UD_P_ports
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Contiki>
- <http://mediatools.cs.ucl.ac.uk/nets/runes-lippert/browser/6lowpan-contiki/trunk/contiki-2.x/doc/example-program.c#L32>
- <http://mediatools.cs.ucl.ac.uk/nets/runes-lippert/browser/6lowpan-contiki/trunk/contiki-2.x/doc/example-program.c>
- http://mediatools.cs.ucl.ac.uk/nets/runes-lippert/browser/6lowpan-contiki/tags/ipv6_6lowpan/contiki-2.x/examples/test-ipv6/testv6.c

Χρήσιμοι Σύνδεσμοι στο διαδίκτυο

- <http://www.atmel.com>
- <http://www.microchip.com>
- <http://www.intel.com>
- <http://www.ti.com/>
- <http://www.postscapes.com>
- <http://www.iot-a.eu/>
- <http://www.iot-week.eu/>
- <http://iofthings.org/>
- <http://www.internet-of-things.eu/>
- <http://www.6lowpan.net>
- <http://www.bluetooth.com>
- <http://www.libramation.com/>
- <http://www.libelium.com/>
- <http://www.dash7.org/>
- <http://www.contiki-os.org/>
- <http://www.sensinode.com/>
- <http://www.kickstarter.com/>