

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Παράρτημα Χανίων - Τμήμα Ηλεκτρονικής

Πτυχιακή εργασία

Τίτλος: Αυτόματο σύστημα ελέγχου περιβαλλοντικών συνθηκών
κλειστού χώρου με χρήση μικροελεγκτή.

Γερακιανάκης Εμμανουήλ

Αριθμός Μητρώου: 4341

Επιβλέπων καθηγητής: Ρηγάκης Ηρακλής

Σύνοψη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η σχεδίαση ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ικανού να διατηρεί σταθερό το κλίμα σε ένα κλειστό περιβάλλον και ειδικότερα σε ένα θερμοκήπιο. Για να σχεδιαστεί το σύστημα μελετήθηκε το περιβάλλον και διαπιστώθηκαν τα απαραίτητα μετρούμενα μεγέθη (θερμοκρασία, υγρασία) για τον έλεγχο της κατάστασης του. Μετά την εύρεση των μετρούμενων μεγεθών βρέθηκαν οι κατάλληλοι τύποι αισθητήρων για τις μετρήσεις αυτών και σχεδιάστηκαν τα κυκλώματα που απαιτούνται για την σύνδεση τους.

Μέσω της παρατήρησης του συστήματος διαπιστώθηκαν επίσης οι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να επέμβουμε στο περιβάλλον ελέγχου για να μπορούμε να επιτύχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Μέσω αυτών σχεδιάστηκαν οι έξοδοι που χρησιμοποιεί το σύστημα (διακόπτες, συστήματα ελέγχου θέσης) και τα απαραίτητα κυκλώματα.

Στην συνέχεια σχεδιάστηκαν συσκευές οι οποίες ανάλογα με το τύπο τους μπορούν να υποστηρίξουν είτε αισθητήρες είτε εξόδους. Στις συσκευές αυτές περιέχονται ηλεκτρονικές πλακέτες που περιλαμβάνουν τα απαραίτητα κυκλώματα για την σωστή λειτουργία των αισθητήρων (εισόδων) ή των εξόδων του συστήματος, τα απαραίτητα κυκλώματα τροφοδοσίας, το τμήμα επεξεργασίας και ελέγχου της πλακέτας που αποτελείται από ένα μικροελεγκτή καθώς και ένα κύκλωμα επικοινωνίας απαραίτητο για την επικοινωνία των συσκευών μεταξύ τους. Η σχεδίαση των κυκλωμάτων έγινε με το πρόγραμμα eagle 6.4 (eagle, 2011).

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στη συσκευή ελέγχου και λήψης αποφάσεων για την οποία επιλέχθηκε ένας υπολογιστής Raspberry Pi και στο δίκτυο επικοινωνίας μεταξύ του υπολογιστή και των συσκευών που αποτελούν το σύστημα.

Για την ευκολότερη επέκταση του συστήματος σε έκταση (περισσότερες συσκευές) αλλά και σε λειτουργίες (περισσότεροι αισθητήρες ή εξοδοί) κάθε συσκευή έχει συνδέσεις χρήσιμες για μετέπειτα επέκτασή της ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Abstract

The purpose of this project is to design a complete management system capable of maintaining the climate stable in a closed environment, especially in a greenhouse. To design the system the environment was studied and the required measurements were identified (temperature, humidity) in order to control the environment. After that, the appropriate sensor types were found to measure these values and the circuits required for the sensors' connection were designed.

Also, through observation of the system, some methods were identified in order to intervene in the control environment to be able to achieve the desired results. Based on these, the outputs used by the system were designed (switches, position control system) as well as the necessary circuits.

Then, all the devices were designed which could support either sensors or outputs, depending on their type. These devices contain an electronic circuit board that includes some circuits which are necessary for the proper functioning of the sensors (inputs) or the output of the system. Also they include the necessary power supply circuits, the processing section control board that consists of a microcontroller and a communication circuit necessary for the communication between the devices. The designing of the circuits was made using the software "Eagle 6.4" (eagle, 2011).

It was paid special attention to the control - making decisions device and the network between the computer and the devices that compose the system. A Raspberry Pi computer was selected for the operations of the control - making decisions device.

Each device of the system has useful connections for later expansion, depending on the requirements, in order to make the system easy to expand, supporting more devices of functions (more sensors or outputs).

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ρηγάκη Ηρακλή για την άριστη συνεργασία που είχαμε, για την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια που προσέφερε, ώστε να φτάσω σε αυτό το αποτέλεσμα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή τους όλο αυτό το διάστημα και ιδιαίτερα τους γονείς μου που υποστήριξαν και υποστηρίζουν κάθε μου προσπάθεια σε όλη την πορεία μέχρι σήμερα.

Ακόμα θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους δικούς μου ανθρώπους για τις συμβουλές, τα εύστοχα σχόλια και τις παρατηρήσεις τους, την υποστήριξη και την παρότρυνση να συνεχίσω την προσπάθεια μου. Η δική τους παρουσία συνέβαλε καθοριστικά στην επίτευξη αυτού του στόχου.

Πίνακας περιεχομένων

Σύνοψη	2
Abstract	3
Ευχαριστίες	4
Πίνακας περιεχομένων	5
Πίνακας εικόνων	8
Εισαγωγή	10
Προδιαγραφές συστήματος	10
Μετρούμενα μεγέθη	10
Υγρασία.....	10
Ορισμοί	10
Μέτρηση.....	11
Επίδραση στον άνθρωπο.....	11
Υγιεινή σημασία.....	11
Θερμοκρασία	11
Ορισμός.....	12
Μέτρηση.....	12
Άνεμος	12
Ορισμός.....	12
Μέτρηση.....	13
Άλλα μεγέθη προς μέτρηση	13
Περιβάλλον εφαρμογής	14
Αισθητήρες του συστήματος	16
Ο αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας.....	16
Ο αισθητήρας μέτρησης της υγρασίας	18
Ο αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας ανέμου.....	18
Συνδέσεις μέτρησης γενικής χρήσης	20
Έξοδοι του συστήματος	21
Διακόπτες	21
Έλεγχος θέσης συστήματος	21

Οθόνη LCD	23
Λίγα λόγια για τον ελεγκτή HD44780	24
Συσκευές	26
Σύστημα παροχής ενέργειας	26
Διάφορες επεκτάσεις	26
Ο μικροελεγκτής	27
Σύστημα χρονισμού	27
Χρονιστές – Timer.....	29
Κύκλωμα ADC (Analog to Digital converter).....	30
Χρήση των interrupt	31
Σειριακή επικοινωνία - UART	31
Αλλαγή προγράμματος του μικροελεγκτή	32
Συσκευή control	32
Το κύκλωμα	33
Το πρόγραμμα της συσκευής (Firmware).....	35
Οι εντολές που μπορεί να δεχτεί η συσκευή	39
Συσκευή Sensor	41
Το κύκλωμα	41
Το πρόγραμμα της συσκευής (Firmware).....	43
Οι εντολές που μπορεί να δεχτεί	47
Συσκευή outSensor	48
Το κύκλωμα	49
Το πρόγραμμα της συσκευής (Firmware).....	51
Οι εντολές που μπορεί να δεχτεί	52
Το δίκτυο επικοινωνίας	54
Η μετατροπή από σειριακά δεδομένα σε rs485	55
Λίγα λόγια για το πρότυπο RS485	55
Το πρωτόκολλο επικοινωνίας	56
Δομή του πακέτου	58
Λίγα λόγια για τον κυκλικό έλεγχο πλεονασμού (CRC).....	59
Ο υπολογιστής	62
Λίγα λόγια για το Raspberry Pi	62
Το πρόγραμμα του υπολογιστή	64
Εισαγωγή	64

Οι βιβλιοθήκες της Java	65
Η δομή του προγράμματος	65
Η βάση δεδομένων	68
Βελτιώσεις	70
Βιβλιογραφία.....	71

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1 Ανεμόμετρο.....	13
Εικόνα 2: Εσωτερικό του θερμοκηπίου	15
Εικόνα 3: Κύκλωμα-οδηγός για τον αισθητήρα θερμοκρασίας Pt100.....	17
Εικόνα 4: Ο αισθητήρας υγρασίας HM1500	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 5: Σύνδεση του αισθητήρα υγρασίας στον ADC μετατροπέα.....	18
Εικόνα 7 Βοηθητικό κύκλωμα αισθητήρα μέτρησης ταχύτητας ανέμου.....	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 6: Ανεμόμετρο με ημισφαιρικά δοχεία.....	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 8: Κύκλωμα-οδηγός για την σύνδεση διάφορων αισθητήρων	20
Εικόνα 9: Κύκλωμα- οδηγός για το διακόπτη.....	21
Εικόνα 10 Σύστημα ελέγχου θέσης	22
Εικόνα 11: Προστασία του μικροελεγκτή από ανεπιθύμητες τάσεις.....	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 12 LCD οθόνη 2 γραμμών 16 χαρακτήρων	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 13 Δομικό διάγραμμα ελεγκτή HD44780	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 14 Κύκλωμα παροχής ενέργειας και προγραμματισμού.....	26
Εικόνα 15 Δομικό διάγραμμα συστήματος ρολογιού στο εσωτερικό του μικροελεγκτή msp430f2619 (MSP430x2xxx Family User's Guide, 2007)	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 16 Δομικό διάγραμμα ενός χρονιστή στο εσωτερικό του μικροελεγκτή msp430f2619 (MSP430x2xxx Family User's Guide, 2007).....	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 17: Βασικό διάγραμμα συσκευής Control	33
Εικόνα 18 Ηλεκτρονικό κύκλωμα για την συσκευή Control.....	34
Εικόνα 19 Σύνδεση με τα συστήματα ελέγχου θέσης στη συσκευή control	35
Εικόνα 20 Διάγραμμα ροής κυρίως βρόγχου για την συσκευή control.....	36
Εικόνα 21 Διάγραμμα ροής Interrupt λήψης	37
Εικόνα 22 Διάγραμμα ροής Interrupt Αποστολής	38
Εικόνα 23 Διάγραμμα ροής Interrupt ελέγχου θέσης	39
Εικόνα 24 Δομικό διάγραμμα συσκευής Sensor	41
Εικόνα 25 Ηλεκτρονικό κύκλωμα συσκευής Sensor 1/2.....	42
Εικόνα 26 Ηλεκτρονικό κύκλωμα συσκευής Sensor 2/2.....	43
Εικόνα 27 Διάγραμμα ροής τμήματος αρχικοποίησης για την συσκευή sensor.	44
Εικόνα 28 Διάγραμμα ροής κυρίως βρόγχου για τη συσκευή Sensor	45
Εικόνα 29 Διάγραμμα ροής Interrupt λήψης	45

Εικόνα 30 Διάγραμμα ροής Interrupt Αποστολής.....	46
Εικόνα 31 Διάγραμμα ροής interrupt χρονιστή στο κύκλωμα Sensor.....	47
Εικόνα 32 Διάγραμμα ροής interrupt ADC.....	47
Εικόνα 33 Δομικό διάγραμμα συσκευής outSensor.....	49
Εικόνα 34 Ηλεκτρονικό κύκλωμα συσκευής outSensor 1/2.....	50
Εικόνα 35 Ηλεκτρονικό κύκλωμα συσκευής outSensor 2/2.....	50
Εικόνα 36 Διάγραμμα ροής interrupt ανεμόμετρου.....	52
Εικόνα 37 Διαφορική μετάδοση σήματος.....	54
Εικόνα 38 Μετατροπέας UART σε RS485.....	55
Εικόνα 39 Συνδεσμολογία bus.....	56
Εικόνα 40 Καλώδιο για χρήση με το πρότυπο RS485.....	56
Εικόνα 41 Ένα δείγμα υπολογισμού CRC.....	59
Εικόνα 42 Raspberry Pi logo.....	62
Εικόνα 43 Raspberry Pi.....	63
Εικόνα 44 Δομικό διάγραμμα σύνδεσης υπολογιστή.....	63
Εικόνα 45 Το λογότυπο της γλώσσας Java.....	64
Εικόνα 46 RxTx logo.....	65
Εικόνα 47 Παράδειγμα χρήσης Swing API.....	65
Εικόνα 48 Δείγμα γραφικής απεικόνισης θερμοκρασίας (infocaptor.com, 2013).....	66
Εικόνα 49 Διάγραμμα ροής αρχικοποίησης του προγράμματος.....	67
Εικόνα 51 Διάγραμμα ροής για το κεντρικό τμήμα στο κεντρικό υπολογιστή του συστήματος.....	67
Εικόνα 52 Διαδικασία αποστολής αλλαγών κατά το πάτημα του κουμπιού αποστολής.....	68

Εισαγωγή

Προδιαγραφές συστήματος

Το σύστημα αυτό θα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί σε οποιοσδήποτε συνθήκες κλίματος υπάρχουν στο περιβάλλον. Για αυτό το λόγο οι συσκευές που θα υλοποιηθούν θα πρέπει να είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε να μπορούν να αντέχουν στις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο θα τοποθετηθούν.

Η διατήρηση του κλίματος απαιτεί χρήση κατάλληλων αισθητηρίων. Αναλόγως το κλίμα, το μέγεθος και το σχήμα του χώρου, απαιτείται και διαφορετικός αριθμός αισθητηρίων. Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξει τον αριθμό και το είδος των αισθητηρίων αυτών.

Για το σωστό έλεγχο του συστήματος υπάρχει η ανάγκη ενός τμήματος επεξεργασίας στο οποίο θα εισέρχονται οι τιμές των αισθητήρων και θα λαμβάνονται οι κατάλληλες αποφάσεις. Επιπλέον, οι αισθητήρες που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι τοποθετημένοι με τέτοιο τρόπο μέσα στο περιβάλλον που θέλουμε να ελέγξουμε, ώστε οι τιμές που λαμβάνονται να περιγράφουν τις συνθήκες σε όλο το χώρο που θέλουμε να ελεγχθεί και όχι σ' ένα μέρος του.

Επιπροσθέτως, υπάρχει η ανάγκη δημιουργίας ενός δικτύου για την επικοινωνία του τμήματος επεξεργασίας με τους αισθητήρες, δεδομένου ότι οι αισθητήρες δεν θα είναι τοποθετημένοι σε ένα σημείο στο χώρο.

Οι αποφάσεις που θα λαμβάνονται από το τμήμα επεξεργασίας θα πρέπει να επηρεάζουν κάποια στοιχεία του περιβάλλοντος που ελέγχουμε μέσω διάφορων συσκευών, όπως συσκευές ψύξης ή θέρμανσης για την διατήρηση της θερμοκρασίας σε κατάλληλα επίπεδα, μέσω ελέγχου παραθύρων για τον εξαερισμό του χώρου ή και μέσω ελέγχου ανεμιστήρων για τον έλεγχο της ροής του ανέμου στο χώρο.

Μετρούμενα μεγέθη

Για την κατανόηση του περιβάλλοντος απαιτείται να γνωρίζουμε κάποια φυσικά μεγέθη τα οποία θα μας γίνονται γνωστά μέσω των αισθητήρων. Παρακάτω αναφέρονται μερικά από τα πιο σημαντικά μεγέθη προς μέτρηση.

Υγρασία

Ορισμοί

Υγρασία καλείται η παρουσία υδρατμών στον αέρα οι οποίοι προέρχονται από την εξάτμιση υγρών επιφανειών, κυρίως των θαλασσών. Η υγρασία της ατμόσφαιρας διακρίνεται σε "απόλυτη" και σε "σχετική".

Απόλυτη υγρασία ονομάζεται η ποσότητα των υδρατμών (σε γραμμάρια) που περιέχεται σε 1 m³.

Σχετική υγρασία είναι ο λόγος της ποσότητας ή της μάζας των υδρατμών που περιέχει ο αέρας, προς εκείνη την ποσότητα ή το βάρος των υδρατμών τους οποίους μπορεί να συμπεριλάβει (υπό αυτή την θερμοκρασία και πίεση) μέχρις ότου αυτός κορεσθεί. Η σχετική υγρασία εκφράζεται επί τοις εκατό. Στην Ομίχλη παρατηρείται η μέγιστη σχετική υγρασία, δηλαδή 100%.

Μέτρηση

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

Επίδραση στον άνθρωπο

Η υγρασία της ατμόσφαιρας έχει άμεση επίδραση στην αποβολή ύδατος από το ανθρώπινο σώμα που συντελείται μεταξύ άλλων και από την εξάτμιση μέσω των πνευμόνων και του δέρματος, εκ των οποίων και ρυθμίζεται η θερμοκρασία του σώματος. Η ποσότητα του εξατμιζόμενου ύδατος που αποβάλλεται υπό μορφή υδρατμών κάθε μέρα, 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.

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 αυτό συνδυάζεται και με υψηλή θερμοκρασία τότε εγκυμονείτε κίνδυνος θερμοπληξίας. Αντίθετα σε μικρή σχετική υγρασία αυξάνεται ή 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 υγραμετρική 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. (Υγρασία_ατμόσφαιρας, 2013)

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι 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

απορροφάται ή εκλύεται από ένα σώμα προκαλεί μεταβολή θερμοκρασίας. Συνεπώς θερμότητα και θερμοκρασία είναι διαφορετικές έννοιες. Η μεν θερμότητα είναι μορφή ενέργειας, η δε θερμοκρασία ιδιότητα και μέγεθος.

Ορισμός

Θερμοκρασία είναι η φυσική ποσότητα που μετρά την ενέργεια κίνησης ή ταλάντωσης της ύλης σε ατομικό επίπεδο. Η ανταλλαγή της ενέργειας αυτής, όταν πιάνουμε κάτι με το χέρι για παράδειγμα, μας δίνει την αίσθηση του ζεστού και του κρύου, με την κατάσταση μεγαλύτερης ενέργειας να αντιστοιχεί στο «ζεστό» ή «θερμό», όταν συνολικά παίρνουμε ενέργεια, και της κατάστασης μικρότερης ενέργειας, κατά την οποία αντιλαμβανόμαστε να χάνουμε συνολικά ενέργεια, να αντιστοιχεί στο «κρύο».

Μέτρηση

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. Γενικώς τα θερμόμετρα διακρίνονται σε κοινά ή υδραργυρικά και σε θερμόμετρα οιοπνεύματος (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.

Σχετική θερμοκρασία ονομάζεται η θερμοκρασία που μετριέται αρχίζοντας από το 0° της κλίμακας Κελσίου ή της κλίμακας Φαρενάιτ ονομάζεται *σχετική θερμοκρασία* και καλείται *θετική* όταν είναι υψηλότερη του μηδενός και *αρνητική* όταν είναι χαμηλότερη.

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

Απόλυτη θερμοκρασία είναι η θερμοκρασία που έχει ως αρχή μέτρησης το απόλυτο μηδέν της όποιου κλίμακας (Κελσίου ή Φαρενάιτ) χαρακτηρίζεται *απόλυτη θερμοκρασία*. Το απόλυτο μηδέν είναι η θερμοκρασία από την οποία ξεκινά η κλίμακα Κέλβιν και που προσδιορίζεται για την κλίμακα Κελσίου στους - 273,15°C και για την κλίμακα Φαρενάιτ στους - 459,67°F. Η απόλυτη θερμοκρασία συμβολίζεται με το γράμμα T. (Θερμοκρασία, 2013)

Άνεμος

Ορισμός

Άνεμος ονομάζεται η όποια αισθητή οριζόντια κίνηση του αέρα. Αιτία του ανέμου είναι ότι ο αέρας (οι αέριες μάζες της ατμόσφαιρας) που περιβάλλει την Γη βρίσκεται σε συνεχή οριζόντια

και κατακόρυφη κίνηση.

Η όποια αισθητή κατακόρυφη κίνηση του αέρα ονομάζεται ρεύμα, και αν μεν είναι από κάτω προς τα επάνω λέγεται ανοδικό ρεύμα, αν είναι από επάνω προς τα κάτω λέγεται καθοδικό ρεύμα.

Πρωταρχική γενεσιουργός αιτία του ανέμου είναι η *διαφορά της θερμοκρασίας* του αέρα που με τη σειρά της δημιουργεί υπό ορισμένες προϋποθέσεις, διαφορές βαρομετρικής πίεσης μεταξύ παρακείμενων τόπων. Αν δύο συνεχόμενες περιοχές συμβεί να μην έχουν την ίδια θερμοκρασία, τότε η ατμοσφαιρική πίεση της περισσότερο ψυχρής θα είναι μεγαλύτερη από της θερμότερης περιοχής, με αποτέλεσμα να δημιουργείται αέρια μάζα από τη ψυχρότερη στη θερμότερη περιοχή.

Όταν μία μάζα αέρα θερμαίνεται γίνεται πιο αραιή και πιο ελαφριά από τις άλλες μάζες που βρίσκονται γύρω της και τείνει να ανέβει ψηλότερα από εκείνες (ανοδικά κίνηση). Επομένως, άλλες, πιο ψυχρές και βαριές αέριες μάζες θα κινηθούν και θα πάρουν τη θέση της.

Αντίθετα, όταν μια μάζα αέρα ψύχεται γίνεται πιο πυκνή και πιο βαριά και τείνει να κατέβει (καθοδική κίνηση). Για να το πετύχει «σπρώχνει» τις άλλες τις πιο θερμές και πιο αραιές μάζες του αέρα και παίρνει τη θέση τους.

Στοιχεία ανέμου θεωρούνται η *διεύθυνση* και η *ένταση* ή *ισχύς* του. Και τα δύο αυτά στοιχεία μπορούν να προσδιοριστούν από τα ανεμομετρικά όργανα που είναι οι ανεμοδείκτες και τα ανεμόμετρα.

Μέτρηση

Η ένταση του ανέμου εκφράζεται είτε με την πίεση την οποία ασκεί στην επιφάνεια των διαφόρων σωμάτων, είτε με την ταχύτητα με την οποία αυτός κινείται. Στην Μετεωρολογία η ένταση του ανέμου εκφράζεται συνήθως με την ταχύτητά του, οπότε δίδεται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο ή σε χιλιόμετρα ή μίλια ανά ώρα ή σε κόμβους. Η κλίμακα Μποφόρ είναι ένας εμπειρικός τρόπος μέτρησης της έντασης των ανέμων, που βασίζεται στην παρατήρηση των αποτελεσμάτων του ανέμου στη στεριά ή τη θάλασσα. (Άνεμος, 2013)



Εικόνα 1 Ανεμόμετρο

Άλλα μεγέθη προς μέτρηση

Ανάλογα με τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος στο οποίο θα τοποθετηθεί το σύστημά μας, ίσως υπάρχει η ανάγκη μέτρησης εξειδικευμένων μεγεθών που δε μετρούνται σε οποιοδήποτε άλλο περιβάλλον. Αν για παράδειγμα απαιτείται μια καλύτερη ένδειξη του καιρού θα πρέπει να τοποθετηθεί και αισθητήρας βαρομετρικής πίεσης. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξει νέους τύπους αισθητήρων χωρίς να αλλάξει η βασική του δομή.

Περιβάλλον εφαρμογής

Το σύστημα ελέγχου που αναπτύχθηκε μπορεί να εφαρμοστεί σε ποικίλα περιβάλλοντα, τα οποία ενδεχομένως να χαρακτηρίζονται από διαφορετικές συνθήκες και μορφή μεταξύ τους. Υπάρχουν περιβάλλοντα με ξηρό κλίμα, με υψηλές θερμοκρασίες και με ανέμους μεγάλων ταχυτήτων. Επίσης, υπάρχουν περιβάλλοντα με μεγάλα ποσοστά υγρασίας, υψηλές θερμοκρασίες και ανέμους με σχεδόν μηδενικές ταχύτητες. Παρακάτω γίνεται προσπάθεια ανάλυσης του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου για να εξηγηθούν οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη καθώς και τα είδη των εξόδων που έχει το σύστημα.

Το θερμοκήπιο αποτελεί μια μονάδα παραγωγής τροφίμων και καλλωπιστικών φυτών. Στόχος του επομένως θα πρέπει να είναι η παραγωγή προϊόντων στη καλύτερη δυνατή ποιότητα και με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Βασικό πλεονέκτημα για την ανάπτυξη των φυτών μέσα στο θερμοκήπιο είναι η δυνατότητα ελέγχου των παραμέτρων του περιβάλλοντος παραγωγής. Ένας από τους πιο βασικούς παράγοντες ανάπτυξης των φυτών είναι η θερμοκρασία. Διαφορετικά είδη φυτών χαρακτηρίζονται από διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας κατάλληλα για την ανάπτυξη τους. Τα επίπεδα θερμοκρασίας είναι διαφορετικά και κατά τα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Δεδομένου ότι συνήθως ενδιαφερόμαστε για την ταχεία ανάπτυξη του φυτού, υπάρχει η ανάγκη παροχής των απαιτούμενων θερμοκρασιών σε όλο το κύκλο ζωής του φυτού.

Τα θερμοκήπια είναι σχεδιασμένα ώστε να διαχέουν όσο το δυνατόν περισσότερο ηλιακό φως προς την καλλιέργεια. Εξαιτίας αυτού η μόνωση του θερμοκηπίου είναι σχεδόν μηδενική και το περιβάλλον της καλλιέργειας είναι εκτεθειμένο στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών. Η ηλιακή ακτινοβολία (φως και ζέστη) έχει το μεγαλύτερο αντίκτυπο στο επίπεδο της θερμοκρασίας στο περιβάλλον της καλλιέργειας.

Για την ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο είναι σημαντικό να εγκατασταθεί ένα σύστημα έλεγχου θερμοκρασίας (θέρμανσης και ψύξης). Το σύστημα αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιεί λέβητες ζεστού νερού (καλοριφέρ) ή αερόθερμα με δυνατότητα να καλύψουν τις ανάγκες του θερμοκηπίου ακόμα και τις πιο κρύες νύχτες.

Χρήσιμη είναι και η τοποθέτηση ανεμιστήρων στο εσωτερικό του θερμοκηπίου για την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στο χώρο. Η μείωση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας είναι επίσης σημαντική. Για το φυσικό εξαερισμό του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται παράθυρα οροφής και πλευρικά παράθυρα. Για καλύτερα αποτελέσματα ψύξης χρησιμοποιούνται συστήματα ψύξης που εκμεταλλεύονται την εξάτμιση του νερού (δросισμός).

Η σχετική υγρασία είναι ο πιο κοινός τρόπος μέτρησης σε ένα θερμοκήπιο για το πως “νιώθουν” τα φυτά. Τα τελευταία αντιδρούν στα διαφορετικά επίπεδα υγρασίας στα στόματα των φύλλων και της υγρασίας του αέρα που τα περιβάλλει. Στα ίδια επίπεδα υγρασίας, αλλά σε

διαφορετικές θερμοκρασίες η διαπνοή του νερού από το φύλλο μπορεί να διπλασιαστεί. (Η διαπνοή είναι φυσιολογική διεργασία των φυτών και συνίσταται στην αποβολή νερού υπό μορφή υδρατμών από τμήματα των φυτών)

Ο κύριος μηχανισμός των φυτών για την αντιμετώπιση της υγρασίας είναι η προσαρμογή των στομάτων των φύλλων. Τα στόματα ανοίγουν περισσότερο καθώς η υγρασία αυξάνεται. Αν η σχετική υγρασία πέσει σε χαμηλά επίπεδα τα στόματα στα περισσότερα φυτά κλείνουν σχεδόν στο 50% για προστασία του φυτού από το μαρασμό. Αυτό μειώνει την ανταλλαγή διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) του φυτού με το περιβάλλον επηρεάζοντας την φωτοσύνθεση. (Φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία κατά την οποία τα πράσινα φυτά και ορισμένοι άλλοι οργανισμοί μετασχηματίζουν τη φωτεινή ενέργεια σε χημική. Κατά την φωτοσύνθεση στα φυτά η φωτεινή ενέργεια δεσμεύεται και χρησιμοποιείται για τη μετατροπή διοξειδίου του άνθρακα και νερού σε οξυγόνο και ενεργειακά πλούσιες οργανικές ενώσεις, κυρίως υδατάνθρακες).

Πολλά φυτά στο θερμοκήπιο αναπτύσσονται καλύτερα σε υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας. Ωστόσο διάφορες ασθένειες και παθήσεις όπως μικρότερο ριζικό σύστημα είναι πιθανόν να εμφανιστούν.

Για να ελέγξουμε τα επίπεδα της υγρασίας χρήσιμα είναι τα συστήματα αερισμού και εξαερισμού που αναφέραμε παραπάνω.



Εικόνα 2 Εσωτερικό του θερμοκηπίου

Η θέρμανση, ο εξαερισμός και ο δροσισμός, πρέπει να λειτουργούν αυτόματα για σωστό έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας (σχετικές υγρασίες επάνω από 90% δημιουργούν προβλήματα ασθενειών) και την εξοικονόμηση εργασίας. Ένας ψηφιακός αυτοματισμός με υπολογιστή είναι μια καλή επιλογή, αρκεί να αξιοποιεί κάποιο δοκιμασμένο φυσικό μοντέλο με στόχο και την εξοικονόμηση ενέργειας πέρα από τη σωστή ανάπτυξη των φυτών.

Για την σωστή διαχείριση της παραγωγικής διαδικασίας ή και της διαδικασίας ανάπτυξης μπορεί να απαιτηθούν μετρήσεις διαφορετικών παραγόντων εκτός από αυτές που αναφέραμε παραπάνω (θερμοκρασία, υγρασία) όπως ταχύτητα ανέμου εντός και εκτός του θερμοκηπίου, υγρασία εδάφους ή και θερμοκρασία εδάφους.

Το βέλτιστο κλίμα σε ένα θερμοκήπιο μπορεί να επιτευχθεί εξασφαλίζοντας καλό εξαερισμό, καλή σκίαση και ομίχλη.

Αισθητήρες του συστήματος

Για την μέτρηση των μεγεθών που αναφέραμε παραπάνω (υγρασία, ταχύτητα ανέμου και θερμοκρασία) αλλά και για την μέτρηση μεγεθών τα οποία δεν έχουν υπολογισθεί αλλά μπορεί στο μέλλον να μελετηθούν επιλέχθηκαν οι παρακάτω αισθητήρες καθώς και τα επιμέρους κυκλώματα που απαιτούνται για την σύνδεση τους.

Ο αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας.

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας επιλέχθηκαν τα θερμόμετρα αντίστασης ή RTD. Τα θερμόμετρα αντίστασης, καλούνται και Resistance Temperature Detectors (RTD) είναι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση θερμοκρασίας συσχετίζοντας την αντίσταση του RTD αισθητήρα με την θερμοκρασία. Οι περισσότεροι αισθητήρες RTD αποτελούνται από ένα λεπτό σπειροειδές καλώδιο τυλιγμένο γύρω από ένα κεραμικό ή γυάλινο πυρήνα. Ο αισθητήρας είναι συνήθως ευαίσθητος και για αυτό τοποθετείται μέσα σε περίβλημα για να προστατευθεί. Είναι φτιαγμένος από καθαρό υλικό, συνήθως πλατίνα, νικέλιο ή χαλκό. Το υλικό αυτό έχει μια προβλέψιμη αλλαγή της αντίστασης όταν αλλάζει η αντίσταση. Είναι η προβλέψιμη αλλαγή αυτή που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας.

Οι κοινοί αισθητήρες RTD που είναι κατασκευασμένοι από πλατίνα, χαλκό ή νικέλιο έχουν μια μοναδική, επαναλαμβανόμενη και προβλέψιμη αντίσταση σε σχέση με την θερμοκρασία ($R = f(\theta)$) και μια συγκεκριμένη περιοχή λειτουργίας. Η σχέση που ενώνει την αντίσταση με την θερμοκρασία ορίζεται ως το ποσό της μεταβολής της αντίστασης στον αισθητήρα για κάθε βαθμό της μεταβολής της θερμοκρασίας. Ο ρυθμός μεταβολής της αντίστασης αλλάζει ελαφρά μέσα στην περιοχή λειτουργίας του αισθητήρα.

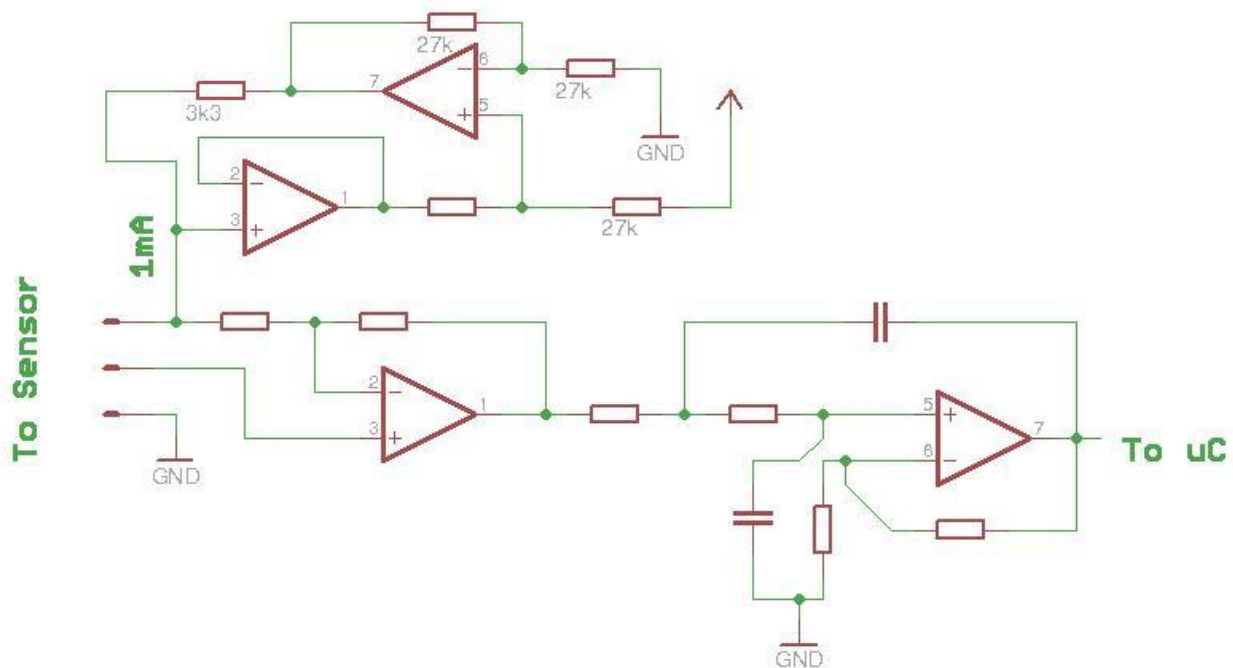
Η πλατίνα είναι ένα ευγενές μέταλλο και έχει τη σταθερή σχέση αντίστασης-θερμοκρασίας σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Οι αισθητήρες RTD που χρησιμοποιούν νικέλιο έχουν περιορισμένο εύρος θερμοκρασιών εξαιτίας του μέτρου αλλαγής της αντίστασης για κάθε ένα βαθμό μεταβολής της θερμοκρασίας και γίνεται μη γραμμικό σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 300°C. Ο χαλκός έχει μια πολύ καλή γραμμική σχέση αντίστασης-θερμοκρασίας, ωστόσο οξειδώνει εύκολα και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 150°C.

Η πλατίνα είναι το καλύτερο μέταλλο για τους αισθητήρες RTD εξαιτίας της πολύ καλής γραμμικής σχέσης αντίστασης-θερμοκρασίας ενώ έχει καλή επαναληψιμότητα σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Οι μοναδικές ιδιότητες της πλατίνας τη κάνουν υλικό για τα πρότυπα θερμοκρασίας από -272,5°C έως 950°C. Ακόμα η πλατίνα χρησιμοποιείται επειδή είναι χημικά αδρανής.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό των μετάλλων που χρησιμοποιούνται ως αισθητήρες θερμοκρασίας μέσω αντίστασης είναι η αντίσταση σε σχέση με την θερμοκρασία στην περιοχή από 0°C έως 100°C. Αυτό το χαρακτηριστικό ονομάζεται άλφα (α). (Resistance_thermometer, 2013)

Η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται με αισθητήρα θερμοκρασίας pt100. Με την αλλαγή της θερμοκρασίας αλλάζει με γραμμικό τρόπο η αντίσταση του αισθητήρα. Το όργανο μέτρησης δε μετράει την αντίσταση αλλά την τάση στα άκρα του αισθητήρα. Για την σωστή μέτρηση έχει σχεδιαστεί ένα κύκλωμα παροχής ρεύματος σταθερής τιμής 1mA αποτελούμενο από τελεστικούς ενισχυτές. Γνωρίζοντας την τάση στα άκρα του αισθητήρα και το ρεύμα που τον διαρρέει μπορούμε μέσω του νόμου του ohm ($R = \frac{V}{I}$) (Ohm's Law, 2013) να υπολογίσουμε την αντίσταση του αισθητηρίου άρα και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος που ελέγχει το αισθητήριο.

Αντίσταση δεν εμφανίζει μόνο το αισθητήριο αλλά και οι αγωγοί που ενώνουν το αισθητήριο με την συσκευή. Για την αποφυγή της μέτρησης της αντίστασης αυτής (του καλωδίου), δηλαδή της τάσης στα άκρα του καλωδίου χρησιμοποιείται και πάλι διάταξη τελεστικών που σκοπό έχουν την αφαίρεση της τάσης των καλωδίων από τη μετρούμενη τάση καθώς και την ενίσχυση της τάσης σε επίπεδα που μπορεί να “διαβάσει” ο μικροελεγκτής της συσκευής. Ο μικροελεγκτής “διαβάζει” δεδομένα από 0 έως 3,3V. Σε κάθε ανάγνωση της τάσης από τον μικροελεγκτή γίνεται η απαραίτητη επεξεργασία και εξάγεται η τιμή της θερμοκρασίας.



Εικόνα 3: Κύκλωμα-οδηγός για τον αισθητήρα θερμοκρασίας Pt100

Ο αισθητήρας μέτρησης της υγρασίας

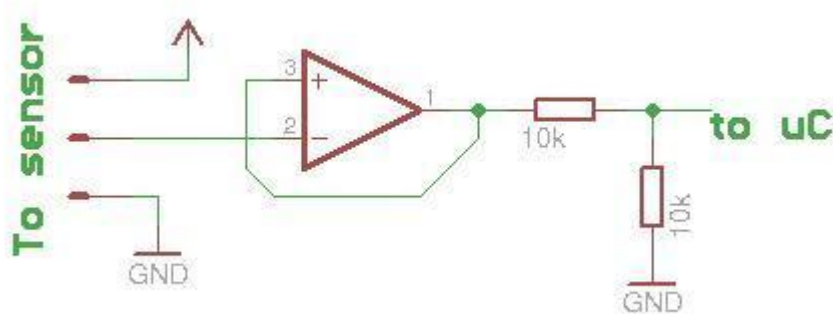
Για τη μέτρηση της υγρασίας χρησιμοποιείται ο αισθητήρας της εταιρείας HUMIREL HM1500. Επιλέχθηκε αυτός ο τύπος αισθητήρα επειδή δεν επηρεάζεται όταν έρθει σε επαφή με νερό (στο περιβάλλον του θερμοκηπίου αυτό είναι πολύ πιθανό λόγω ψεκασμών), για το μικρό του μέγεθος, για την αξιοπιστία του και τη σταθερότητα ως προς το χρόνο. Ακόμα επιλέχθηκε για την εύκολη ηλεκτρική του σύνδεση και για την ευκολία μέτρησης.

Η έξοδος του είναι μια συνεχής τάση η οποία εξαρτάται από τη σχετική υγρασία. Η τιμή της βρίσκεται μέσα στο διάστημα 1,325 έως 3,955 Volt για τιμές της σχετικής υγρασίας από 10% έως 95% αντίστοιχα. Επειδή η τάση του αισθητήρα ξεπερνάει τα 2,5Volt και ο αναλογικός-ψηφιακός μετατροπέας (εξηγείται παρακάτω) δέχεται τάσεις από 0 έως 2,5Volt υπάρχει η ανάγκη υποδιπλασιασμού της τάσης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός διαιρέτη τάσης με απλές αντιστάσεις. Η έξοδος του διαιρέτη τάσης είναι έτοιμη προς μέτρηση. Για την ασφάλεια του μετατροπέα (αναλογικού σε ψηφιακού) τοποθετήθηκε ένας απομονωτής στην είσοδο. Σύμφωνα με την εταιρεία κατασκευής η τιμή της σχετικής υγρασίας εξάγεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$RH = 0,0391 \times 2 \times V_{input} - 42,5$$

V_{input} : Η τάση εξόδου (Η τάση που εισέρχεται στο μετατροπέα σε mV)

Το κύκλωμα σύνδεσης που σχεδιάστηκε φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 5: Σύνδεση του αισθητήρα υγρασίας στον ADC μετατροπέα.

Ο αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας ανέμου

Επειδή η μέτρηση του ανέμου είναι απαραίτητη χρειάζεται ένας αισθητήρας μέτρησης της



Εικόνα 4 Ο αισθητήρας υγρασίας HM1500

ταχύτητας του. Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε το ανεμόμετρο.

Το ανεμόμετρο είναι ένα κοινό όργανο για τους μετεωρολογικούς σταθμούς. Η πρώτη περιγραφή ενός ανεμόμετρου δίνεται από τον **Leon Battista Alberti** γύρω στο 1450 μΧ.

Ένας απλός τύπος ανεμόμετρου εφευρέθηκε το 1846 από τον Dr. John Thomas Romney Robinson. Αποτελείται από 4 ημισφαιρικά δοχεία καθένα εκ των οποίων τοποθετείται στο τέλος 4 οριζόντιων βραχιόνων, οι οποίες στο άλλο άκρο τους είναι τοποθετημένοι σε ίσες γωνίες (90°) πάνω σε ένα κατακόρυφο άξονα. Η ροή του ανέμου που προσκρούει στο όργανο από οποιαδήποτε κατεύθυνση, περιστρέφει το όργανο με ταχύτητα περιστροφής εξαρτώμενη από την ταχύτητα του ανέμου. Μετρώντας τις περιστροφές που κάνει το όργανο σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού της μέσης ταχύτητας του ανέμου για ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων. Η συνάρτηση που ενώνει την ταχύτητα του ανέμου με την περίοδο του οργάνου είναι:

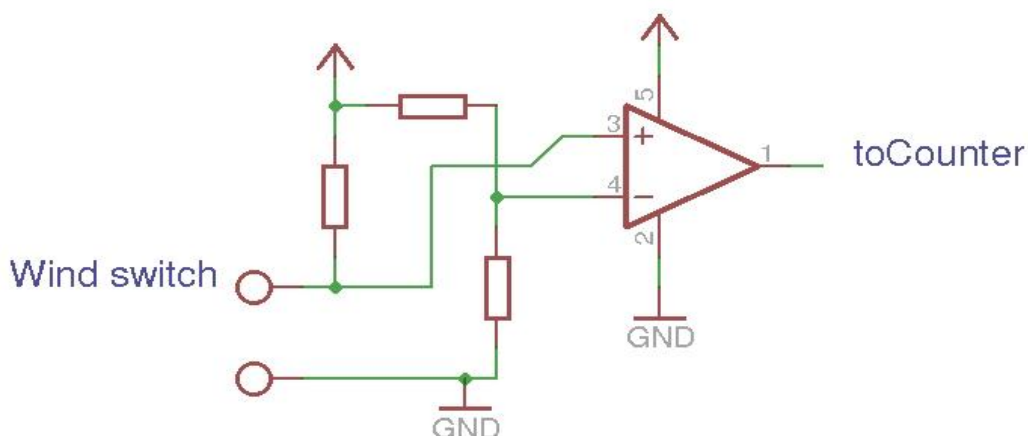
$$U_{\text{Ανέμου}} = \frac{2\pi R}{T} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Όπου R η ακτίνα του κύκλου που σχηματίζεται κατά την περιστροφή του οργάνου μέτρησης, T ο μετρούμενος χρόνος περιστροφής και $U_{\text{Ανέμου}}$ η ταχύτητα του ανέμου.

Για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου απαιτείται η ανίχνευση της ολοκλήρωσης μιας περιστροφής του ανεμόμετρου. Ακόμα χρειάζεται ένα είδος χρονομέτρου για την μέτρηση του χρονικού διαστήματος που αναφέρθηκε παραπάνω. Για την ανίχνευση της περιστροφής χρησιμοποιείται ένας διακόπτης συνήθως με μαγνητική επαφή για να μην επηρεάζει η τριβή το αποτέλεσμα της μέτρησης. Παρόλα αυτά οποιοσδήποτε διακόπτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί.



Εικόνα 6 Ανεμόμετρο με ημισφαιρικά δοχεία



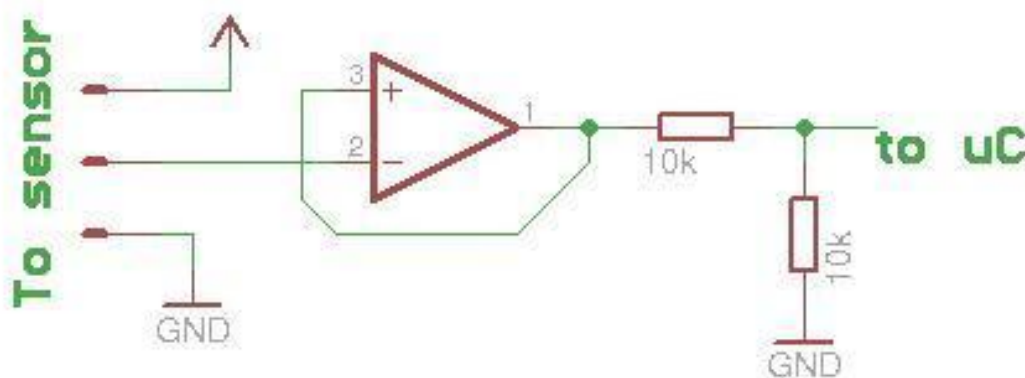
Εικόνα 7 Βοηθητικό κύκλωμα αισθητήρα μέτρησης ταχύτητας ανέμου

Ο διακόπτης (οποιοδήποτε τύπου τελικά χρησιμοποιηθεί) συνδέεται όπως φαίνεται και στο σχήμα στην θετική είσοδο ενός συγκριτή. Η έξοδος του συγκριτή είναι άσσος ('1') όσο η τάση στα άκρα του διακόπτη είναι μεγαλύτερη από την τάση που υπάρχει στην αρνητική είσοδο του συγκριτή και ορίζεται από τον διαιρέτη τάσης. Όταν πατηθεί ο διακόπτης (ολοκλήρωση περιστροφής του οργάνου) η τάση του τείνει να γίνει 0 Volt και η έξοδος του συγκριτή γίνεται μηδέν ('0'). Η έξοδος του συγκριτή αποτελεί είσοδο για την επόμενη βαθμίδα, δηλαδή την βαθμίδα μέτρησης των περιστροφών.

Ακόμα ο συγκριτής αποτελεί και μια μορφή προστασίας για την επόμενη βαθμίδα.

Συνδέσεις μέτρησης γενικής χρήσης

Για την μέτρηση των παραμέτρων που δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά την σχεδίαση των συσκευών υπάρχουν έτοιμες συνδέσεις-προεκτάσεις της πλακέτας. Αυτού του είδους οι συνδέσεις είναι αναμονές που υπάρχουν στις συσκευές για τη σύνδεση αναλογικών αισθητήρων οποιουδήποτε τύπου απαιτείται από το εκάστοτε σύστημα. Ο αισθητήρας που θα τοποθετηθεί θα πρέπει η έξοδος του να είναι μεταβλητή τάση από 0 έως 5 Volt. Η τάση αυτή υποδιπλασιάζεται μέσω του διαιρέτη τάσης και “διαβάζεται” από τον μικροελεγκτή. Η διάταξη αυτή όπως και η διάταξη για τον αισθητήρα υγρασίας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

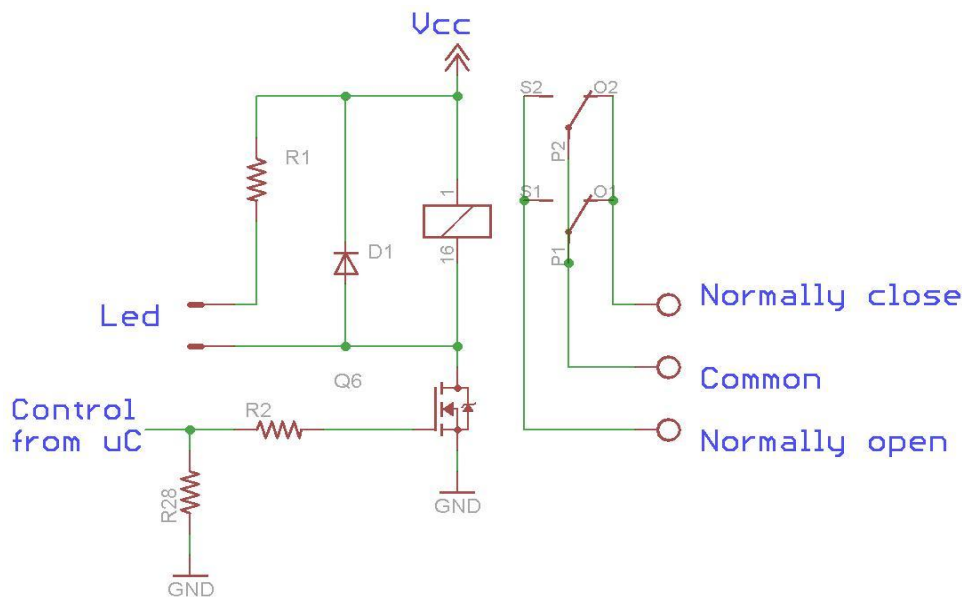


Εικόνα 8: Κύκλωμα-οδηγός για την σύνδεση διάφορων αισθητήρων

Έξοδοι του συστήματος

Διακόπτες

Κάθε διακόπτης αποτελείται από ένα ρελέ (relay) τον οποίο μπορεί να ενεργοποιήσει ο μικροελεγκτής. Έτσι ο χρήστης μπορεί να συνδέσει κατάλληλα τη συσκευή που θέλει να ελέγξει, ώστε όταν ο το ρελέ ενεργοποιηθεί μέσω του μικροελεγκτή η συσκευή να ενεργοποιείται ή να απενεργοποιείται. Κάθε διακόπτης έχει ένα Led κατάλληλα συνδεδεμένο έτσι ώστε να δείχνει στο χρήστη που παρατηρεί την συσκευή τη κατάσταση του διακόπτη. Το Led φωτοβολεί αν ο διακόπτης είναι ενεργός, σε αντίθετη περίπτωση παραμένει κλειστό.



Εικόνα 9: Κύκλωμα- οδηγός για το διακόπτη

Έλεγχος θέσης συστήματος

Για τον έλεγχο της θέσης του συστήματος χρησιμοποιείται το τμήμα του συστήματος step sensing. Αυτό το τμήμα επικοινωνεί με την συσκευή μέσω ενός διαύλου 1bit. Ο μικροελεγκτής είναι προγραμματισμένος όταν δει στο κατάλληλο ποδαράκι αλλαγή στάθμης ('0'-->'1') να αυξήσει ή να μειώσει τη θέση του συστήματος (η θέση του συστήματος είναι αποθηκευμένη μέσα στον μικροελεγκτή) ανάλογα με την κίνηση που έχει αποφασιστεί από πριν. Το τμήμα step sensing κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να έχουμε την ακρίβεια που απαιτείται στο σύστημα μας. Σε μια απλή του μορφή μπορεί να είναι ένα απλό button που πιέζεται μηχανικά όταν ο άξονας του κινητήρα ολοκληρώσει μια περιστροφή.

Για την ασφάλεια και σωστή λειτουργία του συστήματος χρησιμοποιείται ένας διάυλος 2bit που δηλώνει στο μικροελεγκτή ότι το σύστημα έχει φτάσει την μέγιστη ή την ελάχιστη θέση του. Στο πρόγραμμα του μικροελεγκτή ελέγχονται δύο ειδικά προγραμματισμένα ποδαράκια στα οποία

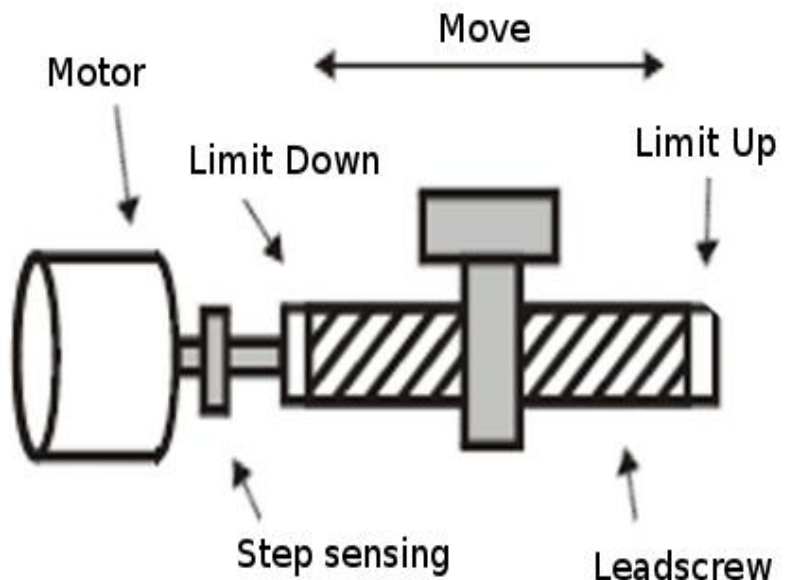
έχει συνδεθεί ο παραπάνω διάυλος και όταν ένα από τα δύο μεταβεί στο '0' ο μικροελεγκτής σταματά την κίνηση. Για να μεταβεί ένα από τα δύο bit του διαύλου στο '0' σημαίνει πως έχει φτάσει στο τέλος της κίνησης (ή αντίστοιχα στην αρχή) και αν η κίνηση συνεχίσει, υπάρχει η πιθανότητα καταστροφής του συστήματος. Να σημειωθεί πως δεν μπορούν και τα δύο bit του συστήματος να είναι στο '0', μιας και δε μπορεί το σύστημα να είναι στην ελάχιστη και στην μέγιστη θέση ταυτόχρονα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η κίνηση του συστήματος εξαρτάται από τη φορά της κίνησης του κινητήρα την οποία και ελέγχουμε μέσω της συσκευής. Για τον έλεγχο του κινητήρα του συστήματος χρησιμοποιούνται από την συσκευή δύο διακόπτες. Για την αριστερόστροφη κίνηση ο μικροελεγκτής ενεργοποιεί τον ένα ενώ για την δεξιόστροφη κίνηση ενεργοποιεί τον άλλο. Δεν πρέπει και οι δύο διακόπτες να είναι ενεργοί την ίδια στιγμή γιατί αυτό πιθανόν να προκαλέσει την καταστροφή του κινητήρα. Ο χειρισμός του κινητήρα μέσω δύο διακοπών απαιτεί την ύπαρξη ενδιάμεσου κυκλώματος ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα που έχει επιλεγεί. Αυτό δίνει την ευχέρεια της τοποθέτησης οποιουδήποτε κινητήρα απαιτεί το σύστημα για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα.

Για την ρύθμιση του συστήματος ή και επανατοποθέτηση του συστήματος σε περίπτωση που εμφανιστεί σφάλμα, χρησιμοποιείται ειδικός αλγόριθμος που εκτελείται από τον μικροελεγκτή. Ο αλγόριθμος κινεί αριστερόστροφα τον κινητήρα (σύμφωνα με τον τρόπο που εξηγήσαμε παραπάνω) μέχρι το σύστημα να μεταβεί και να 'χτυπήσει' το κάτω όριο του συστήματος (Limit

Down). Όταν συμβεί αυτό ο αλγόριθμος σταματά την κίνηση του κινητήρα, μηδενίζει τη θέση στη μνήμη του και ξεκινά δεξιόστροφη κίνηση (αντίθετα από πριν). Μέχρι το σύστημα να μεταβεί στο πάνω όριο του συστήματος (Limit Up) ο μικροελεγκτής μετράει τα step από το τμήμα step sensing. Όταν τελικά το σύστημα μεταβεί και 'χτυπήσει' στο πάνω όριο (Limit Up) σταματάει η κίνηση του κινητήρα και αποθηκεύεται η

τρέχουσα θέση του συστήματος ως μέγιστη θέση (το σύστημα δε μπορεί να πάει σε μεγαλύτερη θέση). Αμέσως μετά ο αλγόριθμος τοποθετεί το σύστημα στη θέση 0 (στη χαμηλότερη θέση) και

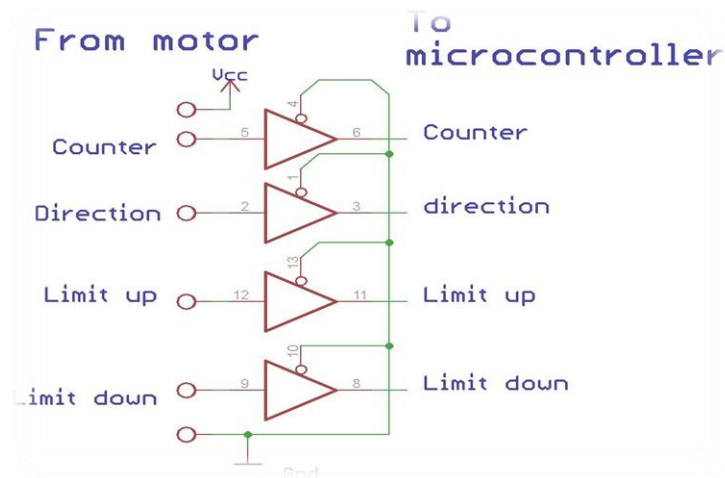


Εικόνα 10 Σύστημα ελέγχου θέσης

τελειώνει.

Η Εικόνα 10 δείχνει ένα σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Δεν υπάρχει όμως κάποιος περιορισμός στο τρόπο κίνησης αρκεί βέβαια να υπάρχει ο απαραίτητος δίαυλος 5bit (1bit για το τμήμα step sensing, 2 bit για το σύστημα ελέγχου (Limit Up και Limit Down), και 2bit για τον έλεγχο της κίνησης του κινητήρα).

Για την προστασία της συσκευής και ειδικότερα του μικροελεγκτή από τα σήματα που έρχονται από το δίαυλο του συστήματος χρησιμοποιούνται απομονωτές (buffer). Με αυτό το τρόπο το σήμα που φτάνει στον μικροελεγκτή είναι σίγουρα στα όρια ορθής λειτουργίας του. Το κύκλωμα που περιέχει τους απομονωτές φαίνεται στην εικόνα 11.



Εικόνα 11 Προστασία του μικροελεγκτή από ανεπιθύμητες τάσεις.

Οθόνη LCD

Για την εμφάνιση πληροφοριών σε διάφορα μέρη μέσα στο περιβάλλον που θέλουμε να ελέγξουμε, εκτός από το κεντρικό σημείο επεξεργασίας, χρησιμοποιούνται οθόνες LCD.

Η οθόνη LCD είναι μια οθόνη χαρακτήρων υγρών κρυστάλλων που χρησιμοποιεί τον ελεγκτή HD44780 για την εμφάνιση των πληροφοριών. Αποτελείται από 2 γραμμές 16 χαρακτήρων η καθεμία. Μέσω κατάλληλων εντολών που στέλνονται στον ελεγκτή HD44780 υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης κειμένου στην οθόνη (χαρακτήρες και αριθμοί).



Εικόνα 12 LCD οθόνη 2 γραμμών 16 χαρακτήρων

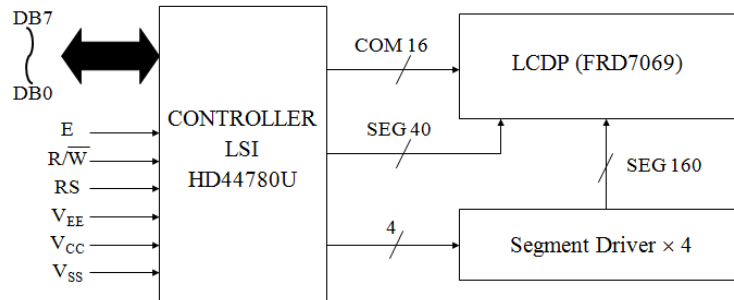
Η σύνδεση της οθόνης με την συσκευή που στέλνει τις κατάλληλες εντολές γίνεται με ένα δίαυλο επικοινωνίας των 7bit. Τα 4 από αυτά χρησιμοποιούνται για την μετάδοση χαρακτήρων ή εντολών προς την οθόνη. Το 5ο bit χρησιμοποιείται για να διαβάσει η οθόνη τα προηγούμενα 4 bit ενώ το 6ο χρησιμοποιείται για την ενημέρωση αυτής αν τα 4bit είναι χαρακτήρας για εμφάνιση

στην οθόνη ή εντολή. Το 7ο bit χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση ή όχι του οπίσθιου φωτισμού (back-light) της οθόνης.

Λίγα λόγια για τον ελεγκτή HD44780

Ο ελεγκτής HD44780 είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους ελεγκτές οθονών dot matrix LCD. Η Hitachi ανέπτυξε αυτό τον μικροελεγκτή ειδικά για να οδηγήσει οθόνες χαρακτήρων με μια απλή διεπαφή (interface) που να

μπορεί να συνδεθεί σε ένα μικροελεγκτή ή μικροεπεξεργαστή γενικής χρήσης. Πολλοί κατασκευαστές τέτοιων οθονών, τοποθετούν τον ελεγκτή HD44780 στο εσωτερικό των οθονών κάνοντας τον έτσι ένα άτυπο πρότυπο για το χειρισμό αυτών. Ο ελεγκτής



Εικόνα 13 Δομικό διάγραμμα ελεγκτή HD44780

αυτός μπορεί να εμφανίσει χαρακτήρες ASCII, ιαπωνικούς χαρακτήρες και μερικά σύμβολα, σε δύο γραμμές με 28 χαρακτήρες χωρητικότητα η καθεμία. Χρησιμοποιώντας ένα οδηγό επέκτασης, η συσκευή μπορεί να εμφανίσει πάνω από 80 χαρακτήρες.

Αυτές οι οθόνες μπορούν να εμφανίσουν αποκλειστικά μονόχρωμο κείμενο και χρησιμοποιούνται κυρίως σε φωτοτυπικά, fax, εκτυπωτές, βιομηχανικά όργανα, και συσκευές δικτύωσης όπως δρομολογητές (routers).

Ο έλεγχος του HD44780 μπορεί να γίνει με δύο λειτουργίες 8-bit και 4-bit. Χρησιμοποιώντας 4-bit η επικοινωνία με τον μικροελεγκτή γίνεται πιο περίπλοκη, αλλά μειώνεται ο αριθμός των ενεργών συνδέσεων που απαιτούνται. Ο ελεγκτής ξεκινά στην 8-bit λειτουργία, με τις εντολές να είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε να μπορεί να γίνει η αλλαγή σε 4-bit λειτουργία χωρίς να χρειάζονται τα υπόλοιπα 4-bit της 8-bit λειτουργίας. (Hitachi HD44780 LCD controller, 2013)

Εντολή	Δεκαδικός	Δεκαεξαδικός
Function set (8-bit interface, 2 lines, 5*7 Pixels)	56	0x38
Function set (8-bit interface, 1 line, 5*7 Pixels)	48	0x30
Function set (4-bit interface, 2 lines, 5*7 Pixels)	40	0x28
Function set (4-bit interface, 1 line, 5*7 Pixels)	32	0x20
Scroll display one character right (all lines)	28	1E
Scroll display one character left (all lines)	24	18

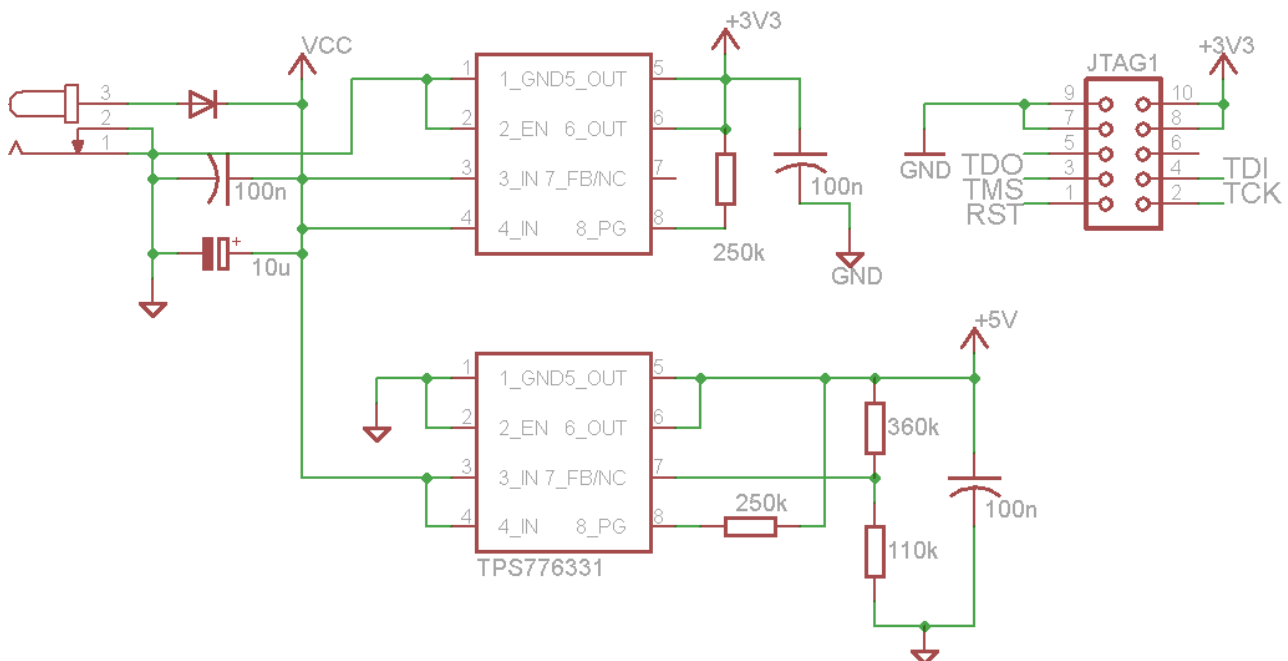
Home (move cursor to top/left character position)	2	2
Move cursor one character left	16	10
Move cursor one character right	20	14
Turn on visible underline cursor	14	0E
Turn on visible blinking-block cursor	15	0F
Make cursor invisible	12	0C
Blank the display (without clearing)	8	08
Restore the display (with cursor hidden)	12	0C
Clear Screen	1	01
Set cursor position (DDRAM address)	128 + addr	80+ addr
Set pointer in character-generator RAM (CG RAM address)	64 + addr	40+ addr

Συσκευές

Για την ευκολότερη διαχείριση του δικτύου έχουν σχεδιαστεί συσκευές καθεμία από τις οποίες περιέχει αισθητήρες ή εξόδους. Κάθε συσκευή μπορεί να λειτουργήσει και αυτόνομα χωρίς την ύπαρξη του υπόλοιπου συστήματος, εκτελώντας τις εργασίες για τις οποίες έχει σχεδιαστεί. Παρακάτω εξηγούνται τα επιμέρους κυκλώματα που βρίσκονται σε κάθε συσκευή του δικτύου.

Σύστημα παροχής ενέργειας

Όπως όλες οι ηλεκτρονικές συσκευές έτσι και οι συσκευές του συστήματος χρειάζονται ένα σύστημα παροχής ενέργειας. Παρατηρώντας τις προδιαγραφές του μικροελεγκτή που θα χρησιμοποιηθεί βλέπουμε ότι χρειάζεται σταθερή τάση 3,3Volt ενώ για την λειτουργία των αισθητήρων απαιτούνται τάσεις 3,3Volt αλλά και 5Volt.



Εικόνα 14 Κύκλωμα παροχής ενέργειας και προγραμματισμού

Για το λόγο αυτό έχει σχεδιαστεί ένα σύστημα τροφοδοσίας το οποίο είναι υπεύθυνο για την παροχή σταθερών τάσεων 3.3 και 5.5Volt. Στην είσοδο κάθε συσκευής μπορεί να μπει οποιαδήποτε τάση από 9 έως 15Volt.

Μιας και οι συσκευές μπορούν να επεκταθούν μέσω δικτύου I²C ή μέσω σειριακής επικοινωνίας μπορεί να χρειαστεί να αλλαχθεί το πρόγραμμα που εκτελεί ο μικροελεγκτής, για αυτό και υπάρχει έτοιμη σύνδεση προγραμματισμού που φαίνεται στην **Error! Reference source not found.**

Διάφορες επεκτάσεις

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω υπάρχει η ανάγκη επέκτασης του συστήματος, άρα και

κάθε συσκευής ώστε να μπορούν να συνδεθούν σε αυτές διάφορα υποσυστήματα που δεν είχαν ληφθεί υπόψη κατά την διάρκεια σχεδιασμού του συστήματος.

Για αυτό το λόγο σε κάθε συσκευή υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης μέσω του πρωτοκόλλου I^2C αλλά και μέσω σειριακής επικοινωνίας. Οι συνδέσεις που απαιτούνται έχουν ήδη τοποθετηθεί πάνω στο ηλεκτρονικό κύκλωμα της κάθε συσκευής.

Ο μικροελεγκτής

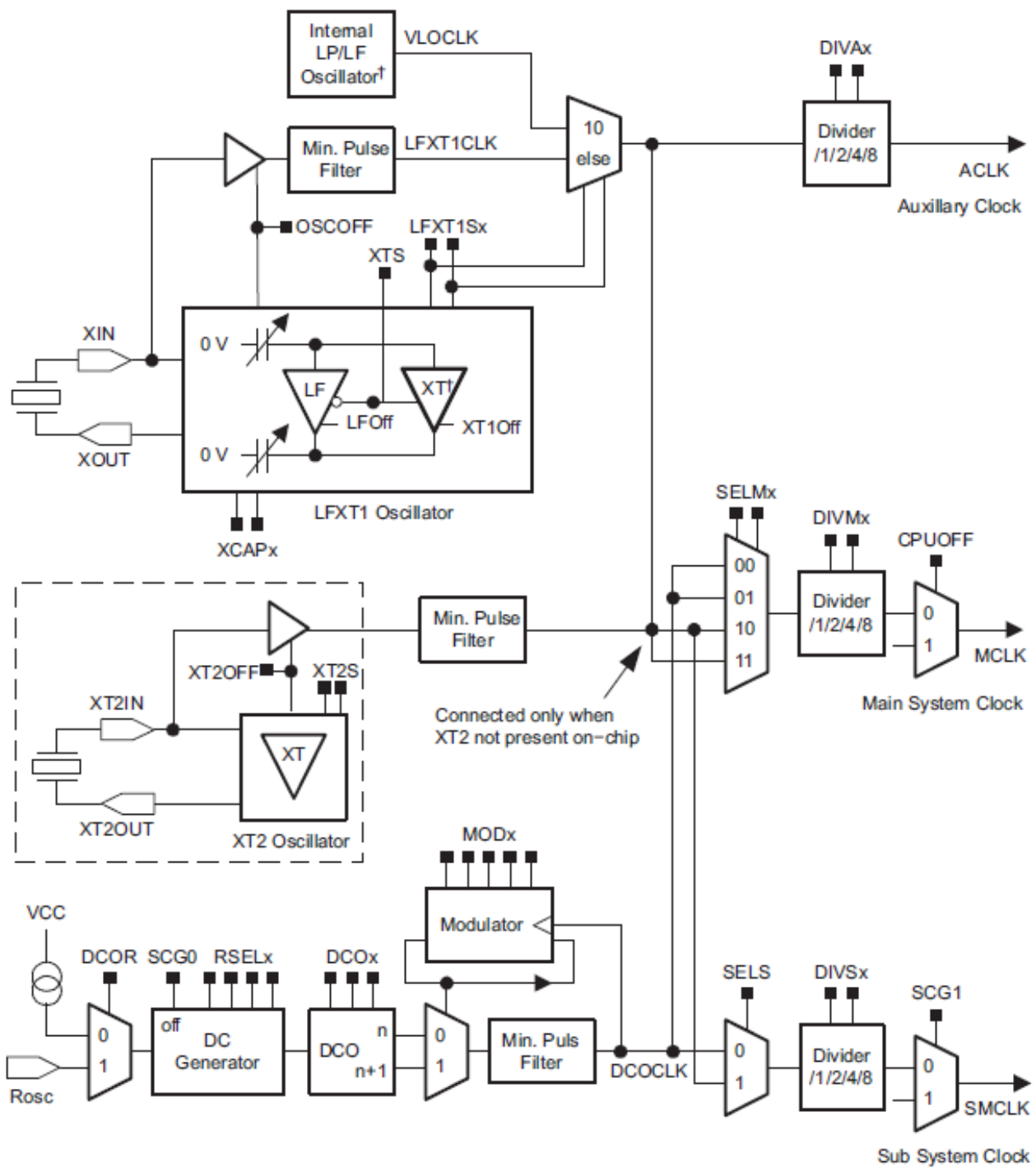
Βασικό στοιχείο της κάθε συσκευής είναι ο επεξεργαστής που είναι επιφορτισμένος με τον έλεγχο των εισόδων και εξόδων ανάλογα με τον τύπο της συσκευής. Συνδεδεμένα σε αυτόν είναι όλα τα υποκυκλώματα που χρειάζονται για την σωστή λειτουργία της συσκευής καθώς και το κύκλωμα δικτύωσης της συσκευής.

Μέσα στον μικροελεγκτή περιέχεται ο απαραίτητος κώδικας για την αρχικοποίηση των υποσυστημάτων (δικτύωση, είσοδοι, έξοδοι), για την ορθή χρήση του πρωτοκόλλου επικοινωνίας στο δίκτυο και την εκτέλεση των εντολών που παρελήφθησαν προς εκτέλεση.

Σύστημα χρονισμού

Βασικό κομμάτι στους μικροελεγκτές αλλά και σε όλα τα σύγχρονα ηλεκτρονικά κυκλώματα είναι το τμήμα χρονισμού (ρολόι). Σε αυτό το τμήμα της συσκευής ρυθμίζεται η ταχύτητα επεξεργασίας του μικροελεγκτή. Ο τύπος του μικροελεγκτή που επιλέχθηκε υποστηρίζει ταχύτητα επεξεργασίας μέχρι 16MHz. Για αυτό και στην συσκευή έχει τοποθετηθεί κρύσταλλος χαλαζία (quartz) ίδιας συχνότητας. Κατά την εκκίνηση του προγράμματος ο επεξεργαστής χρησιμοποιεί ένα εσωτερικό χρονιστή (ρολόι) χαμηλής συχνότητας της τάξης των 2MHz. Εκτός από την ταχύτητα επεξεργασίας που πετυχαίνουμε, ο κρύσταλλος χρησιμοποιείται και επειδή με αυτόν μπορούμε να πετύχουμε πιο σταθερό παλμό χρονισμού. Το εσωτερικό ρολόι του μικροελεγκτή δεν έχει κάποια συγκεκριμένη συχνότητα ενώ επηρεάζεται εύκολα από την θερμοκρασία. Σε όλες τις συσκευές αυτού του συστήματος απαιτείται σταθερό ρολόι αφού το ίδιο αυτό ρολόι χρησιμοποιείται και για την δημιουργία της κατάλληλης ταχύτητας μεταφοράς δεδομένων για την επικοινωνία στο δίκτυο.

Στην **Error! Reference source not found.** εικόνα εμφανίζεται το δομικό διάγραμμα του συστήματος ρολογιού στο εσωτερικό του μικροελεγκτή. Από την εικόνα γίνεται κατανοητό ότι μπορεί να γίνει επιλογή ανάμεσα σε 3 πηγές ρολογιών, δύο εξωτερικών (κρύσταλλοι) και ενός εσωτερικού. Παρατηρείται επίσης πως εκτός από το βασικό ρολόι (MCLK) που επιτρέπει στον επεξεργαστή να λειτουργεί μπορούν αν απαιτείται να χρησιμοποιηθούν άλλα δύο σήματα ρολογιού με την ίδια ή υποπολλαπλάσια συχνότητα του MCLK. Αυτά είναι το ACLK και SMCLK.



Εικόνα 15 Δομικό διάγραμμα συστήματος ρολογιού στο εσωτερικό του μικροελεγκτή *msp430f2619* (*MSP430x2xxx Family User's Guide, 2007*)

Χρονιστές – Timer

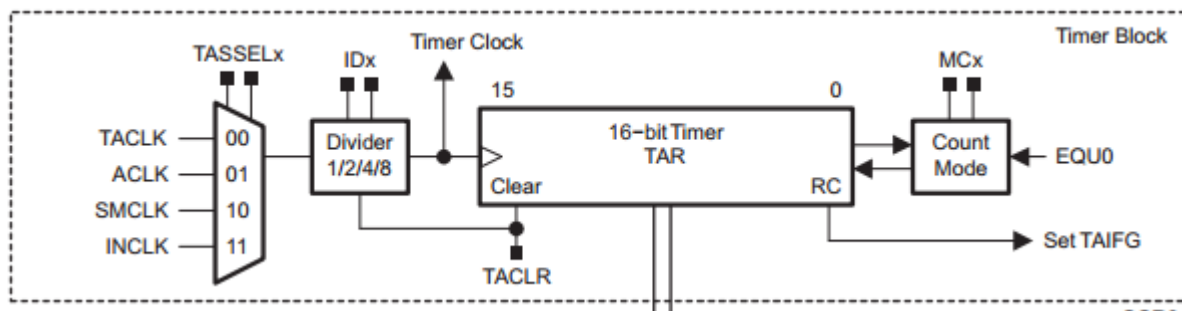
Χρονιστής είναι ένας απαριθμητής που δέχεται παλμούς ως είσοδο από υποδιαίρεση των παλμών του ρολογιού του μικροελεγκτή. Μπορεί και να δέχεται είσοδο και από εξωτερικούς παλμούς, οπότε λειτουργεί ως μετρητής (counter).

Ο χρονιστής εκμεταλλεύεται την δυνατότητα του να μετράει παλμούς. Μίας και γνωρίζουμε την ταχύτητα επεξεργασίας του μικροελεγκτή, δηλαδή την ταχύτητα του κρυστάλλου (στην περίπτωση του συστήματος οι συσκευές έχουν ταχύτητα επεξεργασίας ίση με 16MHz) ξέρουμε και το χρόνο που απαιτείται ανάμεσα σε δύο παλμούς $\frac{1}{\text{Ταχύτητα κρυστ άλλου}}$. Συνεπώς διαβάζοντας πόσους παλμούς “μέτρησε” ο χρονιστής, μπορεί να υπολογιστεί ο χρόνος που πέρασε (ο χρόνος που πέρασε είναι ίσος με: $\text{μετρούμενοι παλμοί} \times \frac{1}{\text{Ταχύτητα κρυστ άλλου}}$).

Μέσω των κυκλωμάτων του χρονιστή υπάρχει η δυνατότητα ενημέρωσης του επεξεργαστή ότι μετρήθηκαν οι παλμοί για τους οποίους έχει ρυθμιστεί να ελέγχει (άρα και ότι πέρασε ο χρόνος που ζητήθηκε από το χρονιστή να μετρήσει). Όταν οι απαιτούμενοι αυτοί παλμοί μετρηθούν, ο χρονιστής ενημερώνει τον επεξεργαστή και ο τελευταίος σταματά την λειτουργία του (ή “ξυπνάει”) και εκτελεί τις εντολές που περιέχονται στο πρόγραμμα για αυτό το σκοπό. Μόλις εκτελεστούν οι εντολές αυτές, ο επεξεργαστής επιστρέφει στην προηγούμενη λειτουργία του.

Στην **Error! Reference source not found.** εικόνα διακρίνεται το δομικό διάγραμμα του ποσυστήματος χρονιστή στο εσωτερικό του μικροελεγκτή. Αριστερά διακρίνεται ένας πολυπλέκτης (επιλογέας) για την επιλογή της εισόδου των παλμών. Το TACLK που αναφέρεται είναι η σύνδεση του χρονιστή με σήμα προερχόμενο από το εξωτερικό κύκλωμα του μικροελεγκτή, ενώ τα υπόλοιπα είναι δευτερεύοντα ρολόγια του μικροελεγκτή και είναι υποπολλαπλάσια του κυρίως ρολογιού (MCLK).

Διακρίνεται ο διαιρέτης (divider) και η μνήμη στην οποία αποθηκεύεται η μέτρηση και η σημαία (TAIFG) μέσω της οποίας ενημερώνεται ο κεντρικός επεξεργαστής για να εκτελέσει την υπορουτίνα interrupt.



Εικόνα 16 Δομικό διάγραμμα ενός χρονιστή στο εσωτερικό του μικροελεγκτή msp430f2619 (MSP430x2xxx Family User's Guide, 2007)

Κύκλωμα ADC (Analog to Digital converter)

Όταν ο αισθητήρας παρέχει το μετρούμενο μέγεθος με αναλογικό τρόπο, το αποτέλεσμα εκφράζεται με τιμές από ένα συνεχές πεδίο. Το αναλογικό μέγεθος ψηφιοποιείται κατά την παραλαβή του στο σύστημα ελέγχου με τη βοήθεια ενός μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό (A/D converter ή ADC). Ο μετατροπέας αυτός είναι βασικό μέρος του συστήματος ελέγχου που σχεδιάστηκε. Περιέχεται στο εσωτερικό των μικροελεγκτών της Texas instrument.

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός ADC είναι:

- Η ταχύτητα μετατροπής της αναλογικής ποσότητας, η οποία εξαρτάται από τον τρόπο λειτουργίας του μετατροπέα.
- Η ταχύτητα επικοινωνίας με τον επεξεργαστή για την μετάδοση του αποτελέσματος.
- Η ανάλυση του μετατροπέα, σε πόσα bits γίνεται η ψηφιοποίηση.
- Το σφάλμα μέτρησης (ακρίβεια), στο οποίο πρέπει να προστεθεί και οποιοδήποτε άλλο σφάλμα υπάρχει στο σύστημα (σφάλμα, ανοχές εξαρτημάτων, σφάλμα μέτρησης αισθητήρα).

Κάθε μετατροπέας χρησιμοποιεί μια τάση αναφοράς V_{ref} για την σύγκριση της αναλογικής εισόδου (στο σύστημα που υλοποιείται δημιουργείται στο εσωτερικό του μικροελεγκτή και είναι τα 2,5Volt). Η τάση V_{ref} ισούται με τη μέγιστη τιμή της τάσης εισόδου που μπορεί να μετρηθεί. Αν η ψηφιακή έξοδος του μετατροπέα είναι n bits τότε η ανάλυση (ελάχιστο βήμα μετρούμενης τάσης)

ισούται με $\frac{V_{ref}}{2^n}$.

Υπάρχουν διάφορα είδη ADC, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους. Ο μετατροπέας ADC που περιλαμβάνεται στον μικροελεγκτή εκμεταλλεύεται την τεχνολογία Successive-approximation-register(SAR). Σε αυτήν η αναλογική είσοδος συγκρίνεται σε διαδοχικά βήματα δυαδικής εύρεσης (binary search) με το πάνω ή το κάτω μισό ενός πεδίου τιμών, μέχρι την τελική προσέγγιση.

Περισσότερες λεπτομέρειες για τις λειτουργίες και τον απαιτούμενο κώδικα του μικροελεγκτή δίνονται κατά την εξήγηση της κάθε συσκευής.

Χρήση των Interrupt

Το πρόγραμμα που εκτελεί ο μικροελεγκτής της καθεμιάς συσκευής στηρίζεται στην χρήση των interrupt. Το interrupt είναι ένα σήμα προς τον επεξεργαστή που προκαλείται από το λογισμικό ή το υλικό, υποδηλώνοντας πως υπάρχει μια κατάσταση η οποία απαιτεί την άμεση προσοχή του επεξεργαστή. Με τη χρήση των interrupt το πρόγραμμα του μικροελεγκτή γίνεται πιο ευέλικτο ενώ υπάρχει η δυνατότητα ο μικροελεγκτής να μπει σε κατάσταση αναμονής μέχρι να χρειαστεί ξανά (μέχρι να “ξαναχτυπήσει” interrupt).

Σειριακή επικοινωνία - UART

Οι μικροελεγκτές που περιέχονται στις συσκευές δεν υποστηρίζουν το πρότυπο RS485. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένας μετατροπέας από UART σε RS485 για να έχει η κάθε συσκευή δυνατότητα να επικοινωνήσει μέσω του δικτύου. Οι μικροελεγκτές που χρησιμοποιούνται περιέχουν το κατάλληλο σύστημα στο εσωτερικό τους για το χειρισμό της επικοινωνίας μέσω UART. Κατά την εκκίνηση λειτουργίας της κάθε συσκευής μέσα στο σύστημα απαιτούνται ρυθμίσεις για την σωστή επικοινωνία των συσκευών μεταξύ τους.

Η ταχύτητα εισαγωγής και εξαγωγής των δεδομένων είναι η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων στο δίκτυο RS485 που ενώνει τις συσκευές του δικτύου. Όπως θα δούμε και στο κεφάλαιο για την δικτύωση η ταχύτητα μετάδοσης είναι $9600^{bits}/_{Sec}$, που για να επιτευχθεί απαιτείται ένα σύστημα χρονισμού στην ταχύτητα της δικτύωσης δηλαδή 9600Hz ή 9,6KHz. Το σύστημα χρονισμού που απαιτείται περιέχεται στο εσωτερικό του μικροελεγκτή στο υποσύστημα UART που είναι υπεύθυνο για την σειριακή επικοινωνία. Οι ρυθμίσεις που απαιτούνται για να υπάρχει σωστή ταχύτητα μετάδοσης επιλέγονται κατά την διάρκεια αρχικοποίησης του προγράμματος σε κάθε συσκευή. Τις κατάλληλες επιλογές που πρέπει να γίνουν για να γίνει σωστά η ρύθμιση του υποσυστήματος βρίσκουμε στο εγχειρίδιο του μικροελεγκτή της συσκευής (MSP430x2xxx Family User's Guide, 2007).

Ο επεξεργαστής στο εσωτερικό του μικροελεγκτή δεν ελέγχει άμεσα κάθε byte που παραλαμβάνει μέσω της σειριακής θύρας, αλλά το αποθηκεύει σε προσωρινό χώρο μέχρι να ολοκληρωθεί η λήψη του πακέτου, οπότε ο επεξεργαστής ελέγχει το πακέτο και ό,τι αυτό περιέχει (περισσότερες πληροφορίες για το πακέτο στο κεφάλαιο Δομή του πακέτου). Αυτό απαιτεί ένα προσωρινό χώρο (buffer) μεγέθους 512 bytes όσο και το μέγιστο μέγεθος του πακέτου στη RAM. Ο ίδιος χώρος απαιτείται και για την δημιουργία του πακέτου κατά την αποστολή. Κατά την

αρχικοποίηση του προγράμματος και πιο συγκεκριμένα κατά την αρχικοποίηση της δικτύωσης οι δύο χώροι (buffer) θα πρέπει να μηδενιστούν για να μην υπάρξει πιθανότητα αποστολής- λήψης λανθασμένου πακέτου.

Αλλαγή προγράμματος του μικροελεγκτή

Οι μικροελεγκτές της Texas instruments της σειράς msp430 άρα και ο msp430f2619 που χρησιμοποιείται στο σύστημα που περιγράφουμε, εκτελεί ένα πρόγραμμα (ένα σύνολο εντολών) που έχει τοποθετηθεί στον μικροελεγκτή μέσω υπολογιστή. Η Texas instruments δίνει στους μικροελεγκτές αυτούς την δυνατότητα να προγραμματιστούν με τρεις διαφορετικούς τρόπους.

Προγραμματισμός μέσω jtag interface

Οι συσκευές msp430 μπορούν να προγραμματιστούν με χρήση της πόρτας JTAG που διαθέτουν. Το πρωτόκολλο JTAG απαιτεί 4 σήματα, τάση αναφοράς (GND) και RST. Η πόρτα JTAG προστατεύεται με μια ασφάλεια. Καταστρέφοντας την ασφάλεια απενεργοποιείται η θύρα. Περαιτέρω πρόσβαση στον κώδικα του μικροελεγκτή μέσω JTAG είναι αδύνατη.

Προγραμματισμός μέσω Bootstrap loader

Οι περισσότερες συσκευές Msp430 περιέχουν ένα bootstrap loader. Ο φορτωτής (loader) αυτός επιτρέπει στο χρήστη την ανάγνωση και την εγγραφή του προγράμματος στον μικροελεγκτή χρησιμοποιώντας σειριακή επικοινωνία. Η πρόσβαση στο κώδικα μέσω του bootstrap loader προστατεύεται από ένα κωδικό μεγέθους 256bit που ορίζεται από το χρήστη.

Προγραμματισμός μέσω ειδικού κώδικα

Η δυνατότητα που έχει ο επεξεργαστής του msp430 να ελέγχει (ανάγνωση ή εγγραφή) τη μνήμη προγράμματος (flash) επιτρέπει το προγραμματισμό μέσω του ίδιου του προγράμματος που εκτελεί. Ο προγραμματιστής της συσκευής μπορεί να αξιοποιήσει τα περιφερειακά του μικροελεγκτή (I²C, SPI, UART) για την μεταφορά του προγράμματος είτε ανάγνωση ή εγγραφή.

Για τον προγραμματισμό των συσκευών επιλέχθηκε ο προγραμματισμός μέσω JTAG μέσω του οποίου υπάρχει ολοκληρωμένος έλεγχος του μικροελεγκτή και στη μνήμη προγράμματος (flash) και στη RAM αλλά και σε όλα τα υποσυστήματα του. Έτσι είναι ευκολότερη η αποσφαλμάτωση (debugging) του κώδικα μιας και δίνεται η δυνατότητα να ελέγξουμε τη ροή του προγράμματος.

Συσκευή control

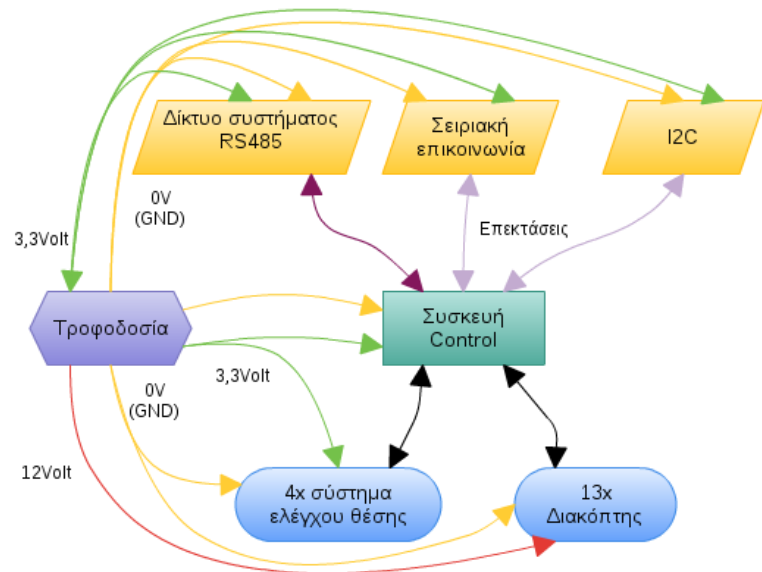
Η συσκευή control είναι η συσκευή στην οποία υπάρχουν οι διάφοροι έξοδοι του συστήματος. Σε αυτήν φτάνουν όλες οι αποφάσεις του συστήματος για την ενεργοποίηση των διακοπών ή την αλλαγή θέσης στα συστήματα ελέγχου θέσης. Στην συσκευή περιέχονται 13 διακόπτες και τέσσερις έλεγχοι θέσης με χρήση μοτέρ.

Η συσκευή αυτή τοποθετείται στο χώρο του συστήματος σε μέρος στο οποίο υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε όλα συστήματα στα οποία απαιτείται έλεγχος.

Το κύκλωμα

Η συσκευή control περιέχει μια ηλεκτρονική πλακέτα πάνω στην οποία έχουν συμπεριληφθεί όλα τα επιμέρους κυκλώματα που χρειάζονται και εξηγήσαμε παραπάνω για την σύνδεση των εξόδων καθώς και για την σύνδεση της συσκευής με το υπόλοιπο σύστημα μέσω του δικτύου που θα αναλύσουμε παρακάτω.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα μεγάλο μέρος του κυκλώματος της συσκευής. Η ταχύτητα επεξεργασίας του μικροελεγκτή φτάνει τα 16MHz. Την ταχύτητα αυτή καθορίζει ο κρύσταλλος Q10 που συνδέεται στον μικροελεγκτή (ποδαράκια 8 και 9). Όπως αναφέρθηκε, τα συστήματα ελέγχου θέσης απαιτούν επικοινωνία μέσω interrupt για αυτό και τα τέσσερα αυτά συστήματα είναι συνδεδεμένα στις πόρτες P1 και P2 του μικροελεγκτή (ποδαράκια από 2 έως 27). Κοιτώντας τις προδιαγραφές του μικροελεγκτή βλέπουμε πως μόνο αυτές οι δύο πόρτες έχουν αυτή την δυνατότητα. Στα ποδαράκια 29 και 30 είναι οι συνδέσεις για το δίκτυο I²C (σήματα CLK και DATA) τα οποία συνδέονται σε μια αναχώρηση της πλακέτας και σε αντιστάσεις pull-up που απαιτούνται από το πρωτόκολλο επικοινωνίας του I²C. Στα ποδαράκια 32 και 33 φαίνονται τα σήματα TX και RX για το σειριακή επικοινωνία που καταλήγουν σε ακροδέκτη για την δυνατότητα επέκτασης. Τα σήματα Tx, Rx και Tx enable που απαιτούνται για την επικοινωνία με RS485 συνδέονται στα ποδαράκια 34, 35, 36 αντίστοιχα. Αυτά τα σήματα οδηγούνται σε ένα ακροδέκτη-αναχώρηση για να συνδεθούν στο κύκλωμα-οδηγό για το δίκτυο της συσκευής. Στα ποδαράκια 44 έως 58 συνδέονται τα σήματα για το χειρισμό των δεκατριών διακοπών που υποστηρίζει η

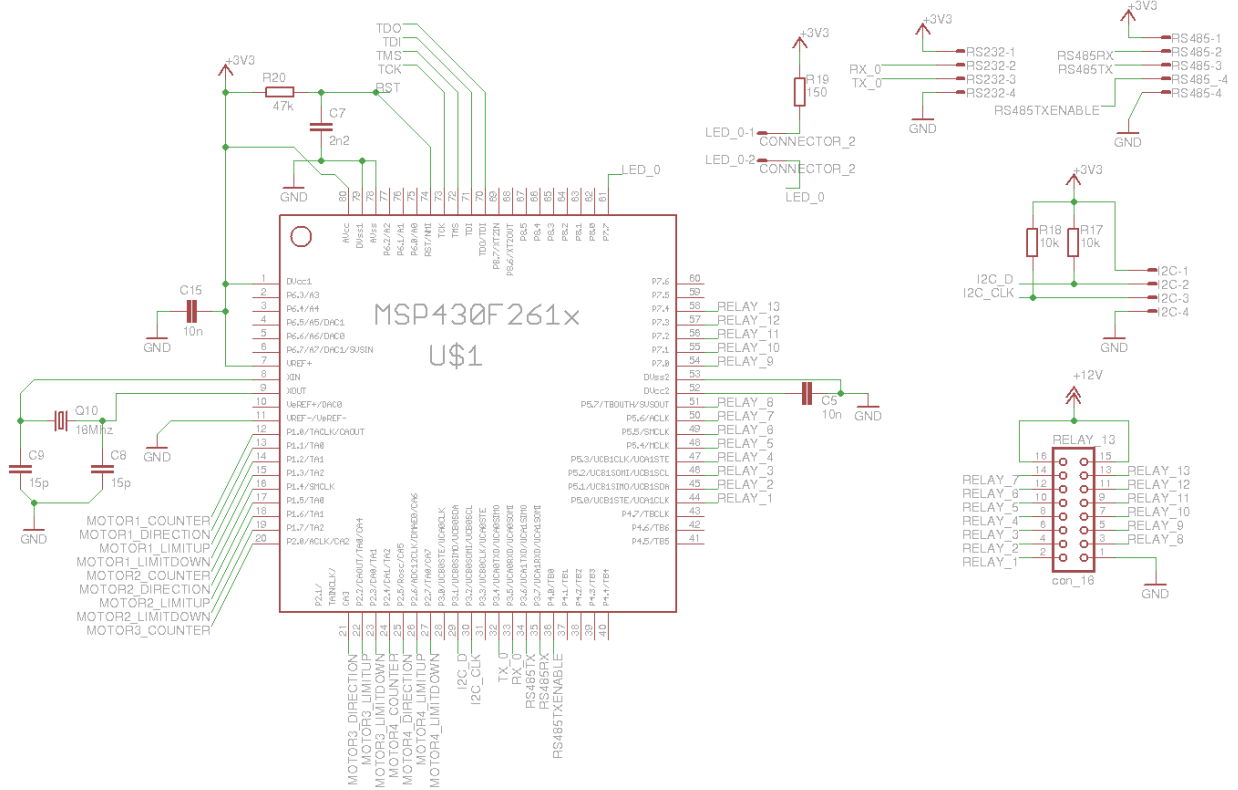


Εικόνα 17: Βασικό διάγραμμα συσκευής Control

συσκευή. Και αυτά οδηγούνται (όπως και τα προηγούμενα) σε ένα ακροδέκτη που μαζί με την τροφοδοσία των 12volt οδηγούνται σε άλλη πλακέτα με τους δεκατρείς διακόπτες.

Ένα led ένδειξης συνδέεται στο ποδαράκι 61 του μικροελεγκτή και δίνει την δυνατότητα οπτικής ένδειξης της λειτουργίας της συσκευής.

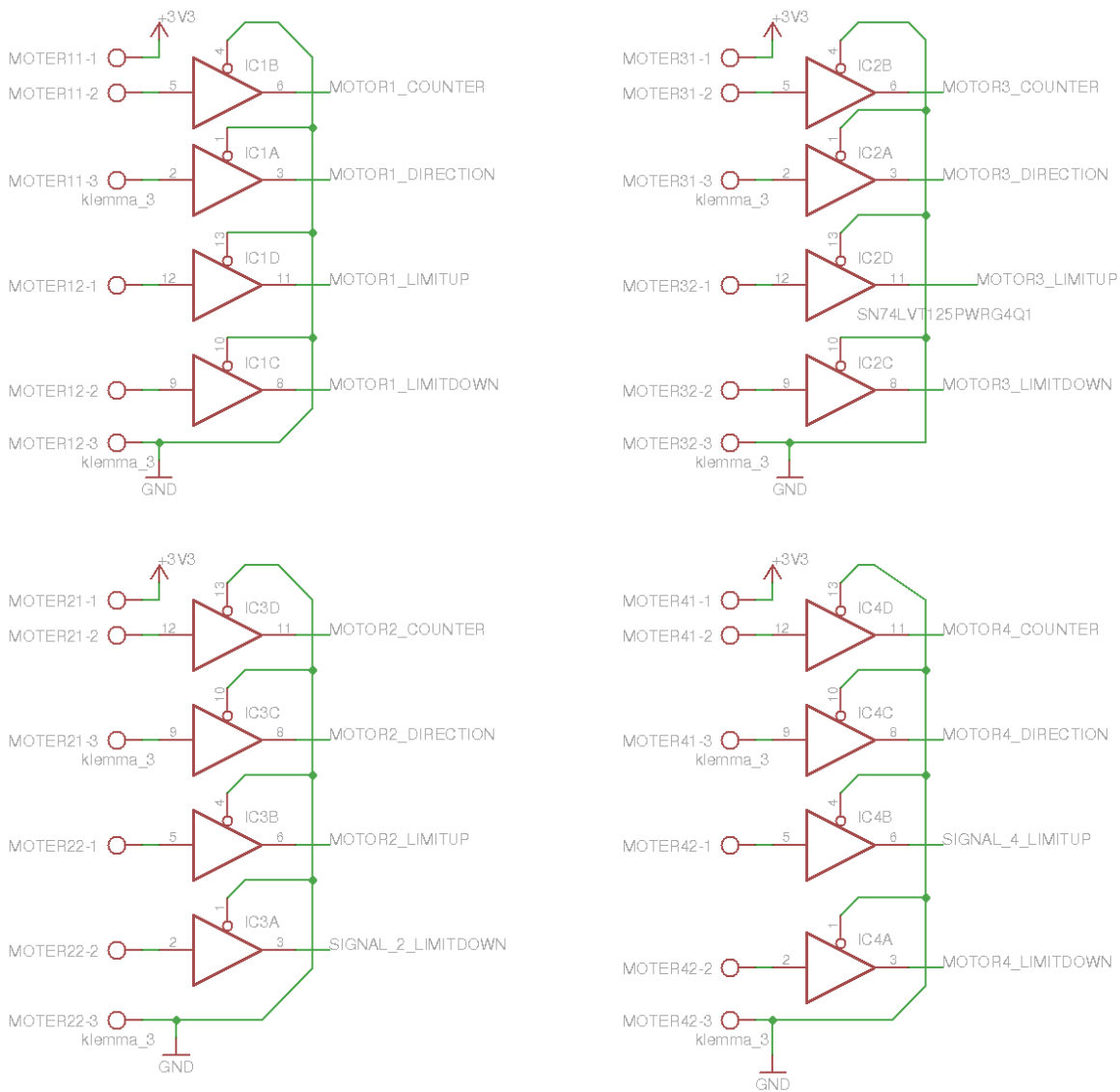
Ακόμα υπάρχουν οι συνδέσεις που απαιτούνται για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή όπως υποδεικνύει το φυλλάδιο χρήσης του (MSP430x2xxx Family User's Guide, 2007).



Εικόνα 18 Ηλεκτρονικό κύκλωμα για την συσκευή Control

Φυσικά υπάρχουν και οι συνδέσεις τροφοδοσίας με την τάση που απαιτείται σε κάθε σημείο. Πιο συγκεκριμένα ο μικροελεγκτής τροφοδοτείται με 3,3Volt σε τέσσερις ακροδέκτες του ενώ απαιτεί την τάση των 0Volt (τάση αναφοράς) σε άλλα τέσσερα. Ακόμα σε κάθε αναχώρηση που υπάρχει πάνω στη συσκευή (ακροδέκτης I²C, ακροδέκτης σειριακής επικοινωνίας, ακροδέκτης σύνδεσης στο δίκτυο) υπάρχει και παροχή ενέργειας με τάση 3,3Volt και φυσικά τάση αναφοράς (GND).

Στην συσκευή υπάρχει ακόμα και η σύνδεση με τα συστήματα ελέγχου θέσης. Η σύνδεση αυτή όπως αναφέρεται παραπάνω περιέχει ένα απομονωτή για την προστασία του μικροελεγκτή από καταστροφικές για αυτόν τάσεις (πάνω από την τάση λειτουργίας). Για την ζεύξη με το σύστημα υπάρχει ένας ακροδέκτης που περιλαμβάνει συνδέσεις για τα σήματα ελέγχου του συστήματος ελέγχου (counter, direction, limit-down, limit-up) τάση αναφοράς (0Volt) και τάση 3,3Volt.



Εικόνα 19 Σύνδεση με τα συστήματα ελέγχου θέσης στη συσκευή control

Το πρόγραμμα της συσκευής (Firmware)

Η λειτουργία της συσκευής ξεκινά μόλις συνδεθεί σε κάποια τροφοδοσία. Εξαιτίας ενός εσωτερικού κυκλώματος του μικροελεγκτή (brownout reset circuit) ο μικροελεγκτής περιμένει να σταθεροποιηθεί η τροφοδοσία σε επιτρεπτά επίπεδα. Αμέσως μετά, ο επεξεργαστής του μικροελεγκτή ξεκινά την εκτέλεση του προγράμματος.

Το πρόγραμμα της συσκευής χωρίζεται σε τρία μέρη:

Φάση αρχικοποίησης

Η φάση αρχικοποίησης εκτελείται μόνο κατά την εκκίνηση του προγράμματος, δηλαδή κατά την εκκίνηση της λειτουργίας της συσκευής. Σε αυτό το στάδιο ρυθμίζονται τα μικρότερα κυκλώματα στο εσωτερικό του μικροελεγκτή. Πιο συγκεκριμένα:

Μόλις ξεκινήσει η εκτέλεση του προγράμματος εκτελούνται οι κατάλληλες εντολές για να

μπορεί να ενεργοποιηθεί το led ένδειξης της συσκευής. Το led αυτό ενεργοποιείται (φωτοβολεί) δείχνοντας ότι η συσκευή μπήκε σε λειτουργία και το πρόγραμμα του μικροελεγκτή ξεκίνησε σωστά.

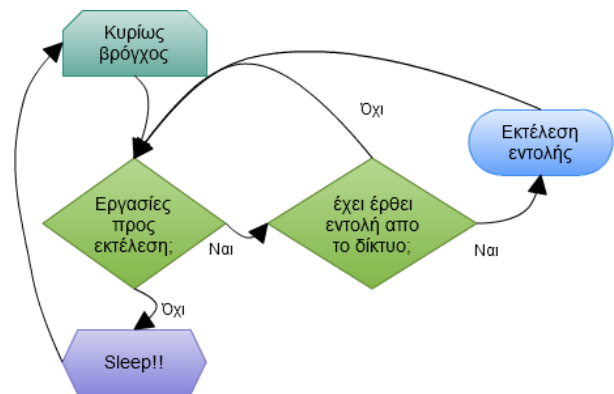
Αφού ρυθμιστεί το ρολόι, ρυθμίζεται το τμήμα που είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία της συσκευής. Για την επίτευξη της επικοινωνίας, χρησιμοποιείται το εσωτερικό υποσύστημα του μικροελεγκτή USCI_A1.

Αμέσως μετά την αρχικοποίηση και της σειριακής θύρας, σειρά έχουν οι ακροδέκτες ελέγχου των διακοπών. Αυτοί οι ακροδέκτες εκτελούν την βασική τους λειτουργία (In&Out). Το μόνο που πρέπει να ρυθμιστεί είναι κάθε ποδαράκι να θεωρείται έξοδος. Κατά την εκκίνηση της συσκευής όλοι οι διακόπτες απενεργοποιούνται. Αυτό γίνεται θέτοντας τους αντίστοιχους διακόπτες σε λογικό '0' (Gnd).

Το μόνο που δεν έχει ρυθμιστεί είναι ο έλεγχος των συστημάτων ελέγχου θέσης. Και εδώ οι αντίστοιχοι ακροδέκτες εκτελούν την βασική τους λειτουργία (In&out) αλλά αυτή τη φορά ρυθμίζονται για ανάγνωση. Να θυμίσουμε πως αυτοί οι ακροδέκτες είναι οι αναδράσεις σχετικά με την κατάσταση του συστήματος ελέγχου θέσης. Σε αυτό το σημείο του προγράμματος κάθε σύστημα ενημερώνεται για το διακόπτη που χρησιμοποιεί.

Κύριος βρόγχος

Ο κύριος βρόγχος είναι το κεντρικό τμήμα του προγράμματος. Αφού ρυθμιστούν κατάλληλα όλα τα υποσυστήματα της συσκευής το πρόγραμμα εκτελεί το κύριο βρόγχο που δε σταματά να εκτελείται ποτέ. Σε αυτό το κομμάτι γίνεται η επεξεργασία των εντολών που έχουν έρθει καθώς και άλλες λειτουργίες που δεν απαιτείται η χρήση άμεσης εκτέλεσης. Ο έλεγχος των εισερχόμενων πακέτων από το δίκτυο για παράδειγμα δεν απαιτεί άμεση εκτέλεση, η λήψη του πακέτου όμως πρέπει να γίνει άμεσα για να μη χαθούν πακέτα- κομμάτια του μηνύματος.



Εικόνα 20 Διάγραμμα ροής κυρίως βρόγχου για την συσκευή control

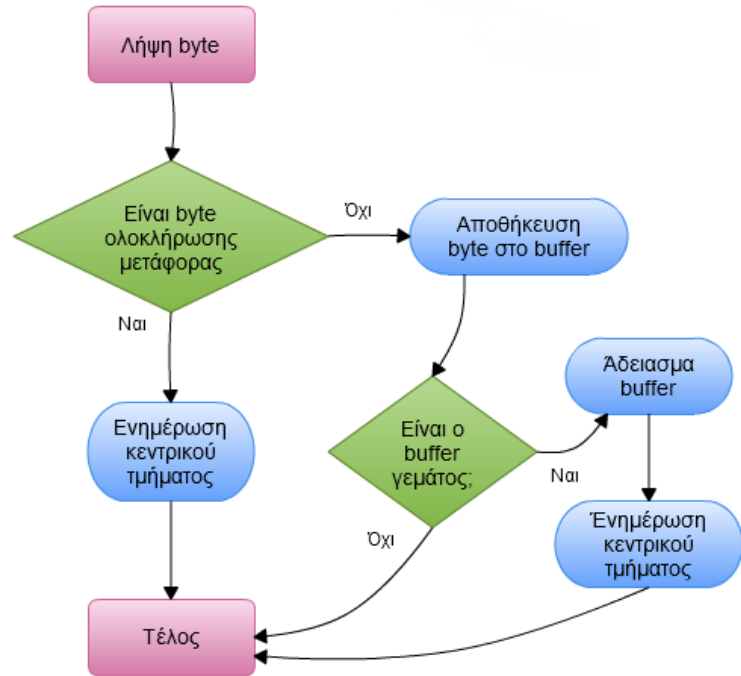
Υπορουτίνες interrupt

Το πιο βασικό κομμάτι του προγράμματος εκτελείται μέσα στις ρουτίνες interrupt. Τα interrupt είναι μικρά κομμάτια προγράμματος που εκτελούνται άμεσα μόλις γίνει κάποιο συμβάν.

Πιο συγκεκριμένα στην συσκευή Control υπάρχουν τα εξής interrupt.

Interrupt Λήψης byte μέσω σειριακής θύρας.

Η μεταφορά των δεδομένων, όπως θα εξηγηθεί και παρακάτω, γίνεται byte προς byte. Ο πομπός στέλνει ένα byte ο δέκτης, το διαβάζει και η μετάδοση συνεχίζεται μέχρι να μεταδοθεί όλη η προς μετάδοση πληροφορία. Για αυτό το σκοπό υπάρχει η ρουτίνα interrupt. Με κάθε λήψη ενός byte ενεργοποιείται το συγκεκριμένο κομμάτι κώδικα. Σε αυτό γίνεται η αποθήκευση του πακέτου και η ενημέρωση του κεντρικού τμήματος του μικροελεγκτή για το αν έχει έρθει κάποιο πακέτο. Πιο συγκεκριμένα μέσω του κώδικα



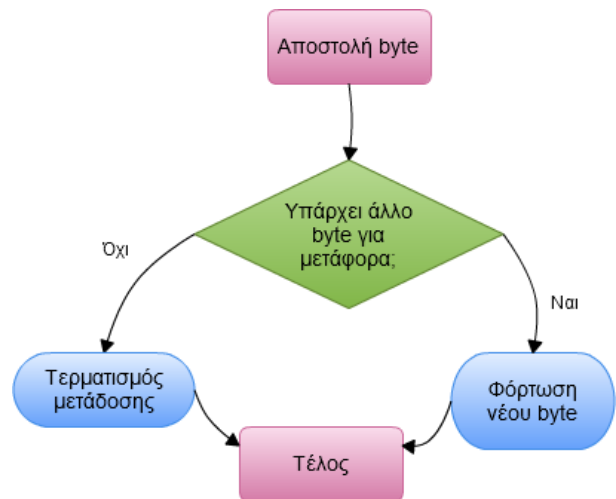
Εικόνα 21 Διάγραμμα ροής Interrupt λήψης

ελέγχεται αν έχει έρθει τέλος του πακέτου (σύμφωνα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας). Αν το byte που έχει έρθει δεν δηλώνει το τέλος του πακέτου τότε το byte αποθηκεύεται σε ένα buffer. Αν έχει έρθει, τότε ενημερώνεται το κεντρικό τμήμα του προγράμματος και η ρουτίνα Interrupt λήγει. Υπάρχει ακόμα ένα μικρό κομμάτι μέσα στον κώδικα αυτό, που ελέγχει αν ο buffer στον οποίο αποθηκεύονται τα εισερχόμενα byte γέμισε. Αν συμβεί αυτό (ο buffer γεμίσει) τότε άμεσα τον αδειάζει και ενημερώνει το κεντρικό τμήμα του προγράμματος για το πρόβλημα αυτό.

Interrupt αποστολής byte μέσω της σειριακής θύρας.

Το interrupt αποστολής byte εκτελείται κάθε φορά που ολοκληρωθεί η μετάδοση ενός byte. Όπως και στην λήψη, η μετάδοση του μηνύματος γίνεται ανά byte. Γίνεται φανερό πως μόλις ολοκληρωθεί η αποστολή ενός byte πρέπει να ξεκινήσει η αποστολή του επόμενου (αν υπάρχει). Για αυτό η διαδικασία αυτή εκτελείται ως interrupt και όχι στο κεντρικό τμήμα του προγράμματος.

Μόλις ολοκληρωθεί η μετάδοση ενός byte μέσω του κώδικα, ελέγχεται αν υπάρχει και άλλο byte προς μετάδοση μέσα στο buffer αποστολής. Αν υπάρχει, αυτό το byte φορτώνεται για αποστολή και το interrupt τερματίζεται. Αν δεν υπάρχει κάποιο byte για αποστολή τότε η διαδικασία αποστολής τερματίζεται και το interrupt φτάνει στο τέλος του.



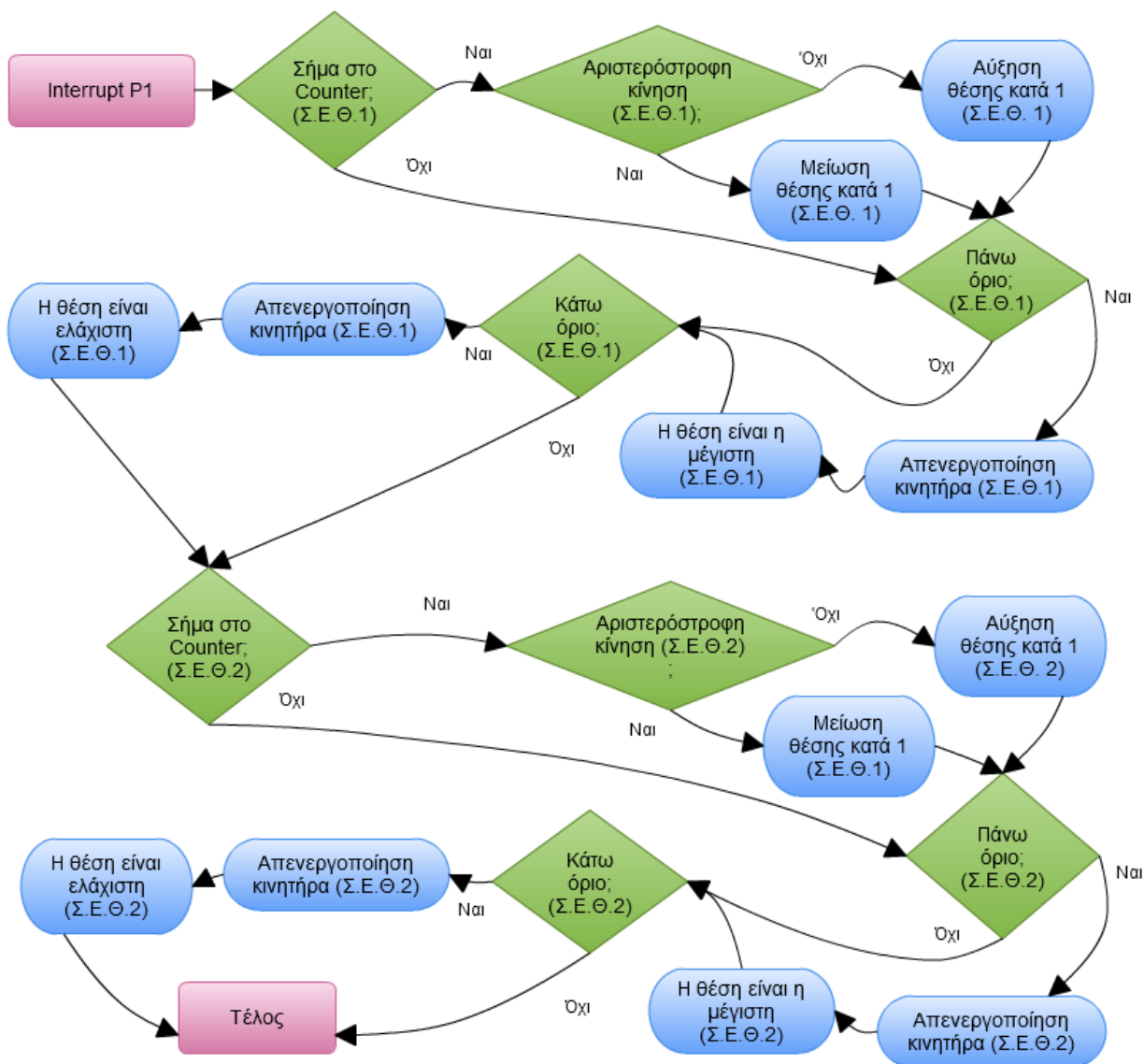
Εικόνα 22 Διάγραμμα ροής Interrupt Αποστολής.

Interrupt για τον έλεγχο συστημάτων ελέγχου θέσης (Σ.Ε.Θ.)

Όπως είπαμε στην περιγραφή του συστήματος ελέγχου θέσης τα σήματα ελέγχου πρέπει να αναλύονται άμεσα. Για παράδειγμα μόλις έρθει σήμα στο counter του συστήματος ο μικροελεγκτής θα πρέπει να εκτελέσει τις κατάλληλες εντολές. Αν δε το κάνει αμέσως, είναι πολύ πιθανόν να έχει έρθει ένα δεύτερο σήμα μέχρι ο μικροελεγκτής να εκτελέσει τις εντολές αυτές και ο έλεγχος του συστήματος να χαθεί.

Ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιούμε δε μπορεί να αντιστοιχίσει μια ρουτίνα interrupt για κάθε σήμα του συστήματος θέσης. Αντί αυτού ο μικροελεγκτής έχει μια ρουτίνα interrupt για την πόρτα P1 (καλείται κάθε φορά που υπάρξει μεταβολή σε ένα ποδαράκι της) στην οποία είναι συνδεδεμένα τα σήματα ελέγχου των συστημάτων 1 και 2. Μέσα σε αυτή τη ρουτίνα θα πρέπει να γίνεται ο έλεγχος για το ποιο σήμα θέλει επεξεργασία.

Ο μικροελεγκτής έχει δύο πόρτες που υποστηρίζουν interrupt αυτές είναι η P1 και η P2. Στην πόρτα P1 είναι συνδεδεμένα τα συστήματα θέσης 1 και 2, ενώ στην πόρτα P2 τα συστήματα 3 και 4. Με την διαδικασία που φαίνεται στην Εικόνα 23 παρακάτω ο μικροελεγκτής μπορεί να χειριστεί άμεσα το σύστημα χωρίς να υπάρξει πρόβλημα.



Εικόνα 23 Διάγραμμα ροής Interrupt ελέγχου θέσης

Οι εντολές που μπορεί να δεχτεί η συσκευή

Μέσω του δικτύου που σχεδιάστηκε και εξηγείται παρακάτω, η συσκευή εκτελεί εντολές, μερικές από τις οποίες απαιτούν εκτέλεση κάποιων λειτουργιών (π.χ. ενεργοποίηση διακόπτη) ενώ κάποιες άλλες απαιτούν μόνο την κατάσταση ενός συστήματος (π.χ. τρέχουσα θέση συστήματος ελέγχου θέσης).

Οι εντολές με τις οποίες μπορούμε να χειριστούμε την συσκευή είναι:

Ping

Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο αν αυτή η συσκευή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο και η ζεύξη είναι εφικτή. Η εντολή αυτή έχει αποστολέα το κεντρικό υπολογιστή του συστήματος. Η συσκευή αυτή απαντά με μια προκαθορισμένη λέξη για να δείξει ότι η εντολή λήφθηκε σωστά.

Led,on

Αυτή η εντολή όπως και οι δύο επόμενες, σχετίζεται με το led που υπάρχει στην συσκευή. Στην κανονική λειτουργία του συστήματος οι εντολές αυτές δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν κατά την ρύθμιση του συστήματος.

Η εντολή αυτή ενεργοποιεί το led της συσκευής, και επιστρέφει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης σχετικό με την εξέλιξη της.

Led,off

Οι εντολή αυτή απενεργοποιεί το led. Επιστρέφει μήνυμα επιβεβαίωσης στη συσκευή που έδωσε την εντολή, για την εκτέλεση της εντολής.

Led,status

Η κατάσταση του led επιστρέφεται στον αποστολέα της εντολής.

Relay,1,open

Η εντολή αυτή ενεργοποιεί το διακόπτη με κωδικό 1. Αν ο διακόπτης αυτός χρησιμοποιείται για τον χειρισμό του κινητήρα στο σύστημα ελέγχου θέσης, τότε αυτή η εντολή δε κάνει τίποτα. Επιστρέφει μήνυμα επιβεβαίωσης, στην συσκευή που έδωσε την εντολή, για την εκτέλεση της εντολής.

Relay,1,close

Απενεργοποιεί το διακόπτη με κωδικό 1. Αν ο διακόπτης χρησιμοποιείται από ένα από τα τέσσερα συστήματα ελέγχου θέσης που υποστηρίζει η συσκευή τότε αυτή η εντολή δε κάνει τίποτα. Επιστρέφει μήνυμα επιβεβαίωσης, στην συσκευή που έδωσε την εντολή, για την εκτέλεση της εντολής.

Relay,1,status

Επιστρέφει την κατάσταση του διακόπτη. “open” αν αυτός είναι ανοιχτός (μη βραχυκυκλωμένος) ή “close” αν ο διακόπτης είναι βραχυκυκλωμένος (διαρρέεται από ρεύμα).

Moter,1,init

Η εντολή αυτή αρχικοποιεί το σύστημα ελέγχου θέσης 1. Η συσκευή υποστηρίζει μέχρι 4 τέτοια συστήματα. Χρησιμοποιείται μόνο όταν έχει γίνει κάποια αλλαγή στο σύστημα ελέγχου θέσης ή αν παρατηρούμε λανθασμένες ενδείξεις (η ένδειξη θέσης δεν υποδεικνύει την πραγματική θέση). Επιστρέφει μήνυμα επιβεβαίωσης, στην συσκευή που έδωσε την εντολή, για την εκτέλεση της εντολής.

Moter,1,setting,50

Χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να αλλάξουμε θέση στο σύστημα θέσης 1. Ο αριθμός 50 είναι ποσοστό (%). Αν αντί για 50 γράψουμε στην εντολή 100, τότε το σύστημα θα μετακινηθεί στην μέγιστη επιτρεπτή θέση. Ενώ αν γράψουμε 0 τότε το σύστημα θα μετακινηθεί στην ελάχιστη

θέση. Επιστρέφει μήνυμα επιβεβαίωσης, στην συσκευή που έδωσε την εντολή, για την εκτέλεση της εντολής.

Motor,1,status

Επιστρέφει την κατάσταση του συστήματος θέσης με κωδικό 1. Επιστρέφει μια τιμή από 0 έως 100, ακολουθούμενη από την μέγιστη τιμή και μια λέξη “stable” ή “unstable” η οποία περιγράφει αν το σύστημα μετακινείται για να πάει στην θέση που πρέπει, είτε επειδή υπήρξε προηγούμενη εντολή που μετακινεί το σύστημα είτε επειδή το σύστημα μετατοπίστηκε από εξωγενείς παράγοντες.

Συσκευή Sensor

Σκοπός της συσκευής είναι η συλλογή πληροφοριών από το χώρο εντός του περιβάλλοντος που θέλουμε να ελέγξουμε συλλέγοντας την τιμή της θερμοκρασίας, της υγρασίας ή οποιοδήποτε άλλο αισθητήρα έχει συνδεθεί σε αυτήν. Σε αυτή τη συσκευή μπορούν να συνδεθούν ένας αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας (Pt100) που περιγράψαμε παραπάνω, ένας αισθητήρας υγρασίας

(HM1500), ενώ μέσω των *Εικόνα 24 Δομικό διάγραμμα συσκευής Sensor*

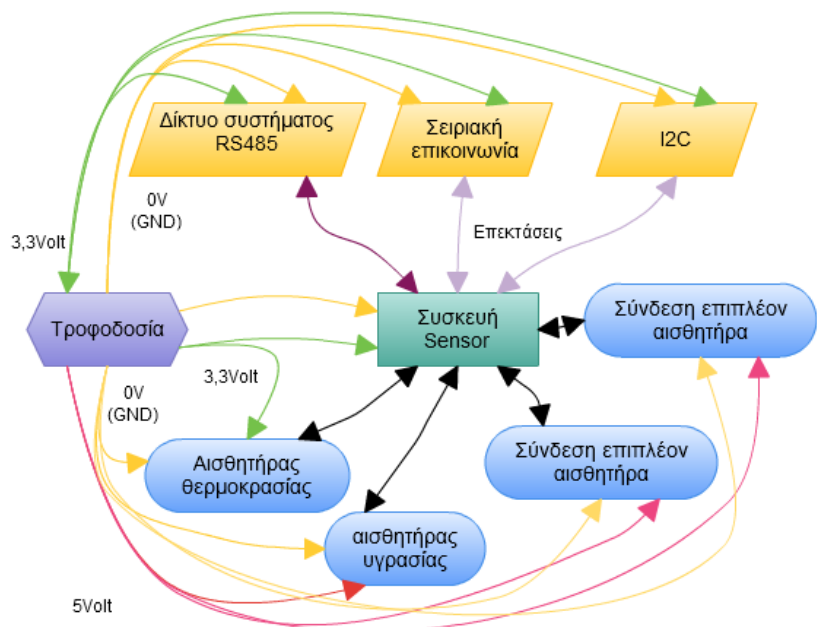
συνδέσεων γενικής χρήσης

μπορούν να συνδεθούν σε αυτήν άλλοι δύο αισθητήρες.

Επειδή οι συσκευές (sensor και outSensor) μπορούν να λειτουργήσουν και αυτόνομα χωρίς την χρήση του δικτύου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης σε αυτή οθόνης χαρακτήρων LCD. Σε αυτή την οθόνη εμφανίζονται οι πληροφορίες από τους αισθητήρες που έχουν συνδεθεί στην συσκευή.

Το κύκλωμα

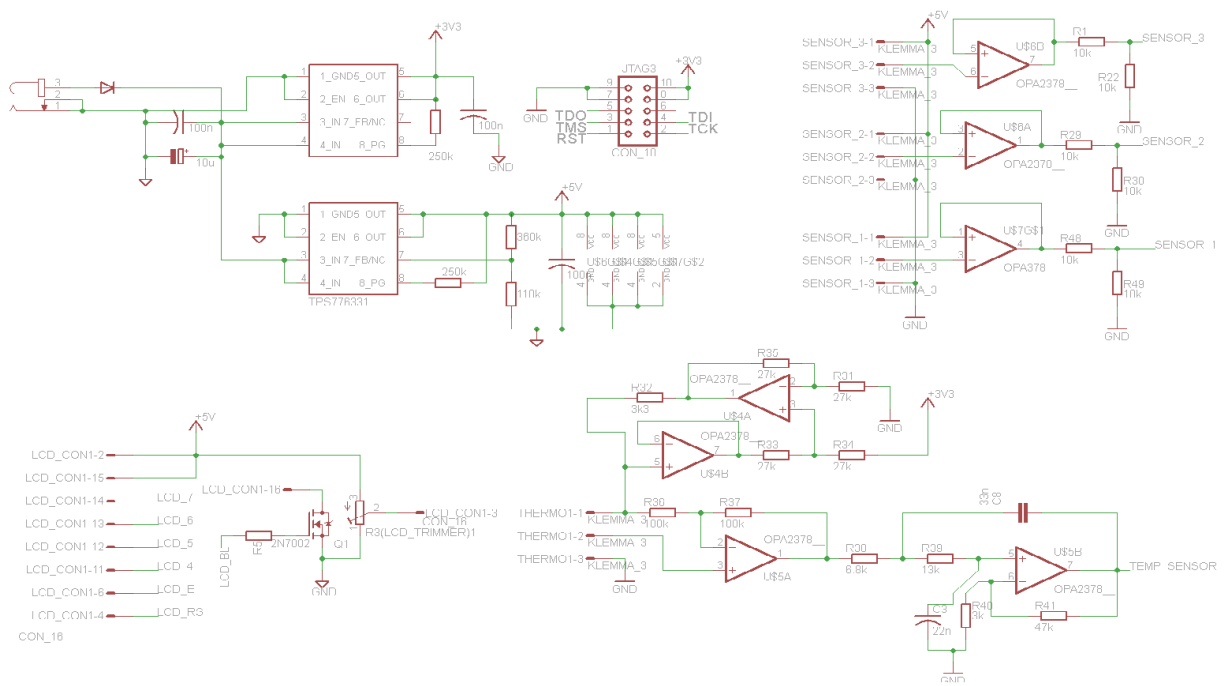
Στο εσωτερικό της η συσκευή Sensor περιέχει μια ηλεκτρονική πλακέτα, στην οποία περιέχονται τα κυκλώματα που απαιτούνται, ειδικά σχεδιασμένα για να εξυπηρετεί τις ανάγκες της



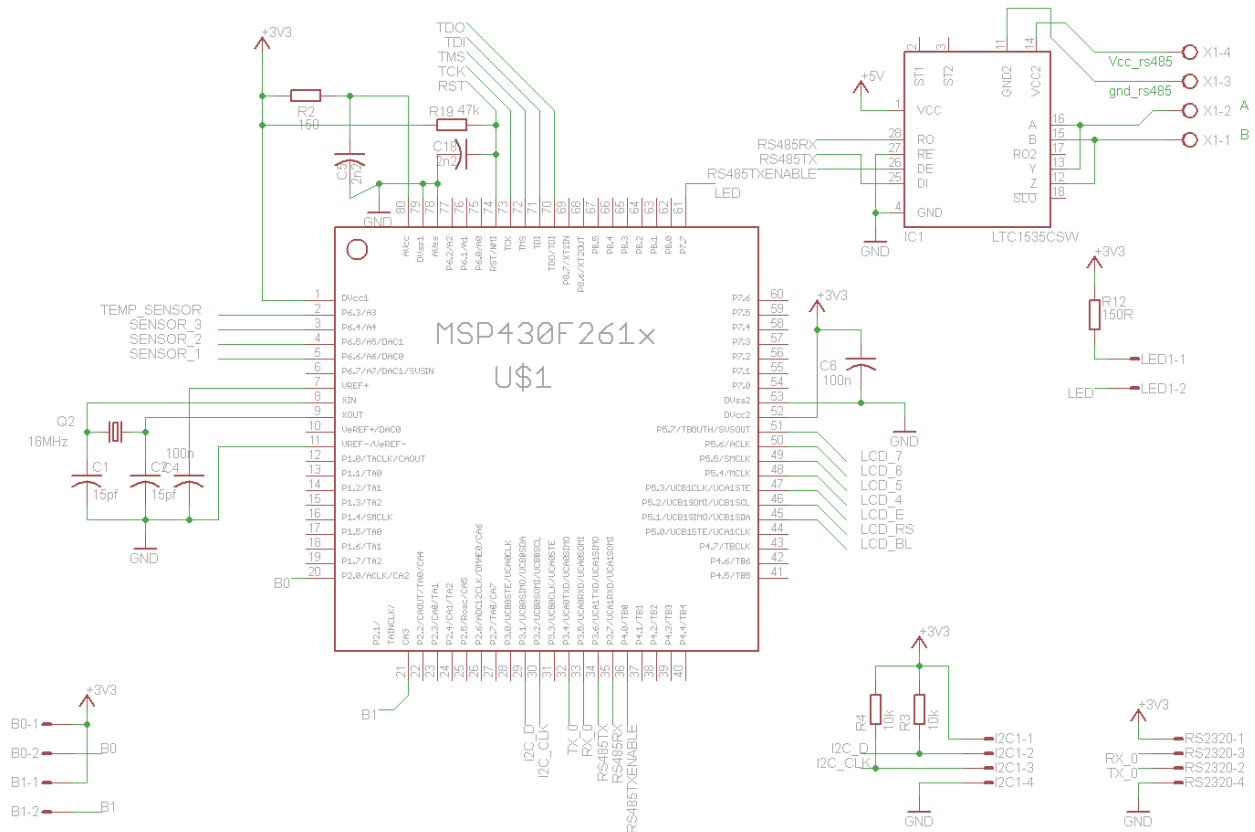
Εικόνα 24 Δομικό διάγραμμα συσκευής Sensor

συγκεκριμένης συσκευής. Όπως φαίνεται και στην **Error! Reference source not found.**, η συσκευή περιέχει το κύκλωμα παροχής ενέργειας (PSU) που παρέχει στην συσκευή τάσεις 3.3Volt, 5Volt και 12Volt, το κύκλωμα που απαιτείται για το χειρισμό της οθόνης LCD και του οπίσθιου φωτισμού (backlight), ένα κύκλωμα μέτρησης και ενίσχυσης του αισθητηρίου θερμοκρασίας Pt100 καθώς και κυκλώματα για σύνδεση 3 ακόμα αισθητήρων στο μέλλον. Η συσκευή sensor που μελετάμε, έχει 3 εισόδους για αισθητήρες γενικού σκοπού, αλλά μια είσοδος από αυτές χρησιμοποιείται για την σύνδεση του αισθητήρα υγρασίας HM1500, συνεπώς η συσκευή Sensor έχει υποδοχές για δύο αισθητήρες που μπορεί να χρειαστούν.

Επειδή στην συσκευή Sensor μπορούν να συνδεθούν κι άλλοι αισθητήρες εκτός από αυτούς που έχουν προβλεφθεί και οι πληροφορίες από αυτούς πρέπει να ελέγχονται και να υποβάλλονται σε κάποια επεξεργασία έχει τοποθετηθεί στη συσκευή υποδοχή για να μπορεί να γίνει ενημέρωση ή αναβάθμιση του προγράμματος μέσω JTAG σύνδεσης που υποστηρίζει ο μικροελεγκτής.



Εικόνα 25 Ηλεκτρονικό κύκλωμα συσκευής Sensor 1/2



Εικόνα 26 Ηλεκτρονικό κύκλωμα συσκευής Sensor 2/2

Το πρόγραμμα της συσκευής (Firmware)

Μόλις η συσκευή Sensor συνδεθεί στη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, ξεκινά η λειτουργία του μικροελεγκτή εκτελώντας το πρόγραμμα που έχει περασθεί σε αυτόν. Ο μικροελεγκτής χρησιμοποιεί το υποσύστημα μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC) για την μέτρηση των τιμών από τους αισθητήρες και ένα χρονιστή (timer) με την βοήθεια του οποίου ξεκινά νέα μέτρηση από τον ADC μετατροπέα και ανανεώνονται οι πληροφορίες που εμφανίζονται στην οθόνη. Η ανανέωση των τιμών από τους αισθητήρες γίνεται κάθε 5mSec, ενώ η ανανέωση των πληροφοριών που εμφανίζονται στην οθόνη κάθε 5Sec. Και οι δύο αυτές τιμές μπορούν να αλλαχθούν επεμβαίνοντας στο πρόγραμμα συνδέοντας προγραμματιστή JTAG στην κατάλληλη υποδοχή. Μικραίνοντας το χρόνο για την ανανέωση των τιμών βελτιώνεται η ακρίβεια του μετρούμενου μεγέθους αλλά μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα στην ροή του προγράμματος. Αυξάνοντας το χρόνο ανανέωσης των πληροφοριών στην οθόνη αυξάνει ο χρόνος που παραμένουν οι ίδιες πληροφορίες στην οθόνη, κάνοντας έτσι την ανάγνωση ευκολότερη, αλλά ο χρήστης θα πρέπει να περιμένει περισσότερο για μια ολοκληρωμένη άποψη των πληροφοριών που παρέχει η συσκευή.

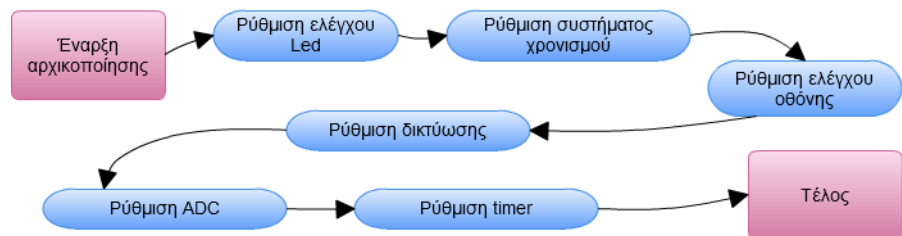
Το πρόγραμμα και εδώ όπως και στην συσκευή Control αλλά και στην outSensor χωρίζεται

σε τρεις υποκατηγορίες.

Φάση αρχικοποίησης

Κατά την εκκίνηση του μικροελεγκτή, ρυθμίζονται όλες εκείνες οι παράμετροι που απαιτούνται για την σωστή λειτουργία της συσκευής. Η πρώτη εργασία του προγράμματος είναι η ρύθμιση ελέγχου του Led της συσκευής και η ενεργοποίηση του για να δείξει ότι η συσκευή λειτουργεί κανονικά. Το Led μπορεί να αναβοσβήνει ή γενικότερα να μεταβάλλει τη κατάσταση του για να δείξει την πρόοδο του προγράμματος. Επόμενο βήμα είναι η ρύθμιση του συστήματος χρονισμού του μικροελεγκτή για να αυξήσουμε την ταχύτητα επεξεργασίας του επεξεργαστή. Πριν την ρύθμιση του συστήματος αυτού ο μικροελεγκτής έχει ταχύτητα επεξεργασίας περίπου 2MHz ενώ μετά την ρύθμιση, η πηγή παλμού χρονισμού είναι ο κρύσταλλος με σταθερή ταχύτητα επεξεργασίας 16MHz. Από αυτήν την ρύθμιση και κάτω οι ταχύτητα του μικροελεγκτή είναι πολύ πιο γρήγορη ενώ λόγω της ακρίβειας του κρυστάλλου μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο που απαιτείται για κάθε εκτέλεση.

Αφού ρυθμιστεί το ρολόι, σειρά έχει η οθόνη που είναι συνδεδεμένη στη συσκευή. Ο μικροελεγκτής στέλνει τις απαραίτητες εντολές στον ελεγκτή της οθόνης HD44780. Την ρύθμιση ακολουθεί ένα μήνυμα στην οθόνη για την πρόοδο της αρχικοποίησης του συστήματος. Σειρά έχει η ρύθμιση των εσωτερικών υποσυστημάτων του μικροελεγκτή για ρύθμιση της αποστολής και λήψης πακέτων από το δίκτυο καθώς και των buffer που απαιτούνται για την επικοινωνία. Ακολουθεί η ρύθμιση του υποσυστήματος αναλογικής ψηφιακής μετατροπής που περιέχεται στον μικροελεγκτή και απαιτείται για να διαβαστούν οι τιμές των αισθητηρίων της συσκευής και η ρύθμιση ενός χρονιστή- μετρητή από το εσωτερικό της συσκευής για να ανανεώνει τις τιμές από τους αισθητήρες.



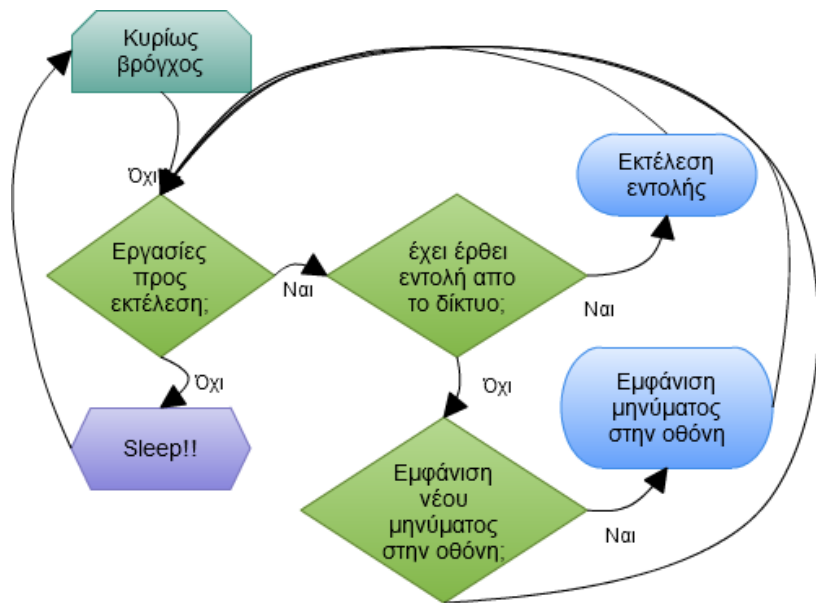
Εικόνα 27 Διάγραμμα ροής τμήματος αρχικοποίησης για την συσκευή sensor.

Μόλις ολοκληρωθεί η ρύθμιση των υποσυστημάτων το πρόγραμμα συνεχίζει την εκτέλεση του στο κύριο βρόγχο.

Κύριος βρόγχος

Το κομμάτι αυτό του προγράμματος εκτελείται επαναλαμβανόμενα εκτελώντας τις εντολές που έχει προγραμματιστεί. Εδώ το πρόγραμμα ελέγχει διάφορες λειτουργίες, οι οποίες δεν απαιτούν την άμεση απασχόληση του επεξεργαστή. Σε αυτές περιλαμβάνονται, η εναλλαγή των

πληροφοριών στην οθόνη και ο έλεγχος αν υπάρχει πακέτο από το δίκτυο καθώς και η επεξεργασία του εισερχόμενου πακέτου. Θα πρέπει να τονιστεί πως ο επεξεργαστής καθώς και ένα μεγάλο μέρος από το μικροελεγκτή σταματά να λειτουργεί “κοιμάται” αν δεν υπάρχει η ανάγκη εκτέλεσης κάποιας εντολής. Η εκτέλεση συνεχίζει από εκεί που σταμάτησε μέσω ειδικών εντολών από τα interrupt που υπάρχουν.



Εικόνα 28 Διάγραμμα ροής κυρίως βρόγχου για τη συσκευή Sensor

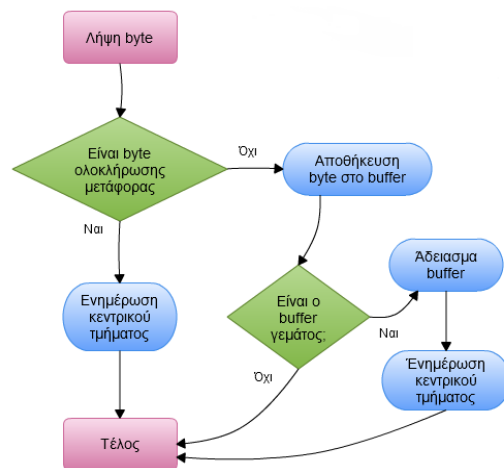
Υπορουτίνες interrupt

Σε αυτό το τμήμα του προγράμματος περιέχεται ο κώδικας των εντολών που θα εκτελεσθούν όταν απαιτηθεί από κάποιο υποσύστημα του μικροελεγκτή (όταν ‘χτυπήσει’ interrupt). Η συσκευή Sensor χρησιμοποιεί interrupt όταν ληφθεί ή ολοκληρωθεί η αποστολή ενός byte από την σειριακή θύρα, όταν ολοκληρωθεί η μέτρηση από τον αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα (ADC) και όταν περάσει το χρονικό διάστημα που έχει προγραμματιστεί ο χρονιστής της συσκευής να μετρά.

Παρακάτω περιγράφονται πιο αναλυτικά τα interrupt της συσκευής.

Interrupt λήψης byte μέσω της σειριακής θύρας.

Η μεταφορά των δεδομένων γίνεται byte προς byte. Ο πομπός στέλνει ένα byte ο δέκτης το διαβάζει και η μετάδοση συνεχίζεται μέχρι να μεταδοθεί όλη η προς μετάδοση πληροφορία. Για αυτό το σκοπό υπάρχει αυτή η ρουτίνα interrupt. Με κάθε λήψη ενός byte ενεργοποιείται το συγκεκριμένο κομμάτι κώδικα στο οποίο γίνεται



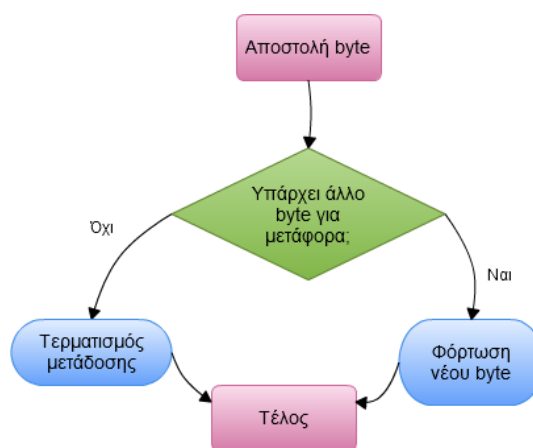
Εικόνα 29 Διάγραμμα ροής Interrupt λήψης

η αποθήκευση του πακέτου και η ενημέρωση του κεντρικού τμήματος του μικροελεγκτή αν έχει έρθει κάποια εντολή. Πιο συγκεκριμένα μέσω του κώδικα ελέγχεται αν έχει ολοκληρωθεί η λήψη του πακέτου (σύμφωνα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας). Αν το byte που έχει έρθει δεν δηλώνει το τέλος του μηνύματος μεταφοράς, τότε το byte αποθηκεύεται σε ένα buffer. Αν έχει ολοκληρωθεί η μετάδοση του πακέτου, τότε ενημερώνεται το κεντρικό τμήμα του προγράμματος και η ρουτίνα Interrupt λήγει. Υπάρχει ακόμα ένα μικρό κομμάτι μέσα στον κώδικα, που ελέγχει αν ο buffer στον οποίο αποθηκεύονται τα εισερχόμενα byte γέμισε. Αν συμβεί αυτό (ο buffer γεμίσει) τότε άμεσα τον αδειάζει και ενημερώνει το κεντρικό τμήμα του προγράμματος για το πρόβλημα αυτό.

Interrupt αποστολής byte μέσω της σειριακής θύρας.

Το interrupt αποστολής byte εκτελείται κάθε φορά που ολοκληρωθεί η μετάδοση ενός byte. Όπως και στην λήψη η μετάδοση του μηνύματος γίνεται ανά byte. Είναι φανερό πως μόλις ολοκληρωθεί η αποστολή ενός byte πρέπει να ξεκινήσει η αποστολή του επόμενου (αν υπάρχει). Για αυτό η διαδικασία αυτή εκτελείται ως interrupt και όχι στην κεντρικό τμήμα του προγράμματος.

Μόλις ολοκληρωθεί η μετάδοση του ενός byte μέσω του κώδικα ελέγχεται αν υπάρχει άλλο byte προς μετάδοση μέσα στο buffer αποστολής. Αν υπάρχει τότε αυτό το byte φορτώνεται για αποστολή και το interrupt τερματίζεται. Αν δεν υπάρχει κάποιο byte για αποστολή τότε η διαδικασία αποστολής τερματίζεται και το interrupt φτάνει στο τέλος του.

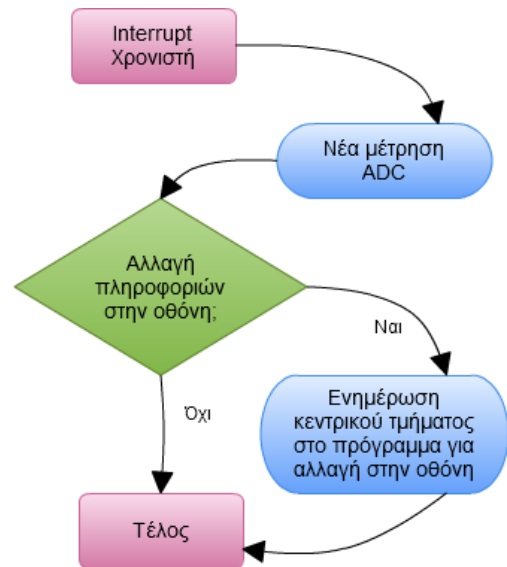


Εικόνα 30 Διάγραμμα ροής Interrupt Αποστολής.

Interrupt χρονιστή

Αυτό το τμήμα του προγράμματος εκτελείται όταν ο χρονιστής μετρήσει το χρόνο που έχει ρυθμιστεί από το τμήμα αρχικοποίησης του προγράμματος. Αν δε υπάρξει λόγος αλλαγής ο χρόνος αυτός είναι όσο και ο χρόνος ανάμεσα σε δύο διαδοχικές μετρήσεις του ADC μετατροπέα. Σύμφωνα με τα παραπάνω ο χρόνος αυτός είναι 5mSec. Όταν περάσει ο χρόνος αυτός ο χρονιστής δίνει εντολή για νέες μετρήσεις από το μετατροπέα ADC.

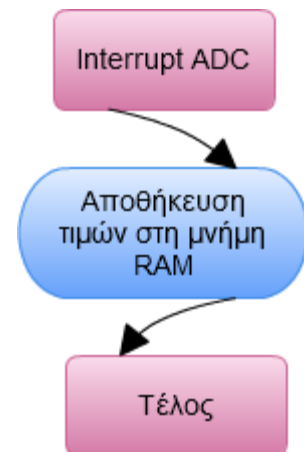
Στο ίδιο τμήμα του κώδικα ελέγχεται αν πρέπει να αλλαχθούν οι πληροφορίες στην οθόνη και αναλόγως τις αλλάζει. Η αλλαγή των πληροφοριών δε γίνεται απευθείας στο τμήμα αυτού του κώδικα. Στο κομμάτι αυτό ενημερώνεται το πρόγραμμα πως πρέπει να ενημερωθούν οι πληροφορίες στην οθόνη. Η ανανέωση γίνεται μέσω του κυρίως βρόγχου του προγράμματος. Ο χρονιστής μετράει το χρόνο που απαιτείται για την ανανέωση στην οθόνη μετρώντας τις φορές που έχει μετρήσει διαστήματα 5mSec. Αν θέλουμε ανανέωση στην οθόνη κάθε 5Sec τότε το πρόγραμμα μετράει $\frac{5Sec}{5mSec} = 1000$ φορές και ενημερώνει το πρόγραμμα για ανανέωση της οθόνης.



Εικόνα 31 Διάγραμμα ροής interrupt χρονιστή στο κύκλωμα Sensor

Interrupt ADC μετατροπέα

Το πρόγραμμα εκτελεί το τμήμα αυτό μόλις ολοκληρωθεί μια μετατροπή αναλογικού σε ψηφιακού (ανάγνωση της τιμής του αισθητήρα). Η τιμή του ψηφιακού σήματος που μετρήθηκε και αποθηκεύεται στη μνήμη RAM για χρήση από το πρόγραμμα.



Εικόνα 32

Διάγραμμα ροής interrupt ADC

Οι εντολές που μπορεί να δεχτεί

Η συσκευή Sensor του συστήματος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα αλλά μπορεί και να χρησιμοποιηθεί μέσω του δικτύου του συστήματος. Για την σωστή λειτουργία της υποστηρίζει εντολές στις οποίες έχει προγραμματιστεί να αποκρίνεται. Οι εντολές όπως και όλο το πρόγραμμα του μικροελεγκτή μπορούν να τροποποιηθούν, να αφαιρεθούν οι να προστεθούν νέες. Οι εντολές αυτές είναι:

Ping

Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο αν αυτή η συσκευή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο και η ζεύξη είναι εφικτή. Η εντολή αυτή έχει αποστολέα το κεντρικό υπολογιστή του συστήματος. Η συσκευή αυτή απαντά με μια προκαθορισμένη λέξη για να δείξει ότι η εντολή λήφθηκε σωστά.

Led,on

Αυτή η εντολή όπως και οι δύο επόμενες, σχετίζεται με το led που υπάρχει στην συσκευή. Στην κανονική λειτουργία του συστήματος οι εντολές αυτές δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία, μπορούν

όμως να χρησιμοποιηθούν κατά την ρύθμιση του συστήματος.

Η εντολή αυτή ενεργοποιεί το led της συσκευής, και επιστρέφει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης σχετικό με την εξέλιξη της.

Led,off

Οι εντολή αυτή απενεργοποιεί το led. Επιστρέφει μήνυμα επιβεβαίωσης στη συσκευή που έδωσε την εντολή, για την εκτέλεση της εντολής.

Led,status

Η κατάσταση του led επιστρέφεται στον αποστολέα της εντολής.

Thermo,status

Επιστρέφει την θερμοκρασία που κατέγραψε ο αισθητήρα θερμοκρασίας Pt100.

Humidity,status

Επιστρέφει το ποσοστό σχετικής υγρασίας που κατέγραψε ο αισθητήρας υγρασίας HM1500

General1,status

Επιστρέφει την τιμή που καταγράφηκε από την πρώτη υποδοχή γενικής σύνδεσης στην συσκευή Sensor.

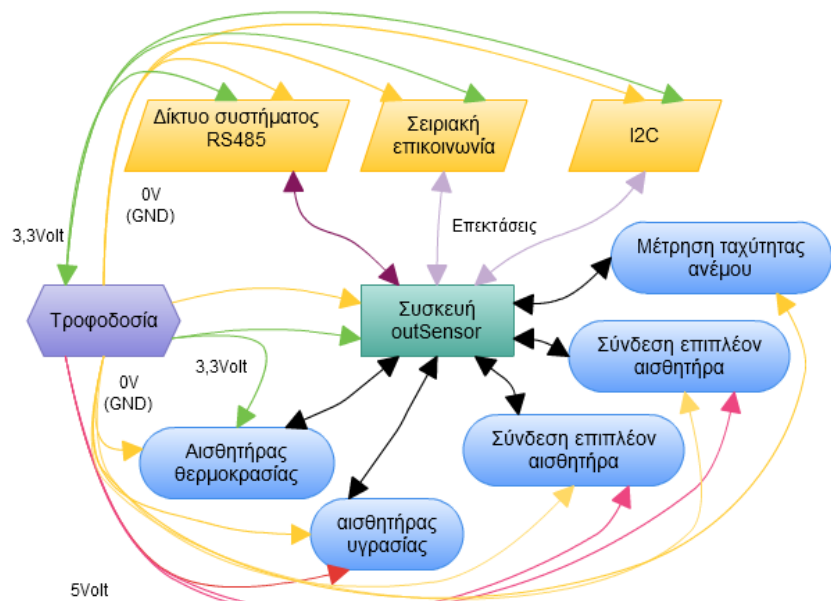
General2,status

Επιστρέφει την τιμή που καταγράφηκε από την δεύτερη υποδοχή γενικής σύνδεσης στην συσκευή Sensor.

Συσκευή outSensor

Σκοπός της συσκευής είναι η συλλογή πληροφοριών από το χώρο εκτός του περιβάλλοντος που θέλουμε να ελέγξουμε, όπως θερμοκρασία, υγρασία ή οποιοδήποτε άλλη πληροφορία χρειάζεται από κατάλληλους αισθητήρες που έχουν συνδεθεί. Σε αυτή τη συσκευή μπορούν να συνδεθούν ένας αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας (Pt100) που περιγράψαμε παραπάνω, ένας αισθητήρας υγρασίας (HM1500) και ένα ανεμόμετρο για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου, ενώ μέσω των συνδέσεων γενικής χρήσης μπορούν να συνδεθούν σε αυτήν άλλοι δύο αισθητήρες. Η συσκευή outSensor υποστηρίζει οθόνη χαρακτήρων LCD για την εμφάνιση πληροφοριών, μιας και η συσκευή αυτή όπως και η συσκευή Sensor μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα σαν πολύργανο μέτρησης.

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα της Εικόνα 33 η συσκευή χρησιμοποιεί το σύστημα τροφοδοσίας που σχεδιάστηκε για αυτό το σύστημα και αναφέρεται παραπάνω για την παροχή ενέργειας με τάσεις 3,3Volt, 5Volt και 12 Volt. Η λειτουργίες της μπορούν να επεκταθούν χρησιμοποιώντας την σειριακή θύρα ή το πρωτόκολλο I²C. Περιέχει τα απαραίτητα κυκλώματα για



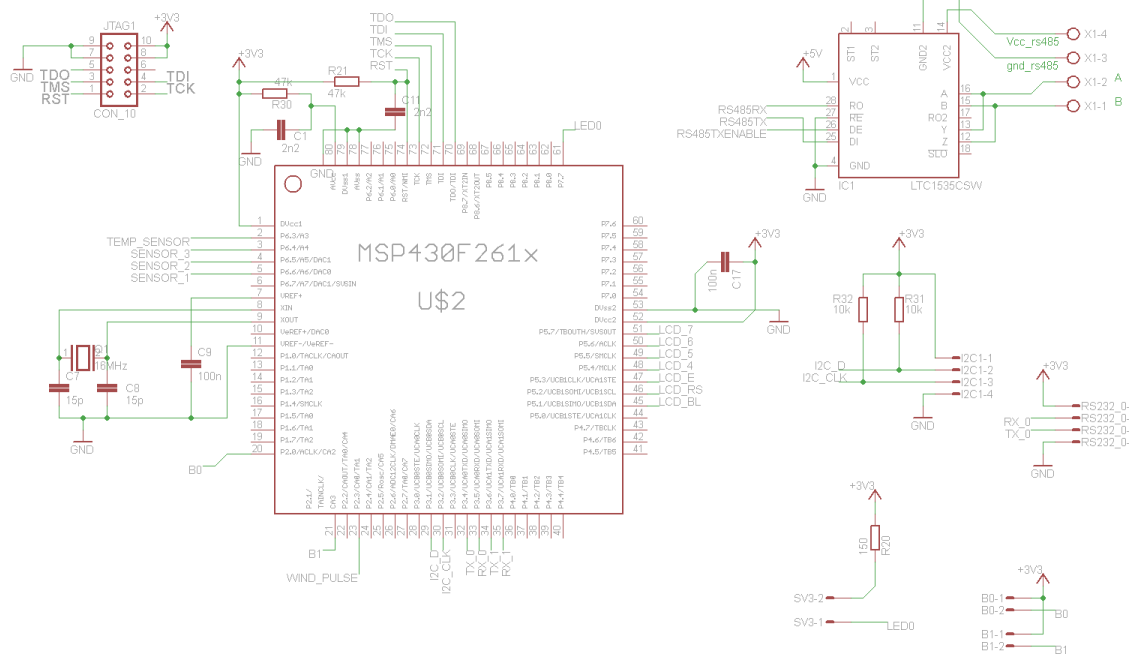
Εικόνα 33 Δομικό διάγραμμα συσκευής outSensor

την σύνδεση των αισθητήρων που χρειάζονται καθώς και για την σύνδεση με το δίκτυο. Στην καρδιά της συσκευής υπάρχει όπως και σε όλες τις συσκευές του συστήματος ένας μικροελεγκτής της Texas instruments για τον οποίο είπαμε δύο λόγια σε παραπάνω κεφάλαιο.

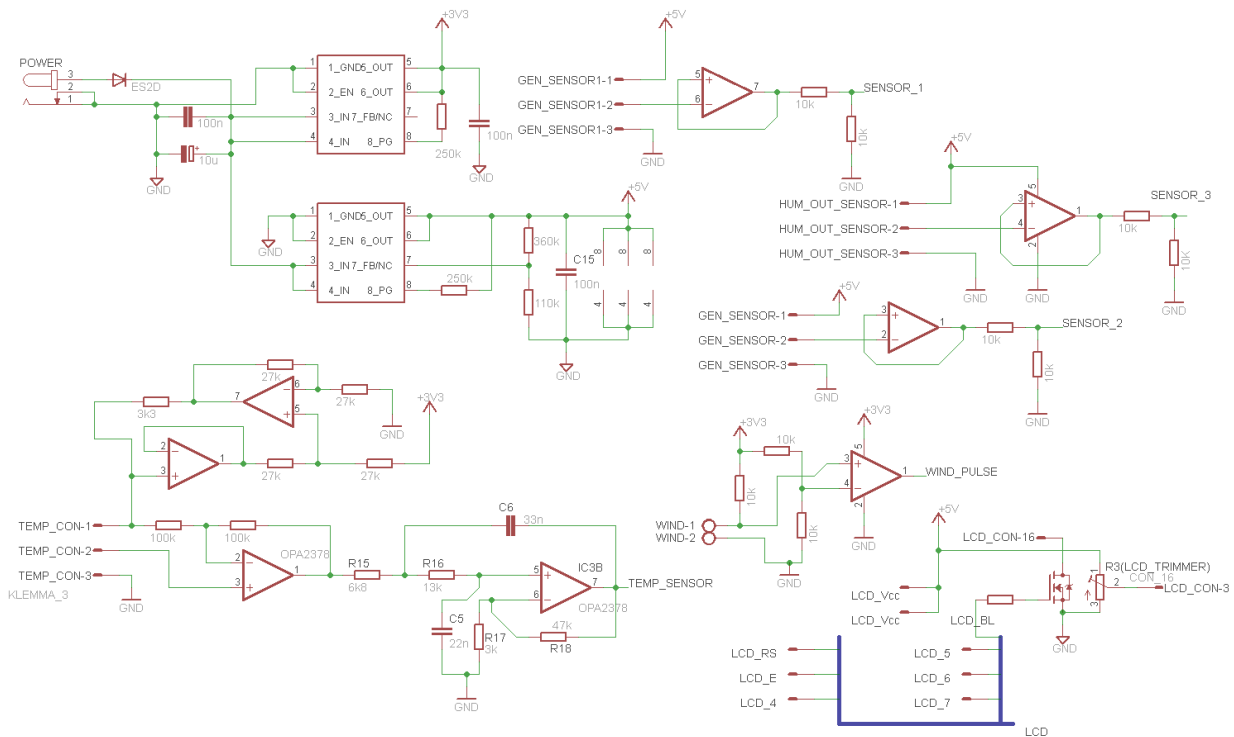
Οι δύο συσκευές Sensor και outSensor είναι ίδιες μεταξύ τους με κύρια διαφορά τους την διαφορά στο μέρος όπου θα συνδεθούν. Μιας και η συσκευή outSensor είναι εξωτερικού χώρου, το κουτί μέσα στο οποίο περιέχεται το ηλεκτρονικό μέρος της συσκευής θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να προστατεύει κατάλληλα από τις συνθήκες που θα επικρατούν (όπως βροχή, υγρασία, θερμοκρασία, άνεμος ή και κερανοί).

Το κύκλωμα

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα της συσκευής outSensor. Το κύκλωμα αυτό είναι παρόμοιο με αυτό της συσκευής Sensor με τη διαφορά πως σε αυτή τη συσκευή συνδέεται και ένας αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας ανέμου και στο κύκλωμα υπάρχει το απαραίτητο κύκλωμα για την σωστή σύνδεση αυτού. Στην **Error! Reference source not found.** φαίνεται ο μικροελεγκτής msp430f2619 της Texas instruments μαζί με το ολοκληρωμένο-μετατροπέα UART σε RS485 που απαιτείται για την σύνδεση της συσκευής στο δίκτυο. Διακρίνονται επίσης οι συνδέσεις του μικροελεγκτή με το κύκλωμα, η υποδοχή για την σύνδεση με το προγραμματιστή για τον επαναπρογραμματισμό της συσκευής αν απαιτηθεί, οι συνδέσεις μέσω σειριακής επικοινωνίας και I²C για περαιτέρω ανάπτυξη της πλακέτας καθώς και ο κρύσταλλος 16MHz που απαιτείται για το ρολόι χρονισμού στο εσωτερικό του μικροελεγκτή.



Εικόνα 34 Ηλεκτρονικό κύκλωμα συσκευής outSensor 1/2



Εικόνα 35 Ηλεκτρονικό κύκλωμα συσκευής outSensor 2/2

Ο αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας ανέμου συνδέεται σαν ένας απλός διακόπτης στο μικροελεγκτή. Η σύνδεση του στο μικροελεγκτή απαιτεί μια αντίσταση pull-up με σκοπό να κρατάει σταθερή την τάση στα άκρα του απομονωτή και να αποφευχθεί η πιθανότητα λανθασμένου σήματος στην είσοδο του μικροελεγκτή, όσο ο διακόπτης του αισθητήρα δεν είναι πατημένος. Ο απομονωτής βρίσκεται στο κύκλωμα για ασφάλεια σε περίπτωση λάθους κατά την σύνδεση του

αισθητήρα με την συσκευή, έτσι ώστε να μη καταστραφεί ο μικροελεγκτής της συσκευής. Ακόμα στο κύκλωμα υπάρχει το κύκλωμα τροφοδοσίας που απαιτείται για την σωστή λειτουργία της συσκευής παρέχοντας τάσεις 3.3, 5 και 12Volt, τα απαραίτητα κυκλώματα για την σύνδεση μελλοντικών αισθητήρων, για τον αισθητήρα θερμοκρασίας καθώς και υγρασίας. Ακόμα υπάρχει και το κύκλωμα που απαιτείται για την σύνδεση με την οθόνη LCD την οποία και υποστηρίζει η συσκευή.

Περισσότερες πληροφορίες για το κύκλωμα υπάρχουν στο κεφάλαιο για το κύκλωμα της συσκευής Sensor που είναι όπως ήδη αναφέραμε ίδιο με αυτό τις συσκευής outSensor.

Το πρόγραμμα της συσκευής (Firmware)

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η συσκευή outSensor ταυτίζεται με την άλλη συσκευή του συστήματος (Sensor) με τη μόνη διαφορά πως η συσκευή που μελετάμε εδώ υποστηρίζει και αισθητήρα μέτρησης ταχύτητας ανέμου. Αν εξαιρεθεί ο αισθητήρας αυτός το πρόγραμμα, όπως και όλη η συσκευή, είναι ίδιο με αυτό της Sensor. Όπως λοιπόν αναφέραμε και παραπάνω, κατά την ενεργοποίηση της συσκευής ο μικροελεγκτής ρυθμίζει τα επιμέρους υποσυστήματα που τον αποτελούν και χρησιμοποιούνται. Αυτά είναι το σύστημα σειριακής επικοινωνίας UART που χρειάζεται για τη σύνδεση της συσκευής με το δίκτυο, ο χρονιστής για την μέτρηση σωστών χρονικών διαστημάτων για την νέα μέτρηση από τους αισθητήρες, το υποσύστημα ADC για να είναι εφικτή η μέτρηση, η αρχικοποίηση της οθόνης LCD που είναι συνδεδεμένη στη συσκευή καθώς και στο ποδαράκι στο οποίο είναι συνδεδεμένο το Led ελέγχου της συσκευής.

Στον κύριο βρόγχο του προγράμματος η συσκευή outSensor δεν έχει διαφορά από την συσκευή Sensor. Εμφανίζει τις νέες πληροφορίες στην οθόνη όταν έρθει “σήμα” από το interrupt του χρονιστή, και ελέγχει το πακέτο που έφτασε όταν ειδοποιηθεί από το Interrupt της σειριακής επικοινωνίας UART για την ολοκλήρωση λήψης του πακέτου.

Για να μπορεί να υπολογισθεί η μέτρηση του ανέμου απαιτείται ένας δεύτερος χρονιστής, για να μετράει το χρονικό διάστημα που απαιτείται για μια περιστροφή του οργάνου μέτρησης. Ο χρονιστής αυτός περιέχεται στο εσωτερικό του μικροελεγκτή. Η αρχική του ρύθμιση γίνεται στην αρχή της λειτουργίας της συσκευής, όμως όπως θα εξηγηθεί παρακάτω η εκκίνηση και ο έλεγχος του χρονιστή γίνεται μέσω των εντολών που απαιτούνται για την μέτρηση της ταχύτητας. Η σύνδεση του κυκλώματος που υποστηρίζει το αισθητήριο της ταχύτητας γίνεται σε ακροδέκτη του μικροελεγκτή που υποστηρίζει Interrupt. Πετυχαίνουμε έτσι την άμεση μέτρηση του χρόνου που απαιτήθηκε για την περιστροφή.

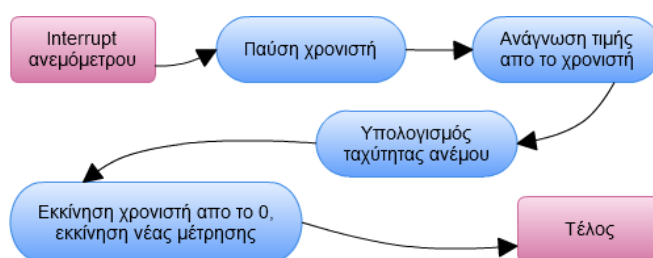
Τα Interrupt που απαιτούνται για την λειτουργία της συσκευής είναι ίδια με αυτά της συσκευής Sensor εκτός από το interrupt που απαιτείται για τον μετρητή της ταχύτητας του ανέμου.

Interrupt μέτρησης ανέμου

Ο επεξεργαστής εκτελεί τις εντολές που περιέχονται σε αυτό το τμήμα του προγράμματος κάθε φορά που το όργανο μέτρησης ολοκληρώνει μια περιστροφή (σε κάθε ολοκλήρωση μιας περιόδου). Η πρώτη εντολή που εκτελείται στο τμήμα αυτό είναι η εντολή παύσης του υπεύθυνου για την μέτρηση της περιόδου χρονιστή. Αμέσως μετά διαβάζεται η τιμή που κατέγραψε ο χρονιστής και υπολογίζεται η ταχύτητα του ανέμου. Γνωρίζοντας από πριν την διάμετρο του οργάνου μέτρησης, και το χρόνο μιας περιόδου (από το χρονιστή του συστήματος) η ταχύτητα του ανέμου είναι:

$$U_{\text{ανέμου}} = \frac{3.14 * \text{Διάμετρος}(m)}{\text{Περίοδος}(sec)} \frac{m}{s}$$

Αφού γίνει η παραπάνω πράξη αποθηκεύεται για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το πρόγραμμα (να αποσταλεί μέσω δικτύου αν ζητηθεί, ή σε άλλα τμήματα του προγράμματος σε άλλες εκδόσεις). Αμέσως μετά την αποθήκευση της τιμής ο υπεύθυνος χρονιστής ξεκινά



Εικόνα 36 Διάγραμμα ροής interrupt ανεμόμετρου

και πάλι την μέτρηση από το μηδέν. Για την βελτίωση του προγράμματος θα μπορούσε ο υπολογισμός της ταχύτητας του ανέμου να γίνεται όταν ζητηθεί η ταχύτητα και όχι μέσα στο interrupt, δίνοντας έτσι γρηγορότερη απόκριση του μικροελεγκτή στα interrupt.

Οι εντολές που μπορεί να δεχτεί

Η συσκευή outSensor (όπως και η Sensor) του συστήματος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα αλλά μπορεί και να χρησιμοποιηθεί μέσω του δικτύου του συστήματος προς τον κεντρικό επεξεργαστή. Για την σωστή λειτουργία της υποστηρίζει εντολές στις οποίες έχει προγραμματιστεί να αποκρίνεται. Οι εντολές, όπως και όλο το πρόγραμμα του μικροελεγκτή, μπορούν να τροποποιηθούν, να αφαιρεθούν οι να προστεθούν νέες. Οι εντολές αυτές είναι:

Ping

Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο αν αυτή η συσκευή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο και η ζεύξη είναι εφικτή. Η εντολή αυτή έχει αποστολέα το κεντρικό υπολογιστή του συστήματος. Η συσκευή αυτή απαντά με μια προκαθορισμένη λέξη για να δείξει ότι η εντολή λήφθηκε σωστά.

Led,on

Αυτή η εντολή όπως και οι δύο επόμενες, σχετίζεται με το led που υπάρχει στην συσκευή. Στην κανονική λειτουργία του συστήματος οι εντολές αυτές δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία, μπορούν

όμως να χρησιμοποιηθούν κατά την ρύθμιση του συστήματος.

Η εντολή αυτή ενεργοποιεί το led της συσκευής, και επιστρέφει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης σχετικό με την εξέλιξη της.

Led,off

Οι εντολή αυτή απενεργοποιεί το led. Επιστρέφει μήνυμα επιβεβαίωσης στη συσκευή που έδωσε την εντολή, για την εκτέλεση της εντολής.

Led,status

Η κατάσταση του led επιστρέφεται στον αποστολέα της εντολής.

Thermo,status

Επιστρέφει την θερμοκρασία που κατέγραψε ο αισθητήρα θερμοκρασίας Pt100.

Humidity,status

Επιστρέφει το ποσοστό σχετικής υγρασίας που κατέγραψε ο αισθητήρας υγρασίας HM1500

General1,status

Επιστρέφει την τιμή που καταγράφηκε από την πρώτη υποδοχή γενικής σύνδεσης στην συσκευή Sensor.

General2,status

Επιστρέφει την τιμή που καταγράφηκε από την δεύτερη υποδοχή γενικής σύνδεσης στην συσκευή Sensor.

airspeed,status

Επιστρέφει την ταχύτητα του ανέμου σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s).

Το δίκτυο επικοινωνίας

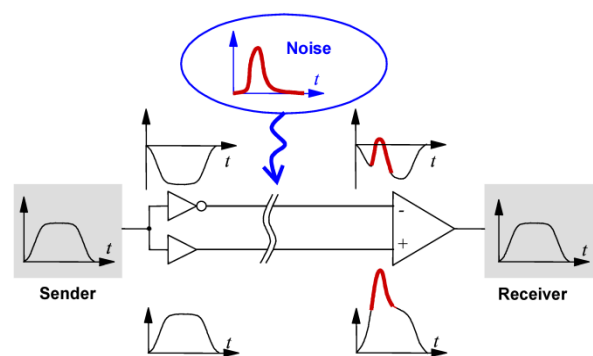
Ένα από τα πιο βασικά τμήματα του συστήματος που αναλύουμε είναι το τμήμα της επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών που το αποτελούν. Το τμήμα της δικτύωσης είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία του κεντρικού υπολογιστή (τμήμα επεξεργασίας) με τις υπόλοιπες συσκευές που συνθέτουν το σύστημα, είτε αυτές περιέχουν εισόδους (αισθητήρες) είτε περιέχουν εξόδους (διακόπτες, συστήματα ελέγχου θέσης). Η τοποθέτηση του θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφευχθούν οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στον βαθμό που αυτό είναι εφικτό.

Ηλεκτρομαγνητική διαταραχή είναι μια διαταραχή που επηρεάζει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Οφείλεται είτε στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή είτε από μια ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή από εξωτερική πηγή (συνήθως ηλεκτρονικό κύκλωμα). Η διαταραχή αυτή μπορεί να διακόπτει ή να υποβαθμίζει την απόδοση του κυκλώματος.

Θα πρέπει να τονιστεί πως υψηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής εμφανίζονται σε χώρους γύρω από κινητήρες, γεννήτριες, πηνία και οτιδήποτε άλλο παρουσιάζει ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Η συσκευή control του συστήματος ελέγχει κινητήρες (χρειάζονται για την μετακίνηση στα συστήματα ελέγχου θέσης) άρα η ίδια η συσκευή καθώς και το καλώδιο της δικτύωσης θα έχουν υψηλό επίπεδο ατρωσίας. Η θέση των συσκευών control, καθώς και των υπόλοιπων συσκευών, όπως και του καλωδίου δικτύωσης θα πρέπει να γίνει με προσοχή, αποφεύγοντας όσο αυτό είναι εφικτό τις διαταραχές αυτές.

Εκτός από την προσεκτική τοποθέτηση των συσκευών αλλά και του καλωδίου της δικτύωσης, το δίκτυο υποστηρίζεται από διάφορες τεχνικές για την μεταφορά των δεδομένων αποφεύγοντας όσο γίνεται τις διαταραχές αυτές. Η πιο βασική τεχνική που χρησιμοποιείται είναι η διαφορική σηματοδότηση. Διαφορική σηματοδότηση είναι μια μέθοδος για την ηλεκτρική μετάδοση πληροφοριών μέσω δύο συμπληρωματικών σημάτων που αποστέλλονται από ένα ζεύγος καλωδίου που ονομάζεται διαφορικό ζεύγος.

Δεδομένου ότι εξωτερικές παρεμβολές τείνουν να επηρεάζουν και τα δύο καλώδια μαζί, και οι πληροφορίες αποστέλλονται μόνο από τη διαφορά μεταξύ των καλωδίων, η τεχνική βελτιώνει την αντοχή σε ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο σε σύγκριση με τη χρήση μόνο ενός καλωδίου χωρίς ζεύγος αναφοράς.



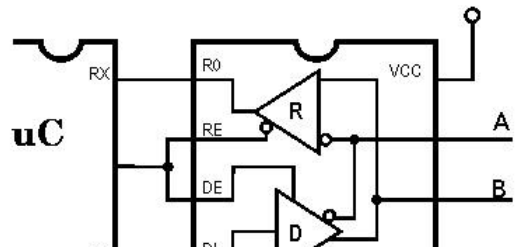
Εικόνα 37 Διαφορική μετάδοση σήματος

Ένα από τα πρότυπα δικτύωσης που χρησιμοποιούν την τεχνική της διαφορικής σηματοδότησης είναι το πρότυπο RS485 που

χρησιμοποιείται σε αυτό το σύστημα. Άλλα πρότυπα που χρησιμοποιούν αυτή την τεχνική είναι: Ethernet over twisted pair, PCI express, HDMI και USB.

Η μετατροπή από σειριακά δεδομένα σε rs485

Οι μικροελεγκτές της Texas instruments που χρησιμοποιούνται στο σύστημα δεν υποστηρίζουν το πρωτόκολλο RS485. Για την υποστήριξη του δικτύου από τις συσκευές τοποθετείται ένας μετατροπέας UART σε RS485. Η συνδεσμολογία είναι απλή όπως φαίνεται στην εικόνα. Απαιτούνται μόνο 3 σήματα, αυτά της αποστολής δεδομένων, της λήψης δεδομένων και ένα τρίτο για την επιλογή αποστολής ή λήψης των δεδομένων.



Εικόνα 38 Μετατροπέας UART σε RS485



Λίγα λόγια για το πρότυπο RS485

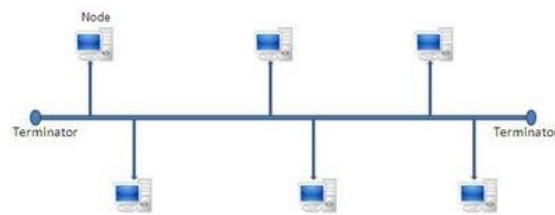
Αυτό το πρότυπο είναι ένας καθορισμός ηλεκτρικών σημάτων του φυσικού επιπέδου του μοντέλου OSI (Open Systems Interconnection) με δύο αγωγούς, που επιτυγχάνουν μονόδρομη (half-duplex), πολλαπλών σημείων (multi-point) σειριακή διασύνδεση. Η πολλαπλών σημείων διασύνδεση σημαίνει ότι πολλαπλοί πομποί μπορούν να συνδεθούν σε πολλαπλούς δέκτες. Όπως και το RS422, το πρότυπο RS485 χρησιμοποιεί διαφορική σηματοδότηση, δηλαδή η διαφορά των τάσεων στα δύο καλώδια είναι αυτή που μεταφέρει τα δεδομένα. Τα λογικά επίπεδα ξεχωρίζονται με σήματα μεταξύ -7 Volt και $+12$ Volt, η μία πολικότητα αναπαριστά το ένα λογικό επίπεδο και η άλλη πολικότητα το δεύτερο λογικό επίπεδο. Στην ουσία, το πρότυπο αυτό το μόνο που κάνει είναι να καθορίζει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του πομπού (driver) και του δέκτη (receiver). Δεν καθορίζει η συνιστά κάποιο πρωτόκολλο δεδομένων. Η διασύνδεση RS485 επιτρέπει τον σχηματισμό φθηνών τοπικών δικτύων και συνδέσεων πολλαπλών σημείων. Προσφέρει υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (35Mbit/s για μέχρι 10m και 100Kbit/s για έως 1200m). Σε αντίθεση με το RS422, οι συσκευές που συνδέονται με RS485 πρέπει να τοποθετούνται σε λειτουργία μετάδοσης, στέλνοντας ένα ειδικό σήμα στη συσκευή. Αυτό επιτρέπει στο RS485 να υλοποιεί γραμμικές τοπολογίες χρησιμοποιώντας μόνο 2 καλώδια. Οι προτεινόμενες τοπολογίες είναι ως μία διασυνδεδεμένη σειρά point-to-point κόμβων ή bus τοπολογία και όχι τοπολογίες αστέρα ή δακτυλίου. Η χρήση αυτού του προτύπου απαιτεί την χρήση αντιστάσεων τερματισμού μεταξύ των δύο καλωδίων προκειμένου να μην υπάρξει απώλεια δεδομένων. Οι αντιστάσεις αυτές, επίσης, μειώνουν την ευαισθησία στο θόρυβο. Το RS485 μπορεί να γίνει αμφίδρομης επικοινωνίας χρησιμοποιώντας 4 καλώδια. Παρόλα αυτά, αφού είναι διασύνδεση πολλαπλών σημείων, αυτό δεν είναι απαραίτητο. Το ότι είναι πολύ ανθεκτικό σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και γενικά σε θόρυβο, εξαιτίας της διαφορικής σηματοδότησης που χρησιμοποιεί, το κάνει ιδανικό για χρήση σε

βιομηχανικούς χώρους. (RS485, 2013)

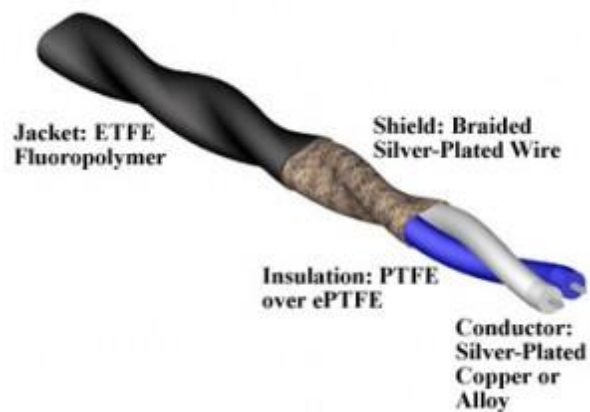
Στο σύστημα που σχεδιάζεται χρησιμοποιείται η συνδεσμολογία bus. Κάθε κόμβος-συσκευή είναι συνδεδεμένη στο βασικό δίαυλο του δικτύου συμπεριλαμβανομένου και του κεντρικού υπολογιστή.

Ο κεντρικός δίαυλος δεν είναι άλλο από ένα καλώδιο με ένα συνεστραμμένο ζεύγος αγωγών με κάποιου είδους μόνωσης από το θόρυβο (χρυσόχαρτο συνδεδεμένο στη γείωση του συστήματος).

Στο σύστημα υπάρχει ένας κεντρικός κόμβος που επεξεργάζεται και γενικότερα ελέγχει τις εισόδους και εξόδους του συστήματος άρα και την δικτύωση του συστήματος. Κατά την λειτουργία του συστήματος ο κεντρικός υπολογιστής ζητά τις πληροφορίες από την συσκευή που θέλει και περιμένει την απάντηση από αυτήν. Μέχρι η συσκευή να απαντήσει ή ο υπολογιστής ζητήσει κάποια πληροφορία από τις συνδεδεμένες συσκευές το δίκτυο μένει κενό. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως το δίκτυο του συστήματος μπορεί να είναι half-duplex. Με την μετάδοση Half-duplex τα δεδομένα μπορούν να μεταδίδονται και στις δύο κατευθύνσεις σε ένα δίαυλο, αλλά όχι την ίδια στιγμή. Μπορεί βέβαια να χρησιμοποιηθεί και μετάδοση full-duplex αλλά δεν θα είναι συνετό, γιατί αυτό θα ανεβάσει το κόστος εγκατάστασης (διπλάσιο μήκος καλωδίου και διπλάσιες συνδέσεις) χωρίς να υπάρξει κάποια βελτίωση στη ποιότητα ή στη ταχύτητα του δικτύου.



Εικόνα 39 Συνδεσμολογία bus



Εικόνα 40 Καλώδιο για χρήση με το πρότυπο RS485

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας

Για να μπορεί μια συσκευή να επικοινωνήσει με τις υπόλοιπες ή στην περίπτωση του συστήματος που εξετάζουμε, ο κεντρικός υπολογιστής με τις υπόλοιπες συσκευές που απαρτίζουν το σύστημα, θα πρέπει να οριστεί ένα πρωτόκολλο (ένα σύνολο κανόνων) που θα ορίζει το τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων. Ένα μέρος αυτών των κανόνων έχει εξηγηθεί παραπάνω με τη χρήση του RS485 για την ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ των συσκευών που απαρτίζουν το σύστημα. Οι υπόλοιποι κανόνες εξηγούν την ονοματοδοσία κάθε συσκευής, τον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων από συσκευή σε συσκευή καθώς και το βασικό σχήμα μετάδοσης κάθε πακέτου εντός

του δικτύου.

Με το πρότυπο RS485 καθορίστηκε ο τρόπος ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ των συσκευών. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται σειριακά χωρίς σήμα χρονισμού. Για την σειριακή αυτή μετατροπή χρησιμοποιείται το υποσύστημα UART του μικροελεγκτή. Το υποσύστημα αυτό για να λειτουργήσει σωστά χρειάζεται κάποιες πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές είναι η ταχύτητα μετάδοσης (σε bit/sec), μέγεθος χαρακτήρα (character length), bit ισοτιμίας (parity), και αριθμός bit τερματισμού (stop bit). Η ταχύτητα η οποία επιλέχθηκε είναι $9600 bit/sec$ που όμως μπορεί εύκολα να αναβαθμιστεί σε μεγαλύτερες ταχύτητες αν αυτό απαιτείται. Σύμφωνα με το πρότυπο RS485, αν αυξηθεί το μήκος του διαύλου θα πρέπει να μειωθεί η ταχύτητα μεταφοράς. Με την ταχύτητα αυτή η μετάδοση δεν θα έχει προβλήματα τέτοιου είδους. Επειδή οι επεξεργαστές σε κάθε συσκευή (εκτός αυτής του κεντρικού επεξεργαστή) είναι 8bit, τόσο επιλέχθηκε να είναι και το μέγεθος χαρακτήρα. Με κάθε αποστολή ενός χαρακτήρα αποστέλλεται και πλήθος από bit για να ενημερώνει το δέκτη πως ολοκληρώθηκε η μεταφορά ενός χαρακτήρα. Το bit ισοτιμίας παρέχεται για να βοηθήσει το δέκτη να καταλάβει αν ο χαρακτήρας αυτός στάλθηκε σωστά και δεν υπήρξαν λάθη κατά την αποστολή, μεταφορά και παραλαβή του. Επειδή θα υπάρχει έλεγχος κατά την παραλαβή ολόκληρου του πακέτου (ένα πακέτο αποτελείται από πολλούς χαρακτήρες) δεν χρειάζεται bit ισοτιμίας. Συγκεντρωτικά η σειρά και το πλήθος bit που χρειάζονται για την αποστολή ενός χαρακτήρα είναι:

	Πλήθος bit	
Start bit	1	Ενημερώνει το δέκτη για νέα αποστολή χαρακτήρα
Data	8	Ο χαρακτήρας ASCII προς αποστολή με μήκος 8bit.
Stop bit	1	Ενημερώνει το δέκτη για το τέλος της μετάδοσης χαρακτήρα.

Κάθε συσκευή στο δίκτυο θα πρέπει να έχει ένα μοναδικό όνομα για να είναι ανιχνεύσιμη από τις άλλες συσκευές (όπως η διεύθυνση IP στα δίκτυα υπολογιστών). Το όνομα αυτό δίνεται κατά την διάρκεια προγραμματισμού της συσκευής. Ο κατασκευαστής του δικτύου θα πρέπει να ελέγχει έτσι ώστε το όνομα να είναι μοναδικό για κάθε συσκευή. Αν για κάποιο λόγο απαιτηθεί αλλαγή ονόματος τότε η συσκευή θα πρέπει να αναπρογραμματιστεί με το καινούργιο όνομα που απαιτείται. Το όνομα της συσκευής περιγράφεται από 2 πεδία από τα οποία το ένα δείχνει το τύπο της συσκευής ενώ το δεύτερο δείχνει τον αύξων αριθμό της συσκευής.

Το πρώτο πεδίο, που υποδεικνύει τον τύπο της συσκευής, ορίζει τον τύπο σύμφωνα με τον εξής πίνακα.

Κωδικός στο όνομα του πεδίου	Τύπος της συσκευής
`C`	Συσκευή Control

`S`	Συσκευή Sensor
`OS`	Συσκευή OutSensor
`PC`	Κεντρικός υπολογιστής (τμήμα επεξεργασίας)

Αμέσως μετά το πρώτο πεδίο και χωρίς κενά ανάμεσα, υπάρχει το δεύτερο πεδίο ένας αύξων αριθμός δηλαδή. Όπως είπαμε αυτός ο αριθμός θα πρέπει να είναι μοναδικός για αυτή την κατηγορία συσκευών. Αν δεν υπάρχει κάποιος άλλος λόγος οι αριθμοί των συσκευών ανά κατηγορία δε πρέπει να αφήνουν κενά μεταξύ τους δηλαδή οι συσκευές Control θα έχουν ονόματα "C1", "C2", "C3" και όχι "C1", "C3", "C4". Αυτό δίνει δυνατότητα στο προγραμματιστή που θα αναλάβει το κεντρικό τμήμα επεξεργασίας να υλοποιήσει μια ρουτίνα αναζήτησης συνδεδεμένων συσκευών στο δίκτυο.

Δομή του πακέτου

Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών, από τον κεντρικό υπολογιστή σε κάθε συσκευή, στηρίζεται στη μετάδοση πακέτων αποτελούμενα από το πολύ 512 χαρακτήρες με 8bit ο καθένας. Κάθε συσκευή που θέλει να στείλει ένα μήνυμα ετοιμάζει το πακέτο και μόλις είναι έτοιμο το στέλνει. Το πακέτο έχει συγκεκριμένη δομή και μέσα σε αυτήν περιέχεται ο αποστολέας του μηνύματος, ο παραλήπτης, το μήνυμα προς μετάδοση και πληροφορίες για χρήση από τον παραλήπτη για τον έλεγχο της ορθότητας του μηνύματος. Οι χαρακτήρες που περιέχει το πακέτο είναι αλφαριθμητικοί χαρακτήρες (απλό κείμενο) και όχι δυαδικά ψηφία. Κάθε πακέτο ξεκινά με ένα χαρακτήρα εκκίνησης `#` και τελειώνει με το χαρακτήρα τερματισμού `\$`. Ανάμεσα σε αυτούς τους δύο χαρακτήρες υπάρχουν πεδία χωρισμένα με κόμμα (`,`). Τα πεδία δεν έχουν συγκεκριμένο αριθμό, ο αποστολέας δημιουργεί τόσα πεδία όσα χρειάζονται για το μήνυμα που θέλει να στείλει. Σε αυτά τα πεδία περιέχονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες αποστολής, λήψης και το μήνυμα. Πιο αναλυτικά:

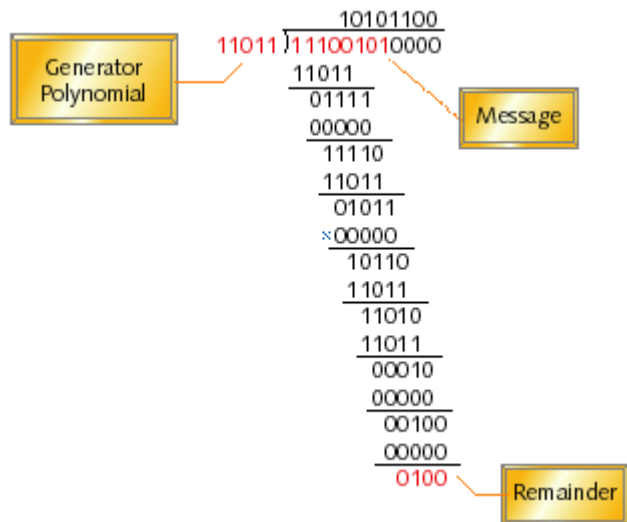
- Στο πρώτο πεδίο περιέχεται το μοναδικό όνομα του αποστολέα.
- Στο δεύτερο το μοναδικό όνομα του παραλήπτη.
- Στο τρίτο πεδίο υπάρχει το μήνυμα. Θα πρέπει να τονιστεί πως το κείμενο για κάθε εντολή μπορεί να περιέχει `,`, σε αυτή την περίπτωση δημιουργούνται πρόσθετα πεδία στο πακέτο χωρίς αυτό να παρεμβαίνει τους κανόνες του πρωτοκόλλου.

Μόλις τοποθετηθεί το μήνυμα στο πακέτο τοποθετείται σε αυτό και ο χαρακτήρας τερματισμού (`\$`). Ακολουθεί ακόμα ένας χαρακτήρας όχι απαραίτητα αλφαριθμητικός αλλά σίγουρα 8bit που περιέχει ένα κωδικό CRC (κυκλικός έλεγχος πλεονασμού) για να επιτρέψει στο παραλήπτη του μηνύματος να ελέγξει την εγκυρότητα του πακέτου.

Λίγα λόγια για τον κυκλικό έλεγχο πλεονασμού (CRC)

CRC (Cyclic Redundancy Check) είναι μια τεχνική ανίχνευσης σφαλμάτων που χρησιμοποιείται ευρέως στα σημερινά δίκτυα υπολογιστών. Οι κώδικες CRC λειτουργούν ως εξής:

Θεωρήστε το τμήμα δεδομένων d -bit, D , που θέλει να στείλει ο κόμβος αποστολής στο κόμβο λήψης. Ο αποστολέας και ο παραλήπτης θα πρέπει να έχουν συμφωνήσει σε ένα μοτίβο bit $r+1$, γνωστό ως γεννήτρια το οποίο στο παράδειγμα θα συμβολιστεί ως G . Για ένα δοσμένο τμήμα δεδομένων, ο αποστολέας θα πρέπει να επιλέξει r πρόσθετα bit, τα οποία και θα προσθέσει στο τέλος του μηνύματος έτσι ώστε η προκύπτουσα δυαδική παράσταση με $d+r$ bit να διαιρείται ακριβώς με το G χρησιμοποιώντας αριθμητική modulo 2. Η διαδικασία ελέγχου σφάλματος με το CRC είναι απλή. Ο παραλήπτης διαιρεί τα



Εικόνα 41 Ένα δείγμα υπολογισμού CRC

λαμβάνόμενα $d+r$ bit διά G , αν το υπόλοιπο δεν είναι μηδέν, ο παραλήπτης γνωρίζει ότι

συνέβη σφάλμα κατά την μεταφορά των δεδομένων. Αν το υπόλοιπο είναι μηδέν τότε τα δεδομένα γίνονται αποδεκτά, ως σωστά. (Kurose & Ross, 2008)

Στο δίκτυο του συστήματος χρησιμοποιείται αλγόριθμος CRC με 7+1bit. Ο έλεγχος γίνεται για κάθε χαρακτήρα (που έχει μέγεθος 1byte=8bits) που υπάρχει στο πακέτο ανάμεσα στο χαρακτήρα αρχής και τέλους χωρίς αυτούς. Μετά τον υπολογισμό του CRC τα πρόσθετα bits που προέκυψαν από το CRC προστίθεται στο πακέτο, αμέσως μετά το χαρακτήρα τερματισμού, με τη διαφορά πως στο πακέτο προστίθενται και τα 8bits του ελέγχου και όχι τα 7. Σαν γεννήτρια επιλέχθηκε το $x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x^1 + 1$ (δηλαδή η δυαδική ακολουθία 10101111) χωρίς κάποια κριτήρια. Θα πρέπει να τονιστεί πως η παραπάνω γεννήτρια πρέπει να τοποθετηθεί στο πρόγραμμα που θα περαστεί σε κάθε συσκευή πριν το προγραμματισμό αυτής. Οποιαδήποτε αλλαγή της γεννήτριας απαιτεί τον επαναπρογραμματισμό όλων των συσκευών.

Στην περίπτωση που η συσκευή-παραλήπτης μετά τον έλεγχο με CRC βρει σφάλμα κατά την μετάδοση ετοιμάζει και στέλνει σύμφωνα με το πρωτόκολλο που προαναφέραμε νέο πακέτο στο οποίο αναφέρει στον αποστολέα πως το πακέτο δε παρελήφθη σωστά. Είναι στην κρίση της συσκευής- αποστολέα αν ξαναστείλει το μήνυμα ή ακυρώσει την διαδικασία.

Αν το πακέτο με το μήνυμα παραδοθεί σωστά η συσκευή-παραλήπτης απαντάει αν το μήνυμα περιέχει ερώτηση (παράδειγμα για την τιμή της θερμοκρασίας) με την κατάλληλη

απάντηση ή αν είναι εντολή (ενεργοποίηση διακόπτη 1) με κατάλληλη απάντηση ώστε η συσκευή-αποστολέας να γνωρίζει πως η εντολή εκτελέστηκε.

Σε κάθε περίπτωση ο παραλήπτης του πακέτου, υποχρεούται να στείλει νέο πακέτο-απάντηση για να μπορεί ο αποστολέας να ξέρει πως το πακέτο μεταδόθηκε με επιτυχία.

Παρακάτω φαίνονται 3 παραδείγματα μετάδοσης πακέτων.

\$PC1,C1,relay,1,open*(CRC)

PC1	Ο αποστολέας της εντολής. Επειδή το όνομα του ξεκινά με “PC” καταλαβαίνουμε ότι είναι υπολογιστής.
C1	Ο παραλήπτης της εντολής. Από το πρώτο γράμμα(“C”) βλέπουμε πως πρόκειται για συσκευή τύπου C.
Relay	Αναφέρει την κατηγορία της εντολής. Μας δείχνει πως το μήνυμα αναφέρεται στους διακόπτες που υποστηρίζει η συσκευή αυτή.
1	Δείχνει το στοιχείο. Η συσκευή Control περιέχει 13 διακόπτες. Το μήνυμα αναφέρεται στο πρώτο διακόπτη.
Open	Η εντολή που θα εκτελεστεί είναι η open. Η εντολή λέει στην συσκευή C1 να ενεργοποιήσει το διακόπτη με κωδικό 1.
(CRC)	Το checksum για την εγκυρότητα του μηνύματος. Περιέχει ένα byte με τον αριθμό CRC που προέκυψε.

\$C1,PC1,answer,ok*(CRC)

C1	Ο αποστολέας του μηνύματος
PC1	Ο παραλήπτης
answer	Η κατηγορία της εντολής. Η συσκευή C1 απαντάει στο μήνυμα που στάλθηκε από τον υπολογιστή (PC1).
Ok	Αναφέρει στον υπολογιστή πως το μήνυμα παρελήφθη και εκτελέστηκε με επιτυχία.
(CRC)	Το checksum για την εγκυρότητα του μηνύματος. Περιέχει ένα byte με τον αριθμό CRC που προέκυψε.

\$C1,PC1,answer,nope*(CRC)

C1	Ο αποστολέας του μηνύματος
PC1	Ο παραλήπτης
answer	Η κατηγορία της εντολής. Η συσκευή C1 απαντάει στο μήνυμα που στάλθηκε πριν από τον υπολογιστή (PC1).
nope	Αναφέρει στον αποστολέα πως το μήνυμα παρελήφθη αλλά με σφάλματα και δεν έγινε δεκτό.
(CRC)	Το checksum για την εγκυρότητα του μηνύματος. Περιέχει ένα byte με τον αριθμό CRC που προέκυψε.

Ο υπολογιστής

Βασική μονάδα επεξεργασίας, ο κόμβος δηλαδή στον οποίο συλλέγονται όλες οι πληροφορίες από τους διάφορους αισθητήρες και εξάγονται τα αποτελέσματα – εντολές προς τις εξόδους του συστήματος, είναι ο υπολογιστής. Για την επικοινωνία με τους υπόλοιπους κόμβους του συστήματος (τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε αυτό), ο υπολογιστής συνδέεται μέσω του προτύπου RS485 και σύμφωνα με το πρωτόκολλο που περιγράψαμε παραπάνω στο δίκτυο του συστήματος.

Οποιοσδήποτε σύγχρονος υπολογιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία του συστήματος. Χάρης στο πλεονέκτημα της γλώσσας προγραμματισμού Java που επιλέχθηκε για τον προγραμματισμό δεν έχει σημασία το λειτουργικό του υπολογιστή (Windows, Unix, Macintosh). Η χρήση της java επιτρέπει την εγκατάσταση του προγράμματος σε οποιοδήποτε υπολογιστή που πολύ πιθανόν να υπάρχει στο περιβάλλον που θέλουμε να ελέγξουμε. Αν δεν υπάρχει κάποιος υπολογιστής τότε είναι η απαραίτητη η αγορά κάποιου. Το σύστημα κατά την λειτουργία του δεν έχει πολλές απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, άρα το κόστος του υπολογιστή δε χρειάζεται να είναι αυξημένο.

Για την σχεδίαση του συστήματος επιλέχθηκε ένας υπολογιστής μικρού μεγέθους, με πολύ μικρό κόστος αγοράς και εύκολη διασύνδεση με το δίκτυο του συστήματος αλλά και με διάφορα περιφερειακά που χρειάζονται για την διαπαφή με το χρήστη. Ο υπολογιστής που επιλέχθηκε είναι το *Raspberry Pi* της εταιρείας Raspberry Pi Foundation.

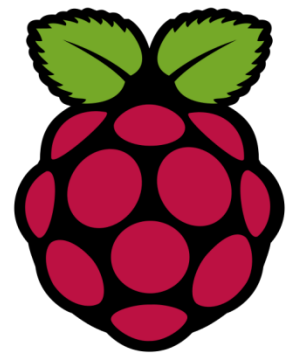
Λίγα λόγια για το Raspberry Pi

Το *Raspberry Pi* είναι ένας προσωπικός υπολογιστής σε μέγεθος προσωπικής κάρτας που σχεδιάστηκε στην Αγγλία από την ίδρυμα Raspberry Pi Foundation με σκοπό την προώθηση της επιστήμης των υπολογιστών στα σχολεία.

Το *Raspberry Pi* υποστηρίζεται από το BCM2835 σύστημα της Broadcom, που περιέχει 700MHz επεξεργαστή (ARM1176JZF-S), κάρτα γραφικών VideoCore 4 και μνήμη Ram χωρητικότητας 512mb.

Στο εσωτερικό του δε περιέχεται κάποιος σκληρός δίσκος ή SSD (Solid state disk) αλλά χρησιμοποιεί κάρτα μνήμης SD για την λειτουργία και για την αποθήκευση δεδομένων. Το ίδρυμα παρέχει δύο εκδόσεις του συγκεκριμένου υπολογιστή η πρώτη έκδοση με μνήμη RAM 256mb και μια δεύτερη με μνήμη RAM 512mb, δύο επιπλέον θύρες usb και υποδοχή για σύνδεση στο τοπικό δίκτυο.

Το ίδρυμα παρέχει διανομές debian και arch linux τροποποιημένες για τον επεξεργαστή του



Εικόνα 42 Raspberry Pi logo

Raspberry Pi (ο τύπος του επεξεργαστή είναι ARM) για κατέβαση και εγκατάσταση. Βέβαια κάθε μέρα δημιουργούνται νέες διανομές όπως το δημοφιλές πλέον android, raspbian, slackware ARM και άλλες παρόμοιες. (Raspberry_Pi, 2013)

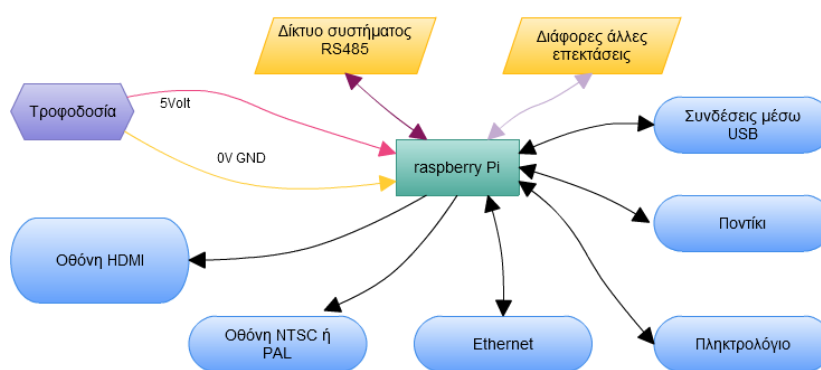


Εικόνα 43 Raspberry Pi

Εκτός από την τιμή του και το μικρό του μέγεθος το raspberry Pi προτιμήθηκε γιατί συνδέεται στην οθόνη (για την εμφάνιση

διάφορων πληροφοριών) μέσω HDMI ή μέσω composite video (PAL ή NTSC). Αυτό επιτρέπει τη μείωση του κόστους του συστήματος και την εξοικονόμηση χώρου στο χρήστη.

Το raspberry Pi όπως και το μεγαλύτερο μέρος των προσωπικών υπολογιστών δεν έχει άμεση σύνδεση σε δίκτυο που υποστηρίζει το πρότυπο RS485. Για την σύνδεση του απαιτείται (όπως και στις υπόλοιπες συσκευές του συστήματος) ένα επιπλέον κύκλωμα (μετατροπέας) που μετατρέπει τη σειριακή επικοινωνία (UART) του raspberry Pi σε RS485. Αν ο υπολογιστής δεν είναι raspberry Pi, αλλά είναι υπολογιστής γραφείου ή laptop ή υπολογιστής κάποιου είδους που όμως έχει θύρα που υποστηρίζει RS232 τότε ο μετατροπέας αυτός θα πρέπει να



Εικόνα 44 Δομικό διάγραμμα σύνδεσης υπολογιστή είναι από RS232 σε RS485.

Το raspberry Pi απαιτεί 5Volt τροφοδοσία και έχει καταναλισκόμενη ισχύ μόλις 2Watt. Μπορεί να συνδεθεί σε τηλεόραση μέσω συστήματος PAL ή NTSC ή ακόμα και με HDMI, επιτρέποντας τη χρήση μιας κοινής τηλεόρασης για την λειτουργία του συστήματος μειώνοντας το κόστος εγκατάστασης. Για το χειρισμό του προγράμματος απαιτείται, όπως και σε όλους τους υπολογιστές, ένα ποντίκι και ένα πληκτρολόγιο (μόνο με υποδοχή Usb) ενώ υπάρχει και η δυνατότητα σύνδεσης του και στο internet μέσω της υποδοχής Ethernet. Η σύνδεση μέσω Ethernet μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντική έκδοση του προγράμματος για απομακρυσμένο έλεγχο του συστήματος.

Το πρόγραμμα του υπολογιστή

Εισαγωγή

Το πρόγραμμα του υπολογιστή είναι γραμμένο σε γλώσσα java. Η *Java* είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού που σχεδιάστηκε από την εταιρεία πληροφορικής *Sun Microsystems* (τόρα ανήκει στην εταιρεία *Oracle Corporation*). Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της *Java* έναντι των περισσότερων άλλων γλωσσών είναι η ανεξαρτησία του λειτουργικού συστήματος. Τα προγράμματα που είναι γραμμένα σε *Java* τρέχουν ακριβώς με τον ίδιο τρόπο σε *Windows*, *Linux*, *Unix* και *Macintosh* χωρίς να χρειαστεί να ξαναγίνει μεταγλώττιση (compiling) ή να αλλάξει ο πηγαίος κώδικας για κάθε διαφορετικό λειτουργικό σύστημα. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται τρόπος έτσι ώστε τα προγράμματα γραμμένα σε *Java* να μπορούν να είναι «κατανοητά» από κάθε υπολογιστή ανεξάρτητα του είδους του επεξεργαστή (*Intel x86*, *IBM*, *Sun SPARC*, *Motorola*) αλλά και του λειτουργικού συστήματος (*Windows*, *Unix*, *Linux*, *BSD*, *MacOS*). Ο λόγος είναι ότι κάθε κεντρική μονάδα επεξεργασίας κατανοεί διαφορετικό κώδικα μηχανής. Ο συμβολικός κώδικας (*assembly*) που μεταφράζεται και εκτελείται σε *Windows* είναι διαφορετικός από αυτόν που μεταφράζεται και εκτελείται σε έναν υπολογιστή *Macintosh*. Η λύση δόθηκε με την ανάπτυξη της *Εικονικής Μηχανής (Virtual Machine)*.

Παρόλο που η εικονική μηχανή έχει πολλά πλεονεκτήματα, η *Java* αρχικά ήταν πιο αργή σε σχέση με άλλες προγραμματιστικές γλώσσες υψηλού επιπέδου (*high-level*) όπως η *C* και η *C++*. Με την καθιέρωση των νέων μεταγλωττιστών *JIT (Just In Time)*, οι οποίοι μετατρέπουν τον κώδικα *byte* απευθείας σε γλώσσα μηχανής, η διαφορά ταχύτητας από τη *C++* έχει μικρύνει κατά πολύ.

Μια σπουδαία δυνατότητα της *java* είναι το πλούσιο σύνολο της προκαθορισμένων κλάσεων που χρησιμοποιούν κατ' επανάληψη οι προγραμματιστές αντί να "ανακαλύπτουν το τροχό από την αρχή". Αυτές οι κλάσεις ομαδοποιούνται σε πακέτα που ονομάζονται συλλογές κλάσεων. Συγκεντρωτικά, τα πακέτα της *Java* αναφέρονται ως η βιβλιοθήκη κλάσεων *java* ή *java Application Programming Interface (java API)*. Οι προγραμματιστές χρησιμοποιούν τις δηλώσεις *import* για να προσδιορίσουν τις προκαθορισμένες κλάσεις που χρησιμοποιούνται σε ένα πρόγραμμα *java*. (*Java*, 2013)



Εικόνα 45 Το λογότυπο της γλώσσας Java.

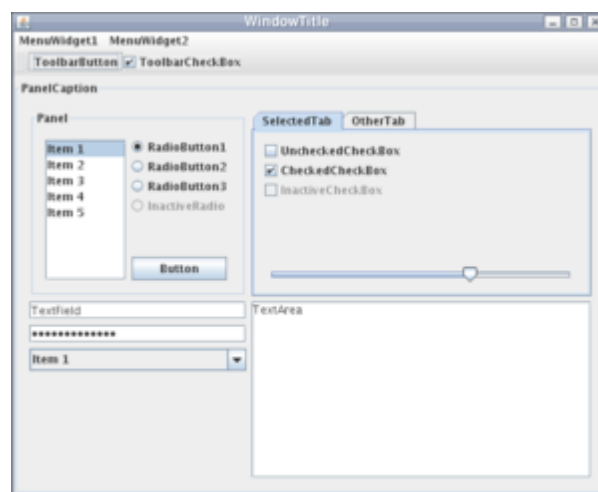
Οι βιβλιοθήκες της Java

Στην βασική της έκδοση η java δεν μπορεί να επικοινωνήσει μέσω σειριακής επικοινωνίας (UART ή rs232). Υπάρχουν όμως πολλές βιβλιοθήκες (API) που μπορούν να υποστηρίξουν αυτή τη λειτουργία. Για το raspberry Pi υπάρχουν οι βιβλιοθήκες Pi4j και RXTx. Η πρώτη είναι σχεδιασμένη ειδικά για το raspberry Pi ενώ η δεύτερη σχεδιάστηκε για να δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επικοινωνεί μέσω σειριακού αλλά και άλλων πρωτόκολλων (I²C, SPI) σε οποιοδήποτε υπολογιστή, αρκεί βέβαια ο υπολογιστής να υποστηρίζει το πρότυπο αυτό (RXTX wiki, 2011). Για την σχεδίαση του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε η RXTx για να υπάρχει η ευχέρεια να τοποθετηθεί το πρόγραμμα σε οποιοδήποτε τύπο υπολογιστή.



Εικόνα 46 RXTx logo

Μια άλλη βιβλιοθήκη που χρειάζεται το πρόγραμμα αλλά δεν παρέχει στη βασική της έκδοση η γλώσσα java είναι η βιβλιοθήκη των γραφικών. Χωρίς αυτή το πρόγραμμα δε θα μπορεί να έχει γραφικό περιβάλλον, όλες οι πληροφορίες θα εμφανίζονται σε γραμμή εντολών, και ο χρήστης θα πρέπει να πληκτρολογεί τις εντολές προς το σύστημα. Για τα γραφικά στοιχεία που απαιτούνται επιλέχθηκε η βιβλιοθήκη Swing η οποία υπάρχει στην βασική εγκατάσταση της java παρ όλα αυτά θέλει ενεργοποίηση για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο προγραμματισμό.



Εικόνα 47 Παράδειγμα χρήσης Swing API

Η δομή του προγράμματος

Στα παραπάνω κεφάλαια αναφέραμε πως κάθε συσκευή του συστήματος έχει ένα μοναδικό όνομα στο δίκτυο. Παρόλα αυτά το όνομα αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το πρόγραμμα παρά μόνο στην επικοινωνία μέσω του δικτύου. Δε θα ήταν συνετό να εμφανιζόταν στο γραφικό περιβάλλον ένα τέτοιο όνομα, μιας και δε μπορεί να βοηθήσει το χρήστη στο να καταλάβει σε ποια συσκευή αναφέρεται το πρόγραμμα. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται ένα αρχείο xml μέσα στο οποίο αποθηκεύονται οι αντιστοιχίες των συσκευών. Στο ίδιο αρχείο αυτό αποθηκεύονται πληροφορίες αναγκαίες για την σύνδεση του προγράμματος-υπολογιστή στο δίκτυο (θύρα επικοινωνίας με το δίκτυο, όνομα υπολογιστή για την σύνδεση). Αποθηκεύονται ακόμα πληροφορίες σχετικές με το πλήθος και το είδος των συσκευών για να έχει την δυνατότητα το πρόγραμμα να ελέγξει για τη σωστή σύνδεση όλων των συσκευών. Υπάρχει επιπλέον η δυνατότητα

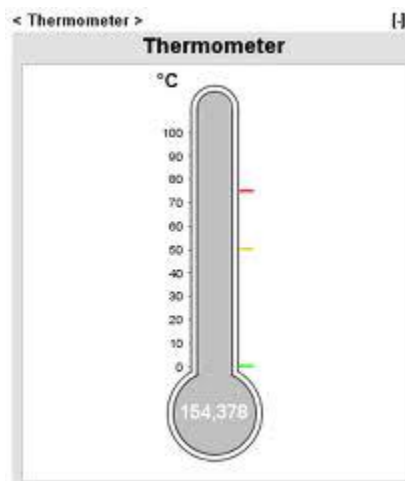
αποθήκευσης στο αρχείο αυτό των επιθυμητών καταστάσεων για τις εξόδους κατά την εκκίνηση του συστήματος.

Όταν το πρόγραμμα ξεκινήσει τη λειτουργία του εκτελούνται κάποιες εργασίες απαραίτητες για την σωστή λειτουργία του. Οι πρώτη εργασία που εκτελείται είναι αυτή της φόρτωσης του αρχείου με τις ρυθμίσεις του συστήματος. Αν η φόρτωση δε γίνει σωστά τότε το πρόγραμμα δε μπορεί να συνεχίσει την λειτουργία του και αφού ενημερώσει το χρήστη τερματίζεται. Αν η φόρτωση γίνει σωστά τότε το πρόγραμμα συνεχίζει την εκτέλεση του με την ρύθμιση της επικοινωνίας με το δίκτυο του συστήματος. Η βιβλιοθήκη RxTx έχει τις κατάλληλες μεθόδους για να επιτευχθεί η επικοινωνία αυτή. Στο πρόγραμμα υπάρχει ο κατάλληλος έλεγχος της περίπτωσης εκείνης που η σύνδεση δεν είναι εφικτή λόγω κάποιας βλάβης στο σύστημα. Αν η ρύθμιση της επικοινωνίας δεν είναι εφικτή η αρχικοποίηση του συστήματος και του προγράμματος σταμάτα και ειδοποιεί το χρήστη. Δεν υπάρχει λόγος εκτέλεσης του προγράμματος αν ο υπολογιστής δε μπορεί να επικοινωνήσει με τις συσκευές που αποτελούν το σύστημα. Αν ολοκληρωθεί η σύνδεση με το δίκτυο τότε συνεχίζεται η κανονική ροή του προγράμματος.

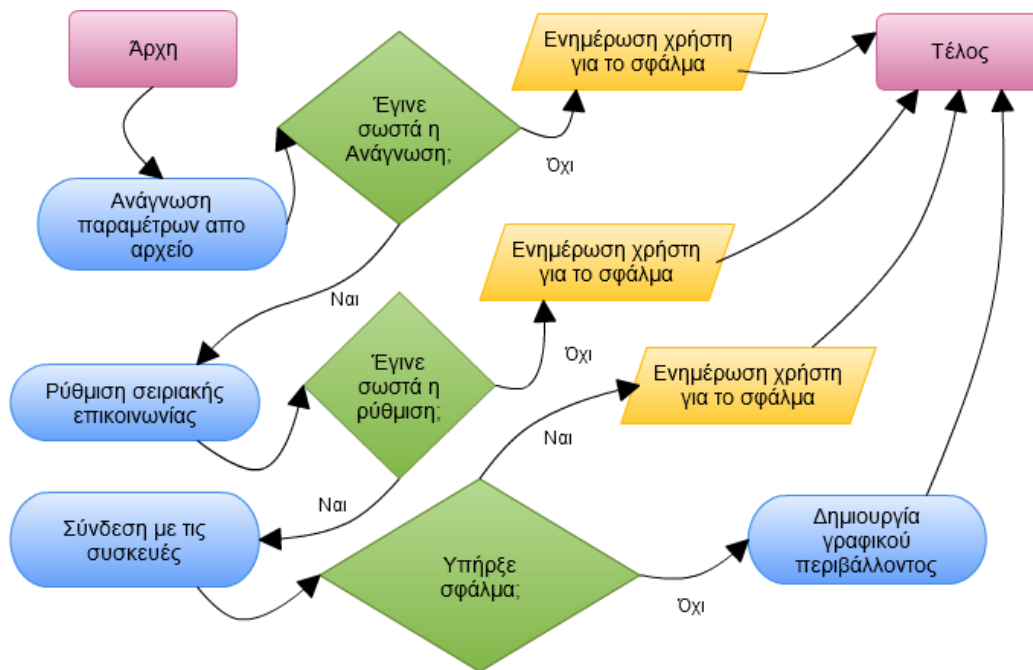
Την ρύθμιση της επικοινωνίας ακολουθεί η ανάγνωση από το αρχείο ρυθμίσεων πληροφοριών σχετικές με τις συσκευές του συστήματος. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες το πρόγραμμα δημιουργεί τις κατάλληλες μεταβλητές και προσπαθεί να επικοινωνήσει με την συσκευή, σε μια προσπάθεια επαλήθευσης της σωστής επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστή και συσκευής. Αν η συσκευή δεν αποκρίνεται σωστά λόγω βλάβης τότε ενημερώνεται ο χρήστης με κατάλληλο μήνυμα. Το πρόγραμμα δε τερματίζεται. Συνεχίζει να λειτουργεί χωρίς την συγκεκριμένη συσκευή. Αν ο υπολογιστής επικοινωνεί σωστά με τη συσκευή τότε στέλνονται κατάλληλες εντολές με τελικό σκοπό οι εξόδοι του συστήματος να είναι αυτοί που απαιτούνται σύμφωνα με το αρχείο ρυθμίσεων.

Με το τέλος των παραπάνω ρυθμίσεων ξεκινά η δημιουργία του γραφικού περιβάλλοντος της συσκευής. Κατά την κωδικοποίηση του προγράμματος επιλέγεται ο τρόπος εμφάνισης των πληροφοριών από το σύστημα (εισόδων και εξόδων) καθώς και η διάταξη στο εσωτερικό του παραθύρου της οθόνης.

Αν όλα τα παραπάνω ολοκληρωθούν τότε ολοκληρώνεται η ρύθμιση και συνεχίζεται η εκτέλεση του προγράμματος.



Εικόνα 48 Δείγμα γραφικής απεικόνισης θερμοκρασίας (infocaptor.com, 2013)



Εικόνα 49 Διάγραμμα ροής αρχικοποίησης του προγράμματος

Μετά τις απαραίτητες ρυθμίσεις ακολουθεί το κύριο μέρος του προγράμματος. Το μέρος αυτό είναι μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία με σκοπό την ανανέωση των πληροφοριών στο σύστημα και στην οθόνη του υπολογιστή. Ο χρόνος ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ανανεώσεις επιλέγεται μέσω του αρχείου ρυθμίσεων.

Όταν το πρόγραμμα μπει σε κανονική λειτουργία ανανεώνονται οι τιμές από τους εισόδους αλλά και οι καταστάσεις των εξόδων. Διαβάζοντας τις τιμές ή καταστάσεις των εισόδων και εξόδων του συστήματος μπορεί να ελεγχθεί η σωστή λειτουργία των εξόδων. Η νέες τιμές που διαβάστηκαν εμφανίζονται στην οθόνη του



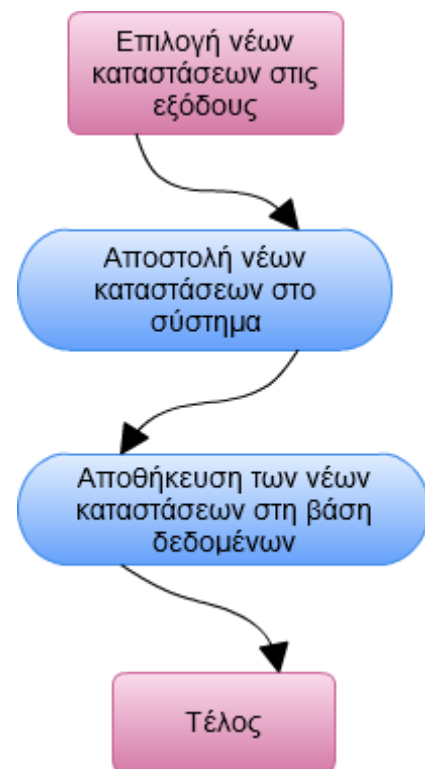
Εικόνα 50 Διάγραμμα ροής για το κεντρικό τμήμα στο κεντρικό υπολογιστή του συστήματος

υπολογιστή για την ενημέρωση του χρήστη. Εκτός από τις τιμές των αισθητήρων εμφανίζεται με κάποιο μήνυμα η επιτυχία της ανανέωσης, αν υπήρξε δηλαδή κάποιο σφάλμα κατά την λήψη της νέας τιμής και για να μπορεί να κατανοήσει ο χρήστης αν η τιμή που εμφανίζεται στην οθόνη είναι ανανεωμένη η όχι. Στο πρόγραμμα υπάρχει η δυνατότητα σχεδίασης γραφημάτων για να

παρατηρείται η μεταβολή κάποιου μεγέθους (η μεταβολή της θερμοκρασίας στην διάρκεια των τελευταίων 24 ωρών για παράδειγμα). Αν υπάρχει κάποιο τέτοιο γράφημα τότε οι νέες τιμές τοποθετούνται και σε αυτά. Αφού ολοκληρωθεί η ανανέωση και των γραφημάτων οι τιμές των εισόδων και των εξόδων αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων του συστήματος για μελλοντική χρήση.

Κάθε έξοδος του συστήματος περιέχει κάποια γραφικά στοιχεία ελέγχου για το χειρισμό του, για την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των διακοπών ή την τοποθέτηση των συστημάτων ελέγχου θέσης στο επιθυμητό σημείο. Αυτά τα στοιχεία εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή μαζί με τις εισόδους. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα αλλαγής της κατάστασης των εξόδων οποιαδήποτε στιγμή. Η αλλαγή των εξόδων είναι απλή. Ο χρήστης επιλέγει την κατάσταση που θέλει από το γραφικό περιβάλλον κάθε εξόδου του συστήματος και στη συνέχεια ενεργοποιεί την αποστολή των αλλαγών από ένα πλήκτρο (γραφικό στοιχείο).

Όταν αυτό το πλήκτρο (κουμπί αποστολής) πατηθεί ξεκινά η αποστολή των εντολών που απαιτούνται (ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση διακόπτη, αλλαγή θέσης στο σύστημα ελέγχου θέσης). Μόλις ολοκληρωθεί η αποστολή των εντολών για κάθε συσκευή σύμφωνα με το πρωτόκολλο που σχεδιάστηκε και αναλύθηκε παραπάνω το πρόγραμμα αποθηκεύει τις εντολές αυτές στην βάση δεδομένων, για να υπάρχει ένα ιστορικό χειρισμών. Η αποστολή των εντολών γίνεται τη στιγμή που ο χρήστης πατήσει το πλήκτρο αποστολής και δεν έχει καμία εξάρτηση με το χρονική διάρκεια ανάμεσα σε δύο ανανεώσεις μετρήσεων. Η χρήση αυτή των κουμπιών και των υπόλοιπων γραφικών στοιχείων γίνεται με τρόπο όμοιο των interrupt στις υπόλοιπες συσκευές του συστήματος.



Εικόνα 51 Διαδικασία αποστολής αλλαγών κατά το πάτημα του κουμπιού αποστολής

Η βάση δεδομένων

Για την αποθήκευση των πληροφοριών και την ανάκτηση τους μελλοντικά για παρατήρηση και σύγκριση υπάρχει στο πρόγραμμα μια διασύνδεση με βάση δεδομένων. Με τον όρο βάση δεδομένων εννοείται μία συλλογή από *συστηματικά μορφοποιημένα* σχετιζόμενα δεδομένα στα οποία είναι δυνατή η ανάκτηση δεδομένων μέσω αναζήτησης κατ' απαίτηση. Η βάση δεδομένων αυτή μπορεί να είναι είτε εσωτερικά μέσα στο πρόγραμμα του συστήματος (χρησιμοποιώντας την

βιβλιοθήκη Hsqld) είτε ένας εξωτερικός διακομιστής (Server) στον οποίο το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα σύνδεσης (SQL server).

Στην βάση δεδομένων αποθηκεύονται πληροφορίες από τους αισθητήρες του συστήματος (θερμοκρασία, υγρασία) με σκοπό την μελλοντική χρήση τους. Το ίδιο το πρόγραμμα του συστήματος θα μπορεί σε επόμενες εκδόσεις μέσα από τις εγγραφές που υπάρχουν στη βάση να δημιουργήσει ένα μοντέλο πρόβλεψης καιρού (στο εξωτερικό περιβάλλον) και κλίματος (στο περιβάλλον ελέγχου), το οποίο θα βοηθήσει στην αυτοματοποίηση του συστήματος αλλά και στην κατανόηση του ίδιου του ανθρώπου για την χρήση του περιβάλλοντος στο οποίο απαιτεί τον έλεγχο.

Στη βάση του συστήματος αποθηκεύονται οι τιμές των αισθητήριων μαζί με τις πληροφορίες ώρας και ημερομηνίας. Μαζί με αυτές αποθηκεύονται και οι χειρισμοί που έκανε ο χρήστης. Αποθηκεύεται έτσι ένα ιστορικό χειρισμών για να μπορεί ο ίδιος ο χρήστης να ελέγξει τις κινήσεις του.

Βελτιώσεις

Στην πρώτη εκδοχή του προγράμματος δεν υπάρχει κάποιος αλγόριθμος λήψης απόφασης για τον έλεγχο των εξόδων, που σημαίνει πως ο χρήστης παρατηρώντας τις ενδείξεις που έχει στην οθόνη από τα διάφορα αισθητήρια παίρνει αποφάσεις σχετικές με την κατάσταση που θα έχει κάθε έξοδος.

Σε μελλοντική έκδοση του προγράμματος ο χρήστης δεν θα είναι υποχρεωτικό να είναι στο χώρο ελέγχου για να χειριστεί το σύστημα αλλά το σύστημα θα λαμβάνει μόνο του αποφάσεις μέσα από κατάλληλο αλγόριθμο. Η λειτουργία του προγράμματος θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε οι εντολές που επιλέγει ο χρήστης να έχουν προτεραιότητα έναντι αυτών που επιλέγονται αυτόματα από το πρόγραμμα μέσω του αλγορίθμου.

Το μοντέλο πρόγνωσης συνθηκών για το περιβάλλον που ελέγχουμε μπορεί να δημιουργηθεί βάσει των εγγραφών στη βάση δεδομένων του υπολογιστή. Η δημιουργία του θα πρέπει να γίνει μετά από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα έτσι ώστε να υπάρχουν πολλές πληροφορίες. Αφού σχεδιαστεί σωστά το μοντέλο αυτό μπορεί να δημιουργηθεί ένας μηχανισμός (αλγόριθμος) για το χειρισμό των εξόδων. Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να είναι μια συνάρτηση που ελέγχει τις εξόδους του συστήματος ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον ελέγχου. Σε μεγαλύτερες εκδόσεις του συστήματος ο μηχανισμός, εκμεταλλευόμενος τους αποθηκευμένους χειρισμούς στη βάση δεδομένων θα είναι σε θέση να “μαθαίνει” από το ίδιο το χρήστη δημιουργώντας έτσι ένα “έξυπνο σύστημα”.

Εκτός από τις βελτιώσεις του προγράμματος ελέγχου του συστήματος υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης ενός δεύτερου προγράμματος (ή και ιστοσελίδα) που θα μπορεί να ανακτά πληροφορίες από την βάση δεδομένων μέσω του διαδικτύου και να τις εμφανίζει σε κάποιο υπολογιστή μακριά από το χώρο ελέγχου. Η υλοποίηση ενός τέτοιου προγράμματος επιτρέπει στο χρήστη την απομακρυσμένη εποπτεία του περιβάλλοντος που επιθυμεί από όπου κι αν βρίσκεται αρκεί να υπάρχει πρόσβαση στο διαδίκτυο (internet).

Βιβλιογραφία

(2007). Στο *MSP430x2xxx Family User's Guide*. Texas Instruments.

(2013). Ανάκτηση Οκτώμβριος 26, 2013, από infocaptor.com:

http://www.infocaptor.com/user_help/dashboard_thermometer.htm

eagle. (2011). Ανάκτηση Δεκέμβριος 5, 2013, από cadsoftusa:

<http://www.cadsoftusa.com/eagle-pcb-design-software/?language=en>

Hitachi HD44780 LCD controller. (2013). Ανάκτηση Δεκέμβριος 15, 2013, από Wikipedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Hitachi_HD44780_LCD_controller

Java. (2013, Απριλίου 12). Ανάκτηση Οκτώμβριος 5, 2012, από Wikipedia:

<http://el.wikipedia.org/wiki/Java>

(2008). Δικτύωση υπολογιστών. Στο J. F. Kurose, & K. W. Ross, *Δικτύωση Υπολογιστών - Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω* (Γ. Β. Σαμαράς, Μεταφρ., 4η έκδοση, 2η ελληνική επανέκδοση εκδ., σσ. 446-449). Boston: Μ. Γκιούρδας.

Ohm's Law. (2013). Ανάκτηση Οκτωμβρίου 05, 2013, από Wikipedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Ohm%27s_law

Raspberry_Pi. (2013, Οκτώμβριος 11). Ανάκτηση Οκτώμβριος 20, 2013, από Wikipedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi

Resistance_thermometer. (2013). Ανάκτηση Δεκέμβριος 15, 2013, από Wikipedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Resistance_thermometer

RS485. (2013). Ανάκτηση Οκτώμβριος 05, 2013, από wikipedia:

<http://en.wikipedia.org/wiki/RS-485>

RXTX wiki. (2011, Ιούλιος 7). Ανάκτηση Ιούλιος 26, 2013, από <http://rxtx.qbang.org>:

http://rxtx.qbang.org/wiki/index.php/Main_Page

Άνεμος. (2013). Ανάκτηση Δεκέμβριος 15, 2013, από Wikipedia.

Θερμοκρασία. (2013). Ανάκτηση Δεκεμβρίου 15, 2013, από Wikipedia.

Υγρασία_ατμόσφαιρας. (2013, Δεκέμβριος 13). Ανάκτηση Δεκέμβριος 15, 2013, από

Wikipedia: http://el.wikipedia.org/wiki/Υγρασία_ατμόσφαιρας