



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΑΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΗΜΕΡΑ ΚΑΙ Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΤΗΤΑ ΜΑΣ

ΕΚΠΟΝΗΣΗ:
ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΣΕΡΠΑΝΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΒΗΣΣΑΡΙΩΝ ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ

ΠΥΡΓΟΣ - 2018

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Ακόμα δηλώνω ότι αυτή η γραπτή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ειδικά για την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία και ότι θα αναλάβω πλήρως τις συνέπειες εάν η εργασία αυτή αποδειχθεί ότι δεν μου ανήκει.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ 1

ΑΜ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

.....ΦΩΤΕΙΝΗ ΣΕΡΠΑΝΟΥ.....

.....



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ 2
(σε περίπτωση που είναι απαραίτητο)

ΑΜ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

.....ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ.....

.....



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ 3
(σε περίπτωση που είναι απαραίτητο)

ΑΜ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

.....

.....

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Πιστοποιείται ότι η πτυχιακή εργασία με θέμα :

<<.....Τα Ενσωματωμένα συστήματα σήμερα και η επιρροή τους στην καθημερινότητα μας..... >>

Των φοιτητών του Τμήματος ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ	ΑΡΙΘ.ΜΗΤΡΩΟΥ
1. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ	938
2. ΣΕΡΠΑΝΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗ	1223
3. --	

Παρουσιάστηκε δημόσια και εξετάστηκε στο τμήμα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΜΜΕ στις
...../...../2018

Ο ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

.....

Δρ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΟΥΓΙΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Περιεχόμενα

Contents

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2: Χαρακτηριστικά Ενσωματωμένων Συστημάτων.....	4
2.1. Τι είναι Ενσωματωμένο Σύστημα.....	4
2.2. Βασική Δομή ενός Ενσωματωμένου Συστήματος.....	6
2.3. Κατηγορίες Ενσωματωμένων Συστημάτων.....	8
2.4. Ενσωματωμένα Συστήματα Βάση Απόδοσης και Απαιτήσεων Λειτουργικότητας	9
2.4.1. Αυτόνομα ενσωματωμένα συστήματα.....	9
2.4.2. Ενσωματωμένα συστήματα πραγματικού χρόνου (άμεσης απόκρισης).....	9
2.4.3. Δικτυωμένα Ενσωματωμένα Συστήματα	10
2.4.4. Κινητά Ενσωματωμένα Συστήματα	10
2.5. Ενσωματωμένα Συστήματα Βάση της Απόδοσης του Μικροελεγκτή	10
2.5.1. Ενσωματωμένα συστήματα μικρής κλίμακας.....	10
2.5.2. Ενσωματωμένα Συστήματα μεσαίας κλίμακας.....	11
2.5.3. Εξελιγμένα Ενσωματωμένα Συστήματα	11
2.6. Εφαρμογές Ενσωματωμένων Συστημάτων.....	12
Κεφάλαιο 3: Δομή ενσωματωμένων συστημάτων.....	16
3.1. Κοινά συστατικά συστήματος.....	16
3.2. Μικροεπεξεργαστές και Μικροελεγκτές	19
3.2.1. Τι είναι Μικροελεγκτής.....	20
3.2.2. Βασικά συστατικά ενός Μικροελεγκτή.....	20
3.2.3. Τεχνολογία Μικροελεγκτών	22
3.2.4. Οικογένειες Μικροελεγκτών	25

3.3.	Μνήμες.....	30
3.3.1.	Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM).....	30
3.3.2.	Μνήμη Μόνο για Ανάγνωση (ROM).....	31
3.3.3.	Υβριδικές Μνήμες.....	31
3.4.	Περιφερειακά.....	32
3.4.1.	Μονόδρομης επικοινωνίας (Simplex).....	32
3.4.2.	Αμφίδρομης επικοινωνίας (Duplex).....	32
3.4.3.	Ημιαμφίδρομης επικοινωνίας (Semi Duplex).....	32
3.4.4.	Σειριακή επικοινωνία, Παράλληλη επικοινωνία.....	33
3.4.5.	Σύγχρονη επικοινωνία, Ασύγχρονη επικοινωνία.....	33
3.5.	Αισθητήρες.....	33
	Κεφάλαιο 4: Ιστορία και το μέλλον των ενσωματωμένων συστημάτων.....	36
4.1.	Η Ιστορία των Ενσωματωμένων Συστημάτων.....	36
4.2.	Η εξέλιξη των ενσωματωμένων συστημάτων τα τελευταία 20 χρόνια.....	38
	Κεφάλαιο 5: Έξυπνα Ενσωματωμένα Συστήματα.....	40
5.1.	Διάχυτη Υπολογιστική (Ubiquitous Computing).....	40
5.2.	Βασικές Έννοιες της Διάχυτης Υπολογιστικής.....	41
5.3.	Επίπεδα Διάχυτης Υπολογιστικής.....	43
5.4.	Ίντερνετ των Αντικειμένων (Internet Of Things - IoT).....	44
5.5.	Εφαρμογές.....	45
5.5.1.	Περιβαλλοντική Παρακολούθηση.....	45
5.5.2.	Διαχείριση Υποδομών.....	45
5.5.3.	Βιομηχανία.....	46
5.5.4.	Διαχείριση Ενέργειας.....	47
5.5.5.	Συστήματα Ιατρικής και Υγειονομικής Περίθαλψης.....	48

5.5.6.	Κτιριακοί και Οικιακοί Αυτοματισμοί	48
5.5.7.	Μεταφορές.....	50
Κεφάλαιο 6: Μικροηλεκτρομηχανικά Συστήματα (MEMS).....		51
6.1	Τι είναι τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα	51
6.2	Λειτουργία των Μικροηλεκτρομηχανικών Συστημάτων.....	51
6.3	Μικροσύστημα.....	52
6.4	Κατηγορίες Μικροηλεκτρομηχανικών Συστημάτων	53
6.4.1	Αισθητήρες.....	53
6.4.2	Ενεργοποιητές.....	54
6.4.3	Μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα ραδιοσυχνοτήτων (RF - MEMS)	56
6.4.4	Οπτικά μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα (MOEMS)	57
6.4.4.1.	Εφαρμογές οπτικών μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων	57
6.4.5.	Μικροηλεκτρομηχανικά Συστήματα Ελέγχου Ροής	59
6.4.5.1.	Εφαρμογές μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα ελέγχου ροής	60
Συμπεράσματα		62
Βιβλιογραφία.....		65

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1 Βασική δομή ενσωματωμένου συστήματος	6
Εικόνα 2 Τύποι ενσωματωμένων συστημάτων	8
Εικόνα 3 Εφαρμογή ενσωματωμένων συστημάτων σε αυτοκίνητο	12
Εικόνα 4 Τραπεζική Κάρτα	13
Εικόνα 5 Ενσωματωμένα Συστήματα γύρω μας.....	14
Εικόνα 6 Συσκευές ήχου, εικόνας κλπ.....	14
Εικόνα 7 Βασική δομή ενσωματωμένου συστήματος	17
Εικόνα 8 (α) Απλές υλοποιήσεις και (β) σύνθετες υλοποιήσεις υλικού και λογισμικού ενός ενσωματωμένου συστήματος	18
Εικόνα 9 Αρχιτεκτονική Μνήμης Χάρβαρντ.....	24
Εικόνα 10 Αρχιτεκτονική Μνήμης Πρινστον.....	24
Εικόνα 11 Μικροελεγκτής 8051	25
Εικόνα 12 Μικροελεγκτής PIC10F (6 pin)	26
Εικόνα 13 Μικροελεγκτής PIC16 (64 pin)	27
Εικόνα 14 Μικροελεγκτής PIC18 (100pin)	27
Εικόνα 15 Μικροελεγκτής AVR AT90S8515	28
Εικόνα 16 Μικροελεγκτής με αρχιτεκτονική ARM	29
Εικόνα 17 Σύστημα Πλοήγησης Απόλλων	36
Εικόνα 18 Σύστημα Καθοδήγησης D-17	37
Εικόνα 19 Ολοκληρωμένο Κύκλωμα Μικροηλεκτρομηχανικού Συστήματος.....	42
Εικόνα 20 Ευέλικτη οθόνη OLED	43
Εικόνα 21 Ίντερνετ των αντικειμένων στην βιομηχανία.....	46
Εικόνα 22 Ίντερνετ των αντικειμένων και Υγεία	48

Εικόνα 23	Ίντερνετ των αντικειμένων και οικιακοί αυτοματισμοί	49
Εικόνα 24	Ίντερνετ των αντικειμένων στις μεταφορές	50
Εικόνα 25	Γενική μορφή μικροσυστήματος	52
Εικόνα 26	Σχεδιάγραμμα αρχής λειτουργίας του επιταχυνσιόμετρου.....	53
Εικόνα 27	Μικροαισθητήρας λόγου αερίου καυσίμου.....	53
Εικόνα 28	(a)Ηλεκτροστατικός ενεργοποιητής παράλληλων πλακών. (b)Ηλεκτροστατικός ενεργοποιητής διάταξης χτένας	54
Εικόνα 29	Μονάδα μείωσης ταχύτητας πολλαπλών ταχυτήτων. (Κάτοψη της μονάδας μειωτήρα.)	55
Εικόνα 30	Μικρολαβίδα	55
Εικόνα 31	Μικρολαβίδα	56
Εικόνα 32	Οπτικά μικροεξαρτήματα για την υλοποίηση των οπτικών μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων	57
Εικόνα 33	Απεικόνιση 2x2 δυαδικού διακόπτη. Ένας ενεργοποιητής χτένας ελέγχει την θέση του μικροκαθρέπτη, ο οποίος στην συνέχεια ελέγχει την φωτεινή ακτίνα.	58
Εικόνα 34	Μικροκαθρέπτης.....	58
Εικόνα 35	Σχηματική απεικόνιση της τρισδιάστατης αρχιτεκτονικής για έναν διακόπτη NxN	59
Εικόνα 36	Μικροηλεκτρομηχανικά Συστήματα Ελέγχου Ροής.....	60
Εικόνα 37	Μικροβαλβίδα	60
Εικόνα 38	Μικροαντλία με δύο μικροβαλβίδες μονής κατεύθυνσης.....	61
Εικόνα 39	Μικροαντλία (α) απενεργοποιημένη και (β) ενεργοποιημένη	61

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε ένας από τους πιο σημαντικούς τύπους υπολογιστικών συστημάτων που, αν και άγνωστος σε πολλούς, κατέχει ιδιαίτερη θέση στην σύγχρονη ζωή και καθημερινότητα. Η αξία και η σημαντικότητα του αποδεικνύεται άμεσα αφού ετησίως κατασκευάζονται δισεκατομμύρια μονάδες τέτοιων συστημάτων. Η χρήση τους είναι αισθητά πιο εκτεταμένη συγκριτικά με τις τυπικές υπολογιστικές μονάδες. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι σε κάθε νοικοκυριό αριθμούνται περισσότερα από 50 ενσωματωμένα συστήματα. Για αυτό το λόγο, μια μελέτη πάνω σε αυτό το θέμα μπορεί να φωτίσει πολύ ενδιαφέρουσες και σημαντικές πλευρές της τεχνολογίας και των εφαρμογών αυτών των συστημάτων.

Η προσπάθεια να οριστεί το ενσωματωμένο σύστημα φαίνεται πως δεν είναι καθόλου εύκολη και απλή, αφού υπάρχουν πολλές ερμηνείες και πτυχές που επηρεάζουν τον πιθανό ορισμό του συστήματος. Σίγουρα, πάντως, σε ένα βασικό ορισμό επισημαίνεται πως τα ενσωματωμένα συστήματα είναι αυτά στα οποία περιλαμβάνεται οποιαδήποτε συσκευή που έχει έναν προγραμματιζόμενο επεξεργαστή, ο οποίος δεν είναι επεξεργαστής γενικού σκοπού (Δασυγένης & Σούντρης, 2015). Η πολυπλοκότητα του θέματος συνιστά και έναν από τους κύριους λόγους για τον οποίο επιλέχθηκε. Συγκεκριμένα, λοιπόν, στόχος της εργασίας αυτής είναι παρουσιαστεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος της τεχνολογίας των ενσωματωμένων συστημάτων. Επειδή, μάλιστα, παρατηρήθηκε πως η χρήση τους στην καθημερινότητα των ανθρώπων είναι πολύ εκτεταμένη, στόχος είναι να συνδεθούν τα συστήματα αυτά με την εφαρμογή και αξιοποίηση τους από τους χρήστες.

Ειδικότερα, τις τελευταίες δεκαετίες τα ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιούνται σε ολοένα και πολυπλοκότερες συσκευές με αυξημένες απαιτήσεις. Συνεπώς, τα ΕΣ αποτελούν πια κομμάτι της καθημερινής ζωής κυρίως στις τεχνολογικά αναπτυγμένες κοινωνίες. Το ενδιαφέρον στοιχείο εδώ είναι ότι οι περισσότεροι χρήστες όλων αυτών των συστημάτων τα χρησιμοποιούν χωρίς να το συνειδητοποιούν, εφόσον ο ρόλος τους στηρίζεται στο να είναι «ενσωματωμένα».

Ως προς τον τρόπο που επιλέχθηκε να δομηθεί η μελέτη, πρέπει να επισημανθεί πως η πορεία που ακολουθείται είναι από την εξειδικευμένη παρουσίαση στις γενικές προεκτάσεις της χρήσης και των εφαρμογών τους. Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται, αρχικά, τα χαρακτηριστικά και η δομή των ενσωματωμένων συστημάτων, έπειτα η ιστορία και το μέλλον τους και τελικά αναλύονται τα έξυπνα ενσωματωμένα συστήματα, καθώς και τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα.

Έτσι, λοιπόν, στο 1ο Κεφάλαιο γίνεται μία συνοπτική παρουσίαση και περιγραφή των συστατικών της βασικής δομής των ενσωματωμένων συστημάτων. Για να κατανοήσουμε το ρόλο και τη λειτουργία τους είναι πρωταρχικής σημασίας να μελετήσουμε τα συστατικά και τα χαρακτηριστικά τους. Για αυτό, στη συνέχεια παρουσιάζεται ο διαχωρισμός των ενσωματωμένων συστημάτων στις δύο βασικές κατηγορίες τους. Η κατηγοριοποίηση αυτή γίνεται σύμφωνα με την απόδοση και τις απαιτήσεις λειτουργικότητας ολόκληρου του ενσωματωμένου συστήματος ή σύμφωνα με την απόδοση αποκλειστικά του μικροελεγκτή του ΕΣ. Αυτές οι βασικές κατηγορίες ενσωματωμένων συστημάτων διαθέτουν επιμέρους υποκατηγορίες οι οποίες διαχωρίζουν τα ενσωματωμένα σύμφωνα με ακόμα πιο εξειδικευμένα

χαρακτηριστικά. Στο τέλος του 1ου Κεφαλαίου παρουσιάζονται εφαρμογές των ενσωματωμένων συστημάτων στον πραγματικό κόσμο.

Το 2ο Κεφάλαιο επικεντρώνεται σε μια πιο διεισδυτική ανάλυση της δομής των ενσωματωμένων συστημάτων, καθώς και των επιμέρους συστατικών τους. Έπειτα, γίνεται αναφορά στα κοινά και πιο συνηθισμένα συστατικά των ενσωματωμένων συστημάτων που περιλαμβάνουν μικροεπεξεργαστές - μικροελεγκτές, μνήμες, περιφερειακά και αισθητήρες. Όσον αφορά τις μνήμες παρουσιάζονται τα είδη των μνημών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν (RAM, DRAM, SRAM, ROM, MROM, PROM, EPROM, Flash, EEPROM, NVRAM) και τα χαρακτηριστικά τους. Τα περιφερειακά προσεγγίζονται σύμφωνα με τον τρόπο που συνδέονται και επικοινωνούν (μονόδρομα, αμφίδρομα, ημιαμφίδρομα, σειριακά, παράλληλα, σύγχρονα, ασύγχρονα) με το ενσωματωμένο σύστημα. Το 2ο Κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την αναφορά στους αισθητήρες. Για το σκοπό αυτό, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων, οι κανόνες που πρέπει να ακολουθούν οι αισθητήρες ώστε να θεωρηθούν αξιόπιστοι, καθώς και πολλά επιμέρους είδη ανάλογα με το πεδίο δράσης τους (μεταφορές, περιβάλλον κ.α.).

Αφού έχει αποσαφηνιστεί σε ικανοποιητικό βαθμό το τι είναι και από τι αποτελείται ένα ενσωματωμένο σύστημα, στο 3ο Κεφάλαιο γίνεται μία ιστορική αναδρομή. Αρχικά, παρουσιάζεται το πρώτο ενσωματωμένο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή το σύστημα πλοήγησης του Απόλλωνα στο πρόγραμμα της NASA, το οποίο και ολοκληρώθηκε το 1966. Η ιστορική ανασκόπηση ολοκληρώνεται με την αναφορά στα τελευταία 20 χρόνια, κατά τα οποία οι εξελίξεις ακολουθούν ταχύτατους ρυθμούς. Καταληκτικά, δόθηκε έμφαση στην σύγχρονη εποχή και τη θέση που κατέχουν τα ενσωματωμένα συστήματα σήμερα, αλλά και παρατίθενται οι τάσεις της εποχής για την ανάπτυξη των ενσωματωμένων συστημάτων.

Στην αρχή του 4ου Κεφαλαίου προσεγγίζεται ένας καίριος τομέας των ενσωματωμένων συστημάτων που δεν είναι άλλος από τα έξυπνα ενσωματωμένα συστήματα. Βασικό χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων συστημάτων συνιστά το γεγονός ότι είναι συνδεδεμένα σε κάποιο δίκτυο. Αυτός ο τύπος ενσωματωμένων συστημάτων αποτελεί πυλώνα για την ραγδαία εξελισσόμενη τάση στον τομέα των έξυπνων συσκευών, δηλαδή το Ίντερνετ των Αντικειμένων (Internet Of Things). Παρακάτω στο ίδιο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στο Ίντερνετ των Αντικειμένων, καθώς και στις εφαρμογές του. Ειδικότερα, οι κυριότερες εφαρμογές του περιλαμβάνουν την περιβαλλοντική παρακολούθηση, την διαχείριση των υποδομών, τις εφαρμογές στην βιομηχανία, την διαχείριση της ενέργειας, τις εφαρμογές στην ιατρική, καθώς τον οικιακό αυτοματισμό και τα δίκτυα μεταφορών. Με την χρήση της διασύνδεσης των έξυπνων συσκευών, τα ενσωματωμένα συστήματα βρήκαν πεδίο δράσης και εφαρμογής σε τομείς που ως τώρα δεν φαινόταν να υπάρχει πρόβλεψη. Αυτό σημαίνει πως πλέον τα ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλες τις συσκευές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα, χωρίς αυτό να γίνεται πάντα αισθητό. Η χρήση της τεχνολογίας σε αυτό το επίπεδο ονομάζεται «Διάχυτη Υπολογιστική». Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται ο ορισμός, οι βασικές έννοιες και τα επίπεδα της διάχυτης υπολογιστικής.

Στο 5^ο Κεφάλαιο της εργασίας θίγεται και αναλύεται ένα θεμελιώδες τμήμα της τεχνολογίας, με το οποίο συνδέεται άμεσα και η τεχνολογία των ενσωματωμένων συστημάτων, δηλαδή η μικροτεχνολογία. Απόρροια αυτής είναι τα μικροηλεκτρονικά συστήματα, τα οποία και μελετήθηκαν εκτενώς. Στη συνέχεια, προβάλλεται η σύσταση και η λειτουργία των μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων και των μικροσυστημάτων εν γένει. Τέλος, προβάλλονται οι κατηγορίες των μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων (αισθητήρες, ενεργοποιητές, MEMS ραδιοσυχνοτήτων, οπτικά MEMS, MEMS ελέγχου ροής), αλλά και οι εφαρμογές τους.

Το τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας συνίσταται σε μία σύντομη ανασκόπηση όλων όσων αναφέρθηκαν στα διαφορετικά κεφάλαια και, συνεπώς, ολοκληρώνεται με τη διατύπωση των συμπερασμάτων που προέκυψαν από αυτή.

Κεφάλαιο 2: Χαρακτηριστικά Ενσωματωμένων Συστημάτων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται η βασική δομή, οι κατηγορίες και ο διαχωρισμός των ενσωματωμένων συστημάτων σύμφωνα με τις απαιτήσεις λειτουργικότητας και την απόδοση του μικροελεγκτή/ επεξεργαστή τους καθώς και διάφορες σύγχρονες εφαρμογές των Ενσωματωμένων Συστημάτων σύμφωνα με τον Tarun Agarwal (Agarwal, 2015).

2.1. Τι είναι Ενσωματωμένο Σύστημα

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ένα Ενσωματωμένο Σύστημα (ΕΣ) είναι οποιαδήποτε συσκευή που περιλαμβάνει έναν προγραμματιζόμενο επεξεργαστή ο οποίος δεν είναι επεξεργαστής γενικού σκοπού (Δασυγένης & Σούντρης, 2015). Οι συγγραφείς του ανωτέρω ορισμού συμπληρώνουν πως «είναι σαφές ότι υπάρχει μια δυσκολία στην διατύπωση ενός ορισμού που θα κάλυπτε όλες αυτές τις περιπτώσεις. Το πλήθος των ορισμών για τα Ενσωματωμένα Συστήματα είναι ίσως ανάλογο του αριθμού των σχεδιαστών που ασχολούνται με αυτά». Περιγραφικά, μπορούμε να πούμε ότι ένα Ενσωματωμένο Σύστημα είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα που διαθέτει λογισμικό το οποίο είναι ενσωματωμένο (χωρίς δηλαδή να γίνεται άμεσα αντιληπτή η ύπαρξη του) στο υλικό ενός μεγαλύτερου πληροφοριακού συστήματος. Το Ενσωματωμένο Σύστημα είναι προγραμματιζόμενο ή μη-προγραμματιζόμενο, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία σχεδιάζεται. Σε ένα ενσωματωμένο σύστημα όλα τα τμήματα ενώνονται και λειτουργούν μαζί σύμφωνα με κάποιο εκτελέσιμο πρόγραμμα.

Αυτό που διαφοροποιεί τα ΕΣ από τα υπόλοιπα πληροφοριακά συστήματα είναι ότι η ένωση τους με άλλα συστήματα δε περιορίζεται σε μία απλή συνδεσμολογία αλλά στην ενσωμάτωσή τους μέσα σε ένα γενικότερο/μεγαλύτερο σύστημα, το οποίο πιθανόν να "αποκρύπτει" και την ύπαρξη του ΕΣ. Τα τελευταία χρόνια, το πεδίο των ΕΣ έχει αλλάξει πολλές πτυχές της παραδοσιακής ερμηνείας του. Παρακάτω περιγράφονται κάποιες κλασσικές ερμηνείες των ενσωματωμένων συστημάτων:

- **Τα ενσωματωμένα συστήματα είναι περιορισμένα ως προς τις λειτουργίες του υλικού ή του λογισμικού σε σχέση με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC).** Αυτό ισχύει για ένα μεγάλο υποσύνολο των ενσωματωμένων συστημάτων. Στο τομέα του υλικού, αυτό μπορεί να σημαίνει περιορισμένη δυνατότητα επεξεργασίας, ενεργειακή κατανάλωση, μνήμη, λειτουργικότητα υλικού, κτλ. Στον τομέα του λογισμικού, αυτό συνήθως σημαίνει λιγότερες εφαρμογές, εφαρμογές με λιγότερες δυνατότητες, καθόλου ή περιορισμένο λειτουργικό σύστημα, λιγότερη χρήση κώδικα υψηλού επιπέδου, κτλ. Ωστόσο, αυτός ο ορισμός δεν ισχύει πλήρως, καθώς οι

πλακέτες και ο κώδικας που βρίσκουμε συνήθως στα σημερινά PC έχουν τοποθετηθεί στο παρελθόν σε πολύπλοκα ενσωματωμένα συστήματα. Επιπλέον, υλικό/λογισμικό από τεχνολογικά ξεπερασμένα PC χρησιμοποιούνται σε Ενσωματωμένα Συστήματα χαμηλών απαιτήσεων.

- ***Ένα ενσωματωμένο σύστημα έχει σχεδιαστεί ώστε να επιτελεί μία αποκλειστική λειτουργία.***

Τα περισσότερα ενσωματωμένα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για μία μόνο λειτουργία (Heath, 1997) ακολουθώντας τη λογική των Συστημάτων Ειδικού Σκοπού (Application Specific Integrated Circuits - ASICs). Όμως, βλέπουμε συσκευές, όπως τα PDA (Personal Digital Assistants) και τα κινητά τηλέφωνα που αποτελούν ενσωματωμένα συστήματα, να εκτελούν πολλές λειτουργίες, κάνοντας δυσδιάκριτα τα όρια μεταξύ αυτών και των συστημάτων που βασίζονται σε Επεξεργαστές Γενικού Σκοπού (General Purpose Processors)..

- ***Ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι ένα σύστημα υπολογιστή με απαιτήσεις ποιότητας και αξιοπιστίας που εξαρτώνται από τη λειτουργία που εκτελούν και τη χρήση τους.***

Μερικές κατηγορίες ενσωματωμένων συστημάτων έχουν μεγάλη ανάγκη από ποιότητα και αξιοπιστία. Για παράδειγμα, εάν δυσλειτουργήσει ο ελεγκτής της μηχανής ενός αυτοκινήτου ή ένα κρίσιμο εργαλείο χειρουργικής επέμβασης την ώρα της χρήσης τους μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα. Όμως, υπάρχουν και ενσωματωμένα συστήματα, όπως η τηλεόραση, τα παιχνίδια και τα κινητά, η δυσλειτουργία των οποίων δεν θα προκαλέσει σοβαρά προβλήματα.

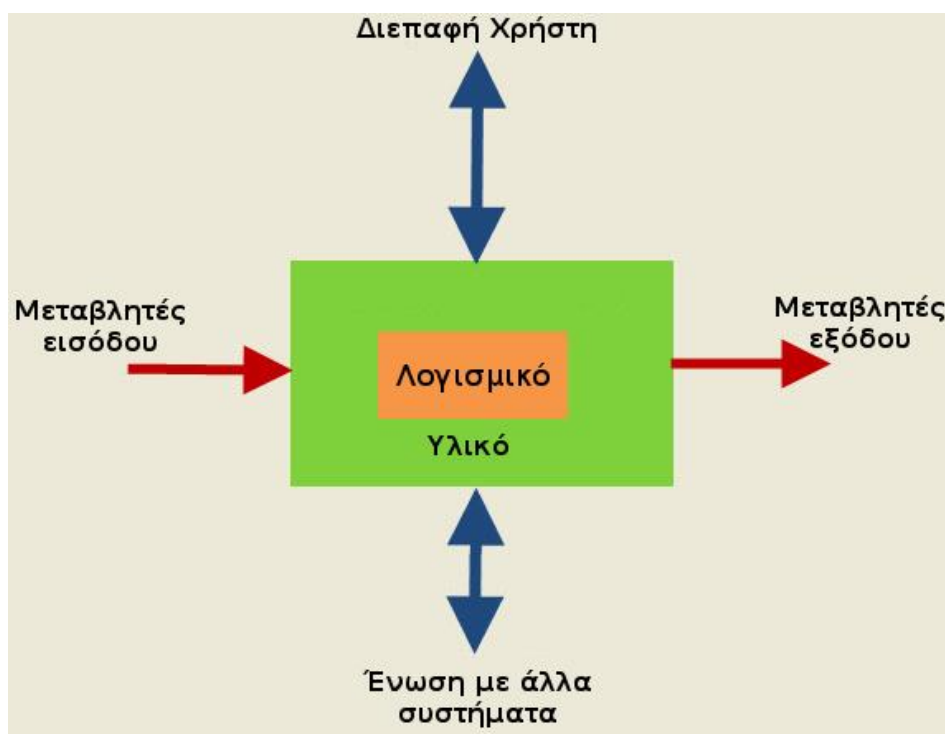
Όπως σε όλα τα υπολογιστικά συστήματα, τα σημαντικά χαρακτηριστικά των ενσωματωμένων συστημάτων είναι η ταχύτητα, το μέγεθος, η κατανάλωση ενέργειας, η αξιοπιστία, η ακρίβεια και η προσαρμοστικότητα. Υπάρχουν, για παράδειγμα, ενσωματωμένα συστήματα τα οποία έχουν την δυνατότητα να εκτελούν διεργασίες σε πολύ υψηλή ταχύτητα οπότε αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές για υπολογισμούς σε πραγματικό χρόνο. Αν σε κάποια εφαρμογή το μέγεθος του ενσωματωμένου συστήματος και η κατανάλωση ενέργειας χρειάζεται να είναι πολύ χαμηλά, τότε μπορεί να αναπτυχθεί ένα Ενσωματωμένο Σύστημα που να ικανοποιεί αυτές τις απαιτήσεις.

Τα Ενσωματωμένα Συστήματα ελέγχουν πολλές συσκευές που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα (Barr & Massa, Introduction, 2006). Το γεγονός ότι το 98% (Barr, Real men program in C, 2009) όλων των μικροεπεξεργαστών που κατασκευάζονται χρησιμοποιούνται ως συστατικά των ενσωματωμένων συστημάτων (Ebert & Jones, 2009) ενισχύει αυτόν τον ισχυρισμό.

Όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 2.6, οι τομείς που αξιοποιούν και εφαρμόζουν τις δυνατότητες των Ενσωματωμένων Συστημάτων είναι σχεδόν όλοι όσοι ερχόμαστε σε επαφή στην καθημερινότητά μας. Οι οικιακές συσκευές, τα αυτοκίνητα και τα κινητά τηλέφωνα, καθώς και επιπλέον τομείς, όπως οι δορυφορικές επικοινωνίες, τα συστήματα ασφαλείας και εφαρμογές στον τομέα των πυραύλων είναι μερικοί από αυτούς.

2.2. Βασική Δομή ενός Ενσωματωμένου Συστήματος

Στην Εικόνα 1 Βασική δομή ενσωματωμένου συστήματος παρουσιάζεται η βασική δομή ενός ενσωματωμένου συστήματος.

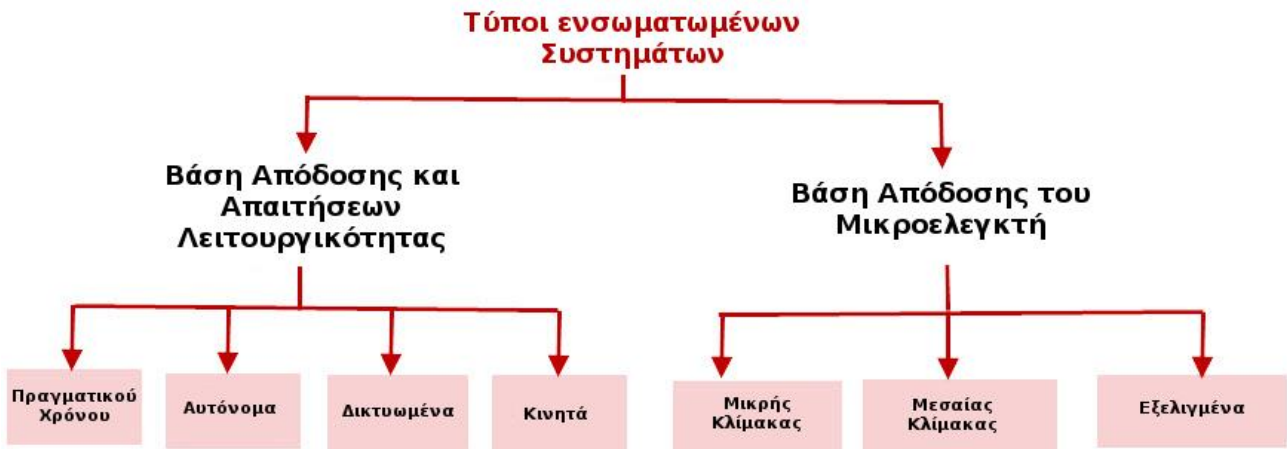


Εικόνα 1 Βασική δομή ενσωματωμένου συστήματος [1]

Παρακάτω θα εξηγήσουμε αναλυτικά καθένα από τα μέρη του:

- **Μεταβλητές εισόδου** – Αποτελεί το τμήμα του ενσωματωμένου συστήματος στο οποίο εισάγονται τα δεδομένα προς επεξεργασία από το ενσωματωμένο σύστημα (για παράδειγμα τα δεδομένα από κάποιον αισθητήρα).
- **Λογισμικό** – Αποτελεί το τμήμα του ενσωματωμένου συστήματος στο οποίο δημιουργείται η λογική της επεξεργασίας των μεταβλητών εισόδου και το οποίο εκτελείται με μορφή προγράμματος στο Υλικό του συστήματος.
- **Υλικό** – Αποτελεί τα τμήματα του ενσωματωμένου συστήματος που περιλαμβάνουν τα απαραίτητα υποσυστήματα που είναι αναγκαία για να εκτελεστεί η επεξεργασία των μεταβλητών εισόδου (για παράδειγμα ένας επεξεργαστής ψηφιακού σήματος ή ένας μικροελεγκτής).
- **Διεπαφή χρήστη** – Αποτελεί το τμήμα του ενσωματωμένου συστήματος όπου έρχεται σε επαφή ο χρήστης του συστήματος με το ενσωματωμένο σύστημα για να εισάγει ή να λάβει δεδομένα (για παράδειγμα κάποιο κουμπί, πληκτρολόγιο, κάποια φωτεινή ένδειξη ή οθόνη).
- **Ένωση με άλλα συστήματα** – Το μέρος του ενσωματωμένου συστήματος όπου συνδέονται άλλα συστήματα (για παράδειγμα η σύνδεση του συστήματος ABS ενός αυτοκινήτου με τον κεντρικό επεξεργαστή δεδομένων του αυτοκινήτου). Η ένωση αυτή διαφέρει από μια απλή ένωση και αποτελεί ένα σύνολο που λειτουργεί ως μια οντότητα, η οποία πολλές φορές «αποκρύπτει» και την ύπαρξη του ΕΣ.
- **Μεταβλητές εξόδου** – Το τμήμα του ενσωματωμένου συστήματος από όπου εξάγονται οι πληροφορίες και τα δεδομένα έπειτα από την επεξεργασία τους (για παράδειγμα κάποιος ενεργοποιητής).

2.3. Κατηγορίες Ενσωματωμένων Συστημάτων



Εικόνα 2 Τύποι ενσωματωμένων συστημάτων [1]

Σύμφωνα με τον Agarwal, τα ενσωματωμένα συστήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τις απαιτήσεις λειτουργικότητας ολόκληρου του ΕΣ και την απόδοση του ή σύμφωνα με την απόδοση μόνο του μικροελεγκτή που χρησιμοποιεί το ΕΣ, όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα της Εικόνα 2 (Agarwal, 2015).

Τα ενσωματωμένα συστήματα κατηγοριοποιούνται στις εξής τέσσερις βασικές κατηγορίες βάσει της απόδοσης και των απαιτήσεων λειτουργικότητας:

- Αυτόνομα ενσωματωμένα συστήματα
- Ενσωματωμένα συστήματα πραγματικού χρόνου (άμεσης απόκρισης)
- Δικτυωμένα ενσωματωμένα συστήματα
- Κινητά ενσωματωμένα συστήματα

Βάσει της απόδοσης του μικροελεγκτή/επεξεργαστή τους, τα ενσωματωμένα συστήματα κατηγοριοποιούνται στις εξής τρεις βασικές κατηγορίες:

- Μικρής κλίμακας ενσωματωμένα συστήματα
- Μεσαίας κλίμακας ενσωματωμένα συστήματα

- Εξελιγμένα ενσωματωμένα συστήματα

Οι διαφορές μεταξύ των κατηγοριών αναφέρονται στην επόμενη ενότητα.

2.4. Ενσωματωμένα Συστήματα Βάση Απόδοσης και Απαιτήσεων Λειτουργικότητας

2.4.1. Αυτόνομα ενσωματωμένα συστήματα

Αρχικά, θα γίνει αναφορά στα αυτόνομα ενσωματωμένα συστήματα, τα οποία δεν χρειάζεται να φιλοξενηθούν σε κάποιο επιπλέον σύστημα για να λειτουργήσουν, όπως για παράδειγμα σε ένα υπολογιστή. Αντίθετα, λειτουργούν από μόνα τους. Δέχονται την είσοδο από τις μονάδες εισόδου (είτε αναλογικά είτε ψηφιακά) και επεξεργάζονται, υπολογίζουν και μετατρέπουν τα δεδομένα. Έπειτα δίνουν στην έξοδο το αποτέλεσμα μέσω κάποιας συνδεδεμένης συσκευής, η οποία είτε ελέγχει, είτε οδηγεί την συσκευή αυτή, είτε προβάλλει μέσω αυτής. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών αποτελούν το mp3 player, η ψηφιακή κάμερα, οι παιχνιδομηχανές, οι φούρνοι μικροκυμάτων και τα συστήματα μέτρησης θερμοκρασιών. Ένα μη-αυτόνομο ενσωματωμένο σύστημα θα χρειαζόταν να συνδεθεί με άλλα ενσωματωμένα ή μη συστήματα προκειμένου να υλοποιήσουν κάποιο από τα στάδια της διαχείρισης των δεδομένων ή κάποια άλλη πρόσθετη διεργασία που δεν θα έχει την δυνατότητα να πραγματοποιήσει (π.χ. επεξεργασία, υπολογισμός, μετατροπή δεδομένων)

2.4.2. Ενσωματωμένα συστήματα πραγματικού χρόνου (άμεσης απόκρισης)

Ως ενσωματωμένα συστήματα πραγματικού χρόνου (real time) ορίζονται αυτά όπου το οποιοδήποτε αποτέλεσμα πρέπει να επιστραφεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρόνο. Αυτός ο τύπος ενσωματωμένου συστήματος ακολουθεί τις χρονικές προθεσμίες για την εκπλήρωση μιας διεργασίας. Όπως έχει επισημανθεί από τον Στεφανιδάκη, τα ενσωματωμένα συστήματα πραγματικού χρόνου διαχωρίζονται σε hard και soft πραγματικού χρόνου (Στεφανιδάκης, 2006), όπου στα hard η εκτέλεση των διεργασιών πρέπει οπωσδήποτε να τελειώνουν εντός των προθεσμιών, ενώ στα soft η εκτέλεση των διεργασιών γίνεται εντός των προθεσμιών χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο.

2.4.3. Δικτυωμένα Ενσωματωμένα Συστήματα

Ένας ακόμα τύπος ενσωματωμένων συστημάτων είναι τα δικτυωμένα ενσωματωμένα συστήματα. Αυτοί οι τύποι συστημάτων συνδέονται/συνεργάζονται με ένα δίκτυο προκειμένου να έχουν πρόσβαση στους πόρους. Τα δίκτυα που μπορεί να είναι συνδεδεμένα μπορεί να είναι τοπικά (LAN), ευρείας περιοχής (WAN) ή το Διαδίκτυο. Η σύνδεση μπορεί να είναι ενσύρματη ή ασύρματη. Αυτός ο τύπος ενσωματωμένων συστημάτων είναι και ο πιο γρήγορα αναπτυσσόμενος στον τομέα των εφαρμογών των ενσωματωμένων συστημάτων. Ο ενσωματωμένος διακομιστής δικτύου (web server) είναι ένα σύστημα όπου όλες οι ενσωματωμένες συσκευές είναι συνδεδεμένες σε ένα διακομιστή, μέσω του οποίου έχουμε πρόσβαση και τις ελέγχουμε μέσω ενός φυλλομετρητή. Ένα παράδειγμα τοπικά (LAN) δικτυωμένου ενσωματωμένου συστήματος είναι το σύστημα ασφαλείας ενός σπιτιού όπου όλοι οι αισθητήρες είναι συνδεδεμένο και λειτουργούν με το πρωτόκολλο TCP/IP.

2.4.4. Κινητά Ενσωματωμένα Συστήματα

Τα κινητά ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιούνται σε φορητά ενσωματωμένα συστήματα όπως τα κινητά τηλέφωνα, οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, τα mp3 players και τα PDA. Οι κυριότεροι περιορισμοί αυτών των συσκευών είναι η διαθέσιμη ενέργεια και η περιορισμένη μνήμη.

2.5. Ενσωματωμένα Συστήματα Βάση της Απόδοσης του Μικροελεγκτή

2.5.1. Ενσωματωμένα συστήματα μικρής κλίμακας

Αυτός ο τύπος ενσωματωμένων συστημάτων είναι σχεδιασμένος με ένα μικροελεγκτή των 8 ή των 16 bit, ο οποίος μπορεί να τροφοδοτείται ακόμα και από μία μπαταρία. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως σε σχετικά απλές εφαρμογές όπως απλά παιχνίδια, μηχανήματα αυτόματης πώλησης, κτλ. Για την ανάπτυξη ενσωματωμένου λογισμικού για μικρής κλίμακας ενσωματωμένο σύστημα τα βασικά εργαλεία που χρειάζονται είναι πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου, assembler, cross-assembler και ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE). Η ανάπτυξη του λογισμικού στα

συστήματα μικρής κλίμακας γίνεται συνήθως σε γλώσσα χαμηλού επιπέδου (assembly) καθώς έτσι αξιοποιούνται καλύτερα οι περιορισμένες δυνατότητες και οι πόροι του μικροελεγκτή.

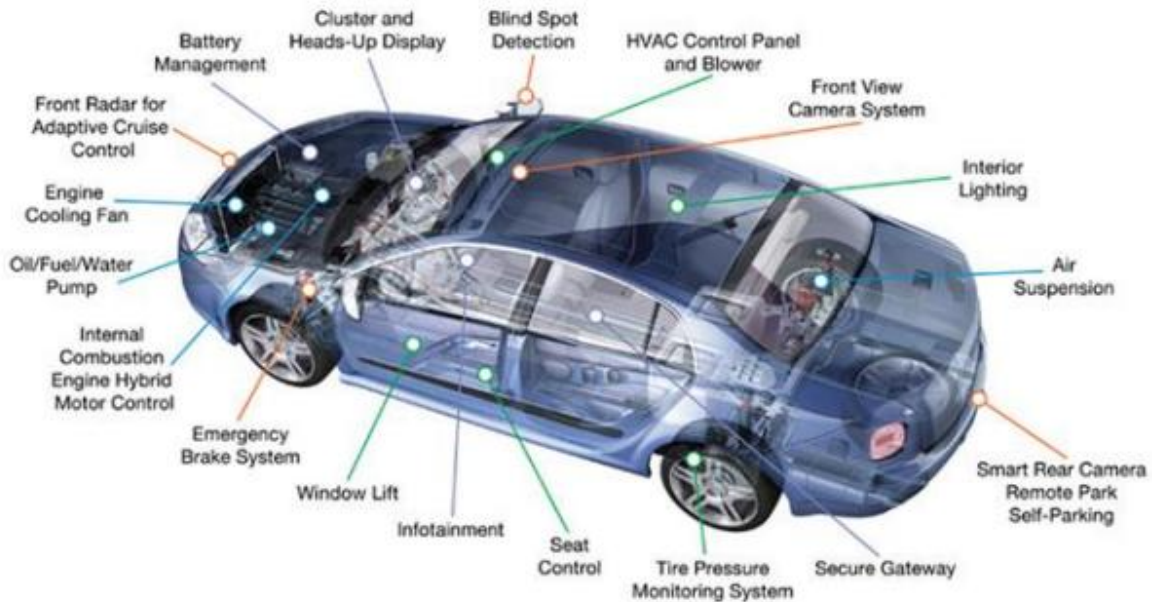
2.5.2. Ενσωματωμένα Συστήματα μεσαίας κλίμακας

Αυτοί οι τύποι των ενσωματωμένων συστημάτων είναι σχεδιασμένοι με μικροελεγκτή 16 ή 32 bit, με υπολογιστή περιορισμένου συνόλου εντολών (RISC) ή με επεξεργαστή ψηφιακού σήματος (DSP). Μπορούν να διαθέτουν υλικό και λογισμικό το οποίο ικανοποιεί πιο περίπλοκες απαιτήσεις από ότι τα συστήματα μικρής κλίμακας. Για την ανάπτυξη ενσωματωμένου λογισμικού που αφορά μεσαίας κλίμακας ενσωματωμένα συστήματα, τα κύρια εργαλεία προγραμματισμού είναι C, C++, Java, Visual C++, RTOS (λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου), debugger, εργαλεία μηχανικής πηγαίου κώδικα, προσομοιωτή και IDE.

2.5.3. Εξελιγμένα Ενσωματωμένα Συστήματα

Οι τύποι αυτοί των ενσωματωμένων συστημάτων διαθέτουν ισχυρές πολυπλοκότητες όσων αφορά και το υλικό και το λογισμικό. Χρησιμοποιούνται για εφαρμογές αιχμής στις οποίες χρειάζεται το υλικό, το λογισμικό και άλλα τμήματα του συστήματος, που μπορεί να υπάρχουν, να σχεδιαστούν παράλληλα και να ενωθούν μαζί στο τελικό σύστημα.

2.6. Εφαρμογές Ενσωματωμένων Συστημάτων



Εικόνα 3 Εφαρμογή ενσωματωμένων συστημάτων σε αυτοκίνητο

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά στο κεφαλαίοδες ζήτημα των ενσωματωμένων συστημάτων. Τα ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές όπως σε αυτοκίνητα, τηλεπικοινωνίες, πυραύλους, δικτύωση υπολογιστών και οικιακές συσκευές.

Ενσωματωμένα συστήματα στα αυτοκίνητα

- Σύστημα ελέγχου κινητήρα
- Σύστημα ελέγχου φρένων (ABS)
- Σύστημα πολυμέσων αυτοκινήτου
- Σύστημα ελέγχου ασφάλειας (αερόσακοι)

Ενσωματωμένα συστήματα στις τηλεπικοινωνίες

- Ασύρματες τηλεπικοινωνίες
- Δικτύωση
- Τηλεκάρτες
- Κινητά τηλέφωνα



Εικόνα 4 Τραπεζική Κάρτα [2]

Ενσωματωμένα Συστήματα σε Τράπεζες και συναλλαγές

- Τραπεζικά Συστήματα (ATM)
- Κάρτες συναλλαγών
- Δίκτυο επικοινωνίας τραπεζών



Εικόνα 5 Ενσωματωμένα Συστήματα γύρω μας

Ενσωματωμένα Συστήματα στους Υπολογιστές και τα Περιφερειακά

- LCD Οθόνες
- Συστήματα δικτύωσης
- Δικτυακές κάρτες
- Εκτυπωτές



Εικόνα 6 Συσκευές ήχου, εικόνας κλπ

Ενσωματωμένα συστήματα σε συσκευές κατανάλωσης

- Ψηφιακές κάμερες
- DVDs
- Φούρνοι μικροκυμάτων
- Λευκές οικιακές συσκευές

Κεφάλαιο 3: Δομή ενσωματωμένων συστημάτων

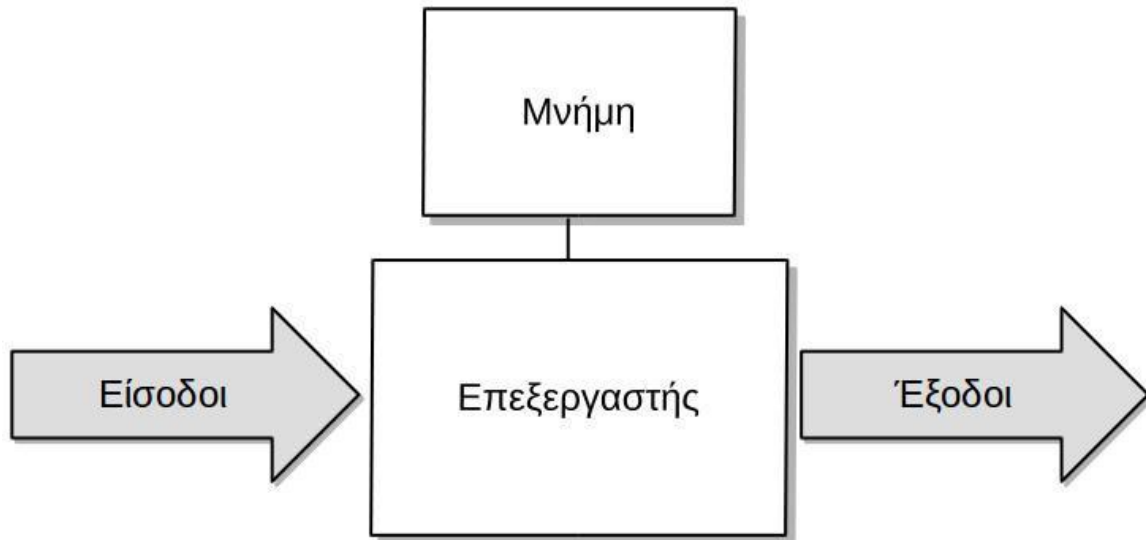
Σε αυτό το Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κοινά συστατικά που περιέχει ένα ενσωματωμένο σύστημα, όπως παρουσιάζονται από τους Barr, Michael και Massa, Anthony στο βιβλίο *Programming embedded systems: With C and GNU development tools* (Barr & Massa, Introduction, 2006). Επίσης, απαριθμούνται χαρακτηριστικά των πιο διαδεδομένων μικροελεγκτών που χρησιμοποιούνται στα ενσωματωμένα συστήματα, όπως φαίνονται στο διαδικτυακό άρθρο στο Electronics Hub (*Microcontroller Types and Applications*, 2015). Στην συνέχεια, γίνεται μία αναφορά στα είδη της μνήμης που χρησιμοποιούνται στα Ενσωματωμένα Συστήματα, καθώς και στα υπόλοιπα περιφερειακά και τους αισθητήρες.

3.1. Κοινά συστατικά συστήματος

Όπως συνάγεται από τον ορισμό, όλα τα ενσωματωμένα συστήματα περιέχουν έναν επεξεργαστή και λογισμικό. Ταυτόχρονα, όμως, υπάρχουν και άλλα συστατικά που απαιτούνται προκειμένου να είναι λειτουργικά. Προφανώς, για να υπάρχει λογισμικό θα πρέπει να υπάρχει και ένα μέρος ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί ο εκτελέσιμος κώδικας. Επίσης, θα πρέπει να υπάρχει και ένα προσωρινό μέσο αποθήκευσης όπου θα αποθηκεύονται τα δεδομένα που θα χρειαστεί να επεξεργαστούν από το σύστημα. Αυτές οι μνήμες είναι τύπου ROM (μνήμη μόνο για ανάγνωση) και RAM (μνήμη τυχαίας προσπέλασης) αντίστοιχα. Τα περισσότερα ενσωματωμένα συστήματα περιέχουν και τους δύο τύπους μνήμης. Αν το σύστημα χρειάζεται μόνο μία μικρή ποσότητας μνήμης τότε αυτή η μνήμη μπορεί να περιέχεται μέσα στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα του επεξεργαστή. Διαφορετικά, το ένα ή και τα δύο είδη μνήμης υπάρχουν σε εξωτερικά ολοκληρωμένα κυκλώματα μνήμης.

Όλα τα ενσωματωμένα συστήματα περιέχουν, επίσης, και κάποιο είδος εισόδου και εξόδου. Για παράδειγμα, σε ένα φούρνο μικροκυμάτων, οι εισοδοί είναι τα κουμπιά στο μπροστινό μέρος και ένας αισθητήρας θερμοκρασίας, οι έξοδοι είναι η οθόνη με τις ενδείξεις και η ακτινοβολία μικροκυμάτων. Οι έξοδοι των ενσωματωμένων συστημάτων είναι σχεδόν πάντα μία συνάρτηση των εισόδων και κάποιων άλλων παραγόντων (για παράδειγμα ο χρόνος που έχει περάσει από την αρχή της επεξεργασίας, η θερμοκρασία, κ.α.). Οι εισοδοί του συστήματος συνήθως έχουν την μορφή αισθητήρων και ανιχνευτών, σημάτων επικοινωνίας, ή διακόπτες και κουμπιά. Οι έξοδοι συνήθως είναι οθόνες, σήματα επικοινωνίας ή αλλαγές στον πραγματικό-φυσικό κόσμο.

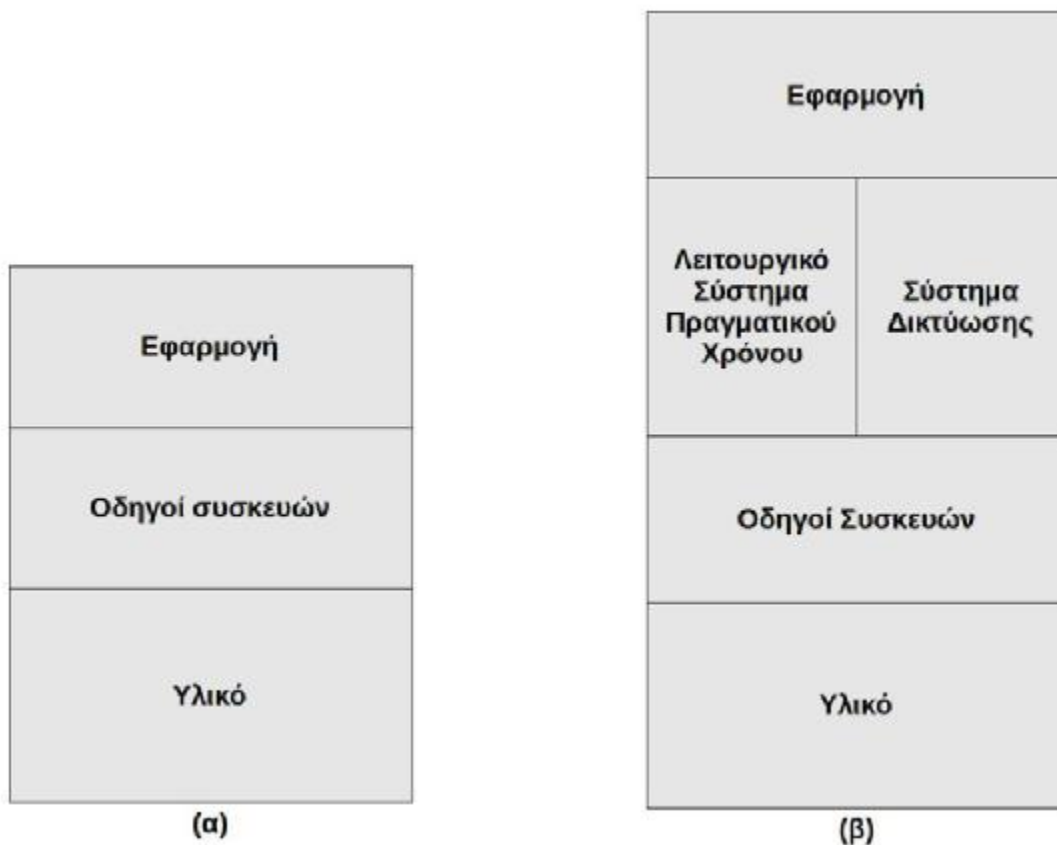
Συνεπώς, το διάγραμμα της αποτελεί τη βασική δομή ενός Ενσωματωμένου Συστήματος:



Εικόνα 7 Βασική δομή ενσωματωμένου συστήματος^[3]

Με την εξαίρεση των κοινών χαρακτηριστικών, τα υπόλοιπα συστατικά των ενσωματωμένων συστημάτων είναι συνήθως μοναδικά και για αυτό χρειάζονται λογισμικό ειδικά υλοποιημένο για κάθε ενσωματωμένο σύστημα. Η λειτουργία που επιτελεί κάθε σύστημα καθορίζει το είδος του λογισμικού του. Το υλικό είναι η βάση στην οποία αυτό θα εκτελεστεί .

Στην Εικόνα παρουσιάζονται σε διαγράμματα υψηλού επιπέδου, δύο πιθανές υλοποιήσεις ενός τέτοιου γενικού τύπου ενσωματωμένου συστήματος.



Εικόνα 8 (α) Απλές υλοποιήσεις και (β) σύνθετες υλοποιήσεις υλικού και λογισμικού ενός ενσωματωμένου συστήματος [3]

Το διάγραμμα βασικού ενσωματωμένου συστήματος (Εικόνα α) και το διάγραμμα σύνθετου ενσωματωμένου συστήματος (Εικόνα β) περιέχουν παρόμοια μπλοκ. Το μπλοκ του υλικού είναι το ίδιο και στα δύο διαγράμματα.

Οι οδηγοί συσκευών είναι μονάδες ενσωματωμένου λογισμικού όπου περιέχουν την λειτουργικότητα για την διαχείριση κάθε ξεχωριστής μονάδας υλικού του συστήματος. Η λειτουργία του λογισμικού των οδηγών συσκευών είναι να αφαιρέσει από την κεντρική εφαρμογή την ανάγκη να γνωρίζει το πως να διαχειρίζεται την κάθε ξεχωριστή μονάδα υλικού του συστήματος. Κάθε οδηγός συσκευής χρειάζεται να γνωρίζει μόνο πως θα διαχειρίζεται την δική του συσκευή - μονάδα υλικού. Για παράδειγμα, στον φούρνο μικροκυμάτων, ξεχωριστοί οδηγοί συσκευών ελέγχουν το πληκτρολόγιο, την οθόνη, τον ελεγκτή θερμοκρασίας και τον ελεγκτή ακτινοβολίας.

Εάν απαιτούνται περισσότερες λειτουργίες, μερικές φορές είναι αναγκαίο να εισάγουμε επιπλέον επίπεδα στο ενσωματωμένο λειτουργικό. Για παράδειγμα, στο σύστημα της Εικόνα το σύνθετο διάγραμμα (β) διαθέτει ένα λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου και ένα σύστημα δικτύωσης. Το λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου μπορεί να βοηθήσει τον προγραμματιστή ώστε να διαχωρίσει την λειτουργικότητα της εφαρμογής σε διακριτές εργασίες για την καλύτερη οργάνωση του λογισμικού του συστήματος και την καλύτερη απόκριση του συστήματος. Το σύστημα δικτύωσης προσθέτει επιπλέον λειτουργικότητα στο ενσωματωμένο σύστημα. Στο παράδειγμα του φούρνου μικροκυμάτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να εμφανίζει ένα αναδυόμενο μήνυμα στον υπολογιστή ή στο κινητό του χρήστη όταν τελειώσει την λειτουργία του.

Σύμφωνα με τους Barr & Massa, οι αρμοδιότητες στο επίπεδο του λογισμικού είναι ίδιες και για τις απλές υλοποιήσεις λογισμικού και για τις σύνθετες. Σε έναν φούρνο μικροκυμάτων, η εφαρμογή επεξεργάζεται τις διάφορες εισόδους, εκτελεί τις κατάλληλες διεργασίες και παρουσιάζει τις κατάλληλες εξόδους σύμφωνα με το τί εντολή έχει δώσει αρχικά ο χρήστης. Το επίπεδο λογισμικού μπορεί να ακολουθεί είτε την βασική υλοποίηση είτε την σύνθετη, ωστόσο είναι υπεύθυνο μόνο να διαχειριστεί την είσοδο του χρήστη και να προβάλλει την κατάλληλη έξοδο. (Barr & Massa, Introduction, 2006)

3.2. Μικροεπεξεργαστές και Μικροελεγκτές

Οι επεξεργαστές ενός ενσωματωμένου συστήματος μπορούν να χωριστούν σε δύο υποκατηγορίες, τους μικροεπεξεργαστές και τους μικροελεγκτές. Οι περισσότεροι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιούν διαφορετικά ολοκληρωμένα κυκλώματα για την μνήμη και τα περιφερειακά. Αντίθετα, οι μικροελεγκτές έχουν ενσωματωμένα περιφερειακά ώστε να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας, το μέγεθος και το κόστος.

Δηλαδή, ο μικροελεγκτής είναι ένα μικρό αυτόνομο υπολογιστικό σύστημα, προγραμματισμένο να εκτελεί μια συγκεκριμένη λογική ακολουθία εντολών, οι οποίες έχουν καταχωρηθεί στην προγραμματιζόμενη μόνιμη μνήμη του. Κάθε φορά που θα επανεκκινείται ο μικροελεγκτής, θα εκτελεί την ίδια λογική. Θα ανακαλεί τα δεδομένα, θα τα επεξεργάζεται και με βάση τα αποτελέσματα τη επεξεργασίας θα ελέγχει το περιβάλλον του.

Αντίθετα, ένας μικροεπεξεργαστής μετά τη εκκίνηση του δεν είναι από μόνος του σε θέση να εκτελέσει μια λογική ακολουθία. Αν και μπορεί να συνδεθεί με μνήμες RAM και ROM, αυτές αποτελούν ξεχωριστές μονάδες, που συνήθως δεν ολοκληρώνονται μέσα στον ίδιο τον μικροεπεξεργαστή.

Στον τομέα των Ενσωματωμένων Συστημάτων για την επεξεργασία χρησιμοποιούνται ευρύτατα οι μικροελεγκτές. Για το λόγο αυτό, στην συνέχεια του κεφαλαίου θα αναλυθεί περαιτέρω τι είναι ένας μικροελεγκτής, ποια είναι τα βασικά συστατικά του, πως μπορούμε να τους διαχωρίσουμε σε κατηγορίες ποιες είναι οι κύριες οικογένειες μικροελεγκτών που κυκλοφορούν στην αγορά και ποιες είναι οι βασικές εφαρμογές τους. Όλα αυτά είναι απαραίτητα να τα γνωρίζει κάποιος που πρόκειται να σχεδιάσει/υλοποιήσει ένα Ενσωματωμένο Σύστημα, ώστε να επιλέξει τον κατάλληλο μικροελεγκτή για την εφαρμογή που επιθυμεί να υποστηρίξει και τις εξειδικευμένες απαιτήσεις της.

3.2.1. Τι είναι Μικροελεγκτής

Αρχικά είναι σημαντικό να δοθεί ο ορισμός του μικροελεγκτή. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ένας μικροελεγκτής είναι ένας «συμπιεσμένος» μικροϋπολογιστής ο οποίος έχει κατασκευαστεί με σκοπό να ελέγχει την λειτουργία ενσωματωμένων συστημάτων σε μηχανήματα γραφείου, ρομπότ, οικιακές συσκευές, μηχανοκίνητα οχήματα και σε αρκετές άλλες μικρές ή μεγάλες συσκευές. Περιλαμβάνει συστατικά όπως μνήμη, περιφερειακά και το σημαντικότερο, κεντρική μονάδα επεξεργασίας (που χάριν συντομίας συχνά αναφέρεται απλά ως επεξεργαστής). Ένας Μικροελεγκτής είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο υλοποιείται μέσω της τεχνολογίας VLSI (Very Large Scale Integration – η διαδικασία δημιουργίας ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος συνδυάζοντας πολλές λογικές πύλες). Μία διαφορετική ονομασία για τον μικροελεγκτή είναι και ενσωματωμένος ελεγκτής. Σήμερα υπάρχουν διάφοροι τύποι μικροελεγκτών ανάλογα με το μήκος των λέξεων που υποστηρίζουν όπως μικροελεγκτές των 4-bit, των 8-bit, των 64-bit και των 128-bit. Οι μικροελεγκτές γενικά χρησιμοποιούνται σε συσκευές οι οποίες χρειάζονται έναν βαθμό ελέγχου από κάποιον χρήστη. (Microcontroller Types and Applications, 2015)

3.2.2. Βασικά συστατικά ενός Μικροελεγκτή

Κάθε ηλεκτρική συσκευή η οποία αποθηκεύει, μετράει, προβάλλει πληροφορία ή υπολογίζει περιέχει ένα κύκλωμα μικροελεγκτή. Η βασική δομή ενός μικροελεγκτή αποτελείται από:

1. CPU (Central Processing Unit – Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας)

Η CPU είναι ο εγκέφαλος κάθε μικροελεγκτή και η συσκευή στην οποία αναθέτουμε να λάβει τα δεδομένα να τα επεξεργαστεί και εν τέλη να ολοκληρώσει μία διεργασία με επιτυχία. Αυτή συνδέει όλα τα τμήματα του μικροελεγκτή μεταξύ τους για να δημιουργήσουν ένα σύστημα.

2. Μνήμη

Η μνήμη στον μικροελεγκτή χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει το πρόγραμμα που θα εκτελεί. Περισσότερες λεπτομέρειες για τους τύπους μνήμης που διαθέτουν οι μικροελεγκτές δίνονται στο Κεφάλαιο 3.3.

3. Θύρες Εισόδου/Εξόδου (I/O Ports)

Αυτές οι θύρες χρησιμοποιούνται συνήθως για την διασύνδεση ή τον έλεγχο συσκευών όπως εκτυπωτές, οθόνες (LCD, LED, κλπ). Επίσης, υπάρχουν και οι σειριακές θύρες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση μεταξύ μικροελεγκτών και διάφορων άλλων περιφερειακών συσκευών.

4. Χρονοδιακόπτες/Μετρητές

Ένας μικροελεγκτής μπορεί να διαθέτει έναν ή παραπάνω Χρονοδιακόπτες ή Μετρητές. Οι χρονοδιακόπτες και οι μετρητές ελέγχουν όλες τις χρονικές διεργασίες και τις διεργασίες μετρήματος του μικροελεγκτή. Οι χρονοδιακόπτες χρησιμοποιούνται για να μετρούν εξωτερικούς παλμούς. Κάποιες από τις βασικές διεργασίες που εκτελεί ένας χρονοδιακόπτης είναι η δημιουργία παλμών, λειτουργία ρολογιού, μέτρηση συχνότητας, κ.α.

5. ADC (Analog to Digital Converter)

Ο ADC (Μετατροπέας από Αναλογικό σε Ψηφιακό) συμβάλλει στην μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Το σήμα εισόδου στον ADC είναι αναλογικό και παράγεται το αντίστοιχο ψηφιακό. Ένα τέτοιο σήμα μπορεί να είναι η είσοδος ενός ηχητικού αναλογικού σήματος και η έξοδος ένα ψηφιακό ηχητικό σήμα.

6. DAC (Digital to Analog Converter)

Αυτός ο μετατροπέας εκτελεί την αντίθετη λειτουργία από τον ADC. Αυτή η συσκευή χρησιμοποιείται κυρίως για την έξοδο αναλογικού ήχου σε ηχεία αλλά και για τον έλεγχο και την επίβλεψη αναλογικών συσκευών όπως ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος (DC Motor), κα.

7. *Ελεγκτής Διακοπών (Interrupt Control)*

Η λειτουργία αυτού του ελεγκτή είναι να διακόπτει ή να δίνει τον έλεγχο σε κάποιο πρόγραμμα ή διεργασία. Ο λόγος (η πηγή) της διακοπής μπορεί να είναι είτε εσωτερικός είτε εξωτερικός, δηλαδή να προέρχεται από τον ίδιο τον επεξεργαστή ή από κάποια περιφερειακή μονάδα.

8. *Μπλοκ Ειδικών Λειτουργιών*

Κάποιοι ειδικοί μικροελεγκτές οι οποίοι κατασκευάστηκαν για κάποια συγκεκριμένη ειδική εφαρμογή, όπως διαστημικά συστήματα, ρομπότ, κτλ διαθέτουν μπλοκ ειδικών λειτουργιών.

3.2.3. Τεχνολογία Μικροελεγκτών

Οι Μικροελεγκτές, όπως έχει ήδη αναφερθεί, διαίρούνται σε κατηγορίες σύμφωνα με την μνήμη τους, την αρχιτεκτονική, τον αριθμό των bit και το σετ εντολών (Microcontroller Types and Applications, 2015):

Bits:

- **8-bit**

Ένας μικροελεγκτής των 8-bit εκτελεί αριθμητικές και λογικές διεργασίες. Παραδείγματα τέτοιων μικροελεγκτών είναι οι Intel 8031/8051

- **16-bit**

Ένας μικροελεγκτής των 16-bit εκτελεί πράξεις με μεγαλύτερη ακρίβεια σε αντίθεση με αυτόν των 8-bit. Ένα παράδειγμα ενός 16-bit μικροελεγκτή είναι ο Intel 8096

- **32-bit**

Οι μικροελεγκτές των 32-bit χρησιμοποιούνται κυρίως σε αυτόματα ελεγχόμενες συσκευές, όπως οι συσκευές γραφείου και οι εμφυτεύσιμες ιατρικές συσκευές. Αυτοί οι μικροελεγκτές χρειάζονται εντολές των 32-bit για την εκτέλεση οποιασδήποτε αριθμητικής ή λογικής συνάρτησης.

Μνήμη:

- **Εξωτερική Μνήμη**

Όταν ένας μικροελεγκτής δεν διαθέτει εσωτερικά κάποια μονάδα μνήμης ονομάζεται μικροελεγκτής εξωτερικής μνήμης. Ένας τέτοιος μικροελεγκτής είναι ο 8031 ο οποίος συγκεκριμένα δεν διαθέτει κύκλωμα μνήμης προγράμματος.

- **Ενσωματωμένη Μνήμη**

Μικροελεγκτής ενσωματωμένης μνήμης ονομάζεται ο μικροελεγκτής που διαθέτει μπλοκ μνήμης στο κύκλωμά του. Για παράδειγμα ο μικροελεγκτής 8051, ο οποίος έχει τις μνήμες προγράμματος και δεδομένων (όπως και μετρητές, χρονοδιακόπτες, διακόπτες και θύρες εισόδου και εξόδου) πάνω στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα (chip).

Σύνολο Εντολών (Instruction Set)

- **Σύνθετο Σύνολο Εντολών (CISC)**

Ο υπολογιστής σύνθετου συνόλου εντολών επιτρέπει στον χρήστη να χρησιμοποιήσει μία εντολή αντί να χρησιμοποιήσει πολλές πιο απλές εντολές οι οποίες θα εκτελούσαν την ίδια διεργασία.

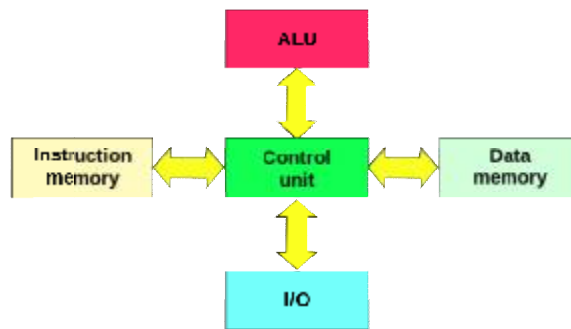
- **Περιορισμένο Σύνολο Εντολών (RISC)**

Ο υπολογιστής περιορισμένου συνόλου εντολών μειώνει τον χρόνο εκτέλεσης μειώνοντας τον κύκλο ρολογιού ανά εντολή. Οι εντολές αυτές είναι πιο απλές σε σχέση με τις CISC αλλά συνεπώς τα αντίστοιχα προγράμματα είναι μεγάλα σε όγκο (πολλές γραμμές κώδικα).

Αρχιτεκτονική

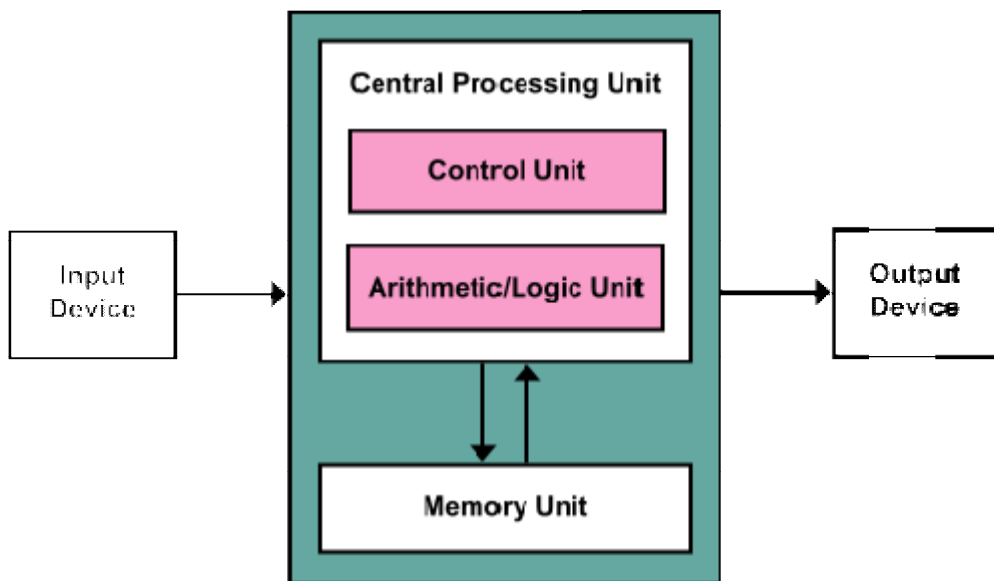
- **Αρχιτεκτονική μνήμης Χάρβαρντ**

Η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Χάρβαρντ διαθέτει διαφορετική μνήμη για τα δεδομένα και διαφορετική μνήμη για το πρόγραμμα. Αυτό δίνει την δυνατότητα της εκτέλεσης μίας εντολής σε έναν κύκλο ρολογιού καθώς ταυτόχρονα με την μεταβίβαση μια εντολής του προγράμματος από την αντίστοιχη μνήμη μεταβιβάζονται και τα αντίστοιχα δεδομένα από τη μνήμη δεδομένων (σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Πρίνστον όπου θα χρειαζόταν δύο κύκλους ρολογιού για την εκτέλεση της ίδια εντολής).



Εικόνα 9 Αρχιτεκτονική Μνήμης Χάρβαρντ [4]

- **Αρχιτεκτονική μνήμης Πρίνστον (ή von Neumann)**
- Η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Πρίνστον χρησιμοποιεί μια κοινή, διαμοιρασμένη μνήμη για δεδομένα και πρόγραμμα και είναι πιο απλοϊκή σε σχέση με αυτή του Χάρβαρντ



· Εικόνα 10 Αρχιτεκτονική Μνήμης Πρίνστον [5]

3.2.4. Οικογένειες Μικροελεγκτών

Μικροελεγκτές 8051



Εικόνα 11 Μικροελεγκτής 8051 [6]

Οι πιο ευρέως χρησιμοποιημένοι μικροελεγκτές προέρχονται από την οικογένεια μικροελεγκτών 8051 καθώς θεωρείται η ιδανική επιλογή από ένα μεγάλο μέρος επαγγελματιών και μη. Ο πρωταρχικός μικροελεγκτής 8051 αναπτύχθηκε από την Intel. Άλλοι δύο μικροελεγκτές της οικογένειας αυτής είναι οι:

- 8052 – Αυτός ο μικροελεγκτής διαθέτει τρεις χρονοδιακόπτες και 256 byte μνήμης RAM. Επιπλέον έχει όλα τα χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή 8051, ο οποίος αποτελεί υποσύνολο του 8052.
- 8031 – Αυτός ο μικροελεγκτής δεν διαθέτει μνήμη ROM, όμως διαθέτει όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή 8051. Σε αυτόν τον μικροελεγκτή υπάρχει δυνατότητα πρόσθεσης εξωτερικής μνήμης ROM 64K bytes.

Αρχιτεκτονική του 8051

Ο 8051 είναι ένας μικροελεγκτής των 8-bit ο οποίος βγήκε στην αγορά το 1981 από την Intel. Είναι διαθέσιμος στην μορφή των 40 pin σε ορθογώνια μορφή όπου στις δύο πλευρές του υπάρχουν από 20 pin. Διαθέτει 4KB μνήμης ROM ενσωματωμένη στο κύκλωμα και προγραμματιζόμενη. Επίσης διαθέτει μνήμη RAM των 128 Bytes η οποία είναι και αυτή ενσωματωμένη στο κύκλωμα. Η μνήμη RAM μπορεί να επεκταθεί συνδέοντας επιπλέον 64KB εξωτερικής μνήμης στον μικροελεγκτή. Διαθέτει τέσσερις παράλληλες θύρες των 8-bit και στο κύκλωμα του υπάρχει ένας κρυσταλλικός ταλαντωτής ο οποίος έχει

συχνότητα 12MHz. Ακόμα, υπάρχει μία σειριακή θύρα εισόδου/εξόδου των 2 pin. Δύο χρονοδιακόπτες των 16-bit μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χρονοδιακόπτες ή μετρητές για εσωτερικές ή εξωτερικές λειτουργίες. Ο μικροελεγκτής υποστηρίζει, επίσης, πέντε διακοπές εκ των οποίων οι τρεις είναι εσωτερικές και οι δύο εξωτερικές. Όσον αφορά τον προγραμματισμό ο μικροελεγκτής περιέχει Καταχωρητές Γενικού Σκοπού (GPRs – General Purpose Registers), Καταχωρητές Ειδικής Λειτουργίας (SFRs – Special Function Registers) και Καταχωρητές Ειδικού Σκοπού (SPRs – Special Purpose Registers).

Μικροελεγκτές PIC

Οι μικροελεγκτές PIC (Peripheral Interface Controller) παρέχονται από την εταιρεία Microchip Technology. Αυτοί οι μικροελεγκτές έχουν μεγάλη επιτυχία στην κατηγορία των εφαρμογών των 8-bit. Αυτό συμβαίνει διότι η Microchip Technology κάνει συνεχώς αναβαθμίσεις στους μικροελεγκτές προσθέτοντας τα απαιτούμενα περιφερειακά προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χρηστών. Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά που έχουν κάνει τους μικροελεγκτές της οικογένειας PIC να είναι δημοφιλείς και στον βιομηχανικό τομέα καθώς και στον μη επαγγελματικό τομέα είναι το χαμηλό κόστος, η μεγάλη διαθεσιμότητα, ο μεγάλος αριθμός χρηστών, η παροχή εργαλείων ανάπτυξης σε χαμηλό κόστος ή και δωρεάν, ο σειριακός προγραμματισμός που υποστηρίζει καθώς και η δυνατότητα της επαναπρογραμματιζόμενης μνήμης Flash.

Αρχιτεκτονική των Μικροελεγκτών PIC

Η αρχιτεκτονική των 8-bit μικροελεγκτών PIC χωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες:



Εικόνα 12 Μικροελεγκτής PIC10F (6 pin) [7]

1. **Βασική Αρχιτεκτονική** – Σε αυτή την κατηγορία των PIC μικροελεγκτών περιέχονται οι μικροελεγκτές της οικογένειας PIC10F καθώς και ένα τμήμα των οικογενειών PIC12 και PIC16.

Αυτές οι συσκευές κάνουν χρήση λέξεων 12-bit και διαθέτουν από 6 έως 28 pin. Αυτή η αρχιτεκτονική χρησιμοποιείται κυρίως για συσκευές που λειτουργούν με μπαταρία.



Εικόνα 13 Μικροελεγκτής PIC16 (64 pin) [8]

- Μεσαίας Κλίμακας Αρχιτεκτονική** – Σε αυτή την κατηγορία ανήκει ένα μέρος των οικογενειών PIC12 και PIC16. Ένα χαρακτηριστικό τους είναι πως από αυτούς τους μικροελεγκτές γίνεται χρήση λέξεων 14-bit και διαθέτουν από 8 έως 64 pin. Οι μικροελεγκτές της οικογένειας PIC16 διαθέτουν ένα εύρος από αναλογικά, ψηφιακά και σειριακά περιφερειακά, όπως USB, LCD και μετατροπείς αναλογικού και ψηφιακού σήματος.



Εικόνα 14 Μικροελεγκτής PIC18 (100pin) [9]

- Υψηλής Απόδοσης Αρχιτεκτονική** – Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι μικροελεγκτές της οικογένειας PIC18. Αυτοί οι μικροελεγκτές κάνουν χρήση λέξεων 16-bit και διαθέτουν από 18 έως και 100 pin. Οι μικροελεγκτές της οικογένειας PIC18 είναι συσκευές υψηλής απόδοσης με ενσωματωμένους μετατροπείς ψηφιακού και αναλογικού σήματος. Όλοι οι μικροελεγκτές της οικογένειας PIC18 έχουν αρχιτεκτονική περιορισμένου συνόλου εντολών (RISC) η οποία υποστηρίζει Flash συσκευές μνήμης.

Μικροελεγκτές AVR



Εικόνα 15 Μικροελεγκτής AT90S8515_[10]

Οι AVR (Advanced Virtual RISC) είναι μικροελεγκτές οι οποίοι χρησιμοποιούν μία προσαρμοσμένη αρχιτεκτονική Χάρβαρντ των 8-bit περιορισμένου συνόλου εντολών (RISC). Οι μικροελεγκτές AVR εφευρέθηκαν το 1966 από την Atmel. Η αρχιτεκτονική Χάρβαρντ, όπως περιγράψαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, σημαίνει πως η μνήμη των δεδομένων και του προγράμματος βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους ώστε να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα. Η οικογένεια μικροελεγκτών AVR ήταν από τους πρώτους που χρησιμοποίησαν επαναπρογραμματιζόμενη Flash μνήμη ενσωματωμένη στο κύκλωμα για την αποθήκευση προγράμματος, σε αντίθεση με άλλους μικροελεγκτές όπου χρησιμοποιούσαν μίας φοράς προγραμματιζόμενες μνήμες EPROM, EEPROM ή ROM (περισσότερα για τις μνήμες στην επόμενη ενότητα).

Αρχιτεκτονική Μικροελεγκτών AVR

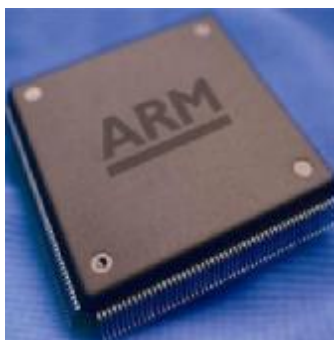
Η αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών AVR αναπτύχθηκε από τον Alf-Egil Bogen και τον Vegard Wollan. Ο πρώτος μικροελεγκτής που χρησιμοποίησε την αρχιτεκτονική AVR ήταν ο AT90S8515 αν και ο πρώτος μικροελεγκτής που βγήκε στην αγορά με αυτή την αρχιτεκτονική ήταν ο AT90S1200, ο οποίος κυκλοφόρησε το 1997.

Η μνήμες SRAM, Flash και EEPROM είναι ενσωματωμένες στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για κάποια εξωτερική μνήμη στους περισσότερους μικροελεγκτές. Αρκετοί μικροελεγκτές της οικογένειας AVR διαθέτουν μία παράλληλη θύρα ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης επιπλέον μνήμης δεδομένων. Σχεδόν όλοι οι μικροελεγκτές AVR εκτός από τον

TinyAVR έχουν μία σειριακή θύρα, όπου χρησιμοποιείται για την σύνδεση μεγάλων Flash και EEPROM κυκλωμάτων μνήμης.

Μικροελεγκτές τύπου ARM

ARM ονομάζεται η εταιρεία όπου σχεδιάζει αρχιτεκτονικές μικροελεγκτών. Η ίδια δίνει την άδεια χρήσης αυτών των αρχιτεκτονικών σε κατασκευαστές μικροελεγκτών. Οι επεξεργαστές ARM είναι σχετικά απλοί, κάτι που τους κάνει κατάλληλους για εφαρμογές χαμηλής ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουν υπερισχύσει στις αγορές των κινητών και των ενσωματωμένων συστημάτων, σαν μικροί και σχετικά χαμηλού κόστους μικροεπεξεργαστές και μικροελεγκτές. Στην πραγματικότητα, ο ARM είναι ένας 32-bit αρχιτεκτονικής υπολογιστής περιορισμένου συνόλου εντολών (RISC). Αρχικά, αναπτύχθηκε το 1980 από την Acorn Computers Ltd. Η αρχιτεκτονική ARM αναπτύχθηκε ιδιαίτερα για μικροελεγκτές. Για αυτό, αυτοί που βασίζονται στην αρχιτεκτονική ARM δεν διαθέτουν ενσωματωμένη μνήμη Flash. Αν και οι μικροελεγκτές που βασίζονται στην αρχιτεκτονική ARM είναι αρκετά ισχυροί και για τις πιο απαιτητικές ενσωματωμένες συσκευές.



Εικόνα 16 Μικροελεγκτής βασισμένος στην αρχιτεκτονική ARM [11]

Αρχιτεκτονική Μικροελεγκτών ARM

Η αρχιτεκτονική ARM αφορά υπολογιστές 32-bit περιορισμένου συνόλου εντολών (RISC). Λόγω της χαρακτηριστικά χαμηλής κατανάλωσης οι μικροελεγκτές ARM χρησιμοποιούνται πάρα πολύ στην αγορά των κινητών ηλεκτρονικών συσκευών, όπου η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας. Η ARM αρχιτεκτονική αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Αρχιτεκτονική φόρτωσης/αποθήκευσης (load/store).
- Δεν υποστηρίζει μη-ευθυγραμμισμένη (misaligned) πρόσβαση στη μνήμη

- Ομοιόμορφο αρχείο 16×32 -bit καταχωρητών.
- Σταθερό εύρος εντολών 32-bit για εύκολη αποκωδικοποίηση και διοχέτευση (pipelining).
- Εκτέλεση γίνεται σε έναν κύκλο.

3.3. Μνήμες

Σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά και τα είδη μνήμης (RAM, ROM, Hybrid) που χρησιμοποιούνται στα Ενσωματωμένα Συστήματα, σύμφωνα με τον Michael Barr. (Barr, Introduction to Memory Types, 2001), ενώ αναφέρονται και τα βασικά πλεονεκτήματά τους, όπως παρουσιάζονται από τον Dan Sweeney (Dan, 2001)

3.3.1. Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM)

Ο τύπος μνήμης RAM περιέχει δύο βασικούς τύπους, την στατική RAM (SRAM) και την δυναμική RAM (DRAM). Η βασική διαφορά αυτών των δύο τύπων είναι η διάρκεια ζωής των δεδομένων που αποθηκεύονται σε αυτές. Η SRAM διατηρεί αποθηκευμένα τα δεδομένα της όσο παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμά της. Εάν η ενέργεια διακοπεί ή χαθεί για μικρό χρονικό διάστημα, τότε τα περιεχόμενά της χάνονται. Η DRAM έχει εξαιρετικά χαμηλή διάρκεια διατήρησης των αποθηκευμένων δεδομένων της, της τάξης των χιλιοστών του δευτερολέπτου. Αυτό ισχύει ακόμα και αν της παρέχεται διαρκώς ηλεκτρική ενέργεια.

Η DRAM από μόνη της είναι άχρηστη, εκτός και αν χρησιμοποιηθεί ένα τμήμα υλικού, ο ελεγκτής DRAM. Ο ελεγκτής DRAM έχει ως κύρια διεργασία την ανανέωση των δεδομένων της DRAM. Με την ανανέωση των δεδομένων μπορούν να διατηρηθούν τα δεδομένα στην DRAM για όσο χρειαστούν.

Πρακτικές διαφορές των δύο τύπων είναι η ταχύτητα πρόσβασης στα δεδομένα, όπου η SRAM είναι εξαιρετικά πιο γρήγορη από την DRAM και το κόστος, όπου η SRAM έχει μεγαλύτερο κόστος παραγωγής. Γενικά η SRAM χρησιμοποιείται όπου η ταχύτητα πρόσβασης στα δεδομένα παίζει μεγάλο ρόλο. Αν όμως το ενσωματωμένο χρειάζεται μεγάλες ποσότητες RAM τότε συνήθως χρησιμοποιείται DRAM καθώς έχουν χαμηλότερο κόστος ανά byte.

3.3.2. Μνήμη Μόνο για Ανάγνωση (ROM)

Οι μνήμες ROM διακρίνονται από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να γραφτούν καινούρια δεδομένα και από τον αριθμό των επανεγγραφών που μπορούν να γίνουν σε αυτές. Ένα κοινό χαρακτηριστικό αυτής της μνήμης είναι η ικανότητα να διατηρεί τα δεδομένα και τα προγράμματα για πάντα, ακόμα και αν διακοπεί η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι πρώτες ROM ήταν μνήμες που περιείχαν ένα προ-προγραμματισμένο σύνολο από δεδομένα ή εντολές. Τα περιεχόμενα της ROM έπρεπε να οριστούν πριν την παραγωγή του κυκλώματος, ώστε να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα για να μπορέσουν να τοποθετηθούν τα τρανζίστορ μέσα στο κύκλωμα. Αυτές οι μνήμες χρησιμοποιούνται ακόμα με την ονομασία MROM (masked ROM) για να τις ξεχωρίσουμε από τους άλλους τύπους ROM. Το κυριότερο πλεονέκτημα μίας MROM είναι το χαμηλό κόστος παραγωγής. Όμως, το κόστος είναι χαμηλό μόνο εάν χρειάζεται να παραχθούν μεγάλες ποσότητες από την ίδια MROM.

Ένας στάδιο μετά τις MROM είναι οι προγραμματιζόμενες ROM (PROM), οι οποίες αρχικά είναι σε μη προγραμματισμένη κατάσταση. Τα δεδομένα της PROM σε μη προγραμματισμένη κατάσταση αποτελούνται εξ ολοκλήρου από την στιγμή που θα γραφτούν δεδομένα μέσα σε μία PROM δεν μπορούν να αλλαχθούν (δεν βγάζω νόημα). Εάν χρειαστεί να αλλαχθούν τα δεδομένα μίας PROM στην ουσία θα πρέπει να αλλαχθεί η PROM με μία νέα που θα περιέχει τα νέα δεδομένα. Για αυτό το λόγο οι PROM ονομάζονται και μίας φορές προγραμματιζόμενες (one-time programmable ή OTP) συσκευές.

Μία διαγράψιμη και προγραμματιζόμενη ROM (EPROM) προγραμματίζεται όπως μία PROM. Η διαφορά τους είναι πως στις EPROM μπορούν να διαγραφούν τα περιεχόμενα και να επαναπρογραμματιστούν όσες φορές χρειαστεί.

3.3.3. Υβριδικές Μνήμες

Όσο η τεχνολογία που αφορά τις μνήμες εξελίσσεται και ωριμάζει τα τελευταία χρόνια, η γραμμή που διαχωρίζει τις μνήμες RAM από τις μνήμες ROM τείνει να μικραίνει. Σύμφωνα με τον Dan, σήμερα, αρκετοί τύποι μνήμης συνδυάζουν χαρακτηριστικά και από τις δύο μνήμες. Αυτές οι μνήμες δεν ανήκουν σε καμία από τις δύο κατηγορίες και μπορούν να ονομαστούν συνολικά υβριδικές. Οι υβριδικές μνήμες παρέχουν την ικανότητα ανάγνωσης και εγγραφής δεδομένων, όπως οι μνήμες RAM, όμως

μπορούν και διατηρούν τα δεδομένα τους και χωρίς παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως οι μνήμες ROM. Οι δύο τύποι υβριδικής μνήμης, EEPROM και Flash, είναι απόγονοι της μνήμης ROM και χρησιμοποιούνται κυρίως για την αποθήκευση κώδικα (Dan, 2001). Ο τρίτος τύπος υβριδικής μνήμης, NVRAM, είναι μία τροποποιημένη έκδοση της μνήμης SRAM και χρησιμοποιείται κυρίως για να διατηρεί δεδομένα.

3.4. Περιφερειακά

Σύμφωνα με τον Peripherals, οι περιφερειακές συσκευές χρησιμοποιούνται σε ένα ενσωματωμένο σύστημα για να μπορεί ο επεξεργαστής να «επικοινωνεί» με τον έξω κόσμο. Οι περιφερειακές συσκευές κατηγοριοποιούνται βάσει του τρόπου επικοινωνίας, σε μονόδρομης, αμφίδρομης, ημιαμφίδρομης, σειριακής, παράλληλης, σύγχρονης και ασύγχρονης επικοινωνίας (Peripherals, 2010).

3.4.1. Μονόδρομης επικοινωνίας (Simplex)

Η κατηγορία μονόδρομης επικοινωνίας περιέχει τα περιφερειακά τα οποία παρέχουν επικοινωνία μόνης κατεύθυνσης. Αυτά τα περιφερειακά είτε δέχονται μόνο, είτε στέλνουν μόνο δεδομένα από και προς το σύστημα αντίστοιχα.

3.4.2. Αμφίδρομης επικοινωνίας (Duplex)

Η κατηγορία αμφίδρομης επικοινωνίας περιέχει τα περιφερειακά τα οποία υποστηρίζουν αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων. Αυτά τα περιφερειακά μπορούν να δέχονται και να στέλνουν δεδομένα από και προς το σύστημα, καθώς έχουν διαφορετικά κανάλια επικοινωνίας για λήψη και αποστολή δεδομένων.

3.4.3. Ημιαμφίδρομης επικοινωνίας (Semi Duplex)

Η κατηγορία ημιαμφίδρομης επικοινωνίας περιέχει τα περιφερειακά τα οποία υποστηρίζουν αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων, όμως κάθε φορά η μεταφορά δεδομένων γίνεται μόνο προς μία κατεύθυνση, καθώς χρησιμοποιεί το ίδιο κανάλι και για την λήψη και για την αποστολή δεδομένων.

3.4.4. Σειριακή επικοινωνία, Παράλληλη επικοινωνία

Τα περιφερειακά σειριακής επικοινωνίας, επικοινωνούν με το σύστημα μέσω μίας γραμμής δεδομένων. Τα δεδομένα που αποστέλλονται στις συσκευές αυτές θα πρέπει να μετατραπούν σε σειριακή μορφή πριν την αποστολή τους και τα δεδομένα που λαμβάνονται από τις συσκευές αυτές θα πρέπει να μετατραπούν σε παράλληλη μορφή μετά την λήψη τους. Τα πλεονεκτήματα των συσκευών σειριακής επικοινωνίας είναι πως έχουν λιγότερα κυκλώματα, πολυπλοκότητα και κόστος. Όμως η μεταφορά δεδομένων είναι περιορισμένη σε σχέση με τις συσκευές παράλληλης επικοινωνίας, καθώς οι τελευταίες μπορούν να μεταφέρουν πολλαπλά δεδομένα ανάλογα με το πόσες γραμμές επικοινωνίας διαθέτουν.

3.4.5. Σύγχρονη επικοινωνία, Ασύγχρονη επικοινωνία

Οι συσκευές σύγχρονης επικοινωνίας μεταφέρουν δεδομένα σύμφωνα με το ρολόι που παρέχεται από μία από τις συνδεδεμένες συσκευές (η οποία ονομάζεται και αφέντης). Αντίθετα, οι συσκευές ασύγχρονης επικοινωνίας μεταφέρουν δεδομένα ανεξάρτητα από το ρολόι.

3.5. Αισθητήρες

Υπάρχουν πολλά ήδη αισθητήρων. Σε πολλά ενσωματωμένα συστήματα είναι οι βασικές συσκευές εισόδου δεδομένων. Χρησιμοποιούνται για να ανιχνεύουν μεγάλη γκάμα δεδομένων όπως: θερμοκρασία, πίεση, υψόμετρο, υγρασία, ταχύτητα, κίνηση, απόσταση, φωτεινότητα, την ύπαρξη ή όχι ενός αντικειμένου και πολλά άλλα ήδη δεδομένων. Υπάρχουν πολλές εκδόσεις για κάθε αισθητήρα των οποίων οι διαφορές τους εντοπίζονται στην ευαισθησία ή στην τάξη δεδομένων που μπορούν να εντοπίσουν για παράδειγμα ένας αισθητήρας απόστασης για αποστάσεις κάτω από ένα εκατοστό και ένας αισθητήρας μεγάλων αποστάσεων.

Οι αισθητήρες ακολουθούν τους παρακάτω κανόνες (Sensors in embedded systems, 2012):

- είναι ευαίσθητοι μόνο στα δεδομένα που προορίζονται να μετρούν χωρίς να επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες
- δεν επηρεάζουν την ποσότητα που μετρείται
- δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις τους από διάφορες άλλες λειτουργίες του ίδιου του συστήματος

Οι ιδανικοί αισθητήρες σχεδιάζονται να παρέχουν γραμμικά δεδομένα ή γραμμικά σύμφωνα με κάποια απλή μαθηματική συνάρτηση της μέτρησης (συνήθως λογαριθμική). Το σήμα εξόδου ενός τέτοιου αισθητήρα είναι γραμμικά ανάλογο ή μία απλή συνάρτηση της τιμής που μετρήθηκε. Η ευαισθησία του αισθητήρα ορίζεται ως ο λόγος του σήματος εξόδου και της τιμής που μετρήθηκε (Sensors in embedded systems, 2012).

Ακολουθούν μερικά παραδείγματα αισθητήρων ανά κατηγορία:

Θέσης, γωνίας, μετατόπισης, απόστασης, ταχύτητας, επιτάχυνσης:

- Επιταχυνσιόμετρο
- Αισθητήρας χωρητικής μετατόπισης
- Αισθητήρας ελεύθερης πτώσης
- Γυροσκοπικός αισθητήρας
- Αποστασιόμετρο λέιζερ
- Γραμμικός κωδικοποιητής (συσκευές που η λειτουργία τους στηρίζεται στην ψηφιακή λογική (digital logic) ικανές να διαβάζουν την γραμμική θέση ενός αντικειμένου)
- Φωτοηλεκτρικός αισθητήρα
- Αισθητήρα θέσης
- Αισθητήρας ταχύτητας
- Αισθητήρας αιφνίδιας κίνησης
- Ταχύμετρο

Αυτοκίνηση:

- Λόγος αέρα-καυσίμου στον κινητήρα
- Αισθητήρας θερμοκρασίας κινητήρα
- Αισθητήρας παρκαρίσματος

- Αισθητήρας ταχύτητας
- Αισθητήρας εντοπισμού νερού στο καύσιμο
- Αισθητήρας ταχύτητας τιμονιού για τον εντοπισμό της ταχύτητας περιστροφής του τιμονιού

Περιβάλλον, καιρός, υγρασία:

- Ακτινόμετρο
- Πυρανόμετρο
- Ανιχνευτής αερίων
- Βροχόμετρο
- Σεισμόμετρο
- Μετρητής ροής
- Παλιρροιογράφος

Κεφάλαιο 4: Ιστορία και το μέλλον των ενσωματωμένων συστημάτων

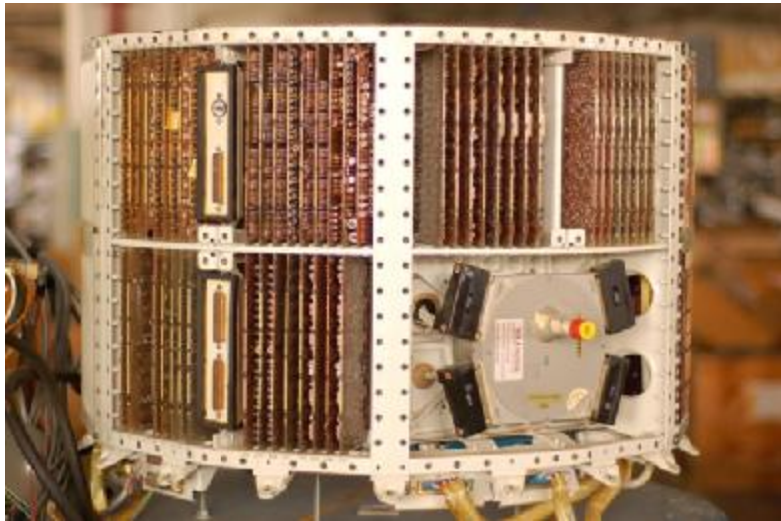
4.1. Η Ιστορία των Ενσωματωμένων Συστημάτων

Ένα από τα πρώτα αναγνωρισμένα ενσωματωμένα συστήματα είναι το Σύστημα Πλοήγησης του Απόλλων (Embedded Systems - History). Το Σύστημα Πλοήγησης Απόλλων ήταν ένα ενσωματωμένο σύστημα που αναπτύχθηκε για το ομώνυμο πρόγραμμα και εγκαταστάθηκε σε κάθε μονάδα ελέγχου και κάθε σεληνιακή μονάδα του προγράμματος. Το σύστημα αυτό παρείχε υπολογιστικές και ηλεκτρονικές διεπαφές για την καθοδήγηση, την πλοήγηση και τον έλεγχο του διαστημικού σκάφους. Στην αρχή το σύστημα πλοήγησης «Απόλλων» θεωρήθηκε ως το αντικείμενο με το μεγαλύτερο ρίσκο στο πρόγραμμα «Απόλλων», καθώς χρησιμοποιούσε τα προσφάτως ανεπτυγμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα για να μειωθεί το βάρος και το μέγεθος του συστήματος.



Εικόνα 17 Σύστημα Πλοήγησης Απόλλων^[12]

Ακολούθως, θα αναφερθεί ένα από τα πρώτα ενσωματωμένα συστήματα μαζικής παραγωγής, το σύστημα πλοήγησης Autonetics D-17 για τους διηπειρωτικούς πυραύλους LGM-30 Minuteman, το οποίο κυκλοφόρησε 1961. Όταν ο πύραυλος LGM-30 Minuteman II βγήκε στην παραγωγή το 1966, το D-17 αντικαταστάθηκε από ένα νέο υπολογιστή που ήταν ο πρώτος που χρησιμοποιούσε μεγάλη ποσότητα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.



Εικόνα 18 Σύστημα Καθοδήγησης D-17^[13]

Από αυτές τις προγενέστερες εφαρμογές στην δεκαετία του 60', στα ενσωματωμένα συστήματα έχει μειωθεί κατά πολύ η τιμή και έχει αυξηθεί δραματικά η επεξεργαστική ισχύς και η λειτουργικότητά τους. Ένας προγενέστερος μικροεπεξεργαστής, για παράδειγμα ο Intel 4004, είχε σχεδιαστεί για κομπιουτεράκια και άλλα μικρά συστήματα αλλά χρειαζόταν εξωτερική μνήμη και υποστηρικτικά κυκλώματα. Η Ομοσπονδιακή Ένωση Κατασκευαστών Μηχανικών (Η.Π.Α.) το 1978 δημοσίευσε ένα “πρότυπο” για τους προγραμματιζόμενους μικροελεγκτές.

Καθώς το κόστος των μικροεπεξεργαστών και των μικροελεγκτών μειωνόταν έγινε εφικτή η αντικατάσταση των ακριβών χειροκίνητων εξαρτημάτων (για παράδειγμα ποτενσιόμετρα ή πυκνωτές μεταβλητής χωρητικότητας) με μικροεπεξεργαστές, μέχρι και σε καταναλωτικά προϊόντα.

Από τις αρχές του '80 η μνήμη και τα εξαρτήματα του συστήματος εισόδου και εξόδου είχαν ενσωματωθεί στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον επεξεργαστή διαμορφώνοντας έναν μικροελεγκτή. Οι μικροελεγκτές βρίσκουν εφαρμογή εκεί που κάποιος υπολογιστής γενικού σκοπού θα ήταν υπερβολικά δαπανηρός.

Ένας συγκριτικά χαμηλού κόστους μικροελεγκτής μπορεί να προγραμματιστεί για να ικανοποιήσει τις ίδιες ανάγκες και ρόλους, όπως ένας μεγάλος αριθμός ξεχωριστών εξαρτημάτων. Αν και σε αυτό το πλαίσιο ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι συνήθως πιο πολύπλοκο από την παραδοσιακή λύση, το μεγαλύτερο μέρος της πολυπλοκότητας βρίσκεται μέσα στο ίδιο τον μικροελεγκτή. Πολύ λίγα πρόσθετα εξαρτήματα μπορεί να χρειαστούν και το μεγαλύτερο μέρος του σχεδιασμού αφορά το λογισμικό. Η

υλοποίηση και ο έλεγχος του λογισμικού μπορεί να γίνει πολύ πιο γρήγορα σε σύγκριση με τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός αντίστοιχης λειτουργίας κυκλώματος χωρίς την χρήση ενός ενσωματωμένου επεξεργαστή.

4.2. Η εξέλιξη των ενσωματωμένων συστημάτων τα τελευταία 20 χρόνια

Τις τελευταίες δεκαετίες η τεχνολογία και οι εφαρμογές των ενσωματωμένων συστημάτων έχουν αλλάξει και εξελιχθεί κατά πολύ σε σχέση με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνταν και τις εφαρμογές που είχαν κατά τα αρχικά χρόνια της ανάπτυξής τους. Νέες τεχνολογίες και ορολογίες έχουν εισαχθεί στον τομέα των ενσωματωμένων συστημάτων καθώς με την εξέλιξη της τεχνολογίας εξελίσσεται και το εύρος των δυνατοτήτων και των λειτουργιών που μπορούν να παρέχουν πλέον τα ενσωματωμένα συστήματα. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που έπαιξε σημαντικό ρόλο στις εξελίξεις των τελευταίων ετών είναι η δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο και η ανταλλαγή πληροφοριών. Οπότε παρατηρούμε, όπως είναι φυσικό, τα ενσωματωμένα συστήματα να αποκτούν πλέον χαρακτηριστικά που έχουν ως κύριο κορμό την συνδεσιμότητα, την δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών, καθώς και την εξ αποστάσεως διαχείριση διάφορων ενσωματωμένων συστημάτων. Κάποιες από τις κυριότερες εφαρμογές των σύγχρονων ενσωματωμένων συστημάτων όπως αναφέρει και ο Rajeev Tiwari (Tiwari, 2015) είναι:

Internet of Things (IoT)

Το IoT είναι το δίκτυο φυσικών αντικειμένων (συσκευές, αυτοκίνητα, κτήρια και άλλα αντικείμενα) ενσωματωμένα με ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα στο δίκτυο όπου επιτρέπει την συλλογή και την ανταλλαγή δεδομένων είτε με άλλες παρόμοιες συσκευές, είτε με κάποιο κεντρικό σημείο διαχείρισης.

Το IoT μας δίνει την δυνατότητα να ελέγχουμε αντικείμενα από μακριά μέσω κάποιας υπάρχουσας υποδομής δικτύου, δίνοντας έτσι την δυνατότητα για άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που στηρίζονται σε υπολογιστές, με αποτέλεσμα την βελτιωμένη απόδοση, την ακρίβεια και το οικονομικό όφελος.

Τρισδιάστατη Εκτύπωση (3D Printing)

Η τρισδιάστατη εκτύπωση αποτελεί μία μέθοδο προσθετικής κατασκευής και αναφέρεται στις διάφορες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την σύνθεση ενός αντικειμένου τριών διαστάσεων μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων κάποιου υλικού (συνήθως κεραμικά και πολυμερή). Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές συνήθως αποτελούνται από διάφορα ενσωματωμένα συστήματα όπως ο κεντρικός ελεγκτής ο ελεγκτής των αξόνων και ο ελεγκτής της έγχυσης του εκτυπωτικού υλικού.

«Φορέσιμη» Τεχνολογία (Wearable technology)

Αυτού του είδους η τεχνολογία αποτελείται από ρούχα και αξεσουάρ που έχουν ενσωματωμένα συστήματα. Συνήθως οι σχεδιασμοί αυτών των ρούχων-συστημάτων ενσωματώνουν πρακτικές, λειτουργίες και χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, τέτοια ενσωματωμένα συστήματα υλοποιούν συγκεκριμένες λειτουργίες, ώστε να χρησιμοποιούνται ως συσκευές πολυμέσων, επικοινωνίας, καταγραφής δεικτών υγείας, παρακολούθησης γυμναστικής και άλλα.

Επαυξημένη Πραγματικότητα / Εικονική Πραγματικότητα

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα και η Εικονική Πραγματικότητα χρησιμοποιούν πολύπλοκα ενσωματωμένα συστήματα με σκοπό την ενίσχυση του κανονικού κόσμου που βλέπουμε γύρω μας με οπτικές πληροφορίες που παράγονται από μεγαλύτερα υπολογιστικά συστήματα. Συγκεκριμένα, τα ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιούνται στα περιφερειακά που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες (π.χ. γυαλιά ΕΠ) προκειμένου να τους διευκολύνει στην διεπαφή με το σύστημα ΕΠ. Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο εύρος κατηγοριών, από τις διαφημίσεις, την τηλεόραση και τα παιχνίδια μέχρι και την αρχαιολογία, την αρχιτεκτονική και την ιατρική.

Κεφάλαιο 5: Έξυπνα Ενσωματωμένα Συστήματα

Τα ενσωματωμένα συστήματα με την πάροδο του χρόνου έχουν εκμεταλλευτεί την τεχνολογική εξέλιξη και έτσι έχουν αποκτήσει πολλά νέα χαρακτηριστικά. Πολλά από αυτά έχουν δημιουργήσει μία νέα γενιά ενσωματωμένων τα οποία χαρακτηρίζονται ως έξυπνα ενσωματωμένα συστήματα (ή έξυπνες συσκευές).

Τα έξυπνα ενσωματωμένα συστήματα είναι ηλεκτρονικές συσκευές που έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό την συνδεσιμότητα. Συνδέονται μαζί με άλλες συσκευές ή δίκτυα μέσω διαφορετικών πρωτοκόλλων ασύρματης σύνδεσης όπως τα Bluetooth, NFC, WiFi, 3G, 4G και μπορούν να λειτουργήσουν διαδραστικά μεταξύ τους ή ακόμα και αυτόνομα.

Κάποιες κατηγορίες έξυπνων ενσωματωμένων συστημάτων που ξεχωρίζουν και είναι ευρέως αναγνωρίσιμα είναι τα έξυπνα τηλέφωνα (smartphones), ταμπλέτες (tablet), τηλέφωνο-ταμπλέτες (phablet, υβρίδιο μεταξύ έξυπνου κινητού και ταμπλέτας), έξυπνα ρολόγια, έξυπνα περικάρπια και άλλα. Τα έξυπνα ενσωματωμένα συστήματα συγκροτούν αυτό που στην επιστήμη των υπολογιστών χαρακτηρίζεται, όπως αναφέρεται παρακάτω, και ως διάχυτη υπολογιστική.

5.1. Διάχυτη Υπολογιστική (Ubiquitous Computing)

Διάχυτη υπολογιστική είναι μία έννοια στην τεχνολογία λογισμικού και στην επιστήμη των υπολογιστών όπου η χρήση υπολογιστή εμφανίζεται παντού και πάντα. Σε αντίθεση με την επιτραπέζια υπολογιστική (desktop computing), μπορεί να προκύψει σε οποιαδήποτε συσκευή, σε οποιαδήποτε τοποθεσία και σε οποιαδήποτε μορφή. Αυτό σημαίνει πως με την διάχυτη υπολογιστική ένας χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά με έναν υπολογιστή ο οποίος μπορεί να έχει οποιαδήποτε μορφή. Αυτό περιλαμβάνει τους φορητούς υπολογιστές, τις ταμπλέτες και τα τερματικά σε συσκευές καθημερινής χρήσης, όπως σε ένα ψυγείο ή ένα ζευγάρι γυαλιά. Οι βασικές τεχνολογίες ώστε να γίνει εφικτή η διάχυτη υπολογιστική περιλαμβάνουν:

- το διαδίκτυο
- το λειτουργικό σύστημα
- φορητό κώδικα
- αισθητήρες
- μικροεπεξεργαστές

- νέες συσκευές εισόδου-εξόδου και αλληλεπίδρασης με τον χρήστη
- δίκτυα
- πρωτόκολλα ασύρματης σύνδεσης
- προηγμένο λογισμικό, που προσφέρει επιπλέον υπηρεσίες σε επίπεδο λογισμικού πέρα από τις βασικές που μπορεί να προσφέρει ένα λειτουργικό σύστημα

Η διάχυτη υπολογιστική απασχολεί ένα ευρύ φάσμα ερευνητικών θεμάτων εκ των οποίων μερικά είναι:

- τα παράλληλα και καταναεμημένα συστήματα
- τα κινητά συστήματα
- τις τεχνολογίες θέσης
- τα κινητά δίκτυα
- τα δίκτυα αισθητήρων
- την αλληλεπίδραση ανθρώπου – υπολογιστής
- την τεχνητή νοημοσύνη

5.2. Βασικές Έννοιες της Διάχυτης Υπολογιστικής

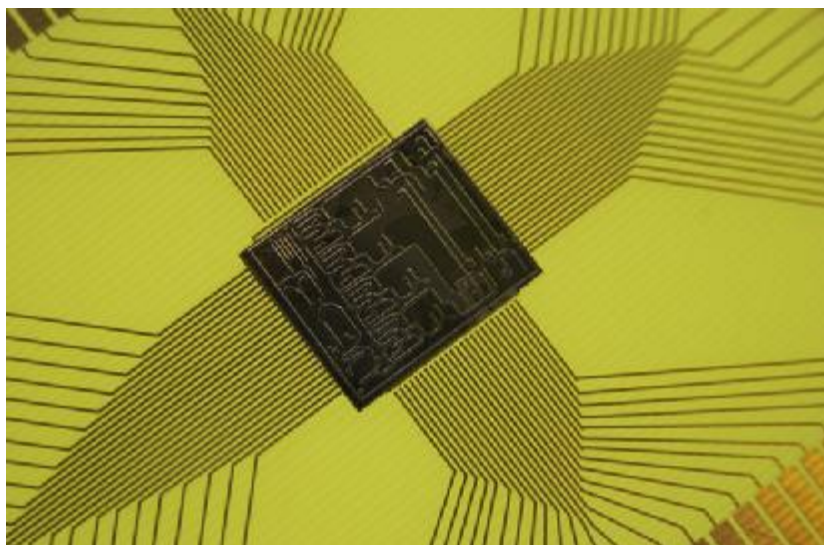
Στον πυρήνα τους, όλα τα μοντέλα διάχυτης υπολογιστικής αποτελούνται από μικρές, φθηνές, συνδεδεμένες στο δίκτυο υπολογιστικές συσκευές, διαμοιρασμένες σε όλα τα επίπεδα της καθημερινής ζωής. Για παράδειγμα, ένα περιβάλλον οικιακής διάχυτης υπολογιστικής μπορεί να συνδέει τον φωτισμό και περιβαλλοντικούς αισθητήρες με ένα προσωπικό βιομετρικό ελεγκτή, που ίσως έχει ραφτεί μέσα σε κάποιο ρούχο, ώστε η κατάσταση φωτισμού και της θέρμανσης σε ένα δωμάτιο να μπορεί να διαμορφώνεται συνεχώς και χωρίς να το αντιλαμβάνεται ο χρήστης. Ένα ακόμα συνηθισμένο παράδειγμα περιλαμβάνει ψυγεία όπου “αντιλαμβάνονται” τα καταλλήλως σημειωμένα περιεχόμενά τους, έτσι ώστε να καθίστανται ικανά να σχεδιάσουν κατάλληλες επιλογές μενού για τα τρόφιμα που υπάρχουν και να ενημερώνουν τους χρήστες για τρόφιμα που κοντεύουν να λήξουν ή έχουν ήδη λήξει.

Ο Mark Weiser (ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της διάχυτης υπολογιστικής) προτείνει τρεις βασικές μορφές για τα συστήματα διάχυτης υπολογιστικής (Weiser, 1991) (έξυπνες συσκευές):

- Tabs: φορέσιμες συσκευές μεγέθους της τάξεως των εκατοστών του μέτρου
- Pads: φορητές συσκευές μεγέθους της τάξεως των δεκάτων του μέτρου
- Boards: διαδραστικές συσκευές προβολής μεγέθους της τάξεως του μέτρου

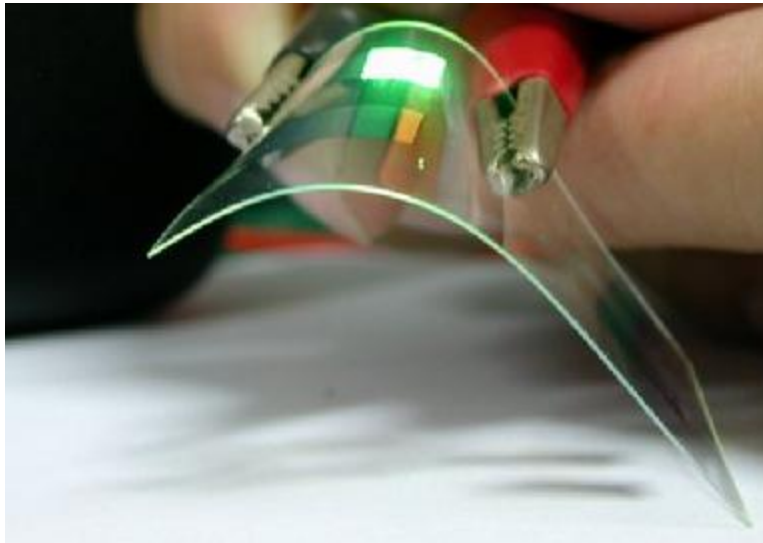
Σύμφωνα με τον (Poslad, 2009), αυτές οι τρεις βασικές μορφές για τα συστήματα διάχυτης υπολογιστικής που πρότεινε ο Weiser χαρακτηρίζονται από το ότι κατηγοριοποιούν τις συσκευές από την οπτική μεγέθους, όπου όλες έχουν επίπεδη μορφή και διαθέτουν ενσωματωμένες οθόνες εξόδου. Εάν χαλαρώσουμε λίγο αυτά τα αυστηρά τρία βασικά χαρακτηριστικά μπορούμε να διευρύνουμε αυτό το εύρος σε ένα πολύ πιο ποικιλόμορφο και ίσως περισσότερο χρήσιμο εύρος συσκευών διάχυτης υπολογιστικής. Έτσι, προτείνονται ακόμα τρεις επιπρόσθετες μορφές συστημάτων διάχυτης υπολογιστικής (Poslad, 2009):

- Dust: Μικροσκοπικές συσκευές μπορεί να υπάρχουν χωρίς οθόνες οπτικής απεικόνισης εξόδου, για παράδειγμα Μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα (Εικόνα), που κυμαίνονται, σε μέγεθος, από νανόμετρα και μικρόμετρα μέχρι χιλιοστά.



Εικόνα 19 Ολοκληρωμένο Κύκλωμα Μικροηλεκτρομηχανικού Συστήματος

- Skin: Κατασκευές που βασίζονται στην εκπομπή φωτός, αγωγή πολυμερή, οργανικές υπολογιστικές μονάδες, όπου μπορούν να σχηματίσουν πιο ευέλικτες μη-επίπεδες επιφάνειες προβολής και προϊόντα όπως ρούχα, κουρτίνες. Για παράδειγμα οι οθόνες OLED (Εικόνα).



Εικόνα 20 Ευέλικτη οθόνη OLED^[14]

- Clay: Σύνολα από μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα μπορούν να διαμορφωθούν σε αυθαίρετα σχήματα τριών διαστάσεων τα οποία να μοιάζουν με κάποιο φυσικό αντικείμενο.

5.3. Επίπεδα Διάχυτης Υπολογιστικής

Η διάχυτη υπολογιστική μπορεί να αποτελείται από πολλά επίπεδα, κάθε ένα από τα οποία έχει τον δικό του ρόλο και τα οποία όλα μαζί συγκροτούν ένα ενιαίο σύστημα (Castells, 2010):

Επίπεδο 1: Επίπεδο διαχείρισης διεργασιών

- Για την παρακολούθηση των διεργασιών του χρήστη και το γενικότερο πλαίσιο λειτουργίας
- Για την καταγραφή των διεργασιών του χρήστη που θα χρειαστούν για τις υπηρεσίες μέσα στο περιβάλλον
- Για την διαχείριση των πολύπλοκων εξαρτήσεων

Επίπεδο 2: Επίπεδο διαχείρισης περιβάλλοντος

- Για την παρακολούθηση κάποιου πόρου και των δυνατοτήτων του
- Για την καταγραφή των υπηρεσιών που χρειάζονται και τις καταστάσεις συγκεκριμένων δυνατοτήτων στο επίπεδο χρήστη

Επίπεδο 3: Επίπεδο περιβάλλοντος

- Για την παρακολούθηση κάποιου σχετικού πόρου
- Για την αξιόπιστη διαχείριση των πόρων

5.4. Ίντερνετ των Αντικειμένων (Internet Of Things - IoT)

Το ίντερνετ των αντικειμένων είναι μία βασική κατηγορία που περιλαμβάνει το μεγαλύτερο σύνολο των έξυπνων συσκευών.

Ως ίντερνετ των αντικειμένων χαρακτηρίζουμε το δίκτυο φυσικών αντικειμένων (συσκευές, αυτοκίνητα, κτήρια και άλλα αντικείμενα) με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα στο δίκτυο όπου επιτρέπει την συλλογή και την ανταλλαγή δεδομένων (ITU, 2012) είτε με άλλες παρόμοιες συσκευές, είτε με κάποιο κεντρικό σημείο διαχείρισης.

Το ίντερνετ των αντικειμένων μας δίνει την δυνατότητα να ελέγχουμε αντικείμενα από μακριά μέσω κάποιας υπάρχουσας υποδομής δικτύου (Lopez Research, 2013), δίνοντας έτσι την δυνατότητα για άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που στηρίζονται σε υπολογιστές, με αποτέλεσμα την βελτιωμένη απόδοση, ακρίβεια και οικονομικό όφελος (Cognizant Reports, 2014), (Internet of Things: Science Fiction or Business Fact?, 2014). Όταν το ίντερνετ των αντικειμένων είναι ενισχυμένο με αισθητήρες και ενεργοποιητές, τότε η συγκεκριμένη τεχνολογία μετατρέπεται σε μέρος της γενικότερης κατηγορίας των κυβερνο-φυσικών συστημάτων (cyber-physical systems) η οποία περιλαμβάνει και τεχνολογίες όπως τα έξυπνα δίκτυα, τα έξυπνα σπίτια, τις έξυπνες μεταφορές και τις έξυπνες πόλεις.

Η λέξη «αντικειμένων» στη φράση του ίντερνετ των αντικειμένων μπορεί να αναφέρεται σε ένα μεγάλο εύρος συσκευών όπως εμφυτεύματα για παρακολούθηση της καρδιακής λειτουργίας, βιοτσίπ σε μία φάρμα ζώων, μεταφορικά μέσα με ενσωματωμένους αισθητήρες, συσκευές ανάλυσης DNA, ή συσκευές όπου βοηθούν πυροσβέστες σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, όπως έχει επισημανθεί από τον Evans (Evans, 2011).

Αυτές οι συσκευές συλλέγουν χρήσιμα δεδομένα με την χρήση υπάρχοντων τεχνολογιών και αυτόνομα διαχέουν την πληροφορία μεταξύ άλλων συσκευών. Παραδείγματα τέτοιων εμπορικών συστημάτων αποτελούν ο έξυπνος θερμοστάτης και το πλυντήριο/στεγνωτήριο τα οποία χρησιμοποιούν ασύρματη σύνδεση στο δίκτυο για να την παρακολουθήσουν εξ αποστάσεως.

Καθώς επεκτείνεται ο αυτοματισμός των διασυνδεδεμένων συσκευών σε πληθώρα νέων εφαρμογών, αναμένεται το ίντερνετ των αντικειμένων να παραγάγει μεγάλο αριθμό δεδομένων, με την ακόλουθη ανάγκη για γρήγορη συλλογή, καθώς και την αυξημένη ανάγκη για αρχικοποίηση, αποθήκευση και επεξεργασία όλων αυτών των δεδομένων με μεγαλύτερη αποδοτικότητα (Wood, 2015).

5.5. Εφαρμογές

5.5.1. Περιβαλλοντική Παρακολούθηση

Οι εφαρμογές περιβαλλοντικής παρακολούθησης του ίντερνετ των αντικειμένων κατά κανόνα χρησιμοποιεί αισθητήρες για να βοηθήσει στην περιβαλλοντική προστασία μέσω της παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα ή του νερού, την κατάσταση της ατμόσφαιρας ή του εδάφους και μπορεί ακόμα να περιλαμβάνει μέχρι και την παρακολούθηση της μετακίνησης πληθυσμών άγριων ζώων, καθώς και των βιότοπων τους.

Η ανάπτυξη τέτοιων συσκευών συνδεδεμένων στο ίντερνετ μπορεί να σημαίνει πως άλλες εφαρμογές όπως συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης σεισμών ή τσουνάμι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις αντίστοιχες υπηρεσίες ώστε να προσφέρουν πολύ πιο αποδοτική βοήθεια. (Hart & Martinez, 2015)

5.5.2. Διαχείριση Υποδομών

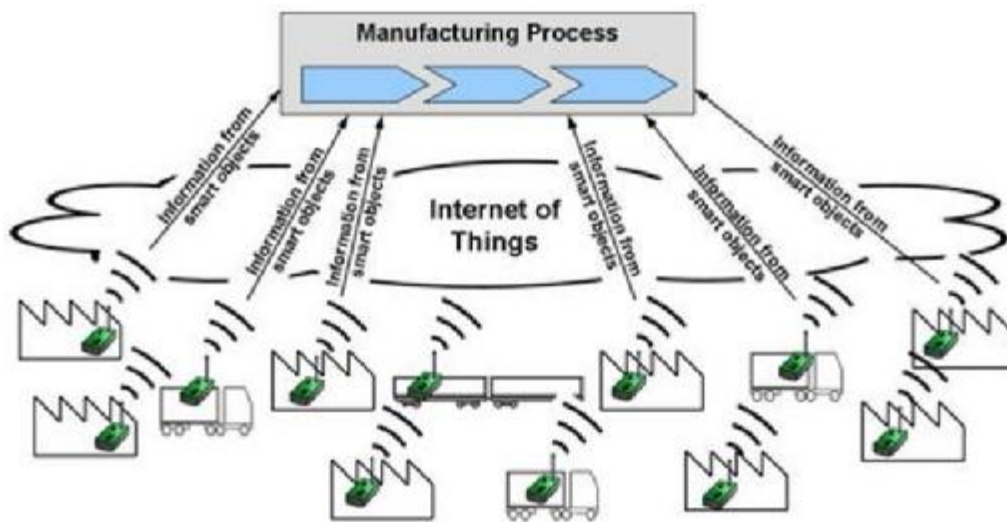
Μία επιπλέον, καίρια κατηγορία των εφαρμογών του ίντερνετ των αντικειμένων είναι η παρακολούθηση και ο έλεγχος λειτουργιών αστικών και αγροτικών υποδομών όπως γεφυρών, σιδηροδρομικών γραμμών και αιολικών πάρκων.

Το ίντερνετ των αντικειμένων που αφορά τις υποδομές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να την παρακολούθηση διάφορων γεγονότων ή αλλαγών στην οικοδομική κατάσταση η οποία θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την ασφάλεια. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για την οργάνωση τακτικών επισκευών και συντηρήσεων με ένα αποτελεσματικό τρόπο. Συσκευές του ίντερνετ των αντικειμένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο και την λειτουργία κρίσιμων υποδομών όπως για παράδειγμα οι γέφυρες, ώστε να δίνεται πρόσβαση διέλευσης σε πλοία. Η χρήση του ίντερνετ των αντικειμένων για τον έλεγχο και την λειτουργία υποδομών μπορεί να βελτιώσει την διαχείριση περιστατικών, τον συντονισμό της αντιμετώπισης κρίσιμων συμβάντων, την ποιότητα των υπηρεσιών και να μειώσει το κόστος λειτουργίας σε όλα τα πεδία που αφορούν τις υποδομές (Chui, Löffler, &

Roberts, 2014). Μέχρι και τομείς όπως η διαχείριση αποβλήτων μπορούν να επωφεληθούν από την αυτοματοποίηση και την βελτιστοποίηση που θα μπορούσε να φέρει το ίντερνετ των αντικειμένων.

5.5.3. Βιομηχανία

Ο έλεγχος δικτύου και η διαχείριση του βιομηχανικού εξοπλισμού, η διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και καταστάσεων, και ο έλεγχος της διαδικασίας κατασκευής φέρνουν το ίντερνετ των αντικειμένων στην σφαίρα των βιομηχανικών εφαρμογών και της έξυπνης βιομηχανίας επίσης. Τα έξυπνα συστήματα του ίντερνετ των αντικειμένων δίνουν την δυνατότητα για ταχεία κατασκευή νέων προϊόντων, δυναμική ανταπόκριση στην ζήτηση προϊόντων και βελτιστοποίηση της βιομηχανικής παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, καθώς επίσης και δίκτυα αλυσίδας ανεφοδιασμού μέσω δικτυωμένων μηχανών, αισθητήρων και συστημάτων ελέγχου μαζί.



Εικόνα 21 Ίντερνετ των αντικειμένων στην βιομηχανία_[15]

Ψηφιακά συστήματα ελέγχου για την αυτοματοποίηση των διαδικασιών, εργαλεία για τον χρήστη και συστήματα υπηρεσιών πληροφόρησης για την βελτιστοποίηση της ασφάλειας και της προστασίας του εργοστασίου βρίσκονται εντός των ορίων του ίντερνετ των αντικειμένων. Αλλά επεκτείνεται ακόμα και στην διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων μέσω της προληπτικής συντήρησης, της στατιστικής αξιολόγησης, και των μετρήσεων με σκοπό την μεγιστοποίηση της αξιοπιστίας. Τα συστήματα της

έξυπνης βιομηχανικής διαχείρισης μπορούν να ενσωματωθούν στο έξυπνο δίκτυο ηλεκτροδότησης, ώστε να υπάρχει δυνατότητα βελτιστοποίησης της ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Μετρήσεις, αυτόματος έλεγχος, βελτιστοποίηση του εργοστασίου, διαχείριση της ασφάλειας και της υγείας, καθώς και άλλες λειτουργίες, μπορούν να προσφερθούν από ένα μεγάλο αριθμό δικτυωμένων αισθητήρων.

5.5.4. Διαχείριση Ενέργειας

Αξίζει να σημειωθεί πως η ενσωμάτωση συστημάτων αισθητήρων και ενεργοποιητών, συνδεδεμένα στο ίντερνετ, είναι δυνατόν να βελτιστοποιήσουν την κατανάλωση ενέργειας ως σύνολο. Αναμένεται πως η τεχνολογία του ίντερνετ των αντικειμένων θα ενσωματωθεί στις συσκευές κατανάλωσης ενέργειας όλων των μορφών (διακόπτες, πρίζες, λάμπες, τηλεοράσεις και άλλα) και θα είναι ικανή να επικοινωνεί με την εταιρεία παροχής ενέργειας, προκειμένου να ισορροπήσει αποτελεσματικά την παραγωγή και την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Τέτοιες συσκευές θα μπορούσαν, επίσης, να προσφέρουν την ευκαιρία στους χρήστες να ελέγχουν από μακρινή απόσταση τις συσκευές τους, ή να τις ελέγχουν κεντρικά μέσω μίας διεπαφής που θα βρίσκεται στο υπολογιστικό σύννεφο (cloud) και η οποία θα επιτρέπει προχωρημένες λειτουργίες, όπως η χρονοδρομολόγηση επαναλαμβανόμενων συμβάντων και άλλα (για παράδειγμα η εξ αποστάσεως ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση του συστήματος θέρμανσης, ο έλεγχος του φούρνου ή και η αλλαγή της κατάστασης του φωτισμού σε ένα σπίτι). Στην πραγματικότητα, πολύ λίγα συστήματα που επιτρέπουν τον εξ αποστάσεως έλεγχο πριζών είναι διαθέσιμα στην αγορά.

Πέρα από την διαχείριση ενέργειας που αφορά την οικιακή χρήση, το ίντερνετ των αντικειμένων σχετίζεται ιδιαίτερα με τον έξυπνο δίκτυο ηλεκτροδότησης, καθώς παρέχει συστήματα για την συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με την ηλεκτρική ενέργεια και την δυνατότητα για την κατάλληλη αυτοματοποιημένη διεργασία σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά. Απώτερος σκοπός είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της αξιοπιστίας της οικονομίας και της βιωσιμότητας της παραγωγής και της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (Parello, Claise, Schoening, & Quittek, 2014).

Με τη χρήση συσκευών προηγμένων υποδομών μέτρησης, οι επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας δεν μπορούν μόνο να συλλέξουν δεδομένα από τις συνδέσεις των τελικών χρηστών, αλλά και να διαχειριστούν άλλες αυτοματοποιημένες συσκευές διαμοιρασμού, όπως μετασχηματιστές και διακόπτες επαναφοράς.

5.5.5. Συστήματα Ιατρικής και Υγειονομικής Περίθαλψης

Ένας ακόμα τομέας στον οποίο μπορούν να αξιοποιηθούν οι συσκευές του ίντερνετ των αντικειμένων είναι αυτός της υγείας. Οι συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίβλεψη εξ αποστάσεως της υγείας καθώς επίσης και για συστήματα ενημέρωσης έκτακτης ανάγκης. Οι συσκευές επίβλεψης της υγείας μπορεί να είναι από μετρητές της πίεσης του αίματος και των παλμών της καρδιάς μέχρι ειδικές συσκευές ικανές να παρακολουθούν ειδικά μοσχεύματα, όπως βηματοδότες ή προηγμένα βοηθήματα ακοής.



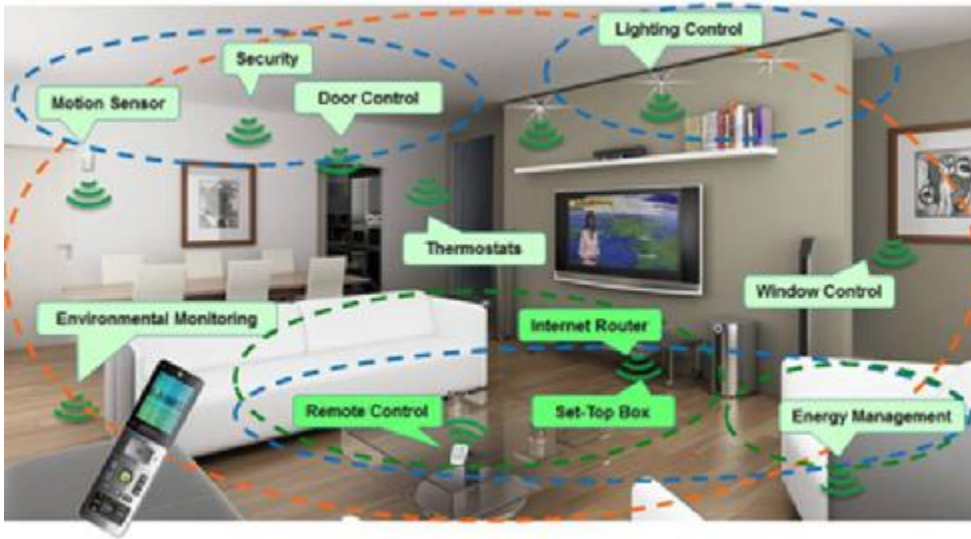
Εικόνα 7 Ίντερνετ των αντικειμένων και Υγεία_[16]

Επιπρόσθετα, εξειδικευμένοι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν στον χώρο διαβίωσης για την παρακολούθηση της υγείας και γενικά την ευημερία των ατόμων της τρίτης ηλικίας, ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται ότι η σωστή θεραπεία χορηγείται καθώς επίσης και για να βοηθηθούν άνθρωποι ώστε να ανακτήσουν την χαμένη τους κινητικότητα μέσω θεραπειάς (Istepanian, Hu, Philip, & Sungoor, 2011). Τέλος το ίντερνετ των αντικειμένων μπορεί να συμβάλει στην δημιουργία καταναλωτικών συσκευών που βοηθούν στην υγιεινή ζωή. Ένα τέτοιο παραδείγμα αποτελεί ο ελεγκτής της καρδιακής λειτουργίας.

5.5.6. Κτιριακοί και Οικιακοί Αυτοματισμοί

Αυτού του είδους οι συσκευές μπορούν αξιοποιηθούν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των μηχανικών, ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε διάφορους τύπους κτιρίων (για παράδειγμα δημόσιες και ιδιωτικές, βιομηχανίες, ιδρύματα ή κατοικίες), καθώς επίσης και

σε συστήματα οικιακού και κτιριακού αυτοματισμού (Ersue, Romascanu, Schoenwaelder, & Sehgal, 2014).



Εικόνα 8 *Τυπικές των αντικειμένων και οικιακού αυτοματισμού* [17]

5.5.7. Μεταφορές

Το ίντερνετ των αντικειμένων μπορεί, τέλος, να βοηθήσει στην ενσωμάτωση των επικοινωνιών, τον έλεγχο και την επεξεργασία πληροφοριών μεταξύ διαφόρων συστημάτων μεταφοράς. Εφαρμογές του ίντερνετ των αντικειμένων επεκτείνονται σε όλες τις πτυχές των συστημάτων μεταφοράς (για παράδειγμα στο όχημα, στις υποδομές και στον οδηγό ή τον χρήστη). Η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των τμημάτων του μεταφορικού συστήματος επιτρέπει την ενδοεπικοινωνία των συσκευών εντός κάποιου μεταφορικού μέσου καθώς και την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών μεταφορικών μέσων, τον έξυπνο έλεγχο της κυκλοφορίας, το έξυπνο παρκάρισμα, τα συστήματα ηλεκτρονικής πληρωμής διοδίων, τον έλεγχο εφοδίων και στόλου, τον έλεγχο οχημάτων και την οδική βοήθεια για παροχή ασφάλειας στο οδικό δίκτυο (Ersue, Romascanu, Schoenwaelder, & Sehgal, 2014).



Εικόνα 9 Ίντερνετ των αντικειμένων στις μεταφορές^[18]

Κεφάλαιο 6: Μικροηλεκτρομηχανικά Συστήματα (MEMS)

Μιλώντας για τα ενσωματωμένα συστήματα δεν είναι δυνατόν να παραλείψουμε την αναφορά στα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα, καθώς το μέλλον τους είναι στενά συνδεδεμένο. Αυτά τα συστήματα δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την παραγωγή ενσωματωμένων συστημάτων ακόμα πιο μικρών σε μέγεθος, με πολύ χαμηλότερο κόστος παραγωγής και πιο αξιόπιστα όσον αφορά την λειτουργία, καθώς επίσης και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα πιο γρήγορης απόκρισης, της τάξεως του κλάσματος του δευτερολέπτου.

6.1 Τι είναι τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα

Αρχικά, είναι σημαντικό να δοθεί ο ορισμός των μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων. Ως μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα ορίζονται τα συστήματα των οποίων η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι της τάξης των μικρομέτρων. Εάν η τάξη του μεγέθους αυτών των συστημάτων είναι της τάξης των νανομέτρων τότε έχουμε νανοηλεκτρομηχανικά σύστημα τα οποία συγκαταλέγονται στον τομέα της νανοτεχνολογίας.

Τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα είναι ξεχωριστή κατηγορία από την μοριακή νανοτεχνολογία ή τα μοριακά ηλεκτρονικά. Τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα κατασκευάζονται από εξαρτήματα μεγέθους μεταξύ ενός και εκατό μικρομέτρων και το συνολικό μέγεθος συνήθως είναι μεταξύ είκοσι μικρομέτρων και ενός χιλιοστού. Αποτελούνται από μία κεντρική μονάδα που επεξεργάζεται τα δεδομένα και μερικά ακόμα εξαρτήματα όπου αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον όπως οι μικροαισθητήρες και οι μικροενεργοποιητές (Waldner, 2008).

6.2 Λειτουργία των Μικροηλεκτρομηχανικών Συστημάτων

Όσον αφορά τις λειτουργίες τους τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα είναι κατασκευές πολύ μικρού μεγέθους οι οποίες εκτελούν διάφορες λειτουργίες. Πολλές φορές αποτελούν σμίκρυνση αντίστοιχων κατασκευών μακροσκοπικών διαστάσεων. Έτσι υπάρχουν π.χ. μικροπηνία σε αντιστοιχίση με τα πηνία κανονικού μεγέθους, μικροκινητήρες, μικροαισθητήρες κ.ο.κ. Τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα εμφανίστηκαν αρχικά ως τμήματα των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που για μεγάλο χρονικό διάστημα αποτελούσαν και την πιο σημαντική εφαρμογή τους. Σήμερα, τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα έχουν πια πολλές επιπλέον χρήσεις σε διάφορους τομείς όπως στην ανίχνευση (μικροαισθητήρες), στους μηχανισμούς ενεργοποιητών (μικροενεργοποιητές), στην μεταφορά σημάτων, στις μικρομηχανές κτλ.

Λόγω των διαστάσεων τους, τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα εμφανίζουν ιδιότητες που δεν παρατηρούνται στα μακροσκοπικά συστήματα.

Στην μικροσκοπική κλίμακα οι ηλεκτροστατικές και μαγνητικές αλληλεπιδράσεις έχουν διαφορετικές συμπεριφορές και σε ακόμα μικρότερες διαστάσεις, της τάξης των δεκάδων ή εκατοντάδων νανομέτρων.

6.3 Μικροσύστημα

Το μικροσύστημα είναι ένα έξυπνο μικροσκοπικό σύστημα που περιλαμβάνει ένα αισθητήρα ανίχνευσης, ένα κύκλωμα επεξεργασίας και σε αρκετές περιπτώσεις και δυνατότητα ανάδρασης. Μπορεί να συνδυάζει δύο ή περισσότερες λειτουργίες, όπως ηλεκτρική, μαγνητική και άλλες, ενσωματωμένες στο ίδιο κύκλωμα ή με τη μορφή υβριδικού κυκλώματος.

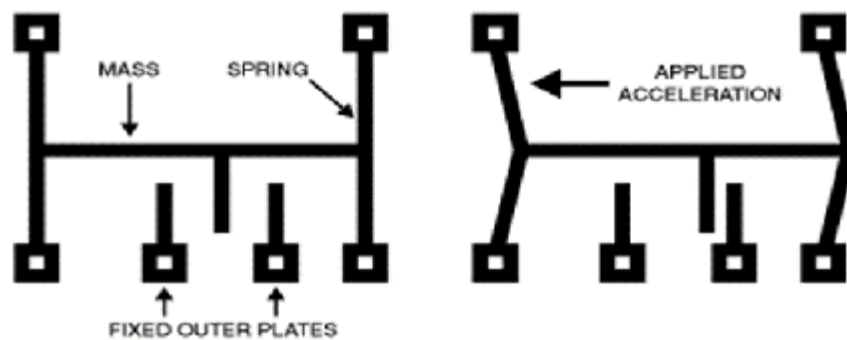


Εικόνα 25 Γενική μορφή μικροσυστήματος

6.4 Κατηγορίες Μικροηλεκτρομηχανικών Συστημάτων

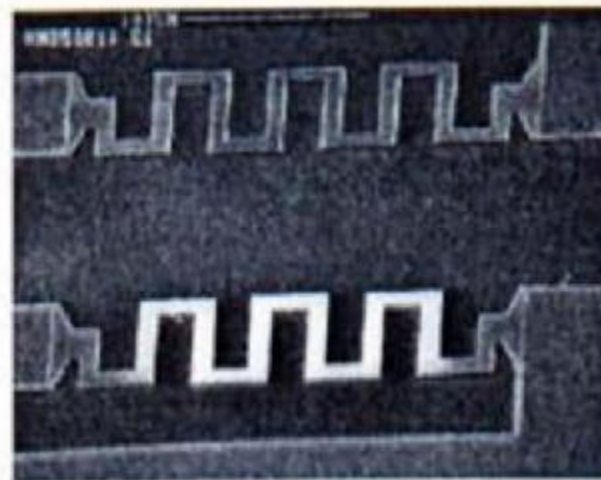
6.4.1 Αισθητήρες

Μία πρώτη κατηγορία μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων είναι οι αισθητήρες οι οποίοι επιτελούν ακριβώς τις ίδιες λειτουργίες όπως και οι αισθητήρες κανονικού μεγέθους και χωρίζονται στις εξής δύο κατηγορίες:



Εικόνα 10 Σχεδιάγραμμα αρχής λειτουργίας του επιταχυνσιόμετρου [19]

Επιταχυνσιόμετρο: Μια εφαρμογή των αισθητήρων αυτών είναι στα συστήματα των αερόσακων των αυτοκινήτων. Σε αυτήν την εφαρμογή ένα επιταχυνσιόμετρο κατασκευάζεται ώστε να αντιλαμβάνεται την απότομη μεταβολή της επιτάχυνσης και να ενεργοποιεί (Εικόνα 10) το σύστημα των αερόσακων του αυτοκινήτου.

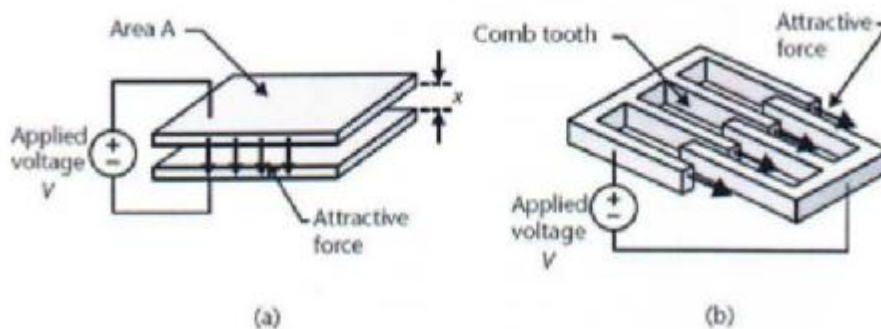


Εικόνα 27 Μικροαισθητήρας λόγω αερίου καυσίμου

Αισθητήρας αερίου καυσίμου: Ένας αισθητήρας αερίου καυσίμου παρουσιάζεται στην Εικόνα και χρησιμοποιείται για την ανάλυση της ποιότητας του αέρα και ιχνών χημικών. Αποτελείται από ένα αγωγίμο νήμα, με ένα καταλυτικό στρώμα επίστρωσης, το οποίο θερμαίνεται με την χρήση ηλεκτρικού ρεύματος. Τα αέρια αντιδρούν με την καταλυτική επιφάνεια απελευθερώνοντας θερμότητα η οποία αλλάζει την αγωγιμότητα του νήματος.

6.4.2 Ενεργοποιητές

Οι ενεργοποιητές αποτελούν ένα ακόμα είδος μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων και αποτελούν μία διάταξη που τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο μετατρέπει σε κάποια διαφορετική μορφή ενέργειας εκτελώντας κάποια συγκεκριμένη ενέργεια.



Εικόνα 28 (α) Ηλεκτροστατικός ενεργοποιητής παράλληλων πλακών. (β) Ηλεκτροστατικός ενεργοποιητής διάταξης χτένας [21]

Το σήμα που μπορεί να ενεργοποιήσει τον μικροηλεκτρομηχανικό ενεργοποιητή ποικίλει σε μορφές και μπορεί να είναι:

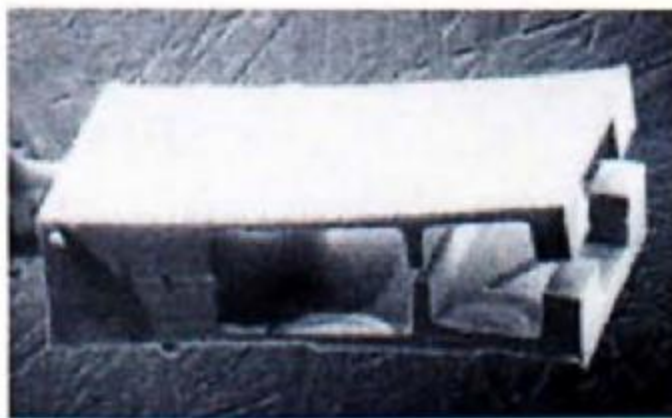
- Ηλεκτρικό
- Μαγνητικό
- Θερμικό
- Ηλεκτροστατικό
- Μαγνητοστατικό



Εικόνα 29 Μονάδα μείωσης ταχύτητας πολλαπλών ταχυτήτων. (Κάτοψη της μονάδας μειωτήρα.) [20]

Εφαρμογές μικροενεργοποιητών

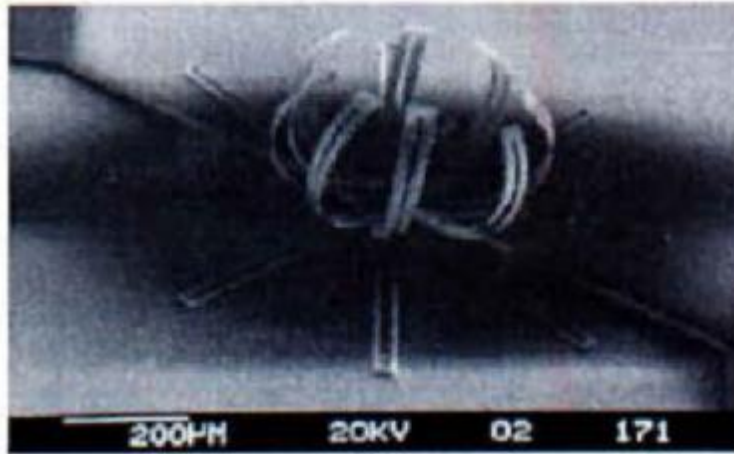
Μικρολαβίδες: Οι μικρολαβίδες έχουν ως κύριο πεδίο εφαρμογής τις μικροεπεμβάσεις στην ιατρική, καθώς και την συναρμολόγηση μικροσυστημάτων. Η συνηθέστερη δομή που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση μία μικρολαβίδας αποτελείται από ένα ζεύγος από ελάσματα με αντίθετη καμπύλωση, όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα . Καθώς τα ηλεκτρόδια θερμαίνονται τα ελάσματα καμπυλώνονται με αποτέλεσμα η μικρολαβίδα να ανοίγει.



Εικόνα 30 Μικρολαβίδα

Μία άλλη δομή για την κατασκευή μικρολαβίδων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11, αποτελείται από ελάσματα τα οποία με την παροχή ρεύματος μένουν ανοιχτά στο επίπεδο και, όταν σταματήσει η παροχή

ρεύματος, τότε τα ελάσματα κλείνουν, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11, σχηματίζοντας κάποιου είδους κελί. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας αυτής της μικρολαβίδας της επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ώστε να διαχειρίζεται μικροοργανισμούς ή σαν χειρουργικό εργαλείο.



Εικόνα 11 Μικρολαβίδα

Μικρονυστέρι: Το μικρονυστέρι χρησιμοποιείται με ένα μικροωθητήρα ως χειρουργικό εργαλείο για επεμβάσεις που απαιτούν ακριβή χειρισμό ο οποίος επιτυγχάνεται με την χρήση ενός μικροκινητήρα.

6.4.3 Μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα ραδιοσυχνοτήτων (RF - MEMS)

Στην συνέχεια θα γίνει αναφορά στα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα ραδιοσυχνοτήτων. Πρόκειται για διατάξεις που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που αφορούν ραδιοσυχνότητες. Τα συγκεκριμένα συστήματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα μερικά εκ των οποίων είναι:

- πολύ καλή μόνωση
- μικρές απώλειες απόσβεσης
- μεγάλες ταχύτητες
- καλή απόδοση
- μικρή κατανάλωση
- μικρό κόστος

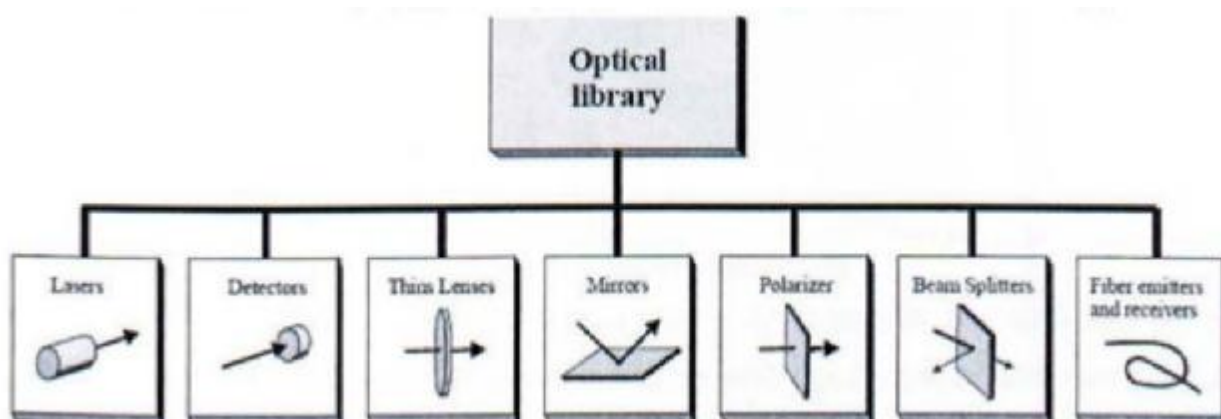
Αυτές οι διατάξεις διαμορφώνουν συσκευές οι οποίες λειτουργούν ως:

- μεταλλικοί διακόπτες επαφής

- παράλληλοι διακόπτες
- μεταβλητοί πυκνωτές
- κεραίες
- φίλτρα

6.4.4 Οπτικά μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα (MOEMS)

Τα οπτικά μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα είναι συσκευές που χρησιμοποιούν ηλεκτρομηχανικά και οπτικά μέρη όπως οπτικούς διακόπτες και ανακλαστήρες. Αυτά τα συστήματα εφαρμόζονται κατά κύριο λόγο σε εφαρμογές που χρειάζεται να γίνει κατεύθυνση, μετάδοση, φιλτράρισμα ή και ενίσχυση οπτικών μέσων.

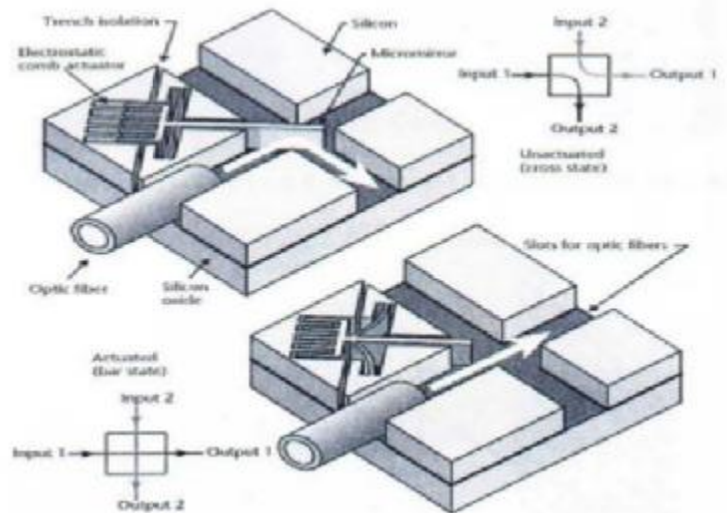


Εικόνα 12 Οπτικά μικροεξαρτήματα για την υλοποίηση των οπτικών μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων

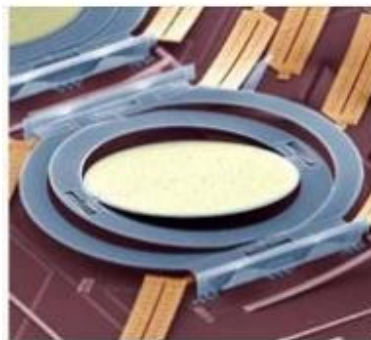
6.4.4.1. Εφαρμογές οπτικών μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων

Ως προς τις εφαρμογές των οπτικών μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων από τις πλέον διαδεδομένες είναι οι οπτικοί διακόπτες, οι ψηφιακοί αναμεταδότες, τα μικροφράγματα, οι μικροσαρωτές, και άλλα. Στις εφαρμογές των οπτικών διακοπών συγκαταλέγονται οι μικροκαθρέπτες, η κίνηση των οποίων ελέγχεται μέσω ενεργοποιητών. Χρησιμοποιούνται ώστε να κατευθύνουν το φως από μια οπτική ίνα εισόδου σε μια συγκεκριμένη έξοδο ή το αφήνουν να περάσει. Στην περίπτωση που δεν έχουμε έναν

οπτικό διακόπτη 2x2, όπως αυτός της Εικόνα 13, αλλά έναν οπτικό διακόπτη NxN, η λειτουργία του επιτυγχάνεται με συστοιχίες μικροκαθρεπτών, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 14.

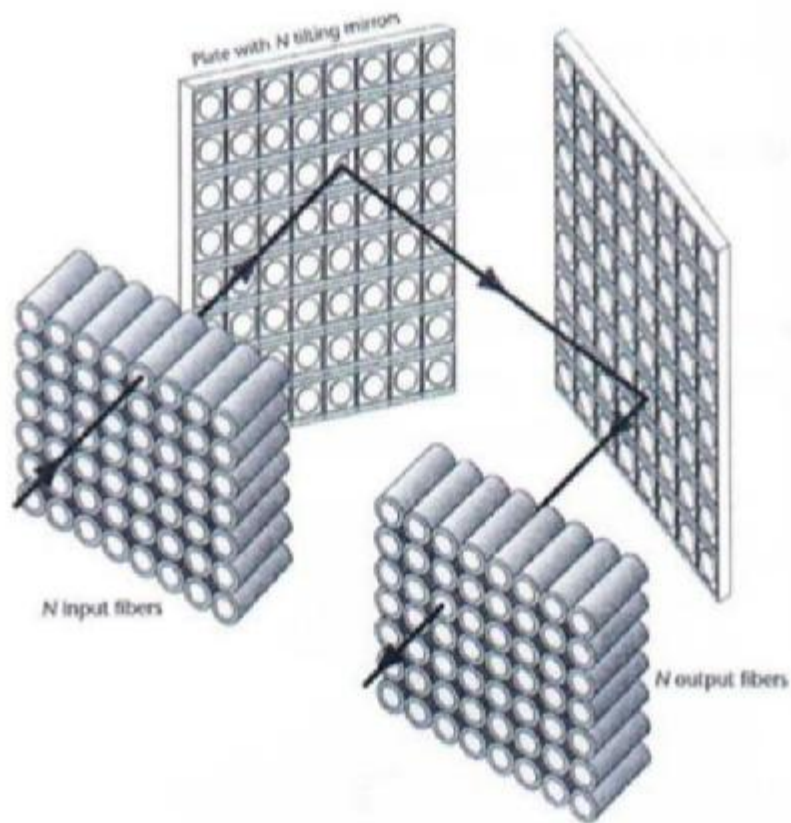


Εικόνα 13 Απεικόνιση 2x2 δυαδικού διακόπτη. Ένας ενεργοποιητής χτένας ελέγχει την θέση του μικροκαθρέπτη, ο οποίος στην συνέχεια ελέγχει την φωτεινή ακτίνα. [21]



Εικόνα 34 Μικροκαθρέπτης (technologywatch) [22]

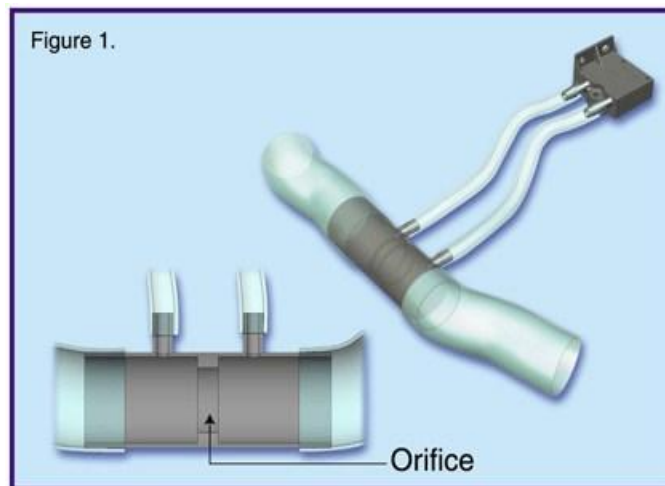
Όταν έχουμε την είσοδο της δέσμης φως και ανάλογα με την κατάσταση του κάθε οπτικού διακόπτη, αυτός ανακλά την δέσμη σε κάποιον άλλο και εκείνος με τη σειρά του στην κατάλληλη έξοδο. Στην τρισδιάστατη περίπτωση οι οπτικοί διακόπτες δεν έχουν μόνο δύο καταστάσεις, αλλά μπορούν να αλλάζουν την θέση τους, με τη βοήθεια μικροκαθρεπτών σε ένα συνεχές εύρος γωνιών δύο διαστάσεων. Αυτό επιτρέπει σε έναν τέτοιο διακόπτη να κατευθύνει την δέσμη στο χώρο.



Εικόνα 14 Σχηματική απεικόνιση της τρισδιάστατης αρχιτεκτονικής για έναν διακόπτη $N \times N$ [21]

6.4.5. Μικροηλεκτρομηχανικά Συστήματα Ελέγχου Ροής

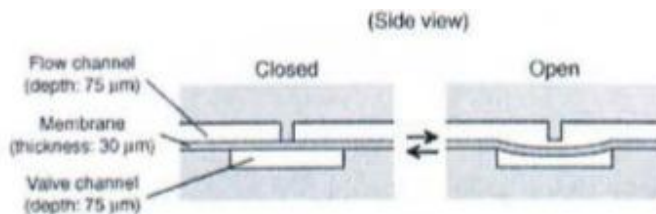
Τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα ελέγχου ροής (Εικόνα) είναι σχεδιασμένα ώστε να ελέγχουν την ροή υγρών. Μικροσυσκευές όπως οι μικροαντλίες και μικροβαλβίδες έχουν σχεδιαστεί ώστε να κινούν, να εκβάλλουν και να αναμιγνύουν μικρές ποσότητες υγρών.



Εικόνα 36 Μικροηλεκτρομηχανικά Συστήματα Ελέγχου Ροής [23]

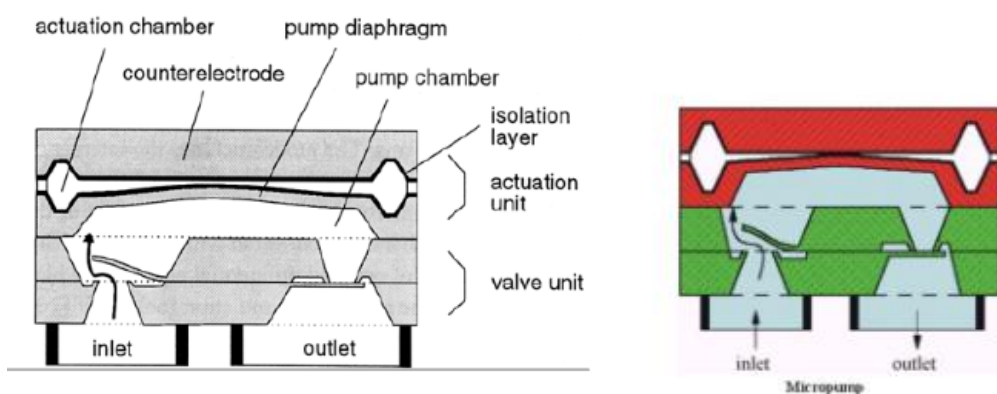
6.4.5.1. Εφαρμογές μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα ελέγχου ροής

Μικροβαλβίδες: Αποτελούν μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα τα οποία επιτρέπουν ή όχι την ροή αερίων και υγρών. Η λειτουργία τους βασίζεται σε μία ποσότητα κάποιου αδρανούς αερίου ή υγρού το οποίο με την βοήθεια ενός αντιστάτη θερμαίνεται μέχρι να αλλάξει φάση με αποτέλεσμα να ασκήσει τεράστια δύναμη και να κλείσει η βαλβίδα.

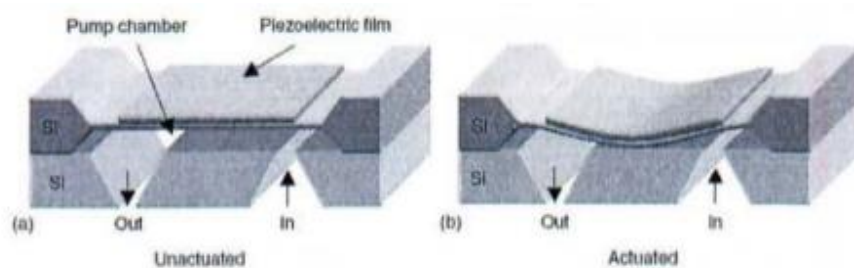


Εικόνα 37 Μικροβαλβίδα

Μικροαντλίες: Η μικροαντλία αποτελείται από μια κοιλότητα που σχηματίζεται από μια μεμβράνη και δύο μικροβαλβίδες μονής κατεύθυνσης. Το σύστημα περιέχει ηλεκτρόδια τα οποία βρίσκονται σε μια διαφορετική κοιλότητα απομονωμένα μακριά από το υλικό που πρέπει αντληθεί. Το ρευστό αντλείται από την μια βαλβίδα εισόδου και ελευθερώνεται από την άλλη βαλβίδα εξόδου με την βοήθεια της μεμβράνης, όπως φαίνεται στις εικόνες 30 και 31.



Εικόνα 38 Μικροαντλία με δύο μικροβαλβίδες μονής κατεύθυνσης [24] [25]



Εικόνα 39 Μικροαντλία (α) απενεργοποιημένη και (β) ενεργοποιημένη

Συμπεράσματα

Μελετώντας τα ενσωματωμένα συστήματα, φάνηκε πως είναι πλέον άρρηκτα συνδεδεμένα με την σύγχρονη κοινωνία. Η ανάπτυξη τους έχει προσφέρει τεράστια οφέλη προς την βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων. Υποστηρίζουν ένα τεράστιο εύρος συσκευών και εφαρμογών, καθώς εκτιμάται ότι πολλοί επεξεργαστές που βρίσκονται σε χρήση σήμερα στηρίζονται στα ενσωματωμένα συστήματα. Το μέγεθος αυτών των συστημάτων είναι αρκετά μικρότερο από αυτό των υπολογιστών γενικής χρήσης, για αυτό και συχνά δεν γίνονται αισθητά από τους χρήστες, παρότι είναι πολύ αποδοτικά και ευέλικτα.

Επομένως, στόχος της εργασίας ήταν να προσεγγίσουμε τον τόσο σημαντικό τομέα των ενσωματωμένων συστημάτων και αναλύοντας τα επιμέρους στοιχεία τους να φτάσουμε στο σημείο να κατανοήσουμε την αξία τους για τον σύγχρονο άνθρωπο, αλλά και τις μελλοντικές -εντυπωσιακές ενδεχομένως- εφαρμογές τους. Για το σκοπό αυτό, παρουσιάστηκε στο αρχικό κεφάλαιο η εσωτερική δομή, οι κατηγορίες και τα χαρακτηριστικά των ενσωματωμένων συστημάτων τα οποία με τη σειρά τους τεκμηριώνουν τις ποικίλες εφαρμογές τους. Συγκεκριμένα, αυτές εντοπίζονται στις τηλεπικοινωνίες, στα αυτοκίνητα, στις τράπεζες, στις συναλλαγές, σε διάφορες οικιακές και μη συσκευές. Ακόμη στα πλαίσια του ίδιου κεφαλαίου αναλύθηκε η βασική δομή των ΕΣ που στηρίζεται στις εισόδους, τη μνήμη, τον επεξεργαστή και τις εξόδους.

Το επόμενο κεφάλαιο αποσκοπούσε στην προβολή της σύστασης και της τεχνολογίας των μικροελεγκτών οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα ενσωματωμένα συστήματα για την επεξεργασία. Παρουσιάστηκαν, επομένως, η αρχιτεκτονική, και οι οικογένειες των μικροελεγκτών, αφού οι τελευταίοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία των ενσωματωμένων συστημάτων. Στο ίδιο κεφάλαιο, εκτεταμένα έγινε λόγος για τις μνήμες, τα περιφερειακά και τους αισθητήρες, καθώς όλα τα παραπάνω αποτελούν θεμελιώδη συστατικά των ενσωματωμένων συστημάτων.

Στο κεφάλαιο που ακολούθησε, κρίθηκε σκόπιμο να γίνει ιστορική αναδρομή για την πορεία των ΕΣ, αλλά και να δοθεί έμφαση στην εξέλιξη τους τα τελευταία 20 χρόνια. Το συγκεκριμένο κομμάτι της εργασίας θεωρήθηκε πως είναι ιδιαίτερος σημαντικό, εφόσον η μελέτη του παρελθόντος, των τάσεων, των ρυθμών και των αλλαγών, συνήθως μας δίνει τις απαραίτητες ενδείξεις ώστε να προβλέψουμε ως ένα βαθμό το μέλλον και να κατανοήσουμε τις εξελίξεις.

Στο 5ο πλέον κεφάλαιο η εστίαση εντοπίζεται στα έξυπνα ενσωματωμένα συστήματα και τις εφαρμογές τους στους τομείς των υποδομών, του περιβάλλοντος, της βιομηχανίας, της ενέργειας, των αυτοματισμών, της ιατρικής και των μεταφορών. Τα συστήματα αυτά είναι συνδεδεμένα σε ορισμένο δίκτυο για αυτό και κατέχουν έναν καίριο ρόλο στον τομέα του Ίντερνετ των Αντικειμένων. Οι χρήσεις αυτές οδηγούν και στην «Διάχυτη Υπολογιστική» για την οποία δόθηκαν ο ορισμός, τα επίπεδα και οι βασικές έννοιες.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα, καθώς και οι κατηγορίες και οι εφαρμογές αυτών. Το πολύ ενδιαφέρον στοιχείο σε αυτά είναι ότι μπορούν να δώσουν εξαιρετική ώθηση στην τεχνολογία και να δημιουργήσουν εντυπωσιακές εφαρμογές στο μέλλον, εξαιτίας του γεγονότος ότι ως συστήματα στηρίζονται στη νανοτεχνολογία και τις πρακτικές της.

Η εντονότατη παρουσία των ενσωματωμένων συστημάτων στη σύγχρονη ανθρώπινη ζωή όχι μόνο δεν προβλέπεται να μειωθεί κατά τις επόμενες δεκαετίες, αλλά απεναντίας αναμένεται να αυξηθεί και να επεκταθεί ακόμη περισσότερο. Οι ανάγκες των σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών υπαγορεύουν υψηλές ταχύτητες, διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, φυσική αντοχή, αλλά και χαμηλή κατανάλωση. Οι επιταγές αυτές, όπως φάνηκε, προέρχονται από τη δόμηση και την εξέλιξη της ανθρώπινης διαβίωσης σε ολόκληρο τον πλανήτη.

Στο μέλλον υπάρχει η πρόβλεψη πως τα ενσωματωμένα συστήματα θα προαχθούν ακόμη πιο πολύ με αποτέλεσμα να δημιουργήσουν νέες συσκευές και εφαρμογές που θα διευκολύνουν επιπρόσθετα την ζωή του ανθρώπου. Η χρήση τους αυτή τη στιγμή γνωρίζουμε πως εντοπίζεται σε συσκευές τηλεοράσεων, πλυντηρίων, κινητών τηλεφώνων, ρολογιών, αυτοκινήτων, αερόσακων, αεροπλάνων και όχι μόνο. Παρατηρείται, επίσης, εκτεταμένη χρήση ΕΣ και στα πλαίσια της NASA, αφού με τη βοήθεια των ενσωματωμένων συστημάτων δημιουργούνται ρομποτικά αμαξίδια που στέλνονται στο διάστημα. Φαίνεται, ακόμη, πως, προοδευτικά, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στον τομέα της ιατρικής επιστήμης, εξυπηρετώντας τις σύνθετες ανάγκες του κλάδου προς όφελος του ανθρώπου. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο μαγνητικός τομογράφος.

Αξιοσημείωτη είναι, επιπλέον, η αξιοποίηση των ενσωματωμένων συστημάτων στους τομείς της γεωργίας και της βιομηχανίας. Με την χρήση των αισθητήρων και τον συνδυασμό πολύπλοκων εφαρμογών των ΕΣ διευκολύνεται και εξυπηρετείται η ποιοτικότερη και γρηγορότερη παραγωγή αγαθών. Ακόμη, ως προς την επιστήμη και το περιβάλλον, η διασύνδεση ενσωματωμένων συστημάτων και η εξ αποστάσεως παρακολούθησή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή και ανάλυση

δεδομένων ακριβείας. Ένα χαρακτηριστικό πλην χρηστικό παράδειγμα είναι η χρήση αισθητήρων για την παρακολούθηση και ανάλυση καιρικών φαινομένων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να συλλεχθούν στοιχεία για φαινόμενα που δύσκολα προσεγγίζονταν παλαιότερα ή ακόμα και να προβλεφθεί ακριβέστερα και πιο αξιόπιστα ο καιρός. Φαίνεται, καταληκτικά, πως η χρήση της νανοτεχνολογίας θα διαφοροποιήσει αρκετά τα ενσωματωμένα συστήματα και πιθανότατα θα τους προσδώσει εφαρμογές μέχρι και σε μοριακό επίπεδο.

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στο να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η εξέλιξη των ενσωματωμένων συστημάτων συνεπάγεται άμεσα την πρόοδο και διευκόλυνση πολλών επιστημών οι οποίες στοχεύουν στην εξυπηρέτηση των ανθρώπων. Σαφέστατα, κύριος παράγοντας για να επιτευχθεί αυτό είναι τα ενσωματωμένα συστήματα να χρησιμοποιούνται με τρόπο ορθό, νόμιμο και ηθικό. Δεν είναι, δηλαδή, θεμιτό και αποδεκτό να μπορούν να ελεγχθούν από άλλους σε βάρος των ίδιων των χρηστών ή να χρησιμοποιηθούν για να καταπατηθεί η ιδιωτικότητα του ατόμου. Συνεπώς, σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να γίνεται λανθασμένη χρήση τους ή οι εφαρμογές τους να πραγματοποιούνται με γνώμονα το συμφέρον και όχι τη συλλογική πρόοδο.

Βιβλιογραφία

Peripherals. (2010). Ανάκτηση 2016, από Romux: <http://www.romux.com/tutorials/embedded-system/peripherals>

Sensors in embedded systems. (2012). Ανάκτηση από Z Embedded:
<http://www.zembedded.com/sensors-in-embedded-systems/>

Internet of Things: Science Fiction or Business Fact? (2014, Νοέμβριος). Ανάκτηση 2016, από Harvard Business Review:
https://hbr.org/resources/pdfs/comm/verizon/18980_HBR_Verizon_IoT_Nov_14.pdf

Microcontroller Types and Applications. (2015, 8 9). Ανάκτηση 2016, από ELECTRONICS HUB:
<http://www.electronicshub.org/microcontrollers/>

Agarwal, T. (2015). *A Brief About Embedded System their Classifications and Applications.* Ανάκτηση από <https://www.efxkits.us/classification-of-embedded-systems/>

Barr, M. (2001, May 1). *Introduction to Memory Types.* Ανάκτηση 2016, από Embedded:
<http://www.embedded.com/electronics-blogs/beginner-s-corner/4023326/Introduction-to-Memory-Types>

Barr, M. (2009, August 1). *Real men program in C.* Ανάκτηση 2016, από Embedded Systems Design. TechInsights (United Business Media): <http://www.embedded.com/electronics-blogs/barr-code/4027479/Real-men-program-in-C>

Barr, M., & Massa, A. (2006). Introduction. Στο *Programming Embedded Systems, 2nd Edition - With C and GNU Development Tools* (σσ. 1-2). O'Reilly Media.

Castells, M. (2010). *The Information Age: Economy, Society and Culture Volume 1: The Rise of the Network Society.* Oxford: Wiley Blackwell.

- Chui, M., Löffler, M., & Roberts, R. (2014, Ιουλίου 10). *The Internet of Things*. Ανάκτηση 2016, από McKinsey Quarterly: <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/the-internet-of-things>
- Cognizant Reports. (2014, Μάιος). *Reaping the Benefits of the Internet of Things*. Ανάκτηση 2016, από Cognizant: <https://www.cognizant.com/InsightsWhitepapers/Reaping-the-Benefits-of-the-Internet-of-Things.pdf>
- Dan, S. (2001, Μάρτιος 4). *Emerging RAM Technologies*. Ανάκτηση 2016, από Embedded: <http://www.embedded.com/design/connectivity/4023320/Emerging-RAM-Technologies>
- Ebert, C., & Jones, C. (2009, Απρίλιος). Embedded Software: Facts, Figures and Future. *Computer*, σσ. 42-52.
- Embedded Systems - History*. (n.d.). Ανάκτηση 2016, από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Embedded_system#History
- Ersue, M., Romascanu, D., Schoenwaelder, J., & Sehgal, A. (2014, Ιουλίου 4). *Management of Networks with Constrained Devices: Use Cases*. IETF Internet Draft.
- Evans, D. (2011). *The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*.
- Ganssle, J. (1999). Flash Memory: Past, Present, and Future. *Embedded Systems Programming*.
- Hart, J. K., & Martinez, K. (2015, Μάιος 15). Toward an environmental Internet of Things. *Earth and Space Science*, σσ. 194–200.
- Heath, S. (1997). What is an embedded system? Στο *Embedded Systems Design* (σσ. 1-7). Newnes.
- Istepanian, R., Hu, S., Philip, N., & Sungoor, A. (2011). The potential of Internet of m-health Things "m-IoT" for non-invasive glucose level sensing. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*.

- ITU. (2012, Ιούνιος). *Internet of Things Global Standards Initiative*. Ανάκτηση από ITU:
<http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>
- Li, Q., & Yao, C. (2003). *Real-Time Concepts for Embedded Systems*. San Francisco: CMP Books.
- Lopez Research. (2013, Νοέμβριος). *An Introduction to the Internet of Things (IoT)*. Ανάκτηση 2016, από Cisco.com:
http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/introduction_to_IoT_november.pdf
- Parello, J., Claise, B., Schoening, B., & Quittek, J. (2014, Απριλίου 28). *Energy Management Framework*. Ανάκτηση 2016, από IETF Internet Draft : <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-eman-framework-19>
- Poslad, S. (2009). *Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions*. Wiley.
- Tiwari, R. (2015). *Top technology trends I will be watching in 2015*. Ανάκτηση από Embedded:
<http://www.embedded.com/electronics-blogs/industry-comment/4438262/Top-technology-trends-I-will-be-watching-in-2015>
- Vermesan, O., & Friess, P. (2013). *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. River Publishers.
- Waldner, J.-B. (2008). *Nanocomputers and Swarm Intelligence*. London: John Wiley & Sons.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the Twenty-First Century. *Scientific American*, 94-104.
- Wood, A. (2015). *The internet of things is revolutionising our lives, but standards are a must*. Ανάκτηση 5 15, 2016, από The Guardian: <https://www.theguardian.com/media-network/2015/mar/31/the-internet-of-things-is-revolutionising-our-lives-but-standards-are-a-must>
- Δασυγένης, Μ., & Σούντρης, Δ. (2015). *Ενσωματωμένα Συστήματα: Ο αθέατος ψηφιακός κόσμος*.
- Στεφανιδάκης, Μ. (2006). Λειτουργικά Συστήματα Πραγματικού Χρόνου (ΠΜΣ-ΟΣΥΛ) – "Βασικές Έννοιες".

Οι εικόνες αντληθήκαν από :

1. <https://www.efxkits.us/classification-of-embedded-systems/>
2. <https://www.komando.com/tips/328980/why-theres-a-chip-in-your-new-credit-and-debit-cards/all>
3. <http://stepsmail.com/download/Career-In-Embedded-System.PDF>
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_architecture
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Von_Neumann_architecture
6. https://el.wikipedia.org/wiki/Intel_8051
7. <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/pic10f200>
8. <https://sg.rs-online.com/web/p/microcontrollers/4671397/>
9. <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/pic18c658>
10. http://www.happytrees.org/chips?page=chip&manufacturer=Atmel&part=AT90S8515_8PC
11. <https://www.pcmag.com/article2/0,2817,2394954,00.asp>
12. <https://www.popularmechanics.com/space/moon-mars/a25655/nasa-computer-iphone-comparison/>
13. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Autonetics_D-17.JPG
14. <https://spectrum.mit.edu/continuum/this-mit-start-up-wants-to-print-your-next-tv-screen/>
15. <http://www.manufacturersgroup.co.uk/good-news/iot-and-factories-of-the-future>
16. <https://www.findmarketresearch.org/2017/09/internet-things-healthcare-market/>
17. <http://www.sicomtesting.com/blog/en/internet-of-things-iot/>
18. <http://www.electronicdesign.com/iot/internet-things-hits-road>
19. <https://eu.mouser.com/applications/mems-overview/>
20. http://www.sandia.gov/mstc/_assets/images/mems/gallery/gears/1.jpg
21. <https://epdf.tips/an-introduction-to-mems-engineering.html>

22. http://www.lboro.ac.uk/microsites/mechman/research/ipm-ktn/pdf/Technology_review/an-introduction-to-mems.pdf
23. <https://www.designworldonline.com/measure-large-flows-with-small-sensors/>
24. https://www.researchgate.net/publication/228781683_Microelectromechanical_systems_MEMS_Fabrication_design_and_applications
25. <http://www.simucode.com/news.html>