



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**Σχεδιασμός και ανάπτυξη συστήματος
ενημέρωσης θέσεως στάθμευσης ΑΜΕΑ,
ενεργειακά αυτόνομου και χαμηλού
κόστους.**

Ρεκούμης Δημήτριος

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**Καθηγητής Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος (Επιβλέπων)
Καθηγητής Απόστολος Δόλλας
Αναπλ. Καθηγητής Ευύχιος Κουτρούλης**

Χανιά 2018

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Καλαϊτζάκη Κωνσταντίνο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω εξίσου και τους άλλους δύο καθηγητές του τμήματος, μέλη της εξεταστικής επιτροπής. Είχα την τύχη και την εμπειρία στην προπτυχιακή μου σταδιοδρομία να αποκτήσω γνώσεις - εφόδια και από τα τρία μέλη της επιτροπής, όλες εξίσου χρήσιμες για την εκπόνηση της εργασίας και όχι μόνο. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Ιωάννη Κατσίγιαννη και τους συμφοιτητές μου, Αγγελική Ευαγγελία Μαρίνη, Αργύρη Γαρδελάκο, Κωνσταντίνο Λουκάκη καθώς και την Ελένη Τρουπιώτη βοήθεια που μου παρείχαν. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου που με έχουν στηρίξει όλα αυτά τα χρόνια της ακαδημαϊκής μου πορείας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την γιατρό μου Μαρία Ψυλλάκη και το νοσηλευτικό προσωπικό που μου παρείχε εξαιρετική φροντίδα.

Πρόλογος

Δυστυχώς, στη χώρα μας, με την ανάπτυξη των εμπορικών δραστηριοτήτων, την διόγκωση της αστικής τάξης και τη συσσώρευση κεφαλαίων, και αφετέρου με την έντονη αύξηση μεγάλων μαζών του αγροτικού πληθυσμού σ' αυτές, η έντονη και απρογραμμάτιστη αστικοποίηση [1, p. 12] ήταν τόσο ραγδαία, που ο πολεοδομικός σχεδιασμός ουσιαστικά την αντιμετώπισε εκ των υστέρων. *Αποτέλεσμα* ήταν να δημιουργηθούν σοβαρά προβλήματα κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα (αυθαίρετες οικοδομές, κυκλοφοριακές δυσχέρειες, υψηλή οικιστική πυκνότητα κτλ.). Σε συνδυασμό με την αύξηση των αυτοκινήτων Ιδιωτικής Χρήσεως (ΙΧ) ανά νοικοκυριό τις τελευταίες δεκαετίες η εύρεση χώρου στάθμευσης δημιουργεί τεράστιο πρόβλημα στην καθημερινότητα των πολιτών.

Το πρόβλημα της μετακίνησης - μεταφοράς των εμποδιζόμενων ατόμων [1, p. 7] στις σύγχρονες πόλεις παραμένει έντονο, με αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα ζωής τους λόγω της μη ικανοποιητικής προσβασιμότητας στα ΜΜΜ (Μέσα Μαζικής Μεταφοράς), με συνεπεία την αποκλειστική χρήση ΙΧ. Από την άλλη, η αδιαφορία των οδηγών απέναντι στον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (ΚΟΚ) και ειδικότερα στον τρόπο στάθμευσης, δημιουργεί προβλήματα στα Άτομα με Αναπηρία (ΑμεΑ) τα οποία εμποδίζονται κατά τις μετακινήσεις τους εντός του αστικού ιστού. Παρότι, οι ποινές του ΚΟΚ αυστηροποιήθηκαν περαιτέρω, εντός του διανύοντα έτους, παρατηρείται η μη συμμόρφωση των οδηγών μ' αυτές [2].

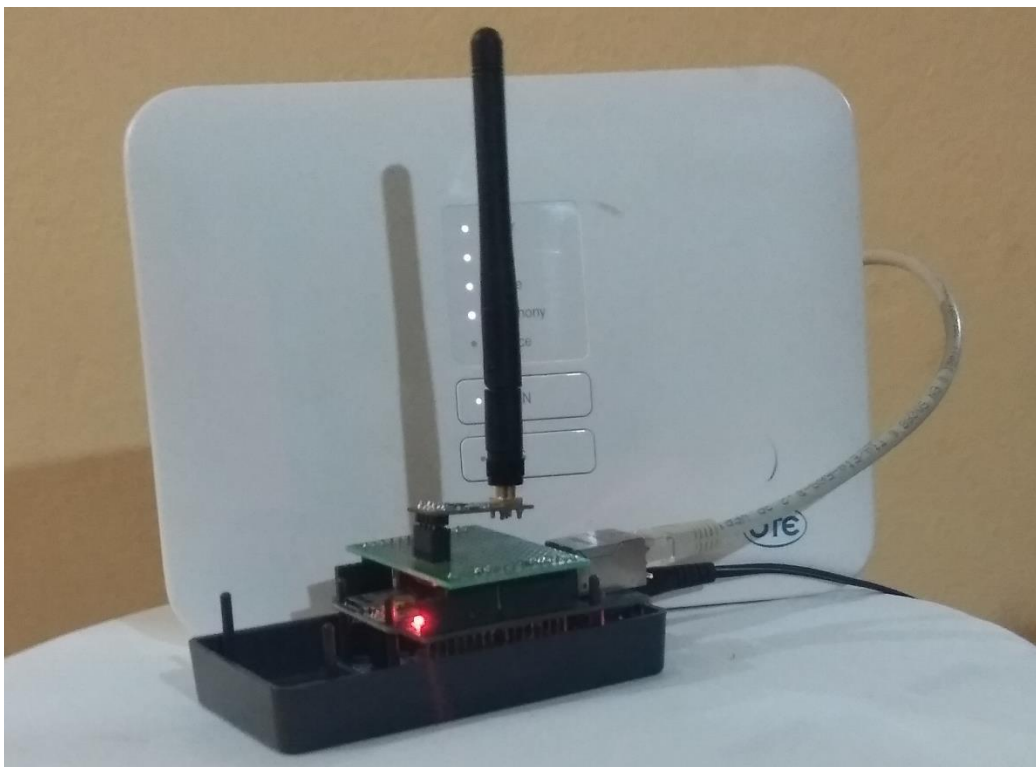
Οι εξελίξεις στην τεχνολογία πάντοτε υπήρξαν ένας καθοριστικός παράγοντας που σηματοδοτούσε σημαντικές αλλαγές στην πορεία της ανθρωπότητας με πολλαπλές επιδράσεις σε μία σειρά τομέων της ζωής των ανθρώπων όπως η υγεία, η μεταφορές κ.α.. Ιδιαίτερο και σημαντικό κομμάτι της τεχνολογικής ανάπτυξης είναι η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των ΑμεΑ. Μια τέτοια προσπάθεια γίνεται μέσω αυτής της διπλωματικής εργασίας ώστε αυτά τα άτομα και οι οικογένειες τους να είναι βέβαιοι θα μπορούν να σταθμεύουν χωρίς παρεμπόδιση στην προσωπική τους θέση, διαφορετικά να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα.

Το σύστημα αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο τοποθετείται στην στήλη σήμανσης της προσωποποιημένης θέσης (Εικόνα I), ελέγχει αν είναι κατειλημμένη και επικοινωνεί με το δεύτερο εντός της οικίας ασύρματα (Εικόνα II). Σκοπός του είναι να ενημερώνει τον ενδιαφερόμενο μέσω της εφαρμογής στις συσκευές κινητής τηλεφωνίας με λειτουργικό σύστημα Android (Εικόνα III) όταν της ζητηθεί. Αυτή η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα στον οποιοδήποτε που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο σύστημα, να εισάγει παραμέτρους ανάλογα με τις διαστάσεις του εκάστοτε χώρου σε βήματα και τον κατευθύνει για την βέλτιστη εγκατάσταση του εξωτερικού συστήματος, χωρίς να τον περιορίζει.

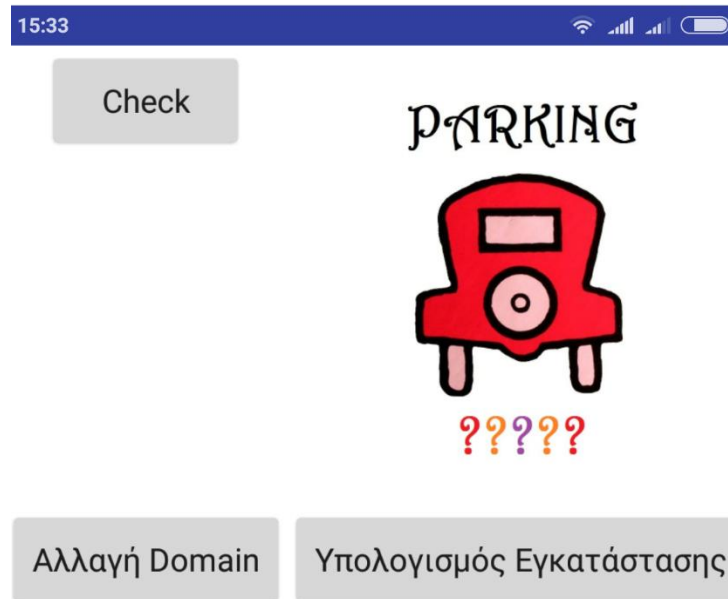
Τέλος, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην αυτονομία της συσκευής η οποία επιτυγχάνεται με την συμβολή φωτοβολταϊκών στοιχείων και συσσωρευτή. Αξίζει να αναφερθεί εδώ ότι λόγω της αυτόματης επαναφοράς στην αρχική κατάσταση σε τακτικά χρονικά διαστήματα το λογισμικό εγγυάται την εύρυθμη και απρόσκοπτη λειτουργία του.



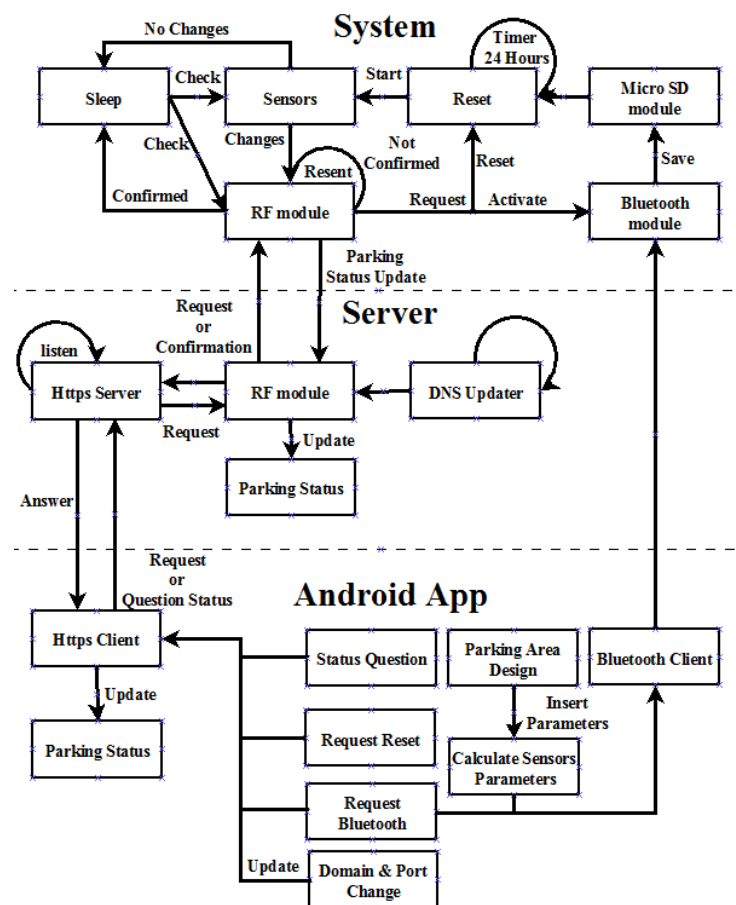
Εικόνα I Εξωτερικό σύστημα στη στήλη σήμανσης της θέσης στάθμευσης



Εικόνα II Server εντός της οικίας συνδέεται στον Δρομολογητή (router)



Εικόνα III Η εφαρμογή στη συσκευή με λειτουργικό σύστημα Android



Εικόνα IV Διάγραμμα ροής της λειτουργίας του συστήματος

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1	Εισαγωγή.....	10
1.2	Αντικείμενο της Πτυχιακής Εργασίας	10
1.3	Δομή της Εργασίας	11
2	Γενικές πληροφορίες	12
2.1	Ιστορική αναδρομή.....	12
2.2	Θέση στάθμευσης	12
2.3	Θέση Στάθμευσης Ατόμων με Αναπηρία	13
2.3.1	Δικαίωμα χρήσης.....	13
2.3.2	Σήμανση.....	14
2.3.3	Τεχνικές Προδιαγραφές	14
2.4	Ενσωματωμένα συστήματα.....	15
2.5	Μικροελεγκτής	15
2.6	Arduino.....	15
2.6.1	Μνήμη.....	16
2.6.2	Τροφοδοσία.....	17
2.6.3	Arduino Uno & NANO	17
2.7	Arduino Shields	19
2.8	Φωτοβολταϊκά Συστήματα	20
2.9	Ηλεκτρικός Συσσωρευτής	20
2.10	Τοποθεσία μελέτης	22
2.11	MIT App Inventor.....	23
2.11.1	Το σχεδιαστικό	24
2.11.2	Το προγραμματιστικό.....	24
2.12	Πλακέτες Τυπωμένων Κυκλωμάτων.....	25
2.12.1	Τυπωμένη πλακέτα διπλής όψης (double-sided PCB).....	26
2.12.2	Πρόγραμμα διάταξης πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος.....	26

2.12.3	Εργοστάσιο κατασκευής PCB	28
2.13	Ταχύτητα Διάδοσης Ηχητικών Κυμάτων	28
2.14	Διεύθυνση IP.....	29
2.14.1	Στατική & Δυναμική IP	29
2.14.2	Dynamic DNS.....	30
3	Ανάλυση Εξαρτημάτων	32
3.1	Εξαρτήματα	32
3.2	Αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20	32
3.2.1	1-Wire interface.....	34
3.2.2	Ημιαγωγικοί Αισθητήρες Θερμοκρασίας.....	35
3.3	Αισθητήρας Υπερήχων US015	36
3.4	Αναγνώστης MicroSD καρτών	38
3.5	Ασύρματος Πομποδέκτης HC-05 Bluetooth.....	39
3.5.1	Τεχνικά Χαρακτηριστικά	39
3.5.2	Δυνατότητες Πομποδέκτη	40
3.6	Ασύρματος Πομποδέκτης nRF24L01	42
3.6.1	Τεχνικά Χαρακτηριστικά	42
3.6.2	Δυνατότητες Πομποδέκτη	42
3.6.3	Τρόποι λειτουργίας.....	44
3.6.4	Ενεργειακή κατανάλωση	45
3.7	Ethernet Shield	47
3.7.1	Αναλυτική Περιγραφή.....	48
3.8	Watchdog	49
3.8.1	Soft & Hard Reset.....	50
3.8.2	Watchdog Timers	51
3.8.3	Watchdog & Arduino	51
3.8.4	Η αξιοπιστία και η διάδοση των Watchdog	53
3.8.5	Hardware Watchdog 555 Timers	53
3.8.6	Hardware Watchdog με δυαδικό μετρητή 4060.....	54
4	Σχεδιασμός Κατασκευής.....	57
4.1	Σχεδιασμός.....	57

4.2	Αυτόνομο Σύστημα Επίβλεψης Parking	57
4.2.1	Σύνδεση εξαρτημάτων με Arduino Nano	57
4.2.2	Πλακέτα Τυπωμένου Κυκλώματος	59
4.3	Διαμεσολαβητής Server	61
4.3.1	Σύνδεση εξαρτημάτων με Arduino Uno	61
4.4	Αυτονομία του Συστήματος.....	62
4.4.1	Κατανάλωση Συστήματος	62
4.4.2	Μπαταρία Μολύβδου – Οξέος.....	65
4.4.3	Φωτοβολταϊκό	67
4.4.4	Ρυθμιστής Φόρτισης Φωτοβολταϊκού	69
5	Προγραμματιστικό Σκέλος.....	73
5.1	Περιγραφή	73
5.2	Παραδοχές	73
5.3	Μείωση ενεργειακής κατανάλωσης	73
5.3.1	Απενεργοποίηση Εξαρτημάτων	74
5.3.2	Μετάβαση σε κατάσταση ύπνου	75
5.3.3	Επεμβατική φθορά της πλακέτας.....	76
5.4	Αξιοπιστία	76
6	Μελλοντικές Βελτιώσεις και Παρατηρήσεις.....	78
6.1	Παρατηρήσεις	78
6.2	Μελλοντικές Βελτιώσεις.....	78
7	Βιβλιογραφία.....	80

Πίνακας Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 2.1	ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΠΙΝΑΚΙΔΑ P71	13
ΕΙΚΟΝΑ 2.2	ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΠΙΝΑΚΙΔΑ P72	13
ΕΙΚΟΝΑ 2.3	ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΙΧ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ	14
ΕΙΚΟΝΑ 2.4	ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΑΜΕΑ.....	14
ΕΙΚΟΝΑ 2.5	ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΤΡΙΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΘΕΤΕΙ ΚΑΘΕ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ [19] 17	
ΕΙΚΟΝΑ 2.6	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΩΝ ARDUINO UNO [20]	18
ΕΙΚΟΝΑ 2.7	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΩΝ ARDUINO NANO [21]	19
ΕΙΚΟΝΑ 2.8	ΣΥΝΔΕΣΗ 64 ΡΕΛΕ (RELAY) ΚΑΙ LCD ΕΙΚΟΝΑΣ ΜΕ ΚΑΛΩΔΙΑ [22]	20
ΕΙΚΟΝΑ 2.9	ΣΥΝΔΕΣΗ 64 ΡΕΛΕ (RELAY) ΚΑΙ LCD ΕΙΚΟΝΑΣ ΜΕ SHIELD [22]	20
ΕΙΚΟΝΑ 2.10	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΒΕΛΟ [26]	22
ΕΙΚΟΝΑ 2.11	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΟ ΒΕΛΟ [26]	23
ΕΙΚΟΝΑ 2.12	ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΤΟΥ MIT APP INVENTOR	24
ΕΙΚΟΝΑ 2.13	ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΤΟΥ MIT APP INVENTOR	25
ΕΙΚΟΝΑ 2.14	ΕΙΚΟΝΙΚΟ BREADBOARD ΤΟΥ FRITZING.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 2.15	ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ FRITZING	27
ΕΙΚΟΝΑ 2.16	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ PCB ΤΟΥ FRITZING.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 2.17	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ	30
ΕΙΚΟΝΑ 3.1	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ DALLAS [36]	32
ΕΙΚΟΝΑ 3.2	ΚΥΚΛΩΜΑ BROKAW CELL	36
ΕΙΚΟΝΑ 3.3	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ US015 [39]	36
ΕΙΚΟΝΑ 3.4	ΣΗΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ US015	37
ΕΙΚΟΝΑ 3.5	MICRO SD CARD ADAPTER READER MODULE	38
ΕΙΚΟΝΑ 3.6	WIRELESS SERIAL 6 PIN BLUETOOTH RF TRANSCEIVER MODULE HC-05.....	39
ΕΙΚΟΝΑ 3.7	NRF24L01 MODULE & SMA ANTENNA FOR ARDUINO	42
ΕΙΚΟΝΑ 3.8	ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΠΟΜΠΟΔΕΚΤΗ NRF24L01.....	44
ΕΙΚΟΝΑ 3.9	ARDUINO ETHERNET SHIEL	47
ΕΙΚΟΝΑ 3.10	ΈΝΑΣ ΦΡΟΥΡΟΣ ΕΝ ΔΡΑΣΕΙ.....	49
ΕΙΚΟΝΑ 3.11	ΚΥΚΛΩΜΑ MONOSTABLE TIMER 555	53
ΕΙΚΟΝΑ 3.12	ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΩΝ Q ₄₋₇ ΜΕ ΕΙΣΟΔΟ ΑΠΟ ΕΝΑΝ ΣΤΑΘΕΡΟ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗ	54
ΕΙΚΟΝΑ 3.13	ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ARDUINO ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΟΥΣ ΧΡΟΝΟΥΣ	55
ΕΙΚΟΝΑ 4.1	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ARDUINO NANO	59
ΕΙΚΟΝΑ 4.2	ΤΥΠΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	60
ΕΙΚΟΝΑ 4.3	ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΟ ΣΤΟ FRITZING	60
ΕΙΚΟΝΑ 4.4	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΤΙΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ARDUINO UNO	62
ΕΙΚΟΝΑ 4.5	ΚΑΜΠΥΛΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΚΙΩΟ JS7.2-6 [54].....	67
ΕΙΚΟΝΑ 4.6	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	68

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Τα ΑμεΑ συγκροτούν ένα σημαντικό και αυξανόμενο κομμάτι του Ευρωπαϊκού πληθυσμού. Μαζί με τον ηλικιωμένο πληθυσμό, αυτός ο αριθμός θα αυξηθεί πολύ σημαντικά στα επόμενα πενήντα (50) χρόνια και μέχρι το 2020 θα υπάρχουν διπλάσιοι άνθρωποι άνω των 65 ετών στην Ευρώπη, απ' ότι υπήρχαν το 1960 [1, p. 8].

Σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής έπαιξε η οπτική γωνία των προβλημάτων που αντιμετωπίζει στην καθημερινότητά του ένα ΑμεΑ όσον αφορά την στάθμευση του οχήματός του. Βέβαια, αντίστοιχη τεχνολογία για έλεγχο και ενημέρωση θέσεων στάθμευσης, μπορεί να βρεθεί τόσο για ιδιωτικούς χώρους όσο και για μεγάλες εγκαταστάσεις, όπου υπάρχει η δυνατότητα επεμβατικής εγκατάστασης, παροχής ρεύματος και σύνδεσης στο διαδικτυακό ιστό.

Εν αντιθέσει, ο δημόσιος χώρος που χρήζει τοποθέτησης μιας τέτοιου είδους κατασκευής, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μακριά από το κοινό, για την αποφυγή του κλοπής ή τυχόν τραυματισμού. Κάτι που χωρίς την δυνατότητα επέμβασης στο οδόστρωμα και ελλείψει κοινόχρηστου διαδικτύου κάνει την μελέτη, κατασκευή και πώληση ασύμφορη στα επιχειρηματικά σχέδια ενός ιδιωτικού επενδυτή παρόλο που το αγοραστικό κοινό είναι μεγαλύτερο από το 10% του συνολικού πληθυσμού.

Στην περίπτωση που μελετήθηκε στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκε ο περιορισμός της Ρυθμιστικής πινακίδας P72 που απευθύνεται σε συγκεκριμένο αριθμό κυκλοφορίας οχήματος (χώρος στάθμευσης αποκλειστικά για συγκεκριμένο όχημα ατόμων με μειωμένη κινητικότητα, ύστερα από ειδική άδεια). Η τοποθεσία της πινακίδας επέτρεψε την πρόσβασή του συγγραφέα σε προεγκατεστημένο δίκτυο κοντινής οικείας, γεγονός που διευκόλυνε αισθητά το έργο του. Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε επίσης, η δημιουργία μιας συσκευής η οποία τοποθετήθηκε πάνω στην στήλη της πινακίδας για την προστασία της από τυχόν βανδαλισμούς. Τέλος, ένα μεγάλο μέρος της έρευνάς αφιερώθηκε στο ενεργειακό κομμάτι που υλοποιείται αποκλειστικά με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

1.2 Αντικείμενο της Πτυχιακής Εργασίας

Οι ειδικοί χώροι στάθμευσης για ΑμεΑ πρέπει να διαθέτουν τις απαιτούμενες διαστάσεις που θα διευκολύνουν το ΑμεΑ, χρήστη αναπηρικού τροχοκαθίσματος [3] ή άλλο επιβάτη ΑμεΑ, κάτοχο Ευρωπαϊκής Κάρτας Στάθμευσης, να εισέρχεται και εξέρχεται με άνεση του από το όχημά του. Αυτοί οι ειδικοί χώροι στάθμευσης προβλέπονται σε οικιστικά και σε μη οικιστικά κτίρια, σε οργανωμένους υπαίθριους χώρους, σε πολυώροφους χώρους στάθμευσης και ως εκ τούτου απαγορεύεται σε μη δικαιούχους να σταθμεύουν ή να οικειοποιούνται τους χώρους αυτούς.

Η δυνατότητα που δίνει ο νόμος σε άτομα με μειωμένη κινητικότητα- κατόχους ΙΧ, αναφορικά με την αποκλειστική χρήση του χώρου πλησίον της κατοικίας τους, αποτέλεσε έναυσμα για την συγκεκριμένη έρευνα. Παρά ταύτα, σε περίπτωση μεταβολής του

νομοθετικού πλαισίου της Ελλάδος και κατόπιν κάποιων τροποποιήσεων που δυνάμεθα να προταθούν, η υπάρχουσα μελέτη θα μπορούσε να εφαρμοστεί και για τις κοινόχρηστες θέσεις αυτής της κατηγορίας.

Το σύστημα αποτελείται από δύο ηλεκτρονικά μέρη και μια εφαρμογή για λογισμικό Android. Με την αξιοποίηση του διαδικτύου της οικίας του ΑμεΑ και τον συχνό έλεγχο για αλλαγή διεύθυνσης *Internet Protocol* (IP), (από την συσκευή που τοποθετείται εντός αυτής) επιτυγχάνεται η μηδενική μηναία οικονομική επιβάρυνση που θα υπήρχε αν κάναμε χρήση μηνυμάτων ή δεδομένων κινητής τηλεφωνίας, άλλα και επιπλέον ενέργειας για την εξωτερική μονάδα.

1.3 Δομή της Εργασίας

Κλείνοντας με το πρώτο εισαγωγικό Κεφάλαιο, γίνεται μια συνοπτική αναφορά των υπόλοιπων έξι που ακολουθούν:

- Στο Κεφάλαιο 2, γίνεται μια ιστορική αναδρομή για την προσβασιμότητα και την νομοθεσία που αναπτύχθηκε στο πέρασμα του χρόνου σχετικά με τα άτομα με κινητικές δυσκολίες. Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας αναπτύσσονται επίσης οι βασικές έννοιες και το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την υλοποίηση.
- Στο Κεφάλαιο 3, γίνεται διεξοδική ανάλυση των εξαρτημάτων του συστήματος, του τρόπου λειτουργίας τους, εμβάθυνση στις δυνατότητες παραμετροποίησης ανάλογα με την ενεργειακή κατανάλωση και τις συνθήκες του περιβάλλοντος χώρου.
- Στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός, η κατασκευή και τα κριτήρια, στα οποία βασίζεται η κατασκευή, οι συνδέσεις των εξαρτημάτων και το κομμάτι του Φωτοβολταϊκού.
- Στο Κεφάλαιο 5, αναλύονται τα σημαντικότερα κομμάτια του κώδικα και αναφέρονται οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν .
- Στο Κεφάλαιο 6, παραθέτονται οι σημαντικότερες παρατηρήσεις για την υλοποίηση του συστήματος, αλλά και τονίζεται η αναγκαιότητα για περαιτέρω έρευνα και μελλοντικές βελτιώσεις της παρούσας μελέτης.

Γενικές πληροφορίες

2.1 Ιστορική αναδρομή

Πολλές χώρες του εξωτερικού, σε αντίθεση με την Ελλάδα, άρχισαν να εφαρμόζουν πολιτικές στα τέλη της δεκαετίας του '70 κι αρχές του '80, έτσι ώστε να διευκολύνουν τα άτομα με αναπηρία στις καθημερινές τους μετακινήσεις. Καταλυτικό ρόλο έπαιξε το γεγονός ότι ομάδες μηχανικών κι αρχιτεκτόνων έκαναν μελέτες και συνεργάστηκαν με φορείς εκπροσώπησης και συλλόγους αναπήρων [1, p. 13]. Οι πρώτες προσπάθειες που έγιναν από την χώρα μας, τοποθετούνται χρονικά δύο δεκαετίες αργότερα, για την ακρίβεια το 1994 τοποθετούνται δεκατρία ηχητικά σήματα στους φωτεινούς σηματοδότες συνολικά σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη.

Από το 2000 και μετά και με αφορμή τη διοργάνωση των Ολυμπιακών και Παραολυμπιακών Αγώνων άρχισαν να εφαρμόζονται πλήρως οι ευρωπαϊκές οδηγίες όπως ράμπες προσπέλασης, οδηγοί όδευσης τυφλών, ηχητικά σήματα στους φωτεινούς σηματοδότες των ανισόπεδων διαβάσεων και ράμπες ή ανελκυστήρες στις υπόγειες διαβάσεις. Όπως επίσης ειδικά διαμορφωμένοι τηλεφωνικοί θάλαμοι και κάδοι απορριμμάτων σε χαμηλό ύψος για να διευκολύνουν άτομα με μικρές σωματικές αναλογίες ή παραπληγικούς καθώς και ευδιάκριτες επιγραφές και τόξα όπου θα εξυπηρετούν άτομα με προβλήματα ακοής και τέλος, ειδικές θέσεις στάθμευσης για τα άτομα με κινητική αναπηρία που χρησιμοποιούν τα ιδιωτικά τους αυτοκίνητα (ΙΧ).

Διαπιστώθηκε ότι ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό συνανθρώπων μας αντιμετωπίζει πρόβλημα στις καθημερινές του μετακινήσεις, βάσει μελετών που έγιναν στη χώρα μας [1, p. 15], για το κατά πόσο όλες αυτές οι παρεμβάσεις της πολιτείας έχουν λύσει το πρόβλημα. Σε αυτό το ποσοστό ανήκουν τυφλοί, άτομα με μειωμένη όραση, άτομα με κινητικές δυσκολίες, άτομα της τρίτης ηλικίας, άτομα με μικρές σωματικές αναλογίες, κυοφορούσες γυναίκες, καθώς και μητέρες που για τη μεταφορά των βρεφών τους χρησιμοποιούν βρεφικά καρότσια.

2.2 Θέση στάθμευσης

Σύμφωνα με το εκτενές άρθρο 34 του ΚΟΚ (Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας), καθορίζονται οι διατάξεις αναφορικά με το που επιτρέπεται η στάση και η στάθμευση των οχημάτων, αν δεν δημιουργείται εξ αυτών κίνδυνος ή παρακώλυση της κυκλοφορίας και αν δεν υπάρχουν σχετικές απαγορευτικές πινακίδες ή διαγραμμίσεις [3, p. 75].

2.3 Θέση Στάθμευσης Ατόμων με Αναπηρία

Ο χώρος στάθμευσης για τα ΑμεΑ πρέπει να διαθέτει τις απαιτούμενες διαστάσεις που θα διευκολύνουν το ΑμεΑ χρήστη αναπηρικού τροχοκαθίσματος ή άλλο επιβάτη ΑμεΑ, να εισέρχεται/εξέρχεται με άνεση.

Συγκεκριμενοποιώντας, υπάρχουν δυο κατηγορίες, η πρώτη έχει την κωδική ονομασία, σύμφωνα με τον ΚΟΚ, P71 και αναφέρεται σε ειδικούς χώρους στάθμευσης οχημάτων ατόμων με μειωμένη κινητικότητα και η δεύτερη P72 σε χώρους στάθμευσης αποκλειστικά για συγκεκριμένο όχημα ατόμων με μειωμένη κινητικότητα [3].



Εικόνα 2.1 Ρυθμιστική πινακίδα P71



Εικόνα 2.2 Ρυθμιστική πινακίδα P72

2.3.1 Δικαίωμα χρήσης

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, άρθρο 16 Ν.1798/1988, ΦΕΚ166/Α/1988 όπως αυτό τροποποιήθηκε με την παρ. 1 του άρθρου 23 του Ν.1882/90 και την υπ' αρ. Δ18Α 5038263/23-10-2013 Κ.Υ.Α.(Κοινή Υπουργική Απόφαση), ΦΕΚ 2710/Β/2013, Δελτίο Στάθμευσης "Α.Μ.Α" δικαιούνται άτομα με τις παθήσεις που αναφέρονται στον Πίνακα του Παραρτήματος ΙΙ της υπ' αρ. Δ18Α 5038263 / 2013 Κ.Υ.Α. [4] Η χορήγηση του Δελτίου Στάθμευσης ανατίθεται από το Π.Δ. (Προεδρικό Διάταγμα) 241/2005 στις αρμόδιες Υπηρεσίες του Τομέα Μεταφορών και Επικοινωνιών των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων.

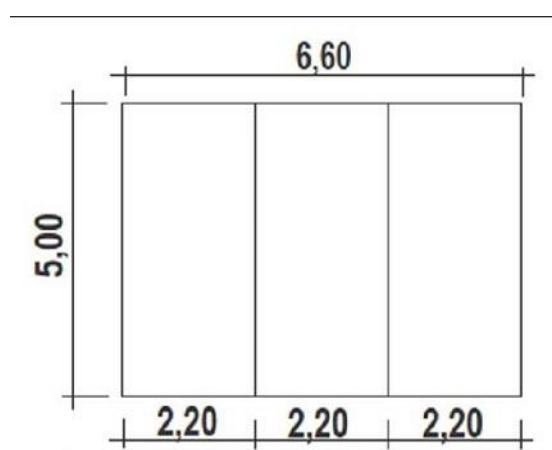
Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι από την παραπάνω αναφερθείσα νομοθεσία, για κάποιες παθήσεις όπως νοητική καθυστέρηση, αυτισμό, ανάπηροι για εργασία και έχων ανάγκη βοήθειας ή τέλος το άτομο να είναι ανήλικο, δίνεται η δυνατότητα σε συγγενή να κάνει χρήση του δελτίου αλλά με αυστηρούς περιορισμούς και μόνο για τις ανάγκες του ατόμου που χρήζει βοήθειας, διαφορετικά ο νόμος ορίζει αυστηρά πρόστιμα. Συνεπώς πάντα με ή χωρίς βοήθό στο αυτοκίνητο οφείλει να βρίσκεται ο δικαιούχος.

2.3.2 Σήμανση

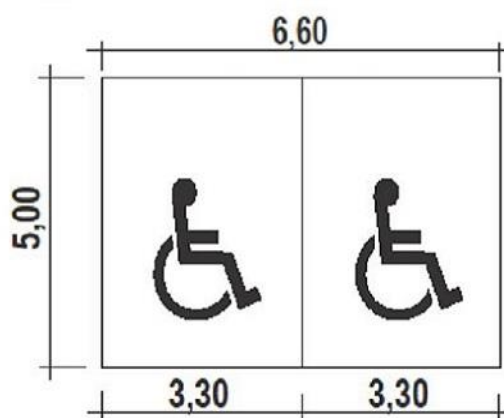
Οι χώροι στάθμευσης ΑμεΑ φέρουν το Διεθνές Σύμβολο Προσβασιμότητας αποτυπωμένο στο έδαφος (όπως παρατηρούμε και στην Εικόνα 2.4) και αναρτημένο (Εικόνα 2.1 ή Εικόνα 2.2) πάνω από την αντίστοιχη θέση.

2.3.3 Τεχνικές Προδιαγραφές

Χρησιμοποιώντας βασικές αρχές των μαθηματικών, γίνεται εφικτό να μοντελοποιηθεί ο χώρος που είναι δυνατό να είναι υπό έλεγχο, όπως επίσης για να υπολογιστεί η απόσταση από αυτόν, θα πρέπει να εγκατασταθεί η συσκευή που θα ελέγχει τον προαναφερθέντα χώρο. Σύμφωνα με τις οδηγίες σήμανσης ελληνικών οδών, το ύψος της χαμηλότερης ακμής της πινακίδας πάνω από τη μέση γραμμή του οδοστρώματος, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,2 m. Η διάσταση πινακίδας σύμφωνα με τον κατασκευαστή είναι 60x40 cm, 90x60 cm ή 120x80 [5]. Ερευνώντας τις συγκεκριμένες διαστάσεις σε μελέτες, όπως του δήμου Χαλανδρίου και Γαλατσίου για διαγωνισμό και την εκτέλεση της προμήθειας, επιλέγονται οι διαστάσεις 60x40 cm [6], χωρίς αυτό να σημαίνει ότι πρέπει η μελέτη να περιοριστεί στις συγκεκριμένες προδιαγραφές.



Εικόνα 2.3 Διαγράμμιση θέσης στάθμευσης ΙΧ αυτοκινήτων



Εικόνα 2.4 Διαγράμμιση θέσης στάθμευσης αυτοκινήτων ΑμεΑ

Η διαστασιολόγηση για στάθμευση μέσου μεγέθους αυτοκινήτων όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.3 είναι 5x2.2 m. Από την άλλη, όταν στο ίδιο όχημα επιβαίνει ένα εμποδιζόμενο άτομο και ιδιαιτέρως η κατηγορία που κάνει χρήση αμαξιδίου, απαιτεί ο χώρος να είναι απαλλαγμένος από εμπόδια και να μην εμποδίζεται από κολόνες ή άλλα στοιχεία της κατασκευής, και ως εκ τούτου οι διαστάσεις που παρατηρούμε στην Εικόνα 2.4 είναι 5x3.3 m [7].

2.4 Ενσωματωμένα συστήματα

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί για το τι είναι ένα ενσωματωμένο σύστημα, σε αυτό οφείλεται η ευρεία διάδοση αυτών των συστημάτων που συνεπάγεται και τις παραλλαγές κατά το πέρασμα του χρόνου. Ο ορισμός “κάθε συσκευή που περιλαμβάνει προγραμματιζόμενο υπολογιστή, αλλά δεν είναι ο ίδιος ένας υπολογιστής γενικής χρήσης” [8] εκφράζει τι είναι ένα Ενσωματωμένο σύστημα. Για να γίνει κατανοητό το εύρος του, δυο παραδείγματα είναι τα κινητά τελευταίας γενιάς και συστήματα αυτομάτων θυρών, τα οποία έχουν διαφορές στο κόστος, επεξεργαστική ισχύ, ενεργειακή κατανάλωση κ.α. Όπως είναι κατανοητό και εμείς κατασκευάσαμε ένα ενσωματωμένο σύστημα που κάνει μια συγκεκριμένη εργασία άλλα συνεργάζεται και με ένα υπάρχον ενσωματωμένο σύστημα, το κινητό, για την επίτευξη του στόχου μας.

2.5 Μικροελεγκτής

Ένας μικροελεγκτής είναι μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Δίνετε έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση. Ο χώρος διεθύνσεων προγράμματος είναι ανεξάρτητος από εκείνον των δεδομένων, η Αρχιτεκτονική Χάρβαρντ δημιουργεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων. Σε αντίθεση με τους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται ποιο ενιαία διάταξη μνήμης. Ένα βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητα τους να αλληλεπιδρούν με το φυσικό κόσμο με τρόπο που ένας τυπικός προσωπικός υπολογιστής δεν δύναται. Μερικοί από τους γνωστότερους είναι οι Epson, Atmel και ARM [9] [10].

2.6 Arduino

Το Arduino είναι το σχεδιαστικό έργο μιας εταιρείας υλικού και λογισμικού της Ivrea, μιας μητρικής πλακέτας ανοικτού κώδικα με έναν ενσωματωμένο μικροελεγκτή και διάφορες εισόδους/εξόδους. Ο στόχος για τους σχεδιαστές είναι η δημιουργία μιας πλατφόρμας όπου μπορούν να δουλεύουν με τα ηλεκτρονικά, αφαιρώντας τις πολύπλοκες λεπτομέρειες των ηλεκτρονικών, ώστε να μπορούν να επικεντρωθούν στους δικούς τους στόχους. Το 2005, ξεκίνησε το σχέδιο προκειμένου να κόστιζε λιγότερο σε σχέση με άλλα πρωτότυπα συστήματα που ήταν διαθέσιμα εκείνη την χρονική περίοδο. Οι Massimo Banzi και David Cueartielles ονόμασαν το έργο Arduino και ξεκίνησαν να παράγουν πλακέτες σε ένα μικρό εργοστάσιο στην Ivrea της βορειοδυτικής Ιταλίας [11, p. 16] [12] [13, p. 17].

Ο προγραμματισμός του μπορεί να γίνει με τη γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring [14], μια προσπάθεια που ξεκίνησε το 2003 από μια διδακτορική διατριβή του Hernando Barragán με επιβλέπον τον Banzi. Πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C και C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++ . Προκειμένου να επιτευχθεί ο προγραμματισμός του, πραγματοποιείται σύνδεση με υπολογιστή ή κινητό μέσω USB, στον οποίο έχει εγκατασταθεί το ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον (IDE) του Arduino με άδεια χρήσης GPL [15]. Το IDE είναι μία εφαρμογή γραμμένη σε Java, έχει προγραμματιστεί για τα λειτουργικά συστήματα Windows, macOS, Linux και Android [16].

Λόγω των ψηφιακών και αναλογικών του εισόδων/εξόδων, έχει τη δυνατότητα να αντλεί δεδομένα από το περιβάλλον μέσω αισθητήρων, επιπροσθέτως την συνδεσιμότητα του με περιφερειακά συστήματα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων, αλλά και ελεγχόμενων από συμβατά προγράμματα υπολογιστή, διαδραστικών εφαρμογών. Όλα τα παραπάνω λοιπόν συνετέλεσαν στη δημιουργία μεγάλης κοινότητας ανάπτυξης και βελτίωσης ιστοτόπων και οπτικοακουστικού υλικού με οδηγίες αλλά κυρίως βιβλιοθηκών, για την πληθώρα των αισθητήρων και των περιφερειακών που κατασκευάζουν μεγάλος αριθμός εταιρειών.

Βέβαια, κατά την διάρκεια του χρόνου κατασκευάστηκαν περισσότερα από 20 διαφορετικά Arduino για να καλύψουν τις ιδιαιτερότητες σε συνδεσιμότητα, όπως το MEGA 2560 που αποτελείται από 54 εισόδους/εξόδους [17], μέγεθος του GEMMA που έχει διάμετρο 27.94 mm [17], κατανάλωση του NANO με 11mW/MHz [18], επεξεργαστική ισχύ το Due με 32-bit ARM μικροεπεξεργαστή και το πιο διαδεδομένο λόγω του χαμηλού του κόστους UNO.

2.6.1 Μνήμη

Η μνήμη SRAM, κυμαίνεται από 1 έως 8 kBytes, είναι η ωφέλιμη μνήμη που χρησιμοποιείται από τα προγράμματα, προκειμένου να αποθηκεύσουν μεταβλητές, πίνακες κ.α. κατά την εκτέλεσή τους. Με τη διακοπή παροχής ρεύματος ή με reset, αυτή η μνήμη χάνει τα δεδομένα της.

Η μνήμη Flash, κυμαίνεται από 16 έως 256 kBytes, χρησιμοποιείται για το firmware του Arduino και την αποθήκευση των προγραμμάτων που συντάσσονται στον υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, τα 2 kBytes έως 5 kBytes χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino, το οποίο έχει εγκατασταθεί ήδη κατά την κατασκευή του. Το firmware αυτό που στην ορολογία του Arduino ονομάζεται bootloader είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση των προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς να χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής (hardware programmer). Τα υπόλοιπα 30Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή μέσω του IDE του Arduino. Η μνήμη Flash, όπως και η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset.

Η μνήμη EEPROM, , κυμαίνεται από 512 bytes έως 4 kBytes, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άμεση εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων από τα προγράμματα κατά την εκτέλεσή τους. Σε αντίθεση με την SRAM, η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset οπότε είναι το ανάλογο του σκληρού δίσκου.

	ATMega168	ATMega328P	ATmega1280	ATmega2560
Flash	16 kBytes	32 kBytes	128 kBytes	256 kBytes
SRAM	1024 bytes	2048 bytes	8 kBytes	8 kBytes
EEPROM	512 bytes	1024 bytes	4 kBytes	4 kBytes

Εικόνα 2.5 Το μέγεθος ενσωματωμένης μνήμης τριών τύπων που διαθέτει κάθε Μικροελεγκτής [19]

2.6.2 Τροφοδοσία

Η τροφοδοσία του γίνεται μέσω της σειριακής Θύρας δεδομένων RS-232 ή εξωτερικής τροφοδοσίας μέσω του θηλυκού φισ 2,1mm αν διαθέτει. Το Nano δεν διαθέτει την δεύτερη, η τάση λειτουργίας είναι συνεχής και κυμαίνεται από 4,5 έως 20 Volt (V) με βέλτιστη μεταξύ 7V και 12V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή AC/DC, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC. Οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και όσο αυξάνει η τάση εισόδου, η απώλεια αυξάνεται.

Είναι δυνατόν να συνδεθούν διάφορα εξαρτήματα, τα οποία απαιτούνται από το εκάστοτε σχέδιο και πρόγραμμα, όπως LEDs, αισθητήρες, κινητήρες και άλλα. Η παροχή ρεύματος σε αυτά τα εξαρτήματα μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι απευθείας μέσω των κατάλληλων pins που διαθέτει. Έχει την δυνατότητα να παρέχει από όλα τα pins συνολικά 200 mA από τα οποία, εκτός από την έξοδο των 3.3V που μπορούν να παρέχουν μέχρι 150 mA, είναι στα 40 mA [13, p. 19]. Ο δεύτερος τρόπος είναι με εξωτερική τροφοδοσία από μετασχηματιστή ή μπαταρίες, μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος. Λόγω της δυνατότητας και της εξωτερικής τροφοδοσία η γείωση αντέχει 400 mA.

Τέλος χρησιμοποιώντας με το pin με την ένδειξη Vin υπάρχει η ευχέρεια και ενός δευτερεύοντα τρόπου εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino, αν και εφόσον συνδυαστεί με το διπλανό pin γείωσης, στην περίπτωση που δεν παρέχεται τροφοδοσία από το φισ των 2.1mm.

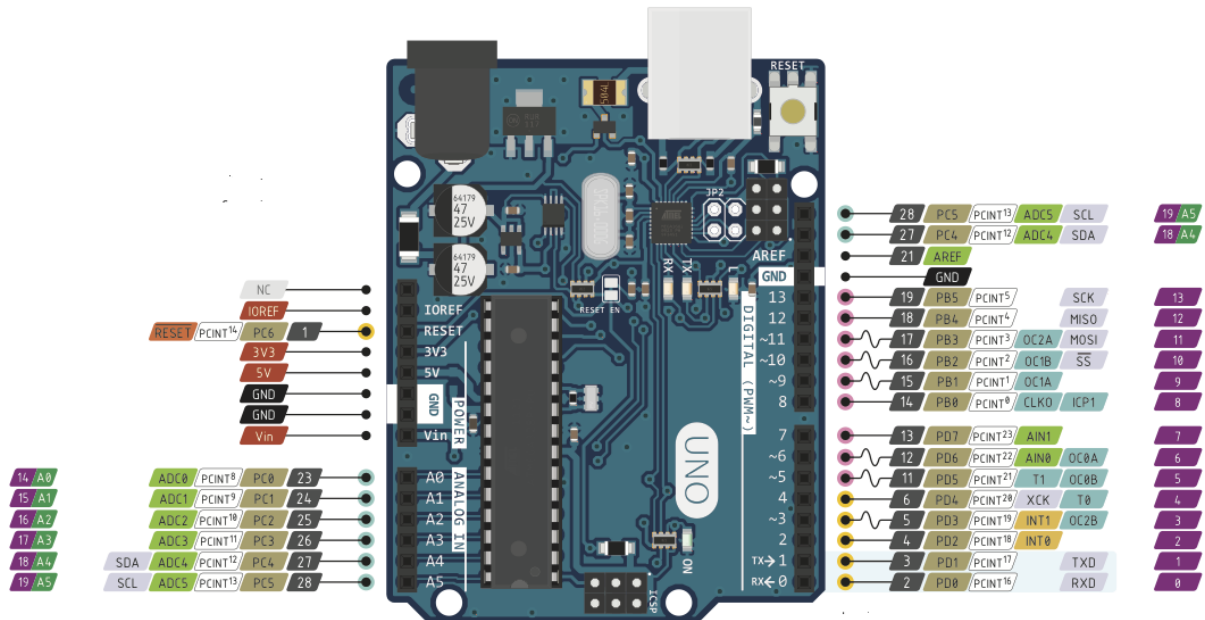
2.6.3 Arduino Uno & NANO

Στην παρούσα πτυχιακή χρησιμοποιήθηκαν οι δύο αυτές πλακέτες όπου το κόστος τους δεν ξεπερνά τα 3 euro στο Ebay. Αποτελούνται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR ATmega328 και έναν ταλαντωτή 16MHz. Παρέχει 14 ψηφιακές pin εισόδου/εξόδου, αριθμημένα από 0 ως 13, από τις οποίες οι 6 μπορούν να παράγουν σήματα PWM, 6 και 8 αναλογικές εισόδους/εξόδου αντίστοιχα.

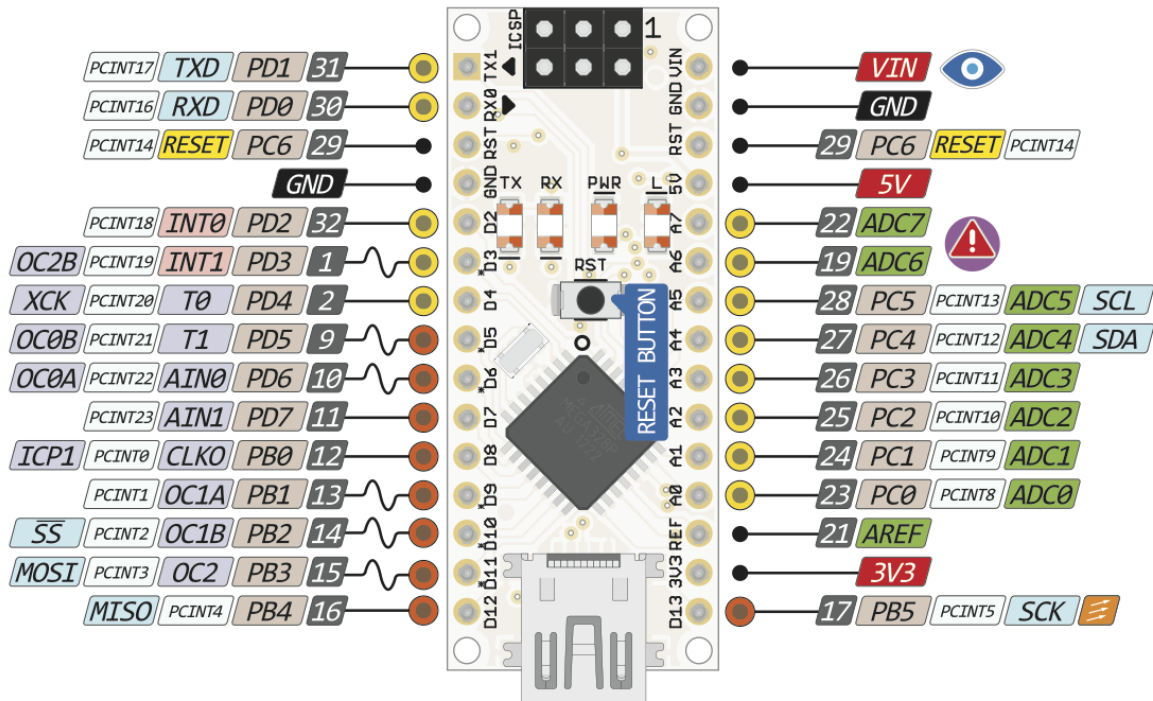
- Τα pins 0 και 1 λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής θύρας, όταν αυτό απαιτείται από το πρόγραμμα. Κατά αυτόν τον τρόπο, αν το πρόγραμμα στέλνει δεδομένα στην σειριακή, αυτά προωθούνται και στην θύρα USB μέσω του

ελεγκτή Serial-Over-USB, αλλά και στο pin 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μια άλλη συσκευή.

- Τα pins 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt. Συγκεκριμένα μπορούν να ρυθμιστούν μέσα από το πρόγραμμα, ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές είσοδοι στις οποίες όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές, η κανονική ροή του προγράμματος σταματάει και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας, με την χρήση εξωτερικού ταλαντωτή. Σε συνδυασμό με την δυνατότητα να τοποθετηθεί η πλακέτα Deep Sleep μπορεί να μειωθεί η κατανάλωση.
- Τα pins 10 έως 13 λειτουργούν όλα μαζί σαν σύγχρονη περιφερειακή διασύνδεση (SPI), σε αντίθεση με ασύγχρονα RX και TX, το SPI λειτουργεί με ελαφρώς διαφορετικό τρόπο χρησιμοποιώντας ξεχωριστές γραμμές για δεδομένα και για το ρολόι που διατηρεί και τις δύο πλευρές σε τέλειο συγχρονισμό με αποτέλεσμα η επικοινωνία να υλοποιείται σε αισθητά μικρότερο χρόνο.
- Χρησιμοποιώντας το pin Reset το οποίο είναι ενεργό στο μηδέν μπορεί να επαναφερθεί το σύστημα στην αρχική του κατάσταση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με εξωτερικό σήμα (Hard Reset) από κάποιο κύκλωμα π.χ. watchdog ή από το ίδιο το σύστημα (Soft Reset) όταν αυτό το θεωρήσει απαραίτητο.



Εικόνα 2.6 Διάγραμμα εξόδων Arduino Uno [20]

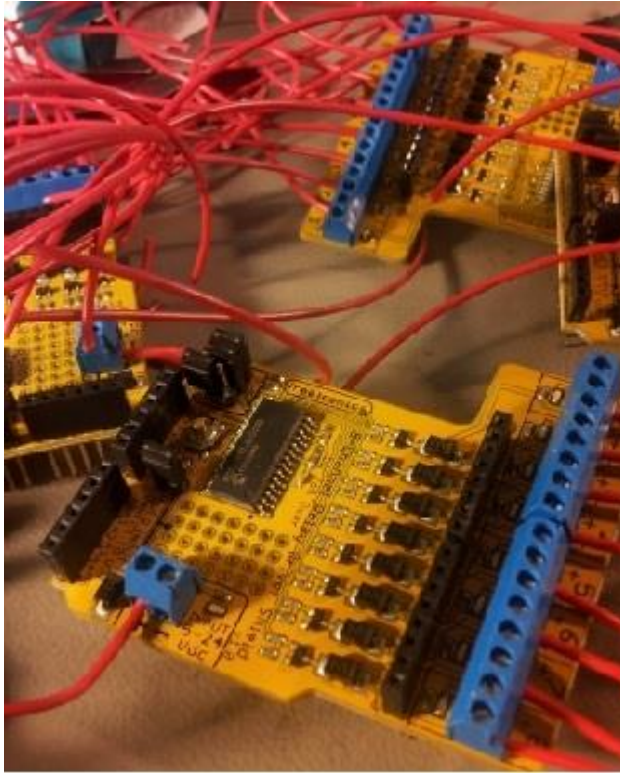


Εικόνα 2.7 Διάγραμμα εξόδων Arduino Nano [21]

Κατά γενική ομολογία αλλά και παρατήρηση με τα προαναφερθέντα και οι δυο έχουν υπερβολικά πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Επιλέχθηκε το Nano για τη μικρότερη κατανάλωση και το μικρό μέγεθος, εν αντιθέσει με το Uno, για να τοποθετηθεί στο εξωτερικό υποσύστημα. Στο εσωτερικό υποσύστημα η τροφοδοσία του σπιτιού, αλλά και το χαμηλό κόστος των συμβατών Shields με το Uno οδήγησε σε αυτήν την επιλογή .

2.7 Arduino Shields

Η Shields στην πραγματικότητα είναι η παραγωγή συγκεκριμένων τυπωμένων επεκτάσεων κυκλωμάτων που συνδέονται στα κανονικά παρεχόμενα Arduino pin-headers. Ξεκίνησαν σαν Do it yourself (DIY), και τα πιο δημοφιλή σχέδια της κοινότητας αξιοποιήθηκαν από μεγάλες εταιρίες . Αξίζει να αναφερθούν εδώ κάποιες δυνατότητες που προσφέρουν: έλεγχο στα motors, GPS, Ethernet, Wi-Fi, LCD εικόνες. Παρατηρώντας τις διαφορές στην Εικόνα 2.8 και στην Εικόνα 2.9 παρατηρείται ότι βελτιώνεται η συνδεσιμότητα, εξοικονόμηση χώρου και η εικόνα του τελικού προϊόντος.



Εικόνα 2.8 Σύνδεση 64 ρελέ (relay) και LCD εικόνας με καλώδια [22]



Εικόνα 2.9 Σύνδεση 64 ρελέ (relay) και LCD εικόνας με Shield [22]

2.8 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Όσο αφορά τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Φ/Σ) είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Οι ΑΠΕ θεωρούνται «καθαρές» πηγές ενέργειας με ελάχιστη επίδραση στο περιβάλλον, κατά κανόνα είναι ανεξάντλητες σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα που προβλέπεται να αρχίσουν να εξαντλούνται όσο πλησιάζουμε το 2060 [23]. Μέχρι σήμερα, οι πιο διαδεδομένοι μέθοδοι είναι η αιολική, γεωθερμική, υδροηλεκτρική, ηλιακή και τέλος και όχι από της καθαρότερες με την χρήση βιομάζας. Από αυτές που αναφέρθηκαν κατανοούμε την άμεσα ή έμμεση εξάρτηση τους από τον ήλιο.

Σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση της εργασίας διαδραμάτισαν τα πλεονεκτήματα των Φ/Β. Το σύστημα διακρίνεται για πλήρη ενεργειακή αυτονομία την δυνατότητα αύξησης ή μείωσης του μεγέθους τους, δεδομένου της μεγάλης γκάμας ενεργειακής απόδοσης αναλόγως του υλικού κατασκευής. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη έτσι δεν απαιτείται συντήρηση κατά την λειτουργία τους. Η υψηλή αξιοπιστία και η μεγάλη διάρκεια ζωής σε συνδυασμό με έναν συσσωρευτή θα καταστήσει την κατασκευή αυτόνομη.

2.9 Ηλεκτρικός Συσσωρευτής

Συσσωρευτής ή μπαταρία είναι η συσκευή η οποία αποθηκεύει κατά κύριο λόγο χημική ενέργεια και την αποδεσμεύει με τη μορφή ηλεκτρισμού. Η ανάπτυξη των μπαταριών άρχισε με την κατασκευή της Βολταϊκής στήλης από τον Alessandro Volta. Η ανάγκη

αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται με διάφορους τρόπους και οι αποθηκευτικές διατάξεις βρίσκουν διάφορες εφαρμογές .

Εκτός από τις συσκευές καθημερινής χρήσης, αποθηκευτικές διατάξεις χρειάζονται και σε πλήθος άλλων εφαρμογών, π.χ. δορυφόροι, ηλεκτρικό αυτοκίνητο, Φ/Σ και γενικά με ανανεώσιμες πηγές. Για κάθε εφαρμογή θα πρέπει να επιλεγεί και το μέσο αποθήκευσης με τις κατάλληλες ιδιότητες [24].

Η απευθείας αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι εφικτή. Απαιτείται να μετατραπεί πρώτα σε μια άλλη μορφή ενέργειας [25]. Μπορεί να αποθηκευτεί ως:

- χημική ενέργεια (μπαταρίες)
- σε ηλεκτρικό πεδίο (πυκνωτές)
- σε μαγνητικό πεδίο (μαγνητικοί υπεραγωγοί)
- ταμιευτήρες ρευστών (νερού)
- με συμπιεσμένο αέρα και στη συνέχεια να ξαναμετατραπεί στην αρχική της μορφή

Τα χαρακτηριστικά της ιδανικής μπαταρίας θα πρέπει να είναι:

- Αποθήκευση μεγάλης ποσότητας ενέργειας σε μικρό χώρο
- Διοχέτευση αυτής της ενέργειας πάντα πλήρως ελεγχόμενα και κατά κύριο λόγο αργά
- Λειτουργία με έναν κύκλο φόρτισης & εκφόρτισης
- Μεγάλη διάρκεια ζωής και με βαθιά εκφόρτιση χωρίς να καταστρέφεται
- Σχετικά οικονομικό και να μην απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση και να είναι ασφαλής

Φυσικά δεν υπάρχει αποθηκευτική διάταξη που να συνδυάζει όλους αυτούς τους παράγοντες. Παραπάνω έγινε μία σύντομη αναφορά στις διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Το θέμα που προκύπτει λοιπόν είναι το να συγκεκριμενοποιηθούν οι ανάγκες και οι προδιαγραφές για την εκάστοτε εφαρμογή και να επιλεγεί ο βέλτιστος για Συσσωρευτής ή ένας υβριδικός συνδυασμός αυτών.

Όπως παρατηρείται οι περισσότερες μορφές ενέργειας προκειμένου να αποθηκευτούν χρειάζεται να μετατραπούν σε μία άλλη ενδιάμεση μορφή. Ωστόσο από όταν ο ηλεκτρισμός καθιερώθηκε καθολικά ως μέσο που μπορεί να μεταφέρει ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις το ενδιαφέρον για την αποθήκευση ενέργειας εστιάστηκε στην αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα σημαντικός λόγος της έρευνας για αποθήκευση ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα αφορά την τιμή του ρεύματος για τον τελικό καταναλωτή και αυτός είναι και ο βασικός λόγος που επενδύουν ιδιώτες και δημόσιοι φορείς σε μεγάλα έργα και έρευνες.

2.10 Τοποθεσία μελέτης

Στην παρούσα πτυχιακή επιλέχθηκε προς μελέτη η περιοχή της Κορινθίας και πιο συγκεκριμένα το Βέλο που απέχει μικρότερη των 5 χιλιομέτρων (χλμ.) από το Βραχάτι που πιθανόν να τοποθετηθεί η κατασκευή. Επίσης η συγκεκριμένη περιοχή βρίσκεται κεντρικά της ελληνικής επικρατείας. Με σκοπό λοιπόν να υπάρξει ακρίβεια τα περισσότερα δεδομένα αντλήθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY).

Το Βέλο Κορινθίας βρίσκεται στο Γεωμετρικό μήκος (Lon): 22.767 και πλάτος (Lat): 37.983 με μέση θερμοκρασία 18.15 °C. Ανεξαρτήτως κλίσης η συνολική μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία είναι 131.15 KWh/m². Αναλυτικότερα επιλέχθηκε για την διαστασιολόγηση του Φ/Β ο μήνας με την χαμηλότερη μέση ακτινοβολία και θερμοκρασία όπως παρατηρείται στην Εικόνα 2.10 και Εικόνα 2.11 αντίστοιχα [26].

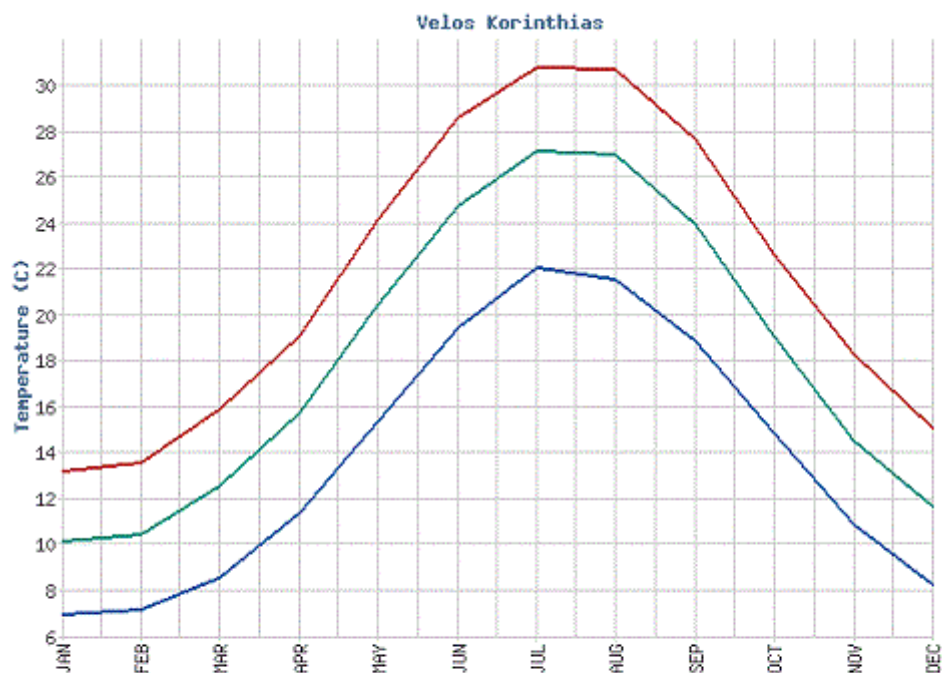
Το μεγάλο πρόβλημα, σύμφωνα με την βιβλιογραφία είναι τον μήνα Δεκέμβριο, το χειμερινό ηλιοστάσιο 21 Δεκεμβρίου, όπου είναι η μεγαλύτερη νύχτα του έτους, με διάρκεια 14 ωρών και 29 λεπτών. Αντίθετα προκύπτει ότι τον μήνα Ιανουάριο υπάρχει η χαμηλότερη θερμοκρασία στους 10.2 °C και μέση ακτινοβολία 83.4 KWh/m². Όπως είναι αναμενόμενο θέλοντας την μέγιστη παραγόμενη ενέργεια αποφασίστηκε η κλίση των 60°.

Βέβαια, η υγρασία επηρεάζει το Φ/Β αλλά και την ακρίβεια του συστήματος, όμως σε παρακάτω ανάλυση επιλέχθηκε να μην προστεθεί αισθητήρας για την καταγραφή της, λόγω περιορισμού από το υλικό.

Συνολική μηνιαία και ετήσια ηλιακή ακτινοβολία (KWh/m²) σε διάφορες κλίσεις
Βέλο Κορινθία

Κλίση	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μέσος Όρος	Συνολική
0°	54	69	110	139	185	199	208	194	145	101	69	54	127	1526
30°	79	91	129	144	175	180	192	194	165	132	103	85	139	1666
45°	86	95	128	136	158	159	171	180	162	137	112	93	135	1617
60°	88	94	122	121	135	132	143	157	150	135	115	97	124	1490
90°	78	79	91	79	77	71	77	94	106	109	102	88	87	1050

Εικόνα 2.10 Ηλιακή ακτινοβολία στην τοποθεσία Βέλο [26]



Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία ΕΜΥ Βέλο Κορινθίας

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
10.2	10.5	12.6	15.8	20.5	24.8	27.2	27	24	19.1	14.5	11.7

Εικόνα 2.11 Μέση μηνιαία Θερμοκρασία στο Βέλο [26]

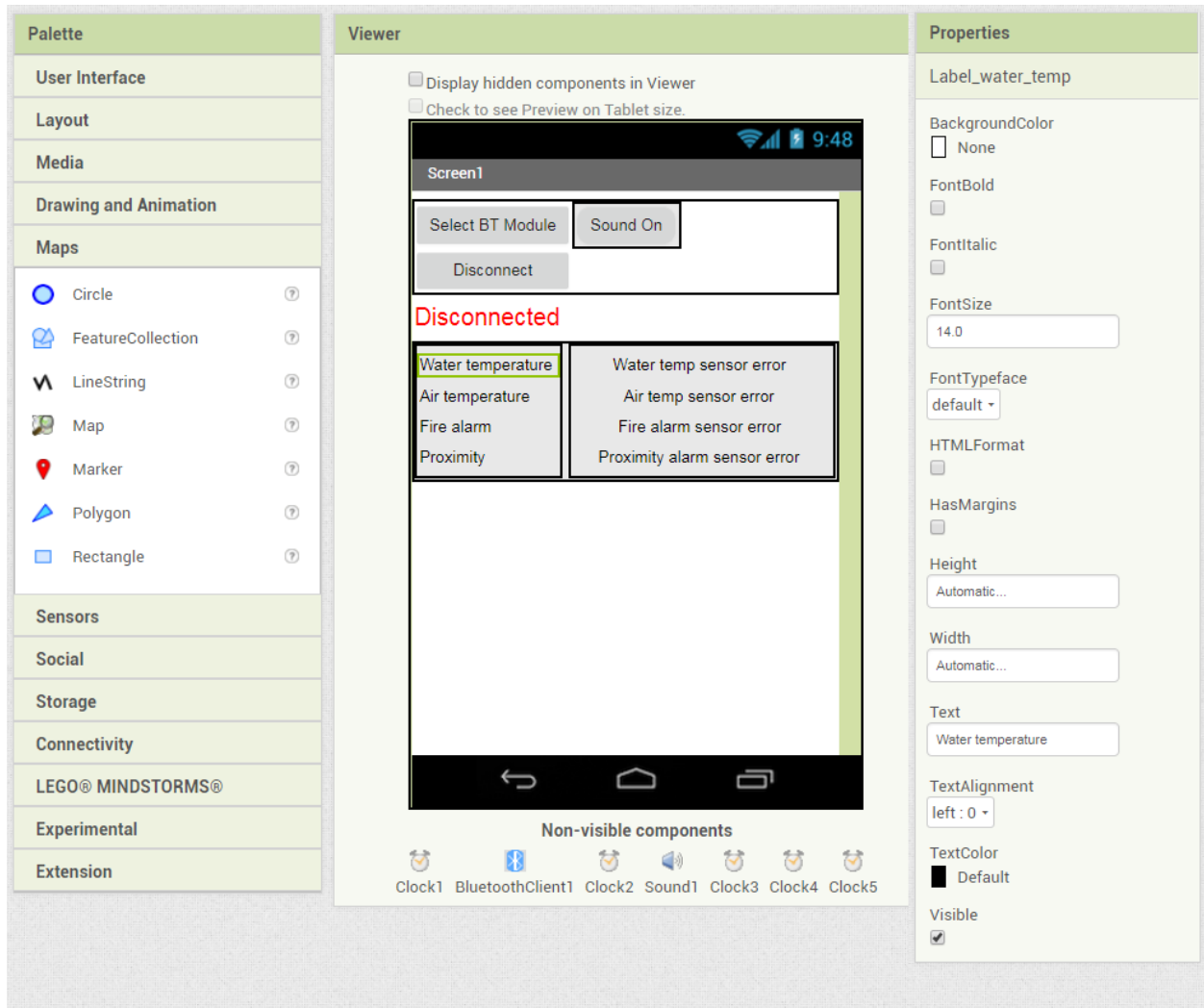
2.11 MIT App Inventor

Το MIT App Inventor [27] είναι ένα διαισθητικό, οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού που επιτρέπει σε όλους να δημιουργήσουν πλήρως λειτουργικές εφαρμογές για smartphones και tablets. Ξεκίνησε από μία μικρή ομάδα προσωπικού του εργαστηρίου Computer Science & Artificial Intelligence (CSAIL) και φοιτητές, με επικεφαλής τον καθηγητή Hal Abelson, αποτελεί τον πυρήνα ενός διεθνούς κινήματος εφευρετών. Η ομάδα διακατέχεται από μια ριζοσπαστική άποψη και επιδιώκει τον εκδημοκρατισμό της ανάπτυξης λογισμικού. Διατηρεί δωρεάν το περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών στο διαδίκτυο, το οποίο εξυπηρετεί περισσότερους από 6 εκατομμύρια εγγεγραμμένους χρήστες δίνοντας τη δυνατότητα σε όλους τους ανθρώπους, ιδίως τους νέους, να μετακινηθούν από την κατανάλωση τεχνολογίας στη δημιουργία τεχνολογίας.

Η κωδικοποίηση γίνεται με συνδυασμό πλακιδίων που δημιουργεί ένα ψηφιδωτό χρωμάτων και κώδικα, ώστε ακόμα και παιδιά να εμπνευστούν και να δημιουργήσουν. Για την διευκόλυνση του χρήστη δεν απαιτείται καμία εγκατάσταση άπλα η χρήση ενός διαδικτυακού περιηγητή. Το πρόγραμμα χωρίζεται σε δύο μέρη, το σχεδιαστικό και το προγραμματιστικό.

2.11.1 Το σχεδιαστικό

Όπως ένας ζωγράφος, ο σχεδιαστής διευκολύνεται από μια μεγάλη συλλογή έτοιμων επεκτάσεων, για την εικόνα που θα βλέπει ο τελικός καταναλωτής στο κινητό του, την συνδεσιμότητα με περιφερειακά και αισθητήρες, δυνατότητα αποθήκευσης τοπικά ή σε σύννεφο δεδομένων. Οι επεκτάσεις αυτές είναι παραμετροποιήσιμες σε διαστάσεις, σχήμα, χρώμα, γραμματοσειρά, αντικατάσταση τους με δικές μας εικόνες και τη δυνατότητα να εμφανίζονται και να εξαφανίζονται με την επιλογές που κάνουμε κατά το προγραμματιστικό κομμάτι.

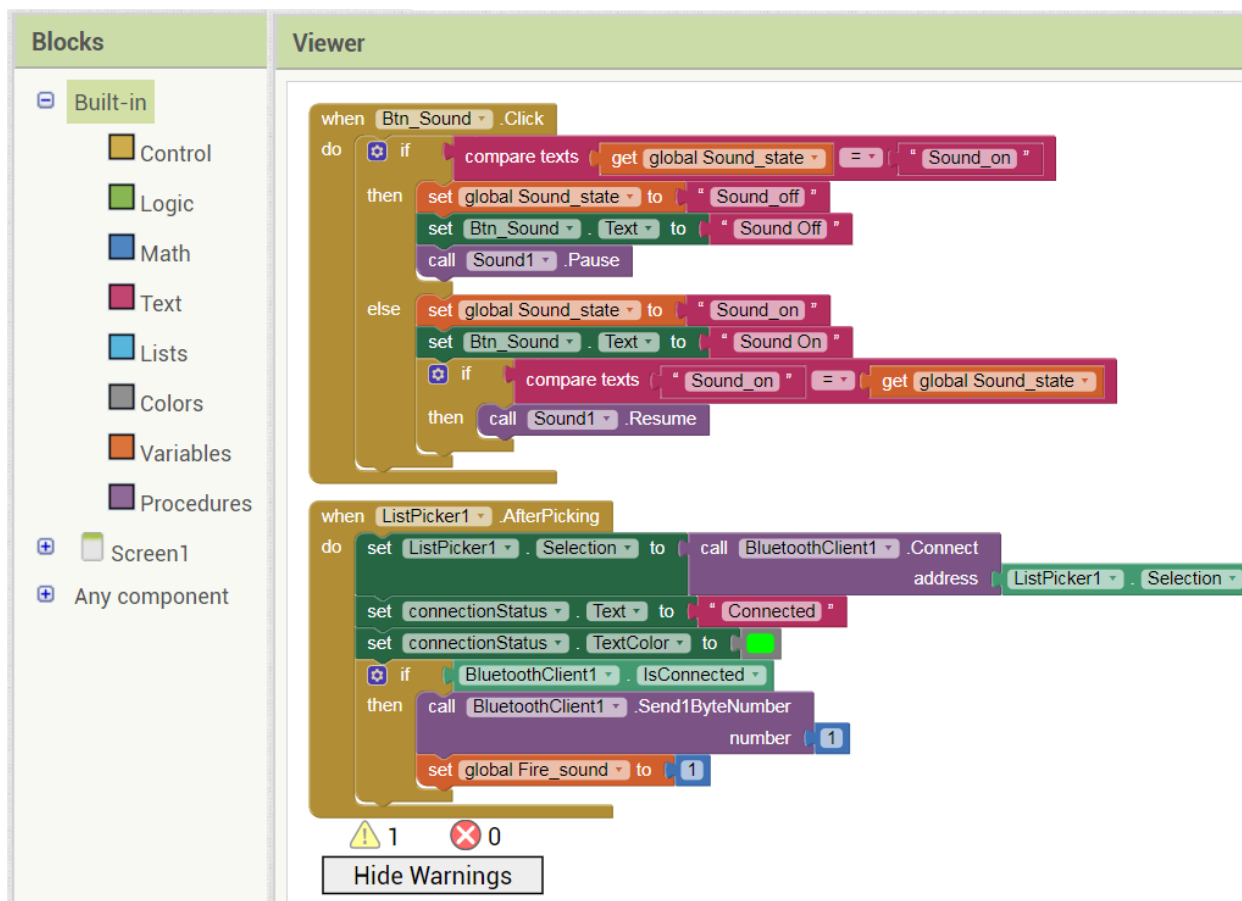


Εικόνα 2.12 Το σχεδιαστικό κομμάτι του MIT App Inventor

2.11.2 Το προγραμματιστικό

Σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση παίζει κατά τους κατασκευαστές της πλατφόρμας είναι οι δυνατότητες που προσφέρει στην δημιουργία κώδικα με έναν ιδιαίτερο τρόπο, το πάζλ από πλακίδια δίνει στον προγραμματιστή μια οπτικοποίηση του κώδικα. Ουσιαστικά έχουμε όλες της συνηθισμένες εντολές διακλάδωσης, ελέγχου, σύγκρισης, μαθηματικές και

λίστες που μπορεί να βρεις στην C ή την Java. Κατά γενική ομολογία δεν θα ήταν αρκετές αν δεν γινόταν να παραμετροποιηθεί το τελικό αποτέλεσμα αλλάζοντας χρώματα, παρουσιάζοντας μηνύματα λάθους αλλά και το σημαντικότερο δυνατότητα δημιουργίας επεκτάσεων του χρήστη.



Εικόνα 2.13 Το προγραμματιστικό κομμάτι του MIT App Inventor

2.12 Πλακέτες Τυπωμένων Κυκλωμάτων

Μία πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB) αποτελείται από μια λεπτή πλακέτα από μονωτικό υλικό που υποστηρίζει τα εξαρτήματα του κυκλώματος και τις αγωγικές διαδρομές, συνήθως από χαλκό στην μια ή και τις δύο πλευρές της οι οποίες συνδέουν μεταξύ τους τα εξαρτήματα. Οι ακροδέκτες των εξαρτημάτων συγκολλούνται στις τρύπες οι οποίες διαπερνούν την πλακέτα για να επιτυγχάνεται η στήριξη των εξαρτημάτων (through-hole technology), οι οποίες είναι τμήματα της αγωγικής διαδρομής με αρκετό χώρο για την πραγματοποίηση μιας επαφής κόλλησης μεταξύ του εξαρτήματος και της αγωγικής διαδρομής. Οι συνεχείς βελτιώσεις στην τεχνολογία κατασκευής PCB έχουν σαν αποτέλεσμα σημαντικές προόδους αναφορικά με την απόδοση, το μέγεθος, το κόστος και την ποικιλία στους τύπους που ταιριάζουν καλύτερα με τα νέα σχέδια των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

2.12.1 Τυπωμένη πλακέτα διπλής όψης (double-sided PCB)

Οι πλακέτες αυτής της κατηγορίας σε αντίθεση με της μονής ή απλής όψης (single-sided PCB) χρησιμοποιούν αγωγίμες διαδρομές σε κάθε πλευρά της πλακέτας [28, p. 5]. Στην κατηγορία αυτή τα εξαρτήματα μπορούν να τοποθετηθούν είτε στην μία είτε στην άλλη πλευρά είτε και στις δύο. Τα εξαρτήματα χρειάζεται να κολληθούν και στις δύο επιφάνειες της πλακέτας όταν συνδυάζεται με τεχνολογία through-hole, αυξάνοντας το κόστος και τον χρόνο κατασκευής, δίνεται η δυνατότητα εσωτερικά στις οπές να εναποτεθεί μια λεπτή επίστρωση χαλκού (Plated Through Holes) [28, p. 13].

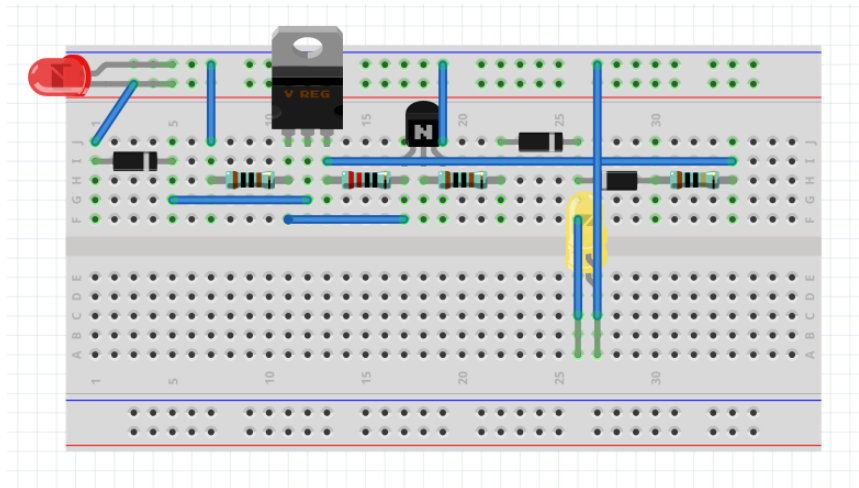
Το συνδυασμένο αυτό αποτέλεσμα εξασφαλίζει μεγαλύτερη πυκνότητα εξαρτημάτων συγκριτικά με τα PCBs απλής όψης. Οι διασυνδέσεις μεταξύ των αγωγίμων διαδρομών στα δύο επίπεδα επιτυγχάνεται με ακίδες μεταξύ των επιπέδων, τους ακροδέκτες των εξαρτημάτων και επιμεταλλωμένες τρύπες. Η τελευταία μέθοδος είναι σήμερα η συνηθέστερη, για αυτό χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον κατά την σχεδιάσή μας και υλοποιείται με την επικάλυψη του τοιχώματος της οπής με αγωγίμο υλικό. Κατά την δρομολόγηση οι επιμεταλλωμένες οπές οι οποίες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την διασύνδεση αγωγίμων διαδρομών μεταξύ των δύο αντίθετων επιπέδων της πλακέτας είναι γνωστές σαν vias [28, p. 5].

2.12.2 Πρόγραμμα διάταξης πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος

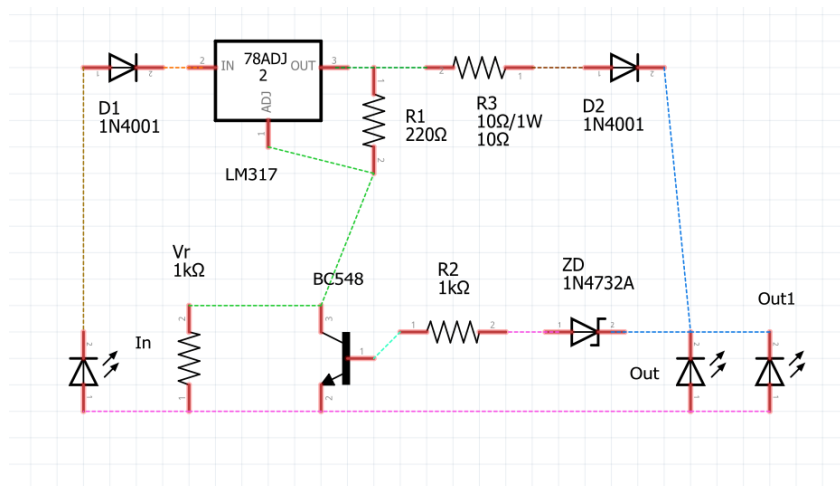
Το πρόγραμμα fritzing ξεκίνησε το 2007 ως ένα πρόγραμμα ανοιχτού λογισμικού υλικού στο Πανεπιστήμιο Εφαρμοσμένων Επιστημών Potsdam της Γερμανίας, με επιβλέπον του εγχειρήματος τον καθηγητή Reto Wettach [29]. Στόχος του εγχειρήματος να υποστηρίξει τους σχεδιαστές, τους καλλιτέχνες, τους ερευνητές και τους ερασιτέχνες να κάνουν το βήμα από το φυσικό πρωτότυπο μέχρι το πραγματικό προϊόν. Παρέχει τα κατάλληλα συμβατά με Arduino εργαλεία και εξαρτήματα για την δημιουργία της διάταξης της πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος και των αγωγίμων διαδρομών.

Δίνει την ευκολία στον χρήστη να εργαστεί σε ένα εικονικό breadboard, σε ένα σχεδιαστικό περιβάλλον και σε μια προσομοίωση PCB. Μια προσθήκη ή αφαίρεση ενός καλωδίου, μιας συσκευής ή ενός περιφερειακού σε ένα από τα τρία επηρεάζει και τα άλλα δύο. Κάποια από τα εξαρτήματα που εμπεριέχοντες στην βάση δεδομένων του είναι αισθητήρες, Arduino boards, Shields και αναλογικές συσκευές, λόγω της συνεργασίας του με κατασκευαστές όπως η SparkFun, Intel, Lilypad, Parallax και Atlas Scientific έχουν την ακριβή διαστασιολόγηση του κάθε εξαρτήματος. Το πρόγραμμα διαθέτει τα απαραίτητα εργαλεία για προσθήκη νέων εξαρτημάτων.

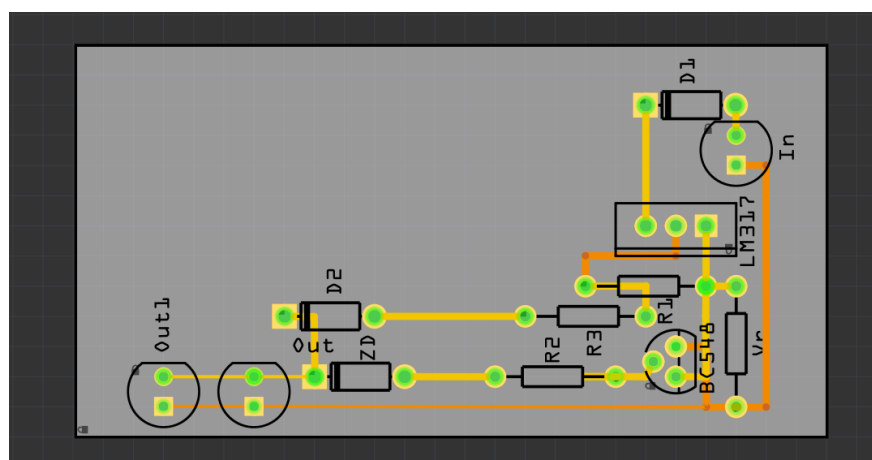
Στην Εικόνα 2.14 γίνεται αντιληπτό αν είναι δυνατή η μεταφορά από τον πραγματικό στον εικονικό κόσμο με ακρίβεια που για αρχάριους μπορεί να θεωρηθεί ιδανικό. Αντίθετα το σχεδιαστικό περιβάλλον είναι για κάποιον πιο προχωρημένο που τον ενδιαφέρει η ακρίβεια, αλλά ταυτόχρονα και σε κάποιο αρχάριο να κατανοήσει πως αποτυπώνεται σχεδιαστικά το κύκλωμα της Εικόνα 2.15. Τέλος το πιο ενδιαφέρον είναι πως εντυπώνεται το τελικό κύκλωμα πάνω στην πλακέτα στην Εικόνα 16, ο σχεδιαστής μπορεί να αλλάξει από το μέγεθος του PCB, την θέση των εξαρτημάτων και την δρομολόγηση των αγωγίμων διαδρομών.



Εικόνα 2.14 Εικονικό breadboard του fritzing



Εικόνα 2.15 Σχεδιαστικό περιβάλλον του fritzing



Εικόνα 2.16 Περιβάλλον προσομοίωσης PCB του fritzing

2.12.3 Εργοστάσιο κατασκευής PCB

Κατά την κατασκευή ενός PCB η επιλογή εργοστασίου επηρεάζει σημαντικά το κόστος, την ποιότητα του, τον χρόνο κατασκευής και μεταφοράς έως την παραλαβή του τελικού προϊόντος. Το εργοστάσιο της εταιρία AISLER [30] κατασκεύασε την πλακέτα μας. Μετά από έρευνα αγοράς η μικρή γερμανική εταιρία που εξειδικεύεται στην παραγωγή πρωτότυπων κυκλωμάτων, μας προμήθευσε με 3 PCB που θα παρουσιαστεί αργότερα. Η συνεργασία της με την fritzing έγκειται στο γεγονός ότι έχει έδρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση και ότι το κόστος ήταν μικρότερο μεγάλων κολοσσών όπως η Oshpark LLC.

Για ακαδημαϊκούς λόγους προστέθηκε Stencil για να κάνει πιο ευανάγνωστο το PCB, μια υπηρεσία που προσφέρεται με επιπλέον κόστος 5 euro, άλλα βελτιώνει την παραγωγικότητα κατά την συγκόλληση των εξαρτημάτων όπως διαπιστώθηκε. Το χρώμα του PCB είναι υποχρεωτικά πράσινο για να συνδυάζεται η καλή ποιότητα υλικού με το χαμηλό κόστος, η επιμετάλλωση των οπών και ο αριθμός τους δεν επηρεάζει την τελική τιμή της πλακέτας άλλα μόνο από το μέγεθος της αυτής.

2.13 Ταχύτητα Διάδοσης Ηχητικών Κυμάτων

Η ταχύτητα εξαρτάται από το υλικό μέσα από το οποίο μεταδίδεται και από τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν σε αυτό. Τα ηχητικά κύματα δεν μεταφέρονται στον κενό χώρο, επειδή δεν υπάρχει ύλη όπως π.χ. στον αέρα όπου για να δημιουργηθεί μια μορφή διατάραξης στο υλικό μέσο τα μετατοπισμένα μόρια ύλης ασκούν δυνάμεις στα γειτονικά μόρια, αναγκάζοντάς τα να έλθουν εκτός θέσης ισορροπίας. Ένα μέρος ή ολόκληρο του κύματος το οποίο συναντάται, με κάποιο μέσο διαφορετικής ύλης και πυκνότητας από το υλικό το οποίο διαδίδεται θα αναγκαστεί να αλλάξει κατεύθυνση, αυτό ονομάζετε ανάκλαση.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα μεταβάλλει την ταχύτητα του ήχου, σύμφωνα με την σχέση [31, p. 217]:

$$u_s = u_{so} \sqrt{1 + \frac{T(^{\circ}C)}{273.15}} \quad (2.1)$$

- Όπου $u_{so} = 331.30 \text{ m/s}$ η ταχύτητα του ήχου στον αέρα για Θερμοκρασία 0°C
- Τ η νέα Θερμοκρασία του αέρα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$)

Από τον τύπο έχουμε:

$$u_s(0) = 331.3$$

$$u'_s(T) = \frac{1}{2} * 331.3 \left(1 + \frac{T}{273.15} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{273.15} \quad (2.2)$$

$$u'_s(0) = 0.606$$

Από αυτό προκύπτει, για Θερμοκρασία (T), κοντά στο μηδέν [32, p. 180] [33] [34]:

$$\text{Ταχύτητα του ήχου} = u_s(T) \approx u_s(0) + u'_s(0) = 331.3 + 0.606T \frac{m}{sec} \quad (2.3)$$

Η ανθρώπινη ακοή εκτείνεται για ήχους με συχνότητα μεταξύ 20 Hz και 20.000 Hz, ο ήχος που μεταδίδεται σε μεγαλύτερες συχνότητες ονομάζεται υπέρηχος. Οι υπέρηχοι αποτελούν μια από τις σημαντικότερες μη καταστροφικές μεθόδους ελέγχου υλικών στην βιομηχανία, ιατρική και παντού στην καθημερινότητα χωρίς να γίνονται αντιληπτοί και να την δυσχεραίνουν.

2.14 Διεύθυνση IP

Η διεύθυνση IP είναι ο θεμέλιος λίθος οποιουδήποτε δικτύου, ιδιαίτερα όταν για αναφερόμαστε το Internet, είτε μιλάμε για ένα μικρό τοπικό δίκτυο. Κάθε συσκευή που συνδέεται σε ένα οποιοδήποτε δίκτυο, αποκτάει μία διεύθυνση IP: μία αριθμητική διεύθυνση που είναι μοναδική για τη συγκεκριμένη συσκευή στο συγκεκριμένο δίκτυο. Η λειτουργίας της διεύθυνσεως IP είναι να βεβαιώσει την αποκλειστική επικοινωνία ανάμεσα σε δύο συσκευές στο ίδιο δίκτυο.

Εξίσου σημαντικό να αναφερθεί είναι ότι η κάθε ιστοσελίδα έχει μοναδική IP, μέσω του server που τη φιλοξενεί. Αν δύο ιστοσελίδες είχαν την ίδια διεύθυνση IP, θα ήταν αδύνατον για τον χρήστη να επισκεφθεί αυτή που θέλει. Η μορφή των διευθύνσεων IPv4 αποτελείται από τέσσερις ομάδες αριθμών (xxx.xxx.xxx.xxx), με την κάθε ομάδα να μπορεί να έχει μια τιμή από 0 μέχρι 255. Θεωρητικά, για να εισέλθει ο χρήστης σε ένα Site, θα έπρεπε να γράψει την IP στη μπάρα των διευθύνσεων. Αν για οπουδήποτε λόγο το Site μεταφερθεί σε νέο Server θα έπρεπε να αλλάξει και η IP και ο χρήστης να απομνημονεύσει 12 νέους αριθμούς. Οι DNS Servers (Domain Name System Servers) δημιουργήθηκαν για να αντιστοιχούν την διεύθυνση π.χ. www.google.com στην IP 173.194.66.94 π.χ., αυτό απλοποιεί σημαντικά τη χρήση του Internet.

2.14.1 Στατική & Δυναμική IP

Αν υπάρχει μια σύνδεση με στατική IP, τότε η εξωτερική IP προς το Internet δεν αλλάζει ποτέ. Το πρόβλημα είναι ότι το πρωτόκολλο IPv4 περιορίζεται σε λιγότερο από 4.3 δισεκατομμύρια (2^{32}) συνδυασμού IP, όταν οι συσκευές που συνδέονται στο δίκτυο είναι περισσότερες από μία για κάθε άνθρωπο στην Γη. Η μετάβαση από IPv4 σε IPv6 που θα αύξανε σε $3.4 \cdot 10^{38}$ διαφορετικές διευθύνσεις, καθυστερήσει σημαντικά, καθώς απαιτούνται σημαντικές αλλαγές σε επίπεδο υποδομής και εξοπλισμού. Ένα κόστος που θα

επιβάρυνε τους παρόχους Internet και θα έπρεπε να μειώσουν την επιπλέον χρέωση για το προνόμιο μιας στατικής IP .

Προφανώς, η συντριπτική πλειοψηφία των συνδέσεων Internet που αγοράζεται από τους παρόχους διαθέτουν δυναμική IP. Κάθε φορά που κλείνει το Router και απενεργοποιείται μετά από 1-2 λεπτά, ανατίθεται μία νέα διεύθυνση IP. Επιπροσθέτως ο ίδιος ο πάροχος Internet μας αλλάζει τη διεύθυνση IP κάθε κάποιο χρονικό διάστημα. Για να αντισταθμιστεί λοιπόν η συχνή αυτή αλλαγή IP, προσθέτεται μια ρουτίνα που ελέγχει τακτικά και ενημερώνει ένα DNS (Domain Name System) Servers , για την τρέχουσα IP του Router ή του Server.

2.14.2 Dynamic DNS

Λόγω των προβλημάτων που αναφέρθηκαν, εταιρίες στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών προσφέρουν υπηρεσίες Dynamic DNS. Λόγω του μεγάλου ανταγωνισμού και γνωριμία με την εταιρία, όπως οι NoIP, προσφέρουν δωρεάν υπηρεσία που επιτρέπει να γίνει η επιλογή ενός domain και μέχρι τρία hostnames στο domain αυτό [35].

σκοπό λοιπόν να ελεγχθεί και να ενημερωθεί για την αλλαγή της IP ο πάροχος της υπηρεσίας, υπάρχουν 3 μέθοδοι. Ορισμένα σύγχρονα router διαθέτουν ενσωματωμένο σύστημα Dynamic DNS, ώστε η ανανέωση να γίνεται απευθείας μέσα από το router. Εφόσον το Dynamic DNS του router υποστηρίζει το no-ip, αρκεί ο χρήστης να βάλει τα στοιχεία του λογαριασμού του με την χρήση Update Client (DUC) ένα πρόγραμμα που διανέμεται δωρεάν άλλα προϋποθέτει την εγκατάσταση του σε υπολογιστή, ο οποίος πρέπει να λειτουργεί για όλο το εικοσιτετράωρο ώστε να επικαιροποιείται η IP κάτι το οποίο είναι ενεργειακά κοστοβόρο.

An example update request string

```
http://username:password@dynupdate.no-ip.com/nic/update?hostname=mytest.testdomain.com&myip=1.2.3.4
```

An example basic, raw HTTP header GET request

```
GET /nic/update?hostname=mytest.testdomain.com&myip=1.2.3.4 HTTP/1.0
Host: dynupdate.no-ip.com
Authorization: Basic base64-encoded-auth-string
User-Agent: Bobs Update Client WindowsXP/1.2 bob@some.domain.com
```

Εικόνα 2.17 Παράδειγμα πρωτόκολλου επικοινωνίας και ανανέωσης

Το μεγάλο πρόβλημα, που προκύπτει είναι ότι παραπάνω επιλογές απαιτούν την βασική γνώση υπολογιστών και την παραμετροποίηση των συστημάτων. Δεδομένου του γεγονότος ότι η NoIP δίνει τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και ανανέωσης, ώστε να τα προσαρμοστούν στο σύστημα, με μια ρουτίνα στο Arduino να ενημερώνεται πάντα ο DNS provider με μόνο περιορισμό στην δωρεάν έκδοση την υποχρέωση να ανανεώνεται χειροκίνητα το hostname δωρεάν κάθε 30 ημέρες.

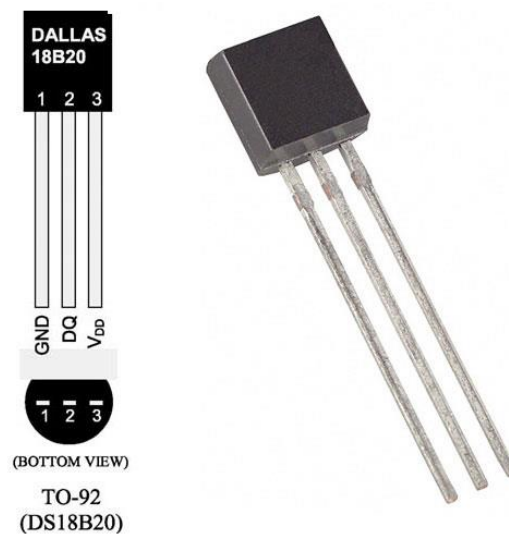
Ανάλυση Εξαρτημάτων

3.1 Εξαρτήματα

Για την κατασκευή των συστημάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εξαρτήματα:

- 3x Αισθητήρες υπέρηχων US015,
- Ημιαγωγικός Αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20,
- Αναγνώστης καρτών MicroSD (MicroSD Card reader),
- Ασύρματος Πομποδέκτης HC-05 Bluetooth,
- Ασύρματος Πομποδέκτης nRF24L01
- Arduino Ethernet Shield,
- Σύστημα φύλαξης (watchdog).

3.2 Αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20



Εικόνα 3.1 Αισθητήρας θερμοκρασίας Dallas [36]

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας που έχει επιλεγθεί είναι ο DS18B20. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας δίνει την δυνατότητα να συνδέονται με το Arduino παραπάνω του ενός αισθητήρες, χωρίς να είναι επιβεβλημένη η χρησιμοποίηση επιπρόσθετων εξωτερικών εξαρτημάτων στην ίδια γραμμή (1-Wire bus system). Διαθέτει μια μνήμη ROM (Read Only Memory) μεγέθους 64 bits. Από τα 64 bits της ROM, τα πρώτα 8 bits ονομάζονται CRC (Cyclic Redundancy Check) και είναι υπεύθυνα για την διάγνωση λαθών από τον δίαυλο

επικοινωνίας σύμφωνα με τον τύπο **(3.1)**, τα επόμενα 48 bits είναι ένας μοναδικός συνδυασμός για κάθε DS18B20 (Serial number) και τα τελευταία 8 bits δηλώνουν την οικογένεια που ανήκει. [37, p. 6].

$$\text{CRC} = X^8 + X^5 + X^4 + 1 \quad (3.1)$$

Η ακρίβεια στην μέτρηση της θερμοκρασίας αυξάνεται αισθητά ανάλογα με τον χρόνο αναλύσεως και της μετατροπής που απαιτείται όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 [37, p. 5 & 9]

Ακρίβεια Ψηφιακού Θερμομέτρου	Μέγιστος Χρόνος Μετατροπής	Ακρίβεια Θερμοκρασίας
9 bit	93.75 ms ($t_{\text{conv}}/8$)	0.5°C
10 bit	187.5 ms ($t_{\text{conv}}/4$)	0.25°C
11 bit	375 ms ($t_{\text{conv}}/2$)	0.125°C
12 bit	750 ms (t_{conv})	0.0625°C

Τα δεδομένα της θερμοκρασίας εξόδου του αισθητήρα βαθμονομούνται σε βαθμούς Κελσίου (°C). Αυτά τα δεδομένα αποθηκεύονται ως ένας αριθμός μήκους 16 bits στον καταχωρητή (Register) θερμοκρασίας. Τα τέσσερα (4) πιο σημαντικά bits (MSB) από τα δεκαέξι (16), υποδεικνύουν το πρόσημο, σύμφωνα με την αναπαράσταση επέκτασης προσήμου συμπληρώματος ως προς δυο [38, p. 6]. Το ψηφιακό θερμόμετρο παρέχει αναγνώσεις θερμοκρασίας από εννέα (9) έως δώδεκα (12) bits. Οι ενδείξεις του αισθητήρα κυμαίνονται από -55 °C έως +125 °C. Η κωδικοποίηση τους αναπαρίσταται στον Πίνακα 3.1. Στην περίπτωση που αξιοποιούνται λιγότερα από 12 bits τα εναπομείναντα bits γεμίζουν με το λογικό “0” ώστε το μήκος του καταχωρητή να παραμείνει σταθερό.

Πίνακας 3.2 [37, p. 5]

Θερμοκρασία	Ψηφιακή Έξοδος (Δυαδικό)	Ψηφιακή Έξοδος (δεκαεξαδικό)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FF6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

3.2.1 1-Wire interface

Το 1-Wire interface είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας, το οποίο παρέχει χαμηλής ταχύτητας δεδομένα, σηματοδότησης και ενέργειας μέσω ενός μόνο αγωγού. Το κύριο πρόβλημα που προκύπτει, είναι η εύρυθμη λειτουργία του διαύλου. Για αυτό υπάρχει μονός ένας ιδιοκτήτης (Master) του διαύλου και όλοι οι αισθητήρες λειτουργούν ως σκλάβοι (Slaves). Πιο συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο που ακολουθείται από τα DS18B20 είναι το εξής: [37]

- 1) Αρχικοποίηση
- 2) Εντολή που απευθύνεται στην ROM
 - a. Διάβασμα της ROM (Read ROM [33h])
 - b. Εντολή που απευθύνεται στον κάτοχο συγκεκριμένης ROM (Match ROM [55h])
 - c. Εντολή που απευθύνεται σε όποιον ακούει (Skip ROM [CCh])
 - d. Εντολή σχετικά με το ποιοί DS18B20 είναι συνδεδεμένοι στον δίαυλο (Search ROM [F0h])
 - e. Εντολή ώστε να ενημερώσουν μόνο οι αισθητήρες που έχει ξεπεραστεί το κατώφλι που θέσαμε νωρίτερα (Alarm Search [ECh])
- 3) Εντολή λειτουργίας μνήμης (Scratchpad memory or SPM)
 - a. Εγγραφή θερμοκρασίας μέγιστου ή ελάχιστου κατωφλίου στην SPM (Write Scratchpad [4Eh])
 - b. Διάβασμα δεδομένων από την SPM (Read Scratchpad [BEh])
 - c. Αντιγραφή των δεδομένων από την SPM (Copy Scratchpad [48h])
 - d. Μετατροπή της ένδειξης της θερμοκρασίας σε ψηφιακή μορφή (Convert T [44h])
 - e. Αναίρεση σκανδάλης κατωφλίου (Recall E²)

- f. Ενημέρωση για την κατάσταση τροφοδοσίας (Read Power Supply)
 4) Συναλλαγή / Δεδομένα

Για την μεταφορά των δεδομένων διαμέσου του διαύλου, χρησιμοποιούνται χρονικά παράθυρα (Time slot). Σε κάθε παράθυρο, μεταδίδεται μια εντολή ή ένας σηματοφόρος για τον συγχρονισμό των περιφερειακών. Ένα time slot εγγραφής ξεκινά όταν ο Master της γραμμής, από ένα υψηλό δυναμικό (λογικό “1”) μεταβαίνει σε ένα χαμηλό δυναμικό (λογικό “0”). Η διάρκεια του κάθε time slot είναι τουλάχιστον 60 μs.

Η κατάσταση αναμονής του καναλιού είναι σε κατάσταση υψηλού δυναμικού. Αν για οποιοδήποτε λόγο, ο Master επιτρέψει στον δίαυλο να παραμείνει σε χαμηλό δυναμικό για χρόνο μεγαλύτερο των 480 μs, τότε όλα τα μέλη του συστήματος επανέρχονται στις εργοστασιακές τους ρυθμίσεις.

3.2.2 Ημιαγωγικοί Αισθητήρες Θερμοκρασίας

Στο εμπόριο υπάρχει μια πληθώρα επιλογών σχετικά με αισθητήρες θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, θερμικές αντιστάσεις (Thermistor), ημιαγωγοί (semiconductor), θερμοζεύγη και RTD ακολουθώντας το βιομηχανικό πρότυπο PT100. Οι κύριες διαφορές βρίσκονται στην ευαισθησία, στο εύρος και στην περιοχή μέτρησης, στην γραμμικότητα, στο κόστος και στην τροφοδοσία.

Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά τον αισθητήρα DS18B20. Πρόκειται για μια υλοποίηση ημιαγωγικών αισθητήρων θερμοκρασίας σε μονολιθικά ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία ονομάζονται «Brokaw cell». Λόγω της σύνδεσης των τρανζίστορ με τον τελεστικό ενισχυτή, στους συλλέκτες των τρανζίστορ τα ρεύματα είναι ίσα και το άθροισμά τους ρέει στην αντίσταση R1, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.2. Το τρανζίστορ Q2, έχει η φορές μεγαλύτερο εμβαδόν της επιφάνειας επαφής βάσης-εκπομπού από το αντίστοιχο Q1, με αποτέλεσμα στην αντίσταση R2 να αναπτύσσεται τάση και ρεύμα (3.1).

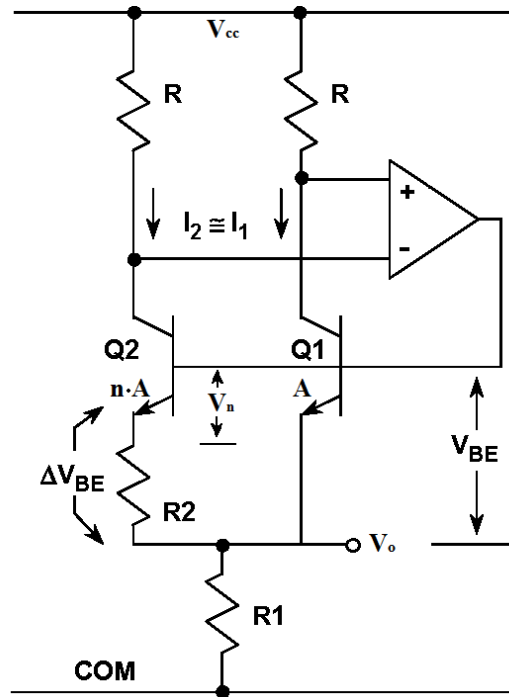
$$\begin{aligned}\Delta V_{BE} &= V_{BE} - V_n \\ I_{BE} &= \frac{\Delta V_{BE}}{R_2}\end{aligned}\quad (3.1)$$

- ΔV_{BE} διαφορά δυναμικού στα άκρα της R2
- V_{BE} διαφορά δυναμικού βάσης-εκπομπού στο τρανζίστορ Q1
- V_n διαφορά δυναμικού βάσης-εκπομπού στο τρανζίστορ Q2
- I_{BE} το ρεύμα που διαρρέει την R2

Η τάση της που αναπτύσσεται στην αντίσταση R1 είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας T_a όπως προκύπτει από τον τύπο (3.2).

$$V_o = \frac{2R_1(V_{BE} - V_n)}{R_2} = 2 \frac{R_1}{R_2} \frac{K}{q_e} \ln(n) T_a \quad (3.2)$$

- T_a απόλυτης θερμοκρασίας σε κλίμακα Kelvin
- K η σταθερά του Boltzmann
- q_e το φορτίο του ηλεκτρονίου



Εικόνα 3.2 Κυκλώμα Brokaw cell

3.3 Αισθητήρας Υπερήχων US015



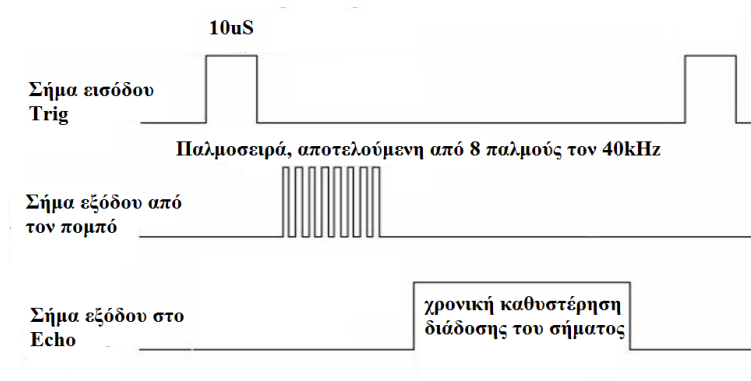
Εικόνα 3.3 Αισθητήρας Υπερήχων US015 [39]

Στις διατάξεις μέτρησης με (Ultrasonic Sensor) συναντάται ένας μετατροπέας υπερήχων, ο οποίος εναλλάσσει την λειτουργία του μεταξύ πομπού και δέκτη [31, p. 224]. Σε αντίθεση ο US015 αποτελείται από έναν πομπό (Transceiver) και ένα δέκτη (Receiver) στο ολοκληρωμένο κυκλώμα του. Ο πομπός εκπέμπει μια παλμοσειρά υπερήχων προς μία επιφάνεια, το σήμα ανακλάται και ο δέκτης συλλαμβάνει με χρονική καθυστέρηση Δt . Η χρονική καθυστέρηση Δt , είναι ο απαιτούμενος χρόνος για να διανύσει δια μέσω του αέρα το σήμα δυο φορές την απόσταση αισθητήρα και ανακλαστικής επιφάνειας.

Όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2.13, για την βελτίωση στην ακρίβειας της μέτρησης, ο χρόνος διάδοσης δια μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα του σήματος δίνεται από τον τύπο

$$\mu_s(T) = 331.3 + 0.606T \frac{m}{sec} \quad (2.3).$$

Από αυτόν τον τύπο γίνεται κατανοητό το πλεονέκτημα του αισθητήρα θερμοκρασίας DS18B20.



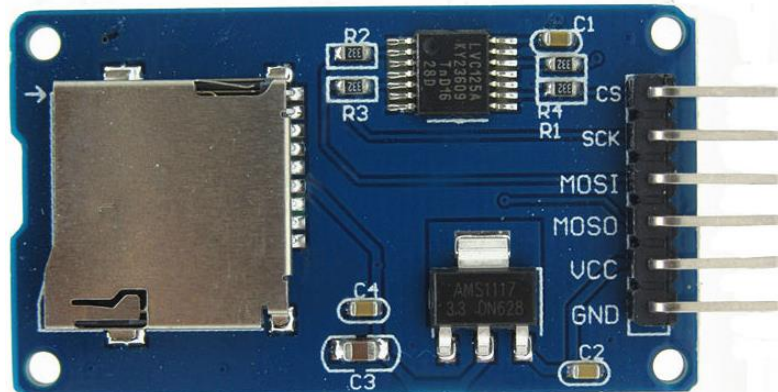
Εικόνα 3.4 Σήματα Λειτουργίας US015

Το ολοκληρωμένο κυκλώματα του US015 αποτελείται από τα εξής pins :

- V_{cc} : pin τροφοδοσίας 5V.
- GND: pin γείωσης.
- Trig: για την ενεργοποίηση λειτουργίας του πομπού ρυθμίζεται το pin σε υψηλό δυναμικό για διάστημα των 10μs [40, p. 5] και επαναφέρεται σε χαμηλό δυναμικό όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4.
- Echo: στο pin μεταβάλλεται το δυναμικό από χαμηλό σε υψηλό και πάλι πίσω για το χρονικό διάστημα που ο δέκτης δεν έχει αντιληφθεί την όλη παλμοσειρά όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4.

Ουσιαστικά αποτελεί τα «μάτια» του συστήματος καθώς του επιτρέπει τη χωρική συνειδητοποίηση. Κατά την λειτουργία του καταναλώνει 2.2 mA και τάση 5 V, η γωνία διάδοσης του σήματος είναι μικρότερη των 15ο μοιρών και η θερμοκρασία λειτουργίας του κυμαίνεται από 0 °C έως 70 °C [40, p. 3]. Η απόσταση ανίχνευσης είναι μεταξύ 2 cm έως 700 cm κάτι που εξαρτάται από το υλικό διάδοσης του σήματος με βέλτιστη στον ατμοσφαιρικό αέρα [41]. Το κόστος αγοράς του είναι μικρότερο των 2 euro.

3.4 Αναγνώστης MicroSD καρτών



Εικόνα 3.5 Micro SD Card Adapter Reader Module

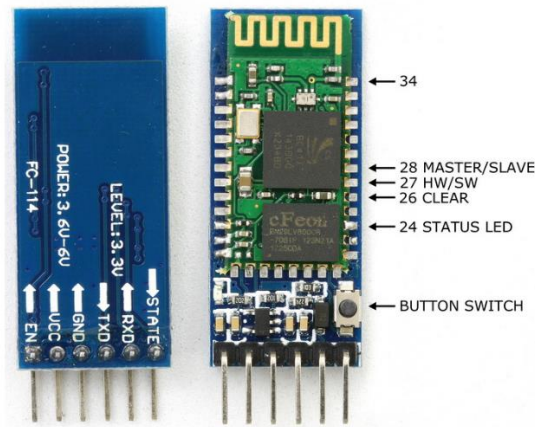
Για την αποθήκευση και την αδιάκοπη μεταβολή των δεδομένων στο Arduino όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2.6.1, οι εσωτερικές του μνήμες δεν ενδείκνυνται. Ένας προσαρμογέας ανάγνωσης καρτών MicroSD προστέθηκε στο σύστημα με σκοπό την επιπλέον παροχή μεγάλου και οικονομικού αποθηκευτικού χώρου. Μια επέκταση εξωτερικού αποθηκευτικού χώρου η οποία έχει ως μειονέκτημα την ταχύτητα ανάγνωσης αλλά διαθέτει το πλεονέκτημα της προστασίας των δεδομένων από επανεκκινήσεις του συστήματος.

Το ουσιαστικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα μόνιμης μετατροπής των δεδομένων χωρίς να απαιτείται επαναπρογραμματισμός του Arduino για την ανανέωση κάποιων καίριων μεταβλητών του συστήματος. Στις δυνατότητες του Arduino περιλαμβάνεται ο bootloader να είναι εφικτό να φορτώνει στην μνήμη Flash του, από τον εξωτερικό αποθηκευτικό χώρο, το αρχείο με όνομα “program.hex” το οποίο περιέχει το εκτελέσιμο πρόγραμμα. Παρόλο που δοκιμάστηκε εν τέλει αποφεύχθηκε η χρήση αυτής της δυνατότητας, ώστε να μην μειωθεί η ταχύτητα του συστήματος.

Η τάση τροφοδοσία είναι 5V, όμως με την συμβολή του ρυθμιστή τάσης, το σύστημα λειτουργεί στα 3.3V, κάτι που αυξάνει την κατανάλωση. Μια τυπική διασύνδεση SPI αποτελείται από έξι pins. Δύο εξ αυτών χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία και τα εναπομείναντα τέσσερα στην διεπαφή επικοινωνιών.

3.5 Ασύρματος Πομποδέκτης HC-05 Bluetooth

HC-05



Εικόνα 3.6 Wireless Serial 6 Pin Bluetooth RF Transceiver Module HC-05

Το Bluetooth είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο, το οποίο είναι το αποτέλεσμα της προσπάθειας της εταιρίας Ericsson να αναπτύξει μία τεχνολογία, η οποία θα επέτρεπε τον σχηματισμό τοπικών δικτύων πολύ μικρής εμβέλειας με σκοπό την ασύρματη και κατ' απαίτηση δικτύωση ετερογενών φορητών συσκευών. Υιοθετήθηκε από την IEEE και αναγνωρίζεται διεθνώς ως το πρότυπο 802.15 για WPAN [42].

Το Bluetooth επιτρέπει την κατάργηση όλων των καλωδίων τα οποία παλαιότερα ήταν απαραίτητα για τη διασύνδεση μεταξύ υπολογιστών, περιφερειακών, κινητών τηλεφώνων και άλλων ψηφιακών συσκευών μέσω μιας ασφαλούς, φθηνής και παγκοσμίως διαθέσιμης χωρίς ειδική άδεια ραδιοσυχνότητας μικρής εμβέλειας. Λειτουργεί στην ελεύθερη ζώνη συχνοτήτων των 2,4 GHz, ώστε οι συσκευές που το ενσωματώνουν να μπορούν να λειτουργήσουν απροβλημάτιστα σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη [43].

Το HC-05 και το HC-06 ανήκουν στην κατηγορία των προϊόντων για τον μέσο χρήστη της «HC Serial Bluetooth Products». Τα οποία ενσωματώνοντάς τα σε ένα σύστημα διευρύνουν τις δυνατότητές τους από σειριακή σε ασύρματη επικοινωνία. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του μπορεί να έχει τον ρόλο είτε του Κύριου (Master) είτε του υποτακτικού (Slave), επιλέχθηκε το HC-05 λόγω της ιδιαιτερότητας του να εναλλάσσει τους δυο αυτούς ρόλους ενώ βρίσκεται σε λειτουργία, σε αντίθεση με το νεότερο μοντέλο της σειράς.

3.5.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Το HC-05 τροφοδοτείται από τάση 3.3V ή 5 V, με συνέπεια η ισχύς μετάδοσης δεδομένων να είναι έως +4dBm και η ευαισθησία να κυμαίνεται στα -80dBm. Παρόλο την μικρή ενσωματωμένη κεραία έχει εμβέλεια έως και 10 m και εύρος φάσματος που ξεκινά από 2.4 GHz και φτάνει τα 2.485 GHz. Προγραμματίζεται μέσω της διεπαφής UART [44].

Το εξάρτημα αποτελείται από 6 pins, ένα led και ένα διακόπτη. Πιο αναλυτικά:

- Όταν ο διακόπτης είναι ενεργοποιημένος και ύστερα το σύστημα τροφοδοτείται, αυτό εισέρχεται σε κατάσταση προγραμματισμού AT mode. Διαφορετικά ο διακόπτης χρησιμοποιείται για την επανεκκίνηση του συστήματος.
- Τα V_{cc}, GND είναι για την τροφοδοσία του με ελάχιστη και μέγιστη τάση 3.1 και 6.5 αντίστοιχα [44, p. 9].
- Τα TxD, RxD είναι για την διασύνδεση με το Arduino με το πρωτόκολλο UART.
- Όταν το EN βρίσκεται σε χαμηλό δυναμικό τότε το Bluetooth παραμένει κλειστό ωστόσο σταματήσει να ασκείται αυτό το δυναμικό με αποτέλεσμα να ενεργοποιηθεί.
- Το STATE και LED ανάλογα την κατάσταση εμφανίζουν κι αλλάζουν την συμπεριφορά τους όπως την παρουσιάζει ο Πίνακας 3.3.

Πίνακας 3.3 Ένδειξης λειτουργίας STATE (pin31) και LED

Κατάσταση συσκευής Bluetooth	STATE	LED
Απόπειρα σύνδεσης με άλλη συσκευή Bluetooth	Χαμηλό δυναμικό	Αναβοσβήνει συνεχώς
Απόπειρα σύνδεσης με άλλη συσκευή Bluetooth	Περνά σε υψηλό δυναμικό	Αναβοσβήνει γρήγορα
Συνδεδεμένο με άλλη συσκευή Bluetooth	Υψηλό δυναμικό	Αναβοσβήνει κάθε 2 δευτερόλεπτα
Το εξάρτημα βρίσκεται σε κατάσταση παραμετροποίησης	Υψηλό δυναμικό	Κατά την αρχικοποίηση παραμένει αναμμένο και μετέπειτα αναβοσβήνει κάθε 2 δευτερόλεπτα

3.5.2 Δυνατότητες Πομποδέκτη

Αξίζει να αναφερθούμε εδώ στις δυνατότητες του HC-05 και της παραμετροποίησης που δύναται να δεχθεί με την χρήση AT εντολών, οι οποίες είναι μικρές συμβολοσειρές που είναι γνωστές και ως “Hayes command”. Οι AT εντολές είναι ο ιδανικός τρόπος γι’ αυτήν την αμφίδρομη σειριακή επικοινωνία. Η εργοστασιακή ρύθμιση για τον ρυθμό μετάδοσης του ελεγκτή είναι στα 38400 ενώ για την επικοινωνία με το Bluetooth του κινητού τηλεφώνου ρυθμίστηκε στα 115200. Με αυτόν τον τρόπο είναι συμβατή με την εντολή “AT+UART=115200,0,0,\r\n”, η οποία είναι ένας εκ των 8 συμβατών ρυθμών μετάδοσης.

Παράδειγμα: Ερώτηση πια είναι η μπάντα
 AT+UART?
 +UART: 38400,1,2
 OK

Αλλαγή της μπάντα από 38400 σε 115200

AT+UART=115200,0,0,\r\n

OK

Επιβεβαίωση αλλαγής της μπάντα

AT+UART?

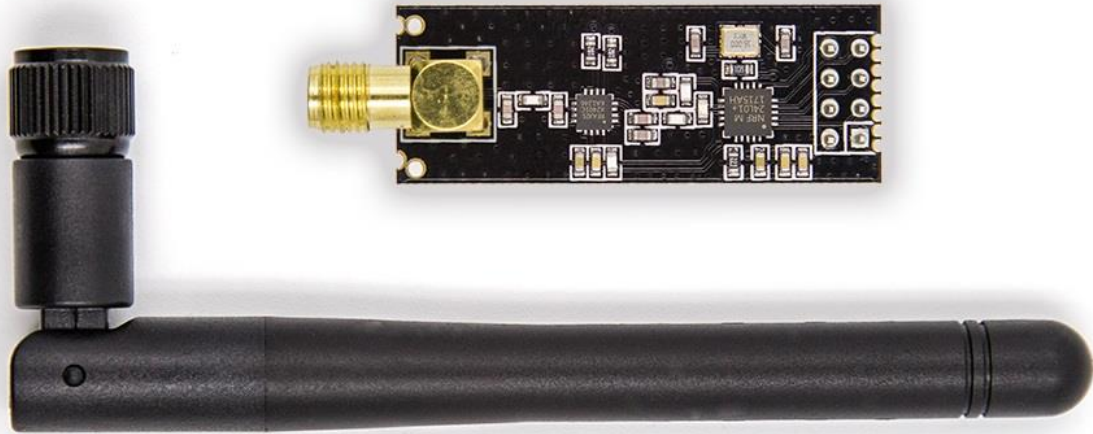
+UART:115200,0,0

OK

Για μην παρατεθούν όλες οι εντολές θα γίνει αναφορά σε αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της κατασκευής και κάποιες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές επεκτάσεις [45, pp. 5-12]:

- Η “AT+ROLE” για την οποία έγινε προγενέστερη αναφορά μεταβάλλει τον ρόλο μεταξύ Master και Slave.
- Η “AT+NAME” (και “AT+RNAME”) τροποποιεί το όνομα (και την διεύθυνση αντίστοιχα) που εμφανίζεται η συσκευή, καθιστώντας αδύνατο στον οποιοδήποτε κακόβουλο να γνωρίζει ποιο εξάρτημα χρησιμοποιούμε καθώς και την ύπαρξη πολλαπλών συσκευών σε κοντινή απόσταση χωρίς τον κίνδυνο των συγκρούσεων.
- Η “AT+PSWD” αλλάζει τον κωδικό σύνδεσης στη συσκευή από τον εργοστασιακό «1234» με αποτέλεσμα την ενίσχυση της ασφάλειας
- Έχοντας γίνει αναφορά για την ασφάλεια δεν μπορεί να μην γίνει μνεία στην “AT+SENM” με την οποία επιλέγεται το επίπεδο και η κρυπτογράφηση του μεταδιδόμενου σήματος.
- Η “AT+PAIR” ανιχνεύει στην εμβέλεια της αν υπάρχει Bluetooth με την δοθείσα διεύθυνση. Αυτός ο έλεγχος επιβεβαιώνει αν το όχημα που κατέλαβε την θέση, είναι του ιδιοκτήτη της θέσης. Η μόνη προϋπόθεση είναι να παραμένει πάντα ενεργοποιημένο το Bluetooth του οχήματος.
- Η “AT+ EXSNIFF” δοκιμάστηκε στην προσπάθεια μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης, αλλά απορρίφθηκε γιατί η χρήση του pin Enable που αναλύσαμε νωρίτερα ήταν πιο αποδοτική.
- Η “AT+SNIF” καθορίζει την διάρκεια απόπειρας εύρεσης νέων συσκευών και τον χρόνο αναμονής για την επανάληψη της νέας έρευνας.

3.6 Ασύρματος Πομποδέκτης nRF24L01



Εικόνα 3.7 nRF24L01 Module & SMA Antenna For Arduino

Όπως και ο Bluetooth πομποδέκτης λειτουργεί στην ελεύθερη ζώνη συχνοτήτων των 2,4 GHz και διαθέτει ενσωματωμένο πρωτόκολλο βασικής ζώνης. Είναι σχεδιασμένο για ασύρματες επικοινωνίες χαμηλής ισχύος. Η Industrial, Scientific and Medical (ISM) μπάντα συχνοτήτων καθιερώθηκε στο Διεθνές Συνέδριο Τηλεπικοινωνιών το 1947 στο Atlantic City [46] των συσκευών που λειτουργούν ταυτόχρονα στην ίδια μπάντα, ο κατασκευαστής αλλά και ο χρήστης πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τις ενδεχόμενες παρεμβολές.

3.6.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Το εξάρτημα είναι λειτουργικό σε θερμοκρασίες από -40 έως $+85$ °C και αποθηκεύεται σε θερμοκρασίες που φτάνουν τους $+125$ °C. Το εύρος τροφοδοσίας του είναι από 1,9V έως 3,6 V [47, p. 13]. Το μήκος του είναι 33,1089 mm και το πλάτος 15,0622 mm. Το εξάρτημα είναι εφοδιασμένο με κεραία αντίστασης φορτίου στα $15\Omega + j88\Omega$ με την συχνότητα να κυμαίνεται μεταξύ 2400 και 2525 MHz ανάλογα με την μπάντα.

Είναι ένα χαμηλής κατανάλωσης ενσωματωμένο σύστημα, όπως αναφέρθηκε στη παράγραφο 2.4. Είναι κατασκευασμένο να λειτουργεί με την συμβολή ενός μικροελεγκτή, παράγραφος 2.5. Αποτελείται από οκτώ pins. Δύο εξ αυτών χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία, τέσσερα για την διεπαφή επικοινωνιών που είναι μια τυπική διασύνδεση SPI, αντίστοιχη με αυτήν του MicroSD Card reader και η ταχύτητα της μπορεί να φτάσει τα 10 Mbps [47, p. 47], ένα για την μετάβαση από πομπό σε δέκτη και αντιστρόφως και το τελευταίο pin για interrupt.

3.6.2 Δυνατότητες Πομποδέκτη

Η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται είναι GFSK. Τα δύο κατ' ελάχιστον συμβαλλόμενα μέρη είναι υποχρεωτικά να γνωρίζουν a priori σε ποιά από τα 126 διαφορετικά κανάλια

ακούει και απαντά κάθε εξάρτημα. Ένα θετικό της τεχνικής αυτής είναι ότι στο πακέτο δεδομένων μπορεί να εμπεριέχεται η διεύθυνση συγκεκριμένου δέκτη, όταν πολλαπλά συστήματα λειτουργούν στο ίδιο κανάλι. Η ακρίβεια της επιλογής του καναλιού είναι από 1MHz έως μεγαλύτερη των 2MHz. Στην περίπτωση που ο ρυθμός των δεδομένων είναι 2Mbps, το κανάλι δεσμεύει μεγαλύτερο εύρος ζώνης για να μην υπάρχουν επικαλυπτόμενα κανάλια. Η ρύθμιση της συχνότητας του χρησιμοποιούμενου καναλιού γίνεται από έναν συγκεκριμένο καταχωρητή σύμφωνα με τη σχέση (3.3).

$$F_0 = 2400 + RF_CH[MHz] \quad (3.3)$$

Επιπροσθέτως, σημαντικό παράγοντα παίζει ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων στον αέρα (air data rate), μπορεί να είναι 250 Kbps, 1 Mbps ή 2 Mbps, καθώς και ο ρυθμός του διαμορφωμένου σήματος κατά τη μετάδοση και τη λήψη. Για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ένας πομπός και ένας δέκτης θα πρέπει να προγραμματιστούν με τον ίδιο ρυθμό δεδομένων. Η επιλογή του ρυθμού μετάδοσης επηρεάζεται από την ευαισθησία του δέκτη όπως γίνεται αντιληπτό από τον Πίνακα 3.4.

Ρυθμός Μετάδοσης	Bit Error Rate (BER)	Typical	Μονάδα (S.I.)
2 Mbps	0.1	-82	dBm
1 Mbps	0.1	-85	dBm
250 Kbps	0.1	-94	dBm

Πίνακας 3.4 Ο ρυθμός μετάδοσης πως επηρεάζει την ευαισθησία του δέκτη [37, p. 16]

Εξαιτίας του μη μηδενικού BER, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, για να το αναγνωριστεί το λάθος κατά την λήψη του πακέτου ελέγχεται το Cyclic Redundancy Check (CRC). Το CRC μπορεί να είναι 1 ή 2 bytes. Ανάλογα με το μήκος του πακέτου το σύστημα αποφασίζει αν θα έχουμε CRC με συμπλήρωμα ως προς ένα (3.4) ή συμπλήρωμα ως προς δύο (3.5). Όπως αναφέρθηκε πρωτύτερα, το μέγεθος του πακέτου μπορεί να είναι στατικό κατά την λήψη και την αποστολή ή δυναμικό και να μεταβάλλεται ανάλογα με τις ανάγκες του πομπού. Με σκοπό λοιπόν να ελεγχθεί και να επιβεβαιωθεί η επιτυχής παραλαβή, ο αποστολέας ενημερώνεται με ένα ACK (Acknowledgment) ή ART (Auto Retransmission) πακέτο ώστε να επαναληφθεί η μετάδοση. Επιπλέον, ένα πακέτο επιβεβαίωσης ACK μπορεί να περιέχει και ωφέλιμο φορτίο, αν χρησιμοποιηθεί δυναμικό μήκος πακέτου.

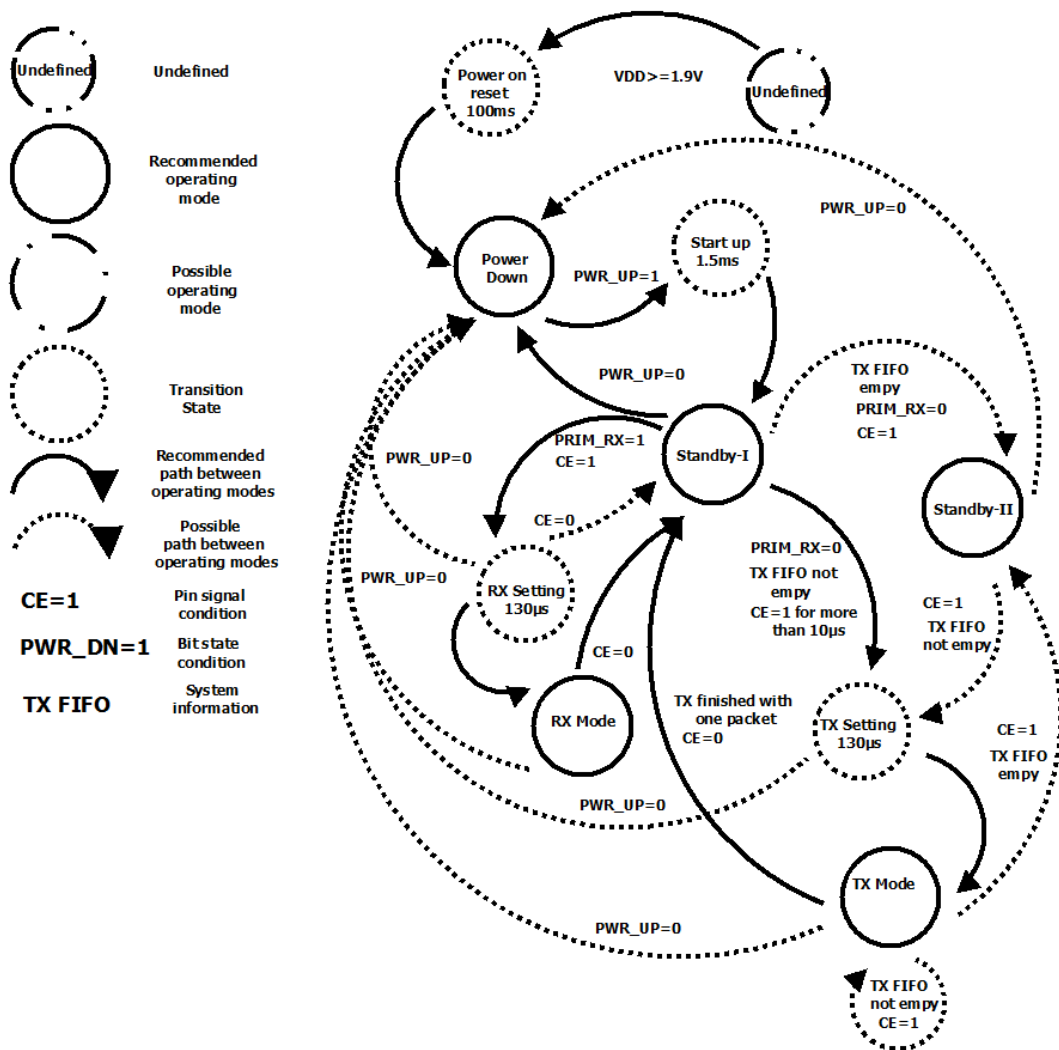
$$CRC = X^8 + X^2 + X + 1 \quad (3.4)$$

$$CRC = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 \quad (3.5)$$

Το πρωτόκολλο βασικής ζώνης Enhanced ShockBurst™ βασίζεται σε επικοινωνία με πακέτα και υποστηρίζει προηγμένους τρόπους λειτουργίας. Προσφέρει αυτόματο σχηματισμό πακέτων και χρονισμούς. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι το δυναμικό μήκος ωφέλιμου φορτίου 1-32 bytes, η αυτόματη διαχείριση των συναλλαγών των πακέτων και λειτουργία ως multiceiver. Εσωτερικές ουρές FIFO επιτρέπουν ομαλή μεταφορά δεδομένων μεταξύ του πομποδέκτη και του μικροϋπολογιστικού συστήματος. Το κόστος της είναι αρκετά χαμηλότερο από αυτό της XBee.

3.6.3 Τρόποι λειτουργίας

Ο nRF24L01 διαθέτει τέσσερις καταστάσεις λειτουργίας: powerdown, receiver (RX) transmitter (TX) και standby.



Εικόνα 3.8 Σχηματική προβολή του διαγράμματος καταστάσεων της λειτουργίας του πομποδέκτη nRF24L01

Σε κατάσταση απενεργοποίησης (Powerdown) ο πομποδέκτης είναι απενεργοποιημένος χρησιμοποιώντας την ελάχιστη κατανάλωση ενώ οι τιμές των καταχωρητών διατηρούνται. Ο χρόνος ενεργοποίησης είναι 150μs χρησιμοποιώντας εξωτερικό ταλαντωτή.

Κατά την μετάβαση standby-I διατηρείται η χαμηλή κατανάλωση και ο χρόνος εκκίνησης είναι μικρός. Σε αυτή την κατάσταση επιστρέφει από τη λειτουργία TX ή RX όταν ολοκληρωθεί η απαιτούμενη διεργασία, ώστε να μεταβεί σε κατάσταση απενεργοποίησης ή να αλλάξει στην αντίθετη κατάσταση μετάδοσης. Στην κατάσταση standby-II η κατανάλωση είναι αυξημένη διότι η συσκευή λειτουργεί ως πομπός. Έτσι, αν η ουρά εκπομπής είναι άδεια και μεταφερθεί ένα πακέτο, θα ξεκινήσει αμέσως η εκπομπή του.

Ο δέκτης (ή ο πομπός) λειτουργούν στις καταστάσεις λήψης (RX) (ή μετάδοσης (TX) αντίστοιχα). Στην πρώτη κατάσταση, ο δέκτης αποδιαμορφώνει τα σήματα από το κανάλι ενώ το πρωτόκολλο βασικής ζώνης συνεχώς αναζητά έγκυρο πακέτο (αντίστοιχη διεύθυνση και έγκυρο CRC). Αν βρεθεί έγκυρο πακέτο, τα δεδομένα τοποθετούνται σε μια κενή θέση στην ουρά λήψης. Αν δεν βρεθεί, το πακέτο απορρίπτεται. Στην δεύτερη κατάσταση και ενώ υπάρχουν δεδομένα στην ουρά εκπομπής, το σύστημα παραμένει σε κατάσταση TX έως την αποστολή όλων των πακέτων. Μετά το τέλος της εκπομπής, το σύστημα επιστρέφει σε κατάσταση standby-I ή standby-II ανάλογα με τις εντολές που θα λάβει από τον μικροελεγκτή.

Οι ουρές δεδομένων που αναφέρθηκαν είναι τύπου FIFO (First In – First Out) και χρησιμοποιούνται από τον nRF24L01 για την αποθήκευση των φορτίων που πρέπει να αποσταλούν (Tx FIFO) ή έχουν ληφθεί (Rx FIFO). Τόσο η ροή της λήψης όσο και η ροή της αποστολής αποτελούνται από μία ουρά τριών θέσεων για την αποθήκευση φορτίων μέγιστου μήκους 32 bytes. Κάθε ουρά έχει ένα ξεχωριστό ελεγκτή, ενώ είναι προσβάσιμη μέσω της διεπαφής SPI χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες εντολές. Όταν η συσκευή λειτουργεί ως δέκτης, η ουρά αποστολής μπορεί να αποθηκεύσει φορτία για ACK πακέτα προς τρεις διαφορετικές συσκευές που λειτουργούν ως πομποί. Όμως η ουρά αποστολής μπορεί να μπλοκάρει, αν όλα τα πακέτα έχουν προορισμό συσκευή με την οποία η σύνδεση έχει χαθεί. Σε αυτή την περίπτωση το Arduino μπορεί να αδειάσει την ουρά αποστολής. Αντίστοιχα, και η ανάγνωση της ουράς λήψης γίνεται με την λογική FIFO. Η κατάσταση των δύο ουρών δεδομένων είναι προσβάσιμη μέσω ενός καταχωρητή ούτως ώστε να μπορούν να εξαχθούν τα περιεχόμενα του καταχωρητή ελέγχοντας έτσι αν οι ουρές δεδομένων περιέχουν φορτία ή όχι.

3.6.4 Ενεργειακή κατανάλωση

Η ρύθμιση του ενισχυτή ισχύος (power amplifier -PA) καθορίζει την ισχύ εξόδου του nRF24L01. Όταν βρίσκεται σε λειτουργία εκπομπής, η ισχύς μπορεί να ρυθμιστεί μεταξύ τεσσάρων επιλογών, όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακας 3.5.

Σύμβολο	Ισχύς Εκπομπής	Κατανάλωση Ισχύος DC
I _{VDD_TX0}	0 dBm	11.3 mA
I _{VDD_TX6}	-6 dBm	9.0 mA
I _{VDD_TX12}	-12 dBm	7.5 mA
I _{VDD_TX18}	-18 dBm	7.0 mA

Πίνακας 3.5 Κατανάλωση ανάλογα με την ισχύ εκπομπής [37, p. 14]

Ο ρυθμός δεδομένων στον αέρα του διαμορφωμένου σήματος επηρεάζει την κατανάλωση του δέκτη, όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακας 3.6. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, το εξωτερικό σύστημα, ανά τακτά χρονικά διαστήματα μεταβαίνει στην κατάσταση λήψης για μικρό χρονικό διάστημα και έπειτα επιστρέφει σε κατάσταση powerdown. Το εσωτερικό σύστημα λειτουργεί σαν δέκτης σχεδόν όλο το εικοσιτετράωρο. Ως εκ τούτου, η επιλογή μετάδοσης δεδομένων μεγέθους 250 Kbps μειώνει την κατανάλωση και αυξάνει την ευαισθησία της επικοινωνίας.

Σύμβολο	Ρυθμός Μετάδοσης	Κατανάλωση Ισχύος DC	Μονάδα(S.I.)
I _{VDD_2M}	2 Mbps	13.5	mA
I _{VDD_1M}	1 Mbps	13.1	mA
I _{VDD_250}	250 Kbps	12.6	mA

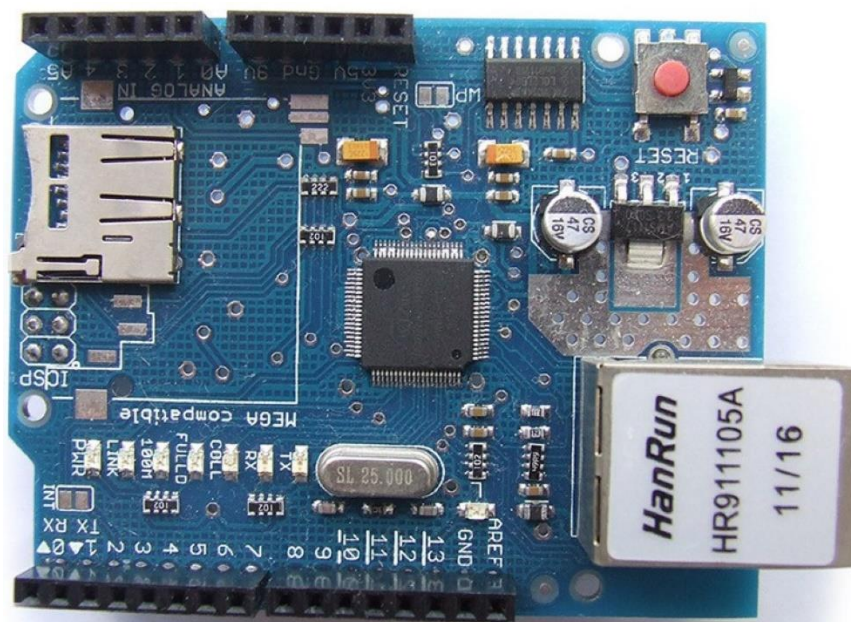
Πίνακας 3.6 Ο ρυθμός μετάδοσης πως επηρεάζει την κατανάλωση του δέκτη [37, p. 14]

Συνεπώς, η κατανάλωση ενός ενεργειακού αυτόνομου συστήματος, το οποίο παραμένει σε κατάσταση πομπού ή δέκτη, είναι ασύμφορη. Ενώ όταν βρίσκεται στην κατάσταση powerdown η κατανάλωση μειώνεται περισσότερο από 10.000 φορές. Αυτό μπορεί να γίνει εμφανές αν συγκρίνουμε τα δεδομένα από τον Πίνακας 3.6 και Πίνακας 3.7.

Σύμβολο	Κατάσταση	Κατανάλωση Ισχύος DC	Μονάδα(S.I.)
I _{VDD_PD}	Power down	900	nA
I _{VDD_ST1}	Standby-I	26	μA
I _{VDD_ST2}	Standby-II	320	μA
I _{VDD_SU}	Μετάβασης μεταξύ καταστάσεων 1,5 sec	400	μA

Πίνακας 3.7 Κατανάλωση ανάλογα με την ισχύ εκπομπής [37, p. 14]

3.7 Ethernet Shield



Εικόνα 3.9 Arduino Ethernet Shiel

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2.7 η ενσωμάτωση Shields στο συγκεκριμένο αναπτυξιακό, ένα από τα θετικά του Arduino, είναι η υλική επεκτασιμότητα. Η Arduino Ethernet Shield μπορεί πολύ εύκολα να ενώσει το αναπτυξιακό στο διαδίκτυο. Πολύ γρήγορα μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από την πλακέτα του Uno και με ένα RJ45 καλώδιο θα είναι δικτυωμένο. Υπάρχει έτοιμη βιβλιογραφία με ακριβή στοιχεία της υλοποίησης της Ethernet Shield. Επομένως, σε αυτήν την περίπτωση έχουμε ό,τι γνώση χρειάζεται για να φτιάξουμε κάτι καινούριο. Προφανώς, όπως προαναφέρθηκε υπάρχει και μια πληθώρα βιβλιοθηκών και έτοιμων παραδειγμάτων.

3.7.1 Αναλυτική Περιγραφή

Ο τρόπος με τον οποίο η Ethernet Shield μας παρέχει την δυνατότητα να ενώσουμε το Arduino μας με το διαδίκτυο, βασίζεται στο μικροτσίπ W5100 της Wiznet. Αυτό το τσιπ μας παρέχεται με μία στοίβα δικτύου IP ικανή να ανταποκριθεί τόσο στο TCP όσο και στο UDP πρωτόκολλο επικοινωνίας αλλά και στα IPv4, ICMP, ARP, IGMP, PPPoE. Υποστηρίζει έως τέσσερις ταυτόχρονες συνδέσεις.

Επιπροσθέτως, ιδιαίτερης σημασίας είναι το γεγονός ότι έχει στάνταρ RJ-45 σύνδεση. Η καινούρια έκδοση της πλακέτας παρέχει και Power Over Ethernet (POE). Επίσης, υπάρχει και ένας διακόπτης επανεκκίνησης (reset button) για να διασφαλίσει ότι το Ethernet τσιπ της πλακέτας λειτουργεί σωστά κατά την εκκίνηση. Αυτός ο διακόπτης, εφόσον η πλακέτα μας λειτουργεί και είναι συνδεδεμένη με το Arduino θα κάνει reset όλο το σύστημα.

Ακόμη, υπάρχει πάνω στο shield, μία υποδοχή για κάρτα αποθήκευσης δεδομένων micro sd η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση δεδομένων που μεταφέρονται στο διαδίκτυο. Στην συγκεκριμένη εργασία, , θα αποφευχθεί να χρησιμοποιηθεί όπως θα ήταν θεμιτό για την αποθήκευση πληροφοριών από τους αισθητήρες ή στατιστικά δεδομένα. Το μεγάλο πρόβλημα που προκύπτει λόγω του περιορισμένου χώρου για τις βιβλιοθήκες στο UNO αλλά και το πολλαπλάσιο οικονομικά και ενεργειακά κόστος μετάβασης σε μια πλακέτα όπως το Arduino Mega, ήταν αποτρεπτικό.

Το Arduino επικοινωνεί με το Wiznet W5100 Ethernet chip τόσο με την SD κάρτα μέσω του δίαυλου SPI όσο και διαμέσου της ICSP επικεφαλίδας. Η πρώτη σύνδεση δεσμεύει τους ψηφιακούς ακροδέκτες 10,11,12 και 13 για το UNO και θα δέσμευε τον ακροδέκτη 4 αν χρησιμοποιούνταν η SD κάρτα. Έτσι, αυτοί οι ακροδέκτες δεν μπορούν να είναι διαθέσιμοι για χρήση γενικού σκοπού. Για αυτό το λόγο, πρέπει μέσα στο πρόγραμμά με τις κατάλληλες εντολές και βιβλιοθήκες να επιλεχθούν οι συγκεκριμένοι ακροδέκτες, για να υποδηλωθεί ότι χρησιμοποιήθηκε το Ethernet chip.

Ονομασία LED	Περιγραφή
PWR	Επιβεβαιώνει την ύπαρξη τροφοδοσίας
LINK	Επιβεβαιώνει την παρουσία δικτύωσης. Αναβοσβήνει κατά την αποστολή ή λήψη δεδομένων.
FULLD	Επιβεβαιώνει την υποστήριξη αμφίδρομης επικοινωνίας εντός του δικτύου
100M	Επιβεβαιώνει την ύπαρξη σύνδεσης 100 Mb/s.
RX	Αναβοσβήνει κατά τη λήψη δεδομένων.
TX	Αναβοσβήνει κατά την αποστολή δεδομένων.
COLL	Αναβοσβήνει κατά τη διαπίστωση σύγκρουσης (collision) δεδομένων.

Πίνακας 3.8 Περιγραφή λειτουργίας φωτεινών ενδείξεων του Ethernet Shield

3.8 Watchdog



Εικόνα 3.10 Ένας φρουρός εν δράσει

Για την αποτροπή αδιεξόδων του λογισμικού και την αποσταθεροποίηση του συστήματος χρειάζεται να υπάρχει ένα σύστημα ελέγχου προστασίας, έναν φρουρό. Το σύστημα αυτό θα πρέπει να επιλεχθεί αν θα είναι ανεξάρτητο από το λογισμικό της εφαρμογής του χρήστη ή είναι απαραίτητο να είναι υλοποιημένο σε επίπεδο υλικού. Εφόσον ένα λάθος ανιχνευθεί μία κατάλληλη διακοπή (interrupt) ή μια επανεκκίνηση (reset) του συστήματος θα επαναφέρει το σύστημα στην κανονική του λειτουργία.

3.8.1 Soft & Hard Reset

Κατά την λειτουργία ενός συστήματος συναντώνται διάφορα προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά είναι πιθανόν να είναι λόγω αστοχίας υλικού, κάκου λογισμικού και firmware. Για την έγκαιρη αντιμετώπισή τους περιέχουν ρουτίνες ελέγχου και διόρθωσης σφαλμάτων. Σε ακραίες περιπτώσεις το σύστημα αποφασίζει ότι αδυνατεί επιδιόρθωσης και χρήζει επαναφοράς στην αρχική κατάσταση ή επανεκκίνηση του λειτουργικού συστήματος, το λεγόμενο soft ή warm reset. Τα πλεονεκτήματα του soft reset είναι:

- Γράφεται εύκολα από τον προγραμματιστή
- Είναι ένα κομμάτι κώδικα 10 με 20 γραμμές
- Υπάρχει πολλή βιβλιογραφία και βιβλιοθήκες
- Προφανώς, δεν θα επηρεάσει ποτέ όταν εκτελείται σωστά οποιαδήποτε λειτουργία.
- Έχει την δυνατότητα να εκτελείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα του εικοσιτετράωρου ή και απομακρυσμένα.
- Λόγω του ότι είναι κώδικας γραμμένος από τον κτήτορα, μπορεί να διορθωθεί ή να απενεργοποιηθεί.

Κατά γενική ομολογία, προσφέρει μεγάλη ευκολία, αλλά δυστυχώς δεν είναι αξιόπιστο όπως το hard ή cold reset. Η τεχνική αυτή απαιτεί μια αυτόνομη υλοποίηση σε επίπεδο υλικού και συχνά επαναφέρει το μηχάνημα στην αρχική του κατάσταση. Τα πλεονεκτήματα του hard reset είναι:

- Είναι ανεξάρτητο και αυτόνομο
- Δεν επηρεάζεται από προγραμματιστικές αστοχίες
- Εκτελείται πάντα στον προσχεδιασμένο χρόνο
- Υπάρχει πολλή βιβλιογραφία
- Κατασκευάζεται εύκολα με απλά εξαρτήματα του εμπορίου
- Κατά την κατασκευή συνδυάζοντας πάνω από ένα κυκλώματα σε σειρά μπορεί να υπερβεί το εικοσιτετράωρο.
- Κυκλοφορούν έτοιμες υλοποιήσεις με την δυνατότητα επιλογής χρονοπρογραμματισμού πριν την εγκατάσταση με απλά ένα κατσαβίδι.
- Είναι ιδανικό για αφιλόξενα ή δυσπρόσιτα τα για τον άνθρωπο μέρη όπως το διάστημα. Μάλιστα, στην περίπτωση ενός συστήματος με ανοχή στα σφάλματα, η κατάλληλη διακοπή μπορεί να οδηγήσει στην αποσύνδεση του λανθάνοντος επεξεργαστή από το σύστημα και ενδεχομένως την ενεργοποίηση ενός εφεδρικού επεξεργαστή στη θέση του.

3.8.2 Watchdog Timers

Ο Tim Williams ως πρωτοπόρος, κάνει αναφορές σε κυκλώματα, όπως έκανε και στο βιβλίο του [48, pp. 61-65]. Ουσιαστικά περιγράφει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του watchdog, όπως ο τρόπος που συνδέονται με το κύκλωμα καθώς και η μέθοδος του reset.

Η πιο απλή μέθοδος ανίχνευσης λαθών αποτελείται από έναν hardware timer ο οποίος μπορεί να βρίσκεται είτε εντός είτε εκτός του συστήματος που φυλάσσει. Εάν ο timer αυτός μηδενιστεί τότε ενεργοποιείται η διακοπή που είναι υπεύθυνη για την διαδικασία ανάνηψης, η οποία τις περισσότερες φορές δεν είναι άλλη από την επανεκκίνηση του συστήματος που φυλάσσει ο watchdog timer. Αυτή η διακοπή, τις περισσότερες φορές, προκαλεί την επανεκκίνηση του συστήματος που φυλάσσει ο watchdog timer. Προφανώς, το πρόγραμμα που ελέγχει τον επεξεργαστή θα πρέπει να περιέχει στην κανονική ροή του εντολές που αρχικοποιούν σε τακτά χρονικά διαστήματα τον watchdog timer, ώστε να αποφεύγεται ο μηδενισμός του.

Τα κύρια είδη watchdog timers είναι:

- Μέρος του επεξεργαστή.
- Ως συσκευή που επικοινωνεί με κάποιο κανάλι (σειριακή, παράλληλη ή ασύρματη).
- Ενσωματωμένα στο chipset του επεξεργαστή.
- Ως κάρτα επέκτασης.

Στην υλοποίηση χρησιμοποιούνται οι τρεις από τις παραπάνω τεχνικές με στόχο:

- Την αφύπνιση του συστήματος από Sleep ή Deep sleep που το υπάρχει σε θέση για να εξοικονομηθεί ενέργεια.
- Την επανεκκίνηση του σε μεγάλα αλλά τακτά χρονικά διαστήματα.
- Την δυνατότητα στον χρήστη να το επανεκκινήσει εξ αποστάσεως όταν παρατηρήσει την οποιαδήποτε δυσλειτουργία.

3.8.3 Watchdog & Arduino

Από του πιο μικρούς επεξεργαστές ATmega8 έως του πιο μεγάλους ATmega2560 που συναντιούνται στα Arduino εμπεριέχονται ενσωματωμένα συστήματα Watchdog τα οποία μπορεί να είναι από 15 ms έως 8 sec. Με τον εσωτερικό watchdog timer είναι δυνατή η παρακολούθηση της λειτουργίας του συστήματος προσφέροντας ακόμη μια ασφαλιστική δικλείδα στην εγγύηση της λειτουργίας του συστήματος. Στον Πίνακα 3.10 εμφανίζονται οι δέκα δυνατοί χρονισμοί του φύλακα.

Οριακή τιμή	Όνομά μεταβλητής	Συμβατή επεξεργαστές ATmega					
		8	16	168	328	1280	2560
15 ms	WDTO_15MS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30 ms	WDTO_30MS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60 ms	WDTO_60MS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
120 ms	WDTO_120MS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
250 ms	WDTO_250MS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
500 ms	WDTO_500MS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1 s	WDTO_1S	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2 s	WDTO_2S	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 s	WDTO_4S	✗	✗	✓	✓	✓	✓
8s	WDTO_8S	✗	✗	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 3.9 Χρόνοι ενεργοποίησης Watchdog που παρέχει κάθε επεξεργαστής [49]

Η αξιοποίηση των δυνατών χρονισμών από ένα μηχάνημα πραγματικού χρόνου και μεγάλης ακρίβειας σαν φρουρό, αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος. Φυσικά, δεν είναι δυνατό ούτε αυτός ο μηχανισμός να εγγυηθεί την πιθανότητα ένας επεξεργαστής ο οποίος εποπτεύεται από έναν watchdog timer να βρεθεί σε μια τέτοια κατάσταση δυσλειτουργίας κατά την οποία δεν λειτουργεί εντός προδιαγραφών, πάντοτε. Παρ' όλ' αυτά εκτελεί τις εντολές που είναι υπεύθυνες για την αρχικοποίηση του φρουρού, με αποτέλεσμα την εσφαλμένη αδρανοποίηση του τελευταίου.

Μια προτεινόμενη λύση στο παραπάνω πρόβλημα είναι η χρησιμοποίηση δύο ή περισσότερων μικροελεγκτών που επικοινωνούν μέσω δικτύου και λειτουργούν ως φρουρός ο ένας στον άλλο. Εντούτοις υπάρχουν εγγενείς αδυναμίες. Το δίκτυο επικοινωνίας για την ανταλλαγή των μηνυμάτων ίσως να είναι υπερφορτωμένο ή λόγω παρεμβολών η ασύρματη επικοινωνία να υπολειτουργεί. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να δίνεται η εσφαλμένη εντύπωση της μη απόκρισης του φρουρούμενου συστήματος, με αποτέλεσμα να παρθεί εσφαλμένη απόφαση από τον φρουρό για την δυσλειτουργία του. Για να επιτευχθεί υψηλός δείκτης αξιοπιστίας της απόφασης, το κανάλι επικοινωνίας θα πρέπει να έχει περισσότερες εγγυήσεις από το παραδοσιακό κανάλι δικτύου.

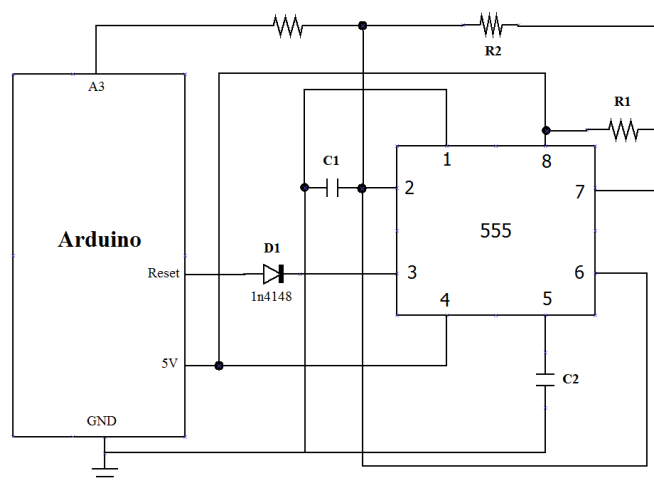
3.8.4 Η αξιοπιστία και η διάδοση των Watchdog

Παρόλο που θα μπορούσε να θεωρηθεί μια ώριμη τεχνολογία, διάφορες επεκτάσεις της τεχνικής των φρουρών μελετώνται ακόμη και σήμερα. Οι εξελίξεις πάνω σε τομείς όπως η ασύρματη τεχνολογία, οι μικροδορυφόροι, τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά πάρκα και τα ιατρικά μηχανήματα (τηλεϊατρική) κ.α. επιτάσσουν την μελέτη του μηχανισμού watchdog είτε στην απλή του εκδοχή, της παρακολούθησης ενός σύνθετου συστήματος, είτε στην επέκταση του μηχανισμού σε ασύρματα δίκτυα επεξεργαστικών μονάδων, όπου η μία παρακολουθεί την άλλη.

Παρόλο που ο μηχανισμός αυτός παρουσιάζεται από κάποιους ως μια ώριμη τεχνολογία, διαπιστώνεται πως η καθιέρωση της χρήσης του είναι μια παγιωμένη πραγματικότητα σε ελάχιστους τομείς, όπως ο ευαίσθητος τομέας των ιατρικών μηχανημάτων. Αυτό οφείλεται στην γενικευμένη απαξίωση του συγκεκριμένου μηχανισμού από την βιομηχανία της πληροφορικής. Με σκοπό μια άμεσα εφαρμόσιμη λύση προς την αύξηση της αξιοπιστίας των συστημάτων οργάνωσης γραφείου, η ευρύτερη χρήση των μηχανισμών watchdog σήμερα δημιουργεί μια επαγγελματική προοπτική με αυξημένο αγοραστικό κοινό.

3.8.5 Hardware Watchdog 555 Timers

Η χρήση των hardware watchdog timers είναι θεμελιώδης και στα καταναμεημένα συστήματα για προβλήματα που αφορούν την αρχιτεκτονική συστημάτων με ανοχή στα σφάλματα. Ένας από τους πιο κλασικούς και αξιόπιστους Timer είναι ο 555, χρησιμοποιείται κυρίως ως ένα εξωτερικό κύκλωμα ρολογιού. Κατά την λειτουργία του κυκλώματος Monostable ο χρονοδιακόπτης 555 εξάγει έναν μόνο παλμό ρεύματος για ορισμένο χρονικό διάστημα. Για να λειτουργήσει ως μανδαλωτής (Flip Flop) το κύκλωμα που συνδέουμε τον 555 ονομάζεται Bistable.



Εικόνα 3.11 Κύκλωμα Monostable Timer 555

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία η βασική υλοποίηση και ιδέα περιστρέφεται γύρω από τον τρόπο λειτουργία του 555 στο λεγόμενο Astable. Στην πρώτη υλοποίηση, η έξοδος του

κύκλωματος είναι συνδεδεμένη με το Reset του Arduino, όπως μπορεί να παρατηρηθεί στην Εικόνα 3.11. Κατά την αρχικοποίηση του συστήματος, υπάρχει μια μεγάλη θετική ακμή που δεν επιτρέπει στο Arduino να επανεκκινηθεί έως την χρονική στιγμή T_1 (3.6). Τότε, ο παλμός μεταβαίνει στην αρνητική ακμή έως την χρονική στιγμή T_2 (3.7) όπου επανεκκινείται το κύκλωμα. Ο χρόνος που παραμένει ο παλμός σε θετική ακμή και στην αρνητική ακμή εξαρτάται από τις τιμές των αντιστατών R_1 και R_2 του πυκνωτή που είναι συνδεδεμένοι με τον χρονοδιακόπτη 555.

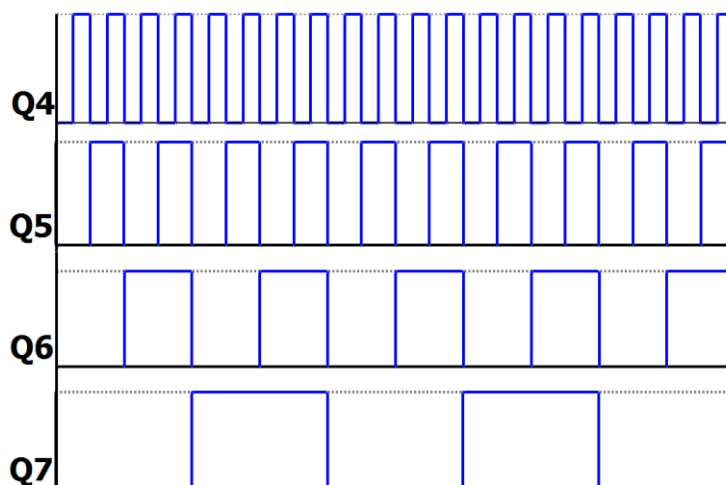
$$T_1 = 0.693(R_1 + R_2)C \quad (3.6)$$

$$T_2 = 0.693(R_2 * C) \quad (3.7)$$

Στην υλοποίηση ο στόχος για το T_1 είναι να πρέπει να ξεπερνάει τις 12 ώρες και παράλληλα ισχύει ο περιορισμός ότι το T_2 πρέπει να είναι μικρότερο του 0,1 sec. Για να επιτευχθεί αυτός ο συνδυασμός θα πρέπει το κύκλωμα να αποτελείται από μια αντίσταση $R_1 = 5M\Omega$ και μια $R_2 = 3.3K\Omega$ και έναν χωρητικό πυκνωτή $C = 220\mu F$. Λόγω του μεγάλου μεγέθους του πυκνωτή το σύστημα γίνεται ασταθές και ευπρόσβλητο από τις καιρικές συνθήκες. Επιπροσθέτως, ο μεγάλος χρόνος φόρτισης του πυκνωτή ενέχει τον κίνδυνο δημιουργίας ρευμάτων διαρροής και την πιθανότητα να μην μεταβεί ποτέ το κύκλωμα σε αρνητική ακμή.

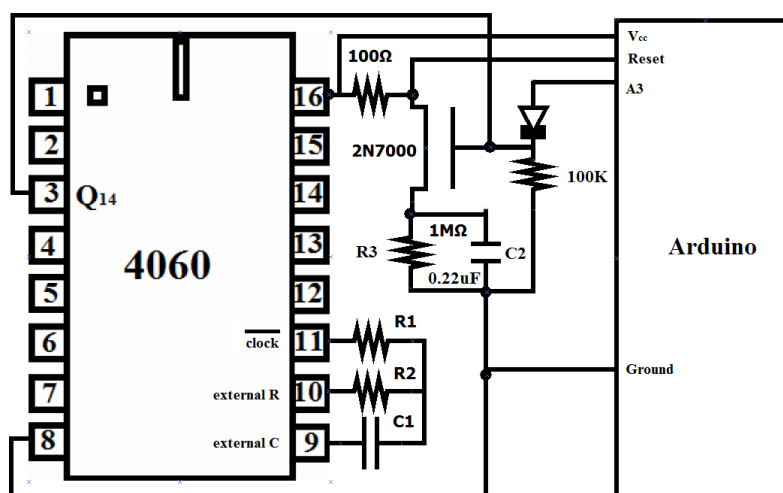
3.8.6 Hardware Watchdog με δυαδικό μετρητή 4060

Όλα τα παραπάνω συνετέλεσαν στη επιλογή ενός δυαδικού μετρητή, τον 4060, που λειτουργεί στα 5V και σε θερμοκρασίες από $-40^\circ C$ έως $+85^\circ C$. Το σύστημα μετράει στην είσοδο του τις μεταβάσεις από αρνητική σε θετική ακμή. Αποτελείται από 13 εξόδους που κάθε μια από αυτές αντικατοπτρίζει ένα ψηφίο από την δυαδική αναπαράσταση του μετρητή, ξεκινώντας από το Q_4 έως το Q_{16} , που αντιστοιχεί στο 2^4 έως το 2^{14} . Κατά τη διάρκεια που το ψηφίο n είναι μονάδα, η έξοδος Q_n βρίσκεται σε θετική ακμή.



Εικόνα 3.12 Αναπαράσταση εξόδων Q_{4-7} με είσοδο από έναν σταθερό ταλαντωτή

Το κύκλωμα στην Εικόνα 3.13 που υλοποιήσαμε με την βοήθεια του 4060 και ενός 2N7000, έχει ως στόχο την δημιουργία ενός Hardware Watchdog. Η έξοδος του 4060 στο Q_{14} κατά την μετάβαση σε υψηλό δυναμικό, παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα, κατά το οποίο ενεργοποιείται ο 2N7000 στην είσοδο reset του Arduino δημιουργώντας έτσι μια πτώση τάσης. Το reset είναι ενεργό σε χαμηλό δυναμικό και παραμένει σε αυτό για μικρό χρονικό διάστημα, έως την φόρτωση του πυκνωτή C_2 . Ο πυκνωτής C_2 αποφορτίζεται μέσω της R_3 από την στιγμή που το Q_{14} αλλάξει δυναμικό και το 2N7000 απενεργοποιηθεί. Η όλη μεταβολή δεν επηρεάζει το δυναμικό του reset και κατ' επέκταση την λειτουργία του Arduino.



Εικόνα 3.13 Κύκλωμα αρχικοποίησης του Arduino για μεγάλους χρόνους

Το παραπάνω επαναλαμβάνεται σε διπλάσιο από τον αρχικό χρόνο σε ένα αέριο βρόγχο. Το χρονικό διάστημα εξαρτάται από δύο παράγοντες. Πρωταρχικά από το ρολόι/ταλαντωτή που δημιουργούμε κυκλωματικά, επιλέγοντας σωστά τα R_1 , R_2 και C_1 όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.10. Η συχνότητα ταλάντωσης επηρεάζει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την άνοδο έως την πτώση κάθε εξόδου. Κατά την επιλογή της εξόδου, η μετάβαση από μια έξοδο στην ακριβώς επόμενη, διπλασιάζει όπως είναι αναμενόμενο τον χρόνο εναλλαγής κατάστασης.

Pin	Έξοδος	Χρόνος αλλαγής κατάστασης ανάλογος της αντίστασης			
		1 M	2.2 M	4.7 M	10 M
7	Q ₄	4 sec	9 sec	21 sec	44 sec
5	Q ₅	8 sec	18 sec	42 sec	1.4 min
4	Q ₆	17 sec	36 sec	1.4 min	2.8 min
6	Q ₇	35 sec	1.2 min	2.8 min	5.6 min
14	Q ₈	1.1 min	2.4 min	5.6 min	11 min
13	Q ₉	2.2 min	5 min	11 min	22 min
15	Q ₁₀	4.4 min	10 min	22 min	1.4 Hours
1	Q ₁₂	18 min	40 min	1.4 Hours	2.8 Hours
2	Q ₁₃	36 min	1.2 Hours	2.8 Hours	6 Hours
3	Q ₁₄	1.06 Hours	2.4	2.8 Hours	12 Hours

Πίνακας 3.10 Χρόνος αλλαγής κατάστασης ανάλογος της αντίστασης R_1 με σταθερά τα $R_2 = 1M$ και $C_1 = 0.22\mu F$ [50]

Το κύκλωμα που απεικονίζεται στην Εικόνα 3.13 έχει $R_1 = 10M$, $R_2 = 1M$ και $C_1 = 0.22\mu F$ ώστε να έχουμε ένα Hardware Watchdog με reset κάθε 24 ώρες εκτός από την πρώτη φορά. Τέλος, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε όπως αναφέρθηκε και πρωτύτερα, στη δυνατότητα και το λογισμικό να επανεκκινήσει τον εαυτό του. Για τον λόγο αυτό, με την έξοδο A3 παρακάμπτουμε τον μετρητή και επανεκκινούμε το σύστημα νωρίτερα, χωρίς να επηρεάζουμε την αυτοματοποιημένη επανεκκίνηση του 4060.

Σχεδιασμός Κατασκευής

4.1 Σχεδιασμός

Όπως έχει προαναφερθεί στην εισαγωγή, στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός, η κατασκευή ενός συστήματος επίβλεψης (Εικόνα I) προσωποποιημένης θέσης ΑμεΑ, το οποίο έχει σαν κύρια εργασία την επιτήρηση και ενημέρωση του ιδιοκτήτη. Η τελική μορφή της κατασκευής θα μπορούσε να ειπωθεί ότι αποτελείται από τρία μέρη που δημιουργούν μια αλυσίδα μεταφοράς πληροφορίας. Με την βοήθεια αισθητήρων, ελέγχουμε ανά τακτά χρονικά διαστήματα την κατάσταση του χώρου επίβλεψης. Ενημερώνεται ο Web Server μας (Εικόνα II) για τυχούσα αλλαγή της προαναφερθείσας κατάστασης και τα δύο μέρη επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα στα 2.4 GHz. Ο χρήστης μπορεί να ενημερώνεται ανα διαστήματα αυτόματα ή κατεπλήγη, μέσω εφαρμογής στο κινητό (Εικόνα III) με χρήση διαδικτύου. Ωστόσο, τα κριτήρια στα οποία βασίστηκε ο σχεδιασμός του συστήματος είναι η πρωτοτυπία του σχεδίου, η χαμηλή κατανάλωση, η απλότητα της κατασκευής και της λειτουργίας της (Εικόνα IV). Εφόσον πρόκειται για εκπαιδευτικό σκοπό κριτήριο αποτελεί η επαναχρησιμοποίηση αντικειμένων και εξαρτημάτων, τα οποία βρίσκονται στα περισσότερα σπίτια, καθώς και το χαμηλό κόστος κατασκευής.

4.2 Αυτόνομο Σύστημα Επίβλεψης Parking

Καταρχάς, στα κριτήρια στα οποία βασίζεται η κατασκευή, συγκαταλέγεται η πρωτοτυπία. Συνεπώς στον σχεδιασμό δεν ακολουθήθηκε κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο, αλλά με βάση κάποιους περιορισμούς. Οι περιορισμοί που τέθηκαν κατά τον σχεδιασμό του είναι η ενεργειακή αυτονομία, χαμηλή κατανάλωση, αδιάκοπη λειτουργία, δυνατότητα παραμετροποίησης, η απλότητα της κατασκευής και λειτουργίας της και το κόστος κατασκευής.

Λόγω των προαναφερθέντων περιορισμών απορρίφθηκε το raspberry pi ένα αρκετά νέο και δημοφιλές Board με πολλές δυνατότητες, που σε σύγκριση με το Arduino έχει δεκαπλάσιο κόστος στην πλατφόρμα EBay και περισσότερες από 4 φορές πιο ενεργοβόρο [51] [52]. Απορρίφθηκε η χρήση Cameras παρόλο που το pi συνεργαζόταν άψογα με επεξεργασία εικόνας κάτι που το Arduino αδυνατούσε αλλά ο πραγματικός λόγος ήταν η Ελληνική Νομοθεσία που στο Άρθρο 14 παρ. 1 του ν. 3917/2011 ορίζει «*Η εγκατάσταση και λειτουργία των συστημάτων επιτήρησης σε δημόσιους χώρους γίνεται μόνο από κρατικές αρχές με τήρηση της αρχής της αναλογικότητας*».

4.2.1 Σύνδεση εξαρτημάτων με Arduino Nano

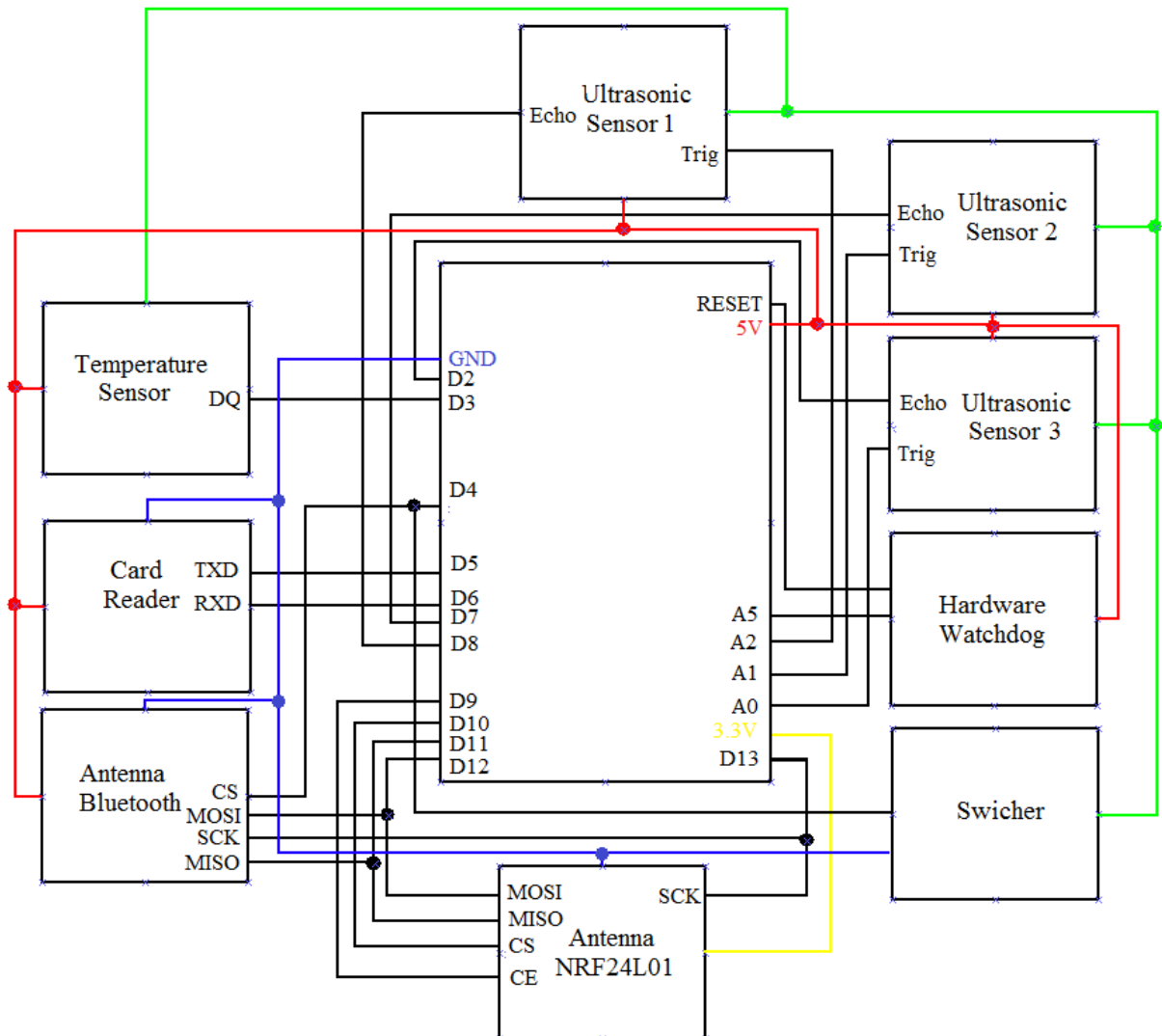
Σημαντικό ρολό στην υλοποίηση έπαιξε η επιλογή κάθε pin του Arduino Nano, κατά συνέπεια το Board, το οποίο περιόρισε όχι μόνο με τον αριθμό των pin του αλλά και της ιδιαιτερότητές τους, μια από αυτές είναι το SPI. Στον Πίνακα 4.1 αναφέρουμε κάθε pin που συνδέσαμε στο Board και μετέπειτα θα αναφέρουμε τα σημαντικότερα από αυτά.

Pin		Pin	
D2	Echo του αισθητήρα υπερέχον τρία	D3	Αισθητήρας Θερμότητας με 1-Wire Interface
D4	Cs του εξαρτήματος Micro SD Card Reader	D4	Και με το εξάρτημα 2n7000 που χρησιμοποιείτε σαν διακόπτης για τους 4 αισθητήρες του συστήματος
D5	TxD της καριέρας Bluetooth	D6	RxD της καριέρας Bluetooth
D7	Echo του αισθητήρα υπερέχον δύο	D8	Echo του αισθητήρα υπερέχον ένα
D9	CE της καριέρας NRF24L01	D10	CS της καριέρας NRF24L01
D11	MOSI της καριέρας NRF24L01	D11	MOSI του Micro SD Card Reader
D12	MISO της καριέρας NRF24L01	D12	MISO του Micro SD Card Reader
D13	SCK της καριέρας NRF24L01	D13	SCK του Micro SD Card Reader
A0	Trig του αισθητήρα υπερέχον ένα	A1	Trig του αισθητήρα υπερέχον δύο
A2	Trig του αισθητήρα υπερέχον τρία	A3	Συνδέετε με το Hardware Watchdog χρησιμοποιείτε σαν έξοδος για να κάνει Reset το σύστημά
A5	Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την καριέρα Bluetooth	A5	Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον Micro SD Card Reader
3.3V	Vcc της καριέρας NRF24L01	5V	Πλην της καριέρας NRF24L01 και του Card Reader όλα τα υπόλοιπα υποσυστήματα συνδέοντες
GND	Πλην των 4 αισθητήρων του συστήματος όλα τα υπόλοιπα υποσυστήματα συνδέοντες απευθείας		

Πίνακας 4.1 Σύνδεση των εξαρτημάτων στα pin του Arduino Nano

Τα pins A0 έως και A5 χρησιμοποιούνται ως ψηφιακά. Επιλέχθηκαν τα πιο ασήμαντα υποσυστήματα να ενεργοποιούνται από αυτά τα pins και να μην εμπλακούν με την μέτρηση

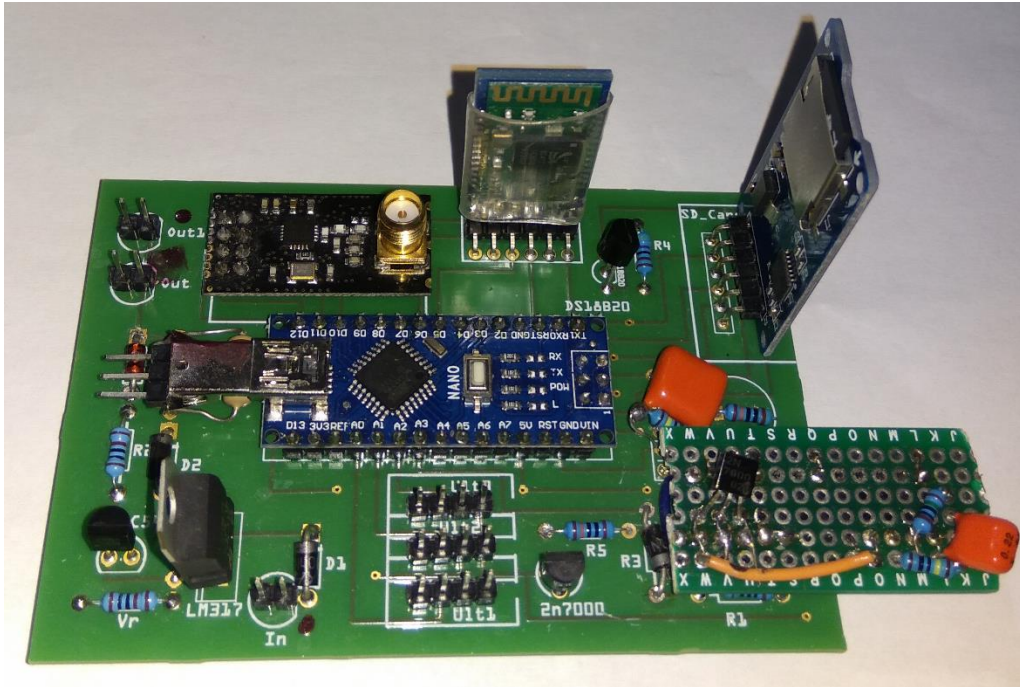
ψηφιακών δεδομένων όπως οι αισθητήρες. Το SPI δεσμεύουν υποχρεωτικά τα pins D11 έως D13 και συνδέουν δυο διαφορετικά περιφερικά με το Arduino. Και το pin D4 δεσμεύεται για την σωστή λειτουργία του Micro SD Card Reader. Στην Εικόνα 4.1 εμφανίζεται το αρχιακό διάγραμμα με τις συνδέσεις του κυκλώματος.



Εικόνα 4.1 Διάγραμμα με της συνδέσεις του κυκλώματος Arduino Nano

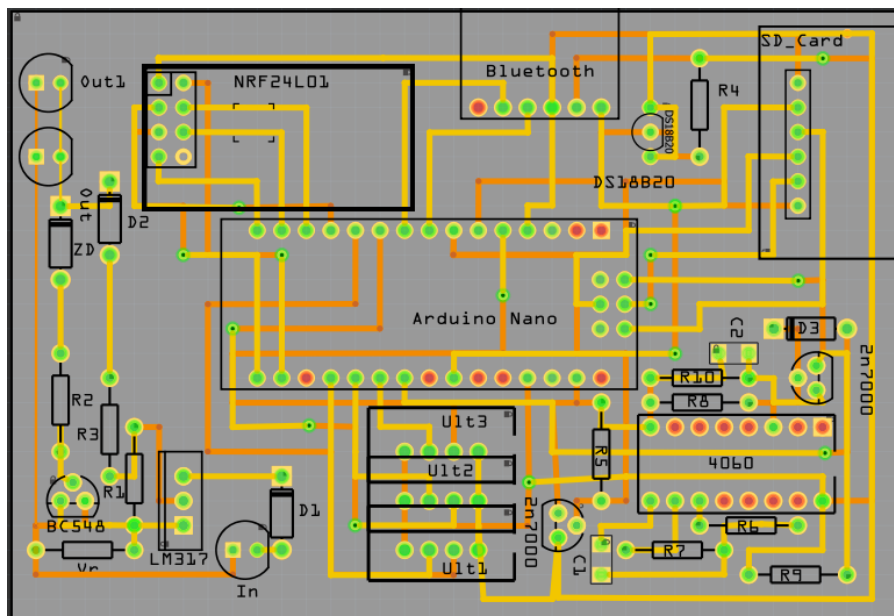
4.2.2 Πλακέτα Τυπωμένου Κυκλώματος

Το κύκλωμά στην Εικόνα 4.2 είναι το τελικό αποτέλεσμα μετά την προσθήκη των εξαρτημάτων και την τροποποίηση για την προσθήκη του Hardware Watchdog με το 4060 αντί του 555. Προφανώς η τελική πλακέτα παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.3, και όπως είναι εμφανές είναι μια πλακέτα διπλής όψης, όπου με κίτρινο διαγράφονται οι αγωγίμες διαδρομές της πάνω πλευράς και με πορτοκαλί της κάτω.



Εικόνα 4.2 Τυπωμένο κύκλωμα με τα εξαρτήματα

Δεδομένου του γεγονότος ότι κατά την δρομολόγηση των διαδρομών χρειάστηκε να υπάρχει εναλλαγή μεταξύ των δυο πλευρών έγινε χρήση της τεχνολογίας vias. Τέλος η ποιότητα τον Stencil που περιγράφουν το κάθε εξάρτημα δεν επηρεάζουν τις αγωγίμες διαδρομές και κάνουν πιο κατανοητό το κύκλωμα.



Εικόνα 4.3 Κύκλωμά σχεδιασμένο στο fritzing

Αναφορά για το κύκλωμα στο αριστερό κομμάτι θα γίνει όταν αναλυθεί η παροχή ενέργειας από το Φωτοβολταϊκό.

4.3 Διαμεσολαβητής Server

Σε αντίθεση με τους περιορισμούς του εξωτερικού συστήματος που αναλύθηκαν στο 4.2, ο μόνος περιορισμός ήταν το χαμηλό κόστος. Το σύστημα συνδέεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο και στον Δρομολογητή (router). Ο πομποδέκτης είναι υποχρεωτικό να ελέγχει όλο το εικοσιτετράωρο για τυχόν επικοινωνία από την εξωτερική διάταξη.

Όσον αφορά τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν, είναι ο ασύρματος αναμεταδότης nRF24L01 (3.6) και η Ethernet Shield (3.7). Αποφύγαμε την χρήση του ενσωματωμένου στη Shield ανάγνωσης καρτών MicroSD (3.4) για λόγους προγραμματιστικούς και κατ' επέκταση οικονομικούς στην περίπτωση που υπήρξε μετάβαση με μεγαλύτερο Arduino.

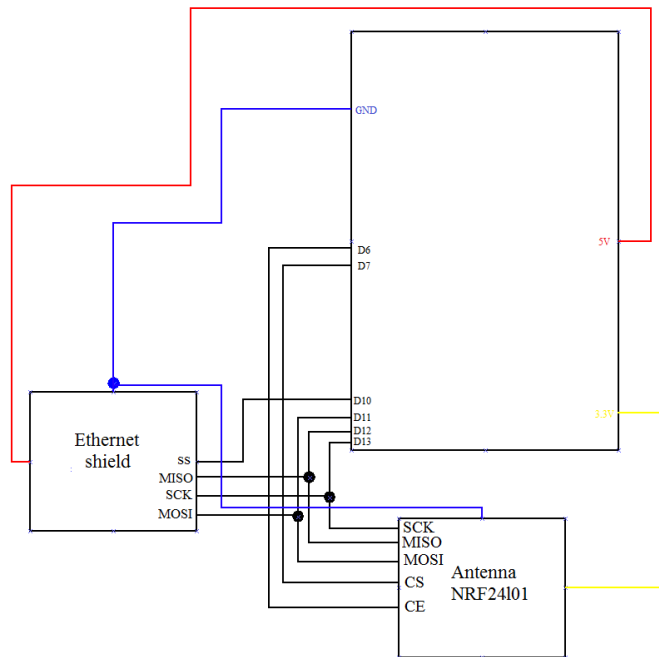
4.3.1 Σύνδεση εξαρτημάτων με Arduino Uno

Όπως και στο 4.2.1 σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση έπαιξε η επιλογή κάθε pin του Arduino Uno, παρόλο που η χρήση περισσότερων από μίας συσκευών διασύνδεσης με το SPI, δεν περιορίσε τον αριθμό των pin ο μικρός αριθμός των εξαρτημάτων. Αυτή η συνύπαρξη θα δημιουργήσει προβλήματα που επιλέχθηκε να λυθούν προγραμματιστικά.

Pin		Pin	
3.3V	Vcc της καριέρας NRF24L01	5V	Vcc του Ethernet Shield
D6	CE της καριέρας NRF24L01	GND	Όλα τα υποσυστήματα συνδέοντες απευθείας
D7	CS της καριέρας NRF24L01	D10	SS του Ethernet Shield
D11	MOSI της καριέρας NRF24L01	D11	MOSI του Ethernet Shield
D12	MISO της καριέρας NRF24L01	D12	MISO του Ethernet Shield
D13	SCK της καριέρας NRF24L01	D13	SCK του Ethernet Shield

Πίνακας 4.2 Σύνδεση των εξαρτημάτων στα pin του Arduino Uno

Με την δημιουργία ενός δεύτερου SPI κανάλι θα λυνόταν το πρόβλημα της έριδας για την κυριότητά του. Βέβαια, η χρήση των pins τα οποία δεν έχουν κατασκευαστεί με τις απαραίτητες προδιαγραφές δημιουργεί έναν δίαυλο με πολύ χαμηλή ταχύτητα σε σύγκριση με τον πρώτο και θα επιβάρυνε η ρουτίνα του το σύστημα. Δεδομένου και του γεγονότος ότι η επιβάρυνση από μια ακόμα βιβλιοθήκη και μια ακόμα αργή ρουτίνα έκαναν αποτρεπτική την λύση αυτή.



Εικόνα 4.4 Διάγραμμα με τις συνδέσεις του κυκλώματος Arduino Uno

4.4 Αυτονομία του Συστήματος

Για την αυτονομία του συστήματος αναλυθήκαν 3 μοντέλα. Το πρώτο να τροφοδοτείται απλά από την μπαταρία μέχρι την βαθιά πλήρη εκφόρτωση. Στο δεύτερο μοντέλο στο σύστημα ένα Φωτοβολταϊκό να τροφοδοτεί απευθείας την μπαταρία. Και το τελευταίο μοντέλο να παρεμβάλλεται μεταξύ Φωτοβολταϊκού, μπαταρίας και κυκλώματος ένας ελεγκτής φόρτισης.

4.4.1 Κατανάλωση Συστήματος

Η κατανάλωση ενός συστήματος εξαρτάται από την τάση τροφοδοσίας που είναι τα 6V και το ρεύμα που καταναλώνει, παραμένοντας στην κατάσταση ενεργό, αδρανές, σε κατάσταση ύπνου και απενεργοποιημένο σε συνάρτηση με τον χρόνο. Το ίδιο ισχύει και σε κάθε μια από τις πρώτες τρεις καταστάσεις για τα υποσυστήματά του.

- Απενεργοποιημένο (Power Down) παραμένει μόνο την στιγμή της επανεκκίνησης που διαρκεί λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο το εικοσιτετράωρο.
- Σε κατάσταση ύπνου (Sleep Mode) παραμένει για 512 δευτερόλεπτα τα οποία αποτελούν κομμάτι ενός πλήρη κύκλου λειτουργίας διάρκειας 566 δευτερόλεπτων.
- Σε έναν πλήρη κύκλο το σύστημα ενεργείται από την κατάσταση ύπνου οκτώ (8) φορές για να ελέγξει τους αισθητήρες συνολικής διάρκειας 24 δευτερόλεπτων

και τρείς (3) φορές για να ελέγξει τον διάλογο επικοινωνίας, συνολικής διάρκειας 30 δευτερόλεπτων.

	V	A	W	Χρόνος Κατανάλωσης (δευτερόλεπτα)	Επανάληψη	Συνολικός Χρόνος (δευτερόλεπτα)	Ποσοστό της κατανάλωση
Έλεγχος διαύλου επικοινωνίας (transmit)	6	0.022	0.132	10	3	30	0.053003534
Έλεγχος αισθητήρων (sensor)	6	0.01	0.06	3	8	24	0.042402827
Κατάσταση ύπνου (sleep)	6	0.005	0.03	8	64	512	0.90459364

Πίνακας 4.3 Κατανάλωση Συστήματος για κάθε κατάσταση και τον χρόνο αυτής.

Η ισχύ που καταναλώνει κάθε μία κατάσταση υπολογίζεται από τη σχέση (4.1):

$$\begin{aligned}
 W_{sleep} &= V_{bat} * I_{sleep} = 6 * 0.005 = 0.030W \\
 W_{sensor} &= V_{bat} * I_{sensor} = 6 * 0.01 = 0.06W \\
 W_{transmit} &= V_{bat} * I_{transmit} = 6 * 0.022 = 0.132W
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Για τον πλήρη κύκλο λειτουργίας και των τριών καταστάσεων υπολογίζεται από τη σχέση (4.2):

$$T_{circle} = T_{sleep} + T_{sensor} + T_{transmit} = 512 + 24 + 30 = 566 \text{ δευτερόλεπτα} \tag{4.2}$$

Κάθε μια ώρα αυτό επαναλαμβάνεται όπως υπολογίζεται από τον τύπο (4.3):

$$\psi_{reapet} = \frac{3600 \text{ δευτερόλεπτα}}{T_{circle}} = \frac{3600}{566} = 6.360424028 \tag{4.3}$$

Το ποσοστό της ώρας που βρίσκεται στην κάθε κατάσταση βγαίνει από την σχέση (4.4):

$$\begin{aligned}
Z_{sleep} &= \frac{T_{circle} * T_{sleep}}{3600} = \frac{6.360424028 * 512}{3600} = 0.90459364 \\
Z_{sensor} &= \frac{T_{circle} * T_{sensor}}{3600} = \frac{6.360424028 * 24}{3600} = 0.042402827 \\
Z_{transmit} &= \frac{T_{circle} * T_{transmit}}{3600} = \frac{6.360424028 * 30}{3600} = 0.053003534
\end{aligned} \tag{4.4}$$

	Ποσοστό της κατανάλωση	Wh (Watt-Hour)	Wh ανά εικοσιτετράωρο
Έλεγχος διαύλου επικοινωνίας (transmit)	0.053003534	0.00699647	0.167915194
Έλεγχος αισθητήρων (sensor)	0.042402827	0.00254417	0.061060071
Κατάσταση ύπνου (sleep)	0.90459364	0.02713781	0.65130742

Πίνακας 4.4 Η Wh της κατανάλωσης

Γνωρίζοντας την κατανάλωση και το ποσοστό της ώρας υπολογίζονται οι κιλοβατώρες της ημέρας από τη σχέση (4.5).

$$\begin{aligned}
E_{sleep} &= Z_{sleep} * W_{sleep} * 24 = 0.90459364 * 0.030 * 24 = 0.167915194 \frac{Wh}{d} \\
E_{sensor} &= Z_{sensor} * W_{sensor} * 24 = 0.042402827 * 0.06 * 24 = 0.061060071 \frac{Wh}{d} \\
E_{transmit} &= Z_{transmit} * W_{transmit} * 24 = 0.053003534 * 0.132 * 24 = 0.65130742 \frac{Wh}{d} \\
E &= E_{sleep} + E_{sensor} + E_{transmit} = 0.167915194 + 0.061060071 + 0.65130742 = 0.880282686 \frac{Wh}{d}
\end{aligned} \tag{4.5}$$

4.4.2 Μπαταρία Μολύβδου – Οξέος

Η μπαταρία μολύβδου-οξέος έχει μια επιτυχημένη παρουσία στο εμπόριο πάνω από έναν αιώνα. Η παραγωγή και η χρήση του συνεχίζεται να αυξάνεται λόγω των νέων εφαρμογών για την ενέργεια της μπαταρίας στο τομέα της αποθήκευσης της ενέργειας, της ηλεκτρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης, στην επικοινωνία, σε συστήματα φωτισμού έκτακτης ανάγκης και σε πολλές ακόμη εφαρμογές. Η πληθώρα των μεγεθών και σχεδίων καθώς και η μεγάλη γκάμα τάσεων αντιπροσωπεύονται από το χαμηλό κόστος και την ευκολία της κατασκευής αυτής και εξακολουθούν να έχουν καλή απόδοση και ικανοποιητική διάρκεια ζωής.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Με το δημοφιλές χαμηλό κόστος ως δευτεροβάθμια μπαταρία είναι ικανή να παράγεται σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο, από χαμηλούς σε υψηλούς ρυθμούς παραγωγής.	Σχετικά χαμηλό κύκλος ζωής 50-500 κύκλοι (μέχρι τους 2.000 κύκλους μπορεί να επιτευχθεί με ειδικούς σχεδιασμούς).
Διατίθεται σε μεγάλες ποσότητες και σε μια ποικιλία μεγεθών και σχεδίων που κατασκευάζονται σε μεγέθη από τις μικρότερες του 1 Ah σε αρκετές χιλιάδες Ampere-ώρες.	Η μακροχρόνια αποθήκευση σε μια κατάσταση εκφόρτισης μπορεί να οδηγήσει σε μη αναστρέψιμη πόλωση των ηλεκτροδίων (αυλάκωση).
Μέτρια έως καλή επίδοση σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες.	Περιορισμένη πυκνότητα ενέργειας, συνήθως 30-40 Wh/kg.
Ηλεκτρικά αποτελεσματικό/ικανότητα ανάκαμψης της αποδοτικότητας πάνω από 70% συγκρίνοντας την ενέργεια εκφόρτισης με αυτήν της ενέργειας φόρτισης.	Θερμικές απώλειες σε ακατάλληλα σχεδιασμένες μπαταρίες ή εξοπλισμό φόρτισης.
Καλή κατάσταση φόρτισης για εφαρμογές διακοπτόμενης φόρτισης.	Δύσκολο στην κατασκευή πολύ μικρών μεγεθών.
Χαμηλό κόστος σε σύγκριση με άλλες δευτερεύουσες μπαταρίες.	Διάβρωση θετικής κυψέλης με κάποια σχέδια.
Τα συστατικά των στοιχείων ανακυκλώνονται εύκολα.	

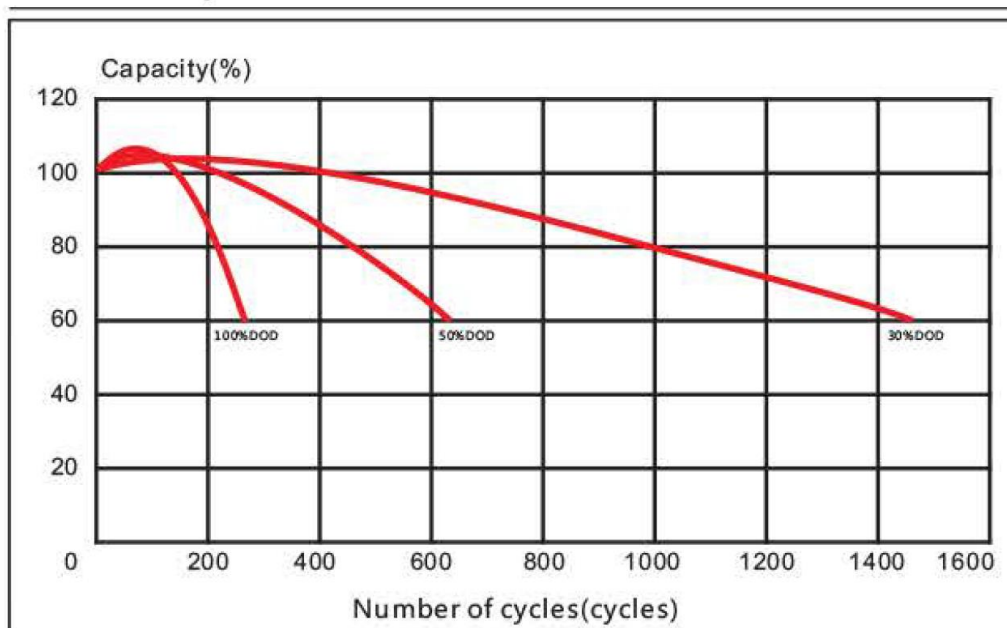
Πίνακας 4.5 Πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μπαταριών τύπου μολύβδου-οξέος
[53]

Με τον τύπο (4.5) υπολογίζετε η χρονική διάρκεια που θα είναι απαραίτητη η αντικατάσταση της όπως επίσης και τον χρόνο έως την πλήρη εκφόρτιση στην ιδανική περίπτωση χωρίς απώλειες.

	Πόσο της ώρας με αυτή την κατανάλωση	Ah (Amber-Hour)	Ah ανά εικοσιτετράωρ ο
Έλεγχος διαύλου επικοινωνίας (transmit)	0.053003534	0.001166	0.027986
Έλεγχος αισθητήρων (sensor)	0.042402827	0.000424028	0.010176678
Κατάσταση ύπνου (sleep)	0.90459364	0.004522968	0.108551

Πίνακας 4.6 Η Ah της κατανάλωσης

$$\begin{aligned}
 A_{sleep} &= Z_{sleep} * I_{sleep} * 24 = 0.90459364 * 0.005 * 24 = 0.108551 \frac{Ah}{d} \\
 A_{sensor} &= Z_{sensor} * I_{sensor} * 24 = 0.042402827 * 0.01 * 24 = 0.010177 \frac{Ah}{d} \\
 A_{transmit} &= Z_{transmit} * I_{transmit} * 24 = 0.053003534 * 0.022 * 24 = 0.027986 \frac{Ah}{d} \\
 A &= A_{sleep} + A_{sensor} + A_{transmit} = 0.108551 + 0.010177 + 0.027986 = 0.146714 \frac{Ah}{d} \\
 D_{days} &= \frac{7.2 Ah}{0.146714 \frac{Ah}{d}} = 49.07514451 days \\
 Y_{cycle} &= 5 * \frac{365 days}{49.07514451 days} = 37.188 cycles
 \end{aligned} \tag{4.6}$$



Εικόνα 4.5 Καμπύλη κύκλου ζωής της kijo js7.2-6 [54]

Αν το σύστημα αποτελείται μόνο από την μπαταρία kijo js7.2-6 όσο πιο βαθιά εκφόρτιση γίνεται τόσο μειώνεται η διάρκεια ζωής της. Παρατηρώντας την αριστερή καμπύλη στο διάγραμμα της Εικόνα 4.5, η διάρκεια ζωής μειώνεται κάτω των 300 κύκλων. Κατά τον ιδανικό υπολογισμό για το χρόνο ζωής που αναφέρει ο κατασκευαστής δεν θα καταφέρουν να ξεπεράσουν τις 40 πλήρεις εκφορτίσεις.

Οι συσσωρευτές μολύβδου γενικά πρέπει να φορτίζονται στο 100% της χωρητικότητάς τους καθημερινά. Οποιαδήποτε άλλη περίπτωση μειώνει πολύ δραστικά το χρόνο ζωής τους. Γι' αυτό φορτίζονται καθημερινά από το Φωτοβολταϊκό σύστημα ακόμη και αν δεν χρησιμοποιούνται για καιρό. Κι αυτό επειδή οι συσσωρευτές kijo js7.2-6 αυτοεκφορτίζονται ακόμη και όταν δεν χρησιμοποιούνται με ρυθμό 3% μηνιαίως σε θερμοκρασία 20 °C, άρα πρέπει να φορτίζονται καθημερινά. Αυτός είναι ακόμα ένας λόγος που θα πρέπει να προστεθεί Φωτοβολταϊκό στο σύστημα εκτός της δυσκολίας επαναφόρτισης της μπαταρίας κάθε 50 μέρες.

4.4.3 Φωτοβολταϊκό

Στο Κεφάλαιο 2 αναλύθηκε η σημαντικότητα των Φωτοβολταϊκών [2.8] και τις ιδιαιτερότητες της τοποθεσίας [2.10]. Τα δεδομένα για την μελέτη μας είναι:

- Ο μήνας Ιανουάριο με τις 31 μέρες
- Η Μηνιαία ακτινοβολία για τον μήνα Ιανουάριο $88 \frac{KWh}{m^2}$
- Μέση μηνιαία Θερμοκρασία 10.2 °C.

Η Ημερήσια ακτινοβολία υπολογίζεται από την σχέση (4.7):

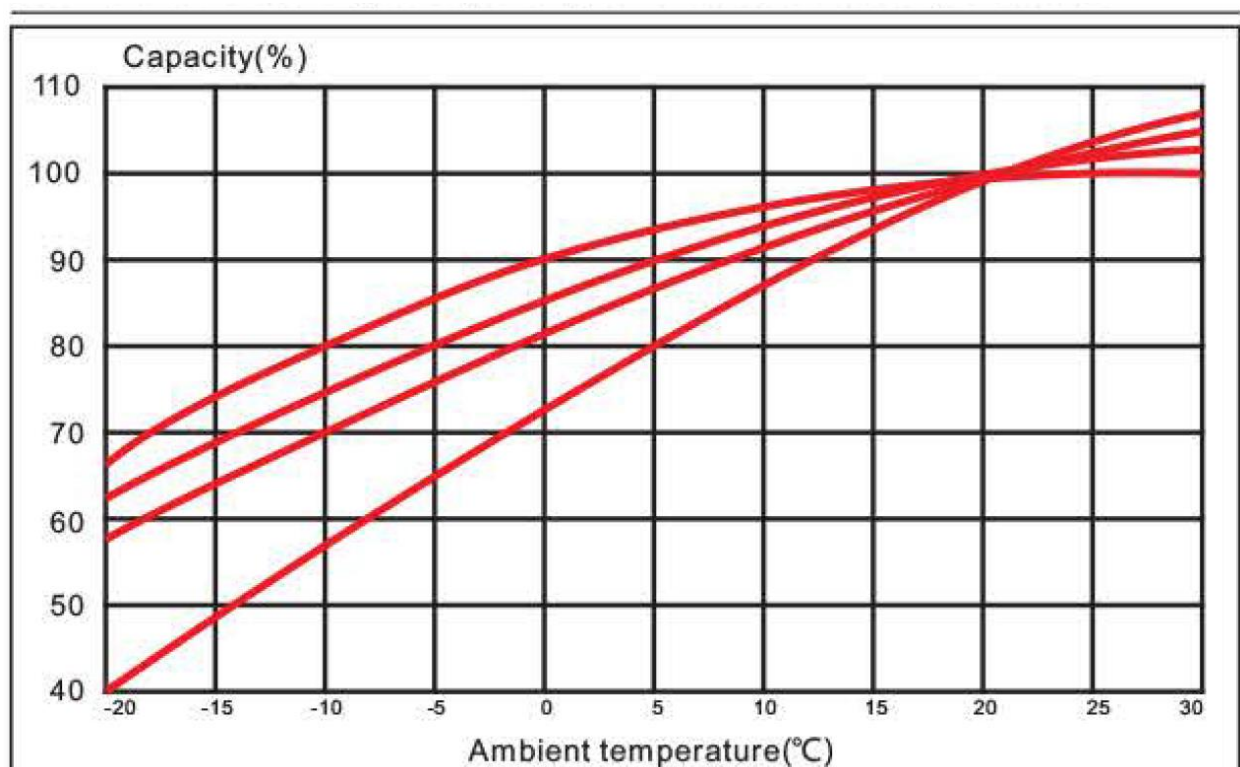
$$\Pi\left(\frac{KWh}{m^2 day}\right) = \frac{\text{Μηνιέα ακτινοβολία} \frac{KWh}{m^2}}{\text{Μέρες ιανουάριου}} = \frac{88 \frac{KWh}{m^2}}{31 \text{ Day}} = 2.838709677 \frac{KWh}{m^2 D} \quad (4.7)$$

Η Θερμοκρασία T_{cell} του Φ/Β είναι 30 °C μεγαλύτερη της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας 10,2 °C. Αρά ο θερμοκρασιακός συντελεστής του Φ/Β (n_θ) μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση (4.8):

$$n_{\theta} = 1 - 0.005(T_{cell} - 25) = 1 - 0.005(40.2 - 25) = 1 - 0.025 = 0.924$$

$$n_{\theta} = 0.924 \quad (4.8)$$

Η μπαταρία kijo js7.2-6 εκτός του συντελεστή αυτοεκφόρτισης n_{sd} είναι 0,97 [4.4.2]. Από το διάγραμμα της Εικόνα 4.6 υπολογίζεται ο μέγιστος βαθμός εκφόρτωσης β_{exp}=0,85. Η τυπική τιμή του συνολικού βαθμού απόδοσης φόρτισης-εκφόρτισης είναι n_{bat}=0,85.



Εικόνα 4.6 Μέγιστος βαθμός εκφόρτωσης σε σύναρτηση της θερμοκρασίας

Για τους εναπομείναντες συντελεστές επιλέχθηκαν η χειρότερη των τυπικών τιμών για την Μελέτη - διαστασιολόγηση αυτόνομων Φ/Β συστημάτων [55, p. 20]:

- Ο συντελεστής καθαρότητας είναι n_{καθ}=0,96
- Ο βαθμός απόδοσης μετατροπέα είναι n_{conv}=0,87

- Ο βαθμός αξιοποίησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα καλώδια μεταφοράς είναι $n_w=0,96$
- Ο βαθμός απόδοσης λόγω γήρανσης είναι $n_{\gamma\eta\rho}=0,95$ ανά έτος
- Ο βαθμός απόδοσης των διόδων αντεπιστροφής είναι $n_d=0,99$

Η ισχύς αιχμής P_a (kW_p) υπολογίζεται από τη σχέση (4.9):

$$P_a = \frac{E(\frac{KWh}{d}) * 1(\frac{KW_p}{m^2})}{\Pi(\frac{KWh}{m^2 day}) * n_{\theta} * n_{cov} * n_{bat} * n_d * n_w * n_{\gamma\eta\rho}} \quad (4.9)$$

$$= \frac{0.000880283}{2.838709677 * 0.924 * 0.97 * 0.87 * 0.85 * 0.99 * 0.96 * 0.96} KW_p = 0.000512792 KW_p$$

Για αυτονομία 10 ημερών, η ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας είναι ίση με:

$$C_N = 10d \frac{E}{V_{bat} * \beta_{εκφ} * n_{bat}} = 10d \frac{0.000880282686 \frac{Wh}{d}}{6V * 0.85 * 0.85} = 2.030640567 Ah \quad (4.10)$$

Παρατηρώντας των Πίνακας 4.7 οι 49 ημέρες αυτονομίας ήταν μια αρκετά άστοχη πρόβλεψη. Κάτι το αναμενόμενο λόγω της θεώρησης ότι οι συνθήκες ήταν ιδανικές.

Ημέρες αυτονομίας	20	30	35	40	50
C_N (Ah)	4.061281135	6.091921702	7.107241986	8.12256227	10.15320284

Πίνακας 4.7 Ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας σε συνάρτηση με των χρόνο

Η μπαταρία kijo js7.2-6 αποτελείται από τρία στοιχεία 2V κλειστού τύπου. Τα στοιχεία 2V κλειστού τύπου προτείνονται σε όσους θα παραλείπουν τη σωστή συντήρηση που προβλέπεται από τον κατασκευαστή και πάντα σε συστήματα που είναι αδύνατη η συχνή επίβλεψη. Κατά τη διάρκεια της χρήσης και ειδικά στην επιπλέον υπερφόρτιση λόγω της απουσίας ρυθμιστή φόρτισης φωτοβολταϊκού, το νερό των ηλεκτρολυτών διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο και παράγεται φυσικό αέριο που οδηγεί στην απώλεια νερού. Στις μπαταρίες κλειστού τύπου η απώλεια νερού μπορεί να οδηγήσει σε μια ξήρανση και μείωση της χωρητικότητας.

4.4.4 Ρυθμιστής Φόρτισης Φωτοβολταϊκού

Με την προσθήκη του ρυθμιστή φόρτισης αποφεύγεται ο κίνδυνος απώλειας νερού που θα οδηγούσε σε μια ξήρανση και μείωση της χωρητικότητας. Συμφωνά με τον πωλητή ο ρυθμιστής καταναλώνει την χειρότερη πρόπτωση 5mA, με συνέπια την μείωση της

αυτονομίας. Για τον υπολογισμό της νέας ονομαστικής χωρητικότητας C_{new} θα είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον μέσο ημερήσιο χρόνο που λειτουργεί στα 6V και στα 12V τον μήνα Ιανουάριο.

	2015	2016	2017	2018
ΤΡΙΠΟΛΗ	125	155	94	152
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	154	152	136	161
ΤΑΝΑΓΡΑ	115	131	91	132
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	136	148	132	178
Μέση τιμή				137

Πίνακας 4.8 Διάρκεια Μηνιαίας Ηλιοφάνειας σε ώρες τον Ιανουάριο [26]

Λόγω έλλειψης ακριβών μετρήσεων στο Βέλο Κορινθίας για την διάρκεια μηνιαίας ηλιοφάνειας σε ώρες, επιλέχθηκαν 4 περιοχές όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 4.8 σε παρεμφερή γεωγραφικά μήκη και πλάτη ώστε τα δεδομένα να έχουν την μέγιστη ακρίβεια για την εύρεση του ποσοστού της ημερήσιας ηλιοφάνειας σε ένα εικοσιτετράωρο υπολογίζεται από την σχέση (4.11).

$$P_{solar} = \frac{\text{Διάρκεια Μηνιαίας Ηλιοφάνειας}}{\text{Ημέρες του μήνα} * 24 \text{ ώρες}} = \frac{137}{31 * 24} = 0,14255983 \quad (4.11)$$

$$P_{battary} = 1 - P_{solar} = 1 - 0.14255983 = 0.85744017$$

Η ισχύς που καταναλώνει στην κάθε κατάσταση υπολογίζεται από τη σχέση (4.12):

$$W_{solar} = V_{solar} * I = 12 * 0.005 = 0.06W$$

$$W_{battary} = V_{battary} * I = 6 * 0.005 = 0.03 W \quad (4.12)$$

Γνωρίζοντας την κατανάλωση και το ποσοστό της ώρας υπολογίζονται της κιλοβατώρες της ημέρας από τη σχέση (4.13):

$$\begin{aligned}
E_{solar} &= P_{solar} * W_{solar} * 24 = 0.142559834 * 0.06 * 24 = 0.20528616 \frac{Wh}{d} \\
E_{battary} &= P_{battary} * W_{battary} * 24 = 0.857440166 * 0.03 * 24 = 0.61735692 \frac{Wh}{d} \\
E_{charger} &= E_{solar} + E_{battary} = 0.20528616 + 0.61735692 = 0.880282686 \frac{Wh}{d} \\
E_{new} &= E_{charger} + E = 0.82264308 + 0.880282686 = 1.702925766
\end{aligned} \tag{4.13}$$

	V	A	W	Πόσο της ώρας	Wh (Watt-Hour)	Wh ανά εικοσιτετράωρο
Έλεγχος διαύλου επικοινωνίας (transmit)	12	0.005	0.06	0.142559834	0.00855359	0.20528616
Έλεγχος αισθητήρων (sensor)	6	0.005	0.03	0.857440166	0.025723205	0.61735692

Πίνακας 4.9 Κατανάλωση ρυθμιστή φόρτισης για κάθε κατάσταση

Η ισχύς αιχμής $P_{\alpha, new}$ (kW_p) υπολογίζεται από τη σχέση (4.14):

$$\begin{aligned}
P_{\alpha, new} &= \frac{E_{new} \left(\frac{KWh}{d} \right) * 1 \left(\frac{KW_p}{m^2} \right)}{\Pi \left(\frac{KWh}{m^2 day} \right) * n_{\theta} * n_{cov} * n_{bat} * n_d * n_w * n_{\gamma\rho\rho}} \\
&= \frac{0.001702925766}{2.838709677 * 0.924 * 0.97 * 0.87 * 0.85 * 0.99 * 0.96 * 0.96} KW_p = 0.000512792 KW_p
\end{aligned} \tag{4.14}$$

Για αυτονομία 10 ημερών, η ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας υπολογίζεται από τη σχέση (4.15):

$$C_{N,new} = 10d \frac{E_{new}}{V_{bat} * \beta_{εκφ} * n_{bat}} = 10d \frac{0.001702926 \frac{Wh}{d}}{6V * 0.85 * 0.85} = 3.928317799 Ah \quad (4.15)$$

Παρατηρώντας των Πίνακας 4.10 για 35 ήμερες με των ρυθμιστής φόρτισης θα χρειαστεί διπλάσια σε Ah μπαταρία και στην περίπτωση των 50 ημερών τριπλάσια σε Ah μπαταρία.

Ημέρες αυτονομίας	15	18	20	25	50
C _N (Ah)	4.061281135	7.070972039	7.856635599	9.820794498	19.641589

Πίνακας 4.10 Ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας σε συνάρτηση με των χρόνο

Οι χαμηλές τιμές Φωτοβολταϊκών και μπαταριών μπορούν να εξασφαλίσουν ένα ενεργειακά ευσταθές σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας.

Προγραμματιστικό Σκέλος

5.1 Περιγραφή

Σημαντικό βάρος της υλοποίησης έπαιξε ο προγραμματισμός των επιμέρους κομματιών ώστε να έχουμε ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Στο Κεφάλαιο 5 θα αναλυθούν τα σημαντικότερα κομμάτια του κώδικα. Οι πλατφόρμες που υλοποιήθηκαν τα προγράμματα είναι το Arduino Software (IDE) 2.6 και το MIT App Inventor 2.11.2. Προφανώς, θα αναφερθούν και κάποιες παραδοχές ώστε αν επικοινωνούν τα επιμέρους κομμάτια.

5.2 Παραδοχές

Όσο περισσότερο εμπλέκονται διαφορετικά συστήματα και μέθοδοι επικοινωνίας δημιουργούνται περιορισμοί και προβλήματα ασυμβατότητας. Θα αναφερθούν τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν και οι λύσεις που δόθηκαν για την συγκεκριμένη διπλωματική.

- Ο χρήστης για να επικοινωνεί την εφαρμογή του κινητού με το Server θα πρέπει να ανοιχθεί το κατάλληλο port για την ip που συνδέεται ο Arduino στο Router. Η ip είναι η 192.168.1.13 και το port 5000 διότι ο πάροχος κλειδώνει τις χαμηλές για επιπλέον ασφάλεια και η port όπως η 80 που ήταν ιδανική. Για να ελευθερωθεί πρέπει να γίνει επικοινωνία με τον πάροχο για απενεργοποίηση της επιπρόσθετης αυτής δικλίδας αφήνοντας και τα υπόλοιπα συστήματα στο τοπικό δίκτυο απροστάτευτα.
- Για να λειτουργήσει η ρουτίνα ελέγχου και ανανέωσης ip υποχρεούμαστε να χρησιμοποιούμε της υπηρεσίες που προσφέρει η εταιρία No-IP.
- Κατά την εγκατάσταση της εφαρμογής σε Android συσκευή ενεργοποιείται η επιλογή «Άγνωστες Πηγές» που βρίσκεται στις Ρυθμίσεις Ασφαλείας της συσκευής. Αν η συγκεκριμένη εφαρμογή δεν ήταν αποκλειστικά για ακαδημαϊκούς σκοπούς θα μπορούσε να εγκατασταθεί και μέσω «Play Store» όπως και όλες οι εμπορικές εφαρμογές.
- Για να αναγνωρίσει η εφαρμογή τον ασύρματο πομποδέκτη HC-05 Bluetooth θα πρέπει ο χρήστης να έχει ζευγαρώσει το Bluetooth του κινητού με αυτό του HC-05 με κωδικό «1234».
- Ο αισθητήρας υπερήχων US015 είναι αξιόπιστος για της απόσταση καλής λειτουργίας που εκτείνεται έως τα 700 cm. Για τις διάφορες προδιαγραφές που τεστάρουμε δεν υπάρχει ανάγκη για εμβέλεια μεγαλύτερη των 550 cm και με την χρήση τριών (3) αισθητήρων η απαιτούμενη απόσταση μειώνεται ακόμα πιο πολύ.

5.3 Μείωση ενεργειακής κατανάλωσης

Κατά γενική ομολογία ένα σύστημα καταναλώνει χωρίς να αξιοποιούνται στο βέλτιστο οι δυνατότητες του. Γύρο μας υπάρχουν πολλά τέτοια παραδείγματα, ένα από αυτά είναι το

αυτοκίνητο για το οποίο κατασκευάζουμε και την συσκευή. Ο βενζινοκινητήρας ή πετρελαιοκινητήρας σπαταλούν ενέργεια όταν βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής όπως σε ένα φανάρι ή και σε μικρότερα διαστήματα κατά το φρενάρισμα. Σε σύγκριση με τον ηλεκτρικό κινητήρα που μπορεί να «κοιμηθεί» και να μην καταναλώνει ενέργεια δυστυχώς η αυτονομία του είναι περιορισμένη. Για αυτό η πιο βιώσιμη λύση είναι το υβριδικό σύστημα.

Ένα αντίστοιχο πρόβλημα αντιμετωπίζεται όταν οι αισθητήρες και όλα τα περιφερειακά καταναλώνουν ενέργεια δίχως να παράγουν έργο. Το μέγεθος της μπαταρίας είναι κρίσιμο για το συνολικό κόστος άλλα και εξαρτάται από την τοποθεσία που θα εγκατασταθεί. Αντίστοιχα προβλήματα αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο και για το φωτοβολταϊκό πάνελ. Η ενδεδειγμένη παραμετροποίηση του κώδικα ήταν κρίσιμο κομμάτι για να κρατηθεί χαμηλά η κατανάλωση και να μην επηρεαστεί η ποιότητα.

5.3.1 Απενεργοποίηση Εξαρτημάτων

Η πιο αναμενόμενη μέθοδος είναι η διακοπή τροφοδοσίας σε ένα εξάρτημα. Στην ανάλυση των συνδέσεων 4.2.1 αναφέραμε ότι τα αναλογικά pin μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως ψηφιακά με στάθμη 0 Volt ή 5 Volt. Επίσης επισημάνσαμε ότι τα pin δύνανται να παρέχουν μέχρι ένα ποσό ρεύματος 2.6.2 , αρκετό να αντικαταστήσουν την κύρια τροφοδοσία των 5 Volt του Arduino. Παρακάτω στις δύο πρώτες γραμμές δηλώνεται πιο pin θα λειτουργεί σαν τροφοδοσία για τον Αναγνώστη καρτών, ενώ στις επόμενες παρατηρούμε την εντολή ώστε να λειτουργεί σαν ψηφιακός διακόπτης.

```
int sd_power = A5;  
pinMode(sd_power, OUTPUT);  
  
digitalWrite(sd_power, HIGH);  
digitalWrite(sd_power, low);
```

Βέβαια, αρκετοί κατασκευαστές προτιμούν τα εξαρτήματα τους να έχουν την δυνατότητα να απενεργοποιούνται χωρίς να διακοπεί η τροφοδοσία και να αποφευχθεί η διαγραφή δεδομένων π.χ. από την μνήμη RAM. Ο πομποδέκτης HC-05 Bluetooth παρέχει την δυνατότητα μέσω της εισόδου “EN” 3.5.1 να ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται ανάλογα με το δυναμικό λόγω της μικρής κατανάλωσης, την ανάγκη εξοικονόμησης pin και την ταυτόχρονη λειτουργία του με τον Αναγνώστη καρτών. Τέλος, επιλέχθηκε το pin “A5” να επηρεάζει και τα δύο εξαρτήματα.

```
digitalWrite(4, LOW); // Ενεργοποίηση αισθητήρων  
                  υπερήχων  
digitalWrite(trigPin1, HIGH);  
digitalWrite(trigPin2, HIGH);  
digitalWrite(trigPin3, HIGH);
```

```

    if (!SD.begin(4)) {// Ενεργοποίηση του αναγνώστη
        καρτών
        Serial.println("initialization failed!  
FILE_READ");
    }

```

Εν αντιθέσει, για τους αισθητήρες υπερήχων και θερμότητας επιλέχθηκε να παραμείνουν στην κλασική τροφοδοσία των 5 Volt λόγω των απαιτήσεών τους σε ενέργεια και αδυναμία εύρεσης τεσσάρων ελεύθερων pin. Με την διαμεσολάβηση ενός τρανζίστορ 2N7000 αποκλείονται τα παραπάνω εξαρτήματα από την γείωση. Επιλέχθηκε το pin “D4”, το οποίο χρησιμοποιείται και από τον αναγνώστη καρτών όπως παρουσιάζεται στον παραπάνω κώδικα, για την μεταφορά δεδομένων χωρίς όμως να δημιουργούνται συγκρούσεις.

5.3.2 Μετάβαση σε κατάσταση ύπνου

Όσο αφορά το Arduino, δεν είναι δυνατόν να απενεργοποιηθεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα και το να τεθεί σε κατάσταση αναμονής είναι μια αδικαιολόγητη προγραμματιστικά λύση. Η βέλτιστη επιλογή θα ήταν να τεθεί σε βάθη ύπνο (Deep Sleep) άλλα θα χρειαζόμασταν και δεύτερο εξωτερικό watchdog, κάτι το οποίο δεν θα ήταν εύκολο να έχει διαφορετικές αφυπνίσεις κατ’ απαίτηση. Εντέλει, αξιοποιήθηκε το ενσωματωμένο watchdog του Arduino 3.8.3.

```

    Proximity();
    myWatchdogEnable (0b000110); // 1 seconds
    Proximity();
    myWatchdogEnable (0b000110); // 1 seconds
    Proximity();
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(trigPin1, HIGH);
    digitalWrite(trigPin2, HIGH);
    digitalWrite(trigPin3, HIGH);
}
if ( (cnt_loop==1) or (cnt_loop%20 == 0) ){
    radio.startListening();
    myWatchdogEnable (0b100001); // 8 seconds
    Both();
    radio.stopListening();
    ChangeRoleTest();
}

```

Στο παραπάνω κώδικα είναι ευδιάκριτο ότι το σύστημα κοιμάται για χρονικά διαστήματα ενός και οκτώ δευτερολέπτων. Ανάλογα με την είσοδό στην εντολή “myWatchdogEnable” μπορούμε να θέσουμε σε κατάσταση sleep από 15 ms έως 8 sec. Ακόμα μια ενδιαφέρουσα εντολή είναι το “radio.stopListening” με την οποία σταματάει η κατανάλωση ενέργειας από τον Πομποδέκτη nRF24L01 σταματώντας τον από το να ακούει το κανάλι από οποιαδήποτε μετάδοση.

5.3.3 Επεμβατική φθορά της πλακέτας

Τέλος ,για να εξαλείψουμε κάθε σπατάλη ενέργεια έπρεπε να απενεργοποιηθούν τα 4 Led που διαθέτει η πλακέτα. Όσο και να ερευνηθήκε αν μπορούν τα Led να απενεργοποιηθούν είτε προγραμματιστικά ή κατά την ενεργοποίηση του εσωτερικού watchdog, αποδείχτηκε αδύνατον. Η μόνη ριψοκίνδυνη αλλά αποτελεσματική λύση ήταν η καταστροφή των διαύλων τροφοδοσίας του.

5.4 Αξιοπιστία

Όσα προβλήματα ήταν αδύνατον να λυθούν με οποιοδήποτε ηλεκτρονικό περιφερικό λόγω του υψηλού κόστους ή δυσκολίας κατασκευής, αποφασίστηκε να λυθούν προγραμματιστικά για όσο το δυνατόν αξιόπιστο σύστημα. Ένα τέτοιο πρόβλημα ήταν το Dynamic DNS Update που αναλύθηκε στο 2.14.2.

```
void dnsUpdate() {  
    char server2[] = "dynupdate.no-ip.com";  
    EthernetClient client;  
    serial.println("connecting...");  
  
    if (client.connect(server2, 80)) {  
        Serial.println("connected");  
        client.println("GET  
/nic/update?hostname=best13.hopto.org  
HTTP/1.0");  
        client.println("Host: dynupdate.no-ip.com");  
        client.println("Authorization: Basic  
bW10c2F0c29zNTMAZ21haWwuY29tOmExMmExM2ExNA==");  
        // Basic base64-encoded-auth-string  
        client.println("User-Agent: Mits Arduino  
Client/0.0 mitsatsos13@gmail.com");  
        client.println();  
  
    } else {  
        Serial.println("connection failed");  
  
    }  
    client.stop();  
}
```

Στην παραπάνω ρουτίνα επικοινωνεί το Site που προσφέρει υπηρεσίες Dynamic DNS με τα διαπιστευτήρια και με την εντολή που χρειάζεται να εκτελεστεί. Σε αυτήν την περίπτωση επιθυμείται να ανανεωθεί η IP της διεύθυνσης "best13.hopto.org" η οποία χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τους σκοπούς της διπλωματικής. Δεν θα μπορούσε να μην αναφερθεί ότι

για την επικοινωνία του nRF24L01 ο δέκτης καταναλώνει την μέγιστη ενέργεια κατά την λειτουργία του και μεταδίδει τον χαμηλότερο δυνατό ρυθμό όπως μπορεί να γίνει κατανοητό από τις μετέπειτα εντολές.

```
radio.setPALevel( RF24_PA_MAX ) ;  
radio.setDataRate(RF24_250KBPS) ;
```

Όπως αναλύθηκε στο 3.8 ένα σύστημα θα πρέπει να επαναρχικοποιηθεί. Στην κάτωθεν περίπτωση έχουν αποθηκευτεί οι νέες παράμετροι για τους αισθητήρες απόστασης. Η επικοινωνία κλείνεται μέσω Bluetooth και ξεκινάει την διαδικασία επανεκκίνησης του Arduino με την χρήση του κυκλώματος του Hardware Watchdog, χωρίς να επηρεάζει τον μετρητή. Το μόνο μέρος που σπαταλώνται δύο δευτερόλεπτα αναμένοντας να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

```
WriteSensorsProximityDataSD();  
bluetooth.end();  
digitalWrite(reseted, HI GH);  
delay(2000);
```

Μελλοντικές Βελτιώσεις και Παρατηρήσεις

6.1 Παρατηρήσεις

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας υλοποιήθηκε ένα σύστημα υλικού και λογισμικού βασισμένο σε μικροελεγκτή με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας ζωής των ΑμεΑ. Ο σχεδιασμός του συστήματος έγινε με γνώμονα την επίτευξη σταθερότητας και υψηλής αξιοπιστίας ώστε να μπορεί να διατηρηθεί ο έλεγχος, η ενημέρωση για την θέση στάθμευσης και η διαφύλαξη της αυτονομίας του κατόχου του υπό εποπτεία χώρου. Χρησιμοποιήθηκαν συμπαγείς και δοκιμασμένα περιφερειακά και λογισμικό ώστε να αποφευχθούν τυχόντα κρυμμένα σφάλματα. Επιπλέον η αξιοπιστία του συστήματος διαφυλάσσεται από πολλές ασφαλιστικές δικλίδες.

Επιλέχθηκε η διασφάλιση της αυτονομίας να γίνεται με ενέργεια προερχόμενη από φωτοβολταϊκό πάνελ. Η αποθήκευση της ενέργειας από την ανανεώσιμη πηγή αποθηκεύεται σε μεγάλη μπαταρία που επιτυγχάνει αυτονομία μεγαλύτερη των 10 ημερών. Πολύ σημαντικό ήταν ότι το κόστος να παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα. Η ποιότητα των αισθητήρων υπερέχων δεν ήταν η βέλτιστη, η επιλογή τριών αισθητήρων χαμηλού κόστους, έναντι ενός υψηλού αντιστάθμισε την ποιότητα του αποτελέσματος.

6.2 Μελλοντικές Βελτιώσεις

Η πιο σημαντική βελτίωσή που θα προτείνουμε, είναι να διορθωθούμε σαν άνθρωποι. Αν έχουμε σεβασμό στους γύρω μας και στους νόμους, μπορούμε να κάνουμε συστήματα όπως το παραπάνω, ανούσια μέχρι και για μελέτη. Η συγκεκριμένη κατασκευή έχει πολλά κομμάτια που την συνθέτουν και θα μπορούσαν να γίνουν αντίστοιχα πολλές προτάσεις που ανάλογα με τις συνθήκες, τον χώρο, τις δυνατότητες εγκατάστασης και τα χρήματα που θα διατεθούν, να αλλάξουν αναλογικά το μέγεθος του εγχειρήματος.

- Χώρος: Το συγκεκριμένο σύστημα με τέσσερις αισθητήρες απόστασης θα μπορούσε να εποπτεύει 2 δημόσιες θέσεις παρκινγκ ΑμεΑ.
- Αισθητήρες: Η καλύτερη ποιότητά τους θα μπορούσε να βελτιώσει την ακρίβειά τους. Επιπλέον, ένας χωρητικός αισθητήρας τοποθετημένος σε κάθε θέση στάθμευσης, εκτός από πιο αξιόπιστο θα έκανε το σύστημα επεκτάσιμο πέρα των δυο θέσεων.
- Ενέργεια: Η παροχή ηλεκτροδότησης από δημόσιο φωτισμό θα μπορούσε να είναι μια πηγή σταθερής και αξιόπιστης τροφοδοσίας.
- Κεντρικός Server: Για ένα μεγάλο σύνολο από χώρους στάθμευσης, π.χ. σε κλίμακα μιας πόλης και άνω, απαιτείται ένας απομακρυσμένος Server. Θα δέχεται αιτήματα για τις θέσεις στάθμευσης και θα γνωρίζει την κατάσταση τους (ελεύθερη ή δεσμευμένη). Επιπρόσθετα, θα έχει τη δυνατότητα να απαντάει σε

ταυτόχρονες ερωτήσεις από χρήστες για την κατάσταση των θέσεων σε κάποια περιοχή.

- WiFi: Με την διάδοση του ελεύθερου ιντερνέτ σε δημοσίους χώρους και κυβερνητικά κτίρια καθώς και με σύνδεση στο WiFi της κατοικίας του ενδιαφερόμενου, το σύστημα θα μπορούσε να συνδέετε απευθείας στο ίντερνετ και κατά επέκταση σε έναν κεντρικό Server.
- Εφαρμογή κινητού τηλεφώνου: Το σύστημα θα μπορούσε να προτείνει έως και να ανακατευθύνει τον χρήστη προς την πλησιέστερη ελεύθερη θέση παρκινγκ, χρησιμοποιώντας τον έλεγχο της θέση του χρήστη ή την τοποθεσία που κατευθυνόμαστε.
- Οικονομικά: Να συνδυαστεί με την χρόνο χρέωση των ελεγχόμενων θέσεων και της ηλεκτρονικής πληρωμής.

Συνδυάζοντας διάφορες βελτιώσεις που προτάθηκαν, θα επιτυγχάναμε μείωση του κόστους κατασκευής κάθε συσκευής. Σε περίπτωση ευρείας χρησιμοποίησης του συστήματος, η παραγωγή του θα ήταν βιώσιμη, λόγω οικονομίας κλίμακας. Ένα σύστημα όπως αυτό περιγράφηκε από την παρούσα εργασία μαζί με τις προτεινόμενες βελτιώσεις, μειώνει την ταλαιπωρία των οδηγών, αυξάνει τα δημοτικά έσοδα και βελτιώνει τον έλεγχο της δημοτικής αστυνομίας. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι ότι μηδενίζει την άσκοπη κατανάλωση των μη ανανεώσιμων πηγών, όπως η βενζίνη, από ατέλειωτες αναζητήσεις για εύρεση ελεύθερου χώρου στάθμευσης.

Βιβλιογραφία

- [1] Δ. Τσιρώνη, *Κυκλοφοριακή Ασφάλεια και διευκόλυνση για πολίτες με κινητικές αδυναμίες στη πόλη*, 2010.
- [2] AutoGreekNews, "Ο ελληνικός δρόμος με τις περισσότερες κλήσεις για παράνομο παρκάρισμα!," 15 february 2018. [Online]. Available: <http://www.autogreeknews.gr/nea/polla-diafora/diafora-nea/o-ellinikos-dromos-tis-perissoteres-klisis-gia-paranomo-parkarisma>. [Accessed 16 December 2018].
- [3] Υπουργείο Μεταφορών & Επικοινωνων, "Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ.)," ΑΘΗΝΑ, 2007.
- [4] D. Newsroom, "Τα δικαιολογητικά για παραχώρηση ατομικής θέσης στάθμευσης ΑμεΑ στο δημο Θεσσαλονίκης," 26 April 2017. [Online]. Available: <https://www.dikaiologitika.gr/eidhseis/koinonia/153750/thessaloniki-dikaiologitika-gia-paraxorisi-atomikis-thesis-stathmefsis-amea>. [Accessed 16 December 2018].
- [5] ΣΗΜΑ Α.Β.Ε.Ε, "Πινακίδες Σήμανσης & Υλικά Οδικής Ασφάλειας," [Online]. Available: <https://www.shma.gr/product/165/simapinakides-kok-kai-diafores-pinakidespinakides-simansis-kokrythmistikes-pinakides-simansisrythmistiki-pinakida-r72-/>. [Accessed 16 December 2018].
- [6] ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ, "Προμήθεια πινακίδων κυκλοφοριακών ρυθμίσεων και μεμβρανών κάλυψης υφιστάμενης κατακόρυφης σήμαν-σης σε κόμβους οδών του Δήμου Γαλατσίου," 23 December 2015. [Online]. Available: https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0ahUKEwj5c6HrLTaAhWSPFAKHRnVC4UQFghfMAU&url=http%3A%2F%2Fwww.galatsi.gov.gr%2Fweb%2Fguest%2Fannouncements%3Fp_p_id%3Dbs_documents%26p_p_action%3D1%26p_p_state%3Dexclusive%26p_p_mode%3Dvie. [Accessed 16 December 2018].
- [7] Υπουργείο Μεταφορών, Επικοινωνιών και Έργων, "Προδιαγραφές για τους χώρους στάθμευσης των Ατόμων με αναπηρία σε δρόμους και δημόσιους χώρους στάθμευσης," [Online]. Available: www.mcw.gov.cy/mcw/dbpd/disabledaccess.nsf/All/28C500151EC55D3BC22

5726F0034E920/\$file/XOROI%20STATHMEUSIS.doc?OpenElement.
[Accessed 15 July 2008].

- [8] M. Wolf, Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design, Third ed., Morgan Kaufmann, May 23rd 2012.
- [9] D. Gadre, Programming and Customizing the AVR Microcontroller, McGraw-Hill Education, 9 October 2000.
- [10] Βικιπαίδεια, "Μικροελεγκτής," [Online]. Available: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CF%84%CE%AE%CF%82>. [Accessed 13 January 2018].
- [11] Χ.-Β. Κούτσικος, *ΕΞΥΠΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ*, Chania, 2015.
- [12] Βικιπαίδεια, "Arduino," [Online]. Available: https://el.wikipedia.org/wiki/Arduino#cite_note-AutoF7-1-1. [Accessed 20 January 2018].
- [13] Π. Παπάζογλου and Σ. Π. Λιωνής, Ανάπτυξη Εφαρμογών με το Arduino, Ένας πλήρης οδηγός για αρχάριους και προχωρημένους, Θεσσαλονίκη: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΤΙΟΛΑ, 2015.
- [14] The Wiring team, "Wiring," 2003. [Online]. Available: <http://wiring.org.co/>. [Accessed 20 January 2018].
- [15] GNU Operating System, "GNU Project faq," [Online]. Available: <https://www.gnu.org/licenses/gpl-faq.html#WhatDoesGPLStandFor>. [Accessed 20 January 2018].
- [16] Arduino.cc, "ARDUINO," [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. [Accessed 20 January 2018].
- [17] F. Sánchez, "Arduino - A good first step in electronics," [Online]. Available: <http://blog.simplex.software/arduino-a-good-first-step-in-electronics>. [Accessed 20 January 2018].
- [18] T. Lextrait, "Arduino: Power Consumption Compared," 22 May 2016. [Online]. Available: <https://tlextrait.svbtle.com/arduino-power-consumption-compared>. [Accessed 20 January 2018].

- [19] arduino.cc, "Memory," [Online]. Available: <https://playground.arduino.cc/Learning/Memory>. [Accessed 22 January 2018].
- [20] pighixxx, "Arduino UNO Pinout Diagram," arduino.cc, 05 May 2017. [Online]. Available: <http://www.pighixxx.com/test/wp-content/uploads/2017/05/uno.png>. [Accessed 22 January 2018].
- [21] pighixxx, "Arduino NANO Pinout Diagram," arduino.cc, 19 August 2014. [Online]. Available: <http://www.pighixxx.com/test/pinouts/boards/nano.pdf>. [Accessed 22 January 2018].
- [22] mbedded.ninja, "Luxcity UV Tonic Control System," 29 November 2017. [Online]. Available: <http://blog.mbedded.ninja/electronics/projects/luxcity-uv-tonic-control-system>. [Accessed 25 January 2018].
- [23] Γ. Σταυρακάκης, "ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)," in *ΕΙΣΑΓΩΓΗ*, Chania, 2007.
- [24] Bo. Lu., Mohammad Shahidehpour, "Short-term Scheduling of Battery in a Grid-," in *IEEE TRANSACTIONS ON POWER, VOL. 20, NO. 2, MAY 2005*.
- [25] A.G.Tsikalakis, N.L.Soultanis, N.P.Hatziargyriou, "On-line Storage Management," in *Proc of the 9th PMAPS*, Stockholm, 11-15th June 2006.
- [26] Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, "EMY," Ελληνικής Δημοκρατίας, 1931. [Online]. Available: http://www.hnms.gr/emy/el/climatology/climatology_city?perifereia=Peloponnese&poli=Velos_Korinthia. [Accessed 29 January 2018].
- [27] H. Abelson and CSAIL staf, "MIT App Inventor," 2011. [Online]. Available: <http://appinventor.mit.edu>. [Accessed 3 February 2018].
- [28] FUSE, "PRINTED CIRCUIT BOARD AND SURFACE," TTN Training Material, 7 June 1999. [Online]. Available: <http://www.fuse-network.com/fuse/training/pcb/pcb.pdf>. [Accessed 8 February 2018].
- [29] F.-o.-F. foundation, "Fritzing," August 2007. [Online]. Available: <http://fritzing.org/about/people/>. [Accessed 8 February 2018].
- [30] F. Plitzko, "AISLER," Schoolstraat 2, 6295 AV Lemiers, the Netherlands.

- [31] K. Καλαϊτζάκης and E. Κουτρούλης, Ηλεκτρικές Μετρήσης Και Αισθητήρες, Κλειδάριθμος ΕΠΕ, 2010.
- [32] D. A. College, "Solutions for Section 3.1," [Online]. Available: <http://nebula2.deanza.edu/~karl/Classes/Files/Math12/4thEd.SolutionsManual/ch03.pdf>. [Accessed 10 February 2018].
- [33] Wikipedia, "Speed Of Sound," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound. [Accessed 10 February 2018].
- [34] T. Karvinen, K. Karvinen and . Valtokari, Projects and Experiments to Measure the world with Arduino and Raspberry PI, Sebastopol, California: Maker Media Inc., 2014.
- [35] . Α. Κυρίτσης, "Δωρεάν Στατική IP στο Internet με Dynamic DNS," 02 March 2016. [Online]. Available: <https://www.pcsteps.gr/1364-%CE%B4%CF%89%CF%81%CE%B5%CE%AC%CE%BD-%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-ip-dynamic-dns/>. [Accessed 07 August 2018].
- [36] J. Müllerová, "Digitální čidlo teploty DS18B20," [Online]. Available: <http://www.santy.cz/senzory-c24/ds18b20-digitalni-cidlo-teploty-dallas-i67/>. [Accessed 20 February 2018].
- [37] D. SEMICONDUCTOR, "DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer," 2015. [Online]. Available: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/58557/DALLAS/DS18B20.html>. [Accessed 20 February 2018].
- [38] I. Maxim Integrated Products, 2015. [Online]. Available: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/108957/MAXIM/DS18B20-PAR.html>. [Accessed 20 February 2018].
- [39] Gearbest, " US - 015 Ultrasonic Module - GREEN," [Online]. Available: https://gloimg.gbtcdn.com/gb/pdm-product-pic/Electronic/2017/04/13/source-img/20170413180539_66101.jpg.
- [40] Datasheet, "US-015 Ultrasonic Distance Measurement Module V2.0," [Online]. Available: <http://akizukidenshi.com/download/ds/sainsmar/US-015Manul.pdf>. [Accessed 2 Marche 2018].
- [41] satisfyelectronics, "US-015 Ultrasonic Module Distance Measuring Transducer Sensor DC 5V," 09 September 2015. [Online]. Available: <https://www.ebay.com/itm/US-015-Ultrasonic-Module-Distance-Measuring->

Transducer-Sensor-DC-5V/191674502036?epid=1272298946&hash=item2ca0b0cb94:g:DAoAAOSwq u9VBPuW. [Accessed 2 Marche 2018].

- [42] P. McDermott Wells, "What is Bluetooth?," *IEEE Potentials*, vol. 23, no. 5, pp. 33-35, 20 December 2004.
- [43] W. Stallings, *Ασύρματες Επικοινωνίες και Δίκτυα*, 2016: Τζιόλα.
- [44] Guangzhou HC Information Technology Co., "User Instructional Manual," 2014. [Online]. Available: https://cdn.makezine.com/uploads/2014/03/hc_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf. [Accessed 3 Marche 2018].
- [45] Itead Studio, "Bluetooth to Serial Port Module," 18 June 2010. [Online]. Available: <http://www.electronicaestudio.com/docs/istd016A.pdf>. [Accessed 3 Marche 2018].
- [46] International Telecommunication Union, "Documents of the International Radio Conference," Atlantic City,, 1947.
- [47] *nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver*. [Performance]. NORDIC SEMICONDUCTOR, 2008.
- [48] T. Williams, The care and correction of microprocessors , EMC in High Integrity Digital Systems, IEE Colloquium, 17 May 1991.
- [49] S. Tushev, "Arduino and watchdog timer," 16 June 2012. [Online]. Available: <https://tushev.org/articles/arduino/5/arduino-and-watchdog-timer>. [Accessed 23 August 2018].
- [50] D.Mohankumar, " How to set CD 4060 IC as Timer," 27 september 2017. [Online]. Available: <https://dmohankumar.wordpress.com/2017/09/27/how-to-set-cd-4060-ic-as-timer/>. [Accessed 01 september 2018].
- [51] madcoffee, "Arduino Low Power - How To Run ATmega328P For a Year On Coin Cell Battery," 18 february 2018. [Online]. Available: <http://www.home-automation-community.com/arduino-low-power-how-to-run-atmega328p-for-a-year-on-coin-cell-battery/>. [Accessed 16 September 2018].
- [52] J. Geerling, "Raspberry Pi Zero - Power Consumption Comparison," 27 November 2015. [Online]. Available: <https://www.jeffgeerling.com/blogs/jeff-geerling/raspberry-pi-zero-power>. [Accessed 16 september 2018].

- [53] D. Linden and T. B. Reddy, Handbook of batteries Third Edition, R. R. Donnelley & Sons Company, 2001.
- [54] K. BATTERY, "JS Series-General Purpose 01.149.0087," China.
- [55] Ι. Κατσίγιαννης, "Μελέτη - διαστασιολόγηση αυτόνομων Φ/Β συστημάτων," Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Χανια.
- [56] Dikaiologitika Newsroom, "Αυστηρές οι ποινές του νέου ΚΟΚ για τις ράμπες και τις θέσεις ΑμεΑ," 30 April 2018. [Online]. Available: <https://www.dikaiologitika.gr/eidhseis/aftodioikisi/205717/afstires-oi-poines-tou-neou-kok-gia-tis-rampes-kai-tis-theseis-amea>.