

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Tester μπαταριων Ni-MH, Ni-Cd με arduino



Του φοιτητή  
Αθανάσιος Λακασάς  
Αρ. Μητρώου: 516069

Επιβλέπων  
Γιακουμής Άγγελος

Τίτλος Δ.Ε.: Tester μπαταριών Ni-MH, Ni-Cd με arduino

Κωδικός Δ.Ε. 23100

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Λακασάς Αθανάσιος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Λακασάς Αθανάσιος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 10/1/2023

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 20/5/2024

*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 Αθανάσιου Λακασά που την εκπόνησε. 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.

*«Αφιέρωση»*

*Στην οικογένεια μου για την στήριξη τους όλα τα χρόνια των προπτυχιακών σπουδών μου.*



## Πρόλογος

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα παρουσιάσω την σχεδίαση και την υλοποίηση ενός δοκιμαστηρίου μπαταριών Ni-MH και Ni-Cd το οποίο θα βασίζεται στην αναπτυξιακή πλατφόρμα Arduino.

Αρχικά θα γίνει μια εισαγωγή στις μπαταρίες του τίτλου, μια ιστορική αναδρομή τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα τους όπως και τις περιβαλλοντικές τους συνέπειες.

Στη συνέχεια θα γίνει μια παρουσίαση της πλατφόρμας Arduino, θα υπάρχει μια αναφορά στα βασικά μοντέλα που κυκλοφορούν και τα πλεονεκτήματα που μας προσφέρουν.

Έπειτα θα γίνει ανάλυση των βαθμίδων του κυκλώματος και μια εξήγηση του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε.

Στο τέλος θα υπάρχει το τελικό αποτέλεσμα, η κατασκευή του και οι τελικές μετρήσεις όπως και τα συμπεράσματα μαζί με τις προτάσεις βελτίωσης.

## Περίληψη

Σε αυτή την εργασία θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο μέσω της αναπτυξιακής πλακέτας Arduino nano θα μπορέσουμε να μετρήσουμε την χωρητικότητα μιας μπαταρίας Ni-MH ή Ni-CD και να πάρουμε ένα αποτέλεσμα σε mAh, έτσι θα μπορούμε να κρίνουμε εάν η μπαταρία τηρεί ακόμα τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Για να επιτευχθεί η διαδικασία αυτή θα πρέπει με τη χρήση του πρώτου κυκλώματος να φορτίσουμε την μπαταρία. Στη συνέχεια με τη χρήση του υπόλοιπου κυκλώματος θα προχωρήσουμε στην αποφόρτιση της μπαταρία με σταθερό ρεύμα έτσι ώστε χρονομετρώντας τον χρόνο τον οποίο θα χρειαστεί για να φτάσει στην τάση αποκοπής να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την χωρητικότητα της.

Τέλος τα αποτελέσματα μετά το πέρας της διαδικασίας θα απεικονίζεται σε μια οθόνη LCD 20x4.

# «TESTER FOR NI-MH AND NI-CD BATTERIES»

«ATHANASIOS LAKASAS»

## **Abstract**

In this work we will show how through the Arduino nano development board we will be able to measure the capacity of a Ni-MH or Ni-CD battery and get a result in mAh, so we can judge if the battery still maintains the manufacturer's requirements.

To complete this process, we will have to charge the battery using the first circuit. Then using the rest of the circuit we will proceed to discharge the battery with a constant current so that the time that will be measured to reach the cut-off voltage so that we can calculate its capacity.

Finally the results after the end of the process are displayed on a 20x4 LCD screen.

# **Περιεχόμενα**

Πρόλογος

Περίληψη

Abstract7

Περιεχόμενα8

Κατάλογος Εικόνων

Κεφάλαιο 1ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ο ΟΡΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑ

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ Ni-MH Ni-CD.

1.3 Διφορές

1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Κεφάλαιο 2ο: ΤΟ ARDUINO

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ARDUINO

2.2 ΤΟ ARDUINO NANO

2.3 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Κεφάλαιο 3ο: ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

3.2 ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

3.3 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΑ 5V

3.4 ΚΥΚΛΩΜΑ ΦΟΡΤΙΣΤΗ

3.5 ΤΟ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ

3.6 ΤΑ ΕΝΕΔΙΚΤΙΚΑ LED ΚΑΙ ΤΟ BUZZER

3.7 Η ΟΘΟΝΗ ΚΑΙ Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ I2C

3.8 ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΤΟ INA219

3.9 ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗΣ

Κεφάλαιο 4ο: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ

4.1 BLOCK ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

4.2 ΑΡΧΙΚΗ ΟΘΟΝΗ

4.3 ΤΟ ΜΕΝΟΥ

4.4 Η ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ

4.5 Η ΦΟΡΤΙΣΗ

Κεφάλαιο 5ο: ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

5.2 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΟΥ PCB

5.3 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

5.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗΣ

5.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

## **Κατάλογος Εικόνων**

Εικόνα 1.1: Απεικόνιση Μπαταρίας Ni-MH.....	11
Εικόνα 1.2: Μπαταρίες Ni-Mh σε διάφορα μεγέθοι	12
Εικόνα 1.3: Εσωτερικό Μπαταρίας Ni-MH	13
Εικόνα 1.4: Απεικόνιση Κάδμιου.	14
Εικόνα 2.1: Το Logo του ARDUINO	15
Εικόνα 2.2: Είσοδοι-Έξοδοι του Arduino Nano	16
Εικόνα 3.1: Το τροφοδοτικό	18
Εικόνα 3.2: Προτεινόμενο κύκλωμα κατασκευαστή	19
Εικόνα 3.3: Περιοχή τάσης λειτουργίας	20
Εικόνα 3.4: Απόδοση τροφοδοτικού βάση της θερμοκρασίας	20
Εικόνα 3.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά του παλμοτροφοδοτικού	21
Εικόνα 3.6: Κύκλωμα σταθεροποιητή τάσης	22
Εικόνα 3.7: Προτεινόμενο κύκλωμα κατασκευαστή	23
Εικόνα 3.8: Αναλυτικά χαρακτηριστικά του 7805	25
Εικόνα 3.9: Κύκλωμα Φορτιστή	26
Εικόνα 3.10: Βασικό κύκλωμα DC-DC buck converter	26

Εικόνα 3.11: Διαμόρφωση εύρος παλμού	27
Εικόνα 3.12: Κύκλωμα driver του mosfet	28
Εικόνα 3.13: Κύκλωμα προστασίας ρεύματος και ανάστοφης τάσης	28
Εικόνα 3.14: Το πληκτρολόγιο	29
Εικόνα 3.15: Τα ενδεικτικά Led και το Buzzer	29
Εικόνα 3.16: Συνδεσμολογία της οθόνης	31
Εικόνα 3.17: I2C module για LCD	33
Εικόνα 3.18: INA219 module	34
Εικόνα 3.19: Block διαγραμμα INA219	35
Εικόνα 3.20: Jumper διευθύνσεων του INA219	36
Εικόνα 3.21: Συνδεσμολογία INA219	37
Εικόνα 3.22:Κύκλωμα αποφόρτισης	38
Εικόνα 4.1: Block διάγραμμα του προγράμματος	40
Εικόνα 4.2: Εμφάνιση αρχικών μνημάτων	41
Εικόνα 4.3: Ρουτίνα System Update	42
Εικόνα 4.4: Ρουτίνα Main Menu	42
Εικόνα 4.5: Ρουτίνα Select mode	43
Εικόνα 4.6: Ρουτίνα μενού αποφόρτισης	44
Εικόνα 4.7: Ρουτίνα αποφόρτισης	44

Εικόνα 4.8: Μέτρηση Χωρητικότητας Μπαταρίας 45

Εικόνα 4.9: Τέλος αποφόρτισης 45

Εικόνα 4.10: Ρουτίνα φόρτισης 46

Εικόνα 4.11: Έλεγχος ανοιχτού κυκλώματος 46

Εικόνα 5.1: Μπροστά όψη της πλακέτας.....	47
Εικόνα 5.2: Πίσω όψη της πλακέτας.....	48
Εικόνα 5.3: Προσομείωση της πλακέτας.....	49
Εικόνα 5.4: Το PCB πριν τα υλικά.....	49
Εικόνα 5.5: Το PCB μετά την τοποθέτηση των υλικών.....	50
Εικόνα 5.7: Δεύτερο μήνυμα οθόνης.....	51
Εικόνα 5.8: Μέτρηση τάσης 12V.....	53
Εικόνα 5.9: Μέτρηση τάσης 5V.....	54
Εικόνα 5.10: Μενού επιλογής αποφόρτισης.....	55
Εικόνα 5.11: Μήνυμα μετά την επιλογή μπαταρίας.....	55
Εικόνα 5.12: Επιλογή ρεύματος αποφόρτισης.....	56
Εικόνα 5.13: Μέτρηση ρεύματος αποφόρτισης.....	57
Εικόνα 5.14: Τελικό αποτέλεσμα αποφόρτισης.....	57
Εικόνα 5.15: Μενού φόρτισης.....	58
Εικόνα 5.16: Μέτρηση ρεύματος φόρτισης.....	59
Εικόνα 5.17: Ολοκλήρωση φόρτισης.....	59

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Ο ΟΡΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑ

Μπαταρία ή συσσωρευτή ονομάζουμε την συσκευή η όποια μέσω της αποθήκευσης χημικής ενέργειας μπορεί να αποδεσμεύσει ηλεκτρική ενέργεια. Οι μπαταρίες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις πρωτογενές μπαταρίες και τις δευτερογενές. Η διαφορά αυτών των δυο βασικών κατηγοριών είναι ότι οι πρωτογενείς μπαταρίες έχουν διάρκεια μόνο ενός κύκλου κάτι το οποίο σημαίνει ότι μετά την αποφόρτιση τους καμία άλλη χρήση δεν είναι δυνατή. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με μπαταρίες της δεύτερης κατηγορίας, των δευτερογενών μπαταριών. Η μόνη διαφορά αυτών είναι ότι μετά την αποφόρτιση τους έχουμε την δυνατότητα να τις επαναφορτίσουμε καθιστώντας τις πάλι λειτουργικές. <sup>[1]</sup>



Εικόνα 1.1: Απεικόνιση Μπαταρίας Ni-MH

ΠΗΓΗ: <https://www.electronic.gr/en/ni-mh-battery-aa-r6-1.2v-2000mah.html>

## 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ Ni-MH Ni-CD

Οι μπαταρίες Ni-Cd χρησιμοποιήθηκαν από τις αρχές του 20ού αιώνα και είχαν αποκτήσει ευρεία αποδοχή πριν από την ανάπτυξη των μπαταριών Ni-MH . Παρά την προηγούμενη εξέχουσα θέση τους, οι μπαταρίες Ni-Cd δέχθηκαν επικρίσεις λόγω περιβαλλοντικών δυσκολιών και δυσκολιών απόδοσης. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη και υιοθέτηση της τεχνολογίας Ni-MH ως εναλλακτικής λύσης που είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον και πιο αποδοτική.

Η ανάπτυξη των μπαταριών Ni-MH στα τέλη της δεκαετίας του 1980 σηματοδότησε σημαντική πρόοδο στην τεχνολογία των μπαταριών. Οι μπαταρίες αυτές προσέφεραν μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα, αντιμετώπισαν το φαινόμενο μνήμης και παρείχαν καλύτερη περιβαλλοντική συμβατότητα με την αφαίρεση του δηλητηριώδους καδμίου . Όταν συνέβη αυτό, σηματοδότησε μια σημαντική μετάβαση από την καθιερωμένη τεχνολογία Ni-Cd, η οποία χρησιμοποιούνταν ευρέως από τις αρχές του 20ού αιώνα, προς επιλογές μπαταριών που ήταν πιο φιλικές προς το περιβάλλον και πιο αποδοτικές. <sup>[2]</sup>



Εικόνα 1.2: Μπαταρίες Ni-Mh σε διάφορα μεγέθη

## 1.3 ΔΙΑΦΟΡΕΣ

Όταν εξετάζουμε τις διαφορές μεταξύ των Ni-MH και Ni-Cd, πρέπει να εμβαθύνουμε στις θεμελιώδεις χημικές τους συνθέσεις, στα χαρακτηριστικά απόδοσης και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Όσον αφορά τη χημεία, οι μπαταρίες Ni-MH και οι μπαταρίες Ni-Cd παρουσιάζουν αξιοσημείωτες διαφορές. Οι μπαταρίες Ni-MH χρησιμοποιούν μια κάθοδο αποτελούμενη από υδροξείδιο του οξειδίου του νικελίου, σε συνδυασμό με μια άνοδο από κράμα που απορροφά υδρογόνο, και όλα αυτά μέσα σε αλκαλικό διάλυμα ηλεκτρολύτη. Αντίθετα, οι μπαταρίες Ni-Cd μοιράζονται μια παρόμοια κάθοδο υδροξειδίου του οξειδίου του νικελίου με τις μπαταρίες Ni-MH, αλλά χρησιμοποιούν μια άνοδο καδμίου και έναν ηλεκτρολύτη υδροξειδίου του καλίου. Αυτές οι διαφορές στη χημική σύνθεση συμβάλλουν σε διαφορές στις επιδόσεις και στις περιβαλλοντικές εκτιμήσεις.

Μια σημαντική απόκλιση υπάρχει στην εμφάνιση του φαινομένου μνήμης, ένα φαινόμενο που συνδέεται κυρίως με τις μπαταρίες Ni-Cd. Το φαινόμενο αυτό συνεπάγεται τη μείωση της χωρητικότητας της μπαταρίας εάν δεν εκφορτιστεί πλήρως πριν από την επαναφόρτιση. Αντίθετα, οι μπαταρίες Ni-MH παρουσιάζουν ελάχιστη ευαισθησία στο φαινόμενο μνήμης, διατηρώντας έτσι πιο σταθερή απόδοση κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά τις μπαταρίες Ni-MH πιο αξιόπιστες και προβλέψιμες σε πρακτικά σενάρια χρήσης. Επίσης οι μπαταρίες Ni-MH υπερτερούν σε θέμα μεγέθους μιας και πετυχαίνουν αισθητά μικρότερο μέγεθος από τις μπαταρίες Ni-CD



Disassembled NiMH AA battery:

1. Positive terminal
2. Outer metal casing (also negative terminal)
3. Positive electrode
4. Negative electrode with current collector (metal grid, connected to metal casing)
5. Separator (between electrodes)

## 1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι μπαταρίες Ni-MH αναδεικνύονται ως η πιο φιλική προς το περιβάλλον επιλογή λόγω της απουσίας καδμίου στη σύνθεσή τους. Το κάδμιο, ένα εξαιρετικά τοξικό βαρύ μέταλλο, δημιουργεί σημαντικούς περιβαλλοντικούς κινδύνους. Με την εξάλειψη του καδμίου, οι μπαταρίες Ni-MH μετριάζουν αυτούς τους κινδύνους και ευθυγραμμίζονται περισσότερο με τους στόχους βιωσιμότητας και τα ρυθμιστικά πρότυπα, προωθώντας μια πιο πράσινη προσέγγιση στην τεχνολογία μπαταριών. <sup>[2]</sup>



Εικόνα 1.4: Απεικόνιση Κάδμιου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΤΟ ARDUINO**

### **2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ARDUINO**

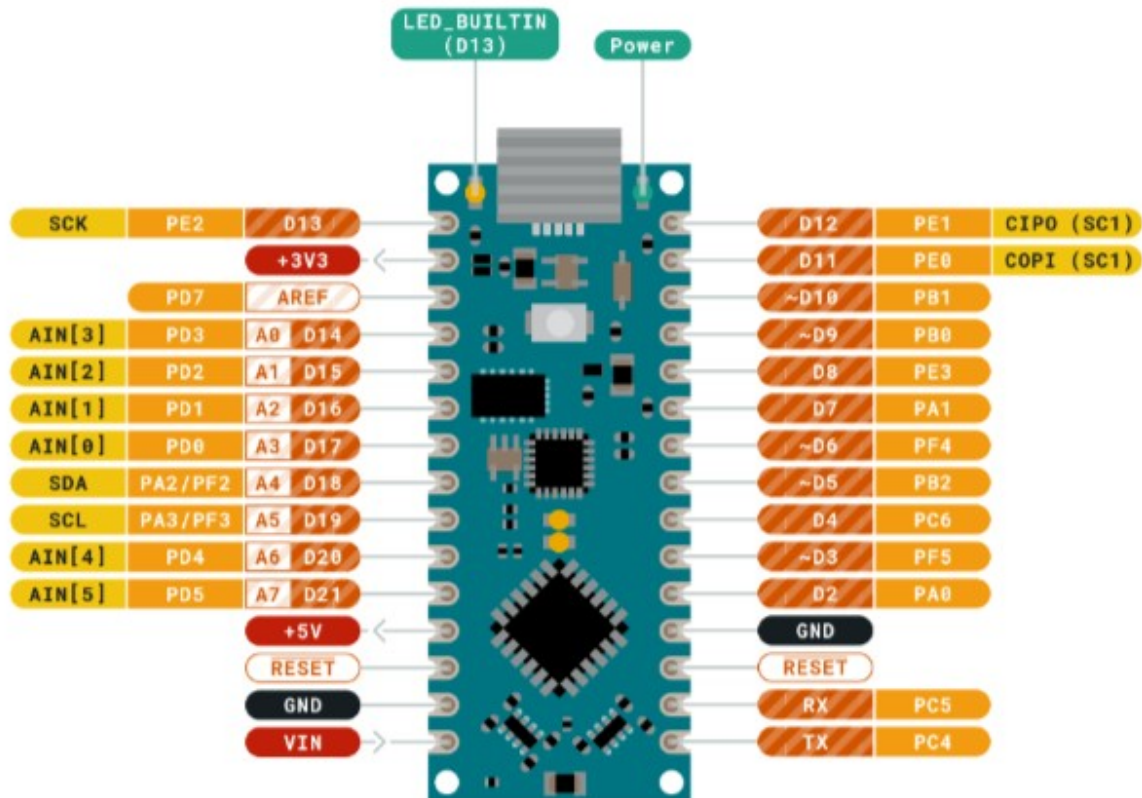
Το Arduino είναι μια αναπτυξιακή πλακέτα ανοιχτού κώδικα η οποία αναπτύχθηκε στην Ιταλία απο μια ομάδα φοιτητών το 2005. Πρόκειται για μια πλακέτα η οποία περιέχει έναν μικροελεγκτή ATMEL AVR, διάφορες εισόδους-εξόδους καθώς και συμπληρωματικά κυκλώματα που συμβάλουν στην ομαλή λειτουργία της πλακέτας. Επιπρόσθετα ο προγραμματισμός του γίνεται μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Wiring η οποία είναι μια παραλλαγή της γλώσσας C++, ο προγραμματισμός γίνεται μέσω του λογισμικού ARDUINO IDE το οποίο είναι διαθέσιμο στη σελίδα του κατασκευαστή και είναι πολύ εύκολο στη χρήση ακόμα και για τους αρχάριους χρήστες.

Το απλό προγραμματιστικό περιβάλλον, το χαμηλό κόστος και ο ανοιχτός κώδικας κάνουν το ARDUINO ίσως την καλύτερη επιλογή για κάποιον που διαλέγει να μπει στον κόσμο των ενσωματωμένων συστημάτων. <sup>[3]</sup>



Εικόνα 2.1: Το Logo του ARDUINO

## **2.2 TO ARDUINO NANO**



Εικόνα 2.2: Είσοδοι-Έξοδοι του Arduino Nano

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε το μοντέλο Arduino που επιλέξαμε για να υλοποιήσουμε την κατασκευή μας.

Το μοντέλο που επιλέχθηκε είναι το Arduino Nano το οποίο ξεχωρίζει λόγω του μεγέθους του, βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega328P της Atmel. Πρόκειται για μια ολοκληρωμένη πλακέτα η οποία διαθέτει οτιδήποτε χρειάζεται για να προγραμματιστεί έχοντας μόνο ένα καλώδιο USB mini-B. Ποιά αναλυτικά η πλακέτα μας διαθέτει 14 ψηφιακά pins εκ των οποίων τα 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν PWM εξόδοι, 8 αναλογικές εισόδους και θύρα USB για τον προγραμματισμό και τη τροφοδοσία της πλακέτας. Επιπρόσθετα ο μικροελεγκτής είναι χρονισμένος στα 16MHz και η μνήμη Flash στην οποία θα αποθηκευτεί το πρόγραμμα είναι 32KB, τέλος το Arduino Nano για να λειτουργήσει χρειάζεται τάση 5V DC. <sup>[4]</sup>

## 2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- Μικροελεγκτής: ATmega328
- Τάση λειτουργίας: 5V
- Τάση εισόδου: 7-12V
- Τάση εισόδου (limits): 6-20V

- Ψηφιακά I/O Pins: 14 (of which 6 provide PWM output)
- Αναλογικές εισόδους: 8
- PWM εισόδους: 6
- DC Ρεύμα ανά I/O Pin: 20 mA
- DC Ρεύμα για 3.3V Pin: 50mA
- Μνήμη Flash: 32 KB
- Μνήμη SRAM: 2 KB (ATmega328)
- Μνήμη EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Ταχύτητα (Clock Speed): 16 MHz

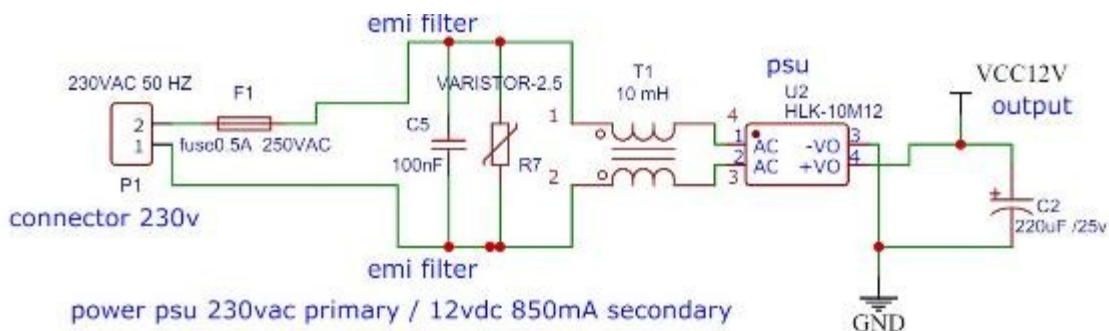
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ**

## 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια ανάλυση στα κυκλώματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της κατασκευής. Συγκεκριμένα χρειάστηκαν τα παρακάτω κυκλώματα τα οποία και θα εξηγήσουμε κάθε ένα ξεχωριστά στη συνέχεια.

- Κύκλωμα τροφοδοσίας AC-DC 12V
- Ρυθμιστής τάσης στα 5V
- Κύκλωμα φόρτισης της μπαταρίας
- Μετρητής VDC και ADC με το INA219 module
- Η οθόνη LCD 20x4 και η επικοινωνία I2C
- Τα δύο ενδεικτικά LED και το Buzzer
- Το πληκτρολόγιο
- Κύκλωμα αποφόρτισης της μπαταρίας

## 3.2 Το κύκλωμα τροφοδοσίας



Εικόνα 3.1: Το τροφοδοτικό

Στην εικόνα 3.1 παρατηρούμε το ηλεκτρονικό σχέδιο του κύριου τροφοδοτικού. Αποτελείτε όπως διακρίνουμε από ένα έτοιμο παλμοτροφοδοτικό το **HLK 10M12**. Η επιλογή του έγινε με τα εξής κριτήρια :

Μας καλύπτει την μέγιστη τάση που είναι τα 12VDC και το μέγιστο ρευμα στα 830 mA που θα χρειαστούμε για τα υπόλοιπα κυκλώματα.

Έχουμε σταθερή τάση στην έξοδο ανεξάρτητα από τις μεταβολές της τάση δικτιού και τις απαιτήσεις ρεύματος των υπόλοιπων κυκλωμάτων .

Οι μπαταρίες που είναι για τεστ δεν ξεπερνούν κατά την φόρτιση την τάση 12 volt . Ενώ ταυτόχρονα το ρεύμα κατά την φόρτιση δεν ξεπερνά τα 170 mA με 200 mA . Έτσι το τροφοδοτικό λειτουργεί ξεκούραστα κατά την λειτουργεία φόρτισης σχεδόν στο  $\frac{1}{4}$  τις μέγιστης απόδοσης .

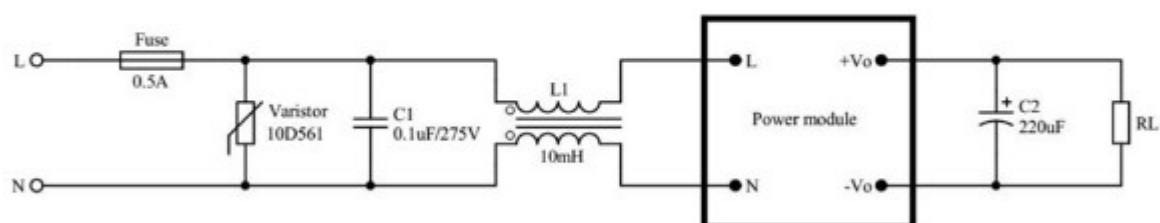
Ο μικρός όγκος που καταλαμβάνει είναι μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με ένα απλό τροφοδοτικό που σε αυτή την ισχύ έχει πολύ μεγάλο όγκο και μειονεκτεί σε όλα τα παραπάνω που αναφέρθηκαν .

Επίσης η επιλογή σε ρεύμα 850 mA έγινε για μελλοντική ανάπτυξη .Όσο αφορά ΤΕΣΤ μπαταριών λιθίου 18650 η οποία δέχεται υψηλά ρεύματα φόρτισης έως και 1 A . Η μελλοντική σχεδίαση είναι για ρεύμα φόρτισης 600 mA ώστε να μην λειτουργούμε το τροφοδοτικό πάνω από το 80% της μέγιστης απόδοσης ρεύματος .

Προστασία εξόδου Dc από βραχυκύκλωμα αυτόματη έναρξη τάσης όταν δεν βραχυκυκλώνει η έξοδος. <sup>[5]</sup>

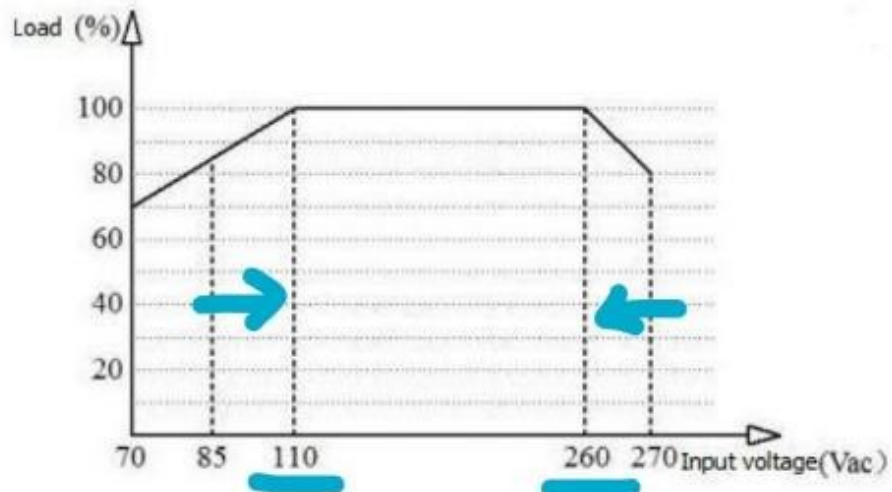
Παρατηρώντας το κύκλωμα διακρίνουμε την κλέμα P1 στην οποία συνδέεται το καλώδιο τροφοδοσίας των 230 VAC . Συνεχίζοντας διακρίνουμε μια ασφάλεια με την ονομασία F1 η οποία προστατεύει την ηλεκτρολογική εγκατάσταση από τυχόν βραχυκύκλωμα της συσκευής . Επίσης διακρίνουμε κάποια πηνία , αντιστάσεις , πυκνωτές και ένα varistor .Όσο αφορά το varistor R7. Ο σκοπος του είναι να μειώνει τις απότομες αιχμές τάσης πάνω από 270 vac στιγμιαία . Αν ο χρόνος είναι μεγάλος βραχυκυκλώνει καίγοντας την ασφάλεια στο κύκλωμα . Αρά μιλάμε για ένα εξάρτημα προστασίας .Οι πυκνωτές και τα πηνία προκύπτουν από το manual του κατασκευαστή (εικόνα 3.2) και συνιστώνται για την ορθή λειτουργία του τροφοδοτικού αποτελώντας το ηλεκτομαγνητικό φίλτρο.

## 8. Typical application circuit



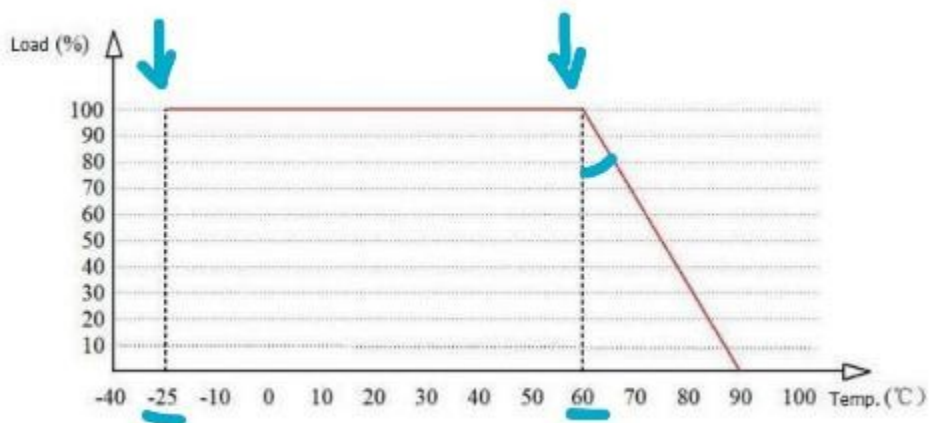
Εικόνα 3.2: Προτεινόμενο κύκλωμα κατασκευαστή

Παρακάτω στην Εικόνα 3.3 παρατηρούμε ότι το παλμοτροφοδοτικό μπορεί να λειτουργήσει ομαλά και ευθύγραμμά όσο αφορά την απόδοση του από τα 110 Vac – 260 Vac .



Εικόνα 3.3: Περιοχή τάσης λειτουργίας

Στο επόμενο διάγραμμα (εικόνα 3.4) παρατηρούμε την απόδοση του τροφοδοτικού έναντι της θερμοκρασίας. Το εύρος θερμοκρασίας κυμαίνεται από  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Επίσης παρατηρούμε ότι απόδοση πέφτει απότομα σχεδόν σε γωνία 30 μοιρών από τους  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Εικόνα 3.4: Απόδοση τροφοδοτικού βάση της θερμοκρασίας

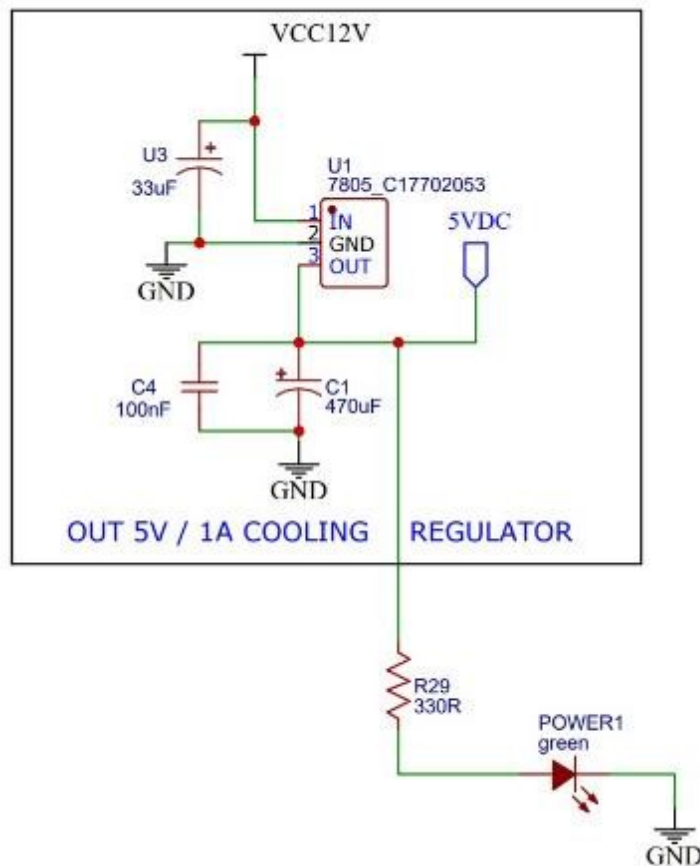
Παρακάτω στην εικόνα 3.5, παρατίθενται τα βασικά χαρακτηριστικά του παλμοτροφοδοτικού.

### 5.5. Output features (12V/830mA)

Items	Technical Parameters	Units	Notes
No-load rated output voltage	12.0±0.1	Vdc	
Full-load rated output voltage	12.0±0.2	Vdc	
Short time maximum output current	≥900	mA	
Rated output current	830	mA	
Voltage regulation	+0.2	%	
Load regulation	+0.5	%	
Input low voltage efficiency	Vin=115Vac, Output full load ≥80	%	
Input high voltage efficiency	Vin=230Vac, Output full load ≥80	%	
Output ripple and noise (mVp-p)	≤120 Rated input voltage, output full load. With 20MHz bandwidth oscilloscope, Load side 10uF and 0.1uF capacitance test.	mV	
Switching on/off overshoot amplitude	(Rated input voltage, output plus 10% load) ≤ 5	%V <sub>O</sub>	
Output over-current protection	Output maximum load 110-130%	A	
Output short circuit protection	Direct short circuit in normal output and automatic return to normal operation after removal of short circuit		No-damage to the whole device

Εικόνα 3.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά του παλμοτροφοδοτικού

### 3.3 Ρυθμιστής τάσης στα 5V



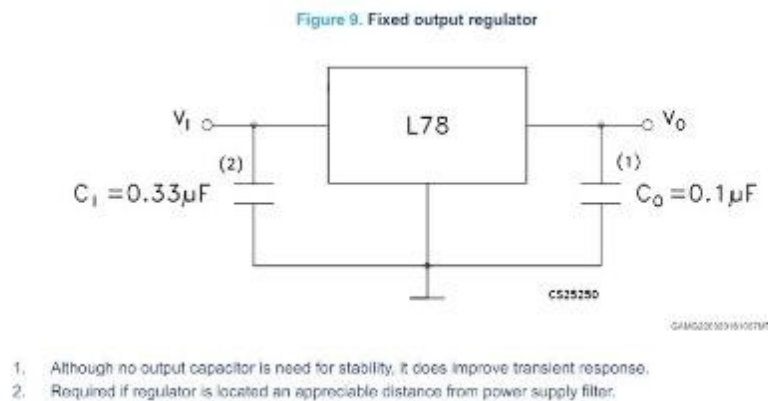
Εικόνα 3.6: Κύκλωμα σταθεροποιητή τάσης

Στην Εικόνα 3.6 παρατηρούμε το κύκλωμα σταθερής χαμηλής τάσης 5Vdc . Αποτελείτε από το ολοκληρωμένο U1 που είναι από τα πιο διάσημα ολοκληρωμένα στη σειρά των σταθεροποιητών . Η ονομασία του είναι 7805 .Ο πρώτος αριθμός το 7 δηλώνει την σειρά του μοντέλου , ο δεύτερος το 8 δηλώνει ότι λειτουργεί για θετικές τάσεις ενώ αν ήταν με 9 θα λειτουργούσε σε αρνητικές τάσεις . Οι επόμενοι δυο αριθμοί 05 δηλώνουν την τάση σταθεροποίησης εξόδου που στο συγκεκριμένο είναι τα 5 vdc.<sup>[6]</sup>

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ολοκληρωμένου είναι τα εξής :

- Ρεύμα εξόδου έως 1,5 A
- Τάση εξόδου 5 vdc
- Θερμική προστασία υπερφόρτωσης
- Προστασία από βραχυκύκλωμα εξόδου
- Προστασία SOA μετάβασης εξόδου
- 2 % ανοχή τάσης εξόδου (έκδοση A)
- Εγγυημένο σε εκτεταμένο εύρος θερμοκρασίας (έκδοση A)

Η επιλογή του έγινε λόγω της ευκολίας πόλωσης εισόδου εξόδου. Ο κατασκευαστής μας προτείνει να πολώσουμε το ολοκληρωμένο μόνο με δυο πυκνωτές C1, C0 για να λειτουργήσει ομαλά (Εικόνα 3.7). Επίσης οι απαιτήσεις σε ρεύμα από τα υπόλοιπα κυκλώματα είναι της τάξης των mA οπότε δεν έχουμε μεγάλες θερμικές απώλειες.



Εικόνα 3.7: Προτεινόμενο κύκλωμα κατασκευαστή

Αν παρατηρήσουμε στην Εικόνα 3.6 θα δούμε ότι έχουμε πολώσει την έξοδο με δυο πυκνωτές και μάλιστα διαφορετικής χωρητικότητας ο καθένας. Οι λόγοι που διαλέξαμε αυτή την πρακτική είναι δυο. Ο Ηλεκτρολυτικός πυκνωτής C1, 470 μF μπορεί να δώσει ενέργεια σε απότομη ζήτηση ρεύματος από τα υπόλοιπα κυκλώματα.

Επίσης μπορεί έναν θόρυβο να των γειώσει. Ο πυκνωτής C4 μπορεί να φιλτράρει ένα άλλο θόρυβο που βρίσκεται σε διαφορετική συχνότητα. Ο μαθηματικός τύπος που μας δίνει την μικρή αντίσταση για να λειτουργήσει σαν φίλτρο είναι ο εξής :

$$X_c = 1/2\pi fc.$$

Γνωρίζουμε ότι ο πυκνωτής στο dc συμπεριφέρεται σαν ανοιχτός διακόπτης . Ενώ στο εναλλασσόμενο συμπεριφέρεται σαν αντίσταση . Η χωρητική του αντίσταση  $X_c$  εξαρτάτε από την χωρητικότητα  $C$  , των σταθερό αριθμό  $\pi$ , και την συχνότητα θορύβου  $F$  .

Οπότε μια υψηλή συχνότητα θορύβου θέλει μικρής χωρητικότητας πυκνωτή για να διέλευση προς την γείωση ενώ μια χαμηλή συχνότητα θορύβου θέλει μεγάλη χωρητικότητα . Έτσι βάζοντας διαφορετικές χωρητικότητες γειώνουμε διαφορετικές συχνότητες θορύβου .

Επίσης και ο πυκνωτής  $U3$  εισόδου έχει την διπλή λειτουργία που αναλύσαμε.

Είναι πολύ σημαντικό να διασφαλίσουμε ότι δεν θα έχουμε κάποιο θόρυβο που θα επηρεάσει τα παρακάτω κυκλώματα ιδίως τις αναλογικές εισόδους του μικροελεγκτή η κάποιον αισθητήρα .

Στη συνέχεια διακρίνουμε ένα δικτύωμα αντίστασης  $R29$  και πράσινου led .Η λειτουργία του είναι καθαρά ενδεικτική και μας δείχνει ότι υπάρχει η τάση  $5vdc$ . Η τιμή της αντίστασης  $R29$  προκύπτει από το παρακάτω μαθηματικό τύπο

$$I_{Led} = 5vdc - v_f / R29$$

Το  $v_f$  είναι η τάση λειτουργίας του led και είναι γνωστό από τον κατασκευαστή . Επίσης το ρευμα λειτουργίας  $I_{Led}$  . Έτσι πλέον ο τύπος που προκύπτει είναι ο εξής :

$$R29 = 5vdc - v_f / I_{led}$$

Παρακάτω στην Εικόνα 3.8 παρατηρούμε τα αναλυτικά χαρακτηριστικά του regulator 7805 .

**Table 3. Electrical characteristics of L7805A**

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output voltage	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	4.9	5	5.1	V
$V_O$	Output voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}, V_I = 7.5\text{ to }18\text{ V}$	4.8	5	5.2	V
$V_O$	Output voltage	$I_O = 1\text{ A}, V_I = 18\text{ to }20\text{ V}, T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	4.8	5	5.2	V
$\Delta V_O^{(1)}$	Line regulation	$V_I = 7.5\text{ to }25\text{ V}, I_O = 500\text{ mA}, T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		7	50	mV
		$V_I = 8\text{ to }12\text{ V}$		10	50	mV
		$V_I = 8\text{ to }12\text{ V}, T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		2	25	mV
		$V_I = 7.3\text{ to }20\text{ V}, T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		7	50	mV
$\Delta V_O^{(1)}$	Load regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$		25	100	mV
		$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}, T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		30	100	
		$I_O = 250\text{ to }750\text{ mA}$		8	50	
$I_q$	Quiescent current	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		4.3	6	mA
					6	mA
$\Delta I_q$	Quiescent current change	$V_I = 8\text{ to }23\text{ V}, I_O = 500\text{ mA}$			0.8	mA
		$V_I = 7.5\text{ to }20\text{ V}, T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$			0.8	mA
		$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$			0.5	mA
SVR	Supply voltage rejection	$V_I = 8\text{ to }18\text{ V}, f = 120\text{ Hz}, I_O = 500\text{ mA}$		68		dB
$V_d$	Dropout voltage	$I_O = 1\text{ A}, T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		2		V
eN	Output noise voltage	$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}, B = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$		10		$\mu\text{V}/V_O$
$R_O$	Output resistance	$f = 1\text{ kHz}$		17		m $\Omega$
$I_{sc}$	Short circuit current	$V_I = 35\text{ V}, T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.2		A
$I_{scp}$	Short circuit peak current	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$		2.2		A
$\Delta V_O/\Delta T$	Output voltage drift			-1.1		mV/ $^\circ\text{C}$

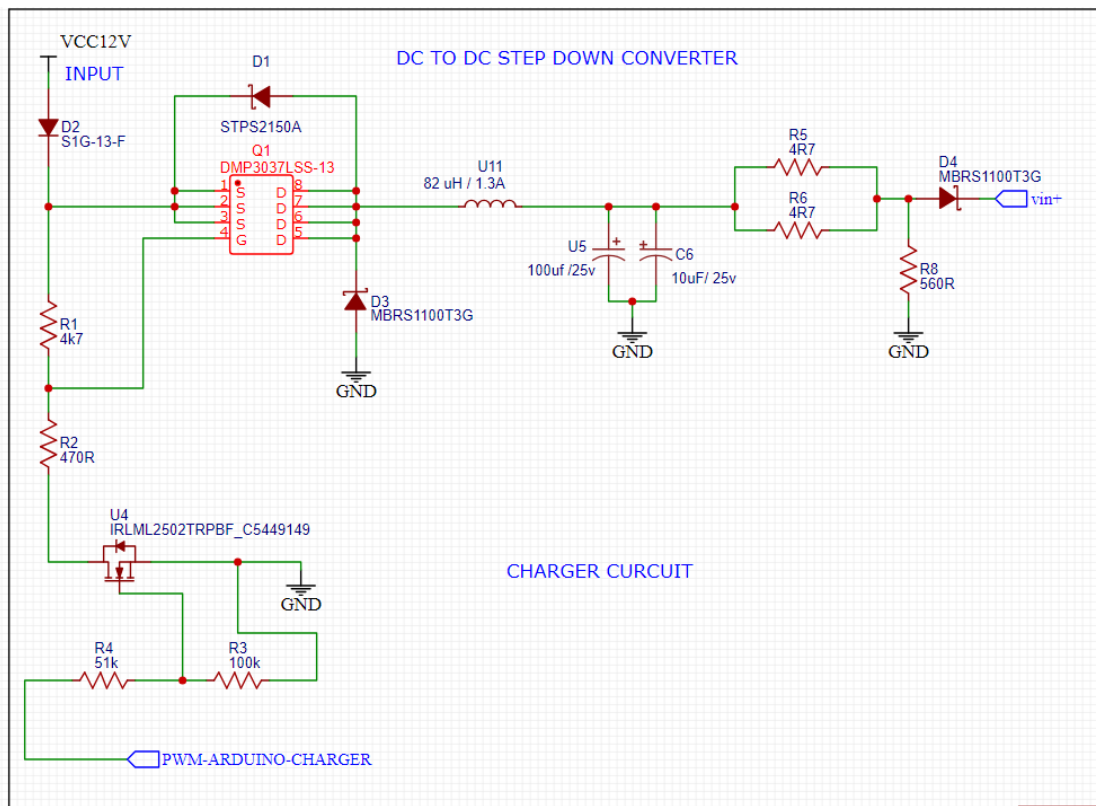
1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

Note: Minimum load current for regulation is 5 mA.

**Εικόνα 3.8: Αναλυτικά χαρακτηριστικά του 7805**

Οπότε έπειτα από την ανάλυση προκύπτει ότι ο συγκεκριμένος regulator μας καλύπτει σε απαιτήσεις και σε θόρυβο εφόσον είναι γραμμικός και δεν παράγει καθόλου θόρυβο . Ένα σημείο που θα πρέπει να σχολιάσουμε και να προσέξουμε είναι η τάση εισόδου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 volt περισσότερο από την τάση εξόδου άρα στα 7 volt το λιγότερο . Στο κύκλωμα που σχεδιάσαμε η τάση εισόδου είναι 12 volt οπότε δεν προκύπτει κάποιο πρόβλημα . Επίσης το μέγιστο ρευμα που θα χρειαστούμε στο σημείο της αποφόρτισης είναι 100 mA οπότε λειτουργεί στο 1/8 ενώ στην κατάσταση φόρτισης όχι επάνω από 300 mA . Δηλαδή λειτουργεί στα 3 /8 .

### 3.4 Κύκλωμα φορτιστή



Εικόνα 3.9: Κύκλωμα Φορτιστή

Στην εικόνα 3.9 βλέπουμε το πλήρες ηλεκτρονικό κύκλωμα του φορτιστή της κατασκευής μας . Είναι ένας σύγχρονος έξυπνος φορτιστής ο οποίος αποτελείται από ένα κύκλωμα dc to dc buck converter. Πριν περάσουμε στην αναλυτική επεξήγηση του κυκλώματος . Θα θυμηθούμε την βασική θεωρία των κυκλωμάτων αυτών .

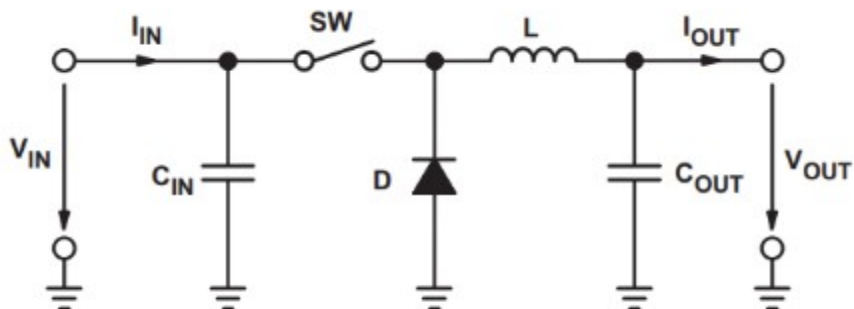
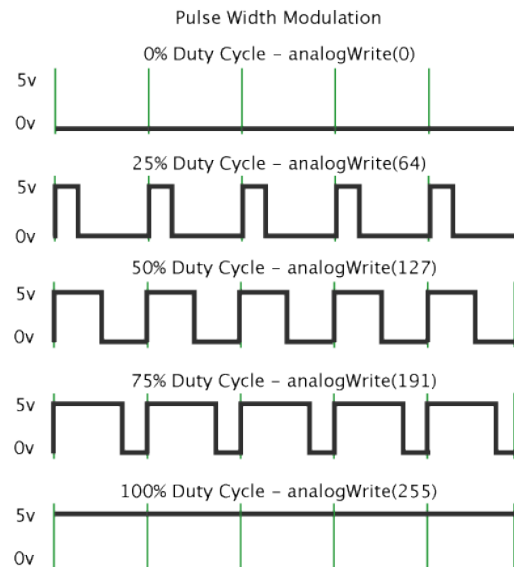


Figure 1. Buck Converter Power Stage

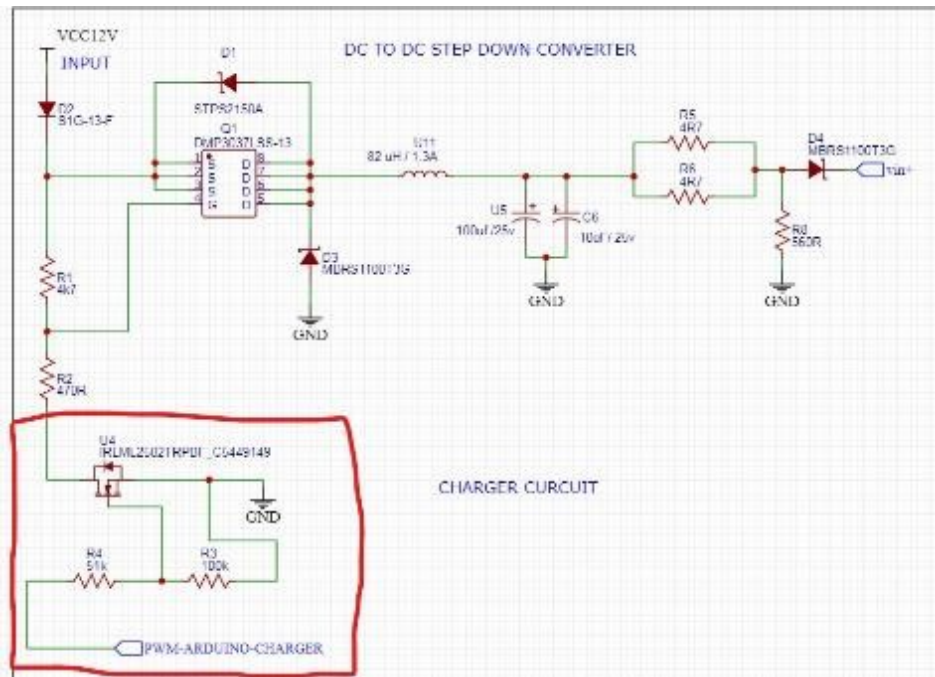
Εικόνα 3.10: Βασικό κύκλωμα DC-DC buck converter

Το βασικό κύκλωμα (εικόνα 3.10). Αποτελείτε από δυο πυκνωτές CIN ,COUT έναν διακόπτη SW που έχει το ρολό του fet μια δίοδο D και ένα πηνίο L . Ο διακόπτης ελέγχεται από ένα τετραγωνικό παλμό διαμορφωμένο κατά εύρος παλμού . Αυτό σημαίνει ότι η συχνότητα είναι σταθερή και αλλάζει μονό το εύρος του παλμού δηλαδή το πόσο τις εκατό θα καταλαμβάνει ο παλμός στο θετικό μέτωπο στον ίδιο χρόνο (εικόνα 3.11).<sup>[7]</sup>



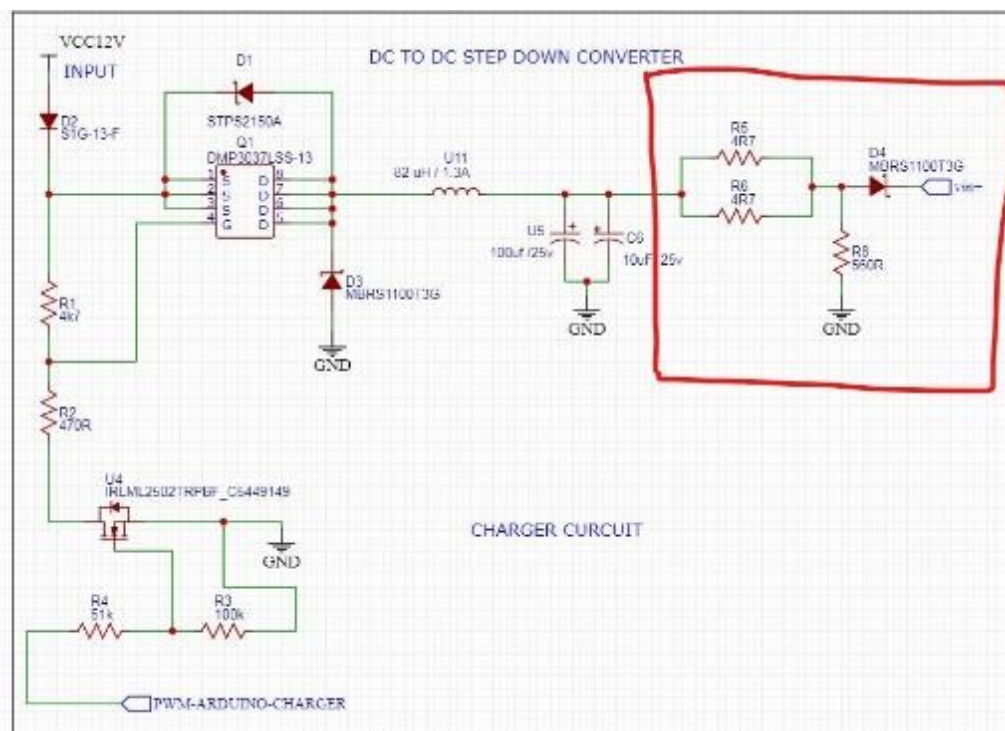
Εικόνα 3.11: Διαμόρφωση εύρος παλμού

Οπότε το κύκλωμα μας χωρίζεται σε δύο χρονικές καταστάσεις, όταν ο διακόπτης SW είναι κλειστός τότε το ρεύμα διέρχεται μέσω του πηνίου L φορτίζει τον πυκνωτή Cout και καταλήγει στην γη. Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός τότε αλλάζει η πολικότητα του πηνίου λόγω της αυτεπαγωγής που δημιουργείται και πλέον το ρεύμα διέρχεται μέσω της διόδου D προς την γη, η δίοδος έχει πάντα ένα δυναμικό περίπου 0.7V και έτσι δεν έχουμε βραχυκύκλωμα . Το φαινόμενο αυτό είναι περιοδικό σε συγκεκριμένη συχνότητα της τάξης των KHz η και MHz σε ορισμένες περιπτώσεις.Πλέον ξοδεύουμε ενεργεία διακοπόμενα προς την γη και η σταθερή πηγή vin γίνεται μεταβλητή .Το αποτέλεσμα είναι να μεταβάλλουμε την τάση προς τα κάτω σε σχέση με την αρχική τάση εισόδου .



Εικόνα 3.12: Κύκλωμα driver του mosfet

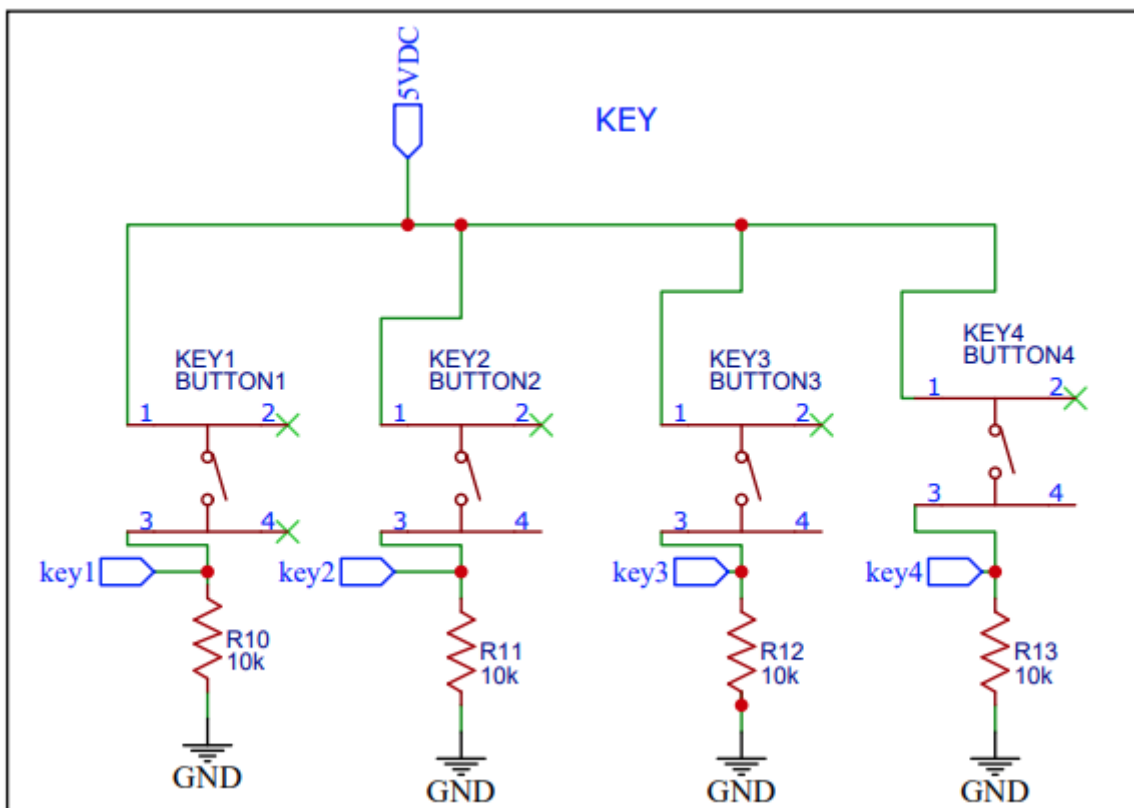
Στην εικόνα 3.12 παρατηρούμαι το κύκλωμα οδήγησης του mosfet ισχύος μέσω του οποίου εκτελείται η φόρτιση. Μέσα απο τον παλμό που δίνουμε απο το Arduino ανοιγοκλείνουμε το mosfet U4 με συχνότητα που ορίζουμε εμείς, το οποίο στη συνέχεια θα ανοικλείνει το mosfet Q1.



Εικόνα 3.13: Κύκλωμα προστασίας ρεύματος και ανάστροφης τάσης

Στην εικόνα 3.13 παρατηρούμε το κύκλωμα προστασίας ρεύματος και ανάστροφης τάσης. Το κύκλωμα αυτό αποτελείται από μια δίοδο και τρεις αντιστάσεις και φροντίζει ώστε να μην περάσει ρεύμα από την μπαταρία προς τον φορτιστή. Κλείνοντας το κεφάλαιο του φορτιστή αξίζει να σημειωθεί ότι οι διόδους που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατηγορίας Schotkky και αυτό γιατί οι συγκεκριμένες διόδους υπερτερούν σε σχέση με τις κανονικές διόδους όταν μιλάμε για μεγάλες συχνότητες.

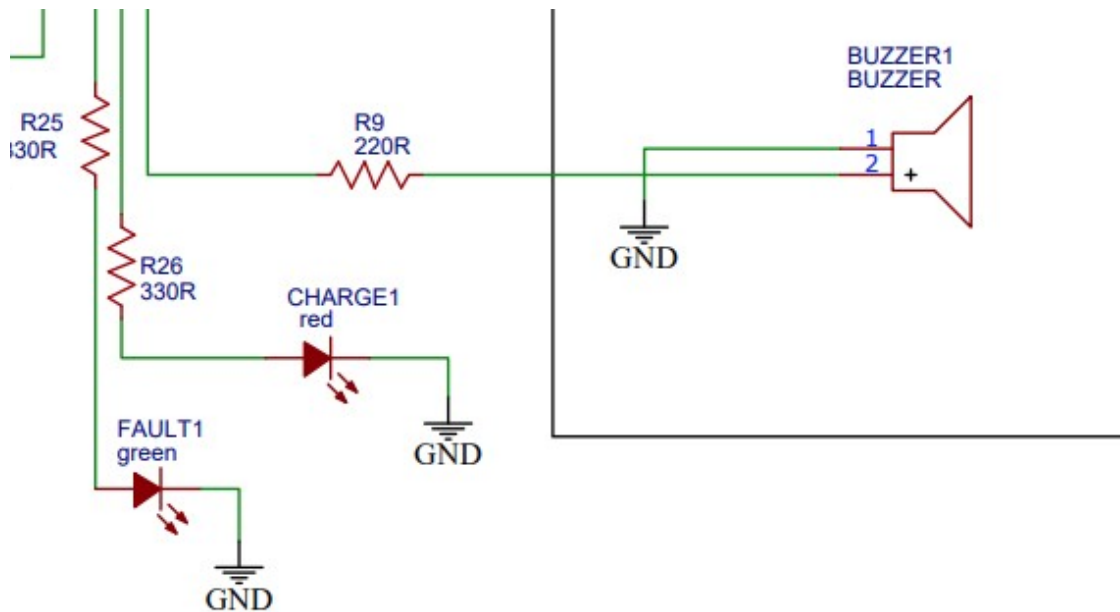
### 3.5 Το πληκτρολόγιο



Εικόνα 3.14: Το πληκτρολόγιο

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε ένα δικτύωμα αντιστάσεων και διακοπών. Πρόκειται για ένα πολύ απλό κύκλωμα το οποίο βασίζεται σε τέσσερις διακόπτες οι οποίοι είναι ο καθένας σε σειρά με 4 αντιστάσεις των 10KΩ και τροφοδοτούνται από την τάση 5VDC που μας δίνει το κύκλωμα του regulator. Όταν για παράδειγμα ο διακόπτης Button 1 είναι ανοιχτός τότε δεν υπάρχει τάση πάνω στην αντίσταση R10 σε συνέχεια το Arduino στο σημείο key1 βρίσκεται σε κατάσταση LOW. Αντίθετα όταν ο ίδιος διακόπτης είναι κλειστός τότε τα 5VDC φτάνουν στην αντίσταση με αποτέλεσμα στο σημείο key 1 να βρίσκεται σε κατάσταση HIGH.

### 3.6 Τα ενδεικτικά LED και το BUZZER

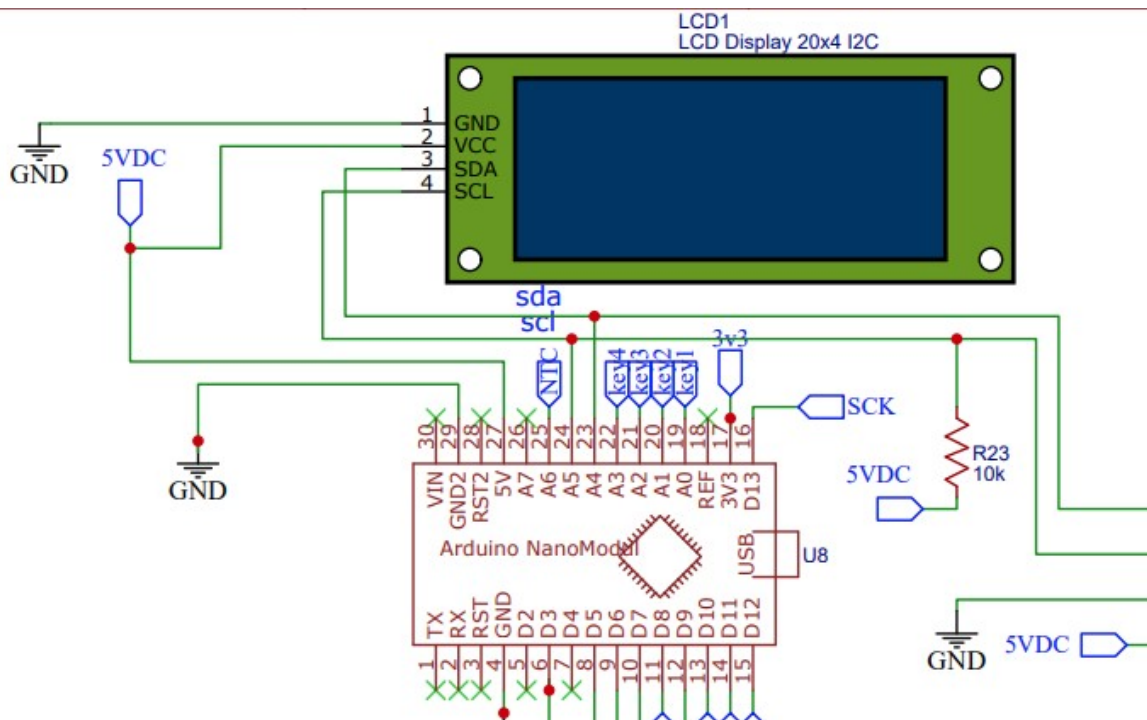


Εικόνα 3.15: Τα ενδεικτικά Led και το Buzzer

Για την υλοποίηση της κατασκευής χρειαζόμαστε δύο Led τα οποία θα απεικονίζουν την κατάσταση που βρισκόμαστε, το πράσινο LED θα αναβοσβήνει κάθε φορά που βρισκόμαστε σε κατάσταση φόρτισης ή αποφόρτισης ενώ το κόκκινο led θα ανάβει σε περίπτωση που βρεθεί κάποιο σφάλμα στην διαδικασία είτε της φόρτισης είτε της αποφόρτισης. Επίσης προστέθηκε και ένα buzzer το οποίο θα ηχεί κάθε φορά που πατάμε ένα κουμπί απο το πληκτρολόγιο και κάθε φορά που τελειώνει κάποια απο τις βασικές λειτουργίες της κατασκευής μας.

### 3.7 Η οθόνη και η τεχνολογία I2C

Για την απεικόνιση των δεδομένων μας επιλέξαμε την χρήση μιας οθόνης LCD 20x4 αυτό σημαίνει ότι μπορεί να εμφανίσει 20 στήλες και 4 γραμμές, η οθόνη χωρίς την χρήση κάποιου module συνδέεται παράλληλα με το Arduino Nano αυτό όμως θα δεσμεύσει αρκετές εξόδους από τον μικροελεγκτή μας για αυτό και η επικοινωνία της οθόνης θα γίνει με τον διάλογο επικοινωνίας I2C για τον οποίο θα γίνει επεξήγηση παρακάτω.



Εικόνα 3.16: Συνδεσμολογία της οθόνης

Ο διάλογος I2C της Philips (Inter-IC ή I<sup>2</sup>C) είναι ένα σειριακό πρωτόκολλο επικοινωνίας που σχεδιάστηκε από την Philips (τόρα NXP Semiconductors) στα αρχές της δεκαετίας του 1980. Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μικροελεγκτών με διάφορα περιφερειακά σε ένα σύστημα, επιτρέποντας την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών εξαρτημάτων με ελάχιστη καλωδίωση.

## Βασικά Χαρακτηριστικά του I<sup>2</sup>C:

- 1.Σειριακό Πρωτόκολλο: Το I<sup>2</sup>C είναι σειριακό πρωτόκολλο, το οποίο σημαίνει ότι τα δεδομένα μεταφέρονται bit προς bit μέσω μιας γραμμής δεδομένων.
- 2.Διευθυνσιοδότηση: Χρησιμοποιεί 7-bit ή 10-bit διευθύνσεις για την αναγνώριση των συσκευών στο δίκτυο.
- 3.Διπολική Επικοινωνία: Έχει δύο γραμμές επικοινωνίας, τη γραμμή δεδομένων (SDA) και τη γραμμή ρολογιού (SCL).
- 4.Μεικτές Τάσεις: Υποστηρίζει λειτουργία με διάφορες τάσεις λειτουργίας, κάνοντάς το κατάλληλο για συστήματα χαμηλής τάσης.
- 5.Multi-Master και Multi-Slave: Υποστηρίζει πολλαπλούς κεντρικούς (master) και περιφερειακούς (slave) συσκευές στο ίδιο δίκτυο.
- 6.Ταχύτητες Μεταφοράς: Έχει διάφορους τρόπους λειτουργίας, όπως Standard-mode (έως 100 kbps), Fast-mode (έως 400 kbps), Fast-mode Plus (έως 1 Mbps), και High-speed mode (έως 3.4 Mbps).

## Δομή και Λειτουργία του I<sup>2</sup>C:

Το I<sup>2</sup>C πρωτόκολλο χρησιμοποιεί δύο βασικές γραμμές:

- SDA (Serial Data Line): Μεταφέρει δεδομένα μεταξύ των συσκευών.
- SCL (Serial Clock Line): Παρέχει τον ρυθμό ρολογιού για τη συγχρονισμένη μεταφορά δεδομένων.

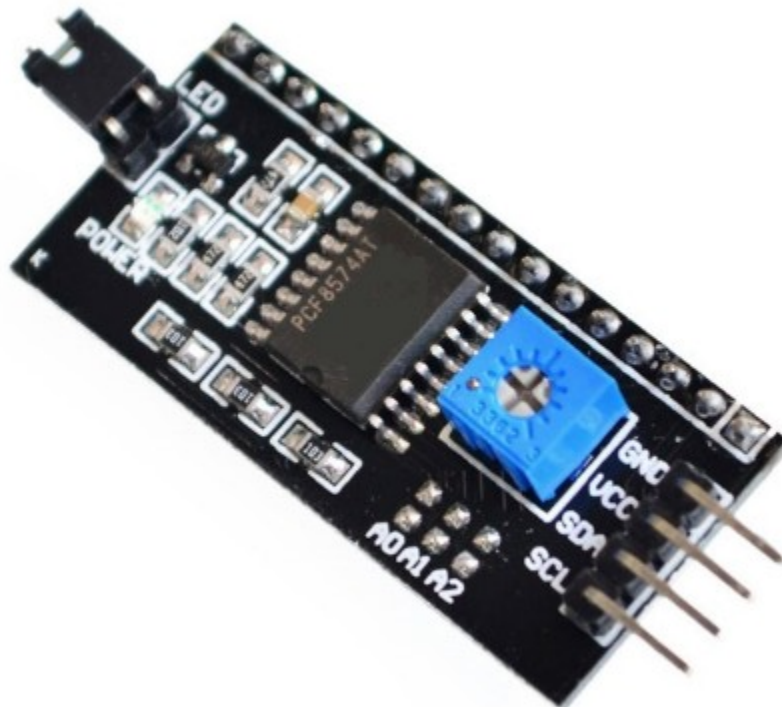
Σε ένα τυπικό I<sup>2</sup>C δίκτυο, ο κεντρικός (master) ξεκινά την επικοινωνία δημιουργώντας μια συνθήκη εκκίνησης (start condition) και την ολοκληρώνει με μια συνθήκη τερματισμού (stop condition). Οι συσκευές περιφερειακά (slaves) αναγνωρίζονται από τη μοναδική τους διεύθυνση και επικοινωνούν με τον κεντρικό με βάση τις εντολές που λαμβάνουν.

## Πλεονεκτήματα του I<sup>2</sup>C:

- 1.Μείωση Καλωδίωσης: Μόνο δύο γραμμές είναι απαραίτητες για την επικοινωνία με πολλαπλές συσκευές.
- 2.Απλή Ενσωμάτωση: Η δυνατότητα να προσθέτεις και να αφαιρείς συσκευές εύκολα.
- 3.Ευέλικτο και Επεκτάσιμο: Υποστηρίζει μεγάλο αριθμό συσκευών με διαφορετικές ταχύτητες και διευθύνσεις.
- 4.Εξοικονόμηση Ενέργειας: Η δυνατότητα να λειτουργεί με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε φορητές και ενσωματωμένες εφαρμογές.

Εφαρμογές του I<sup>2</sup>C:

- Μικροελεγκτές: Χρήση για τη σύνδεση αισθητήρων, LCD οθονών, EEPROM και άλλων περιφερειακών.
- Καταναλωτικά Ηλεκτρονικά: Χρησιμοποιείται σε τηλεοράσεις, κινητά τηλέφωνα και άλλες συσκευές για επικοινωνία μεταξύ των υποσυστημάτων.
- Ιατρικές Συσκευές: Συνδέει διάφορους αισθητήρες και μονάδες ελέγχου.
- Αυτοματισμός και Έξυπνα Σπίτια: Δυνατότητα διασύνδεσης πολλών αισθητήρων και συσκευών ελέγχου.



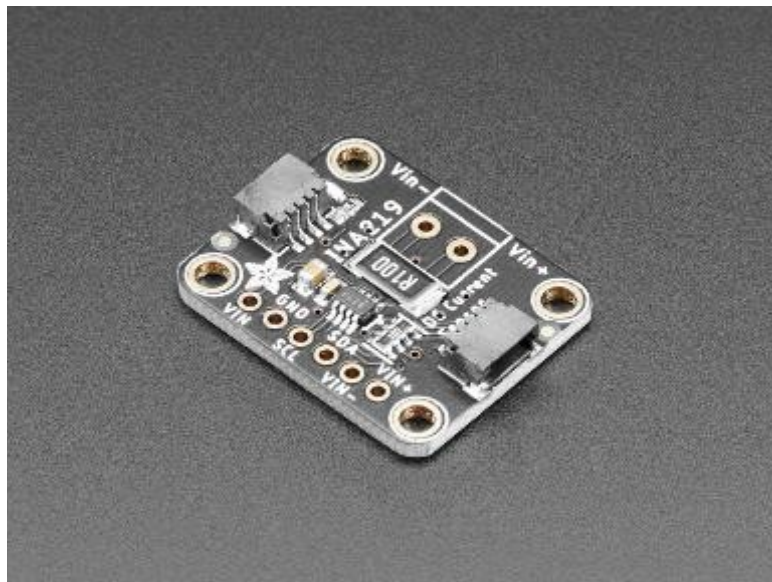
Εικόνα 3.17: I2C module για LCD

### 3.8 Κύκλωμα μέτρησης με το INA219

Για την μέτρηση ρεύματος και τάσης χρησιμοποιήσαμε ένα έτοιμο αισθητήρα ακριβείας σε μορφή module από την εταιρία Adafruit (Εικόνα 3.18) . Έτσι κερδίσαμε πολλά πλεονεκτήματα έναντι εάν κατασκευάζαμε εμείς τα κυκλώματα από την αρχή . Η Adafruit είναι μια ειδικευμένη εταιρία που αναπτύσσει hardware , βιβλιοθήκες και Firmware για διάφορα αναπτυξιακά module με μεγάλη αξιοπιστία.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα είναι :

- Μικρό μέγεθος αισθητήρα .
- Βιβλιοθήκες άμεσα προσβάσιμες για να τις καλέσουμε .
- Αξιοπιστία μετρήσεων .
- Επικοινωνία με δίαυλο i2c μόνο 2 καλώδια data συν δυο για τροφοδοσία.
- Πολλά παραδείγματα στο internet με αναλυτικές οδηγίες .
- Μικρό κόστος αγοράς κάτω από 10 δολάρια.
- Ακρίβεια μετρήσεων κάτω από 1%.



Εικόνα 3.18: INA219 module

Βασικά χαρακτηριστικά Module :

- Τάση λειτουργίας max 5 V.
- Μέγιστη τάση μετρήσεως (εισόδου) 26 V.
- Μέγιστο ρεύμα μετρήσεως (εισόδου ,εξόδου ) +/- 3.2 A.
- Ακρίβεια μετρήσεων 1% και στο ρεύμα και στην τάση.
- Επιλογή calibration για ανάλογες τάσεις και ρεύματα.
- Αυτόματη αναγνώριση πολικότητας τάσης και ρεύματος .
- Πρωτόκολλο διασύνδεσης και επικοινωνίας ic2 .

Παρακάτω στην εικόνα 3.19 .Παρατηρούμε την βασική πόλωση και το block διάγραμμα του INA219 .

#### Feature Description (continued)

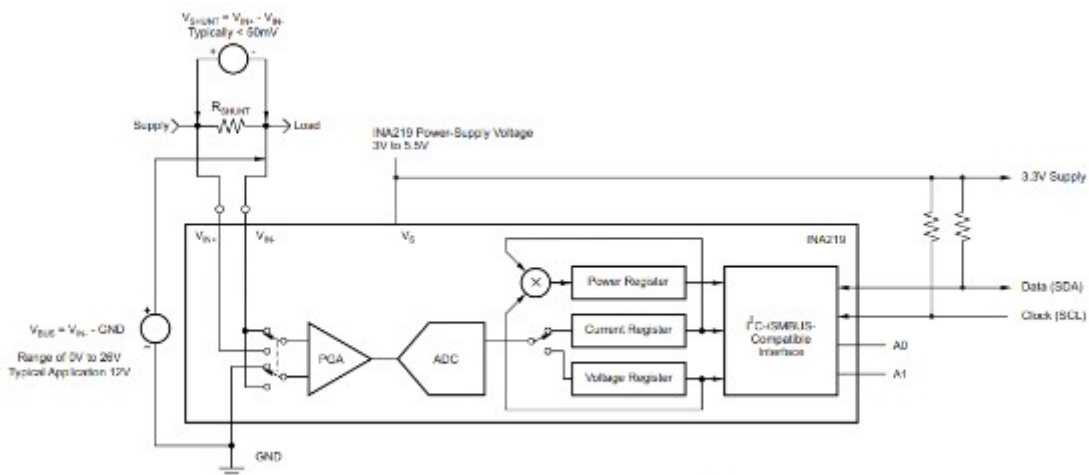


Figure 13. INA219 Configured for Shunt and Bus Voltage Measurement

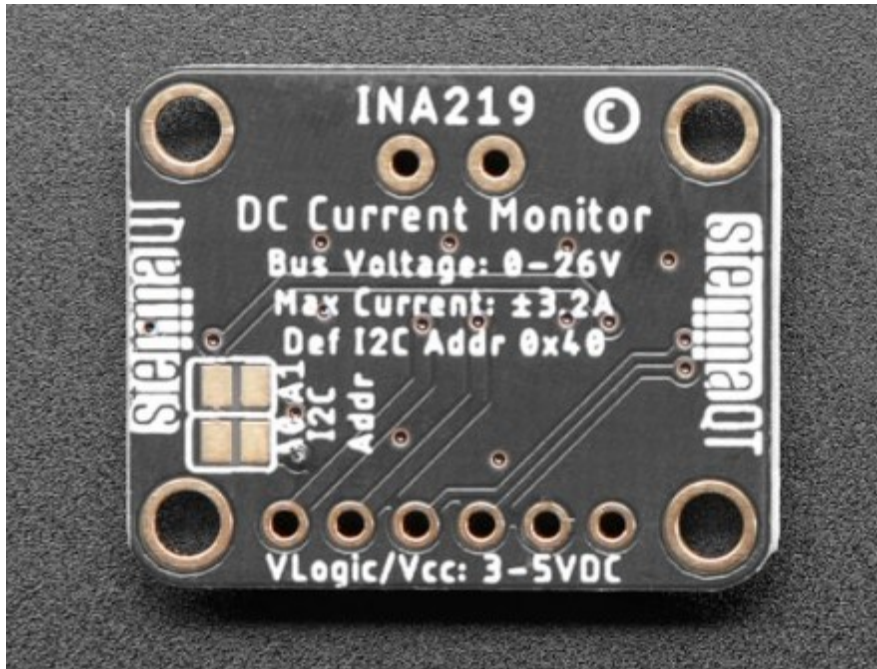
Εικόνα 3.19: Block διαγραμμα INA219

Πως λειτουργει:

Ένας ενισχυτής ακριβείας μετρά την τάση στην αντίσταση αίσθησης 0,1 ohm, 1%. Δεδομένου ότι η μέγιστη διαφορά εισόδου του ενισχυτή είναι  $\pm 320\text{mV}$ , αυτό σημαίνει ότι μπορεί να μετρήσει έως και  $\pm 3,2$  Amps. Με το εσωτερικό ADC 12 bit, η ανάλυση στο εύρος  $\pm 3,2\text{A}$  είναι 0,8 mA. Με το εσωτερικό κέρδος ρυθμισμένο στο ελάχιστο του  $\text{div}8$ , το μέγιστο ρεύμα είναι  $\pm 400\text{mA}$  και η ανάλυση είναι 0,1mA. Οι προχωρημένοι ηλεκτρονικοί μπορούν να αφαιρέσουν την αντίσταση αίσθησης ρεύματος 0,1 ohm και να την αντικαταστήσουν με τη δική τους για να αλλάξουν το εύρος (ας πούμε 0,01 ohm για να μετρήσουν 32 Amps με ανάλυση 8 mA) .

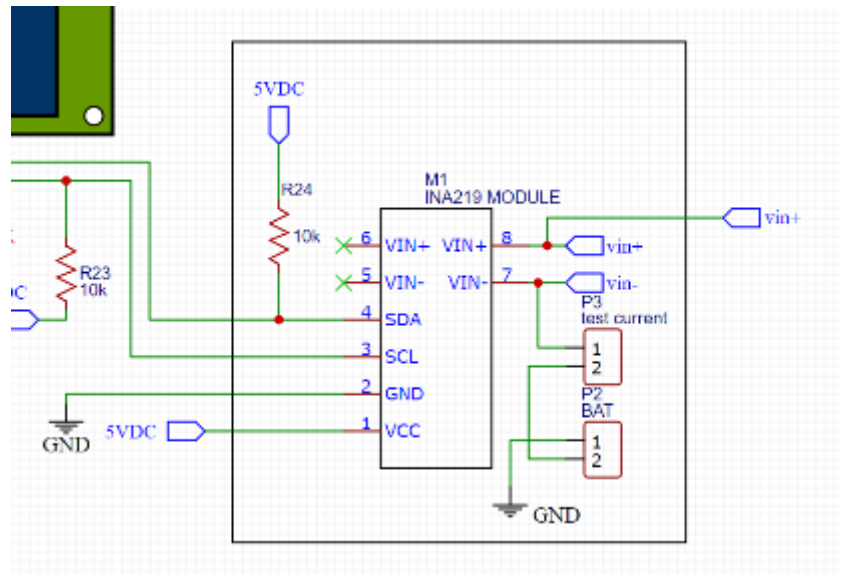
Διευθύνσεις I2C βασισμένες στα jumper του INA219 (εικόνα 3.20)

- Προεπιλογή = 0x40
- **A0** συγκολλημένο = 0x41
- **A1** συγκολλημένο = 0x44
- **A0** και **A1** συγκολλημένα = 0x45



Εικόνα 3.20: Jumper διευθύνσεων του INA219

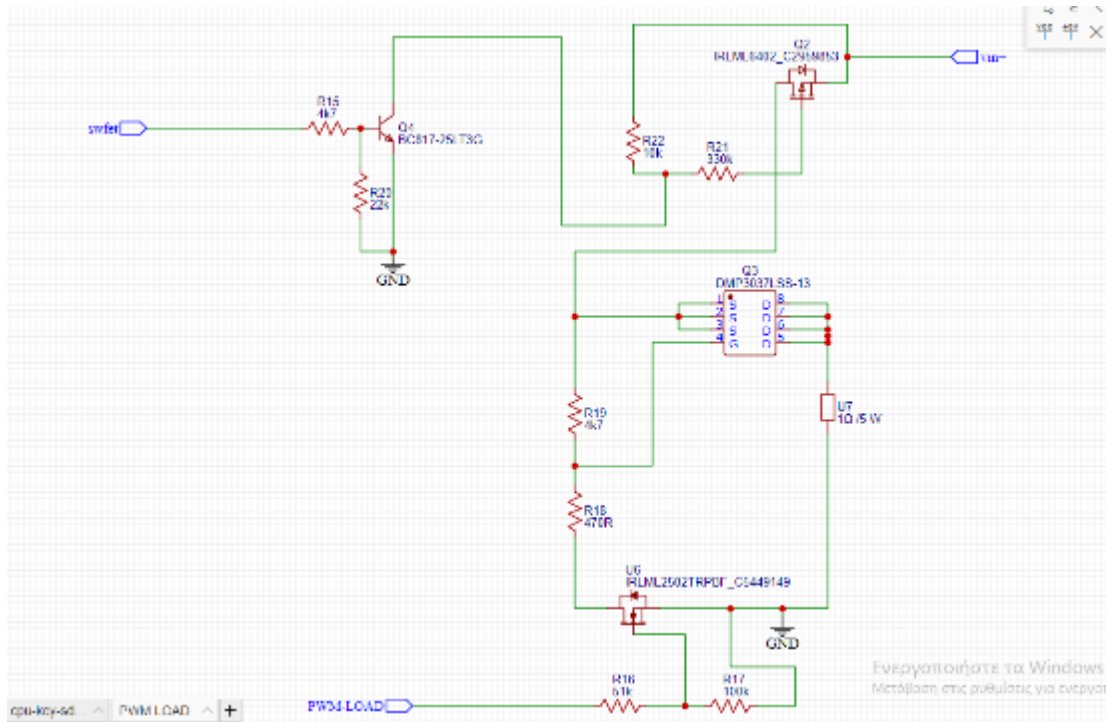
Στην εικόνα 3.21 διακρίνουμε πως είναι συνδεδεμένο το module έτσι ώστε να μπορεί να μετρήσει το ρεύμα και την τάση τόσο στην λειτουργία φόρτισης όσο και στην λειτουργία αποφόρτισης. Επίσης διακρίνουμε ότι είναι σε σειρά συνδεδεμένο με τον φορτιστή και την μπαταρία P2 BAT. Έτσι για να καταφέρουμε να απομονώσουμε την φορτιστή από την αποφόρτιση χρησιμοποιούμε ένα fet Q2 σε ρόλο διακόπτη για απομονώσει των συνδέσεων. Σε σειρά έχουμε και μια κλεμα P3 έτσι ώστε να μπορούμε να συνδέουμε ένα αμπερόμετρο για την σύγκριση ρεύματος σε κατάσταση test. Έτσι όταν είμαστε σε λειτουργία φόρτισης ο διακόπτης Q2 είναι ανοιχτός δεν περνάμε ρεύμα έτσι το ρεύμα περνά μέσω του φορτιστή. Επίσης όπως διακρίνουμε στην εικόνα 3.13 στο κύκλωμα του φορτιστή υπάρχει μια διάδος για να εμποδίσει να περάσει ρεύμα από την μπαταρία προς το κύκλωμα φόρτισης. Όταν είμαστε σε λειτουργία αποφόρτισης ο φορτιστής είναι κλειστός και το fet Q2 είναι αγωγίμο οπότε το ρεύμα διαρρέει από την μπαταρία πλέον προς το κύκλωμα αποφόρτισης.



Εικόνα 3.21: Συνδεσμολογία INA219

### 3.9 Κύκλωμα αποφόρτισης

Στην εικόνα 3.22 παρατηρούμε το κύκλωμα τις αποφόρτισης . Όπως διακρίνουμε στο μεγαλύτερο ποσοστό μοιάζει με το κύκλωμα του φορτιστή τόσο στις τιμές των υλικών όσο και την συνδεσμολογία . Η κύρια διαφορά είναι ότι πλέον δεν έχουμε τελικό κύκλωμα dc to dc buck converter . Το τελικό μας κύκλωμα είναι ένα fet ισχύος Q3 σε σειρά με μια ισχύος αντίσταση  $1\Omega / 10\text{ watt}$  U7 συνδεδεμένη προς την γη .Επίσης έχουμε ένα τρανζίστορ Q4 σε λειτουργία διακόπτη driver το οποίο οδηγεί ένα fet το Q2 και αυτό είναι σε λειτουργία διακόπτη αλλά με μεγαλύτερη ισχύ ρεύματος διέλευσης .



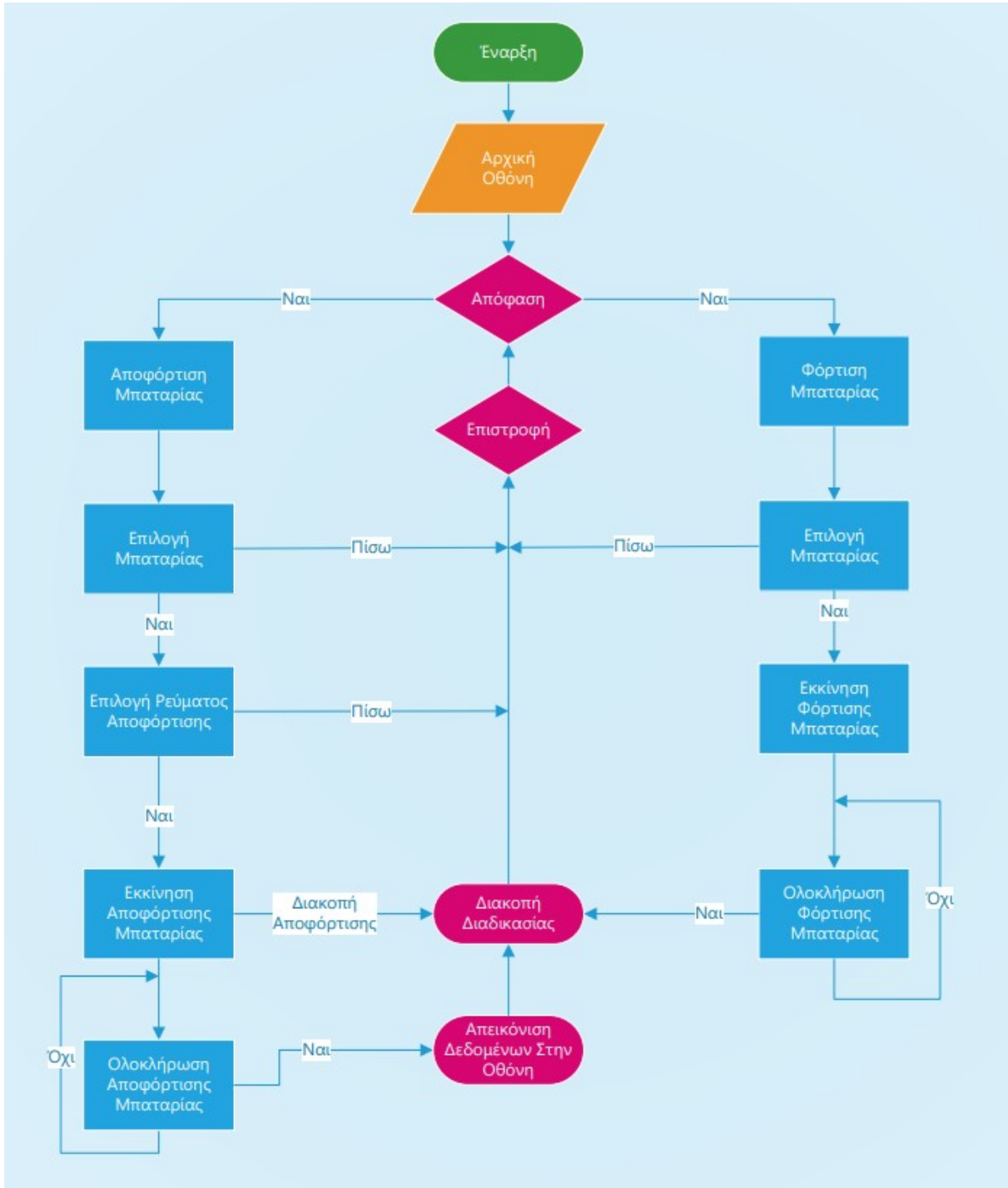
Εικόνα 3.22: Κύκλωμα αποφόρτισης

Στην συνέχεια ακολουθεί η επεξήγηση της λειτουργίας του κυκλώματος. Στην αντίσταση R16 εφαρμόζεται ένας παλμός pwm με ποσοστό duty cycle περίπου από 11 – 13%. Αυτό εξαρτάται από την τάση της μπαταρίας στην ανάλογη χρονική στιγμή. Για να μην διαρρέει ρεύμα προς το κύκλωμα του φορτιστή παρόλο που έχει δίοδο για προστασία και για το λόγο ότι έχει κοινό σημείο συνδέσεις το σημείο vin+ με το κύκλωμα της αποφόρτισης. Τα οποία και τα δυο καταλήγουν στη μέτρηση τάσης και ρεύματος του ina 219. Χρησιμοποιήσαμε ένα διακόπτη. Όταν η εντολή sw fet γίνει HIGH στο arduino κατάσταση αποφόρτισης. Τότε ένα ρεύμα διαρρέει μεταξύ βάσης και εκπομπού του τρανζίστορ Q4 και αυτό πολώνεται στο κόρο σε λειτουργία διακόπτη. Έτσι ενώ το mosfet Q2 ήταν απενεργοποιημένο λόγω της θετικής τάσης που είχε στην πύλη του gate. Τώρα έχει μια χαμηλότερη τάση σχεδόν στο σημείο μηδέν. Ο λόγος είναι ότι ένα ρεύμα πλέον διαρρέει από την αντίσταση πόλωσης του mosfet R22 μέσω τις επαφής ce του Q4 προς την γη. Το αποτέλεσμα είναι να γίνετε αγωγίμο το mosfet Q2. Η τάση τις μπαταρίας πλέον περνά στο source του mosfet Q3. Όλο το ρεύμα  $I_{bat}$  διαρρέετε μέσω της μπαταρίας από το fet Q2 προς το fet Q3 και της αντίστασης u7 ως προς την γη. Το πόσο ρεύμα θα περάσει εξαρτάται από το duty cycle του παλμού pwm Load που εφαρμόζεται στο driver u6. Ο λόγος που θέλουμε να ελέγχουμε το ρεύμα είναι ότι όσο μειώνετε η τάση της μπαταρίας λόγω της αποφόρτισης πρέπει να έχουμε σταθερό ρεύμα αποφόρτισης. Έτσι θα έχουμε και σωστό ποσοστό υπολογισμού στις πράξεις βάση του χρόνου για την αυτονομία της μπαταρίας.

Μπορούμε να φανταστούμε ότι το Q3 mosfet πλέον λειτουργεί σαν μια μεταβλητή αντίσταση όσο μεγαλύτερο duty cycle εφαρμόζεται στο u6 τόσο μικραίνει η αντίσταση μεταξύ source και drain του Q3 και μεγαλώνει επίσης το ρεύμα ως προς την γη . Οπότε η αντίσταση u7 είναι σε σειρά με το fet Q3 διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα . Αλλά όσο μεγαλώνει το ρεύμα τόσο μεγαλύτερες θερμικές απώλειες έχουμε όποτε η θερμότητα μοιράζεται πλέον μέσω τις αντίστασης και του fet . Μετρώντας συνεχόμενα το ρεύμα μέσω του ina 219 στο σημείο vin+ διορθώνουμε συνέχεια το ρεύμα μέσω του παλμού Pwm load έτσι ώστε να καταφέρνουμε να το κρατάμε σταθερό παρόλο της πτώση τάση της μπαταρίας κατά την διάρκεια του χρόνου . Τέλος έχουμε βάλει ένα όριο τάσης αποκοπής ανάλογα των τύπο της μπαταρίας . Έτσι ο χρόνος που πέρασε μετατρέπεται σε δευτερόλεπτα συνολικά και πολλαπλασιάζεται με το ρεύμα αποφόρτισης το οποίο το θεωρούμε σταθερό . Διαιρούμε με τον αριθμό 3600 που είναι μια ώρα σε δευτερόλεπτα και έτσι γνωρίζουμε την χωρητικότητα της μπαταρίας σε mAh .

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: Ανάπτυξη του κώδικα

## 4.1 Block διάγραμμα του προγράμματος



Εικόνα 4.1: Block διάγραμμα του προγράμματος

Στην εικόνα 4.1 βλέπουμε το block διάγραμμα του προγράμματος, αρχικά αφού εκκινήσουμε το πρόγραμμα βρισκόμαστε στην αρχική οθόνη, στην οποία πρέπει να διαλέψουμε ποιά διαδικασία θα ακολουθήσουμε. Εάν η μπαταρία είναι φορτισμένη τότε διαλέγουμε την διαδικασία της αποφόρτισης ειδάλως για να λειτουργήσει σωστά η διαδικασία και να πάρουμε ακριβή αποτελέσματα πρέπει πρώτα να διαλέξουμε την διαδικασία της φόρτισης. Στην συνέχεια θα αναλύσουμε μερικά απο τα βασικά κομμάτια του κώδικα.

## 4.2 Αρχική οθόνη

Εκκινώντας την συσκευή εκτελείται η ρουτίνα `system_init` η οποία περιέχει την ρουτίνα `first_texts` στην οποία απεικονίζονται στην οθόνη τα αρχικά μηνύματα

```
void First_Texts()
{
  // 1st screen
  lcd.setCursor(3, 0);           //Set cursors on the screen
  lcd.print("International");    //Print text on the screen
  lcd.setCursor(0, 1);          // tell the screen to write on the bottom row
  lcd.print("Hellenic University");
  lcd.setCursor(7, 2);          //Set cursors on the screen
  lcd.print("Thesis");          //Print text on the screen
  lcd.setCursor(3, 3);          // tell the screen to write on the bottom row
  lcd.print("Project Degree!");
  delay(3000);
  lcd.clear(); //Clear the screen
  delay(500);

  // 2nd screen
  lcd.setCursor(5, 0);           //Set cursors on the screen
  lcd.print("Athanasios");      //Print text on the screen
  lcd.setCursor(6, 1);          // tell the screen to write on the bottom row
  lcd.print("Lakasas!");
  lcd.setCursor(4, 2);          //Set cursors on the screen
  lcd.print("Charger With");    //Print text on the screen
  lcd.setCursor(2, 3);          // tell the screen to write on the bottom row
  lcd.print("Battery Analyzer");
  delay(3000);
  lcd.clear(); //Clear the screen
  delay(500);
}
```

Εικόνα 4.2: Εμφάνιση αρχικών μηνυμάτων

## 4.3 Το μενού

Έπειτα απο τη ρουτίνα αρχικοποίησης του προγράμματος System init εκτελείται η ρουτίνα Void Loop η οποία περιέχει τη ρουτίνα System Update που εκτελείται συνεχώς

```
21 void System_Update()
22 {
23     switch (Screen)
24     {
25     case 0:
26         Main_Menu();
27         break;
28     case 1:
29         Read_INA219(INA_Samples_For_Start);
30         Show_Battery_Voltage();
31         Select_Mode();
32         break;
33     case 2:
34         Select_Battery();
35         break;
36     case 5:
37         Discharger_Is_Working();
38         break;
39     case 6:
40         Charger_Is_Working();
41         break;
42     default:
43         break;
44     }
45 }
46
```

Εικόνα 4.3: Ρουτίνα System Update

Καλώντας συνεχώς την ρουτίνα System update εκτελείται μία ρουτίνα Switch Case στην οποία περιέχει 5 διαφορετικά Case στη περίπτωση η μεταβλητή Screen παίρνει την τιμή 0 εκτελείται η ρουτίνα main menu οπου εμφανίζεται το αρχικό μενού της οθόνης και η μεταβλητη Screen παίρνει την τιμή 1 πλέον απεικονίζονται οι δύο επιλογές φόρτσης και αποφόρτσης.

```
void Main_Menu()
{
digitalWrite(RGB_LED_GREEN, LOW); //Set the pin LOW
digitalWrite(RGB_LED_RED, LOW); //Set the pin LOW
lcd.clear(); //Clear the screen
lcd.setCursor(0, 0); //Set cursors on the screen
lcd.print("Select Menu"); //Print text on the screen
lcd.setCursor(0, 1); //Set cursors on the screen
lcd.print("1)Discharge Battery"); //Print text on the screen
lcd.setCursor(0, 2); //Set cursors on the screen
lcd.print("2)Charge Battery"); //Print text on the screen
Screen = 1;
}
```

Εικόνα 4.4: Ρουτίνα Main Menu

Παίρνοντας η μεταβλητή Screen την τιμή 1 εκτελείται το δεύτερο case όπου εκτελούνται οι 3 ρουτίνες

```
Read_INA219(INA_Samples_For_Start);  
Show_Battery_Voltage();  
Select_Mode();
```

Η ρουτίνα Read INA 219 χρησιμοποιείται για την μέτρηση της τάσης της μπαταρίας έπειτα εκτελείται η ρουτίνα Show Battery Voltage η οποία απεικονίζει την τάση της μπαταρίας στην οθόνη. Επιπλέον εκτελείται η ρουτίνα select mode η οποία διαβάζει τα δύο πλήκτρα του συστήματος (Button 1-Button 2) για την επιλογή του μενού απο τον χρήστη. Πατώντας το button 1 εκτελείται λειτουργία αποφόρτισης και πατώντας το button 2 εκτελείται η λειτουργία φόρτισης

```
void Select_Mode()  
{  
  if (Discharge_Selection == false && Charge_Selection == false)  
  {  
    State_of_Button_1 = digitalRead(BUTTON_1); //Read the state of button  
    State_of_Button_2 = digitalRead(BUTTON_2); //Read the state of button  
  
    if (State_of_Button_1 == true)  
    {  
      delay(Button_Debounce);  
      Menu_For_Discharge();  
    }  
    else if (State_of_Button_2 == true)  
    {  
      delay(Button_Debounce);  
      Menu_For_Charge();  
    }  
  }  
}
```

Εικόνα 4.5: Ρουτίνα Select mode

Μπαίνοντας στο μενού της αποφόρτισης εμφανίζονται οι 3 μπαταρίες και οι μεταβλητη Discharge\_selection παίρνει την τιμή TRUE και η μεταβλητή screen παίρνει την τιμή 2 όπου θα εκτελεστεί το 3<sup>ο</sup> case της system update, διαφορετικά αν ο χρήστης επιλέξει το button 2 εκτελείται η ρουτίνα Menu for charge όπου πάλι εμφανίζοντε οι 3 μπαταρίες ενώ σε αυτή τη περίπτωση η τιμή TRUE παίρνει η μεταβλητή charge\_selection και η μεταβλητή screen παίρνει πάλι τιμή 2.

```

void Menu_For_Discharge()
{
    Charge_Selection = false;
    Discharge_Selection = false;
    Key_Buzzer();
    lcd.clear(); //Clear the screen
    lcd.setCursor(0, 0); //Set cursors on the screen
    lcd.print("Discharge    4)Back"); //Print text on the screen
    lcd.setCursor(0, 1); //Set cursors on the screen
    lcd.print("1)3,6V/1,2Ah Ni-Mh"); //Print text on the screen
    lcd.setCursor(0, 2); //Set cursors on the screen
    lcd.print("2)3,6V/3Ah Ni-Cd"); //Print text on the screen
    lcd.setCursor(0, 3); //Set cursors on the screen
    lcd.print("3)4,8V/1,2Ah Ni-Mh "); //Print text on the screen
    Discharge_Selection = true;
    Screen = 2;
}

```

Εικόνα 4.6: Ρουτίνα μενού αποφόρτισης

## 4.4 Η αποφόρτιση

Έπειτα απο την επιλογή μπαταρίας στη ρουτίνα select\_battery εκτελείται η ρουτίνα αποφόρτισης discharger\_is\_working. Εαν έχει επιλεγθεί η πρώτη ή δεύτερη μπαταρία εκτελείται η πρώτη if της ρουτινας όπου η τάση αποκοπής έχει οριστεί στα 3V και η μεταβλητή target current παίρνει την τιμή την οποία επέλεξε ο χρήστης όπου μπορεί να είναι 100,200 η 300mA. Αντιθέτως εάν επιλεγεί η Τρίτη μπαταρία η τάση αποκοπής ορίζεται στα 4V.

```

void Discharger_Is_Working()
{
    while (Discharge_Selection == true && Charge_Selection == false)
    {
        if ((bat_1_selected == true || bat_2_selected == true) && bat_3_selected == false)
        {
            Start_Discharging(BAT_CUTOFF_VOLTAGE_3V6, target_current);
        }
        else if ((bat_1_selected == false && bat_2_selected == false) && bat_3_selected == true)
        {
            Start_Discharging(BAT_CUTOFF_VOLTAGE_4V8, target_current);
        }
    }
}

```

Εικόνα 4.7: Ρουτίνα αποφόρτισης

Κατα τη διάρκεια εκφόρτισης της μπαταρία εκτελείται συνεχώς η ρουτίνα `measure_time` η οποία αυξάνει κάθε 1 δευτερόλεπτο για την μέτρηση του χρόνου αποφόρτισης της μπαταρίας. Μετρώντας το χρόνο με τη ρουτίνα `measure_time` και του ρεύματος αποφόρτισης `current_mA` υπολογίζεται η χωρητικότητα της μπαταρίας

```
Capacity = ((unsigned long)Hours * 3600) + ((unsigned long)Minutes * 60) + (unsigned long)Seconds;
Capacity_f = ((float)Capacity * current_mA) / 3600.0;
}
```

Εικόνα 4.8: Μέτρηση Χωρητικότητας Μπαταρίας

Όταν η μπαταρία φτάσει στην τάση αποκοπής που έχουμε ορίσει, ολοκληρώνεται η αποφόρτιση και απεικονίζονται τα δεδομένα μέσω της ρουτίνας `Show_Discharging_Results`.

```
while (End_Of_Discharge == 1)
{
    // show total data from discharge
    Show_Discharging_Results();
    analogWrite(DISCHARGE_PWM_PIN, 0);
    digitalWrite(DISCHARGE_SWITCH_PIN, LOW);
    State_of_Button_4 = digitalRead(BUTTON_4);
    if (State_of_Button_4 == true)
    {
        Stop_Procedure();
    }
}
```

Εικόνα 4.9: Τέλος αποφόρτισης

## 4.5 Η φόρτιση

Έπειτα απο την επιλογή μπαταρίας στη ρουτίνα `select_battery` εκτελείται η ρουτίνα φόρτισης `charger_is_working`. Αν έχει επιλεγθεί η πρώτη μπαταρία εκτελείται η ρουτίνα `Start_charging` η οποία έχει σαν ορίσματα το `BAT_TRICKLE_VOLTAGE` το οποίο έχει σαν τιμή 4.2V για την τάση της μπαταρίας και ρεύμα φόρτισης 100mA

```

void Charger_Is_Working()
{
    while (Charge_Selection == true && Discharge_Selection == false)
    {
        while (bat_1_selected == true && bat_2_selected == false && bat_3_selected == false)
        {
            target_current = CHARGE_CURRENT_100mA;
            Start_Charging(BAT_TRICKLE_VOLTAGE_3V6, target_current);
            Check_For_Open_Circuit();
            lcd.setCursor(14, 3); //Set cursors on the screen
            lcd.print("4)Stop"); //Print text on the screen
            State_of_Button_4 = digitalRead(BUTTON_4);
            if (State_of_Button_4 == true)
            {
                Stop_Procedure();
            }
        }
    }
}

```

Εικόνα 4.10: Ρουτίνα φόρτισης

Κατα την εκτέλεση της `check_for_open_circuit` διαβάζεται το ρεύμα κυκλώματος έτσι ώστε να γίνει αντιληπτή η αποσύνδεση της μπαταρία. Αν η τιμή του ρεύματος πέσει κάτω από το `absence_battery_current` το οποίο έχει οριστεί 10mA τότε η μεταβλητή `Bat_OK` παίρνει την τιμή `false` και εμφανίζεται στην οθόνη το μήνυμα `Battery Disconnected`.

```

void Check_For_Open_Circuit()
{
    if (current_mA <= ABSENCE_BATTERY_CURRENT) // check if the battery voltage is bigger from trickle voltage
    {
        lcd.clear(); //Clear the screen
        digitalWrite(RGB_LED_GREEN, LOW);
        Bat_OK = false;

        while (Bat_OK == false && (screen == 5 || screen == 6))
        {
            Read_INA219(2MA_Samples_For_Modes);
            Blink_Fault_LED();
            lcd.setCursor(5, 0); //Set cursors on the screen
            lcd.print("****Battery"); //Print text on the screen
            lcd.setCursor(2, 1); //Set cursors on the screen
            lcd.print("Disconnected****"); //Print text on the screen
            lcd.setCursor(14, 3); //Set cursors on the screen
            lcd.print("4)Stop"); //Print text on the screen
            if (current_mA > ABSENCE_BATTERY_CURRENT) // check if the battery current is bigger than absence battery current
            {
                Bat_OK = true;
            }
            // to return on start menu
            state_of_button_4 = digitalRead(BUTTON_4);
            if (state_of_button_4 == true)
            {
                Stop_Procedure();
            }
        }
    }
    else
    {
        digitalWrite(RGB_LED_RED, LOW);
        Bat_OK = true;
        Blink_Green_LED(500);
    }
}

```

Εικόνα 4.11: Έλεγχος ανοιχτού κυκλώματος

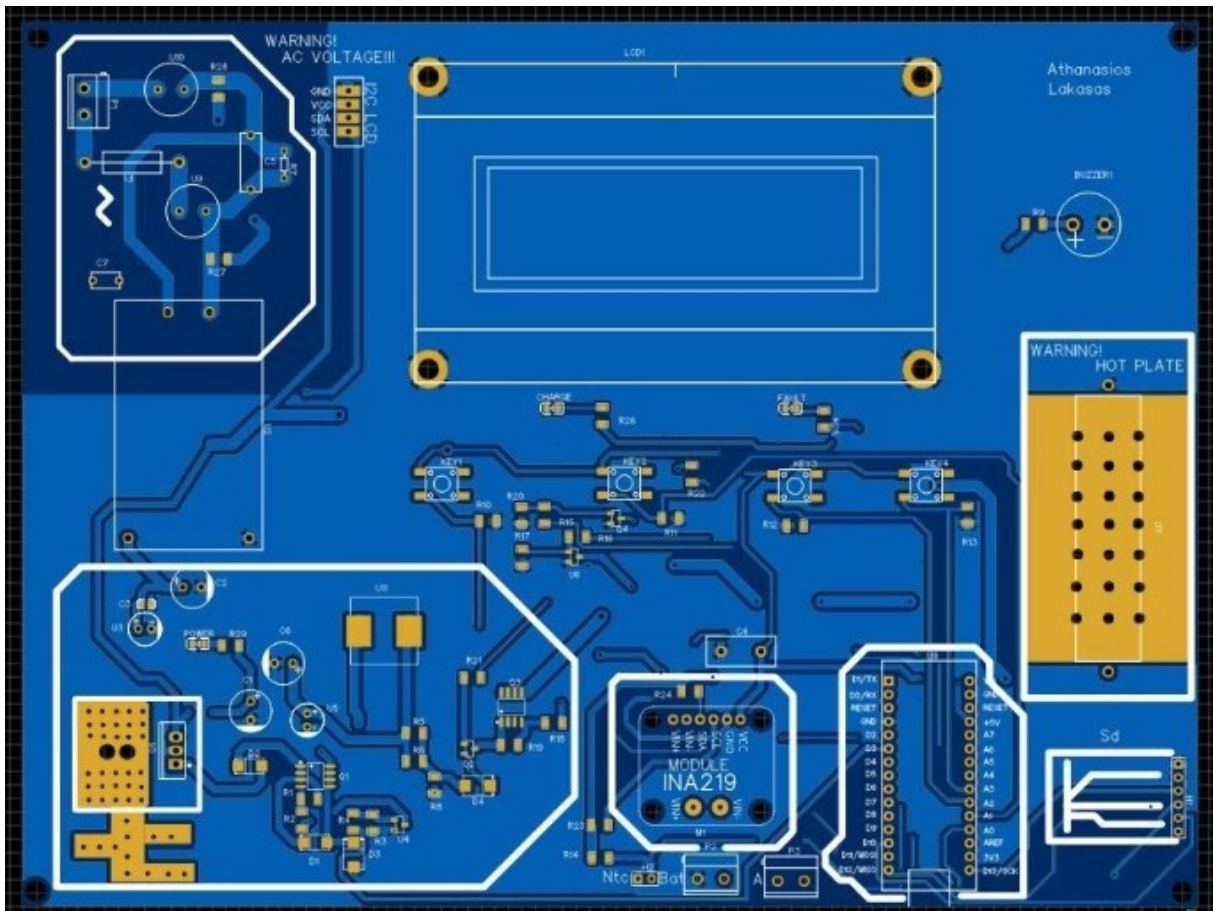
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: Υλοποίηση της κατασκευής και μετρήσεις

## 5.1 Εισαγωγή

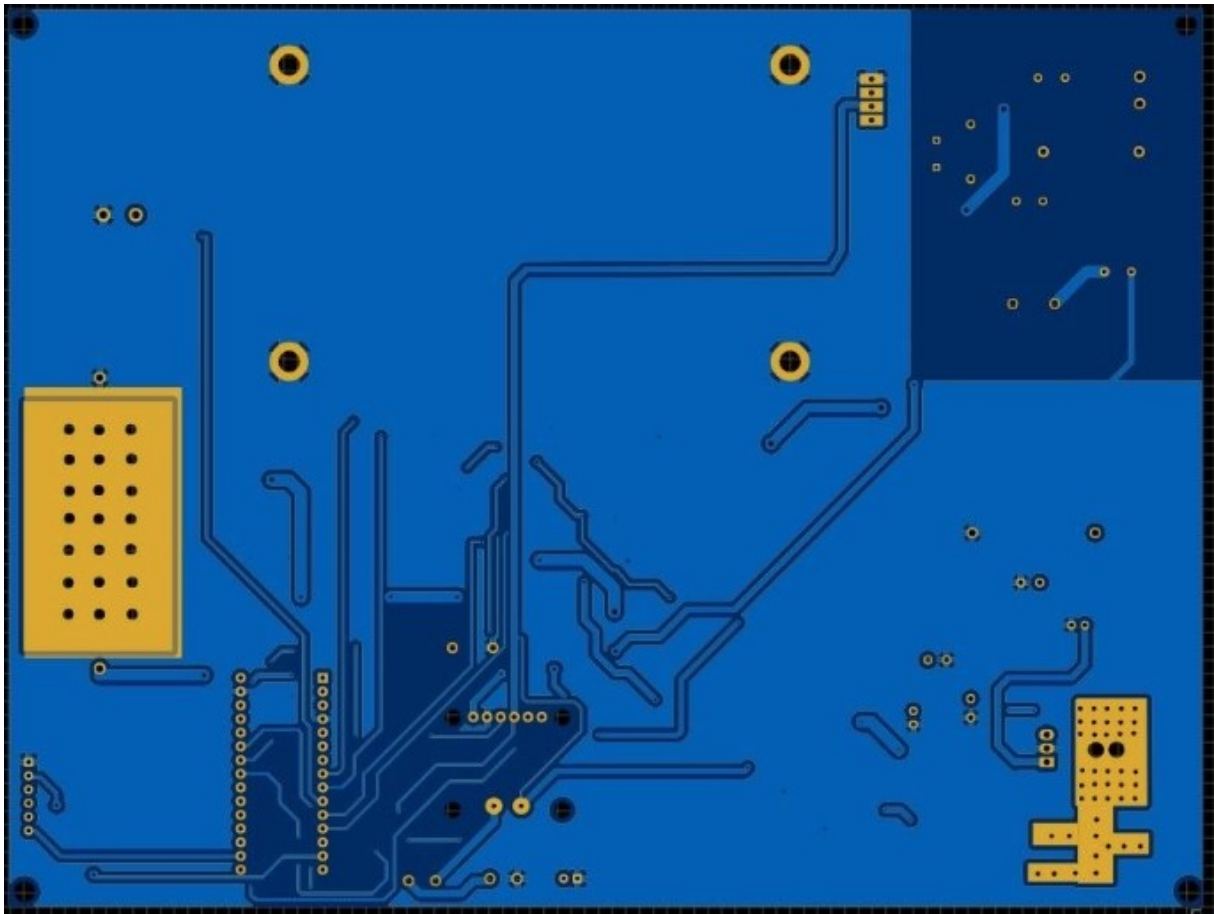
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνει μια παρουσίαση του πως σχεδιάστηκε η κατασκευή καθώς θα γίνουν και μερικές μετρήσεις με πολύμετρο για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων μας. Ταυτόχρονα θα γίνει και η παρουσίαση του πως λειτουργεί η κατασκευή

## 5.2 Σχεδίαση του PCB

Η σχεδίαση του κυκλώματος όπως και του PCB Layout έγιναν με τη χρήση της διαδικτυακής πλατφόρμας EasyEeda, το οποίο είναι μια πλατφόρμα στην οποία μπορεί κάθε μηχανικός αρχάριος και μη να σχεδιάσει και να μοιραστεί με άλλους χρήστες τα σχηματικά του. Παρακάτω φαίνεται η πλακέτα η οποία σχεδιάστηκε για το κύκλωμα μας και απο τις δύο όψεις.

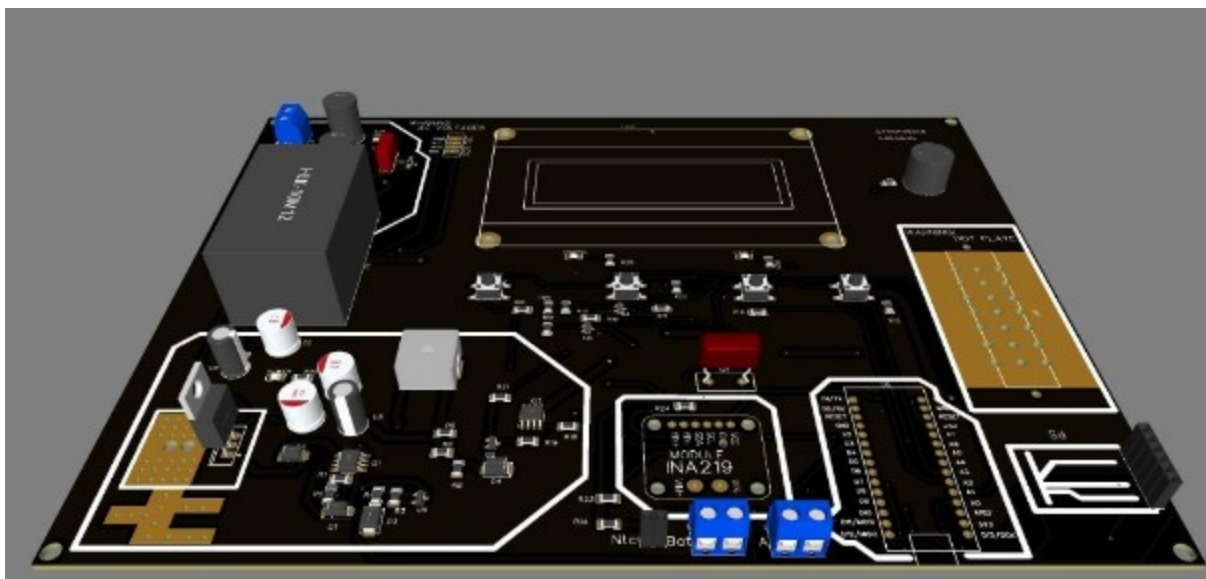


Εικόνα 5.1: Μπροστά όψη της πλακέτας

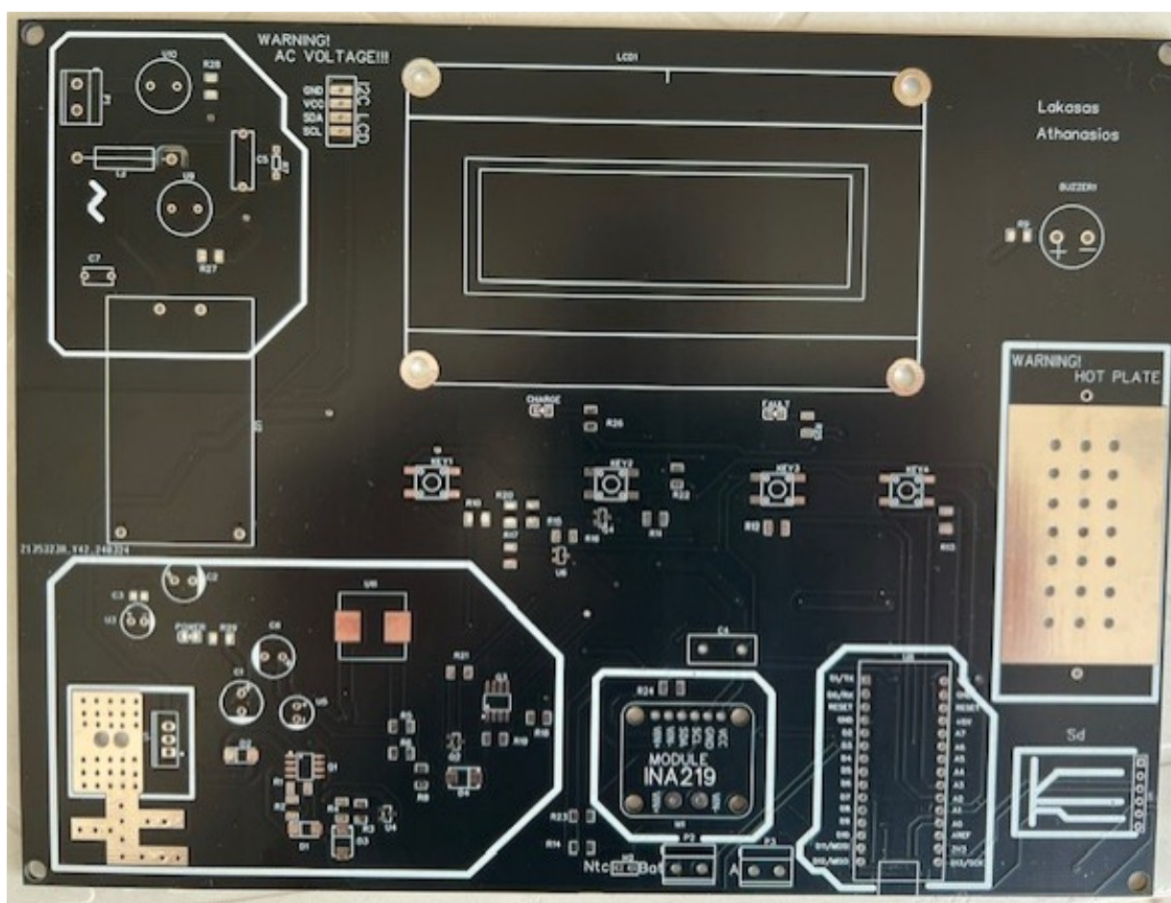


Εικόνα 5.2: Πίσω της πλακέτας

Στη συνέχεια έγινε παραγγελία της πλακέτας απο την JLCPCB η οποία είναι η πλέον πιο διαδομένη εταιρία όσον αφορά την παραγωγή PCB πλακετών. Το κόστος των πλακετών ήταν περίπου στα 50 ευρώ για 5 πλακέτες μαζί με τα μεταφορικά και τον εκτελονισμό, και ο χρόνος παράδοσης ήταν 3 εβδομάδες. Παρακάτω θα δούμε και την πλακέτα που ήρθε πριν ακόμα προσθέσουμε υλικά (Εικόνα 5.3).

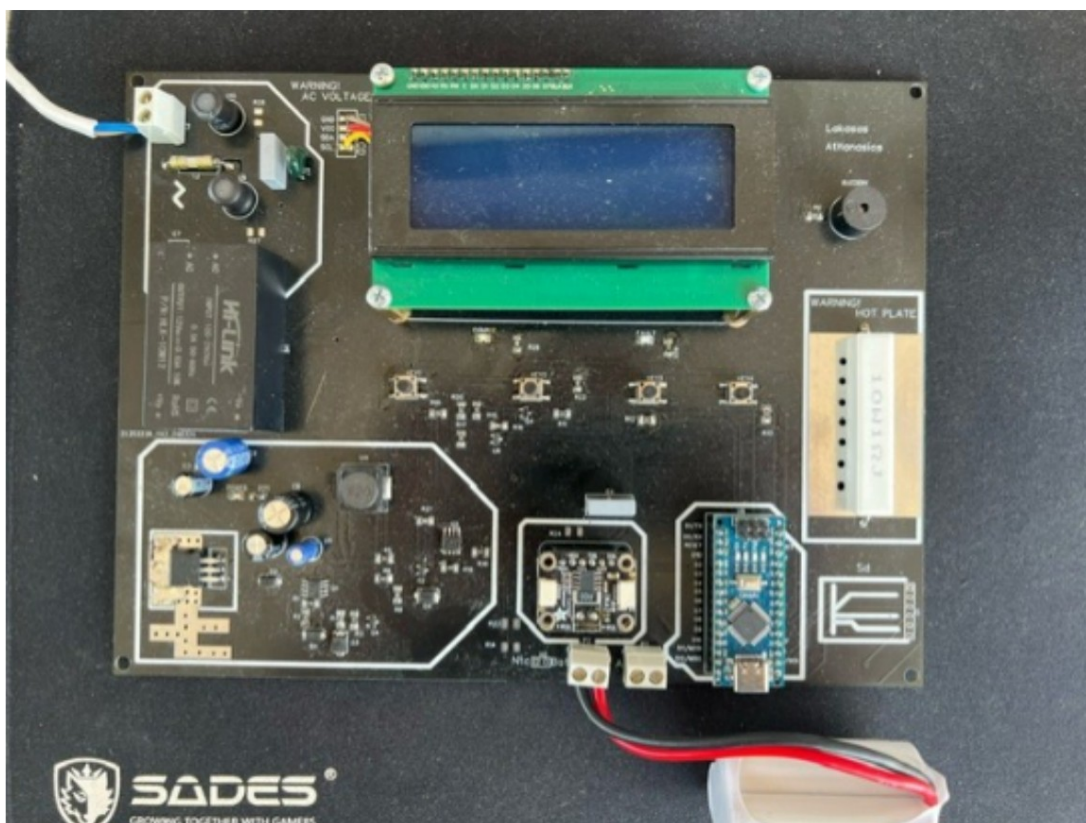


Εικόνα 5.3: Προσομείωση της πλακέτας



Εικόνα 5.4: Το PCB πριν τα υλικά

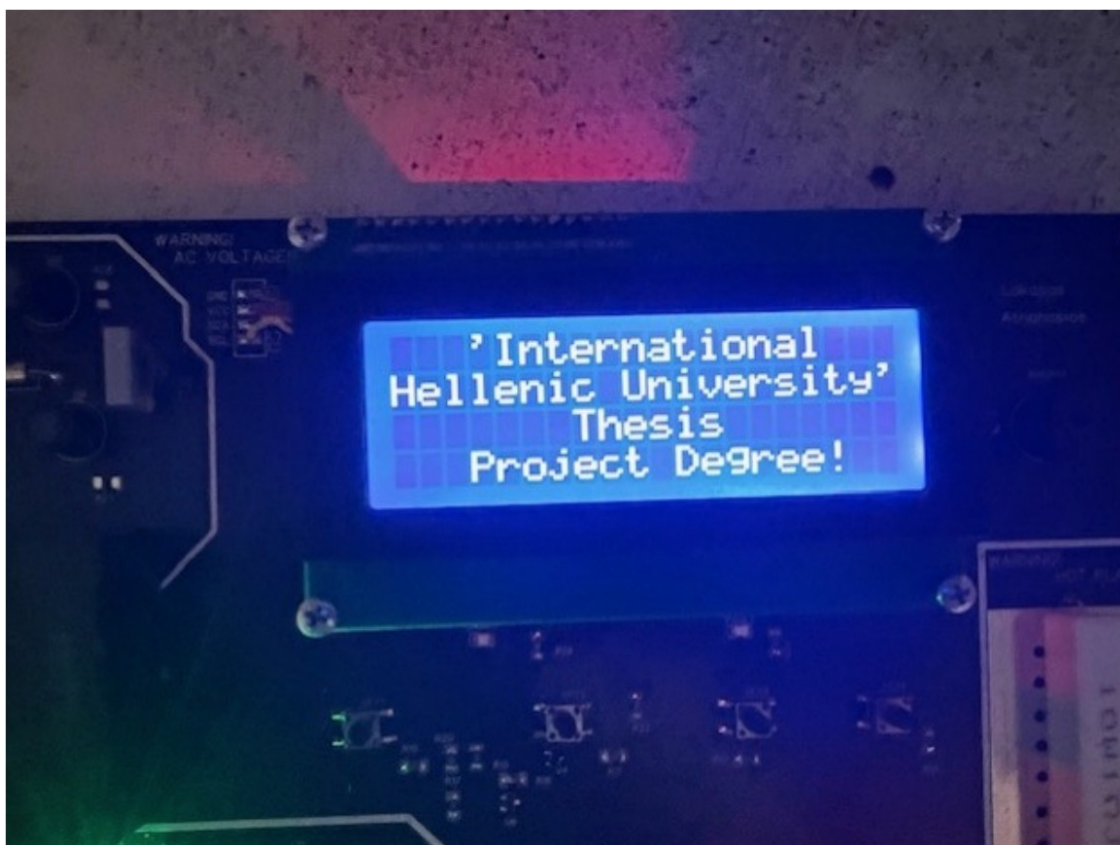
Στη συνέχεια έγινε η τοποθέτηση των υλικών με κολλητήρι και συνέχισα με τις πρώτες δοκιμές, το τελικό αποτέλεσμα της πλακέτας αφού τοποθετήθηκαν τα υλικά φαίνεται στην εικόνα 5.4. Έπειτα θα συνεχίσουμε με μια παρουσίαση του τελικού αποτελέσματος ενώ παράλληλα θα γίνονται και κάποιες μετρήσεις με το πολόμετρο UNI-T UT139C για την διακρίβωση των αποτελεσμάτων μας.



Εικόνα 5.5: Το PCB μετά την τοποθέτηση των υλικών

### 5.3 Εκκίνηση του κυκλώματος

Αρχικά αφού συνδέσουμε το κύκλωμα μας στο ρεύμα θα δούμε την οθόνη να ανοίγει, στη συνέχεια θα εμφανιστούν τα πρώτα μηνύματα που έχουμε ορίσει και φαίνονται στις παρακάτω φωτογραφίες.



Εικόνα 5.6: Πρώτο μήνυμα οθόνης



Εικόνα 5.7: Δεύτερο μήνυμα οθόνης



Εικόνα 5.8: Τρίτο μήνυμα οθόνης

Έπειτα θα μας εμφανίσει το κύριο μενού στο οποίο θα διαλέξουμε ποιά απο τις δύο διαδικασίες θα ακολουθήσουμε, της φόρτισης ή της αποφόρτισης. Επίσης θα εμφανίζεται και η τάση της μπαταρίας την τρέχουσα στιγμή.



Εικόνα 5.7: Αρχικό μενού

Πριν προχωρήσουμε στην έναρξη της αποφόρτισης θα κάνουμε τις πρώτες μετρήσεις οι οποίες θα αφορούν τις δύο βασικές μας τάσεις, την 12V του παλμοτροφοδοτικού και την 5V από το regulator



Εικόνα 5.8: Μέτρηση τάσης 12V

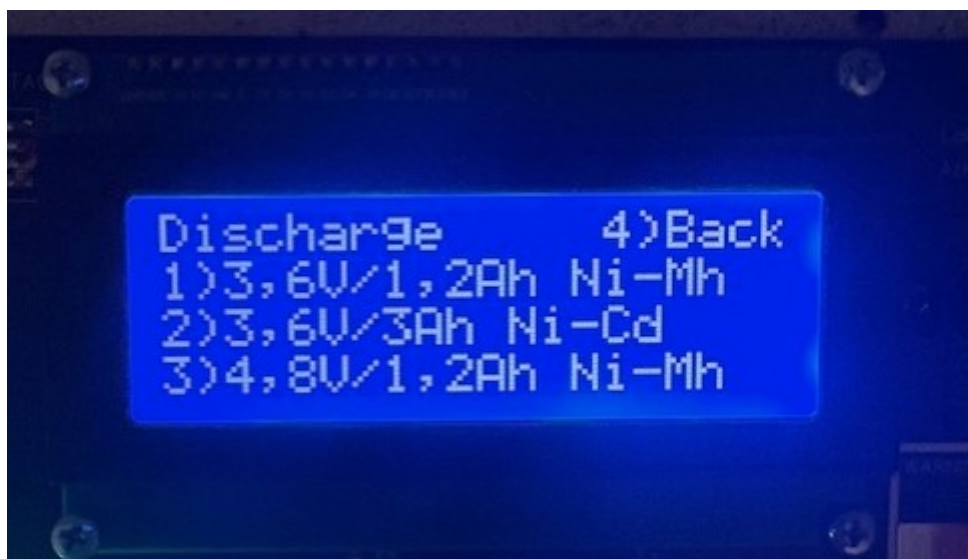


Εικόνα 5.9: Μέτρηση τάσης 5V

Στις εικόνες 5.8 και 5.9 βλέπουμε τις μετρήσεις τάσης που πήραμε βλέπουμε ότι στα 12V παίρνουμε την τάση 11,94V δηλαδή έχουμε μια απώλεια της τάξης των 0.06V κάτι που δεν μας επηρεάζει στο τελικό αποτέλεσμα και στην τάση των 5V υπάρχει πάλι η ίδια απώλεια η οποία επίσης δεν μας επηρεάζει.

## 5.4 Διαδικασία αποφόρτισης

Εφόσον επιλεγθεί η πρώτη επιλογή τότε αυτομάτως ξεκινάει η διαδικασία αποφόρτισης εμφανίζεται στην οθόνη η επιλογή της μπαταρίας, σε αυτό το σημείο έχουν προστεθεί για τις ανάγκες της παρουσίασης μόνο 3 επιλογές για μπαταρία(εικόνα 5.10).



Εικόνα 5.10: Μενού επιλογής αποφόρτισης

Στη συνέχεια εμφανίζεται το μήνυμα ότι η μπαταρία επιλέχθηκε και πλέον ο χρήστης μπορεί να διαλέξει το ρεύμα αποφόρτισης που θέλει το οποίο θα είναι 100,200 η 300mA (εικόνα 5.11-5.12)



Εικόνα 5.11: Μήνυμα μετά την επιλογή μπαταρίας



Εικόνα 5.12: Επιλογή ρεύματος αποφόρτισης

Στην συνέχεια αφού επιλέξουμε το ρεύμα θα ξεκινήσει η διαδικασία, έχει επιλεγθεί δοκιμαστικά το ρεύμα των 100mA και θα συνδεθεί το πολύμετρο στην κλέμα δοκιμής για την διακρίβωση του αποτελέσματος Στην οθόνη πλέον βλέπουμε όλα τα στοιχεία που χρειαζόμαστε για την μπαταρία και την διαδικασία της αποφόρτισης ωστόσο στην κλίμα των 100mA παρατηρούμε ότι στο πολύμετρο παίρνουμε την μέτρηση των 98mA που σημαίνει ότι υπάρχει μια απώλεια της τάξης του 2% κάτι που δεν επηρεάζει σημαντικά το τελικό μας αποτέλεσμα. (εικόνα 5.13)



Εικόνα 5.13: Μέτρηση ρεύματος αποφόρτισης

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία και η μπαταρία φτάσει στην τάση αποκοπής που έχουμε ορίσει θα εμφανιστεί το τελικό αποτέλεσμα όπως παρατηρείται στην εικόνα 5.14.



Εικόνα 5.14: Τελικό αποτέλεσμα αποφόρτισης

## 5.5 Διαδικασία φόρτισης

Εφόσον επιλεγθεί η επιλογή 2 δηλαδή της φόρτισης θα εμφανιστεί το μενού με τις μπαταρίες που μπορεί ο χρήστης να φορτίσει, για τις ανάγκες της παρουσίασης έχουμε προσθέσει του ίδιου τύπου μπαταρία με την αποφόρτιση. (εικόνα 5.15)



Εικόνα 5.15: Μενού φόρτισης

Στη συνέχεια θα επιλεγθεί η μπαταρία των 4,8V 1.2Ah η οποία έχει ρυθμιστεί να φορτίζεται σταθερά με 110mA έτσι ώστε να τηρείται το όριο ασφαλείας C/10. Μετρώντας με το πολύμετρο το ρεύμα φόρτισης παρατηρείται ότι δεν έχουμε απώλειες στην φόρτιση και η μπαταρία φορτίζει σταθερά στα 110mA εικόνα 5.16



Εικόνα 5.16: Μέτρηση ρεύματος φόρτισης

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία φόρτισης θα εμφανιστεί το μήνυμα ότι η μπαταρία φορτίστηκε (εικόνα 5.17).



Εικόνα 5.17: Ολοκλήρωση φόρτισης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτιώσεις**

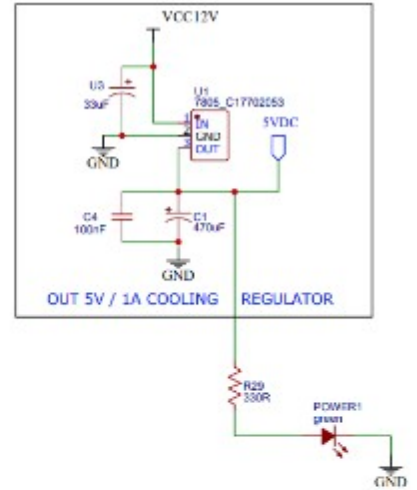
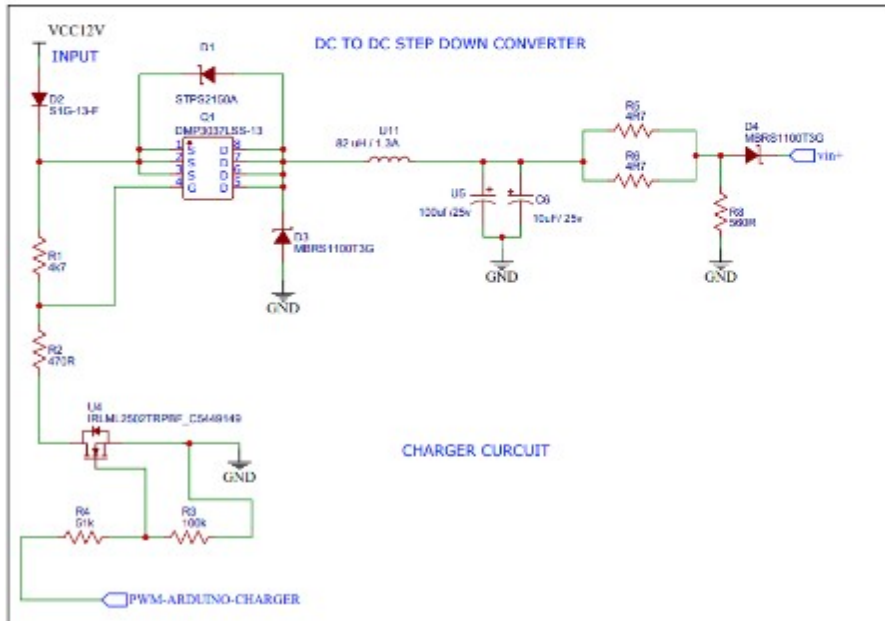
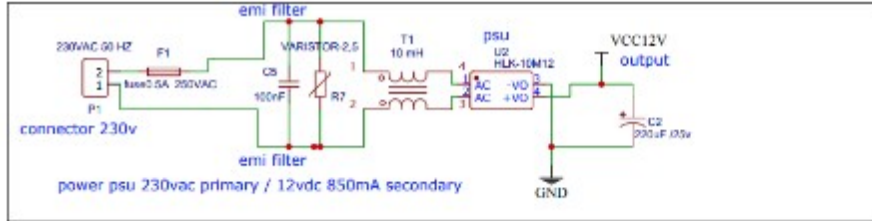
### **6.1 Συμπεράσματα**

Μετά την περάτωση της συγκεκριμένης εργασίας κατάλαβα ότι το Arduino έχει πάρα πολλές δυνατότητες και μπορεί κάποιος με μερικές γνώσεις ηλεκτρονικής και προγραμματισμού να σχεδιάσει ένα κύκλωμα και να υλοποιήσει πολύ ενδιαφέρον κατασκευές.

### **6.2 Προτάσεις βελτιώσεις**

Για να βελτιωθεί η εργασία και να πάει η κατασκευή ένα επίπεδο πιο πάνω θα μπορούσε στο μέλλον να προστεθεί μια κάρτα SD η οποία θα καταγράφει τα αποτελέσματα και στη συνέχεια θα τα περνάει στον υπολογιστή, επίσης θα μπορούσε να προστεθεί ένας ελεγκτής θερμότητας για να μετράει την θερμοκρασία της μπαταρίας.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ





- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Rechargeable\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Rechargeable_battery)
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93cadmium\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93cadmium_battery)
- [3] <https://online-seminaria.gr/eclass/modules/document/file.php/EDU102/%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%B8%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1.pdf>
- [4] <https://grobotronics.com/arduino-nano-a000005.html?sl=el>
- [5] <https://www.rhydolabz.com/documents/30/HLK-10M05%20Datasheet.pdf>
- [6] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/22615/STMICROELECTRONICS/L7805.html>
- [7] <https://how2electronics.com/buck-converter-basics-working-design-application/>
- [8] <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/249609/TI/INA219.html>