



ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ και ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## **ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ**

Κώστας Οδυσσέας  
ΑΜ 2742

Επιβλέπων Καθηγητής  
Ρηγάκης Ηρακλής

## **Περίληψη**

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και η έρευνα του αυτόματου ελέγχου της υγρασίας και της θερμοκρασίας μέσω ενός μικροελεγκτή. Σκοπός κάθε έρευνας είναι η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, μέσω των έξυπνων σπιτιών - έξυπνων κτηρίων και γενικότερα η απλούστευση της καθημερινότητας, μέσω αυτοματισμών και μέσα από τη χρήση αισθητηρίων.

Ο αυτοματισμός μέσω μικροελεγκτών επιτρέπει τον έλεγχο και τη χρήση του συστήματος για περισσότερα υποσυστήματα χωρίς να απαιτούνται μεγάλες αλλαγές στο σύστημα παρά μόνο αλλαγή στον κώδικα του προγράμματος.

### **Λέξεις Κλειδί**

Αυτοματισμός, έλεγχος θερμοκρασίας υγρασίας με μικροελεγκτή, μελέτη αισθητηρίων.

## **Abstract**

The purpose of this project is the research and the study of the automatic control of temperature and humidity using a microcontroller. The purpose of every research is to improve living conditions through smart homes, smart buildings and generally the simplification of everyday life through the automation and through the use of sensors.

Automation using microcontrollers allows the usage of the system for more subsystems, without making great changes in the basic system, just only changing the program code.

## **Key words**

Automation, Temperature and humidity control using microcontroller, sensor review.

## Περιεχόμενα

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	σελ 6
Σχετική θερμοκρασία	σελ 8
Απόλυτη θερμοκρασία	σελ 9
ΥΓΡΑΣΙΑ	σελ 10
Σχετική Υγρασία	σελ 10
Απόλυτη Υγρασία	σελ 11
Μέτρηση-Υγρόμετρο	σελ 11
Επίδραση στον άνθρωπο	σελ 12
Υγιεινή σημασία	σελ 13

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

Εισαγωγή στους Αισθητήρες	σελ 15
Αισθητήρες LASER	σελ 17
Αισθητήρες πίεσεως	σελ 20
Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων	σελ 25
Αισθητήρες Ταχύτητας	σελ 26
Αισθητήρες Στάθμης	σελ 26
Αισθητήρες Θερμοκρασίας	σελ 28
Αισθητήρες Υγρασίας	σελ 31

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

Ψηφιακοί Αισθητήρες – SHT02D/02C	σελ 34
Συνδεσμολογία Αισθητηρίου	σελ 36
Το αμφίδρομο σειριακό σύστημα 2-καλωδίων (Bidirectional 2-wire Serial Interface)	σελ 36

Είσοδος παλμού χρονισμού (SCK) (Serial clock input)	σελ 37
Δεδομένα (DATA)	σελ 37
Αποστολή εντολής	σελ 38
Διαδικασία μέτρησης (RH και T)	σελ 39
Επανεκκίνηση σύνδεσης	σελ 40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	
Γενικά περί Μικροελεγκτών	σελ 42
Διαφορές από τον μικροεπεξεργαστή	σελ 42
Συνήθη υποσυστήματα	σελ 44
Πρόσθετες λειτουργίες	σελ 47
Διαδεδομένες κατηγορίες μικροελεγκτών	σελ 49
Μικροεπεξεργαστής 8051	σελ 51
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	
Περιγραφή του αναπτυξιακού συστήματος	σελ 56
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>	
Πρόγραμμα λειτουργίας ελέγχου	σελ 59
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b>	
Εφαρμογές ελέγχου υγρασίας και θερμοκρασίας	σελ 64
Πως μπορεί ένα έξυπνο σπίτι να βοηθήσει ΑμΕΑ και ηλικιωμένους	σελ 69
<b>ΠΗΓΕΣ</b>	
	Σελ 70

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **ΠΕΡΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

### **ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**

Η θερμοκρασία είναι η φυσική ιδιότητα που βασικά προσδιορίζει τις έννοιες του ζεστού και του κρύου. Για παράδειγμα, το σώμα με την μεγαλύτερη θερμοκρασία έναντι άλλου ή άλλων λέγεται θερμότερο (πιο ζεστό).

Η θερμοκρασία στη πράξη είναι ακριβώς το μέτρο εκείνο με το οποίο προσδιορίζεται η "θερμική κατάσταση" των διαφόρων σωμάτων, είναι δηλαδή ένα φυσικό μέγεθος που συνδέεται με την μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων ενός συστατικού, το οποίο και χαρακτηρίζει πόσο θερμό ή πόσο ψυχρό είναι αυτό.

Το αίτιο που δημιουργεί το αίσθημα του θερμού ή ψυχρού είναι η θερμότητα που όταν χορηγείται (απορροφάται) ή αφαιρείται (εκλύεται) από ένα σώμα προκαλεί "μεταβολή θερμοκρασίας" (ύψωση ή υποβιβασμό). Συνεπώς θερμότητα και θερμοκρασία είναι διαφορετικές έννοιες. Η μεν θερμότητα είναι μορφή ενέργειας, η δε θερμοκρασία ιδιότητα και μέγεθος.

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

αφαίρεσης της θερμότητας. Έτσι με την παρατήρηση της διαστολής ή συστολής του υδραργύρου, που χρησιμοποιείται συνήθως στα θερμόμετρα, διαπιστώνεται και η μεταβολή της θερμοκρασίας η οποία διαβάζεται στην, κατάλληλα βαθμολογημένη σε βαθμούς θερμοκρασίας, κλίμακα του θερμομέτρου. Γενικώς τα θερμόμετρα διακρίνονται σε "κοινά" ή "υδραργυρικά" και σε "θερμόμετρα οινόπνευματος" (για χαμηλότερες θερμοκρασίες). Χρησιμοποιούνται επίσης και "ηλεκτρικά θερμόμετρα" που βασίζονται στην αρχή του θερμοηλεκτρικού στοιχείου, επίσης τα "οπτικά" ή ηλεκτρικά "πυρόμετρα" καθώς και άλλα ειδικών κατηγοριών. Η βαθμολογία των θερμομέτρων γίνεται σε βαθμούς Celsius (Κελσίου) °C , στο μετρικό σύστημα, και σε βαθμούς Fahrenheit (Φαρενάιτ) °F, στο αγγλικό σύστημα.

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

Στο θερμόμετρο Φαρενάιτ η θερμοκρασία τήξεως του πάγου αντιστοιχεί στους 32° F, η δε θερμοκρασία βρασμού στους 212° F. Το ενδιάμεσο αυτών διάστημα υποδιαιρείται σε 180 ίσα μέρη που καλούνται "βαθμοί Φαρενάιτ".

Εκ των παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι 180 βαθμοί Φαρενάιτ που περιέχονται μεταξύ 32° F και 212° F, αντιστοιχούν στους 100 βαθμούς Κελσίου, που περιέχονται μεταξύ 0° C και 100° C.

Επομένως ένας βαθμός Κελσίου ισούται με 1,8 βαθμούς Φαρενάιτ.

Όπου και ακολουθούν οι σχέσεις:

$$C = (F - 32) \frac{100}{180} \quad \text{ή} \quad C = \frac{(F - 32)}{1.8}$$

$$F = \frac{180}{100} C + 32 \quad \text{ή} \quad F = 1.8 C + 32$$

Σημείωση: Εκτός των παραπάνω κλιμάκων Κελσίου και Φαρενάιτ υπάρχει και η κλίμακα Κέλβιν για μέτρηση της απόλυτης θερμοκρασίας καθώς επίσης και η ογδοντάβαθμη κλίμακα Ρεωμόρου που δίνει την θερμοκρασία σε βαθμούς Ρεωμόρου ( $^{\circ}\text{R}$ ) χωρίς όμως πρακτική αξία αν και χρησιμοποιείται μόνο σε εργαστηριακές μετρήσεις.

### **Σχετική θερμοκρασία**

Κάθε θερμοκρασία που μετριέται αρχίζοντας από το  $0^{\circ}$  της κλίμακας Κελσίου ή της κλίμακας Φαρενάιτ ονομάζεται σχετική θερμοκρασία και καλείται θετική όταν είναι υψηλότερα του μηδενός και αρνητική όταν είναι χαμηλότερα.

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



### **Απόλυτη θερμοκρασία**

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

Η απόλυτη θερμοκρασία συμβολίζεται με το γράμμα  $T$ .

## ΥΓΡΑΣΙΑ

Όπως είναι γνωστό στον ατμοσφαιρικό αέρα περιέχονται και υδρατμοί που προέρχονται από την εξάτμιση υγρών επιφανειών, κυρίως των θαλασσών. Η παρουσία αυτών των υδρατμών στον αέρα καλείται υγρασία. Η υγρασία της ατμόσφαιρας διακρίνεται σε "απόλυτη" και σε "σχετική υγρασία".

### Σχετική υγρασία

Σχετική υγρασία είναι ο λόγος της ποσότητας ή του βάρους των υδρατμών, που περιέχει ο αέρας, προς εκείνη την ποσότητα ή το βάρος των υδρατμών τους οποίους μπορεί να συμπεριλάβει (υπό την αυτή θερμοκρασία και πίεση) μέχρις ότου αυτός κορεστεί. Η σχετική υγρασία εκφράζεται επί τοις %. Έτσι υφίσταται ο τύπος:  $\Sigma\upsilon = B' / B \times 100$ . Όπου

B': ποσότητα υπαρχόντων υδρατμών και

B: ποσότητα που καθιστά τον αέρα κεκορεσμένο ή μέγιστη τάση υδρατμών.

Ο κεκορεσμένος αέρας έχει σχετική υγρασία 100%, ενώ ο τελείως ξηρός αέρας έχει υγρασία 0%.

Όταν επικρατεί ομίχλη ο αέρας είναι συνήθως κεκορεσμένος.

Ιδιαίτερης σημασίας είναι το γεγονός ότι: όταν η θερμοκρασία αέρος, που περιέχει ορισμένη ποσότητα υδρατμών ελαττώνεται, η σχετική υγρασία του αυξάνει και αντίστροφα.

Πολύ συχνά τα Δελτία καιρού αναφέρουν και το στοιχείο της "σχετικής υγρασίας" σε ποσοστό επί τοις 100, π.χ. 50%, 60%

κ.λπ. Όταν η σχετική υγρασία είναι 100% τότε η ατμόσφαιρα είναι κεκορεσμένη δηλαδή πλήρης υδρατμών μη δυνάμενη να συγκρατήσει άλλους. Αντίθετα όταν είναι π.χ. 50% και η θερμοκρασία αέρος 20° C για τον χειμώνα, και 26° C για το καλοκαίρι, τότε αισθανόμαστε ευχάριστα.

### **Απόλυτη υγρασία**

Απόλυτη υγρασία ονομάζεται η ποσότητα των υδρατμών (σε γραμμάρια, gr) που περιέχεται σε 1 m<sup>3</sup>. Από τον ορισμό καταλαβαίνουμε ότι πρόκειται για την πυκνότητα του αέρα σε υδρατμούς. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$a = m / V$$

Η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί μικρή ή μεγάλη ποσότητα υδρατμών είναι ανάλογη προς την θερμοκρασία του. Σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει η ατμόσφαιρα έχει μια μέγιστη τιμή. Την τιμή αυτή μπορούμε να την υπολογίσουμε από την εξίσωση των Magnus-Tetens, όπου θ η θερμοκρασία που έχει η ατμόσφαιρα μετρούμενη σε βαθμούς Κελσίου (°C).

Στην ομίχλη παρατηρείται απόλυτη υγρασία, δηλαδή 100%.

### **Μέτρηση-Υγρόμετρο**

Η μέτρηση της υγρασίας της ατμόσφαιρας γίνεται με ειδικά μετεωρολογικά όργανα τα οποία και είναι: τα υγρόμετρα, οι υγρογράφοι καθώς και τα ψυχρόμετρα.

Τις μεθόδους μέτρησης της υγρασίας και προσδιορισμού αυτής, γενικά, καθώς και την σε υδρατμούς περιεκτικότητα του αέρος, ειδικότερα, εξετάζει η Υγρομετρία που είναι κλάδος της Φυσικής.

### **Επίδραση στον άνθρωπο**

Η υγρασία της ατμόσφαιρας έχει άμεση επίδραση στην αποβολή ύδατος από το ανθρώπινο σώμα που συντελείται αφενός μεν από την εξάτμιση δια των πνευμόνων και του δέρματος, εκ των οποίων και ρυθμίζεται η θερμοκρασία του σώματος, αφετέρου δια των ούρων και κοπράνων. Η ποσότητα αυτή του εξατμιζόμενου ύδατος που αποβάλλεται υπό μορφή υδρατμών ημερησίως, από ένα ενήλικο άτομο, ανέρχεται κατά μέσον όρο στα 1.500 γραμ., εκ των οποίων τα 30 γραμ. αποβάλλονται από τους πνεύμονες κατά την εκπνοή, και το υπόλοιπο από το δέρμα.

Μετά από σειρά φυσιολογικών ερευνών συμπεραίνεται ότι η ολική ποσότητα του εξατμιζόμενου αυτού ύδατος σε όμοια σταθερή θερμοκρασία εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς, ενώ επί όμοιας υγρασίας εξαρτάται από την θερμοκρασία. Εκτός όμως των εξωτερικών αυτών συνθηκών επίδρασης σημαντική επίδραση φέρει και η κατάσταση του σώματος είτε από μυϊκή εργασία, είτε από την διατροφή είτε τέλος από την ενδυμασία. Σημειώνεται ακόμη ότι η αποβολή

αυτή κατά τον Ρώμπνερ εξαρτάται και από την ποσότητα του εισπνεόμενου αέρος που και αυτή ποικίλλει ανάλογα της κατάστασης του ανθρώπινου οργανισμού, αλλά και εκ των φυσικών φαινομένων. Για παράδειγμα ο άνεμος με θερμοκρασία 20-30 βαθμούς Κελσίου αφαιρεί από το δέρμα θερμαντικό εξ αγωγιμότητας δια του οποίου και περιστέλλεται η αποβολή του θερμαντικού. Αντίθετα η ατμοσφαιρική πίεση ελάχιστη επίδραση ασκεί στην αποβολή του ύδατος από τον οργανισμό.

### **Υγιεινή σημασία**

Ο αέρας όταν βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο κορεσμού, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας των υδρατμών, προκαλεί στον άνθρωπο αίσθημα δυσφορίας και δυσχεραίνει την αναπνοή και την αποβολή του ύδατος από το δέρμα. Όταν ακόμη αυτό συνδυάζεται και με υψηλή θερμοκρασία τότε εγκυμονείται κίνδυνος θερμοπληξίας. Αντίθετα σε μικρή "σχετική υγρασία" αυξάνεται η ποσότητα του ύδατος που αποβάλλεται, από το δέρμα και την αναπνοή, γεγονός που δεν έχει και ιδιαίτερη σημασία, από υγιεινής πλευράς, εκτός του ότι παρουσιάζει μερικό φαινόμενο της δίψας. Θερμός και ξηρός αέρας είναι περισσότερο ανεκτός όταν δεν είναι πολύ υγρός. Η περισσότερο ευχάριστη για τον ανθρώπινο οργανισμό υγρομετρική κατάσταση

του αέρα είναι εκείνη που εμπεριέχει μέτρια ποσότητα υδρατμών όπου καμία παρενόχληση δεν παρατηρείται τόσο στον σφυγμό και την αναπνοή όσο και στον ύπνο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Εισαγωγή στους Αισθητήρες

Οι κατηγορίες των Αισθητήρων

Οι αισθητήρες καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα εφαρμογών και έχουν καταστεί τόσο συνηθισμένοι στη σύγχρονη κοινωνία, που συχνά θεωρούμε την ύπαρξή τους ως δεδομένη.

Αυτό δημιουργεί φυσικά την απαίτηση οι τεχνικοί και οι μηχανικοί να έχουν μία πρακτική γνώση για αυτούς, ώστε να μπορούν να επιλέξουν την κατάλληλη συσκευή από ένα κατάλογο με αναλυτικές προδιαγραφές ή να επισκευάζουν, να επιλέγουν και να βαθμονομούν τους αισθητήρες που υπάρχουν σε κάποιο τμήμα εξοπλισμού που λειτουργεί.

Η ταξινόμηση των αισθητήρων γίνεται, είτε σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν (όπως π.χ. τη μέτρηση της θερμοκρασίας), είτε με βάση τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους.

Η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου είναι σημαντική για την καλή λειτουργία του συστήματος. Από την στιγμή που έχει ξεκαθαριστεί η μεταβλητή, η οποία θα μετρηθεί πρέπει να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα :

- Ποιο είναι το εύρος της μέτρησης, ποια είναι η επιθυμητή διακριτική ικανότητα του οργάνου, ποια είναι η απόκριση χρόνου του αισθητήρα, δηλαδή το πόσο γρήγορα εκτελεί την μέτρηση.

- Μετά την εκλογή του κατάλληλου αισθητήρα πρέπει να ακολουθήσει η εκλογή της τοποθέτησης του στο όλο σύστημα. Πολλές φορές έχουμε την δυνατότητα να μετρήσουμε την ίδια μεταβλητή σε πολλά σημεία του συστήματος.

Σε μία τέτοια περίπτωση πρέπει να διαλέξουμε την πιο κατάλληλη θέση, εκεί δηλαδή που η μέτρηση θα γίνει και θα είναι πιο αξιόπιστη. Στηριζόμενοι λοιπόν στις παραμέτρους, οι αισθητήρες κατηγοριοποιούνται ως εξής :

- Οι Επαγωγικοί Αισθητήρες εκμεταλλεύονται το φυσικό φαινόμενο της μεταβολής του συντελεστή ποιότητας σε ένα κύκλωμα συντονισμού, η οποία οφείλεται σε απώλειες δινορευμάτων σε αγώγιμα υλικά. Αυτή η αρχή επιτρέπει την χωρίς επαφή ανίχνευση όλων των αγώγιμων υλικών (μεταλλικά αντικείμενα, γραφίτης κλπ).

- Οι Χωρητικοί Αισθητήρες υπολογίζουν την μεταβολή της χωρητικότητας, που οφείλεται στην εισαγωγή ενός αντικειμένου σε ρόλο διηλεκτρικό στο ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή. Οι χωρητικοί αισθητήρες προσέγγισης, αντίθετα με τους επαγωγικούς, δεν ανιχνεύουν μόνο αγώγιμα υλικά, όπως πχ τα μέταλλα, αλλά λόγω της αρχής λειτουργίας τους ανιχνεύουν επίσης και μη αγώγιμα υλικά, όπως κεραμικά, ξύλο, πλαστικό, γυαλί, υγρά κτλ.

- Οι Μαγνητικοί Αισθητήρες ανιχνεύουν χωρίς επαφή μαγνητικά αντικείμενα. Παρόλο που χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι επαγωγικοί, η αρχή λειτουργίας τους επιτρέπει την ανίχνευση σε μεγάλες αποστάσεις ακόμα και από



μικρούς διακόπτες. Οι μαγνητικοί αισθητήρες βοήθησαν στο να αναλυθούν και να ελεγχθούν εκατοντάδες παράγοντες για αρκετές δεκαετίες. Οι υπολογιστές έχουν απεριόριστη μνήμη χάρη στη χρήση μαγνητικών αισθητήρων στους μαγνητικούς σκληρούς δίσκους και στις δισκέτες εγγραφής. Τα αεροπλάνα πετούν με υψηλότερα στάνταρ ασφάλειας εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας των διακοπών χωρίς επαφή οι οποίοι έχουν μαγνητικούς αισθητήρες. Οι βιομηχανίες έχουν υψηλή παραγωγικότητα εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας και του χαμηλού κόστους των μαγνητικών αισθητήρων.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να ανιχνεύσεις το μαγνητικό πεδίο, οι περισσότεροι από αυτούς βασίζονται στην στενή σχέση μεταξύ των μαγνητικών και ηλεκτρικών φαινομένων. Ένα κοινό στοιχείο όλων των εφαρμογών είναι ότι οι μαγνητικοί αισθητήρες εξασφαλίζουν μία αξιόπιστη τεχνολογία συγκρινόμενοι με άλλες τεχνολογίες αισθητήρων.

### **Αισθητήρες Laser**

- Αισθητήρες Φωτοκύτταρα

Τα Φωτοκύτταρα έχουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε εφαρμογές αυτοματισμού, επειδή επιτρέπουν την ανίχνευση αντικειμένων με ακρίβεια σε μεγάλες αποστάσεις. Όπου υπάρχει περιορισμός χώρου ή και υψηλές θερμοκρασίες, η χρήση των οπτικών ινών επιτρέπει την υλοποίηση ιδιαίτερα αποτελεσματικών συστημάτων ανίχνευσης. Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των φωτοκύτταρων είναι η

εξής: ένας δέκτης λαμβάνει το εκπεμπόμενο φως (ορατό ή μη ορατό, υπέρυθρο) και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα.

Οι αισθητήρες laser αποτελούν τη λύση σε αμέτρητες βιομηχανικές εφαρμογές ειδικά, όταν το μέγεθος του προς ανίχνευση αντικειμένου είναι πολύ μικρό ή όταν αυτό βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση. Η μέτρηση ροής υγρών είναι απαραίτητη σε πολλές βιομηχανίες. Η ροή διακρίνεται σε ροή ανοιχτού καναλιού και σε ροή κλειστού αγωγού. Τα περισσότερα όργανα μετράνε την ροή έμμεσα και διαχωρίζονται σε αυτά που μετράνε ταχύτητα και σε αυτά που μετράνε πίεση ή στάθμη.

- Αισθητήρες Laser Υπερήχων

Οι αισθητήρες ροής υπερήχων Doppler (φαινόμενο Doppler) μετρούν τη ροή εξωτερικά του αγωγού μέσω δετού αισθητήρα. Εκπέμπουν συνεχώς υπέρηχους στα 640 kHz που διασχίζουν τα τοιχώματα του σωλήνα και το τρεχούμενο υγρό. Ο ήχος ανακλάται πίσω στον αισθητήρα από σωματίδια ή φυσαλίδες που υπάρχουν στο υγρό. Για παράδειγμα, αν το υγρό ρέει, η ηχώ επιστρέφει σε διαφορετική συχνότητα ανάλογη της ταχύτητας ροής. Οι μετρητές ροής Doppler μετρούν διαρκώς αυτές τις μεταβολές συχνότητας για να υπολογίσουν τη ροή.

Το «φαινόμενο Doppler» παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1842 από έναν Αυστριακό φυσικό, τον Christian Doppler. Η τεχνική Doppler εφαρμόζεται μόνο σε υγρά που περιέχουν σωματίδια ή φυσαλίδες που αντανακλούν το σήμα.

Υπάρχουν ορισμένα «δύσκολα» υγρά που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στους κανονικούς μετρητές ροής: παχύρρευστα, κατακάθια, λήμματα, στιλβωτικά, διαβρωτικά χημικά κλπ. Επιπλέον, λόγω της εξωτερικής εγκατάστασης του αισθητήρα δεν προκαλείται πτώση της πίεσης ή παρεμπόδιση του υγρού. Για καλύτερα αποτελέσματα οι αισθητήρες Doppler πρέπει να τοποθετούνται μακριά από αναταράξεις και διαταραχές της ροής, όπως γωνίες σωληνώσεων και μακριά από εξαρτήματα επιτάχυνσης της ροής, όπως πχ βαλβίδες ελέγχου και αντλίες. Η τυπική ακρίβεια είναι  $\pm 2\%$  της πλήρους κλίμακας. Το σύστημα περιλαμβάνει ένα δετό αισθητήρα, καλώδιο σύνδεσης και μονάδα ελέγχου, που μπορεί να τοποθετηθεί σε μια βολική θέση (εντός 150 m). Οι αισθητήρες αυτού του είδους θεωρούνται εξαιρετικά ασφαλείς για εφαρμογές σε επικίνδυνες περιοχές.

- Αισθητήρες Laser Θερμιδομετρικοί

Σε πολλούς τομείς της βιομηχανικής παραγωγής τα υγρά και τα αέρια παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στον ποιοτικό έλεγχο και στην ασφάλεια λειτουργίας. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής που βασίζονται στη θερμιδομετρική αρχή είναι οι πλέον κατάλληλοι για την ορθή επιτήρηση ροής. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής βασίζονται στην αρχή της θερμικής αγωγιμότητας. Ο επιτηρητής ροής αποτελείται από έναν αισθητήρα, ο οποίος μετατρέπει το φυσικό μέγεθος σε ένα ηλεκτρικό σήμα και ένα ελεγκτή που μετατρέπει τα σήματα του

αισθητήρα σε δυαδικό σήμα εξόδου. Ο αισθητήρας τοποθετείται εντός του μέσου σε επαφή με αυτό.

### **Αισθητήρες Πίεσεως**

Η Πίεση και η μηχανική τάση έχουν τον ίδιο βασικό ορισμό, καθώς αποτελούν μέτρα της δύναμης που ασκείται πάνω σε μία επιφάνεια. Επομένως μετρούνται και τα δύο με τις ίδιες μονάδες, που είναι «νιούτον ανά τετραγωνικό μέτρο( $\text{Nm}^{-2}$ )». Η λέξη πίεση αποτελεί ένα γενικό όρο και γενικά είναι μία μορφή μηχανικής τάσης. Όταν αναλύουμε τη δύναμη που παράγεται από ένα ρευστό, για παράδειγμα τον αέρα ή κάποιο υγρό, χρησιμοποιούμε συνήθως τη λέξη «πίεση». Η δύναμη που προκαλείται από ένα στερεό αντικείμενο ή ασκείται σε ένα στερεό αντικείμενο, αναφέρεται ως μηχανική τάση.

Οι αισθητήρες που μετρούν την πίεση, η οποία ασκείται σε υγρά ή αέρια, ονομάζονται αισθητήρες πίεσεως. Ένας μετατροπέας πίεσεως ανιχνεύει ενέργεια με την μορφή πίεσης και τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα (ρεύμα ή τάση). Η σχέση ανάμεσα στην πραγματική ηλεκτρική έξοδο και στην θεωρητική κλίμακα της πίεσης του οργάνου ορίζεται ως η ακρίβεια του μετατροπέα ή μεταδότη. Η πίεση είναι μια σημαντική παράμετρος στις βιομηχανικές εφαρμογές, στην διαχείριση συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, όπως επίσης και σε μετεωρολογικούς σταθμούς.

- Ελαστικοί αισθητήρες πίεσης

Οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης (elastic pressure sensors) ονομάζονται έτσι, επειδή κάποιο τμήμα τους μπορεί να καμφθεί, να τεντωθεί ή παροδικά να παραμορφωθεί, όταν εφαρμόζεται σε αυτό μία πίεση.

Σημαντικό σημείο: Οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης αρχικά μετατρέπουν την πίεση σε μετατόπιση.

Ένας μετρητής πίεσης με σωλήνα Bourdon μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτή τη μέτρηση. Έχει ονομαστεί από τον Eugene Bourdon και είναι ο πιο δημοφιλής μετρητής πίεσης. Οι σωλήνες Bourdon κατασκευάζονται στην απλούστερη περίπτωση από μεταλλικά κράματα, όπως είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας και ο ορείχαλκος. Αποτελούνται από ένα σωλήνα με ελλειπτική ή οβάλ διατομή, ο οποίος είναι σφραγισμένος στο ένα άκρο. Ο σωλήνας συνδέεται με μία ενδεικτική βελόνα. Η βελόνα μετακινείται επάνω σε μια βαθμονομημένη κλίμακα. Όταν εφαρμόζεται κάποια πίεση, η κίνηση του σωλήνα είναι σχετικά μικρή και έτσι για να αυξηθεί η απόκλιση της βελόνας πραγματοποιείται μηχανική ενίσχυση. Στην περίπτωση μετρήσεων από απόσταση, η μετατόπιση που υφίσταται ο σωλήνας Bourdon λόγω αλλαγών πίεσης μπορεί να ανιχνευθεί από κάποιον κατάλληλο αισθητήρα μετατόπισης.

Υπάρχουν διάφορες μορφές σωλήνων Bourdon, όπως είναι ο σπειροειδής, ο ελικοειδής και ο συνεστραμμένος. Οι σωλήνες Bourdon τείνουν να είναι σχετικά φθηνοί, επειδή παράγονται μαζικά και έχουν μειωμένο κόστος παραγωγής. Είναι κατάλληλοι

για χρήση σε υγρά και αέρια και χρησιμοποιούνται σε ευρύ πεδίο εφαρμογών, βιομηχανικών και οικιακών. Μερικοί αισθητήρες πίεσης ονομάζονται με βάση, τη μέθοδο που χρησιμοποιούν για να μετρούν αυτήν την μετατόπιση, όπως οι πιεζοηλεκτρικοί και οι χωρητικοί αισθητήρες πίεσης.

- Χωρητικοί Αισθητήρες Πίεσης

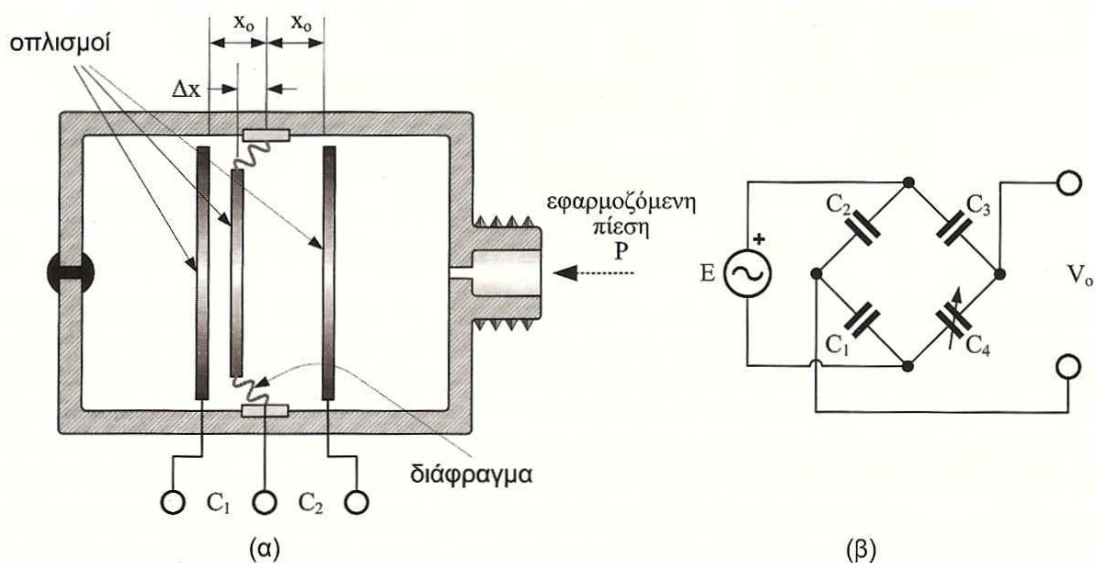
Η κατασκευή ενός χωρητικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Το διάφραγμα βρίσκεται ανάμεσα σε δύο οπλισμούς, οπότε το διάφραγμα και κάθε οπλισμός σχηματίζουν έναν πυκνωτή. Οι δύο πυκνωτές συνδέονται σε γέφυρα, όπως φαίνεται στο σχήμα, η οποία ισορροπεί όταν η εφαρμοζόμενη πίεση είναι μηδέν. Η κίνηση του διαφράγματος εξαιτίας της εφαρμοζόμενης πίεσης μεταβάλλει τη χωρητικότητα των πυκνωτών, η ισορροπία της γέφυρας διαταράσσεται και συνακόλουθα αναπτύσσεται τάση ανάλογη της πίεσης.

Οι τιμές των χωρητικών  $C_1$  και  $C_2$  σε σχέση με τη θέση του διαφράγματος δίνονται από τις σχέσεις:

$$C_1 = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \frac{A}{x_0 - \Delta x} \text{ και } C_2 = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \frac{A}{x_0 + \Delta x}$$

όπου η  $\epsilon_r$  είναι η σχετική διηλεκτρική σταθερά του υλικού ανάμεσα στους οπλισμούς και  $\epsilon_0$  είναι η διηλεκτρική σταθερά του κενού με τιμή:

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} [\text{Cb}^2 \text{ J}^{-1} \text{ m}^{-1}]$$



Χωρητικός αισθητήρας απόλυτης πίεσης : (α) Η κατασκευή και (β) Η γέφυρα μέτρησης

Το Α είναι η ενεργός επιφάνεια των οπλισμών,  $x_0$  η απόσταση του κάθε οπλισμού από το μεσαίο οπλισμό στη θέση ισορροπίας και  $x$  η μετατόπιση του μεσαίου οπλισμού (διάφραγμα) μετά την εφαρμογή της πίεσης.

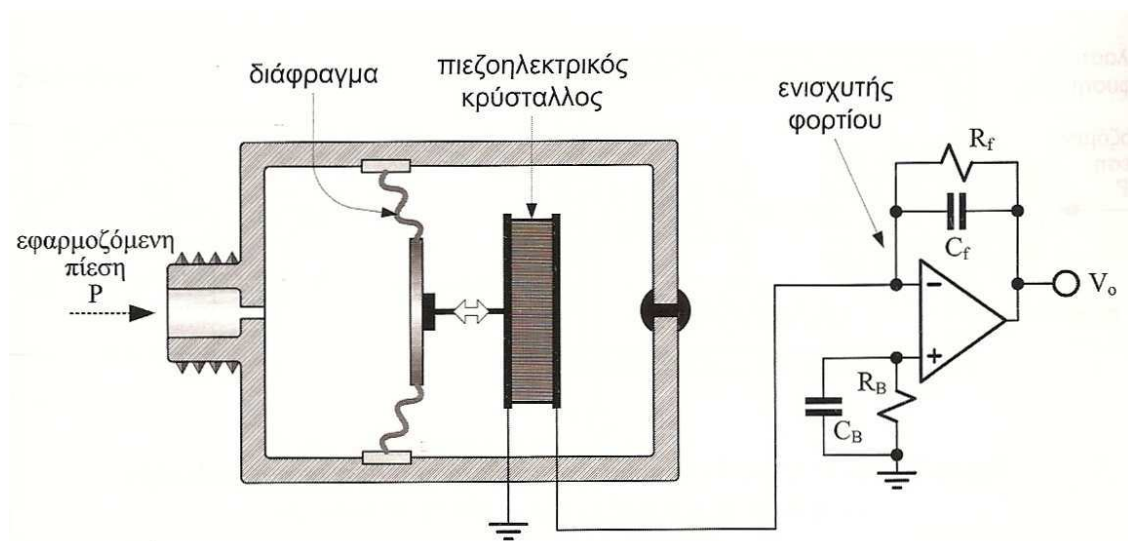
Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει: 
$$\frac{\Delta x}{x_0} = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}$$

Εναλλακτικά, αντί για συνδεσμολογία γέφυρας, η μεταβλητή χωρητικότητα χρησιμοποιείται, ώστε να προκαλεί μεταβολή της συχνότητας ενός ταλαντωτή, οπότε η συχνότητα του ταλαντωτή είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης πίεσης. Οι χωρητικοί αισθητήρες πίεσης έχουν καλή ακρίβεια, αλλά παρουσιάζουν ευαισθησία στις ταλαντώσεις και τη θερμοκρασία.

- Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες Πίεσης

Λόγω των δυναμικών χαρακτηριστικών λειτουργίας των πιεζοηλεκτρικών υλικών, οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση δυναμικών φαινομένων πίεσης (πχ. λόγω εκρήξεων, δονήσεων σε κινητήρες κλπ.). Η κατασκευή ενός πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα

Όταν εφαρμόζεται η μετρούμενη πίεση προκαλείται μετατόπιση του διαφράγματος. Για τη μέτρηση αυτής της μετατόπισης χρησιμοποιείται ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.



*Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας απόλυτης πίεσης με τον αντίστοιχο ενισχυτή φορτίου*

Όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί αισθητήρες μετατόπισης, η μέθοδος ανίχνευσης της αλλαγής πίεσης χρησιμοποιεί ένα διάφραγμα. Ολοκληρώνοντας οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης μετρούν την πίεση διαφορετικά.



### Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων

Η καθημερινή χρήση του αερίου (φυσικού ή υγραερίου) για μαγείρεμα, θέρμανση, ζεστό νερό, αλλά και η χρήση διαφόρων αερίων και των παραγώγων τους στη βιομηχανία δημιουργεί την ανάγκη ανίχνευσης των πιθανών διαρροών, που μπορεί να προκληθούν, είτε από το σύστημα διανομής, είτε ακόμη και από τις ίδιες τις συσκευές αερίου.

Υπάρχουν πολλοί τύποι ανιχνευτών. Οι διαφορές συνίστανται συνήθως στην μέθοδο ανίχνευσης, που έχει σχέση με τον τύπο του αισθητήρα (gas sensor) και στην κατηγορία του περιβάλλοντος, όπου λειτουργούν (π.χ. αντιεκρηκτικού τύπου).

- Τύποι Αισθητήρα (GAS SENSOR)

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι αισθητήρα είναι:

α. Καταλυτικοί με πυρακτωμένο στοιχείο (Hot-wire catalytic type). Χρησιμοποιούνται πολύ συχνά, κυρίως για ανίχνευση εκρηκτικών αερίων.

β. Ηλεκτροχημικοί (Electrochemical type). Χρησιμοποιούνται πιο σπάνια και κυρίως για ανίχνευση τοξικών αερίων σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση.

γ. Υπέρυθροι (IR). Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση τοξικών αερίων σε χαμηλή συγκέντρωση.

### Αισθητήρες ταχύτητας

Η διατήρηση της ροής του αέρα σε επιθυμητό επίπεδο είναι κρίσιμη σε ορισμένες εφαρμογές, ειδικά σε συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού. Η ταχύτητα αέρα (διανυόμενη απόσταση ανά μονάδα χρόνου) εκφράζεται συνήθως σε πόδια ανά λεπτό ή σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec). Ο όγκος του αέρα μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα με την επιφάνεια της εγκάρσιας τομής ενός αγωγού. Συνήθως μετριέται σε κυβικά πόδια ανά λεπτό (cfm) ή κυβικά μέτρα ανά ώρα ( $m^3/h$ ).

### Αισθητήρες Στάθμης

Η μέτρηση στάθμης αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των διαδικασιών ελέγχου και χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανίες. Τέτοιες βιομηχανίες παρέχουν αισθητήρες για μέτρηση στάθμης σημείου/σημείων και συνεχούς μετρήσεως.

Οι αισθητήρες στάθμης σημείου/σημείων χρησιμοποιούνται γενικά για έλεγχο υψηλής/χαμηλής στάθμης, ελάχιστου και μέγιστου ύψους στάθμης ή για ενεργοποίηση συναγερμού. Οι αισθητήρες στάθμης συνεχούς μέτρησης χρησιμοποιούνται για μέτρηση της στάθμης εντός ορισμένων ορίων και εξασφαλίζουν συνεχή επιτήρηση στάθμης.

- **Αισθητήρες Στάθμης Σημείων**

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για έλεγχο σημείων είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν λύσεις σε πολλές εφαρμογές.

Παραδείγματα αισθητήρων Στάθμης Σημείων είναι :

Προσέγγισης χωρητικοί

Χωρητικότητα

Φωτοκύτταρων

Υπερήχων

Λείζερ

Υπερύθρων

• Αισθητήρες Συνεχής Στάθμης

Παραδείγματα αισθητήρων Συνεχής Στάθμης είναι:

Χωρητικότητα

Υπερήχων

Πίεσης

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για συνεχή μέτρηση στάθμης είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν μια αναλογική έξοδο που αντιστοιχεί με το περιεχόμενο της δεξαμενής. Οι αισθητήρες υπερήχων τοποθετούνται στην κορυφή της δεξαμενής ή σε κάποια θέση πάνω από το υπό μέτρηση υλικό. Ο αισθητήρας μεταδίδει συνεχώς ηχητικούς παλμούς υψηλής συχνότητας (τυπικά 42 kHz), οι οποίοι ανακλώνται στην επιφάνεια του υλικού και κατόπιν επιστρέφουν στον αισθητήρα. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του οργάνου μετράνε τον χρόνο που μεσολαβεί από την εκπομπή μέχρι τη λήψη του ηχητικού σήματος. Με αναφορά την ταχύτητα του ήχου στον αέρα, η ακριβής απόσταση της επιφάνειας του υγρού από τον αισθητήρα

μπορεί να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια ( $\pm 0.25\%$  της μέγιστης κλίμακας).

Καθώς η ταχύτητα του ήχου επηρεάζεται από την θερμοκρασία του αέρα, οι αισθητήρες στάθμης υπερήχων διαθέτουν έναν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας. Επίσης γίνεται αυτόματη αντιστάθμιση των μετρήσεων στάθμης/απόστασης σε όλη την κλίμακα θερμοκρασίας του αισθητήρα. Ο αισθητήρας πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να «βλέπει» απ' ευθείας στην επιφάνεια του υλικού και μακριά από σκάλες, σωλήνες και άλλα εμπόδια. Συνίσταται μια απόσταση 30 cm από το πλευρικό τοίχωμα για κάθε 3 m βάθους. Η ανεπιθύμητη ηχώ από αναδευτήρες (που κινούνται κάτω από τον αισθητήρα) από αναταραχές και κύματα φιλτράρονται και αγνοούνται από το όργανο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι από απλούς μεταδότες στάθμης 4-20mA μέχρι έξυπνα συστήματα επιτήρησης, ελέγχου και καταγραφής.

### **Αισθητήρες Θερμοκρασίας**

Η μέτρηση και ο έλεγχος της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας έχει πολλαπλές και σημαντικές εφαρμογές στη βιομηχανία, στην επιστημονική έρευνα, στις αγροτικές εφαρμογές, ακόμα και στην καθημερινή μας ζωή, γι' αυτό το λόγο η τεχνολογία γύρω από τους ηλεκτρονικούς - ψηφιακούς αισθητήρες έχει προοδεύσει σημαντικά. Οι δύο αυτοί φυσικοί παράγοντες επηρεάζουν σημαντικά ο ένας τον άλλο, έτσι η παράλληλη μέτρησή τους πολλές φορές είναι αναγκαία.

Η θερμοκρασία είναι ένα από τα συνηθέστερα μετρούμενα μεγέθη. Για το λόγο αυτό ο αριθμός των αισθητηρίων και των τρόπων μέτρησης είναι πολύ μεγάλος.

Οι γνωστότεροι παθητικοί αισθητήρες είναι τα θερμίστορς. Αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το θερμικό τους συντελεστή :

- αρνητικού θερμικού συντελεστή (NTC) και
- θετικού θερμικού συντελεστή (PTC).

Τα θερμίστορ με αρνητικό θερμικό συντελεστή άγουν καλύτερα όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, ενώ σε αυτά που έχουν θετικό συντελεστή συμβαίνει το αντίθετο. Τα θερμίστορ με αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας κατασκευάζονται από ημιαγώγιμο υλικό με προσμίξεις οξειδίων του σιδήρου. Τα θερμίστορ με θετικό συντελεστή κατασκευάζονται από ένα υλικό με βάση το τιτάνιο και κεραμικό υλικό. Η επίδραση των ιδιοτήτων του ημιαγώγιμου υλικού με τις σιδηροηλεκτρικές ιδιότητες του τιτανίου δίνουν τα χαρακτηριστικά σε αυτά τα θερμίστορς. Υπάρχουν ακόμα και θερμικοί αισθητήρες κατασκευασμένοι με πυρίτιο που έχουν το πλεονέκτημα του μικρού σφάλματος μέτρησης.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει και με αισθητήρες επαφής και υπερύθρων.

- Αισθητήρες Θερμοκρασίας με επαφή

Σε εφαρμογές μέτρησης θερμοκρασίας συναντάμε συνήθως θερμοζεύγη επαφής και θερμοαντιστάσεις (RTD). Στα RTD η αγωγιμότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία. Ο

θετικός αυτός συντελεστής ονομάζεται «Άλφα» και εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το RTD. Για παράδειγμα, ο χαλκός έχει συντελεστή 0,0038, η πλατίνα 0,0039, το βολφράμιο 0,0045 και το νικέλιο 0,0067. Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται η αποδοτικότητα και η γραμμικότητά του και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο αισθητήριο. Το εύρος λειτουργίας του κυμαίνεται στις θερμοκρασίες από (-400ο C) μέχρι (+1700 ο C). Το καλύτερο υλικό είναι η πλατίνα, η οποία χρησιμοποιείται για μετρήσεις σε θερμοκρασίες από (-270 ο C) μέχρι (+660 ο C). Ο πίνακας που ακολουθεί αναφέρεται στις θερμοκρασίες και στις αντίστοιχες τιμές της αντίστασης του RTD.

Η καρδιά ενός τυπικού RTD είναι ένα αισθητήριο στοιχείο κατασκευασμένο από μία συρμάτινη πλατίνα περιτριγυρισμένη από ένα κεραμικό πηνίο. Το στοιχείο αυτό προσεχτικά τοποθετημένο και ακινητοποιημένο ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος καταστροφής και καταπόνησης. Επίσης η βάση του είναι από ανοξείδωτο ατσάλι με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχει καλή μεταφορά θερμοκρασίας και προστασία από την υγρασία.

Εξαιτίας της μεγάλης ηλεκτρικής εξόδου, το RTD παρέχει ακρίβεια στην είσοδο σε καταγραφικά, ελεγκτές, σαρωτές και υπολογιστές. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του είναι το μέγεθός του, αφού δεν ξεπερνάει το μέγεθος της μύτης ενός μολυβιού.

- Αισθητήρες Θερμοκρασίας χωρίς επαφή (Υπερύθρων)

Σε πολλές βιομηχανίες, οι διεργασίες λαμβάνουν χώρα κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ο σωστός αυτοματισμός και ο ποιοτικός έλεγχος απαιτεί ασφαλή ανίχνευση και επιτήρηση των θερμοκρασιών από απόσταση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες θερμότητας απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα.

Το πλεονέκτημα της έλλειψης μηχανικής επαφής μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου καθιστά τους υπέρυθρους αισθητήρες ιδανικούς για εφαρμογές επιτήρησης θερμοκρασίας, όπως πχ. κινούμενα αντικείμενα σε χώρους με δύσκολη πρόσβαση, αγωγίμα ή κολλώδη υλικά σε διαβρωτικά μέσα, όπου αφενός απαιτούνται μικροί χρόνοι απόκρισης και αφετέρου είναι επικίνδυνη η απ' ευθείας επαφή.

### **Αισθητήρες Υγρασίας**

Η υγρασία είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους, που μετρούνται μαζί με την θερμοκρασία. Η υγρασία είναι στην πράξη μόρια νερού στον αέρα και πολλές χημικές αντιδράσεις, διαδικασίες ξήρανσης, μετεωρολογικές παράμετροι ακόμα και οι συνθήκες εργασίας μέσα στα γραφεία επηρεάζονται από αυτήν. Πρέπει να διακρίνουμε την απόλυτη από την σχετική υγρασία του αέρα.

Η απόλυτη υγρασία είναι το βάρος του περιεχομένου του νερού στον αέρα, δηλαδή η πυκνότητα του νερού. Η μονάδα μέτρησης είναι  $\text{gr}/\text{m}^3$ .

Η σχετική υγρασία δείχνει το ποσοστό της μέγιστης δυνατής ποσότητας υδρατμού στον αέρα με αναφορά την θερμοκρασία τη στιγμή της μέτρησης. Η μέτρηση γίνεται επί τοις εκατό (%). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης της σχετικής υγρασίας.

Οι συμβατικοί αισθητήρες μετρούν τη σχετική υγρασία του αέρα χρησιμοποιώντας την τεχνολογία μέτρησης της χωρητικότητας. Για την αρχή αυτή, το στοιχείο του αισθητήρα είναι κατασκευασμένο από μια πυκνωτική ταινία σε διαφορετικό υποστρώματα (γυαλί, κεραμικό, κ.λπ.). Το διηλεκτρικό είναι ένα πολυμερές το οποίο απορροφά και απελευθερώνει το νερό είναι ανάλογα με σχετική υγρασία του περιβάλλοντος, και έτσι αλλάζει την χωρητικότητα του πυκνωτή, η οποία μετριέται με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα.

- Αδυναμίες

Τρεις βασικές αδυναμίες των συμβατικών αναλογικών αισθητήρων υγρασίας.

- Κακή μακροπρόθεσμη σταθερότητα: Λόγω των σχετικά μεγάλων διαστάσεων των στοιχείων του αισθητήρα (10-20  $\text{mm}^2$ ), καθώς και η γήρανση του στρώματος του πολυμερούς, οι χωρητικοί αισθητήρες στην αγορά παρουσιάζουν διαφορετικούς βαθμούς ευαισθησίας στις ίδιες εξωτερικές επιρροές. Ως εκ τούτου, η απόκλιση ανά έτος, δηλαδή, η ετήσια μεταβολή στην



ανοχή σφάλματος του αισθητήρα, γίνεται ένα σημαντικό κριτήριο για την ποιότητα. Η γήρανση των ηλεκτροδίων μεταλλικού στρώματος μπορεί επίσης να οδηγήσει σε σφάλματα μέτρησης του σήματος της υγρασίας.

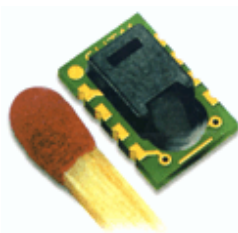
- Περίπλοκη αρχικοποίηση: Πριν τη χρήση, οι χωρητικοί αισθητήρες υγρασίας πρέπει να υποβάλλονται σε μια περίπλοκη διαδικασία αρχικοποίησης (calibration). Για το σκοπό αυτό, ο τελικός χρήστης πρέπει να έχει πολύπλοκη και δαπανηρή αρχικοποίηση και συστήματα αναφοράς, καθώς και εξωτερικά ηλεκτρονικά στοιχεία, όπως τα εξαρτήματα μνήμης.

-Η αναλογική τεχνολογία: Πρόσθετα προβλήματα προκύπτουν άμεσα από την αναλογική αρχή μέτρησης, το οποίο συνδέει την σταθερότητα της τάσης λειτουργίας άρρηκτα με την ακρίβεια του αισθητήρα. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αποφευχθεί μόνον με αύξηση των δαπανών εξαρτήματα καλύτερης ακρίβειας και αναπόφευκτα οδηγεί σε υψηλότερο κόστος ολοκλήρωσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Ψηφιακοί Αισθητήρες – SHT02D/02C

Με το συνδυασμό της CMOS τεχνολογίας και της τεχνολογίας των αισθητήρων, η Sensirion έχει κυκλοφορήσει ένα εξαιρετικά ολοκληρωμένο και εξαιρετικά μικρό αισθητήρα υγρασίας, το SHT11.



Η συσκευή περιλαμβάνει δύο αρχικοποιημένους μικροαισθητήρες (microsensors), για τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία που είναι συνδεδεμένοι με έναν ενισχυτή, μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC) και κύκλωμα σειριακής μετάδοσης στο ίδιο τσιπ.

Ένα σύστημα ηλεκτροδίων με διάφορα προστατευτικά και πολυμερή στρώματα που το καλύπτουν αποτελεί τη χωρητικότητα του αισθητήρα για το τσιπ, εκτός από την παροχή αύξησης δυνατής κάλυψης του αισθητήρα, ταυτόχρονα προστατεύει τον αισθητήρα από παρεμβολές.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας και ο αισθητήρας της υγρασίας μαζί σχηματίζουν μια ενιαία μονάδα, η οποία επιτρέπει τον καθορισμό του ακριβούς σημείου δρόσου χωρίς να συνεπάγεται

σφάλματα που οφείλονται σε μεταβολές της θερμοκρασία μεταξύ των δύο στοιχείων του αισθητήρα.

Το μεγάλο άλμα της τεχνολογίας έγκειται στη σύνδεση των στοιχείων του αισθητήρα με τη μονάδα ενίσχυσης σήματος, το ADC μετατροπέα, τη μνήμη για την αρχικοποίηση δεδομένων, και το ψηφιακό δίαυλο επικοινωνίας, όλα σε έκταση μερικών τετραγωνικών χιλιοστών. Η ενσωμάτωση παρέχει βελτιωμένη ποιότητα σήματος και έλλειψη ευαισθησίας σε εξωτερικές επιρροές (EMC).

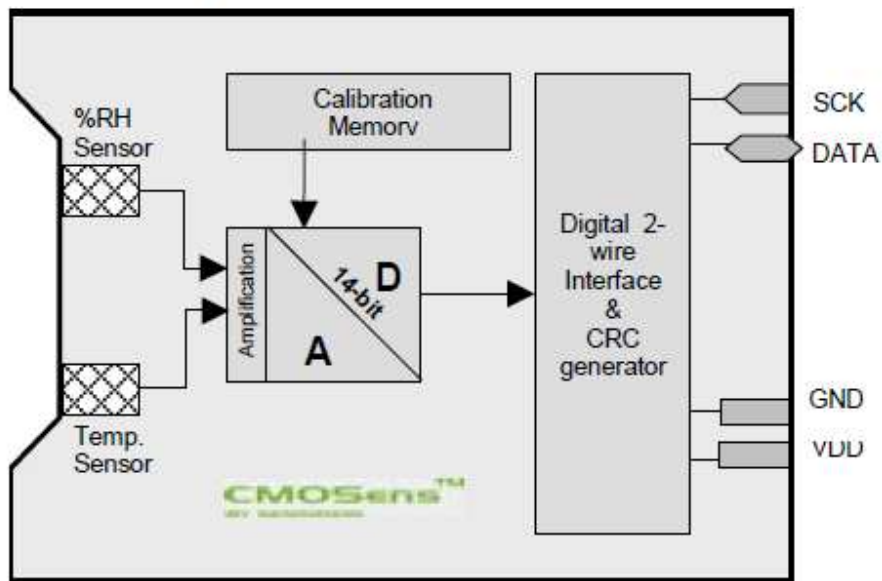
Το τσιπ αισθητήρων μπορεί να συνδεθεί απευθείας σε οποιοδήποτε σύστημα μικροεπεξεργαστή με τη βοήθεια της ψηφιακής διεπαφής 2-wire.

Ο αισθητήρας SHT02D/02C είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα μέτρησης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που παρέχει στην έξοδό του βαθμονομημένο ψηφιακό σήμα. Η συσκευή περιέχει ένα χωρητικό πολυμερές αισθητήριο στοιχείο για τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας και έναν αισθητήρα θερμοκρασίας μεγάλης κλίμακας. Οι δυο αισθητήρες είναι συνδεδεμένοι με έναν 14bit ADC και ένα κύκλωμα σειριακής μετάδοσης δεδομένων (serial interface). Οι αισθητήρες, ο 14bit ADC και το serial interface είναι όλα ενσωματωμένα σε ένα chip.

Το κύκλωμα αυτό έχει ως αποτέλεσμα σήμα υψηλής ποιότητας, γρήγορη απόκριση στις εντολές και αναισθησία στις εξωτερικές επιρροές. Κάθε SHT02D/02C είναι αρχικοποιημένο και οι αρχικές ρυθμίσεις και συντελεστές είναι αποθηκευμένα

στη μνήμη OTP. Το σειριακό σύστημα 2-καλωδίων (2-wire serial interface) και ο εσωτερικός σταθεροποιητής τάσης βοηθάν στην επιτυχία εύκολης και γρήγορης ολοκλήρωσης.

### Block Diagram



*Το block διάγραμμα του αισθητηρίου που θα χρησιμοποιήσουμε σε αυτή την εργασία.*

### Συνδεσμολογία Αισθητηρίου

Το αισθητήριο απαιτεί τροφοδοσία από 2.4 έως 5.5V. Μετά την ενεργοποίηση η συσκευή χρειάζεται 11ms για να είναι έτοιμο προς χρήση, έτσι δεν πρέπει να δίνουμε εντολές πριν έρθει σε κατάσταση έτοιμη προς χρήση (sleep state). Τα pins τροφοδοσίας (VDD, GND) μπορούν να διαχωριστούν με ένα πυκνωτή 100 nF.

### Το αμφίδρομο σειριακό σύστημα 2-καλωδίων (Bidirectional 2-wire Serial Interface)

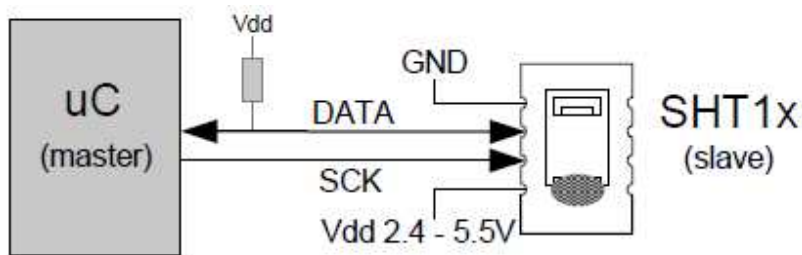
Το σειριακό σύστημα του SHTxx είναι σχεδιασμένο για βέλτιστη χρήση και κατανάλωση ισχύος και δεν είναι συμβατό με συστήματα I2C (I2C interfaces).

#### *Είσοδος παλμού χρονισμού (SCK) (Serial clock input)*

Ο παλμός χρονισμού χρησιμοποιείται στο συγχρονισμό της επικοινωνίας του αισθητηρίου και του μικροελεγκτή. Δεδομένου ότι το περιβάλλον εργασίας αποτελείται από πλήρως στατική λογική, δεν υπάρχει ελάχιστη συχνότητα SCK.

#### *Δεδομένα (DATA)*

Το τρισταθές pin δεδομένων χρησιμοποιείται στη μεταφορά δεδομένων από και προς τη συσκευή. Η κατάσταση του pin DATA αλλάζει με την πτώση του παλμού χρονισμού και ενεργοποιείται στην άνοδο του παλμού. Κατά τη διάρκεια της μετάδοσης των δεδομένων η τάση στο pin DATA πρέπει να παραμένει σταθερή, ενώ το SCK είναι σε υψηλή κατάσταση (1). Για την αποφυγή σύγκρουσης δεδομένων, ο μικροελεγκτής θα πρέπει να κατεβάσει την κατάσταση του pin DATA σε χαμηλό επίπεδο. Μια εξωτερική pull-up αντίσταση (π.χ. 10 kΩ) απαιτείται για να τραβήξει το σήμα σε υψηλά επίπεδα όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα. Οι pull-up αντιστάσεις συχνά συμπεριλαμβάνονται στα κυκλώματα εισόδου-εξόδου των μικροελεγκτών.



Σύνδεση του αισθητηρίου με τον μικροελεγκτή

### Αποστολή εντολής

Για να δώσουμε μια εντολή, πρέπει να ενεργοποιήσουμε την ακολουθία «Έναρξη Μετάδοσης». Η ακολουθία αποτελείται από ένα χαμηλώμα της γραμμής DATA ενώ το SCK είναι υψηλό, ακολουθούμενο από ένα χαμηλό παλμό στο SCK και μετά ανύψωση του DATA ενώ το SCK είναι υψηλό.



Διάγραμμα ακολουθίας «Έναρξη μετάδοσης»

Η εντολή που ακολουθεί αποτελείται από 3 bit διεύθυνσης (μόνο τη διεύθυνση «000» υποστηρίζει το παρόν αισθητήριο) και 5 bits εντολής. Το αισθητήριο δηλώνει τη σωστή αποστολή εντολής αλλάζοντας το pin DATA σε χαμηλή κατάσταση (ACK bit) μετά την πτώση του 8<sup>ου</sup> παλμού του SCK. Η γραμμή DATA ελευθερώνεται (επανέρχεται σε υψηλή κατάσταση) μετά την πτώση του 9<sup>ου</sup> παλμού του SCK.

<b>Εντολή</b>	<b>Κωδικός</b>
Αχρησιμοποίητη	0000X
Μέτρηση Θερμοκρασίας	00011
Μέτρηση Υγρασίας	00101
Ανάγνωση καταχωρητή κατάστασης	00111
Εγγραφή καταχωρητή κατάστασης	00110
Αχρησιμοποίητες	0101X-1110X
Επανεκκίνηση <i>Διαγραφή καταχωρητών κατάστασης, αναμονή 11ms για την επόμενη εντολή</i>	11110

*Πίνακας εντολών.*

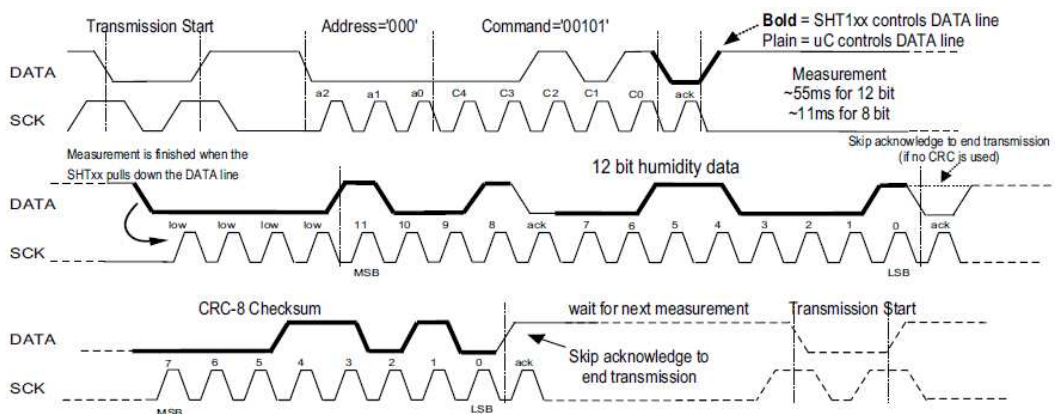
#### *Διαδικασία μέτρησης (RH και T)*

Αφού δώσουμε την εντολή μέτρησης (00000101 για υγρασία, 00000011 για θερμοκρασία) ο ελεγκτής πρέπει να περιμένει να ολοκληρωθεί η μέτρηση. Αυτό διαρκεί περίπου 11/55/210 ms για 8/12/14 bit μέτρηση. Ο ακριβής χρόνος ποικίλει περίπου  $\pm 15\%$  ανάλογα με την ταχύτητα του εσωτερικού ταλαντωτή. Για να δηλώσει την ολοκλήρωση της μέτρησης, το αισθητήριο αλλάζει το pin DATA σε χαμηλή κατάσταση. Ο ελεγκτής πρέπει να περιμένει το σήμα αυτό πριν ξεκινήσει τις εναλλαγές στους παλμούς του SCK.

Δυο bytes με το αποτέλεσμα της μέτρησης και ένα byte με τον έλεγχο αποτελέσματος (CRC checksum) μεταδίδονται προς τον μικροελεγκτή. Ο μικροελεγκτής πρέπει να δηλώσει τη σωστή αποστολή κάθε byte αλλάζοντας το pin DATA σε χαμηλή κατάσταση (ACK bit). Όλες οι μονάδες έχουν τα πιο σημαντικά bits (MSB) πρώτα, και διαβάζεται προς τα δεξιά. Η επικοινωνία

σταματάει μετά την επιβεβαίωση της αποστολής των δεδομένων CRC.

Η συσκευή επιστρέφει σε κατάσταση ύπνου μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης και της αποστολής των δεδομένων.

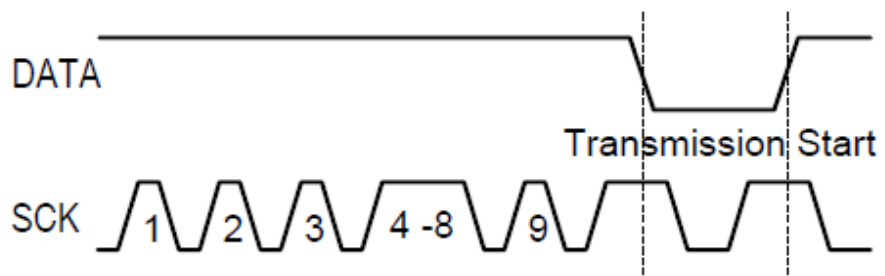


Παράδειγμα μέτρησης υγρασίας για τιμή 0000.1001 0011.0001=2353=75,79%RH (χωρίς συμψηφισμό θερμοκρασίας)

### Επανεκκίνηση σύνδεσης

Σε περίπτωση που διακοπεί η σύνδεση με το αισθητήριο, το ακόλουθο σήμα θα επανεκκινήσει το κύκλωμα μετάδοσης δεδομένων (serial interface). Ενώ έχουμε σε υψηλή κατάσταση το DATA, αλλάζουμε 9 ή περισσότερες φορές το SCK. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται από μια εντολή «Έναρξη Μετάδοσης» που σηματοδοτεί την επόμενη εντολή. Η εντολή αυτή επανεκκινεί μόνο το σύστημα μετάδοσης και δεν επηρεάζει τους καταχωρητές κατάστασης. Οι καταχωρητές διατηρούν το περιεχόμενό τους.





*Εντολή επανεκκίνησης σύνδεσης.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Γενικά περί Μικροελεγκτών

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

### Διαφορές από τον μικροεπεξεργαστή

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

εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση.

-Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

-Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.

-Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιεί το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.

-Χαμηλό κόστος.

-Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.

-Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.

-Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος),

λόγω της μη δέσμευσής τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.

-Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.

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

### **Συνήθη υποσυστήματα**

Ο μικροεπεξεργαστής, αποτελείται μόνο από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο περιέχει την Λογική και Αριθμητική Μονάδα (ALU), στοιχειώδεις καταχωρητές (registers), προσωρινή μνήμη RAM πολύ υψηλής ταχύτητας (cache memory) και, κάποιες φορές, τον ελεγκτή μνήμης (memory controller). Όμως, για τη λειτουργία ενός πλήρους ενσωματωμένου υπολογιστικού συστήματος, απαιτούνται πολλά εξωτερικά υποσυστήματα και περιφερειακά. Τέτοια είναι:

-Κύκλωμα συνδετικής λογικής (glue logic) για τη σύνδεση των εξωτερικών μνημών και άλλων περιφερειακών παράλληλης σύνδεσης στην αρτηρία δεδομένων (bus) του επεξεργαστή.

-Μνήμη προγράμματος (τύπου ROM, FLASH, EPROM κλπ) η οποία περιέχει το λογισμικό του συστήματος. Σε κάποια μοντέλα, είναι δυνατό το κλείδωμα αυτής της μνήμης, μετά την εγγραφή της, ώστε να προστατευτεί το περιεχόμενό της από αντιγραφή.

-Μεγάλη ποσότητα μνήμης RAM.

-Μόνιμη μνήμη αποθήκευσης παραμέτρων λειτουργίας (τύπου EEPROM ή NVRAM) η οποία να μπορεί να γράφει στον πυρήνα του μικροελεγκτή. Αυτή η μνήμη έχει, έναντι της FLASH, το πλεονέκτημα της δυνατότητας διαγραφής και εγγραφής οποιουδήποτε μεμονωμένου byte.

-Κύκλωμα αρχικοποίησης (reset).

-Διαχειριστή αιτήσεων διακοπής (interrupt request controller) από τα περιφερειακά.

-Κύκλωμα επιτήρησης τροφοδοσίας (brown-out detection) το οποία παρακολουθεί την τροφοδοσία και αρχικοποιεί ολόκληρο το σύστημα όταν αυτή πέσει κάτω από τα ανεκτά όρια, προλαμβάνοντας έτσι την αλλοίωση των δεδομένων.

-Κύκλωμα επιτήρησης λειτουργίας (watchdog timer) το οποίο αρχικοποιεί το σύστημα, αν αυτό εμφανίσει σημάδια δυσλειτουργίας λόγω κολλήματος (hang).

-Τοπικό ταλαντωτή για την παροχή παλμών χρονισμού (clock).

-Έναν ή περισσότερους χρονιστές-απαριθμητές υψηλής ταχύτητας (hardware timer-counter) για τη δημιουργία καθυστερήσεων, μέτρηση διάρκειας γεγονότων, απαρίθμηση γεγονότων και άλλων λειτουργιών ακριβούς χρονισμού.

-Ρολόι πραγματικού χρόνου (Real Time Clock, RTC) το οποίο τροφοδοτείται από ανεξάρτητη μπαταρία και γι' αυτό πρέπει να έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.

-Σειρά ανεξάρτητων ψηφιακών εισόδων και εξόδων (Parallel Input-Output, PIO).

Γενικά, όλες οι οικογένειες μικροελεγκτών ενσωματώνουν τα περισσότερα από τα παραπάνω περιφερειακά, με διαφοροποιήσεις κυρίως στην ύπαρξη ή μη εσωτερικής μνήμης προγράμματος και στο είδος της. Έτσι, υπάρχουν:

-Μικροελεγκτές χωρίς μνήμη προγράμματος, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως ROM-less. Αυτοί παρέχουν πάντοτε μια παράλληλη αρτηρία (bus) δεδομένων, πάνω στην οποία συνδέονται εξωτερικές μνήμες προγράμματος και RAM. Τέτοιοι τύποι μικροελεγκτών προορίζονται για πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα ελέγχου, με μεγαλύτερες απαιτήσεις μνήμης.

-Μικροελεγκτές με μνήμη ROM, η οποία κατασκευάζεται με το λογισμικό της (Mask ROM) ή γράφεται μόνο μια φορά (One Time Programmable, OTP). Παρέχουν τη δυνατότητα πολύ χαμηλού κόστους, όταν αγοράζονται σε πολύ μεγάλες ποσότητες.

-Μικροελεγκτές με μνήμη FLASH, οι οποίοι μπορούν να προγραμματιστούν πολλές φορές. Αυτή είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία. Συχνά ο προγραμματισμός της μνήμης μπορεί να γίνει ακόμη και πάνω στο κύκλωμα της ίδιας της ενσωματωμένης (embedded) εφαρμογής (δυνατότητα In Circuit Programming, ISP). Αυτοί οι μικροελεγκτές έχουν ουσιαστικά αντικαταστήσει

τους παλαιότερους τύπους EPROM που έσβηναν με υπεριώδη ακτινοβολία (από το ειδικό τζαμάκι).

### **Πρόσθετες λειτουργίες**

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται ένας μικροελεγκτής, μπορεί να περιέχει και:

- Μία ή περισσότερες ασύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART).

- Σύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (πχ I2C, SPI, Ethernet).

- Ολόκληρα υποσυστήματα για την άμεση υποστήριξη από υλικολογισμικό (hardware) των πιο σύνθετων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως CAN, HDLC, ISDN, ADSL.

- Μονάδα άμεσης εκτέλεσης πράξεων κινητής υποδιαστολής (Floating Point Processing Unit, FPU), η οποία είναι πάντοτε πιο γρήγορη από την ALU του επεξεργαστή. Τέτοιες μονάδες χαρακτηρίζουν τους μικροελεγκτές με δυνατότητες ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (Digital Signal Processing, DSP). Τα τελευταία χρόνια, με την ευρύτατη διάδοση των φορητών συσκευών ήχου και εικόνας, παρατηρείται μια τάση σύγκλισης των μικροελεγκτών με τους DSP.

- Περισσότερες από μία εισόδους για μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital converter, ADC).

-Μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (Digital to Analog converter, DAC).

-Ελεγκτή οθόνης υγρών κρυστάλλων (Liquid Crystal Display, LCD).

-Υποσύστημα προγραμματισμού πάνω στο κύκλωμα (τύπου ISP, βλ. παραπάνω). Χάρη σε αυτό το κύκλωμα, είναι δυνατός ο επαναπρογραμματισμός (αναβάθμιση λογισμικού) της εφαρμογής, συνδέοντας στη συσκευή μια εξωτερική συσκευή προγραμματισμού (συνήθως σε θύρα UART RS232) ή ακόμη και από το διαδίκτυο. Αυτή η δυνατότητα απαιτεί την προϋπαρξη λογισμικού υποδοχής (bootstrap) μέσα στη μνήμη προγράμματος και επομένως δεν μπορεί να γίνει σε τελείως άδεια μνήμη προγράμματος.

-Υποσύστημα προγραμματισμού (τύπου ISP) και διάγνωσης (συνήθως είναι το καθιερωμένο πρότυπο JTAG). Χάρη σε αυτό, είναι δυνατός ο προγραμματισμός της μνήμης προγράμματος χωρίς να προαπαιτείται κάποιο πρόγραμμα υποδοχής. Γι' αυτό το λόγο, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στον αρχικό προγραμματισμό, πχ κατά τη συναρμολόγηση, ή σε περίπτωση προβλήματος (bug) στο λογισμικό υποδοχής, το οποίο μπορεί να καθιστά αδύνατη την κανονική αναβάθμιση.



## **Διαδεδομένες κατηγορίες μικροελεγκτών**

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

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

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

Μερικές φορές παρέχουν δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους.

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

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

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

οκτάμπιτων μικροελεγκτών έχουν πολύ βελτιωμένες επιδόσεις σε σχέση με το παρελθόν.

### **Ο Μικροεπεξεργαστής 8051**

Ο επεξεργαστής της Intel 8051 είναι στην ουσία ένας μικροελεγκτής (μC) ο οποίος δημιουργήθηκε από την Intel το 1980 για τη χρήση του σε ενσωματωμένα συστήματα. Ήταν πολύ δημοφιλής από το 1980 μέχρι τις αρχές του 1990, αλλά σήμερα έχει κατά πολύ ξεπεραστεί εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης καινούργιων επεξεργαστών από εταιρίες όπως η Atmel, Infineon Technologies, Maxim IC (από τη θυγατρική της Dallas Semiconductor subsidiary), NXP (πρώην Philips Semiconductor), Winbond, ST Microelectronics, Silicon Laboratories (παλιότερα Cygnal), Texas Instruments και Cypress Semiconductor, οι οποίοι έχουν παρόμοιες αλλά και περισσότερες δυνατότητες από τον 8051.

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

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

Όπως προείπαμε ο 8051 είναι μικροελεγκτής, για αυτό αποτελείται απ' όλα τα παραπάνω (όντας μικροεπεξεργαστής) και από κάποια άλλα υποσυστήματα. Αυτά είναι η μνήμη δεδομένων RAM (Random Access Memory) για την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων, και η μνήμη προγράμματος ROM (Read Only Memory) ή EPROM ή EEPROM για την μόνιμη αποθήκευση του προγράμματος.

Για επικοινωνία με τον έξω κόσμο διαθέτει τέσσερις παράλληλες πόρτες των 8 bits (P0, P1, P2, P3 ) καθώς και σειριακή θύρα ( UART).

Τα εσωτερικά στοιχεία του 8051 συνδέονται μεταξύ τους με τον εσωτερικό δίαυλο δεδομένων (data bus), τον εσωτερικό δίαυλο διευθύνσεων (address bus) και τον εσωτερικό δίαυλο ελέγχου (control bus).

Σε περίπτωση όπου δεν επαρκούν οι εσωτερικές/ενσωματωμένες (on-chip) RAM και ROM μνήμες, ο 8051 έχει την δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικές. Κατά την εκτέλεση των εντολών ενός προγράμματος ο μικροελεγκτής μεταβαίνει από κατάσταση σε κατάσταση στα αρνητικά μέτωπα της παλμοσειράς του clock. Η συνήθης συχνότητα ρολογιού για τον 8051 είναι 12Mhz, όπου 12 παλμοί του ρολογιού συνιστούν έναν κύκλο μηχανής του 8051. Έχει λοιπόν συχνότητα ρολογιού 12MHz, περίοδο ρολογιού 1/12μs και ο κύκλος μηχανής διαρκεί 1μs.

Τα σημαντικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του 8051 είναι τα εξής:

-Παρέχει λειτουργικότητα (CPU, RAM, I/O, λογικούς διακόπτες, Χρονιστή, κρυσταλλικό ταλαντωτή για το ρολόι κλπ ) σε ένα single chip.

-8-bit ALU, Accumulator και Registers , γεγονός που επιβεβαιώνει ότι είναι ένας 8-bit microcontroller.

-8-bit δίαυλο δεδομένων – μπορεί να έχει πρόσβαση σε 8 bit δεδομένων με μία φορά

-16-bit δίαυλο διευθύνσεων – μπορεί να έχει πρόσβαση σε 216 τοποθεσίες μνήμης – δηλαδή 64kB (65536 τοποθεσίες) για RAM και ROM.

-Εσωτερική (on-chip) RAM – 128 bytes ή 256 bytes (μνήμη δεδομένων) ανάλογα με το μοντέλο.

-Εσωτερική (on-chip) ROM – 4kiB (μνήμη προγράμματος).

-4 Byte διπλής κατεύθυνσης θύρα I/O .

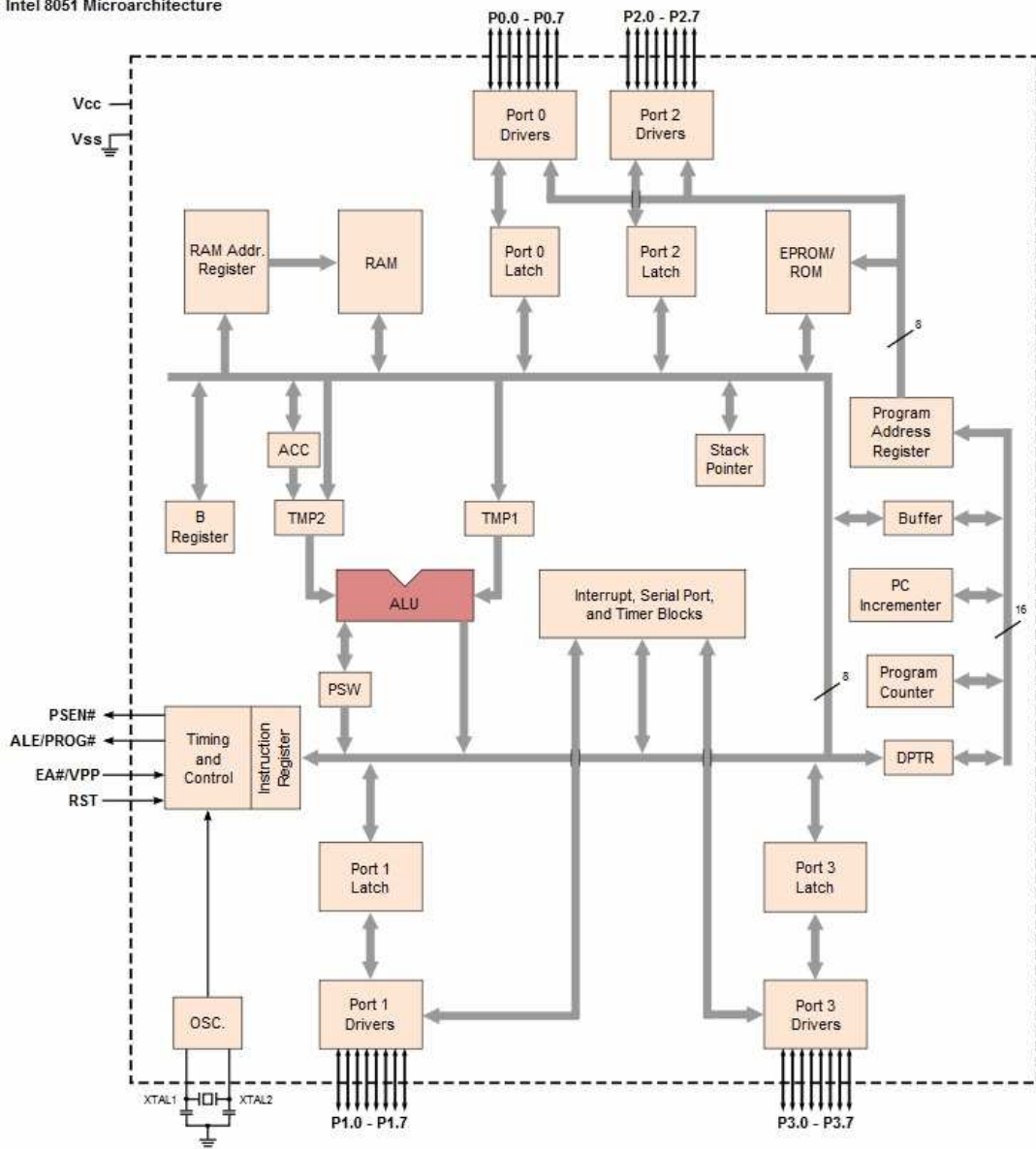
-UART (Σειριακή θύρα).

-Δύο 16-bit Counter/Timers

-Δύο επίπεδα προτεραιότητας διακόπτη

-Σχέδιο χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας

Intel 8051 Microarchitecture



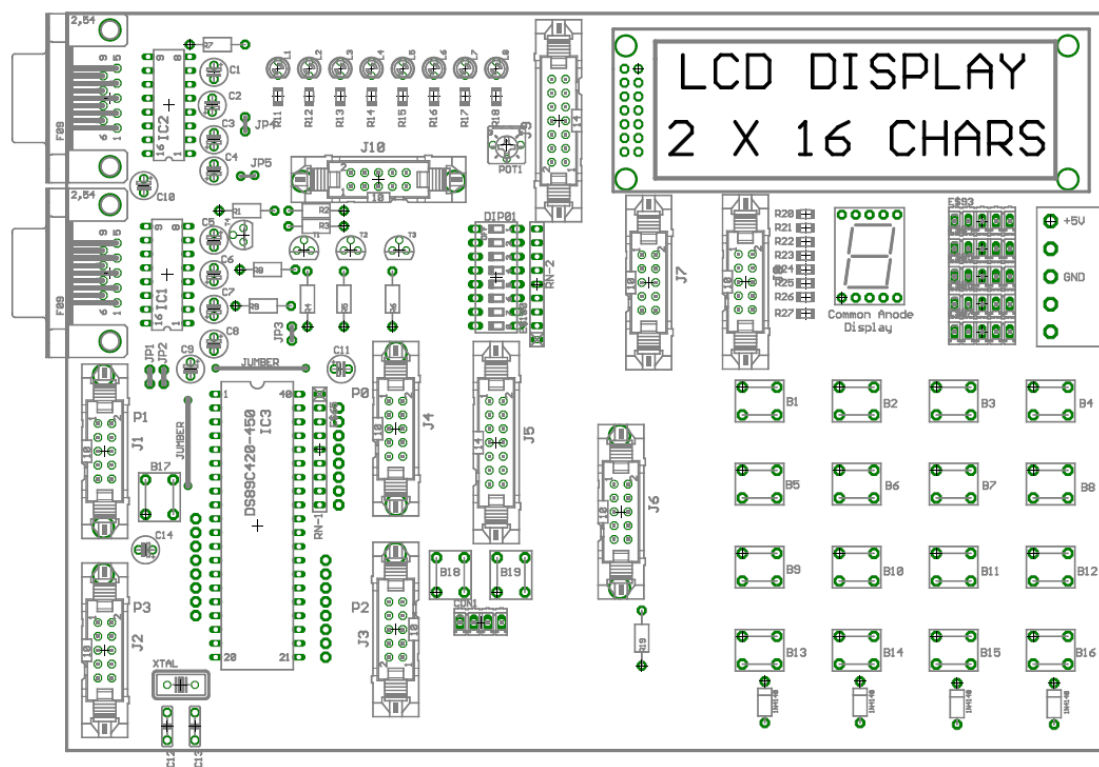
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Περιγραφή αναπτυξιακού συστήματος

Το αναπτυξιακό σύστημα που χρησιμοποιείται στην εργασία αυτή είναι το ίδιο με το αναπτυξιακό που χρησιμοποιείται και στο εργαστήριο του μαθήματος Μικροϋπολογιστές.

Το αναπτυξιακό πέραν του μικροελεγκτή διαθέτει

- LCD οθόνη 2X16
- Πληκτρολόγιο 4X4
- 1 seven segment display
- 2 εισόδους/εξόδους RS232



Το Footprint του αναπτυξιακού

Στην LCD οθόνη θα απεικονίζεται η ένδειξη της θερμοκρασίας και της υγρασίας κάθε στιγμή. Το seven segment display δεν χρησιμοποιείται κάπου σε αυτή τη μελέτη. Το

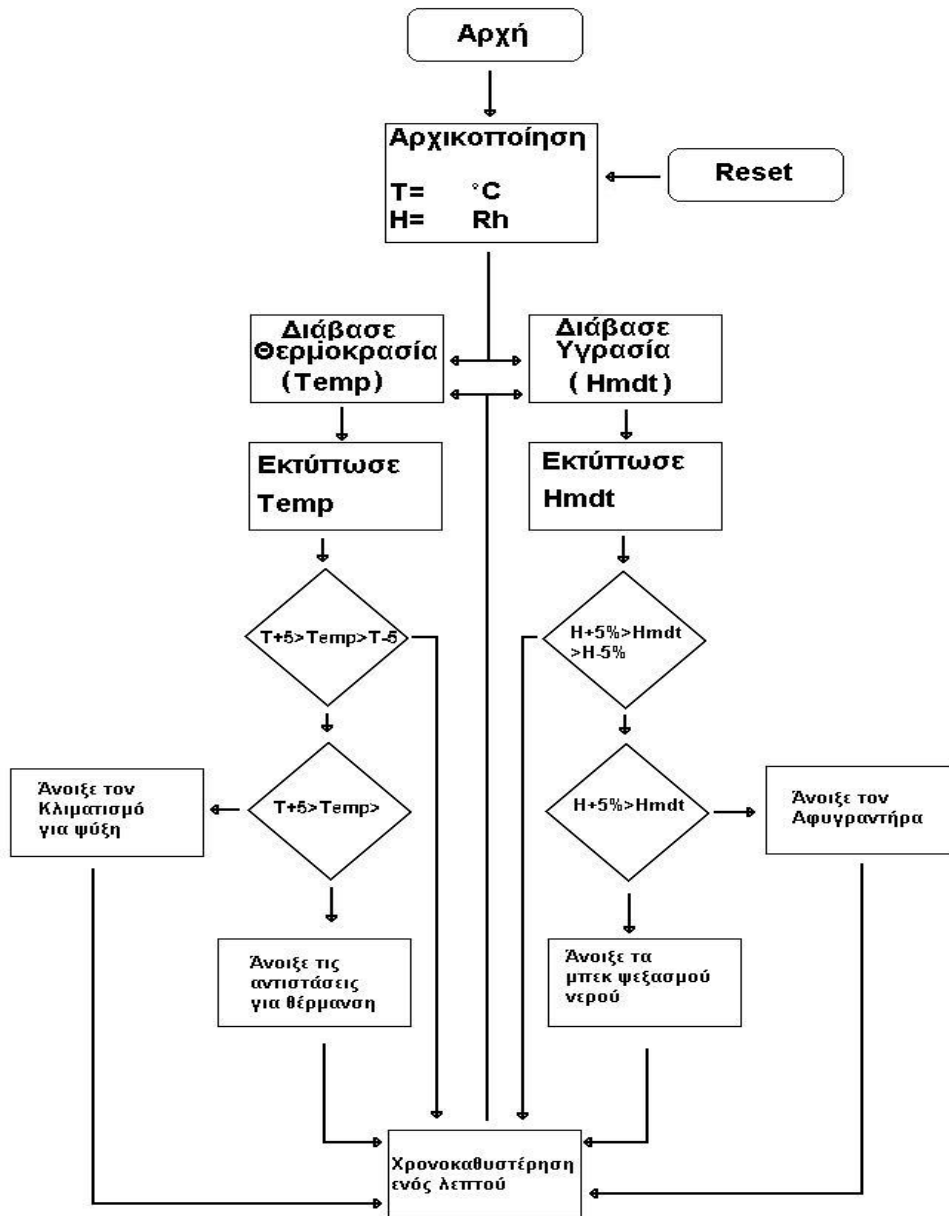




πιθανό μπλέξιμο των δεδομένων αποφεύγουμε να το συνδέσουμε παράλληλα με την οθόνη. Το βασικότερο όλων στη σύνδεση του αισθητηρίου είναι οι pull-up αντιστάσεις. Χωρίς αυτές δε θα υπάρχει επικοινωνία ή αν υπάρχει θα είναι προβληματική.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Πρόγραμμα λειτουργίας ελέγχου



Το πρόγραμμα ελέγχου της υγρασίας και της θερμοκρασίας του χώρου θα χειρίζεται κάποιες συσκευές για ψύξη, κάποιες για θέρμανση και κάποιες για δημιουργία υγρασίας και ξηρότητας του κλίματος.

Στο πρώτο βήμα το πρόγραμμα έχει να κάνει με την αρχικοποίηση των εξαρτημάτων του αναπτυξιακού, όπως η οθόνη και το αισθητήριο. Η αρχικοποίηση της οθόνης γίνεται για να δείχνει τους σωστούς χαρακτήρες στη σωστή θέση. Οι χαρακτήρες αυτοί είναι αριθμοί, γράμματα και σύμβολα. Οι χαρακτήρες είναι χαρακτήρες από τον πίνακα ASCII. Ο πίνακας ASCII είναι ο παρακάτω:

Upper 4 bits Lower 4 bits	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
XXXX0000	CG RAM (1)														
XXXX0001	(2)														
XXXX0010	(3)														
XXXX0011	(4)														
XXXX0100	(5)														
XXXX0101	(6)														
XXXX0110	(7)														
XXXX0111	(8)														
XXXX1000	(1)														
XXXX1001	(2)														
XXXX1010	(3)														
XXXX1011	(4)														
XXXX1100	(5)														
XXXX1101	(6)														
XXXX1110	(7)														
XXXX1111	(8)														

Στο δεύτερο βήμα εισάγουμε την επιθυμητή θερμοκρασία και υγρασία που θέλουμε να έχει το περιβάλλον. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια του πληκτρολογίου ή αν θέλουμε μόνιμα σταθερή υγρασία και θερμοκρασία γίνετε και με το αρχικό πρόγραμμα το οποίο περνάμε στη μνήμη του μικροελεγκτή.

Το τρίτο βήμα είναι το στάδιο της μέτρησης. Δίνοντας την αντίστοιχη εντολή, το αισθητήριο μετράει είτε υγρασία είτε

θερμοκρασία, δε μπορεί να μετρήσει και τα δυο μαζί. Με την εντολή 000-00011 το αισθητήριο μετράει τη θερμοκρασία ενώ με την εντολή 000-00101 μετράει την υγρασία.

-Αφού πάρει τη μέτρηση τη μεταφέρει για επεξεργασία και απεικόνιση στην οθόνη. Η επεξεργασία έχει να κάνει με τη μετατροπή από το δυαδικό σύστημα σε δεκαδικό και αντιστοίχιση της δεκαδικής στην πραγματική τιμή. Μόλις η τιμή μετατραπεί τότε αποστέλλεται στην οθόνη προς απεικόνιση.

-Μετά τη μέτρηση έχουμε τον έλεγχο. Ο έλεγχος επιτυγχάνεται ουσιαστικά με 2 συγκρίσεις. Βλέπουμε αν η μέτρηση βρίσκεται μέσα σε κάποια όρια που έχουμε ορίσει, είτε στο πρόγραμμα είτε στην αρχικοποίηση. Εάν είναι μέσα στα όρια τότε το πρόγραμμα περιμένει λίγο και μετά ξαναμετράει, και έτσι πέφτει σε έναν βρόγχο επανάληψης (loop) μέχρι η τιμή της μέτρησης να βγει εκτός των ορίων αυτών .

Εάν οι μετρήσεις είναι εκτός ορίων τότε κοιτάει να δει αν οι μετρήσεις είναι μεγαλύτερες από το όριο ή μικρότερες για να ενεργοποιήσει τις κατάλληλες συσκευές αύξησης ή μείωσης υγρασίας και θερμοκρασίας. Η ενεργοποίηση των συσκευών γίνεται με την εντολή σε ένα relay που ελέγχει τη συσκευή. Αμέσως μετά το πρόγραμμα περιμένει για ένα μικρό χρονικό διάστημα και ξαναμετράει και εμφανίζει τη μέτρηση. Αν η τιμή είναι εκτός ορίων τότε κρατάει την έξοδο που είναι συνδεδεμένη η αντίστοιχη συσκευή σε υψηλό επίπεδο έτσι ώστε να συνεχίσει να λειτουργεί η συσκευή, αλλιώς κάνει την έξοδο 0 και κλείνει η συσκευή.

-Εάν θέλουμε να αλλάξουμε τα επίπεδα της υγρασίας ή και της θερμοκρασίας πατώντας το πλήκτρο του RESET πηγαίνουμε ξανά στο στάδιο της αρχικοποίησης και επιλογής και εισάγουμε τα επίπεδα ζέστης και υγρασίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Εφαρμογές ελέγχου υγρασίας θερμοκρασίας

Έξυπνο Σπίτι ( Smart Home). Ο Αυτοματισμός στη ζωή μας

Το σύνολο των αυτοματισμών που επιτρέπουν την εξελιγμένη κεντρική διαχείριση και τον τεχνολογικά προηγμένο έλεγχο κτιριακών συστημάτων, είτε μιλάμε για μια κατοικία, είτε για έναν επαγγελματικό χώρο, ονομάζεται συνήθως «έξυπνο σπίτι» «έξυπνο κτίριο» ή αλλιώς «smart home».

Τι εννοούμε όμως, όταν λέμε ότι ένα σπίτι διαθέτει δείκτη νοημοσύνης; Κυρίως αυτό σημαίνει, ότι χρησιμοποιώντας την τελευταία λέξη της τεχνολογίας σε διάφορα λειτουργικά συστήματα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, η διαχείριση γίνεται όσο το δυνατόν πιο αυτοματοποιημένη και βασίζεται σε αρχές αυτοματισμού, τηλεχειρισμού, χρονοπρογραμματισμού, οπτικοποίησης κ.τ.λ. Τα «έξυπνα κτίρια» αναλαμβάνουν από μόνα τους πρωτοβουλίες, όπως να ρυθμίσουν την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου, να κλείσουν την κεντρική θέρμανση ή τον κλιματισμό όταν έχει ξεχαστεί ανοιχτό κάποιο παράθυρο, να ανεβάσουν μόνα τους τις τέντες όταν φυσάει πολύ, να προσομοιώσουν κάποια λειτουργία στο κτίριο π.χ. ανοιγοκλείνοντας τα φώτα και τα ρολά, ώστε να αποθαρρύνουν τους διαρρήκτες κατά την απουσία των ιδιοκτητών ή απλά να



τους ενημερώσουν για την κατάσταση του κτιρίου μέσω κινητού τηλεφώνου ή Internet όσο αυτοί βρίσκονται μακριά.

Το γεγονός είναι, ότι η ποιότητα φωτισμού, η σκίαση, η θερμική άνεση, το υγιές περιβάλλον, οι τηλεχειρισμοί, ο κλιματισμός, η πισίνα, τα ρολά, τα ηχητικά συστήματα, το τηλεφωνικό δίκτυο αποτελούν βασικά συστατικά του ίδιου οικιακού συστήματος. Ζητούμενο είναι πάντα η εξασφάλιση υγιεινής και ευχάριστης διαβίωσης. Ένα «έξυπνο σπίτι» μας επιτρέπει, όταν είμαστε μέσα να ενεργούμε εύκολα, χωρίς να πηγαينوερχόμαστε στους χώρους για να προσαρμόσουμε κάποια λειτουργία. Όλα τα συστήματα μπορούν να ελέγχονται εύκολα από μια οθόνη αφής, έναν απλό διακόπτη τοίχου ή ένα τηλεχειριστήριο. Ένα κτίριο με δείκτη νοημοσύνης επιτρέπει να ελέγχονται οι λειτουργίες του από μακριά μέσω τηλεφώνου ή διαδικτύου, τόσο εύκολα σαν να είμαστε εκεί. Σίγουρα αυτή η δυνατότητα δεν ανήκει πλέον στη σφαίρα της φαντασίας, αλλά ανήκει στην καθημερινότητα μας.

Ο αυτοματισμός είναι το πεδίο της επιστήμης και της τεχνολογίας, που ασχολείται με αυτά ακριβώς τα φαινόμενα. Ασχολείται ουσιαστικά με την επιβολή μιας επιθυμητής συμπεριφοράς στα φαινόμενα. Το αντικείμενο του αυτοματισμού είναι γενικό και πολύπλευρο.

Εφαρμογές υπάρχουν πολυάριθμες στην καθημερινή ζωή και στη βιομηχανία. Πρόκειται μάλιστα για ένα από τα πιο ιστορικά πεδία της επιστήμης, διότι η ανάπτυξη του συνοδεύει την εξέλιξη όλων των άλλων τεχνολογιών. Ο αυτοματισμός στην καθημερινή

ζωή έχει σκοπό να κάνει τη ζωή των ανθρώπων πιο εύκολη. Με την βοήθεια των ειδικών μπορείτε κι εσείς να εγκαταστήσετε αυτοματοποιημένες εφαρμογές «έξυπνου κτιρίου» κερδίζοντας σε άνεση, χρόνο και χρήμα.

Τρεις είναι οι βασικοί παράγοντες που ωθούν όλο και περισσότερους κατασκευαστές, αλλά και ιδιοκτήτες να υιοθετούν τις αρχές λειτουργίας του «έξυπνου κτιρίου» και τις νέες τεχνολογίες αυτοματοποίησης, που διαρκώς γίνονται διαθέσιμες στην αγορά:

α) Η άνοδος του βιοτικού επιπέδου δημιουργεί μεγαλύτερες ανάγκες για άνετες, ποιοτικές συνθήκες διαβίωσης στους χώρους εργασίας και κατοικίας.

β) Οι ιδιαίτερες ανάγκες που έχουν ομάδες πληθυσμού, π.χ. άτομα με νοητικά και κινητικά προβλήματα, ηλικιωμένοι.

γ) Η ολοένα αυξανόμενη περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών και η ανησυχία για το φαινόμενο του θερμοκηπίου δημιουργεί την ανάγκη για την εξοικονόμηση ενέργειας και την ορθολογική διαχείριση κάθε κτιριακού συστήματος.

Η ανάγκη για περισσότερη άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη στα σύγχρονα κτίρια. Ειδικά στη βιομηχανία, η εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση πόρων και αντίστοιχη αύξηση της παραγωγικότητας.

Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιοι συντηρητικοί υπολογισμοί των οικονομιών που επιτυγχάνονται:

- Αύξηση παραγωγής κατά 5 - 35%
- Μείωση κατανάλωσης ενέργειας κατά 10-35%
- Αύξηση του χρόνου ζωής των μηχανών κατά 10-25%
- Μείωση σπατάλης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 15-40%
- Μείωση εξόδων συντήρησης μηχανημάτων κατά 10-20%

Για παράδειγμα, σε μια κατοικία 120m<sup>2</sup> η κατασκευή ενός συστήματος «έξυπνου σπιτιού» που καλύπτει είκοσι φωτιστικά σημεία εκ των οποίων τα τέσσερα είναι ρυθμιζόμενα (dimmable), οκτώ ηλεκτρικά ρολά και διαχειρίζεται την θέρμανση, το κόστος του αυτοματισμού όπου περιλαμβάνει τα υλικά instabus EIB και τον προγραμματισμό ανέρχεται στα €3000 (με χρήση συμβατικών διακοπών για ελαχιστοποίηση του κόστους). Είναι φανερό με συντηρητικούς υπολογισμούς ότι ο ιδιοκτήτης του κτιρίου θα κάνει απόσβεση του συστήματος στα επόμενα ένα με δύο χρόνια.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος «έξυπνου σπιτιού» δεν είναι μια απλή υπόθεση, ειδικά επειδή ο συγκεκριμένος τομέας βρίσκεται σε τροχιά ανάπτυξης και συνεχώς κυκλοφορούν νέα συστήματα και νέες εφαρμογές, που μόνο κάποιος ειδικός απόλυτα εξοικειωμένος με τη φιλοσοφία του αυτοματισμού και της τεχνολογίας μπορεί να γνωρίζει.

Πριν από την εγκατάσταση ενός συστήματος είναι απαραίτητο για τον ιδιοκτήτη ή μελλοντικό χρήστη του κτιρίου να συνεργαστεί στενά με τον σχεδιαστή της ηλεκτρικής εγκατάστασης, ώστε να καταγραφούν οι ιδιαίτερες ανάγκες και επιθυμίες ως προς τις παροχές αυτοματοποίησης που θα έκαναν πιο εύκολη τη ζωή του. Είναι χρήσιμο να προσδιοριστούν για

κάθε χώρο ξεχωριστά οι επιθυμητές, αυτοματοποιημένες και μη λειτουργίες, που αφορούν τον φωτισμό, τη θέρμανση, τον αερισμό, τον κλιματισμό, τη διαχείριση ηλεκτρικών φορτίων, τη χρήση κινούμενων ρολών, το πότισμα κήπου, τη σήμανση εγκαταστάσεων κ.α. Θα πρέπει να προσδιοριστεί ο επιθυμητός βαθμός αυτοματοποίησης (και τηλεχειρισμού) κάθε συστήματος και να εξεταστεί κατά πόσο υπάρχουν διαθέσιμες τεχνικές λύσεις για να πραγματοποιηθεί κάθε εφαρμογή.

Στην τελική απόφαση εφαρμογής πρέπει να συνυπολογισθούν η επιλογή και η αξιοπιστία του κατασκευαστή των υλικών (υλικά από επώνυμες εταιρείες και όχι αναμφίβολες «πατέντες»), το σύστημα αυτοματισμού, το κόστος προμήθειας των υλικών, το κόστος συντήρησης, η δυναμική των υλικών στη αγορά, η επιλογή του σχεδιαστή, η εμπειρία από αντίστοιχες εφαρμογές σε άλλες κτιριακές εφαρμογές.

Είναι επίσης σημαντικό να εξεταστούν οι δυνατότητες επέκτασης και προσαρμογής της εγκατάστασης σε μελλοντικές ανάγκες και εφαρμογές, ειδικά τη στιγμή που η συγκεκριμένη αγορά συνεχώς αναπτύσσεται και οι τεχνολογικές εξελίξεις τρέχουν.

**Πώς μπορεί ένα «έξυπνο σπίτι» να βοηθήσει άτομα με ειδικές ανάγκες και τους ηλικιωμένους;**

Ένα έξυπνο σπίτι μπορεί να βοηθήσει άτομα με ειδικές ανάγκες και τους ηλικιωμένους να διάγουν ασφαλή και ανεξάρτητη ζωή στα ίδια τους τα σπίτια. Ένα έξυπνο σπίτι μπορεί να:

- Παρέχει ένα περιβάλλον που παρακολουθείται συνεχώς για να εξασφαλιστεί ο ιδιοκτήτης και να είναι ασφαλής (παρακολούθηση δραστηριότητας)
- Παρέχει ένα ασφαλές και σίγουρο περιβάλλον (προειδοποιεί τον ιδιοκτήτη του για τις δυνητικά επικίνδυνες δραστηριότητες)
- Διευκολύνει την αποκατάσταση των νοικοκυριών (με την επίδοση των οπτικοακουστικών μέσων)

## ΠΗΓΕΣ

- <http://www.sensorland.com/HowPage047.html>
- Έξυπνοι Αισθητήρες «SMART SENSORS»  
Πτυχιακή Εργασία Σπουδαστή : ΒΕΡΥΚΟΚΙΔΗ ΜΑΝΩΛΗ
- Μελέτη & Κατασκευή ψηφιακού θερμομέτρου με μικροελεγκτή  
Πτυχιακή Εργασία Σπουδαστή ΚΟΡΝΕΛΑΚΗ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥ
- <http://el.wikipedia.org/wiki/Θερμοκρασία>
- [http://el.wikipedia.org/wiki/υγρασία\\_ατμόσφαιρας](http://el.wikipedia.org/wiki/υγρασία_ατμόσφαιρας)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_MCS-51](http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_MCS-51)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>
- A MICROCONTROLLER-BASED DATA LOGGING SYSTEM  
S. J. Pérez, M. A. Calva, R. Castañeda
- <http://www.TechToys.com.hk>
- Μια εναλλακτική πρόταση για τον αυτοματισμό οικιακών καταναλώσεων  
– «Έξυπνο Σπίτι» Πτυχιακή Εργασία Σπουδαστών  
Αλέξανδρος Ελευσινιώτης - Αλέξανδρος Α. Κορδώνης
- Integrated Temperature, Light and Humidity Monitoring System for the  
Hospital Environment (Humidity Portion) Student: Adeel Alam