

Σχολή Μηχανικών

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων

Διπλωματική Εργασία: «Ελεγκτής Αγροτικού Ποτιστικού Συγκροτήματος»

Στοιχεία φοιτητή:

Όνοματεπώνυμο: Τερζάκης Χρήστος

A.M.: 516130

Επιβλέπων: Σπάσος Μιχαήλ, Αναπληρωτής Καθηγητής

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2022

Τίτλος Δ.Ε.: «Ελεγκτής Αγροτικού Ποτιστικού Συγκροτήματος»

Κωδικός Δ.Ε.: 2989

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Τερζάκης Χρήστος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Μιχαήλ Σπάσος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 29/10/2020

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 10/1/2022

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Τερζάκη Χρήστου που την εκπόνησε/αν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Στην οικογένειά μου»

Πρόλογος

Η παρακάτω διπλωματική εργασία, με τίτλο Ελεγκτής Αγροτικού Ποτιστικού Συγκροτήματος, επιλέχθηκε μετά από σκέψη και επιρροή από την ενασχόλησή μου με την αγροτική ζωή, παράλληλα με τις ακαδημαϊκές μου υποχρεώσεις. Βασικό ζήτημα ήταν η εύρεση ενός τρόπου, με τον οποίο θα ήταν εφικτή η παρακολούθηση του ποτιστικού καρουλιού από το σπίτι και όχι μόνο κατά την διάρκεια του ποτίσματος, χωρίς να είναι απαραίτητη η φυσική παρουσία στο χωράφι. Γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα την κατασκευή αυτής της συσκευής, η οποία παρέχει τη δυνατότητα να ελέγχουμε όποτε και από όπου θέλουμε την εξέλιξη του ποτίσματος. Συνεπώς το όφελος είναι πολλαπλό καθώς γίνεται εξοικονόμηση χρημάτων στα καύσιμα λόγω της μετακίνησης που θα έπρεπε να πραγματοποιείται από και προς τον τόπο κατοικίας – εργασίας αλλά και χρόνου ταυτόχρονα.

Περίληψη

Ο ελεγκτής αγροτικού ποτιστικού καρουλιού μπορεί έχει κατασκευαστεί για να παρέχει ανά πάσα στιγμή τα δεδομένα του καρουλιού στον αγρότη. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν την ταχύτητα με την οποία το καρούλι μαζεύει το λάστιχο, τα μέτρα του λάστιχου τα οποία έχει ξετυλίξει ο καλλιεργητής κατά το άπλωμα του καρουλιού, τα μέτρα του λάστιχου που έχει μαζέψει το καρούλι κατά τη διάρκεια του ποτίσματος, αλλά και το χρόνο που απέμεινε για να τελειώσει το πότισμα. Όλα τα παραπάνω στοιχεία επεξεργάζονται μέσω του esp32 και λαμβάνονται μέσω ενός φωτοηλεκτρικού αισθητήρα υπέρυθρης δέσμης. Το esp32, σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχει γραφτεί, κάνει τους κατάλληλους υπολογισμούς και μέσω μίας οθόνης LCD ή του ασύρματου δικτύου Wi – Fi εμφανίζει όλα τα λαμβανόμενα δεδομένα. Για τη λειτουργία όμως αυτής της ηλεκτρονικής συσκευής απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ενέργειας και πιο συγκεκριμένα της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το ζήτημα μπορεί να καλυφθεί με τη βοήθεια ενός φωτοβολταϊκού πάνελ μέσω του οποίου συλλέγεται η απαραίτητη ηλιακή ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, κατά τη διάρκεια της ημέρας έχει διπλό ρόλο στη λειτουργία της συσκευής. Παρέχει στον ελεγκτή την κατάλληλη ποσότητα ενέργειας για τη λειτουργία του, παράλληλα φορτίζουν και οι δύο συνδεδεμένες παράλληλα μπαταρίες αποτελώντας τελικά μία. Οι μπαταρίες αποθηκεύουν την απαραίτητη ποσότητα ενέργειας για τη λειτουργία της συσκευής κατά τη διάρκεια της νύχτας. Έτσι ο καλλιεργητής έχει τη δυνατότητα όποτε επιθυμεί να ελέγχει το καρούλι του κατά τη διάρκεια του ποτίσματος γρήγορα, εύκολα και απομακρυσμένα μέσω του ασύρματου δικτύου Wi – Fi χρησιμοποιώντας την εφαρμογή blynk.

Λέξεις κλειδιά:

Ελεγκτής, αγροτικός, ποτιστικός, συγκρότημα, ευφυής, ακρίβεια, γεωργία, καρούλι

Title: «Controller of an agricultural irrigation complex»

Student: Terzakis Christos

Abstract

The agricultural spool controller can be designed to provide spool data to the farmer at any time. These data include the speed at which the spool picks up the hose, the measures of the hose that the farmer has unwrapped while rolling the spool, the measures of the hose that the spool has picked up during watering, and the time left to finish watering. All the above data are collected via esp32 and via an IR sensor Infrared Beam Photoelectric Sensor. Esp32, according to the program that has been written, makes the appropriate calculations and through an LCD screen or the wireless network WI - FI displays all the collected data. For the operation of this electronic device, however, a necessary condition is the existence of energy and more specifically of electricity. This issue can be covered with the help of a photovoltaic panel through which the necessary solar energy is collected which is converted into electricity. The electricity generated during the day has a dual role in the operation of the device. It provides the controller with the right amount of power for its operation, while charging both connected alongside batteries, eventually forming one. The batteries store the necessary amount of energy for the operation of the device during the night. So the farmer has the ability whenever he wants to control his spool during watering quickly, easily and remotely through the wireless network WI - FI using the application blynk.

Key words:

Controller, agricultural, irrigation, complex, intelligent, precision, agriculture, reel

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Μιχαήλ Σπάσο που είναι αναπληρωτής καθηγητής, για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και το χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας. Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων για τη συμβολή τους στην

επιστημονική και τεχνολογική μου συγκρότηση στα χρόνια της φοίτησής μου στο Τμήμα.

Οφείλω επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους εκείνους που συνέβαλαν είτε πρακτικά, είτε ψυχικά με τη βοήθεια και τις παραινέσεις τους στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου για την οικονομική τους υποστήριξη, καθώς και τους συγγενείς και τους φίλους για την ηθική υποστήριξη σε όλο το διάστημα των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	4
Περίληψη.....	5
Λέξεις κλειδιά.....	5
Abstract.....	6
Keywords.....	6
Ευχαριστίες.....	6
Περιεχόμενα.....	8
Κεφάλαιο 1 ^ο Ευφυής Γεωργία.....	10
1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 Γεωργία Ακριβείας.....	10
1.3 Βασικές Τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας.....	11
1.3.1 Παγκόσμια Συστήματα Καθορισμού/ Εντοπισμού Θέσης (GPS).....	12
1.3.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).....	12
1.3.3 Συστήματα Μεταβλητών Εφαρμογών (VRA ή VRT).....	12
1.3.4 Συστήματα Παρακολούθησης Αποδόσεων (Yield Monitoring System).....	13
1.3.5 Τηλεπισκόπηση.....	13
1.3.6 Αισθητήρες Καλλιεργειών και Εδάφους.....	13
1.3.7 Αυτοματοποιημένα Συστήματα Πλοήγησης.....	14
1.4 Γεωργία Ακριβείας στην Ελλάδα.....	14
1.5 Καρούλι Ποτίσματος.....	16
1.6 Διαδικασία Ποτίσματος.....	17
Κεφάλαιο 2 ^ο Ελεγκτής Ποτιστικού Καρουλιού.....	18

2.1 Διαγραμματική απεικόνιση.....	18
2.2 Τροφοδοτικό.....	19
2.2.1 Φωτοβολταϊκό πάνελ	19
2.2.2 Σταθεροποιητής τάσης LM7805.....	22
2.2.3 Κύκλωμα σταθερής τάσης με ενίσχυση ρεύματος.....	22
2.2.4 Φορτιστής μπαταριών.....	23
2.2.5 Μπαταρίες λιθίου.....	26
2.2.6 Μετατροπέας ανύψωσης τάσης.....	28
2.3 IR Module.....	29
2.4 Μονάδα επεξεργασίας δεδομένων.....	31
2.4.1 Ανάλυση διαδικασίας μετρήσεων.....	32
Κεφάλαιο 3 ^ο Σχηματική αποτύπωση του ελεγκτή καρουλιού.....	36
Κεφάλαιο 4 ^ο Υποθέσεις & Συμπεράσματα.....	38
4.1 Υπόθεση.....	38
4.2 Συμπεράσματα.....	40
Παράρτημα.....	41
Διάγραμμα ροής.....	41
Κώδικας.....	47
Βιβλιογραφία.....	54

Κεφάλαιο 1^ο Ευφυής Γεωργία

1.1 Εισαγωγή

Η Έξυπνη Γεωργία αντιπροσωπεύει την εφαρμογή των σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών, Τ.Π.Ε., στη γεωργία, γεγονός που οδηγεί σε αυτό που είναι δυνατόν να ονομαστεί ως Τρίτη Πράσινη Επανάσταση. Μετά τις επαναστάσεις αναπαραγωγής των φυτών και της γενετικής, αυτή η Τρίτη Πράσινη Επανάσταση αρχίζει και επιβάλλεται στο γεωργικό κόσμο με βάση τη συνδυασμένη εφαρμογή των λύσεων Τ.Π.Ε., όπως ο εξοπλισμός ακριβείας, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Internet of Things – I.o.T., οι αισθητήρες και ενεργοποιητές, τα συστήματα γεωεντοπισμού, τα Μεγάλα Δεδομένα, Big Data, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, Unmanned Aerial Vehicles – U.A.V., τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη, η ρομποτική.

Η Έξυπνη Γεωργία έχει ρεαλιστικές δυνατότητες να παρέχει πιο παραγωγική και βιώσιμη γεωργική παραγωγή, η οποία θα βασίζεται σε μια προσέγγιση πιο ακριβούς και αποδοτικής χρήσης των πόρων. Η Γεωργία Ακριβείας επιτρέπει στο σύγχρονο καλλιεργητή να διαχειρίζεται το χωράφι του σε σημεία μικρότερης κλίμακας έκταση από αυτή του αγροτεμαχίου. Βασίζεται σε τεχνολογίες και μέσα που αρχικά καταγράφουν με ακρίβεια την υπάρχουσα κατάσταση του αγροτεμαχίου, στη συνέχεια διαχειρίζονται τα δεδομένα και τελικά εφαρμόζουν τις εισροές καλύπτοντας χωρικά και χρονικά τις ανάγκες κάθε σημείου του αγροτεμαχίου ανάλογα με την παραλλακτικότητά του.

Ωστόσο, ενώ στις Η.Π.Α. το 20 – 80% των γεωργών χρησιμοποιούν κάποιο είδος Τεχνολογίας Έξυπνης Γεωργίας, στην Ευρώπη μόνο το 0% – 24% των γεωργών τις αξιοποιεί. Από την πλευρά του καλλιεργητή, η Έξυπνη Γεωργία θα πρέπει να παρέχει στο γεωργό προστιθέμενη αξία με τη μορφή της καλύτερης λήψης αποφάσεων ή της πιο αποτελεσματικής λειτουργίας και διαχείρισης της εκμετάλλευσής του.

1.2 Γεωργία Ακριβείας

Η Έξυπνη Γεωργία έκανε την πρώτη της εμφάνιση το 1929 όταν οι Linsley και Bauer ανέπτυξαν τον πρώτο συντακτικό χάρτη για τη μελέτη της μεταβλητότητας του pH στο έδαφος, ωστόσο η συστηματική έρευνα αναφορικά με τις εφαρμογές Έξυπνης Γεωργίας ξεκίνησε τη δεκαετία του 1980. Την περίοδο αυτή μεταξύ άλλων δημιουργήθηκε ο πρώτος μετρητής απόδοσης καλλιέργειας σε θεριζοαλωνιστική μηχανή. Κατασκευάστηκαν οι πρώτοι αισθητήρες εδάφους που θεωρούνται πρόγονοι των σημερινών αισθητήρων του Internet of Things και αναπτύχθηκε το σύστημα εντοπισμού θέσης Global Positioning System, G.P.S., από το Roger Lee Easton. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ειδικά συστήματα ανίχνευσης εδάφους που μετρούσαν την περιεκτικότητα χλωροφύλλης στην καλλιέργεια. Μέχρι το 2002 είχαν λάβει χώρα εδαφικές μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας, δορυφορικές λήψεις εικόνων και τα πρώτα συστήματα ανίχνευσης ζιζανίων σε καλλιέργειες. Τα έτη 1997 και 2005 διοργανώθηκαν για πρώτη φορά

ευρωπαϊκά και ασιατικά συνέδρια που αφορούσαν την ευφυή γεωργία, κλάδος που έκτοτε αποτελεί σε παγκόσμια κλίμακα σημείο μεγάλου ενδιαφέροντος και επενδύσεων τόσο από κρατικούς φορείς όσο και από επιχειρήσεις. Τέλος το 2015 έκαναν την εμφάνισή τους τα πρώτα farmbot, όπως πλήρως αυτόνομα συστήματα άρδευσης.

Η Έξυπνη Γεωργία αποτελεί εξέλιξη της κλασικής γεωργίας που συνδυάζει σύγχρονες τεχνολογίες, αισθητήρες και δεδομένα για να βελτιστοποιήσει υπάρχουσες αγροτικές δραστηριότητες, μειώνοντας το ρίσκο και παράλληλα αυξάνοντας την ποιότητα και την απόδοση των αγροτικών προϊόντων. Επιπλέον δίνει νέες και καινοτόμες δυνατότητες στους αγρότες όπως η παρακολούθηση δεδομένων σχετικά με τον αγρό τους σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση των Big Data για την άμεση και αποτελεσματική λήψη αποφάσεων. Αναλυτικότερα η Έξυπνη Γεωργία πρεσβεύει την εφαρμογή των σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην γεωργία φέρνοντας την Τρίτη Πράσινη Επανάσταση. Ύστερα από τις επαναστάσεις αναπαραγωγής των φυτών και της γενετικής, η Πράσινη Επανάσταση αρχίζει και επιβάλλεται στο γεωργικό κόσμο με βάση την συνδυασμένη εφαρμογή των λύσεων μέσω Τ.Π.Ε. όπως ο εξοπλισμός ακριβείας, το Internet of Things, οι αισθητήρες και ενεργοποιητές, τα συστήματα γεωεντοπισμού, τα Big Data, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη και η ρομποτική για την υλοποίηση farmbot.

Η Έξυπνη Γεωργία βελτιστοποιεί την γεωργική παραγωγή μειώνοντας τα κόστη και χρησιμοποιώντας τους πόρους στο έπακρο. Έρευνες σε παγκόσμια κλίμακα, σχετικά με την εφαρμογή λύσεων της ευφυούς γεωργίας, έδειξαν πως ενώ στις Η.Π.Α. το 20 – 80% των γεωργών χρησιμοποιούν κάποια λύση Έξυπνης Γεωργίας, στην Ευρώπη μόνο το 0% – 24% των γεωργών χρησιμοποιεί κάτι αντίστοιχο. Οι εφαρμογές Έξυπνης Γεωργίας βοηθούν το γεωργό με την χρήση δεδομένων να εκμεταλλεύεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τους πόρους του, όπως το ανθρώπινο δυναμικό, τα μηχανήματα και τον αγρό με σκοπό να αυξήσει την ποιότητα και την ποσότητα παραγωγής και να ελαχιστοποιήσει την σπατάλη, παίρνοντας το ρίσκο από εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι εφαρμογές της Έξυπνης Γεωργίας δεν στοχεύουν αποκλειστικά σε μεγάλα αγροκτήματα. Τα οφέλη τους μπορούν να εκμεταλλευτούν και μικρές ή μεσαίες αγροτικές επιχειρήσεις, ώστε να αυξήσουν τα κέρδη και την ανταγωνιστικότητά τους, με τη διαδικασία μιας υγιούς ανάπτυξης. Η Έξυπνη Γεωργία, λοιπόν, ενισχύει τον πρωτογενή τομέα της γεωργίας εμπνέοντας σεβασμό και διαφάνεια στον καταναλωτή με ποιοτικότερα προϊόντα σε μεγαλύτερες ποσότητες και πιο προσιτές τιμές. Πέρα από την οικονομία, σημαντικά οφέλη έχει και προς το περιβάλλον, καθώς μειώνεται η αλόγιστη σπατάλη πόρων όπως το νερό και βελτιώνονται αγροτικές πρακτικές χρησιμοποιώντας λιγότερα φυτοφάρμακα.

1.3 Βασικές Τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας

Η Γεωργία Ακριβείας επιτρέπει στο σύγχρονο καλλιεργητή να διαχειρίζεται το χωράφι του σε σημεία μικρότερης κλίμακας από αυτή του αγροτεμαχίου.

Βασίζεται σε τεχνολογίες και μέσα που αρχικά καταγράφουν με ακρίβεια την υπάρχουσα κατάσταση του αγροτεμαχίου, στη συνέχεια διαχειρίζονται τα δεδομένα και τελικά εφαρμόζουν τις εισροές, καλύπτοντας χωρικά και χρονικά τις ανάγκες κάθε σημείου του αγροτεμαχίου ανάλογα με την παραλλακτικότητά του. Η τεχνολογία και τα μέσα που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας θα αναλυθούν στη συνέχεια.

1.3.1 Παγκόσμια Συστήματα Καθορισμού/Εντοπισμού Θέσης (G.P.S.)

Τα συστήματα αυτά αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για στρατιωτικούς σκοπούς, αργότερα όμως επεκτάθηκαν και σε άλλους τομείς. Παρέχουν εικοσιτετράωρη κάλυψη και εντοπισμό θέσης με υψηλή ακρίβεια στον τρισδιάστατο χώρο και στη μετατόπιση του χρόνου. Είκοσι τέσσερις (24) δορυφόροι κινούνται γύρω από γη και στέλνουν διαρκώς ραδιοσήματα στην επιφάνειά της, τα οποία λαμβάνονται από ειδικά όργανα, ραδιολήπτες ή πομποδέκτες. Οι ραδιολήπτες επεξεργάζονται τα στοιχεία και παρέχουν πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Τα συγκεκριμένα αυτά συστήματα καταγράφουν το χωράφι χρησιμοποιώντας γεωγραφικές συντεταγμένες, δηλαδή το γεωγραφικό πλάτος και το μήκος και εντοπίζουν – πλοηγούν γεωργικά οχήματα μέσα σε ένα χωράφι με ακρίβεια δύο (2) εκατοστών.

1.3.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.)

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών είναι συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και συσχετιζόμενων ιδιοτήτων. Συλλέγουν, διαχειρίζονται και αναλύουν δεδομένα για συγκεκριμένες γεωγραφικές θέσεις με τη βοήθεια λογισμικού. Παρέχουν ένα διαδραστικό χάρτη – πίνακα δεδομένων για μια γεωγραφική θέση, είναι ένα είδος θεματικού χάρτη, που μπορεί να αφορά το υψόμετρο, την κλίση, την ετήσια ποσότητα βροχόπτωσης, τη μέση θερμοκρασία και υγρασία, τις αγροτικές καλλιέργειες, τα θρεπτικά στοιχεία, την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους και ό,τι άλλο μπορεί να φανεί χρήσιμο για τη σωστότερη καλλιέργεια. Με τη βοήθεια των συστημάτων αυτών ο παραγωγός μπορεί να παρακολουθεί την παραγωγή και να τηρεί αρχείο των εισροών και των αποτελεσμάτων τους σε μια χωρική και χρονική σειρά.

1.3.3 Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (V.R.A. ή V.R.T.)

Τα συστήματα μεταβλητών εφαρμογών είναι συστήματα γεωργικής μηχανικής που τοποθετούνται στα αγροτικά μηχανήματα και μεταβάλλουν την ποσότητα εφαρμογής των εισροών σε ποσότητα νερού, πλήθος σπόρων, ποσότητα λιπάσματος, φυτοφάρμακα και ό,τι άλλο είναι απαραίτητο ή, και αλλάζουν το είδος των εισροών ως προς την ποικιλία του σπόρου, το είδος των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται την ίδια στιγμή που εφαρμόζουν τις εισροές, σύμφωνα με τις ανάγκες του κάθε σημείου του χωραφίου στο οποίο βρίσκονται. Η

μεταβολή της εφαρμογής των εισροών βασίζεται σε τεχνικές χαρτογράφησης ή σε αισθητήρες.

1.3.4 Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (Yield Monitoring System)

Τα συστήματα παρακολούθησης των αποδόσεων είναι συστήματα για τη μέτρηση και καταγραφή της απόδοσης μιας καλλιέργειας κατά τη συγκομιδή. Τα στοιχεία που λαμβάνονται, σε συνδυασμό με τα συστήματα καταγραφής της ακριβούς θέσης, G.P.S., και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, G.I.S., μπορούν να χαρτογραφηθούν δίνοντας σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση των τμημάτων του χωραφιού ανάλογα με τη θέση, χάρτης παραγωγής. Τα συστήματα παρακολούθησης των αποδόσεων αποτελούνται από αισθητήρες, ένα δέκτη G.P.S. και μια κονσόλα διαχείρισης ή υπολογιστή.

1.3.5 Τηλεπισκόπηση

Είναι η επιστήμη που παρατηρεί και μελετά τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης από απόσταση με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Για παράδειγμα μπορεί να καταγράψει, με εναέρια ή και δορυφορικά μέσα, το πώς η βλάστηση αντανακλά τα διάφορα μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο κάθε αγρότης μπορεί να λάβει χρήσιμες πληροφορίες από ψηφιακές εικόνες που έχουν ληφθεί με τη χρήση τηλεπισκόπησης, για τις καλλιέργειές του, την κατάσταση της υγείας των φυτών και τον τρόπο που θα αντιμετωπίσει τυχόν προβλήματα. Στόχος είναι να αποτυπωθεί με τον τρόπο αυτό η χωρική παραλλακτικότητα του αγρού, έτσι ώστε οι καλλιεργητικές πρακτικές και εισροές όπως λίπανση, φυτοπροστασία, άρδευση, συγκομιδή, να γίνονται εντοπισμένα. Όταν τα δεδομένα αυτά οργανωθούν σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (G.I.S.) μαζί με άλλους τύπους δεδομένων, έχουμε ένα σημαντικό εργαλείο που βοηθά στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις καλλιέργειες και τις γεωργικές στρατηγικές.

1.3.6 Αισθητήρες καλλιεργειών και εδάφους

Οι αισθητήρες είναι μηχανισμοί αυτόματης δειγματοληψίας και ταχείας μέτρησης. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αισθητήρων όπως σοδειάς, αγρού, εδάφους, φυτών, ζιζανίων ή προσβολών. Οι ειδικοί αισθητήρες τοποθετούνται στα χωράφια και συλλέγουν πληροφορίες για θερμοκρασία, υγρασία, καιρικές συνθήκες, ασθένειες και ό,τι άλλο μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των φυτών. Με τη χρήση τέτοιων αισθητήρων κάθε παραγωγός μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση σε μια σειρά κρίσιμων για τον αγρό πληροφοριών που σχετίζονται με την φυσιολογική ανάπτυξη και τις ανάγκες της καλλιέργειάς του.

1.3.7 Αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης

Ικανότητα ανάληψης ειδικών οδηγικών καθηκόντων, όπως αυτόματη πλοήγηση, αυτόματη στροφή του τρακτέρ στο τέλος του χωραφιού, αυτόματη πορεία στα όρια του χωραφιού. Αυτές οι τεχνολογίες ελαχιστοποιούν την πιθανότητα του ανθρώπινου λάθους και αποτελούν το κλειδί για την αποτελεσματική διαχείριση των χωραφιών.

Τα υποβοηθούμενα συστήματα πλοήγησης δείχνουν στους οδηγούς την πορεία τους μέσα στο χωράφι με τη βοήθεια των συστημάτων δορυφορικής πλοήγησης, όπως είναι τα G.P.S. Αυτό δίνει τη δυνατότητα οδήγησης με μεγαλύτερη ακρίβεια. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης αναλαμβάνουν τον πλήρη έλεγχο του τιμονιού που επιτρέπει στον οδηγό να πάρει τα χέρια από το τιμόνι, ώστε να μπορεί με μεγαλύτερη ευκολία να ελέγχει τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Έξυπνα συστήματα καθοδήγησης παρέχουν διαφορετικά πρότυπα πλοήγησης εξαρτώμενα από το σχήμα του χωραφιού τα οποία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα προαναφερθέντα συστήματα. Η υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών ανοίγει νέους δρόμους στη γεωργία. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας η ψηφιακή απεικόνιση ενός χάρτη αναφοράς μετατρέπεται σε ένα χρήσιμο εργαλείο παροχής πληροφοριών για τη βέλτιστη διαχείριση της γεωργικής εκμετάλλευσης και τον ακριβή προσδιορισμό των άριστων οικονομικά επιπέδων της παραγωγής.

1.4 Γεωργία Ακριβείας στην Ελλάδα

Η Γεωργία Ακριβείας έχει γίνει πλέον πολύ δημοφιλής στην Ελλάδα, υπάρχει δε ανάπτυξη αυτής της πρακτικής και διεθνώς. Πιο συγκεκριμένα, μια πρόσφατη έρευνα στις Η.Π.Α. εκτιμά ότι το ενδιαφέρον της παγκόσμιας αγοράς για τη Γεωργία Ακριβείας αναμένεται να φτάσει στα 10 δις δολάρια μέχρι το 2024 (Research Report, 2018). Ωστόσο, η Ελλάδα δεν είναι ορατή στον παγκόσμιο χάρτη Γεωργίας Ακριβείας, αλλά χώρες, όπως η Ινδία, η Κίνα, το Πακιστάν, η Αίγυπτος, η Ισπανία, η Γερμανία, η Γαλλία, το Μεξικό, η Αργεντινή, η Βραζιλία, οι Η.Π.Α., ο Καναδάς αλλά και πολλές άλλες χώρες.

Ως στοιχεία και χαρακτηριστικά της Γεωργίας Ακριβείας θεωρούνται τα ακόλουθα, αρχικά η επιλογή καλλιέργειας γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στη συμβατική γεωργία σε μια περιοχή. Έχει δε εφαρμοστεί η γεωργία ακριβείας σε ένα εύρος καλλιεργειών, όπως δημητριακά, βαμβάκι, καλαμπόκι, τσάι, ζαχαρότευτλα, δενδρώδεις καλλιέργειες, λαχανικά και άλλα στις πέντε ηπείρους. Κατά δεύτερον σημαντικό ρόλο παίζει η προετοιμασία εδάφους, το όργωμα διαφέρει λίγο από τις συμβατικές πρακτικές, με τη δυνατότητα μεταβλητού οργώματος. Σειρά έχει η σπορά είναι δυνατός ο μεταβλητός τρόπος σποράς για την αξιοποίηση των γόνιμων τμημάτων ενός αγρού. Ακολουθεί η διαχείριση, υπάρχουν δύο βασικά στοιχεία της διαχείρισης ακριβείας, ο μεταβλητός ρυθμός λίπανσης και η στοχευμένη εφαρμογή αγροχημικών. Τέλος η συγκομιδή που είναι το πιο ευρέως γνωστό στοιχείο της γεωργίας ακριβείας είναι η έννοια του χάρτη σοδειάς. Πρόκειται για χάρτη παραλλαγής, δηλαδή μεταβολής, σοδειάς κατά μήκος του αγρού, που παράγεται κατά τη συγκομιδή.

Πιστεύεται ότι συμβάλλει στο μεταβλητό ρυθμό διαχείρισης της επόμενης χρονιάς. Ακριβής, τοπική πρόγνωση καιρού που μπορεί να στοχεύσει σε ειδικές απαιτήσεις του χρήστη – αγρότη.

Υπάρχουν όμως και ειδικά θέματα, η άρδευση και διαχείριση εχθρών – ασθενειών των καλλιεργειών. Οι μετεωρολογικές απαιτήσεις και περιορισμοί φέρουν σοβαρές επιπτώσεις στη Γεωργία Ακριβείας είναι πολύ σημαντική. Εξετάζεται και αξιοποιείται ο ρόλος των βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως ακτινοβολία, υετός, θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος. Απαιτήσεις και καταλληλότητα εδαφών αφορούν μόνο ειδικούς περιορισμούς καταλληλότητας εδάφους στη γεωργία ακριβείας και είναι ο τύπος της χωρικής μεταβλητότητας. Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι και ρίσκο, τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά ρίσκα για τον αγρότη – παραγωγό είναι τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως πλημμύρες, ξηρασία, χαλάζι, καταιγίδες, παγετός, καύσωνας, τυρκαγιές, ερημοποίηση.

Η πρόγνωση και παρακολούθηση φυσικών κινδύνων βοηθούν σημαντικά και θεωρούνται πλέον συστατικά της Γεωργίας Ακριβείας. Η Γεωργία Ακριβείας θεωρείται περισσότερο μία ακολουθία από τεχνολογίες παρά μια ενιαία τεχνολογία. Όλα τα παραπάνω διαφορετικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιούν τα ποικίλα στοιχεία αυτής της ακολουθίας και έχουν κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα την αύξηση της ροής των πληροφοριών στη γεωργία, που μπορεί να μειώσει την αβεβαιότητα των παραγωγών στη λήψη αποφάσεων. Η γεωργία ακριβείας λειτουργεί σαν ένας κύκλος, ο αγρότης αρχίζει να συλλέγει δεδομένα, συνήθως με τη μορφή χάρτη σοδειάς και πιθανόν πιο λεπτομερή δεδομένα εδάφους και περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια αυτά ερμηνεύονται για να δημιουργηθούν χάρτες εφαρμογών για διαχείριση του σταδίου παραγωγής και το αποτέλεσμα ποσοτικοποιείται στο χάρτη σοδειάς της επόμενης χρονιάς. Το σκεπτικό είναι ότι όσο περισσότερα στοιχεία συλλέγονται, τόσο καλύτερες αποφάσεις μπορεί να ληφθούν για τη διαχείριση του αγροκτήματος. Η εισαγωγή των νέων τεχνικών, όπως δορυφορικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης, συστήματα G.P.S., αισθητήρες πεδίου υγρασίας, θερμοκρασίας, αζώτου και άλλων, επιτρέπουν τη συλλογή ενός πρωτοφανούς αριθμού πληροφοριών για το έδαφος, την καλλιέργεια, τα παράσιτα και την παρακολούθηση του καιρού. Οι διαχρονικοί χάρτες που δημιουργούνται από τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου στο αγροτεμάχιο για να γίνουν πιο ακριβείς και έγκαιρες οι ανάγκες των εισροών, σε νερό, λιπάσματα, ενέργεια, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης για βέλτιστη παραγωγή.

Οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν στο σύγχρονο καλλιεργητή να λάβει λεπτομερείς πληροφορίες, που επιτρέπουν την αποτελεσματική διαχείριση για μεγαλύτερη κλίμακα από αυτή του αγροτεμαχίου. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της σημερινής Γεωργίας Ακριβείας είναι ότι επιτρέπει στους παραγωγούς να διαχειριστούν την προηγούμενη μη διαχειριζόμενη μεταβλητότητα τόσο καλά όσο τη μεταβλητότητα που προκύπτει από το αυξανόμενο μέγεθος των αγροτεμαχίων. Μια βασική προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας είναι η ύπαρξη παραλλακτικότητας στα αγροτεμάχια. Δηλαδή, η ύπαρξη χωρικής

διαφοροποίησης των χαρακτηριστικών και παραμέτρων της καλλιέργειας μέσα στο ίδιο το χωράφι, κάτι που συμβαίνει συνήθως στην Ελλάδα, είναι γνωστόν ότι η έκταση των αγροτεμαχίων και γενικά της αγροτικής γης δεν είναι σχετικά μεγάλη.

Στην Ελλάδα υλοποιούνται εφαρμογές της Γεωργίας Ακριβείας τα τελευταία δεκαπέντε περίπου χρόνια κυρίως από Πανεπιστημιακά Ιδρύματα. Τα αποτελέσματα δείχνουν μείωση της κατανάλωσης αρδευτικού νερού 30% – 50% κατά μέσον όρο σε βαμβάκι, καλαμπόκι, σιτηρά, ελιές και άλλες καλλιέργειες, που θεωρείται διεθνώς ότι μπορεί να εφαρμοστεί πλέον σε επιχειρησιακή βάση. Επίσης, έχει επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης λιπασμάτων με χρήση συστήματος μεταβλητής λίπανσης κατά 30% – 40% σε βαμβάκι, καλαμπόκι και ταυτόχρονη αύξηση παραγωγής κατά μέσον όρο 10%, που βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο διεθνώς.

Τα αποτελέσματα αυτά τεκμηριώνονται με δημοσιεύσεις σε Επιστημονικά Περιοδικά και Πρακτικά Συνεδρίων. Ωστόσο, λόγω της έξαρσης του θέματος τελευταία, έχουν εμφανιστεί στην Ελλάδα ιδιωτικές κυρίως εταιρείες, που επικαλούνται εξειδίκευση σε θέματα γεωργίας ακριβείας χωρίς την απαραίτητη τεκμηρίωση. Πρόκειται για εταιρείες κυρίως πληροφορικής, που δε γνωρίζουν τα θέματα της γεωργίας και συνήθως δεν κρίνουν σκόπιμο να συνεργαστούν με ειδικούς στο χώρο της γεωργίας.

1.5 Καρούλι ποτίσματος

Το καρούλι ποτίσματος είναι το βασικότερο μηχανήμα για έναν αγρότη. Είναι το μηχανήμα με το οποίο ποτίζονται μεγάλες εκτάσεις γης, γρήγορα και ξεκούραστα. Είναι αυτό που αντικατέστησε το πότισμα με σωλήνες και το έκανε μία απλή διαδικασία.

Το καρούλι ποτίσματος λοιπόν, είναι ένα σύνολο εξαρτημάτων τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους και αποτελούν ένα σύστημα. Αποτελείται από το σασί πάνω στο οποίο είναι «κτισμένη» όλη η κατασκευή και χάρη σε αυτό δίνεται η δυνατότητα ρυμούλκησης και μεταφοράς όλου του συστήματος στις διάφορες τοποθεσίες που βρίσκονται οι ποτιστικές εκτάσεις. Η μετακίνηση του καρουλιού αν και θεωρείται δεδομένη, είναι πολύ σημαντική, διότι ακόμη και με ένα καρούλι μπορούν να ποτιστούν εκτάσεις σε διαφορετικές περιοχές. Επίσης στο σασί, βρίσκεται ο υδραυλικός γρύλος αλλά και το πόδι στήριξης. Ο υδραυλικός γρύλος βοηθάει στο ξεκοτσάρισμα του καρουλιού από το τρακτέρ. Εφόσον με τον γρύλο σηκώσουμε την κοτσαδούρα του καρουλιού από την κοτσαδούρα του τρακτέρ, κατεβάζουμε το μηχανικό πόδι στήριξης. Με αυτή τη διαδικασία στήνεται το καρούλι.

Το επόμενο μεγάλο τμήμα του συστήματος που ονομάζουμε καρούλι, είναι ένα δεύτερο σασί το οποίο είναι τοποθετημένο σε μία κυκλική ράγα πάνω στο κεντρικό σασί που μας δίνει τη δυνατότητα περιστροφής του καρουλιού κατά εκατόν ογδόντα (180) μοίρες. Αυτό εξυπηρετεί κυρίως στη μεταφορά του, γιατί η συνήθης στάση ποτίσματος είναι στις ενενήντα (90) μοίρες. Το άλλο μεγάλο

κομμάτι του καρουλιού, είναι η ανέμη. Η ανέμη βασίζεται πάνω σε έναν άξονα που είναι και ταυτόχρονα σωλήνα, όπου στα άκρα του υπάρχουν ρουλεμάν. Πάνω της είναι τυλιγμένο το λάστιχο. Τα ρουλεμάν επιτρέπουν την περιστροφή της. Αυτό εξυπηρετεί στο άπλωμα του λάστιχου όταν πρόκειται να ποτίσουμε, αλλά και στο μάζεμα κατά τη διάρκεια του ποτίσματος. Πάνω στο σασί της ανέμης υπάρχουν επίσης η κεντρική σωλήνα νερού, η τουρμπίνα, το σασμάν, η βάνα, τα μπράτσα και ο τρίποδας.

Στην κεντρική σωλήνα, συνδέεται η παροχή νερού όπου μπορεί να προέρχεται από ηλεκτρικό κινητήρα ή κινητήρα πετρελαίου εσωτερικής καύσης. Από εκεί το νερό περνάει στην τουρμπίνα, μέσω μίας σωλήνας στην οποία είναι τοποθετημένη και η βάνα. Με τη βάνα μπορούμε να ρυθμίσουμε τη ροή του νερού που περνά από την τουρμπίνα και κατά συνέπεια την ταχύτητα μαζέματος τους καρουλιού. Το νερό πέφτοντας με μεγάλη πίεση στις φτερωτές της τουρμπίνας αρχίζει να την περιστρέφει. Με την περιστροφή της τουρμπίνας περιστρέφεται και η εξωτερική τροχαλία της. Έτσι δίνει κίνηση στο σασμάν μέσω ενός ιμάντα που είναι περασμένος και στην δική του τροχαλία. Με αυτό τον τρόπο παίρνει κίνηση το σασμάν, και μέσω ενός εξωτερικού γραναζιού δίνει κίνηση στο γρανάζι που είναι βιδωμένο στην ανέμη. Κατά αυτό τον τρόπο αρχίζει να περιστρέφεται η ανέμη με αποτέλεσμα να μαζεύει το λάστιχο κατά τη διάρκεια του ποτίσματος.

Τέλος τα μπράτσα είναι υπεύθυνα για την στήριξη του τρίποδα κατά τη διάρκεια μεταφοράς του καρουλιού αλλά και για την στήριξη όλου του συστήματος κατά τη διάρκεια του ποτίσματος καθώς η ανέμη μαζεύει το λάστιχο. Τελευταίος έμεινε ο τρίποδας ή καρότσι, που είναι το τμήμα του καρουλιού που φέρει το μπεκ και ουσιαστικά ποτίζει το χωράφι. Ο τρίποδας αποτελείται από τρεις ρόδες, δύο ρόδες στο μπροστινό κομμάτι του και μία στη μέση για τη στήριξη του. Είναι ενωμένος με το λάστιχο της ανέμης και στην κορυφή του είναι τοποθετημένο το μπεκ. Επίσης μέσω του τρίποδα γίνεται το άπλωμα του λάστιχου.

1.6 Διαδικασία ποτίσματος

Για να ποτίσει ο αγρότης πρέπει πρώτα να μεταφέρει το καρούλι στο χωράφι με την χρήση του τρακτέρ, να το τοποθετήσει, ώστε να είναι έτοιμο προς χρήση. Ο κυλινδρικός μηχανισμός έχει πάνω του τυλιγμένο το λάστιχο που θα πρέπει να απλωθεί. Για το άπλωμα του λάστιχου ο αγρότης κοτσάρει τον τρίποδα στο τρακτέρ, και τον τραβάει ως την άλλη άκρη του χωραφιού. Ολοκληρώνοντας το άπλωμα του λάστιχου, απομακρύνεται το τρακτέρ και είναι όλα έτοιμα για την τροφοδοσία του καρουλιού με νερό για να ξεκινήσει το πότισμα.

Η τροφοδοσία γίνεται με αρκετούς τρόπους. Οι συνηθέστεροι τρόποι είναι μέσω γεώτρησης και αντλίας, μέσω δικτύου υδροδότησης και με πετρελαιοκίνητες αντλίες. Στη συνέχεια ο αγρότης θέτει σε λειτουργία τη μηχανή, ηλεκτρική ή θερμική, και τροφοδοτεί με νερό το σύστημα. Το καρούλι αρχίζει να μαζεύει το λάστιχο με μία τυχαία ταχύτητα εφόσον δεν έχει ρυθμιστεί. Έπειτα ο αγρότης πρέπει να μετρήσει και να ρυθμίσει την ταχύτητα

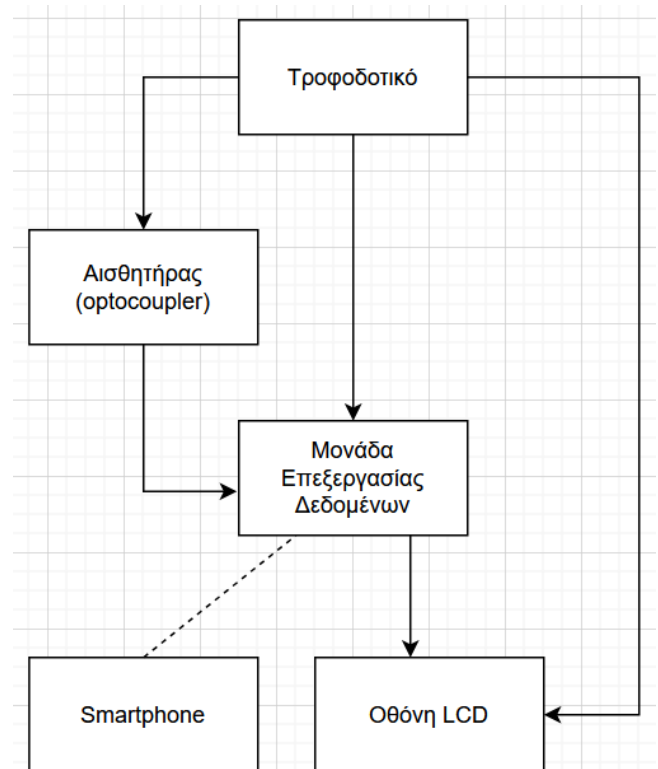
που μαζεύει το καρούλι το λάστιχο ώστε να είναι η επιθυμητή. Η ταχύτητα είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για το πότισμα γιατί από αυτήν εξαρτάται η ποσότητα νερού που θα πέσει στο χωράφι, άρα πρέπει η μέτρηση αυτή να γίνει με μεγάλη ακρίβεια. Για να μετρηθεί η ταχύτητα μαζέματος θέτουμε μήκος ενός μέτρου πάνω στο λάστιχο, και με το χρονόμετρο μετράμε τον χρόνο που θα μαζέψει το ένα μέτρο.

Στη συνέχεια με τη μέθοδο των τριών βρίσκουμε την ταχύτητα ανά ώρα. Η διαδικασία αυτή γίνεται όσες φορές χρειαστεί μέχρι να ρυθμιστεί σωστά η ταχύτητα. Εφόσον οι συνθήκες είναι κατάλληλες για πότισμα, δηλαδή υπάρχει χαμηλή θερμοκρασία και δεν φυσάει, μπορούμε να αφήσουμε το καρούλι να ποτίσει. Υπολογίζοντας στο περίπου τα μέτρα που έχουμε απλώσει και με βάση την ταχύτητα που ρυθμίσαμε, βρίσκουμε χοντρικά τον χρόνο που θα έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία του ποτίσματος.

Κεφάλαιο 2^ο Ελεγκτής Ποτιστικού Καρουλιού

2.1 Διαγραμματική απεικόνιση

Στο διπλανό διάγραμμα παρουσιάζονται οι βαθμίδες του κυκλώματος από την αρχή ως το τέλος. Πιο αναλυτικά για την βασική λειτουργία της διάταξης κύριο λόγο παίζει το τροφοδοτικό. Το τροφοδοτικό αποτελείται από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ που μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, ώστε να τροφοδοτείται η συσκευή στο χωράφι. Χρησιμοποιήθηκε ένας σταθεροποιητής τάσης 5 Volt (LM7805) ώστε να κρατά σταθερή την τάση του φωτοβολταϊκού και να είναι συμβατή με τον φορτιστή των μπαταριών. Τέλος χρησιμοποίησα έναν dc – dc boost converter ώστε να κάνει boosting την τάση από τα 4.2 Volt των μπαταριών στα 5 Volt, για να είναι συμβατή με τη μονάδα επεξεργασίας δεδομένων, τον αισθητήρα και την οθόνη. Στη συνέχεια, η μονάδα επεξεργασίας των δεδομένων αποτελείται από το esp – 32, που μέσω του κώδικα που αναλύεται παρακάτω επεξεργάζεται τα ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνει από τον αισθητήρα, και τα εμφανίζει στην οθόνη αλλά και στο κινητό μέσω της εφαρμογής. Επίσης πάρα σημαντικό ρόλο παίζει ο αισθητήρας, ο οποίος μετατρέπει την γωνιακή ταχύτητα του τροχού που γυρνάει πάνω στο λάστιχο του καρουλιού, σε ηλεκτρικά σήματα και έτσι μας δίνονται όλα τα στοιχεία του ποτίσματος. Τέλος, η οθόνη LCD μας εμφανίζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο καρούλι, αλλά και η εφαρμογή blynk μας βοηθάει να έχουμε αυτά τα στοιχεία στο κινητό μας ανά πάσα στιγμή. Παρακάτω θα αναλυθούν οι βαθμίδες πιο αναλυτικά.



2.2 Τροφοδοτικό

2.2.1 Φωτοβολταϊκό πάνελ

Με το γενικό όρο φωτοβολταϊκά χαρακτηρίζεται η βιομηχανική διάταξη πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων σε μία σειρά. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για τεχνητούς ημιαγωγούς, που συνήθως κατασκευάζονται από πυρίτιο, οι οποίοι ενώνονται με σκοπό να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σειρά. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν μια ηλεκτρική τάση. Αυτή η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω ονομάζεται «Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο».

Τα φωτοβολταϊκά ανήκουν στην κατηγορία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Στην κατηγορία των ανανεώσιμων ηλιακών πηγών ενέργειας ανήκουν και τα ηλιοθερμικά συστήματα τα οποία είναι πιο αποδοτικά από τα φωτοβολταϊκά. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Εντμόντ Μπερεκέλ (Alexandre – Edmond Becquerel). Περιληπτικά πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του φωτοβολταϊκού στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την παραγωγή ρεύματος. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στο φωτοβολταϊκό στοιχείο οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες του Κρυσταλλικού Πυριτίου και των Λεπτών Μεμβρανών. Η πρώτη κατηγορία διακρίνεται από τα εξής χαρακτηριστικά, το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, που έχει ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 14,5% έως 21% και το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%.² Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από άμορφο πυρίτιο, του οποίου η ονομαστική απόδοση είναι περίπου 7% και χαλκοπυρίτες CIS / CIGS, με ονομαστική απόδοση που κυμαίνεται από 7% έως 14%.

Το πυρίτιο (Si) αποτελεί τη βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής φωτοβολταϊκών πάνελ. Αυτό το μεγάλο ποσοστό οφείλεται αρχικά στην τεράστια παγκόσμια επιστημονική και τεχνική υποδομή για το συγκεκριμένο υλικό κιάλας από τη δεκαετία του 1960. Εξαιτίας αυτής της μεγάλης ζήτησης και ανάγκης σε πυρίτιο έγιναν μεγάλες κυβερνητικές και βιομηχανικές επενδύσεις σε προγράμματα για τις χημικές και ηλεκτρονικές ιδιότητες του πυριτίου, ώστε να δημιουργηθεί εξοπλισμός που απαιτείται στα

βήματα της επεξεργασίας για την απόκτηση της απαραίτητης καθαρότητας και της κρυσταλλικής δομής του υλικού. Η γνώση που προέκυψε γύρω από το χημικό στοιχείο του πυριτίου, τα χαρακτηριστικά του και η αφθονία του στον πλανήτη μας, το κατέστησαν ικανό και συμφέρον βασικό συστατικό για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

Εντούτοις, λόγω του ότι είναι εύθραυστο, το πυρίτιο απαιτεί τον σχηματισμό στοιχείων σχετικά μεγάλου πάχους. Αυτό σημαίνει ότι μερικά από τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται μετά την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας πρέπει να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις για να ενταχθούν στη ροή του ρεύματος και να συνεισφέρουν στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Συνεπώς, το υλικό θα πρέπει να έχει υψηλή καθαρότητα και δομική τελειότητα, ώστε να αποτρέψει την επιστροφή των ηλεκτρονίων στις φυσικές τους θέσεις. Οι ατέλειες πρέπει να αποφευχθούν, καθώς να μην είναι δυνατό η ενέργεια του ηλεκτρονίου να μετατραπεί σε θερμότητα. Η παραγωγή θερμότητας, η οποία είναι επιθυμητή στα ηλιακά θερμικά πλαίσια και όπου αυτή η ίδια μεταφέρεται σε ένα ρευστό. Από την άλλη στα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι ανεπιθύμητη η παραγωγή θερμότητας, όπου η ηλιακή ενέργεια θα πρέπει να μετατραπεί σε ηλεκτρική.

Όπως ειπώθηκε και σε παραπάνω το πυρίτιο, ανάλογα με την επεξεργασία του, δίνει μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τα λεπτά υλικά είναι ένας τρόπος να μειωθεί το κόστος παραγωγής των φωτοβολταϊκών πλαισίων και να αυξηθεί η απόδοσή τους. Εκτός από τη χρήση μικρότερης ποσότητας υλικού, ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι ολόκληρα πλαίσια μπορούν να κατασκευαστούν παράλληλα με τη διαδικασία απόθεσης. Αυτό είναι όχι μόνο οικονομικά συμφέρον, αλλά και πολύ απαιτητικό τεχνικά, επειδή η επεξεργασία χωρίς ατέλειες αφορά μεγαλύτερη επιφάνεια. Σε όλα αυτά τα πλεονεκτήματα των πλαισίων λεπτού υμενίου, τα οποία μόλις περιγράφηκαν, θα πρέπει να αντιπαρατεθεί το μειονέκτημά τους που είναι η ελαφρώς χαμηλότερη απόδοσή τους, η οποία φτάνει μέχρι 14% στα φωτοβολταϊκά τεχνολογίας CIS / CISG.

Οι άλλες τεχνολογίες λεπτού υμενίου φτάνουν περίπου μέχρι 10%, ανάλογα με το υλικό. Πάντως η τεχνολογία λεπτού στρώματος (thinfilm) είναι σε φάση ανάπτυξης, αφού με διάφορες μεθόδους επεξεργασίας και χρήση διαφορετικών υλικών αναμένεται αύξηση της απόδοσης, σταθεροποίηση των χαρακτηριστικών τους και αύξηση της διείσδυσης στην αγορά. Πάντως στις μέρες μας τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούν την πιο φθηνή επιλογή της αγοράς.

Τα τρία περισσότερο σημαντικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μιας βασικής μονάδας φωτοβολταϊκού είναι το ρεύμα βραχυκυκλώματος, η τάση ανοικτού κυκλώματος και το σημείο μέγιστης ισχύος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την ακτινοβολία του ήλιου. Αυτά τα χαρακτηριστικά μοιάζουν με τη χαρακτηριστική σχέση $I - V$ ενός ηλιακού στοιχείου, ωστόσο υπάρχουν συγκεκριμένες ιδιομορφίες. Τα φωτοβολταϊκά είναι διατάξεις που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα με την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Το παραγόμενο αυτό ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιείται για να δώσει ενέργεια σε μια συσκευή

ή για τη φόρτιση μιας μπαταρίας. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ευρέως σε μικροϋπολογιστές τσέπης που διαθέτουν ένα μικρό πάνελ και λειτουργούν χωρίς μπαταρία, απλώς με την έκθεσή τους στο φως. Τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται συχνά σε συστοιχίες για την παραγωγή ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα. Σε τέτοια μορφή χρησιμοποιούνται για να δίνουν ενέργεια σε δορυφόρους, διαστημόπλοια, αλλά και σε απλούστερες εφαρμογές, όπως για την ενεργειοδότηση απομακρυσμένων τηλεφώνων εκτάκτου ανάγκης σε εθνικές οδούς, σε σπίτια και όπου αλλού είναι απαραίτητο.

Η θερμοκρασία είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Πιο συγκεκριμένα ο συντελεστής θερμοκρασίας για την τάση ανοικτού κυκλώματος είναι κατά προσέγγιση ίσος με $-2,3 \text{ mV}/\text{oC}$ για καθένα ηλιακό στοιχείο. Ο συντελεστής ρεύματος, από την άλλη πλευρά, είναι θετικός και μικρός, ίσος με περίπου $+6 \text{ }\mu\text{A}/\text{oC}$ ανά τετραγωνικό εκατοστότης βασικής μονάδας. Συνεπώς, μόνο η μεταβολή τάσης σε σχέση με αυτή της θερμοκρασίας λαμβάνεται υπ' όψη για πρακτικούς κυρίως υπολογισμούς. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τάση καθορίζεται από τη θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών στοιχείων, η οποία όμως διαφέρει από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Έτσι όπως για καθένα ηλιακό στοιχείο, το ρεύμα βραχυκυκλώματος I_{sc} μιας βασικής μονάδας είναι ανάλογο προς την ακτινοβολία, επομένως θα ποικίλλει κατά τη διάρκεια της ημέρας κατά τον ίδιο τρόπο. Εφόσον η τάση είναι λογαριθμική συνάρτηση του ρεύματος, θα εξαρτάται επίσης λογαριθμικά και από την ακτινοβολία. Κατά τη διάρκεια της ημέρας λοιπόν η τάση θα μεταβάλλεται λιγότερο από ότι το ρεύμα. Στο σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι σύνηθες να παραμελείται η μεταβολή της τάσης και να λαμβάνεται υπ' όψη το ρεύμα βραχυκυκλώματος ανάλογο με την ακτινοβολία.

Κάτι που επίσης αξίζει να προσεχθεί είναι ότι η λειτουργία μιας βασικής μονάδας θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο μέγιστης ισχύος. Είναι ένα σημαντικό γνώρισμα της χαρακτηριστικής βασικής μονάδας, το ότι η τάση του σημείου μέγιστης ισχύος V_{m} είναι σχεδόν ανεξάρτητη από την ακτινοβολία. Η μέση τιμή αυτής της τάσης κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να εκτιμηθεί γύρω στο 80% της τάσης ανοικτού κυκλώματος κάτω από κανονικές συνθήκες ακτινοβολίας. Αυτή η ιδιότητα είναι χρήσιμη για τη σωστή σχεδίαση της μονάδας ελέγχου της ισχύος της συσκευής.

Στη σχετική κατασκευή που συνοδεύει την παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πάνελ με ισχύ 40 Watt και τάση 18 Volt. Επιλέχθηκε η τάση να είναι στα 18 Volt, διότι με αυτή την τιμή της τάσης γίνεται πιο εύκολα ο υποβιβασμός στα 5 Volt που είναι το επιθυμητό για τη λειτουργία της υπόλοιπης συσκευής, με έναν απλό σταθεροποιητή τάσης LM7805. Επίσης η ισχύς επιλέχθηκε να είναι στα 40 Watt, επειδή η μέγιστη κατανάλωση της συσκευής είναι 1,15 Amber/h. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και αν οι ακτίνες του ήλιου δεν προσκρούουν στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού πάνελ σε ικανοποιητικό βαθμό, ώστε να αποδίδει το 100% της ισχύος του, θα μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες της συσκευής, για να λειτουργεί με την ενέργεια του ήλιου στο 100% της κατανάλωσης του, αλλά και να μπορούν να φορτιστούν πλήρως οι μπαταρίες, κατά τη διάρκεια της περιόδου που η

ενέργεια του ήλιου δεν θα είναι αρκετή για τη λειτουργία της συσκευής, να συνεχίσει να λειτουργεί κανονικά.

2.2.2 Σταθεροποιητής τάσης LM7805

Οι σταθεροποιητές τάσης έχουν την ιδιότητα, όπως φαίνεται και από την ονομασία τους, να κρατούν σταθερή μία τάση μεγαλύτερης τιμής που φτάνει σε αυτούς σε μία τάση με μικρότερη τιμή. Η τάση αυτή είτε ρυθμίζεται από κάποιον χειροκίνητα ή είναι stockόπως στην προκειμένη περίπτωση.

Πιο συγκεκριμένα η σειρά LM78XXπεριλαμβάνει σταθεροποιητές με τιμές τάσης 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18 και 24 Volt. Επίσης αναλόγως με το γράμμα του αγγλικού αλφαβήτου που προηγείται από τον κωδικό 78 της ονομασίας LM78XX, χαρακτηρίζεται η ρευματική ικανότητα του σταθεροποιητή. Συγκεκριμένα αν δεν υπάρχει κανένα γράμμα στην αρχή η ρευματική ικανότητα είναι 1 Amber, αν ξεκινάει με το γράμμα Lτο μέγιστο ρεύμα είναι 100mA, αν ακολουθεί το γράμμα Mη μέγιστη ρευματική ικανότητα είναι 500mAκαι τέλος αν ακολουθεί το γράμμα T, το μέγιστο ρεύμα είναι 3A.

Στην συγκεκριμένη κατασκευή χρησιμοποιείται η συνηθισμένη έκδοση της σειράς LM78XX, το LM7805. Παρ' όλο που δεν καλύπτει τις ανάγκες της συσκευής με τη ρευματική του ικανότητα ο συγκεκριμένος σταθεροποιητής, έχει επιλεγεί επειδή είναι πολύ εύκολο να βρεθεί στην αγορά άρα αποτελεί τεκμήριο της εύκολης και ευρείας χρήσης που μπορεί να έχει, είναι οικονομικός από άποψη αγοράς. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι ούτε και κάποια άλλη έκδοση της σειράς LM78XX δε θα κάλυπτε με ασφάλεια αυτό το ρεύμα, ώστε να το αντέξει, διότι πρέπει να υπάρχει και ένα περιθώριο ασφαλείας μεταξύ του ρεύματος αντοχής και του ρεύματος κατανάλωσης. Το περιθώριο αυτό τέθηκε στο δεκαπλάσιο βαθμό του ρεύματος κατανάλωσης για να είναι σίγουρο και όσο το δυνατόν ασφαλέστερο το αποτέλεσμα, ότι δηλαδή η συσκευή θα λειτουργεί σωστά και χωρίς προβλήματα. Παρακάτω θα αναλυθεί και η διάταξη που έκανε επιτρεπτή την υλοποίηση του εγχειρήματος που περιγράφεται.

2.2.3 Κύκλωμα σταθερής τάσης με ενίσχυση ρεύματος

Αρκετές φορές απαιτείται στα ηλεκτρονικά κυκλώματα να δημιουργούνται πηγές τάσης που η έξοδος τους είναι σταθερή, χωρίς να επηρεάζεται από τη λειτουργία του υπόλοιπου κυκλώματος. Συγκεκριμένα στην περίπτωση που παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία, είναι απαραίτητη μία σταθερή πηγή τάσης, η οποία όμως πρέπει να καλύπτει και τις μεγάλες ρευματικές απαιτήσεις του ενός Amber, του κυκλώματος. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε μία βαθμίδα η οποία αποτελείται από τον τελεστικό ενισχυτή TLC271 και το MosfetIRF530.

Πιο αναλυτικά ο συγκεκριμένος τελεστικός ενισχυτής επιλέχθηκε λόγω της χαμηλής απαίτησης ρεύματος για την πλήρη λειτουργία του αλλά και της railtorail εξόδου που διαθέτει. Επίσης έχει επιλεγεί το MosfetIRF530 λόγω

της μεγάλης ρευματικής του ικανότητας, της μικρής RDS αλλά και της μεγάλης διαθεσιμότητας του στην αγορά. Η συγκεκριμένη διάταξη, η οποία αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της σωστής λειτουργίας του αυτόματου ελεγκτή ποτιστικού καρουλιού, όπως φαίνεται και στο σχεδιάγραμμα της ενότητας 2.1, δίνει τη δυνατότητα να τροφοδοτηθεί το κύκλωμα που ακολουθεί, με την κατάλληλη τάση όποια και αν είναι αυτή, εφόσον όμως είναι στα πλαίσια των τιμών τροφοδοσίας. Το μεγάλο πλεονέκτημα όμως είναι ότι το ρεύμα που παρέχει στο ακολουθούμενο κύκλωμα, δεν εξαρτάται από τη ρευματική ικανότητα του τελεστικού ενισχυτή αλλά από τη ρευματική ικανότητα του Mosfet, σε αυτή την περίπτωση.

Ουσιαστικά αποτελεί την ιδανικότερη λύση από την άποψη της χρησιμότητας της ηλεκτρονικής κατασκευής, διότι με πολύ λίγα αλλά και οικονομικά υλικά, σε σχέση με άλλα της ίδιας κατηγορίας, σε πολύ λίγο χώρο πάνω στο τυπωμένο κύκλωμα, έγινε κατορθωτό να κατασκευαστεί ένα «τροφοδοτικό» μέσα στην υπό κατασκευή συσκευή. Η διάταξη που αναλύθηκε παραπάνω τροφοδοτεί το κύκλωμα με τη σταθερή τάση των 5 Volt που λαμβάνει από το σταθεροποιητή τάσης LM7805 στη μη αναστρεφόμενη είσοδο του τελεστικού ενισχυτή, κλείνοντας βρόγχο με την έξοδο του στο gate του Mosfet και την αναστρεφόμενη του είσοδο στον ακροδέκτη source του Mosfet. Με τον τρόπο αυτό επετεύχθη η σταθερή λειτουργία του κυκλώματος. Επομένως το κύκλωμα σαν σύνολο είναι σε θέση να δώσει σταθερή τάση στην τιμή των 5 Volt και όταν απαιτηθεί δίνει την υψηλή τιμή ρεύματος του 1 Αmberγια όσο αυτό απαιτηθεί.

2.2.4 Φορτιστής μπαταριών

Οι διεργασίες φόρτισης για τα απλά στοιχεία ιόντων λιθίου και τις πλήρεις μπαταρίες ιόντων λιθίου, είναι ελαφρώς διαφορετικές. Πιο συγκεκριμένα ένα απλό στοιχείο ιόντων λιθίου φορτίζεται σε δύο στάδια, σταθερό ρεύμα (Constant Current ή CC) και σταθερή τάση (Constant Voltage ή CV). Ενώ μία συστοιχία στοιχεία ιόντων λιθίου σε σειρά – μπαταρία) φορτίζεται σε τρία στάδια, σταθερό ρεύμα, εξισορρόπηση που δεν απαιτείται μόλις η μπαταρία ισορροπήσει και σταθερή τάση.

Κατά τη διάρκεια της φάσης του σταθερού ρεύματος, ο φορτιστής εφαρμόζει σταθερό ρεύμα στη μπαταρία σε σταθερά αυξανόμενη τάση, μέχρι να φτάσει το όριο τάσης ανά στοιχείο. Κατά τη φάση εξισορρόπησης, ο φορτιστής μειώνει το ρεύμα φόρτισης ή ανοιγοκλείνει για να μειώσει το μέσο ρεύμα, ενώ η κατάσταση φόρτισης των μεμονωμένων στοιχείων φέρνεται στο ίδιο επίπεδο από κύκλωμα εξισορρόπησης, μέχρι την εξισορρόπηση της μπαταρίας. Μερικοί γρήγοροι φορτιστές παραλείπουν αυτό το στάδιο. Μερικοί φορτιστές ολοκληρώνουν την εξισορρόπηση φορτίζοντας κάθε στοιχείο ανεξάρτητα.

Κατά τη διάρκεια της φάσης σταθερής τάσης, ο φορτιστής εφαρμόζει τάση ίση με το μέγιστο της τάσης στοιχείου επί τον αριθμό των στοιχείων σε σειρά προς τη μπαταρία, καθώς το ρεύμα μειώνεται σταδιακά προς το μηδέν(0), μέχρι το ρεύμα να είναι κάτω από το ορισμένο κατώφλι του αρχικού σταθερού ρεύματος φόρτισης κατά περίπου 3%. Περιοδική φόρτιση κορυφής περίπου μια φορά ανά

πεντακόσιες (500) ώρες. Η φόρτιση κορυφής, συνιστάται όταν η τάση πηγαίνει κάτω από 4,05 V/cell.

Κατά τη διάρκεια της φόρτισης, συμβαίνει το αντίθετο με τα ιόντα του λιθίου και τα ηλεκτρόνια να μετακινούνται πίσω στο αρνητικό ηλεκτρόδιο σε καθαρή υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση. Σε μια μπαταρία ιόντων λιθίου τα ιόντα λιθίου μεταφέρονται προς και από το θετικό και αρνητικό ηλεκτρόδιο οξειδώνοντας το στοιχείο μετάπτωσης κοβάλτιο (Co), σε $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ από Co^{3+} σε Co^{4+} κατά τη διάρκεια της φόρτισης και ανάγοντας από Co^{4+} σε Co^{3+} κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης. Η αντίδραση στο ηλεκτρόδιο κοβαλτίου είναι αντιστρεπτή μόνο για $x < 0,5$ (x σε mol), περιορίζοντας το βάθος της επιτρεπόμενης εκφόρτισης. Αυτές οι χημικές διεργασίες που περιγράφηκαν αλλά και χρησιμοποιήθηκαν στα στοιχεία ιόντων λιθίου, αναπτύχθηκαν από τη Sony το 1990.

Η ενέργεια του στοιχείου είναι ίση με την τάση επί το φορτίο. Κάθε γραμμάριο λιθίου αντιστοιχεί σε σταθερά του Φαραντέν / 6,941 ή 13.901 Coulombs. Στα 3,00 Volt, αυτό δίνει 41,7 kJ ανά γραμμάριο λιθίου, ή 11,6 kWh ανά kg. Κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης, τα θετικά ιόντα λιθίου μετακινούνται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο προς το θετικό ηλεκτρόδιο σχηματίζοντας ένωση του λιθίου, μέσω του ηλεκτρολύτη, ενώ τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσω του εξωτερικού κυκλώματος κατά την ίδια κατεύθυνση. Αν η μπαταρία ιόντων λιθίου, εκφορτισθεί κάτω από το ελάχιστο όριο χαμηλής τάσης (2,40 έως 2,90 Volt, ανάλογα με τον τύπο), ενεργοποιείται ένα κύκλωμα προστασίας, το οποίο είναι ενσωματωμένο στην μπαταρία, σταματά την εκφόρτιση και η μπαταρία αδρανοποιείται, φαίνεται νεκρή, έως να επαναφορτιστεί. Σε αυτή την περίπτωση, μόνο ένας φορτιστής με λειτουργία boost, έχει την πιθανότητα επαναφόρτισης της μπαταρίας, ενώ ένας απλός φορτιστής δε θα μπορέσει να την επαναφέρει.

Επίσης, για λόγους ασφαλείας, δε θα πρέπει να επαναφορτίζονται οι μπαταρίες ιόντων λιθίου που έχουν εκφορτιστεί, εάν έχουν αποθηκευτεί σε αυτή την κατάσταση για αρκετούς μήνες. Τα όρια θερμοκρασίας φόρτισης για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι πιο αυστηρά από τα όρια λειτουργίας. Οι χημικές διεργασίες των ιόντων λιθίου λειτουργούν καλά σε αυξημένες θερμοκρασίες, αλλά παρατεταμένη έκθεση στη θερμότητα μειώνει τη ζωή της μπαταρίας. Οι μπαταρίες των ιόντων λιθίου προσφέρουν καλύτερη απόδοση φόρτισης σε δροσερές θερμοκρασίες, επιτρέποντας τη λειτουργία της «γρήγορης φόρτισης» στο θερμοκρασιακό εύρος των 5°C μέχρι των 45 °C και έτσι η φόρτιση τους πρέπει να εκτελείται μέσα σε αυτή τη θερμοκρασιακή περιοχή. Σε θερμοκρασίες από 0°C μέχρι 5 °C η φόρτιση είναι δυνατή, αλλά θα πρέπει να μειωθεί το ρεύμα φόρτισης, ενώ κατά τη διάρκεια φόρτισης χαμηλής θερμοκρασίας, είναι ωφέλιμη μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από το περιβάλλον λόγω της εσωτερικής αντίστασης του στοιχείου. Φόρτιση σε θερμοκρασίες πάνω από 45 °C θα υποβαθμίσει την απόδοση της μπαταρίας, ενώ σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας μπορεί να αυξηθεί, με αποτέλεσμα πιο αργή φόρτιση και συνεπώς μεγαλύτερους χρόνους φόρτισης. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου για καταναλωτές δεν πρέπει να φορτίζονται σε θερμοκρασίες κάτω από 0 °C. Αν και μια

συστοιχία μπαταριών μπορεί να φαίνεται ότι φορτίζεται κανονικά, μπορεί να συμβεί ηλεκτρολυτική επικάλυψη του μεταλλικού λιθίου στο αρνητικό ηλεκτρόδιο κατά τη διάρκεια φόρτισης κάτω από το σημείο πήξης και μπορεί να μην αφαιρείται ακόμα και με επαναλαμβανόμενους κύκλους. Οι περισσότερες συσκευές που είναι εφοδιασμένες με μπαταρίες ιόντων λιθίου δεν επιτρέπουν τη φόρτιση εκτός της περιοχής 0oC–45 °C για λόγους ασφαλείας, εκτός από τα κινητά τηλέφωνα που μπορεί να επιτρέψουν κάποιο βαθμό φόρτισης όταν ανιχνεύσουν επείγουσα κλήση σε εξέλιξη.

Αποτυχία παρακολούθησης των περιορισμών ρεύματος και τάσης μπορεί να καταλήξει σε έκρηξη. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου, απαιτούν σύστημα διαχείρισης μπαταριών (battery management system ή BMS) για να αποτρέψουν τη λειτουργία εκτός της ασφαλούς περιοχής λειτουργίας κάθε στοιχείου, που είναι η μέγιστη φόρτιση, η ελάχιστη φόρτιση και η ασφαλής περιοχή θερμοκρασίας, και να εξισορροπεί τα στοιχεία, ώστε να εξαλείψει τις πιθανές παράταιρες καταστάσεις φόρτισης. Αυτό βελτιώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της μπαταρίας και αυξάνει την χωρητικότητα. Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των στοιχείων και των ρευμάτων φόρτισης, αυξάνεται η πιθανότητα για ασυμφωνία μεταξύ τους.

Πιο αναλυτικά δύο είναι οι περιπτώσεις ασυμφωνίας. Η πρώτη είναι η κατάσταση φόρτισης, state of charge ή SOC, και η χωρητικότητα – ενέργεια «C/E». Αν και η SOC είναι πιο συνηθισμένη περίπτωση ασυμφωνίας, κάθε πρόβλημα περιορίζει τη χωρητικότητα φόρτισης της συστοιχίας σε mAh στη χωρητικότητα του πιο ασθενούς στοιχείου. Εάν υπερθερμανθούν ή υπερφορτιστούν, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου, μπορεί να υποστούν θερμική διαφυγή και διάρρηξη του στοιχείου. Σε ακραίες καταστάσεις αυτό μπορεί να οδηγήσει σε διαρροή, έκρηξη ή και πυρκαγιά. Για να μειωθούν αυτοί οι κίνδυνοι, πολλά στοιχεία ιόντων λιθίου και συστοιχίες μπαταριών περιέχουν κύκλωμα ασφάλειας από σφάλμα που αποσυνδέει την μπαταρία όταν η τάση του είναι εκτός της περιοχής ασφαλείας μεταξύ των 3,00 και 4,20 Volt ανά στοιχείο ή όταν υπερφορτιστεί ή εκφορτιστεί.

Οι συστοιχίες μπαταριών λιθίου, χωρίς αποτελεσματική διαχείριση κυκλωμάτων μπαταρίας, που είναι προϊόντα ιδιοκατασκευής, είτε από κάποιον πωλητή ή από τον τελικό χρήστη, είναι ευπαθείς σε αυτά τα θέματα. Άσχημα σχεδιασμένα ή υλοποιημένα κυκλώματα διαχείρισης μπορεί επίσης να προκαλέσουν προβλήματα· καθώς είναι δύσκολο και αβέβαιο ότι οποιοδήποτε μεμονωμένο κύκλωμα διαχείρισης μπαταρίας είναι κατάλληλα κατασκευασμένο. Τα στοιχεία ιόντων λιθίου είναι πολύ ευπαθή σε ζημιές εκτός της επιτρεπόμενης περιοχής τάσης που είναι συνήθως ανάμεσα στο 2,50 και το 3,65 Volt για τα περισσότερα στοιχεία LFP. Η υπέρβαση αυτής της περιοχής τάσης, ακόμα και κατά μικρό ποσοστό τάσης, δηλαδή χιλιοστά του Volt, καταλήγει σε πρόωρη γήρανση των στοιχείων και συνεπώς καταλήγει σε κινδύνους ασφαλείας λόγω των ενεργών συστατικών στα στοιχεία. Όταν αποθηκεύονται για παρατεταμένες περιόδους το μικρό λαμβανόμενο ρεύμα του κυκλώματος προστασίας μπορεί να αδειάσει τη μπαταρία κάτω από την τάση αποκοπής και οι κανονικοί φορτιστές μπορεί τότε να είναι άχρηστοι επειδή η BMS μπορεί να κρατά μια εγγραφή αυτής της «αποτυχίας» της συγκεκριμένης

μπαταρίας ή του φορτιστή. Πολλοί τύποι στοιχείων ιόντων λιθίου δεν μπορούν να φορτιστούν με ασφάλεια κάτω από τους 0 °C.

Άλλα χαρακτηριστικά ασφάλειας που απαιτούνται σε κάθε στοιχείο είναι ο διαχωριστής απενεργοποίησης, shut – downseparator, για προστασία από υπερθέρμανση, το καπάκι αποκοπής, tear – awaytab, για εσωτερική εκτόνωση πίεσης, η απαέρωση, δηλαδή η εκτόνωση πίεσης σε περίπτωση σοβαρής απαέρωσης και η θερμική διακοπή, δηλαδή η έκθεση σε υπερένταση – υπερφόρτιση σε ακραία περιβάλλοντα. Αυτά τα χαρακτηριστικά απαιτούνται, επειδή το αρνητικό ηλεκτρόδιο παράγει θερμότητα κατά τη διάρκεια της χρήσης, ενώ το θετικό ηλεκτρόδιο παράγει οξυγόνο. Όμως, αυτές οι πρόσθετες διατάξεις καταλαμβάνουν χώρο μέσα στα στοιχεία, προσθέτουν σημεία αποτυχίας και μπορεί να απενεργοποιήσουν μη αντιστρεπτά το στοιχείο όταν ενεργοποιηθεί. Επιπλέον, αυτά τα χαρακτηριστικά αυξάνουν τα κόστη συγκρινόμενα με τις μπαταρίες υδριδίου νικελίου – μετάλλου, που απαιτούν μόνο μια διάταξη ανασυνδυασμού υδρογόνου – οξυγόνου και μια εφεδρική βαλβίδα πίεσης. Επιμολυντές μέσα στα στοιχεία μπορεί να ανατρέψουν αυτές τις διατάξεις ασφαλείας. Επίσης, αυτά τα χαρακτηριστικά δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα είδη στοιχείων, όπως για παράδειγμα τα πρισματικά στοιχεία υψηλού ρεύματος δεν μπορούν να εφοδιαστούν με απαερισμό ή θερμική διακοπή. Τα στοιχεία υψηλού ρεύματος δεν πρέπει να παράγουν υπερβολική θερμότητα ή οξυγόνο, για να μην υπάρξει αστοχία, ενδεχομένως βίαιη. Αντίθετα, πρέπει να είναι εξοπλισμένα με εσωτερικές θερμικές ασφάλειες που δρουν πριν να φτάσει η άνοδος και η κάθοδος τα θερμικά τους όρια.

Στην εν λόγω συσκευή χρησιμοποιήθηκε έτοιμη πλακέτα η οποία εφαρμόζει όλες τις λειτουργίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ ταυτόχρονα τροφοδοτεί το υπόλοιπο κύκλωμα χωρίς να επηρεάζεται η φόρτιση των μπαταριών. Το μοντέλο της πλακέτας είναι το HW – 107 και χρησιμοποιεί το ολοκληρωμένο κύκλωμα TP4056 που είναι υπεύθυνο για τη φόρτιση των μπαταριών λιθίου. Δέχεται τάση τροφοδοσίας 5 Volt και το ρεύμα φόρτισης φτάνει το 1 A, ενώ η τάση φόρτισης είναι στα 4,20 Volt. Έχει επιλεγθεί μία έτοιμη πλακέτα και δε σχεδιάστηκε εκ νέου κάποιο κύκλωμα, επειδή η τιμή της έτοιμης πλακέτας είναι 5 φορές μικρότερη από την τιμή του κυκλώματος που θα μπορούσε να σχεδιαστεί εξ αρχής και να είναι χειροποίητο. Επίσης το συγκεκριμένο μοντέλο της πλακέτας φόρτισης μπαταρίας λιθίου HW – 107, είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο επομένως υπάρχει άμεση κάλυψη από την ελληνική αγορά αλλά και από το εξωτερικό αν αυτό κριθεί αναγκαίο.

2.2.5 Μπαταρίες λιθίου

Η μπαταρία ή συσσωρευτής ιόντων λιθίου είναι ένας τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας στην οποία τα ιόντα λιθίου κινούνται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο προς το θετικό ηλεκτρόδιο κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης και αντίστροφα κατά τη φόρτιση. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούν μια παρεμβalλόμενη ένωση του λιθίου ως υλικό του ενός ηλεκτροδίου, συγκρινόμενες με το μεταλλικό λίθιο που χρησιμοποιείται σε μια μη

επαναφορτιζόμενη μπαταρία λιθίου. Ο ηλεκτρολύτης, που επιτρέπει την ιονική μετακίνηση και τα δύο ηλεκτρόδια είναι τα συστατικά του στοιχείου μπαταρίας ιόντων λιθίου. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι συνηθισμένες στα οικιακά ηλεκτρονικά μέρη των συσκευών. Είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς τύπους επαναφορτιζόμενων μπαταριών για φορητά ηλεκτρονικά, με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, πολύ μικρό φαινόμενο μνήμης και χαμηλή αυτοεκφόρτιση.

Οι μπαταρίες λιθίου γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς για στρατιωτικές, ηλεκτρικές μπαταρίες οχημάτων και αεροναυπηγικές εφαρμογές. Παραδείγματος χάρη, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου αντικαθιστούν τις μπαταρίες μολύβδου – οξέος. Αντί για τις βαριές πλάκες μολύβδου και ηλεκτρολύτη οξέος, η τάση είναι να χρησιμοποιούνται ελαφριές συστοιχίες μπαταρίας ιόντων λιθίου που δίνουν την ίδια τάση με τις μπαταρίες μολύβδου – οξέος και έτσι δεν χρειάζεται καμία τροποποίηση. Οι χημικές αντιδράσεις, η απόδοση, το κόστος και η ασφάλεια διαφέρουν πολύ στους διάφορους τύπους μπαταριών ιόντων λιθίου. Οι ηλεκτρονικές συσκευές χειρός χρησιμοποιούν συνήθως μπαταρίες ιόντων λιθίου με βάση το οξείδιο κοβαλτίου λιθίου (LiCoO_2), που προσφέρει υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, αλλά παρουσιάζει κινδύνους ασφαλείας, ειδικά όταν καταστραφεί. Οι μπαταρίες φωσφορικού σιδήρου – λιθίου (LiFePO_4), οξειδίου μαγγανίου ιόντων λιθίου (LiMn_2O_4 , Li_2MnO_3), ή οξειδίου μαγγανίου ιόντων λιθίου (lithiumion manganese oxide battery ή LMO) και οξειδίου κοβαλτίου, μαγγανίου, νικελίου, λιθίου (lithium nickel manganese cobalt oxide) (LiNiMnCoO_2 ή NMC) δίνουν χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, αλλά μεγαλύτερη ζωή και εσωτερική ασφάλεια. Τέτοιες μπαταρίες χρησιμοποιούνται πλατιά για ηλεκτρικά εργαλεία, ιατρικό εξοπλισμό και άλλες χρήσεις.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου μπορούν να θέσουν ιδιαίτερους κινδύνους ασφαλείας επειδή περιέχουν έναν εύφλεκτο ηλεκτρολύτη και ενδέχεται να διατηρούνται υπό πίεση. Ένας ειδικός σημειώνει: «Εάν ένα στοιχείο μπαταρίας φορτίζεται υπερβολικά γρήγορα, μπορεί να προκαλέσει βραχυκύκλωμα, που οδηγεί σε εκρήξεις και πυρκαγιές». Λόγω αυτών των κινδύνων, τα πρότυπα ελέγχου είναι πιο αυστηρά από τα πρότυπα για μπαταρίες οξέος – ηλεκτρολύτη. Οι περιοχές έρευνας των μπαταριών ιόντων λιθίου περιλαμβάνουν την επέκταση της ζωής τους, την ενεργειακή πυκνότητα, την ασφάλεια και τη μείωση του κόστους μεταξύ άλλων.

Προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του αυτόματου ελεγκτή ποτιστικού καρουλιού, χρησιμοποιήθηκαν δύο μπαταρίες ιόντων λιθίου σε παράλληλη συνδεσμολογία. Οι μπαταρίες συνδέθηκαν με αυτό τον τρόπο, ώστε να αποτελέσουν σαν σύνολο μία μπαταρία διπλάσιας χωρητικότητας. Έτσι δημιουργήθηκε μία μπαταρία με χωρητικότητα 6Ah και τάση 3,7 Volt. Η μπαταρία θεωρητικά σύμφωνα με την κατανάλωση της συσκευής, η οποία είναι 140mA, προσφέρει αυτονομία σαράντα τριών (43) ωρών. Ύστερα από δοκιμές όμως η αυτονομία που προσφέρει σε πραγματικές καθημερινές συνθήκες υπολογίστηκε γύρω στις είκοσι (20) ώρες. Επομένως όπως συμπεραίνεται αυτή η μπαταρία μπορεί να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες της συσκευής, καθώς οι ώρες που δεν έχει ήλιο τις ημέρες του καλοκαιριού, που τότε θα χρησιμοποιείται η συσκευή, είναι περίπου δεκατρείς (13). Η τάση της

συνολικής μπαταρίας παρέμεινε στα 3,7 Volt, γεγονός που δημιούργησε πρόβλημα, το οποίο λύθηκε με το κύκλωμα που θα αναλύσουμε στην επόμενη ενότητα.

2.2.6 Μετατροπείας ανύψωσης τάσης

Οι μετατροπείες συνεχούς τάσης σε συνεχή ή αλλιώς dc – dc μετατροπείες είναι τα κυκλώματα εκείνα τα οποία μετατρέπουν μια πηγή συνεχούς τάσης σε πηγή συνεχούς τάσης άλλης τιμής και ορισμένες φορές και άλλης πολικότητας. Οι μετατροπείες dc – dc βρίσκουν εφαρμογές σε συστήματα ηλεκτρικής τροφοδοσίας τηλεπικοινωνιών και διαστημικών συστημάτων, συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, φωτοβολταϊκά συστήματα και παλμοτροφοδοτικά ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών κυκλωμάτων τα οποία είναι τροφοδοτικά υψηλής συχνότητας και υψηλής απόδοσης. Στη διόρθωση συντελεστή ισχύος ανορθωτικών διατάξεων με διόδους και συστήματα ελέγχου ταχύτητας ηλεκτρικών κινητήρων συνεχούς ρεύματος, που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, στα ηλεκτρικά τρένα και σε διάφορες άλλες βιομηχανικές εφαρμογές.

Οι μετατροπείες dc – dc υλοποιούνται χρησιμοποιώντας ημιαγωγούς, όπως το IGBT, το MOSFET ισχύος, το θυρίστορ ή κάποιο άλλο ελεγχόμενο ημιαγωγό ισχύος καθώς επίσης με διόδους και LC κυκλώματα. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω ελεγχόμενοι από την πύλη τους ημιαγωγοί λειτουργούν ως διακόπτες. Οι ελεγχόμενοι αυτοί ημιαγωγοί μπορούν να βρεθούν σε μόνο δύο καταστάσεις λειτουργίας, στην κατάσταση αγωγής ή στην κατάσταση αποκοπής. Εάν σε ένα IGBT ή MOSFET δοθεί ένας παλμός οδήγησης στην πύλη τους τότε αυτά μεταβαίνουν στην κατάσταση αγωγής και θα παραμείνουν εκεί καθ' όλη τη διάρκεια του παλμού. Όταν ο παλμός οδήγησης γίνει μηδέν, τότε μεταβαίνουν στην κατάσταση αποκοπής. Για αυτόν το λόγο ονομάζονται ημιαγωγικοί διακόπτες.

Ο μετατροπέας που περιγράφεται παραπάνω μπορεί να λειτουργήσει στις ακόλουθες τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση του μετατροπέα, όπου ο παλμός οδήγησης εφαρμόζεται στην πύλη του διακόπτη, με αποτέλεσμα η τάση εισόδου να εφαρμόζεται στα άκρα του πηνίου εισόδου, ή όπως ονομάζεται πολλές φορές πηνίο ανύψωσης και να το φορτίζει. Κατά τη φάση αυτή ο ηλεκτρολυτικός πυκνωτής εξόδου, ο οποίος είχε φορτιστεί από την προηγούμενη φάση λειτουργίας, τροφοδοτεί την αντίσταση του φορτίου. Η φάση αυτή παίρνει τέλος όταν αφαιρεθεί ο παλμός οδήγησης από το διακόπτη.

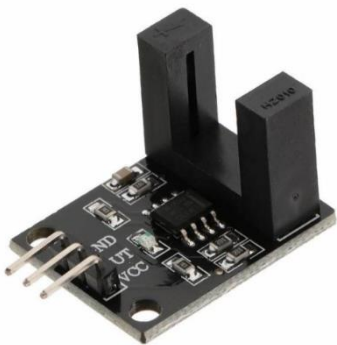
Κατά τη δεύτερη φάση, δηλαδή την εκφόρτιση του πηνίου, ο διακόπτης δεν άγει αλλά άγει η διάδος D, με αποτέλεσμα να τροφοδοτεί την ενέργεια της πηγής εισόδου και την αποθηκευμένη ενέργεια του πηνίου στον πυκνωτή εξόδου και κατά συνέπεια στο φορτίο. Η φάση αυτή τελειώνει όταν το πηνίο αποφορτιστεί και το ρεύμα του πάει στο μηδέν με αποτέλεσμα και η διάδος D σταματήσει να άγει. Τέλος η τρίτη φάση η οποία δημιουργείται μόνο όταν ο μετατροπέας λειτουργεί με ασυνεχές ρεύμα πηνίου, ονομάζεται ασυνεχής λειτουργία. Αφού κατά τη φάση αυτή το ρεύμα πηνίου έχει μηδενικές τιμές τότε

δεν άγει κανένα ημιαγωγικό στοιχείο. Το φορτίο κατά τη φάση αυτή τροφοδοτείται από την ηλεκτρολυτικό πυκνωτή εξόδου. Ο μετατροπέας ανύψωσης ανάλογα με την τιμή του πηνίου, το χρόνο αγωγής του διακόπτη και τη διακοπτική συχνότητα μπορεί να λειτουργεί με συνεχές ή ασυνεχές ρεύμα πηνίου. Εάν το ρεύμα πηνίου είναι ασυνεχές τότε ο μετατροπέας λειτουργεί και στις τρεις προαναφερθείσες φάσεις. Στην περίπτωση όμως που το ρεύμα είναι συνεχές τότε ο μετατροπέας λειτουργεί μόνο στις δύο πρώτες φάσεις.

Στην πλακέτα τροφοδοσίας του αυτόματου ελεγκτή ποτιστικού καρουλίου χρειάστηκε να χρησιμοποιηθεί ένα κύκλωμα μετατροπέα ανύψωσης τάσης. Ήταν αναγκαίο, διότι η τάση λειτουργίας της συσκευής συλλογής δεδομένων από το καρούλι που αποτελείται, από τον μικροεπεξεργαστή esp – 32, την οθόνη lcdκαι τον υπέρυθρο αισθητήρα, λειτουργούν με τάση 5 Volt, δηλαδή τάση μεγαλύτερη από αυτή της μπαταρίας. Ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα χωρίς να επηρεαστεί η λειτουργία του υπόλοιπου κυκλώματος ήταν ο μετατροπέας dc – dc. Με τον μετατροπέα αυτό η τάση των μπαταριών από 3,7 Volt, αυξάνεται στα 5Volt. Έτσι με τον τρόπο αυτό κατορθώθηκε να υπάρχει η επιθυμητή τάση λειτουργίας. Ο μετατροπέας που χρησιμοποιήθηκε είναι μία έτοιμη πλακέτα του εμπορίου. Δεν κατασκευάστηκε εξ αρχής κύκλωμα ανύψωσης τάσης, διότι δεν ήταν οικονομικά συμφέρον, αλλά και ούτε από άποψη χώρου ήταν εφικτό πάνω στην πλακέτα. Ο μετατροπέας δέχεται τάση από 2 Voltέως 24 Volt και στην έξοδο του εμφανίζει τάση από 5 Voltέως 28 Voltμε μέγιστο ρεύμα 2Amber. Η ρύθμιση της τάσης εξόδου επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός τρίμερ.

2.3 IR Module

Για την μέτρηση των δεδομένων που δίνει ο ελεγκτής, χρησιμοποιήθηκε ένα module (εικόνα2) το οποίο αποτελείται από το ολοκληρωμένο κύκλωμαLM393 που είναι συγκριτής και ένα φωτοηλεκτρικό αισθητήρα υπέρυθρης δέσμης σε συνδυασμό με το esp – 32, για την επεξεργασία των δεδομένων και μετάδοση των δεδομένων. Το module αναλύεται παρακάτω πιο αναλυτικά. Το module που χρησιμοποιήθηκε δέχεται σταθερή συνεχή τάση εισόδου 5Volt αλλά δίνει τάσεις εξόδου $V_{OH} = 3,5V$, $V_{OL} = 0,1V$ και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση περιστροφών σε κινητήρες και άλλα. Συγκεκριμένα αποτελείται από



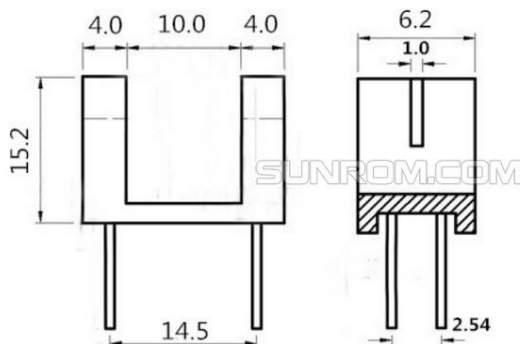
Εικόνα 2

τον οπτοζεύκτη με τύπο H2010 σε συνδυασμό με τον συγκριτή LM393. Διάλεξα το συγκεκριμένο module διότι ο optocoupler που διαθέτει είναι ο κατάλληλος για να μετρήσω την γωνιακή ταχύτητα τόσο ως προς τους χρόνους απόκρισης όπως φαίνονται παρακάτω στο datasheet (εικόνα 4)όσο και προς το σχήμα, τις διαστάσεις που είναι οι κατάλληλες ώστε να περνάει το ροδάκι που επέλεξα αλλά και την πολύ οικονομική τιμή του. Παρακάτω στην εικόνα 4 θα παραθέσω τα βασικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του, αλλά και το κύκλωμα λειτουργίας (εικόνα 5) του συνολικά μαζί με τον συγκριτή lm393.

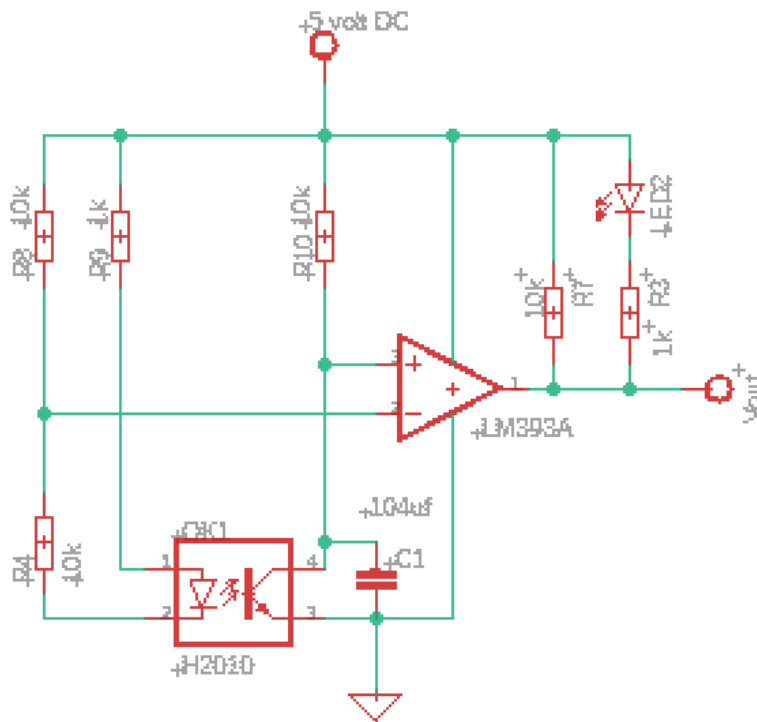
Optical Sensor H2010 Datasheet

V _F	I _F =20mA	-	1.25	1.5	V
I _R	V _R =3V	-	-	10	μA
I _{CEO}	V _{CEO} =20V	-	-	1	μA
I _C	V _{CE} =5V, I _F =8mA	0.25	-	-	mA
V _{CE}	I _F =8mA, I _C =0.5mA	-	-	0.4	V
T _r	V _{CE} =5V, I _C =20mA	-	10	-	μS
T _f	R _L =1000Ω	-	10	-	μS

H2010 Optical Sensor



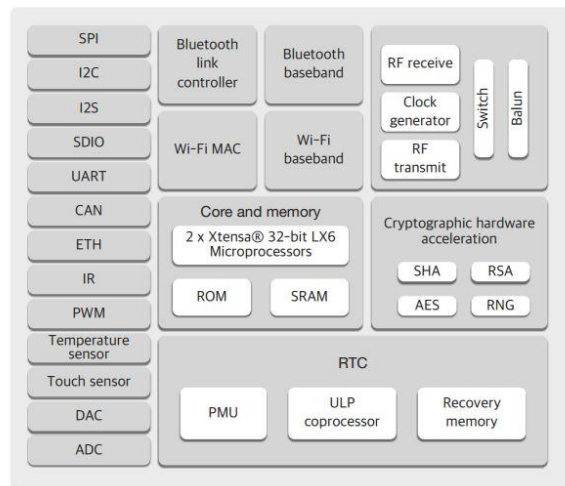
Εικόνα 4-datasheet Module



Εικόνα 5-Ηλεκτρολογικό Σχέδιο Module

2.4 Μονάδα επεξεργασίας δεδομένων

Το Esp – 32 είναι μια σειρά χαμηλού κόστους συστήματος χαμηλής κατανάλωσης σε μικροελεγκτές τσιπ με ενσωματωμένο Wi – Fi και Bluetooth διπλής λειτουργίας. Η σειρά Esp – 32 χρησιμοποιεί είτε ένα Tensilica μικροεπεξεργαστή Xtensa LX6 τόσο διπλού πυρήνα όσο και μονού πυρήνα, παραλλαγές Xtensa LX7 διπλού πυρήνα μικροεπεξεργαστή ή ένα μονού πυρήνα RISC – V μικροεπεξεργαστή και περιλαμβάνει ενσωματωμένη κεραία, διακόπτες, RF balun, ενισχυτή ισχύος, ενισχυτή λήψης χαμηλού θορύβου, φίλτρα και μονάδες διαχείρισης ενέργειας.



Τα χαρακτηριστικά του Esp – 32 περιλαμβάνουν τα ακόλουθα, επεξεργαστές, CPU μικροεπεξεργαστής Xtensa διπλού πυρήνα (ή μονοπύρηνος) 32 – bit LX6, που λειτουργεί στα 160 ή 240 MHz και αποδίδει έως και 600 DMIPS συνεπεξεργαστή εξαιρετικά χαμηλής ισχύος (ULP) και μνήμη 320 KiB RAM, 448 KiB ROM. Περιλαμβάνονται ακόμα ασύρματη συνδεσιμότητα, Wi – Fi 802,11 b/g/n και Bluetooth v 4,2 BR/EDR και BLE . Περιφερειακές διεπαφές, επί 34 προγραμματιζόμενα GPIO, 12 – bit SAR ADC έως 18 κανάλια, επί 8 – bit DAC, επί 10 αισθητήρες αφής GPIO με χωρητική ανίχνευση, πολλαπλασιαστικά SPI, πολλαπλασιαστικά διεπαφές I²S, πολλαπλασιαστικά διεπαφές I²C και πολλαπλασιαστικά UART. Ελεγκτής κεντρικού υπολογιστή SD / SDIO / CE – ATA / MMC / eMMC, υποτελής ελεγκτής SDIO/SPI, διεπαφή Ethernet MAC με αποκλειστικό DMA και προγραμματισμένη υποστήριξη πρωτοκόλλου χρόνου ακριβείας IEEE 1588, CAN bus 2.0. Τηλεχειριστήριο υπέρυθρων TX/RX, έως 8 κανάλια, μοτέρ PWM, LED PWM έως 16 κανάλια. Αισθητήρας εφέ Hall, αναλογικός προενισχυτής εξαιρετικά χαμηλής ισχύος. Για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια υποστηρίζονται όλες οι τυπικές λειτουργίες ασφαλείας IEEE 802.11, συμπεριλαμβανομένων των WPA, WPA2, WPA3 ανάλογα με την έκδοση και WAPI, ασφαλής μπότα, κρυπτογράφηση Flash και 1024 – bit OTP, έως 768-bit για πελάτες. Επιτάχυνση κρυπτογραφικού υλικού: AES, SHA – 2, RSA, κρυπτογραφία ελλειπτικής καμπύλης ECC, γεννήτρια τυχαίων αριθμών RNG. Διαχείριση ενέργειας γίνεται με εσωτερικό ρυθμιστή χαμηλής πτώσης, μεμονωμένο τομέα ισχύος για RTC, ρεύμα βαθέως ύπνου 5 μ A και αφύπνιση από διακοπή GPIO, χρονοδιακόπτη, μετρήσεις ADC, διακοπή χωρητικού αισθητήρα αφής.

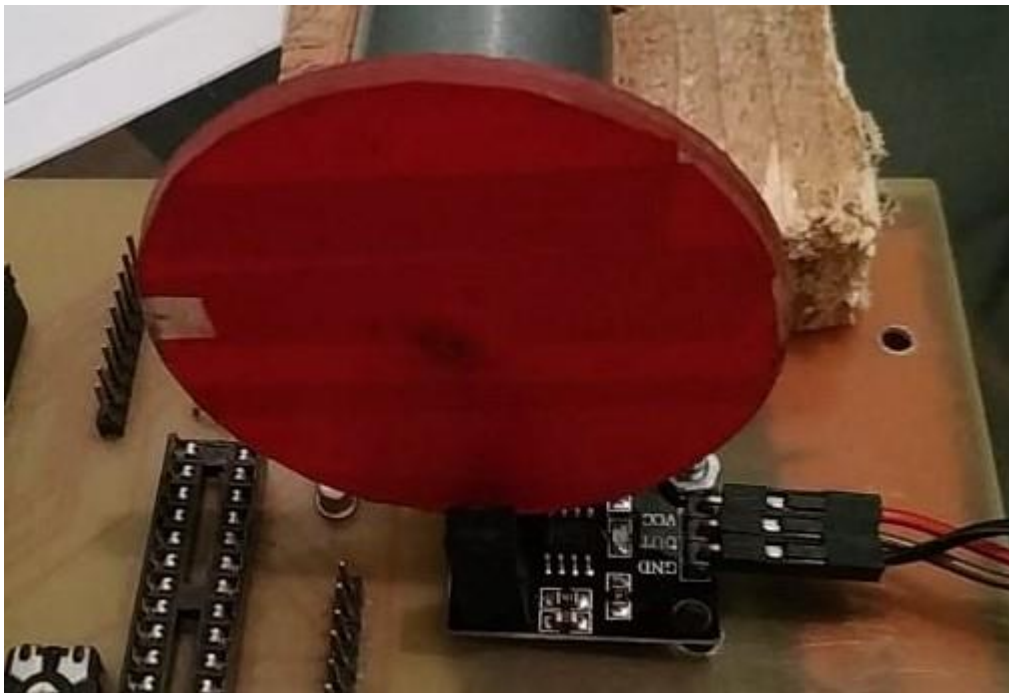
2.4.1 Ανάλυση διαδικασίας μετρήσεων

Στον αλγόριθμο που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία του προγράμματος αρχικά υπολογίστηκε η γραμμική ταχύτητα του τροχού (εικόνα1) σταθερής και γνωστής διαμέτρου που ορίστηκε αυθαίρετα από προσωπική επιλογή στα 17cm. Επομένως όταν η ρόδα περιστρέφεται σε χρόνο 318ms αυτό σημαίνει σύμφωνα με το τύπο της γραμμικής ταχύτητας από τη φυσική ότι:

$$u = \frac{2 \times \pi \times R}{T} \Rightarrow u = \frac{2 \times 3,14 \times 2,677}{318 \text{ ms}} = 0,052 \text{ cm/ms}$$

όμως αυτό που έχει σημασία είναι η ταχύτητα σε μέτρα ανά ώρα οπότε:

1cm/ms=10m/s και 1m/s=3600m/h επομένως θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με το 36.000. Άρα: $u = \frac{2 \times \pi \times R}{T} \Rightarrow u = \frac{2 \times 3,14 \times 2,677}{318 \text{ ms}} = (0,052 \text{ cm/ms}) \times 36.000 = 1903.195 \text{ m/h}$.



Εικόνα 1: Τροχός περιστροφής

Στη συνέχεια αν γίνει η υπόθεση ότι ο τροχός μας έχει κάνει επτά(7) πλήρης περιστροφές. Σύμφωνα με το μαθηματικό τύπο η περίμετρος του τροχού με ακτίνα $R=2,677\text{cm}$ είναι ίση με: $C=2 \times \pi \times R=2 \times 3,14 \times 2,677= 16,81\text{cm}$

Επομένως σύμφωνα με την τρίτη εικόνα μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι έχει διανύσει 2,4 μέτρα το λάστιχο από το καρούλι αυτό σημαίνει ότι έχει κάνει περιστροφές, ίσες με $\frac{2,4}{0,1681} = 14$ πλήρης περιστροφές. Αν γίνει η αντίστροφη διαδικασία μπορεί να παρατηρηθεί ότι επαληθεύεται ο υπολογισμός του ελεγκτή. Δηλαδή: $0,1681\text{m} \times 14(\text{περιστροφές}) = 2,35\text{m}$.

Όλες οι μετρήσεις που πάρθηκαν βασίζονται στο χρόνο περιστροφής μίας ρόδας με σταθερή περίμετρο 17cm. Καθώς η ρόδα γυρίζει επάνω στο λάστιχο κατά το μάζεμα ή το άπλωμα του καρουλιού, μετριέται ο χρόνος περιστροφής της. Αυτό επιτυγχάνεται με τον ακόλουθο τρόπο. Αρχικά η ρόδα που χρησιμοποιείται είναι αδιαφανής και μόνο σε ένα σημείο της έχει εγκοπή, ώστε το φως από τον πομπό στο δέκτη του αισθητήρα να μην περνάει καθ' όλη τη διάρκεια της περιστροφής της, αλλά παρά μόνο σε ένα πολύ μικρό κομμάτι της. Η μέτρηση της γραμμικής ταχύτητας επιτυγχάνεται μέσω του παρακάτω αλγόριθμου και συγκεκριμένα είναι το κομμάτι του κώδικα που ακολουθεί.

- Αλγόριθμος του προγράμματος:
 Εάν buttonState= 3,75V
 Τότε millis()→st
 Εάν buttonState=0,1V
 Τότε millis() →et
 Εάν buttonState=3,75V
 Τότε d→st-et
 Υπολογίστηκε ότι: $ucm_h = \frac{2 \times 3,14 \times 2,677}{d} \times 36000$
- Κώδικας:

```

if(buttonState==HIGH) {
  st=millis();
}
if(buttonState==LOW)
{
  et=millis();
}
if (buttonState==HIGH)
{
  d=(st-et);
}
ucm_h=(2*3.14*2.677/d)*36000;
```

Στο παραπάνω κομμάτι κώδικα μετράται ο χρόνος από τη στιγμή που έχει αρχίσει η περιστροφή του τροχού, άρα αυτό σημαίνει ότι το module δίνει θετική τάση εξόδου η οποία είναι εκμεταλλεύσιμη. Η μέτρηση αυτή επιτυγχάνεται καλώντας τη συνάρτηση millis(), ώστε να αρχίσει να μετράει μόλις γίνει η τάση εξόδου του module θετική. Στη συνέχεια αποθηκεύεται αυτή η τιμή του χρόνου στη μεταβλητή St. Αντίστοιχα όταν η εγκοπή της ρόδας φτάσει στον αισθητήρα και περάσει το φως το δέκτη τότε υπάρχει αρνητική τάση εξόδου. Έτσι με παρόμοιο τρόπο αποθηκεύεται η χρονική τιμή που υπάρχει όταν η ρόδα περάσει από αυτό το σημείο. Αυτό συμβαίνει καθώς η συνάρτηση millis() τρέχει πάντα στον κώδικα και έτσι δεν είναι δυνατόν να κρατηθεί η χρονική στιγμή που είναι επιθυμητό. Έτσι αφαιρώντας τις δύο χρονικές τιμές προκύπτει ο χρόνος μίας πλήρους περιστροφής της ρόδας. Έπειτα εφόσον είναι γνωστός ο χρόνος περιστροφής του τροχού αλλά και η σταθερή διάμετρος του προκύπτει η γραμμική ταχύτητα περιστροφής του. Αυτό επιτυγχάνεται με το παρακάτω κομμάτι του κώδικα:
 $ucm_h=(2*3.14*2.677/d)*36000;$

Εδώ πιο συγκεκριμένα είναι ο τύπος της ταχύτητας του τροχού που δίνεται από τη φυσική $u = \frac{2 \times \pi \times R}{T}$, όπου π είναι η μαθηματική σταθερά ίση με 3,14, R είναι η ακτίνα του τροχού και T είναι ο χρόνος περιστροφής της. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με το 36000, ώστε να μετατραπούν τα cm/ms σε m/h. Αυτό γίνεται επειδή η μεταβλητή d που αντιστοιχεί στον τύπο της φυσικής με την περίοδο δίνεται σε milliseconds μέσω της συνάρτησης `millis()` και της παραπάνω διαδικασίας. Ακολούθως εξετάζεται πώς μέσα από τον κώδικα μετρώνται τα μέτρα που έχουν μαζευτεί ή απλωθεί από το καρούλι αλλά και πώς γίνεται ο διαχωρισμός αυτός. Για τη συλλογή αυτής της πληροφορίας χρησιμοποιείται ένα κομμάτι κώδικα το οποίο λειτουργεί ως μετρητής. Στην πράξη κάθε φορά που υπάρχει εναλλαγή τάσης από VOH σε VOL τότε ο μετρητής προσθέτει συν ένα (1) στην ήδη υπάρχουσα τιμή της μεταβλητής που έχει οριστεί. Έτσι σαν αποτέλεσμα υπάρχει η μέτρηση των περιστροφών του τροχού. Παρακάτω μπορεί να παρατηρηθεί αναλυτικά η λειτουργία του counter αλλά και ο αλγόριθμός του.

- Αλγόριθμος του προγράμματος:
 Δίνεται η τιμή της μεταβλητής `switchPin` στη μεταβλητή `Val`
 Εάν `val` → 0,1V
 Τότε `currentState` → 0
 Αλλιώς `currentState` → 1
 Εάν `currentState` ≠ `previousState` και εάν `currentState` = 0
 Τότε `Counter_1` → `Counter_1` + 1
 Κάνε `meter_1` → (`Counter_1` + 1) × 0.1681
 Κάνε `val` ← `digitalRead(switchPin)`;
- Κώδικας:

```

val = digitalRead(switchPin);
if (val == LOW)
{
  currentState = 0;
}
else
{
  currentState = 1;
}
if(currentState != previousState)
{
  if(currentState == 0)
  {
    counter_1 = counter_1 + 1;
    meter_1=counter_1*0.1681;}
}
previousState = currentState;}

```

`SwitchPin` ονομάζεται η μεταβλητή, όπου αποθηκεύεται η εναλλαγή της κατάστασης του module από VOH σε VOL και αντίστροφα και καταχωρείται στη μεταβλητή `val`. Στη συνέχεια ελέγχεται αν υπάρχει εναλλαγή μεταξύ των καταστάσεων VOH και VOL και δίνεται η κατάλληλη τιμή στη μεταβλητή `currentState`. Εφόσον γίνει ο έλεγχος για το εάν η τωρινή κατάσταση είναι

διαφορετική από την προηγούμενη μέσω της συνθήκης if τότε αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής counter κατά ένα (1). Στην πορεία η μεταβλητή του αντίστοιχου counter πολλαπλασιάζεται με το 0,168 και καταχωρείται στην αντίστοιχη μεταβλητή meter_χ. Με αυτό τον τρόπο η μέτρηση των μέτρων.

Στο πρόγραμμα υπάρχουν δύο ίδιοι μετρητές. Η μόνη διαφορά τους είναι η συνθήκη if που έχει ως όρισμα την ταχύτητα. Μέσω της ταχύτητας ο ελεγκτής του καρουλίου μπορεί να καταλάβει εάν το καρούλι απλώνεται ή εάν αυτό μαζεύει. Αυτό συμβαίνει διότι το καρούλι μαζεύει με μία μέγιστη ταχύτητα εξήντα (60) μέτρων την ώρα, ενώ όταν το απλώνει ο αγρότης η ταχύτητα του είναι γύρω στα πέντε (5) χιλιόμετρα την ώρα. Έτσι με τον τρόπο αυτό, που έχει ως κριτήριο την ταχύτητα το πρόγραμμα πηγαίνει και αυξάνει αντίστοιχα τον κατάλληλο μετρητή. Οπότε όπως γίνεται κατανοητό όταν ο αγρότης ξεκινήσει να απλώνει το καρούλι η μεταβλητή meter_1 που είναι υπεύθυνη για τα μέτρα που έχουν απλωθεί συνεχώς θα αυξάνεται, μέχρι να απλωθεί το λάστιχο του καρουλίου ως το επιθυμητό σημείο. Στη συνέχεια όταν το καρούλι αρχίσει να μαζεύει, η ταχύτητα αλλάζει και γίνεται κατά πολύ μικρότερη. Τότε το πρόγραμμα αυξάνει την αντίστοιχη μεταβλητή meter_2. Τέλος αφαιρώντας τις τιμές των μεταβλητών meter_1 και meter_2 έχουμε την τιμή των μέτρων που έχουν απομείνει για να τελειώσει το πότισμα. Τη διαφορά των δύο τιμών την εκχωρούμε στην μεταβλητή meter_3. Τέλος με μία πολύ απλή διαίρεση της ταχύτητας που υπολογίστηκε παραπάνω και των μέτρων που έχουν απομείνει αλλά και πολλαπλασιάζοντάς το με το εξήντα (60), βγαίνει ο χρόνος που έχει απομείνει για το πότισμα σε ώρες και επιτυγχάνεται στο παρακάτω κομμάτι του κώδικα: mins= (meter_3/ucm_h)*60;

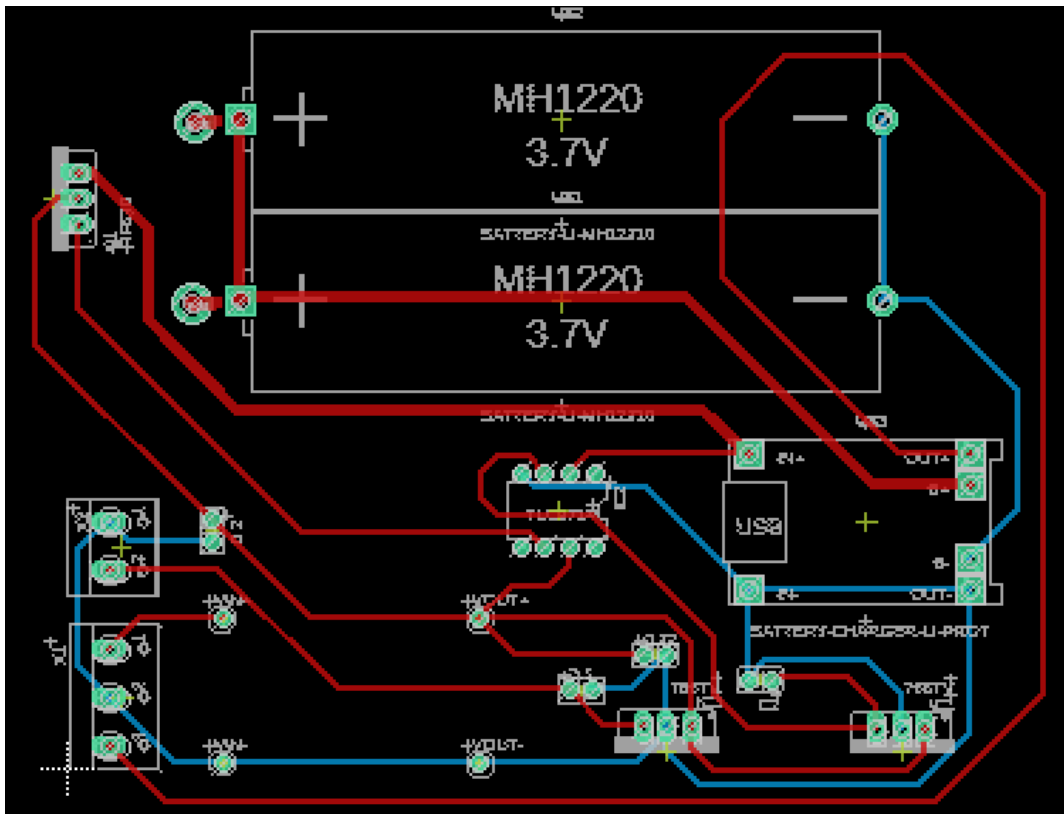
Παρακάτω θα παρατεθεί ένα παράδειγμα, ώστε να γίνει πιο κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζεται η ταχύτητα περιστροφής:

```
23:55:11.782 -> 0      st
23:55:11.782 -> 10741   et
23:55:11.782 -> 0.00    d
23:55:11.982 -> 10943   st
23:55:11.982 -> 10741   et
23:55:11.982 -> 202.00  d
23:55:11.982 -> 10943   st
23:55:11.982 -> 10741   et
23:55:11.982 -> 202.00  d
```

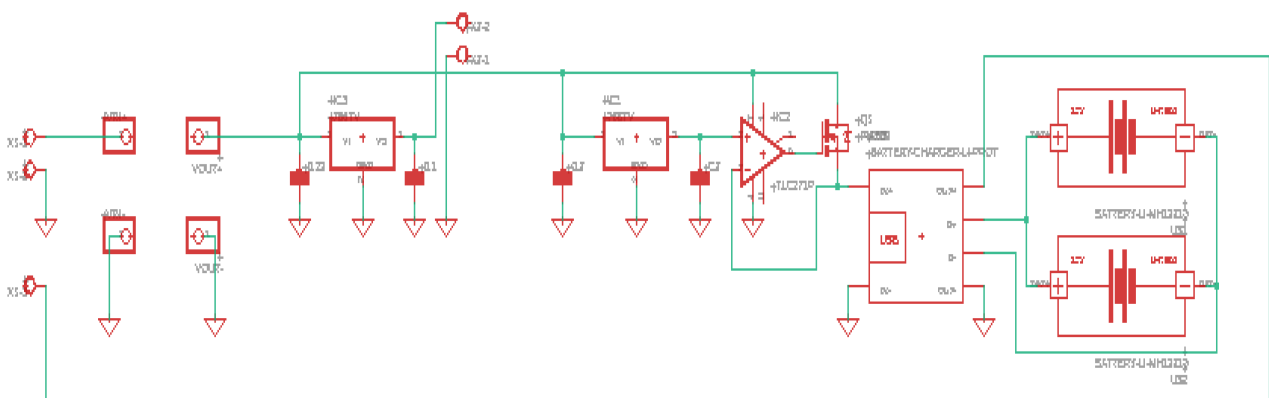
Αρχικά παρατηρείται ότι εφόσον αυξάνει συνεχώς η μεταβλητή άρα έχει τάση εξόδου VOL. Στη συνέχεια στη δεύτερη τριάδα τιμών παρατηρείται ότι υπάρχει κάποια τιμή στη μεταβλητή st, επομένως ελήφθη το ερέθισμα από τον αισθητήρα μέσω της θετικής τάσης. Παρατηρείται όμως ότι οι τιμές et και st είναι η μία συνέχεια της άλλης. Αυτό οφείλεται στη συνάρτηση millis() που συνεχώς μετράει. Οπότε ο μοναδικός τρόπος να υπολογιστεί το d είναι να αποθηκευτεί στιγμιαία με το που αλλάξει η κατάσταση εξόδου τη χρονική τιμή των μεταβλητών και να αφαιρεθούν, ώστε να προκύψει η διαφορά τους που είναι ο πραγματικός χρόνος περιστροφής.

Κεφάλαιο 3° Σχηματική αποτύπωση του ελεγκτή καρουλιού

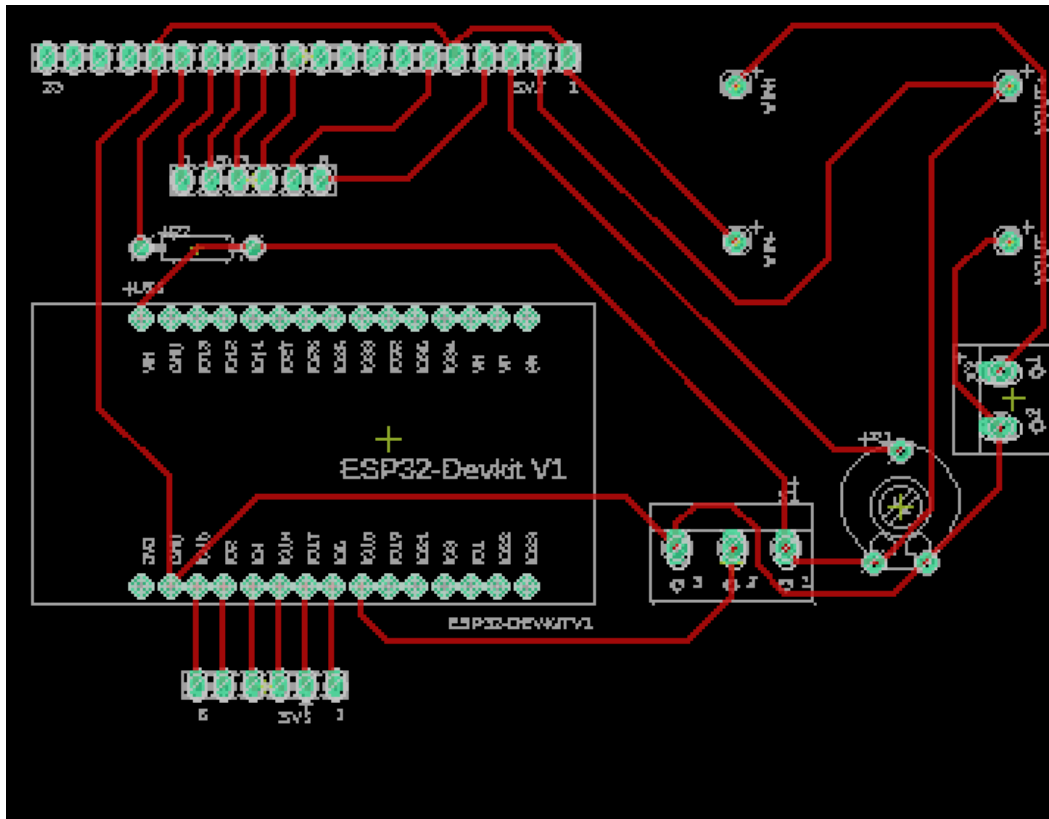
Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν εικόνες με τη σχηματική απεικόνιση της δημιουργίας και εξέλιξης του ελεγκτή καρουλιού.



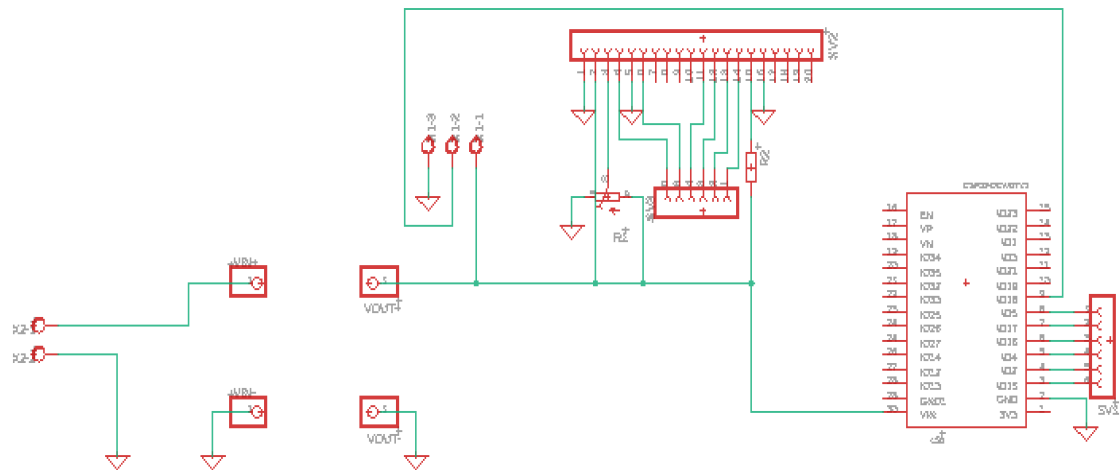
Εικόνα 6: Σχηματικό τυπωμένου κυκλώματος φορτιστή μπαταρίας



Εικόνα 7: Ηλεκτρολογικό σχέδιο φορτιστή μπαταρίας



Εικόνα 8: Σχηματικό τυπωμένο κύκλωμα esp – 32



Εικόνα 9: Ηλεκτρολογικό σχέδιο esp – 32

Κεφάλαιο 4^ο Υποθέσεις & Συμπεράσματα

4.1 Υπόθεση

Αφού ολοκληρώθηκε η κατασκευή της συσκευής και τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:



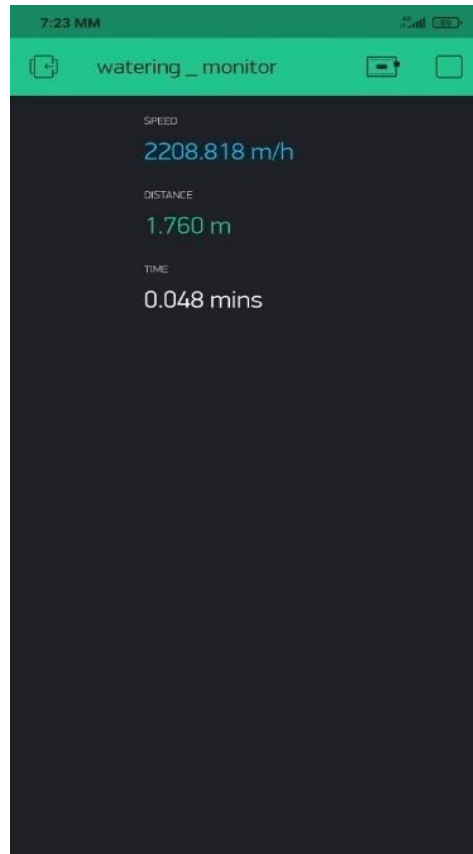
Εικόνα 10: Ελεγκτής ποτιστικού καρουλιού

Παρατηρώντας την οθόνη (εικόνα 10) του είναι δυνατό βάσει των ενδείξεων να αντληθούν οι παρακάτω πληροφορίες. Η πρώτη ένδειξη αφορά τα μέτρα ανά ώρα δηλαδή την ταχύτητα, η δεύτερη τιμή αφορά τα μέτρα του λάστιχου που έχει απλωθεί το καρούλι ή τα μέτρα του λάστιχου που έχουν απομείνει για να τελειώσει το πότισμα, η τρίτη ένδειξη είναι ο χρόνος που έχει απομείνει για να ολοκληρωθεί το πότισμα και η τέταρτη δείχνει χρόνο μια πλήρους περιστροφής της ρόδας που μετρά ο αισθητήρας.



Εικόνα 11: Οθόνη ελεγκτή lcd

Έχοντας λάβει υπ' όψιν τα στοιχεία όλων των παραπάνω κεφαλαίων και όχι μόνο, μπορεί να γίνει η παρακάτω ασφαλής υπόθεση. Η περίοδος που χρειάζονται πότισμα τα χωράφια είναι από το τέλος της άνοιξης μέχρι τις αρχές του φθινοπώρου, περίπου πέντε (5) μήνες, σε αυτό το χρονικό διάστημα πρέπει να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα του ελεγκτή, παράμετροι που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία του. Τέλος τα ίδια αποτελέσματα μπορούμε να πάρουμε και μέσω της εφαρμογής blynk όπως φαίνεται παρακάτω (εικόνα 12).



Εικόνα 12- Εμφάνιση δεδομένων σε smartphone

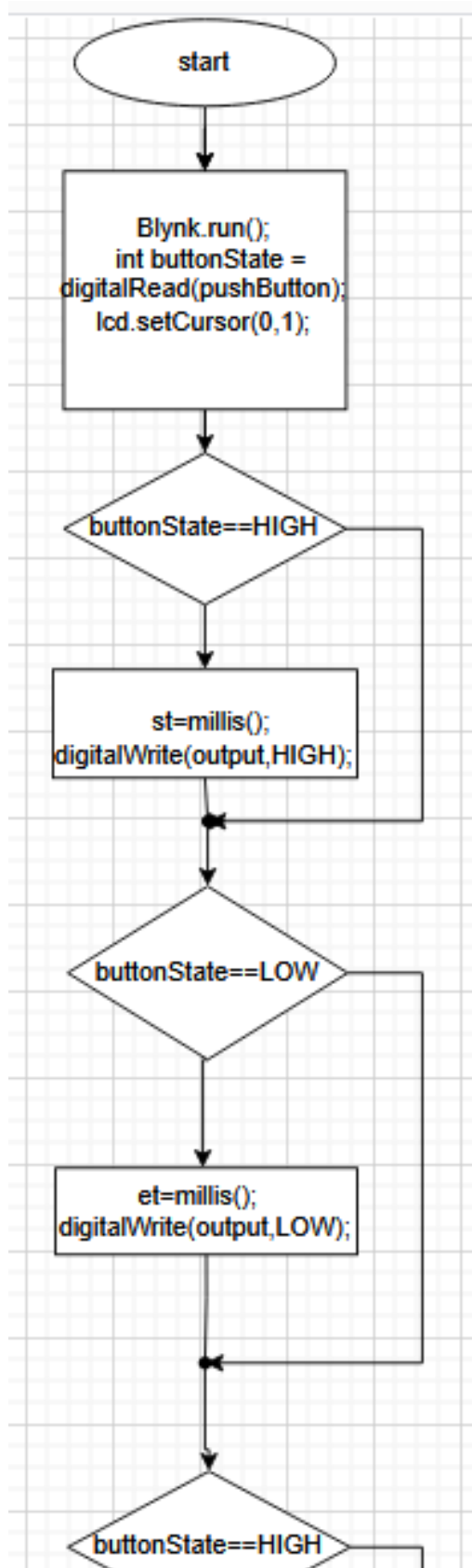
4.2 Συμπεράσματα

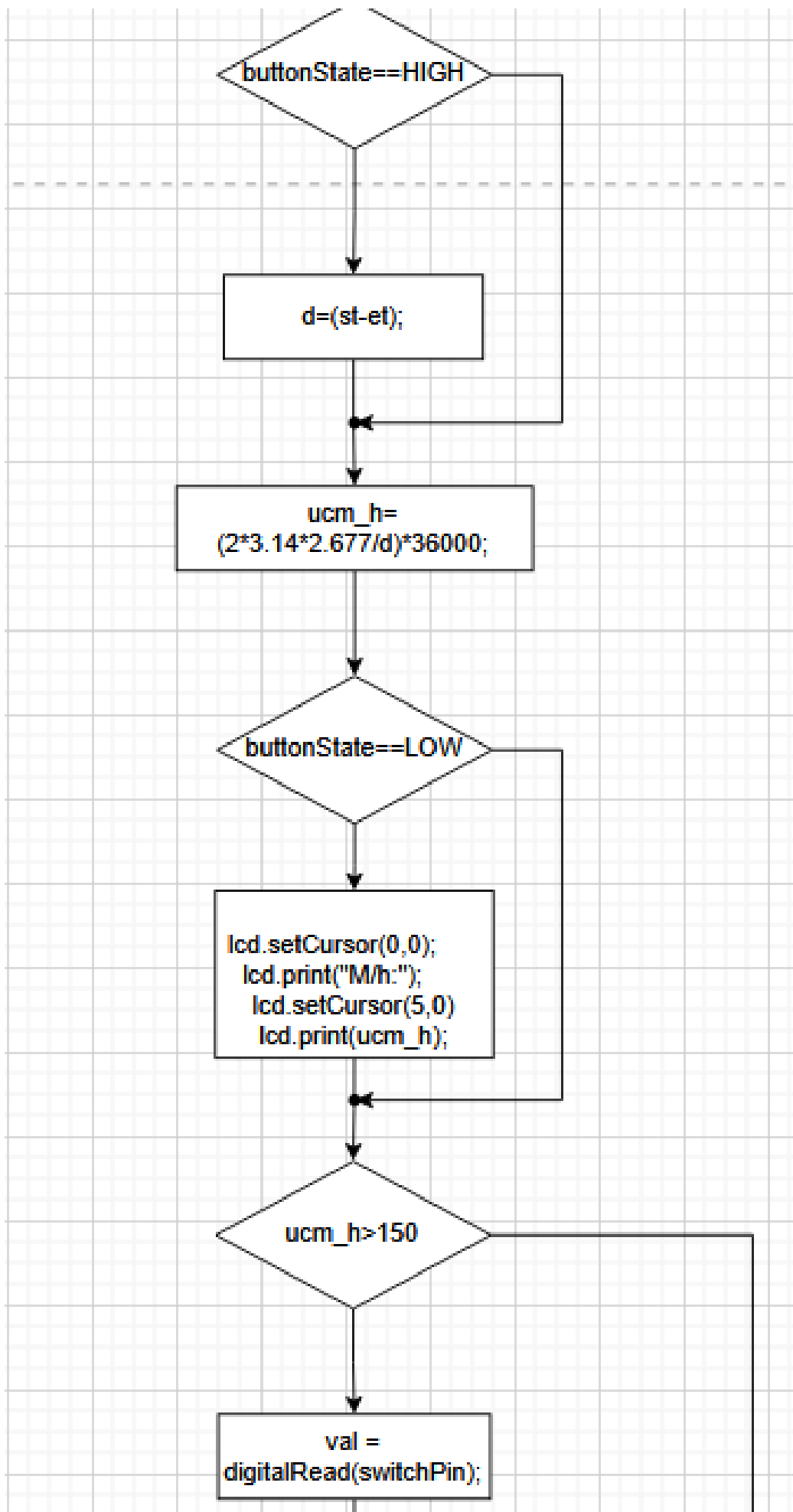
Τα συμπεράσματα στα οποία μπορούμε να οδηγηθούμε από αυτή την υποθετική χρήση του ελεγκτή ποτιστικού καρουλιού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αυτά που αφορούν αποκλειστικά και μόνο τη συσκευή και αυτά που αφορούν τον ίδιο τον αγρότη που πρόκειται να το χρησιμοποιήσει.

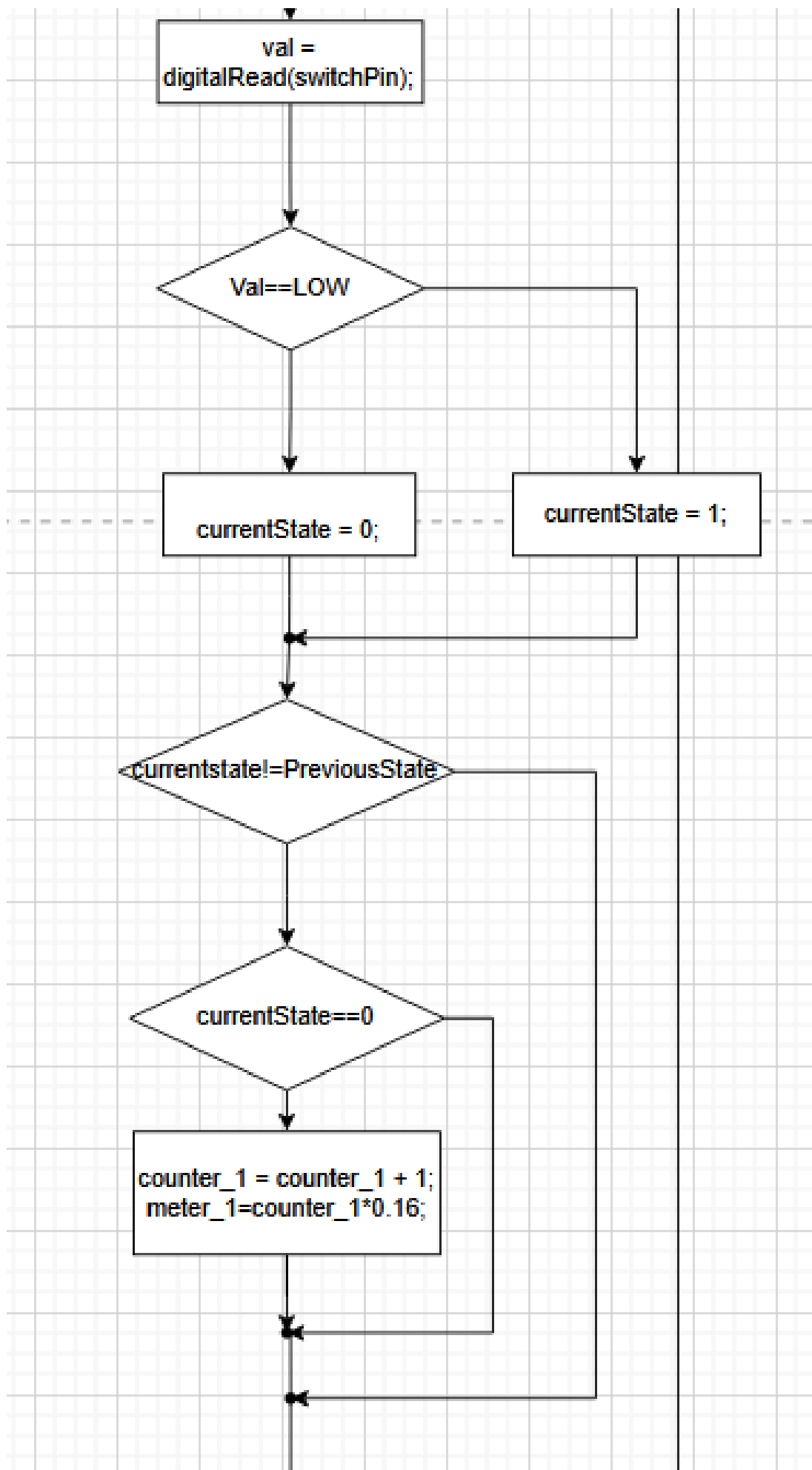
Τα προβλήματα που εντοπίστηκαν αλλά στη συνέχεια διορθώθηκαν σχετικά με τη συσκευή είναι τα ακόλουθα. Επειδή η μέγιστη κατανάλωση της συσκευής είναι 1,15 Amber, βρέθηκε τρόπος ακόμη και όταν οι ακτίνες του ήλιου δεν προσκρούουν στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού πάνελ σε ικανοποιητικό βαθμό, να μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες της συσκευής, αλλά και να μπορούν να φορτιστούν πλήρως οι μπαταρίες. Προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του αυτόματου ελεγκτή ποτιστικού καρουλιού, χρησιμοποιήθηκαν δύο μπαταρίες ιόντων λιθίου σε παράλληλη συνδεσμολογία. Η μπαταρία όσο είχε μελετηθεί θεωρητικά και σύμφωνα με την κατανάλωση της συσκευής, η οποία είναι 140mA, φαίνεται να μπορεί να προσφέρει αυτονομία σαράντα τριών (43) ωρών. Ύστερα από δοκιμές όμως η αυτονομία που προσφέρει σε πραγματικές καθημερινές συνθήκες υπολογίστηκε γύρω στις είκοσι (20) ώρες. Επομένως όπως συμπεραίνεται αυτή η μπαταρία μπορεί να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες της συσκευής, καθώς οι ώρες που δεν έχει ήλιο τις ημέρες εκείνες που εξετάζονται μεταξύ τέλος άνοιξης και αρχές φθινοπώρου, που τότε θα χρησιμοποιείται η συσκευή, είναι περίπου δεκατρείς (13). Στην πλακέτα τροφοδοσίας του αυτόματου ελεγκτή ποτιστικού καρουλιού χρειάστηκε να χρησιμοποιηθεί ένα κύκλωμα μετατροπείας ανύψωσης τάσης, διότι η τάση λειτουργίας της συσκευής συλλογής δεδομένων από το καρούλι λειτουργούν με τάση 5 Volt, δηλαδή τάση μεγαλύτερη από αυτή της μπαταρίας. Ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα χωρίς να επηρεαστεί η λειτουργία του υπόλοιπου κυκλώματος ήταν ο μετατροπέας dc – dc. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός τέτοιου ελεγκτή από τον ίδιο τον αγρότη γίνονται ορατά από την πρώτη κιόλας χρήση. Εξετάζοντας τα στοιχεία αναλυτικότερα παρατηρείται ότι ο αγρότης δε χρειάζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας που πραγματοποιείται το πότισμα να πάει στο χωράφι του τρεις φορές, μία για τοποθέτηση και δύο για επανέλεγχο, με τη χρήση του ελεγκτή χρειάζεται να πάει μόνο μία φορά για την τοποθέτηση καθώς όλα τα άλλα στοιχεία τα λαμβάνει στο κινητό μέσω της εφαρμογής blyck. Έτσι εξοικονομεί και χρόνο ξεκούρασης αλλά και καύσιμα καθώς στην πρώτη περίπτωση είχε να διανύσει έξι (6) διαδρομές, ενώ τώρα μόλις δύο (2). Επίσης με αυτό τον τρόπο ελέγχει την πορεία ποτίσματος και μπορεί να φροντίσει με αποτελεσματικότερο τρόπο τα χωράφια του. Κλείνοντας αυτή την ερευνητική εργασία αξίζει να σημειωθεί ότι ο χρόνος κύλησε δημιουργικά προσφέροντάς μου πληθώρα γνώσεων, ευελπιστώντας μελλοντικά να μπορούν να βρουν πεδίο εφαρμογής τόσο τα θεωρητικά μέρη της έρευνας όσο και το πρακτικό αποτέλεσμα αυτής ο ελεγκτής ποτιστικού καρουλιού.

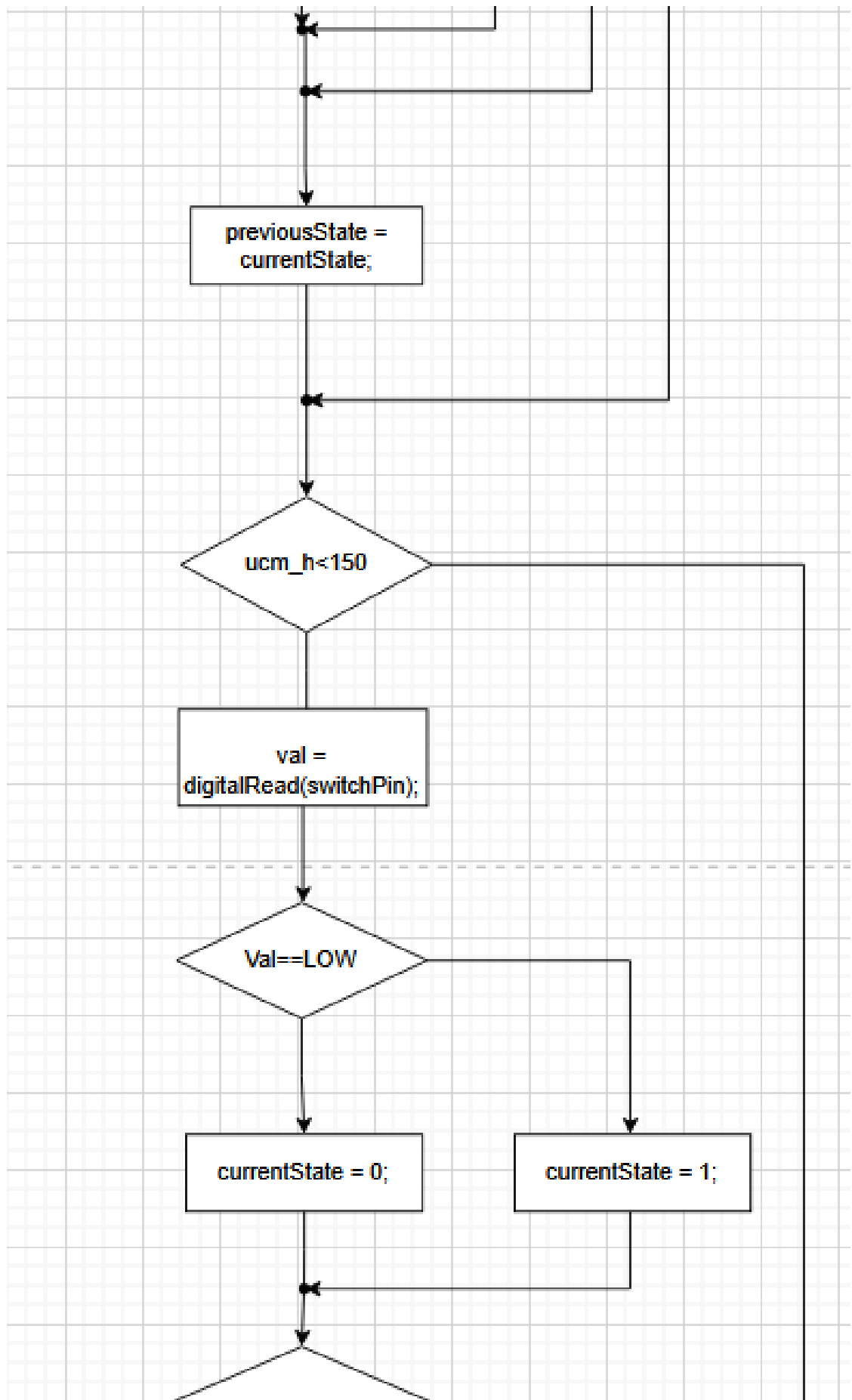
Παράρτημα

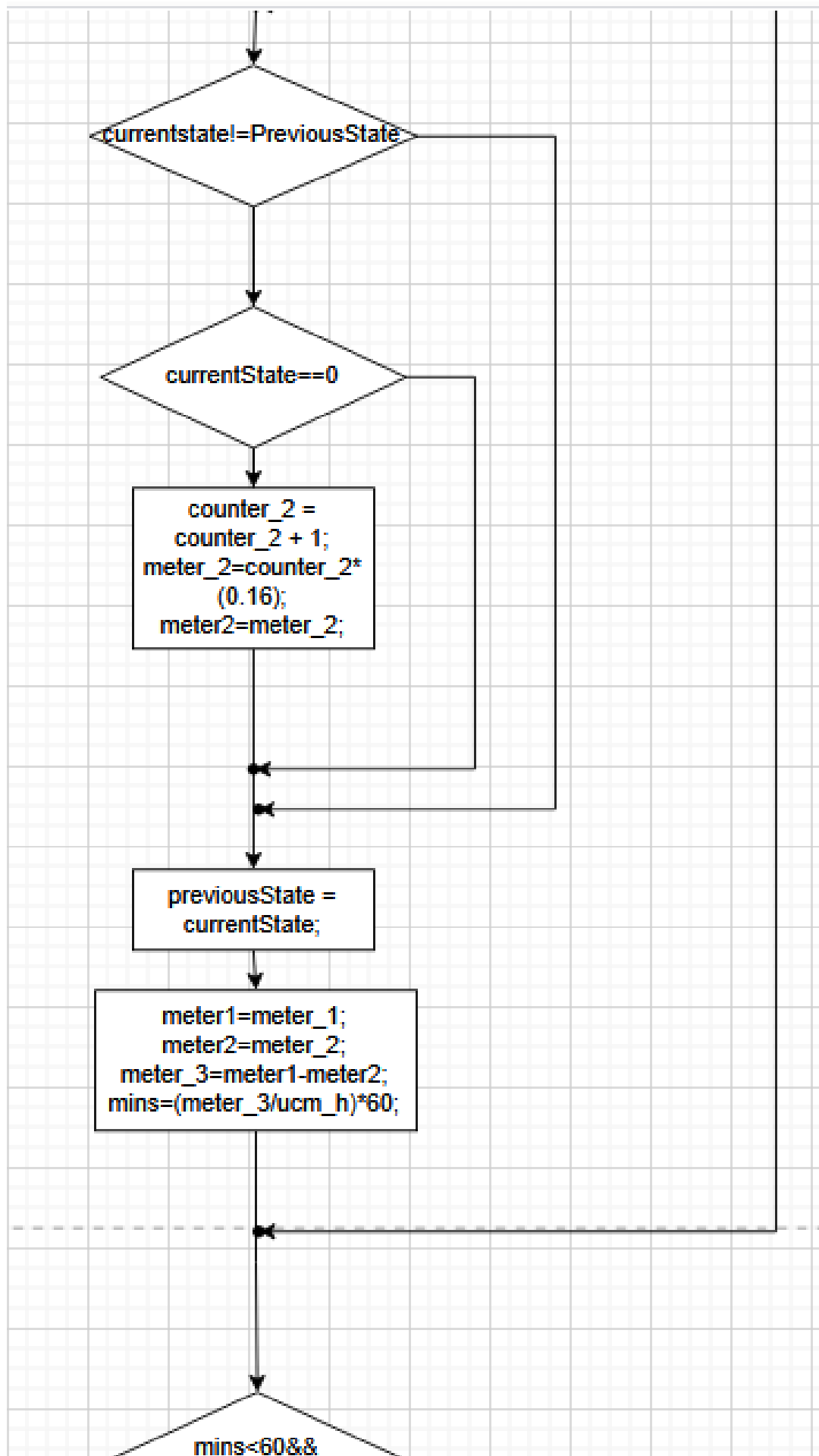
Διάγραμμα Ροής

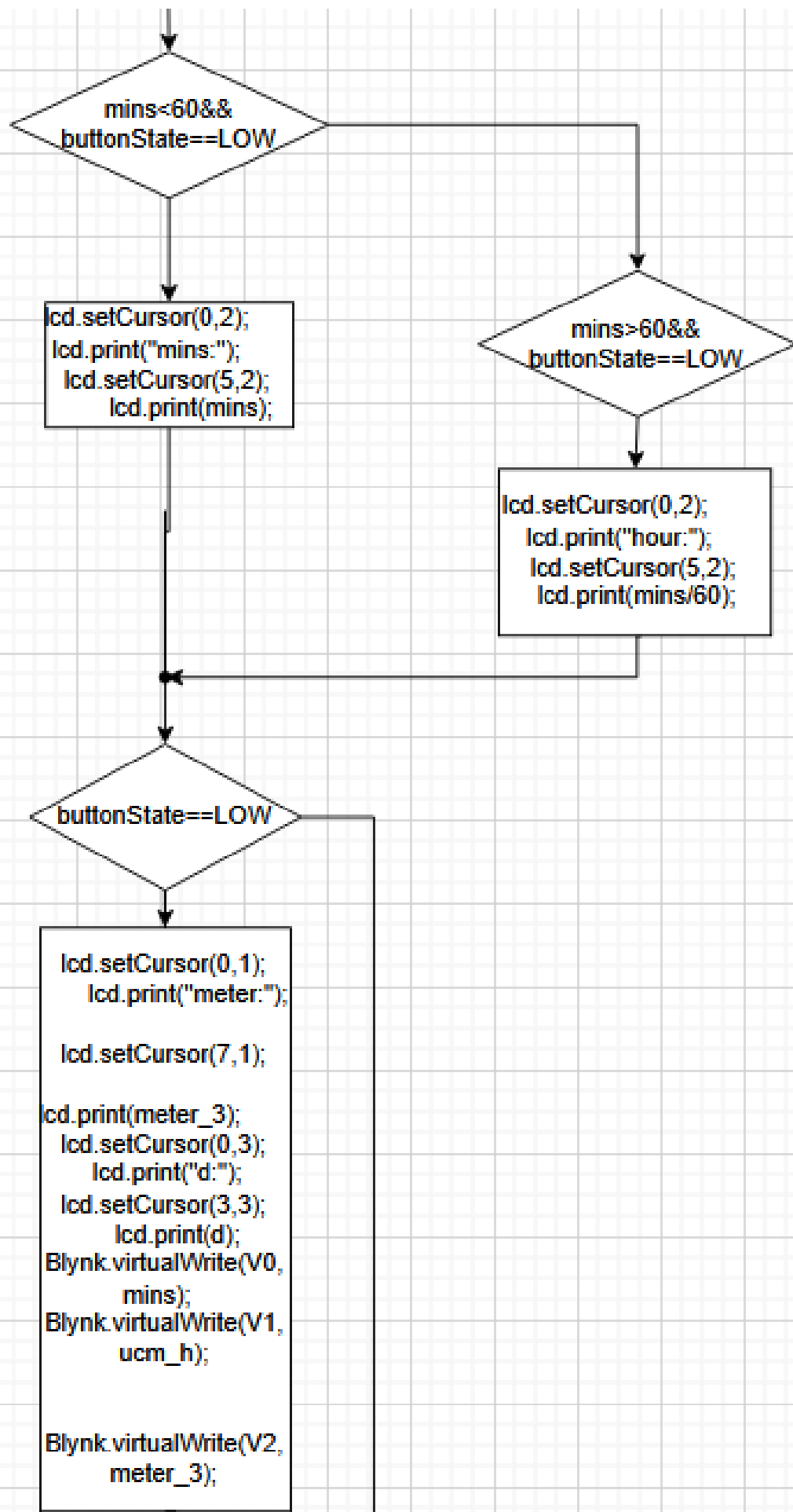


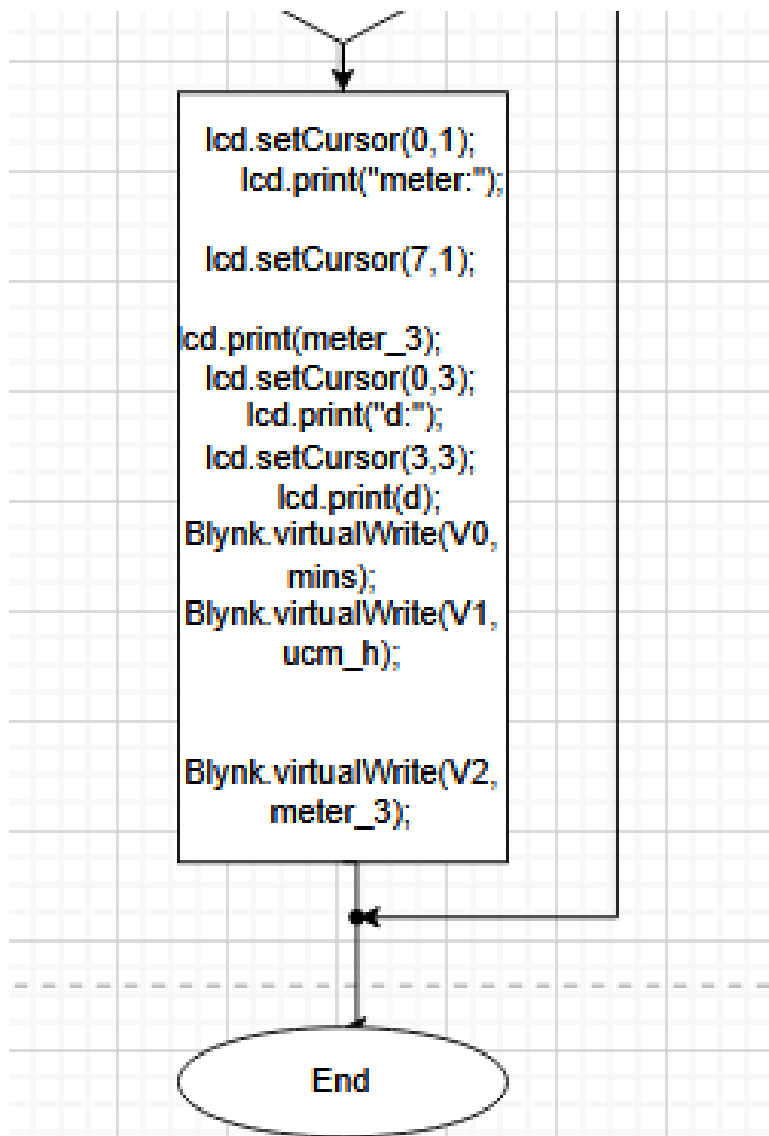












Κώδικας

Παρακάτω παρατίθεται ολόκληρος ο κώδικας που συλλέγει τα δεδομένα μέσω ενός υπέρυθρου αισθητήρα, δηλαδή πιο συγκεκριμένα την ταχύτητα μαζέματος του καρουλιού, τα μέτρα που έχει απλωθεί αλλά και μαζευτεί το λάστιχο, καθώς και το χρόνο που έχει απομείνει για την ολοκλήρωση του ποτίσματος. Τέλος όλα αυτά τα δεδομένα τα στέλνει μέσω της εφαρμογής blynk στο κινητό, εμφανίζοντάς τα ταυτόχρονα στην οθόνη lcd.

```
#define BLYNK_PRINT Serial
```

```
#include <WiFi.h>
```

```
#include <WiFiClient.h>
```

```
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
```

```
char auth[ ] = "fqM69oYf8TAbNKbEy_0Ek_pRUgTRsavx";
```

```

// Your WiFi credentials.

// Set password to "" for open networks.

char ssid[ ] = "WIND_88DB90";

char pass[ ] = "FC3E37VE";

#include <LiquidCrystal.h>

const int rs = 15, en = 2 , d4 = 4 , d5 = 16, d6 = 17, d7 = 5;

LiquidCrystallcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

int pushButton = 18;

int output=7;

float d,ucm_ms,ucm_s,ucm_min,ucm_h;

unsigned long st,et;

int switchPin =18; // choose the input pin (for a pushbutton)

int val = 0; // variable for reading the pin status

int counter_1 = 0;

int counter_2=0;

float meter_1=0;

float meter_2=0;

float meter_3=0;

float meter1=0;

float meter2=0;

float mins=0;

int currentState = 0;

int previousState = 0;

void setup() {

Serial.begin(9600);

Blynk.begin(auth, ssid, pass);

```

```

lcd.begin(20, 4);

pinMode(pushButton, INPUT);

pinMode(output,OUTPUT);

pinMode(switchPin, INPUT);

}

void loop() {

Blynk.run();

  int buttonState = digitalRead(pushButton);

lcd.setCursor(0,1);

  if(buttonState==HIGH)

    {

st=millis();

digitalWrite(output,HIGH);

    }

  if(buttonState==LOW)

    {

et=millis();

digitalWrite(output,LOW);

    }

  if (buttonState==HIGH)

    {

      d=(st-et);

    }

ucm_ms=(2*3.14*2.6685/d);

ucm_s=ucm_ms*10;

ucm_min=60*ucm_s;

```

```

ucm_h=(2*3.14*2.677/d)*36000;

if(buttonState==LOW)

    {

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("M/h:");

lcd.setCursor(5,0);

lcd.print(ucm_h);

    }

if(ucm_h>150){

val = digitalRead(switchPin);

if (val == LOW)

{

currentState = 0;

}

else

{

currentState = 1;

}

if(currentState != previousState)

{

if(currentState == 0)

{

meter_1=counter_1*0.16;

}

}

previousState = currentState;

```

```

}

if(ucm_h<150){

val = digitalRead(switchPin);

if (val == LOW)

{

currentState = 0;

}

else

{

currentState = 1;

}

if(currentState != previousState)

{

if(currentState == 0)

{

counter_2 = counter_2 - 1;

meter_2=counter_2*(0.16);

meter2=meter_2;

}

}

previousState = currentState;

}

meter1=meter_1;

meter2=meter_2;

meter_3=meter1-meter2;

mins=(meter_3/ucm_h)*60;

```

```
if(mins<60 &&buttonState==LOW)

{

lcd.setCursor(0,2);

lcd.print("mins:");

lcd.setCursor(5,2);

lcd.print(mins);

}

else if(mins>60 &&buttonState==LOW)

{

lcd.setCursor(0,2);

lcd.print("hour:");

lcd.setCursor(5,2);

lcd.print(mins/60);

}

if(buttonState==LOW)

{

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("meter:");

lcd.setCursor(7,1);

lcd.print(meter_3);

lcd.setCursor(0,3);

lcd.print("d:");

lcd.setCursor(3,3);

lcd.print(d);

Blynk.virtualWrite(V0, mins);

Blynk.virtualWrite(V1, ucm_h);
```

```
Blynk.virtualWrite(V2, meter_3);
```

```
}
```

```
}
```

Βιβλιογραφία

- <https://www.smart-akis.com/index.php/el/network-el/what-is-smart-farming-el/>
- <https://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/1309-i-texnologia-tis-georgias-akriveias>
- <https://www.dronesolutions.gr/georgia-anaptiksi.php>
- <https://www.amperorio.gr/index.php/el/texnika-themata-syssvreurwn/item/351-mpataries-ionton-lithiou-typoi-kai-xriseis.html>
- https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- <http://eureka.teithe.gr/jspui/bitstream/123456789/13082/1/%CE%A6%CE%AD%CE%BA%CE%B1%CF%82.pdf>
- Farmacorn, Γεωργία ακριβείας, βασικές τεχνολογίες και έννοιες, Χαρού Αναστασία, τελευταία ενημέρωση 2016, <https://blog.farmacon.gr/>
- Chen D., Shams S., Moreno C. and Leone A., 2010. Assessment of open source GIS software for water resources management in developing countries. Journal of Hydroenvironment Research, 4(3), 253–264.
- Lei X., Wang Y., Liao W., Jiang Y., Tian Y. and Wang H., 2011. Development of efficient and cost – effective distributed hydrological modeling tool MWEasyDHM based on open – source MapWindow GIS. Computers & Geosciences, 37, 1476–1489.
- Συλλαίος Ν. (2000). Εισαγωγή στην τηλεπισκόπηση και στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γιαχούδη.
- Φλωράς Σ. (2004). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Βόλος: Πανεπιστημιακές παραδόσεις.
- Φωτίου Α. και Πικριδάς Χ., 2003. Το δορυφορικό σύστημα GPS. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ.
- Τηλεπισκόπηση, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. <http://airlab.teikoζ.gr>
- Ψηφιακή Γεωργία Ακριβείας. <http://www.innopole.gr>
- Γεωργία Ακριβείας. <http://precisionfarming.gr>
- Εφαρμογές και προοπτική Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα. Gemtos et al 2002. <http://www.precisionfarming.gr>
- <https://www.sunrom.com/p/optical-slot-sensor>