

2009

Μελέτη – Ανάπτυξη ενός μετεωρολογικού σταθμού με χρήση του δικτύου GSM για την αμφίδρομη επικοινωνία σταθμού - χρήστη



Μελέτη – Ανάπτυξη: Φοιτητής Ιωάννης Κέδρος

Επίβλεψη: Χρήστος Β. Τζίκας Καθηγητής Εφαρμογών

Φεβρουάριος 2009

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	3
2. Μετεωρολογία.....	4
2.1 Όργανα μετεωρολογίας.....	5
2.2 Μετεωρολογικοί σταθμοί.....	11
3. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα (Hardware).....	12
3.1 Μικροελεγκτής.....	17
3.2 Αισθητήρας Θερμοκρασίας/Υγρασίας, SHT11.....	20
3.3 Κύκλωμα επικοινωνίας συστήματος-υπολογιστή.....	22
3.4 GSM ηλεκτρονική υπομονάδα.....	25
3.5 Γενικής χρήσης θύρα επικοινωνιών.....	26
3.6 Κύκλωμα τροφοδοσίας.....	28
4. Λογισμικό (Software).....	31
4.1 Αρχικοποίηση του μικροελεγκτή PIC.....	33
4.2 Αρχικοποίηση της ηλεκτρονικής υπομονάδας GSM.....	36
4.3 Διαδικασία ενεργοποίησης της ηλεκτρονικής υπομονάδας GSM.....	39
4.4 Διαδικασία επαναφοράς της ηλεκτρονικής υπομονάδας GSM.....	42
5. Περαιτέρω ανάπτυξη.....	43
5.1 Ενεργειακή αυτονόμηση.....	43
5.2 Νέα διασύνδεση χρήστη συστήματος (HID).....	44
5.3 Αποστολή δεδομένων μέσω GPRS.....	45
6. Επίλογος.....	46
7. Βιβλιογραφία.....	47

1. Εισαγωγή

Αν ανατρέξουμε σε όλη την πορεία της ιστορίας, θα δούμε ότι η πληροφορία αποτελούσε και αποτελεί ένα από τα πιο πολύτιμα αγαθά σε μια κοινωνία. Δεν είναι τυχαίο εξάλλου ότι κλάδοι της επιστήμης και της τεχνολογίας έχουν επενδύσει στην ανάπτυξη μέσων για να την μεταφέρουν στα σπίτια μας, στον χώρο εργασίας μας, στις συσκευές που χρησιμοποιούμε. Κυριότερος παράγοντας όμως για την αξιοποίηση μιας πληροφορίας και για τον χαρακτηρισμό αυτής ως πολύτιμη είναι η ταχύτητα με την οποία αυτή μεταδίδετε.

Μία τέτοιου είδους πληροφορία είναι και οι μεταβολές των καιρικών φαινομένων, η οποίες γίνονται πολύτιμες από την υψηλή ταχύτητα με την οποία αυτές θα μεταδοθούν στην περιοχή ενδιαφέροντος. Αν και από της αρχές του 19ου αιώνα υπήρχαν όργανα ικανά για παροχή ακριβών μετεωρολογικών μετρήσεων και συνεπώς και έγκυρων μετεωρολογικών προγνώσεων, αυτές ήταν άχρηστες εξαιτίας του ότι η μετάδοση τους, σχεδόν ποτέ, δεν γίνονταν άμεσα.

Με την πάροδο όμως των χρόνων και την εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας είχαμε και την ταυτόχρονη εξέλιξη των αισθητήρων και των τηλεμετρικών συστημάτων αποστολής δεδομένων. Έτσι η ακρίβεια των προγνώσεων των καιρικών μεταβολών αυξήθηκε. Επιπλέον, η πληροφορία μπορεί να μεταφερθεί ενσύρματα ή ασύρματα γρήγορα και κυρίως φθηνά, ακόμα και σε συσκευές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή όπως για παράδειγμα ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ή το κινητό μας τηλέφωνο.

Ένα τέτοιο σύστημα μέτρησης μετεωρολογικών μεγεθών και αποστολής της πληροφορίας στον κινητό του τελικό χρήστη θα παρουσιαστεί στις αμέσως επόμενες σελίδες.

2. Μετεωρολογία

Κύριο αντικείμενο της μετεωρολογίας είναι η έρευνα της ατμόσφαιρας στο σύνολο της, καθώς και φαινόμενα που συντελούνται εντός αυτής. Οι αρχαίοι Έλληνες τα φαινόμενα που την ενδιαφέρουν τα ονόμαζαν “μετέωρα”, εξ αυτού και η επιστήμη ονομάστηκε μετεωρολογία και τα φαινόμενα που μελετάει μετεωρολογικά φαινόμενα.

Τα σημαντικότερα από τα φαινόμενα παρατήρησης είναι η ατμοσφαιρική πίεση, οι μεταβολές της θερμοκρασίας, η εξάτμιση, η υγρασία, ο σχηματισμός η εξέλιξη και οι μετακινήσεις των νεφών, η υγροποίηση των υδρατμών καθώς και οι μορφές απόθεσης. Επιπλέον, αντικείμενο της μετεωρολογίας είναι και τα φαινόμενα που προκαλούνται από τον ατμοσφαιρικό ηλεκτρισμό και καλούνται “καταιγίδες”, αλλά και σε αυτά που οφείλονται στην ίδια την ατμόσφαιρα όπως είναι η διάθλαση – ανάκλαση του φωτός.

Όλα τα παραπάνω φαινόμενα παρατήρησης αντιπροσωπεύονται από μετεωρολογικά μεγέθη και μετρούνται από συγκεκριμένα όργανα μέτρησης. Κάποια από τα ευρέως διαδεδομένα όργανα μέτρησης περιγράφονται στις παρακάτω σελίδες. Φυσικά, η μετεωρολογική παρατήρηση έχει περάσει πλέον σε τεχνολογίες που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από την γη. Ειδικοί γεωστατικοί και μη δορυφόροι, με υψηλής ακρίβειας μετεωρολογικά ραντάρ, σαρώνουν την ατμόσφαιρα δίνοντας μας σε πραγματικό χρόνο δεδομένα καιρού.



Εικόνα 1: Εικόνα από μετεωρολογικό δορυφόρο για ένα εν'εξελίξει τυφώνα

2.1 Όργανα μετεωρολογίας

Ανεμόμετρο: Το ανεμόμετρο είναι το όργανο που μετράει την ταχύτητα του ανέμου και είναι ίσως το πιο ευρέως διαδεδομένο όργανο στους μετεωρολογικούς σταθμούς. Στην πιο απλή μορφή του, η λειτουργία του βασίζεται στη μέτρηση των στροφών της έλικας, που εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου ως προς τον χρόνο. Η γεωμετρία της έλικας είναι ανάλογη με τις ταχύτητες τού προς μέτρηση ανέμου και συνεπώς από την περιοχή στην οποία θα τοποθετηθεί το όργανο. Ο συγκεκριμένος τύπος ανεμομέτρου ονομάζεται ‘cup anemometer’ (εικόνα 2). Η ταχύτητα μπορεί να μετρηθεί σε Miles/Hour, Meters/Second και τέλος σε Nautical miles/Hour.

Συνήθως χωρίζουμε τα ανεμόμετρα σε δύο υποκατηγορίες. Αυτά που μετράνε αποκλειστικά την ταχύτητα του ανέμου και σε αυτά που μετράνε την πίεση του. Επειδή όμως υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στις δύο αυτές έννοιες, ένα ανεμόμετρο το οποίο είναι σχεδιασμένο για την μέτρηση του ενός μεγέθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την μέτρηση του άλλου.

Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν και άλλοι τύποι οργάνων για την μέτρηση του ανέμου και οι οποίοι χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές από τις προαναφερθείσες για να πετύχουν την μέτρηση αυτήν. Οι τύποι αυτοί είναι οι παρακάτω:

Θερμαινόμενου νήματος (Hot-wire): Σε αυτόν τον τύπο ανεμομέτρου γίνεται χρήση της ψυκτικής ιδιότητας του ανέμου σε θερμά μέταλλα. Έτσι, με την θέρμανση ενός μικρού σε μήκος νήματος σε θερμοκρασίες λίγο μεγαλύτερες της περιβάλλουσας μπορούμε με κατάλληλες συναρτήσεις μεταφοράς (που εξαρτώνται από τύπο μετάλλου του νήματος) να πάρουμε την ταχύτητα ανέμου (εικόνα 4).

Υπερήχων (Sonic anemometer): Η ταχύτητα του ανέμου σε αυτόν τον τύπο ανεμομέτρου γίνεται μέσω της μέτρησης του χρόνου που απαιτείται για να φτάσει ένας παλμός υπερήχου από τον πομπό στον δέκτη (εικόνα 3).



Εικόνα 2: Ο πιο συνηθισμένος τύπος ανεμομέτρου (Cup Anemometer)



Εικόνα 3: Ανεμόμετρο τεχνολογίας υπερήχων (Sonic Anemometer)



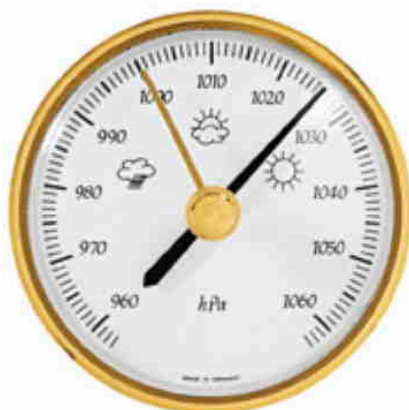
Εικόνα 4: Ανεμόμετρο τεχνολογίας θερμαινόμενου νήματος (Hot-Wire Anemometer)

Βαρόμετρο: Το βαρόμετρο είναι ένα όργανο μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης (εικόνα 5). Διακρίνονται σε υδραργυρικά, μεταλλικά και αυτογραφικά. Η βαρομετρική πίεση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μετεωρολογικά στοιχεία και είναι αυτό που μπορεί να μετρηθεί ακριβέστερα.

Η κύρια χρήση του είναι για προβλέψεις μετεωρολογικών φαινομένων που πρόκειται να συμβούν στο άμεσο μέλλον (συνήθως μέσα στο επόμενο 24ωρο). Για παράδειγμα, μια υψηλή βαρομετρική πίεση υποδηλώνει αίθριο καιρό, ενώ μια χαμηλή σημαίνει ότι μια καταιγίδα πλησιάζει, μιλώντας πάντα για μεταβολές τοπικού επιπέδου.

Δίκτυα τέτοιων αισθητήρων δημιουργούν χάρτες βαρομετρικής πίεσης κάνοντας χρήση των ισοβαρικών γραμμών (γραμμές ίδιας πίεσης). Μέσω αυτών των γραμμών μπορούμε να προβλέψουμε την κίνηση μετεωρολογικών συστημάτων σε ευρύτερες περιοχές. Ένα υψηλό δυναμικό αποτελεί ένα φραγμό στην μετατόπιση ενός τέτοιου συστήματος, ενώ μια γραμμή χαμηλού δυναμικού αντιπροσωπεύει την πιθανότερη κίνηση του μετεωρολογικού συστήματος, αφού αποτελεί την διαδρομή με την μικρότερη αντίσταση.

Όμως, για την σωστή μέτρηση της βαρομετρικής πίεσης απαιτείται ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας αλλά και του υψομέτρου στο οποίο είναι τοποθετημένο το βαρόμετρο. Μια μικρή μεταβολή των δύο παραπάνω μεγεθών (θερμοκρασίας, υψομέτρου) θα επηρέαζε σημαντικά την προς μέτρηση βαρομετρική πίεση.

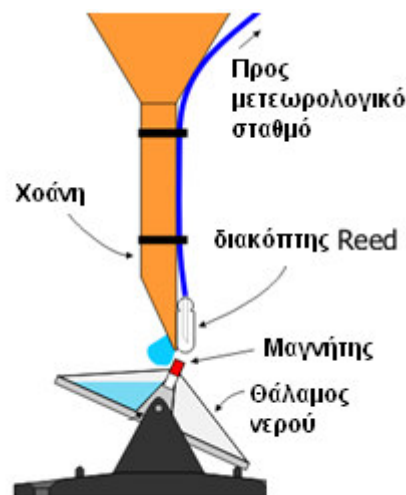


Εικόνα 5: Όργανο μέτρησης βαρομετρικής πίεσης με αναλογικό ενδείκτη

Συλλέκτης βροχής (Rain Gauge): Πρόκειται για ένα από τα τυπικά όργανα που χρησιμοποιείτε στους μετεωρολογικούς σταθμούς για να μετράνε την ποσότητα νερού που έχει πέσει σε μία περιοχή (σε μορφή βροχόπτωσης) σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Τα περισσότερα από αυτά τα όργανα μετράνε την ποσότητα νερού σε χιλιοστά αν και πολλές φορές οι αναφορές γίνονται σε ίντσες ή και εκατοστά. Η καταγραφή των δεδομένων αυτού του οργάνου γίνεται πλέον με ηλεκτρονικό τρόπο (εικόνα 6), αν και παλαιότερα γινόταν χειροκίνητα. Η συχνότητα καταγραφής των δεδομένων εξαρτάται από τις απαιτήσεις της μετεωρολογικής υπηρεσίας αλλά και από το μικροκλίμα της περιοχής. Με λίγα λόγια, περιοχές με μεγάλες περιόδους βροχόπτωσης απαιτούν και πιο συχνές καταγραφές.

Φυσικά, όπως όλα τα όργανα μέτρησης, έτσι και αυτό έχει κάποιους περιορισμούς στις δυνατότητες λειτουργίας του. Για παράδειγμα, η προσπάθεια συλλογής αξιόπιστων δεδομένων βροχόπτωσης κατά την διάρκεια ενός τυφώνα ή γενικότερα μιας ακραίας καταιγίδας θα ήταν σχεδόν αδύνατη. Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγουν, αντιπροσωπεύουν μια πολύ μικρή τοπική περιοχή που πολλές φορές έχει μεγάλες αποκλίσεις από μια όχι και τόσο απομακρυσμένη ως προς το όργανο μέτρησης.

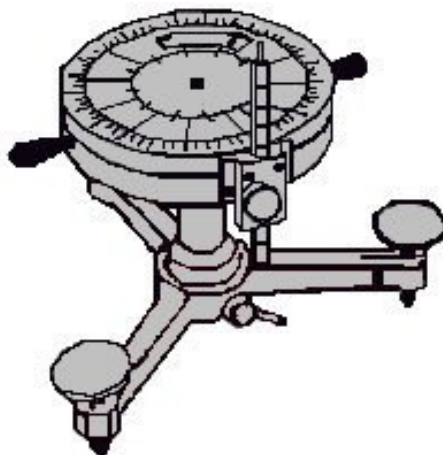


Εικόνα 6: Ηλεκτρονικός συλλέκτης βροχής

Νεφοσκόπιο (*Nephoscope*): Χρησιμοποιείτε για να μετρήσει την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης των νεφών και θα μπορούσαμε να το διαχωρίσουμε σε δύο τύπους: Νεφοσκόπιο πλέγματος (*Grid Nephoscope*) και καθρέπτη (*Mirror Nephoscope*).

Η αρχή λειτουργίας του πρώτου, βασίζεται σε μια συστοιχία από μπάρες τοποθετημένες οριζόντια στο τέλος μιας κάθετης στήλης, δίνοντας έτσι την δυνατότητα να μπορούν να μετακινηθούν ελεύθερα πάνω στον κάθετο άξονα. Ο παρατηρητής θα πρέπει να περιστρέψει κατάλληλα την συστοιχία των μπαρών έτσι ώστε το σύνολο των νεφών να κινείται παράλληλα ως προς αυτές. Η αζιμουθιακή γωνία που δημιουργούν οι μπάρες είναι και η διεύθυνση των νεφών.

Η λειτουργία του δεύτερου τύπου στηρίζεται στην χρήση δύο κυρίως στοιχείων· ενός μαύρου καθρέπτη και ενός ενδείκτη (εικόνα 7). Ο μαύρος καθρέπτης είναι χαραγμένος με κατάλληλους ομόκεντρους κύκλους και είναι τοποθετημένος πάνω σε έναν τρίποδα. Ο ενδείκτης κινείται περιμετρικά ως προς το κέντρο του καθρέπτη αλλά και σε έναν κάθετο άξονα. Ο παρατηρητής θα πρέπει να προσανατολίσει το καθρέπτη έτσι ώστε να δείχνει τον πραγματικό Βορρά και έπειτα να ρυθμίσει τον ενδείκτη έτσι ώστε τα σύννεφα να βρίσκονται στο κέντρο του καθρέπτη. Η κατεύθυνση των νεφών διαγράφεται πάνω στις διαγραμμίσεις του καθρέπτη.



*Εικόνα 7: Νεφοσκόπιο καθρέπτη (*Mirror Nephoscope*) αναρτημένο σε τρίποδα*

Υγρόμετρο: Μέσω αυτού του οργάνου μπορούμε να μετρήσουμε την υγρασία της ατμόσφαιρας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι υγρομέτρων όπως το υγρόμετρο τρίχας (εικόνα 8), το υγρόμετρο Αλλυάρ αλλά και το υγρόμετρο δρόσου. Για τον λόγο όμως ότι αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνικές για την μέτρηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας, κάθε μία εκ των οποίων χρησιμοποιεί και διαφορετική τεχνική μέτρησης, πλέον χρησιμοποιούμε τον όρο υγρασιόμετρο για να αναφερθούμε σε όλους τους παραπάνω τύπους ανεξαρτήτως του τρόπου λειτουργίας αυτών.



Εικόνα 8: Υγρόμετρο τρίχας

2.2 Μετεωρολογικοί σταθμοί

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι εγκαταστάσεις με όργανα και εξοπλισμό για την παρατήρηση της ατμοσφαιρικής κατάστασης, έτσι ώστε να παρέχουν πληροφορίες για μετεωρολογικά δελτία αλλά και για την μελέτη του κλίματος. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τον κάθε μετεωρολογικό σταθμό είναι ανάλογες του τομέα ενδιαφέροντός του. Με λίγα λόγια, υπάρχουν σταθμοί οι οποίοι είναι ειδικευμένοι στην λήψη μετρήσεων πάνω σε ένα συγκεκριμένο μετεωρολογικό φαινόμενο της ατμόσφαιρας, όπως για παράδειγμα οι κινήσεις των αερίων μαζών ή των ηλεκτρικών εκκενώσεων. Στην πλειοψηφία τους όμως, κάθε σταθμός λαμβάνει μετρήσεις σχετικά με την θερμοκρασία, την βαρομετρική πίεση, την υγρασία καθώς επίσης και της φοράς – ταχύτητας του ανέμου.

Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί διάφορα δίκτυα μετεωρολογικών σταθμών τα οποία κάνουν πιο συνολικές παρατηρήσεις για την δημιουργία και εξέλιξη κάποιων ευρύτερων φαινομένων της ατμόσφαιρας. Τέτοιοι σταθμοί συγκεντρώνουν τα δεδομένα σε κεντρικούς εξυπηρετητές δικτύου (*servers*) και μέσω κατάλληλων αλγορίθμων είτε επεξεργάζονται απευθείας τα δεδομένα είτε τα προωθούν σε ερευνητικές ομάδες με σκοπό να εφαρμόσουν κατάλληλα διάφορα μοντέλα παρατήρησης.

Ανεξαρτήτως όμως αυτών των διεθνών δικτύων συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, χρειαζόμαστε τα μετεωρολογικά στοιχεία και στην καθημερινή μας ζωή. Ένας πρακτικός τρόπος συλλογής αυτών των στοιχείων είναι μέσω της παρατήρησης των ενδείξεων των οργάνων. Αυτό όμως προϋποθέτει την άμεση παρουσία του χρήστη στο μετεωρολογικό φαινόμενο τη στιγμή που αυτό εξελίσσεται, πρακτική που πολλές φορές μπορεί να είναι και επικίνδυνη. Μέσω όμως της ανάπτυξης του συστήματος που ακολουθεί θα μπορούμε να παίρνουμε ασύρματα δεδομένα για την κατάσταση του καιρού όπου και αν βρισκόμαστε όποτε και αν το θελήσουμε.

Η μεταφορά των δεδομένων θα γίνεται μέσω του ευρέως χρησιμοποιημένου δικτύου κινητής τηλεφωνίας GSM και η αποστολή των δεδομένων στον τελικό χρήστη θα γίνεται μέσω σύντομων γραπτών μηνυμάτων (*SMS*), εκτελώντας απλώς μια αναπάντητη κλήση στον μετεωρολογικό σταθμό.

3. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα (*Hardware*)

Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί την χρήση ειδικευμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (*hardware*) και σχεδιασμό νέων τυπωμένων πλακετών (*Printed Circuit Boards - PCBs*), πάνω στα οποία θα συνδεθούν όλες οι περιφερειακές συσκευές αλλά και τα διακριτά στοιχεία που απαρτίζουν το τελικό σύστημα. Η αρχική σκέψη ήταν η αναζήτηση κυκλωμάτων και αναπτυξιακών πλακετών που ήδη κυκλοφορούν στην αγορά. Το πρόβλημα που δημιουργούνταν όμως βρισκονταν κυρίως στο υψηλό κόστος των συγκεκριμένων αναπτυξιακών αλλά και στην έλλειψη προμηθευτή που θα παρείχε όλα τα απαιτούμενα συστήματα.

Τελικώς, αποφασίστηκε η κατασκευή μιας νέας αναπτυξιακής πλακέτας μέσω της οποίας θα γίνονταν οι αρχικοί πειραματισμοί πάνω στα ηλεκτρονικά κυκλώματα αλλά και στο λειτουργικό του μικροελεγκτή. Αυτή σχεδιάστηκε με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε όλοι οι ακροδέκτες εισόδου-εξόδου (*IO pins/ports*) των κυριότερων στοιχείων του συστήματος (*GSM ηλεκτρονικής υπομονάδας και μικροελεγκτή*) να είναι προσβάσιμα από άλλες αναπτυξιακές πλακέτες αλλά και από τον ίδιο τον χρήστη για ευκολία λήψης μετρήσεων. Επιπλέον, το μέγεθος του τελικού τυπωμένου κυκλώματος είναι τέτοιο ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί πάνω σε μια διάτρητη πλακέτα πειραματισμών (ράστερ) αλλά και ταυτόχρονα αρκετά μικρό έτσι ώστε το κόστος κατασκευής του να παραμείνει χαμηλό.

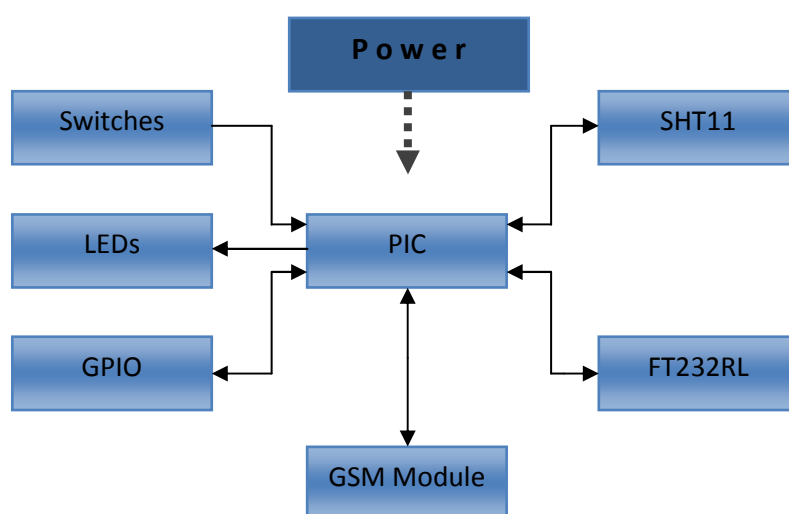
Για την υλοποίηση του τυπωμένου κυκλώματος χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά ολοκληρωμένα κυκλώματα τεχνολογίας επιφανειακής στήριξης (*Surface Mount Devices - SMDs*). Με αυτόν τον τρόπο μπορούσαμε εύκολα να περιορίσουμε το μέγεθός της κατασκευής, εκμεταλλευόμενοι το μικρό ίχνος (*footprint*) των συσκευασιών αυτών, αλλά και να έχουμε πρόσβαση σε μεγαλύτερη γκάμα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, αφού πλέον όλο και λιγότεροι τύποι παράγονται σε μη SMD συσκευασίες. Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης αυτών των συσκευασιών αφορά τον τομέα της μαζικής παραγωγής αυτού του συστήματος. Οι συσκευασίες SMD μπορούν να δουλευτούν με μεγάλη ευκολία από τις μηχανές συναρμολόγησης (*Peak and Place machines*), σε σχέση με τις παλαιότερες συσκευασίες, οι οποίες απαιτούσαν και την παρουσία ανθρώπου σε πολλά στάδια της συναρμολόγησης. Δυστυχώς, το πρωτότυπο τυπωμένο κύκλωμα που παρουσιάζετε παρακάτω συναρμολογήθηκε εξολοκλήρου με την χρήση κολλητηριού και μεγεθυντικού φακού.

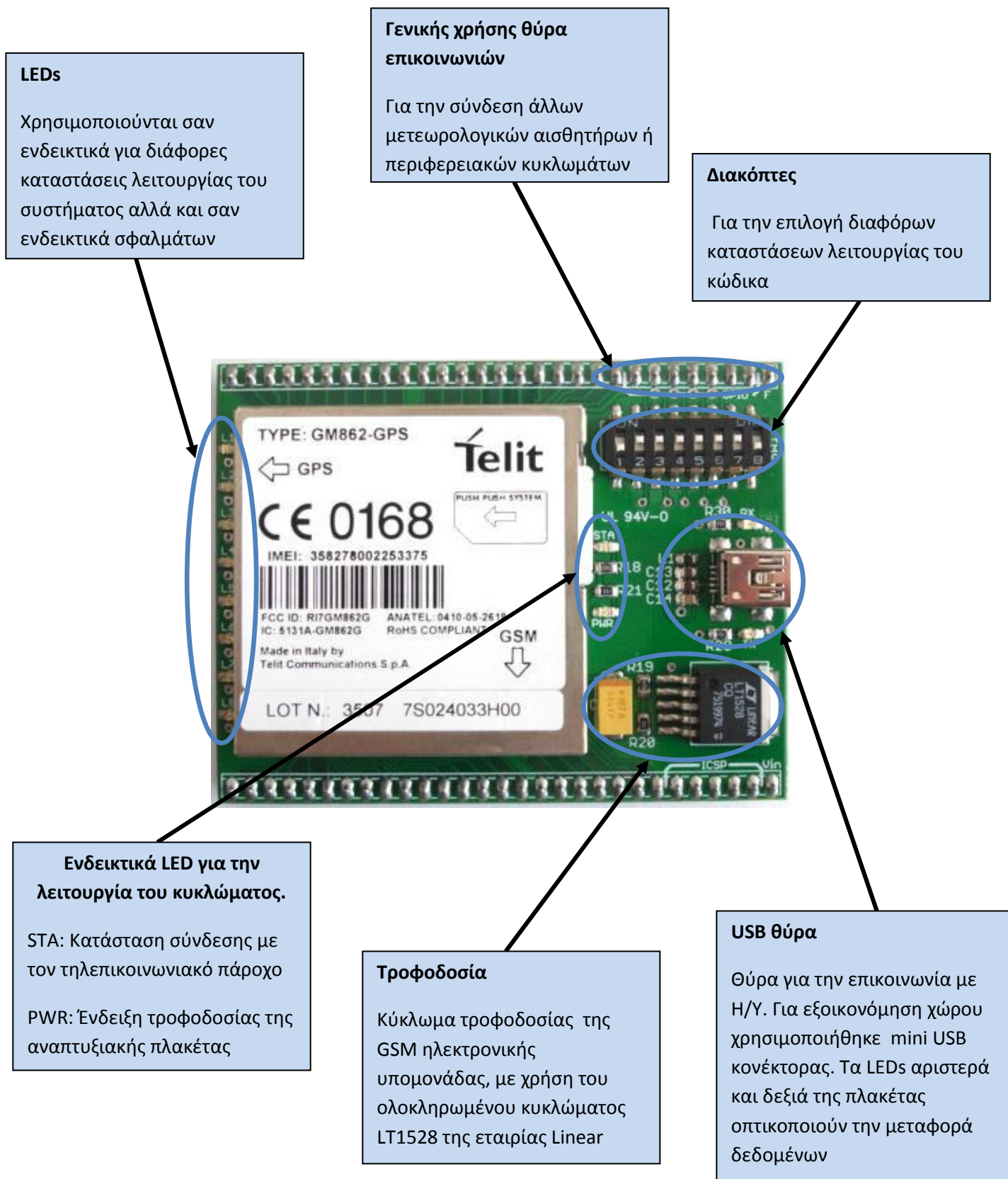
Η όλη λειτουργία του κυκλώματος στηρίζεται πάνω σε έναν μικροελεγκτή PIC 16F877A της αγγλικής εταιρίας Microchip. Πάνω του συνδέονται όλα τα περιφερειακά κυκλώματα του συστήματος όπως φαίνεται και στο διάγραμμα βαθμίδων 1 (*block diagram*) αλλά και στα σχηματικά που ακολουθούν. Ο μικροελεγκτής είναι αυτός που λαμβάνει τις αποφάσεις για το αν θα πρέπει να μετασχηματίσει, να αποθηκεύσει, να επεξεργαστεί ή γενικότερα να μεταβιβάσει πληροφορίες από το ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα στο άλλο.

Για την ασύρματη μεταφορά των καιρικών δεδομένων αποφασίστηκε η χρήση των ευρέως διαδεδομένων GSM ηλεκτρονικών υπομονάδων (*GSM modules*) και πιο συγκεκριμένα, του GM862 της Ιταλικής εταιρίας Telit. Η λήψη της απόφασης για χρήση του GSM δικτύου για την αποστολή των δεδομένων στηρίχθηκε στην ευρεία αποδοχή του από συσκευές που το χρησιμοποιούν, όπως είναι για παράδειγμα τα κινητά τηλέφωνα ή οι υπολογιστές παλάμης (*PDA*s).

Στο κύκλωμα τροφοδοσίας χρησιμοποιήθηκαν δύο σταθεροποιητές τάσης συνδεσμοποιημένοι σε σειρά. Ο πρώτος είναι υπεύθυνος για την τροφοδοσία της GSM υπομονάδας ενώ ο δεύτερος σταθεροποιητής τάσης οδηγεί όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του κυκλώματος.

Διάγραμμα βαθμίδων 1: Δομή του συστήματος

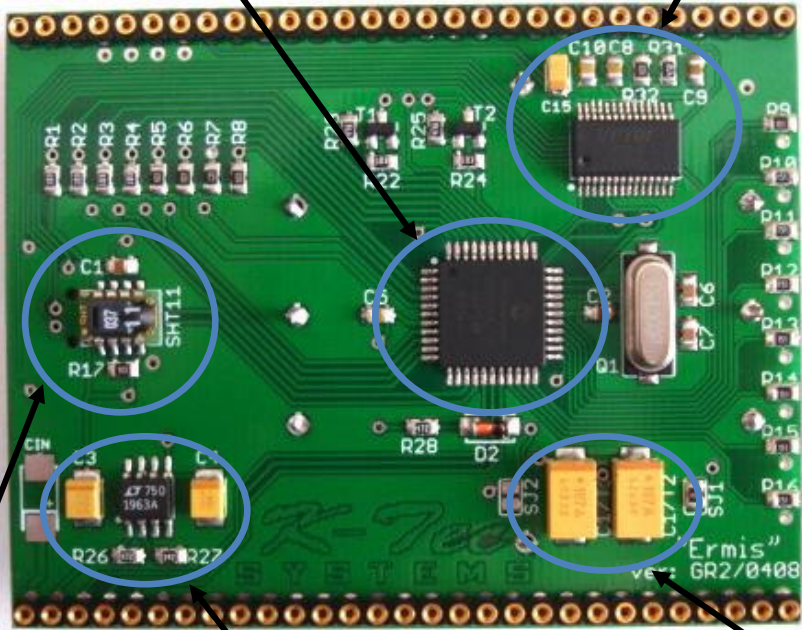




Εικόνα 9: Επάνω όψη της αναπτυξιακής πλακέτας

Μικροελεγκτής
Για τον έλεγχο όλων των περιφερειακών στοιχείων του κυκλώματος. Μέσα σε αυτό το στοιχείο ενσωματώθηκε το λειτουργικό.

USB ολοκληρωμένο κύκλωμα
Μετατροπέας USB – UART με χρήση του ολοκληρωμένου κυκλώματος FT232RL της εταιρίας FTDI



Αισθητήρας Θερμοκρασίας/Υγρασίας
Αισθητήρας θερμοκρασίας – υγρασίας SHT11 από την εταιρία Sensirion, σε συσκευασία επιφανειακής στήριξης LCC

Τροφοδοσία
Κύκλωμα τροφοδοσίας με χρήση του ολοκληρωμένου κυκλώματος LT1963, για την τροφοδοσία όλων των στοιχείων της αναπτυξιακής πλακέτας εκτός της GSM ηλεκτρονικής υπομονάδας

Τροφοδοσία
Πυκνωτές τανταλίου μικρού ESR για την αντιμετώπιση των απότομων βυθισμάτων τάσης στις διαδικασίες transceiver της GSM ηλεκτρονικής υπομονάδας

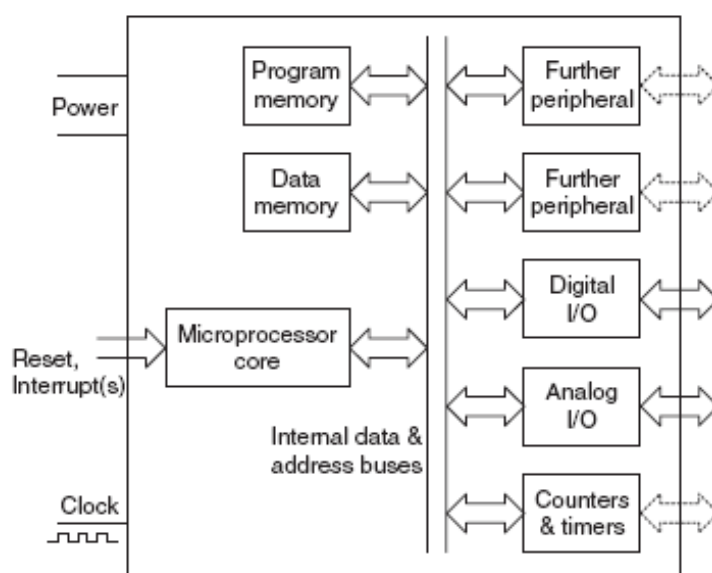
Εικόνα 10: Κάτω όψη της αναπτυξιακής πλακέτας

Εισαγωγή του κυκλώματος 1

3.1 Μικροελεγκτής

Υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικές οικογένειες μικροελεγκτών από διαφορετικούς κατασκευαστές αλλά όλοι βασίζονται σε κάποια βασικά διαγράμματα βαθμίδων. Διαφορετικά μέλη οικογενειών δημιουργούνται χρησιμοποιώντας τον ίδιο πυρήνα (*microprocessor core*) συνδυασμένο με διαφορετικά περιφερειακά ή διαφορετικά μεγέθη μνήμης προγράμματος. Μια γενική δομή ενός τέτοιου μικροελεγκτή έχουμε στο διάγραμμα βαθμίδων 2.

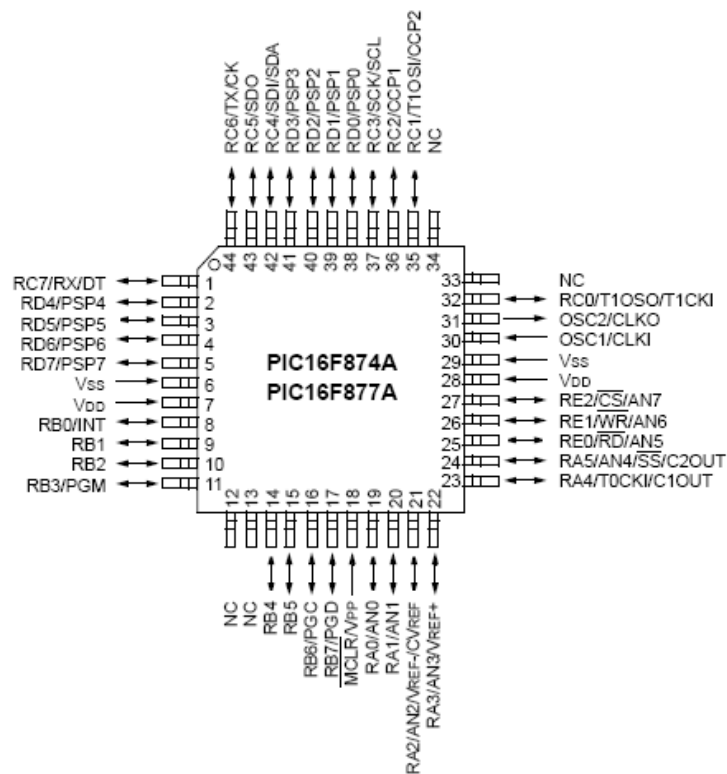
Διάγραμμα βαθμίδων 2: Γενική δομή ενός μικροελεγκτή



Ένας τέτοιος μικροελεγκτής είναι και ο PIC που αρχικά σχεδιάστηκε από την εταιρία General Instruments το 1970. Αν και το σχέδιο ήταν ανορθόδοξο για την εποχή του, βρήκε άμεσα υποστηρικτές αφού ήταν από τους λίγους μικροελεγκτές που μπορούσε να λειτουργήσει εξ ολοκλήρου μόνος του χωρίς την υποστήριξη άλλων περιφερειακών μονάδων. Στηρίχτηκε σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασία (*CPU*) με περιορισμένο ρεπερτόριο εντολών (*Reduced Instruction Set Computing - RISC*) χρησιμοποιώντας μόνο έναν καταχωρητή εργασίας (*W Register*) και κάνοντας χρήση μόλις 30 διαφορετικών εντολών.

Αν όμως αφήσουμε τα ιστορικά στοιχεία θα δούμε ότι πλέον οι μικροελεγκτές PIC έχουν διαγράψει μια πολύ επιτυχημένη πορεία στον χώρο. Πλέον υπάρχουν πέντε κύριες οικογένειες οι οποίες προσφέρονται σε διαφορετικές συσκευασίες και για διαφορετικές εφαρμογές. Κάθε μέλος οποιασδήποτε οικογένειας μοιράζετε την ίδια αρχιτεκτονική πυρήνα αλλά διαφορετικά περιφερειακά στοιχεία.

Για το δικό μας σύστημα αποφασίστηκε η χρήση μιας από τις πιο πολυχρησιμοποιημένες οικογένειες της εταιρίας Microchip και συγκεκριμένα της σειράς 16F (εικόνα 11).

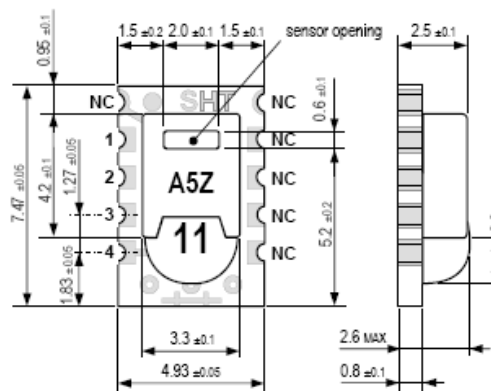
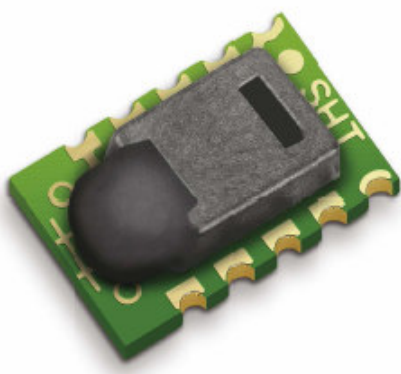


Εικόνα 11: Ίχνος (footprint) ενός μικροελεγκτή PIC 16F874A/877A

Εισαγωγή του κυκλώματος 2

3.2 Αισθητήρας Θερμοκρασίας/Υγρασίας, SHT11

Ο SHT11 ανήκει στην οικογένεια SHT1x, των αισθητήρων θερμοκρασίας - υγρασίας επιφανειακής στήριξης της εταιρίας Sensirion (εικόνα 12). Ενσωματώνει αναλογικές μετρητικές διατάξεις καθώς επίσης και σύστημα επεξεργασίας σήματος έτσι ώστε να παρέχει στην έξοδο του ένα καθαρά ψηφιακό σήμα το οποίο είναι πλήρως βαθμονομημένο.

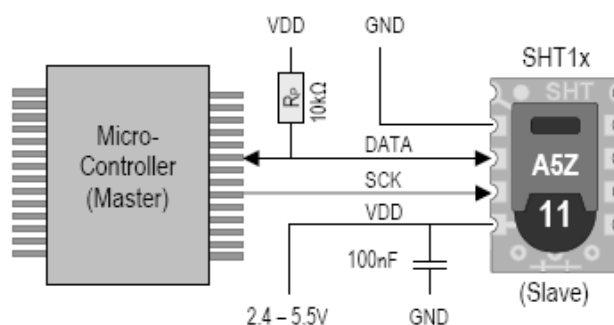


Εικόνα 12: Ο αισθητήρας SHT11 σε πραγματική μορφή και σαν διάγραμμα διαστάσεων

Η μέτρηση της υγρασίας γίνεται μέσω ενός χωρητικού αισθητήρα (*capacitive sensor*) και εκμεταλλεύεται τις μεταβολές του διηλεκτρικού πολυμερούς (ανάλογα με τις μεταβολές της υγρασίας), ανάμεσα στους δύο οπλισμούς, για να αλλάξει την χωρητικότητα του πυκνωτικού αισθητήρα. Οι αναλογικές μετρήσεις του αισθητήρα μετατρέπονται σε ψηφιακές λέξεις μήκους 14bit οι οποίες χρησιμοποιούνται από το σύστημα σειριακής διασύνδεσης έτσι ώστε τα δεδομένα να είναι διαθέσιμα στον χρήστη όποτε αυτός το ζητήσει. Όλα τα παραπάνω υποσυστήματα περιλαμβάνονται στην ίδια συσκευασία η οποία είναι η LCC (*Leadless Chip Carrier*).

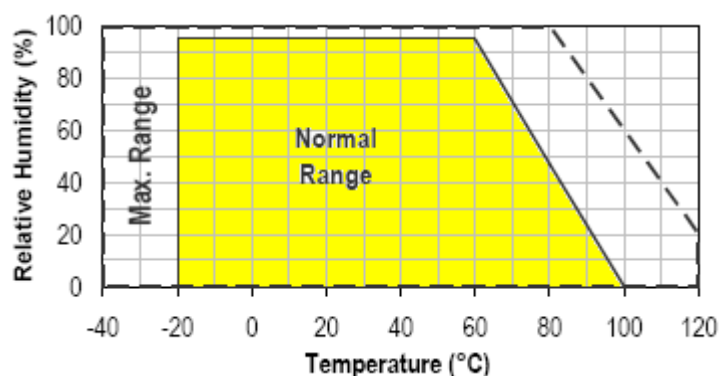
Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια μέτρησης σε κάθε ένα από τα SHT11 γίνεται ξεχωριστό καλιμπράρισμα σε ειδικούς θαλάμους, σταθερών μετεωρολογικών συνθηκών, από τον κατασκευαστή. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα-δεδομένα από την παραπάνω διαδικασία, τα οποία είναι μοναδικά για τον κάθε αισθητήρα, εγγράφονται σε μια μνήμη μοναδικής εγράφης (*One Time Programmable Memory - OTP*). Μέσω αυτής της τεχνικής ο κάθε αισθητήρας χρησιμοποιεί “προσωπικά” δεδομένα για την εσωτερική του ρύθμιση, με αποτέλεσμα την ακριβέστερη μέτρηση μεγεθών.

Για την σειριακή διασύνδεση χρησιμοποιείτε ένα σύγχρονο πρωτόκολλο δύο καλωδίων (*Serial Clock Input – Serial Data*) το οποίο είναι παρόμοιο με το γενικής χρήσης πρωτόκολλο I2C της εταιρία Philips. Ωστόσο, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ίδιες συναρτήσεις οδήγησης αφού υπάρχουν κάποιες ουσιαστικές διαφορές στην τρόπο ορισμού των δεδομένων των καταχωρητών ανάμεσα στα δύο πρωτόκολλα. Παρόλα αυτά ο αισθητήρας μπορεί να τοποθετηθεί πάνω στον ίδιο διάυλο δεδομένων μαζί με άλλα περιφερειακά (πρωτοκόλλου I2C), χωρίς να δημιουργεί προβλήματα διασύνδεσης (εικόνα 13).



Εικόνα 13: Συνδεσμολογία του αισθητήρα SHT11

Στην εικόνα 14 που ακολουθεί βλέπουμε, σκιαγραφημένη με κίτρινο χρώμα, την προτεινόμενη περιοχή λειτουργίας του αισθητήρα. Η μακρόχρονη έκθεση του αισθητήρα σε τιμές εκτός αυτής της περιοχής και ειδικά σε υγρασία μεγαλύτερη των >80%RH θα προκαλούσε μια ολίσθηση στις μετρούμενες τιμές, δημιουργώντας μεγαλύτερο σφάλμα μέτρησης. Φυσικά, αν ο αισθητήρας επέστρεφε στην προτεινόμενη περιοχή λειτουργίας, τότε το σφάλμα θα άρχιζε να μειώνετε έως ότου επιστρέψει στην αρχική του τιμή την οποία περιγράφει ο κατασκευαστής.



Εικόνα 14: Διάγραμμα ορίων λειτουργίας του αισθητήρα SHT11

3.3 Κύκλωμα επικοινωνίας συστήματος - υπολογιστή

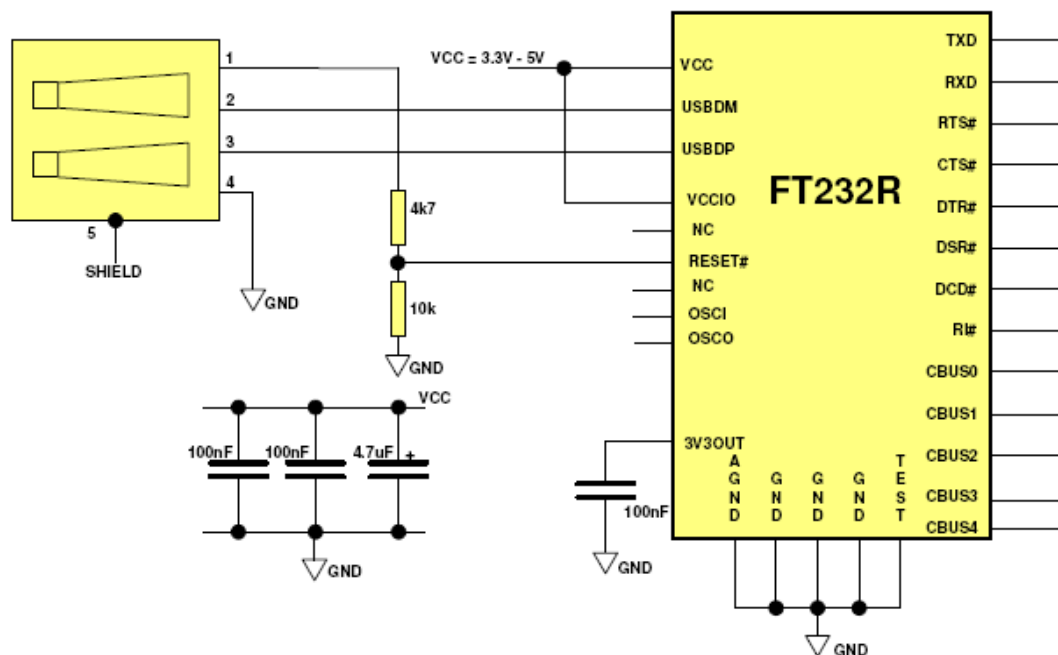
Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στον σχεδιασμό νέων ενσωματωμένων συστημάτων είναι η επιλογή της θύρας επικοινωνιών για την διασύνδεση με τον υπολογιστή του χρήστη. Τα δύο πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα για αυτές τις διασυνδέσεις είναι το πολυχρησιμοποιημένο RS232 και το πιο νέας τεχνολογίας USB. Αν και τα δύο προηγούμενα πρωτόκολλα είναι σειριακά και έχουν σχεδιαστεί για να συνδέουν περιφερειακές συσκευές με υπολογιστή, είναι τελείως διαφορετικά στον τρόπο λειτουργίας τους και στον σχεδιασμό τους, τόσο σε επίπεδο ηλεκτρονικών κυκλωμάτων αλλά και λογισμικού. Αυτό σημαίνει πως ένα απλό καλώδιο δεν είναι αρκετό για να ολοκληρώσει την σύνδεση ενός συστήματος που χρησιμοποιεί RS232 με ένα υπολογιστή που χρησιμοποιεί αποκλειστικά θύρες USB.

Εκτός από το πρόβλημα της μη άμεσης διασύνδεσης αυτών των δύο πρωτοκόλλων, αντιμετωπίζουμε και ένα δεύτερο. Τα περισσότερα συστήματα που στηρίζονται στην χρήση μικροελεγκτών μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα ρουτίνες που είναι πιο κοντά στο σειριακό πρωτόκολλο RS232 και όχι σε αυτό του USB. Φυσικά, από την προηγούμενη παραδοχή θα πρέπει να εξαιρέσουμε κάποιες από τις τελευταίες οικογένειες μικροελεγκτών οι οποίοι ενσωματώνουν λύσεις σε επίπεδο υλικού στο εσωτερικό του ολοκληρωμένου κυκλώματος, για την διασύνδεση με την USB θύρα. Ταυτόχρονα όμως, οι οικογένειες αυτές αυξάνουν αρκετά το κόστος χρήσης τους. Από την άλλη πλευρά, η πλειοψηφία των υπολογιστών εδώ και αρκετά χρόνια κάνει χρήση αποκλειστικά και μόνο τεχνολογιών που σχετίζονται με την USB θύρα.

Τη λύση στα δύο παραπάνω προβλήματα έρχονται να δώσουν ειδικοί μετατροπείς, που σαν στόχο έχουν να γεφυρώσουν τις δύο αυτές ασυμβατότητες. Αυτοί οι μετατροπείς περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα κυκλώματα και κατάλληλα προγράμματα οδήγησης (στην πλευρά του υπολογιστή) έτσι ώστε ο υπολογιστής να μπορεί να αναγνωρίσει ότι σε μία θύρα του συνδέθηκε ένα περιφερειακό USB. Αντίθετα, ο μικροελεγκτής χρησιμοποιεί απλές συναρτήσεις RS232 για να δεχτεί ή να αποστείλει δεδομένα.

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων μετατροπέων είναι και το ολοκληρωμένο κύκλωμα της εταιρίας FTDI, FT232RL (εικόνα 15). Πρόκειται για ένα γενικής χρήσης USB – UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) μετατροπέα που όμως ενσωματώνει κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά, απλοποιώντας έτσι την σχεδίαση και κυρίως μειώνοντας τα περιφερειακά εξαρτήματα που απαιτούνται για την σωστή λειτουργία του.

Κάποια από τα νέα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνει είναι η ενσωμάτωση στο εσωτερικό του ολοκληρωμένου κυκλώματος της μνήμης EEPROM, των τερματικών αντιστάσεων που απαιτούνται από την USB θύρα, καθώς επίσης και η δημιουργία εσωτερικού κυκλώματος χρονισμού, εξαλείφοντας έτσι την απαίτηση των περισσότερων μετατροπέων για εξωτερικό κρύσταλλο. Τέλος, η όλη του σχεδίαση στηρίχθηκε στην όσο το δυνατόν καλύτερη συνεργασία με τον USB διακομιστή, έτσι ώστε να χρησιμοποιεί το λιγότερο δυνατό εύρος ζώνης USB.



Εικόνα 15: Συνδεσμολογία του μετατροπέα FT232RL

Εισαγωγή του κυκλώματος 3

3.4 GSM ηλεκτρονική υπομονάδα

Μέσω αυτής της συσκευής (εικόνα 16) μπορούμε να συνδέσουμε το σύστημά μας οπουδήποτε στον κόσμο υπάρχει χρήση κινητών τηλεφώνων. Το μόνο που χρειάζεται για την σύνδεση του με τον τηλεπικοινωνιακό προμηθευτή, είναι μια κάρτα SIM (Subscriber Identity Module).

Η GSM ηλεκτρονική υπομονάδα ελέγχεται μέσω AT εντολών. Αυτό σημαίνει πως το μόνο που πρέπει να κάνουμε είναι να στείλουμε μια σειρά από χαρακτήρες, όπως για παράδειγμα “ATD +30697*****”, και τότε η ηλεκτρονική υπομονάδα θα εκτελέσει μια κλήση στο τηλέφωνο το οποίο θα αναγράψει η εντολή.



Εικόνα 16: Η GSM ηλεκτρονική υπομονάδα

Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά της GSM ηλεκτρονικής υπομονάδας που χρησιμοποιήθηκε είναι:

- GSM Quad Band
- Ενσωματωμένος υποδοχέας κάρτας SIM
- GPRS Class 10
- Embedded TCP/IP Stack
- Embedded FTP and SMTP Client
- 17mA average stand-by, 3.5mA in low-power mode
- 250mA average operating current
- Data, Voice, SMS, and Fax
- Data speeds up to 57.6kbps
- Τάση τροφοδοσίας: 3.4-4.2V
- MMCX Antenna Connector

3.5 Γενικής χρήσης θύρα επικοινωνιών

Κατά τον σχεδιασμό της αναπτυξιακής πλακέτας τοποθετήθηκε μια γενικής χρήσης πόρτα επικοινωνιών (*General Purpose Input/Output Port – GPIO Port*). Η λογική πίσω από την τοποθέτηση αυτής της πόρτας, έγκειται στο ότι η αναπτυξιακή πλακέτα θα έπρεπε να είναι όσο το δυνατόν πιο επεκτάσιμη. Έτσι κάνοντας χρήση αυτής της πόρτας επιτυγχάνετε η σύνδεση με άλλα αναπτυξιακά αλλά και άλλους αισθητήρες.

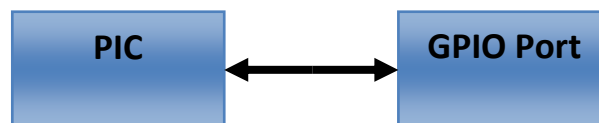
Τα περιφερειακά που μπορούν να συνδεθούν πάνω της ποικίλουν. Σε κάποιες περιπτώσεις θα μπορούσε να είναι ένας απλός διακόπτης ή ένα σύνολο από αυτούς οι οποίοι θα επιλέγουν τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του συστήματος, ορίζοντας έτσι την λειτουργία της πόρτας σαν είσοδο λογικών καταστάσεων στο σύνολο της. Σε κάποια άλλη περίπτωση οι ίδιοι ακροδέκτες εισόδου-εξόδου θα μπορούσαν να ελέγχουν κάποια φορτία (με χρήση κατάλληλου κυκλώματος οδήγησης) μετατρέποντας τους ακροδέκτες σε ψηφιακές εξόδους. Τέλος θα μπορούσαν να παίζουν τον ρόλο “μεταφραστών” διαφόρων πρωτοκόλλων επικοινωνίας από τυχόν αισθητήρες που θα συνδεθούν πάνω τους.

Είσοδος, έξοδος ή οποιοσδήποτε συνδυασμός των δύο προηγούμενων ο κώδικας είναι αυτός που θα ορίσει την λειτουργία της πόρτας σε επίπεδο ελέγχου. Όσο αφορά όμως τα ηλεκτρονικά χαρακτηριστικά της πόρτας τότε θα πρέπει να ανατρέξουμε στα φυλλάδια δεδομένων (*datasheet*) του μικροελεγκτή. Όπως βλέπουμε και στην εικόνα 17 που ακολουθεί έχουμε άμεση σύνδεση μεταξύ του μικροελεγκτή και της GPIO Port, αφού αποτελεί ουσιαστικά προέκταση των ακροδεκτών του μικροελεγκτή. Σαν συνέπεια ο μικροελεγκτής είναι αυτός που θα δώσει όλες τις ιδιότητες της γενικής χρήσης πόρτας επικοινωνιών. Για παράδειγμα με χρήση ελεγκτών της σειράς 16F της εταιρίας Microchip (σειρά που χρησιμοποιεί το αναπτυξιακό επίδειξης) οι δυνατότητες της πόρτας είναι καθαρά ψηφιακές ενώ αν χρησιμοποιούσαμε ελεγκτή της σειράς 18F τότε θα εισαγάγαμε και αναλογικά κανάλια μέτρησης.

Στον πίνακα 1, βλέπουμε τις συνδέσεις ανάμεσα στην γενικής χρήσης θύρα επικοινωνιών της αναπτυξιακής πλακέτας και τον μικροελεγκτή PIC 16F877A.

Πίνακας 1. Συνδεσμολογία της γενικής χρήσης θύρας επικοινωνιών

GPIO1	3.8V 2A
GPIO2	PIC pin D7
GPIO3	PIC pin B0 / INT
GPIO4	PIC pin B1
GPIO5	PIC pin B2
GPIO6	PIC pin B3
GPIO7	GND



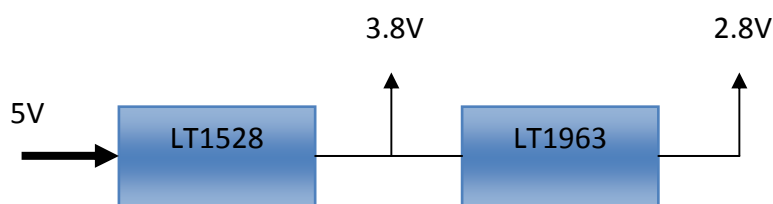
Εικόνα 17: Άμεσος τρόπος σύνδεσης της θύρας επικοινωνιών με τον PIC

3.6 Κύκλωμα τροφοδοσίας

Στον σχεδιασμό του κυκλώματος τροφοδοσίας δόθηκε ιδιαίτερη σημασία εξαιτίας της ιδιαιτερότητας των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της GSM υπομονάδας. Μία λανθασμένη σχεδίαση σε αυτό το κομμάτι του συστήματος, σε επίπεδο επιλογής των κατάλληλων υλικών αλλά και του σχεδιασμού του τυπωμένου κυκλώματος, θα επηρέαζε σημαντικά τις επιδόσεις του GM862 και ίσως να οδηγούσε μακροχρόνια στην καταστροφή του. Αναλογιζόμενοι όμως στο σημείο αυτό ότι πρόκειται για το πιο ακριβό στοιχείο του κυκλώματος μας (60Euros @ 100pcs) τότε αυτομάτως καταλαβαίνουμε την σημασία που έπρεπε να του δοθεί.

Αν και όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος μας μπορούν να λειτουργήσουν στην τάση του πρώτου σταθεροποιητή αποφασίστηκε η χρήση και δεύτερου σταθεροποιητή τάσης πάνω στο ίδιο τυπωμένο κύκλωμα. Σε αυτήν την απόφαση οδηγηθήκαμε λόγω μη συμβατότητας των τάσεων στο επίπεδο των λογικών καταστάσεων της σειριακής επικοινωνίας μεταξύ της GSM υπομονάδας και του μικροελεγκτή. Αν και η τυπική τάση λειτουργίας της υπομονάδας είναι τα 3.8V η τάση της σειριακής του θύρας είναι αυτήν των +2.8V UART (*Universal Asynchronous Receive Transmit*). Έτσι για την αποφυγή της χρήσης ενός μετατροπέα λογικών επιπέδων τάσης (*level translator circuit*) καταλήξαμε στη χρήση του δεύτερου σταθεροποιητή.

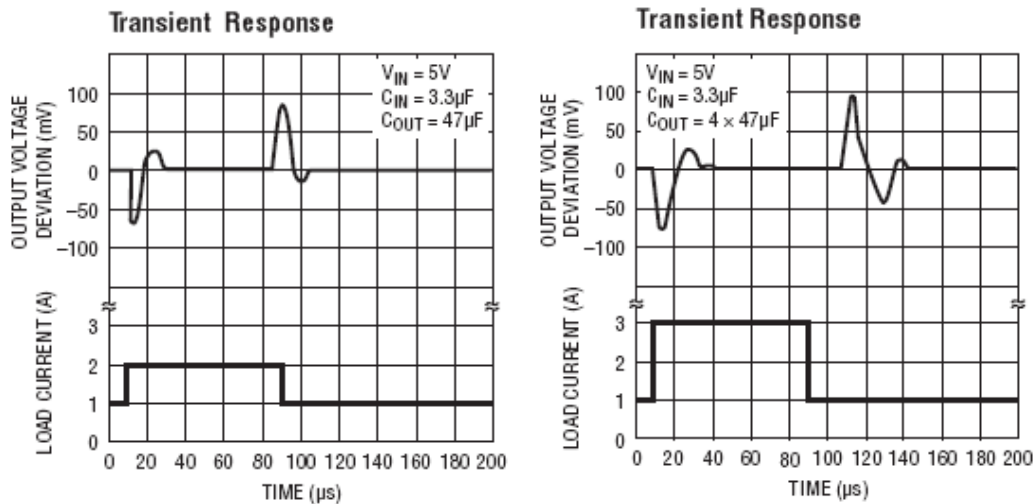
Στην εικόνα 18 βλέπουμε τον υποβιβασμό των τάσεων μετά την χρήση του κάθε σταθεροποιητή τάσης



Εικόνα 18: Συνδεσμολογία σε σειρά των δύο σταθεροποιητών τάσεως

LT1528: Πρόκειται για έναν 3A LDO (*Low Dropout*) σταθεροποιητή τάσης, ο οποίος είναι σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να χειρίζετε τα μεγάλλα ρεύματα λειτουργίας των περισσοτέρων μικροελεγκτών ή άλλων διακριτών στοιχείων. Η μικρή του πτώση τάσης εισόδου-εξόδου (600mV @ 3A) όπως επίσης και το μικρό ρεύμα ηρεμίας (400μΑ @ Working Mode, 125μΑ @ Shutdown Mode) τον καθιστούν κατάλληλο σε περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων όπου η κατανάλωση ενέργειας είναι εξαιρετικής σημασίας. Ο συγκεκριμένος σταθεροποιητής είναι διαθέσιμος σε εκδόσεις που παράγουν προκαθορισμένες σταθεροποιημένες τάσεις εξόδου (όπως αυτήν των 3.3V) αλλά παρέχεται επιπλέον και ένας εξωτερικός ακροδέκτης (*pin sense*) που μας επιτρέπει την ρύθμιση της τάσης εξόδου χρησιμοποιώντας έναν απλό διαιρέτη τάσης. Σε αυτήν την περίπτωση μπορούμε να πάρουμε σταθεροποιημένες τάσεις εξόδου ανάμεσα στα όρια των 3.3V-4.2V.

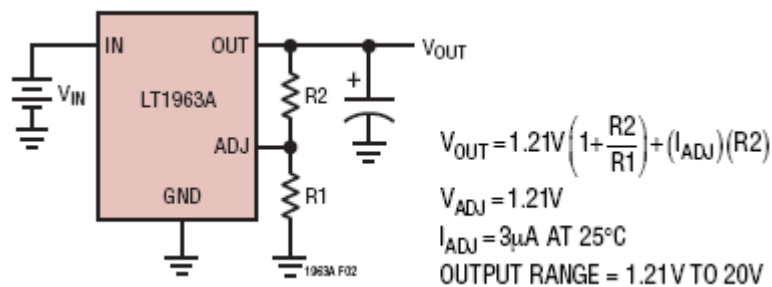
Η επιλογή των πυκνωτών εισόδου και εξόδου ήταν κρίσιμης σημασίας, κυρίως σε ότι αφορά την τιμή χωρητικότητας και ESR του πυκνωτή εξόδου. Η μικρότερη τιμή πυκνωτή που μπορεί να συνδεθεί στην έξοδο του σταθεροποιητή είναι αυτήν των 3.3μF με ESR μικρότερο των 2Ω, έτσι ώστε να μην παρουσιαστεί πρόβλημα ταλάντωσης της τάσης εξόδου. Φυσικά μεγαλύτερες τιμές στη χωρητικότητα του πυκνωτή εξόδου θα παρήγαγαν πιο ομαλές μεταβατικές καταστάσεις (εικόνα 19) κατά την διάρκεια περιόδων ζήτησης μεγάλων ρευμάτων από την GSM υπομονάδα. Για την καλύτερη διάμορφωση αυτών των μεταβατικών καταστάσεων χρησιμοποιήθηκαν επίσης και παρακαμπτήριοι πυκνωτές (*Bypass Capacitors*) σε όλα τα στοιχεία που τροφοδοτούνται από συγκεκριμένο σταθεροποιητή. Τέλος η επιλογή του πυκνωτή εισόδου ήταν πιο ελεύθερη αφού είναι κρίσιμης σημασίας μόνο αν η πηγή τροφοδοσίας του σταθεροποιητή απέχει περισσότερο από 15 εκατοστά. Στα παρακάτω διαγράμματα μεταβάσεων μπορούμε να δούμε την συμπεριφορά της τάσης εξόδου σε σχέση με την επιλογή των τιμών χωρητικότητας του πυκνωτή εξόδου.



Εικόνα 19: Διαγράμματα μεταβατικών καταστάσεων του σταθεροποιητή LT1528

LT1963A: Είναι ο δεύτερος κατά σειρά σταθεροποιητής τάσης (εικόνα 20) που χρησιμοποιείτε στο σύστημα μας και είναι υπεύθυνος για την τροφοδοσία όλως των στοιχείων του τυπωμένου κυκλώματος εκτός της GSM υπομονάδας. Η διάταξη μπορεί να παρέχει 1.5A ρεύματος με πτώση τάσης εισόδου-εξόδου μόλις 350mV και είναι βελτιστοποιημένος για γρήγορες μεταβατικές καταστάσεις. Το ρεύμα τροφοδοσίας του είναι 1mA σε κανονική λειτουργία ενώ πέφτει στα <math><1\mu A</math> κατά την διάρκεια απενεργοποίησης του. Για την επιλογή των πυκνωτών εισόδου και εξόδου του σταθεροποιητή συμβουλευτήκαμε τα φυλλάδια δεδομένων του κατασκευαστή.

Τέλος, ο συγκεκριμένος σταθεροποιητής τάσης παρέχει κάποιες περαιτέρω λειτουργίες όπως για παράδειγμα, προστασία από ανάστροφες τάσεις αλλά και αυτόματη διακοπή λειτουργίας του σε περίπτωση υπερθέρμανσης του. Φυσικά, για την πλήρης κατανόηση των λειτουργιών θα πρέπει να ανατρέξουμε στα φυλλάδια δεδομένων του κατασκευαστή (www.linear.com).



Εικόνα 20: Συνδεσμολογία και συναρτήσεις μεταφοράς του σταθεροποιητή LT1963A

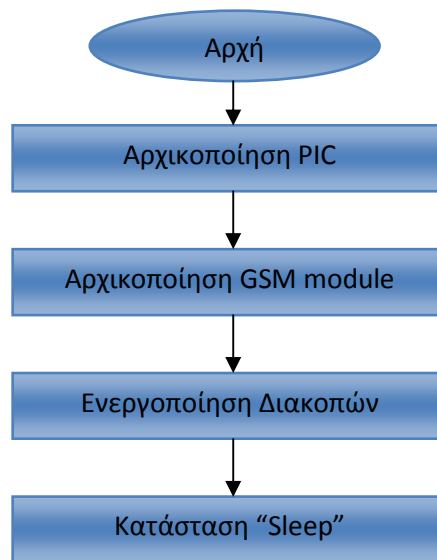
4. Λογισμικό (Software)

Η λειτουργία του όλου συστήματος στηρίχτηκε πάνω σε ένα αρκετά συμπαγές κώδικα γραμμένο σε γλώσσα C και μεταγλωττισμένο μέσω του μεταφραστή (*compiler*) της εταιρίας Custom Computer Services (CCS έκδοση 4.057). Ο συγκεκριμένος μεταφραστής χρησιμοποιήθηκε κυρίως λόγω των έτοιμων συναρτήσεων που προσφέρει για την παραμετροποίηση των μικροελεγκτών PIC (Programmable Intelligent Computer) της εταιρίας Microchip αλλά και των ευρέως διαδεδομένων περιφερειακών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που μπορούν να συνδεθούν πάνω σε αυτούς τους μικροελεγκτές. Ανεξαρτήτως της ευκολίας που προσφέρει μέσω των έτοιμων συναρτήσεων, ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα του είναι η αποδοτικότητα αυτού ως προς το μέγεθος του παραγόμενου αρχείου για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή (hex file). Αυτό το αρχείο σε πολλές περιπτώσεις είναι αρκετά μεγαλύτερο από τα αντίστοιχα που παράγονται από ίδιου τύπου μεταγλωττιστές με αποτέλεσμα να δημιουργείται προβλήματα σε περιπτώσεις που το μέγεθος της μνήμης προγράμματος του μικροελεγκτή δεν έχει το ανάλογο εύρος.

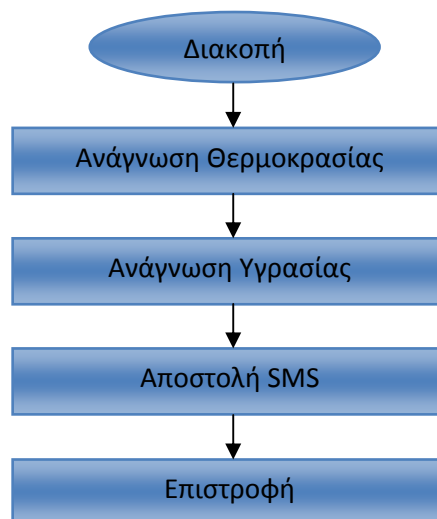
Η βασική λογική πίσω από την λειτουργία του κώδικα φαίνεται στο διάγραμμα ροής 1. Όπως μπορούμε να δούμε έχουμε τέσσερα στάδια. Στα δυο πρώτα εκτελούνται οι αρχικοποιήσεις του μικροελεγκτή και της GSM υπομονάδας. Στο τρίτο στάδιο έχουμε την ενεργοποίηση των διακοπών ενώ στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο ο μικροελεγκτής μπαίνει σε κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας (κατάσταση sleep). Σε αυτήν την κατάσταση βασικές λειτουργίες του PIC απενεργοποιούνται και έτσι η κατανάλωση του πέφτει στα μερικά μA .

Από την κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας ο μικροελεγκτής μπορεί να βγει μόνο αν έρθει το κατάλληλο σήμα διακοπής στον ακροδέκτη #B0 της πόρτας B. Ο συγκεκριμένος ακροδέκτης είναι άμεσα συνδεδεμένος με το pin #Buzer της GSM υπομονάδας, το οποίο παράγει τετραγωνικούς παλμούς κάθε φορά που έχουμε μία εισερχόμενη κλήση. Έτσι σε κάθε εισερχόμενη κλήση ο τετραγωνικός παλμός οδηγεί τον ακροδέκτη σκανδαλισμού διακοπής του μικροελεγκτή, υποχρεώνοντας τον να εκτελέσει τη συνάρτηση διακοπών, όπου μέσα σε αυτήν θα γίνει ανάγνωση των τιμών των αισθητήρων (θερμοκρασίας και υγρασίας) και η αποστολή του μηνύματος στον προκαθορισμένο από τον κώδικα αριθμό τηλεφώνου (διάγραμμα ροής 2).

Διάγραμμα ροής 1. Στάδια λειτουργίας του λογισμικού



Διάγραμμα ροής 2. Στάδια λειτουργίας της συνάρτησης διακοπών (Interrupts function)



4.1 Αρχικοποίηση του μικροελεγκτή PIC

Μέσω των παρακάτω γραμμών κώδικα στην επικεφαλίδα του προγράμματος C ορίζουμε τις παραμέτρους λειτουργίας του μικροελεγκτή:

Κώδικας 1. Αρχικοποίηση του μικροελεγκτή PIC

```
#include <16f877A.h>  
#FUSES XT, NOWDT, PUT, NOPROTECT, BROWNOUT, NOLVP, NOCPD, NOWRT  
#use delay (clock = 4000000)  
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,stream=module)
```

Η εντολή `include` ορίζει τον τύπο του μικροελεγκτή που θα χρησιμοποιήσουμε έτσι ώστε να έχουμε πρόσβαση σε συγκεκριμένες συναρτήσεις του μεταγλωττιστή αλλά και για να παραχθεί κατάλληλα το τελικό αρχείο για τον προγραμματισμό.

Οι δύο τελευταίες γραμμές κώδικα αναφέρονται στον εξωτερικό κρύσταλλο χρονισμού (4Mhz) αλλά και στον ορισμό της ασύγχρονης σειριακής θύρας για την επικοινωνία με την GSM υπομονάδα.

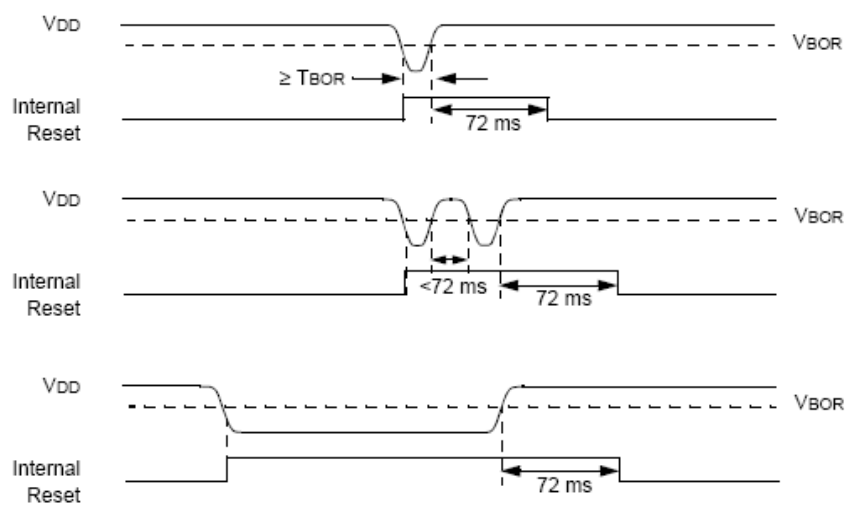
Τέλος, η γραμμή ορισμού των ασφαλειών (*fuses*) μέσω ψευδοεντολών, είναι από τις πιο σημαντικές σε αυτό το κομμάτι του κώδικα. Μέσω αυτής προσδιορίζουμε τον τρόπο λειτουργίας κάποιων εσωτερικών υποσυστημάτων του μικροελεγκτή.

Ο πίνακας 2, περιγράφει την λειτουργία αυτών των ψευδοεντολών ενώ για την κατάσταση επαναφοράς Brown-Out Reset δίνεται μια πιο εκτεταμένη ανάλυση.

Πίνακας 2: Περιγραφή λειτουργίας των ψευδοεντολών αρχικοποίησης του PIC

Ψευδοεντολή	Λειτουργία
ΧΤ	Εξωτερικός κρύσταλλος χρονισμού
NOWDT	Απενεργοποίηση του Watchdog Timer
<i>NOPROTECT</i>	Μπορεί να γίνει ελεύθερη ανάγνωση του κώδικα προγράμματος
<i>NOLVP</i>	Δεν χρησιμοποιείται χαμηλής τροφοδοσίας προγραμματισμός και έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το pin B3 της πόρτας B σαν γενικής χρήσης είσοδο – έξοδο
<i>NOCPD</i>	Καμία προστασία (εγγραφή, διαγραφή, ανάγνωση) στην εσωτερική μνήμη EEPROM
<i>NOWRT</i>	Καμία προστασία στην εγγραφή της μνήμης προγράμματος
<i>PUT</i>	Κατάσταση επαναφοράς που σχετίζεται με την καθυστέρηση εκκίνησης του PIC
<i>BROWNOUT</i>	Κατάσταση επαναφοράς που σχετίζεται με διακυμάνσεις της τάσης τροφοδοσίας

Brown-Out Reset: Είναι μια από τις πιο πολυχρησιμοποιημένες καταστάσεις επαναφοράς που περιλαμβάνονται σχεδόν σε όλους τους μικροελεγκτές. Η λειτουργία του βασίζεται σε ένα συγκριτή τάσης, ο οποίος συγκρίνει την τάση τροφοδοσίας του μικροελεγκτή με μια προκαθορισμένη τάση από τον κατασκευαστή. Αν η τάση τροφοδοσίας V_{DD} είναι μικρότερη της προκαθορισμένης τάσης V_{BOR} , τότε δημιουργείται ένας παλμός επαναφοράς ο οποίος διαρκεί χρονικό διάστημα t . Σκοπός αυτής της χρονοκαθυστερήσης είναι να δώσει αρκετό χρονικό διάστημα στην τάση τροφοδοσίας έτσι ώστε να επανέλθει στα κανονικά επίπεδα λειτουργίας.



Εικόνα 21: Λειτουργία επαναφοράς Brown-Out Reset

4.2 Αρχικοποίηση της ηλεκτρονικής υπομονάδας GSM

Η παρακάτω συνάρτηση (κώδικας 2) αρχικοποιεί την GSM υπομονάδα στέλνοντας σειριακές AT εντολές, έτσι ώστε να δουλεύει κατά τον τρόπο που ορίζουμε εμείς. Η κάθε εντολή αρχικοποίησης στέλνεται η μία πίσω από την άλλη με την πάροδο μικρών διαστημάτων χρόνο-καθυστέρησης έτσι ώστε η υπομονάδα να προλάβει να την εκτελέσει. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι αυτός δεν είναι ο πιο σωστός τρόπος αποστολής AT εντολών, αφού κανονικά μετά την αποστολή μιας εντολής θα πρέπει να διαβάζουμε την απάντηση που θα λάβουμε, έτσι ώστε να βεβαιωθούμε ότι αυτήν εκτελέστηκε σωστά ή να ενημερωθούμε για τις τιμές των νέων παραμέτρων λειτουργίας.

Η συνήθης απάντηση που παίρνουμε είναι ένα “OK” όσον αφορά τις χαμηλού επιπέδου εντολές που συνήθως δεν περιέχουν παραμέτρους ή δεν αλλάζουν κρίσιμης σημασίας δεδομένα για την λειτουργία του module, για παράδειγμα:

Αποστολή προς module: AT

Απάντηση από το module: OK

Φυσικά, ένας αριθμός εντολών ανταποκρίνεται με πιο εκτεταμένες απαντήσεις που μας πληροφορούν για τις νέες παραμέτρους της συσκευής ή για την εμφάνιση ενός γεγονότος όπως η λήψη ενός νέου SMS ή μια νέα εισερχόμενη κλήση, για παράδειγμα:

Αποστολή προς module: AT+CCLK?

Απάντηση από το module: +CCLK: "00/01/01,00:00:58"

Αποστολή προς module: AT#SERVINFO

**Απάντηση από το module: #SERVINFO: 849,-83,"GR
COSMOTE", "20201",13,0075,01,1,, "II",02,6**

Ο χρόνος εκτέλεσης της κάθε AT εντολής από την στιγμή που αυτήν θα δοθεί ως ότου δεχτούμε την απάντηση ποικίλει από εντολή σε εντολή αλλά και από το δίκτυο στο οποίο πιθανόν να αναφέρετε η συγκεκριμένη εντολή. Σαν συνέπεια των παραπάνω κάθε μια από τις εντολές έχει ένα συγκεκριμένο χρόνο εκτέλεσης (time-out response time) και αν αυτός ο χρόνος ξεπεραστεί χωρίς να εκτελεστεί σωστά η εντολή τότε μας δίνεται μια απάντηση σφάλματος (*error*). Οι χρόνοι αυτοί είναι συνήθως αρκετά μικροί, της τάξης των 100ms, για τις εντολές που αναφέρονται σε εσωτερικές ρυθμίσεις του module αλλά μπορούν να φτάσουν ως και τα 180s για εντολές που αλληλεπιδρούν με το δίκτυο GSM.

Στων κώδικα 2 που ακολουθεί βλέπουμε όλη την συνάρτηση αρχικοποίησης της GSM υπονομάδας

Κώδικας 2. Λειτουργία της συνάρτησης αρχικοποίησης της GSM υπομονάδας

```
void module_init()
{
fprintf(module,"ATE0\r\n");
delay_ms(200);
fprintf(module,"AT+IPR=9600\r\n");
delay_ms(200);
fprintf(module,"AT&K0\r\n");
delay_ms(200);
fprintf(module,"AT+CMGF=1\r\n");
delay_ms(5000);
fprintf(module,"AT+CPMS=\"ME\"\r\n");
delay_ms(5000);
fprintf(module,"AT#GPIO=7,0,2\r\n");
delay_ms(200);
fprintf(module,"AT#SRP=3\r\n");
delay_ms(200);
output_high(led8);
}
```

Μια σύντομη περιγραφή για τις εντολές αρχικοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν έχουμε παρακάτω. Περισσότερες πληροφορίες για όλες τις AT εντολές αλλά και για την παραμετροποίηση αυτών μπορούμε να βρούμε στο δικτυακό τόπο της κατασκευάστριας εταιρίας της GSM υπομονάδος (www.telit.com).

ATE0: Απενεργοποίηση των λειτουργίας αντήχησης (echo) των AT εντολών. Αν η συγκεκριμένη εντολή είχε όρισμα 1 τότε σε κάθε μια AT εντολή που θα στέλναμε προς την ηλεκτρονική υπομονάδα θα παίρναμε αρχικώς σαν απάντηση την ίδια την εντολή και μετά την απάντηση που προκύπτει από την επεξεργασία αυτής.

AT+IPR=9600: Η συγκεκριμένη εντολή προκαθορίζει την ταχύτητα με την οποία η GSM υπομονάδα θα δέχεται εντολές από τον μικροελεγκτή. Αν θέλαμε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε την χρήση αυτής της εντολής αφού ο συγκεκριμένος τύπος υπομονάδας περιλαμβάνει κύκλωμα-αλγόριθμο αυτόματης αναγνώρισης του ρυθμού μεταφοράς δεδομένων (*auto baud rating system*). Για λόγους σταθερότητας όμως αποφασίστηκε η χρήση της.

AT&K0: Μέσω του ορίσματος μηδέν, θέτουμε ότι δεν θα υπάρχει έλεγχος ροής σε επίπεδο ηλεκτρονικών κυκλωμάτων για την σειριακή θύρα

AT+CMGF=1: Ορίζουμε ότι θα δουλέψουμε σε επίπεδο κειμένου όσον αφορά τη διαχείριση των σύντομων γραπτών μηνυμάτων.

AT+CPMS="ME": Ορίζουμε ως χώρο αποθήκευσης την εσωτερική μνήμη της ηλεκτρονικής υπομονάδος GSM.

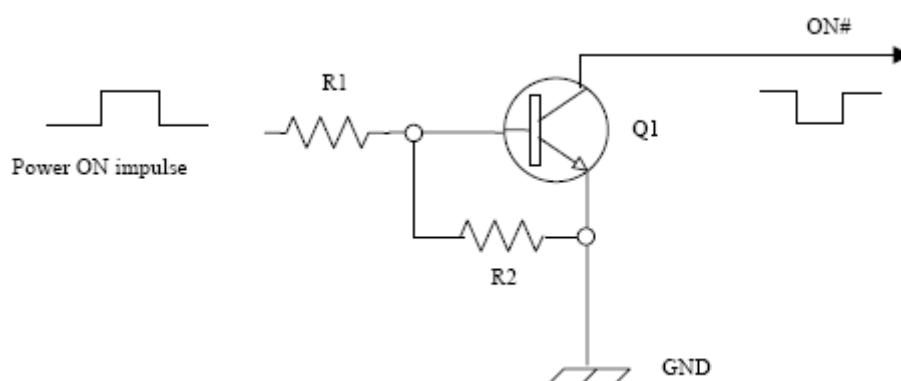
AT#GPIO=7,0,2: Μέσω αυτής της εντολής μπορούμε να αλλάξουμε την συμπεριφορά κάποιων από τους γενικής χρήσης ακροδεκτών.

AT#SRP=3: Ορίζει την κατεύθυνση του ήχου κλήσης. Αυτός θα μπορούσε να οδηγηθεί ή στον ακροδέκτη #Buzzer ή σε άλλο γενικής χρήσης ακροδέκτη.

4.3 Διαδικασία ενεργοποίησης της ηλεκτρονικής υπομονάδας GSM

Για να ενεργοποιήσουμε την GSM υπομονάδα, ο ακροδέκτης #ON θα πρέπει να οδηγηθεί σε λογικό “0” για τουλάχιστον ένα δευτερόλεπτο και μετά να επιστρέψει στην αρχική λογική κατάσταση του. Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να καταναλώσει (το pin #ON) είναι της τάξεως των 100mA και αυτό σημαίνει πως δεν μπορούμε να κάνουμε απευθείας οδήγηση από τον μικροελεγκτή μας αλλά και γενικότερα από τα ευρέως διαδεδομένα ψηφιακά κυκλώματα.

Για αυτόν ακριβώς τον λόγο η απευθείας σύνδεση του μικροελεγκτή με το module αποφεύχθηκε και ενδιάμεσα στις δύο μονάδες τοποθετήθηκε ένα απλό κύκλωμα οδήγησης αποτελούμενο από ένα NPN τρανζίστορ (εικόνα 22). Το κύκλωμα οδηγείται από έναν παλμό θετικού μετώπου παραγόμενο από τον PIC και στην έξοδο του κυκλώματος παίρνουμε τον απαιτούμενο παλμό αρνητικού μετώπου που χρειαζόμαστε για την ενεργοποίηση του module.



Εικόνα 22: Κύκλωμα ενεργοποίησης της υπομονάδας GSM

Για να ελέγξουμε αν η ηλεκτρονικά υπομονάδα έχει ενεργοποιηθεί αρκεί να κοιτάξουμε την λογική κατάσταση του ακροδέκτη #PWRMON. Ο συγκεκριμένος ακροδέκτης μετά από χρονικό διάστημα 900ms, από τον παλμό ενεργοποίησης, θα πρέπει να είναι σε λογική κατάσταση “1”. Αν αυτό συμβεί τότε θεωρείτε ότι η ηλεκτρονική υπομονάδα GSM έχει πλέον ενεργοποιηθεί και έτσι μπορούμε να προχωρήσουμε σε περεταίρω ενέργειες για την παραμετροποίηση και τέλος την αποστολή SMS. Αν αυτό όμως δεν συμβεί τότε θα πρέπει να εκτελέσουμε ξανά την διαδικασία ενεργοποίησης που περιγράφηκε παραπάνω, έως ότου να έχουμε λογικό “1” στο ακροδέκτη #PWRMON.

Σε περίπτωση βλάβης, η ηλεκτρονική υπομονάδα δεν θα μπορέσει να ενεργοποιηθεί. Έτσι για να καταφέρουμε να συμπεριλάβουμε αυτήν την περίπτωση στο πρόγραμμά μας και για να αποφύγουμε έναν ατέρμονο βρόγχο ελέγχου του pin #PWRMON, εισήχθηκε μια μεταβλητή ελέγχου που μετράει το πόσες φορές έχει εκτελεστεί η διαδικασία εκκίνησης. Αν ο αριθμός εκτέλεσης της διαδικασίας γίνει ίσος με 5 τότε το πρόγραμμα σταματάει να εκτελείται και ένα ενδεικτικό led μας πληροφορεί για την αποτυχία εκκίνησης.

Η όλη αυτή διαδικασία ελέγχεται μέσω της παρακάτω συνάρτησης (κώδικας 3), ενώ το διάγραμμα ροής 3 που ακολουθεί δίνει μια πιο εποπτική ματιά της διαδικασίας που περιγράφηκε παραπάνω.

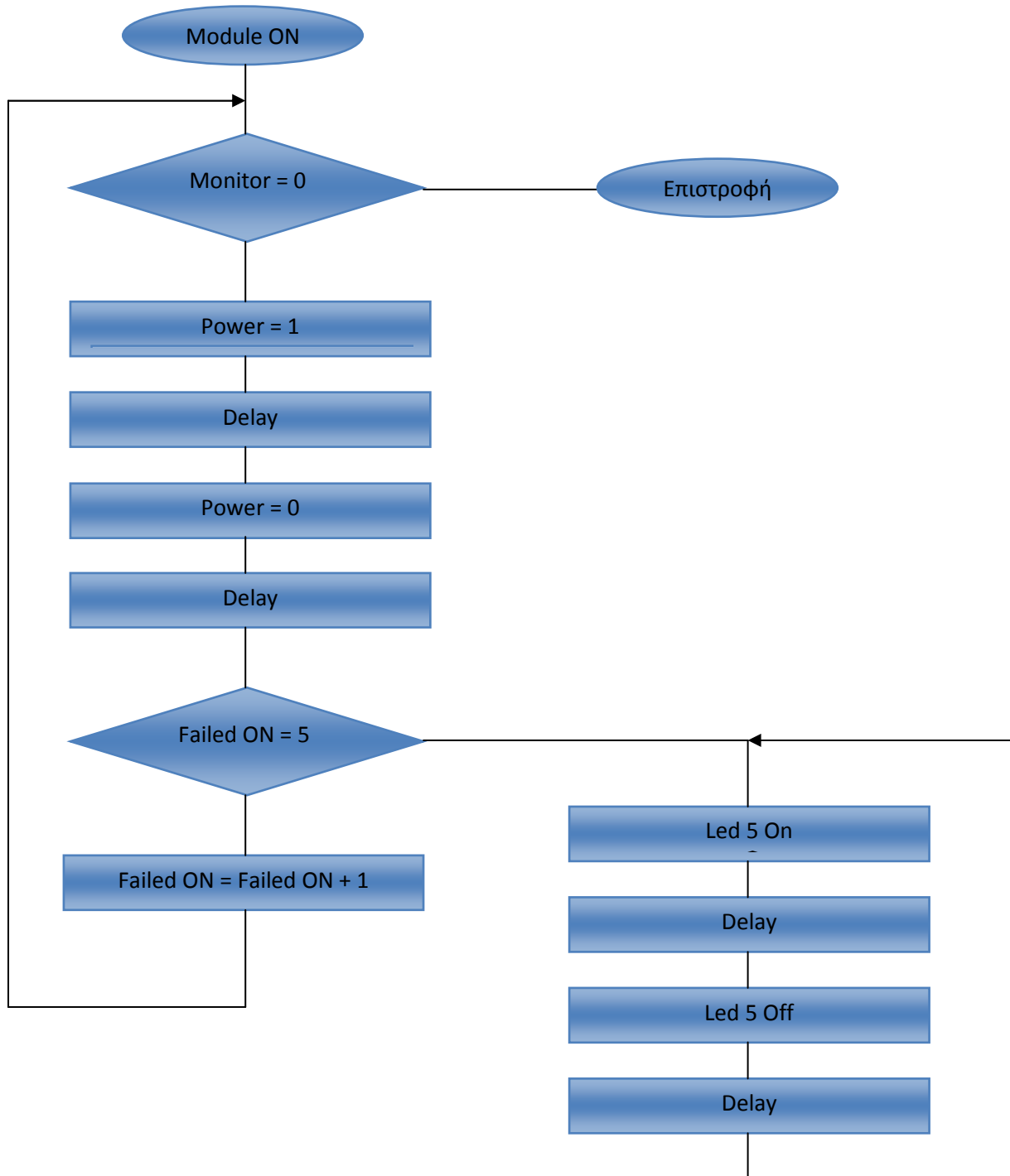
Κώδικας 3. Λειτουργία της συνάρτησης ενεργοποίησης της GSM υπομονάδας

```
void module_on()
{
  int failed_on=1;

  while(input(monitor)==0)
  {
    output_high(power);
    delay_ms(1300);
    output_low(power);
    delay_ms(1200);

    if(failed_on == 5)
    {
      while(1)
      {
        output_high(led5);
        delay_ms(400);
        output_low(led5);
        delay_ms(400);
      }
    }
    failed_on = failed_on + 1;
  }
}
```


Διάγραμμα ροής 3. Λειτουργία της συνάρτησης ενεργοποίησης της GSM υπομονάδας



4.4 Διαδικασία επαναφοράς της ηλεκτρονικής υπομονάδας GSM

Όπως σε όλα τα ψηφιακά συστήματα, έτσι και εδώ πριν από την έναρξη κάθε νέας λειτουργίας του κυκλώματος πραγματοποιείτε μια διαδικασία επαναφοράς (*reset*) έτσι ώστε να έχουμε τις σωστές τιμές εκκίνησης σε όλους τους καταχωρητές. Στο συγκεκριμένο σύστημα η διαδικασία και το κύκλωμα επαναφοράς (εικόνα 22) είναι παρόμοια με τη διαδικασία ενεργοποίησης της GSM ηλεκτρονικής υπομονάδας, με τη μόνη διαφορά ότι εδώ δεν έχουμε κάποιο ακροδέκτη ελέγχου (όπως το #PWMON) για να ελέγξουμε αν η διαδικασία έγινε σωστά.

Θα πρέπει να προσέξουμε πως κάθε φορά που εκτελείται αυτή η διαδικασία όλοι οι καταχωρητές παίρνουν τις αρχικές τους τιμές (που δεν είναι απαραίτητα οι λογικές καταστάσεις “0”) και ταυτόχρονα η ηλεκτρονική υπομονάδα του GSM αποσυνδέεται από το δίκτυο (αν ήταν προηγουμένως συνδεδεμένο) χωρίς όμως να στείλει την εντολή αποσύνδεσης προς τον πάροχο κινητής τηλεφωνίας. Αυτό είναι κάτι που δεν προβλέπεται από το πρωτόκολλο επικοινωνίας GSM και έτσι μια τέτοια διαδικασία θα πρέπει να αποφευχθεί σε κανονική χρήση της συσκευής και να χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις κάποιου σοβαρού σφάλματος, όπως μια λάθος εντολή που θα κάνει την συσκευή να αναμένει επ’ αόριστο για ένα γεγονός το οποίο όμως δεν θα πραγματοποιηθεί.

5. Περαιτέρω ανάπτυξη

Στις προηγούμενες σελίδες περιγράφηκε η λειτουργία ενός συστήματος αποστολής δεδομένων καιρού μέσω του δικτύου GSM, το οποίο είναι ακόμα σε πρωτότυπη μορφή. Όπως είναι φυσικό κάθε πρωτότυπο σύστημα κατασκευάζεται με σκοπό να γίνει η πρώτη ανάπτυξη της τελικής κατασκευής και έτσι να βρεθούν λάθη πάνω στα ηλεκτρονικά κυκλώματα και το λογισμικό του συστήματος, καθώς επίσης και να βρεθούν λύσεις και ιδέες για την περαιτέρω βελτίωση και ανάπτυξη του. Κάποιες από τις βελτιώσεις που θα προτείναμε είναι η ενεργειακή αυτονομία του, η τοποθέτηση φιλικότερης διασύνδεσης χρήστη-συστήματος και τέλος η αποστολή των δεδομένων καιρού που συλλέγει, στο internet κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου GPRS.

5.1 Ενεργειακή αυτονομία

Αν αναλογιστούμε την φύση του συστήματος τότε θα καταλάβουμε ότι η εγκατάσταση του θα γίνεται σε τοποθεσίες όπου η πρόσβαση σε ενεργειακά δίκτυα θα είναι από δύσκολη ως και αδύνατη. Αν όμως χρησιμοποιούσαμε τον ήλιο για να αντλήσουμε ενέργεια μέσω ενός ηλιακού πάνελ και των κατάλληλων κυκλωμάτων, τότε θα ήταν δυνατό να εγκαταστήσουμε τον μετεωρολογικό μας σταθμό σχεδόν οπουδήποτε μπορούμε να φανταστούμε κάνοντας τον έτσι ενεργειακά αυτόνομο.

Ενώ παλαιότερα η χρήση αυτής της μορφής ενέργειας φαινόταν σαν νεοτερισμός με το κόστος της να είναι αρκετά υψηλό, πλέον έχει αρχίσει να γίνεται μέρος της καθημερινής μας ζωής και πολλές φορές είναι η ζητούμενη πηγή ενέργειας για την τροφοδοσία των καθημερινών μας αναγκών. Φυσικά, η εξέλιξη αυτής της τεχνολογίας στις μέρες μας σε συνδυασμό με τις νέες καινοτόμες ιδέες στον σχεδιασμό των κυκλωμάτων και στην εξοικονόμηση ενέργειας έχουν μειώσει το κόστος και έχουν ανοίξει νέες αγορές για την εκμετάλλευσή της. Πλέον είναι μόνο θέμα χρόνου έως ότου όλο και περισσότεροι ενεργειακοί καταναλωτές να γίνουν αυτόνομοι χρησιμοποιώντας αποκλειστικά τον ήλιο για τις ενεργειακές τους ανάγκες.

5.2 Νέα διασύνδεση χρήστη-συστήματος (HID)

Με τον όρο HID (*Human Interface Device*) εννοούμε μια υπολογιστική συσκευή η οποία αλληλεπιδρά άμεσα, είτε δεχόμενη δεδομένα είτε αποστέλλοντας τα, με τον άνθρωπο. Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε αρχικός από την εταιρία Microsoft κατά την διάρκεια ανάπτυξης της θύρας USB αλλά πλέον χρησιμοποιείται ευρύτερα για να περιγράψει τις διασυνδέσεις χρήστη-συστήματος.

Στο δικό μας πρωτότυπο σύστημα μπορούμε να πούμε ότι η διασύνδεση χρήστη-συστήματος είναι μέσω των σύντομων γραπτών μηνυμάτων (*SMS*). Μέσω αυτών, μπορούμε να δούμε την κατάσταση του συστήματος μας λαμβάνοντας δεδομένα και μέσω των αναπάντητων κλήσεων στέλνουμε την απαραίτητη εντολή, ολοκληρώνοντας έτσι τον όρο HID. Όμως η συγκεκριμένη διασύνδεση είναι περιορισμένων δυνατοτήτων, με κυριότερο μειονέκτημα της αυτό του κόστος χρήσης της. Στην περίπτωση όμως που θα θέλαμε μια φθηνή διασύνδεση, όταν ο χρήστης είναι μπροστά από το σύστημα, τότε η χρήση μιας οθόνης (αλφαριθμητική ή γραφικών) και ενός τυπικού συστήματος διακοπών για την αποστολή των εντολών είναι η καλύτερη λύση.

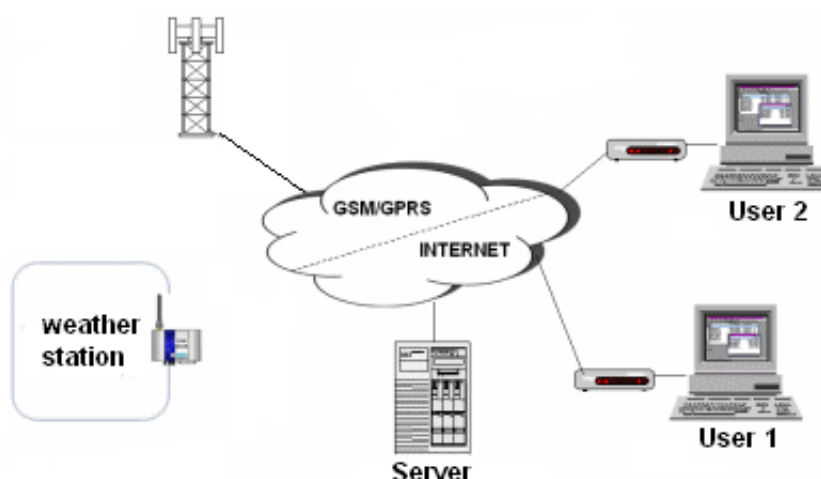
Η όλη ανάπτυξη που έχει πραγματοποιηθεί στην κατασκευή φθηνών οθονών υγρών κρυστάλλων (*LCD - Liquid Crystal Displays*) με ενσωματωμένους ελεγκτές για ενσωματωμένα συστήματα, μας δίνει την δυνατότητα της εύκολης εισαγωγής της συγκεκριμένης διασύνδεσης στο σύστημα μας, ενώ τα νέα σειριακά πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι αρκετά εύκολα στον χειρισμό τους από τον ήδη υπάρχοντα μικροελεγκτή του συστήματος μας. Μια τέτοια διασύνδεση θα μπορούσε να τοποθετηθεί άμεσα στην ήδη υπάρχουσα αναπτυξιακή πλακέτα πειραματισμών κάνοντας χρήση της γενικής χρήσης πόρτας επικοινωνιών.

5.3 Αποστολή των δεδομένων μέσω GPRS

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι και αυτό το κομμάτι των περαιτέρω βελτιώσεων ανήκει στην προηγούμενη κατηγορία των HID. Το τοποθετήσαμε όμως σε διαφορετική ενότητα για τον λόγο της υψηλής σημασίας που δίνουμε σε αυτήν την διασύνδεση.

Όπως βλέπουμε και στην εικόνα 23, ο απομακρυσμένος μετεωρολογικός σταθμός θα μπορούσε να κάνει χρήση του ενσωματωμένου GPRS συστήματος και έτσι να αποστέλλει τα δεδομένα σε μία κατάλληλα σχεδιασμένη σελίδα του internet που θα είναι προσβάσιμη από οποιονδήποτε. Μέσω αυτής της σελίδας ο χρήστης θα είναι δυνατό να έχει από την οθόνη του υπολογιστή του μια πιο οπτική εικόνα των μεταβολών που συμβαίνουν στο κλίμα της περιοχής, να μελετήσει διαγράμματα που αλλάζουν σε πραγματικό χρόνο, να βλέπει εικόνα από το εν εξελίξει μετεωρολογικό φαινόμενο και τέλος να αποστέλλει εντολές ελέγχου στον μετεωρολογικό σταθμό.

Μια άλλη χρήση του δικτύου GPRS είναι η συλλογή και αποστολή των δεδομένων από ένα σύνολο μετεωρολογικών σταθμών σε απομακρυσμένους εξυπηρετητές δικτύου. Έτσι διάφοροι μετεωρολογικοί οργανισμοί ή εκπαιδευτικά ιδρύματα θα έχουν στην διάθεση τους μια πιο εκτεταμένη εικόνα της μεταβολής ευρύτερων μετεωρολογικών φαινομένων.



Εικόνα 23: Δομή ενός συστήματος μεταφοράς δεδομένων μέσω πρωτοκόλλου GPRS

6. Επίλογος

Μέσω της ανάπτυξης του μετεωρολογικού σταθμού που περιγράφηκε στις προηγούμενες σελίδες καταφέραμε να κάνουμε μια πρώτη εισαγωγή στα τηλεμετρικά συστήματα αποστολής και λήψης δεδομένων καθώς επίσης και να μελετήσουμε το πως μπορούμε να συλλέξουμε και έπειτα να διαχειριστούμε μια πληροφορία, όπως είναι τα δεδομένα καιρού.

Σε όλα τα στάδια εξέλιξης και κατασκευής του συστήματος αντιμετωπίστηκαν σφάλματα τόσο σε επίπεδο σχεδιασμού ηλεκτρονικών κυκλωμάτων αλλά και δόμησης του λογισμικού. Φυσικά, από όλη την διαδικασία εύρεσης της ιδέας κατασκευής, πειραματισμού για τον αν λειτουργεί σωστά και τέλος, εύρεσης και λύσης του σφάλματος, αποκομίστηκαν γνώσεις τόσο σε επίπεδο λειτουργίας των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων αλλά κυρίως του τρόπου εργασίας που πρέπει να ακολουθείται για να διεκπεραιώνεται σωστά ένα τέτοιο εγχείρημα.

7. Βιβλιογραφία

- Embedded Microprocessor Systems: Real World Design (Third Edition) – Newnes
- Designing embedded systems with PIC microcontrollers – Newnes
- Hardware firmware and software design – O G Pora

Application Notes / User guides

- GM862-GPS Hardware user guide (8th version) – Telit
- GSM Modules software user guide – Telit
- AT commands reference guide (5th version) – Telit
- 8-bit PIC Microcontrollers Solutions – Microchip
- PIC Microcontrollers Getting Started - Microchip
- SHT11 Sample Code – Sensirion

Διαδικτυακοί τόποι

- www.microchip.com
- www.telit.com
- www.sensirion.com
- www.ftdichip.com
- www.linear.com